

第 5 編

レイヤー 3

1. レイヤー 3 ライセンスの有効化
2. レイヤー 3 基本機能
3. ARP/NDP
4. VRRP
5. RIP/RIPng
6. OSPF
7. ポリシーベースルーティング
8. マルチキャストルーティング
9. ルートマップ
10. VRF-Lite (Virtual Routing and Forwarding Lite)

1. レイヤー 3 ライセンスの有効化

レイヤー 3 ライセンスの有効化、ライセンス情報の表示、およびライセンスの削除について説明します。

REF: コマンドの詳細については、『コマンドリファレンス』を参照してください。

1.1 レイヤー 3 ライセンスの有効化

NP7000、NP5000、および NP3000 で以下のレイヤー 3 の機能を利用する場合、レイヤー 3 ライセンスの有効化が必要です。なお、スタック構成でレイヤー 3 ライセンスを有効にして使用する場合、マスター装置を含むすべてのメンバー装置で有効にする必要があります。

- IPv4 マルチキャスト / IPv6 マルチキャスト
- OSPFv2/OSPFv3
- ポリシーベースルーティング
- PIM/IPv6 PIM
- ルートマップ
- RIP/RIPng
- スタティックルート (IPv4 のデフォルトルート 1 個と、IPv6 のデフォルトルート 1 個を除く)
- VRRPv2/VRRPv3
- VRF-Lite

レイヤー 3 ライセンスを有効化するには、ライセンスキーを指定して `license 13 key` コマンドを使用し、装置を `reboot` コマンドで再起動してください。

ライセンスキー [E54E8E80C47AECAC9CDF] を指定してレイヤー 3 ライセンスを有効化する例を、以下に示します。

```
sw1> enable
sw1# license 13 key E54E8E80C47AECAC9CDF
```

Success.

Please reboot the device to activate the license.

```
sw1# reboot
```

CAUTION: レイヤー 3 ライセンスが有効な NP7000 (機器レビジョン B) の、1.07.02 以前のファームウェアでの使用は未サポートです。1.07.02 以前のファームウェアで起動した場合、レイヤー 3 ライセンスが無効になり、レイヤー 3 ライセンスが必要な機能を使用できません。

CAUTION: レイヤー 3 ライセンスが有効な NP5000 (機器レビジョン B) の、1.07.02 以前のファームウェアでの使用は未サポートです。1.07.02 以前のファームウェアで起動した場合、レイヤー 3 ライセンスが無効になり、レイヤー 3 ライセンスが必要な機能を使用できません。

NOTE: ライセンスキーは装置ごとに異なります。ライセンスキーは紛失しないよう管理してください。

NOTE: スタック構成でレイヤー 3 ライセンスを有効にする場合は、スタックを構成する前に各装置が単体で起動している状態でレイヤー 3 ライセンスを有効にしてから、スタックを構成してください。

NOTE: factory-default パラメーターを指定して `reset system` コマンドを実行した場合は、レイヤー3 ライセンスも削除されます。

NOTE: レイヤー3 ライセンスの有効/無効にかかわらず、NP7000、NP5000、および NP3000 では、VLAN 間のレイヤー3 中継が可能です。VLAN 間のレイヤー3 中継は無効にできません。

NOTE: NP4000 では、VLAN 間のレイヤー3 中継が可能です。VLAN 間のレイヤー3 中継は無効にできません。

NOTE: NP2100 および NP2000 では、VLAN 間のレイヤー3 中継が可能です。NP2100 の 1.09.05/1.10.02 以降、NP2000 の 1.09.05 以降では、VLAN 間のレイヤー3 中継を無効にするコマンドをサポートしています。それより前のバージョンでは、VLAN 間のレイヤー3 中継は無効にできません。

NOTE: NP2500 では、VLAN 間のレイヤー3 中継はできません。

NOTE: NP7000、NP5000、および NP3000 でレイヤー3 ライセンスが無効な場合でも、IPv4 のデフォルトスタティックルートと IPv6 のデフォルトスタティックルートを、それぞれ1つずつ設定できます。

NOTE: NP4000、NP2100、NP2000、および NP2500 は、スタティックルートのみ設定できます。なお、レイヤー3 ライセンスは必要ありません。

1.2 レイヤー3 ライセンス情報の表示

`show license` コマンドでレイヤー3 ライセンスの情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show license  
Layer3 functions : enabled...(1)
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 1-1 show license コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	レイヤー3 ライセンスの有効 (enabled) / 無効 (disabled) を表示します。

1.3 レイヤー3ライセンスの削除

レイヤー3ライセンス削除するには `license 13 erase` コマンドを使用し、装置を `reboot` コマンドで再起動してください。実行例を以下に示します。

```
sw1> enable
sw1# license 13 erase

Layer3 license erase?(y/n) y
License information was erased.
The license for Layer3 will be invalid after rebooting.

sw1# reboot
```

NOTE: レイヤー3ライセンスを再び有効化するには、ライセンスキーが必要です。ライセンスキーは紛失しないよう管理してください。

2. レイヤー3 基本機能

レイヤー3 基本機能とユニキャストリバースパス転送（URPF）の機能、状態の確認方法、および構成例と設定例について説明します。

REF: コマンドの詳細については、『コマンドリファレンス』を参照してください。

2.1 IP アドレスの機能説明

装置内の VLAN インターフェース、ループバックインターフェース、およびマネージメントポートに IPv4 アドレスを設定できます。また、装置内の VLAN インターフェース、ループバックインターフェースに IPv6 アドレスを設定できます。

CAUTION: NP4000、NP2100、NP2000、および NP2500 では、ループバックインターフェースを設定できません。

装置全体で設定可能な VLAN インターフェース数は、NP7000 および NP5000 は 256 個です。NP3000 は 192 個です。NP4000、NP2100、および NP2000 は 64 個です。NP2500 は 1 個です。同一 VLAN インターフェースで、IPv4 アドレスと IPv6 アドレスの併用も可能です。

2.1.1 IPv4 アドレスの設定

装置全体で設定可能な IPv4 アドレス数（セカンダリー IPv4 アドレス含む）は、NP7000 および NP5000 は 256 個です。NP3000 は 192 個です。NP4000、NP2100、および NP2000 は 64 個です。NP2500 は 1 個です。

IPv4 アドレスを設定するには、`ip address` コマンドを使用します。VLAN インターフェースでは、手動で IPv4 アドレスを設定する方法以外に、DHCP クライアントとして IPv4 アドレスを取得することもできます。DHCP クライアントとして IPv4 アドレスを取得するには、`ip address dhcp` コマンドを使用します。

2.1.2 IPv6 アドレスの設定

装置全体で設定可能な IPv6 アドレス数は、NP7000 および NP5000 は 256 個です。NP3000 は 192 個です。NP4000、NP2100、および NP2000 は 64 個です。NP2500 は 1 個です。

IPv6 アドレスを設定するには、`ipv6 address` コマンドを使用します。VLAN インターフェースの場合は、インターフェース ID を EUI-64 形式で自動生成する設定や、DHCPv6-PD で委譲されたプレフィックスを利用する設定も可能です。

NOTE: IPv6 アドレスを設定した VLAN インターフェースには、`ipv6 enable` コマンドが自動的に設定され、IPv6 の処理が有効になります。

NOTE: VLAN インターフェースに設定した IPv6 アドレスを削除しても、VLAN インターフェースの IPv6 の処理は有効なままです。IPv6 の処理を無効にするには、`no ipv6 enable` コマンドを使用します。

VLAN インターフェースでは、手動で IPv6 アドレスを設定する方法以外に、RA（Router Advertisement）によるステートレスアドレス自動設定や、DHCPv6 によるステートフルアドレス設定で IPv6 アドレスを取得することもできます。ステートレスアドレス自動設定で IPv6 アドレスを取得するには、`ipv6 address autoconfig` コマンドを使用します。ステートフルアドレス設定で IPv6 アドレスを取得するには、`ipv6 address dhcp` コマンドを使用します。

2.1.3 IP MTU の設定

IPv4 MTU は、ルーティング対象の IPv4 パケットの上限サイズ（イーサネットヘッダーと FCS を除いたサイズ）を決定します。同様に、IPv6 MTU は、ルーティング対象の IPv6 パケットの上限サイズを決定します。それぞれ MTU 値を超過したルーティング対象のパケットは破棄されます。なお、ICMP などの装置の自発パケットが MTU 値を超過する場合は、フラグメントされて送信されます。

IPv4 MTU、IPv6 MTU とともにデフォルト設定では 1,500 バイトです。IPv4 MTU を変更するには `ip mtu` コマンドを使用します。IPv6 MTU を変更するには `ipv6 mtu` コマンドを使用します。

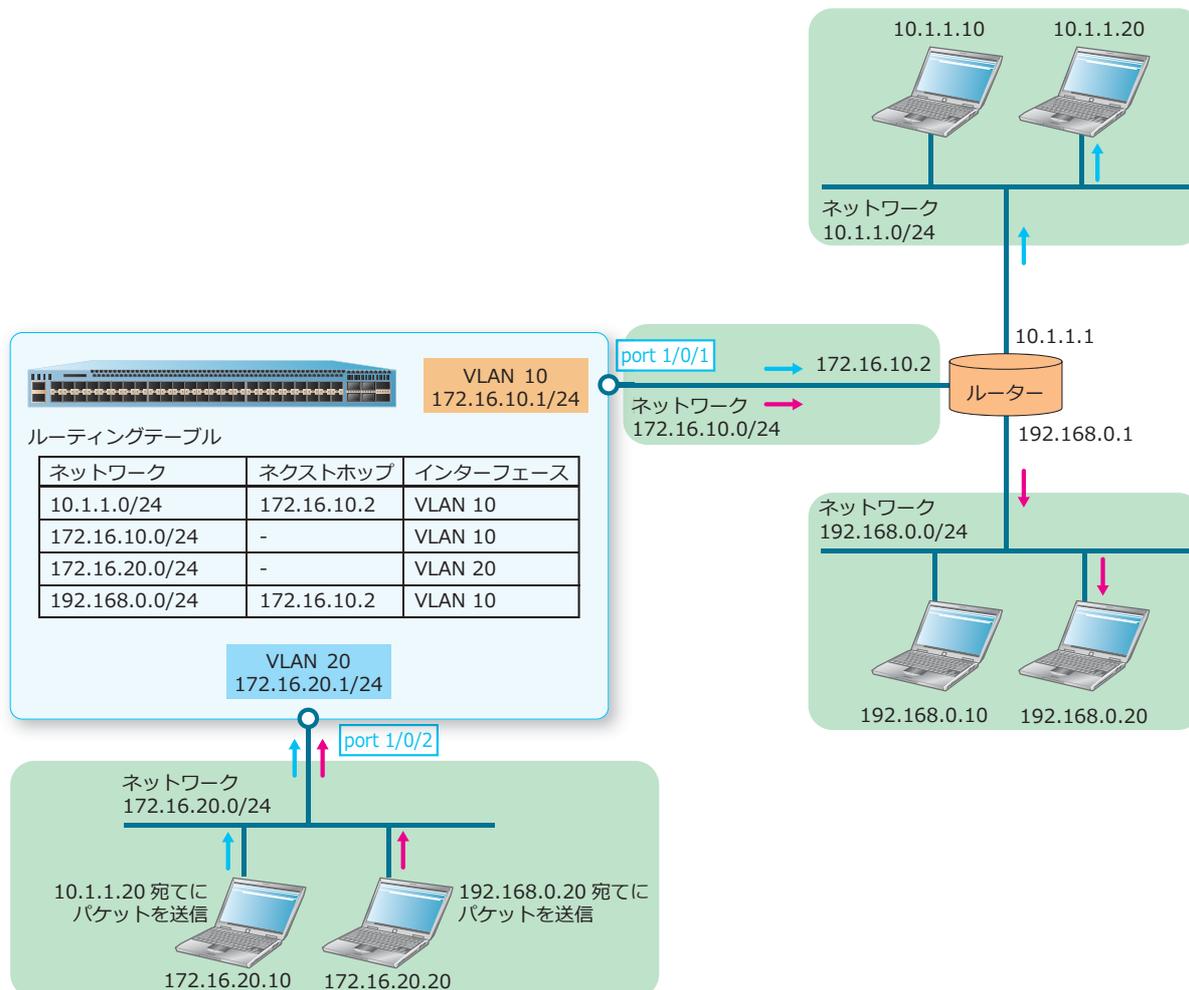
CAUTION: NP2100、NP2000、および NP2500 では、`ip mtu` コマンドと `ipv6 mtu` コマンドをサポートしていません。

NOTE: IPv4 と IPv6 の両方を使用する VLAN インターフェースで IPv4 MTU や IPv6 MTU を変更する場合、または IPv6 のみを使用する VLAN インターフェースで IPv6 MTU を変更する場合は、仕様制限で IPv4 MTU と IPv6 MTU を同じ値に設定する必要があります。

2.2 ルーティングの機能説明

ルーティングは、ホストが所属するネットワークから異なるネットワーク宛てのパケットを受信した場合、**ルーティングテーブル**を参照し、パケットを**ネクストホップ**に送信する機能です。

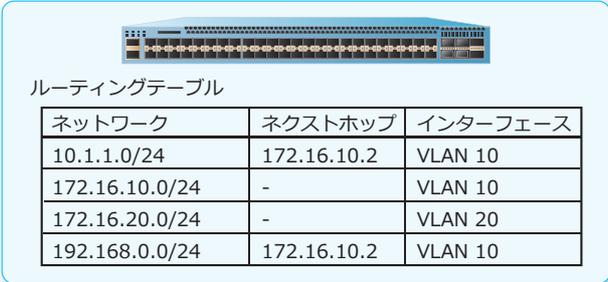
図 2-1 ルーティング



2.2.1 ルーティングテーブルの役割

ルーティングテーブルには、経路情報として「宛先ネットワークアドレス」「ネクストホップ」「送信インターフェース」などが登録されます。装置はルーティングテーブルの経路情報を参照し、パケットを宛先ネットワークに送信します。

図 2-2 ルーティングテーブルの経路情報例



ネットワーク	ネクストホップ	インターフェース
10.1.1.0/24	172.16.10.2	VLAN 10
172.16.10.0/24	-	VLAN 10
172.16.20.0/24	-	VLAN 20
192.168.0.0/24	172.16.10.2	VLAN 10

ルーティングテーブルには、自装置に直接接続されているネットワーク情報、スタティックルートとして設定した経路情報、RIP や OSPFv2 などのルーティングプロトコルによって学習した経路情報が登録されます。ルーティングテーブルを確認するには、IPv4 の場合は `show ip route` コマンド、IPv6 の場合は `show ipv6 route` コマンドを使用します。

スタティックルート

スタティックルートを設定するには、宛先ネットワークアドレスとネクストホップの IP アドレスを指定して、IPv4 スタティックルートの場合は `ip route` コマンド、IPv6 スタティックルートの場合は `ipv6 route` コマンドを使用します。

NP7000、NP5000、および NP3000 でスタティックルートを使用する場合は、レイヤー 3 ライセンスが必要です。なお、レイヤー 3 ライセンスが無効な場合は、IPv4 のデフォルトスタティックルートと IPv6 のデフォルトスタティックルートを、それぞれ 1 つずつ設定できます。

CAUTION: NP7000、NP5000、および NP3000 の IPv6 スタティックルートは、イコールコストマルチパス (ECMP) をサポートしていません。

CAUTION: NP4000、NP2100、NP2000、および NP2500 の IPv4 スタティックルートと IPv6 スタティックルートは、イコールコストマルチパス (ECMP) をサポートしていません。

NOTE: NP7000 の 1.08.03 以降では、スタティックルートは最大 1,024 個分のリソースの範囲内で設定できます。リソースは IPv4 と IPv6 で共用されており、IPv4 スタティックルートだけを設定した場合は最大 1,024 個、IPv6 スタティックルートだけを設定した場合は最大 512 個設定できます。

NOTE: NP7000 の 1.08.02 以前、NP5000、NP4000、NP2100、および NP2000 では、スタティックルートは最大 256 個分のリソースの範囲内で設定できます。リソースは IPv4 と IPv6 で共用されており、IPv4 スタティックルートだけを設定した場合は最大 256 個、IPv6 スタティックルートだけを設定した場合は最大 128 個設定できます。

NOTE: NP3000 では、スタティックルートは最大 256 個分のリソースの範囲内で設定できます。リソースは IPv4 と IPv6 で共用されており、IPv4 スタティックルートだけを設定した場合は最大 256 個、IPv6 スタティックルートだけを設定した場合は最大 256 個設定できます。

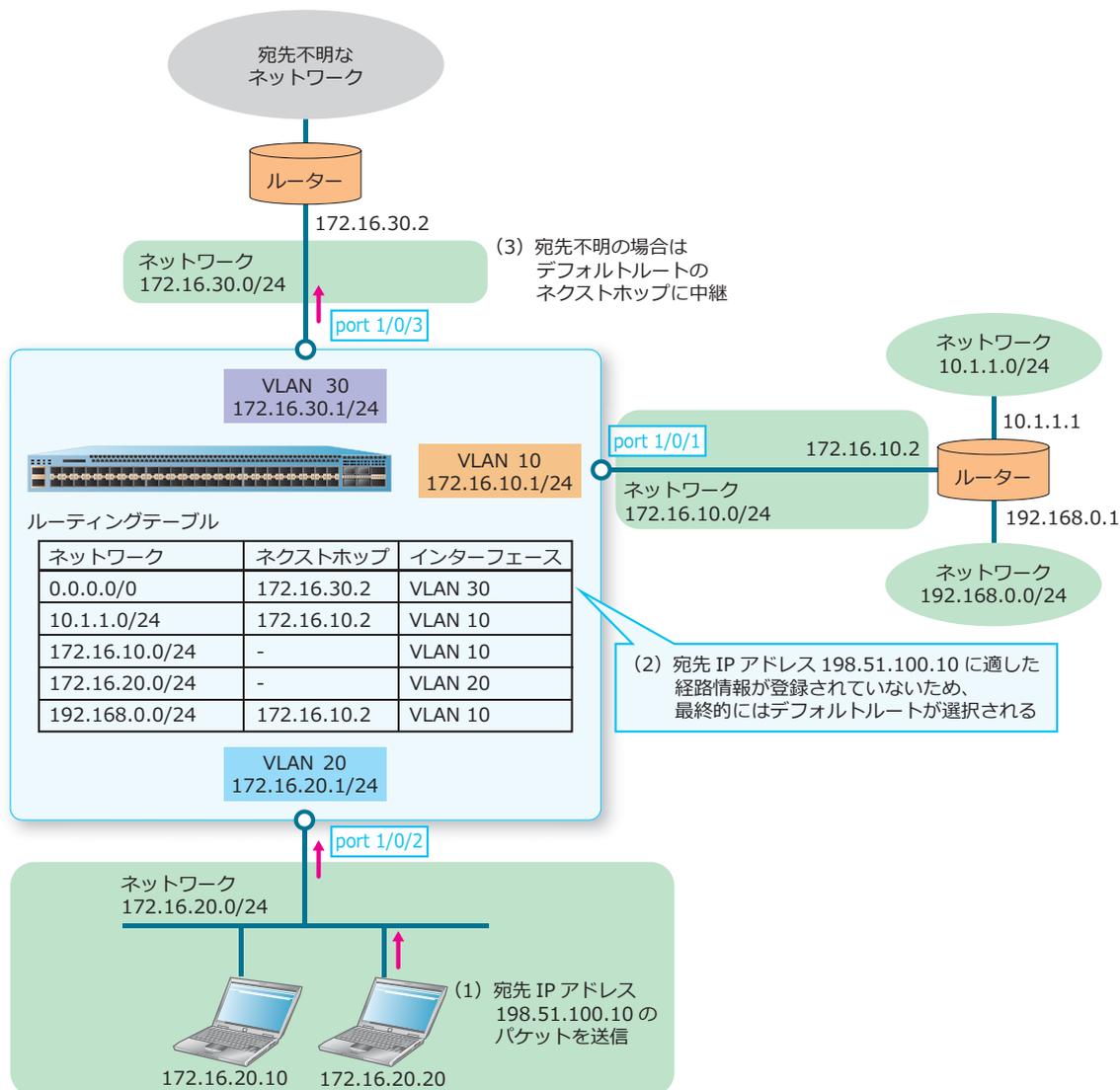
NOTE: NP2500 では、IPv4 スタティックルートと IPv6 スタティックルートのどちらも、デフォルトスタティックルートのみ設定できます。

2.2.2 デフォルトルート

デフォルトルートとは、特定の宛先ネットワークではなく、すべての宛先ネットワークと一致する経路情報です。ルーティングテーブルでは宛先ネットワークは「0.0.0.0/0」と表示されます。

装置は longest match（最長一致）でルーティングテーブルから経路情報を選択します。そのため、受信したパケットの宛先 IP アドレスに適した経路情報が登録されていれば、その経路情報が選択されますが、適した経路情報が登録されていない場合は最終的にはデフォルトルートが選択されます。

図 2-3 デフォルトルート



デフォルトルートは、ルーティングプロトコルによって学習するか、スタティックルートとして設定することで登録されます。IPv4 のデフォルトルートをスタティックルートとして設定する場合は、**ip route** コマンドで宛先ネットワークアドレスに 0.0.0.0/0 を指定して設定します。IPv6 のデフォルトルートをスタティックルートとして設定する場合は、**ipv6 route** コマンドで宛先ネットワークアドレスの代わりに default パラメーターを指定して設定します。

2.2.3 デフォルトルート（スタティック）のAD値

デフォルトルート（スタティック）のアドミニストレーティブディスタンス値（以後、AD値）を変更できます。デフォルトルート（スタティック）のAD値を変更するには、`distance default` コマンドを使用します。

CAUTION: NP4000、NP2100、NP2000、およびNP2500では、デフォルトルート（スタティック）のAD値を変更できません。

NOTE: ApresiaNPシリーズでは、AD値を255に設定した場合でも、通常の経路としてルーティングテーブルに取り込む対象として動作します。

2.2.4 スタティックルートのAD値

スタティックルートのAD値を変更できます。スタティックルートのAD値を変更するには、`distance static` コマンドを使用します。

CAUTION: NP4000、NP2100、NP2000、およびNP2500では、スタティックルートのAD値を変更できません。

NOTE: ApresiaNPシリーズでは、AD値を255に設定した場合でも、通常の経路としてルーティングテーブルに取り込む対象として動作します。

2.2.5 経路情報のフィルタリング

ダイナミックルーティングプロトコルでは、ルーティングテーブルに登録する際や、他のルーティングプロトコルで学習した経路情報を再配布する際に、経路情報をフィルタリングできます。

- RIP、OSPFv2では、`distribute-list in` コマンドを使用して、ルーティングテーブルに登録する経路情報のフィルタリングが可能です。
- RIP、OSPFv2では、`redistribute` コマンドのルートマップを使用して、他のルーティングプロトコルで学習した経路情報を再配布する際にフィルタリングが可能です。

2.2.6 イコールコストマルチパス（ECMP）の負荷分散方法

NP7000、NP5000、およびNP3000では、IPv4スタティックルートとOSPFv2でイコールコストマルチパス（ECMP）をサポートしています。ECMP経路（同一パスコストかつ同一宛先ネットワークで、異なるネクストホップ経由の複数の経路）では、装置は設定した計算方法によって算出されたハッシュ値を元に負荷分散します。

ECMPの負荷分散方法は、デフォルト設定では送信元IPアドレスによる負荷分散です。ECMPの負荷分散方法を変更するには、`ip route ecmp load-balance` コマンドを使用します。

CAUTION: NP4000、NP2100、NP2000、およびNP2500では、`ip route ecmp load-balance` コマンドは使用できません。

CAUTION: NP7000、NP5000、およびNP3000のIPv6スタティックルート、RIP、RIPng、およびOSPFv3は、イコールコストマルチパス（ECMP）をサポートしていません。

ユニキャストリバースパス転送 (URPF) は、デフォルト設定では無効です。装置全体のユニキャストリバースパス転送 (URPF) を有効化するには、`ip urpf` コマンドを使用します。また、インターフェースのユニキャストリバースパス転送 (URPF) を有効化するには、`ip verify unicast source` コマンドを使用します。

NOTE: `ip urpf` コマンドを設定後、構成情報を保存して装置を再起動するまでは、ユニキャストリバースパス転送 (URPF) は有効になりません。

NOTE: ユニキャストリバースパス転送 (URPF) をポートチャンネルで有効にする場合は、ポートチャンネルのすべてのメンバーポートで有効にしてください。

NOTE: デフォルト設定では、ユニキャストリバースパス転送 (URPF) による「送信元 IP アドレス」のチェック時に、デフォルトルートは参照されません。デフォルトルートもチェック対象の経路情報に含める場合は、`allow-default` パラメーターを設定してください。

2.3 レイヤー 3 基本機能の状態確認

レイヤー 3 基本機能とユニキャストリバースパス転送 (URPF) の状態を表示して確認する方法を説明します。

2.3.1 IPv4 - インターフェースの表示

`show ip interface` コマンドで、IPv4 インターフェースの情報を確認できます。

VLAN 1 インターフェース (IPv4) を指定した場合の表示例を以下に示します。

```
# show ip interface vlan 1
(1)                               (2)
Interface vlan1 is enabled, link status is up
IP address is 10.250.1.1/24 (Manual) ... (3)
IP address is 172.16.0.100/24 (Manual) Secondary
ARP timeout is 240 minutes ... (4)
IP MTU is 1500 bytes ... (5)
Proxy ARP is disabled ... (6)
IP Local Proxy ARP is disabled ... (7)
IP Directed Broadcast is disabled ... (8)
Gratuitous-send is disabled, interval is 0 seconds ... (9)
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 2-1 show ip interface コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	VLAN インターフェースの有効/無効を表示します。 • enabled : 有効 (no shutdown 設定時) • disabled : 無効 (shutdown 設定時)
(2)	VLAN インターフェースのリンク状態 (up / down) を表示します。
(3)	IPv4 アドレスを表示します。コマンドで設定した場合は (Manual) が、DHCP で取得した場合は (DHCP) が IPv4 アドレスの後ろに表示されます。
(4)	ARP エージングタイムを表示します。
(5)	IPv4 インターフェースの MTU を表示します。
(6)	プロキシ ARP の有効 (enabled) / 無効 (disabled) を表示します。
(7)	ローカルプロキシ ARP の有効 (enabled) / 無効 (disabled) を表示します。
(8)	IP ディレクテッドブロードキャスト機能の有効 (enabled) / 無効 (disabled) を表示します。
(9)	GARP リクエスト送信の有効 (enabled) / 無効 (disabled)、および送信間隔を表示します。

2.3.2 IPv6 - インターフェースの表示

`show ipv6 interface` コマンドで、IPv6 インターフェースの情報を確認できます。

VLAN 2 インターフェース (IPv6) を指定した場合の表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 interface vlan 2
(1)          (2)
vlan2 is up, Link status is up
  IPv6 is enabled,...(3)
  Link-local address:...(4)
    fe80::253:ff:fe70:0
  Global unicast address:...(5)
    3ffe:501:ffff::253:ff:fe70:0/64 (SLAAC)
  IPv6 MTU is 1500 bytes...(6)
  RA messages are sent between 66 to 200 seconds...(7)
  RA advertised reachable time is 1200000 milliseconds...(8)
  RA advertised retransmit interval is 0 milliseconds...(9)
  RA advertised life time is 1800 seconds...(10)
  RA advertised O flag is OFF, M flag is OFF...(11)
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 2-2 show ipv6 interface コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	VLAN インターフェースの有効/無効を表示します。 <ul style="list-style-type: none"> • up : 有効 (no shutdown 設定時) • down : 無効 (shutdown 設定時)
(2)	VLAN インターフェースのリンク状態 (up / down) を表示します。
(3)	IPv6 が有効 (enabled) なことを示します。
(4)	リンクローカルアドレスを表示します。
(5)	グローバルユニキャストアドレスを表示します。 <ul style="list-style-type: none"> • (Manual) 手動設定 • (Manual-EUI) eui-64 オプションを使用して設定 • (SLAAC) ステートレスアドレス自動設定 • (DHCPv6) DHCPv6 によるアドレス設定 • (DHCPv6 PD) DHCPv6 プレフィックス委譲によるアドレス設定
(6)	IPv6 インターフェースの MTU を表示します。
(7)	RA メッセージの最小送信間隔と最大送信間隔を表示します。
(8)	RA メッセージでアドバタイズされる Reachable タイムを表示します。
(9)	RA メッセージでアドバタイズされる Retransmit タイマーを表示します。
(10)	RA メッセージでアドバタイズされる Router Lifetime を表示します。
(11)	RA メッセージでアドバタイズされる O フラグ (Other configuration flag)、M フラグ (Managed address configuration flag) の OFF(0) / ON(1) を表示します。

2.3.3 IPv4 - ルーティングプロセスの状態表示

`show ip protocols` コマンドでルーティングプロセスの状態を確認できます。

CAUTION: NP4000、NP2100、NP2000、および NP2500 では、ルーティングプロセスの状態を表示できません。

表示例を以下に示します。

```
# show ip protocols

Routing Protocol is RIP ... (1)
  Sending updates every 30 seconds, next due in 26 seconds ... (2)
  Invalid 180 secs, flush 120 secs ... (3)
  Default redistribution metric is 0 ... (4)
  Redistributing : static ... (5)
  Default version control: send version 1, receive any version ... (6)
    Interface      Send      Recv
    vlan20         1         1 2
  Maximum path: 1 ... (7)
  Routing for Networks: ... (8)
    vlan20 (172.16.10.1/255.255.255.0)
  Routing Information Sources: ... (9)
    Gateway        Last Update
    172.16.10.2    00:38:33
    172.16.10.100 00:38:48
  Distribute list: ... (10)
    East branch (in)
    Interface      in
    vlan20         East branch-RIP01
  Distance:100 ... (11)

Routing Protocol is OSPF ... (1)
  Router ID 1.1.1.1 ... (12)
  It is an area boundary router ... (13)
  It is an autonomous system boundary router ... (14)
  Redistributing external route from, ... (15)
    Static with metric mapped to 500
  Number of areas in this router is 2. 1 normal, 1 stub, 0 nssa ... (16)
  Maximum path: 4 ... (17)
  Routing for Networks: ... (18)
    10.1.0.1/24
    192.168.10.1/24
  Routing Information Sources: ... (19)
    Gateway
    10.1.0.2
    10.1.0.3
  Distribute list: ... (20)
    vlan10 filtered by OSPF01
  External-1 distance 110, External-2 distance 115, Inter-area distance 90, Intra-area
  distance 80 ... (21)
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 2-3 show ip protocols コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	ルーティングプロトコルを表示します。
(2)	アップデート時間、および次回のアップデートを送信するまでの時間を表示します。
(3)	タイムアウトタイマー、およびガベージコレクションタイマーを表示します。
(4)	再配布ルートのデフォルトのメトリック値を表示します。

項番	説明
(5)	RIP にルートを再配布する元のルーティングプロトコルを表示します。再配布設定が無い場合はこの項目は表示されません。
(6)	RIP のデフォルトのバージョン設定値と、RIP が稼働中のインターフェースのバージョン情報を表示します。
(7)	RIP の最大マルチパス数を表示します。RIP ではイコールコストマルチパス (ECMP) はサポートしていないため、常に 1 と表示されます。
(8)	RIP が稼働中のインターフェース情報を表示します。
(9)	ネクストホップの IP アドレス、および経路情報を受信してから経過した時間を表示します。
(10)	ディストリビュートリストの設定を表示します。適用した標準 IP アクセスリスト名は、"East branch-" という文字列が先頭に付与されて表示されます。
(11)	RIP の AD 値を表示します。
(12)	ルーター ID を表示します。
(13)	ABR として動作している場合に表示されます。ABR ではない場合は表示されません。
(14)	ASBR として動作している場合に表示されます。ASBR ではない場合は表示されません。
(15)	OSPFv2 にルートを再配布する元のルーティングプロトコルを表示します。再配布設定がない場合はこの項目は表示されません。
(16)	この装置が所属するノーマルエリア、スタブエリア、および NSSA の数を表示します。
(17)	OSPFv2 の最大マルチパス数を表示します。
(18)	OSPFv2 が稼働中のインターフェースの IP アドレスを表示します。
(19)	エリア内で LSA を交換しているルーターの情報を表示します。
(20)	ディストリビュートリストの設定を表示します。
(21)	OSPFv2 の AD 値を表示します。

2.3.4 IPv4 - ルーティングテーブルの表示

`show ip route` コマンドでルーティングテーブルを確認できます。

NOTE: NP7000 および NP5000 では、IPv4 ユニキャストルーティングをハードウェアで行うためのハードウェアルーティングテーブルの最大数は、connected ルート、スタティックルート、ダイナミックルートの合計で 16,384 です。ハードウェアルーティングテーブルは IPv4 と IPv6 で共用されており、IPv4 では 1 経路で 1 つのリソースを、IPv6 では 1 経路で 2 つのリソースを消費します。

NOTE: NP3000 では、IPv4 ユニキャストルーティングをハードウェアで行うためのハードウェアルーティングテーブルの最大数は、connected ルート、スタティックルート、ダイナミックルートの合計で 10,240 です。ハードウェアルーティングテーブルは IPv4 と IPv6 で共用されており、IPv4 と IPv6 のどちらも 1 経路で 1 つのリソースを消費します。

表示例を以下に示します。

```
# show ip route
Code: C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP, O - OSPF,
      IA - OSPF inter area,
      N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2,
      E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2,
      * - candidate default

Gateway of last resort is not set ... (1)
(2) (3) (4) (5) (6)
S 192.168.100.0/24 [60/1] via 192.168.10.2, vlan30
S 192.168.200.0/24 [60/1] via 192.168.10.2, vlan30
C 10.1.0.0/24 is directly connected, vlan10
O 10.1.1.0/24 [80/2] via 10.1.0.3, vlan10
O 10.1.2.0/24 [80/2] via 10.1.0.3, vlan10
O IA 10.1.101.0/24 [90/2] via 10.1.0.2, vlan10
O IA 10.1.102.0/24 [90/2] via 10.1.0.2, vlan10
O E1 10.1.201.0/24 [110/502] via 10.1.0.3, vlan10
O E2 10.1.211.0/24 [115/500] via 10.1.0.2, vlan10
C 172.16.10.0/24 is directly connected, vlan20
R 172.16.100.0/24 [100/2] via 172.16.10.2, vlan20
R 172.16.200.0/24 [100/2] via 172.16.10.2, vlan20
C 192.168.10.0/24 is directly connected, vlan30

Total Entries: 13
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 2-4 show ip route コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	デフォルトゲートウェイの IP アドレス (デフォルトルートのネクストホップアドレス) を表示します。
(2)	対象ルートを学習したプロトコルを表示します。 <ul style="list-style-type: none"> • C : 自装置に直接接続されているネットワーク • S : スタティックルート • R : RIP で取得 • B : BGP で取得 • O : OSPFv2 で取得 • IA : OSPFv2 エリア間ルート • E1 : OSPFv2 外部ルート (メトリックタイプ 1) • E2 : OSPFv2 外部ルート (メトリックタイプ 2) • N1 : OSPFv2 NSSA 外部ルート (メトリックタイプ 1) • N2 : OSPFv2 NSSA 外部ルート (メトリックタイプ 2) • * : デフォルトルートの場合に表示されます。
(3)	宛先ネットワークアドレスを表示します。
(4)	前の数値は、対象ルートを学習したプロトコルの AD 値を表示します。 後ろの数値は、対象ルートのメトリックを表示します。
(5)	対象ルートのネクストホップアドレスを表示します。
(6)	対象ルートの送信インターフェースを表示します。

2.3.5 IPv4 - ルーティングテーブルの概要情報の表示

`show ip route summary` コマンドでルーティングテーブルの概要情報を確認できます。
表示例を以下に示します。

```
# show ip route summary
(1)          (2)
Route Source Networks
Connected    3
Static       2
RIP          2
OSPF        6
BGP          0
Total       13
Multi-path   0
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 2-5 show ip route summary コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	ルート情報を学習したプロトコルを表示します。
(2)	ルート情報の数を表示します。

2.3.6 IPv6 - ルーティングテーブルの表示

`show ipv6 route` コマンドでルーティングテーブルを確認できます。

NOTE: NP7000 および NP5000 では、IPv6 ユニキャストルーティングをハードウェアで行うためのハードウェアルーティングテーブルの最大数は、connected ルート、スタティックルート、ダイナミックルートの合計で 8,192 です。ハードウェアルーティングテーブルは IPv4 と IPv6 で共用されており、IPv4 では 1 経路で 1 つのリソースを、IPv6 では 1 経路で 2 つのリソースを消費します。

NOTE: NP3000 では、IPv6 ユニキャストルーティングをハードウェアで行うためのハードウェアルーティングテーブルの最大数は、connected ルート、スタティックルート、ダイナミックルートの合計で 5,120 です。ハードウェアルーティングテーブルは IPv4 と IPv6 で共用されており、IPv4 と IPv6 のどちらも 1 経路で 1 つのリソースを消費します。

表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 route

IPv6 Routing Table
Code: C - connected, S - static, R - RIPng, O - OSPF,
      IA - OSPF inter area
      E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
      SLAAC - Stateless address auto-configuration
(1)  (2)  (3)  (4)  (5)
C    2001:db8::/64 [0/1] is directly connected, vlan10
O    2001:db8:0:1::/64 [110/20] via fe80::240:66ff:feaa:521b, vlan10
O    2001:db8:0:2::/64 [110/20] via fe80::240:66ff:feaa:521b, vlan10
O E1 2001:db8:0:aaaa::/64 [110/520] via fe80::240:66ff:feaa:521b, vlan10
O IA 2001:db8:100:1::/64 [110/20] via fe80::240:66ff:feac:2c90, vlan10
O IA 2001:db8:100:2::/64 [110/20] via fe80::240:66ff:feac:2c90, vlan10
O E2 2001:db8:100:bbbb::/64 [110/500] via fe80::240:66ff:feac:2c90, vlan10
C    2001:db8:200::/64 [0/1] is directly connected, vlan20
R    2001:db8:200:1234::/64 [120/2] via fe80::240:66ff:fea8:cc36, vlan20
R    2001:db8:200:5678::/64 [120/2] via fe80::240:66ff:fea8:cc36, vlan20
C    2001:db8:300::/64 [0/1] is directly connected, vlan30
S    2001:db8:300:aaaa::/64 [1/1] via 2001:db8:300::2, vlan30
S    2001:db8:300:bbbb::/64 [1/1] via 2001:db8:300::2, vlan30

Total Entries: 13 entries, 13 routes
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 2-6 show ipv6 route コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	対象ルートを学習したプロトコルを表示します。 <ul style="list-style-type: none"> • C : 自装置に直接接続されているネットワーク • S : スタティックルート • R : RIPng で取得 • O : OSPFv3 で取得 • IA : OSPFv3 エリア間ルート • E1 : OSPFv3 外部ルート (メトリックタイプ 1) • E2 : OSPFv3 外部ルート (メトリックタイプ 2) • SLAAC : ステートレスアドレス自動設定によって学習したデフォルトルート
(2)	宛先ネットワークアドレスを表示します。
(3)	前の数値は、対象ルートを学習したプロトコルの AD 値を表示します。 後ろの数値は、対象ルートのメトリックを表示します。
(4)	対象ルートのネクストホップアドレスを表示します。
(5)	対象ルートの送信インターフェースを表示します。

2.3.7 IPv6 - ルーティングテーブルの概要情報の表示

`show ipv6 route summary` コマンドでルーティングテーブルの概要情報を確認できます。
表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 route summary
(1)          (2)
Route Source   Networks
Connected      3
Static         2
RIPng          2
OSPF           6
SLAAC          0
Total          13
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 2-7 show ipv6 route summary コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	ルート情報を学習したプロトコルを表示します。
(2)	ルート情報の数を表示します。

2.3.8 IPv4/IPv6 - ユニキャストリバースパス転送 (URPF) の設定の表示

`show ip urpf` コマンドでユニキャストリバースパス転送 (URPF) の設定内容を確認できます。

CAUTION: NP4000、NP2100、NP2000、および NP2500 では、ユニキャストリバースパス転送 (URPF) を使用できません。

ポート 1/0/1 からポート 1/0/3 を指定した場合の表示例を以下に示します。

```
# show ip urpf 1/0/1-3
URPF Global State      : Disabled... (1)
(2)   (3)   (4)   (5)   (6)
Port      State   Reachable-  Allow-  IP Access List Name
          Via     Default    IPv6 Access List Name
-----
1/0/1     Enabled Any        True    v4gateway
          v6gateway
1/0/2     Enabled rx         False   v6Ac11
1/0/3     Enabled rx         True    v4Ac12
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 2-8 show ip urpf コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	ユニキャストリバースパス転送 (URPF) のグローバル設定の有効/無効を表示します。 <ul style="list-style-type: none"> • Enabled : 有効 • Disabled : 無効 • Enabled(Save And Reboot Required) : 装置を再起動して有効設定を反映する前の状態

項番	説明
(2)	ポート番号を表示します。
(3)	ポートごとのユニキャストリバースパス転送 (URPF) の有効 (Enabled) / 無効 (Disabled) を表示します。
(4)	ユニキャストリバースパス転送 (URPF) の動作モードを表示します。 <ul style="list-style-type: none">• rx : Strict モード• Any : Loose モード
(5)	ユニキャストリバースパス転送 (URPF) のチェック対象にデフォルトルートを含めるかどうかを表示します。 <ul style="list-style-type: none">• True : チェック対象にデフォルトルートを含める• False : チェック対象にデフォルトルートを含めない
(6)	access-group オプションを指定した場合の標準 IP アクセスリスト名、または ipv6-access-group オプションを指定した場合の標準 IPv6 アクセスリスト名を表示します。

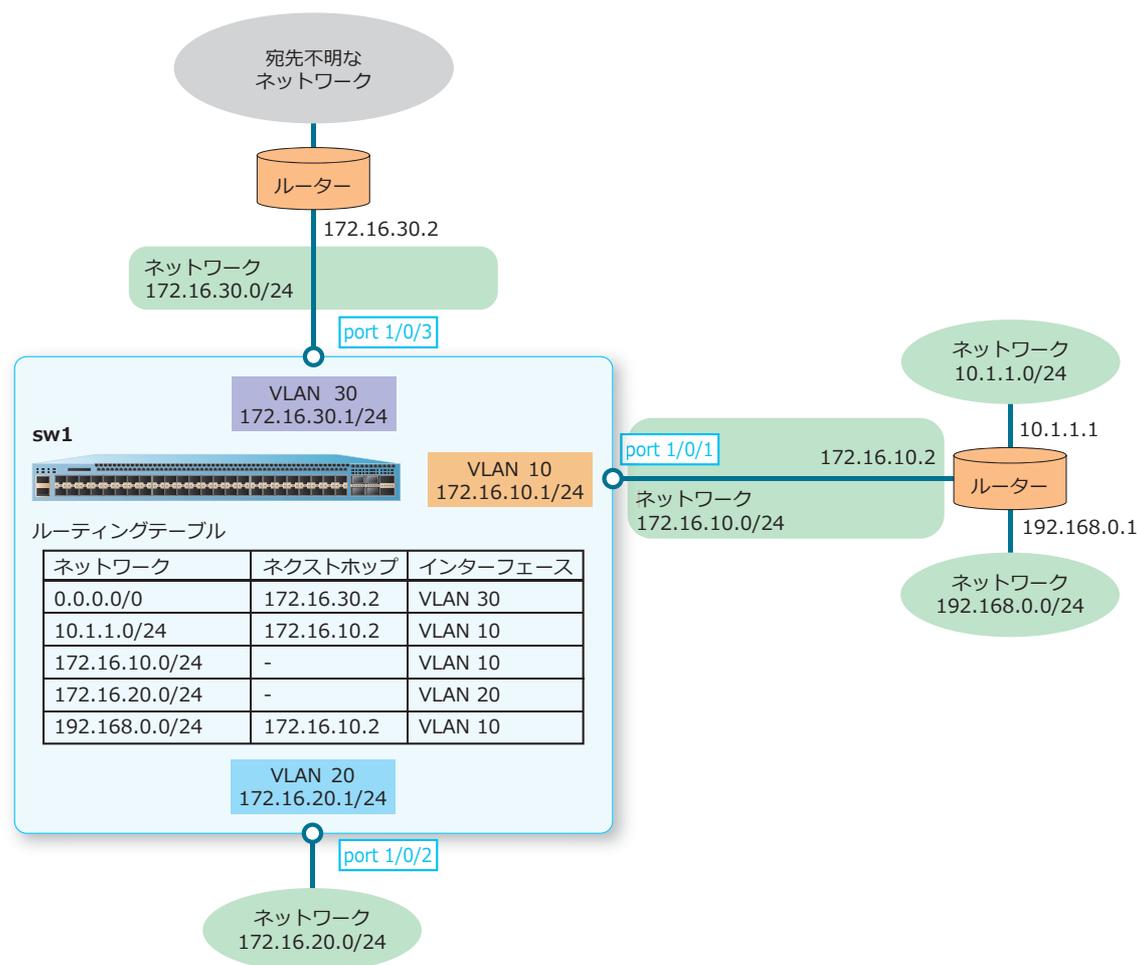
2.4 レイヤー3 基本機能の構成例と設定例

スタティックルートとデフォルトルート（スタティック）、およびユニキャストリバースパス転送（URPF）を設定する場合の構成例と設定例を示します。

2.4.1 スタティックルートとデフォルトルート（スタティック）の設定例

スタティックルート、およびデフォルトルート（スタティック）を設定する場合の構成例と設定例を示します。

図 2-5 スタティックルートとデフォルトルート（スタティック）の構成例



1. VLAN 10、VLAN 20、および VLAN 30 を作成します。

```
sw1# configure terminal
sw1(config)# vlan 10
sw1(config-vlan)# exit
sw1(config)# vlan 20
sw1(config-vlan)# exit
sw1(config)# vlan 30
sw1(config-vlan)# exit
sw1(config)#
```

2. ポート 1/0/1、ポート 1/0/2、およびポート 1/0/3 をアクセスポートとして設定し、ポート 1/0/1 に [VLAN 10]、ポート 1/0/2 に [VLAN 20]、ポート 1/0/3 に [VLAN 30] を割り当てます。

```
sw1(config)# interface port 1/0/1
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 10
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)# interface port 1/0/2
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 20
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)# interface port 1/0/3
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 30
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)#
```

3. VLAN 10 の IP アドレスを [172.16.10.1/24] に、VLAN 20 の IP アドレスを [172.16.20.1/24] に、VLAN 30 の IP アドレスを [172.16.30.1/24] に設定します。

```
sw1(config)# interface vlan 10
sw1(config-if-vlan)# ip address 172.16.10.1/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)# interface vlan 20
sw1(config-if-vlan)# ip address 172.16.20.1/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)# interface vlan 30
sw1(config-if-vlan)# ip address 172.16.30.1/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)#
```

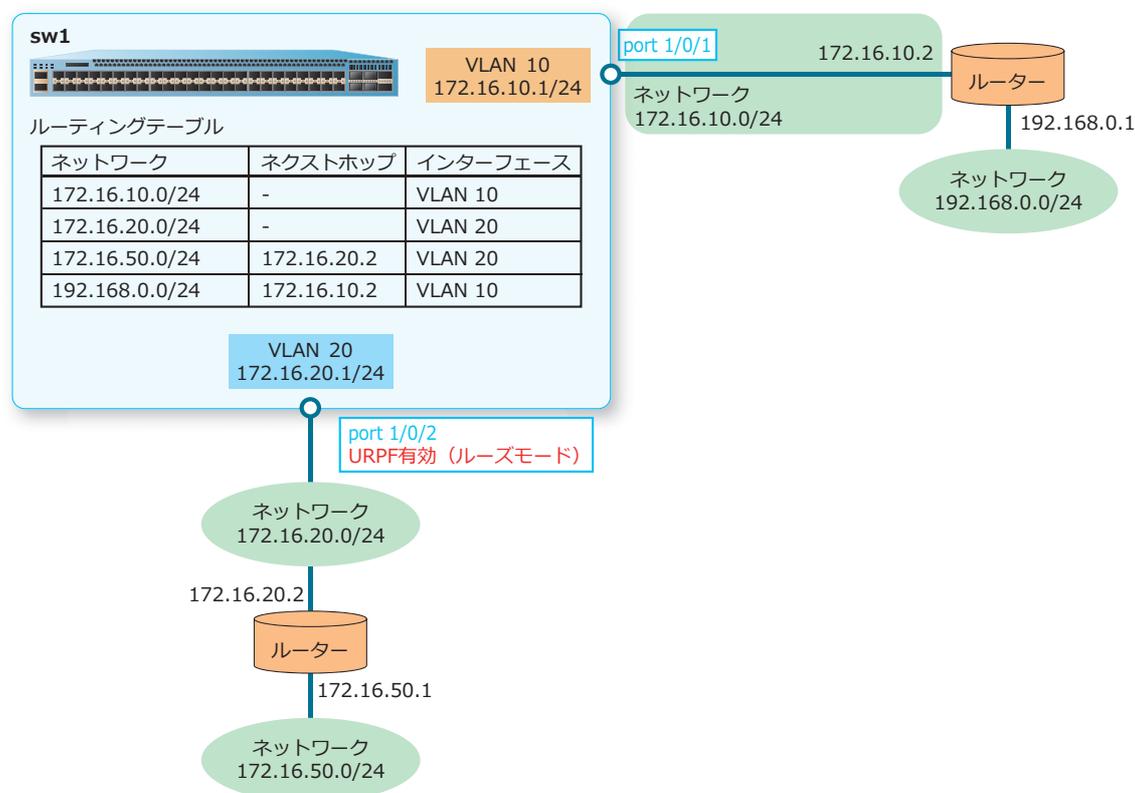
4. スタティックルート [宛先ネットワーク : 10.1.1.0/24 ネクストホップ : 172.16.10.2] および [宛先ネットワーク : 192.168.0.0/24 ネクストホップ : 172.16.10.2] を設定します。また、デフォルトルート (スタティック) [宛先ネットワーク : 0.0.0.0/0 ネクストホップ : 172.16.30.2] を設定します。

```
sw1(config)# ip route 10.1.1.0/24 172.16.10.2
sw1(config)# ip route 192.168.0.0/24 172.16.10.2
sw1(config)# ip route 0.0.0.0/0 172.16.30.2
sw1(config)# end
sw1#
```

2.4.2 ユニキャストリバースパス転送 (URPF) の設定例

ユニキャストリバースパス転送 (URPF) の構成例と設定例を示します。本設定例では、ルーティングプロトコルやスタティックルートの設定は省略しています。

図 2-6 ユニキャストリバースパス転送 (URPF) の構成例



1. グローバル設定モードでユニキャストリバースパス転送 (URPF) を有効に設定します。設定を反映するためには、構成情報を保存して装置を再起動する必要があります。本設定例では、ip urpf を設定した時点で再起動し、反映しています。

```
sw1# configure terminal
sw1(config)# ip urpf
```

```
WARNING: The command does not take effect until after the next reboot.
sw1(config)# end
sw1#
sw1# write memory
```

```
Destination filename startup-config? [y/n]: y
```

```
Saving all configurations to NV-RAM..... Done.
```

```
sw1#
sw1# reboot
```

```
Are you sure you want to proceed with the system reboot?(y/n)
```

以降の手順は、再起動後に実施します。

2. VLAN 10 および VLAN 20 を作成します。

```
sw1# configure terminal
sw1(config)# vlan 10
sw1(config-vlan)# exit
sw1(config)# vlan 20
sw1(config-vlan)# exit
sw1(config)#
```

3. ポート 1/0/1 およびポート 1/0/2 をアクセスポートとして設定し、ポート 1/0/1 に [VLAN 10]、ポート 1/0/2 に [VLAN 20] を割り当てます。

```
sw1(config)# interface port 1/0/1
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 10
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)# interface port 1/0/2
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 20
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)#
```

4. VLAN 10 の IP アドレスを [172.16.10.1/24] に、VLAN 20 の IP アドレスを [172.16.20.1/24] に設定します。

```
sw1(config)# interface vlan 10
sw1(config-if-vlan)# ip address 172.16.10.1/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)# interface vlan 20
sw1(config-if-vlan)# ip address 172.16.20.1/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)#
```

5. ポート 1/0/2 で、ユニキャストリバースパス転送 (URPF) をルーズモードで有効に設定します。

```
sw1(config)# interface port 1/0/2
sw1(config-if-port)# ip verify unicast source reachable-via any
sw1(config-if-port)# end
sw1#
```

3. ARP/NDP

ARP (Address Resolution Protocol) および NDP (Neighbor Discovery Protocol) の機能、状態の確認方法、および構成例と設定例について説明します。

REF: コマンドの詳細については、『コマンドリファレンス』を参照してください。

3.1 ARP の機能説明

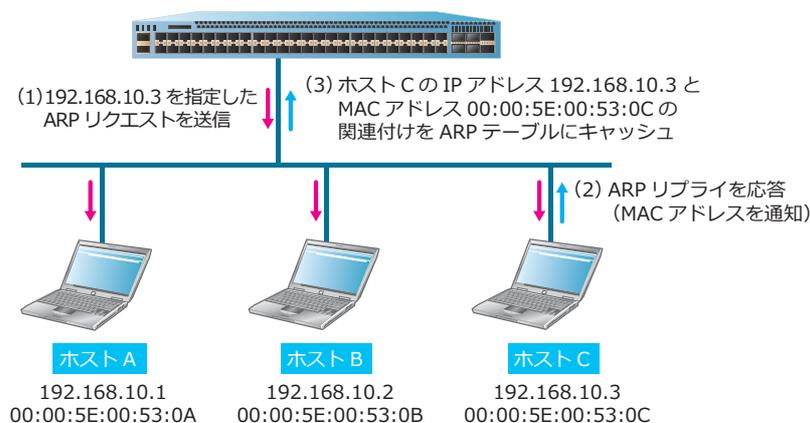
ARP は、IP アドレスによってネットワーク上のホストの MAC アドレスを得るためのアドレス解決プロトコルです。ARP によって解決した MAC アドレスは IP アドレスに関連付けられ、**ダイナミックエントリー**として **ARP テーブル**にキャッシュされます。また、手動で MAC アドレスと IP アドレスを関連付け、**スタティックエントリー**として ARP テーブルに登録することもできます。

ダイナミックエントリー

MAC アドレスが不明なネットワーク上のホストに対して MAC アドレスを問い合わせ、得られた MAC アドレスと IP アドレスを関連付けた情報がダイナミックエントリーです。

ARP の送信元は、MAC アドレスを問い合わせるホストの IP アドレスを ARP リクエストに指定し、ネットワークにブロードキャストします。ARP リクエストに指定された IP アドレスが設定されたホストは、MAC アドレスを通知する ARP リプライをユニキャストで送信元に応答します。これにより、通知された MAC アドレスと IP アドレスが関連付けられ、ダイナミックエントリーとして ARP テーブルにキャッシュされます。

図 3-1 ダイナミックエントリーによる MAC アドレスと IP アドレスの関連付け



NOTE: 登録済みの ARP キャッシュエントリーでリンクダウンを伴わないポート間移動が発生した場合、MAC アドレスを再学習してから数秒後に ARP キャッシュエントリーの送信先インターフェースの更新が行われます。なお、MAC アドレスや ARP キャッシュエントリーの登録数が多い環境では、この更新時間がより長くなることがあります。

スタティックエントリー

IP アドレスと MAC アドレスの関連付けを手動で ARP テーブルに追加した情報が、スタティックエントリーです。arp コマンドで IP アドレスと MAC アドレスを指定し、ARP テーブルに登録します。

arp コマンドで指定した IP アドレスが ARP テーブルに存在する場合、その情報がダイナミックエントリーとスタティックエントリーのどちらであっても、新たに arp コマンドで追加したスタティックエントリーで上書きされます。

NOTE: スタティック ARP エントリーを設定する場合は、`mac-address-table static` コマンドで対応するスタティック MAC アドレスエントリーも設定してください。

NOTE: NP7000 (1.10.01 より前のバージョン)、NP5000 (1.09.01 より前のバージョン)、および NP4000 で、スタティック ARP エントリーは最大 512 個設定できますが、ユニキャスト MAC アドレスのスタティック MAC アドレスエントリーが最大 256 個のため、スタティック ARP エントリーも最大 256 個以内で使用してください。

NOTE: NP7000 (1.10.01 以降)、NP5000 (1.09.01 以降)、および NP3000 では、スタティック ARP エントリーは最大 512 個まで設定できます。

NOTE: NP2100、NP2000、および NP2500 では、スタティック ARP エントリーは最大 128 個まで設定できます。

3.1.1 ARP エージングタイムの設定

ARP エージングタイム (ARP テーブルにキャッシュされたダイナミックエントリーを更新するまでの時間) を変更できます。ARP エージングタイムのデフォルト設定は「240 分」です。ARP エージングタイムを変更するには、`arp timeout` コマンドを使用します。

NOTE: ルートのネクストホップの ARP エントリーは、タイムアウトしても消去されません。ルートのネクストホップの ARP エントリーを消去するには、`clear arp-cache` コマンドを使用します。

3.1.2 ARP テーブルのダイナミックエントリーの消去

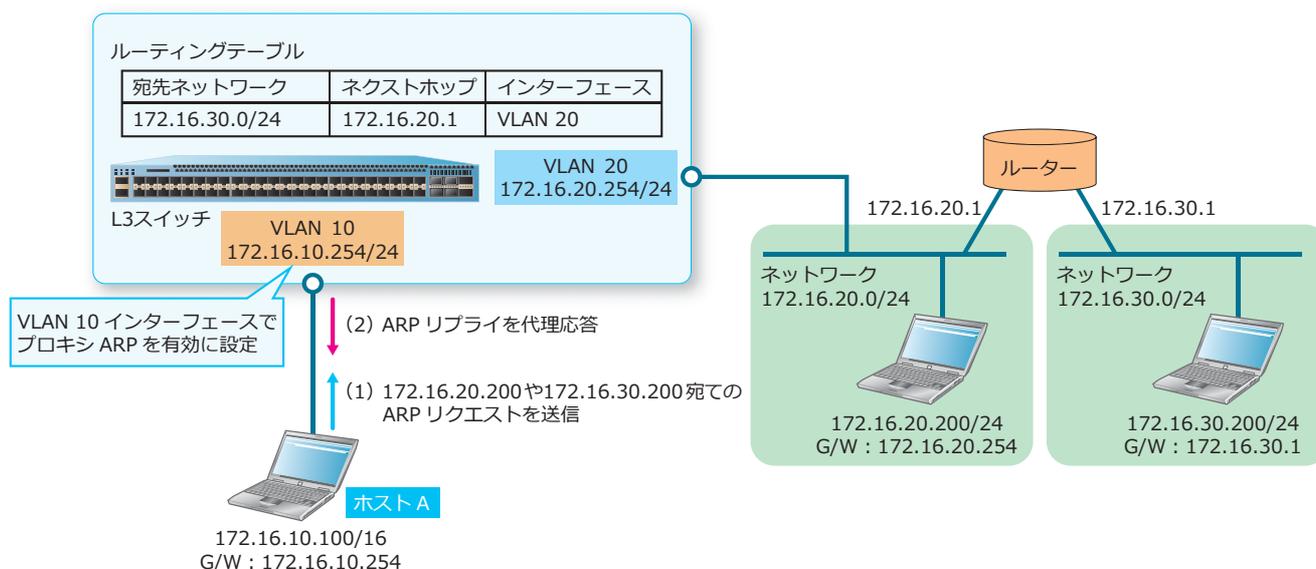
ARP テーブルにキャッシュされたダイナミックエントリーを手動で消去できます。ダイナミックエントリーを消去するには、`clear arp-cache` コマンドを使用します。all パラメーターを指定して `clear arp-cache` コマンドを使用すると、すべてのダイナミックエントリーを消去します。

3.1.3 プロキシ ARP

プロキシ ARP は、ARP リクエストを受信した IP インターフェースで ARP リプライを代理応答する機能です。プロキシ ARP を有効にした IP インターフェースで以下に一致する ARP リクエストを受信した場合に、自身の MAC アドレスを使用して代理で ARP リプライを応答します。

- 自装置に直接接続されている、プロキシ ARP を有効にした IP インターフェース以外のネットワーク宛ての ARP リクエスト
- ルーティングテーブルに経路情報が登録されているネットワーク宛ての ARP リクエスト

図 3-2 プロキシ ARP の動作例



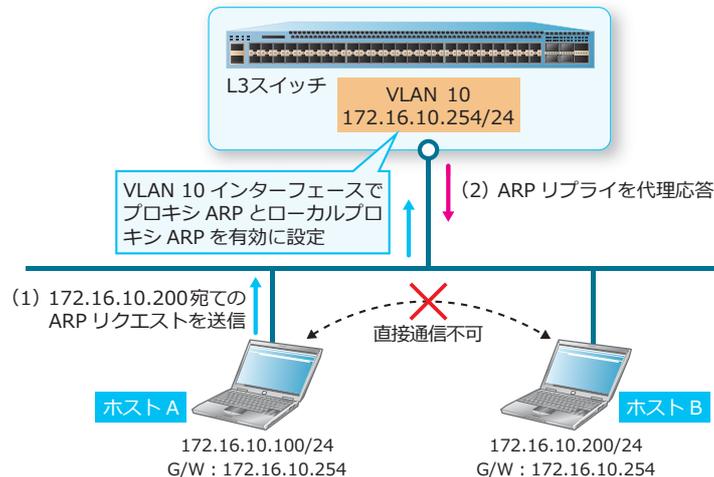
この例では、ホスト A の IP アドレス / サブネットマスクが 172.16.10.100/16 に設定されているため、ホスト A は 172.16.20.200 や 172.16.30.200 を同一サブネット内のホストと判断し、直接 172.16.20.200 や 172.16.30.200 宛てに ARP リクエストを送信します。L3 スイッチの VLAN 10 インターフェースではプロキシ ARP を有効にしているため、172.16.20.200（自装置に直接接続されているネットワーク）宛ての ARP リクエストや、172.16.30.200（ルーティングテーブルに経路情報が登録されているネットワーク）宛ての ARP リクエストを受信すると、VLAN 10 インターフェースの MAC アドレスを使用して ARP リプライを代理応答します。

プロキシ ARP は、デフォルト設定で無効です。プロキシ ARP を有効にする場合、`ip proxy-arp` コマンドを使用します。

3.1.4 ローカルプロキシ ARP

ローカルプロキシ ARP は、通常のプロキシ ARP では代理応答しないケースで ARP リプライを代理応答する機能です。ローカルプロキシ ARP を有効にした IP インターフェース自身のネットワーク宛での ARP リクエストを受信した場合に、自身の MAC アドレスを使用して代理で ARP リプライを応答します。同一サブネットのホスト同士が直接通信できない特殊なネットワークにおいて、L3 スイッチを経由してそれらのホスト同士の通信を可能にする場合に使用します。

図 3-3 ローカルプロキシ ARP の動作例



この例では、ホスト A (172.16.10.100/24) とホスト B (172.16.10.200/24) は同一セグメントに所属していますが、直接通信できない特殊なネットワークになっています。この環境でホスト A がホスト B (172.16.10.200) 宛での ARP リクエストを送信すると、L3 スイッチの VLAN 10 インターフェースではローカルプロキシ ARP を有効にしているため、自身のネットワーク (172.16.10.0/24) 宛での ARP リクエストを受信すると VLAN 10 インターフェースの MAC アドレスを使用して ARP リプライを代理応答します。これにより、同一サブネット内のホスト A とホスト B が L3 スイッチを経由して通信できるようになります。

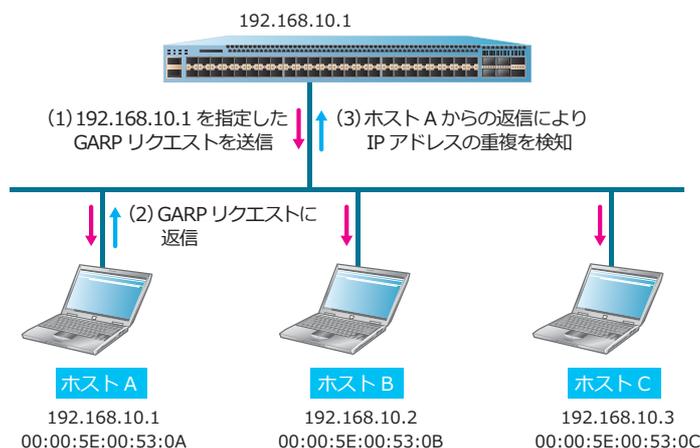
ローカルプロキシ ARP は、デフォルト設定で無効です。ローカルプロキシ ARP を有効にする場合は、`ip local-proxy-arp` コマンドを使用します。なお、ローカルプロキシ ARP を有効にする場合は、`ip proxy-arp` コマンドでプロキシ ARP も有効にする必要があります。

3.1.5 Gratuitous ARP リクエスト

Gratuitous ARP リクエスト（以後、**GARP リクエスト**）は、装置自身の IP アドレスで自分の MAC アドレスを得るための ARP リクエストです。GARP リクエストには、2つの役割があります。

1つは、ネットワーク内で装置自身の IP アドレスが重複していないかどうかを検出する役割です。GARP リクエストを送信し、ネットワーク内から返信があった場合、IP アドレスが重複していることが検知されます。

図 3-4 GARP リクエストによる IP アドレス重複の検知



もう1つは、ネットワーク内のホストの ARP テーブルのキャッシュを更新する役割です。ネットワーク内のホストは、GARP リクエストを受信することで ARP テーブルのキャッシュを更新し、装置の IP アドレスと MAC アドレスの情報を最新の状態にアップデートします。

GARP リクエストの送信を有効にするには、`ip gratuitous-arps` コマンドを使用します。GARP リクエストを定期的を送信するには、`arp gratuitous-send` コマンドを使用します。

また、デフォルト設定では、ARP テーブルは GARP パケットを学習します。GARP パケットの学習を無効にするには、`no ip arp gratuitous` コマンドを使用します。

3.2 NDP の機能説明

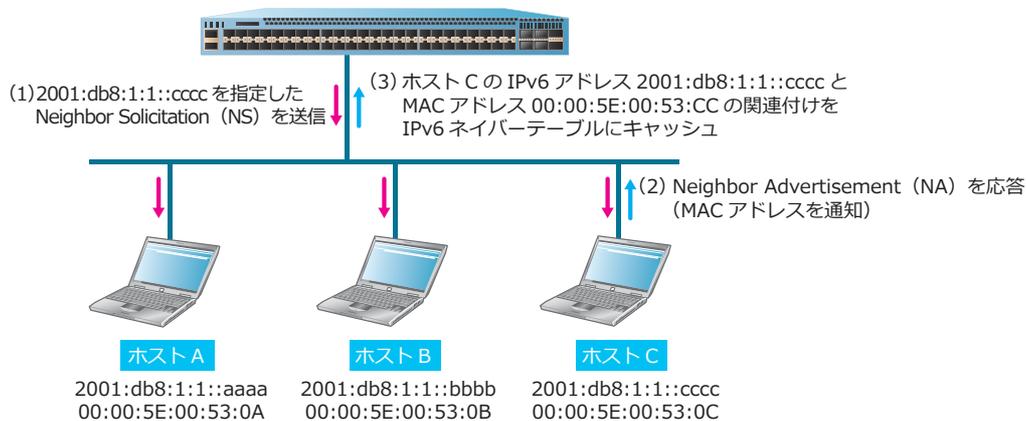
NDP は、IPv6 アドレスでの MAC アドレス解決やルーターの発見など、同一リンク上での近隣探索を行うプロトコルです。NDP によって解決した MAC アドレスは IPv6 アドレスに関連付けられ、**ダイナミックエントリー**として IPv6 **ネイバーテーブル**にキャッシュされます。また、手動で MAC アドレスと IPv6 アドレスを関連付け、**スタティックエントリー**として IPv6 ネイバーテーブルに登録することもできます。

ダイナミックエントリー

MAC アドレスが不明なネットワーク上のホストに対して MAC アドレスを問い合わせ、得られた MAC アドレスと IPv6 アドレスを関連付けた情報がダイナミックエントリーです。

IPv6 アドレスでは、Neighbor Solicitation (NS) メッセージを送信して問い合わせを行います。指定された IPv6 アドレスが設定されたホストは、Neighbor Advertisement (NA) メッセージで MAC アドレス情報を応答します。これにより、MAC アドレスと IPv6 アドレスが関連付けられ、ダイナミックエントリーとして IPv6 ネイバーテーブルにキャッシュされます。

図 3-5 ダイナミックエントリーによる MAC アドレスと IPv6 アドレスの関連付け



NOTE: 登録済みの IPv6 ネイバーキャッシュエントリーでリンクダウンを伴わないポート間移動が発生した場合、MAC アドレスを再学習してから数秒後に IPv6 ネイバーキャッシュエントリーの送信先インターフェースの更新が行われます。なお、MAC アドレスや IPv6 ネイバーキャッシュエントリーの登録数が多い環境では、この更新時間がより長くなることがあります。

スタティックエントリー

IPv6 アドレスと MAC アドレスの関連付けを手動で IPv6 ネイバーテーブルに追加した情報が、スタティックエントリーです。ipv6 neighbor コマンドで IPv6 アドレスと MAC アドレスを指定し、IPv6 ネイバーテーブルに登録します。

ipv6 neighbor コマンドで指定した IPv6 アドレスが IPv6 ネイバーテーブルに存在する場合、その情報がダイナミックエントリーとスタティックエントリーのどちらであっても、新たに ipv6 neighbor コマンドで追加したスタティックエントリーで上書きされます。

NOTE: スタティック IPv6 ネイバーキャッシュエントリーを設定する場合は、mac-address-table static コマンドで対応するスタティック MAC アドレスエントリーも設定してください。

NOTE: NP7000、NP5000、NP4000、および NP3000 では、スタティック IPv6 ネイバーキャッシュエントリーは最大 256 個まで設定できます。

NOTE: NP2100、NP2000、および NP2500 では、スタティック IPv6 ネイバーキャッシュエントリーは最大 64 個まで設定できます。

3.2.1 IPv6 ネイバーテーブルのダイナミックエントリーの消去

IPv6 ネイバーテーブルにキャッシュされたダイナミックエントリーを手動で消去できます。ダイナミックエントリーを消去するには、`clear ipv6 neighbors` コマンドを使用します。all パラメーターを指定して `clear ipv6 neighbors` コマンドを使用すると、すべてのダイナミックエントリーを消去します。

3.2.2 Router Advertisement (RA) の送信

IPv6 ルーターは、Router Advertisement (RA) メッセージを送信して、同一リンク上のホストに対してプレフィックス情報などを配布できます。Router Advertisement (RA) メッセージは、定期的送信、およびホストからの Router Solicitation (RS) メッセージに応答して送信します。

なお、Router Advertisement (RA) メッセージの送信は、デフォルトでは抑制されています。Router Advertisement (RA) メッセージの送信抑制を無効にして送信を開始するには、`no ipv6 nd suppress-ra` コマンドを使用します。

CAUTION: NP2100、NP2000、および NP2500 では、Router Advertisement (RA) の送信機能はサポートしていません。

3.3 ARP/NDP の状態確認

ARP/NDP の状態を表示して確認する方法を説明します。

3.3.1 ARP テーブルの表示

`show arp` コマンドで ARP テーブルの内容を確認できます。

CAUTION: ARP-TYPE パラメーターに `static` を指定した場合、未使用のスタティックエントリーも表示されます。未使用のスタティックエントリーは、IPv4 インターフェースが表示されません。

表示例を以下に示します。

```
# show arp

S - Static Entry
(1)          (2)          (3)          (4)
IP Address   Hardware Addr   IP Interface  Age (min)
-----
 172.16.20.100 00-00-5E-00-53-33 vlan20        240
 172.16.20.254 00-40-66-A8-CC-36 vlan20        forever
 192.0.2.100   00-00-5E-00-53-11 vlan10        240
S 192.0.2.201   00-00-5E-00-53-22 vlan10        forever
 192.0.2.253   00-00-5E-00-53-BB vlan10        240
 192.0.2.254   00-40-66-A8-CC-36 vlan10        forever

Total Entries: 6
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 3-1 show arp コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	IPv4 アドレスを表示します。
(2)	MAC アドレスを表示します。
(3)	エントリーを学習した IPv4 インターフェースを表示します。
(4)	ARP エージングタイムの設定値を表示します。自装置のエントリーまたはスタティックエントリーの場合は <code>forever</code> と表示されます。マネージメントポートで学習したダイナミックエントリーの場合は <code>0</code> と表示されます。

3.3.2 ARP キャッシュテーブルの表示

`show arp cache` コマンドで、ARP キャッシュテーブルの内容を確認できます。ARP キャッシュテーブルでは、エントリーを学習した物理インターフェース情報も表示されます。

表示例を以下に示します。

```
# show arp cache
(1)      (2)      (3)      (4)      (5)
IP Address      VID      Hardware Addr      Interface      Age
-----
172.16.20.100   20      00-00-5E-00-53-33  1/0/2         240
172.16.20.254   20      00-40-66-A8-CC-36  CPU           forever
192.0.2.100     10      00-00-5E-00-53-11  C/5           240
192.0.2.201     10      00-00-5E-00-53-22  C/5           forever
192.0.2.253     10      00-00-5E-00-53-BB  1/0/11        240
192.0.2.254     10      00-40-66-A8-CC-36  CPU           forever

Total Entries: 6
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 3-2 show arp cache コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	IPv4 アドレスを表示します。
(2)	VLAN ID を表示します。
(3)	MAC アドレスを表示します。
(4)	エントリーを学習したインターフェース ID (物理ポート、ポートチャネル) を表示します。自装置のエントリーの場合は CPU と表示されます。
(5)	ARP エージングタイムの設定値を表示します。自装置のエントリーまたはスタティックエントリーの場合は forever と表示されます。

3.3.3 ARP エージングタイムの設定値の表示

`show arp timeout` コマンドで、ARP エージングタイムの設定値を確認できます。
表示例を以下に示します。

```
# show arp timeout
(1)          (2)
Interface    Timeout (minutes)
-----
vlan100      30
vlan200      40
-----
Total Entries: 2
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 3-3 show arp timeout コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	VLAN インターフェースを表示します。
(2)	ARP エージングタイムの設定値を表示します。

3.3.4 IPv6 ネイバーテーブルの表示

`show ipv6 neighbors` コマンドで IPv6 ネイバーテーブルの内容を確認できます。
表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 neighbors
(1)          (2)          (3)          (4) (5)
IPv6 Address      Link-Layer Addr  Interface  Type  State
-----
2001:db8:11:0:a:a:a      00-00-11-11-22-22  vlan11     D    REACH
fe80::200:11ff:fe11:2222  00-00-11-11-22-22  vlan11     D    REACH
2001:db8:12:0:aaaa:bbbb:cccc:dddd  00-03-33-34-44-44  vlan12     D    REACH
fe80::203:33ff:fe34:4444  00-03-33-34-44-44  vlan12     D    REACH

Total Entries: 4
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 3-4 show ipv6 neighbors コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	IPv6 アドレスを表示します。
(2)	MAC アドレスを表示します。
(3)	エントリーを学習した IPv6 インターフェースを表示します。
(4)	エントリーの種類 (D : ダイナミック / S : スタティック) を表示します。
(5)	エントリーの状態を表示します。

3.3.5 IPv6 ネイバーキャッシュテーブルの表示

`show ipv6 neighbors cache` コマンドで IPv6 ネイバーキャッシュテーブルの内容を確認できます。IPv6 ネイバーキャッシュテーブルでは、エントリーを学習した物理インターフェース情報も表示されません。

表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 neighbors cache
(1)
IPv6 Address                               (2) (3) (4) (5)
-----
2001:db8:11:0:a:a:a:a                       11 00-00-11-11-22-22 1/0/1 REACH
2001:db8:12:0:aaaa:bbbb:cccc:dddd          12 00-03-33-34-44-44 C/5 REACH
2001:db8:11:0:1:2:3:4                       11 00-40-66-A8-CC-36 CPU
2001:db8:12::1                              12 00-40-66-A8-CC-36 CPU

Total Entries: 4
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 3-5 show ipv6 neighbors cache コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	IPv6 アドレスを表示します。
(2)	VLAN ID を表示します。
(3)	MAC アドレスを表示します。
(4)	エントリーを学習したインターフェース ID (物理ポート、ポートチャネル) を表示します。自装置のエントリーの場合は CPU と表示されます。
(5)	エントリーの状態を表示します。

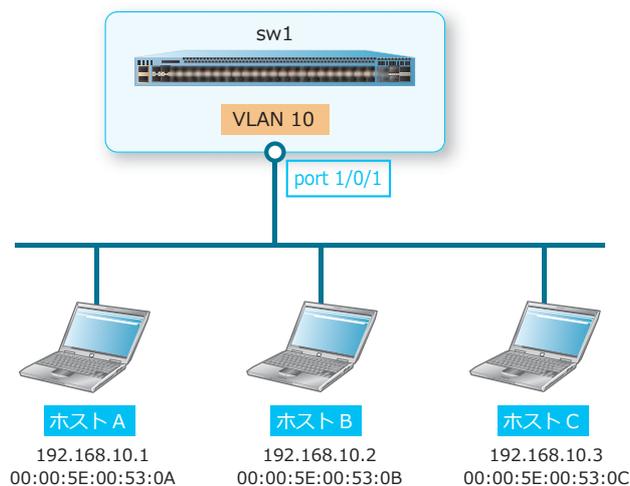
3.4 ARP/NDP の構成例と設定例

スタティックエントリーを ARP テーブルまたは IPv6 ネイバーテーブルに追加する場合、および削除する場合の構成例と設定例を示します。

3.4.1 スタティック ARP エントリーを追加する場合

ホスト A、B、C のスタティック ARP エントリーと、対応するスタティック MAC アドレスエントリーを設定する場合の構成例と設定例を示します。

図 3-6 スタティック ARP エントリーを追加する場合の構成例



1. スタティック ARP エントリーに対応する以下のスタティック MAC アドレスエントリーを設定します。

ホスト A [MAC アドレス =00:00:5E:00:53:0A、VLAN 10、port 1/0/1]

ホスト B [MAC アドレス =00:00:5E:00:53:0B、VLAN 10、port 1/0/1]

ホスト C [MAC アドレス =00:00:5E:00:53:0C、VLAN 10、port 1/0/1]

```
sw1# configure terminal
sw1(config)# mac-address-table static 0000.5E00.530A vlan 10 interface port
1/0/1
sw1(config)# mac-address-table static 0000.5E00.530B vlan 10 interface port
1/0/1
sw1(config)# mac-address-table static 0000.5E00.530C vlan 10 interface port
1/0/1
sw1(config)#
```

2. 以下のスタティック ARP エントリーを設定します。

ホスト A [IP アドレス =192.168.10.1、MAC アドレス =00:00:5E:00:53:0A]

ホスト B [IP アドレス =192.168.10.2、MAC アドレス =00:00:5E:00:53:0B]

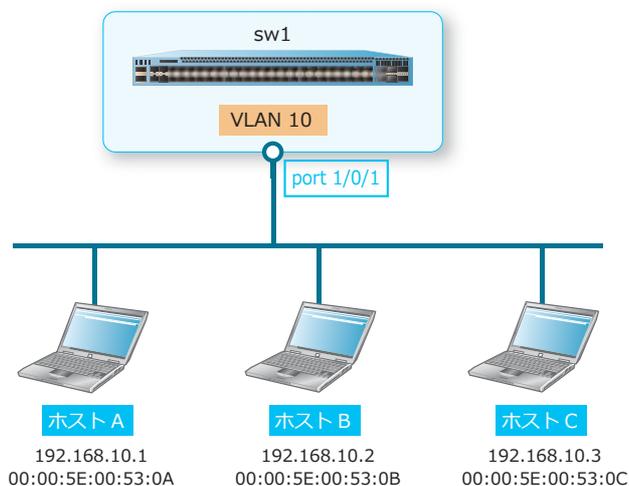
ホスト C [IP アドレス =192.168.10.3、MAC アドレス =00:00:5E:00:53:0C]

```
sw1(config)# arp 192.168.10.1 0000.5E00.530A
sw1(config)# arp 192.168.10.2 0000.5E00.530B
sw1(config)# arp 192.168.10.3 0000.5E00.530C
sw1(config)# end
sw1#
```

3.4.2 スタティック ARP エントリーを削除する場合

設定済みのホスト A のスタティック ARP エントリーと、対応するスタティック MAC アドレスエントリーを削除する場合の構成例と設定例を示します。

図 3-7 スタティック ARP エントリーを削除する場合の構成例



1. 設定済みのホスト A のスタティック ARP エントリーを削除します。

ホスト A [IP アドレス =192.168.10.1、MAC アドレス =00:00:5E:00:53:0A]

```
sw1# configure terminal
sw1(config)# no arp 192.168.10.1 0000.5E00.530A
sw1(config)#
```

2. 設定済みの対応するスタティック MAC アドレスエントリーを削除します。

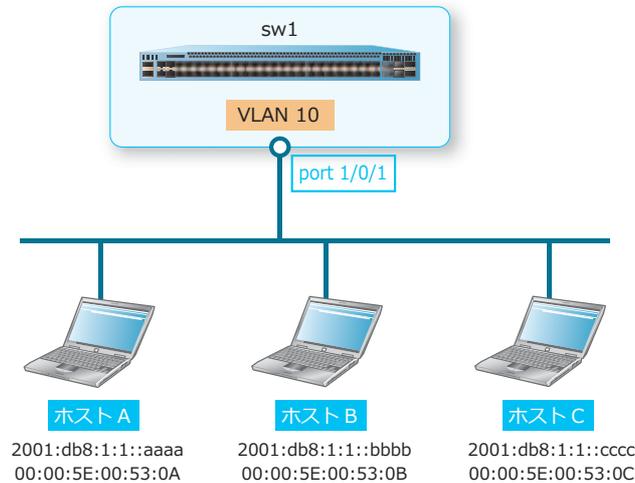
ホスト A [MAC アドレス =00:00:5E:00:53:0A、VLAN 10、port 1/0/1]

```
sw1(config)# no mac-address-table static 0000.5E00.530A vlan 10 interface port
1/0/1
sw1(config)# end
sw1#
```

3.4.3 スタティック IPv6 ネイバーキャッシュエントリーを追加する場合

ホスト A、B、C のスタティック IPv6 ネイバーキャッシュエントリーと、対応するスタティック MAC アドレスエントリーを設定する場合の構成例と設定例を示します。

図 3-8 スタティック IPv6 ネイバーキャッシュエントリーを追加する場合の構成例



1. スタティック IPv6 ネイバーキャッシュエントリーに対応する以下のスタティック MAC アドレスエントリーを設定します。

ホスト A [MAC アドレス =00:00:5E:00:53:0A、VLAN 10、port 1/0/1]

ホスト B [MAC アドレス =00:00:5E:00:53:0B、VLAN 10、port 1/0/1]

ホスト C [MAC アドレス =00:00:5E:00:53:0C、VLAN 10、port 1/0/1]

```
sw1# configure terminal
sw1(config)# mac-address-table static 0000.5E00.530A vlan 10 interface port
1/0/1
sw1(config)# mac-address-table static 0000.5E00.530B vlan 10 interface port
1/0/1
sw1(config)# mac-address-table static 0000.5E00.530C vlan 10 interface port
1/0/1
sw1(config)#
```

2. 以下のスタティック IPv6 ネイバーキャッシュエントリーを設定します。

ホスト A [IPv6 アドレス =2001:db8:1:1::aaaa、MAC アドレス =00:00:5E:00:53:0A]

ホスト B [IPv6 アドレス =2001:db8:1:1::bbbb、MAC アドレス =00:00:5E:00:53:0B]

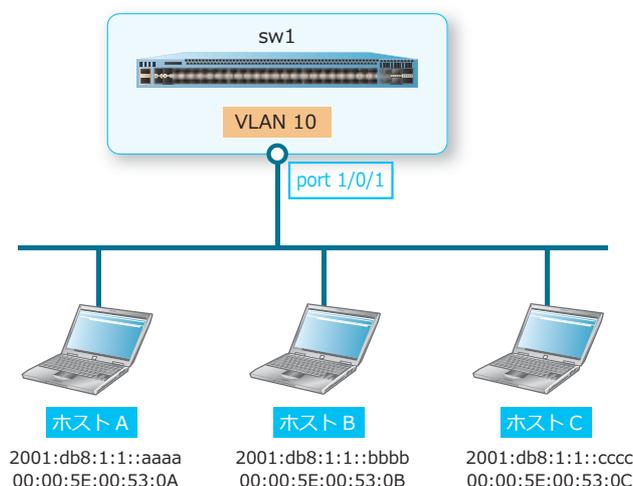
ホスト C [IPv6 アドレス =2001:db8:1:1::cccc、MAC アドレス =00:00:5E:00:53:0C]

```
sw1(config)# ipv6 neighbor 2001:db8:1:1::aaaa vlan10 0000.5E00.530A
sw1(config)# ipv6 neighbor 2001:db8:1:1::bbbb vlan10 0000.5E00.530B
sw1(config)# ipv6 neighbor 2001:db8:1:1::cccc vlan10 0000.5E00.530C
sw1(config)# end
sw1#
```

3.4.4 スタティック IPv6 ネイバーキャッシュエントリーを削除する場合

設定済みのホスト A のスタティック IPv6 ネイバーキャッシュエントリーと、対応するスタティック MAC アドレスエントリーを削除する場合の構成例と設定例を示します。

図 3-9 スタティック IPv6 ネイバーキャッシュエントリーを削除する場合の構成例



1. 設定済みのホスト A のスタティック IPv6 ネイバーキャッシュエントリーを削除します。

ホスト A [IPv6 アドレス =2001:db8:1:1::aaaa、MAC アドレス =00:00:5E:00:53:0A]

```
sw1# configure terminal
sw1(config)# no ipv6 neighbor 2001:db8:1:1::aaaa vlan10
sw1(config)#
```

2. 設定済みの対応するスタティック MAC アドレスエントリーを削除します。

ホスト A [MAC アドレス =00:00:5E:00:53:0A、VLAN 10、port 1/0/1]

```
sw1(config)# no mac-address-table static 0000.5E00.530A vlan 10 interface port
1/0/1
sw1(config)# end
sw1#
```

4. VRRP

VRRP (Virtual Router Redundancy Protocol) の機能、状態の確認方法、および構成例と設定例について説明します。

REF: コマンドの詳細については、『コマンドリファレンス』を参照してください。

4.1 VRRP の機能説明

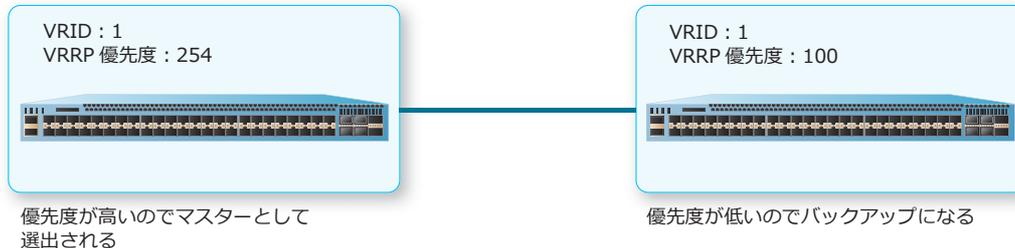
VRRP は、端末のデフォルトゲートウェイを冗長化するためのプロトコルです。同一セグメント上の複数のルーターにより、仮想的な1つのデフォルトゲートウェイを構成します。VRRP には、VRRPv2 と VRRPv3 の2つのバージョンがあります。VRRPv3 は IPv6 をサポートしています。

VRRP を構成する各ルーターは、同一の仮想ルーター ID (以後、VRID) によってグループ化されます。通常は、同一グループの中で最も優先度の高いルーターが**マスター**になり、それ以外のルーターが**バックアップ**になります。通常時は、マスターが仮想アドレス宛でのパケット中継処理を行います。マスターに障害が発生し、マスターが存在しなくなったことをバックアップで検知すると、バックアップがマスターに遷移して仮想アドレス宛でのパケット中継処理を引き継ぎます。

マスターとバックアップの決定

マスターとバックアップは優先度で決定され、高い優先度を設定した装置がマスターになります。優先度のデフォルト設定は 100 です。変更するには、VRRPv2 の場合は `vrrp priority` コマンド、VRRPv3 の場合は `priority` コマンドを使用します。

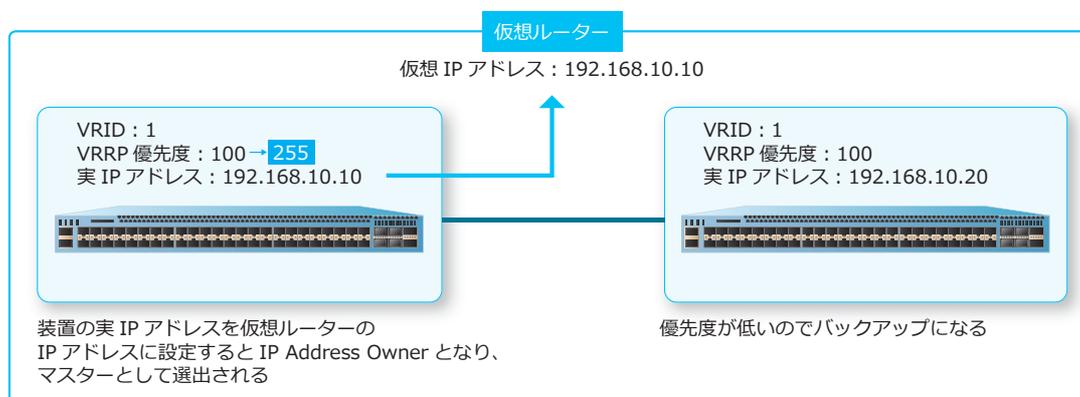
図 4-1 優先度によるマスターとバックアップの決定例



NOTE: 同一 VRRP グループに所属する各ルーターの優先度は、それぞれ異なる優先度になるように設定してください。

また、VRRP を構成する装置の実 IP アドレスを仮想ルーターの IP アドレスに設定すると、その装置は **IP Address Owner** になります。IP Address Owner の装置の優先度は自動的に「255」に変更され、他の装置の優先度にかかわらず必ずマスターになります。

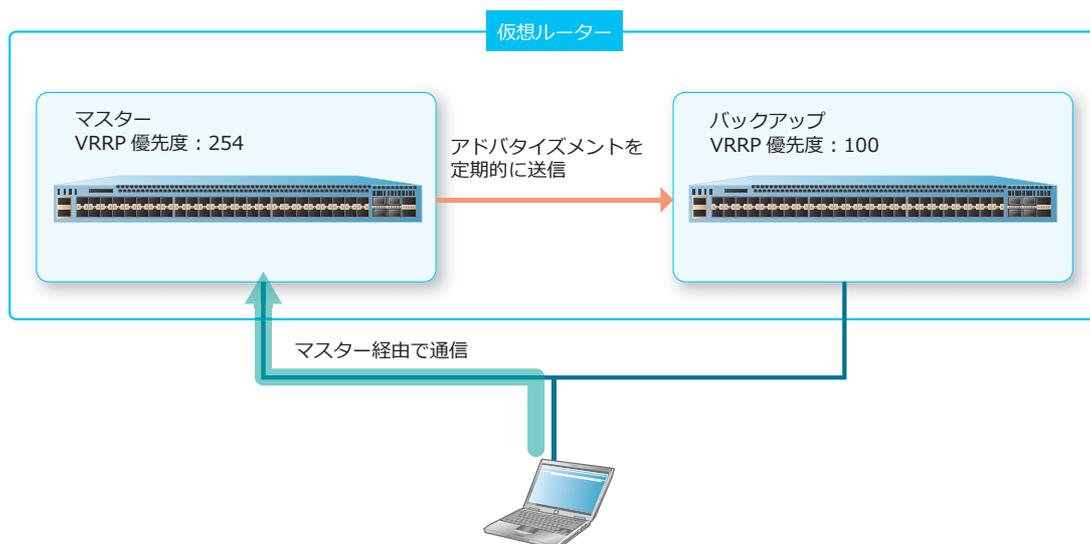
図 4-2 IP Address Owner とバックアップの決定例



障害発生時のマスターとバックアップの切り替わり

マスターは定期的に**アドバタイズメント**を送信し、正常に動作していることをバックアップに知らせます。アドバタイズメントの送信間隔のデフォルト設定は 1 秒です。変更するには、VRRPv2 の場合は `vrrp timers advertise` コマンド、VRRPv3 の場合は `timers advertise` コマンドを使用します。

図 4-3 アドバタイズメントの送信例



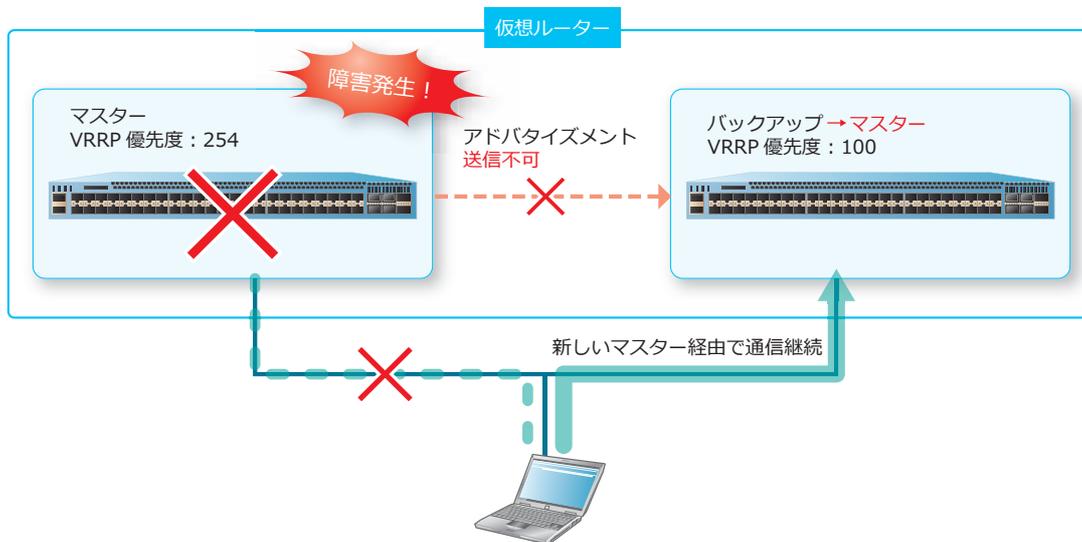
マスターに障害が発生してアドバタイズメントが送信されなくなり、設定した送信間隔が過ぎてもアドバタイズメントを検知できなくなった場合、バックアップがマスターに切り替わります。これによって通信処理がバックアップに引き継がれるため、通信停止時間を低減できます。

NOTE: OSPFv2 または OSPFv3 機能で多量の経路を扱う環境では、経路更新のタイミングで VRRP のバックアップが一時的にマスターに切り替わることがあります。VRRP のアドバタイズメントの送信間隔を長く設定することで、この事象の発生を抑制できます。

マスターが存在しないと判断するまでの時間は、以下の計算式で求められます。

- $(\text{アドバタイズメントの送信間隔} \times 3) + (256 - \text{優先度}) \div 256$

図 4-4 マスター障害発生時の切り替わり例



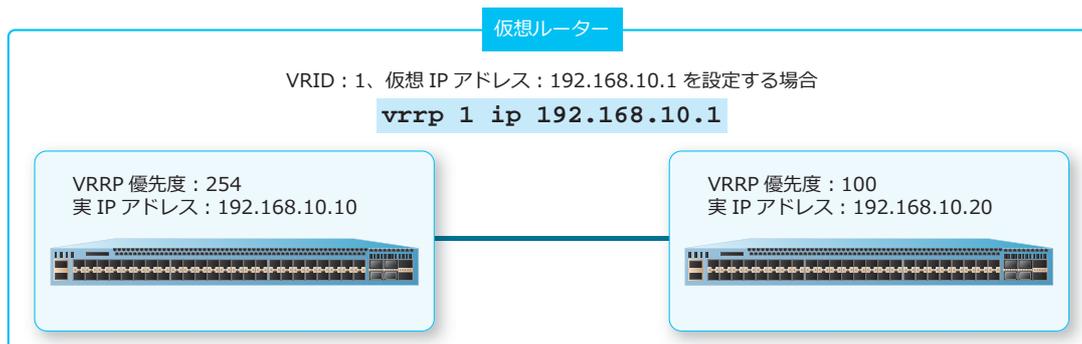
旧マスターが障害から復旧した場合、デフォルト設定では復旧した旧マスターがマスターに切り戻りま
す (プリエンプトモード)。

4.1.1 仮想ルーターの IP アドレスの設定

仮想ルーターの IP アドレスは、同一 VRRP グループに所属するすべてのルーターで同じ IP アドレスに
設定する必要があります。

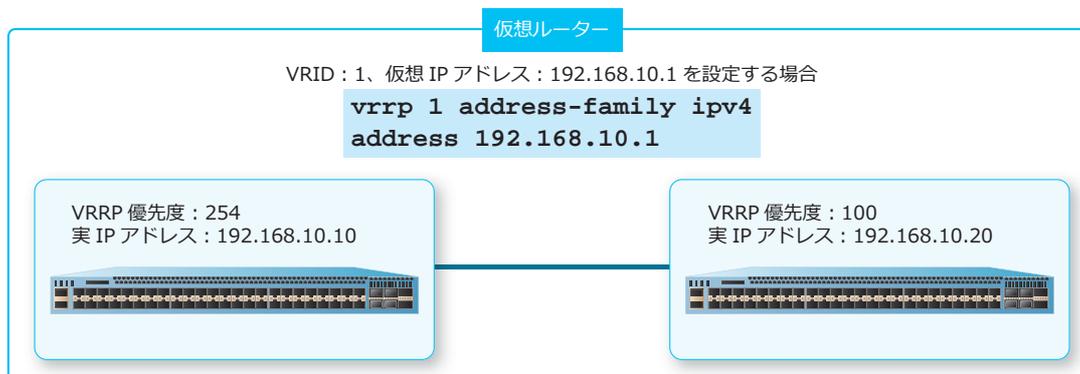
VRRPv2 の場合、`vrrp ip` コマンドで仮想ルーターの VRID と IP アドレスを設定します。

図 4-5 VRRPv2 の仮想ルーターの VRID と IP アドレスの設定例



VRRPv3の場合、`vrrp VRID address-family` コマンドで仮想ルーターのVRIDを設定し、`address` コマンドで仮想ルーターのIPアドレスを設定します。

図 4-6 VRRPv3 の仮想ルーターの IP アドレスの設定例



CAUTION: 仮想ルーターの IP アドレスは、プライマリー IP アドレスと同じサブネットに設定する必要があります。セカンダリー IP アドレスで指定したサブネットでは設定できません。

NOTE: NP7000 および NP5000 では、設定可能な VRRP グループ数は、VRRPv2 と VRRPv3 の合計で最大 256 グループです。

NOTE: NP3000 の 1.11.01 より前のバージョンでは、設定可能な VRRP グループ数は、VRRPv2 と VRRPv3 の合計で最大 64 グループです。NP3000 の 1.11.01 以降では、制限付きで最大 128 グループまで拡張されています。制限などの詳細については、『コマンドリファレンス』を参照してください。

4.1.2 仮想ルーター ID と仮想 MAC アドレス

仮想ルーターには、規格で定められた**仮想 MAC アドレス**が割り当てられます。仮想 MAC アドレスは、APR リクエストや ND リクエストへの応答に使用されます。マスターは、仮想 MAC アドレス宛てのイーサネットフレームを受信し、ルーティングテーブルに従って IP パケットをフォワーディングします。マスターに障害が発生した場合、バックアップが仮想 MAC アドレス宛てのフレームを受信し、マスターに代わってフォワーディングします。このように、仮想 MAC アドレス宛てに端末がフレームを送信することで、マスターに障害が発生した場合でも、通信が継続します。

仮想 MAC アドレスの形式を以下に示します。以下の仮想 MAC アドレス末尾の「XX」は、VRID です。

- VRRPv2、および VRRPv3 (IPv4 指定時)

00:00:5E:00:01:XX (例 : VRID=10 の場合は 00:00:5E:00:01:0A)

- VRRPv3 (IPv6 指定時)

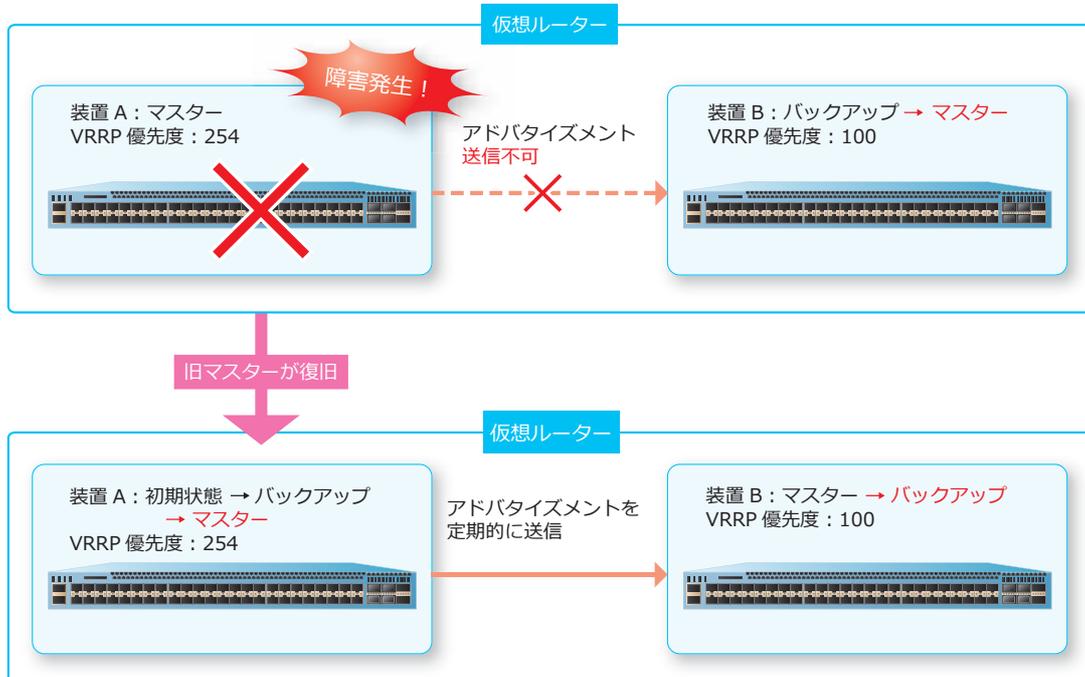
00:00:5E:00:02:XX (例 : VRID=20 の場合は 00:00:5E:00:02:14)

4.1.3 プリエンプトモードの設定

プリエンプトモードでは、より優先度の高い装置が常にマスターとして稼働します。たとえば、装置 A (マスター) に障害が発生し、装置 B (バックアップ) がマスターとして稼働している場合、プリエンプトモードが有効になっていると、装置 A の復旧時に自動的に装置 A がマスターに切り戻ります。

プリエンプトモードはデフォルト設定では有効です。変更するには、VRRPv2 の場合は `vrrp preempt` コマンド、VRRPv3 の場合は `preempt` コマンドを使用します。

図 4-7 プリエンプトモード有効時のマスターの切り戻り例



4.1.4 init-delay の設定

init-delay は、VRRP の状態が初期状態 (Init) からバックアップに遷移した際の、バックアップ状態のタイムアウト時間に遅延時間 (init-delay) を追加する機能です。

NOTE: init-delay は、NP7000 の 1.11.01 以降、NP5000 の 1.10.02 以降、NP3000 の 1.10.01 以降でサポートしています。

本機能が動作する条件は、装置起動時や対象 IP インターフェースがダウン/アップした場合など、VRRP の状態が初期状態 (Init) からバックアップに遷移した場合のみです。VRRP の状態が初期状態 (Init) からバックアップに遷移した装置は、設定した init-delay 時間が経過するまではマスターに遷移しません。init-delay 時間経過後は、通常のタイムアウト時間内に自身より高い優先度を持つ VRRP Advertisement を受信しない場合にマスターに遷移する通常の動作になります。

NOTE: マスター (IP Address Owner) の場合は、init-delay は動作しません。

init-delay を設定するには、VRRPv2 の場合は `vrrp init-delay` コマンド、VRRPv3 の場合は `init-delay` コマンドを使用します。

4.1.5 VRRP Tracking 機能

VRRP Tracking 機能は、指定した監視対象インターフェースがダウンした場合に、動作中の仮想ルーターの優先度から指定した値を自動的に減算する機能です。これにより、VRRP の状態を切り替えることができます。監視対象インターフェースがアップした場合は優先度の減算が解除され、動作中の仮想ルーターの優先度は元に戻ります。

NOTE: VRRP Tracking 機能は、NP7000 の 1.11.01 以降、NP5000 の 1.10.02 以降、NP3000 の 1.11.01 以降でサポートしています。

1 つの VRRP グループに設定できる監視対象インターフェースは 1 つです。監視対象インターフェースは、物理ポート（1 ポートのみ指定可） / ポートチャネル（1 個のみ指定可） / VLAN インターフェース（1 個のみ指定可）のうち、いずれか 1 つを指定できます。

NOTE: VRRP Tracking 機能を使用する場合は、対象の VRRP グループでプリエンプトモードを有効にする必要があります。

NOTE: VRRP Tracking 機能は IP Address Owner では使用できません。

NOTE: VRRP Tracking 機能を使用する場合は、動作中の優先度を減算した結果が 0 より小さくならないように設計することを推奨します。

VRRP Tracking 機能を設定するには、VRRPv2 の場合は `vrrp track-failover` コマンド、VRRPv3 の場合は `track-failover` コマンドを使用します。

4.1.6 仮想 IP アドレスへの ping 応答の有効化

IP Address Owner の装置は仮想 IP アドレスと実 IP アドレスが同一のため、仮想 IP アドレス宛での ping に応答できますが、IP Address Owner ではない装置がマスターになった場合は、デフォルト設定では仮想 IP アドレス宛での ping に応答できません。ping に応答するように変更するには、VRRPv2 の場合は `vrrp non-owner-ping` コマンド、VRRPv3 の場合は `non-owner-ping` コマンドを使用します。

4.1.7 クリティカル IP アドレスのトラッキング

クリティカル IP アドレスを設定すると、指定した IP アドレスの ARP エントリ / IPv6 ネイバーエントリを監視します。監視対象のエントリが ARP テーブル / IPv6 ネイバーテーブルから削除された場合は、仮想ルーターを非アクティブ化します。クリティカル IP アドレスを設定するには、VRRPv2 の場合は `vrrp track critical-ip` コマンド、VRRPv3 の場合は `track critical-ip` コマンドを使用します。

4.1.8 VRRP 認証 (VRRPv2 のみ)

VRRPv2 では、IPv4 インターフェースごとにパスワードによる VRRP 認証を設定できます。パスワードが一致する装置同士でのみ、アドバタイズメントをやり取りできるようになります。VRRP 認証はデフォルト設定では無効です。変更するには `vrrp authentication` コマンドを使用します。

4.1.9 VRRP の有効／無効

VRRP の状態を手動コマンドで無効にできます。マスターで手動コマンドを使用して無効にした場合は、タイムアウトを待たずにバックアップがマスターに遷移することを促すために、無効になる際に優先度 0 のアドバタイズメントを送信します。

VRRP の有効／無効はデフォルト設定では有効です。変更するには、VRRPv2 の場合は `vrrp shutdown` コマンド、VRRPv3 の場合は `shutdown` コマンドを使用します。

4.2 VRRP の状態確認

VRRP の状態を表示して確認する方法を説明します。

4.2.1 VRRP の状態の表示

`show vrrp` コマンドで、VRRP の状態を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show vrrp
(1)      (2)      (3)
vlan10 - Group 1 - Version2
  State is Master ... (4)
  Virtual IP Address is 192.0.2.254 ... (5)
  Virtual MAC Address is 00-00-5E-00-01-01 ... (6)
  Advertisement interval is 1 seconds ... (7)
  Preemption is enabled ... (8)
  Priority is 150 ... (9)
  Authentication is enabled ... (10)
  Authentication Text is testpass ... (11)
  No critical IP address ... (12)
  Master Router is 192.0.2.253 ... (13)
  Init Delay is 600 seconds ... (14)
  Track Interface is vlan 100 ... (15)
  Track Interface status is UP ... (16)
  Track Interface Priority Delta is 140 ... (17)
(1)      (2)      (3)      (18)
vlan20 - Group 2 - Version3 - Address-Family IPv6
  State is Master ... (4)
  Virtual IP Address is fe80::20:1 ... (5)
  Virtual MAC Address is 00-00-5E-00-02-02 ... (6)
  Advertisement interval is 1 seconds ... (7)
  Preemption is enabled ... (8)
  Priority is 200 ... (9)
  No critical IP address ... (12)
  Disable non owner ping ... (19)
  Master Router is fe80::240:66ff:feaa:521b(local) ... (13)
  Init Delay is none ... (14)
  Track Interface is none ... (15)
  Track Interface status is UNKNOWN ... (16)
  Track Interface Priority Delta is none ... (17)

Total Entries: 2
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 4-1 show vrrp コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	VLAN インターフェースを表示します。
(2)	VRID を表示します。
(3)	VRRP バージョンを表示します。

項番	説明
(4)	装置の状態を表示します。 <ul style="list-style-type: none"> • Master : マスター • Backup : バックアップ • Init : 初期状態
(5)	仮想 IP アドレスを表示します。
(6)	仮想 MAC アドレスを表示します。
(7)	Advertisement の送信間隔を表示します。
(8)	プリエンプトモードの有効 (enabled) / 無効 (disabled) を表示します。
(9)	優先度を表示します。VRRP Tracking 機能によって優先度が減算された場合は、減算した結果の優先度が表示されます。
(10)	VRRP 認証の有効状態を表示します。認証パスワードを設定すると表示されます。
(11)	VRRP 認証のパスワードを表示します。認証パスワードを設定すると表示されます。
(12)	クリティカル IP アドレスを表示します。
(13)	マスターの実 IP を表示します。
(14)	VRRP の状態が初期状態 (Init) からバックアップに遷移した際の、バックアップ状態のタイムアウト時間に追加する遅延時間を表示します。
(15)	VRRP Tracking 機能の監視対象インターフェースを表示します。
(16)	VRRP Tracking 機能の監視対象インターフェースの状態を表示します。 <ul style="list-style-type: none"> • UP : アップ状態 • DOWN : ダウン状態 • UNKNOWN : 未設定状態
(17)	VRRP Tracking 機能の優先度の減算値を表示します。
(18)	対象のアドレスファミリーを表示します。
(19)	IP Address Owner ではないマスターの場合の、仮想 IP アドレス宛での ping 応答の有効 (Enable non owner ping) / 無効 (Disable non owner ping) を表示します。

4.2.2 VRRP の簡易情報の表示

show vrrp brief コマンドで VRRP の簡易情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show vrrp brief

(1)      (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Interface VRID Ver AF  Pri Owner Pre State VRouter IP
-----
vlan2      4   2  NA  100          Y  Init  10.99.2.4
vlan2     128  3  IPv4 100          Y  Init  10.99.2.128
vlan2     255  3  IPv6 100          Y  Init  fe80::2:1

Total Entries: 3
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 4-2 show vrrp brief コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	VLAN インターフェースを表示します。
(2)	VRID を表示します。
(3)	VRRP バージョンを表示します。
(4)	対象のアドレスファミリーを表示します。VRRPv2 の場合は「NA」と表示されます。
(5)	優先度を表示します。VRRP Tracking 機能によって優先度が減算された場合は、減算した結果の優先度が表示されます。
(6)	マスターが IP Address Owner の場合に「Y」と表示されます。
(7)	プリエンプトモードが有効な場合に「Y」と表示されます。
(8)	装置の状態を表示します。 <ul style="list-style-type: none"> • Master : マスター • Backup : バックアップ • Init : 初期状態
(9)	仮想 IP アドレスを表示します。

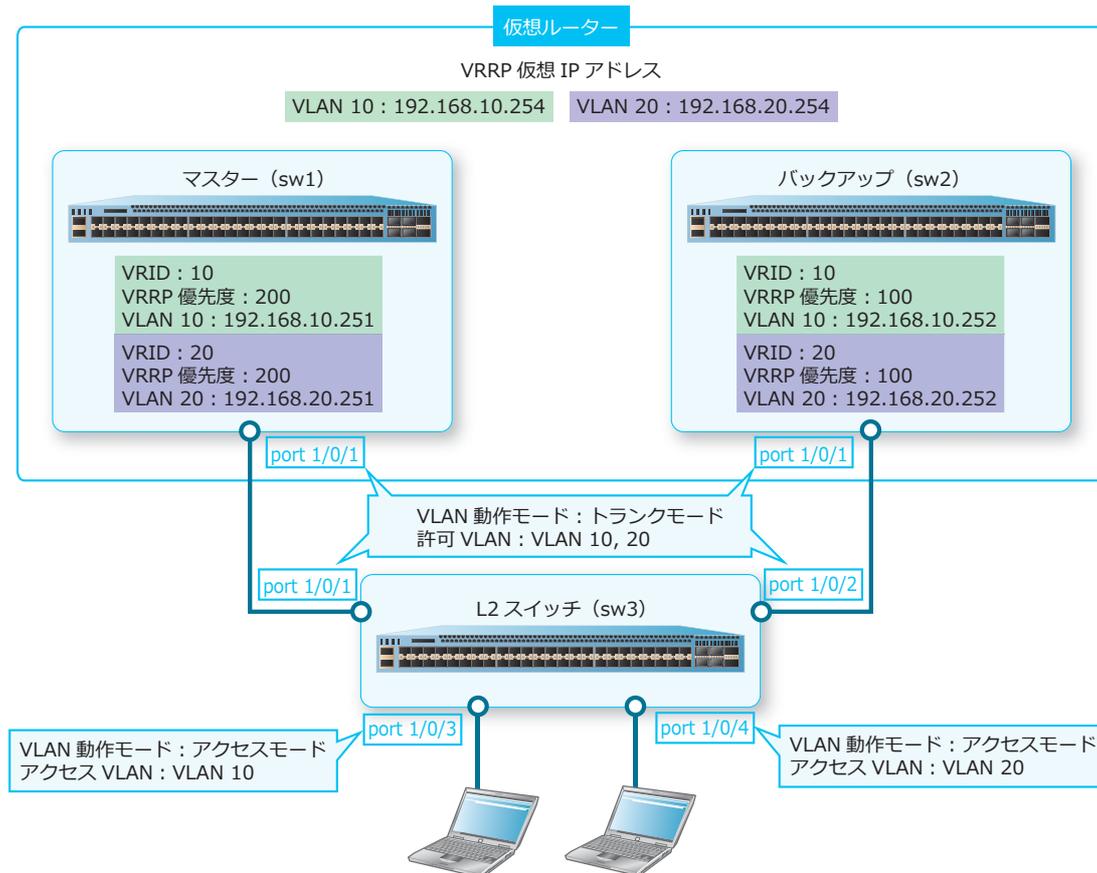
4.3 VRRP の構成例と設定例

VRRPv2、および VRRPv3 を利用する場合の構成例と設定例を示します。

4.3.1 VRRPv2 の設定例

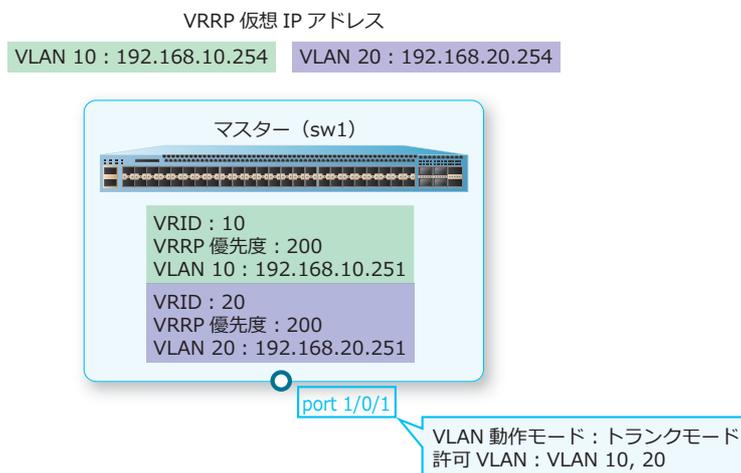
装置を2台設置し、VRRPv2 で1台をマスター、もう1台をバックアップにした場合の構成例と設定例を以下に示します。

図 4-8 VRRPv2 の構成例



4.3.1.1 VRRPv2 : マスターの設定例 (sw1)

図 4-9 VRRPv2 : マスターの設定例 (sw1)



1. VLAN 10 および VLAN 20 を作成します。

```
sw1# configure terminal
sw1(config)# vlan 10,20
sw1(config-vlan)# exit
sw1(config)#
```

2. ポート 1/0/1 をトランクポートとして設定し、トランクポートに [VLAN 10] および [VLAN 20] を割り当てます。

```
sw1(config)# interface port 1/0/1
sw1(config-if-port)# switchport mode trunk
sw1(config-if-port)# switchport trunk allowed vlan 10,20
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)#
```

3. VLAN 10 の IP アドレスを [192.168.10.251/24] に、VLAN 20 の IP アドレスを [192.168.20.251/24] に設定します。

```
sw1(config)# interface vlan 10
sw1(config-if-vlan)# ip address 192.168.10.251/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)# interface vlan 20
sw1(config-if-vlan)# ip address 192.168.20.251/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)#
```

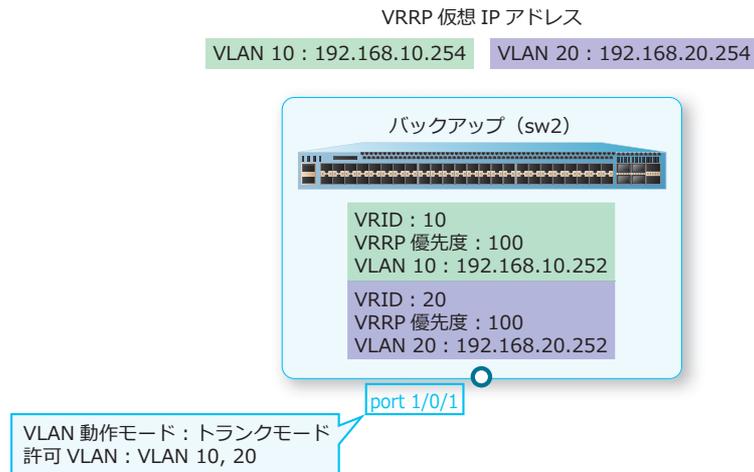
4. VLAN 10 インターフェイスで、VRID [10]、仮想 IP アドレス [192.168.10.254]、VRRP 優先度 [200] を設定します。VLAN 20 インターフェイスで、VRID [20]、仮想 IP アドレス [192.168.20.254]、VRRP 優先度 [200] を設定します。また、マスターが、仮想 IP アドレス宛ての ICMP エコーリクエストに回答できるようにします。

NOTE: sw1 をマスターにするため、優先度には sw2 よりも大きな値を設定します。

```
sw1(config)# interface vlan 10
sw1(config-if-vlan)# vrrp 10 ip 192.168.10.254
sw1(config-if-vlan)# vrrp 10 priority 200
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)# interface vlan 20
sw1(config-if-vlan)# vrrp 20 ip 192.168.20.254
sw1(config-if-vlan)# vrrp 20 priority 200
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)# vrrp non-owner-ping
sw1(config)# end
sw1#
```

4.3.1.2 VRRPv2 : バックアップの設定例 (sw2)

図 4-10 VRRPv2 : バックアップの設定例 (sw2)



1. VLAN 10 および VLAN 20 を作成します。

```
sw2# configure terminal
sw2(config)# vlan 10,20
sw2(config-vlan)# exit
sw2(config)#
```

2. ポート 1/0/1 をトランクポートとして設定し、トランクポートに [VLAN 10] および [VLAN 20] を割り当てます。

```
sw2(config)# interface port 1/0/1
sw2(config-if-port)# switchport mode trunk
sw2(config-if-port)# switchport trunk allowed vlan 10,20
sw2(config-if-port)# exit
sw2(config)#
```

3. VLAN 10 の IP アドレスを [192.168.10.252/24] に、VLAN 20 の IP アドレスを [192.168.20.252/24] に設定します。

```
sw2(config)# interface vlan 10
sw2(config-if-vlan)# ip address 192.168.10.252/24
sw2(config-if-vlan)# exit
sw2(config)# interface vlan 20
sw2(config-if-vlan)# ip address 192.168.20.252/24
sw2(config-if-vlan)# exit
sw2(config)#
```

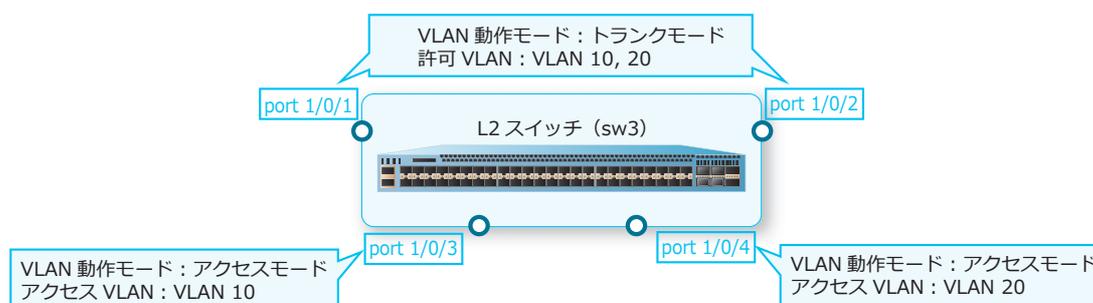
- VLAN 10 インターフェースで、VRID [10]、仮想 IP アドレス [192.168.10.254]、VRRP 優先度 [100] を設定します。VLAN 20 インターフェースで、VRID [20]、仮想 IP アドレス [192.168.20.254]、VRRP 優先度 [100] を設定します。また、マスターが、仮想 IP アドレス宛での ICMP エコーリクエストに回答できるようにします。

NOTE: sw2 をバックアップにするため、優先度には sw1 よりも小さな値を設定します。

```
sw2(config)# interface vlan 10
sw2(config-if-vlan)# vrrp 10 ip 192.168.10.254
sw2(config-if-vlan)# vrrp 10 priority 100
sw2(config-if-vlan)# exit
sw2(config)# interface vlan 20
sw2(config-if-vlan)# vrrp 20 ip 192.168.20.254
sw2(config-if-vlan)# vrrp 20 priority 100
sw2(config-if-vlan)# exit
sw2(config)# vrrp non-owner-ping
sw2(config)# end
sw2#
```

4.3.1.3 L2 スイッチの設定例 (sw3)

図 4-11 L2 スイッチの設定例 (sw3)



- VLAN 10 および VLAN 20 を作成します。

```
sw3# configure terminal
sw3(config)# vlan 10,20
sw3(config-vlan)# exit
sw3(config)#
```

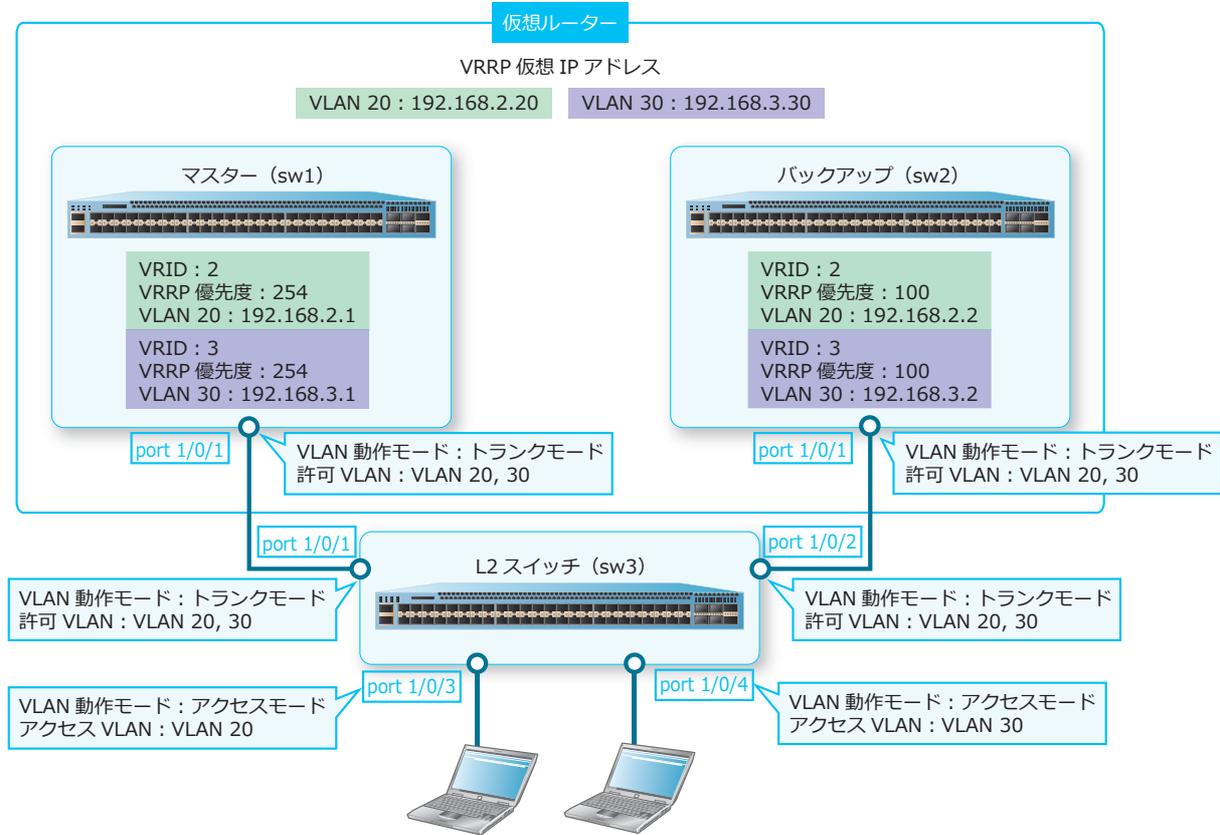
- ポート 1/0/1 およびポート 1/0/2 をトランクポートとして設定し、トランクポートに [VLAN 10] および [VLAN 20] を割り当てます。また、ポート 1/0/3 およびポート 1/0/4 をアクセスポートとして設定し、それぞれのアクセスポートに [VLAN 10] および [VLAN 20] を割り当てます。

```
sw3(config)# interface range port 1/0/1,1/0/2
sw3(config-if-port-range)# switchport mode trunk
sw3(config-if-port-range)# switchport trunk allowed vlan 10,20
sw3(config-if-port-range)# exit
sw3(config)# interface port 1/0/3
sw3(config-if-port)# switchport mode access
sw3(config-if-port)# switchport access vlan 10
sw3(config-if-port)# exit
sw3(config)# interface port 1/0/4
sw3(config-if-port)# switchport mode access
sw3(config-if-port)# switchport access vlan 20
sw3(config-if-port)# end
sw3#
```

4.3.2 VRRPv3 の設定例

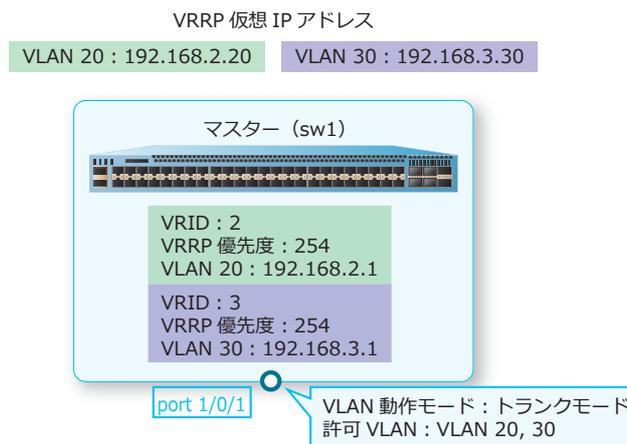
装置を 2 台設置し、VRRPv3 で 1 台をマスター、もう 1 台をバックアップにした場合の構成例と設定例を以下に示します。

図 4-12 VRRPv3 の構成例



4.3.2.1 VRRPv3 : マスターの設定例 (sw1)

図 4-13 VRRPv3 : マスターの設定例 (sw1)



1. VLAN 20 および VLAN 30 を作成します。

```
sw1# configure terminal
sw1(config)# vlan 20
sw1(config-vlan)# exit
sw1(config)# vlan 30
sw1(config-vlan)# exit
sw1(config)#
```

2. ポート1/0/1をトランクポートとして設定し、トランクポートに [VLAN 20] および [VLAN 30] を割り当てます。

```
sw1(config)# interface port 1/0/1
sw1(config-if-port)# switchport mode trunk
sw1(config-if-port)# switchport trunk allowed vlan 20,30
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)#
```

3. VLAN 20のIPアドレスを [192.168.2.1/24] に、VLAN 30のIPアドレスを [192.168.3.1/24] に設定します。

```
sw1(config)# interface vlan 20
sw1(config-if-vlan)# ip address 192.168.2.1/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)# interface vlan 30
sw1(config-if-vlan)# ip address 192.168.3.1/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)#
```

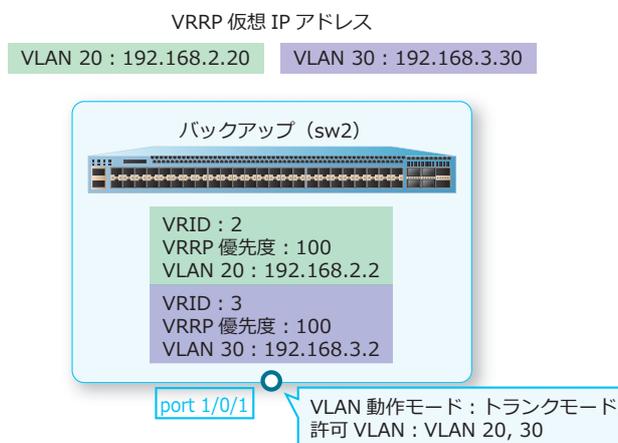
4. VLAN 20にVRID [2] とアドレスファミリー [ipv4] を設定し、仮想IPアドレスを [192.168.2.20] に、優先度を [254] に設定します。また、VLAN 30にVRID [3] とアドレスファミリー [ipv4] を設定し、仮想IPアドレスを [192.168.3.30] に、優先度を [254] に設定します。

NOTE: sw1をマスターにするため、優先度にはsw2よりも大きな値を設定します。

```
sw1(config)# interface vlan 20
sw1(config-if-vlan)# vrrp 2 address-family ipv4
sw1(config-af-vrrp)# address 192.168.2.20
sw1(config-af-vrrp)# priority 254
sw1(config-af-vrrp)# exit
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)# interface vlan 30
sw1(config-if-vlan)# vrrp 3 address-family ipv4
sw1(config-af-vrrp)# address 192.168.3.30
sw1(config-af-vrrp)# priority 254
sw1(config-af-vrrp)# end
sw1#
```

4.3.2.2 VRRPv3 : バックアップの設定例 (sw2)

図 4-14 VRRPv3 : バックアップの設定例 (sw2)



1. VLAN 20 および VLAN 30 を作成します。

```
sw2# configure terminal
sw2(config)# vlan 20
sw2(config-vlan)# exit
sw2(config)# vlan 30
sw2(config-vlan)# exit
sw2(config)#
```

2. ポート 1/0/1 をトランクポートとして設定し、トランクポートに [VLAN 20] および [VLAN 30] を割り当てます。

```
sw2(config)# interface port 1/0/1
sw2(config-if-port)# switchport mode trunk
sw2(config-if-port)# switchport trunk allowed vlan 20,30
sw2(config-if-port)# exit
sw2(config)#
```

3. VLAN 20 の IP アドレスを [192.168.2.2/24] に、VLAN 30 の IP アドレスを [192.168.3.2/24] に設定します。

```
sw2(config)# interface vlan 20
sw2(config-if-vlan)# ip address 192.168.2.2/24
sw2(config-if-vlan)# exit
sw2(config)# interface vlan 30
sw2(config-if-vlan)# ip address 192.168.3.2/24
sw2(config-if-vlan)# exit
sw2(config)#
```

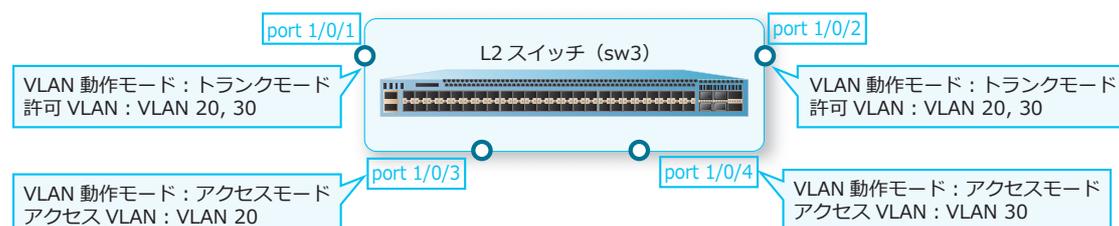
4. VLAN 20 に VRID [2] とアドレスファミリー [ipv4] を設定し、仮想 IP アドレスを [192.168.2.20] に、優先度を [100] に設定します。また、VLAN 30 に VRID [3] とアドレスファミリー [ipv4] を設定し、仮想 IP アドレスを [192.168.3.30] に、優先度を [100] に設定します。

NOTE: sw2 をバックアップにするため、優先度には sw1 よりも小さな値を設定します。

```
sw2(config)# interface vlan 20
sw2(config-if-vlan)# vrrp 2 address-family ipv4
sw2(config-af-vrrp)# address 192.168.2.20
sw2(config-af-vrrp)# priority 100
sw2(config-af-vrrp)# exit
sw2(config-if-vlan)# exit
sw2(config)# interface vlan 30
sw2(config-if-vlan)# vrrp 3 address-family ipv4
sw2(config-af-vrrp)# address 192.168.3.30
sw2(config-af-vrrp)# priority 100
sw2(config-af-vrrp)# end
sw2#
```

4.3.2.3 L2 スイッチの設定例 (sw3)

図 4-15 L2 スイッチの設定例 (sw3)



1. VLAN 20 および VLAN 30 を作成します。

```
sw3# configure terminal
sw3(config)# vlan 20
sw3(config-vlan)# exit
sw3(config)# vlan 30
sw3(config-vlan)# exit
sw3(config)#
```

2. ポート 1/0/1 およびポート 1/0/2 をトランクポートとして設定し、トランクポートに [VLAN 20] および [VLAN 30] を割り当てます。また、ポート 1/0/3 およびポート 1/0/4 をアクセスポートとして設定し、それぞれのアクセスポートに [VLAN 20] および [VLAN 30] を割り当てます。

```
sw3(config)# interface port 1/0/1
sw3(config-if-port)# switchport mode trunk
sw3(config-if-port)# switchport trunk allowed vlan 20,30
sw3(config-if-port)# exit
sw3(config)# interface port 1/0/2
sw3(config-if-port)# switchport mode trunk
sw3(config-if-port)# switchport trunk allowed vlan 20,30
sw3(config-if-port)# exit
sw3(config)# interface port 1/0/3
sw3(config-if-port)# switchport mode access
sw3(config-if-port)# switchport access vlan 20
sw3(config-if-port)# exit
sw3(config)# interface port 1/0/4
sw3(config-if-port)# switchport mode access
sw3(config-if-port)# switchport access vlan 30
sw3(config-if-port)# end
sw3#
```

5. RIP/RIPng

RIP/RIPng の機能、状態の確認方法、および構成例と設定例について説明します。

REF: コマンドの詳細については、『コマンドリファレンス』を参照してください。

5.1 RIP/RIPng の機能説明

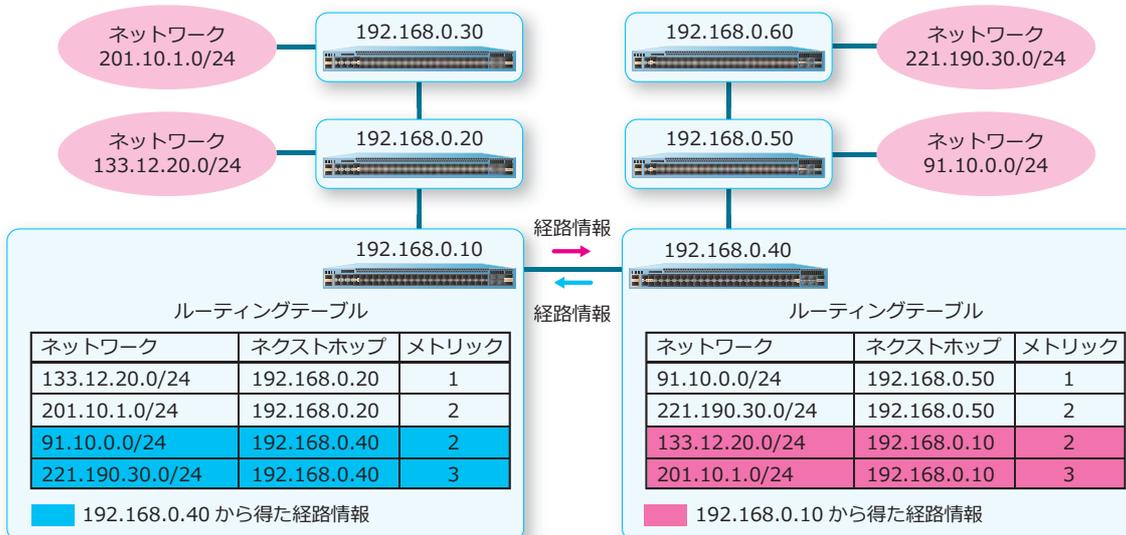
RIP/RIPng は、ダイナミックルーティングを実現するルーティングプロトコルです。

CAUTION: セカンダリー IP アドレスのサブネットでは、RIP を有効にできません。

RIP/RIPng では、**アップデート時間**（デフォルト設定で 30 秒）の周期で隣接ルーターと定期的に経路情報を交換し、最適な経路をルーティングテーブルに保持します。

また、経路上のルーターに障害が発生するなどによってネットワークの状態が変化し、経路情報のメトリック値に変更があった場合は、**トリガードアップデート**によって変更された経路情報だけがすぐに送信されます。これにより、変更された経路情報だけがルーティングテーブルで更新されます。

図 5-1 経路情報の交換

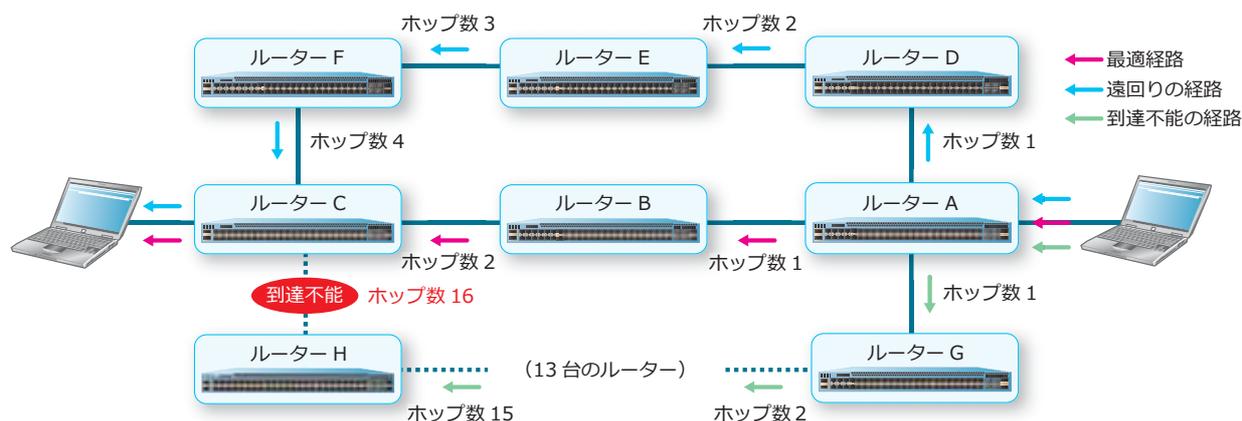


最適経路とメトリック値の積算

最適な経路は、**メトリック**によって判断されます。RIP/RIPngのメトリックは、宛先ネットワークまでの**ホップ数**（経由するルーターの数）です。ホップ数は、ルーターを越えるごとに「1」ずつ加算されます。最適経路は、最もメトリックの値が小さい経路です。

CAUTION: RIP/RIPngでは、イコールコストマルチパス（ECMP）をサポートしていません。メトリック値の最大は「15」です。16台以上のルーターを経由するルートは、到達不能な経路になります。

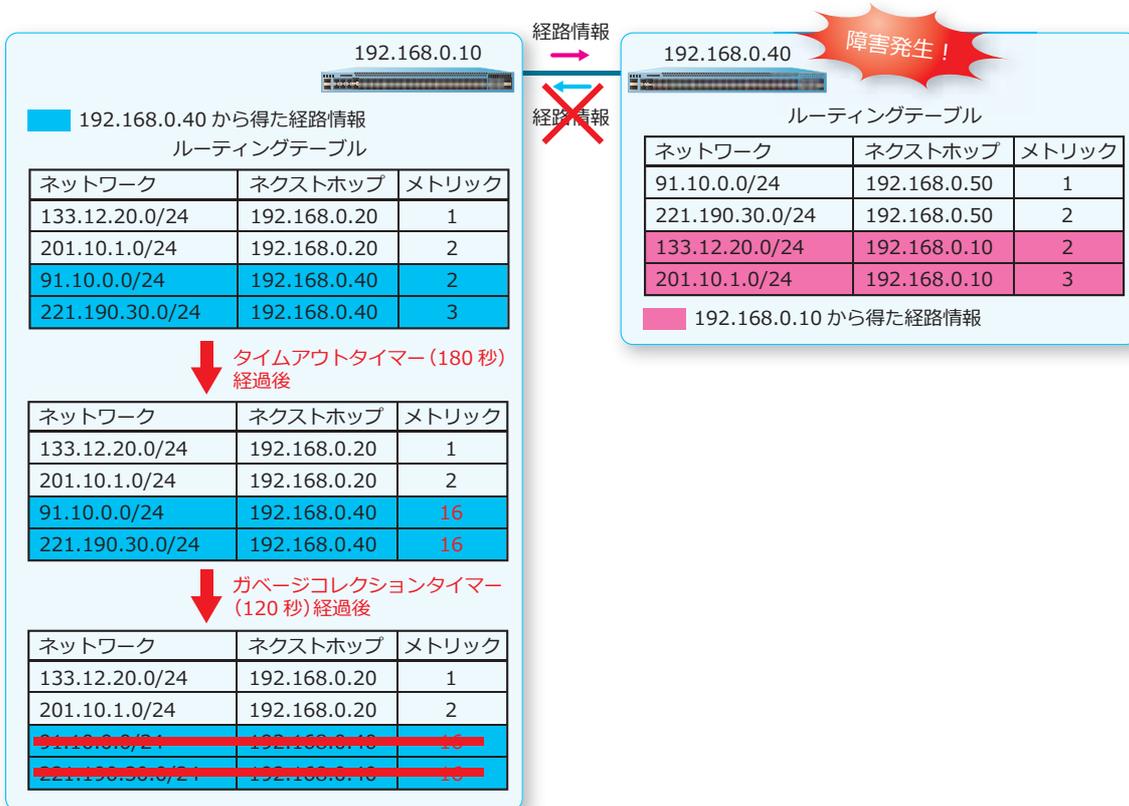
図 5-2 最適経路とメトリック値の積算



障害発生時の対応

タイムアウトタイマー（デフォルト設定で 180 秒）以内に経路情報が送られてこなかったルーターは通信不能と判断され、メトリック値に「16」が設定されます。さらに**ガベージコレクションタイマー**（デフォルト設定で 120 秒）が経過する間に経路情報が送られてこなかった場合、該当する経路情報はルーティングテーブルから削除されます。

図 5-3 障害発生時の対応



5.1.1 RIP/RIPng の経路情報と動作

RIP は IPv4 のためのルーティングプロトコルです。RIP にはバージョン 1（以後、RIPv1）とバージョン 2（以後、RIPv2）の 2 つのバージョンがあります。RIPng は IPv6 のためのルーティングプロトコルです。RIPv1、RIPv2、および RIPng の経路情報と動作について、以下に説明します。

RIPv1 の動作

RIPv1 は、経路情報として「IPv4 アドレス」と「メトリック値」をブロードキャストします。

RIPv1 が送信する経路情報には、サブネットマスクの情報が含まれません。そのため、ルーターはネットワークアドレスの情報のみを送信します。また、サブネットマスクの情報を含まないため、ネットワークアドレスはクラスフルマスクに集約して通知します。これをアドレスの集約と呼びます。

図 5-4 RIPv1 アドレスの集約



RIPv2 の動作

RIPv2 は、「IPv4 アドレス」と「メトリック値」に加えて「サブネットマスク」と「ネクストホップのアドレス」も経路情報として送信できます。ネクストホップのアドレスを送信するため、経路情報ごとにネクストホップの指定ができます。

RIPv1 では経路情報をブロードキャストしますが、RIPv2 ではマルチキャストアドレス 224.0.0.9 を使用して経路情報をマルチキャストします。これにより、経路情報が不要な PC などの機器に無駄なパケットが送られることがなくなり、ネットワークの負荷が軽減されます。

RIPv2 では、サブネットマスクを送信することにより、同一クラスフルネットワークで異なるサブネットマスクの場合は、異なるネットワークとして認識します。また、アドレスを集約せずに、クラスフルネットワーク内の 2 つのネットワークアドレスを通知できます。

図 5-5 RIPv2 アドレスの集約なし

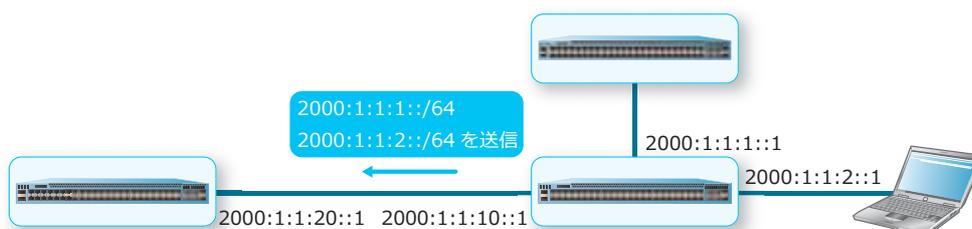


RIPng の動作

RIPng の経路情報は、「IPv6 プレフィックス」、「メトリック値」、「サブネットマスク」、および「ネクストホップのリンクローカルアドレス」です。マルチキャストアドレス FF02::9 で経路情報をマルチキャストします。これにより、経路情報が不要な PC などの機器に無駄なパケットが送られることがなくなり、ネットワークの負荷が軽減されます。

RIPng では、RIPv2 と同じくサブネットマスクを送信することにより、同一クラスフルネットワークで異なるサブネットマスクの場合は、異なるネットワークとして認識します。また、アドレスを集約せずに、クラスフルネットワーク内の 2 つのネットワークアドレスを通知できます。

図 5-6 RIPng アドレスの集約なし



5.1.2 RIP/RIPngの有効化

RIPの有効化

RIPは、デフォルト設定で無効です。RIPを有効化するには `router rip` コマンドでルーター設定モードに遷移して、`network` コマンドで対象のネットワークを指定します。

RIPngの有効化

RIPngは、デフォルト設定で無効です。RIPngはインターフェースごとに有効化します。RIPngを有効化するインターフェースで `ipv6 rip enable` コマンドを使用してください。なお、RIPng関連の共通設定などは、`ipv6 router rip` コマンドでIPv6ルーター設定モードに遷移して設定します。

5.1.3 RIPバージョンの指定

装置で使用するRIPのバージョンを指定します。

すべてのインターフェースでのデフォルトのRIPバージョンは、バージョンを指定して `version` コマンドを使用します。

インターフェースで受信するRIPパケットのバージョンを指定するには、バージョンを指定して `ip rip receive version` コマンドを使用します。

インターフェースで送信するRIPパケットのバージョンを指定するには、バージョンを指定して `ip rip send version` コマンドを使用します。

5.1.4 RIPパケット送受信の無効化

RIPでは、インターフェースでRIPパケットの送受信を無効化できます。RIPパケットの送受信を無効化するには、インターフェースを指定して `passive-interface` コマンドを使用します。

5.1.5 認証の有効化

RIPv2とRIPngでは、経路情報の交換の際に認証を実行できます。

RIPv2の認証の有効化

RIPv2の認証は、デフォルト設定で無効です。RIPv2の認証はインターフェースごとに有効化します。RIPv2の認証を有効化するインターフェースで、パスワードを指定して `ip rip authentication text-password` コマンドを使用してください。また、認証モードを設定する場合は、認証を有効化するインターフェースで `ip rip authentication mode` コマンドを使用してください。

RIPngの認証の有効化

RIPngの認証は、IPv6の認証機能を利用します。IPv6の認証機能では、IPv6認証ヘッダーおよび暗号化ヘッダーを使用してパケットを認証します。

5.1.6 経路情報のループ防止

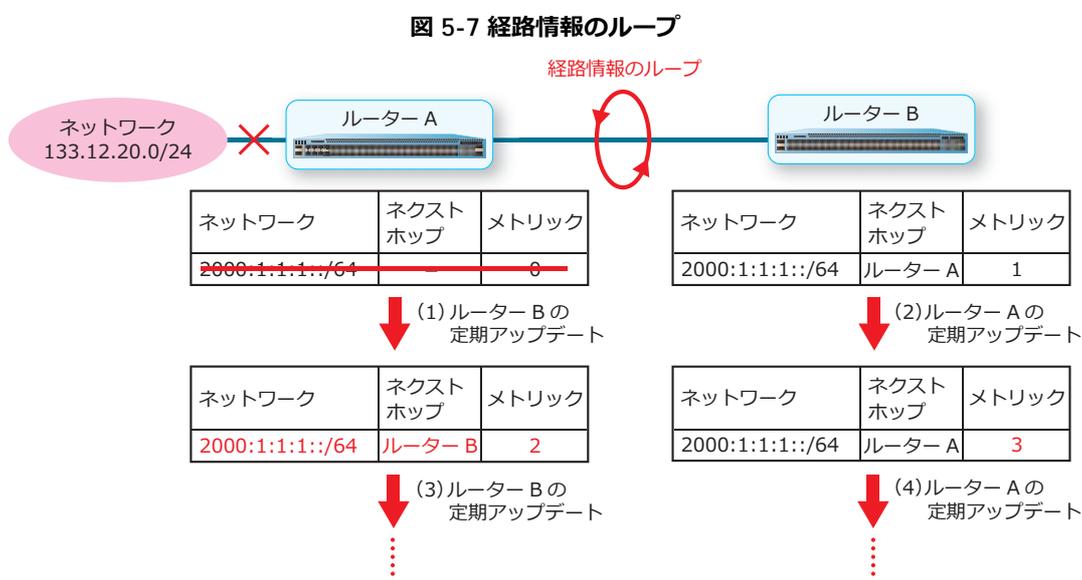
RIPng では、スプリットホライズンとポイズンリバーズで、ルーター間の経路情報のループを防止できます。スプリットホライズンやポイズンリバーズを使用しない場合、経路情報がループする可能性があります。

たとえば、下図のルーター A が直接接続しているネットワーク 2000:1:1:1::/64 への経路が失われた場合、タイムアウトタイマーとガベージコレクションタイマーを経た後、ルーター A のルーティングテーブルから 2000:1:1:1::/64 への経路情報が削除されます。

このとき、ルーター A の定期アップデートより先にルーター B の定期アップデートが発生すると、ルーター A のルーティングテーブルからは 2000:1:1:1::/64 への経路情報が存在しないため、ネクストホップをルーター B としたネットワーク 2000:1:1:1::/64 への経路情報がルーター A のルーティングテーブルに登録されます (下図の (1))。メトリックは「1」加算され、「2」になります。

次に、ルーター A の定期アップデートが発生すると、ルーター B は 2000:1:1:1::/64 への経路情報のメトリックに「1」を加算して「3」に変更してルーティングテーブルを更新します (下図の (2))。

さらにルーター A とルーター B は、下図の (3) および (4) のようにメトリックに「1」を加算しながら 2000:1:1:1::/64 の経路情報の更新を繰り返します。これが、経路情報のループです。

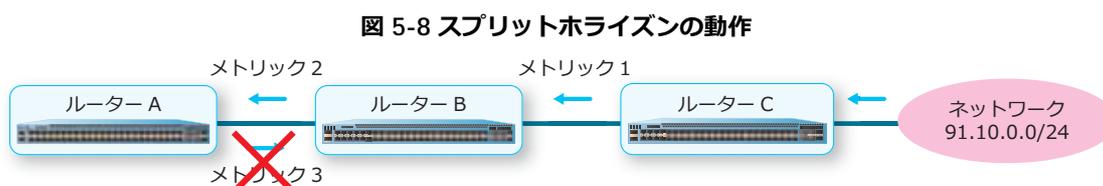


スプリットホライズンとポイズンリバーズは、このような経路情報のループを防止する機能です。

スプリットホライズンの動作

スプリットホライズンが有効な場合、隣接ルーターは送信されてきた経路情報を送信元のルーターに送信しません。これにより、経路情報のループを防止します。

たとえば、下図のルーター B がネットワーク 91.10.0.0/24 への経路情報をルーター A に送信した場合、ルーター A は経路情報の送信元であるルーター B にネットワーク 91.10.0.0/24 への経路情報を送信しません。これにより、経路情報のループが防止されます。



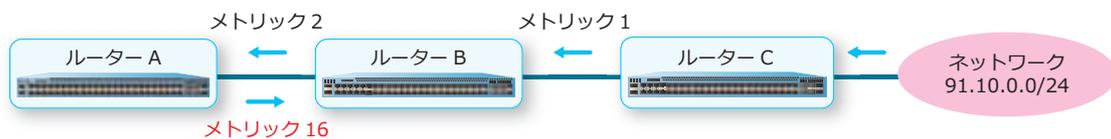
スプリットホライズンはデフォルト設定で有効です。スプリットホライズンが無効な状態から有効にするには、`split-horizon` コマンドを使用します。

ポイズンリバースの動作

ポイズンリバースが有効な場合、隣接ルーターは送信されてきた経路情報のメトリック値を「16」に設定して送信元のルーターに送信します。これにより、経路情報のループを防止します。

たとえば、下図のルーター B がネットワーク 91.10.0.0/24 への経路情報をルーター A に送信した場合、ルーター A はネットワーク 91.10.0.0/24 への経路情報のメトリック値に「16」を設定し、ルーター B に送信します。ルーター B は、受信したメトリック値「16」の経路情報をルーティングテーブルに登録しません。これにより、経路情報のループが防止されます。

図 5-9 ポイズンリバースの動作



ポイズンリバースはデフォルト設定で無効です。ポイズンリバースを有効にするには、`poison-reverse` コマンドを使用します。

5.1.7 RIPng の経路情報に加算するメトリック値

RIPng では、インターフェースごとに加算するメトリック値を変更することで、異なるインターフェースで受信した経路情報のメトリックを修正し、経路情報の優先度を調整できます。経路情報の優先度を調整するには、メトリック値を変更するインターフェースでメトリック値を指定し、`ipv6 rip metric-offset` コマンドを使用します。

5.1.8 RIP/RIPng への経路情報の再配布

他のルーティングプロトコルで学習した経路情報を RIP/RIPng 経路として再配布できます。デフォルト設定では無効です。有効にするには `redistribute` コマンドを使用します。

5.1.9 RIP/RIPng に再配布される経路情報のデフォルトメトリック値

RIP/RIPng に再配布される経路情報のデフォルトメトリックを変更できます。デフォルトメトリックを変更するには、メトリック値を指定して `default-metric` コマンドを使用します。

5.1.10 各種タイマーの設定

アップデート時間、タイムアウトタイマー、およびガベージコレクションタイマーを変更できます。変更するには、それぞれの時間を指定し、RIP の場合は `timers basic` コマンド、RIP/ng の場合は `timers` コマンドを使用します。

5.1.11 RIP/RIPng の AD 値

RIP/RIPng のアドミニストレーティブディスタンス値（以後、**AD 値**）を変更できます。デフォルト設定では、RIP の AD 値は「100」、RIPng の AD 値は「120」です。RIP/RIPng の AD 値を変更するには、`distance` コマンドを使用します。

NOTE: ApresiaNP シリーズでは、AD 値を 255 に設定した場合でも、通常の経路としてルーティングテーブルに取り込む対象として動作します。

5.1.12 RIP のルーティングテーブルの更新のフィルタリング

ルーティングプロトコルによる RIP のルーティングテーブルの更新をアクセスリストでフィルタリングできます。ルーティングテーブルの更新をフィルタリングするには、アクセスリストを指定して `distribute-list in` コマンドを使用します。

5.1.13 RIPng プロセスのクリア

RIPng プロセスをクリアし、ルーティングデータベースを再作成できます。RIPng プロセスをクリアするには、`clear ipv6 rip` コマンドを使用します。

5.2 RIP/RIPng の状態確認

RIP/RIPng の状態を表示して確認する方法を説明します。

5.2.1 RIP ルーティングデータベースの表示

`show ip rip database` コマンドで RIP のルーティングデータベースを確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ip rip database

Codes: R - RIP, Rc - RIP connected, K - Kernel,
       C - Connected, S - Static, O - OSPF, B - BGP, A - Aggregate
(1) (2)           (3)           (4)   (5)           (6)   (7)
      Network           Next Hop       Metric From           If       Time
R   172.16.0.0/16       192.168.10.2       2     192.168.10.2       vlan10   ODT0H0M17S
R   172.16.30.0/24      192.168.20.3       2     192.168.20.3       vlan20   ODT0H0M5S
Rc  192.168.10.0/24                    1                               vlan10
Rc  192.168.20.0/24                    1                               vlan20

Total Entries: 4 entries, 4 routes
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 5-1 show ip rip database コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	コードを表示します。
(2)	対象ルートの宛先ネットワークアドレスを表示します。
(3)	対象ルートのネクストホップアドレスを表示します。
(4)	対象ルートのメトリックを表示します。
(5)	対象ルートの通知元 IPv4 アドレスを表示します。
(6)	対象ルートの送信インターフェース ID を表示します。
(7)	対象ルートの情報を受信してから、次に情報を受信するまでの経過時間を表示します。

5.2.2 RIP のインターフェース関連の構成情報の表示

`show ip rip interface` コマンドで RIP のインターフェース関連の構成情報を確認できます。
表示例を以下に示します。

```
# show ip rip interface

vlan10 is up, line protocol is up: ... (1)
  Routing Protocol: RIP
    Receive RIP packets ... (2)
    Send RIP packets ... (3)
    Send v2 broadcast: Disable ... (4)
    Authentication Mode: none ... (5)
    Passive interface: Disable ... (6)
    IP interface address: ... (7)
      192.168.10.101/24:

vlan30 is up, line protocol is up:
  Routing Protocol: RIP
    Authentication Mode: text
    Passive interface: Enable
    IP interface address:
      192.168.20.201/24:

Total Entries: 2
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 5-2 show ip rip interface コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	RIP が有効で、かつアップ状態の VLAN インターフェースを表示します。
(2)	RIP パケットの受信が可能なことを示します。パッシブインターフェース有効時は表示されません。
(3)	RIP パケットの送信が可能なことを示します。パッシブインターフェース有効時は表示されません。
(4)	IP ブロードキャストアドレス宛て RIPv2 パケット送信の有効 (Enable) / 無効 (Disable) を表示します。パッシブインターフェース有効時は表示されません。
(5)	RIPv2 の認証 (Simple Password) の有効 (text) / 無効 (none) を表示します。
(6)	パッシブインターフェースの有効 (Enable) / 無効 (Disable) を表示します。
(7)	IPv4 アドレスを表示します。

5.2.3 RIPng ルーティングデータベースの表示

`show ipv6 rip database` コマンドで RIPng のルーティングデータベースを確認できます。
表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 rip database
(1)          (2)          (3)
fd00:192:168:30::/64 , Metric: 2, installed
          (4)          (5)
    vlan30/fe80::240:66ff:feac:2c90 , expires in 160 secs
2001:db8:aaaa::/64 , Metric: 16
    vlan30/fe80::240:66ff:feac:2c90 , expired, [advertise 79]
2001:db8:bbbb::/64 , Metric: 2, installed
    vlan30/fe80::240:66ff:feac:2c90 , expires in 160 secs

Total Entries: 3
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 5-3 show ipv6 rip database コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	対象ルートの宛先ネットワークアドレスを表示します。
(2)	対象ルートのメトリックを表示します。
(3)	対象ルートが IPv6 ルーティングテーブルに取り込まれているかどうかを示します。
(4)	対象ルートの送信インターフェース ID とネクストホップアドレスを表示します。
(5)	対象ルートのタイムアウトタイマーが満了するまでの時間を表示します。

5.2.4 RIPng の構成情報の表示

`show ipv6 rip` コマンドで RIPng の構成情報を確認できます。
表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 rip
          (1)          (2)
IPv6 RIP process, port 521, multicast-group FF02::9
Administrative distance is 120 ... (3)
Maximum paths is 16
Updates every 30 seconds, expire after 180 seconds ... (4)
Garbage collect after 120 seconds ... (5)
Split horizon is on; poison reverse is off ... (6)
Periodic updates 241, trigger updates 0 ... (7)

Interfaces: ... (8)
  vlan30
Redistribution: ... (9)
  Redistributing connected
  Redistributing static
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

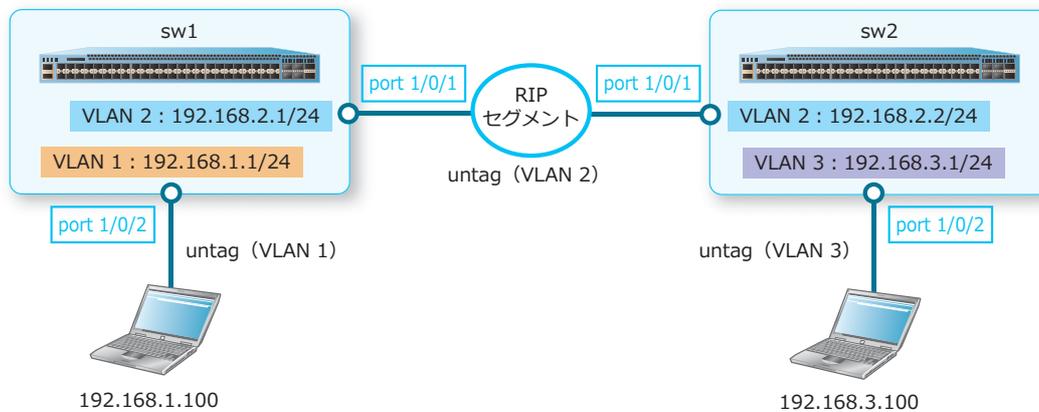
表 5-4 show ipv6 rip コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	RIPng で使用する UDP ポート番号を表示します。
(2)	RIPng で使用する IPv6 マルチキャストアドレスを表示します。
(3)	RIPng の AD 値を表示します。
(4)	アップデート時間とタイムアウトタイマーを表示します。
(5)	ガベージコレクションタイマーを表示します。
(6)	スプリットホライズンとポイズンリバースの有効 (on) / 無効 (off) を表示します。
(7)	定期的なアップデート数、およびトリガードアップデート数を表示します。
(8)	RIPng を有効にした VLAN インターフェースを表示します。
(9)	再配布 (Redistribute) の設定を表示します。

5.3 RIP/RIPng の構成例と設定例

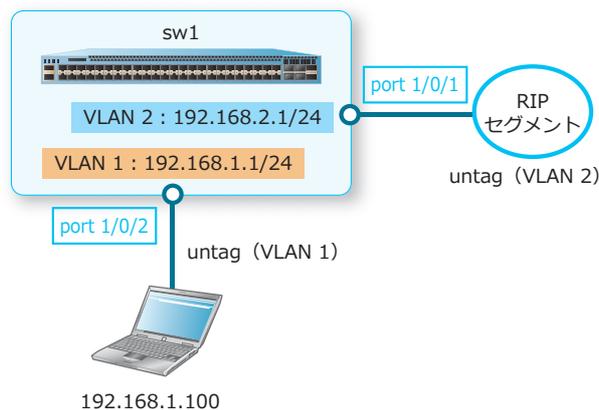
RIPv2 を使用する場合の構成例と設定例を示します。

図 5-10 RIPv2 の構成例



5.3.1 RIPv2 : sw1 の設定例

図 5-11 RIPv2 : sw1 の設定例



1. VLAN 1 および VLAN 2 を作成します。

```
sw1# configure terminal
sw1(config)# vlan 1
sw1(config-vlan)# exit
sw1(config)# vlan 2
sw1(config-vlan)# exit
sw1(config)#
```

2. ポート 1/0/1 およびポート 1/0/2 をアクセスポートとして設定し、アクセスポートに [VLAN 2]、および [VLAN 1] を割り当てます。

```
sw1(config)# interface port 1/0/1
sw1(config-if-port)# switchport mode access
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 2
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)# interface port 1/0/2
sw1(config-if-port)# switchport mode access
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 1
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)#
```

3. VLAN 1 の IP アドレスを [192.168.1.1/24] に、VLAN 2 の IP アドレスを [192.168.2.1/24] に設定します。

```
sw1(config)# interface vlan 1
sw1(config-if-vlan)# ip address 192.168.1.1/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)# interface vlan 2
sw1(config-if-vlan)# ip address 192.168.2.1/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)#
```

4. RIPv2 を有効にするネットワークを [192.168.2.0] に設定し、RIPv2 パケットの送受信を有効化します。また、直結経路の再配布を設定します。

```
sw1(config)# router rip
sw1(config-router)# network 192.168.2.0
sw1(config-router)# version 2
sw1(config-router)# redistribute connected
sw1(config-router)# end
sw1#
```

5. **show ip route** コマンドを使用して sw1 のルーティングテーブルを表示し、ルートを確認します。

```
sw1# show ip route
Code: C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP, O - OSPF,
      IA - OSPF inter area,
      N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2,
      E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2,
      * - candidate default
```

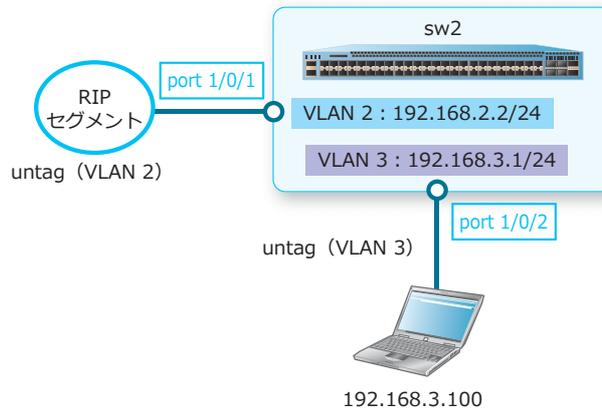
Gateway of last resort is not set

```
C    192.168.1.0/24 is directly connected, vlan1
C    192.168.2.0/24 is directly connected, vlan2
R    192.168.3.0/24 [100/2] via 192.168.2.2, vlan2
```

Total Entries: 3

5.3.2 RIPv2 : sw2 の設定例

図 5-12 RIPv2 : sw2 の設定例



1. VLAN 2 および VLAN 3 を作成します。

```
sw2# configure terminal
sw2(config)# vlan 2
sw2(config-vlan)# exit
sw2(config)# vlan 3
sw2(config-vlan)# exit
sw2(config)#
```

2. ポート 1/0/1 およびポート 1/0/2 をアクセスポートとして設定し、アクセスポートに [VLAN 2] および [VLAN 3] を割り当てます。

```
sw2(config)# interface port 1/0/1
sw2(config-if-port)# switchport mode access
sw2(config-if-port)# switchport access vlan 2
sw2(config-if-port)# exit
sw2(config)# interface port 1/0/2
sw2(config-if-port)# switchport mode access
sw2(config-if-port)# switchport access vlan 3
sw2(config-if-port)# exit
sw2(config)#
```

3. VLAN 2 の IP アドレスを [192.168.2.2/24] に、VLAN 3 の IP アドレスを [192.168.3.1/24] に設定します。

```
sw2(config)# interface vlan 2
sw2(config-if-vlan)# ip address 192.168.2.2/24
sw2(config-if-vlan)# exit
sw2(config)# interface vlan 3
sw2(config-if-vlan)# ip address 192.168.3.1/24
sw2(config-if-vlan)# exit
sw2(config)#
```

4. RIPv2 を有効にするネットワークを [192.168.2.0] に設定し、RIPv2 パケットの送受信を有効化します。また、直結経路の再配布を設定します。

```
sw2(config)# router rip
sw2(config-router)# network 192.168.2.0
sw2(config-router)# version 2
sw2(config-router)# redistribute connected
sw2(config-router)# end
sw2#
```

5. show ip route コマンドを使用して sw2 のルーティングテーブルを表示し、ルートを確認します。

```
sw2# show ip route
Code: C - connected, S - static, R - RIP, B - BGP, O - OSPF,
      IA - OSPF inter area,
      N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2,
      E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2,
      * - candidate default
```

```
Gateway of last resort is not set
```

```
R    192.168.1.0/24 [100/2] via 192.168.2.1, vlan2
C    192.168.2.0/24 is directly connected, vlan2
C    192.168.3.0/24 is directly connected, vlan3
```

```
Total Entries: 3
```

6. OSPF

OSPF の機能、状態の確認方法、および構成例と設定例について説明します。

REF: コマンドの詳細については、『コマンドリファレンス』を参照してください。

6.1 OSPF の機能説明

OSPF は、ダイナミックルーティングを実現するルーティングプロトコルです。RIP/RIPng のように最大メトリック値「15」という制限がないため、大規模ネットワークに適しています。OSPF には、IPv4 用の OSPFv2 および IPv6 用の OSPFv3 の 2 つのバージョンがあります。

CAUTION: セカンダリー IP アドレスのサブネットでは、OSPFv2 を有効にできません。

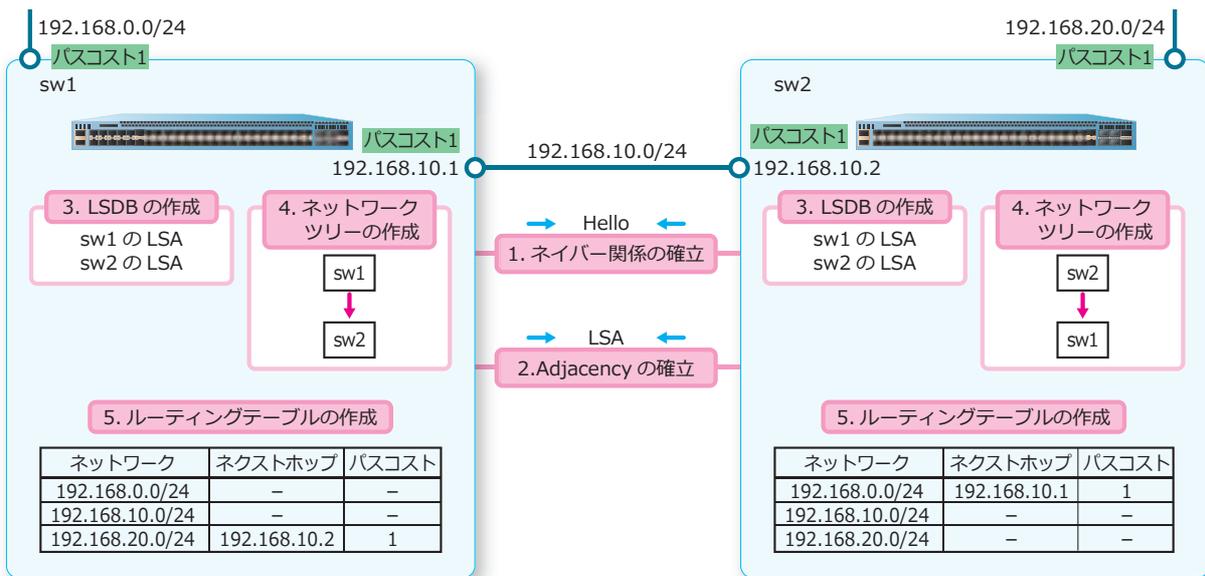
CAUTION: OSPFv3 は、ループバックインターフェースでは使用できません。

CAUTION: OSPFv3 では、イコールコストマルチパス (ECMP) をサポートしていません。

ルーティングテーブルの作成

OSPF のルーティングテーブルは、下図に示した流れで作成されます。

図 6-1 ルーティングテーブル作成の流れ



1. ネイバー関係の確立

OSPF のルーティングテーブルの作成は、隣接ルーターと**ネイバー関係**を確立することから始まります。隣接ルーターと Hello パケットをやりとりしてネイバー関係を確立し、ネイバーテーブルを作成します。

2. Adjacencyの確立とLSAの交換

ネイバー関係を確立した装置同士は、ネットワーク情報やインターフェースのパスコストなどの情報を格納した **LSA** (Link-State Advertisement) を交換するために、**Adjacency** を確立します。Adjacency を確立した装置間では、LSA の交換が行われます。

3. LSDBの作成

装置は、収集した LSA に基づいて **LSDB** (Link-State Database) を作成します。Adjacency を確立した装置同士は、同じ LSDB を保持します。

4. ネットワークツリーの作成

作成したLSDBに基づいて、装置自身をルートとするネットワークツリーを作成します。

5. ルーティングテーブルの作成

作成したネットワークツリーに基づいて、ルーティングテーブルを作成します。

ルーティングテーブルの更新

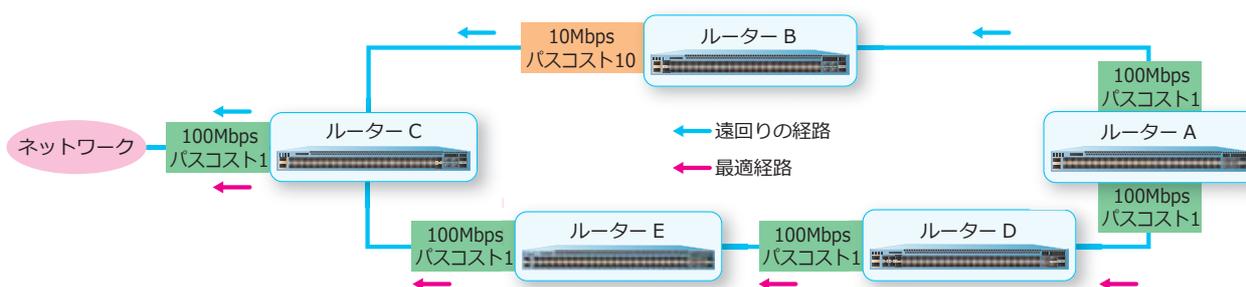
OSPFでは、30分ごとにLSAを生成し、ルーティングテーブルを更新します。また、経路上のルーターに障害が発生するなどによってネットワークの状態が変化し、経路情報に変更があった場合、**トリガーアップデート**によって最新のLSAを含んだLSU (Link State Update) をネットワーク内のすべてのルーターにアドバタイズします。これにより、ルーティングテーブルは最新情報に更新されます。

最短経路の決定

ネットワークツリーが作成される際、インターフェースに設定された**パスコスト**によって宛先ネットワークへの最短経路が計算されます。パスコストはインターフェースの帯域幅で決定される値で、10Mbpsのパスコストは「10」、100Mbps以上の帯域幅のパスコストは「1」です。パスコストが最小の経路が最適経路になり、ルーティングテーブルに登録されます。

下図のように、ルーターAからネットワークまでの2つの経路がある場合、ルーターB経由のパスコストの合計が「12」で、ルーターDとルーターE経由のパスコストの合計が「4」のため、ルーターDとルーターEを経由する経路が最適経路になります。

図 6-2 最短経路の決定



ルーター設定モード

OSPFv2 関連の設定を実施する場合は、`router ospf` コマンドでルーター設定モードに遷移します。

OSPFv3 関連の設定を実施する場合は、`ipv6 router ospf` コマンドでルーター設定モードに遷移します。

6.1.1 ルーター ID の手動設定

ルーター ID は、OSPF を実行中のルーターを識別するための 32 ビットの値で、各ルーターでユニークな値にする必要があります。ルーター ID は IPv4 アドレス形式（例：1.1.1.1）で表示されます。

ルーター ID を手動で設定するには、OSPFv2 および OSPFv3 のどちらの場合も `router-id` コマンドを使用します。

ルーター ID を手動で明示的に設定しない場合は、設定済みの以下の IPv4 アドレスの値がルーター ID の値として採用されます。

- ループバックインターフェースに設定済みの IPv4 アドレスのうち、最も大きい値がルーター ID の値として採用される。
- ループバックインターフェースに設定済みの IPv4 アドレスが存在しない場合は、VLAN インターフェースに設定済みの IPv4 アドレスのうち、最も大きい値がルーター ID の値として採用される。

CAUTION: 運用中に本コマンドでルーター ID を設定／削除／変更した場合は、ルーター ID を即時反映するために OSPF プロセスがリスタートされます。そのため、ネイバー関係の再構築や経路の再計算などが発生することに注意してください。

NOTE: ルーター ID を自動設定で運用している場合、IPv4 アドレスを追加／削除した状態で OSPF プロセスをクリア（`clear ip ospf` コマンド、`clear ipv6 ospf` コマンド）しても、最初に自動的に採用されたルーター ID の値は変更されません。

NOTE: 装置の再起動後や、OSPF 設定を削除して再設定後は、新たにルーター ID の値を自動的に採用するため、状況が以前と異なる場合は採用されるルーター ID の値も変わる可能性があることに注意してください。運用面などを考慮すると、ルーター ID は本コマンドで明示的に設定することを推奨します。

6.1.2 OSPF のネットワークの種類

装置に実装されている OSPFv2 には、Point-to-Point とブロードキャストという 2 つのネットワークの種類が存在します。OSPFv2 でネットワークの種類を設定するには、`ip ospf network` コマンドを使用します。

また、装置に実装されている OSPFv3 は、ブロードキャストのみ対応しています。

• Point-to-Point

Point-to-Point は、通信可能な 2 台のルーターだけが隣接するネットワークです。OSPF を構成する各ルーターは並行関係にあり、隣接ルーター同士でネイバー関係と Adjacency を確立して LSA を交換します。

図 6-3 Point-to-Point の LSA 交換

..... LSA を交換する隣接ルーター



・ブロードキャスト

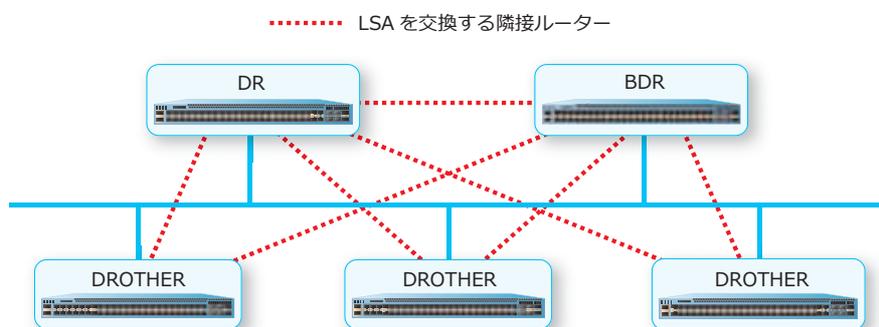
ブロードキャストでは、すべてのルーターと Adjacency を確立するのではなく、**代表ルーター**（以後、**DR**）と**バックアップ代表ルーター**（以後、**BDR**）の選出を行い、DR および BDR とのみ Adjacency を確立して LSA の交換を行います。DR と BDR 以外のルーターは、**DROTHER** と呼びます。DROTHER 同士はネイバー関係を確認します。これによって Adjacency が減少するため、ネットワーク負荷が軽くなります。

DR と BDR は、経路情報が更新されると各 DROTHER に LSA を送信します。DROTHER は、DR と BDR から受け取った LSA に基づいて、ルーティングテーブルを更新します。

DR と BDR は優先度で決定します。最も優先度が高いルーターが DR、2 番目に優先度が高いルーターが BDR として選出されます。なお、優先度値に「0」を指定したルーターは、DR および BDR になりません。

優先度を設定するには、OSPFv2 の場合は `ip ospf priority` コマンド、OSPFv3 の場合は `ipv6 ospf priority` コマンドを使用します。

図 6-4 ブロードキャストの LSA 交換



6.1.3 OSPF パケットの種類

OSPF では、以下の 5 種類のパケットが送受信されます。OSPF ヘッダーの Type フィールドに対応したコードが入ります。

・タイプ 1 Hello パケット

Hello パケットは、隣接ルーターとネイバー関係を確認する際に使用され、ネイバー関係を確認した後のルーターの生存確認でも使用されます。また、Hello パケットには優先度値が格納されており、DR および BDR の選出の際にも使用されます。

Hello パケットは定期的（デフォルト設定で 10 秒ごと）に送信されます。ネイバー関係を確認したルーターから Hello パケットが一定期間（デフォルト設定で 40 秒間）受信できなかった場合、ルーターに障害が発生したとみなされ、ネイバー関係が解消されます。

・タイプ 2 Database Description パケット

Database Description パケットは、Adjacency を確立する際に使用されます。また、他のルーターと LSDB を交換する際にも使用されます。

・タイプ 3 Link State Request パケット

Link State Request パケットは、Adjacency を確立する際、相手ルーターに LSA を要求するときに使用されます。

・タイプ 4 Link State Update パケット

Link State Update パケットは、Adjacency を確立したルーターからネットワークやルーター情報の送信を要求されたときに、LSA を含んだ Link State Update パケットを要求元のルーターに通知する際に使用されます。

- **タイプ 5 Link State Acknowledgment パケット**

Link State Acknowledgment パケットは、Link State Update パケットを受信したことを送信元ルーターに知らせるために使用されます。

6.1.4 LSA の種類

OSPFv2 および OSPFv3 の LSU に含まれる LSA には、以下の種類があります。

OSPFv2 の LSA

- **LS タイプ 1 ルーター LSA**

LS タイプ 1 ルーター LSA は、エリアに所属する内部ルーターが生成する LSA です。エリア内だけで送受信されます。LS タイプ 1 ルーター LSA には、エリアへのルーターのリンク情報やインターフェースのパスコストなどの情報が格納されています。

- **LS タイプ 2 ネットワーク LSA**

LS タイプ 2 ネットワーク LSA は、DR が生成する LSA です。DR が所属するエリアにのみ通知されます。LS タイプ 2 ネットワーク LSA には、DR が所属するネットワークセグメントに接続されているルーター ID の一覧やネットワークマスクの情報などが格納されています。

- **LS タイプ 3 サマリー LSA**

LS タイプ 3 サマリー LSA は、ABR が生成する LSA です。LS タイプ 3 サマリー LSA には、エリア間のネットワーク情報が格納されています。

- **LS タイプ 4 ASBR サマリー LSA**

LS タイプ 4 ASBR サマリー LSA は、ABR が生成する LSA です。ASBR までの経路情報が格納されています。

- **LS タイプ 5 AS 外部 LSA**

LS タイプ 5 AS 外部 LSA は、ASBR が生成する LSA です。AS 内のスタブエリアと NSSA 以外のエリアに通知されます。LS タイプ 5 AS 外部 LSA には、AS 外部のネットワークへの経路情報が格納されています。

LS タイプ 5 AS 外部 LSA にはタイプ 1 とタイプ 2 の 2 つの種類があり、パスコストが異なります。タイプ 1 のパスコストは、外部パスコストに ASBR までのパスコストが加算されます。タイプ 2 のパスコストは、外部パスコストのみです。

- **LS タイプ 7 NSSA 外部 LSA**

LS タイプ 7 NSSA 外部 LSA は、NSSA 内で ASBR が生成する LSA です。外部 AS の宛先へのパスコストの情報が格納されています。

OSPFv3 の LSA

- **LS タイプ 1 ルーター LSA**

LS タイプ 1 ルーター LSA は、エリアに所属する内部ルーターが生成する LSA です。エリア内だけで送受信されます。LS タイプ 1 ルーター LSA には、エリアへのルーターのリンク情報やインターフェースのパスコストなどの情報が格納されています。

- **LS タイプ 2 ネットワーク LSA**

LS タイプ 2 ネットワーク LSA は、DR が生成する LSA です。DR が所属するエリアにのみ通知されます。LS タイプ 2 ネットワーク LSA には、DR が所属するネットワークセグメントに接続されているルーター ID の一覧やネットワークマスクの情報などが格納されています。

- **LS タイプ 3 エリア間プレフィックス LSA**

LS タイプ 3 エリア間プレフィックス LSA は、ローカルエリア内の宛先ごとに ABR が外部エリアに送信する LSA です。LS タイプ 3 エリア間プレフィックス LSA には、ABR からローカルエリア内の宛先へのパスコストの情報が格納されています。

• LS タイプ 4 エリア間ルーター LSA

LS タイプ 4 エリア間ルーター LSA は、ABR が外部エリアに送信する LSA です。LS タイプ 4 エリア間ルーター LSA に含まれるパスコストは、ASBR にアドバタイズされます。

• LS タイプ 5 AS 外部 LSA

LS タイプ 5 AS 外部 LSA は、ASBR が生成する LSA です。AS 内のスタブエリアと NSSA 以外のエリアに通知されます。LS タイプ 5 AS 外部 LSA には、AS 外部のネットワークへの経路情報が格納されています。

LS タイプ 5 AS 外部 LSA にはタイプ 1 とタイプ 2 の 2 つの種類があり、パスコストが異なります。タイプ 1 のパスコストは、外部パスコストに ASBR までのパスコストが加算されます。タイプ 2 のパスコストは、外部パスコストのみです。

• LS タイプ 8 リンク LSA

LS タイプ 8 リンク LSA は、ローカルリンクにだけフラッディングされる LSA です。すべてのルーターがフラッディングスコープを使用して LS タイプ 8 リンク LSA を送信します。LS タイプ 8 リンク LSA には、リンクローカルアドレスと IPv6 アドレスが格納されています。

• LS タイプ 9 エリア内プレフィックス LSA

LS タイプ 9 エリア内プレフィックス LSA は、ローカルの OSPFv3 のエリアにフラッディングされます。すべてのルーターが LS タイプ 9 エリア内プレフィックス LSA を送信します。LS タイプ 9 エリア内プレフィックス LSA には、プレフィックスまたはリンク状態へのすべての変更情報が格納されています。

• LS タイプ 11 猶予 LSA

LS タイプ 11 猶予 LSA は、ルーターが再起動されるときに、リンクローカルのフラッディングスコープを使用して送信する LSA です。グレースフルリスタートに使用されます。

6.1.5 エリアの作成

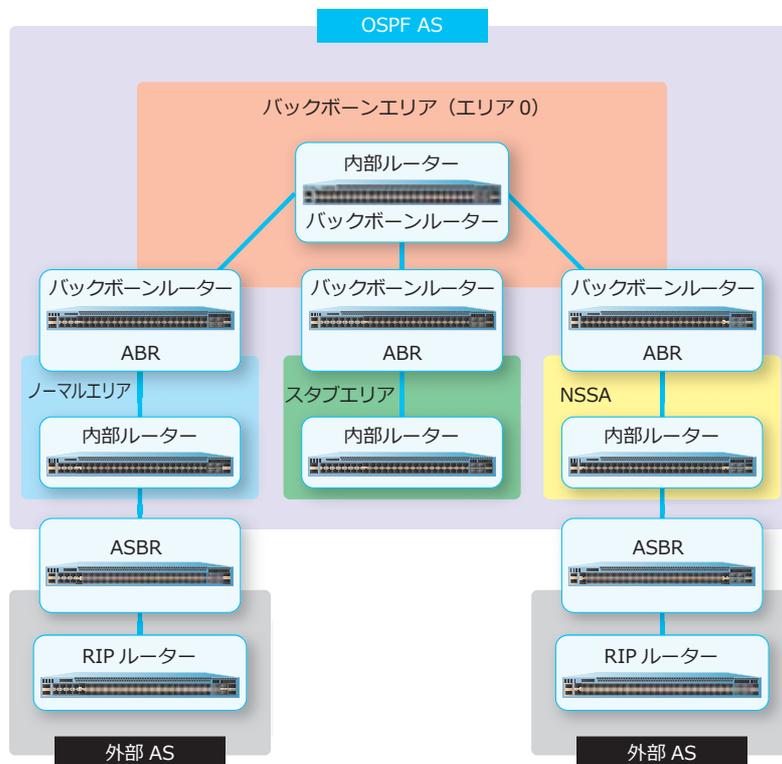
OSPF では、**エリア**という論理的なグループを作成できます。LSA は同一エリア内だけで交換可能で、エリア内の装置は同じ LSDB を保持します。大規模なネットワークでは、エリアを作成することで LSA の交換範囲を制限し、装置が保持する LSDB のサイズを抑制できます。これにより、装置の負荷を軽減できます。

エリアには、**バックボーンエリア**、**ノーマルエリア**、**スタブエリア**、および **NSSA** の4つの種類があります。また、これらのエリアで構成された OSPF ネットワーク全体のことを**自律システム**（以後、**AS**）と呼びます。

エリアは複数の役割をもったルーターで構成されます。すべてのインターフェースが同エリアに所属しているルーターを**内部ルーター**と呼びます。また、バックボーンエリアに接続するルーターのことを**バックボーンルーター**と呼びます。

各エリアは **ABR**（Area Border Router：エリア境界ルーター）によって接続します。また、**ASBR**（AS Boundary Router：AS 境界ルーター）を介して外部の AS（たとえば RIP を稼働している AS）と接続することもできます。

図 6-5 エリアの例



6.1.5.1 エリアの種類

OSPF のエリアには、以下の種類があります。

NOTE: OSPFv2 の場合、以下のエリアを作成する際に指定するエリア ID は、0 ~ 4,294,967,295 の範囲または IPv4 アドレス形式のいずれでも設定できますが、構成情報には IPv4 アドレス形式で表示されます。

• バックボーンエリア

OSPF の中心となるエリアです。OSPF を構成する際、バックボーンエリア以外のすべてのエリアは、必ずバックボーンエリアに接続します。バックボーンエリアのエリア ID には必ず「0.0.0.0」を指定します。

バックボーンエリアを作成するには、OSPFv2 の場合は `network area` コマンド、OSPFv3 の場合は `ipv6 ospf area` コマンドを使用します。

• ノーマルエリア

すべての種類の LSA が流通するエリアです。ASBR を設置して外部 AS と接続できます。

ノーマルエリアを作成するには、OSPFv2 の場合は `network area` コマンド、OSPFv3 の場合は `ipv6 ospf area` コマンドを使用します。

• スタブエリア

スタブエリアは、エリア内を流れる一部の LSA を減らし、エリア内に所属するルーターの負荷を低減するために考えられたエリアです。スタブエリアには、外部経路情報の LSA (AS-external LSA) を送信できません。そのため、スタブエリアには ASBR を設置できません。

また、AS-external-LSA が伝わらないため、スタブエリア内の内部ルーターに対して ABR がデフォルトルートを通知する必要があります。

スタブエリアを作成するには、OSPFv2 および OSPFv3 のどちらの場合も `area stub` コマンドを使用します。

• NSSA

スタブエリアと同じく、NSSA には外部経路情報である AS-external LSA を送信できません。NSSA では、専用の外部経路情報の LSA (LS タイプ 7 NSSA 外部 LSA) によって外部経路を認識します。これにより、NSSA には ASBR が設置可能です。

OSPFv2 で NSSA を作成するには、`area nssa` コマンドを使用します。

6.1.5.2 エリアの削除

エリアを削除するには、OSPFv2 および OSPFv3 のどちらの場合も `no area` コマンドを使用します。

6.1.6 OSPF を構成するルーターの役割

OSPF を構成するルーターには、以下の役割があります。

• 内部ルーター

すべてのインターフェースが同一エリアに接続されたルーターです。バックボーンエリア内では、バックボーンルーターを兼ねることができます。

• バックボーンルーター

1 つ以上のインターフェースがバックボーンエリアに接続されたルーターです。ABR または ASBR を兼ねることができます。

• ABR (Area Border Router)

エリアの境界に存在し、複数のエリアに接続されているルーターです。

接続されているエリアの LSA を収集し、各エリア内の内部ルーターに通知します。これにより、各エリアの内部ルーターは、エリア外部の情報を収集できます。

また、エリアごとの LSDB を保持し、エリア間のルーティングを行います。

• ASBR (AS Boundary Router)

外部 AS との境界に存在し、1 つ以上のインターフェースが外部 AS のルーターに接続されているルーターです。

OSPF 以外のプロトコルの経路情報を OSPF 内に再配布することで、外部 AS との通信が可能になります。

6.1.7 スタブエリア / NSSA に通知するデフォルトルートのコスト

OSPFv2 の場合は、スタブエリア / NSSA に接続された ABR で `area default-cost` コマンドを使用して、スタブエリア / NSSA に通知するデフォルトルートのコストを変更できます。デフォルト設定ではコストは「1」です。

OSPFv3 の場合は、スタブエリアに接続された ABR で `area default-cost` コマンドを使用して、スタブエリアに通知するデフォルトルートのコストを変更できます。デフォルト設定ではコストは「1」です。

6.1.8 再配布される経路情報のデフォルトメトリック値

OSPF に再配布される経路情報のデフォルトメトリック値を変更できます。デフォルト設定では「20」です。

再配布される経路情報のデフォルトメトリック値を変更するには、OSPFv2 および OSPFv3 のどちらの場合も `default-metric` コマンドを使用します。

6.1.9 バーチャルリンクの設定

OSPF では、すべてのエリアはバックボーンエリアに隣接している必要がありますが、物理的な制約などによりバックボーンエリアに直接接続できないエリアを設定する場合は、バーチャルリンクを設定します。

バーチャルリンクを設定するには、OSPFv2 および OSPFv3 のどちらの場合も `area virtual-link` コマンドを使用します。

6.1.10 ホスト経路の設定

OSPFv2 では、ホスト経路（プレフィックス長が /32 の経路）を設定できます。

OSPFv2 のホスト経路を設定するには、`host area` コマンドを使用します。なお、OSPFv3 では設定できません。

6.1.11 ABR での OSPF ルートの経路集約

ABR では OSPF ルートの経路集約が設定できます。

OSPF ルートの経路集約を設定するには、OSPFv2 および OSPFv3 のどちらの場合も、ABR で `area range` コマンドを使用します。

NOTE: 集約経路に対応する null 経路は自動生成されません。

6.1.12 default-information originate

OSPFv2 では、他のルーティングプロトコルで学習したデフォルトルートが存在する場合に、自装置（ASBR）宛てのデフォルトルートを生成して通知する機能を使用できます。

OSPFv2 でこの機能を有効にするには、`default-information originate` コマンドを使用します。なお、OSPFv3 では設定できません。

6.1.13 OSPFv2 ECMP 経路の最大マルチパス数

NP7000、NP5000、および NP3000 の OSPFv2 では、イコールコストマルチパス（ECMP）をサポートしています。

CAUTION: NP7000、NP5000、および NP3000 の OSPFv3 は、イコールコストマルチパス（ECMP）をサポートしていません。

OSPFv2 ECMP 経路の最大マルチパス数は、デフォルト設定では 1 です。最大マルチパス数を変更するには、`maximum-paths` コマンドを使用します。

6.1.14 OSPF の AD 値

OSPF のアドミニストレーティブディスタンス値（以後、**AD 値**）を変更できます。OSPFv2 のデフォルト設定は、inter-area が「90」、intra-area が「80」、external-1 が「110」、external-2 が「115」です。OSPFv3 のデフォルト設定は、すべてのルートが「110」です。

OSPF の AD 値を変更するには、OSPFv2 および OSPFv3 のどちらの場合も `distance ospf` コマンドを使用します。

NOTE: ApresiaNP シリーズでは、AD 値を 255 に設定した場合でも、通常の経路としてルーティングテーブルに取り込む対象として動作します。

6.1.15 OSPFv2 のディストリビュートリスト

OSPFv2 では、ルーティングテーブルに登録する経路情報をフィルタリングするためのディストリビュートリストを設定できます。

OSPFv2 でディストリビュートリストを設定するには、`distribute-list in` コマンドを使用します。

6.1.16 OSPFv2 認証の有効化

OSPFv2 では、認証を有効にできます。デフォルト設定では無効です。

OSPFv2 の認証を有効にするには、`ip ospf authentication` コマンドを使用します。平文パスワードによる認証の場合は、`ip ospf authentication-key` コマンドでパスワードを設定します。MD5 認証の場合は、`ip ospf message-digest-key` コマンドでキー ID とメッセージダイジェストキーを設定します。

6.1.17 インターフェースのパスコスト

インターフェースのパスコストは、デフォルト設定では OSPFv2 が「1」、OSPFv3 が「10」です。

インターフェースのパスコストを変更するには、OSPFv2 の場合は `ip ospf cost` コマンド、OSPFv3 の場合は `ipv6 ospf cost` コマンドを使用します。

6.1.18 Hello パケットの送信間隔

Hello パケットの送信間隔を変更できます。デフォルト設定では 10 秒です。

Hello パケットの送信間隔を変更するには、OSPFv2 の場合は `ip ospf hello-interval` コマンド、OSPFv3 の場合は `ipv6 ospf hello-interval` コマンドを使用します。

6.1.19 隣接ルーターがダウンしたとみなすまでの待機時間

隣接ルーターからの Hello パケットが受信されず、隣接ルーターがダウンしたとみなすまでの待機時間を変更できます。デフォルト設定では 40 秒です。

隣接ルーターがダウンしたとみなすまでの待機時間を変更するには、OSPFv2 の場合は `ip ospf dead-interval` コマンド、OSPFv3 の場合は `ipv6 ospf dead-interval` コマンドを使用します。

6.1.20 パッシブインターフェースの設定

インターフェースをパッシブインターフェースに設定することで、OSPF パケットの送受信を無効化し、ネイバー関係が解消されます。パッシブインターフェースは、インターフェースごとに設定できます。デフォルト設定では、インターフェースはパッシブインターフェースに設定されていません（OSPF パケットがインターフェースで送受信されます）。

インターフェースをパッシブインターフェースに設定するには、OSPFv2 および OSPFv3 のどちらの場合も `passive-interface` コマンドを使用します。

6.1.21 OSPF への経路情報の再配布

他のルーティングプロトコルで学習した経路情報を OSPF 経路として再配布できます。デフォルト設定では無効です。

OSPF への経路情報の再配布を有効にするには、OSPFv2 および OSPFv3 のどちらの場合も `redistribute` コマンドを使用します。

6.1.22 OSPFv3 の基準帯域

OSPFv3 では、インターフェースのパスコストを算出するための基準帯域を変更できます。デフォルト設定では 100Mbps です。

OSPFv3 の基準帯域を変更するには、`auto-cost reference-bandwidth` コマンドを使用します。

6.1.23 OSPFv3 パケットの再送間隔

OSPFv3 パケットの再送間隔を変更できます。デフォルト設定では5秒です。

OSPFv3 パケットの再送間隔を変更するには、`ipv6 ospf retransmit-interval` コマンドを使用します。

6.1.24 Link State Update パケットの Transmit Delay

対象インターフェースから隣接ルーターに Link State Update パケットを送信する際の、推定される遅延時間 (Transmit Delay) を変更できます。デフォルト設定は1秒です。

Transmit Delay を変更するには、OSPFv2 の場合は `ip ospf transmit-delay` コマンド、OSPFv3 の場合は `ipv6 ospf transmit-delay` コマンドを使用します。

NOTE: OSPFv2 の `ip ospf transmit-delay` コマンドは、NP7000 の 1.12.01 以降、NP5000 の 1.11.01 以降、NP3000 の 1.11.03 以降でサポートしています。

6.1.25 OSPF プロセスのクリア

OSPF プロセスをクリアし、ルーティングデータベースを再作成します。

OSPF プロセスをクリアするには、OSPFv2 の場合は `clear ip ospf` コマンド、OSPFv3 の場合は `clear ipv6 ospf` コマンドを使用します。

NOTE: OSPFv2 の場合、`match ip route-source` コマンドを使用した再配布などの設定は即時適用されません。`match ip route-source` コマンドによる設定内容を適用するには、`clear ip ospf` コマンドを使用してください。

6.2 OSPF の状態確認

OSPF の状態を表示して確認する方法を説明します。

6.2.1 OSPFv2 の状態確認

OSPFv2 の状態を表示して確認する方法を説明します。

6.2.1.1 OSPFv2 情報の表示

`show ip ospf` コマンドで OSPFv2 の情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ip ospf

Operational Router ID 1.1.1.1 ... (1)
Process uptime is ODT0H2M42S ... (2)
Process bound to VRF test-vrf ... (3)
Conforms to RFC2328, and RFC1583 Compatibility flag is disabled
This router is an ABR, ABR Type is Standard (RFC2328) ... (4)
This router is an ASBR (injecting external routing information) ... (5)
SPF schedule Hold time between two SPF's 3 secs ... (6)
Number of external LSA 5. Checksum 0x33732 ... (7)
Number of LSA originated 409 ... (8)
Number of LSA received 304 ... (9)
Number of current LSA 37 ... (10)
LSDB database overflow limit is 49152 ... (11)
Number of areas attached to this router : 4 ... (12)
  Area 0.0.0.0 (BACKBONE) ... (13)
    Number of interface in this area is 1, active interface number is 1 ... (14)
    Number of fully adjacent neighbors in this area is 2 ... (15)
    SPF algorithm executed 350 times ... (16)
    Number of LSA 14 ... (17)
  Area 0.0.0.2
    Number of interface in this area is 4, active interface number is 4
    Number of fully adjacent neighbors in this area is 2
    Number of fully adjacent virtual neighbors through this area is 1 ... (18)
    SPF algorithm executed 94 times
    Number of LSA 11
    Summarize range 192.168.20.0/22 advertise ... (19)
  Area 0.0.0.151
    Number of interface in this area is 1, active interface number is 1
    It is a stub area ... (20)
    SPF algorithm executed 91 times
    Number of LSA 2
  Area 0.0.0.161
    Number of interface in this area is 1, active interface number is 1
    It is a NSSA area ... (21)
    SPF algorithm executed 26 times
    Number of LSA 5
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 6-1 show ip ospf コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	自装置のルーター ID を表示します。
(2)	OSPFv2 プロセスの稼働時間を、(日) DT (時) H (分) M (秒) S 形式で表示します。

項番	説明
(3)	VRF インスタンス名を表示します。VRF 未使用時は表示されません。
(4)	自装置が ABR の場合に表示されます。
(5)	自装置が ASBR の場合に表示されます。また、NSSA に所属する場合も表示されます。
(6)	SPF 計算を開始するまでの遅延時間を表示します。
(7)	現在の LSDB に登録されている AS 外部 LSA の数を表示します。
(8)	過去に生成した LSA の累積数を表示します。
(9)	過去に受信した LSA の累積数を表示します。
(10)	現在の LSDB に登録されている LSA の数を表示します。
(11)	LSDB の最大容量を表示します。
(12)	自装置が所属しているエリアの数を表示します。
(13)	エリア ID を表示します。
(14)	対象エリアに所属する、自装置の IPv4 インターフェースの総数、およびアクティブ数を表示します。
(15)	対象エリアの Adjacency の数を表示します。
(16)	過去に実施した SPF 計算の累積回数を表示します。
(17)	対象エリアの LSA の数を表示します。
(18)	バーチャルリンクの数を表示します。
(19)	ルート集約 (area range コマンド) を設定している場合に、その設定内容を表示します。
(20)	Stub エリアの場合に表示されます。
(21)	NSSA の場合に表示されます。

6.2.1.2 OSPFv2 のインターフェース情報の表示

`show ip ospf interface` コマンドで OSPFv2 のインターフェース情報を確認できます。
表示例を以下に示します。

```
# show ip ospf interface

vlan10 is up, line protocol is up ... (1)
(2)                               (3)
Internet Address: 192.168.10.253/24, Area 0.0.0.10
(4)                               (5)                               (6)
Router ID 0.2.1.31, Network Type BROADCAST, Cost: 1
(7)                               (8)                               (9)
Transmit Delay is 1 sec, State BDR, Priority 1
Designated Router (ID) 0.0.1.1, Interface Address 192.168.10.254 ... (10)
Backup Designated Router (ID) 0.2.1.31, Interface Address 192.168.10.253 ... (11)
                               (12)           (13)           (14)
Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Retransmit 5
Current Authentication Type: md5 ... (15)
Authentication Key Configuration
  Authentication type: md5 ... (15)
  Message-digest-key 1 ... (16)

vlan20 is up, line protocol is up
Internet Address: 192.168.20.1/24, Area 0.0.0.10
Router ID 0.2.1.31, Network Type POINT_TO_POINT, Cost: 1
Transmit Delay is 1 sec, State PTP, Priority 1
Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Retransmit 5
Current Authentication Type: simple text
Authentication Key Configuration
  Authentication type: simple text
  Authentication-key: testpass ... (17)
Distribute List In: TEST-ACL ... (18)

Total Entries: 2
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 6-2 show ip ospf interface コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	VLAN インターフェースの状態を表示します。
(2)	IPv4 アドレスを表示します。
(3)	所属するエリア ID を表示します。
(4)	ルーター ID を表示します。
(5)	ネットワークタイプを表示します。
(6)	パスコストを表示します。
(7)	推定される遅延時間 (Transmit Delay) を表示します。
(8)	対象インターフェースの役割を表示します。 <ul style="list-style-type: none"> • DR : Designated Router • BDR : Backup Designated Router • OTHER : DR Other • PTP : ネットワークタイプが Point-to-point の場合

項番	説明
(9)	ルーターの優先度を表示します。
(10)	対象リンクの DR のルーター ID と IPv4 アドレスを表示します。
(11)	対象リンクの BDR のルーター ID と IPv4 アドレスを表示します。
(12)	Hello パケットの送信間隔を表示します。
(13)	隣接ルーターがダウンしたとみなすまでの待機時間を表示します。
(14)	OSPFv2 パケットの再送間隔を表示します。
(15)	認証の種類を表示します。 <ul style="list-style-type: none"> • none : 認証なし (AuType=0, Null 認証) • simple text : 平文パスワードによる認証 (AuType=1, Simple password 認証) • md5 : MD5 認証 (AuType=2, Cryptographic 認証)
(16)	MD5 認証が有効な場合に、キー ID を表示します。
(17)	平文パスワードによる認証が有効な場合に、パスワードを表示します。
(18)	ディストリビュートリスト (distribute-list in コマンド) を設定している場合に、その設定内容を表示します。

6.2.1.3 OSPFv2 のネイバー情報の表示

show ip ospf neighbor コマンドで OSPFv2 のネイバー情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ip ospf neighbor
(1)      (2)  (3)      (4)      (5)
Neighbor ID   Pri  State      Address      Interface
-----
5.5.5.5       1    Full/DR    172.16.141.253  vlan141
2.2.2.2       1    2-Way/DROther  192.0.2.202   vlan10
3.3.3.3       1    Full/Backup  192.0.2.203   vlan10
4.4.4.4       1    Full/DR    192.0.2.204   vlan10
5.5.5.5       0    Full/-     172.16.141.253  -

Total Entries: 5
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 6-3 show ip ospf neighbor コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	隣接ルーターのルーター ID を表示します。
(2)	隣接ルーターの優先度を表示します。

項番	説明
(3)	隣接ルーターとの Neighbor 形成状態、Adjacency 形成状態、および対象インターフェースの役割を表示します。 【Neighbor/Adjacency 確立後の状態表示】 <ul style="list-style-type: none"> • Full/DR：隣接ルーターが DR で、Adjacency 確立状態 • Full/Backup：隣接ルーターが BDR で、Adjacency 確立状態 • Full/DROther：隣接ルーターが DR Other で、Adjacency 確立状態 • 2-Way/DROther：自装置と隣接ルーターの両方が DR Other で、Neighbor 確立状態 • Full/-：ネットワークタイプが Point-to-point の場合、またはバーチャルリンクで接続している場合
(4)	隣接ルーターの IPv4 アドレスを表示します。
(5)	隣接ルーターと接続している IPv4 インターフェースを表示します。

また、`show ip ospf neighbor detail` コマンドで OSPFv2 のネイバーの詳細情報を確認できます。表示例を以下に示します。

```
# show ip ospf neighbor detail
(1)          (2)
Neighbor 2.2.2.2, interface address 192.0.2.253
  In the area 0.0.0.0 via interface vlan10 ... (3)
  Neighbor priority is 1, State is Full, 6 state change ... (4)
  DR is 192.0.2.253, BDR is 192.0.2.254 ... (5)
  Options: 0x2 (*|-|-|-|-|E|-) ... (6)
  Neighbor is up for 0DT0H11M17S ... (7)
  Dead timer due in 00:00:39 ... (8)

Total Entries: 1
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 6-4 show ip ospf neighbor detail コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	隣接ルーターのルーター ID を表示します。
(2)	隣接ルーターの IPv4 アドレスを表示します。
(3)	所属エリア ID、隣接ルーターと接続している IPv4 インターフェースを表示します。
(4)	隣接ルーターの優先度、隣接ルーターとの Neighbor 形成状態、Adjacency 形成状態を表示します。
(5)	DR の IPv4 アドレス、BDR の IPv4 アドレスを表示します。
(6)	隣接ルーターから受信した Hello パケットの Options フィールドの情報を表示します。
(7)	隣接ルーターが登録されてからの経過時間を、(日) DT (時) H (分) M (秒) S 形式で表示します。NP7000 の 1.11.01 以降、および NP5000 の 1.11.01 以降で表示されます。
(8)	隣接ルーターが削除されるまでの残り時間を、(時) : (分) : (秒) 形式で表示します。NP7000 の 1.11.01 以降、および NP5000 の 1.11.01 以降で表示されます。

6.2.1.4 OSPFv2 のバーチャルリンク情報の表示

`show ip ospf virtual-links` コマンドで OSPFv2 のバーチャルリンク情報を確認できます。
表示例を以下に示します。

```
# show ip ospf virtual-links

Virtual Link to router 3.3.3.3 is up ... (1)
  Transit area 0.0.0.20 via interface vlan20 ... (2)
  Local address 192.168.20.254 ... (3)
  Remote address 192.168.20.253 ... (4)
  (5) (6)
  Transmit Delay is 1 sec, State Point-To-Point
  (7) (8) (9)
  Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Retransmit 5
  Adjacency state Full ... (10)
  Current Authentication Type: md5 ... (11)
  Authentication Key Configuration
  Authentication type: md5 ... (11)
  message-digest-key 1 ... (12)

Virtual Link to router 9.9.9.9 is down
  Transit area 0.0.0.50
  Transmit Delay is 1 secs, State DOWN
  Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Retransmit 5
  Current Authentication Type: simple text
  Authentication Key Configuration
  Authentication type: simple text
  Authentication-key: vpass ... (13)

Total Entries: 2
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 6-5 show ip ospf virtual-links コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	バーチャルリンクの対向ルーターのルーター ID と状態を表示します。
(2)	バーチャルリンクが経由するエリア ID と IPv4 インターフェースを表示します。
(3)	バーチャルリンクを確立する際に使用している自装置の IPv4 アドレスを表示します。
(4)	バーチャルリンクを確立する際のネクストホップの IPv4 アドレスを表示します。
(5)	推定される遅延時間 (Transmit Delay) を表示します。
(6)	ネットワークタイプを表示します。
(7)	バーチャルリンクの Hello パケットの送信間隔を表示します。
(8)	バーチャルリンクの対向ルーターがダウンしたとみなすまでの待機時間を表示します。
(9)	バーチャルリンクの OSPFv2 パケットの再送間隔を表示します。
(10)	バーチャルリンクの対向ルーターとの Adjacency 形成状態を表示します。Adjacency 確立後は「Adjacency state Full」と表示されます。

項番	説明
(11)	認証の種類を表示します。 <ul style="list-style-type: none"> • none : 認証なし (AuType=0, Null 認証) • simple text : 平文パスワードによる認証 (AuType=1, Simple password 認証) • md5 : MD5 認証 (AuType=2, Cryptographic 認証)
(12)	MD5 認証が有効な場合に、キー ID を表示します。
(13)	平文パスワードによる認証が有効な場合に、パスワードを表示します。

6.2.1.5 OSPFv2 のリンクステートデータベースの表示

show ip ospf database コマンドで、OSPFv2 のリンクステートデータベース (LSDB) に登録された LSA の一覧情報を確認できます。

各 LSA の詳細情報は、LSA ごとの **show** コマンドで確認できます。それ以外にも、Advertising Router フィールド指定 (**show ip ospf database adv-router** コマンド) での確認、自装置が生成した LSA のみ指定 (**show ip ospf database self-originate** コマンド) での確認、スタブエリアと NSSA の LSA のみ指定 (**show ip ospf database stub** コマンド) での確認ができます。

OSPFv2 の LSDB に登録された LSA 一覧情報の表示例を以下に示します。

```
# show ip ospf database
(1)
      OSPF Router with ID (1.1.1.1)

      Router Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID        ADV Router    Age  Seq#          CkSum  Link Count
1.1.1.1        1.1.1.1      1006 0x80000006   0x38ba 2
2.2.2.2        2.2.2.2      964  0x80000005   0x872a 3
3.3.3.3        3.3.3.3      960  0x80000003   0xe357 2
4.4.4.100      4.4.4.100    1050 0x80000003   0x5fbc 1

      Net Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID        ADV Router    Age  Seq#          CkSum
192.0.2.254    1.1.1.1      991  0x80000004   0xdc98

      Summary Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID        ADV Router    Age  Seq#          CkSum  Route
172.16.141.0   1.1.1.1      1051 0x80000003   0xb853 172.16.141.0/24
172.16.141.0   4.4.4.100    1052 0x80000001   0x2a76 172.16.141.0/24
172.16.142.0   1.1.1.1      1051 0x80000003   0xb752 172.16.142.0/24
172.16.142.0   4.4.4.100    1052 0x80000001   0x158b 172.16.142.0/24
172.16.151.0   3.3.3.3      999  0x80000001   0x12e9 172.16.151.0/24
~~省略~~
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 6-6 show ip ospf database コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	OSPFv2 のリンクステートデータベース (LSDB) の LSA 一覧情報を表示します。各 LSA の詳細情報については、LSA ごとの show コマンドを参照してください。

6.2.1.6 LS タイプ 1 ルーター LSA の表示

show ip ospf database router コマンドで、OSPFv2 のLSDB に登録された LS タイプ 1 ルーター LSA の詳細情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ip ospf database router

      OSPF Router with ID (1.1.1.1) ... (1)

      Router Link States (Area 0.0.0.0) ... (2)

LS age: 193 ... (3)
Options: 0x2 (*|-|-|-|-|E|-) ... (4)
Flags: 0x3 ABR ASBR ... (5)
LS Type: router-LSA ... (6)
Link State ID: 1.1.1.1 ... (7)
Advertising Router: 1.1.1.1 ... (8)
LS Seq Number: 0x80000007 ... (9)
Checksum: 0x36BB ... (10)
Length: 48 ... (11)
Number of Links: 2 ... (12)
  Link connected to a Transit Network ... (13)
    (Link ID) Designated Router address: 192.0.2.254 ... (14)
    (Link Data) Router Interface address: 192.0.2.254 ... (15)
    Number of TOS metrics: 0 ... (16)
      TOS 0 Metric: 1 ... (17)
  Link connected to a Virtual Link
    (Link ID) Neighboring Router ID: 4.4.4.100
    (Link Data) Router Interface address: 172.16.141.254
    Number of TOS metrics: 0
      TOS 0 Metric: 2
~~省略~~
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 6-7 show ip ospf database router コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	ルーター ID を表示します。
(2)	LS タイプ 1 ルーター LSA のエリア ID を表示します。
(3)	LS Age フィールドの情報を表示します。LSA が生成されてからの時間 (秒) を示します。
(4)	Options フィールドの情報を表示します。
(5)	ルーターの種類を示すフラグを表示します。
(6)	LS タイプを表示します。 <ul style="list-style-type: none"> • router-LSA : LS タイプ 1 ルーター LSA • network-LSA : LS タイプ 2 ネットワーク LSA • summary-LSA (summary Network Number) : LS タイプ 3 サマリー LSA • ASBR-summary-LSA : LS タイプ 4 ASBR サマリー LSA • AS-external-LSA : LS タイプ 5 AS 外部 LSA • AS_NSSA_LSA : LS タイプ 7 NSSA 外部 LSA
(7)	Link State ID フィールドの情報を表示します。
(8)	Advertising Router フィールドの情報を表示します。

項番	説明
(9)	LS Sequence Number フィールドの情報を表示します。
(10)	LS Checksum フィールドの情報を表示します。
(11)	Length フィールドの情報を表示します。
(12)	LSA に含まれる IPv4 インターフェース数を表示します。
(13)	リンク種別を表示します。
(14)	Link ID フィールドの情報を表示します。
(15)	Link Data フィールドの情報を表示します。
(16)	ToS メトリックオプションの数を表示します。
(17)	ToS フィールド、Metric フィールドの情報を表示します。

6.2.1.7 LS タイプ 2 ネットワーク LSA の表示

`show ip ospf database network` コマンドで、OSPFv2 の LSDB に登録された LS タイプ 2 ネットワーク LSA の詳細情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ip ospf database network

      OSPF Router with ID (1.1.1.1) ... (1)

      Net Link States (Area 0.0.0.0) ... (2)

LS age: 399 ... (3)
Options: 0x2 (*|-|-|-|-|E|-) ... (4)
LS Type: network-LSA ... (5)
Link State ID: 192.0.2.254 (address of Designated Router) ... (6)
Advertising Router: 1.1.1.1 ... (7)
LS Seq Number: 0x80000005 ... (8)
Checksum: 0xDA99 ... (9)
Length: 36 ... (10)
Network Mask: /24 ... (11)
  Attached Router: 1.1.1.1 ... (12)
  Attached Router: 2.2.2.2
  Attached Router: 3.3.3.3
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 6-8 show ip ospf database network コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	ルーター ID を表示します。
(2)	LS タイプ 2 ネットワーク LSA のエリア ID を表示します。
(3)	LS Age フィールドの情報を表示します。LSA が生成されてからの時間 (秒) を示します。
(4)	Options フィールドの情報を表示します。

項番	説明
(5)	LS タイプを表示します。 <ul style="list-style-type: none"> • router-LSA : LS タイプ 1 ルーター LSA • network-LSA : LS タイプ 2 ネットワーク LSA • summary-LSA (summary Network Number) : LS タイプ 3 サマリー LSA • ASBR-summary-LSA : LS タイプ 4 ASBR サマリー LSA • AS-external-LSA : LS タイプ 5 AS 外部 LSA • AS_NSSA_LSA : LS タイプ 7 NSSA 外部 LSA
(6)	Link State ID フィールドの情報を表示します。
(7)	Advertising Router フィールドの情報を表示します。
(8)	LS Sequence Number フィールドの情報を表示します。
(9)	LS Checksum フィールドの情報を表示します。
(10)	Length フィールドの情報を表示します。
(11)	Network Mask フィールドの情報を表示します。
(12)	Attached Router フィールドの情報を表示します。

6.2.1.8 LS タイプ 3 サマリー LSA の表示

`show ip ospf database summary` コマンドで、OSPFv2 の LSDB に登録された LS タイプ 3 サマリー LSA の詳細情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ip ospf database summary

      OSPF Router with ID (1.1.1.1) ... (1)

      Summary Link States (Area 0.0.0.0) ... (2)

LS age: 750 ... (3)
Options: 0x2 (*|-|-|-|-|E|-) ... (4)
LS Type: summary-LSA (summary Network Number) ... (5)
Link State ID: 172.16.141.0 (summary Network Number) ... (6)
Advertising Router: 1.1.1.1 ... (7)
LS Seq Number: 0x80000004 ... (8)
Checksum: 0xB654 ... (9)
Length: 28 ... (10)
Network Mask: /24 ... (11)
      TOS: 0 Metric: 1 ... (12)
~~省略~~
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 6-9 `show ip ospf database summary` コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	ルーター ID を表示します。
(2)	LS タイプ 3 サマリー LSA のエリア ID を表示します。

項番	説明
(3)	LS Age フィールドの情報を表示します。LSA が生成されてからの時間 (秒) を示します。
(4)	Options フィールドの情報を表示します。
(5)	LS タイプを表示します。 <ul style="list-style-type: none"> • router-LSA : LS タイプ 1 ルーター LSA • network-LSA : LS タイプ 2 ネットワーク LSA • summary-LSA (summary Network Number) : LS タイプ 3 サマリー LSA • ASBR-summary-LSA : LS タイプ 4 ASBR サマリー LSA • AS-external-LSA : LS タイプ 5 AS 外部 LSA • AS_NSSA_LSA : LS タイプ 7 NSSA 外部 LSA
(6)	Link State ID フィールドの情報を表示します。
(7)	Advertising Router フィールドの情報を表示します。
(8)	LS Sequence Number フィールドの情報を表示します。
(9)	LS Checksum フィールドの情報を表示します。
(10)	Length フィールドの情報を表示します。
(11)	Network Mask フィールドの情報を表示します。
(12)	ToS フィールド、Metric フィールドの情報を表示します。

6.2.1.9 LS タイプ 4 ASBR サマリー LSA の表示

`show ip ospf database asbr-summary` コマンドで、OSPFv2 の LSDB に登録された LS タイプ 4 ASBR サマリー LSA の詳細情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ip ospf database asbr-summary

      OSPF Router with ID (3.3.3.3) ... (1)

      ASBR-Summary Link States (Area 0.0.0.0) ... (2)

LS age: 68 ... (3)
Options: 0x2 (*|-|-|-|-|E|-) ... (4)
LS Type: ASBR-summary-LSA ... (5)
Link State ID: 6.6.6.6 (AS Boundary Router address) ... (6)
Advertising Router: 1.1.1.1 ... (7)
LS Seq Number: 0x80000002 ... (8)
Checksum: 0x8EB7 ... (9)
Length: 28 ... (10)
Network Mask: /0 ... (11)
      TOS: 0 Metric: 1 ... (12)
~~省略~~
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 6-10 show ip ospf database asbr-summary コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	ルーター ID を表示します。
(2)	LS タイプ 4 ASBR サマリー LSA のエリア ID を表示します。
(3)	LS Age フィールドの情報を表示します。LSA が生成されてからの時間 (秒) を示します。
(4)	Options フィールドの情報を表示します。
(5)	LS タイプを表示します。 <ul style="list-style-type: none">• router-LSA : LS タイプ 1 ルーター LSA• network-LSA : LS タイプ 2 ネットワーク LSA• summary-LSA (summary Network Number) : LS タイプ 3 サマリー LSA• ASBR-summary-LSA : LS タイプ 4 ASBR サマリー LSA• AS-external-LSA : LS タイプ 5 AS 外部 LSA• AS_NSSA_LSA : LS タイプ 7 NSSA 外部 LSA
(6)	Link State ID フィールドの情報を表示します。
(7)	Advertising Router フィールドの情報を表示します。
(8)	LS Sequence Number フィールドの情報を表示します。
(9)	LS Checksum フィールドの情報を表示します。
(10)	Length フィールドの情報を表示します。
(11)	Network Mask フィールドの情報を表示します。
(12)	ToS フィールド、Metric フィールドの情報を表示します。

6.2.1.10 LS タイプ 5 AS 外部 LSA の表示

`show ip ospf database external` コマンドで、OSPFv2 のLSDB に登録された LS タイプ 5 AS 外部 LSA の詳細情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ip ospf database external

      OSPF Router with ID (1.1.1.1) ... (1)

      AS External Link States ... (2)

LS age: 1527 ... (3)
Options: 0x2 (*|-|-|-|-|E|-) ... (4)
LS Type: AS-external-LSA ... (5)
Link State ID: 10.1.60.0 (External Network Number) ... (6)
Advertising Router: 1.1.1.1 ... (7)
LS Seq Number: 0x80000002 ... (8)
Checksum: 0x660C ... (9)
Length: 36 ... (10)
Network Mask: /24 ... (11)
      Metric Type: 2 (Larger than any link state path) ... (12)
      TOS: 0 ... (13)
      Metric: 20 ... (14)
      Forward Address: 0.0.0.0 ... (15)
      External Route Tag: 0 ... (16)

~~省略~~
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 6-11 show ip ospf database external コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	ルーター ID を表示します。
(2)	LS タイプ 5 AS 外部 LSA の情報を表示します。
(3)	LS Age フィールドの情報を表示します。LSA が生成されてからの時間 (秒) を示します。
(4)	Options フィールドの情報を表示します。
(5)	LS タイプを表示します。 <ul style="list-style-type: none"> • router-LSA : LS タイプ 1 ルーター LSA • network-LSA : LS タイプ 2 ネットワーク LSA • summary-LSA (summary Network Number) : LS タイプ 3 サマリー LSA • ASBR-summary-LSA : LS タイプ 4 ASBR サマリー LSA • AS-external-LSA : LS タイプ 5 AS 外部 LSA • AS_NSSA_LSA : LS タイプ 7 NSSA 外部 LSA
(6)	Link State ID フィールドの情報を表示します。
(7)	Advertising Router フィールドの情報を表示します。
(8)	LS Sequence Number フィールドの情報を表示します。
(9)	LS Checksum フィールドの情報を表示します。
(10)	Length フィールドの情報を表示します。

項番	説明
(11)	Network Mask フィールドの情報を表示します。
(12)	外部ルートのもトリックタイプを表示します。
(13)	ToS フィールドの情報を表示します。
(14)	Metric フィールドの情報を表示します。
(15)	Forwarding Address フィールドの情報を表示します。
(16)	External Route Tag フィールドの情報を表示します。

6.2.1.11 LS タイプ 7 NSSA 外部 LSA の表示

`show ip ospf database nssa-external` コマンドで、OSPFv2 の LSDB に登録された LS タイプ 7 NSSA 外部 LSA の詳細情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ip ospf database nssa-external

      OSPF Router with ID (2.2.2.2) ... (1)

      NSSA-external Link States (Area 0.0.0.61) ... (2)

LS age: 1287 ... (3)
Options: 0xa (*|-|-|-|N/P|-|E|-) ... (4)
LS Type: AS_NSSA_LSA ... (5)
Link State ID: 10.2.1.0 (External Network Number For NSSA) ... (6)
Advertising Router: 5.5.5.5 ... (7)
LS Seq Number: 0x80000002 ... (8)
Checksum: 0x56DB ... (9)
Length: 36 ... (10)
Network Mask: /24 ... (11)
      Metric Type: 2 (Larger than any link state path) ... (12)
      TOS: 0 ... (13)
      Metric: 20 ... (14)
      NSSA: Forward Address: 172.16.161.2 ... (15)
      External Route Tag: 0 ... (16)

~~省略~~
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 6-12 show ip ospf database nssa-external コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	ルーター ID を表示します。
(2)	LS タイプ 7 NSSA 外部 LSA のエリア ID を表示します。
(3)	LS Age フィールドの情報を表示します。LSA が生成されてからの時間 (秒) を示します。
(4)	Options フィールドの情報を表示します。

項番	説明
(5)	LS タイプを表示します。 ・ router-LSA : LS タイプ 1 ルーター LSA ・ network-LSA : LS タイプ 2 ネットワーク LSA ・ summary-LSA (summary Network Number) : LS タイプ 3 サマリー LSA ・ ASBR-summary-LSA : LS タイプ 4 ASBR サマリー LSA ・ AS-external-LSA : LS タイプ 5 AS 外部 LSA ・ AS_NSSA_LSA : LS タイプ 7 NSSA 外部 LSA
(6)	Link State ID フィールドの情報を表示します。
(7)	Advertising Router フィールドの情報を表示します。
(8)	LS Sequence Number フィールドの情報を表示します。
(9)	LS Checksum フィールドの情報を表示します。
(10)	Length フィールドの情報を表示します。
(11)	Network Mask フィールドの情報を表示します。
(12)	外部ルートのもトリックタイプを表示します。
(13)	ToS フィールドの情報を表示します。
(14)	Metric フィールドの情報を表示します。
(15)	Forwarding Address フィールドの情報を表示します。
(16)	External Route Tag フィールドの情報を表示します。

6.2.2 OSPFv3 の状態確認

OSPFv3 の状態を表示して確認する方法を説明します。

6.2.2.1 OSPFv3 情報の表示

`show ipv6 ospf` コマンドで OSPFv3 の情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 ospf

Routing Process ""OSPFv3 1"" with ID 1.1.1.1 ... (1)
  Process uptime is 0DT0H3M5S ... (2)
  Conforms to RFC 2740
  This router is an ABR; ABR Type is Standard (OSPFv3). ... (3)
  This router is an ASBR (injecting external routing information). ... (4)
  Redistributing External Routes (with default metric 20) from, ... (5)
    connected with metric 0 with metric-type 2
    static with metric 50 with metric-type 2
    rip with metric 60 with metric-type 1
  SPF schedule delay 5 secs, Hold time between SPF's 10 secs ... (6)
  Number of LSA originated 208 ... (7)
  Number of LSA received 392 ... (8)
  Number of areas in this router is 3 ... (9)
    Area 0.0.0.0 (BACKBONE) (active) ... (10)
      Number of interfaces in this area is 2 active interface number is 2 ... (11)
      Number of fully adjacent virtual neighbors through this area is 0 ... (12)
      SPF algorithm executed 7 times ... (13)
      Number of LSA 21. Checksum Sum 0xb7948 ... (14)
      Number of Unknown LSA 0 ... (15)
      Area ranges are
    Area 0.0.0.2 (active)
      Number of interfaces in this area is 3 active interface number is 3
      Number of fully adjacent virtual neighbors through this area is 1
      SPF algorithm executed 4 times
      Number of LSA 14. Checksum Sum 0x82dec
      Number of Unknown LSA 0
      Area ranges are
        2001:db8:20::/62 Passive Advertise ... (16)
    Area 0.0.0.151 (active)
      Number of interfaces in this area is 1 active interface number is 1
      Number of fully adjacent virtual neighbors through this area is 0
      It is a stub area ... (17)
      SPF algorithm executed 1 times
      Number of LSA 4. Checksum Sum 0x1eed1
      Number of Unknown LSA 0
      Area ranges are
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 6-13 show ipv6 ospf コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	プロセス ID と自装置のルーター ID を表示します。
(2)	OSPFv3 プロセスの稼働時間を、(日) DT (時) H (分) M (秒) S 形式で表示します。
(3)	自装置が ABR の場合に表示されます。
(4)	自装置が ASBR の場合に表示されます。

項番	説明
(5)	OSPFv3 への経路情報の再配布 (redistribute コマンド) を設定している場合に、その設定内容を表示します。
(6)	SPF 計算を開始するまでの遅延時間を表示します。
(7)	過去に生成した LSA の累積数を表示します。
(8)	過去に受信した LSA の累積数を表示します。
(9)	自装置が所属しているエリアの数を表示します。
(10)	エリア ID を表示します。
(11)	対象エリアに所属する、自装置の IPv6 インターフェースの総数、およびアクティブ数を表示します。
(12)	バーチャルリンクの数を表示します。
(13)	OSPFv3 プロセスを開始してからの SPF 計算の累積回数を表示します。
(14)	対象エリアの LSA の数、およびチェックサム値を表示します。
(15)	不正な LSA の受信数を表示します。
(16)	ルート集約 (area range コマンド) を設定している場合に、その設定内容を表示します。
(17)	Stub エリアの場合に表示されます。

6.2.2.2 OSPFv3 のインターフェース情報の表示

`show ipv6 ospf interface` コマンドで OSPFv3 のインターフェース情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 ospf interface

vlan10 is up, line protocol is up ... (1)
  Link Local Address: fe80::240:66ff:fea8:cc36/128 ... (2)
  Interface ID: 2 ... (3)
  (4) (5) (6) (7)
  OSPFv3 Process (1), Area 0.0.0.10 (active), Instance ID 0, MTU 1500
  (8) (9) (10)
  Router ID 0.2.1.31, Network Type BROADCAST, Cost: 10
  (11) (12) (13)
  Transmit Delay is 1 sec, State Backup, Priority 1
  Designated Router (ID) 0.0.1.1, ... (14)
    Local Address fe80::240:66ff:feac:2c90 ... (15)
  Backup Designated Router (ID) 0.2.1.31, ... (16)
    Local Address fe80::240:66ff:fea8:cc36 ... (17)
    (18) (19) (20)
  Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Retransmit 5
  (21) (22)
  Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1
  (23) (24)
  Hello received 81 sent 93, DD received 4 sent 3
  (25) (26)
  LS-Req received 1 sent 1, LS-Upd received 7 sent 15
  (27) (28)
  LS-Ack received 15 sent 7, Discarded 0

vlan20 is up, line protocol is up
  Link Local Address: fe80::240:66ff:fea8:cc36/128
  Interface ID: 3
  OSPFv3 Process (1), Area 0.0.0.10 (active), Instance ID 0, MTU 1500
  Router ID 0.2.1.31, Network Type BROADCAST, Cost: 10
  Transmit Delay is 1 sec, State DR, Priority 1
  No Hellos (Passive interface) ... (29)
  Designated Router (ID) 0.2.1.31,
    Local Address fe80::240:66ff:fea8:cc36
  Backup Designated Router (ID) 0.0.0.0,
    Local Address ::
  Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Retransmit 5
  Neighbor Count is 0, Adjacent neighbor count is 0
  Hello received 80 sent 69, DD received 4 sent 4
  LS-Req received 1 sent 1, LS-Upd received 7 sent 5
  LS-Ack received 5 sent 7, Discarded 0

Total Entries: 2
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 6-14 show ipv6 ospf interface コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	VLAN インターフェースの状態を表示します。
(2)	リンクローカルアドレスを表示します。
(3)	インターフェース ID を表示します。
(4)	プロセス ID を表示します。

項番	説明
(5)	エリア ID を表示します。
(6)	インスタンス ID を表示します。
(7)	MTU 値を表示します。
(8)	ルーター ID を表示します。
(9)	ネットワークタイプを表示します。
(10)	パスコストを表示します。
(11)	推定される遅延時間 (Transmit Delay) を表示します。
(12)	対象インターフェースの役割を表示します。 <ul style="list-style-type: none"> • DR : Designated Router • Backup : Backup Designated Router • DROther : DR Other
(13)	ルーターの優先度を表示します。
(14)	DR のルーター ID を表示します。
(15)	DR のリンクローカルアドレスを表示します。
(16)	BDR のルーター ID を表示します。
(17)	BDR のリンクローカルアドレスを表示します。
(18)	Hello パケットの送信間隔を表示します。
(19)	隣接ルーターがダウンしたとみなすまでの待機時間を表示します。
(20)	OSPFv3 パケットの再送間隔を表示します。
(21)	隣接ルーター数を表示します。
(22)	Adjacency 確立状態の隣接ルーター数を表示します。
(23)	Hello パケットの受信数と送信数を表示します。
(24)	Database Description パケットの受信数と送信数を表示します。
(25)	Link State Request パケットの受信数と送信数を表示します。
(26)	Link State Update パケットの受信数と送信数を表示します。
(27)	Link State Acknowledgment パケットの受信数と送信数を表示します。
(28)	破棄した OSPFv3 パケットの数を表示します。
(29)	パッシブインターフェース有効時に表示されます。

6.2.2.3 OSPFv3 のネイバー情報の表示

`show ipv6 ospf neighbor` コマンドで OSPFv3 のネイバー情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 ospf neighbor
(1)      (2) (3)      (4)      (5)
Neighbor ID  Pri State      Interface Instance ID
-----
2.2.2.2      1  2-Way/DROther  vlan10    0
3.3.3.3      1  Full/Backup    vlan10    0
4.4.4.4      1  Full/DR        vlan10    0
5.5.5.5      1  Full/DR        vlan20    0
5.5.5.5      0  Full/-         -         0

Total Entries: 5
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 6-15 `show ipv6 ospf neighbor` コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	隣接ルーターのルーター ID を表示します。
(2)	隣接ルーターの優先度を表示します。
(3)	隣接ルーターとの Neighbor 形成状態、Adjacency 形成状態、および対象インターフェースの役割を表示します。 【Neighbor/Adjacency 確立後の状態表示】 <ul style="list-style-type: none"> • Full/DR : 隣接ルーターが DR で、Adjacency 確立状態 • Full/Backup : 隣接ルーターが BDR で、Adjacency 確立状態 • Full/DROther : 隣接ルーターが DR Other で、Adjacency 確立状態 • 2-Way/DROther : 自装置と隣接ルーターの両方が DR Other で、Neighbor 確立状態 • Full/- : バーチャルリンクで接続している場合
(4)	隣接ルーターと接続している IPv6 インターフェースを表示します。
(5)	インスタンス ID を表示します。

また、`show ipv6 ospf neighbor detail` コマンドで OSPFv3 のネイバーの詳細情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 ospf neighbor detail
(1)      (2)
Neighbor 2.2.2.2, Link Local address fe80::240:66ff:feac:2c90
  In the area 0.0.0.0 via interface vlan10 ... (3)
  Neighbor priority is 1, State is Full, 6 state changes ... (4)
  DR is 2.2.2.2 BDR is 1.1.1.1 ... (5)
  Options is 0x000013 (-|R|-|-|E|V6) ... (6)
  Neighbor is up for 0DT0H11M22S ... (7)
  Dead timer due in 00:00:34 ... (8)

Total Entries: 1
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 6-16 show ipv6 ospf neighbor detail コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	隣接ルーターのルーター ID を表示します。
(2)	隣接ルーターのリンクローカルアドレスを表示します。
(3)	所属エリア ID、隣接ルーターと接続している IPv6 インターフェースを表示します。
(4)	隣接ルーターの優先度、隣接ルーターとの Neighbor 形成状態、Adjacency 形成状態を表示します。
(5)	DR のルーター ID、BDR のルーター ID を表示します。
(6)	隣接ルーターから受信した Hello パケットの Options フィールドの情報を表示します。
(7)	隣接ルーターが登録されてからの経過時間を、(日) DT (時) H (分) M (秒) S 形式で表示します。 NP7000 の 1.11.01 以降、および NP5000 の 1.11.01 以降で表示されます。
(8)	隣接ルーターが削除されるまでの残り時間を、(時) : (分) : (秒) 形式で表示します。 NP7000 の 1.11.01 以降、および NP5000 の 1.11.01 以降で表示されます。

6.2.2.4 OSPFv3 の ABR/ASBR 情報の表示

show ipv6 ospf border-routers コマンドで OSPFv3 の ABR と ASBR の情報を確認できます。
表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 ospf border-routers

OSPFv3 Process 1 internal Routing Table
Codes: i - Intra-area route, I - Inter-area route
(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7)
i 1.1.1.1 [10] via fe80::240:66ff:fea8:cc36, vlan10, ABR, Area 0.0.0.0
I 3.3.3.3 [20] via fe80::240:66ff:fea8:cc36, vlan10, ASBR, Area 0.0.0.0
i 6.6.6.6 [40] via fe80::fe6d:d1ff:fe05:e9aa, vlan60, ABR, ASBR, Area 0.0.0.0

Total Entries: 3
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 6-17 show ipv6 ospf border-routers コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	経路種別 (i : エリア内経路 / I : エリア間経路) を表示します。
(2)	ABR または ASBR のルーター ID を表示します。
(3)	ABR または ASBR までのパスコストを表示します。
(4)	ABR または ASBR へのネクストホップアドレスを表示します。
(5)	ABR または ASBR への送信インターフェースを表示します。
(6)	ルーター種別 (ABR または ASBR) を表示します。
(7)	ABR または ASBR への経路を学習したエリア ID を表示します。

6.2.2.5 OSPFv3 のバーチャルリンク情報の表示

`show ipv6 ospf virtual-links` コマンドで OSPFv3 のバーチャルリンク情報を確認できます。表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 ospf virtual-links

Virtual Link to router 3.3.3.3 is up ... (1)
  Transit area 0.0.0.20 via interface vlan20, instance ID 0 ... (2)
  Local Peer Address 2001:db8:20::1/128 ... (3)
  Remote Peer Address 2001:db8:30::2/128 ... (4)
  (5) (6)
  Transmit Delay is 1 sec, State Point-To-Point,
  (7) (8) (9)
  Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Retransmit 5
  Adjacency state Full ... (10)

Virtual Link to router 9.9.9.9 is down
  Transit area 0.0.0.50, instance ID 123
  Local Peer Address 2001:db8:50::1/128
  Remote Peer Address ::/128
  Transmit Delay is 1 sec, State DOWN,
  Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Retransmit 5
  Adjacency state Down

Total Entries: 2
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 6-18 show ipv6 ospf virtual-links コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	バーチャルリンクの対向ルーターのルーター ID と状態を表示します。
(2)	バーチャルリンクが経由するエリア ID と IPv6 インターフェース、およびインスタンス ID を表示します。
(3)	バーチャルリンクの自装置側の IPv6 アドレスを表示します。
(4)	バーチャルリンクの対向ルーター側の IPv6 アドレスを表示します。
(5)	推定される遅延時間 (Transmit Delay) を表示します。
(6)	ネットワークタイプを表示します。
(7)	バーチャルリンクの Hello パケットの送信間隔を表示します。
(8)	バーチャルリンクの対向ルーターがダウンしたとみなすまでの待機時間を表示します。
(9)	バーチャルリンクの OSPF パケットの再送間隔を表示します。
(10)	バーチャルリンクの対向ルーターとの Adjacency 形成状態を表示します。Adjacency 確立後は「Adjacency state Full」と表示されます。

6.2.2.6 OSPFv3 のリンクステートデータベースの表示

`show ipv6 ospf database` コマンドで、OSPFv3 のリンクステートデータベース (LSDB) に登録された LSA の一覧情報を確認できます。

各 LSA の詳細情報は LSA ごとの `show` コマンドで確認できます。それ以外にも、Advertising Router フィールド指定 (`show ipv6 ospf database adv-router` コマンド) での確認、自装置が生成した LSA のみ指定 (`show ipv6 ospf database self-originate` コマンド) での確認、エリア ID 指定 (`show ipv6 ospf database area` コマンド) での確認ができます。

OSPFv3 の LSDB に登録された LSA 一覧情報の表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 ospf database
(1)
      OSPFv3 Router with ID (1.1.1.1) (Process 1)

      Link-LSA (Interface vlan10)

ADV Router   Age  Seq#           CkSum   LinkCnt
1.1.1.1     574  0x80000001    0x9880   1
2.2.2.2     577  0x80000001    0x61f5   1
3.3.3.3     576  0x80000001    0xc0cc   1
4.4.4.4     574  0x80000001    0x3cb4   1

      Link-LSA (Interface vlan20)

ADV Router   Age  Seq#           CkSum   LinkCnt
1.1.1.1     574  0x80000001    0xd037   1
5.5.5.5     573  0x80000001    0x2a62   1

      Link-LSA (Interface vlan21)

ADV Router   Age  Seq#           CkSum   LinkCnt
1.1.1.1     574  0x80000001    0xealb   1

      Link-LSA (Interface vlan22)

~~省略~~
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 6-19 `show ipv6 ospf database` コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	OSPFv3 のリンクステートデータベース (LSDB) の LSA 一覧情報を表示します。各 LSA の詳細情報に関しては、LSA ごとの <code>show</code> コマンドを参照してください。

6.2.2.7 LS タイプ 1 ルーター LSA の表示

show ipv6 ospf database router コマンドで、OSPFv3 のLSDB に登録された LS タイプ 1 ルーター LSA の詳細情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 ospf database router

      OSPFv3 Router with ID (1.1.1.1) (Process 1) ... (1)

      Router-LSA (Area 0.0.0.0) (BACKBONE) ... (2)

LS age: 871 ... (3)
LS Type: Router-LSA ... (4)
Link State ID: 0.0.0.0 ... (5)
Advertising Router: 1.1.1.1 ... (6)
LS Seq Number: 0x80000007 ... (7)
Checksum: 0xE5D9 ... (8)
Length: 56 ... (9)
Flags: 0x3 (-|-|E|B) ... (10)
Options: 0x13 (-|R|-|-|E|V6) ... (11)
Number of Links: 2 ... (12)
  Link connected to: a Transit Network ... (13)
    Metric: 10 ... (14)
    Interface ID: 2 ... (15)
    Neighbor Interface ID: 2 ... (16)
    Neighbor Router ID: 4.4.4.4 ... (17)
  Link connected to: a Virtual Link
    Metric: 10
    Interface ID: 8388609
    Neighbor Interface ID: 8388609
    Neighbor Router ID: 5.5.5.5
~~省略~~
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 6-20 show ipv6 ospf database router コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	ルーター ID とプロセス ID を表示します。
(2)	LS タイプ 1 ルーター LSA のエリア ID を表示します。
(3)	LS Age フィールドの情報を表示します。LSA が生成されてからの時間 (秒) を示します。
(4)	LS タイプを表示します。 <ul style="list-style-type: none"> • Router-LSA : LS タイプ 1 ルーター LSA • Network-LSA : LS タイプ 2 ネットワーク LSA • Inter-Area-Prefix-LSA : LS タイプ 3 エリア間プレフィックス LSA • Inter-Area-Router-LSA : LS タイプ 4 エリア間ルーター LSA • AS-external-LSA : LS タイプ 5 AS 外部 LSA • Link-LSA : LS タイプ 8 リンク LSA • Intra-Area-Prefix-LSA : LS タイプ 9 エリア内プレフィックス LSA
(5)	Link State ID フィールドの情報を表示します。
(6)	Advertising Router フィールドの情報を表示します。
(7)	LS Sequence Number フィールドの情報を表示します。

項番	説明
(8)	LS Checksum フィールドの情報を表示します。
(9)	Length フィールドの情報を表示します。
(10)	ルーターの種類を示すフラグを表示します。
(11)	Options フィールドの情報を表示します。
(12)	LSA に含まれる IPv6 インターフェース数を表示します。
(13)	リンク種別を表示します。
(14)	Metric フィールドの情報を表示します。
(15)	Interface ID フィールドの情報を表示します。
(16)	Neighbor Interface ID フィールドの情報を表示します。
(17)	Neighbor Router ID フィールドの情報を表示します。

6.2.2.8 LS タイプ 2 ネットワーク LSA の表示

`show ipv6 ospf database network` コマンドで、OSPFv3 の LSDB に登録された LS タイプ 2 ネットワーク LSA の詳細情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 ospf database network

      OSPFv3 Router with ID (1.1.1.1) (Process 1) ... (1)

      Network-LSA (Area 0.0.0.0) (BACKBONE) ... (2)

LS age: 961 ... (3)
LS Type: Network-LSA ... (4)
Link State ID: 0.0.0.2 ... (5)
Advertising Router: 4.4.4.4 ... (6)
LS Seq Number: 0x80000002 ... (7)
Checksum: 0xE7FD ... (8)
Length: 40 ... (9)
Options: 0x13 (-|R|-|-|E|V6) ... (10)
  Attached Router: 4.4.4.4 ... (11)
  Attached Router: 1.1.1.1
  Attached Router: 2.2.2.2
  Attached Router: 3.3.3.3
~~省略~~
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 6-21 `show ipv6 ospf database network` コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	ルーター ID とプロセス ID を表示します。
(2)	LS タイプ 2 ネットワーク LSA のエリア ID を表示します。
(3)	LS Age フィールドの情報を表示します。LSA が生成されてからの時間 (秒) を示します。

項番	説明
(4)	LS タイプを表示します。 <ul style="list-style-type: none"> • Router-LSA : LS タイプ 1 ルーター LSA • Network-LSA : LS タイプ 2 ネットワーク LSA • Inter-Area-Prefix-LSA : LS タイプ 3 エリア間プレフィックス LSA • Inter-Area-Router-LSA : LS タイプ 4 エリア間ルーター LSA • AS-external-LSA : LS タイプ 5 AS 外部 LSA • Link-LSA : LS タイプ 8 リンク LSA • Intra-Area-Prefix-LSA : LS タイプ 9 エリア内プレフィックス LSA
(5)	Link State ID フィールドの情報を表示します。
(6)	Advertising Router フィールドの情報を表示します。
(7)	LS Sequence Number フィールドの情報を表示します。
(8)	LS Checksum フィールドの情報を表示します。
(9)	Length フィールドの情報を表示します。
(10)	Options フィールドの情報を表示します。
(11)	Attached Router フィールドの情報を表示します。

6.2.2.9 LS タイプ 3 エリア間プレフィックス LSA の表示

`show ipv6 ospf database inter-area prefix` コマンドで、OSPFv3 の LSDB に登録された LS タイプ 3 エリア間プレフィックス LSA の詳細情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 ospf database inter-area prefix

      OSPFv3 Router with ID (1.1.1.1) (Process 1) ... (1)

      Inter-Area-Prefix-LSA (Area 0.0.0.0) (BACKBONE) ... (2)

LS age: 1113 ... (3)
LS Type: Inter-Area-Prefix-LSA ... (4)
Link State ID: 0.0.0.1 ... (5)
Advertising Router: 1.1.1.1 ... (6)
LS Seq Number: 0x80000001 ... (7)
Checksum: 0xB230 ... (8)
Length: 36 ... (9)
Metric: 10 ... (10)
Prefix: 2001:db8:20::/62, Prefix Options: 0 ... (11)
~~省略~~
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 6-22 show ipv6 ospf database inter-area prefix コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	ルーター ID とプロセス ID を表示します。
(2)	LS タイプ 3 エリア間プレフィックス LSA のエリア ID を表示します。

項番	説明
(3)	LS Age フィールドの情報を表示します。LSA が生成されてからの時間 (秒) を示します。
(4)	LS タイプを表示します。 <ul style="list-style-type: none"> • Router-LSA : LS タイプ 1 ルーター LSA • Network-LSA : LS タイプ 2 ネットワーク LSA • Inter-Area-Prefix-LSA : LS タイプ 3 エリア間プレフィックス LSA • Inter-Area-Router-LSA : LS タイプ 4 エリア間ルーター LSA • AS-external-LSA : LS タイプ 5 AS 外部 LSA • Link-LSA : LS タイプ 8 リンク LSA • Intra-Area-Prefix-LSA : LS タイプ 9 エリア内プレフィックス LSA
(5)	Link State ID フィールドの情報を表示します。
(6)	Advertising Router フィールドの情報を表示します。
(7)	LS Sequence Number フィールドの情報を表示します。
(8)	LS Checksum フィールドの情報を表示します。
(9)	Length フィールドの情報を表示します。
(10)	Metric フィールドの情報を表示します。
(11)	Address Prefix フィールド、PrefixLength フィールド、PrefixOptions フィールドの情報を表示します。

6.2.2.10 LS タイプ 4 エリア間ルーター LSA の表示

`show ipv6 ospf database inter-area router` コマンドで、OSPFv3 の LSDB に登録された LS タイプ 4 エリア間ルーター LSA の詳細情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 ospf database inter-area router

      OSPFv3 Router with ID (1.1.1.1) (Process 1) ... (1)

      Inter-Area-Router-LSA (Area 0.0.0.0) BACKBONE ... (2)

LS age: 1163 ... (3)
LS Type: Inter-Area-Router-LSA ... (4)
Link State ID: 0.0.0.1 ... (5)
Advertising Router: 5.5.5.5 ... (6)
LS Seq Number: 0x80000002 ... (7)
Checksum: 0x8FA ... (8)
Length: 32 ... (9)
Options: 0x13 (-|R|-|-|E|V6) ... (10)
Metric: 10 ... (11)
Destination Router ID: 1.1.1.1 ... (12)
~~省略~~
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 6-23 show ipv6 ospf database inter-area router コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	ルーター ID とプロセス ID を表示します。
(2)	LS タイプ 4 エリア間ルーター LSA のエリア ID を表示します。
(3)	LS Age フィールドの情報を表示します。LSA が生成されてからの時間 (秒) を示します。
(4)	LS タイプを表示します。 <ul style="list-style-type: none"> • Router-LSA : LS タイプ 1 ルーター LSA • Network-LSA : LS タイプ 2 ネットワーク LSA • Inter-Area-Prefix-LSA : LS タイプ 3 エリア間プレフィックス LSA • Inter-Area-Router-LSA : LS タイプ 4 エリア間ルーター LSA • AS-external-LSA : LS タイプ 5 AS 外部 LSA • Link-LSA : LS タイプ 8 リンク LSA • Intra-Area-Prefix-LSA : LS タイプ 9 エリア内プレフィックス LSA
(5)	Link State ID フィールドの情報を表示します。
(6)	Advertising Router フィールドの情報を表示します。
(7)	LS Sequence Number フィールドの情報を表示します。
(8)	LS Checksum フィールドの情報を表示します。
(9)	Length フィールドの情報を表示します。
(10)	Options フィールドの情報を表示します。
(11)	Metric フィールドの情報を表示します。
(12)	Destination Router ID フィールドの情報を表示します。

6.2.2.11 LS タイプ 5 AS 外部 LSA の表示

show ipv6 ospf database external コマンドで、OSPFv3 の LSDB に登録された LS タイプ 5 AS 外部 LSA の情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 ospf database external

      OSPFv3 Router with ID (1.1.1.1) (Process 1) ... (1)

      AS-external-LSA ... (2)

LS age: 1292 ... (3)
LS Type: AS-external-LSA ... (4)
Link State ID: 0.0.0.1 ... (5)
Advertising Router: 1.1.1.1 ... (6)
LS Seq Number: 0x80000001 ... (7)
Checksum: 0xEbB3 ... (8)
Length: 36 ... (9)
Metric Type: 2 (Larger than any link state path) ... (10)
Metric: 20 ... (11)
Prefix: 2001:db8:3001::/64, Prefix Options: 0 (-|-|-|-) ... (12)
~~省略~~
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 6-24 show ipv6 ospf database external コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	ルーター ID とプロセス ID を表示します。
(2)	LS タイプ 5 AS 外部 LSA の情報を表示します。
(3)	LS Age フィールドの情報を表示します。LSA が生成されてからの時間 (秒) を示します。
(4)	LS タイプを表示します。 <ul style="list-style-type: none"> • Router-LSA : LS タイプ 1 ルーター LSA • Network-LSA : LS タイプ 2 ネットワーク LSA • Inter-Area-Prefix-LSA : LS タイプ 3 エリア間プレフィックス LSA • Inter-Area-Router-LSA : LS タイプ 4 エリア間ルーター LSA • AS-external-LSA : LS タイプ 5 AS 外部 LSA • Link-LSA : LS タイプ 8 リンク LSA • Intra-Area-Prefix-LSA : LS タイプ 9 エリア内プレフィックス LSA
(5)	Link State ID フィールドの情報を表示します。
(6)	Advertising Router フィールドの情報を表示します。
(7)	LS Sequence Number フィールドの情報を表示します。
(8)	LS Checksum フィールドの情報を表示します。
(9)	Length フィールドの情報を表示します。
(10)	外部ルートのもトリックタイプを表示します。
(11)	Metric フィールドの情報を表示します。
(12)	Address Prefix フィールド、PrefixLength フィールド、PrefixOptions フィールドの情報を表示します。

6.2.2.12 LS タイプ 8 リンク LSA の表示

`show ipv6 ospf database link` コマンドで、OSPFv3 のLSDB に登録された LS タイプ 8 リンク LSA の詳細情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 ospf database link

      OSPFv3 Router with ID (1.1.1.1) (Process 1) ... (1)

      Link-LSA (Interface vlan10) ... (2)

LS age: 1722 ... (3)
LS Type: Link-LSA ... (4)
Link State ID: 0.0.0.2 ... (5)
Advertising Router: 1.1.1.1 ... (6)
LS Seq Number: 0x80000001 ... (7)
Checksum: 0x9880 ... (8)
Length: 56 ... (9)
Priority: 1 ... (10)
Options: 0x13 (-|R|-|-|E|V6) ... (11)
Link-Local Address: fe80::240:66ff:fea8:cc36 ... (12)
Number of Prefixes: 1 ... (13)
    Prefix: 2001:db8:10::/64, Prefix Options: 0 (-|-|-|-) ... (14)
~~省略~~
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 6-25 show ipv6 ospf database link コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	ルーター ID とプロセス ID を表示します。
(2)	LS タイプ 8 リンク LSA の IPv6 インターフェースを表示します。
(3)	LS Age フィールドの情報を表示します。LSA が生成されてからの時間 (秒) を示します。
(4)	LS タイプを表示します。 <ul style="list-style-type: none"> • Router-LSA : LS タイプ 1 ルーター LSA • Network-LSA : LS タイプ 2 ネットワーク LSA • Inter-Area-Prefix-LSA : LS タイプ 3 エリア間プレフィックス LSA • Inter-Area-Router-LSA : LS タイプ 4 エリア間ルーター LSA • AS-external-LSA : LS タイプ 5 AS 外部 LSA • Link-LSA : LS タイプ 8 リンク LSA • Intra-Area-Prefix-LSA : LS タイプ 9 エリア内プレフィックス LSA
(5)	Link State ID フィールドの情報を表示します。
(6)	Advertising Router フィールドの情報を表示します。
(7)	LS Sequence Number フィールドの情報を表示します。
(8)	LS Checksum フィールドの情報を表示します。
(9)	Length フィールドの情報を表示します。
(10)	Rtr Priority フィールドの情報を表示します。
(11)	Options フィールドの情報を表示します。

項番	説明
(12)	Link-local Interface Address フィールドの情報を表示します。
(13)	LSA に含まれる IPv6 アドレスプレフィックス数を表示します。
(14)	Address Prefix フィールド、PrefixLength フィールド、PrefixOptions フィールドの情報を表示します。

6.2.2.13 LS タイプ 9 エリア内プレフィックス LSA の表示

`show ipv6 ospf database prefix` コマンドで、OSPFv3 の LSDB に登録された LS タイプ 9 エリア内プレフィックス LSA の詳細情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 ospf database prefix

      OSPFv3 Router with ID (3.3.3.3) (Process 1) ... (1)

      Intra-Area-Prefix-LSA (Area 0.0.0.0) (BACKBONE) ... (2)

LS age: 1068 ... (3)
LS Type: Intra-Area-Prefix-LSA ... (4)
Link State ID: 0.0.0.2 ... (5)
Advertising Router: 1.1.1.1 ... (6)
LS Seq Number: 0x80000003 ... (7)
Checksum: 0x6F90 ... (8)
Length: 68 ... (9)
Referenced LS Type: 0x2002 ... (10)
Referenced Link State ID: 0.0.0.2 ... (11)
Referenced Advertising Router: 1.1.1.1 ... (12)
Number of Prefixes: 3 ... (13)
  Prefix: 2001:db8:10::/64, Prefix Options: 0 (-|-|-|-) ... (14)
  Metric: 0 ... (15)
  Prefix: fd00:192:168:10::/64, Prefix Options: 0 (-|-|-|-)
  Metric: 0
  Prefix: fd00:192:168:20::/64, Prefix Options: 0 (-|-|-|-)
  Metric: 0
~~省略~~
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 6-26 `show ipv6 ospf database prefix` コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	ルーター ID とプロセス ID を表示します。
(2)	LS タイプ 9 エリア内プレフィックス LSA のエリア ID を表示します。
(3)	LS Age フィールドの情報を表示します。LSA が生成されてからの時間 (秒) を示します。

項番	説明
(4)	LS タイプを表示します。 <ul style="list-style-type: none">• Router-LSA : LS タイプ 1 ルーター LSA• Network-LSA : LS タイプ 2 ネットワーク LSA• Inter-Area-Prefix-LSA : LS タイプ 3 エリア間プレフィックス LSA• Inter-Area-Router-LSA : LS タイプ 4 エリア間ルーター LSA• AS-external-LSA : LS タイプ 5 AS 外部 LSA• Link-LSA : LS タイプ 8 リンク LSA• Intra-Area-Prefix-LSA : LS タイプ 9 エリア内プレフィックス LSA
(5)	Link State ID フィールドの情報を表示します。
(6)	Advertising Router フィールドの情報を表示します。
(7)	LS Sequence Number フィールドの情報を表示します。
(8)	LS Checksum フィールドの情報を表示します。
(9)	Length フィールドの情報を表示します。
(10)	Referenced LS Type フィールドの情報を表示します。
(11)	Referenced Link State ID フィールドの情報を表示します。
(12)	Referenced Advertising Router フィールドの情報を表示します。
(13)	LSA に含まれる IPv6 アドレスプレフィックス数を表示します。
(14)	Address Prefix フィールド、PrefixLength フィールド、PrefixOptions フィールドの情報を表示します。
(15)	Metric フィールドの情報を表示します。

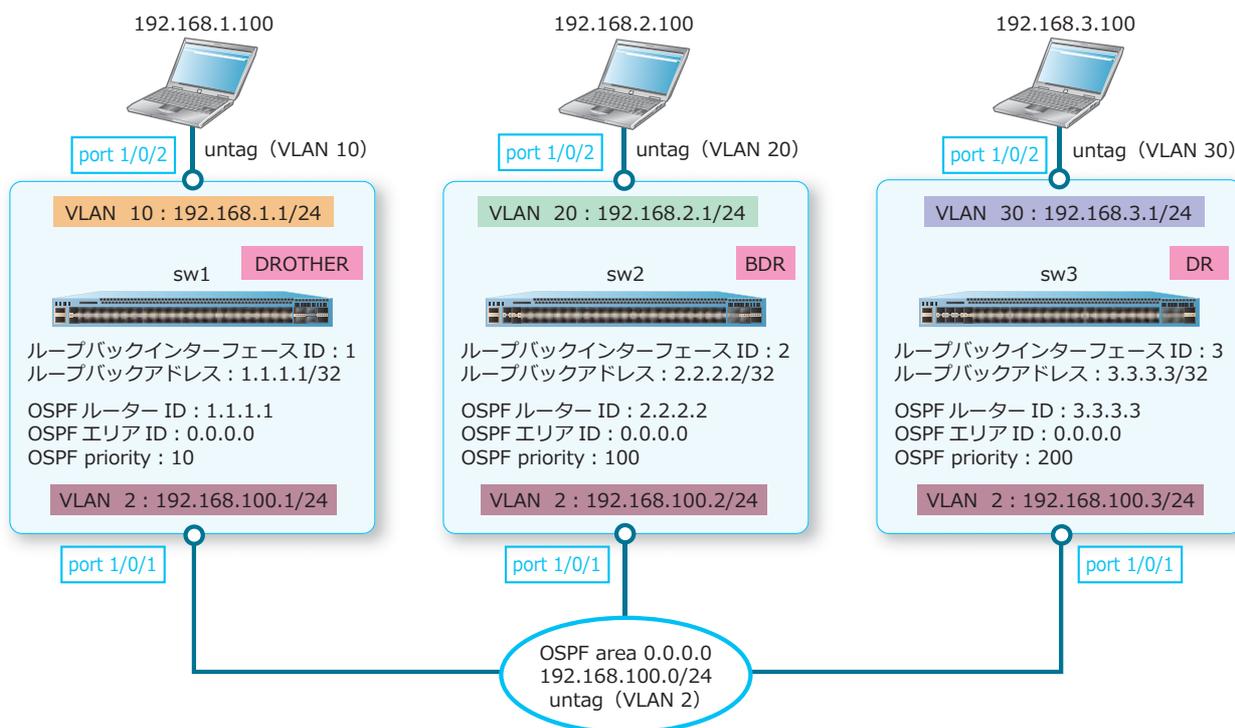
6.3 OSPF の構成例と設定例

OSPFv2、および OSPFv3 を利用する場合の構成例と設定例を示します。

6.3.1 OSPFv2 の設定例

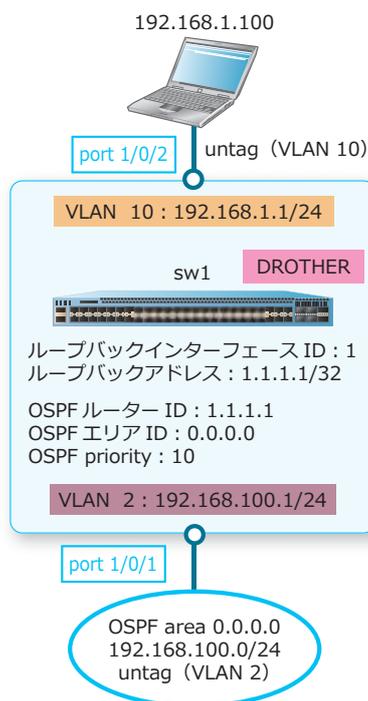
3 台の装置で OSPFv2 を構成します。

図 6-6 OSPFv2 の構成例



6.3.1.1 OSPFv2 : sw1 の設定例

図 6-7 OSPFv2 : sw1 の設定例



1. VLAN 2 および VLAN 10 を作成します。

```
sw1# configure terminal
sw1(config)# vlan 2
sw1(config-vlan)# exit
sw1(config)# vlan 10
sw1(config-vlan)# exit
sw1(config)#
```

2. ポート 1/0/1 およびポート 1/0/2 をアクセスポートとして設定し、アクセスポートに [VLAN 2] および [VLAN 10] を割り当てます。

```
sw1(config)# interface port 1/0/1
sw1(config-if-port)# switchport mode access
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 2
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)# interface port 1/0/2
sw1(config-if-port)# switchport mode access
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 10
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)#
```

3. VLAN 2 の IP アドレスを [192.168.100.1/24] に、VLAN 10 の IP アドレスを [192.168.1.1/24] に設定します。

```
sw1(config)# interface vlan 2
sw1(config-if-vlan)# ip address 192.168.100.1/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)# interface vlan 10
sw1(config-if-vlan)# ip address 192.168.1.1/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)#
```

4. ループバックインターフェース ID を [1] に、ループバックアドレスを [1.1.1.1/32] に設定します。

```
sw1(config)# interface loopback 1
sw1(config-if-loopback)# ip address 1.1.1.1/32
sw1(config-if-loopback)# exit
sw1(config)#
```

5. OSPF ルーター ID を [1.1.1.1] に、OSPF を有効にするネットワークを [192.168.100.0 0.0.0.255] に、ネットワークのエリア ID を [0.0.0.0] に設定し、直接接続された経路の再配布を設定します。

```
sw1(config)# router ospf
sw1(config-router)# router-id 1.1.1.1
sw1(config-router)# network 192.168.100.0 0.0.0.255 area 0.0.0.0
sw1(config-router)# redistribute connected
sw1(config-router)# exit
sw1(config)#
```

6. DROTHER にするために、sw2 と sw3 より低い優先度 [10] を VLAN 2 に設定します。

```
sw1(config)# interface vlan 2
sw1(config-if-vlan)# ip ospf priority 10
sw1(config-if-vlan)# end
sw1#
```

6.3.1.2 OSPFv2 : sw2 の設定例

図 6-8 OSPFv2 : sw2 の設定例



1. VLAN 2 および VLAN 20 を作成します。

```
sw2# configure terminal
sw2(config)# vlan 2
sw2(config-vlan)# exit
sw2(config)# vlan 20
sw2(config-vlan)# exit
sw2(config)#
```

2. ポート 1/0/1 およびポート 1/0/2 をアクセスポートとして設定し、アクセスポートに [VLAN 2] および [VLAN 20] を割り当てます。

```
sw2(config)# interface port 1/0/1
sw2(config-if-port)# switchport mode access
sw2(config-if-port)# switchport access vlan 2
sw2(config-if-port)# exit
sw2(config)# interface port 1/0/2
sw2(config-if-port)# switchport mode access
sw2(config-if-port)# switchport access vlan 20
sw2(config-if-port)# exit
sw2(config)#
```

3. VLAN 2 の IP アドレスを [192.168.100.2/24] に、VLAN 20 の IP アドレスを [192.168.2.1/24] に設定します。

```
sw2(config)# interface vlan 2
sw2(config-if-vlan)# ip address 192.168.100.2/24
sw2(config-if-vlan)# exit
sw2(config)# interface vlan 20
sw2(config-if-vlan)# ip address 192.168.2.1/24
sw2(config-if-vlan)# exit
sw2(config)#
```

4. ループバックインターフェース ID を [2] に、ループバックアドレスを [2.2.2.2/32] に設定します。

```
sw2(config)# interface loopback 2
sw2(config-if-loopback)# ip address 2.2.2.2/32
sw2(config-if-loopback)# exit
sw2(config)#
```

5. OSPF ルーター ID を [2.2.2.2] に、OSPF を有効にするネットワークを [192.168.100.0 0.0.0.255] に、ネットワークのエリア ID を [0.0.0.0] に設定し、直接接続された経路の再配布を設定します。

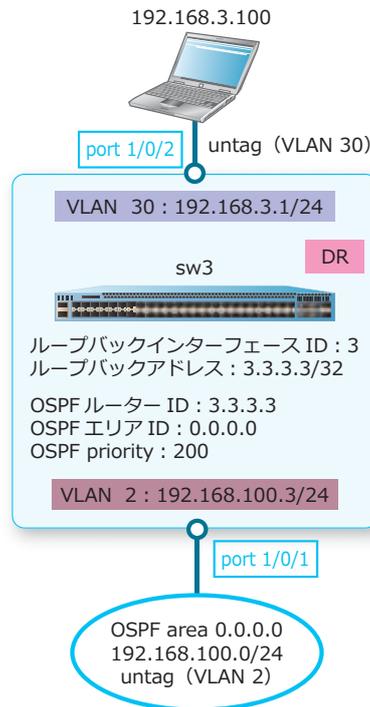
```
sw2(config)# router ospf
sw2(config-router)# router-id 2.2.2.2
sw2(config-router)# network 192.168.100.0 0.0.0.255 area 0.0.0.0
sw2(config-router)# redistribute connected
sw2(config-router)# exit
sw2(config)#
```

6. BDR にするために、sw1 より高く、sw3 より低い優先度 [100] を VLAN 2 に設定します。

```
sw2(config)# interface vlan 2
sw2(config-if-vlan)# ip ospf priority 100
sw2(config-if-vlan)# end
sw2#
```

6.3.1.3 OSPFv2 : sw3 の設定例

図 6-9 OSPFv2 : sw3 の設定例



1. VLAN 2 および VLAN 30 を作成します。

```
sw3# configure terminal
sw3(config)# vlan 2
sw3(config-vlan)# exit
sw3(config)# vlan 30
sw3(config-vlan)# exit
sw3(config)#
```

2. ポート 1/0/1 およびポート 1/0/2 をアクセスポートとして設定し、アクセスポートに [VLAN 2] および [VLAN 30] を割り当てます。

```
sw3(config)# interface port 1/0/1
sw3(config-if-port)# switchport mode access
sw3(config-if-port)# switchport access vlan 2
sw3(config-if-port)# exit
sw3(config)# interface port 1/0/2
sw3(config-if-port)# switchport mode access
sw3(config-if-port)# switchport access vlan 30
sw3(config-if-port)# exit
sw3(config)#
```

3. VLAN 2 の IP アドレスを [192.168.100.3/24] に、VLAN 30 の IP アドレスを [192.168.3.1/24] に設定します。

```
sw3(config)# interface vlan 2
sw3(config-if-vlan)# ip address 192.168.100.3/24
sw3(config-if-vlan)# exit
sw3(config)# interface vlan 30
sw3(config-if-vlan)# ip address 192.168.3.1/24
sw3(config-if-vlan)# exit
sw3(config)#
```

4. ループバックインターフェース ID を [3] に、ループバックアドレスを [3.3.3.3/32] に設定します。

```
sw3(config)# interface loopback 3
sw3(config-if-loopback)# ip address 3.3.3.3/32
sw3(config-if-loopback)# exit
sw3(config)#
```

5. OSPF ルーター ID を [3.3.3.3] に、OSPF を有効にするネットワークを [192.168.100.0 0.0.0.255] に、ネットワークのエリア ID を [0.0.0.0] に設定し、直接接続された経路の再配布を設定します。

```
sw3(config)# router ospf
sw3(config-router)# router-id 3.3.3.3
sw3(config-router)# network 192.168.100.0 0.0.0.255 area 0.0.0.0
sw3(config-router)# redistribute connected
sw3(config-router)# exit
sw3(config)#
```

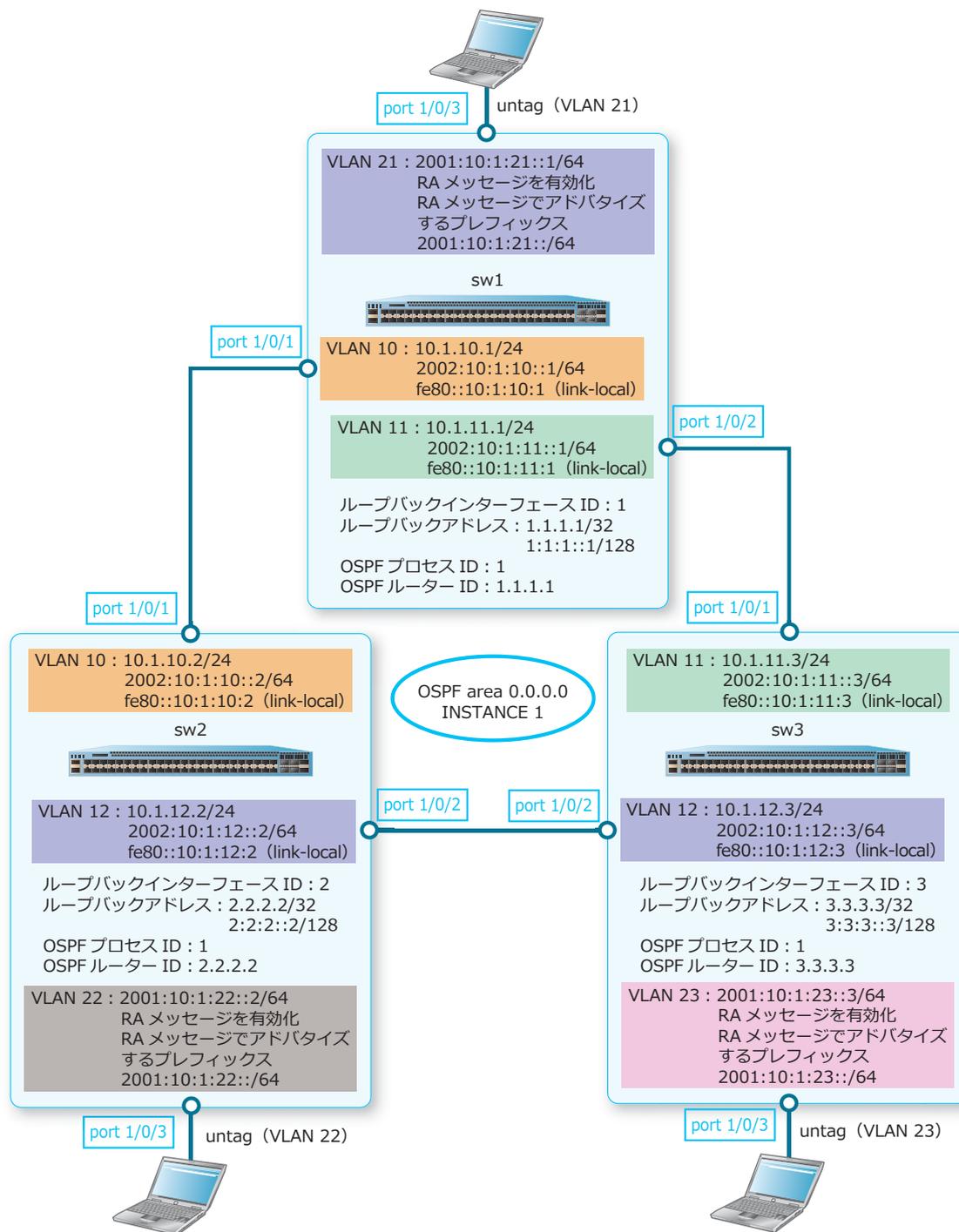
6. DR にするために、sw1 と sw2 より高い優先度 [200] を VLAN 2 に設定します。

```
sw3(config)# interface vlan 2
sw3(config-if-vlan)# ip ospf priority 200
sw3(config-if-vlan)# end
sw3#
```

6.3.2 OSPFv3 の設定例

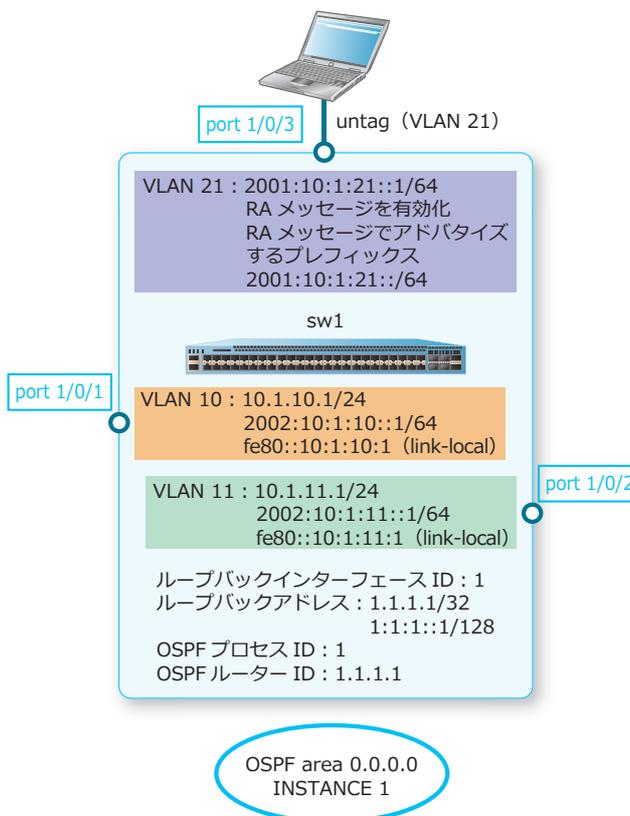
3 台の装置で OSPFv3 を構成します。

図 6-10 OSPFv3 の構成例



6.3.2.1 OSPFv3 : sw1 の設定例

図 6-11 OSPFv3 : sw1 の設定例



1. VLAN 10、VLAN 11、および VLAN 21 を作成します。

```
sw1# configure terminal
sw1(config)# vlan 10
sw1(config-vlan)# exit
sw1(config)# vlan 11
sw1(config-vlan)# exit
sw1(config)# vlan 21
sw1(config-vlan)# exit
sw1(config)#
```

2. ポート 1/0/1、ポート 1/0/2、およびポート 1/0/3 をアクセスポートとして設定し、アクセスポートに [VLAN 10]、[VLAN 11]、および [VLAN 21] を割り当てます。

```
sw1(config)# interface port 1/0/1
sw1(config-if-port)# switchport mode access
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 10
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)# interface port 1/0/2
sw1(config-if-port)# switchport mode access
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 11
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)# interface port 1/0/3
sw1(config-if-port)# switchport mode access
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 21
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)#
```

3. ループバックインターフェース ID を [1] に、ループバックアドレスを [1.1.1.1/32] および [1:1:1::1/128] に設定します。

```
sw1(config)# interface loopback 1
sw1(config-if-loopback)# ip address 1.1.1.1/32
sw1(config-if-loopback)# ipv6 address 1:1:1::1/128
sw1(config-if-loopback)# exit
sw1(config)#
```

4. OSPF プロセス ID を [1] に、OSPF ルーター ID を [1.1.1.1] に設定し、直接接続された経路の再配布を設定します。

```
sw1(config)# ipv6 router ospf 1
sw1(config-rtr)# router-id 1.1.1.1
sw1(config-rtr)# redistribute connected
sw1(config-rtr)# exit
sw1(config)#
```

5. VLAN 10 の IPv4 アドレスを [10.1.10.1/24] に、IPv6 アドレスを [2002:10:1:10::1/64] に、リンクローカルアドレスを [fe80::10:1:10:1] に設定し、IPv6 を有効化します。また、OSPF エリア ID を [0.0.0.0] に、OSPF インスタンス ID を [1] に設定します。

```
sw1(config)# interface vlan 10
sw1(config-if-vlan)# ip address 10.1.10.1/24
sw1(config-if-vlan)# ipv6 address 2002:10:1:10::1/64
sw1(config-if-vlan)# ipv6 address fe80::10:1:10:1 link-local
sw1(config-if-vlan)# ipv6 enable
sw1(config-if-vlan)# ipv6 ospf 1 area 0.0.0.0 instance 1
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)#
```

6. VLAN 11 の IPv4 アドレスを [10.1.11.1/24] に、IPv6 アドレスを [2002:10:1:11::1/64] に、リンクローカルアドレスを [fe80::10:1:11:1] に設定し、IPv6 を有効化します。また、OSPF エリア ID を [0.0.0.0] に、OSPF インスタンス ID を [1] に設定します。

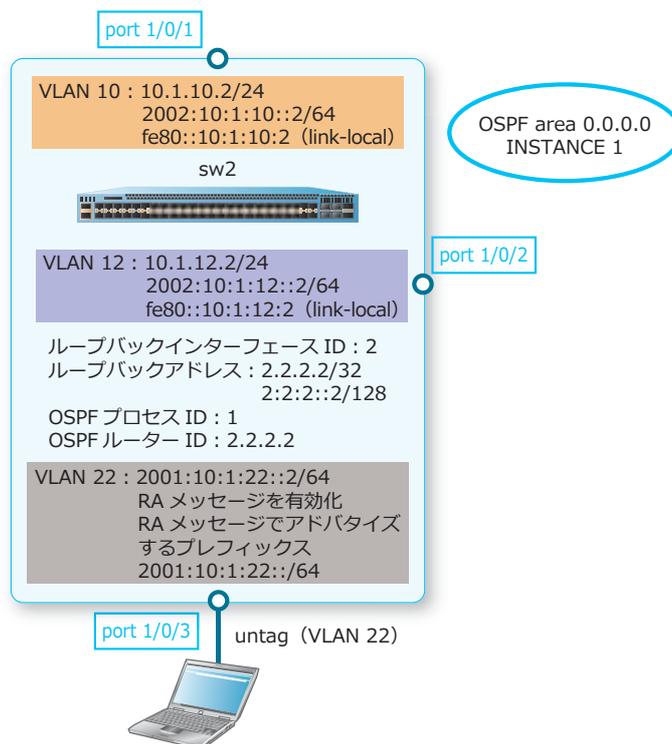
```
sw1(config)# interface vlan 11
sw1(config-if-vlan)# ip address 10.1.11.1/24
sw1(config-if-vlan)# ipv6 address 2002:10:1:11::1/64
sw1(config-if-vlan)# ipv6 address fe80::10:1:11:1 link-local
sw1(config-if-vlan)# ipv6 enable
sw1(config-if-vlan)# ipv6 ospf 1 area 0.0.0.0 instance 1
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)#
```

7. VLAN 21 の IPv6 アドレスを [2001:10:1:21::1/64] に設定し、IPv6 を有効化します。また、RA メッセージ送信を有効化し、RA メッセージでアドバタイズするプレフィックスを [2001:10:1:21::/64] に設定します。

```
sw1(config)# interface vlan 21
sw1(config-if-vlan)# ipv6 address 2001:10:1:21::1/64
sw1(config-if-vlan)# ipv6 enable
sw1(config-if-vlan)# no ipv6 nd suppress-ra
sw1(config-if-vlan)# ipv6 nd prefix 2001:10:1:21::/64
sw1(config-if-vlan)# end
sw1#
```

6.3.2.2 OSPFv3 : sw2 の設定例

図 6-12 OSPFv3 : sw2 の設定例



1. VLAN 10、VLAN 12、および VLAN 22 を作成します。

```
sw2# configure terminal
sw2(config)# vlan 10
sw2(config-vlan)# exit
sw2(config)# vlan 12
sw2(config-vlan)# exit
sw2(config)# vlan 22
sw2(config-vlan)# exit
sw2(config)#
```

2. ポート 1/0/1、ポート 1/0/2、およびポート 1/0/3 をアクセスポートとして設定し、アクセスポートに [VLAN 10]、[VLAN 12]、および [VLAN 22] を割り当てます。

```
sw2(config)# interface port 1/0/1
sw2(config-if-port)# switchport mode access
sw2(config-if-port)# switchport access vlan 10
sw2(config-if-port)# exit
sw2(config)# interface port 1/0/2
sw2(config-if-port)# switchport mode access
sw2(config-if-port)# switchport access vlan 12
sw2(config-if-port)# exit
sw2(config)# interface port 1/0/3
sw2(config-if-port)# switchport mode access
sw2(config-if-port)# switchport access vlan 22
sw2(config-if-port)# exit
sw2(config)#
```

3. ループバックインターフェース ID を [2] に、ループバックアドレスを [2.2.2.2/32] および [2:2:2::2/128] に設定します。

```
sw2(config)# interface loopback 2
sw2(config-if-loopback)# ip address 2.2.2.2/32
sw2(config-if-loopback)# ipv6 address 2:2:2::2/128
sw2(config-if-loopback)# exit
sw2(config)#
```

4. OSPF プロセス ID を [1] に、OSPF ルーター ID を [2.2.2.2] に設定し、直接接続された経路の再配布を設定します。

```
sw2(config)# ipv6 router ospf 1
sw2(config-rtr)# router-id 2.2.2.2
sw2(config-rtr)# redistribute connected
sw2(config-rtr)# exit
sw2(config)#
```

5. VLAN 10 の IPv4 アドレスを [10.1.10.2/24] に、IPv6 アドレスを [2002:10:1:10::2/64] に、リンクローカルアドレスを [fe80::10:1:10:2] に設定し、IPv6 を有効化します。また、OSPF エリア ID を [0.0.0.0] に、OSPF インスタンス ID を [1] に設定します。

```
sw2(config)# interface vlan 10
sw2(config-if-vlan)# ip address 10.1.10.2/24
sw2(config-if-vlan)# ipv6 address 2002:10:1:10::2/64
sw2(config-if-vlan)# ipv6 address fe80::10:1:10:2 link-local
sw2(config-if-vlan)# ipv6 enable
sw2(config-if-vlan)# ipv6 ospf 1 area 0.0.0.0 instance 1
sw2(config-if-vlan)# exit
sw2(config)#
```

6. VLAN 12 の IPv4 アドレスを [10.1.12.2/24] に、IPv6 アドレスを [2002:10:1:12::2/64] に、リンクローカルアドレスを [fe80::10:1:12:2] に設定し、IPv6 を有効化します。また、OSPF エリア ID を [0.0.0.0] に、OSPF インスタンス ID を [1] に設定します。

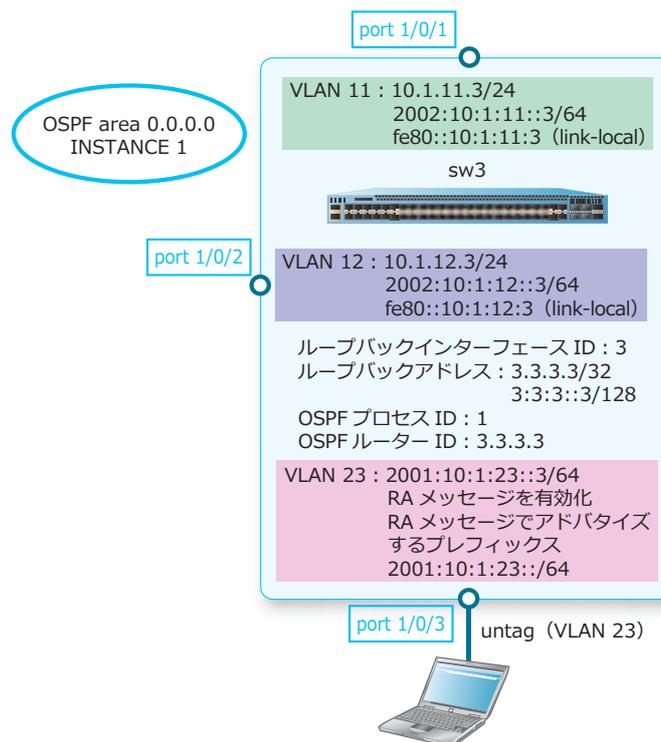
```
sw2(config)# interface vlan 12
sw2(config-if-vlan)# ip address 10.1.12.2/24
sw2(config-if-vlan)# ipv6 address 2002:10:1:12::2/64
sw2(config-if-vlan)# ipv6 address fe80::10:1:12:2 link-local
sw2(config-if-vlan)# ipv6 enable
sw2(config-if-vlan)# ipv6 ospf 1 area 0.0.0.0 instance 1
sw2(config-if-vlan)# exit
sw2(config)#
```

7. VLAN 22 の IPv6 アドレスを [2001:10:1:22::2/64] に設定し、IPv6 を有効化します。また、RA メッセージ送信を有効化し、RA メッセージでアドバタイズするプレフィックスを [2001:10:1:22::/64] に設定します。

```
sw2(config)# interface vlan 22
sw2(config-if-vlan)# ipv6 address 2001:10:1:22::2/64
sw2(config-if-vlan)# ipv6 enable
sw2(config-if-vlan)# no ipv6 nd suppress-ra
sw2(config-if-vlan)# ipv6 nd prefix 2001:10:1:22::/64
sw2(config-if-vlan)# end
sw2#
```

6.3.2.3 OSPFv3 : sw3 の設定例

図 6-13 OSPFv3 : sw3 の設定例



1. VLAN 11、VLAN 12、および VLAN 23 を作成します。

```
sw3# configure terminal
sw3(config)# vlan 11
sw3(config-vlan)# exit
sw3(config)# vlan 12
sw3(config-vlan)# exit
sw3(config)# vlan 23
sw3(config-vlan)# exit
sw3(config)#
```

2. ポート 1/0/1、ポート 1/0/2、およびポート 1/0/3 をアクセスポートとして設定し、アクセスポートに [VLAN 11]、[VLAN 12]、および [VLAN 23] を割り当てます。

```
sw3(config)# interface port 1/0/1
sw3(config-if-port)# switchport mode access
sw3(config-if-port)# switchport access vlan 11
sw3(config-if-port)# exit
sw3(config)# interface port 1/0/2
sw3(config-if-port)# switchport mode access
sw3(config-if-port)# switchport access vlan 12
sw3(config-if-port)# exit
sw3(config)# interface port 1/0/3
sw3(config-if-port)# switchport mode access
sw3(config-if-port)# switchport access vlan 23
sw3(config-if-port)# exit
sw3(config)#
```

3. ループバックインターフェース ID を [3] に、ループバックアドレスを [3.3.3.3/32] および [3:3:3::3/128] に設定します。

```
sw3(config)# interface loopback 3
sw3(config-if-loopback)# ip address 3.3.3.3/32
sw3(config-if-loopback)# ipv6 address 3:3:3::3/128
sw3(config-if-loopback)# exit
sw3(config)#
```

4. OSPF プロセス ID を [1] に、OSPF ルーター ID を [3.3.3.3] に設定し、直接接続された経路の再配布を設定します。

```
sw3(config)# ipv6 router ospf 1
sw3(config-rtr)# router-id 3.3.3.3
sw3(config-rtr)# redistribute connected
sw3(config-rtr)# exit
sw3(config)#
```

5. VLAN 11 の IPv4 アドレスを [10.1.11.3/24] に、IPv6 アドレスを [2002:10:1:11::3/64] に、リンクローカルアドレスを [fe80::10:1:11:3] に設定し、IPv6 を有効化します。また、OSPF エリア ID を [0.0.0.0] に、OSPF インスタンス ID を [1] に設定します。

```
sw3(config)# interface vlan 11
sw3(config-if-vlan)# ip address 10.1.11.3/24
sw3(config-if-vlan)# ipv6 address 2002:10:1:11::3/64
sw3(config-if-vlan)# ipv6 address fe80::10:1:11:3 link-local
sw3(config-if-vlan)# ipv6 enable
sw3(config-if-vlan)# ipv6 ospf 1 area 0.0.0.0 instance 1
sw3(config-if-vlan)# exit
sw3(config)#
```

6. VLAN 12 の IPv4 アドレスを [10.1.12.3/24] に、IPv6 アドレスを [2002:10:1:12::3/64] に、リンクローカルアドレスを [fe80::10:1:12:3] に設定し、IPv6 を有効化します。また、OSPF エリア ID を [0.0.0.0] に、OSPF インスタンス ID を [1] に設定します。

```
sw3(config)# interface vlan 12
sw3(config-if-vlan)# ip address 10.1.12.3/24
sw3(config-if-vlan)# ipv6 address 2002:10:1:12::3/64
sw3(config-if-vlan)# ipv6 address fe80::10:1:12:3 link-local
sw3(config-if-vlan)# ipv6 enable
sw3(config-if-vlan)# ipv6 ospf 1 area 0.0.0.0 instance 1
sw3(config-if-vlan)# exit
sw3(config)#
```

7. VLAN 23 の IPv6 アドレスを [2001:10:1:23::3/64] に設定し、IPv6 を有効化します。また、RA メッセージ送信を有効化し、RA メッセージでアドバタイズするプレフィックスを [2001:10:1:23::/64] に設定します。

```
sw3(config)# interface vlan 23
sw3(config-if-vlan)# ipv6 address 2001:10:1:23::3/64
sw3(config-if-vlan)# ipv6 enable
sw3(config-if-vlan)# no ipv6 nd suppress-ra
sw3(config-if-vlan)# ipv6 nd prefix 2001:10:1:23::/64
sw3(config-if-vlan)# end
sw3#
```

7. ポリシーベースルーティング

ポリシーベースルーティングの機能、状態の確認方法、および構成例と設定例について説明します。

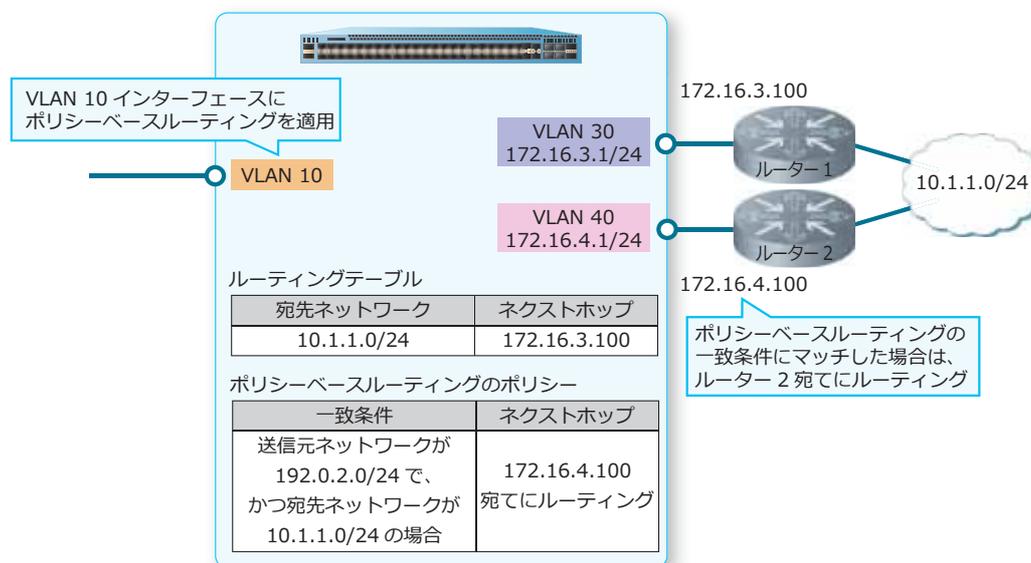
REF: コマンドの詳細については、『コマンドリファレンス』を参照してください。

7.1 ポリシーベースルーティングの機能説明

ポリシーベースルーティングは、ポリシー（パケットの一致条件と処理内容）に基づいて経路を決定する機能です。

通常のルーティングでは、ルーティングテーブルに従ってパケットが中継されますが、ポリシーベースルーティングを適用することで、ポリシーに従ってパケットを中継できます。以下の例では、「VLAN 10 インターフェースで受信した送信元ネットワークが 192.0.2.0/24 で、かつ宛先ネットワークが 10.1.1.0/24 の場合」は、ポリシーベースルーティングが適用されて 172.16.4.100 宛てにルーティングされます。

図 7-1 ポリシーベースルーティングの動作



ポリシーベースルーティングを適用するには、IPv4 の場合は `ip policy route-map` コマンド、IPv6 の場合は `ipv6 policy route-map` コマンドを使用します。

NOTE: `ip policy route-map` コマンドと `ipv6 policy route-map` コマンドを設定できる VLAN インターフェースは、合計で最大 100 個です。

NOTE: NP7000 のポリシーベースルーティングの `match ip address` コマンドで指定する標準 IP アクセスリストは、通常の場合とは異なり、1 ルールにつき連続した 2 グループで 1 リソースずつ使用します。

NOTE: NP5000 および NP3000 のポリシーベースルーティングの `match ip address` コマンドで指定する標準 IP アクセスリストは、通常の場合とは異なり、1 ルールにつき 1 グループで 2 リソースを使用します。

NOTE: IPv4 ポリシーベースルーティングを使用する装置で DHCP リレー機能も設定している場合、DHCP パケットは条件に一致してもポリシーベースルーティングの対象にならずに、通常のルーティングテーブルに従って中継される仕様制限があります。条件に一致した DHCP パケットもポリシーベースルーティングする場合は、同一装置で DHCP リレー機能を使用しないでください。

7.1.1 IPv4 ポリシーベースルーティングのポリシーの定義

IPv4 ポリシーベースルーティングのポリシーは、ルートマップエントリで定義します。一致条件は、`match ip address` コマンドで指定する標準 IP アクセスリストにより決定され、条件に一致した場合に以下の `set` コマンドで設定した処理が適用されます。

- `set ip next-hop`

条件に一致したパケットを、指定したネクストホップ宛てにルーティングします。

- `set ip default next-hop`

条件に一致したパケットの宛先ネットワークのルート情報が IPv4 ルーティングテーブルにない場合に、指定したネクストホップ宛てにルーティングします。ただし、宛先ネットワークがデフォルトルートまたは `directly connected` 経路に一致する場合は例外で、本コマンドの場合でも指定したネクストホップ宛てにルーティングします。

- `set ip precedence`

条件に一致したパケットの IP Precedence 値を変更します。

NOTE: `match ip address` コマンドで拡張 IP アクセスリストを指定しても、動作しません。標準 IP アクセスリストを指定してください。

NOTE: 受信したパケットの宛先ネットワークが自装置に直接接続されているネットワーク (`directly connected` 経路) の場合でも、条件に一致するとポリシーベースルーティングの対象になります。

NOTE: 1つの VLAN インターフェースに適用できるルートマップは1つです。1つのルートマップには、最大で8個のルートマップエントリを設定できます。

`permit` 指定のルートマップエントリ (例: `route-map PBR permit 20`) では、`match ip address` コマンドで条件を、`set ip next-hop` コマンドなどでアクションを設定します。`permit` 指定のルートマップエントリでは、必ずアクションを設定してください。

`deny` 指定のルートマップエントリ (例: `route-map PBR deny 10`) でも、`match ip address` コマンドを設定してポリシーベースルーティングの対象外となる条件を設定できます。なお、`deny` 指定のルートマップエントリでは、アクションは設定しません。

IPv4 ポリシーベースルーティングのポリシー定義方法を以下にまとめます。

表 7-1 IPv4 ポリシーベースルーティングのポリシー定義

ルートマップエントリ	<code>match ip address</code> コマンドで指定した標準 IP アクセスリスト	条件に一致した場合の動作概要
permit 指定	permit ルール	当該ルートマップエントリに設定した <code>set ip next-hop</code> コマンドなどのアクションが適用され、ポリシーベースルーティングされる。一致したトラフィックは、それより老番のルートマップエントリではチェックされない。
permit 指定	deny ルール	当該ルートマップエントリのアクションは適用されず、通常の IPv4 ルーティングテーブルに従って中継される。一致したトラフィックは、それより老番のルートマップエントリではチェックされない。
deny 指定	permit ルール	通常の IPv4 ルーティングテーブルに従って中継される。一致したトラフィックは、それより老番のルートマップエントリではチェックされない。
deny 指定	deny ルール	deny 指定のルートマップエントリでの、アクセスリストの deny ルールの設定は未サポート。

以下に、設定例を示します。

```
# ACL

ip access-list ACL-1 1999
 10 permit host 10.1.1.100 any          ... (1)
 20 permit 10.1.2.0 0.0.0.255 host 20.1.1.100 ... (1)
ip access-list ACL-2 1998
 10 deny 10.1.201.0 0.0.0.255 20.1.201.0 0.0.0.255 ... (2)
 20 deny any 20.1.250.0 0.0.0.255      ... (2)
 50 permit 10.1.0.0 0.0.255.255 any    ... (3)

# ROUTEFILTER
route-map PBR deny 10
  match ip address ACL-1
route-map PBR permit 20
  set ip next-hop 192.168.10.100
  match ip address ACL-2
```

(1) に一致するトラフィックは「route-map PBR deny 10」にマッチします。deny 指定のルートマップエントリーのため、通常の IPv4 ルーティングテーブルに従って中継されます。対象トラフィックはこれより老番のエントリーではチェックされません。

(2) に一致するトラフィックは「route-map PBR permit 20」にマッチします。permit 指定のルートマップエントリーでアクセスリストの deny ルールでマッチしているため、アクションは適用されず、通常の IPv4 ルーティングテーブルに従って中継されます。対象トラフィックはこれより老番のエントリーではチェックされません。

(3) に一致するトラフィックは「route-map PBR permit 20」にマッチします。permit 指定のルートマップエントリーでアクセスリストの permit ルールでマッチしているため、アクションが適用され、ポリシーベースルーティングされます。対象トラフィックはこれより老番のエントリーではチェックされません。

いずれにもマッチしない場合は、通常の IPv4 ルーティングテーブルに従って中継されます。

7.1.2 IPv6 ポリシーベースルーティングのポリシーの定義

IPv6 ポリシーベースルーティングのポリシーは、ルートマップエントリで定義します。一致条件は、`match ipv6 address` コマンドで指定する標準 IPv6 アクセスリストにより決定され、条件に一致した場合に以下の `set` コマンドで設定した処理が適用されます。

- `set ipv6 next-hop`

条件に一致したパケットを、指定したネクストホップ宛てにルーティングします。

- `set ipv6 default next-hop`

条件に一致したパケットの宛先ネットワークのルート情報が IPv6 ルーティングテーブルにない場合に、指定したネクストホップ宛てにルーティングします。ただし、宛先ネットワークがデフォルトルートまたは `directly connected` 経路に一致する場合は例外で、本コマンドの場合でも指定したネクストホップ宛てにルーティングします。

- `set ipv6 precedence`

条件に一致したパケットの、Traffic Class フィールドの上位 3bit の値を変更します。

NOTE: `match ipv6 address` コマンドで拡張 IPv6 アクセスリストを指定しても、動作しません。標準 IPv6 アクセスリストを指定してください。

NOTE: 受信したパケットの宛先ネットワークが自装置に直接接続されているネットワーク (`directly connected` 経路) の場合でも、条件に一致するとポリシーベースルーティングの対象になります。

IPv6 ポリシーベースルーティングのポリシー定義方法は、IPv4 ポリシーベースルーティングのポリシー定義方法と基本的には同じですが、「`permit` 指定のルートマップエントリで、アクセスリストの `deny` ルールでマッチした場合」のみ、「当該ルートマップエントリの対象外になり、これより老番のルートマップエントリでもチェックされる」動作になることに注意してください。

7.1.3 IPv4 ポリシーベースルーティングの ICMP 死活監視機能

ICMP 死活監視機能は、IPv4 ポリシーベースルーティングのオプション機能です。監視対象を ICMP で定期的に監視し、監視対象がアップ状態の場合はポリシーベースルーティングで中継しますが、監視対象のダウンを検知すると通常の IPv4 ルーティングテーブルに従った中継に切り替えます。

NOTE: IPv4 ポリシーベースルーティングの ICMP 死活監視機能は、NP3000 の 1.11.03 以降でサポートしています。

ICMP 死活監視機能の有効化

ICMP 死活監視機能を有効にするには、`pbr icmp-interval` コマンドを使用して ICMP Echo Request の送信間隔を 0 秒以外に設定します。デフォルトでは無効です。

アップ状態の監視対象からの ICMP Echo Reply を連続して 3 回受信できない場合に、監視対象がダウンしたと判断します。そのため、監視対象のダウン検知には最大で「`pbr icmp-interval` 設定値 × 3 + 1」秒程度の時間がかかります。ダウン状態の監視対象から ICMP Echo Reply を連続して 3 回受信すると、監視対象がアップしたと判断します。

ICMP 死活監視機能を使用する場合のポリシーの定義

ICMP 死活監視機能を使用する場合でも、ポリシー定義方法は IPv4 ポリシーベースルーティングのポリシー定義方法と同じです。ただし、ネクストホップの設定には必ず `set ip next-hop` コマンドを使用する必要があります。

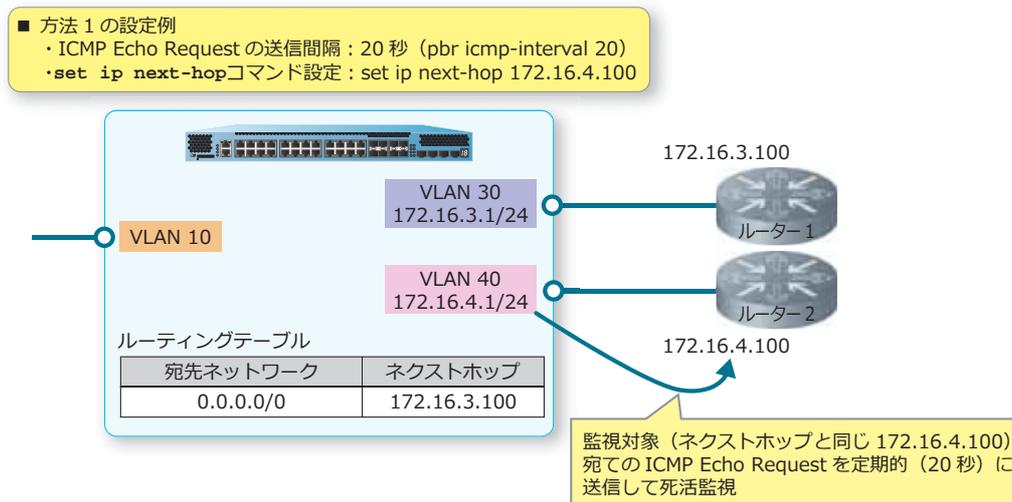
NOTE: ICMP 死活監視機能が有効な場合、1 つの `set ip next-hop` コマンドで複数のネクストホップを指定することや、`recursive` パラメータの使用は未サポートです。また、`set ip default next-hop` コマンドの使用は未サポートです。

ICMP 死活監視機能を使用する場合のネクストホップと監視対象の設定方法には、以下の2つがあります。

- ・ 方法1 : set ip next-hop ネクストホップ
- ・ 方法2 : set ip next-hop ネクストホップ tracking 監視対象

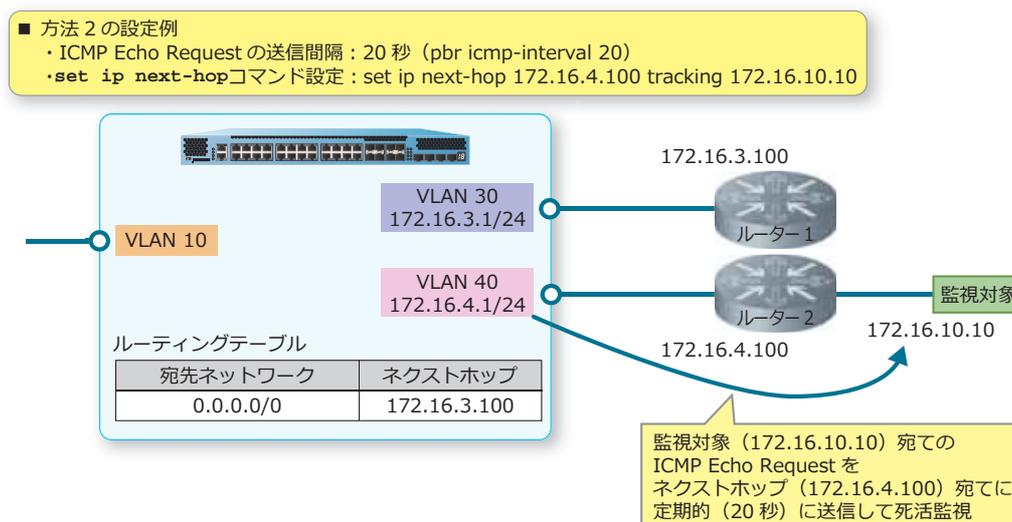
ネクストホップと監視対象を同一にするには方法1で設定します。死活監視用のICMP Echo Requestは指定したネクストホップ（監視対象）に向けて送信されます。

図 7-2 方法1の設定例



ネクストホップと監視対象を別にするには方法2で設定します。tracking パラメーターを使用して設定した場合でも、死活監視用のICMP Echo Requestは指定したネクストホップに向けて送信されます。そのため、tracking パラメーターで指定する監視対象は、ネクストホップを経由して到達可能なIPv4アドレスを指定する必要があります。

図 7-3 方法2の設定例



ICMP 死活監視機能を有効にした場合は、監視対象のアップ/ダウン検知状態に伴って「permit 指定のルートマップエントリー」の動作が変わります。

監視対象がアップ検知状態の場合は、ICMP 死活監視機能が無効な場合と同様の動作になります。なお、以下のどちらの場合も、一致したトラフィックは当該ルートマップエントリーより老番のエントリーではチェックされません。

- 標準 IP アクセスリストの permit ルールに一致した場合：当該ルートマップエントリーに設定した `set ip next-hop` コマンドが適用されて、ポリシーベースルーティングされる。
- 標準 IP アクセスリストの deny ルールに一致した場合：当該ルートマップエントリーのアクションは適用されず、通常の IPv4 ルーティングテーブルに従って中継される。

監視対象がダウン検知状態の場合は、当該ルートマップエントリーがスキップされます。そのため、一致したトラフィックは当該ルートマップエントリーより老番のエントリーでもチェックされます。

以下に、ICMP 死活監視機能が有効な場合の設定例を示します。

```
# ACL

ip access-list ACL-1 1999
 10 permit host 10.1.1.100 any          ... (1)
 20 permit 10.1.2.0 0.0.0.255 host 20.1.1.100 ... (1)
ip access-list ACL-2 1998
 10 deny 10.1.201.0 0.0.0.255 20.1.201.0 0.0.0.255 ... (2)
 20 deny any 20.1.250.0 0.0.0.255          ... (2)
 50 permit 10.1.0.0 0.0.255.255 any ... (3)

# ROUTEFILTER

route-map PBR deny 10
 match ip address ACL-1
route-map PBR permit 20
 set ip next-hop 192.168.10.100 tracking 172.16.1.100
 match ip address ACL-2
```

(1) に一致するトラフィックは「route-map PBR deny 10」にマッチします。deny 指定のルートマップエントリーのため、通常の IPv4 ルーティングテーブルに従って中継されます。対象トラフィックはこれより老番のエントリーではチェックされません。

「route-map PBR permit 20」において、ICMP 死活監視の対象（172.16.1.100）がアップ検知状態の場合は、以下のように動作します。

- (2) に一致するトラフィックは「route-map PBR permit 20」にマッチします。permit 指定のルートマップエントリーでアクセスリストの deny ルールでマッチしているため、アクションは適用されず、通常の IPv4 ルーティングテーブルに従って中継されます。対象トラフィックはこれより老番のエントリーではチェックされません。
- (3) に一致するトラフィックは「route-map PBR permit 20」にマッチします。permit 指定のルートマップエントリーでアクセスリストの permit ルールでマッチしているため、アクションが適用され、ポリシーベースルーティングされます。対象トラフィックはこれより老番のエントリーではチェックされません。

「route-map PBR permit 20」において、ICMP 死活監視の対象（172.16.1.100）がダウン検知状態の場合は「route-map PBR permit 20」がスキップされます。そのため、(2)(3) に一致するトラフィックはこれより老番のエントリーでもチェックされます。

いずれにもマッチしない場合は、通常の IPv4 ルーティングテーブルに従って中継されます。

7.2 ポリシーベースルーティングの状態確認

ポリシーベースルーティングの状態を表示して確認する方法を説明します。

7.2.1 IPv4 ポリシーベースルーティングの設定の表示

`show ip policy` コマンドで IPv4 ポリシーベースルーティングの設定を確認できます。
表示例を以下に示します。

```
# show ip policy
(1)          (2)
Interface    Route Map
-----
vlan1        pbr-map1
vlan11       pbr-map11
vlan17       pbr-map17
vlan100      pbr-map

Total Entries: 4
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 7-2 show ip policy コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	VLAN インターフェースを表示します。
(2)	IPv4 ポリシーベースルーティング機能に適用するルートマップを表示します。

7.2.2 IPv6 ポリシーベースルーティングの設定の表示

`show ipv6 policy` コマンドで IPv6 ポリシーベースルーティングの設定を確認できます。
表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 policy
(1)          (2)
Interface    Route Map
-----
vlan1        pbr-map
vlan11       pbr-map11

Total Entries: 2
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 7-3 show ipv6 policy コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	VLAN インターフェースを表示します。
(2)	IPv6 ポリシーベースルーティング機能に適用するルートマップを表示します。

7.2.3 ICMP 死活監視機能有効時の設定と状態の表示

ICMP 死活監視機能を有効にした場合は、`show ip policy` コマンドで IPv4 ポリシーベースルーティングの設定と監視対象の状態を確認できます。

NOTE: IPv4 ポリシーベースルーティングの ICMP 死活監視機能は、NP3000 の 1.11.03 以降でサポートしています。

表示例を以下に示します。

```
# show ip policy
(1)      (2)      (3)      (4)      (5)
Interface  Route Map    Next-hop IP  Tracking IP  Status
-----
vlan10     TEST-PBR    192.168.40.253  172.16.1.100  up
vlan10     TEST-PBR    192.168.50.253  192.0.2.100   down
vlan20     PBRv20      192.168.30.100  -             up

Total Entries: 3
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 7-4 ICMP 死活監視機能有効時の `show ip policy` コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	VLAN インターフェースを表示します。
(2)	IPv4 ポリシーベースルーティング機能に適用するルートマップを表示します。
(3)	ネクストホップの IPv4 アドレスを表示します。
(4)	ICMP 死活監視対象の IPv4 アドレスを表示します。 <code>set ip next-hop</code> コマンドで tracking パラメーターを省略して設定した場合は表示されません。
(5)	監視対象の状態 (up : アップ検知状態 / down : ダウン検知状態) を表示します。

7.3 ポリシーベースルーティングの構成例と設定例

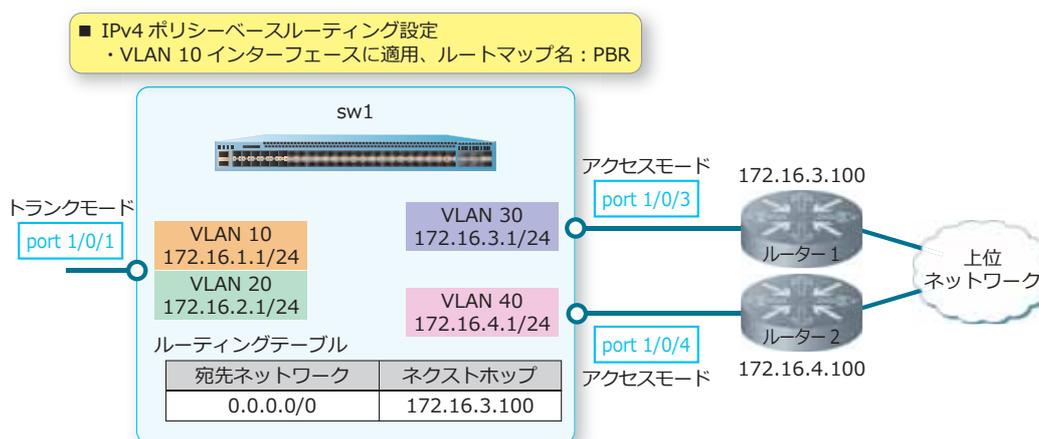
ポリシーベースルーティングの構成例と設定例を示します。

7.3.1 IPv4 ポリシーベースルーティングの設定例

IPv4 ポリシーベースルーティングを使用する場合の構成例と設定例を示します。この例では以下のように設定しています。

- ルートマップ名 [PBR] を定義して、VLAN 10 インターフェースに適用。
- シーケンス番号 [10] の deny 指定のルートマップエントリで、宛先ネットワークが自装置に直接接続されているネットワークの場合は、ポリシーベースルーティングの対象外になるように設定。一致条件は、標準 IP アクセスリスト [PBR-DENY-LIST] で設定。
- シーケンス番号 [20] の permit 指定のルートマップエントリで、送信元ネットワークが 172.16.1.0/24 の場合は、172.16.4.100 にポリシーベースルーティングするように設定。一致条件は、標準 IP アクセスリスト [PBR-LIST] で設定。

図 7-4 IPv4 ポリシーベースルーティングの構成例



1. VLAN 10、VLAN 20、VLAN 30、VLAN 40 を作成し、構成例のように VLAN を割り当てます。

```
sw1# configure terminal
sw1(config)# vlan 10,20,30,40
sw1(config-vlan)# exit
sw1(config)#
sw1(config)# interface port 1/0/1
sw1(config-if-port)# switchport mode trunk
sw1(config-if-port)# switchport trunk allowed vlan 10,20
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)# interface port 1/0/3
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 30
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)# interface port 1/0/4
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 40
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)#
```

2. VLAN 10 の IP アドレスを [172.16.1.1/24] に、VLAN 20 の IP アドレスを [172.16.2.1/24] に、VLAN 30 の IP アドレスを [172.16.3.1/24] に、VLAN 40 の IP アドレスを [172.16.4.1/24] に設定します。

```
sw1(config)# interface vlan 10
sw1(config-if-vlan)# ip address 172.16.1.1/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)# interface vlan 20
sw1(config-if-vlan)# ip address 172.16.2.1/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)# interface vlan 30
sw1(config-if-vlan)# ip address 172.16.3.1/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)# interface vlan 40
sw1(config-if-vlan)# ip address 172.16.4.1/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)#
```

3. デフォルトルート (スタティック) [宛先ネットワーク : 0.0.0.0/0 ネクストホップ : 172.16.3.100] を設定します。

```
sw1(config)# ip route 0.0.0.0/0 172.16.3.100
sw1(config)#
```

4. シーケンス番号 [10] の deny 指定のルートマップエントリーに適用する標準 IP アクセスリスト [PBR-DENY-LIST] を、以下の内容で設定します。

ルール 10 (permit) : 送信元 IP アドレス [any]、宛先 IP アドレス [172.16.1.0 0.0.0.255]

ルール 20 (permit) : 送信元 IP アドレス [any]、宛先 IP アドレス [172.16.2.0 0.0.0.255]

ルール 30 (permit) : 送信元 IP アドレス [any]、宛先 IP アドレス [172.16.3.0 0.0.0.255]

ルール 40 (permit) : 送信元 IP アドレス [any]、宛先 IP アドレス [172.16.4.0 0.0.0.255]

```
sw1(config)# ip access-list PBR-DENY-LIST
sw1(config-ip-acl)# 10 permit any 172.16.1.0 0.0.0.255
sw1(config-ip-acl)# 20 permit any 172.16.2.0 0.0.0.255
sw1(config-ip-acl)# 30 permit any 172.16.3.0 0.0.0.255
sw1(config-ip-acl)# 40 permit any 172.16.4.0 0.0.0.255
sw1(config-ip-acl)# exit
sw1(config)#
```

5. シーケンス番号 [20] の permit 指定のルートマップエントリーに適用する標準 IP アクセスリスト [PBR-LIST] を、以下の内容で設定します。

ルール 10 (permit) : 送信元 IP アドレス [172.16.1.0 0.0.0.255]、宛先 IP アドレス [any]

```
sw1(config)# ip access-list PBR-LIST
sw1(config-ip-acl)# 10 permit 172.16.1.0 0.0.0.255 any
sw1(config-ip-acl)# exit
sw1(config)#
```

6. ルートマップ [PBR] を作成し、以下の内容で設定します。

シーケンス番号 10 (deny) : 関連付ける標準 IP アクセスリスト [PBR-DENY-LIST]

シーケンス番号 20 (permit) : 関連付ける標準 IP アクセスリスト [PBR-LIST]、アクション [set ip next-hop 172.16.4.100]

```
sw1(config)# route-map PBR deny 10
sw1(config-route-map)# match ip address PBR-DENY-LIST
sw1(config-route-map)# exit
sw1(config)# route-map PBR permit 20
sw1(config-route-map)# match ip address PBR-LIST
sw1(config-route-map)# set ip next-hop 172.16.4.100
sw1(config-route-map)# exit
sw1(config)#
```

7. VLAN 10 インターフェースにおいて、ルートマップ [PBR] を指定して IPv4 ポリシーベースルーティングを適用します。

```
sw1(config)# interface vlan 10
sw1(config-if-vlan)# ip policy route-map PBR
sw1(config-if-vlan)# end
sw1#
```

8. 実施後のポリシーベースルーティング関連の設定を以下に抜粋します。

ACL

```
ip access-list PBR-DENY-LIST 1999
 10 permit any 172.16.1.0 0.0.0.255
 20 permit any 172.16.2.0 0.0.0.255
 30 permit any 172.16.3.0 0.0.0.255
 40 permit any 172.16.4.0 0.0.0.255
ip access-list PBR-LIST 1998
 10 permit 172.16.1.0 0.0.0.255 any
```

ROUTEFILTER

```
route-map PBR deny 10
 match ip address PBR-DENY-LIST
route-map PBR permit 20
 set ip next-hop 172.16.4.100
 match ip address PBR-LIST
```

PBR

```
interface vlan 10
 ip policy route-map PBR
```

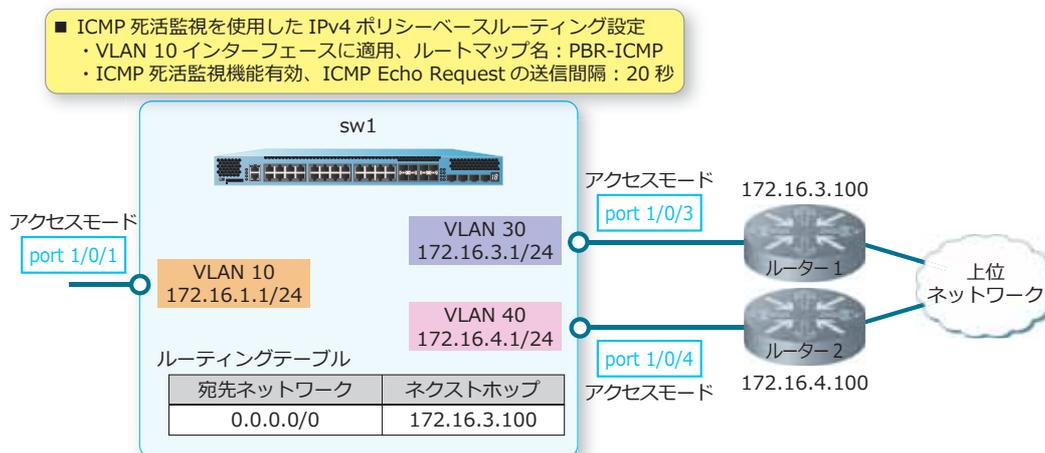
7.3.2 ICMP 死活監視を使用する場合の設定例

ICMP 死活監視を使用した IPv4 ポリシーベースルーティングの構成例と設定例を示します。この例では以下のように設定しています。

- ルートマップ名 [PBR-ICMP] を定義して、VLAN 10 インターフェースに適用。
- ICMP 死活監視機能を有効にする。ICMP Echo Request の送信間隔は 20 秒に設定。
- シーケンス番号 [10] の deny 指定のルートマップエントリで、宛先ネットワークが自装置に直接接続されているネットワークの場合は、ポリシーベースルーティングの対象外になるように設定。一致条件は、標準 IP アクセスリスト [ACL-1] で設定。
- シーケンス番号 [20] の permit 指定のルートマップエントリで、送信元ネットワークが 192.0.2.0/24 の場合は、172.16.4.100 にポリシーベースルーティングするように設定。監視対象はネクストホップと同じ 172.16.4.100 とする。一致条件は、標準 IP アクセスリスト [ACL-2] で設定。

NOTE: IPv4 ポリシーベースルーティングの ICMP 死活監視機能は、NP3000 の 1.11.03 以降でサポートしています。

図 7-5 ICMP 死活監視を使用した IPv4 ポリシーベースルーティングの構成例



1. VLAN 10、VLAN 30、VLAN 40 を作成し、構成例のように VLAN を割り当てます。

```
sw1# configure terminal
sw1(config)# vlan 10,30,40
sw1(config-vlan)# exit
sw1(config)#
sw1(config)# interface port 1/0/1
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 10
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)# interface port 1/0/3
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 30
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)# interface port 1/0/4
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 40
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)#
```

2. VLAN 10 の IP アドレスを [172.16.1.1/24] に、VLAN 30 の IP アドレスを [172.16.3.1/24] に、VLAN 40 の IP アドレスを [172.16.4.1/24] に設定します。

```
sw1(config)# interface vlan 10
sw1(config-if-vlan)# ip address 172.16.1.1/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)# interface vlan 30
sw1(config-if-vlan)# ip address 172.16.3.1/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)# interface vlan 40
sw1(config-if-vlan)# ip address 172.16.4.1/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)#
```

3. デフォルトルート (スタティック) [宛先ネットワーク : 0.0.0.0/0 ネクストホップ : 172.16.3.100] を設定します。

```
sw1(config)# ip route 0.0.0.0/0 172.16.3.100
sw1(config)#
```

4. シーケンス番号 [10] の deny 指定のルートマップエントリーに適用する標準 IP アクセスリスト [ACL-1] を、以下の内容で設定します。

ルール 5 (permit) : 送信元 IP アドレス [any]、宛先 IP アドレス [172.16.1.0 0.0.0.255]

ルール 10 (permit) : 送信元 IP アドレス [any]、宛先 IP アドレス [172.16.3.0 0.0.0.255]

ルール 15 (permit) : 送信元 IP アドレス [any]、宛先 IP アドレス [172.16.4.0 0.0.0.255]

```
sw1(config)# ip access-list ACL-1
sw1(config-ip-acl)# 5 permit any 172.16.1.0 0.0.0.255
sw1(config-ip-acl)# 10 permit any 172.16.3.0 0.0.0.255
sw1(config-ip-acl)# 15 permit any 172.16.4.0 0.0.0.255
sw1(config-ip-acl)# exit
sw1(config)#
```

5. シーケンス番号 [20] の permit 指定のルートマップエントリーに適用する標準 IP アクセスリスト [ACL-2] を、以下の内容で設定します。

ルール 5 (permit) : 送信元 IP アドレス [192.0.2.0 0.0.0.255]、宛先 IP アドレス [any]

```
sw1(config)# ip access-list ACL-2
sw1(config-ip-acl)# 5 permit 192.0.2.0 0.0.0.255 any
sw1(config-ip-acl)# exit
sw1(config)#
```

6. ルートマップ [PBR-ICMP] を作成し、以下の内容で設定します。

シーケンス番号 10 (deny) : 関連付ける標準 IP アクセスリスト [ACL-1]

シーケンス番号 20 (permit) : 関連付ける標準 IP アクセスリスト [ACL-2]、アクション [set ip next-hop 172.16.4.100]

```
sw1(config)# route-map PBR-ICMP deny 10
sw1(config-route-map)# match ip address ACL-1
sw1(config-route-map)# exit
sw1(config)# route-map PBR-ICMP permit 20
sw1(config-route-map)# match ip address ACL-2
sw1(config-route-map)# set ip next-hop 172.16.4.100
sw1(config-route-map)# exit
sw1(config)#
```

7. ICMP Echo Request の送信間隔 [20 秒] 指定で、ICMP 死活監視機能を有効にします。

```
sw1(config)# pbr icmp-interval 20
sw1(config)#
```

8. VLAN 10 インターフェースにおいて、ルートマップ [PBR-ICMP] を指定して IPv4 ポリシーベースルーティングを適用します。

```
sw1(config)# interface vlan 10
sw1(config-if-vlan)# ip policy route-map PBR-ICMP
sw1(config-if-vlan)# end
sw1#
```

9. 実施後のポリシーベースルーティング関連の設定を以下に抜粋します。

ACL

```
ip access-list ACL-1 1999
 5 permit any 172.16.1.0 0.0.0.255
10 permit any 172.16.3.0 0.0.0.255
15 permit any 172.16.4.0 0.0.0.255
ip access-list ACL-2 1998
 5 permit 192.0.2.0 0.0.0.255 any
```

ROUTEFILTER

```
route-map PBR-ICMP deny 10
 match ip address ACL-1
route-map PBR-ICMP permit 20
 set ip next-hop 172.16.4.100
 match ip address ACL-2
```

PBR

```
interface vlan 10
 ip policy route-map PBR-ICMP
 pbr icmp-interval 20
```

8. マルチキャストルーティング

マルチキャストルーティングの機能、状態の確認方法、および構成例と設定例について説明します。

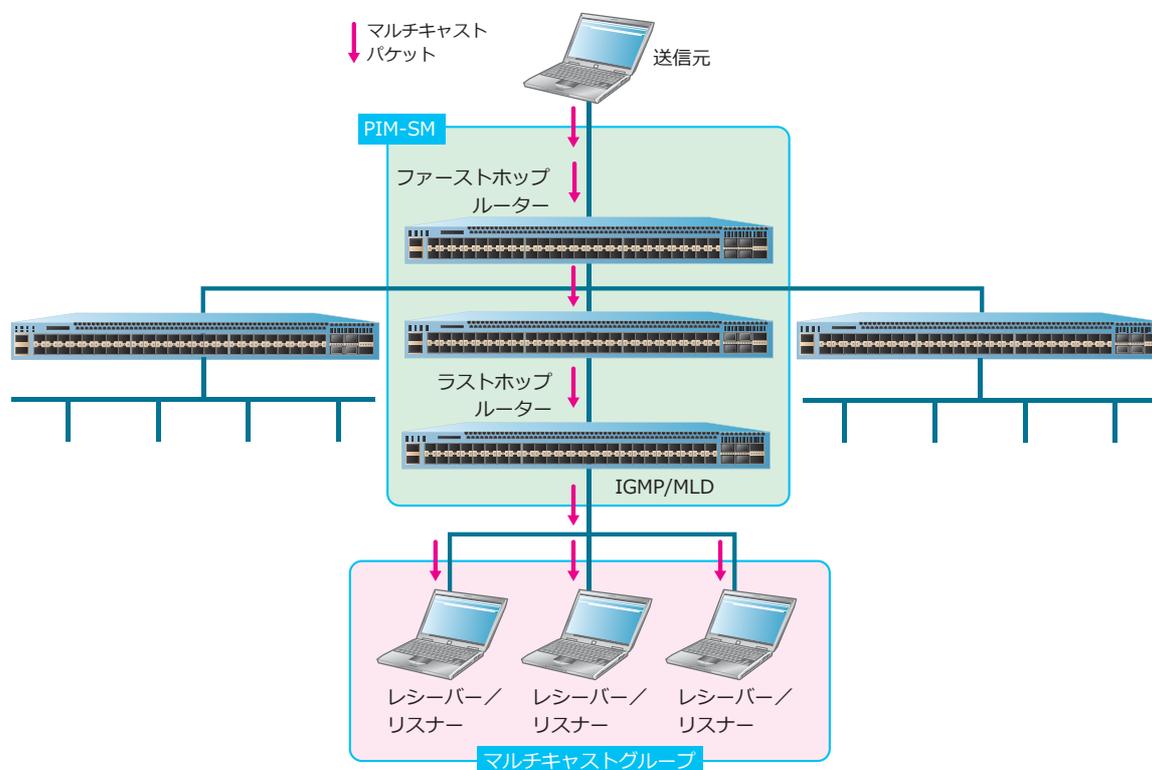
REF: コマンドの詳細については、『コマンドリファレンス』を参照してください。

8.1 マルチキャストルーティングの機能説明

マルチキャストルーティングは、ネットワーク内にマルチキャストパケットをルーティングする機能です。マルチキャストルーティングプロトコルの PIM、およびマルチキャストグループ管理プロトコルの IGMP と MLD を使用することで、複数のサブネットで構成されるネットワーク内でマルチキャストパケットをルーティングできます。

CAUTION: セカンダリー IP アドレスでは PIM および IGMP は動作しません。

図 8-1 マルチキャストルーティング



8.1.1 マルチキャストルーティングの有効化

装置のマルチキャストルーティングを有効にするには、IPv4 の場合は `ip multicast-routing` コマンド、IPv6 の場合は `ipv6 multicast-routing` コマンドを使用します。

マルチキャストルーティングは、デフォルト設定で無効です。マルチキャストルーティングが無効な場合、PIM が有効でも装置はマルチキャストパケットをルーティングしません。

PIM の有効化

PIM は、複数のサブネットで構成されたネットワークでマルチキャストパケットをルーティングするための **ディストリビューションツリー** を作成し、管理するプロトコルです。

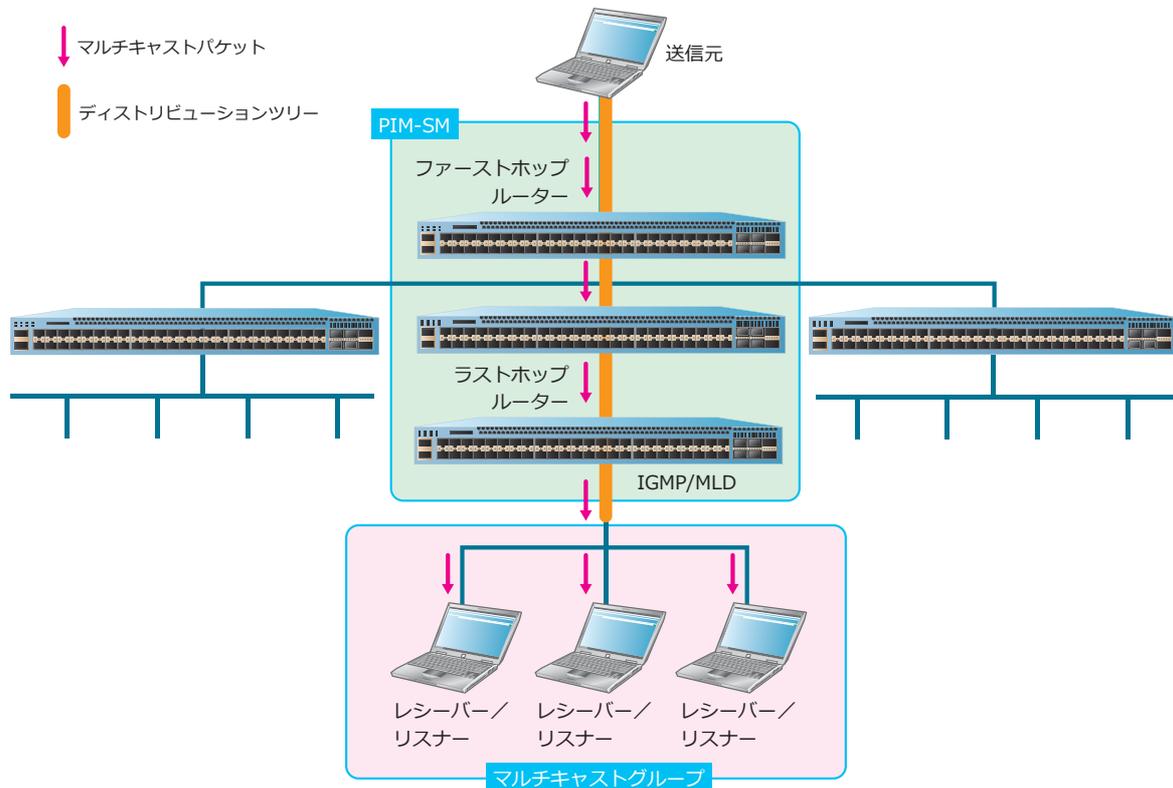
PIM には、スパースモード（以後、**PIM-SM**）と SSM モード（以後、**PIM-SSM**）があります。

NOTE: 装置単体でマルチキャストルーティングを行う場合も、PIM の設定が必要です。

• PIM-SM

送信元が 1 台の場合、PIM-SM は送信元からレシーバー／リスナーまでのディストリビューションツリーを構成します。

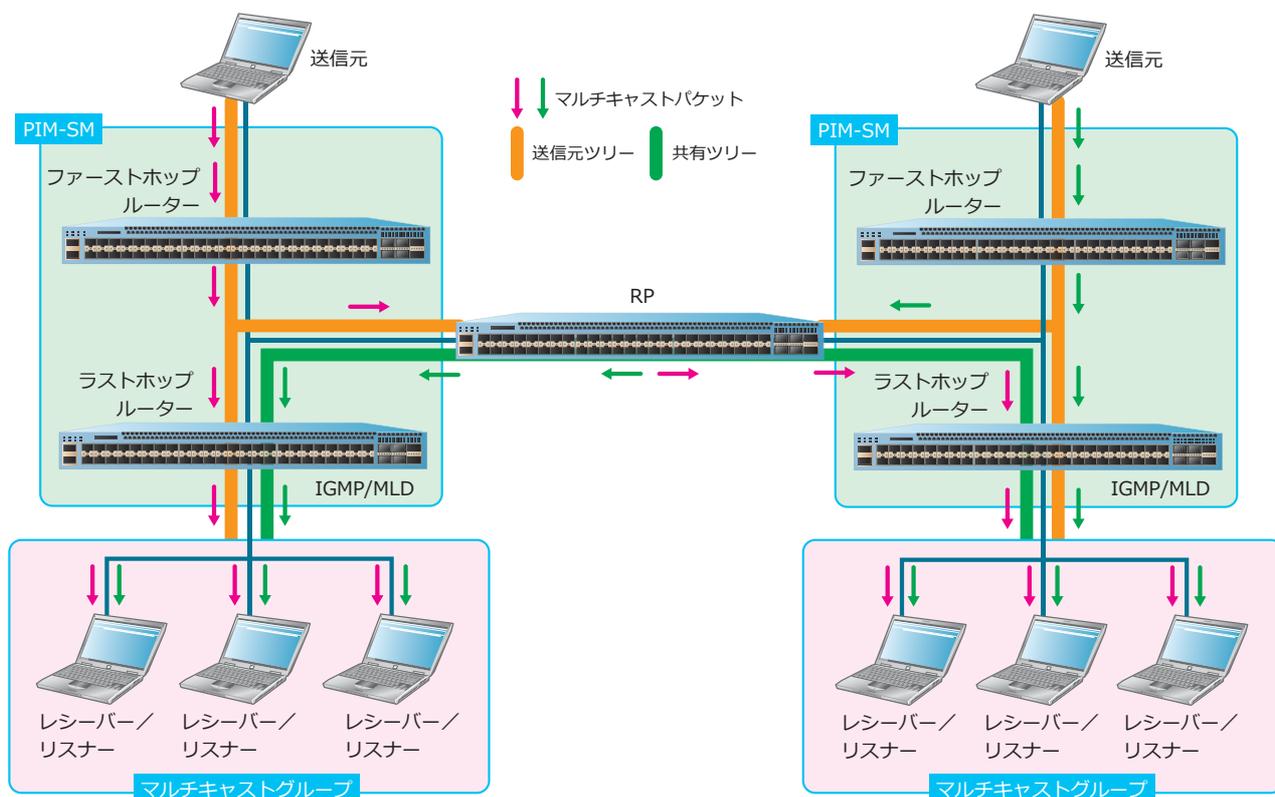
図 8-2 ディストリビューションツリー



送信元からレシーバー/リスナーまでのディストリビューションツリーを**送信元ツリー**と呼びます。他の送信元が構成したディストリビューションツリーを共有するツリーを**共有ツリー**と呼びます。複数の送信元が存在する場合は、送信元ツリーと共有ツリーを組み合わせることでディストリビューションツリーを構成できます。

共有ツリーには、中心となる装置が必要です。中心となる装置を**ランデブーポイント**（以後、**RP**）と呼びます。送信元から RP までが送信元ツリー、RP からマルチキャストグループまでが共有ツリーとなります。

図 8-3 共有ツリーと RP



• PIM-SSM

PIM-SSM は、送信元からマルチキャストグループまでの送信元ツリーを作成します。

PIM-SM と PIM-SSM は、デフォルト設定で無効です。

PIM-SM を有効にするには、IPv4 の場合は `ip pim sparse-mode` コマンド、IPv6 の場合は `ipv6 pim sparse-mode` コマンドを使用します。

PIM-SSM を有効にするには、IPv4 の場合は `ip pim ssm` コマンド、IPv6 の場合は `ipv6 pim ssm` コマンドを使用します。

NOTE: 装置として、PIM ネイバーが確立できる最大 VLAN インターフェース数は 100 個です。ただし、併用する機能や環境により最大数に満たない場合があります。

`ip pim ssm` コマンドで `default` パラメータを指定した場合、マルチキャストグループは `232.0.0.0/8` となります。`ipv6 pim ssm` コマンドで `default` パラメータを指定した場合、マルチキャストグループは `ff3x::/32` となります。マルチキャストグループを変更する場合は、使用したいマルチキャストグループをアクセスリストで定義し、各コマンドでオプションの `range` パラメータでアクセスリストを指定してください。

IGMP/MLDの有効化

IGMPとMLDは、マルチキャストのレシーバー/リスナーが参加するマルチキャストグループを管理するプロトコルです。IPv4の場合はIGMP、IPv6の場合はMLDを使用します。

IGMPとMLDは、デフォルト設定で無効です。IGMPを有効にするには、`ip igmp enable` コマンドを使用します。MLDを有効にするには、`ipv6 mld enable` コマンドを使用します。

8.1.2 スタティックマルチキャストルートの作成

PIMがネットワークに到達するためのリバースパス転送（以後、RPF）インターフェースを決定するために、スタティックマルチキャストルートを作成し、RPFアドレスを設定します。

デフォルト設定では、スタティックマルチキャストルートは作成されていません。スタティックマルチキャストルートを作成するには、IPv4の場合は`ip mroute` コマンド、IPv6の場合は`ipv6 mroute` コマンドを使用します。

8.1.3 RPの設定

PIM-SMによって作成されるディストリビューションツリーの中心となる装置が、RPです。

マルチキャストパケットのレシーバー/リスナーが接続されている装置の情報は、RPに登録されます。マルチキャストの送信元は、RPにマルチキャストパケットを送信します。RPがマルチキャストパケットを中継することで、レシーバー/リスナーにマルチキャストパケットが送信されます。

装置をRPにするには、IPv4の場合は`ip pim rp-candidate` コマンド、IPv6の場合は`ipv6 pim bsr candidate rp` コマンドを使用し、装置をRP候補に設定します。RP候補に設定された装置は、**ブートストラップルーター**（以後、BSR）にRP候補であることをアドバタイズします。BSRは、ディストリビューションツリーの状況に応じて、RP候補の装置の中からRPを決定します。

また、マルチキャストグループに対するスタティックなRPを定義することもできます。マルチキャストグループに対するスタティックなRPを定義するには、IPv4の場合は`ip pim rp-address` コマンド、IPv6の場合は`ipv6 pim rp-address` コマンドを使用します。

NOTE: 装置単体でマルチキャストルーティングを行う場合も、RPの設定が必要です。

8.1.3.1 override オプション

任意のマルチキャストグループのRPとして、「BSR経由で動的に学習したRP」と「`ip pim rp-address` コマンド / `ipv6 pim rp-address` コマンドでスタティックに設定したRP」がRP候補として登録されている場合は、通常は「BSR経由で動的に学習したRP」が優先されます。overrideパラメーターを指定してスタティックRPを設定した場合は、そのような状況で「スタティックRP」が優先されるようになります。

NOTE: `ip pim rp-address` コマンドのoverrideオプションは、NP7000の1.12.01以降、NP5000の1.12.01以降、NP3000の1.11.03以降でサポートしています。

8.1.4 埋め込みランデブーポイント (Embedded RP)

IPv6では、RPのアドレスをIPv6マルチキャストグループアドレス内にエンコードした**埋め込みランデブーポイント**（以後、Embedded RP）をデフォルトで設定しています。Embedded RPにより、スケラブルなドメイン間マルチキャストが容易に展開可能となり、ドメイン内のマルチキャスト構成も簡素化されます。

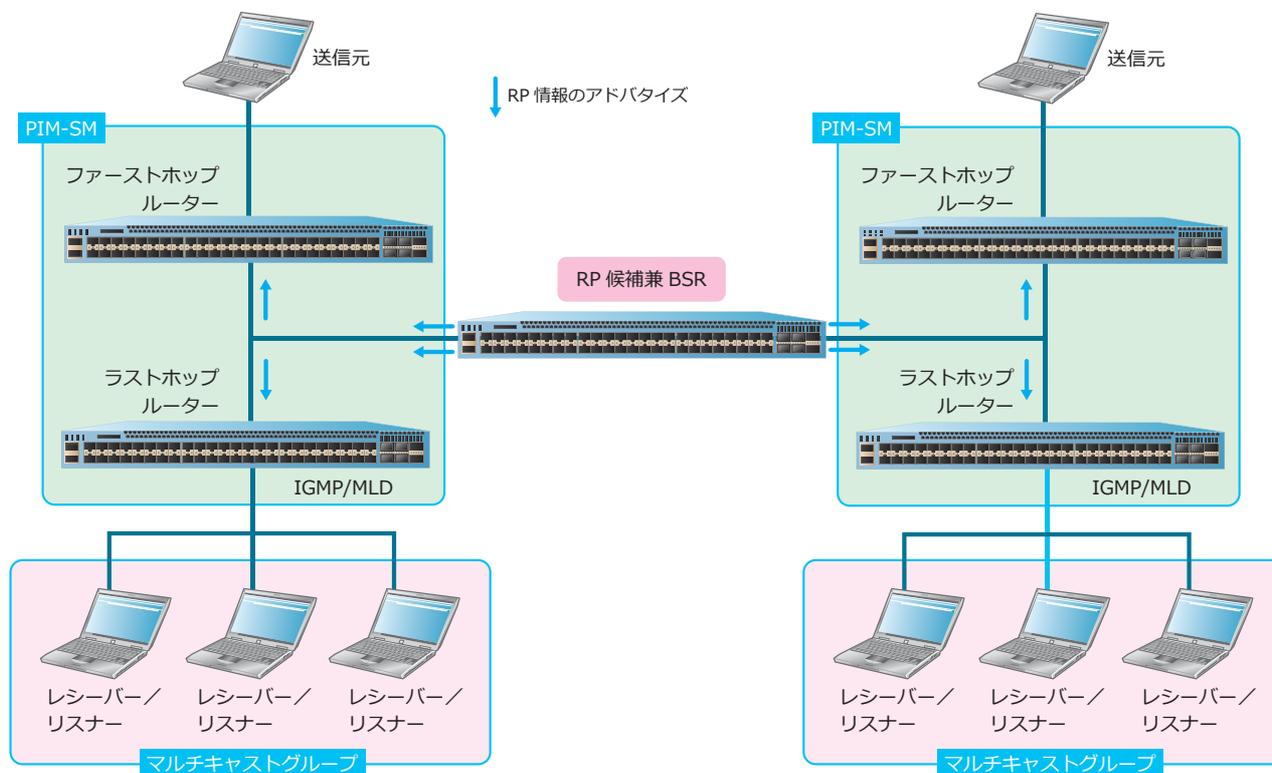
Embedded RPが無効な状態から有効にするには、`ipv6 pim rp embedded` コマンドを使用します。

8.1.5 BSR の設定

BSR の役割は、RP とマルチキャストグループ間のマッピングの自動化です。

BSR は、RP 候補の情報を収集し、ネットワーク内のルーターにアドバタイズします。RP の情報を受信したルーターは、RP の IP アドレスを学習し、最適な RP を決定します。これにより、RP の情報はネットワーク内に周知され、RP とマルチキャストグループがマッピングされます。

図 8-4 BSR による RP 情報のアドバタイズ



装置を BSR にするには、IPv4 の場合は `ip pim bsr-candidate` コマンド、IPv6 の場合は `ipv6 pim bsr candidate bsr` コマンドを使用し、装置を BSR 候補に設定します。

装置は、ネットワーク内に BSR 候補であることをアドバタイズし、優先度の値が大きい装置が BSR になります。優先度の値が同じ BSR 候補がある場合、IPv4/IPv6 アドレスの大きい装置が BSR になります。

8.1.6 代表ルーター (DR) の設定

PIM-SM を有効にしたルーターが同一サブネットに複数存在する場合は、**代表ルーター** (以後、DR) が選出されます。DR は設定した優先度によって選出されます。優先度が最も大きいルーターが DR になります。優先度が同じ場合は、IPv4 アドレス / IPv6 リンクローカルアドレスの大きい方が優先されます。

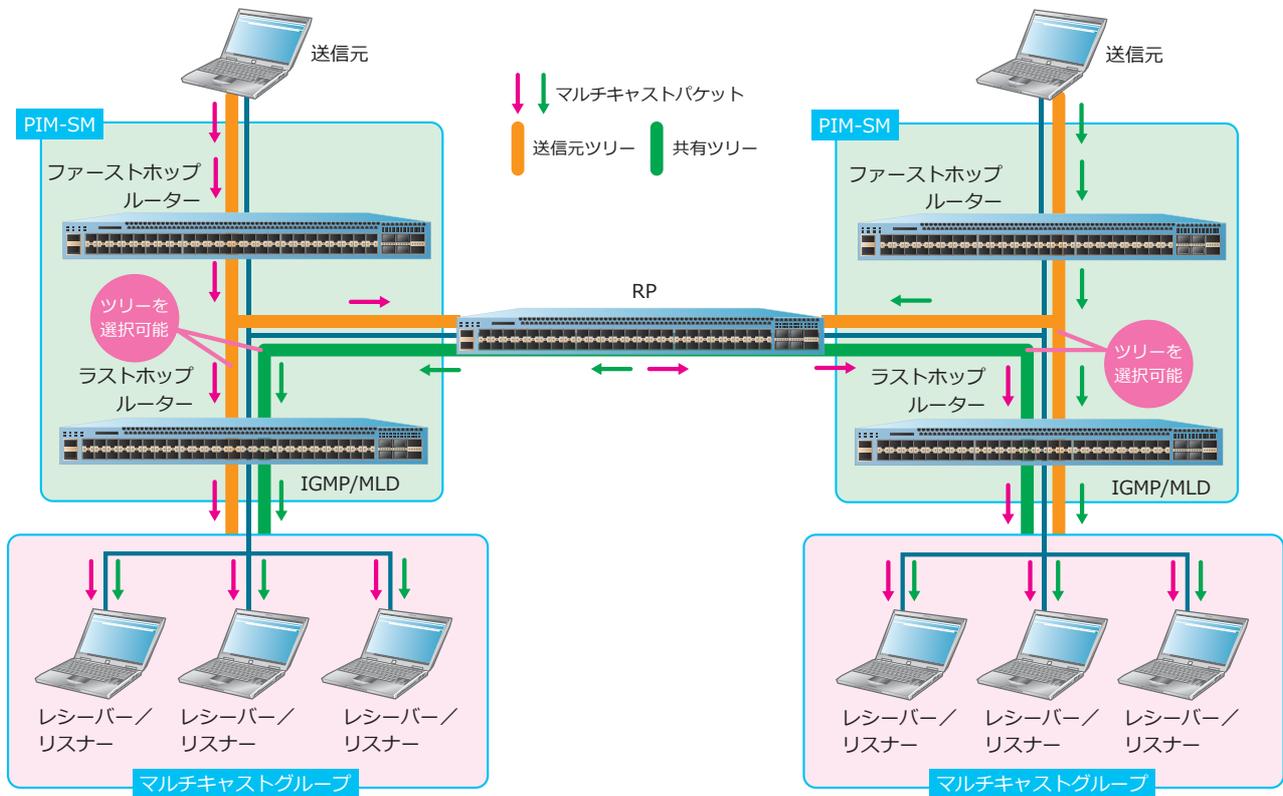
DR 優先度はデフォルトでは 1 です。装置の DR 優先度を設定するには、IPv4 の場合は `ip pim dr-priority` コマンド、IPv6 の場合は `ipv6 pim dr-priority` コマンドを使用します。

NOTE: DR Priority オプションが含まれていない PIM Hello メッセージを受信した場合は、DR 優先度で比較できないため、IPv4 アドレス / IPv6 リンクローカルアドレスの大きい方が優先されます。

8.1.7 ラストホップルーターが使用するディストリビューションツリーの選択

装置がラストホップルーターの場合、トラフィックのグループごとに最初の packets が到達した後に装置が使用するツリーを選択できます。デフォルト設定では、共有ツリーを使用しています。使用するツリーを送信元ツリーに変更する場合は、パラメーター 0 を指定して、IPv4 の場合は `ip pim spt-threshold` コマンド、IPv6 の場合は `ipv6 pim spt-threshold` コマンドを使用します。

図 8-5 ラストホップルーターが使用するディストリビューションツリーの選択



8.1.8 パッシブモードの設定

パッシブモードを設定したインターフェースでは、PIM の制御パケットを送受信しません。PIM ネイバーが PIM に参加することを防ぎます。

パッシブモードは、デフォルト設定では無効です。パッシブモードを有効にするには、IPv4 では `ip pim passive` コマンド、IPv6 では `ipv6 pim passive` コマンドを使用します。

8.1.9 IGMP によるマルチキャストグループ管理

マルチキャストグループへの参加と維持

マルチキャストグループへ参加するホストは、参加要求 (Membership Report) を送信します。参加要求を受信したルーターでは、対象ホストをそのマルチキャストグループのレシーバーとして登録します。

ルーター (クエリア) は登録情報を維持するために、定期的に Membership Query を送信します。継続してマルチキャストグループに参加中のレシーバーは、Membership Report を応答して登録を維持します。

マルチキャストグループからの離脱と削除

マルチキャストグループから離脱するホストは、離脱要求 (IGMPv2 Leave Group、IGMPv3 Membership Report の離脱要求) を送信します。離脱要求を受信したルーター (クエリア) は、他に対象マルチキャストグループに参加中のレシーバーが存在するかどうかを確認するために、Group-Specific Query を送信します。Group-Specific Query に対してレシーバーからの応答が1つもなかった場合、対象マルチキャストグループに参加中のレシーバーが1台も存在しないと判断して、マルチキャストグループの登録を削除します。

NOTE: IGMPv1 ではレシーバーからの離脱要求には対応していません。IGMPv1 では、ルーター (クエリア) が定期的に送信する Membership Query に対して応答がない場合に、マルチキャストグループから離脱したと判断されます。

8.1.10 MLD によるマルチキャストグループ管理

マルチキャストグループへの参加と維持

マルチキャストグループへ参加するホストは、参加要求 (Multicast Listener Report) を送信します。参加要求を受信したルーターでは、対象ホストをそのマルチキャストグループのリスナーとして登録します。

ルーター (クエリア) は登録情報を維持するために、定期的に Multicast Listener Query を送信します。継続してマルチキャストグループに参加中のリスナーは、Multicast Listener Report を応答して登録を維持します。

マルチキャストグループからの離脱と削除

マルチキャストグループから離脱するホストは、離脱要求 (MLDv1 Done、MLDv2 Multicast Listener Report の離脱要求) を送信します。離脱要求を受信したルーター (クエリア) は、他に対象マルチキャストグループに参加中のリスナーが存在するかどうかを確認するために、Multicast Address Specific Query を送信します。Multicast Address Specific Query に対してリスナーからの応答が1つもなかった場合、対象マルチキャストグループに参加中のリスナーが1台も存在しないと判断して、マルチキャストグループの登録を削除します。

8.1.11 スタティックマルチキャストグループの作成

ホストが IGMP に対応していない場合のために、スタティックなマルチキャストグループを作成できます。

スタティックマルチキャストグループは、デフォルトでは設定されていません。スタティックマルチキャストグループを作成するには、`ip igmp static-group` コマンドを使用します。

8.1.12 IGMP ホストに対する SSM マッピングの有効化

設定済みの PIM-SSM 範囲内のマルチキャストグループに所属する IGMPv1 または IGMPv2 のレシーバーに対して SSM マッピングを有効化します。SSM マッピングは、装置が受信した IGMPv1 または IGMPv2 レシーバーの Membership Report に適用されます。

SSM マッピングは、デフォルト設定では無効です。SSM マッピングを有効にするには、`ip igmp ssm-map enable` コマンドを使用します。

8.1.13 IGMP ホストに対するスタティック SSM マッピングエントリーの作成

IGMPv1 または IGMPv2 のレシーバーに対して、スタティック SSM マッピングエントリーを作成できます。

PIM-SSM が有効な場合、IGMPv3 レシーバーでは、ラストホップルーターが SSM の範囲内にある (S, G) INCLUDE モード要求を IGMPv3 レシーバーから受信すると、チャンネル (S, G) に対する送信元ベースのツリーの確立を開始します。

IGMPv1 または IGMPv2 では、(*, G) 要求だけを送信する場合があります。SSM マッピングでは、マルチキャストグループ要求が SSM 範囲内であれば、装置はスタティック SSM マッピングエントリーで定義したマルチキャストグループアドレスから送信元アドレスへのマッピング要求に基づき、(*, G) 要求を (S, G) 要求にマップできます。

NOTE: (S, G) とは、ディストリビューションツリーの送信元ツリーのことです。S は Source の略で、送信元の IP アドレスを示します。G は Group の略で、マルチキャストグループアドレスを示します。

NOTE: (*, G) とは、ディストリビューションツリーの共有ツリーのことです。* は複数の送信元によって共有されていることを示します。G は (S, G) の G と同じく Group の略で、マルチキャストグループアドレスを示します。

スタティック SSM マッピングは、デフォルト設定では作成されていません。スタティック SSM マッピングエントリーを作成するには、`ip igmp ssm-map static` コマンドを使用します。

8.1.14 ダイナミックマルチキャストグループリストの削除

IGMP でダイナミックに登録したマルチキャストグループの情報を削除するには、`clear ip igmp groups` コマンドを使用します。MLD でダイナミックに登録したマルチキャストグループ情報を削除するには、`clear ipv6 mld groups` コマンドを使用します。

8.1.15 IGMP バージョンの設定

インターフェースでの IGMP バージョンを変更できます。IGMP バージョンは、デフォルト設定では v3 です。IGMP バージョンを変更するには、`ip igmp version` コマンドを使用します。

8.1.16 MLD バージョンの設定

インターフェースでの MLD バージョンを変更できます。MLD バージョンは、デフォルト設定では v2 です。MLD バージョンを変更するには、`ipv6 mld version` コマンドを使用します。

8.1.17 統計情報のクリア

IPv4 の場合、マルチキャストプロトコルパケットの統計情報をクリアできます。統計情報をクリアするには、`clear ip multicast-statistics` コマンドを使用します。

8.2 マルチキャストルーティングの状態確認

マルチキャストルーティングの状態を表示して確認する方法を説明します。

8.2.1 IPv4 マルチキャストの状態確認

IPv4 マルチキャストの状態を表示して確認する方法を説明します。

8.2.1.1 IPv4 マルチキャスト情報の表示

`show ip multicast` コマンドで IPv4 マルチキャストのグローバル設定を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ip multicast

IP multicast-routing global state: Enabled ... (1)
IP multicast with TTL=1: Registered ... (2)
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-1 show ip multicast コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	IPv4 マルチキャストルーティングの有効 (Enabled) / 無効 (Disabled) を表示します。
(2)	TTL=1 の IPv4 マルチキャストによるマルチキャスト転送キャッシュへの登録を防止する機能の有効 (Not Registered) / 無効 (Registered) を表示します。 NP7000 の 1.10.01 以降、および NP5000 の 1.10.01 以降で表示されます。

`show ip multicast interface` コマンドで IPv4 マルチキャストのインターフェース情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ip multicast interface
(1)          (2)          (3)
Interface Name  IP Address      Multicast Routing
-----
vlan1          10.90.90.90/8  N/A
Total Entries: 1
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-2 show ip multicast interface コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	IPv4 インターフェース名を表示します。
(2)	IPv4 アドレスを表示します。
(3)	PIM-SM の有効 (PIM-SM) / 無効 (N/A) を表示します。

8.2.1.2 IPv4 マルチキャストルーティングテーブルの表示

`show ip mroute` コマンドで IPv4 マルチキャストルーティングテーブルを確認できます。
表示例を以下に示します。

```
# show ip mroute

IP Multicast Routing Table
Flags: S - PIM-SM, s - SSM Group, F - Register flag
      P - Pruned, R - (S, G) RPT-bit set, T - SPT-bit set
Outgoing interface flags: W - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
(1) (2) (3)
(10.10.1.52, 239.0.1.3), ODT05H29M15S/ODT00H02M59S, Flags: ST
  Incoming interface: vlan1, RPF neighbor: 10.3.4.5 ... (4)
  Outgoing interface list: ... (5)
    vlan121, Forwarding ODT00H01M23S/ODT00H03M34S

(20.1.1.1, 239.1.1.50), ODT05H29M15S/ODT00H02M59S, Flags: ST
  Incoming interface: vlan10, RPF neighbor: 10.3.4.5
  Outgoing interface list: NULL

Total Entries: 2
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-3 show ip mroute コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	IPv4 マルチキャストエントリを表示します。
(2)	登録されてからの経過時間／削除されるまでの残り時間を、(日) DT (時) H (分) M (秒) S 形式で表示します。
(3)	対象エントリのフラグを表示します。
(4)	対象エントリの入カインターフェース ID、RPF ネイバーを表示します。
(5)	対象エントリの出カインターフェース ID のリストを表示します。

8.2.1.3 IPv4 マルチキャスト転送キャッシュの表示

`show ip mroute forwarding-cache` コマンドで IPv4 マルチキャスト転送キャッシュを確認できます。

NOTE: NP7000、NP5000、および NP3000 では、IPv4 マルチキャスト転送キャッシュは最大 2,048 個まで登録できます。なお、フォワーディングキャッシュのリソースは IPv6 マルチキャスト転送キャッシュと共有します。

NOTE: NP4000 では、IPv4 マルチキャスト転送キャッシュは最大 256 個まで登録できます。なお、フォワーディングキャッシュのリソースは IPv6 マルチキャスト転送キャッシュと共有します。

NOTE: NP2100、NP2000、および NP2500 では、IPv4 マルチキャスト転送キャッシュは最大 1,024 個まで登録できます。なお、フォワーディングキャッシュのリソースは IPv6 マルチキャスト転送キャッシュと共有します。

表示例を以下に示します。

```
# show ip mroute forwarding-cache

(10.1.1.1, 239.0.0.0) VLAN0060 ... (1)
  Outgoing interface list: 1/0/1, port-channel2 ... (2)

(*, 225.0.0.0) VLAN0070
  Outgoing interface list: 1/0/1-1/0/2

(10.1.1.1, 239.0.0.1) VLAN0060
  Outgoing interface list: 1/0/1-1/0/2

Total Entries: 3
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-4 show ip mroute forwarding-cache コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	IPv4 マルチキャストエントリーを表示します。
(2)	出カインターフェイス ID (物理ポート、ポートチャネル) のリストを表示します。

8.2.1.4 スタティック設定の RPF 情報の表示

show ip mroute static コマンドで、スタティックに設定した、IPv4 マルチキャスト送信元に対する RPF 情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ip mroute static
(1) (2)
Mroute: 192.168.40.0/24, RPF neighbor: 192.168.30.252
Mroute: 192.168.100.0/24, RPF neighbor: NULL

Total Entries: 2
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-5 show ip mroute static コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	マルチキャスト送信元を表示します。
(2)	RPF ネイバーの IPv4 アドレスを表示します。null 指定時は NULL と表示されます。

8.2.1.5 指定した IPv4 アドレスの RPF 情報の表示

`show ip rpf` コマンドで、指定した IPv4 アドレスの RPF 情報を確認できます。

IPv4 アドレス 192.168.40.100 を指定した場合の表示例を以下に示します。

```
# show ip rpf 192.168.40.100

RPF information for 192.168.40.100 ... (1)
RPF interface: vlan30 ... (2)
RPF type: unicast ... (3)
Metric: 2 ... (4)
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-6 show ip rpf コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	RPF 情報を確認する IPv4 アドレスを表示します。
(2)	RPF 情報を表示します。ユニキャストルーティングテーブルから取得した場合は、RPF インターフェースのインターフェース ID を表示します。スタティック設定から取得した場合は、RPF ネイバーの IPv4 アドレスを表示します。null 指定でスタティック設定を行った場合は NULL と表示されます。
(3)	RPF 情報の種類を表示します。 <ul style="list-style-type: none"> • unicast : ユニキャストルーティングテーブルから取得した RPF 情報 • static : スタティック設定 (<code>ip mroute</code> コマンド) から取得した RPF 情報
(4)	RPF 情報を取得したユニキャストルートへのメトリックを表示します。

8.2.1.6 IPv4 マルチキャストプロトコルの統計情報の表示

`show ip multicast-statistics` コマンドで IPv4 マルチキャストプロトコルの統計情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ip multicast-statistics

IGMP Packets Counter ... (1)
Received Sent
IGMP Query v1/v2/v3 0/0/0 0/0/0
IGMP Report v1/v2/v3 0/0/0 0/0/0
IGMP Leave 0 0
Unknown IGMP 0 0

PIM Packets Counter ... (2)
Received Sent
PIM Hello 0 0
PIM Register 0 0
PIM Register-Stop 0 0
PIM Join/Prune 0 0
PIM Bootstrap 0 0
PIM Assert 0 0
PIM Graft 0 0
PIM Graft-Ack 0 0
PIM C-RP-Adv 0 0
PIM State Refresh 0 0
Unknown PIM 0 0
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-7 show ip multicast-statistics コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	IGMP パケットの統計情報を表示します。
(2)	PIM パケットの統計情報を表示します。

8.2.2 IGMP の状態確認

IGMP の状態を表示して確認する方法を説明します。

8.2.2.1 IGMP 情報の表示

show ip igmp interface コマンドで IGMP の設定を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ip igmp interface

VLAN 10 ... (1)
  Version                : 3 ... (2)
  IP Address/Netmask     : 192.0.2.254/24 ... (3)
  IGMP State             : Enabled ... (4)
  Querier                : 192.0.2.254 ... (5)
  Query Interval        : 125 seconds ... (6)
  Query Maximum Response Time : 10 seconds ... (7)
  Robustness Variable    : 2 ... (8)
  Last Member Query Interval : 1 seconds ... (9)
  Subscriber Source IP Check : Enabled ... (10)

Total Entries: 1
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-8 show ip igmp interface コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	IPv4 インターフェイス名を表示します。
(2)	IGMP のバージョンを表示します。
(3)	IPv4 アドレスを表示します。
(4)	IGMP の有効 (Enabled) /無効 (Disabled) を表示します。
(5)	代表クエリアの IPv4 アドレスを表示します。
(6)	定期的に送信する Membership Query の送信間隔を表示します。
(7)	Membership Query で通知される最大応答時間を表示します。
(8)	IGMP のロバストネス変数を表示します。
(9)	Group-Specific Query または Group-and-Source-Specific Query の送信間隔を表示します。

項番	説明
(10)	IGMP の参加要求・離脱要求を受信した際に、送信元 IPv4 アドレスをチェックするかどうかの有効 (Enabled) / 無効 (Disabled) を表示します。

8.2.2.2 IGMP エントリーの表示

`show ip igmp groups` コマンドで IGMP エントリーを確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ip igmp groups
(1)      (2)      (3)      (4)      (5)
Interface  Group Address  Uptime    Expire    Last Reporter
-----
vlan10     233.252.0.1   ODT00H00M23S ODT00H03M57S 192.0.2.100
Total Entries: 1
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-9 show ip igmp groups コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	IPv4 インターフェース名を表示します。
(2)	IPv4 マルチキャストグループアドレスを表示します。
(3)	登録されてからの経過時間を、(日) DT (時) H (分) M (秒) S 形式で表示します。
(4)	削除されるまでの残り時間を、(日) DT (時) H (分) M (秒) S 形式で表示します。送信元 IPv4 アドレス指定の IGMPv3 で登録された場合は Stopped と表示されます。この場合は、削除されるまでの残り時間は詳細情報 (detail オプション指定) で確認できます。
(5)	直近に Membership Report を送信したレシーバーの IPv4 アドレスを表示します。

`show ip igmp groups detail` コマンドで、IGMP エントリーの詳細情報を確認できます。

IPv4 マルチキャストグループアドレス 233.252.0.9 を指定した場合の表示例を以下に示します。

```
# show ip igmp groups 233.252.0.9 detail

Interface      : vlan10 ... (1)
Group          : 233.252.0.9 ... (2)
Uptime        : ODT00H01M32S ... (3)
Expires       : Stopped ... (4)
Group mode    : Include ... (5)
Last reporter  : 192.0.2.115 ... (6)

Group source List: ... (7)
Source Address  v3 Exp
-----
192.168.1.100  ODT00H02M48S

Total Source Entries: 1

Total Entries: 1
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-10 show ip igmp groups detail コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	IPv4 インターフェース名を表示します。
(2)	IPv4 マルチキャストグループアドレスを表示します。
(3)	登録されてからの経過時間を、(日) DT (時) H (分) M (秒) S 形式で表示します。
(4)	削除されるまでの残り時間を、(日) DT (時) H (分) M (秒) S 形式で表示します。送信元 IPv4 アドレス指定の IGMPv3 で登録された場合は Stopped と表示されます。この場合は、削除されるまでの残り時間は送信元 IPv4 アドレスリストで確認します。
(5)	フィルターモード (Include : INCLUDE モード / Exclude : EXCLUDE モード) を表示します。
(6)	直近に Membership Report を送信したレシーバーの IPv4 アドレスを表示します。
(7)	送信元 IPv4 アドレスリストを表示します。本項目は送信元 IPv4 アドレス指定の IGMPv3 で登録された場合に表示されます。 <ul style="list-style-type: none"> • Source Address : 対象マルチキャストの送信元 IPv4 アドレス • v3 Exp : 削除されるまでの残り時間を、(日) DT (時) H (分) M (秒) S 形式で表示

8.2.2.3 スタティック IGMP エントリーの表示

show ip igmp groups static コマンドでスタティック IGMP エントリーを確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ip igmp groups static
(1)          (2)
Interface    Multicast Group
-----
vlan10      233.252.0.1

Total Entries: 1
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-11 show ip igmp groups static コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	IPv4 インターフェース名を表示します。
(2)	IPv4 マルチキャストグループアドレスを表示します。

8.2.2.4 スタティック SSM マッピング情報の表示

`show ip igmp ssm-mapping` コマンドでスタティック SSM マッピング情報を確認できます。
表示例を以下に示します。

```
# show ip igmp ssm-mapping

SSM Mapping           : Enabled ... (1)

Access List           : TEST-SSM-MAP ... (2)
Source Address        : 192.168.1.100 ... (3)

Total Entries: 1
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-12 `show ip igmp ssm-mapping` コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	スタティック SSM マッピングの有効 (Enabled) / 無効 (Disabled) を表示します。
(2)	スタティック SSM マッピングエントリーの対象になるマルチキャストグループを定義した、標準 IP アクセスリストを表示します。
(3)	対象マルチキャストの送信元 IPv4 アドレスを表示します。

8.2.3 PIM の状態確認

PIM の状態を表示して確認する方法を説明します。

8.2.3.1 PIM 情報の表示

`show ip pim` コマンドで PIM のグローバル情報を確認できます。
表示例を以下に示します。

```
# show ip pim

PIM Configurations:

Register Checksum Wholepkt : (Not configured) ... (1)
Register Probe Time        : 5 seconds ... (2)
Register Suppression Time  : 60 seconds ... (3)
Register Keepalive Time on RP : 185 seconds ... (4)
SPT Threshold              : Infinity ... (5)

RP Address ... (6)
  192.0.2.2, group-list: Static-RP-MC-LIST

RP Candidate ... (7)
  priority: 192, interval: 60 seconds, wildcard-prefix-cnt: 0
  loopback1, group-list: MC-LIST

BSR Candidate ... (8)
  loopback1, hash-mask-length: 30, priority: 64, interval: 60 seconds

SSM Group : SSM-MC-LIST ... (9)
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-13 show ip pim コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	PIM メッセージ全体に対する Register メッセージのチェックサム計算を有効にした場合に、指定した標準 IP アクセスリストを表示します。
(2)	Register-probe の時間を表示します。
(3)	Register-suppression の時間を表示します。
(4)	Register メッセージ受信時の RP での (S,G) キープアライブ時間を表示します。
(5)	ラストホップルーターに最初のパケットが到達した後の、送信元ツリーに切り替えるかどうかの設定を表示します。 <ul style="list-style-type: none"> • 0 : 送信元ツリーに切り替えるモード • infinity : 共有ツリーのまま送信元ツリーに切り替えないモード
(6)	スタティックに設定したランデブーポイント (RP : Rendezvous Point) の情報を表示します。override パラメーターを指定して設定した場合は、override と表示されます。
(7)	自装置に設定した RP 候補の情報を表示します。
(8)	自装置に設定した BSR 候補の情報を表示します。
(9)	SSM (Source Specific Multicast) を有効にした場合に、指定した標準 IP アクセスリストを表示します。default パラメーターを指定して有効にした場合は、232.0.0.0/8(default) と表示されます。

8.2.3.2 PIM のインターフェース情報の表示

show ip pim interface コマンドで PIM のインターフェース情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ip pim interface

p: passive, Nbr Cnt: Neighbor Count
(1)          (2)          (3)          (4) (5)          (6)          (7)
Address      Interface    Mode         Nbr DR        DR           Generation
              Interface    Mode         Cnt Priority    ID
-----
192.168.2.253  vlan2        SM           1   1           192.168.2.254  19c6
192.168.4.253  vlan4        SM           1   1           192.168.4.253  26fc
172.16.1.254   vlan10       SM(p)        0   1           172.16.1.254   2a89
192.0.2.2      loopback1    SM           0   1           192.0.2.2      7127

Total Entries: 4
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-14 show ip pim interface コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	IPv4 アドレスを表示します。
(2)	IPv4 インターフェース名を表示します。

項番	説明
(3)	PIM の動作モードを表示します。 <ul style="list-style-type: none"> • SM : PIM-SM • SM(p) : PIM-SM でパッシブモード設定 (<code>ip pim passive</code> コマンド)
(4)	ネイバルーターの数を表示します。
(5)	自装置の DR 優先度を表示します。
(6)	DR の IPv4 アドレスを表示します。
(7)	PIM Hello メッセージ送信時に付加する Generation ID を表示します。

8.2.3.3 PIM のネイバー情報の表示

`show ip pim neighbor` コマンドで PIM のネイバー情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ip pim neighbor

Mode: DR - Designated Router, N - Default DR Priority,
      G - Generation ID
(1)      (2)      (3)      (4) (5)
Neighbor      Interface      Uptime/Expires      Ver DR Pri/Mode
-----
192.168.2.254  vlan2      0DT00H17M46S/0DT00H01M19S v2  1 /DRG
192.168.4.252  vlan4      0DT02H21M17S/0DT00H01M25S v2  1 /G

Total Entries: 2
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-15 show ip pim neighbor コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	PIM ネイバーの IPv4 アドレスを表示します。
(2)	自装置の IPv4 インターフェース名を表示します。
(3)	ネイバーが確立してからの経過時間、ネイバーが存在しなくなったと判断されるまでの残り時間を、(日) DT (時) H (分) M (秒) S 形式で表示します。
(4)	PIM のバージョンを表示します。
(5)	PIM ネイバーの DR 優先度、動作モードを表示します。DR Priority オプションが含まれていない PIM Hello メッセージを受信した場合は、DR 優先度は N と表示されます。

8.2.3.4 PIMのBSR情報の表示

`show ip pim bsr-router` コマンドで PIM の BSR 情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ip pim bsr-router

PIMv2 Bootstrap information

This system is the Bootstrap Router (BSR) ... (1)
BSR address: 192.0.2.1 ... (2)
BSR Priority: 64, Hash mask length: 30 ... (3)
Next bootstrap message in ODT00H00M09S ... (4)
Candidate RP: 192.0.2.1(loopback1), Group ACL: MC-LIST ... (5)
Next Cand_RP_advertisement in ODT00H00M07S ... (6)
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-16 show ip pim bsr-router コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	自装置が BSR の場合に表示されます。
(2)	BSR の IPv4 アドレスを表示します。
(3)	BSR の優先度、ハッシュマスク長を表示します。
(4)	次のブートストラップメッセージが送信されるまでの残り時間を表示します。
(5)	自装置に設定した RP 候補の情報を表示します。RP 候補を設定した場合に表示されます。
(6)	自装置に設定した RP 候補の、次の Candidate-RP-Advertisement メッセージが送信されるまでの残り時間を表示します。RP 候補を設定した場合に表示されます。

8.2.3.5 PIMのRPマッピング情報の表示

`show ip pim rp mapping` コマンドで PIM の RP マッピング情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ip pim rp mapping

Group(s): 239.10.0.0/16 ... (1)
RP: 192.0.2.1 ... (2)
Info source: 192.0.2.1, via bootstrap, priority 192 ... (3)
Uptime: ODT00H10M10S, expires: ODT00H02M18S ... (4)
RP: 192.168.10.254
Info source: 192.168.10.254, via bootstrap, priority 192
Uptime: ODT00H10M10S, expires: ODT00H02M18S
Group(s): 239.200.200.200/32
RP: 192.0.2.100
Info source: static
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-17 show ip pim rp mapping コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	マルチキャストグループアドレスを表示します。
(2)	RP の IPv4 アドレスを表示します。
(3)	RP 情報を取得した情報元、および RP 情報を表示します。ブートストラップメッセージから取得した場合は、RP 優先度も表示されます。 <ul style="list-style-type: none"> • via bootstrap : ブートストラップメッセージから取得 • static : RP のスタティック設定 (<code>ip pim rp-address</code> コマンド) から取得 • static override : RP のスタティック設定 (override 指定の <code>ip pim rp-address</code> コマンド) から取得
(4)	RP 情報を取得してからの経過時間、削除されるまでの残り時間を、(日) DT (時) H (分) M (秒) S 形式で表示します。

8.2.3.6 PIM の選択された RP 情報の表示

`show ip pim rp-hash` コマンドで、対象のマルチキャストグループの RP として選択された RP 情報を確認できます。

IPv4 マルチキャストグループアドレス 239.10.123.123 を指定した場合の表示例を以下に示します。

```
# show ip pim rp-hash 239.10.123.123

RP: 192.168.10.254 ... (1)
Info source: 192.168.10.254, via bootstrap ... (2)
Uptime: 0DT00H23M52S, expires: 0DT00H01M38S ... (3)
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-18 show ip pim rp-hash コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	RP の IPv4 アドレスを表示します。
(2)	RP 情報を取得した情報元、および RP 情報を表示します。 <ul style="list-style-type: none"> • via bootstrap : ブートストラップメッセージから取得 • static : RP のスタティック設定 (<code>ip pim rp-address</code> コマンド) から取得
(3)	RP 情報を取得してからの経過時間、削除されるまでの残り時間を、(日) DT (時) H (分) M (秒) S 形式で表示します。

8.2.4 IPv6 マルチキャストの状態確認

IPv6 マルチキャストの状態を表示して確認する方法を説明します。

8.2.4.1 IPv6 マルチキャスト情報の表示

`show ipv6 multicast` コマンドで IPv6 マルチキャストのグローバル設定を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 multicast

IPv6 multicast-routing global state: Enabled ... (1)
IPv6 multicast with HopLimit=1: Registered ... (2)
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-19 show ipv6 multicast コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	IPv6 マルチキャストルーティングの有効 (Enabled) / 無効 (Disabled) を表示します。
(2)	Hop Limit=1 の IPv6 マルチキャストによるマルチキャスト転送キャッシュへの登録防止機能の有効 (Not Registered) / 無効 (Registered) を表示します。 NP7000 の 1.10.01 以降、および NP5000 の 1.10.01 以降で表示されます。

`show ipv6 multicast interface` コマンドで IPv6 マルチキャストのインターフェース情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 multicast interface
(1)          (2)
Interface    Owner Module
-----
vlan100      PIM-SM
vlan200      PIM-SM

Total Entries: 2
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-20 show ipv6 multicast interface コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	IPv6 インターフェース名を表示します。
(2)	IPv6 PIM-SM の有効 (PIM-SM) / 無効 (N/A) を表示します。

8.2.4.2 IPv6 マルチキャストルーティングテーブルの表示

`show ipv6 mroute` コマンドで IPv6 マルチキャストルーティングテーブルを確認できます。
表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 mroute

IPv6 Multicast Routing Table: 2 entries
Flags: S - Sparse, s - SSM Group
Timers: Uptime/Expires
(1)                               (2)                               (3)
(2000::1010:0134, ff07::1), ODT05H29M15S/ODT00H02M59S, Flags: S
  Incoming interface: vlan1 ... (4)
  RPF nbr: fe80::206:28ff:fed8:fe73 ... (5)
  Outgoing interface list: ... (6)
    vlan2
    vlan3

(2000::2001:0101, ff06::20), ODT05H29M15S/ODT00H02M59S Flags: S
  Incoming interface: vlan10
  RPF nbr: fe80::206:28ff:fed8:fe73
  Outgoing interface list:
    vlan20
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-21 show ipv6 mroute コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	IPv6 マルチキャストエントリを表示します。
(2)	登録されてからの経過時間／削除されるまでの残り時間を、(日) DT (時) H (分) M (秒) S 形式で表示します。
(3)	対象エントリのフラグを表示します。
(4)	対象エントリの入カインターフェース ID を表示します。
(5)	対象エントリの RPF ネイバーを表示します。
(6)	対象エントリの出カインターフェース ID のリストを表示します。

8.2.4.3 IPv6 マルチキャスト転送キャッシュの表示

`show ipv6 mroute forwarding-cache` コマンドで IPv6 マルチキャスト転送キャッシュを確認できます。

NOTE: NP7000、NP5000、および NP3000 では、IPv6 マルチキャスト転送キャッシュは最大 1,024 個まで登録できます。なお、フォワーディングキャッシュのリソースは IPv4 マルチキャスト転送キャッシュと共有します。

NOTE: NP4000 では、IPv6 マルチキャスト転送キャッシュは最大 128 個まで登録できます。なお、フォワーディングキャッシュのリソースは IPv4 マルチキャスト転送キャッシュと共有します。

NOTE: NP2100、NP2000、および NP2500 では、IPv6 マルチキャスト転送キャッシュは最大 1,024 個まで登録できます。なお、フォワーディングキャッシュのリソースは IPv4 マルチキャスト転送キャッシュと共有します。

表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 mroute forwarding-cache

(2001:db8:30::1, ff0e::db8:0:101) VLAN0010 ... (1)
  Outgoing interface list: 1/0/1-1/0/2 ... (2)

(2001:db8:30::1, ff0e::db8:0:202) VLAN0010
  Outgoing interface list: 1/0/1-1/0/2

Total Entries: 2
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-22 show ipv6 mroute forwarding-cache コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	IPv6 マルチキャストエントリを表示します。
(2)	出カインターフェイス ID (物理ポート、ポートチャネル) のリストを表示します。

8.2.4.4 スタティック設定の RPF 情報の表示

show ipv6 mroute static コマンドで、スタティックに設定した、IPv6 マルチキャスト送信元に対する RPF 情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 mroute static

Mroute : 2000::/64 ... (1)
  RPF nbr: 2000::1001:0101 ... (2)
Mroute : 2001::/64
  RPF nbr: FE80::200:FF:FE26:666C, interface: vlan 10 ... (2)
Mroute : 2002::/64
  Interface: null ... (2)

Total Entries: 3
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-23 show ipv6 mroute static コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	マルチキャスト送信元を表示します。
(2)	RPF ネイバーの IPv6 アドレスを表示します。IPv6 リンクローカルアドレス指定時は RPF インターフェイスも表示されます。null 指定時は null と表示されます。

8.2.4.5 指定した IPv6 アドレスの RPF 情報の表示

`show ipv6 rpf` コマンドで、指定した IPv6 アドレスの RPF 情報を確認できます。

IPv6 アドレス 2001::1:1:3 を指定した場合の表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 rpf 2001::1:1:3

RPF information for 2001::1:1:3 ... (1)
RPF interface: vlan11 ... (2)
RPF neighbor: fe80::40:1:3 ... (3)
RPF route/mask: 2001::/64 ... (4)
RPF type: unicast ... (5)
Metric: 2 ... (6)
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-24 `show ipv6 rpf` コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	RPF 情報を確認する IPv6 アドレスを表示します。
(2)	RPF インターフェースのインターフェース ID を表示します。null 指定でスタティック設定を行った場合は null と表示されます。
(3)	RPF ネイバーの IPv6 アドレスを表示します。
(4)	関連する IPv6 ユニキャストルートを表示します。
(5)	RPF 情報の種類を表示します。 <ul style="list-style-type: none">• unicast : ユニキャストルーティングテーブルから取得した RPF 情報• static : スタティック設定 (<code>ipv6 mroute</code> コマンド) から取得した RPF 情報
(6)	RPF 情報を取得したユニキャストルートのメトリックを表示します。

8.2.5 MLDの状態確認

MLDの状態を表示して確認する方法を説明します。

8.2.5.1 MLD情報の表示

`show ipv6 mld interface` コマンドで MLD の設定を確認できます。

VLAN 10 インターフェースを指定した場合の表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 mld interface vlan10

VLAN 10 ... (1)
  Version                : 2 ... (2)
  IPv6 Address/Netmask   : fe80::240:66ff:feac:2c90/128 ... (3)
  MLD State              : Enabled ... (4)
  Querier                : fe80::240:66ff:feac:2c90 ... (5)
  Query Interval        : 125 seconds ... (6)
  Query Maximum Response Time : 10 seconds ... (7)
  Robustness Variable    : 2 ... (8)
  Last Listener Query Count : 2 ... (9)
  Last Listener Query Interval : 1 seconds ... (10)

Total Entries: 1
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-25 show ipv6 mld interface コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	IPv6 インターフェース名を表示します。
(2)	MLD のバージョンを表示します。
(3)	IPv6 リンクローカルアドレスを表示します。
(4)	MLD の有効 (Enabled) / 無効 (Disabled) を表示します。
(5)	代表クエリアの IPv6 リンクローカルアドレスを表示します。
(6)	定期的送信する Multicast Listener Query の送信間隔を表示します。
(7)	Multicast Listener Query で通知される最大応答時間を表示します。
(8)	MLD のロバストネス変数を表示します。
(9)	Multicast Address Specific Query または Multicast Address and Source Specific Query の送信回数を表示します。
(10)	Multicast Address Specific Query または Multicast Address and Source Specific Query の送信間隔を表示します。

8.2.5.2 MLD エントリーの表示

`show ipv6 mld groups` コマンドで MLD エントリーを確認できます。
表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 mld groups
(1)                               (2)           (3)           (4)
Group Address                     Interface    Uptime        Expire
-----
ff05::db8:0:1                    vlan10      ODT00H00M41S ODT00H03M38S

Total Entries: 1
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-26 show ipv6 mld groups コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	IPv6 マルチキャストグループアドレスを表示します。
(2)	IPv6 インターフェース名を表示します。
(3)	登録されてからの経過時間を、(日) DT (時) H (分) M (秒) S 形式で表示します。
(4)	削除されるまでの残り時間を、(日) DT (時) H (分) M (秒) S 形式で表示します。送信元 IPv6 アドレス指定の MLDv2 で登録された場合は Stopped と表示されます。この場合は、削除されるまでの残り時間は詳細情報 (detail オプション指定) で確認できます。

`show ipv6 mld groups detail` コマンドで、MLD エントリーの詳細情報を確認できます。
IPv6 マルチキャストグループアドレス `ff05::db8:0:1` を指定した場合の表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 mld groups ff05::db8:0:1 detail

Interface      : vlan10 ... (1)
Group          : ff05::db8:0:1 ... (2)
Uptime        : ODT00H01M20S ... (3)
Expires       : Stopped ... (4)
Group mode    : Include ... (5)
Last reporter  : fe80::200:a3ff:fe00:1 ... (6)

Group source list: ... (7)
Source Address                     Uptime        Expire
-----
2001:db8:1::100                    ODT00H01M20S ODT00H03M00S

Total Source Entries: 1

Total Entries: 1
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-27 show ipv6 mld groups detail コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	IPv6 インターフェース名を表示します。
(2)	IPv6 マルチキャストグループアドレスを表示します。

項番	説明
(3)	登録されてからの経過時間を、(日) DT (時) H (分) M (秒) S 形式で表示します。
(4)	削除されるまでの残り時間を、(日) DT (時) H (分) M (秒) S 形式で表示します。送信元 IPv6 アドレス指定の MLDv2 で登録された場合は Stopped と表示されます。この場合は、削除されるまでの残り時間は送信元 IPv6 アドレスリストで確認します。
(5)	フィルターモード (Include : INCLUDE モード / Exclude : EXCLUDE モード) を表示します。
(6)	直近に Multicast Listener Report を送信したリスナーの IPv6 アドレスを表示します。
(7)	送信元 IPv6 アドレスリストを表示します。本項目は送信元 IPv6 アドレス指定の MLDv2 で登録された場合に表示されます。 <ul style="list-style-type: none"> • Source Address : 対象マルチキャストの送信元 IPv6 アドレス • Uptime : 登録されてからの経過時間を、(日) DT (時) H (分) M (秒) S 形式で表示 • Expire : 削除されるまでの残り時間を、(日) DT (時) H (分) M (秒) S 形式で表示

8.2.6 IPv6 PIM の状態確認

IPv6 PIM の状態を表示して確認する方法を説明します。

8.2.6.1 IPv6 PIM 情報の表示

`show ipv6 pim sparse-mode` コマンドで IPv6 PIM のグローバル情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 pim sparse-mode

Register checksum wholepkt: Disabled ... (1)
Register probe time       : 5 seconds ... (2)
Register suppression time : 60 seconds ... (3)
SPT Threshold             : Infinity ... (4)
(S,G) keepalive time      : 210 seconds ... (5)
Embedded RP support       : Enabled ... (6)

RP Address ... (7)
  2001:db8:bbbb::1, group-list:IPv6-Static-RP-MC-LIST

RP Candidate ... (8)
  vlan10, group-list: IPv6-MC-LIST, interval: 60, priority: 192

BSR Candidate ... (9)
  vlan10, hash-mask-length: 126, priority: 64

SSM Group   : IPv6-SSM-MC-LIST ... (10)
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-28 show ipv6 pim sparse-mode コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	PIM メッセージ全体に対する Register メッセージのチェックサム計算の有効 (Enabled) / 無効 (Disabled) を表示します。
(2)	Register-probe の時間を表示します。

項番	説明
(3)	Register-suppression の時間を表示します。
(4)	ラストホップルーターに最初のパケットが到達した後の、送信元ツリーに切り替えるかどうかの設定を表示します。 <ul style="list-style-type: none"> • 0 : 送信元ツリーに切り替えるモード • infinity : 共有ツリーのままで送信元ツリーに切り替えないモード
(5)	Register メッセージ受信時の RP での (S,G) キープアライブ時間を表示します。
(6)	Embedded RP サポートの有効 (Enabled) / 無効 (Disabled) を表示します。
(7)	スタティックに設定したランデブーポイント (RP: Rendezvous Point) の情報を表示します。設定していない場合は表示されません。
(8)	自装置に設定した RP 候補の情報を表示します。設定していない場合は表示されません。
(9)	自装置に設定した BSR 候補の情報を表示します。設定していない場合は表示されません。
(10)	SSM (Source Specific Multicast) を有効にした場合に、指定した標準 IPv6 アクセスリストを表示します。default パラメーターを指定して有効にした場合は、FF3x::/32(default) と表示されます。設定していない場合は表示されません。

8.2.6.2 IPv6 PIM のインターフェース情報の表示

`show ipv6 pim interface sparse-mode` コマンドで IPv6 PIM のインターフェース情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 pim interface sparse-mode

PIM6-SM Interface Table
(1)      (2)      (3)      (4)      (5)      (6)      (7)
Interface  Mode      Nbr      DR      Hello    J/P      BSR
           Count  Priority Interval Interval Border
-----
vlan2      Sparse  1        1        30       60       disabled
  Address   : fe80::240:66ff:feaa:521b ... (8)
  Global Address: 2001:db8:22::2 ... (9)
  DR        : fe80::fe6d:d1ff:fe05:e9aa ... (10)
vlan10     Sparse  0        1        30       60       disabled
  Address   : fe80::240:66ff:feaa:521b
  Global Address: 2001:db8:aaaa::1
  DR        : this system

Total Entries: 2
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-29 show ipv6 pim interface sparse-mode コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	IPv6 インターフェース名を表示します。
(2)	PIM の動作モードを表示します。
(3)	ネイバルルーターの数を表示します。

項番	説明
(4)	自装置の DR 優先度を表示します。
(5)	PIM Hello メッセージの送信間隔を表示します。
(6)	PIM Join/Prune メッセージの送信間隔を表示します。
(7)	BSR 境界インターフェースの有効 (enabled) /無効 (disabled) を表示します。
(8)	リンクローカルアドレスを表示します。
(9)	グローバルユニキャストアドレスを表示します。
(10)	DR の IPv6 アドレスを表示します。自装置が DR の場合は this system と表示されます。

8.2.6.3 IPv6 PIM のネイバー情報の表示

`show ipv6 pim neighbor sparse-mode` コマンドで IPv6 PIM のネイバー情報を確認できます。表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 pim neighbor sparse-mode

Mode: B - Bidir Capable, DR - Designated Router, N - Default DR Priority,
      G - Supports Generation ID
(1)   (2)   (3)                               (4)   (5)
Neighbor-Address Interface Uptime/Expires           Ver   DR Pri/Mode
-----
fe80::fe6d:d1ff:fe05:e9aa
          vlan2           0DT01H18M01S/0DT00H01M44S  v2   1 /DR,G
fe80::240:66ff:feac:2c90
          vlan4           4DT21H55M01S/0DT00H01M36S  v2   1 /DR,G

Total Entries: 2
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-30 `show ipv6 pim neighbor sparse-mode` コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	PIM ネイバーの IPv6 アドレス (リンクローカルアドレス) を表示します。
(2)	自装置の IPv6 インターフェース名を表示します。
(3)	ネイバーが確立してからの経過時間、ネイバーが存在しなくなったと判断されるまでの残り時間を、(日) DT (時) H (分) M (秒) S 形式で表示します。
(4)	PIM のバージョンを表示します。
(5)	PIM ネイバーの DR 優先度、動作モードを表示します。DR Priority オプションが含まれていない PIM Hello メッセージを受信した場合は、DR 優先度は N と表示されます。

8.2.6.4 IPv6 PIM の BSR 情報の表示

show ipv6 pim bsr コマンドで IPv6 PIM の BSR 情報を確認できます。

BSR 情報の表示

選出された BSR 情報を確認する場合の表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 pim bsr election

PIMv2 BSR Information
BSR Election Information
This system is the Bootstrap Router (BSR) ... (1)
  BSR Address: 2001:db8:bbbb::1 ... (2)
  Uptime: ODT00H35M01S, BSR Priority: 64, Hash mask length: 126 ... (3)
  BS Timer: ODT00H00M40S ... (4)
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-31 show ipv6 pim bsr election コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	自装置が BSR の場合に表示されます。
(2)	BSR の IPv6 アドレスを表示します。
(3)	BSR が選出されてからの経過時間を (日) DT (時) H (分) M (秒) S 形式で表示します。また、BSR の優先度、ハッシュマスク長を表示します。
(4)	自装置が BSR の場合は、次のブートストラップメッセージが送信されるまでの残り時間を表示します。自装置が非 BSR の場合は、現在選出されている BSR が存在しなくなったと判断されるまでの残り時間を表示します。

自装置に設定した RP 候補の表示

自装置に設定した RP 候補を確認する場合の表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 pim bsr candidate-rp

PIMv2 C-RP Information
Candidate RP: 2001:db8:bbbb::1(vlan10) ... (1)
  Priority 192, Holdtime 150 ... (2)
  Advertisement interval 60 seconds ... (3)
  Next advertisement in ODT00H00M44S ... (4)
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-32 show ipv6 pim bsr candidate-rp コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	RP 候補の IPv6 アドレスと IPv6 インターフェース名を表示します。
(2)	RP 候補の優先度、保持時間を表示します。
(3)	Candidate-RP-Advertisement メッセージの送信間隔を表示します。
(4)	次の Candidate-RP-Advertisement メッセージが送信されるまでの残り時間を表示します。

BSR に登録された RP 候補の表示

BSR に登録された RP 候補を確認する場合の表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 pim bsr rp-cache

PIMv2 BSR C-RP Cache
BSR Candidate RP Cache
Group(s) ff05::db8:1:0/112 ... (1)
  RP 2001:db8:bbbb::1 ... (2)
    Priority 192 ... (3)
    Uptime: 0DT00H21M54S, expires: 0DT00H01M46S ... (4)
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-33 show ipv6 pim bsr rp-cache コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	マルチキャストグループアドレスを表示します。
(2)	RP の IPv6 アドレスを表示します。
(3)	RP 優先度を表示します。
(4)	RP 情報を取得してからの経過時間、削除されるまでの残り時間を、(日) DT (時) H (分) M (秒) S 形式で表示します。残り時間は装置が BSR の場合にのみカウントします。

8.2.6.5 IPv6 PIM の RP マッピング情報の表示

show ipv6 pim group-map コマンドで IPv6 PIM の RP マッピング情報を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ipv6 pim group-map

ff05::db8:2:0/112 ... (1)
  RP: 2001:db8:bbbb::1 ... (2)
  Info source: static ... (3)

ff05::db8:1:0/112
  RP: 2001:db8:bbbb::1
  Info source: 2001:db8:bbbb::1, via bootstrap
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 8-34 show ipv6 pim group-map コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	マルチキャストグループアドレスを表示します。
(2)	RP の IPv6 アドレスを表示します。
(3)	RP 情報を取得した情報元を表示します。 <ul style="list-style-type: none"> • via bootstrap : ブートストラップメッセージから取得 • embedded : Embedded RP から取得 • static : RP のスタティック設定 (ipv6 pim rp-address コマンド) から取得

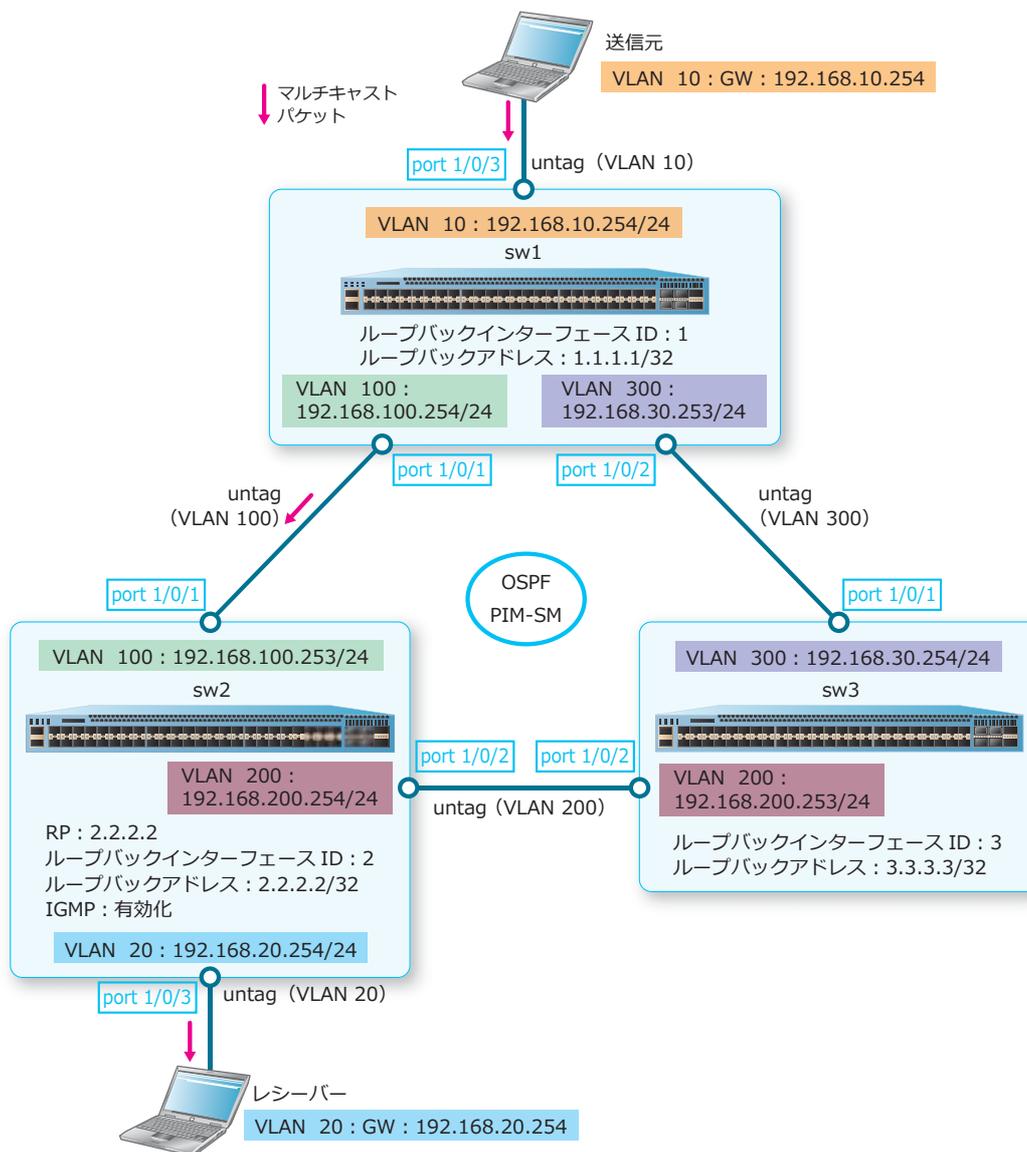
8.3 マルチキャストルーティングの構成例と設定例

マルチキャストルーティングを利用する場合の構成例と設定例を示します。

8.3.1 スタティックな RP によるマルチキャストルーティングの設定例

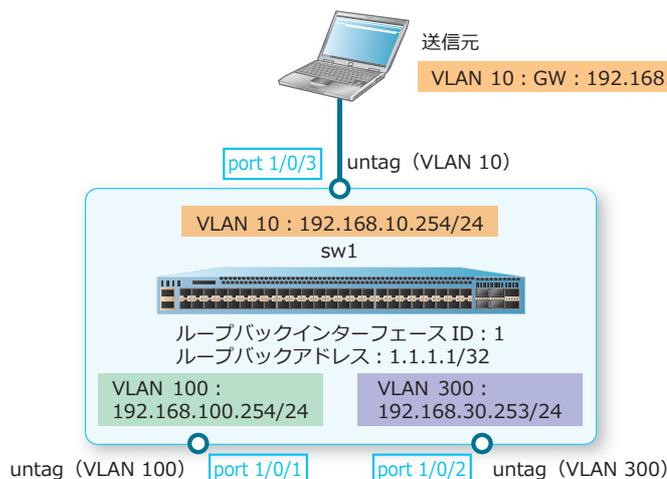
装置を3台設置し、sw2 をスタティックな RP に設定してマルチキャストルーティングを構成します。

図 8-6 スタティックな RP によるマルチキャストルーティングの構成例



8.3.1.1 PIM-SM : sw1 の設定例

図 8-7 PIM-SM : sw1 の設定例



1. VLAN 10、VLAN 100、および VLAN 300 を作成します。

```
sw1# configure terminal
sw1(config)# vlan 10
sw1(config-vlan)# exit
sw1(config)# vlan 100
sw1(config-vlan)# exit
sw1(config)# vlan 300
sw1(config-vlan)# exit
sw1(config)#
```

2. ポート 1/0/1、ポート 1/0/2、およびポート 1/0/3 をアクセスポートとして設定し、アクセスポートに [VLAN 100]、[VLAN 300]、および [VLAN 10] を割り当てます。

```
sw1(config)# interface port 1/0/1
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 100
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)# interface port 1/0/2
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 300
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)# interface port 1/0/3
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 10
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)#
```

3. VLAN 10 の IP アドレスを [192.168.10.254/24] に、VLAN 100 の IP アドレスを [192.168.100.254/24] に、VLAN 300 の IP アドレスを [192.168.30.253/24] に設定し、PIM-SM を有効化します。

```
sw1(config)# interface vlan 10
sw1(config-if-vlan)# ip address 192.168.10.254/24
sw1(config-if-vlan)# ip pim sparse-mode
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)# interface vlan 100
sw1(config-if-vlan)# ip address 192.168.100.254/24
sw1(config-if-vlan)# ip pim sparse-mode
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)# interface vlan 300
sw1(config-if-vlan)# ip address 192.168.30.253/24
sw1(config-if-vlan)# ip pim sparse-mode
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)#
```

4. ループバックインターフェース ID を [1] に、ループバックアドレスを [1.1.1.1/32] に設定し、PIM-SM を有効化します。

```
sw1(config)# interface loopback 1
sw1(config-if-loopback)# ip address 1.1.1.1/32
sw1(config-if-loopback)# ip pim sparse-mode
sw1(config-if-loopback)# exit
sw1(config)#
```

5. マルチキャストルーティングを有効化し、RP の IP アドレスを [2.2.2.2] に設定します。

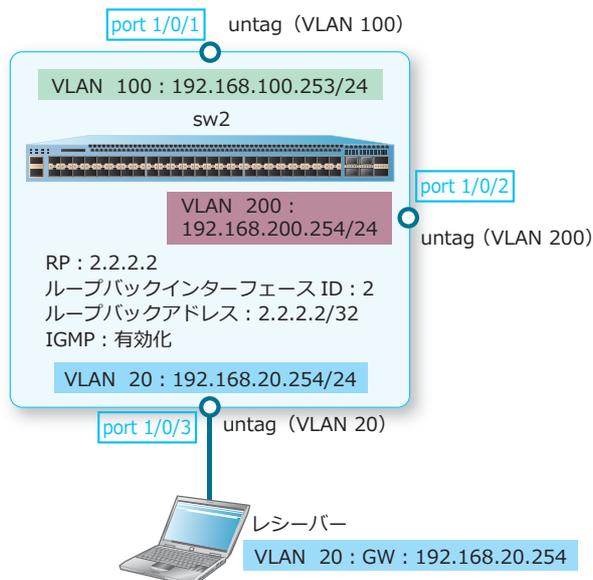
```
sw1(config)# ip multicast-routing
sw1(config)# ip pim rp-address 2.2.2.2
sw1(config)#
```

6. OSPF を有効にするネットワークを [192.168.100.0 0.0.0.255] および [192.168.30.0 0.0.0.255] に、それぞれのネットワークのエリア ID を [0] に設定します。また、直接接続された経路の再配布を設定します。

```
sw1(config)# router ospf
sw1(config-router)# network 192.168.100.0 0.0.0.255 area 0
sw1(config-router)# network 192.168.30.0 0.0.0.255 area 0
sw1(config-router)# redistribute connected
sw1(config-router)# end
sw1#
```

8.3.1.2 PIM-SM : スタティック RP の設定例 (sw2)

図 8-8 PIM-SM : スタティック RP の設定例 (sw2)



1. VLAN 20、VLAN 100、および VLAN 200 を作成します。

```
sw2# configure terminal
sw2(config)# vlan 20
sw2(config-vlan)# exit
sw2(config)# vlan 100
sw2(config-vlan)# exit
sw2(config)# vlan 200
sw2(config-vlan)# exit
sw2(config)#
```

2. ポート 1/0/1、ポート 1/0/2、およびポート 1/0/3 をアクセスポートとして設定し、アクセスポートに [VLAN 100]、[VLAN200]、および [VLAN 20] を割り当てます。

```
sw2(config)# interface port 1/0/1
sw2(config-if-port)# switchport access vlan 100
sw2(config-if-port)# exit
sw2(config)# interface port 1/0/2
sw2(config-if-port)# switchport access vlan 200
sw2(config-if-port)# exit
sw2(config)# interface port 1/0/3
sw2(config-if-port)# switchport access vlan 20
sw2(config-if-port)# exit
sw2(config)#
```

3. VLAN 20 の IP アドレスを [192.168.20.254/24] に、VLAN 100 の IP アドレスを [192.168.100.253/24] に、VLAN 200 の IP アドレスを [192.168.200.254/24] に設定し、PIM-SM と IGMP を有効化します。

```
sw2(config)# interface vlan 20
sw2(config-if-vlan)# ip address 192.168.20.254/24
sw2(config-if-vlan)# ip pim sparse-mode
sw2(config-if-vlan)# ip igmp enable
sw2(config-if-vlan)# exit
sw2(config)# interface vlan 100
sw2(config-if-vlan)# ip address 192.168.100.253/24
sw2(config-if-vlan)# ip pim sparse-mode
sw2(config-if-vlan)# exit
sw2(config)# interface vlan 200
sw2(config-if-vlan)# ip address 192.168.200.254/24
sw2(config-if-vlan)# ip pim sparse-mode
sw2(config-if-vlan)# exit
sw2(config)#
```

4. ループバックインターフェース ID を [2] に、ループバックアドレスを [2.2.2.2/32] に設定し、PIM-SM を有効化します。

```
sw2(config)# interface loopback 2
sw2(config-if-loopback)# ip address 2.2.2.2/32
sw2(config-if-loopback)# ip pim sparse-mode
sw2(config-if-loopback)# exit
sw2(config)#
```

5. マルチキャストルーティングを有効化し、RP の IP アドレスを [2.2.2.2] に設定します。

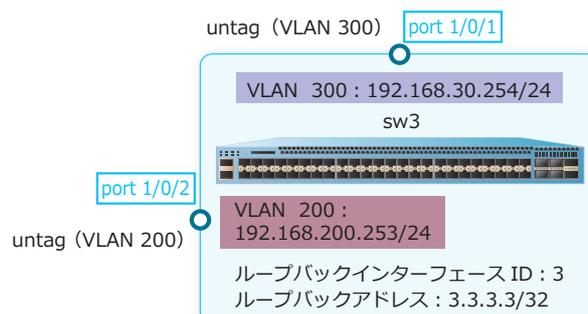
```
sw2(config)# ip multicast-routing
sw2(config)# ip pim rp-address 2.2.2.2
sw2(config)#
```

6. OSPF を有効にするネットワークを [192.168.100.0 0.0.0.255] および [192.168.200.0 0.0.0.255] に、それぞれのネットワークのエリア ID を [0] に設定します。また、直接接続された経路の再配布を設定します。

```
sw2(config)# router ospf
sw2(config-router)# network 192.168.100.0 0.0.0.255 area 0
sw2(config-router)# network 192.168.200.0 0.0.0.255 area 0
sw2(config-router)# redistribute connected
sw2(config-router)# end
sw2#
```

8.3.1.3 PIM-SM : sw3 の設定例

図 8-9 PIM-SM : sw3 の設定例



1. VLAN 200 および VLAN 300 を作成します。

```
sw3# configure terminal
sw3(config)# vlan 200
sw3(config-vlan)# exit
sw3(config)# vlan 300
sw3(config-vlan)# exit
sw3(config)#
```

2. ポート 1/0/1 およびポート 1/0/2 をアクセスポートとして設定し、アクセスポートに [VLAN 300] と [VLAN 200] を割り当てます。

```
sw3(config)# interface port 1/0/1
sw3(config-if-port)# switchport access vlan 300
sw3(config-if-port)# exit
sw3(config)# interface port 1/0/2
sw3(config-if-port)# switchport access vlan 200
sw3(config-if-port)# exit
sw3(config)#
```

3. VLAN 200 の IP アドレスを [192.168.200.253/24] に、VLAN 300 の IP アドレスを [192.168.30.254/24] に設定し、PIM-SM を有効化します。

```
sw3(config)# interface vlan 200
sw3(config-if-vlan)# ip address 192.168.200.253/24
sw3(config-if-vlan)# ip pim sparse-mode
sw3(config-if-vlan)# exit
sw3(config)# interface vlan 300
sw3(config-if-vlan)# ip address 192.168.30.254/24
sw3(config-if-vlan)# ip pim sparse-mode
sw3(config-if-vlan)# exit
sw3(config)#
```

4. ループバックインターフェース ID を [3] に、ループバックアドレスを [3.3.3.3/32] に設定し、PIM-SM を有効化します。

```
sw3(config)# interface loopback 3
sw3(config-if-loopback)# ip address 3.3.3.3/32
sw3(config-if-loopback)# ip pim sparse-mode
sw3(config-if-loopback)# exit
sw3(config)#
```

5. マルチキャストルーティングを有効化し、RP の IP アドレスを [2.2.2.2] に設定します。

```
sw3(config)# ip multicast-routing
sw3(config)# ip pim rp-address 2.2.2.2
sw3(config)#
```

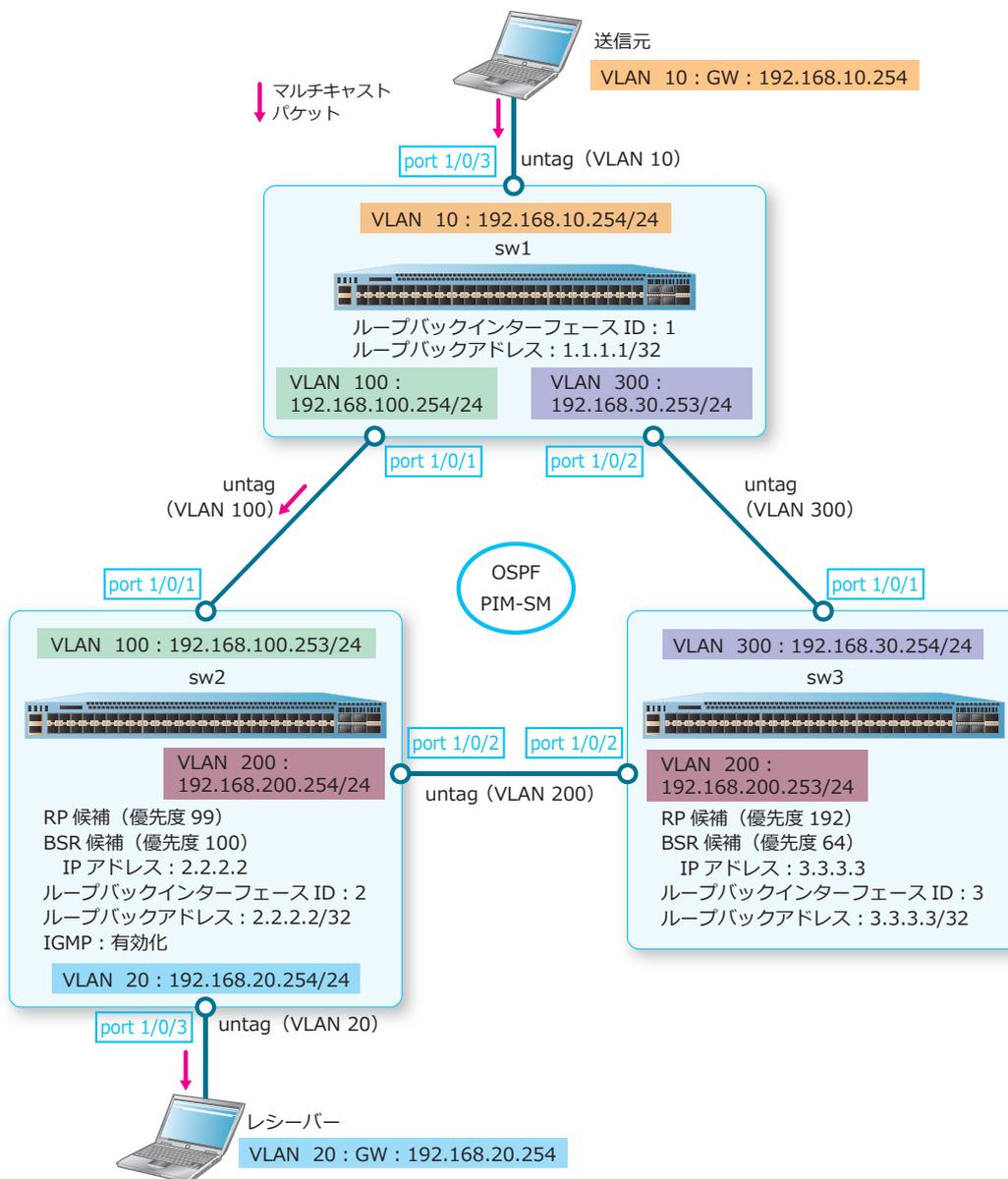
6. OSPF を有効にするネットワークを [192.168.200.0 0.0.0.255] および [192.168.30.0 0.0.0.255] に、それぞれのネットワークのエリア ID を [0] に設定します。また、直接接続された経路の再配布を設定します。

```
sw3(config)# router ospf
sw3(config-router)# network 192.168.200.0 0.0.0.255 area 0
sw3(config-router)# network 192.168.30.0 0.0.0.255 area 0
sw3(config-router)# redistribute connected
sw3(config-router)# end
sw3#
```

8.3.2 RP 候補と BSR 候補によるマルチキャストルーティングの設定例

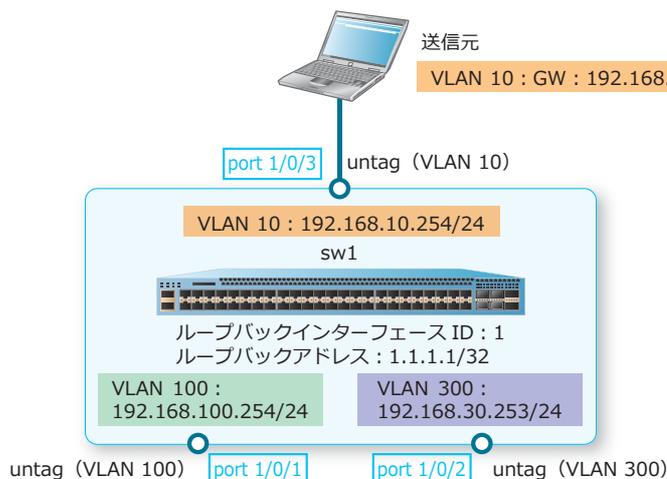
装置を3台設置し、sw2 と sw3 を RP 候補と BSR 候補に設定してマルチキャストルーティングを構成します。この設定例では sw2 が RP と BSR に選出されるように優先度を設定しています。

図 8-10 RP 候補と BSR 候補によるマルチキャストルーティングの構成例



8.3.2.1 PIM-SM : sw1 の設定例

図 8-11 PIM-SM : sw1 の設定例



1. VLAN 10、VLAN 100、および VLAN 300 を作成します。

```
sw1# configure terminal
sw1(config)# vlan 10
sw1(config-vlan)# exit
sw1(config)# vlan 100
sw1(config-vlan)# exit
sw1(config)# vlan 300
sw1(config-vlan)# exit
sw1(config)#
```

2. ポート 1/0/1、ポート 1/0/2、およびポート 1/0/3 をアクセスポートとして設定し、アクセスポートに [VLAN 100]、[VLAN 300]、および [VLAN 10] を割り当てます。

```
sw1(config)# interface port 1/0/1
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 100
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)# interface port 1/0/2
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 300
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)# interface port 1/0/3
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 10
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)#
```

3. VLAN 10 の IP アドレスを [192.168.10.254/24] に、VLAN 100 の IP アドレスを [192.168.100.254/24] に、VLAN 300 の IP アドレスを [192.168.30.253/24] に設定し、PIM-SM を有効化します。

```
sw1(config)# interface vlan 10
sw1(config-if-vlan)# ip address 192.168.10.254/24
sw1(config-if-vlan)# ip pim sparse-mode
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)# interface vlan 100
sw1(config-if-vlan)# ip address 192.168.100.254/24
sw1(config-if-vlan)# ip pim sparse-mode
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)# interface vlan 300
sw1(config-if-vlan)# ip address 192.168.30.253/24
sw1(config-if-vlan)# ip pim sparse-mode
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)#
```

4. ループバックインターフェース ID を [1] に、ループバックアドレスを [1.1.1.1/32] に設定し、PIM-SM を有効化します。

```
sw1(config)# interface loopback 1
sw1(config-if-loopback)# ip address 1.1.1.1/32
sw1(config-if-loopback)# ip pim sparse-mode
sw1(config-if-loopback)# exit
sw1(config)#
```

5. マルチキャストルーティングを有効化します。

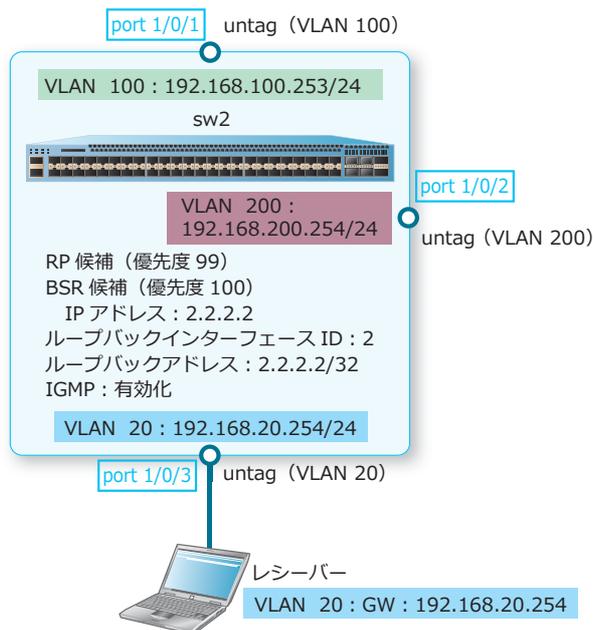
```
sw1(config)# ip multicast-routing
sw1(config)#
```

6. OSPF を有効にするネットワークを [192.168.100.0 0.0.0.255] および [192.168.30.0 0.0.0.255] に、それぞれのネットワークのエリア ID を [0] に設定します。また、直接接続された経路の再配布を設定します。

```
sw1(config)# router ospf
sw1(config-router)# network 192.168.100.0 0.0.0.255 area 0
sw1(config-router)# network 192.168.30.0 0.0.0.255 area 0
sw1(config-router)# redistribute connected
sw1(config-router)# end
sw1#
```

8.3.2.2 PIM-SM : RP 候補と BSR 候補の設定例 (sw2)

図 8-12 PIM-SM : RP 候補と BSR 候補の設定例 (sw2)



1. VLAN 20、VLAN 100、および VLAN 200 を作成します。

```
sw2# configure terminal
sw2(config)# vlan 20
sw2(config-vlan)# exit
sw2(config)# vlan 100
sw2(config-vlan)# exit
sw2(config)# vlan 200
sw2(config-vlan)# exit
sw2(config)#
```

2. ポート 1/0/1、ポート 1/0/2、およびポート 1/0/3 をアクセスポートとして設定し、アクセスポートに [VLAN 100]、[VLAN 200]、および [VLAN 20] を割り当てます。

```
sw2(config)# interface port 1/0/1
sw2(config-if-port)# switchport access vlan 100
sw2(config-if-port)# exit
sw2(config)# interface port 1/0/2
sw2(config-if-port)# switchport access vlan 200
sw2(config-if-port)# exit
sw2(config)# interface port 1/0/3
sw2(config-if-port)# switchport access vlan 20
sw2(config-if-port)# exit
sw2(config)#
```

3. VLAN 20 の IP アドレスを [192.168.20.254/24] に、VLAN 100 の IP アドレスを [192.168.100.253/24] に、VLAN 200 の IP アドレスを [192.168.200.254/24] に設定し、PIM-SM と IGMP を有効化します。

```
sw2(config)# interface vlan 20
sw2(config-if-vlan)# ip address 192.168.20.254/24
sw2(config-if-vlan)# ip pim sparse-mode
sw2(config-if-vlan)# ip igmp enable
sw2(config-if-vlan)# exit
sw2(config)# interface vlan 100
sw2(config-if-vlan)# ip address 192.168.100.253/24
sw2(config-if-vlan)# ip pim sparse-mode
sw2(config-if-vlan)# exit
sw2(config)# interface vlan 200
sw2(config-if-vlan)# ip address 192.168.200.254/24
sw2(config-if-vlan)# ip pim sparse-mode
sw2(config-if-vlan)# exit
sw2(config)#
```

4. ループバックインターフェース ID を [2] に、ループバックアドレスを [2.2.2.2/32] に設定し、PIM-SM を有効化します。

```
sw2(config)# interface loopback 2
sw2(config-if-loopback)# ip address 2.2.2.2/32
sw2(config-if-loopback)# ip pim sparse-mode
sw2(config-if-loopback)# exit
sw2(config)#
```

5. マルチキャストルーティングを有効化します。sw2 が RP と BSR に選出されるように、優先度を以下のように指定して RP 候補と BSR 候補を設定します。

優先度 : RP 候補の優先度 [99]、BSR 候補の優先度 [100]

NOTE: RP は優先度の値が小さい方が優先されます。

NOTE: BSR は優先度の値が大きい方が優先されます。

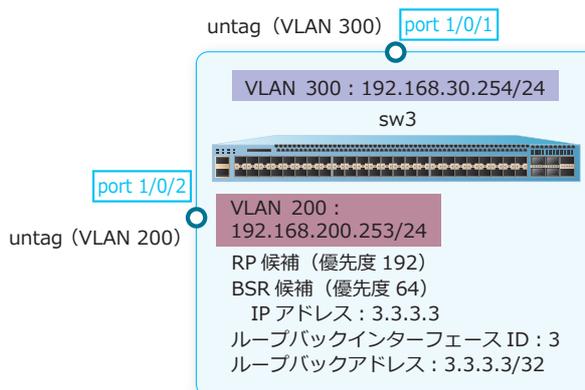
```
sw2(config)# ip multicast-routing
sw2(config)# ip pim rp-candidate priority 99
sw2(config)# ip pim bsr-candidate loopback2 30 100
sw2(config)# ip pim rp-candidate loopback2
sw2(config)#
```

6. OSPF を有効にするネットワークを [192.168.100.0 0.0.0.255] および [192.168.200.0 0.0.0.255] に、それぞれのネットワークのエリア ID を [0] に設定します。また、直接接続された経路の再配布を設定します。

```
sw2(config)# router ospf
sw2(config-router)# network 192.168.100.0 0.0.0.255 area 0
sw2(config-router)# network 192.168.200.0 0.0.0.255 area 0
sw2(config-router)# redistribute connected
sw2(config-router)# end
sw2#
```

8.3.2.3 PIM-SM : RP 候補と BSR 候補の設定例 (sw3)

図 8-13 PIM-SM : RP 候補と BSR 候補の設定例 (sw3)



1. VLAN 200 および VLAN 300 を作成します。

```
sw3# configure terminal
sw3(config)# vlan 200
sw3(config-vlan)# exit
sw3(config)# vlan 300
sw3(config-vlan)# exit
sw3(config)#
```

2. ポート 1/0/1 およびポート 1/0/2 をアクセスポートとして設定し、アクセスポートに [VLAN 300] および [VLAN 200] を割り当てます。

```
sw3(config)# interface port 1/0/1
sw3(config-if-port)# switchport access vlan 300
sw3(config-if-port)# exit
sw3(config)# interface port 1/0/2
sw3(config-if-port)# switchport access vlan 200
sw3(config-if-port)# exit
sw3(config)#
```

3. VLAN 200 の IP アドレスを [192.168.200.253/24] に、VLAN 300 の IP アドレスを [192.168.30.254/24] に設定し、PIM-SM を有効化します。

```
sw3(config)# interface vlan 200
sw3(config-if-vlan)# ip address 192.168.200.253/24
sw3(config-if-vlan)# ip pim sparse-mode
sw3(config-if-vlan)# exit
sw3(config)# interface vlan 300
sw3(config-if-vlan)# ip address 192.168.30.254/24
sw3(config-if-vlan)# ip pim sparse-mode
sw3(config-if-vlan)# exit
sw3(config)#
```

4. ループバックインターフェース ID を [3] に、ループバックアドレスを [3.3.3.3/32] に設定し、PIM-SM を有効化します。

```
sw3(config)# interface loopback 3
sw3(config-if-loopback)# ip address 3.3.3.3/32
sw3(config-if-loopback)# ip pim sparse-mode
sw3(config-if-loopback)# exit
sw3(config)#
```

5. マルチキャストルーティングを有効化します。優先度はデフォルト設定のままで RP 候補（優先度は 192）と BSR 候補（優先度は 64）を設定します。

```
sw3(config)# ip multicast-routing  
sw3(config)# ip pim rp-candidate loopback3  
sw3(config)# ip pim bsr-candidate loopback3  
sw3(config)#
```

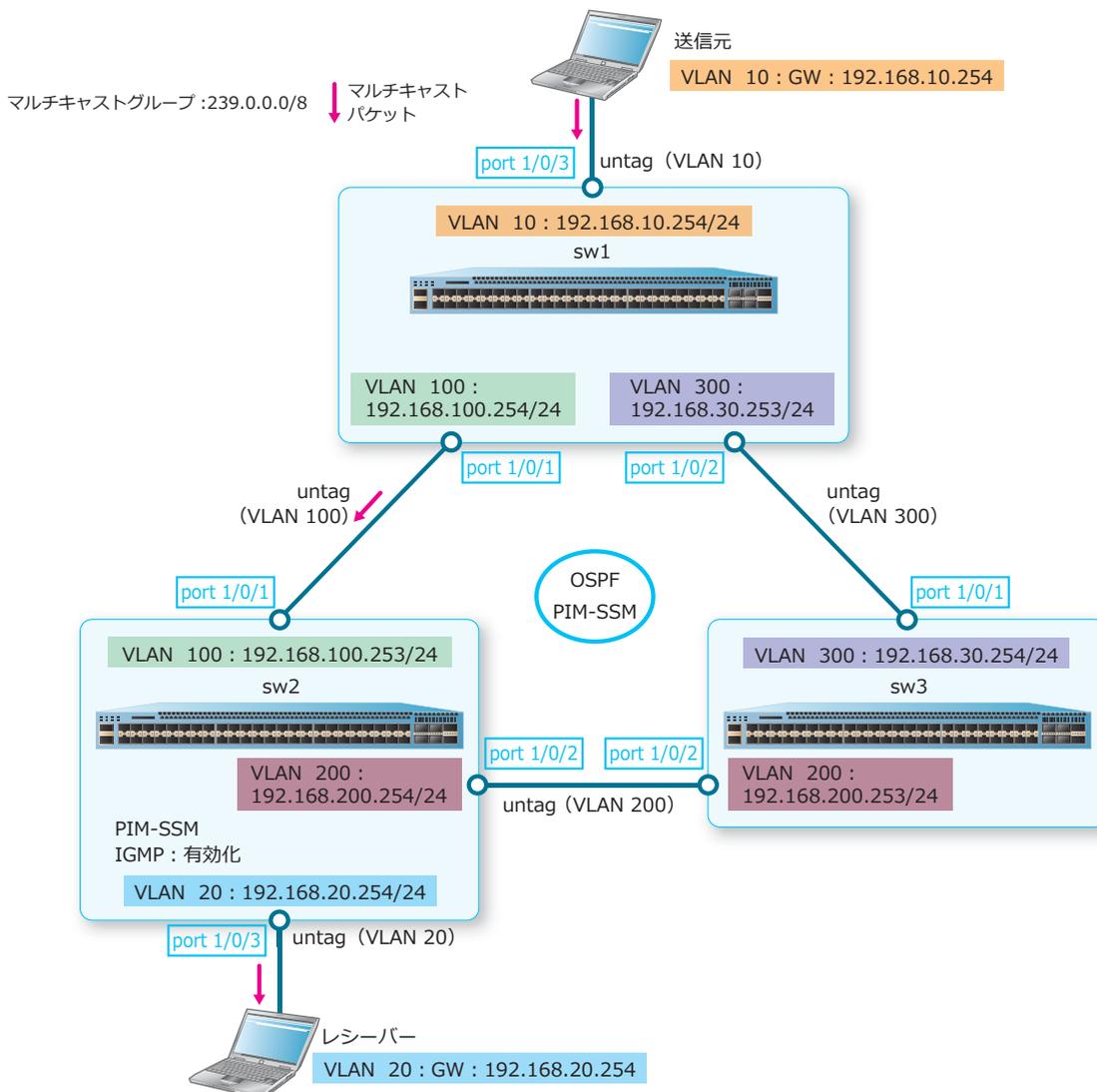
6. OSPF を有効にするネットワークを [192.168.200.0 0.0.0.255] および [192.168.30.0 0.0.0.255] に、それぞれのネットワークのエリア ID を [0] に設定します。また、直接接続された経路の再配布を設定します。

```
sw3(config)# router ospf  
sw3(config-router)# network 192.168.200.0 0.0.0.255 area 0  
sw3(config-router)# network 192.168.30.0 0.0.0.255 area 0  
sw3(config-router)# redistribute connected  
sw3(config-router)# end  
sw3#
```

8.3.3 PIM-SSM によるマルチキャストルーティングの設定例

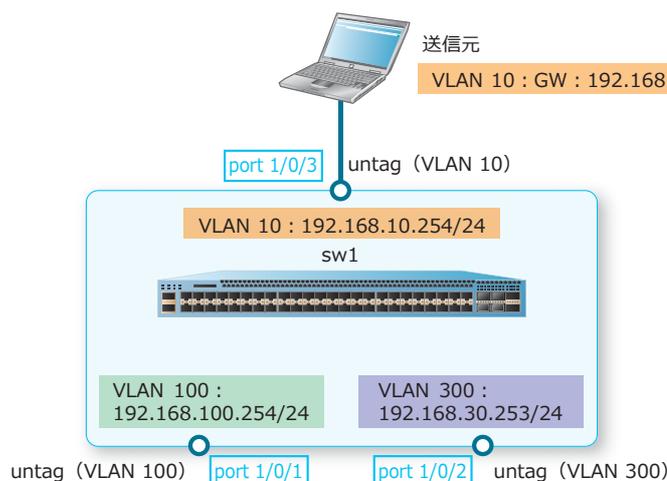
装置を 3 台設置し、sw1 をファーストホップルーター、sw2 をラストホップルーターとしてマルチキャストルーティングを構成します。

図 8-14 PIM-SSM によるマルチキャストルーティングの構成例



8.3.3.1 PIM-SSM : sw1 の設定例

図 8-15 PIM-SSM : sw1 の設定例



1. VLAN 10、VLAN 100、および VLAN 300 を作成します。

```
sw1# configure terminal
sw1(config)# vlan 10
sw1(config-vlan)# exit
sw1(config)# vlan 100
sw1(config-vlan)# exit
sw1(config)# vlan 300
sw1(config-vlan)# exit
sw1(config)#
```

2. ポート 1/0/1、ポート 1/0/2、およびポート 1/0/3 をアクセスポートとして設定し、アクセスポートに [VLAN 100]、[VLAN 300]、および [VLAN 10] を割り当てます。

```
sw1(config)# interface port 1/0/1
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 100
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)# interface port 1/0/2
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 300
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)# interface port 1/0/3
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 10
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)#
```

3. VLAN 10 の IP アドレスを [192.168.10.254/24] に、VLAN 100 の IP アドレスを [192.168.100.254/24] に、VLAN 300 の IP アドレスを [192.168.30.253/24] に設定し、PIM-SM を有効化します。

```
sw1(config)# interface vlan 10
sw1(config-if-vlan)# ip address 192.168.10.254/24
sw1(config-if-vlan)# ip pim sparse-mode
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)# interface vlan 100
sw1(config-if-vlan)# ip address 192.168.100.254/24
sw1(config-if-vlan)# ip pim sparse-mode
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)# interface vlan 300
sw1(config-if-vlan)# ip address 192.168.30.253/24
sw1(config-if-vlan)# ip pim sparse-mode
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)#
```

4. マルチキャストルーティングを有効化します。

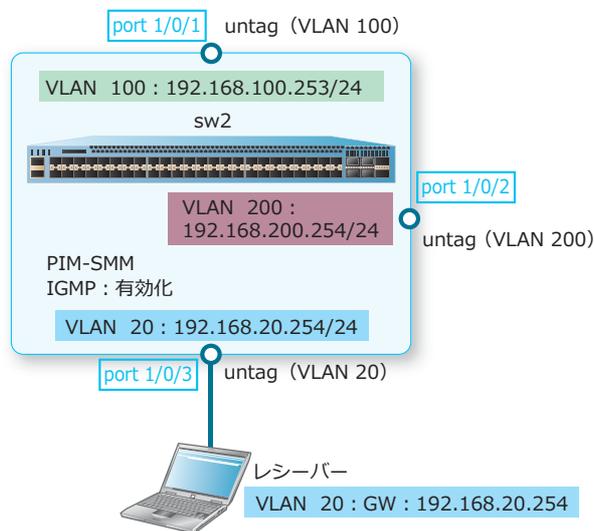
```
sw1(config)# ip multicast-routing  
sw1(config)#
```

5. OSPF を有効にするネットワークを [192.168.100.0 0.0.0.255] および [192.168.30.0 0.0.0.255] に、それぞれのネットワークのエリア ID を [0] に設定します。また、直接接続された経路の再配布を設定します。

```
sw1(config)# router ospf  
sw1(config-router)# network 192.168.100.0 0.0.0.255 area 0  
sw1(config-router)# network 192.168.30.0 0.0.0.255 area 0  
sw1(config-router)# redistribute connected  
sw1(config-router)# end  
sw1#
```

8.3.3.2 PIM-SSM : sw2 の設定例

図 8-16 PIM-SSM : sw2 の設定例



1. VLAN 20、VLAN 100、および VLAN 200 を作成します。

```
sw2# configure terminal  
sw2(config)# vlan 20  
sw2(config-vlan)# exit  
sw2(config)# vlan 100  
sw2(config-vlan)# exit  
sw2(config)# vlan 200  
sw2(config-vlan)# exit  
sw2(config)#
```

2. ポート 1/0/1、ポート 1/0/2、およびポート 1/0/3 をアクセスポートとして設定し、アクセスポートに [VLAN 100]、[VLAN 200]、および [VLAN 20] を割り当てます。

```
sw2(config)# interface port 1/0/1  
sw2(config-if-port)# switchport access vlan 100  
sw2(config-if-port)# exit  
sw2(config)# interface port 1/0/2  
sw2(config-if-port)# switchport access vlan 200  
sw2(config-if-port)# exit  
sw2(config)# interface port 1/0/3  
sw2(config-if-port)# switchport access vlan 20  
sw2(config-if-port)# exit  
sw2(config)#
```

3. VLAN 20 の IP アドレスを [192.168.20.254/24] に、VLAN 100 の IP アドレスを [192.168.100.253/24] に、VLAN 200 の IP アドレスを [192.168.200.254/24] に設定し、PIM-SM と IGMP を有効化します。

```
sw2(config)# interface vlan 20
sw2(config-if-vlan)# ip address 192.168.20.254/24
sw2(config-if-vlan)# ip pim sparse-mode
sw2(config-if-vlan)# ip igmp enable
sw2(config-if-vlan)# exit
sw2(config)# interface vlan 100
sw2(config-if-vlan)# ip address 192.168.100.253/24
sw2(config-if-vlan)# ip pim sparse-mode
sw2(config-if-vlan)# exit
sw2(config)# interface vlan 200
sw2(config-if-vlan)# ip address 192.168.200.254/24
sw2(config-if-vlan)# ip pim sparse-mode
sw2(config-if-vlan)# exit
sw2(config)#
```

4. マルチキャストグループ [239.0.0.0/8] を指定するアクセスリスト [SSM_239] を設定します。

```
sw2(config)# ip access-list SSM_239
sw2(config-ip-acl)# 10 permit any 239.0.0.0 0.255.255.255
sw2(config-ip-acl)# exit
sw2(config)#
```

5. マルチキャストルーティングを有効化し、かつ PIM-SSM をアクセスリスト [SSM_239] (マルチキャストグループ [239.0.0.0/8]) を指定して有効化します。

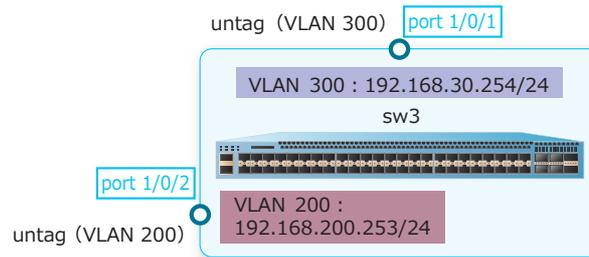
```
sw2(config)# ip multicast-routing
sw2(config)# ip pim ssm range SSM_239
sw2(config)#
```

6. OSPF を有効にするネットワークを [192.168.100.0 0.0.0.255] および [192.168.200.0 0.0.0.255] に、それぞれのネットワークのエリア ID を [0] に設定します。また、直接接続された経路の再配布を設定します。

```
sw2(config)# router ospf
sw2(config-router)# network 192.168.100.0 0.0.0.255 area 0
sw2(config-router)# network 192.168.200.0 0.0.0.255 area 0
sw2(config-router)# redistribute connected
sw2(config-router)# end
sw2#
```

8.3.3.3 PIM-SSM : sw3 の設定例

図 8-17 PIM-SSM : sw3 の設定例



1. VLAN 200 および VLAN 300 を作成します。

```
sw3# configure terminal
sw3(config)# vlan 200
sw3(config-vlan)# exit
sw3(config)# vlan 300
sw3(config-vlan)# exit
sw3(config)#
```

2. ポート 1/0/1 およびポート 1/0/2 をアクセスポートとして設定し、アクセスポートに [VLAN 300] および [VLAN 200] を割り当てます。

```
sw3(config)# interface port 1/0/1
sw3(config-if-port)# switchport access vlan 300
sw3(config-if-port)# exit
sw3(config)# interface port 1/0/2
sw3(config-if-port)# switchport access vlan 200
sw3(config-if-port)# exit
sw3(config)#
```

3. VLAN 200 の IP アドレスを [192.168.200.253/24] に、VLAN 300 の IP アドレスを [192.168.30.254/24] に設定し、PIM-SM を有効化します。

```
sw3(config)# interface vlan 200
sw3(config-if-vlan)# ip address 192.168.200.253/24
sw3(config-if-vlan)# ip pim sparse-mode
sw3(config-if-vlan)# exit
sw3(config)# interface vlan 300
sw3(config-if-vlan)# ip address 192.168.30.254/24
sw3(config-if-vlan)# ip pim sparse-mode
sw3(config-if-vlan)# exit
sw3(config)#
```

4. マルチキャストルーティングを有効化します。

```
sw3(config)# ip multicast-routing
sw3(config)#
```

5. OSPF を有効にするネットワークを [192.168.200.0 0.0.0.255] および [192.168.30.0 0.0.0.255] に、それぞれのネットワークのエリア ID を [0] に設定します。また、直接接続された経路の再配布を設定します。

```
sw3(config)# router ospf
sw3(config-router)# network 192.168.200.0 0.0.0.255 area 0
sw3(config-router)# network 192.168.30.0 0.0.0.255 area 0
sw3(config-router)# redistribute connected
sw3(config-router)# end
sw3#
```

9. ルートマップ

ルートマップの機能、状態の確認方法、および構成例と設定例について説明します。

REF: コマンドの詳細については、『コマンドリファレンス』を参照してください。

9.1 ルートマップの機能説明

ルートマップは、パケットやルートを選択するための条件、および条件に合致したルートに対する処理の実行を定義します。ルートマップは `route-map` コマンドで作成し、条件は `match` コマンド、処理は `set` コマンドで定義します。

ルートマップは、ポリシーベースルーティングおよびルーティングプロトコル（RIP、OSPF）のルートの再配布で、ルート进行操作するために使用します。

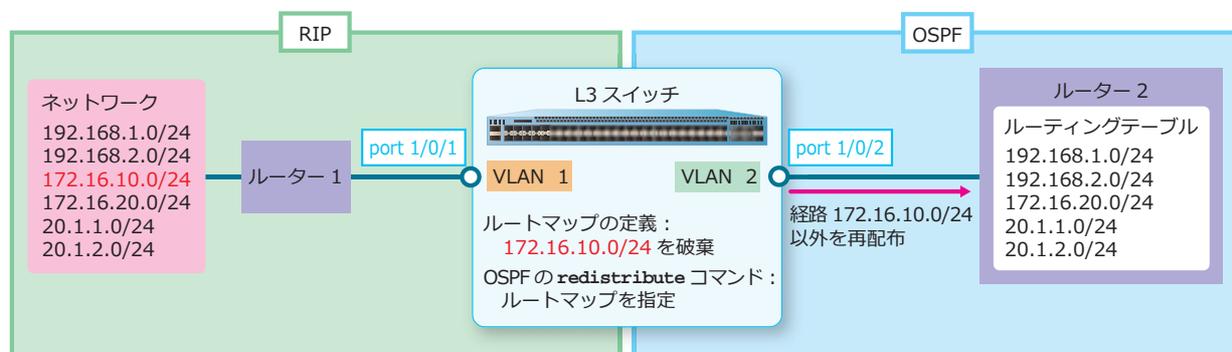
ルートマップには、定義した条件に合致したパケットやルートを「許可」するか、またはルートを「拒否」するかの処理を設定します。許可する場合は、ルートマップ作成時に `route-map` コマンドで `permit` パラメーターを指定します。拒否する場合は、`deny` パラメーターを指定します。

`permit` パラメーターを指定した場合、条件に合致するパケットやルートが許可され、指定した処理が実行されます。

`deny` パラメーターを指定した場合、条件に合致するルートが破棄されます。

下図の例では、RIP で受信した経路のうち、172.16.10.0/24 宛ての経路を拒否（破棄）するという処理を定義したルートマップを OSPF の `redistribute` コマンドで指定し、必要なルートを OSPF 側に再配信します。

図 9-1 ルートマップによる特定経路の拒否



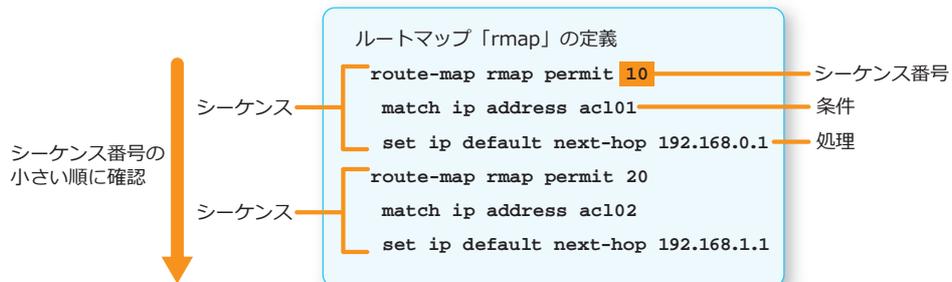
REF: ポリシーベースルーティングのルートマップとして使用する方法については、「第5編 レイヤー3」の「ポリシーベースルーティング」を参照してください。

9.1.1 シーケンスと処理の順番

ルートマップに定義する条件や処理は、**シーケンス**で管理されます。シーケンスは、`route-map` コマンドを使用するごとに作成され、**シーケンス番号**によって管理します。シーケンス番号は、`route-map` コマンド使用時に指定します。

ポリシーベースルーティングやルーティングプロトコルからルートマップが参照される際、シーケンス番号が小さいシーケンスから確認され、条件が合致した時点で処理が実行されます。

図 9-2 シーケンスと処理の順番



9.1.2 条件の定義 (match コマンド)

ルートマップを使用したルーティングやルートの再配布では、条件となる対象のパケットやルートを `match` コマンドで定義します。

CAUTION: OSPFv2 の再配布などの条件を `match ip route-source` コマンドで設定した場合、設定内容は即時適用されません。設定内容を適用するには、`clear ip ospf` コマンドを使用してください。

定義できる条件

定義できる条件は、以下のとおりです。

- 送信インターフェース
- 標準 IP / 標準 IPv6 アクセスリストに基づいたルート
- 標準 IP / 標準 IPv6 アクセスリストに基づいたネクストホップ
- 標準 IP アクセスリストに基づいたルートの送信元ルーターの IP アドレス
- ルートのメトリック
- OSPF ルートタイプ

9.1.3 処理の定義 (set コマンド)

`match` コマンドで定義した条件に合致したパケットやルートの処理は、`set` コマンドで定義します。

定義できる処理

定義できる処理は、以下のとおりです。

- デフォルトのネクストホップの IPv4/IPv6 アドレス
- ネクストホップの IPv4/IPv6 アドレス
- IP ヘッダー内の優先度 (ポリシーベースルーティングの IPv4/IPv6 パケットで使用)
- ルートのメトリックの変更
- OSPF AS 外部ルートのタイプの設定

`route-map` コマンドで `deny` パラメーターを指定した場合の処理

`route-map` コマンドで `deny` パラメーターを指定した場合、パケットやルートは拒否されるため、処理すべきものが存在しません。そのため、`route-map` コマンドで `deny` パラメーターを指定した場合は、`set` コマンドを定義しないでください。

9.2 ルートマップの状態確認

`show route-map` コマンドでルートマップの設定を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show route-map
(1)          (2)    (3)
Route Map TEST-RM, deny, sequence 10
  Match clauses: ... (4)
    ip address TEST-ACL1
  Set clauses: ... (5)

Route Map TEST-RM, permit, sequence 20
  Match clauses:
    ip address TEST-ACL2
  Set clauses:
    next-hop 192.0.2.200

Total Entries: 2

Total Route Map Counts : 1
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

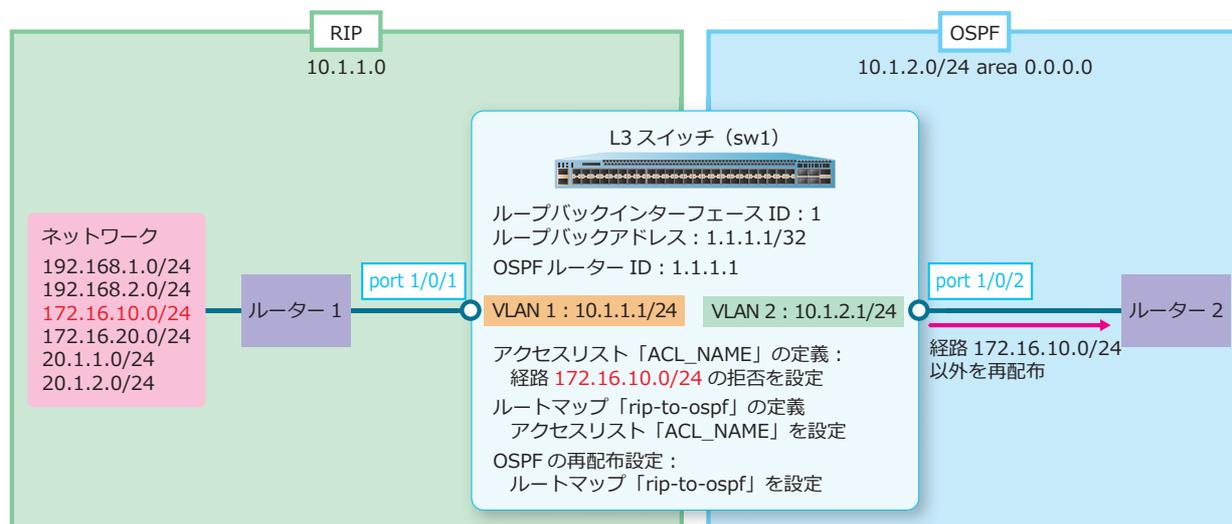
表 9-1 show route-map コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	ルートマップ名を表示します。
(2)	ルートマップエントリーの属性（許可／拒否）を表示します。
(3)	シーケンス番号を表示します。
(4)	<code>match</code> コマンドで指定した条件を表示します。
(5)	<code>set</code> コマンドで指定した処理内容を表示します。

9.3 ルートマップの構成例と設定例

ルートマップを使用して特定の経路の再配布を拒否する場合の構成例と設定例を示します。

図 9-3 ルートマップで特定の経路の再配布を拒否する構成例



1. VLAN 2 を作成します。

```
sw1# configure terminal
sw1(config)# vlan 2
sw1(config-vlan)# exit
sw1(config)#
```

2. ポート 1/0/2 をアクセスポートとして設定し、アクセスポートに [VLAN 2] を割り当てます。

```
sw1(config)# interface port 1/0/2
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 2
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)#
```

3. VLAN 1 の IP アドレスを [10.1.1.1/24] に、VLAN 2 の IP アドレスを [10.1.2.1/24] に設定します。

```
sw1(config)# interface vlan 1
sw1(config-if-vlan)# ip address 10.1.1.1/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)# interface vlan 2
sw1(config-if-vlan)# ip address 10.1.2.1/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)#
```

4. ループバックインターフェース ID を [1] に、OSPF のルーター ID 用としてループバックアドレスを [1.1.1.1/32] に設定します。

```
sw1(config)# interface loopback 1
sw1(config-if-loopback)# ip address 1.1.1.1/32
sw1(config-if-loopback)# exit
sw1(config)#
```

5. RIP を有効にするネットワークを [10.1.1.0] に設定し、OSPF への経路の再配布を設定します。

```
sw1(config)# router rip
sw1(config-router)# network 10.1.1.0
sw1(config-router)# redistribute ospf
sw1(config-router)# exit
sw1(config)#
```

6. OSPF ルーター ID を [1.1.1.1] に、OSPF を有効にするネットワークを [10.1.2.0 0.0.0.255] に設定し、ネットワークのエリア ID を [0.0.0.0] に設定します。

```
sw1(config)# router ospf
sw1(config-router)# router-id 1.1.1.1
sw1(config-router)# network 10.1.2.0 0.0.0.255 area 0.0.0.0
sw1(config-router)# exit
sw1(config)#
```

7. アクセスリスト [ACL_NAME] を作成し、ネットワーク [172.16.10.0 0.0.0.255] の拒否を設定します。

```
sw1(config)# ip access-list ACL_NAME
sw1(config-ip-acl)# deny 172.16.10.0 0.0.0.255 any
sw1(config-ip-acl)# permit any
sw1(config-ip-acl)# exit
sw1(config)#
```

8. ルートマップ [rip-to-ospf] を作成し、アクセスリスト [ACL_NAME] を設定します。

```
sw1(config)# route-map rip-to-ospf permit 10
sw1(config-route-map)# match ip address ACL_NAME
sw1(config-route-map)# exit
sw1(config)#
```

9. OSPF で RIP 経路の再配布を設定し、ルートマップ [rip-to-ospf] を設定します。

```
sw1(config)# router ospf
sw1(config-router)# redistribute rip route-map rip-to-ospf
sw1(config-router)# exit
sw1(config)#
```

10. VRF-Lite (Virtual Routing and Forwarding Lite)

VRF-Lite (以後、VRF) の機能、状態の確認方法、および構成例と設定例について説明します。

REF: コマンドの詳細については、『コマンドリファレンス』を参照してください。

10.1 VRF の機能説明

VRF は、1 台の装置上で複数のルーティングテーブルを保持する機能です。それぞれのルーティングテーブルは独立して管理されるため、ルーティングテーブルが異なれば同じ IP アドレスを重複して使用できます。

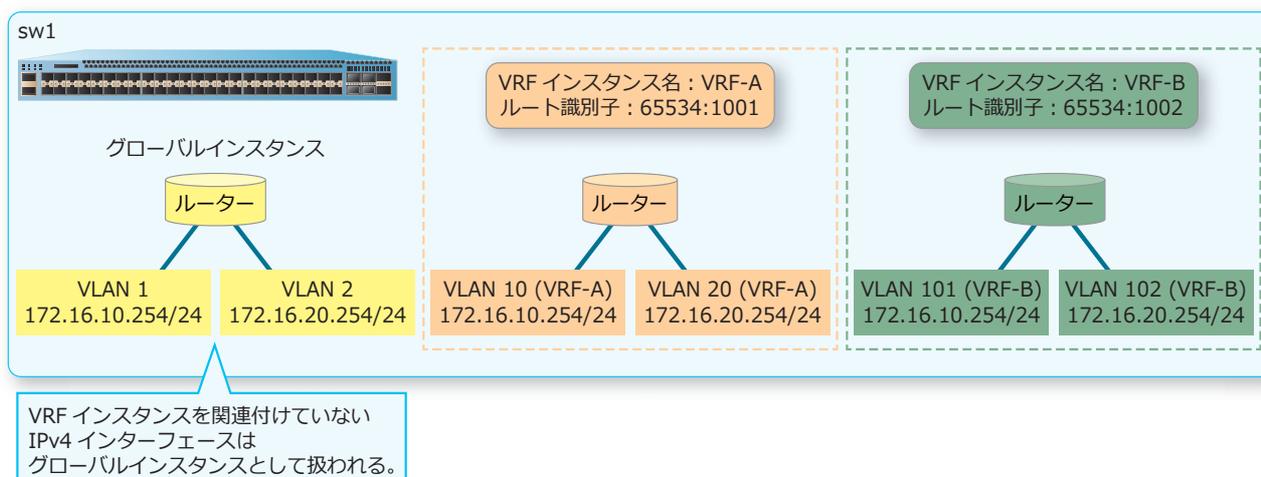
それぞれの独立したルーティングテーブルは、**VRF インスタンス**で管理します。1つの VRF インスタンスが独立した1つの仮想的なルーターとして動作します。なお、VRF インスタンスに関連付けられていない IPv4 インターフェースは、**グローバルインスタンス**として扱われます。

CAUTION: VRF は、IPv4 のユニキャストルーティングのみサポートしています。

CAUTION: VRF インスタンス間のルーティングはサポートしていません。

NOTE: IPv6 の各機能は VRF インスタンス設定に関係なく、装置として1つのインスタンス上で動作します。

図 10-1 VRF の概要



10.1.1 VRF の設定

VRF を使用する場合は、VRF インスタンス名を指定して VRF インスタンスを設定します。この VRF インスタンスには独立したルーティングテーブルが作成され、保持されます。また、Route Distinguisher (ルート識別子) にユニークな値を設定します。VRF インスタンスを設定するには、`ip vrf` コマンドを使用します。ルート識別子を設定するには、`rd` コマンドを使用します。

各 IPv4 インターフェースでは、所属する VRF インスタンスを設定します。これにより、VRF インスタンスと IPv4 インターフェースの関連付けが行われます。所属する VRF インスタンスを設定するには、`ip vrf forwarding` コマンドを使用します。

10.1.2 VRF に対応するルーティングプロトコル

それぞれの VRF インスタンスでは、IPv4 スタティックルート、RIP、および OSPFv2 を使用できます。VRF インスタンスは装置全体で最大 127 個まで設定できますが、それぞれのルーティングプロトコルが動作可能な最大インスタンス数は以下のとおりです。

- IPv4 スタティックルートが動作可能な最大インスタンス数
127 個
- RIP が動作可能な最大インスタンス数
64 個（装置全体で RIP が動作可能な最大 IPv4 インターフェース数は 128 個）
- OSPFv2 が動作可能な最大インスタンス数
32 個（装置全体で OSPFv2 が動作可能な最大ネイバー数は 64 個）

VRF で IPv4 スタティックルートを設定するには、`ip route` コマンドで `vrf` パラメーターを指定して設定します。VRF で RIP を設定するには、`router rip` コマンドでルーター設定モードに遷移し、さらに `address-family` コマンドで RIP アドレスファミリー設定モードに遷移して設定します。VRF で OSPFv2 を設定するには、`router ospf` コマンドで `vrf` パラメーターを指定して設定します。

10.1.3 VRF インスタンスごとの経路上限数

NP7000 および NP5000 では、IPv4 ユニキャストルーティングをハードウェアで行うためのハードウェアテーブルの最大ルート数は、装置全体で最大 16,384 個です。NP3000 では、IPv4 ユニキャストルーティングをハードウェアで行うためのハードウェアテーブルの最大ルート数は、装置全体で最大 10,240 個です。この上限数は VRF を使用する場合も同様です。

- 1 つの VRF インスタンスだけを使用する場合のハードウェアテーブルの最大ルート数
NP7000 および NP5000 は 16,384 個。NP3000 は 10,240 個。
- 複数の VRF インスタンスを使用する場合のハードウェアテーブルの合計最大ルート数
NP7000 および NP5000 は 16,384 個。NP3000 は 10,240 個。

それぞれの VRF インスタンスでは、ハードウェアテーブルに登録するルート数の上限を設定することもできます。上限を設定するには、`maximum routes` コマンドを使用します。

10.1.4 VRF 使用時の他コマンドの注意事項

VRF 環境の IPv4 アドレスで他の機能を使用する場合、いくつかのコマンドでは VRF インスタンスを指定する必要があります。VRF インスタンスを指定する必要があるコマンドを以下に示します。

表 10-1 VRF インスタンスの指定が必要なコマンド一覧

機能	対象コマンド (vrf パラメーターで VRF インスタンスの指定が必要)
ルーティングテーブル	<code>show ip protocols</code> 、 <code>show ip route</code> 、 <code>show ip route summary</code> コマンド
IPv4 スタティックルート	<code>distance default</code> 、 <code>distance static</code> 、 <code>ip route</code> コマンド
RIP	<ul style="list-style-type: none">• <code>address-family</code> コマンドで VRF インスタンスを関連付け。• <code>show ip rip database</code> コマンドで、<code>vrf</code> パラメーターで VRF インスタンスの指定が必要。

機能	対象コマンド (vrf パラメーターで VRF インスタンスの指定が必要)
OSPFv2	<ul style="list-style-type: none"> • <code>router ospf</code> コマンドで、vrf パラメーターで VRF インスタンスを関連付け。 • 各 <code>show</code> コマンド、<code>clear ip ospf</code> コマンドで、vrf パラメーターで VRF インスタンスの指定が必要。
telnet クライアント	<code>telnet</code> コマンド
ARP	<code>arp</code> 、 <code>show arp</code> 、 <code>show arp cache</code> 、 <code>clear arp-cache</code> コマンド
IP ユーティリティコマンド	<code>ping</code> 、 <code>tracert</code> コマンド
システムファイル管理コマンド	<code>configure replace</code> 、 <code>copy</code> コマンド
DHCP リレー	<code>relay destination</code> 、 <code>relay target</code> コマンド
DHCP サーバー	<ul style="list-style-type: none"> • <code>vrf</code> コマンドで DHCP プールと VRF インスタンスを関連付け。 • <code>ip dhcp excluded-address</code>、<code>show ip dhcp binding</code>、<code>show ip dhcp conflict</code>、<code>show ip dhcp pool</code>、<code>clear ip dhcp binding</code>、<code>clear ip dhcp conflict</code> コマンドで、vrf パラメーターで VRF インスタンスの指定が必要。
sFlow	<code>sflow receiver</code> コマンド
SNMP	<code>snmp-server host</code> コマンド
SNTP	<code>sntp server</code> コマンド
デバッグコマンド	<code>debug copy</code> コマンド
システムログ	<code>logging server</code> コマンド

なお、VRF インスタンスではサポートしていない主な機能を以下に示します。

- IPv4 マルチキャスト関連の機能 (IGMP、PIM、IGMP スヌーピング)
- IPv6 関連の機能 (OSPFv3、RIPng、IPv6 スタティックルート、MLD、IPv6 PIM、MLD スヌーピング、DHCPv6 クライアント/リレー/サーバー)
- ポリシーベースルーティング
- VRRPv2/VRRPv3
- PD モニタリング (ICMP モード)
- NTP (サーバー、クライアント)
- 認証、許可、アカウントिंग (AAA)
- DHCP スヌーピング
- Web 認証、ゲートウェイ認証

10.1.5 VRF と管理機能併用時の注意事項

VRF を使用する装置では、複数の独立したルーティングテーブルを保持します。そのため、システムログなどを装置から送信する場合に、参照するルーティングテーブルを指定する必要があります。

- vrf パラメーターを指定しないで設定した場合は、グローバルインスタンスのルーティングテーブルを参照します。
- vrf パラメーターを指定した場合は、指定した VRF インスタンスのルーティングテーブルを参照します。

VRF インスタンスで各種管理機能を併用した場合の注意事項を以下に示します。なお、NTP (サーバー、クライアント) や AAA 機能 (RADIUS サーバー、TACACS サーバー) は VRF インスタンスではサポートしていないため、使用する場合はグローバルインスタンスで使用してください。

SSH/Telnet

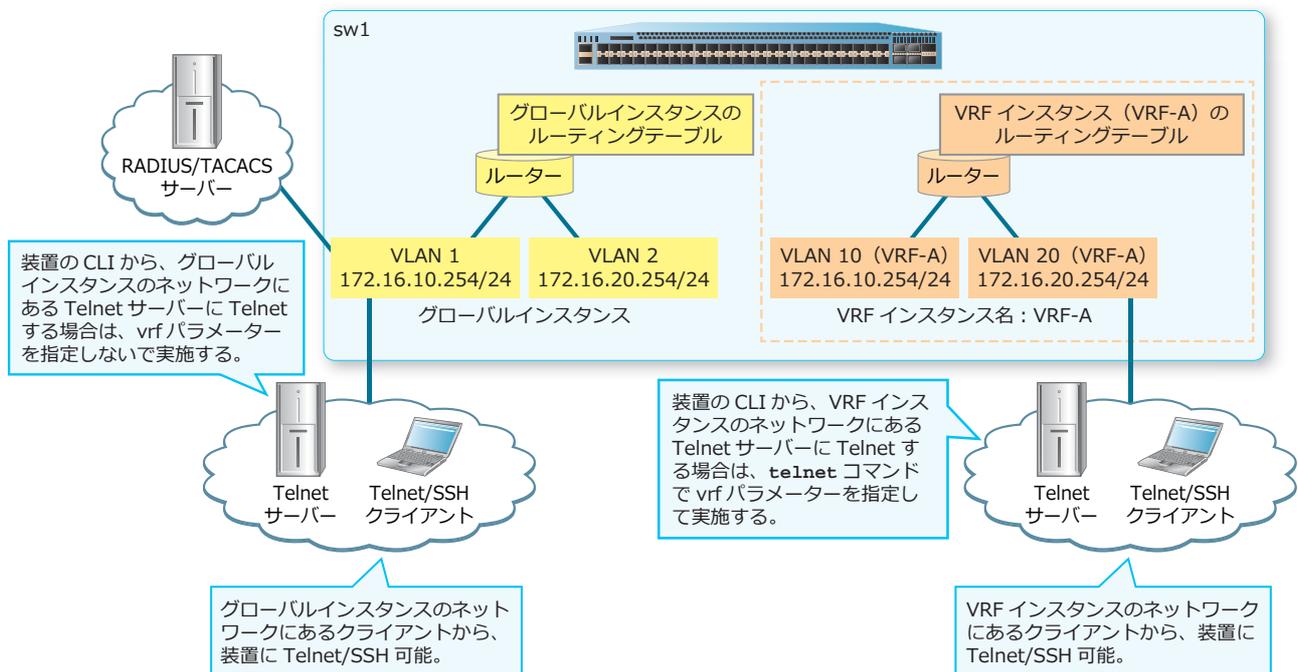
Telnet クライアントコマンドは、vrf パラメーターに対応しています。シンタックスは、以下のとおりです。

```
telnet [vrf VRF-NAME] IP-ADDRESS [option]
```

Telnet クライアントコマンド以外の SSH サーバー関連設定、Telnet 関連設定、アクセス制限設定、ユーザーアカウント設定などは、装置全体の共有設定になります。なお、RADIUS サーバーなどの認証用サーバーはグローバルインスタンスでのみ動作し、VRF インスタンスでは動作しません。

SSH/Telnet および RADIUS/TACACS と VRF の関係は下図のとおりです。

図 10-2 SSH/Telnet および RADIUS/TACACS と VRF の関係



システムログ

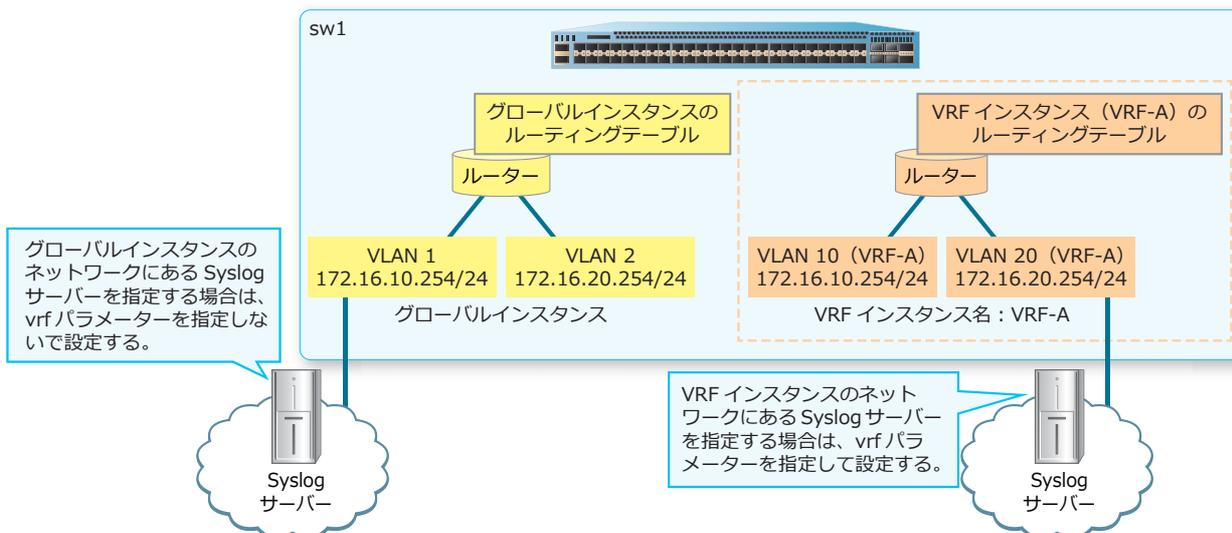
Syslog サーバー設定コマンドは、vrf パラメーターに対応しています。シンタックスは、以下のとおりです。

```
logging server IP-ADDRESS [vrf VRF-NAME] [option]
```

Syslog サーバー設定コマンド以外のシステムログ関連設定は、装置全体の共有設定になります。

Syslog サーバーと VRF の関係は下図のとおりです。

図 10-3 Syslog サーバーと VRF の関係



SNMP

SNMP トラップの宛先設定コマンドは、vrf パラメータに対応しています。シンタックスは、以下のとおりです。

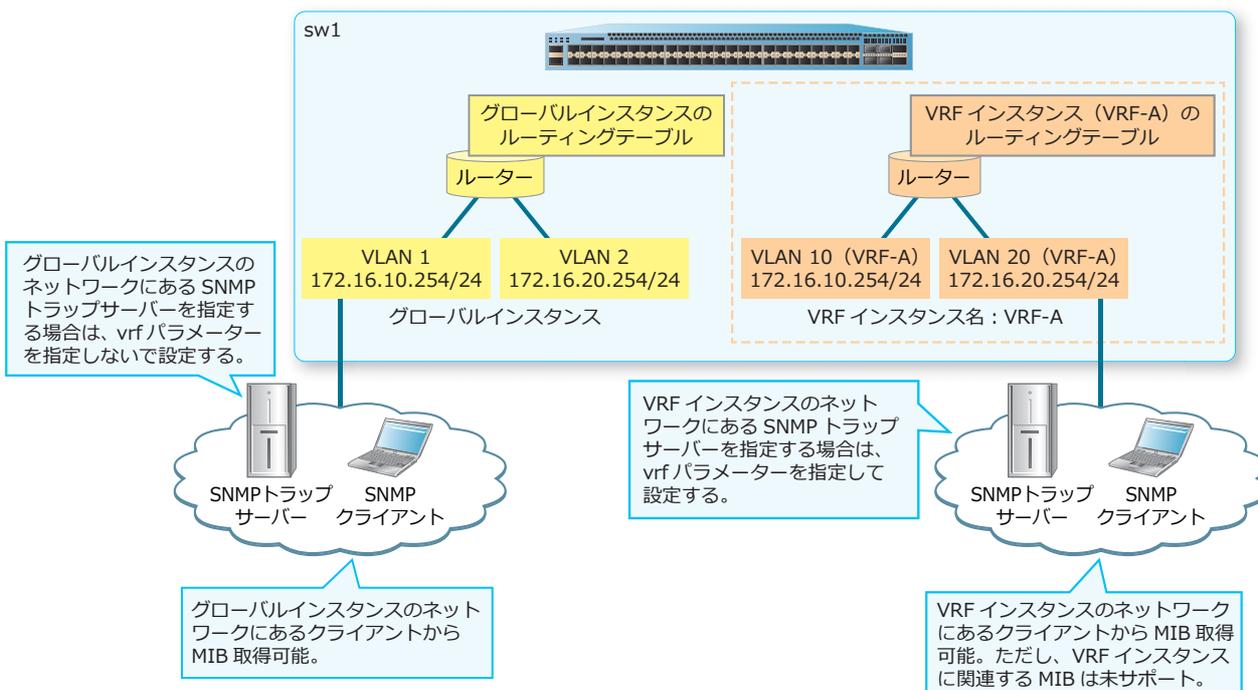
```
snmp-server host IP-ADDRESS [vrf VRF-NAME] [option]
```

SNMP トラップの宛先設定コマンド以外の SNMP 関連設定は、装置全体の共有設定になります。

CAUTION: VRF インスタンスに関連する MIB はサポートしていません。

SNMP トラップと VRF の関係は下図のとおりです。

図 10-4 SNMP トラップと VRF の関係



ファイルコピー (TFTP/FTP/SFTP)

`copy` コマンドと `configure replace` コマンドは、`vrf` パラメーターに対応しています。シンタックスは、以下のとおりです。

```
copy SOURCE-URL {tftp: | ftp: | sftp:} [vrf VRF-NAME]
```

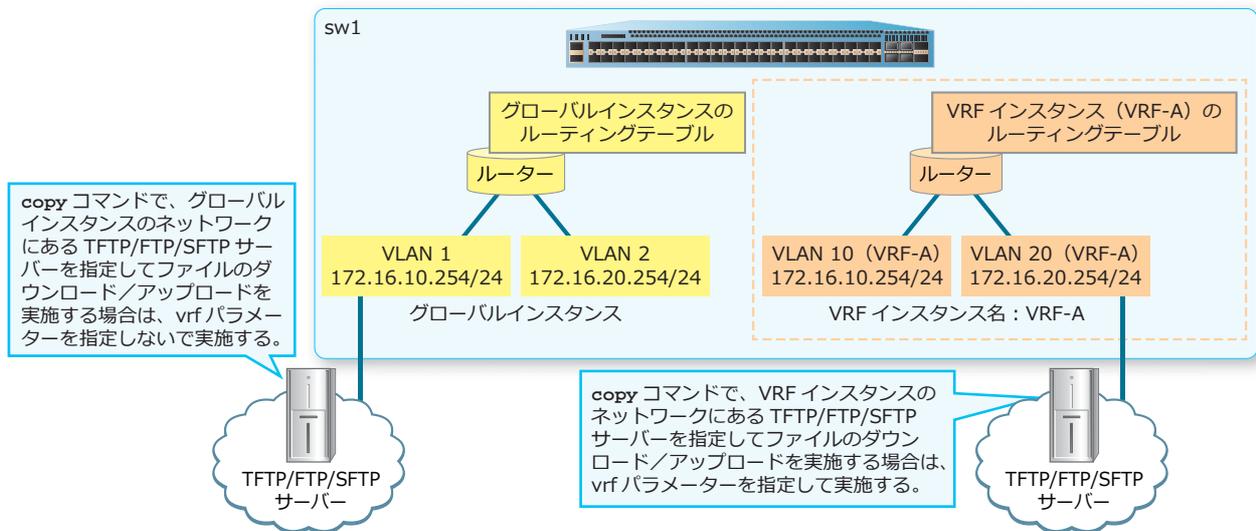
```
copy {tftp: | ftp: | sftp:} [vrf VRF-NAME] DESTINATION-URL
```

```
configure replace {tftp: | ftp: | sftp:} [vrf VRF-NAME] [option]
```

なお、`backup` コマンドと `restore` コマンドはグローバルインスタンスでのみ動作し、VRF インスタンスでは動作しません。

ファイルコピー (TFTP/FTP/SFTP) と VRF の関係は下図のとおりです。

図 10-5 ファイルコピー (TFTP/FTP/SFTP) と VRF の関係



ping/traceroute

`ping` コマンドと `traceroute` コマンドは、`vrf` パラメーターに対応しています。シンタックスは、以下のとおりです。

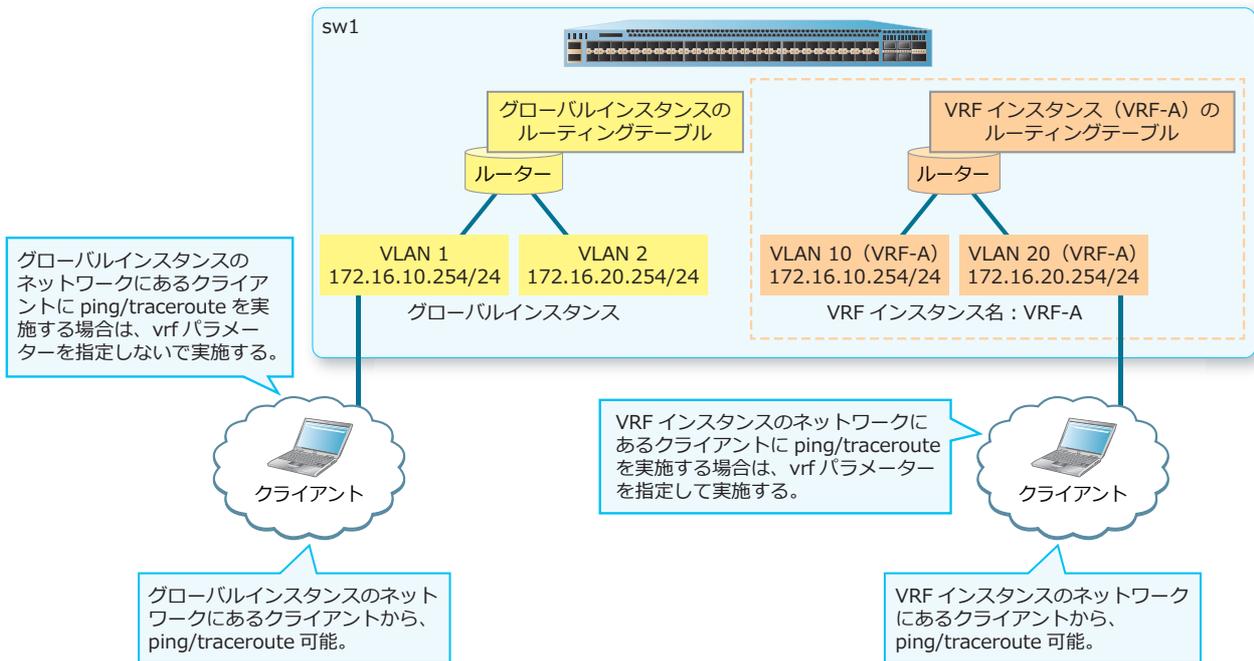
```
ping [vrf VRF-NAME] IP-ADDRESS [option]
```

```
traceroute [vrf VRF-NAME] IP-ADDRESS [option]
```

アクセス制限設定は、装置全体の共有設定になります。

ping および traceroute と VRF の関係は下図のとおりです。

図 10-6 ping および traceroute と VRF の関係



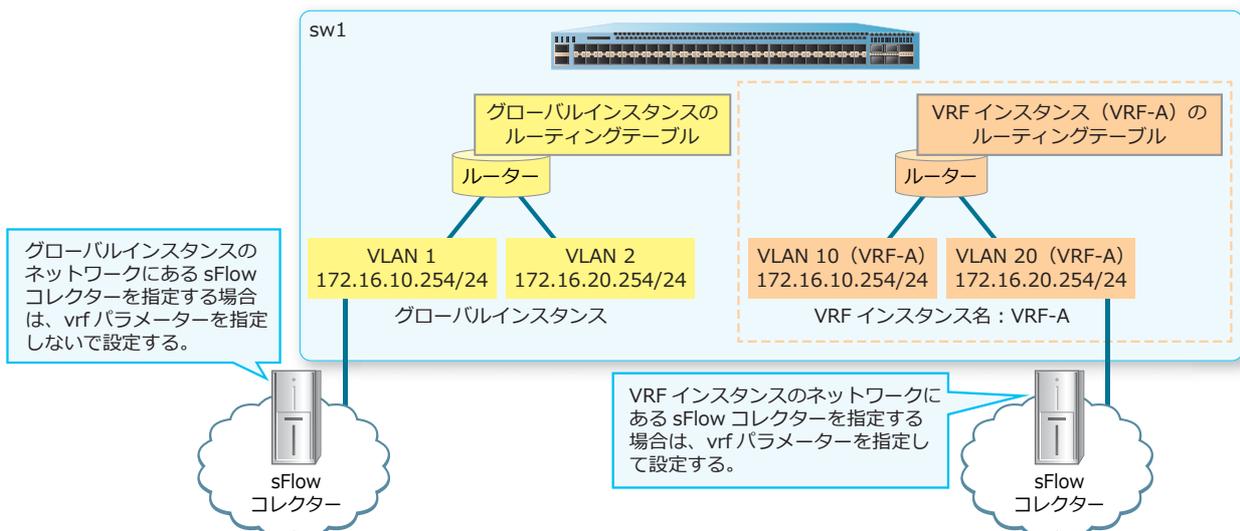
sFlow

sFlow コレクターの IP アドレス設定コマンドは、vrf パラメーターに対応しています。シンタックスは、以下のとおりです。

```
sflow receiver INDEX owner NAME host IP-ADDRESS [vrf VRF-NAME] [option]
```

sFlow と VRF の関係は下図のとおりです。

図 10-7 sFlow と VRF の関係



SNTP

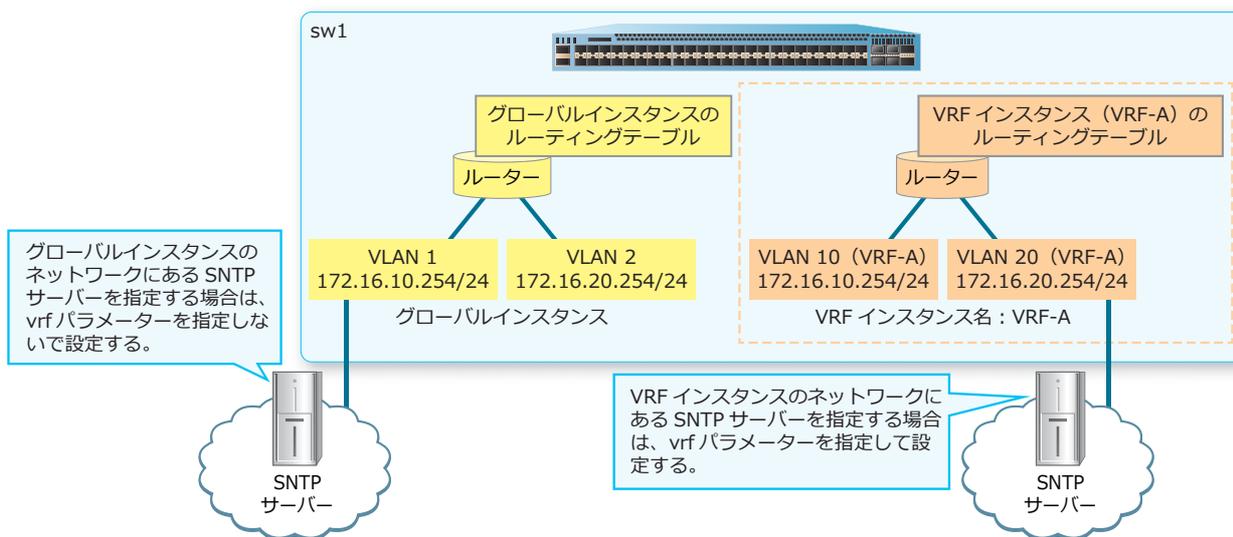
SNTP サーバー設定コマンドは、vrf パラメーターに対応しています。シンタックスは、以下のとおりです。

```
sntp server IP-ADDRESS [vrf VRF-NAME]
```

SNTP サーバー設定コマンド以外の SNTP 関連設定は、装置全体の共有設定になります。

SNTP と VRF の関係は下図のとおりです。

図 10-8 SNTP と VRF の関係



10.2 VRF の状態確認

VRF の状態を表示して確認する方法を説明します。

10.2.1 VRF の設定の表示

`show ip vrf` コマンドで、VRF 設定を確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ip vrf
(1)
VRF Name          (2) RD          (3) Interfaces
-----
VPN-A             64512:16   vlan2001
                 64512:16   vlan2002
VPN-B             100:2      vlan10
                 100:2      vlan20
VPN-C             10.1.2.3:500  vlan350
                 10.1.2.3:500  vlan360
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 10-2 show ip vrf コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	VRF インスタンス名を表示します。
(2)	VRF の Route Distinguisher (ルート識別子) を表示します。
(3)	VRF に関連付けられたインターフェース ID を表示します。

`show ip vrf details` コマンドで、VRF 設定の詳細情報を確認できます。

VRF インスタンス「VPN-B」を指定した場合の表示例を以下に示します。

```
# show ip vrf details VPN-B
(1)          (2)
VRF VPN-B; Default RD: 100:2
  Interfaces: ... (3)
    vlan10          vlan20
  Route Limit 100, Warning Limit 90% (90), Current Count 21 ... (4)
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 10-3 show ip vrf details コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	VRF インスタンス名を表示します。
(2)	VRF の Route Distinguisher (ルート識別子) を表示します。
(3)	VRF に関連付けられたインターフェース ID を表示します。

項番	説明
(4)	WARN-THRESHOLD パラメーターで警告しきい値を指定した場合は、制限する最大ルート数、警告しきい値、現在のハードウェアテーブルの登録数が表示されます。 warning-only パラメーターを指定した場合は、警告しきい値と現在のハードウェアテーブルの登録数が表示されます。

10.2.2 VRF インターフェースの表示

`show ip vrf interfaces` コマンドで、VRF に関連付けられた IPv4 インターフェースと IPv4 アドレスを確認できます。

表示例を以下に示します。

```
# show ip vrf interfaces
(1)      (2)      (3)
Interfaces  IP Address      VRF
-----
vlan2001    10.10.10.254/24  VPN-A
vlan2002    10.20.20.254/24  VPN-A
vlan10      192.0.2.100/24   VPN-B
vlan20      192.168.20.254/24 VPN-B
vlan350     172.16.50.1/24   VPN-C
vlan360     172.16.60.1/24   VPN-C
```

各項目の説明は、以下のとおりです。

表 10-4 `show ip vrf interfaces` コマンドの表示項目

項番	説明
(1)	VRF に関連付けられたインターフェース ID を表示します。
(2)	VRF に関連付けられた IPv4 アドレスを表示します。
(3)	VRF インスタンス名を表示します。

10.3 VRF の構成例と設定例

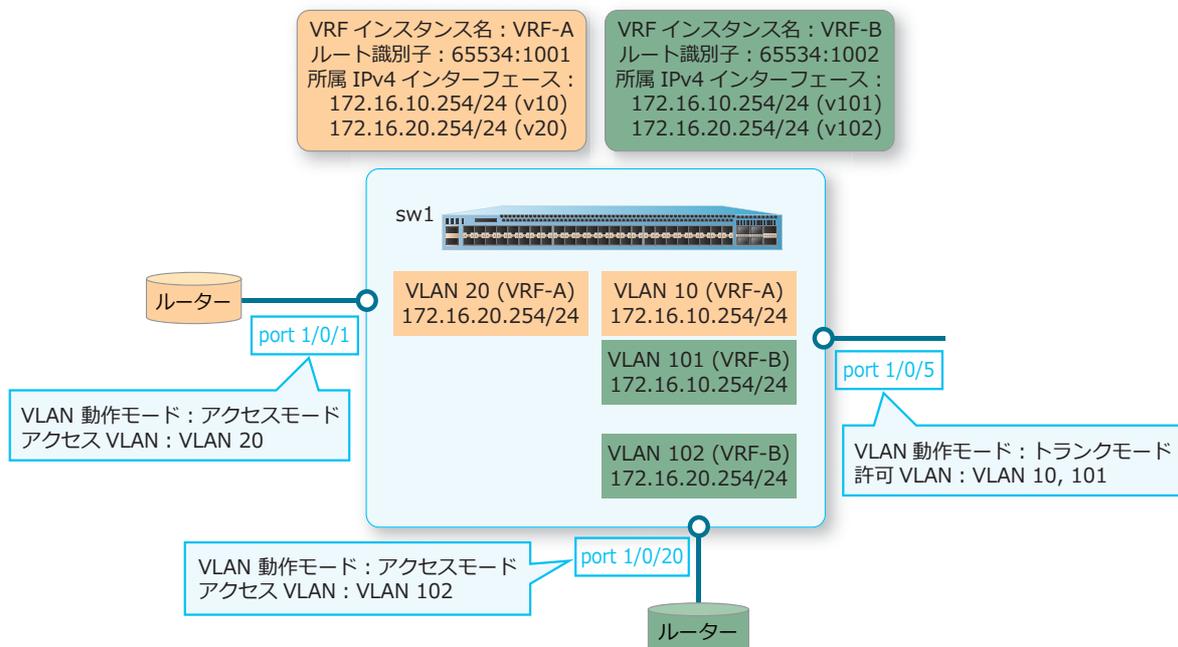
VRF を利用する場合の構成例と設定例を示します。

10.3.1 VRF で RIP を使用する場合

VRF で RIP を使用する場合の構成例と設定例を示します。この例では、以下の2個のVRF インスタンスを設定し、それぞれのVRF インスタンスでRIPを有効にしています。

- VRF インスタンス名 : VRF-A
ルータ識別子 : 65534:1001
所属 IPv4 インターフェース : 172.16.10.254/24 (v10), 172.16.20.254/24 (v20)
- VRF インスタンス名 : VRF-B
ルータ識別子 : 65534:1002
所属 IPv4 インターフェース : 172.16.10.254/24 (v101), 172.16.20.254/24 (v102)

図 10-9 VRF で RIP を使用する場合の構成例



VRF インスタンス「VRF-A」と「VRF-B」のRIP設定と論理構成図を示します。VRF インスタンス「VRF-B」では、RIP以外にIPv4スタティックルートも設定しています。

図 10-10 VRF インスタンス「VRF-A」の論理構成図

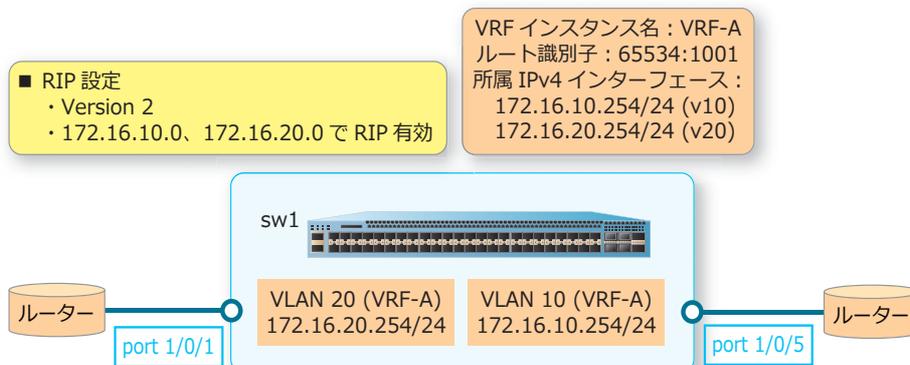
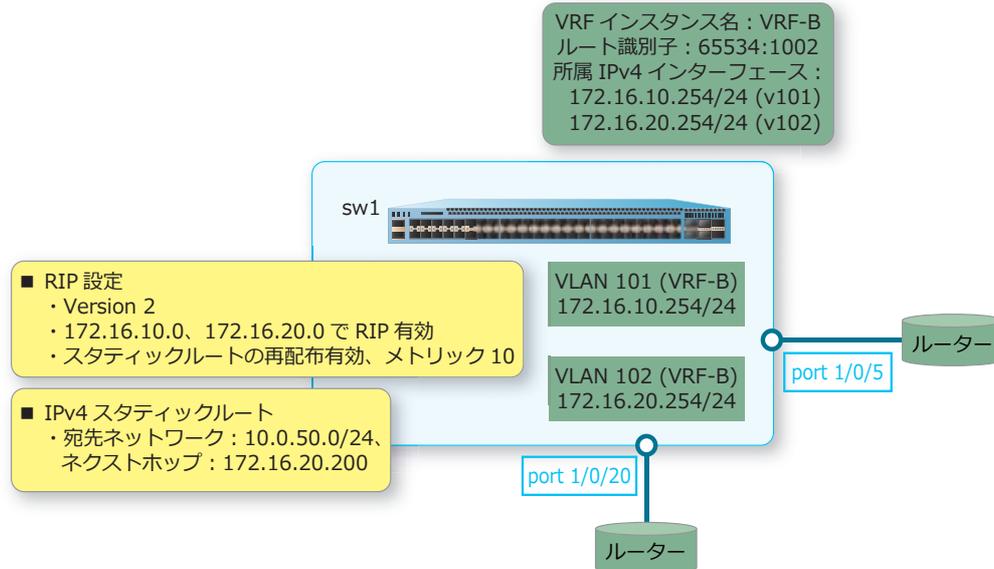


図 10-11 VRF インスタンス「VRF-B」の論理構成図



1. VLAN 10、20、101、102 を作成します。

```
sw1# configure terminal
sw1(config)# vlan 10,20,101,102
sw1(config-vlan)# exit
sw1(config)#
```
2. ポート 1/0/5 をトランクポートとして設定し、トランクポートに [VLAN 10] および [VLAN 101] を割り当てます。

```
sw1(config)# interface port 1/0/5
sw1(config-if-port)# switchport mode trunk
sw1(config-if-port)# switchport trunk allowed vlan 10,101
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)#
```
3. ポート 1/0/1 をアクセスポートとして設定し、アクセスポートに [VLAN 20] を割り当てます。また、ポート 1/0/20 をアクセスポートとして設定し、アクセスポートに [VLAN 102] を割り当てます。

```
sw1(config)# interface port 1/0/1
sw1(config-if-port)# switchport mode access
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 20
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)# interface port 1/0/20
sw1(config-if-port)# switchport mode access
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 102
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)#
```
4. VRF インスタンス名 [VRF-A]、ルート識別子 [65534:1001] で VRF インスタンスを設定します。

```
sw1(config)# ip vrf VRF-A
sw1(config-vrf)# rd 65534:1001
sw1(config-vrf)# exit
sw1(config)#
```

5. VRF インスタンス「VRF-A」に所属するIPv4 インターフェースとして、VLAN 10 インターフェースと VLAN 20 インターフェースを関連付けます。また、VLAN 10 インターフェースの IP アドレスを [172.16.10.254/24] に、VLAN 20 インターフェースの IP アドレスを [172.16.20.254/24] に設定します。

```
sw1(config)# interface vlan 10
sw1(config-if-vlan)# ip vrf forwarding VRF-A
sw1(config-if-vlan)# ip address 172.16.10.254/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)# interface vlan 20
sw1(config-if-vlan)# ip vrf forwarding VRF-A
sw1(config-if-vlan)# ip address 172.16.20.254/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)#
```

6. VRF インスタンス「VRF-A」で RIP を有効に設定します。RIP のバージョンを [version 2] に、RIP を有効にするネットワークを [172.16.10.0] および [172.16.20.0] に設定します。

```
sw1(config)# router rip
sw1(config-router)# address-family ipv4 vrf VRF-A
sw1(config-router-af)# version 2
sw1(config-router-af)# network 172.16.10.0
sw1(config-router-af)# network 172.16.20.0
sw1(config-router-af)# exit
sw1(config-router)# exit
sw1(config)#
```

7. VRF インスタンス名 [VRF-B]、ルート識別子 [65534:1002] で VRF インスタンスを設定します。

```
sw1(config)# ip vrf VRF-B
sw1(config-vrf)# rd 65534:1002
sw1(config-vrf)# exit
sw1(config)#
```

8. VRF インスタンス「VRF-B」に所属するIPv4 インターフェースとして、VLAN 101 インターフェースと VLAN 102 インターフェースを関連付けます。また、VLAN 101 インターフェースの IP アドレスを [172.16.10.254/24] に、VLAN 102 インターフェースの IP アドレスを [172.16.20.254/24] に設定します。

```
sw1(config)# interface vlan 101
sw1(config-if-vlan)# ip vrf forwarding VRF-B
sw1(config-if-vlan)# ip address 172.16.10.254/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)# interface vlan 102
sw1(config-if-vlan)# ip vrf forwarding VRF-B
sw1(config-if-vlan)# ip address 172.16.20.254/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)#
```

9. VRF インスタンス「VRF-B」で RIP を有効に設定します。RIP のバージョンを [version 2] に、RIP を有効にするネットワークを [172.16.10.0] および [172.16.20.0] に設定します。また、スタティックルートの再配布をメトリック 10 で有効にします。

```
sw1(config)# router rip
sw1(config-router)# address-family ipv4 vrf VRF-B
sw1(config-router-af)# version 2
sw1(config-router-af)# network 172.16.10.0
sw1(config-router-af)# network 172.16.20.0
sw1(config-router-af)# redistribute static metric 10
sw1(config-router-af)# exit
sw1(config-router)# exit
sw1(config)#
```

10. VRF インスタンス「VRF-B」でスタティックルート [宛先ネットワーク：10.0.50.0/24、ネクストホップ：172.16.20.200] を設定します。

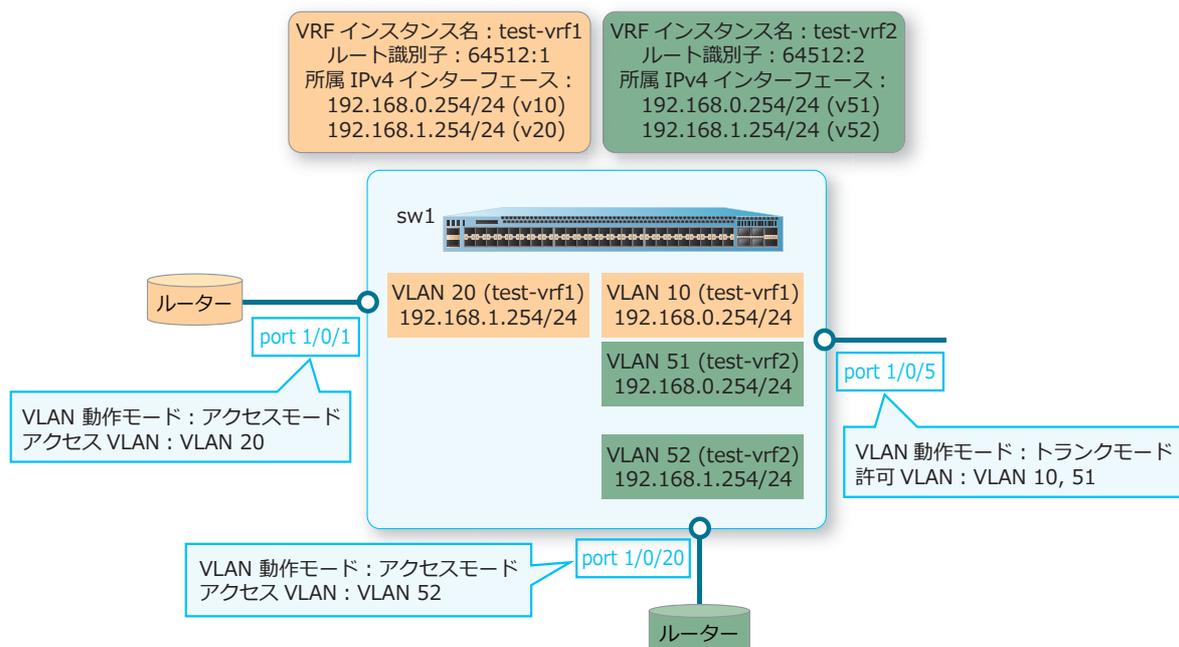
```
sw1(config)# ip route vrf VRF-B 10.0.50.0/24 172.16.20.200 primary
sw1(config)# end
sw1#
```

10.3.2 VRF で OSPFv2 を使用する場合

VRF で OSPFv2 を使用する場合の構成例と設定例を示します。この例では、以下の2個の VRF インスタンスを設定し、それぞれの VRF インスタンスで OSPFv2 を有効に設定しています。

- VRF インスタンス名：test-vrf1
ルート識別子：64512:1
所属 IPv4 インターフェース：192.168.0.254/24 (v10), 192.168.1.254/24 (v20)
- VRF インスタンス名：test-vrf2
ルート識別子：64512:2
所属 IPv4 インターフェース：192.168.0.254/24 (v51), 192.168.1.254/24 (v52)

図 10-12 VRF で OSPFv2 を使用する場合の構成例



VRF インスタンス「test-vrf1」と「test-vrf2」の OSPFv2 設定と論理構成図を示します。VRF インスタンス「test-vrf2」では、OSPFv2 以外に IPv4 スタティックルートも設定しています。

図 10-13 VRF インスタンス「test-vrf1」の論理構成図

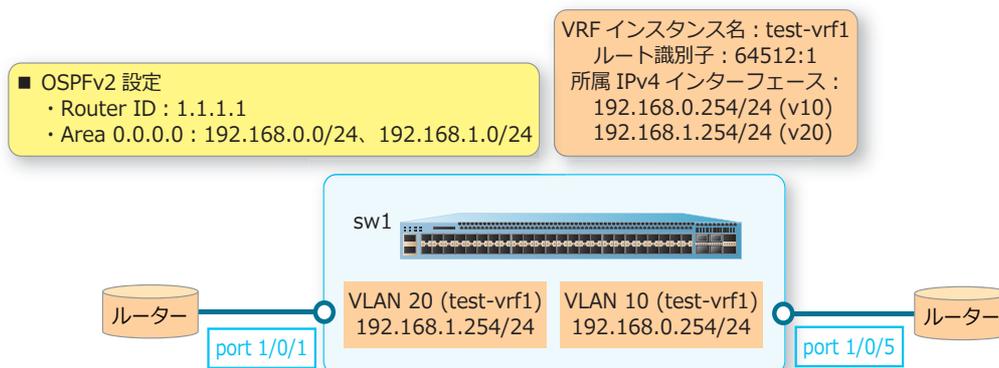
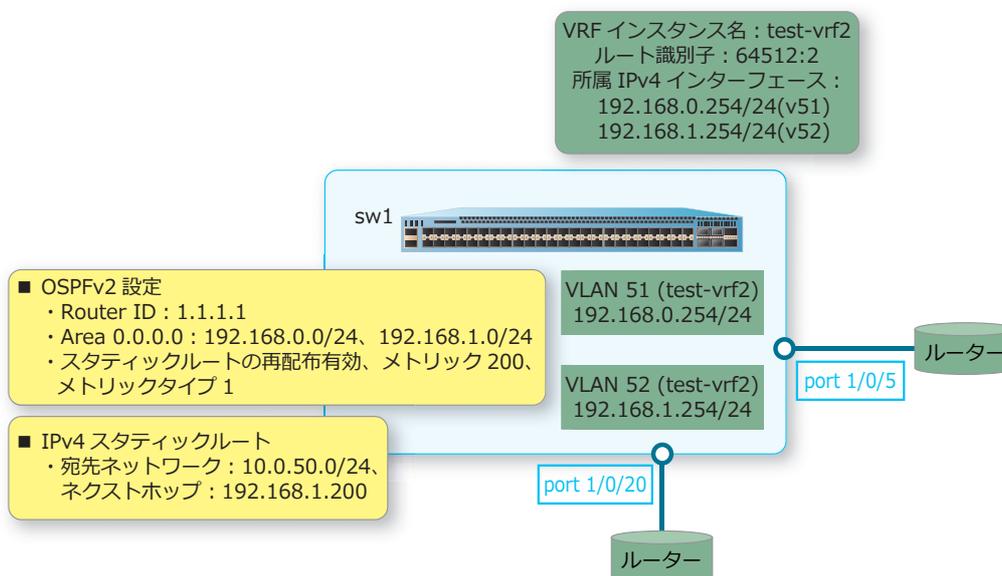


図 10-14 VRF インスタンス「test-vrf-2」の論理構成図



1. VLAN 10、20、51、52 を作成します。

```
sw1# configure terminal
sw1(config)# vlan 10,20,51,52
sw1(config-vlan)# exit
sw1(config)#
```

2. ポート 1/0/5 をトランクポートとして設定し、トランクポートに [VLAN 10] および [VLAN 51] を割り当てます。

```
sw1(config)# interface port 1/0/5
sw1(config-if-port)# switchport mode trunk
sw1(config-if-port)# switchport trunk allowed vlan 10,51
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)#
```

3. ポート 1/0/1 をアクセスポートとして設定し、アクセスポートに [VLAN 20] を割り当てます。また、ポート 1/0/20 をアクセスポートとして設定し、アクセスポートに [VLAN 52] を割り当てます。

```
sw1(config)# interface port 1/0/1
sw1(config-if-port)# switchport mode access
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 20
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)# interface port 1/0/20
sw1(config-if-port)# switchport mode access
sw1(config-if-port)# switchport access vlan 52
sw1(config-if-port)# exit
sw1(config)#
```

4. VRF インスタンス名 [test-vrf1]、ルート識別子 [64512:1] で VRF インスタンスを設定します。

```
sw1(config)# ip vrf test-vrf1
sw1(config-vrf)# rd 64512:1
sw1(config-vrf)# exit
sw1(config)#
```

5. VRF インスタンス「test-vrf1」に所属する IPv4 インターフェースとして、VLAN 10 インターフェースと VLAN 20 インターフェースを関連付けます。また、VLAN 10 インターフェースの IP アドレスを [192.168.0.254/24] に、VLAN 20 インターフェースの IP アドレスを [192.168.1.254/24] に設定します。

```
sw1(config)# interface vlan 10
sw1(config-if-vlan)# ip vrf forwarding test-vrf1
sw1(config-if-vlan)# ip address 192.168.0.254/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)# interface vlan 20
sw1(config-if-vlan)# ip vrf forwarding test-vrf1
sw1(config-if-vlan)# ip address 192.168.1.254/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)#
```

6. VRF インスタンス「test-vrf1」で OSPFv2 を有効に設定します。ルーター ID を [1.1.1.1] に、OSPFv2 を有効にするネットワークを [192.168.0.0 0.0.0.255] および [192.168.1.0 0.0.0.255] に、それぞれのネットワークのエリア ID を [0.0.0.0] に設定します。

```
sw1(config)# router ospf vrf test-vrf1
sw1(config-router)# router-id 1.1.1.1
sw1(config-router)# network 192.168.0.0 0.0.0.255 area 0.0.0.0
sw1(config-router)# network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0.0.0.0
sw1(config-router)# exit
sw1(config)#
```

7. VRF インスタンス名 [test-vrf2]、ルート識別子 [64512:2] で VRF インスタンスを設定します。

```
sw1(config)# ip vrf test-vrf2
sw1(config-vrf)# rd 64512:2
sw1(config-vrf)# exit
sw1(config)#
```

8. VRF インスタンス「test-vrf2」に所属する IPv4 インターフェースとして、VLAN 51 インターフェースと VLAN 52 インターフェースを関連付けます。また、VLAN 51 インターフェースの IP アドレスを [192.168.0.254/24] に、VLAN 52 インターフェースの IP アドレスを [192.168.1.254/24] に設定します。

```
sw1(config)# interface vlan 51
sw1(config-if-vlan)# ip vrf forwarding test-vrf2
sw1(config-if-vlan)# ip address 192.168.0.254/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)# interface vlan 52
sw1(config-if-vlan)# ip vrf forwarding test-vrf2
sw1(config-if-vlan)# ip address 192.168.1.254/24
sw1(config-if-vlan)# exit
sw1(config)#
```

9. VRF インスタンス「test-vrf2」で OSPFv2 を有効に設定します。ルーター ID を [1.1.1.1] に、OSPFv2 を有効にするネットワークを [192.168.0.0 0.0.0.255] および [192.168.1.0 0.0.0.255] に、それぞれのネットワークのエリア ID を [0.0.0.0] に設定します。また、スタティックルートの再配布をメトリック 200、メトリックタイプ 1 で有効にします。

```
sw1(config)# router ospf vrf test-vrf2
sw1(config-router)# router-id 1.1.1.1
sw1(config-router)# network 192.168.0.0 0.0.0.255 area 0.0.0.0
sw1(config-router)# network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0.0.0.0
sw1(config-router)# redistribute static metric 200 metric-type 1
sw1(config-router)# exit
sw1(config)#
```

10. VRF インスタンス「test-vrf2」でスタティックルート [宛先ネットワーク : 10.0.50.0/24、ネクストホップ : 192.168.1.200] を設定します。

```
sw1(config)# ip route vrf test-vrf2 10.0.50.0/24 192.168.1.200
sw1(config)# end
sw1#
```

