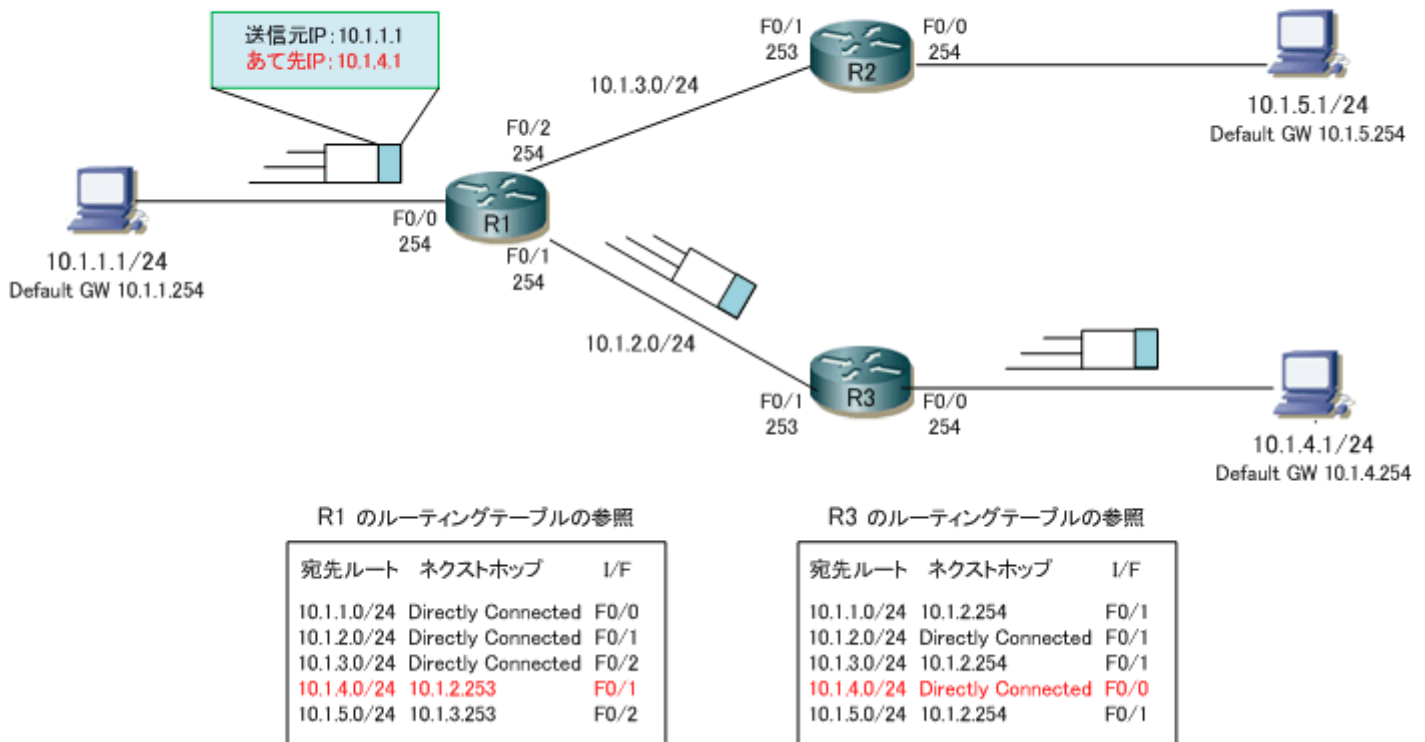


## 【1】ルーティングとは

ルーティングとは、宛先となるホストまでパケットを送信する時に最適な経路を選択して転送することです。このルーティングは、ルータやL3 スイッチなどのレイヤ 3 で動作するネットワーク機器によって行われます。ルータは最適な経路を決定するためにルーティングテーブルを参照します。ルーティングテーブルは、受信したパケットをどこへ転送するべきかを決定するための宛先ルートの一覧情報です。重要な点は、ルータはルーティングテーブルを参照し、ルーティングの際に受信パケットの宛先アドレスを見て転送していること。

### ルーティング



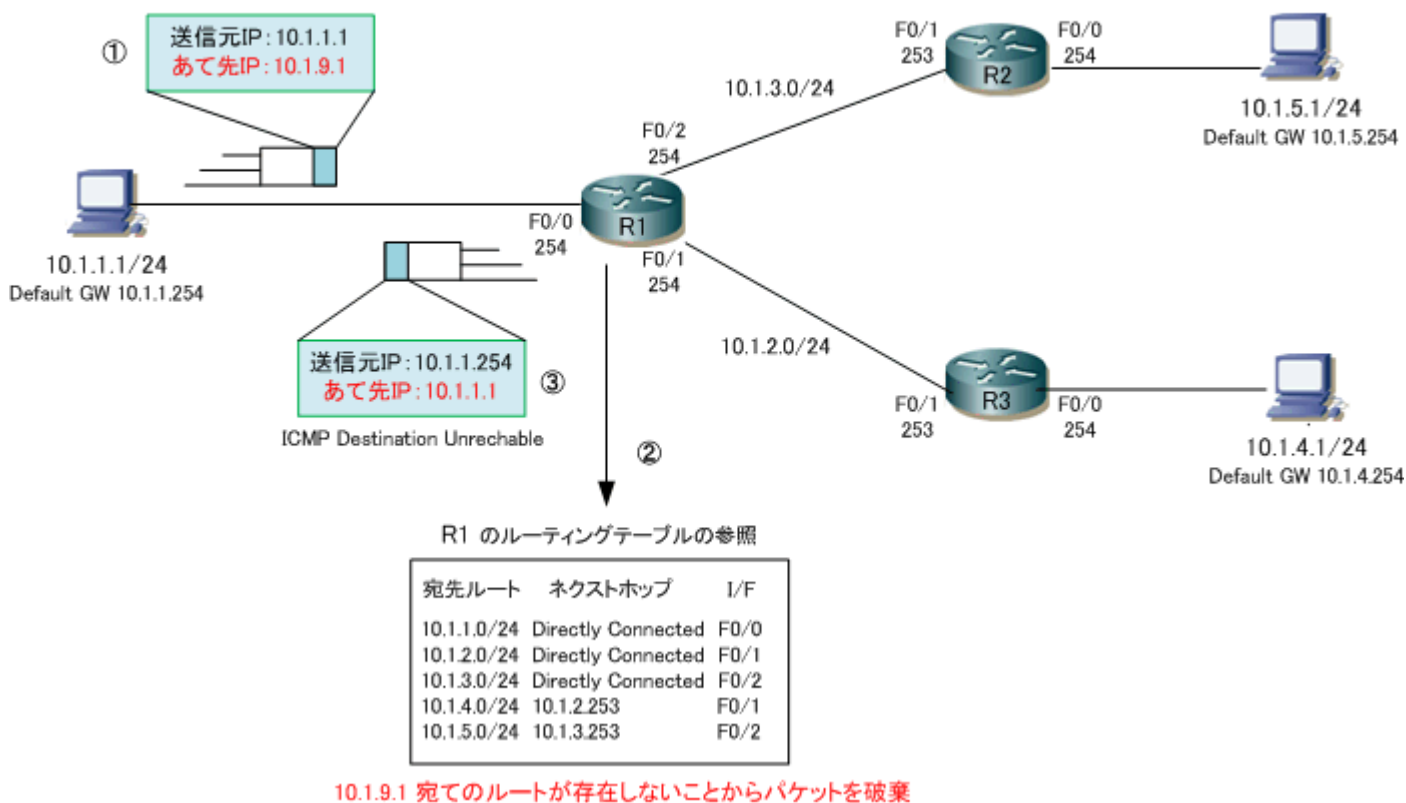
上図で 10.1.1.1 から 10.1.4.1 宛てのパケットを R1 が受信すると、パケットの宛先 IP アドレスを見ます。次に自身のルーティングテーブルを参照します。「10.1.4.1」は「10.1.4.0/24」のネットワークに該当するので R1 はルーティングテーブルに従い、F0/1 の I/F から「10.1.2.253」の IP アドレスを持つ機器 (R3) に対してパケットを転送します。パケットを受信した R3 はパケットの宛先 IP アドレスを見ます。次に、ルーティングテーブルを参照します。10.1.4.1 は自身の I/F のネットワークなので ARP 情報に基づきパケットを転送します。

ネクストホップとは受信したパケットを宛先ネットワークに転送するために次にパケットを転送する隣接ルータの IP アドレスのこと。ネクストホップが **Directly Connected** の場合、自分自身のインターフェースが直接そのネットワークに接続している事を意味します。

## 【2】ルーティングの原則 その 1

ルータは、ルーティングテーブル上には存在しない宛先ネットワークあてのパケットは破棄してしまいます。パケット破棄の後、ルータはパケットの送信元へ宛先到達不能（**Destination Unreachable**）メッセージを ICMP パケットで通知します。そのため、通信に必要な宛先ネットワークの経路情報はルーティングテーブルに保持している必要があります。下図は、10.1.1.1 から 10.1.9.1 宛てのパケットを送信した所、10.1.9.1 の宛先ネットワークがルーティングテーブルにないことから、パケットを破棄し ICMP で結果を通知しています。

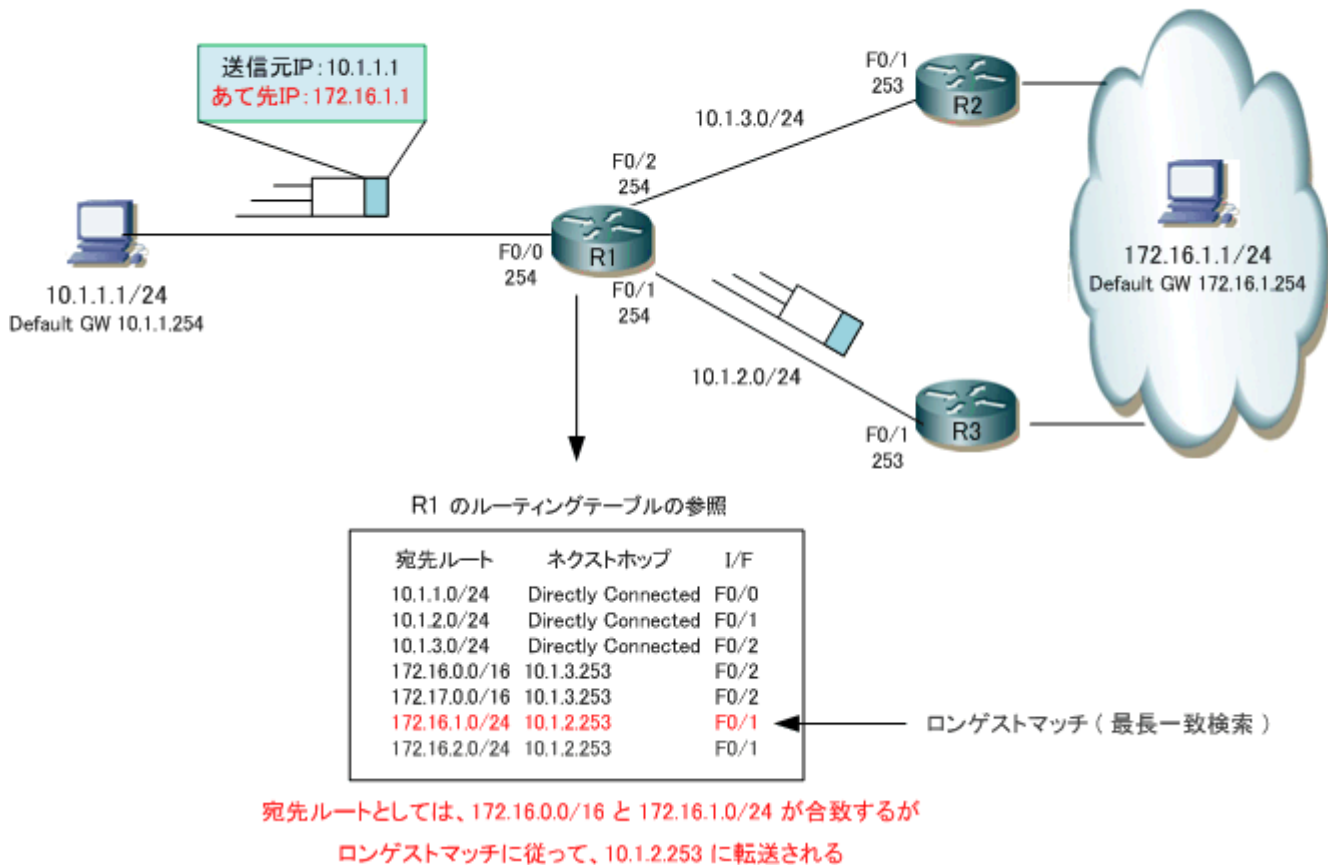
宛先ルートがルーティングテーブルにない場合



### 【3】ルーティングの原則 その 2

受信パケットの宛先 IP アドレスに該当するルート情報がルーティングテーブルに複数ある場合、そのルータは**ロングストマッチの法則**に従いパケットを転送します。ロングストマッチとはパケットを転送するための宛先ネットワークがルーティングテーブルに複数ある時、宛先ネットワークのアドレスビット(プレフィックス長)が最も長く一致する宛先ルートをパケットの転送先として選択する規則のことです。下図の説明とおりです。

宛先ルートがルーティングテーブルに複数ある場合



上図の「172.16.1.1」宛てのパケットが「172.16.0.0/16」と「172.16.1.0/24」両方の宛先ネットワークに該当する場合、宛先ネットワークのアドレスのビットが最も長く一致しているのは「/24」まで合致している 172.16.1.0/24 であるので、ルータは F0/1 のインターフェースから 10.1.2.253 のルータにパケットを転送。

ルーティングでは、複数の宛先ルートがある場合、色々な基準により最適ルートを選択することになりますがロングストマッチが最適経路の選択に最優先されます。アドミニストレーティブディスタンス、メトリックはこの次に考えられる値です。ロングストマッチの法則は、ネットワークエンジニアにとってとても大切な知識です。

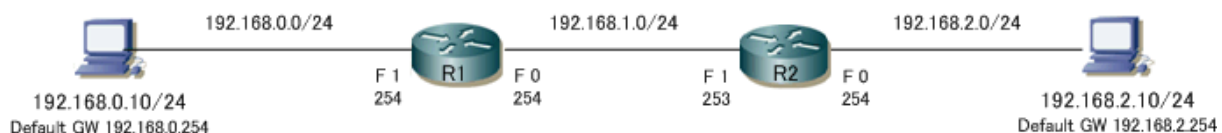
## 【4】ルーティングテーブルへのルート情報の追加

ルータのルーティングテーブルにルート情報を追加するためには、以下の 3 通りの方法があります。

ルート情報の追加方法	説明
直接接続ルート	ルータの自身の I/F に IP アドレスを設定して、I/F を有効化することで追加されるルートのこと。前提として、そのインターフェースがリンクアップして "up/up" の状態である必要がある。
スタティックルート (静的ルート)	管理者が宛先ネットワークへの最適なルートを手動で設定したルートのこと。
ダイナミックルート (動的ルート)	ルータで設定されたルーティングプロトコルにより自動的に追加されるルートのこと。

## 【5】ルーティングテーブルの見方

ここでは Cisco 機器を例にして、ルーティングテーブルを詳細に見ていきます。Cisco 機器でルーティングテーブルを確認するためには、show ip route コマンドを入力する必要があります。



R2 のルーティングテーブル

宛先ルート	ネクストホップ	I/F
192.168.0.0/24	192.168.1.254	F 1
192.168.1.0/24	Directly Connected	F 1
192.168.2.0/24	Directly Connected	F 0

このルーティングテーブルの詳細を、以下で見てみましょう。

```
COM4:9600baud - Tera Term VT
ファイル(E) 編集(E) 設定(S) コントロール(Q) ウィンドウ(W) 漢字コード(K) ヘルプ(H)

Router#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, 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
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set
R   192.168.0.0/24 [120/1] via 192.168.1.254, 00:00:06, FastEthernet1
C   192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet1
C   192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0
Router#
```

項番	各項目	説明
①	ルートの情報源	<p>そのルートがどのようにルーティングテーブルに追加されたのかを示すコード。</p> <p>直接接続ルートの場合「C」、スタティックルートの場合「S」、ダイナミックルートの場合はルーティングプロトコルによりコードが異なる。今回はルータで RIP を有効にしているので、ルーティングテーブル上では「R」が表示されている。</p>
②	宛先ルート、サブネットマスク	<p>宛先ネットワークを示すアドレスとサブネットマスクの情報。サブネットマスクはネットワークアドレスの区切りを示し、ロングストマッチの際に参照される情報源。</p>
③	アドミニストレーティブ ディスタンス 値が低い列を信用する	<p>ルーティングテーブル上に、プレフィックス長が同じ宛先ルートが複数ある場合このアドミニストレーティブディスタンス(AD)の値が参照される。AD 値が小さい宛先ルートがルーティングテーブルに追加される。RIP は、AD 値が 120 となる。</p>
④	メトリック 値が低い(近い)方を使用	<p>ダイナミックルーティングにおいて、宛先ルートに対し複数のルートが存在する場合に最適経路を選択するために使用される値。このメトリック値は、使用しているダイナミックルーティングプロトコルにより値の意味が異なる。</p>
⑤	ネクストホップアドレス	<p>受信したパケットを宛先ネットワークに転送するために次にパケットを転送する隣接ルータの IP アドレスのこと。今回は、192.168.0.0/24 の宛先ルートに対しては 192.168.1.254 がネクストホップアドレスであることが分かる。via は「～経由」の意味であり、192.168.1.254 経由で 192.168.0.0/24 のルートが学習されたと分かる。</p> <p>directly connected は直接接続ルートであることからネクストホップは存在しない。</p>
⑥	宛先ルートの学習時間	<p>ダイナミックルーティングにおいて、宛先ルートが追加されてからの経過時間。上図の場合、「192.168.0.0/24」のルート情報を受信してから 6 秒経過している。</p>
⑦	出力インターフェース	<p>受信パケットを宛先ネットワークに転送するための出力インターフェースを表示。上図「192.168.0.0/24」宛のパケットは R2 の「FastEthernet 1」から転送される。</p>

ネットワークエンジニアにとって Cisco ルータの show ip route が確認できることは超必須なことなので、しっかり理解しましょう。

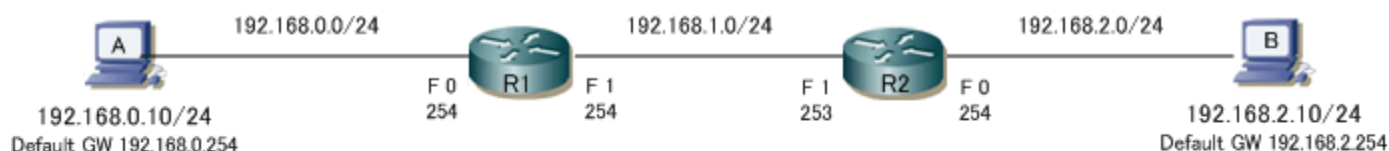
## 【6】スタティック(静的)ルーティングとは

スタティックルートとは、管理者が宛先ネットワークへの最適なルートを手動で設定したルートのことです。スタティックルート情報は他のルータへ通知されることはありません。また、ネットワークの状態に変化があった場合でも、他に有効な宛先ルートがあっても、自動的にそのルートに切り替わることはありません。ルータでこのスタティックルートを使用したルーティングのことを、スタティックルーティングと言います。

### ●スタティックルートの設定

下図は、それぞれのルータの I/F(インターフェース)に IP アドレスの設定と有効化 (no shutdown) をしている状態となります。この時点でルータは直接接続ルートを追加することになるので、ルーティングテーブルは下図のとおりです。

この状態ではルーティングテーブルどおり端末 A から B にパケットを送信しても届きません。なぜなら、**R1 のルーティングテーブルには、宛先 IP アドレス「192.168.2.10」に該当する宛先ルートが存在しない**からです。



R1 のルーティングテーブル

宛先ルート	ネクストホップ	I/F
192.168.0.0/24	Directly Connected	F 0
192.168.1.0/24	Directly Connected	F 1

R2 のルーティングテーブル

宛先ルート	ネクストホップ	I/F
192.168.1.0/24	Directly Connected	F 1
192.168.2.0/24	Directly Connected	F 0

そこで R1 にスタティックルートの設定をしてみます。Cisco 機器ではスタティックルートを設定するためにはグローバルコンフィギュレーションモードで `ip route` コマンドを使用します。

### ●スタティックルートの設定

(config) # `ip route network mask ip-address | interface [ distance ] [ permanent ]`

ip route コマンドの引数	説明
network	宛先ネットワークのアドレスを指定する。
mask	宛先ネットワークに対するサブネットマスクを指定する。
ip-address or interface	ネクストホップアドレス、または出力インターフェースを指定する。出力インターフェースの場合は、Serial などのポイントツーポイントのインターフェースであることが条件。
distance	アドミニストレーティブディスタンス値 (AD) を変更したい場合に数値を指定する。(オプション)
permanent	宛先ルートへの出力インターフェースがダウンした場合でも、設定したスタティックルーティングテーブルから削除されないようにしたい時に permanent と指定する。(オプション)

●R1 は「192.168.2.0/24」の宛先ルートを学習する必要があるので、以下のスタティックルートを設定します。

```

COM4:9600baud - Tera Term VT
ファイル(E) 編集(E) 設定(S) コントロール(O) ウィンドウ(W) 漢字コード(K) ヘルプ(H)

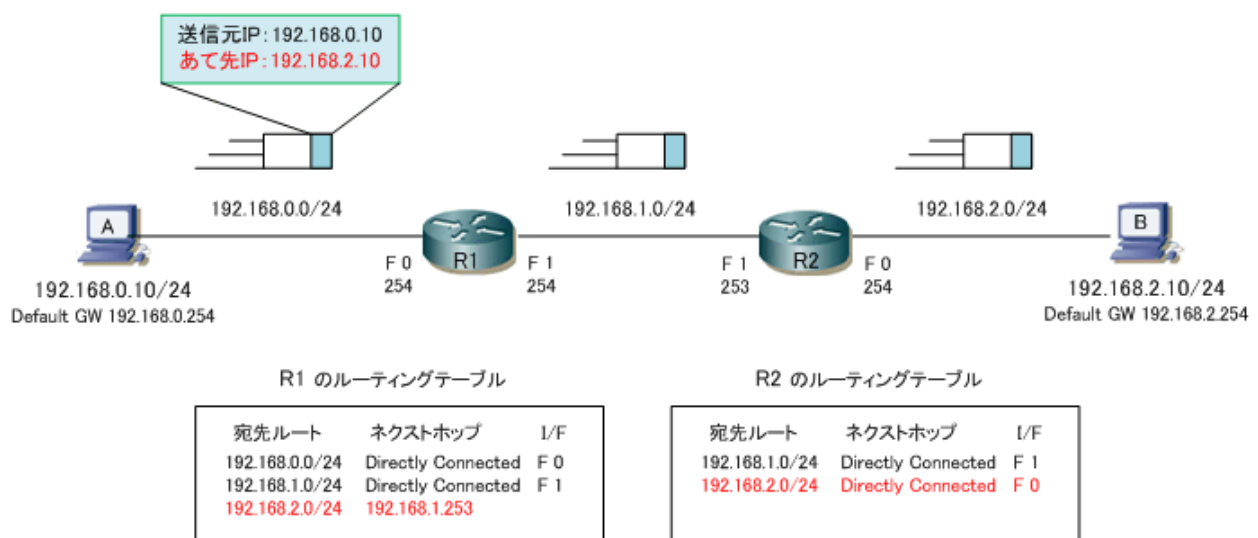
R1(config)#ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 192.168.1.253
R1(config)#
R1(config)#exit
R1#
*Mar 21 12:29:11.943: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R1#
R1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - 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
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

C    192.168.0.0/24 is directly connected, FastEthernet0
C    192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet1
S    192.168.2.0/24 [1/0] via 192.168.1.253 ← 追加されたスタティックルート
R1#

```

上での設定により下図の通り端末 A から B へパケットが届くようになります。しかし端末 A からのパケットが B へ送信できたとしても、端末 B から A へ送信できないことが R2 のルーティングテーブルを見れば分かります。  
 ※R2 のルーティングテーブルには端末 A のアドレスに該当する 192.168.0.0/24 の宛先ルートが存在しません。



従って、端末 A ⇄ B 間で相互に通信できるようにするためには、R2 に以下のスタティックルートが必要です。



```

COM4:9600baud - Tera Term VT
ファイル(E) 編集(E) 設定(S) コントロール(O) ウィンドウ(W) 漢字コード(K) ヘルプ(H)

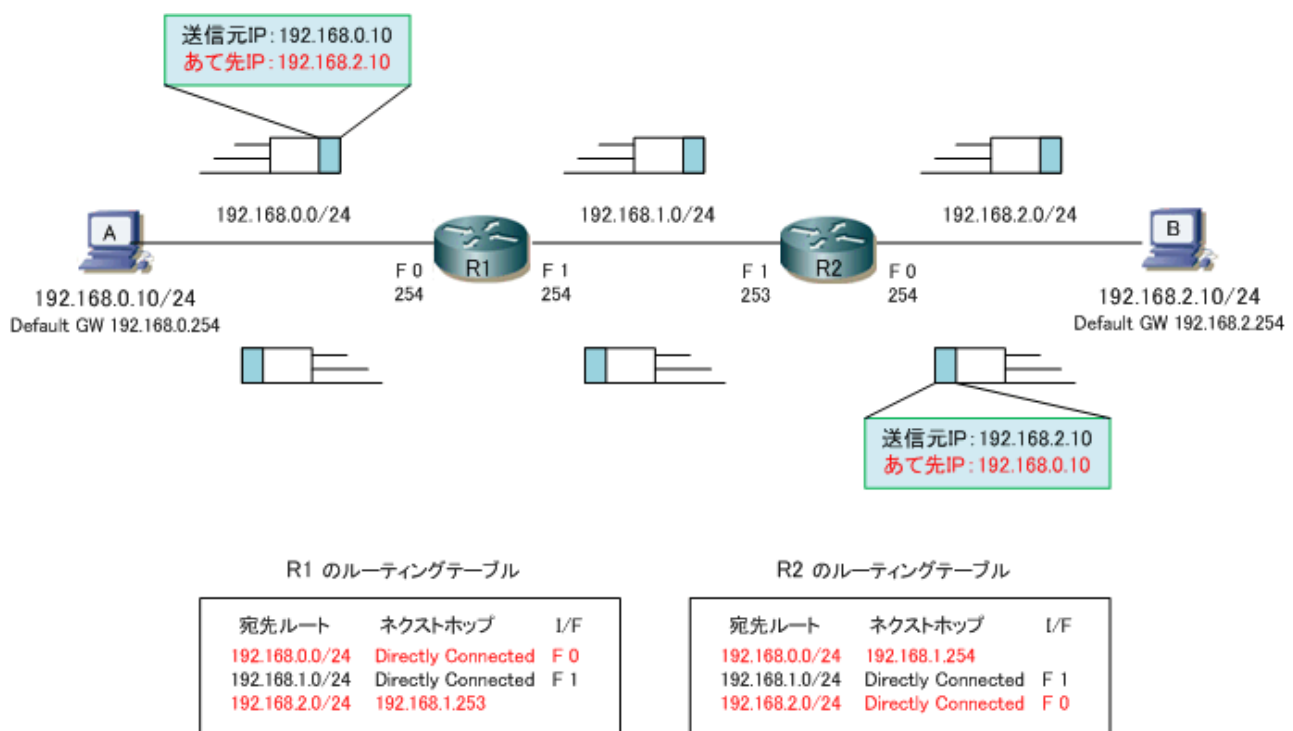
R2(config)#ip route 192.168.0.0 255.255.255.0 192.168.1.254
R2(config)#
R2(config)#exit
R2#
*Mar 21 14:02:10.015: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R2#
R2#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - 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
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

S    192.168.0.0/24 [1/0] via 192.168.1.254 ← 追加されたスタティックルート
C    192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet1
C    192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0
R2#

```

※R2 でもスタティックルートを設定することで、端末 A⇔B 間で双方向に通信できるようになります。



このようにスタティックルートは、**双方向に設定する必要があります**。パケットを送信できたとしても**返りのスタティックルートがなければ、受信したパケットを送り返すことができません**。これとても重要です。

コンピュータ間の通信は双方向に通信してはじめて成立するので、片側だけのパケットが送信できても意味がないのです。このようにスタティックルートを設定する場合、双方向に通信できるか確認します。

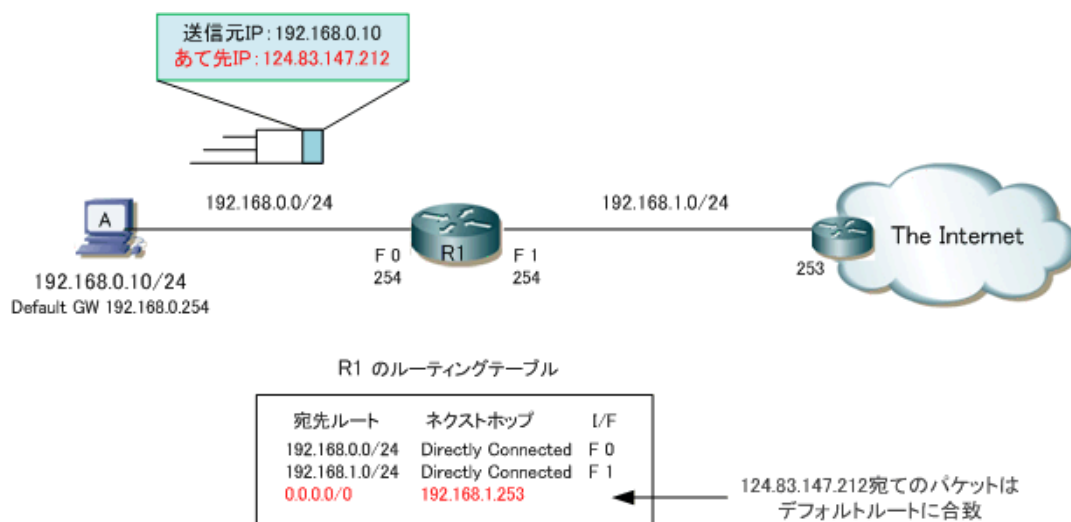


## 【7】デフォルトルートの設定

スタティックルートでは、通信したい宛先ネットワークごとにスタティックルートを 1 行ずつ設定していく必要があります。しかし、通信したい宛先ネットワークが膨大な場合、設定していくのが非常に手間です。

そのような場合はデフォルトルートという特別なルートを設定します。**デフォルトルートは「0.0.0.0/0」で全てのネットワークを示して、受信したパケットの宛先ネットワークアドレスがルーティングテーブルに登録されていない場合でも指定したネクストホップアドレスにパケット転送する** 便利で特別なルートです。

デフォルトルートはインターネットに接続する企業ネットワークのルータで役立ちます。例えば下図では <https://www.yahoo.co.jp/> をブラウザで開いた時のパケットですが、このようなグローバル IP アドレスであっても、デフォルトルートを設定すれば「0.0.0.0/0」に合致しネクストホップアドレス 192.168.1.253 に転送されます。インターネット上の通信したいグローバル IP アドレスを 1 行ずつ設定する必要はないです。



デフォルトのルートの設定はスタティックルート同様に `ip route` コマンドを使用します。設定コマンド引数なども全て同じ内容ですが、宛先アドレスには必ず「0.0.0.0 0.0.0.0」と指定する必要があります。

```
COM4:9600baud - Tera Term VT
ファイル(E) 編集(E) 設定(S) コントロール(O) ウィンドウ(W) 漢字コード(K) ヘルプ(H)

R1(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.1.253
R1(config)#
R1(config)#exit
R1#
*Mar 21 15:41:22.030: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R1#
R1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, 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
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 192.168.1.253 to network 0.0.0.0
C    192.168.0.0/24 is directly connected, FastEthernet0
C    192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet1
S*   0.0.0.0/0 [1/0] via 192.168.1.253
R1#
```

デフォルトルートが設定されたことを示す。

追加されたデフォルトルート  
S \* はデフォルトルートを意味する。

以上！