



OSPFv2 リンク保護のトポロジに依存しないループフリー代替高速再ルーティング

このドキュメントでは、TI-LFA（トポロジに依存しないループフリー代替）を使用した IP 高速再ルーティング機能（IP FRR）の OSPFv2 の実装について説明します。

- [OSPFv2 リンク保護のトポロジに依存しないループフリー代替高速再ルーティングの機能情報（1 ページ）](#)
- [トポロジに依存しないループフリー代替高速再ルーティングの制約事項（2 ページ）](#)
- [OSPFv2 リンク保護のトポロジに依存しないループフリー代替高速再ルーティングについて（3 ページ）](#)
- [トポロジに依存しないループフリー代替高速再ルーティングの設定方法（12 ページ）](#)
- [トポロジに依存しないループフリー代替高速再ルーティングのデバッグ（16 ページ）](#)
- [例：OSPFv2 リンク保護のトポロジに依存しないループフリー代替高速再ルーティング（17 ページ）](#)

OSPFv2 リンク保護のトポロジに依存しないループフリー代替高速再ルーティングの機能情報

次の表に、このモジュールで説明した機能に関するリリース情報を示します。この表は、ソフトウェア リリース トレインで各機能のサポートが導入されたときのソフトウェア リリースだけを示しています。その機能は、特に断りがない限り、それ以降の一連のソフトウェア リリースでもサポートされます。

プラットフォームのサポートおよびシスコソフトウェアイメージのサポートに関する情報を検索するには、Cisco Feature Navigator を使用します。Cisco Feature Navigator にアクセスするには、www.cisco.com/go/cfn に移動します。Cisco.com のアカウントは必要ありません。

表 1: OSPFv2 リンク保護のトポロジに依存しないループフリー代替高速再ルーティングの機能情報

機能名	リリース	機能情報
OSPFv2 リンク保護のトポロジに依存しないループフリー代替高速再ルーティング	Cisco IOS XE Amsterdam 17.3.2	<p>トポロジに依存しないループフリー代替 (TI-LFA) は、セグメントルーティングを使用して、他の高速再ルーティング技術が保護を提供できないトポロジでリンク、ノード、および共有リスク リンク グループ (SRLG) 保護を提供します。TI-LFA の目的は、リンク障害によるトポロジ変更後にルータがコンバージェンスする間に結果として生じるパケット損失を減らすことです。</p> <p>次のコマンドが導入または変更されました。</p> <p>fast-reroute per-prefix ti-lfa [area <area> [disable]], fast-reroute per-prefix tie-break node-protecting index <index>, fast-reroute per-prefix tie-break node-protecting required index <index>, fast-reroute per-prefix tie-break srlg index <index>, fast-reroute per-prefix tie-break srlg required index <index>, ip ospf fast-reroute per-prefix protection disable, ip ospf fast-reroute per-prefix candidate disable, show ip ospf fast-reroute ti-lfa tunnels.</p>

トポロジに依存しないループフリー代替高速再ルーティングの制約事項

- TI-LFA は OSPFv2 でのみサポートされています。
- TI-LFA トンネルは、ルータが SR をサポートし、プレフィックス SID を使用して設定されている場合だけ作成されます。プレフィックス (または) ノード SID は、接続された SID として設定 (または) SRMS (セグメントルーティング マッピング サーバー) を使用してアドバタイズできます。
- TI-LFA は、マルチポイント インターフェイスへの OSPF ポイントではサポートされません。
- TI-LFA は、マルチ トポロジルーティング (MTR) をサポートしません。
- TI-LFA は、仮想リンク、シャムリンク (または) TE トンネルを使用して修復パスを作成しません。
- TI-LFA トンネルは、トンネルが通過する必要があるノード (または) 修復ノードのセットを明示的に指定することによって構築され、プログラムされます。

OSPFv2 リンク保護のトポロジに依存しないループフリー代替高速再ルーティングについて

トポロジに依存しないループフリー代替 (TI-LFA) は、セグメントルーティングを使用して、RLFA (リモートループフリー代替) などの他の高速再ルーティング技術が保護を提供できないトポロジでリンク、ノード、および共有リスク リンク グループ (SRLG) 保護を提供します。TI-LFA の目的は、リンク障害によるトポロジ変更後にルータがコンバージェンスする間に結果として生じるパケット損失を減らすことです。急速な障害修復 (50 ミリ秒未満) は、分散ネットワーク コンバージェンス プロセスが完了するまで、ループフリーで安全に使用できる事前計算済みのバックアップパスを使用することによって達成されます。

TI-LFA を使用する主な利点を次に示します。

- すべてのプレフィックスの 100% のカバレッジと 50 ミリ秒以内のリンクおよびノードの保護を提供します。
- コンバージェンス後のパスを活用することで、一時的な輻輳と最適でないルーティングを防ぎます。
- ラベル配布プロトコル (LDP) と IP トラフィックも保護します。

IP 高速再ルーティングおよびリモートループフリー代替

IP 高速再ルーティング (FRR) は、ネットワーク内の障害が発生したリンクまたは障害が発生したノードの周囲の IP トラフィックを、非常に短時間 (50 ミリ秒未満) で再ルーティングできるようにする一連の手法です。使用される手法の 1 つは、OSPF プロトコルを使用して実装されるループフリー代替 (LFA) です。OSPF は現在、プレフィックスごとの直接接続された LFA およびリモート LFA (RLFA) をサポートします。これらの LFA アルゴリズムの問題はトポロジ依存性です。LFA アルゴリズムはすべてのトポロジに対してネットワークを通してループフリー代替パスを見つけることはできません。

プレフィックスごとの直接接続された LFA (DLFA としても知られています) はほとんどの三角形のトポロジに対してループフリー代替パスを提供しますが、長方形または円形のトポロジに対しては優れたカバレッジを提供しません。再ルーティングされたトラフィックを中間ノードにトンネリングするために LDP シグナリングとともに MPLS フォワーディングを使用するリモート LFA 実装 (RLFA) は、リングまたは長方形トポロジの IPFRR カバレッジを拡張します。各リンクについて、RLFA は P スペース (保護対象リンクを横断せずに計算ノードから到達可能なノードのセット) と Q スペース (保護対象リンク自体を横断せずに保護されたリンク上のネイバーに到達できるノードのセット) を定義します。P および Q スペースの両方に属するノードは、PQ ノードと呼ばれ、保護対象トラフィックの中間ノードとして使用できます。RLFA は、PQ ノードを対象にした LDP セッションを形成し、RLFA トンネルを構成します。ただし、P スペースと Q スペースが分離されているトポロジでは、R-LFA はそれらのプレフィックスを保護しません。

トポロジに依存しない高速再ルーティング

トポロジに依存しない高速再ルーティング (TI-FRR) は、トポロジ内のリンクのメトリックが対称であると仮定して、セグメントルーティングを使用して任意のトポロジでリンク保護を提供する技法です。TI-LFA は、単一リンクの帯域幅が非対称である場合のバックアップを保証しません。TI-LFA は、コンバージェンス後のパス上にあるループフリー修復パスのみを考慮します。これは、ネットワークのより優れたキャパシティ計画を行うのに役立ちます。

TI-LFA アルゴリズムは、ネットワークを通して完全な明示的パスを作成することを可能にします。完全に指定されたパスを使用すると、パスに沿ったセグメントの数が原因で、大きなトポロジで問題が発生する可能性があります。ただし、パス全体を指定する必要はなく、トラフィックを保護ノードにループバックしない中間ノード (リリースノード) にトラフィックを伝送するために必要なのはパスのサブセットのみです。TI-LFA アルゴリズムは、修復パスとして SR トンネルを構築します。TI-LFA トンネルは、トンネルが通過する必要があるノード (または) 修復ノードのセットを明示的に指定することによって構築され、プログラムされます。トラフィックは (プライマリパスが失敗した場合) トンネルで伝送され、コンバージェンス後パスでも伝送されます。

トポロジに依存しないループフリー代替

ローカル LFA およびリモート LFA が有効になっている場合、保護すべきプレフィックスのカバレッジは良好になります。ただし、PQ インターセクト ノードを持たないいくつかのまれなトポロジでは、ローカルおよびリモート LFA のどちらも、失敗したリンクを保護するために解放ノードを見つけることに失敗します。さらに、2つのアルゴリズムには LFA のコンバージェンス後の特性についての知識がないため、コンバージェンス後の経路を優先する方法はありません。

上記の制限を克服するために、トポロジに依存しない LFA (TI-LFA) が SR 対応ネットワークでサポートされ、次のサポートを提供します。

- **リンク保護** : LFA はリンクの障害のための修復パスを提供します。
- **ローカル LFA** : コンバージェンス後のパスのローカル LFA が利用可能であるときはいつでも、ローカル LFA は修復パスのための追加 SID を必要としないので、TI LFA より優先されます。つまり、PQ ノードのラベルは、リリース ノードには必要ありません。
- **拡張 P スペースのローカル LFA** : 拡張 P スペースのノードの場合、ローカル LFA は今でも修復パスのための最も経済的な方法です。この場合、TI-LFA は選択されません。
- **PQ 交差ノードへのトンネル** : これは、修復パスが TI-LFA を使用してコンバージェンス後のパスで保証されることを除いて、リモート LFA と類似しています。
- **PQ 分離ノードへのトンネル** : ローカルおよびリモート LFA が修復パスを見つけられない場合には、この機能は TI-LFA に固有です。
- **複数の交差または分離 PQ ノードを通過するトンネル** : TI-LFA は、プラットフォームのサポートされている最大ラベル数まで、すべてのプレフィックスの完全なカバレッジを提供します。
- **保護対象リンクのための P2P およびブロードキャスト インターフェイス** : TI-LFA は P2P およびブロードキャスト インターフェイスを保護します。

- **非対称リンク**：ネイバー間の OSPF メトリックは同じではありません。
- **マルチホーム（エニーキャスト）プレフィックス保護**：同じプレフィックスが複数のノードによって発信される可能性があり、TI-LFA はコンバージェンス後の修復パスを提供することによってエニーキャストプレフィックスも保護します。
- **保護されたプレフィックスのフィルタリング**：ルートマップは、保護するプレフィックスのリストと、リリースノードまでの最大修復距離を制限するオプションを含めるかまたは除外します。
- **タイブレーカー**：TI-LFA に適用可能な既存のタイブレーカーのサブセットがサポートされています。

トポロジに依存しないループフリー代替タイブレーク

ローカルおよびリモート LFA は、プレフィックスを保護するために複数のパスがある場合、デフォルトまたはユーザー設定のヒューリスティックを使用してタイブレークします。この属性は、ロードバランシングの前に、TI-LFA リンク保護計算の終了時に修復パスの数を削減するために使用されます。

ローカル LFA およびリモート LFA は次のタイブレーカーをサポートします。

- **Linecard-disjoint**：ラインカード分離修復パスを優先します。
- **Node-protecting**：修復パスを保護するノードを優先します。
- **SRLG-disjoint**：SRLG 分離修復パスを優先します。
- **Load-sharing**：リンクとプレフィックスの間で均等に修復パスを分配します。

特定のプレフィックスに対して2つの修復パスがある場合、プライマリポートのものとは異なるラインカードの出力ポートであるパスが、修復パスとして選択されます。

- **LC-disjoint-index**：修復パスの両方がプライマリパスのものと同じラインカード上にある場合、両方のパスが候補と見なされます。パスの1つが別のラインカード上にある場合は、そのパスが修復パスとして選択されます。
- **SRLG-disjoint**：SRLG 分離修復パスを優先します。

SRLG ID は、各インターフェイスに対して構成できます。プレフィックスに対して2つの修復パスがある場合、修復パスに設定された SRLG ID は、プライマリパス SRLG ID のものと比較されます。セカンダリパスの SRLG ID がプライマリのものとは異なる場合、そのパスが修復パスとして選択されます。

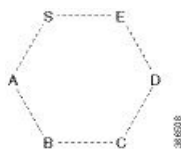
Cisco IOS XE リリース 3.18 では、ノード保護タイブレーカーはデフォルトで無効になっています。同じインターフェイス上のタイブレーカーのデフォルトと明示的なタイブレーカーは、相互に排他的です。以下のタイブレーカーは、すべての LFA でデフォルトで有効になっています。

- linecard-disjoint
- lowest-backup-metric
- SRLG-disjoint

Pスペース

S-E を通過せずに最短パス ツリー上の S から到達できるルータのセットは、リンク S-E に関して、S の P スペースと呼ばれます。

図 1: 単純なリングトポロジ



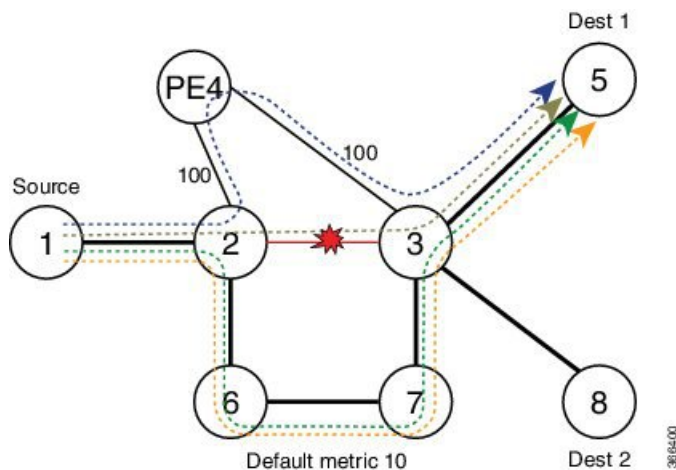
Qスペース

リンク S-E を通過することなく通常のフォワーディングによってノード E に到達できるルータのセットは、リンク S-E に関して、E の Q スペースと呼ばれます。

コンバージェンス後のパス

コンバージェンス後のパスは、OSPF がリンク障害の後に使用するパスです。TI-LFA は常に、コンバージェンス後のパスである修復パスを計算します。障害発生時にトラフィックを伝送するために、コンバージェンス後のパスを計画してサイズを合わせることができます。TI-LFA は、コンバージェンス後のパスをセグメントのリストとしてエンコーディングすることによって適用します。次の図は、コンバージェンス後のパスを使用した TI-LFA の例を示しています。

図 2: コンバージェンス後のパスを使用した TI-LFA

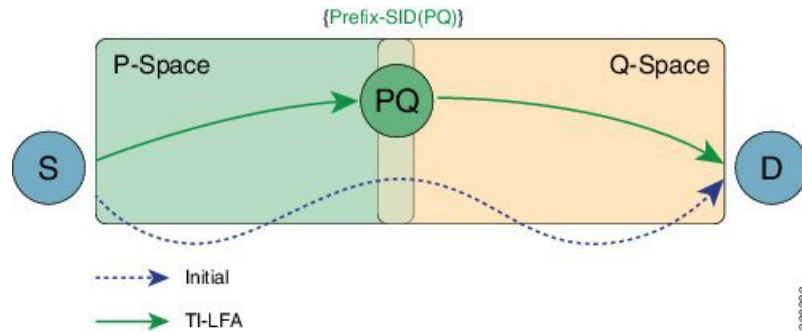


- これは、リンク 2-3 の障害に対してノード 2 の宛先ノード 5 を保護します。
- ノード 2 は、コアリンクを介してノード 5 宛てのすべてのトラフィックをスイッチします。

宛先ごとのリンク保護

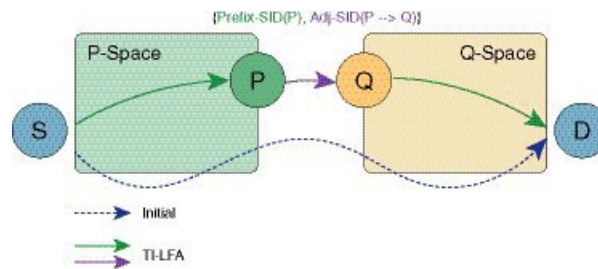
TI-LFA の実装は、基盤となるハードウェアによってサポートされるセグメント（ラベル）の数で宛先ごとのリンク保護を提供します。次の図は、TI-LFA の実装を示しています。

図 3: TI-LFA : {プレフィックス SID (PQ)} }



PQ が S の直接ネイバーである場合、追加セグメントをプッシュする必要はありません。

図 4: TI-LFA : {プレフィックス SID (P)、隣接関係 SID (P->Q)} }



インターフェイスごとのループフリー代替の使用可能性

- TI-LFA は、エリアごとに有効にすることができます。
- TI-LFA バックアップパスが計算されるのは、保護対象のプライマリ インターフェイスで TI-LFA 保護が有効になっている場合だけです。デフォルトでは、すべてのインターフェイスで保護が有効です。
- TI-LFA 修復パスは、ハードウェアによってサポートされるラベルの数によって制限されます。ハードウェアが2つのラベルだけをサポートする場合、TI-LFA 修復パスは、2つ以下のセグメントによって保護できるそれらのプレフィックスだけを保護できます。2つ以上のセグメントを必要とするそれらのプレフィックスは、未保護のままになります。

プレフィックス処理

すべてのリンクについて TI-LFA パスが計算されると、プレフィックス処理が開始されます。デフォルトでは、エリア内およびエリア間のプレフィックスのみが保護されます。外部プレ

フィックスを保護するには、OSPF レベルでグローバルにセグメントルーティングを有効にする必要があります。

プライマリ パスと修復パスは、保護されているプレフィックスと同じルートタイプである必要があります。つまり、エリア内を保護する必要がある場合、TI-LFA 修復パスは、プレフィックスが一意であっても（または）エニーキャストプレフィックスであっても、同じエリア内プレフィックスについても計算します。

エニーキャスト プレフィックス処理

また OSPF TI-LFA は、エニーキャストプレフィックスのための修復パスを計算します。エニーキャストプレフィックス（または）デュアルホームのプレフィックスは、複数のルータによってアドバタイズされたプレフィックスです。エリア内、エリア間、またはエリア外プレフィックスである可能性があります。エニーキャストプレフィックスのための TI-LFA 修復パスの計算は以下のとおりです。

- プレフィックス P1 がルータ R1 および R2 によってアドバタイズされると仮定します。両方のルータによってアドバタイズされたプレフィックスは、同じルートタイプである必要があります。つまり、R1 と R2 の両方で、プレフィックスをエリア内プレフィックス（またはエリア内もしくはエリア外）としてアドバタイズする必要があります。
- プライマリ パスは、コストが低いため R1 に向けて計算されます。
- TI-LFA がバックアップパスを計算するときに、コンバージェンス後のパスを計算します。したがって、コンバージェンス後のパスは R1 向けである必要はありません。R2（コンバージェンス後）に到達するためのコストがより短い場合、TI-LFA アルゴリズムは R2 向けのコンバージェンス後パスを選択します。TI-LFA トンネルは R2 に向けて形成されません。
- R2 がプレフィックスをアドバタイズしない場合、TI-LFA アルゴリズムは R1 向けの修復パスについて再計算されます。

プレフィックスごとのループフリー代替タイブレーク

IP FRR には、以下に示す順序で下記のタイブレークルールがあります。最適なパスを選択できる複数の修復パスがある場合は、次のタイブレークルールが適用されます。複数のパスがすべてのタイブレークルールに一致する場合、すべてのパスが修復パスとして使用されます。

- **Post Convergence** : コンバージェンス後のパスであるバックアップパスを優先します。これはデフォルトで有効になっていて、ユーザーはこれを変更できません。
- **Primary-path** : ECMP セットからのバックアップパスを優先します。
- **Interface-disjoint** : ポイントツーポイントインターフェイスには、プライマリゲートウェイで障害が発生した場合、再ルーティングのための代替のネクストホップはありません。interface-disjoint 属性を設定すると、このような修復パスの選択を防ぐことができるため、インターフェイスが保護されます。

- **Lowest-backup-metric** : 最小の合計メトリックを持つバックアップパスを優先します。TI-LFA は常に最低のコストであるバックアップパスを選択するので、これは TI-LFA には適用されません。
- **LC-disjoint** : プライマリパスとは異なるラインカードにあるバックアップパスを優先します。
- **Broadcast-interface-disjoint** : LFA 修復パスは、修復パスと保護されたプライマリパスが異なるネクストホップインターフェイスを使用するときにリンクを保護します。ただし、ブロードキャストインターフェイスでは、LFA 修復パスがプライマリパスと同じインターフェイスを介して計算され、ネクストホップゲートウェイが異なる場合、ノードは保護されますがリンクは保護されないことがあります。**broadcast-interface-disjoint** 属性を設定すると、プライマリパスがポイントするブロードキャストネットワークを修復パスが経由しない（つまり、インターフェイスと、これに接続されるブロードキャストネットワークを使用できない）ように指定することができます。
- **Load Sharing** : 上記のルールに一致する修復パスが複数ある場合は、バックアップパスをロードシェアします。このルールは、ユーザーが変更することもできます。



- (注) ユーザーは、要件に応じてタイプブレイクルールを変更および定義できます。このようにして、ユーザーはシーケンスの優先順位を変更したり、必要のないタイプブレイクインデックスの一部を削除したりすることができます。



- (注) TI-LFA は常に最低コストのバックアップパスのみを選択するので、Lowest-backup-metric ポリシーは TI-LFA には適用されません。

上記のルールは、次のコマンドを使用して確認できます。

```
R2#show ip ospf fast-reroute
      OSPF Router with ID (10.2.2.200) (Process ID 10)
Microloop avoidance is enabled for protected prefixes, delay 5000 msec
Loop-free Fast Reroute protected prefixes:
      Area          Topology name  Priority  Remote LFA Enabled  TI-LFA Enabled
      0             Base          Low      No                   Yes
AS external        Base          Low      No                   Yes

Repair path selection policy tiebreaks (built-in default policy):
  0  post-convergence
 10  primary-path
 20  interface-disjoint
 30  lowest-metric
 40  linecard-disjoint
 50  broadcast-interface-disjoint
256  load-sharing
```

```
OSPF/RIB notifications:
  Topology Base: Notification Enabled, Callback Registered
```

```
Last SPF calculation started 17:25:51 ago and was running for 3 ms.
```

TI-LFA の導入によって、次の 2 つのタイブレーク ルールが拡張されます。

- node-protection
- srlg-protection

上記の 2 つのタイブレークルールは、デフォルトでは有効になっていません。ユーザーは、前述のタイブレーク ポリシーを設定する必要があります。

ノード保護

TI-LFA ノード保護は、ノード障害からの保護を提供します。ノードを保護する TI-LFA は、特定のネクストホップへのリンクだけでなく、特定のネクストホップの障害に対して保護するコンバージョン後の修復パスの計算を試みます。

ノード保護は、ローカル LFA の実装でもタイブレーカーとして使用されます。ただし、これが TI-LFA と組み合わせられると、バックアップパスはノード保護パスとのコンバージョン後に計算されます。プレフィックスごとの TI-LFA ノード保護はデフォルトで無効になっています。IPFRR TI-LFA ノード保護機能は、対応するタイブレークが TI-LFA 機能とともに有効になると有効になります。つまり、

```
router ospf 10
  [no] fast-reroute per-prefix ti-lfa [area <area> [disable]]
  [no] fast-reroute per-prefix tie-break node-protecting index <index>
  [no] fast-reroute per-prefix tie-break node-protecting required index <index>
```

ノード保護を有効にする場合、他のすべてのタイブレーク ルールも手動で設定する必要があります。ノード保護はリンク保護上に構築されます。

node-protecting と **node-protecting required** の違いは、バックアップパスの選択です。

node-protecting required を設定すると、選択されたバックアップは、ノード（保護しているリンクの一部）を通過しないパスでなければなりません。このようなパスが使用できない場合は、バックアップパスとしてパスが選択されません。

共有リスク リンク グループ保護

共有リスクリンクグループ (SRLG) は、同時に障害が発生する可能性が高い修復パスおよび保護されたプライマリパスのネクストホップインターフェイスのグループです。OSPFv2 ループフリー Fast Reroute 機能では、コンピューティングルータでローカルに設定された SRLG のみがサポートされます。TI LFA の導入によって、SRLG グループ ID をプライマリパスインターフェイスと共有しないコンバージョン後のパスが選択されます。このようにして、プライマリリンクが失敗するたびに、ユーザーは SRLG 保護を確認します。

IPFRR TI-LFA SRLG 保護機能は、対応するタイブレークが TI-LFA 機能とともに有効になると有効になります。つまり、

```
router ospf 10
  [no] fast-reroute per-prefix ti-lfa [area <area> [disable]]
  [no] fast-reroute per-prefix tie-break srlg index <index>
  [no] fast-reroute per-prefix tie-break srlg required index <index>
```

SRLG 保護を有効にすると、他のすべてのタイブレイクルールを手動で設定する必要があります。**srlg-protecting** と **srlg-protecting required** の違いは、バックアップパスの選択です。**srlg-protecting required** を設定すると、選択されたバックアップは、保護されているプライマリリンクと SRLG ID を共有しないパスでなければなりません。このようなパスが使用できない場合は、バックアップパスとしてパスが選択されません。

一方、**srlg-protecting** を単独で設定すると、SRLG 保護パスが使用できない場合は、リンク保護パスがバックアップパスとして選択されます。SRLG 保護パスが使用可能な場合、SRLG 保護パスへのスイッチオーバーが行われます。

ノード共有リスク リンク グループ保護

ノードと SRLG の保護タイブレイクの両方を一緒に設定できます。これは、バックアップパスがノード保護と SRLG 保護の両方の基準を満たす必要があることを意味します。その場合、追加の TI-LFA ノード SRLG の組み合わせ保護アルゴリズムが実行されます。TI-LFA ノード SRLG の組み合わせアルゴリズムは、コンバージェンス後の最短パスツリー (SPT) を計算するときに、保護されたノードと、同じ SRLG グループを持つインターフェイスのすべてのメンバーを削除します。

ノードおよび SRLG の保護タイブレイクを一緒に有効にするには、次のコマンドを使用します。

```
router ospf 10
  [no] fast-reroute per-prefix ti-lfa [area <area> [disable]]
  [no] fast-reroute per-prefix tie-break node-protecting index <index>
  [no] fast-reroute per-prefix tie-break srlg index <index>
```

次の show コマンドは、タイブレイクポリシーを表示するために使用されます。

```
R3#show ip ospf fast-reroute

      OSPF Router with ID (10.3.3.33) (Process ID 10)

Loop-free Fast Reroute protected prefixes:

      Area          Topology name  Priority  Remote LFA Enabled  TI-LFA Enabled
      ---          -
          0          Base           Low       No                   No
          1          Base           Low       No                   No
        1000          Base           Low       No                   No
AS external          Base           Low       No                   No

Repair path selection policy tiebreaks:
  0 post-convergence
  60 node-protecting
  70 srlg
  256 load-sharing

OSPF/RIB notifications:
Topology Base: Notification Disabled, Callback Not Registered
```

Last SPF calculation started 00:00:06 ago and was running for 2 ms.

トポロジに依存しないループフリー代替高速再ルーティングの設定方法

トポロジに依存しないループフリー代替高速再ルーティングの有効化

デフォルトでは、TI-LFA は無効になっています。プロトコルの有効化を使用して、TI-LFA を有効にすることができます。

プロトコルの有効化：すべての OSPF エリアに対して、ルータ OSPF モードで TI-LFA を有効にします。TI-LFA FRR を有効にするには、次の手順を実行します。

```
[no] fast-reroute per-prefix ti-lfa [ area <area> disable]
```

```
router ospf <process>
fast-reroute per-prefix enable area <area> prefix-priority {low | high}
fast-reroute per-prefix ti-lfa [ area <area> disable]
```

また、インターフェイス コマンドを使用して、特定のインターフェイスで IP FRR を有効または無効にすることもできます。

```
interface <interface>
ip ospf fast-reroute per-prefix protection disable
ip ospf fast-reroute per-prefix candidate disable
ip ospf fast-reroute per-prefix protection ti-lfa [disable]
```



- (注)
- TI-LFA が OSPF ルータおよび広域で設定されるとき、エリア特定の設定が優先します。
 - 外部プレフィックスを保護するには、TI-LFA はグローバルに有効にする必要があります。

トポロジに依存しないループフリー代替高速再ルーティングの設定

このタスクでは、リンク、ノード、および SRLG の障害に関するトラフィック フローを収束させるために、プレフィックスごとのトポロジに依存しないループフリー代替 (TI-LFA) の計算を有効にする方法について説明します。TI-LFA は、より低いレベルによって継承されたインスタンスまたはエリア レベルで設定することができます。TI-LFA にも適用されるインターフェイス レベルごとのプレフィックス FRR ごとに有効または無効にできます。

設定を開始する前に、次のトポロジ要件を満たしていることを確認してください。

- ルータ インターフェイスがトポロジごとに設定されている。
- ルータが OSPF で設定されている。

- セグメントルーティングが OSPF レベルでもグローバルでも有効である。

1. 指定されたルーティング プロセスの OSPF ルーティングを有効にして、ルータ コンフィギュレーション モードを開始します。

```
Device(config)# router ospf 10
```

2. FRR を有効にします。

```
Device(config-router)# fast-reroute per-prefix enable prefix-priority low
```

3. TI-LFA を有効にします。

```
Device(config-router)# fast-reroute per-prefix ti-lfa
```

4. 特定のエリアで TI-LFA を有効にします。

```
Device(config-router)# fast-reroute per-prefix ti-lfa area 0
```

5. TI-LFA モードを終了します。

```
Device(config-router)# exit
```

6. インターフェイス モードに入ります。

```
Device(config)#interface ethernet 0/0
```

7. 特定のインターフェイスで FRR を有効にたくない場合は、`protection disable` コマンドを使用します。

```
Device(config-if)#ip ospf fast-reroute per-prefix protection disable
```

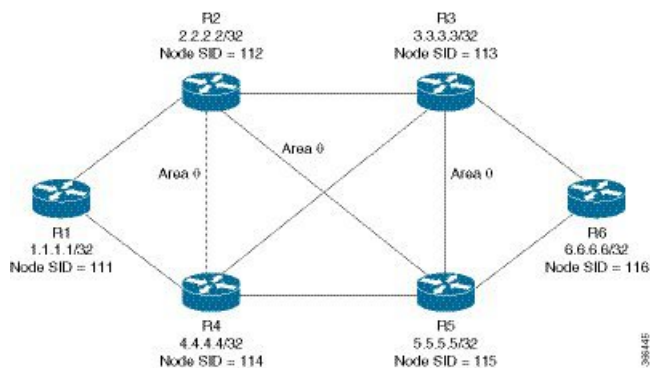
8. 特定のインターフェイスを修復パスとして有効にたくない場合は、`candidate disable` コマンドを使用します。

```
Device(config-if)#ip ospf fast-reroute per-prefix candidate disable
```

トポロジに依存しない高速再ルーティング タイブレーカーの設定

すべてのノードのプレフィックス SID が設定されているすべてのルータで、セグメントルーティングを有効にする必要があります。構成を理解するには、次のトポロジを参照として使用してください。

図 5: 設定例



R2 と R3 の間のリンクを保護するデバイス R2 を考えます。R2 での設定：

```

router ospf 10
fast-reroute per-prefix enable prefix-priority low
fast-reroute per-prefix ti-lfa
segment-routing mpls
segment-routing area 0 mpls
fast-reroute per-prefix enable prefix-priority low
fast-reroute per-prefix ti-lfa
fast-reroute per-prefix ti-lfa area 0
fast-reroute per-prefix tie-break node-protecting index 60
fast-reroute per-prefix tie-break srlg index 70
mpls traffic-eng router-id Loopback1
mpls traffic-eng area 0

interface GigabitEthernet4 //interface connecting to the router 4
ip address 10.101.4.4 255.255.255.0
ip ospf 10 area 0
ip ospf network point-to-point
srlg gid 10
negotiation auto

interface GigabitEthernet3 //interface connecting to the router 3
ip address 10.101.3.3 255.255.255.0
ip ospf 10 area 0
ip ospf network point-to-point
srlg gid 10
negotiation auto

interface GigabitEthernet5 //interface connecting to the router 2
ip address 10.101.5.5 255.255.255.0
ip ospf 10 area 0
ip ospf network point-to-point
srlg gid 20
negotiation auto

interface loopback2
ip address 10.2.2.2/32
ip ospf 10 area 0

```



(注) 他のすべてのデバイスでは、セグメントルーティングの構成と、接続されたプレフィックス SID の割り当てを行う必要があります。

ノード保護の仕組み：例として同じトポロジを使用し、R2 と R3 の間のリンクと R6 からのプレフィックスも保護している場合を考えてみましょう。その場合、プレフィックスのプライマリパスが R2-R3 経由であると想定してみましょう。したがってプライマリパスは R2---R3---R6 であり、リンク R2---R3 を保護しています。

このシナリオでは、リンク保護のみが設定され、有効になっています。OSPF プロセスの下で TI-LFA を有効にすると、すべてのパスのコストが等しいという条件で次のパスが得られます。

R2---R4---R5---R6

R2---R5---R3---R6

R2---R5---R6

リンク保護のみを設定している場合は、3つのパスがすべて選択され、それらの間で負荷が共有されます。

ノード保護を構成する場合は、バックアップパスに保護対象のノードが含まれないようにバックアップが計算されます。この例では、バックアップのノード R3 は必要ありません。その結果、次の2つのパスのみがバックアップパスとして選択されます。

R2---R4---R5---R6

R2---R5---R6

R2---R5---R3---R6 のコストは上記の2つのパスよりも小さい可能性があります。しかし、ノード保護が設定されているため、上記の2つのパスのみが考慮されます。

SRLG 保護の仕組み：SRLG 保護は、プライマリパスとバックアップが同じ SRLG ID を共有しないような方法で、バックアップパスをさらに排除します。次のバックアップパスが使用可能であるとしています。

R2---R4---R5---R6

R2---R5---R6

次に、(R2---R4) と (R2---R5) の SRLG ID が、10 であるプライマリ インターフェイス (R2---R3) と比較されます。インターフェイス R2---R5 のみが、異なる SRLG ID である 20 を持つことに注意します。したがって、バックアップパス R2---R5---R6 のみが選択されます。

トポロジに依存しない高速再ルーティング トンネルの確認

次のコマンドを使用して、TILFA トンネルを確認することができます。

```
Device#show ip ospf fast-reroute ti-lfa tunnels
```

```
OSPF Router with ID (10.2.2.200) (Process ID 10)
```

```
Area with ID (0)
```

```
Base Topology (MTID 0)
```

Tunnel	Interface	Next Hop	Mid/End Point	Label
MPLS-SR-Tunnel2	Et1/1	10.7.0.7	10.1.1.1	16020
MPLS-SR-Tunnel6	Et0/3	10.8.0.0	10.3.3.3	16003
MPLS-SR-Tunnel7	Et1/1	10.7.0.7	10.1.1.1	16020
			10.5.5.5	16005
			10.3.3.3	16003
MPLS-SR-Tunnel5	Et0/3	10.8.0.0	10.5.5.5	16005
MPLS-SR-Tunnel11	Et1/1	10.7.0.7	10.1.1.1	16020
			10.5.5.5	16005
MPLS-SR-Tunnel13	Et1/1	10.7.0.7	10.6.6.6	16006

次のコマンドを使用して、プライマリおよび修復パスを持つ OSPF ルーティングテーブル内のルートを確認できます。

```

Device#show ip ospf rib 10.6.6.6

          OSPF Router with ID (10.2.2.200) (Process ID 10)

          Base Topology (MTID 0)

OSPF local RIB
Codes: * - Best, > - Installed in global RIB
LSA: type/LSID/originator

*> 10.6.6.6/32, Intra, cost 31, area 0
    SPF Instance 19, age 02:12:11
      contributing LSA: 10/10.0.0.0/10.6.6.6 (area 0)
    SID: 6
    CSTR Local label: 0
    Properties: Sid, LblRegd, SidIndex, N-Flag, TeAnn
    Flags: RIB, HiPrio
      via 10.7.0.7, Ethernet1/1 label 16006
        Flags: RIB
        LSA: 1/10.6.6.6/10.6.6.6
    PostConvrq repair path via 10.3.3.3, MPLS-SR-Tunnel6 label 16006, cost 81, Lbl cnt
    1
      Flags: RIB, Repair, PostConvrq, IntfDj, LC Dj
      LSA: 1/10.6.6.6/10.6.6.6

```

次のコマンドを使用して、IP ルーティング テーブルにルートを表示できます。

```

Device#show ip route 10.6.6.6
Routing entry for 10.6.6.6/32
  Known via "ospf 10", distance 110, metric 31, type intra area
  Last update from 10.7.0.7 on Ethernet1/1, 00:25:14 ago
  SR Incoming Label: 16006
  Routing Descriptor Blocks:
    * 10.7.0.7, from 10.6.6.6, 00:25:14 ago, via Ethernet1/1, merge-labels
      Route metric is 31, traffic share count is 1
      MPLS label: 16006
      MPLS Flags: NSF
      Repair Path: 10.3.3.3, via MPLS-SR-Tunnel6

```

トポロジに依存しないループフリー代替高速再ルーティングのデバッグ

次のコマンドを使用して、TI-LFA FRR をデバッグすることができます。

```

debug ip ospf fast-reroute spf
debug ip ospf fast-reroute spf detail
debug ip ospf fast-reroute rib
debug ip ospf fast-reroute rib [<access-list>]

```


例：OSPFv2 リンク保護のトポロジに依存しないループフリー代替高速再ルーティング

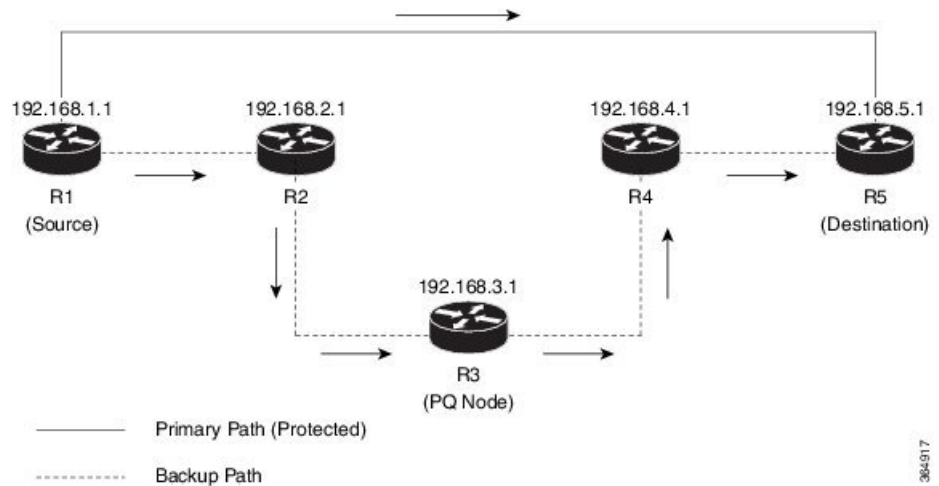
OSPFv2 リンク保護 TI-LFA FRR の例を次に示します。

例：トポロジに依存しないループフリー代替高速再ルーティングの設定

この例では、単一またはディスジョイントの PQ ノードを使用してセグメントルーティング TE トンネルに TI-LFA を設定する方法を示します。次に、使用される 2 つのトポロジを示します。

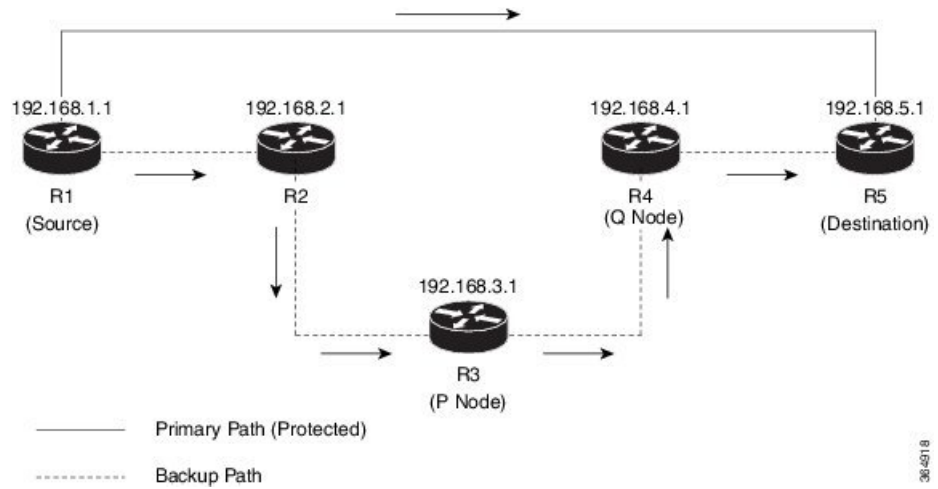
- トポロジ 1：単一の PQ ノードであり、2 つの SID を持ちます。送信元ルータ R1 から PQ ノードを経由して宛先ルータ R5 に送信されます。

図 6: トポロジ 1: 単一の PQ ノード



- トポロジ 2：ディスジョイント PQ ノードであり、3 つの SID で構成されます。送信元ルータ R1 から P ノードおよび Q ノードを介して宛先ルータ R5 に送信されます。

図 7: トポロジ 2: ディスジョイント PQ ノード



宛先ルータ（R5）に接続する送信元ルータ（R1）インターフェイスで OSPF 用に TI-LFA を設定します。

```

Device(config)# router ospf 10
Device(config-router)# fast-reroute per-prefix enable prefix-priority low
Device(config-router)# fast-reroute per-prefix ti-lfa
Device(config-router)# fast-reroute per-prefix ti-lfa area 0
Device(config-router)# exit
  
```

翻訳について

このドキュメントは、米国シスコ発行ドキュメントの参考和訳です。リンク情報につきましては、日本語版掲載時点で、英語版にアップデートがあり、リンク先のページが移動/変更されている場合がありますことをご了承ください。あくまでも参考和訳となりますので、正式な内容については米国サイトのドキュメントを参照ください。