

# IPv6トラブルシューティング (1)家庭ネットワーク/SOHO編

豊野 剛

日本電信電話株式会社

## SOHO/家庭ネットワークとIPv6（その1）

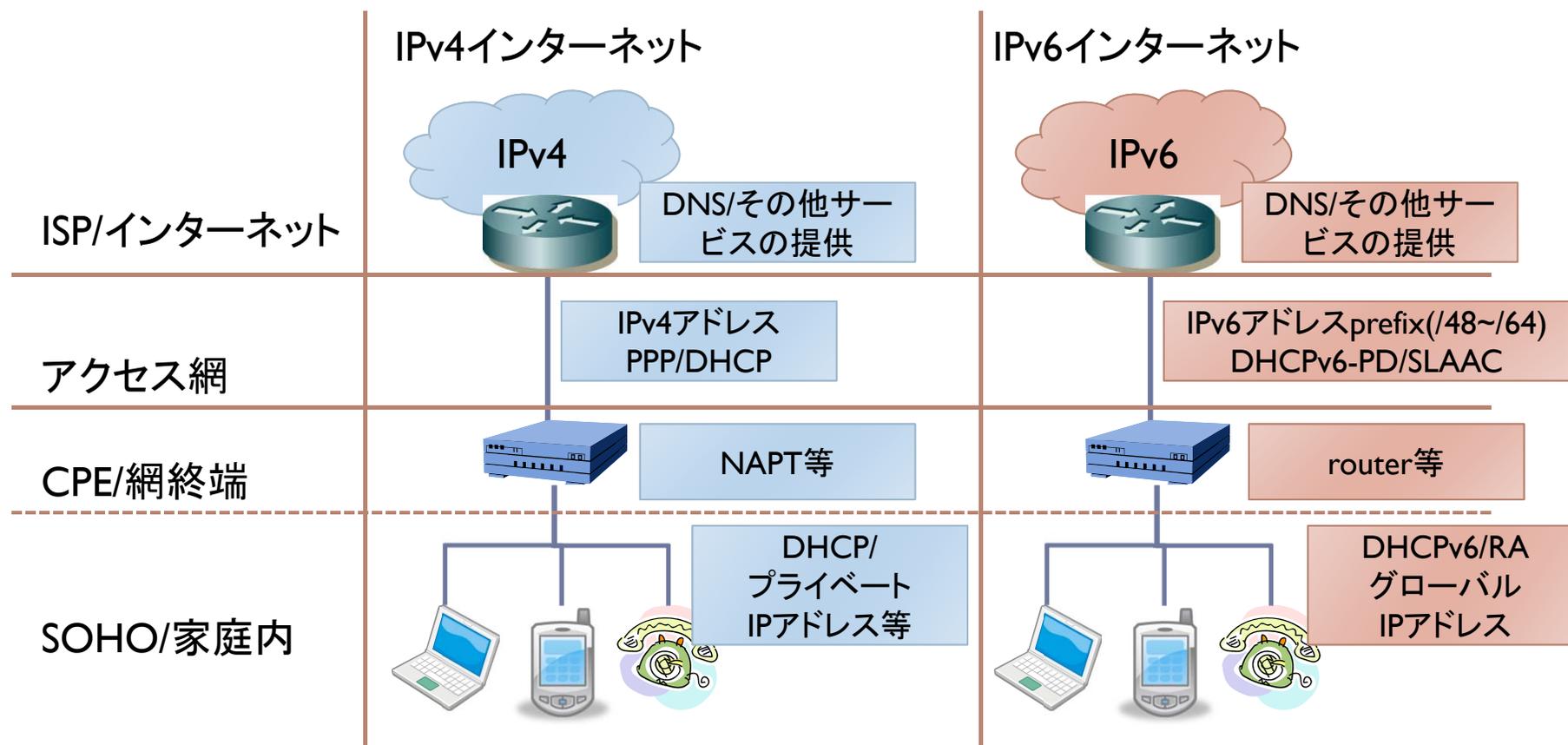
---

- ▶ IPv4アドレスは枯渇済み
  - ▶ 2011年2月の中央在庫枯渇から、そろそろ2年
  - ▶ 今後はそろそろIPv6ネットワークを利用せざるを得なくなっていく(はず)
  
- ▶ そのような環境においても、利用者にとって、ネットワーク(L3レイヤ)のことは、

**「意識しなくても利用できる」**  
ことが大原則

# 小規模IPv6ネットワークの構築

▶ 既存のIPv4NWと、利用機材・接続形態の違いは少ない



IPv6ネットワークのIPv4ネットワークとの差異ポイント

- アドレス変換は不要だが、prefix、設定情報等を自網内に再配布する仕組み（ルータ機能）が必要な場合がある
- 端末にはグローバルアドレスが付与される

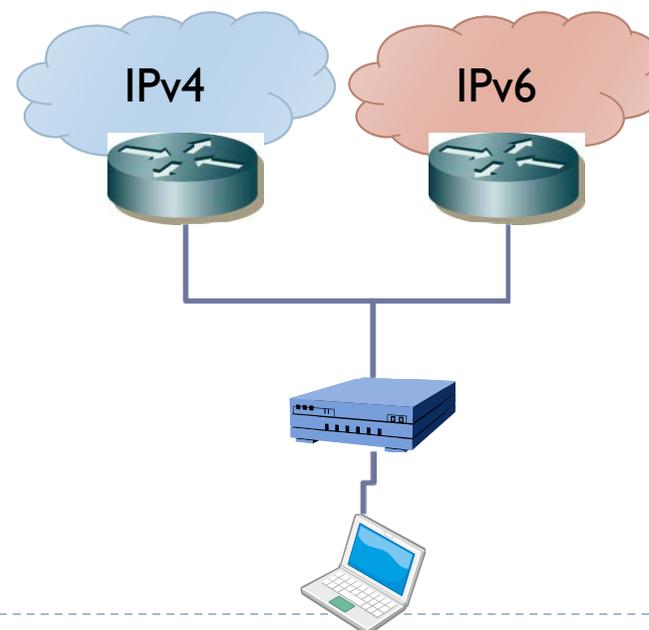
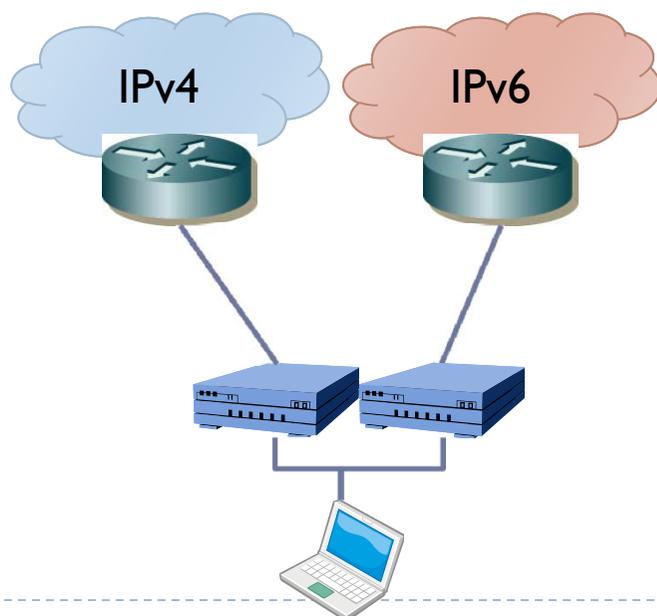
## SOHO/家庭ネットワークとIPv6（その2）

---

- ▶ いわゆる「混在期」
  - ▶ IPv4のみのネットワークでは充分ではない
  - ▶ IPv6のみのネットワークでは充分ではない
  
- ▶ **実際には二つの環境を構築する必要がある**
  1. IPv4ネットワーク/IPv6ネットワークの併設
  2. IPv4/IPv6 dual stackネットワーク
  3. トランスレーション
  4. トンネリング
  - ▶ **自NW網と、その上位回線で、上記の接続方式が混在していることを意識する必要がある**

## 接続モデル (1/2)

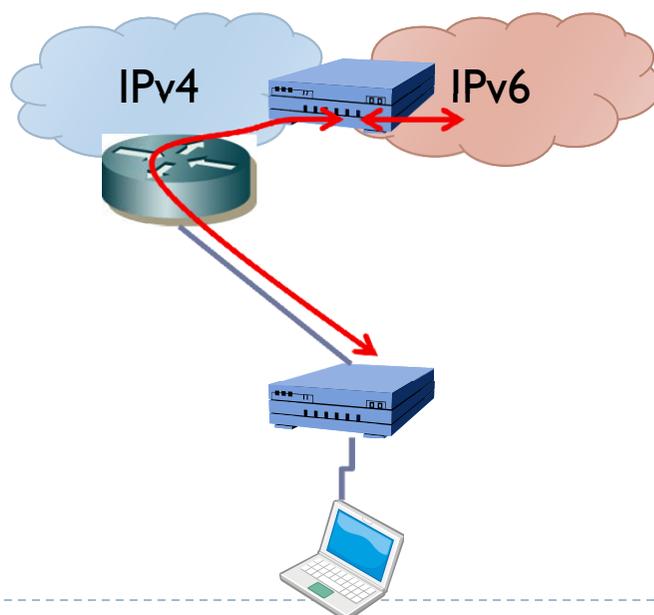
- ▶ IPv4ネットワーク/IPv6ネットワークの併設
  - ▶ 2つのネットワークとして分けて提供
- ▶ IPv4/IPv6 dual stackネットワーク
  - ▶ native IPv4 + native IPv6
    - ex. auひかり, Xi+moperaUなど



## 接続モデル (2/2)

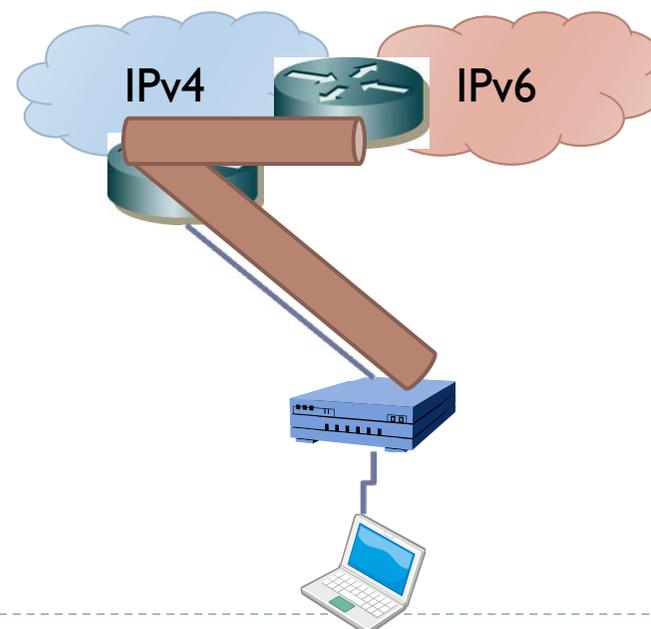
### ▶ トランスレーション

- ▶ IPv4/IPv6の相互を何らかのプロトコル変換により仲介する
  - ex. Proxy, NATPなど



### ▶ トンネリング

- ▶ IPv4ネットワークの上でカプセル化したIPv6ネットワークを中継する(またはその逆)
  - ex. 6to4, teredoなど
- ▶ **PPPoEもトンネリング**

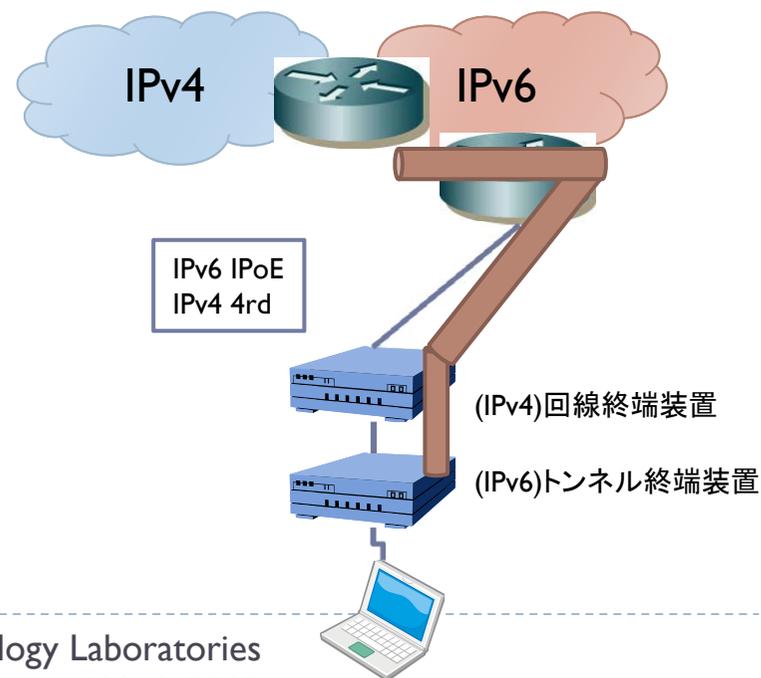
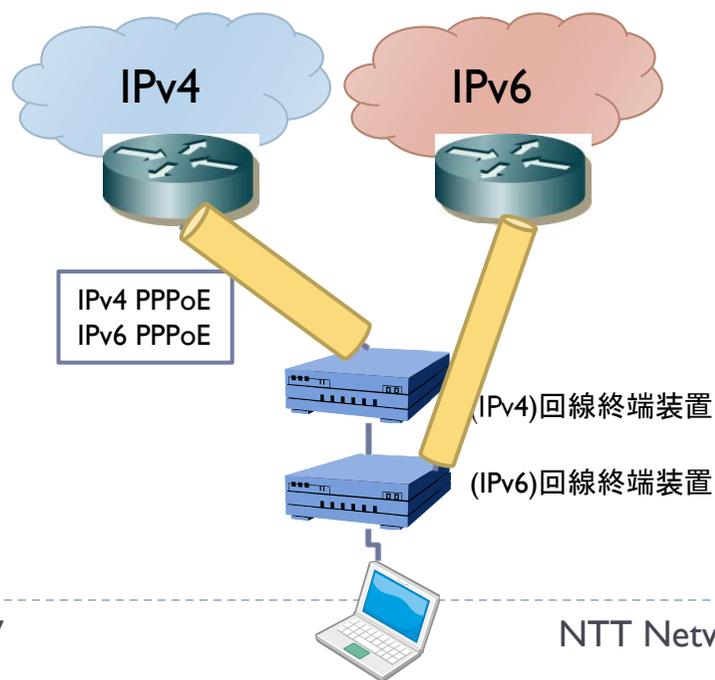


# 接続モデルの実際

- ▶ 実際には先述の**接続モデルが混在して提供**されている
  - ▶ ネットワークサービスの主接続形態の一つのPPPoE, 事業者回線で使われるL2TP等もトンネリング技術
  - ▶ 混在環境は多段/多重トンネルになっていることも

NTTフレッツ光ネクスト (IPv6 PPPoE)

Yahoo! BB IPv6高速ハイブリッド



# 小規模NWとIPv6

## トラブルシューティングの基本

- ▶ IPv6ネットワークは単一で提供されず, IPv4ネットワークとの混在環境で提供されるため, 常に以下を念頭に置いてトラブルシューティングする必要がある
  - ▶ IPv4/IPv6ネットワーク混在環境に起因する問題か
    - ▶ IPv4のみでも発生するか切り分ける
  - ▶ IPv6プロトコル固有の問題か
    - ▶ IPv6のみでも発生するか切り分ける
- ▶ Tips:
  - ▶ IPv4のみ端末/IPv6のみ端末をあらかじめ用意できると良い
    - ▶ もしくはMacOS/Windows/LinuxなどでIP設定を切り替える手段を予め調べておく
      - ex. OS X: `sudo networksetup -setv6off [IF]`

## 事例：繋がらない

---

### ▶ 例：

- ▶ そもそもどこにも繋がらない
- ▶ ブラウジングで特定のWebページだけ繋がらない，特定の宛先のメールが送れない

### ▶ 疑わしいケース

1. ネットワーク構成上の問題 (FW/tunnel設定等)
2. TCPフォールバック問題
3. DNSの問合せと応答の問題
4. (自動)トンネルプロトコル品質問題
5. path MTU discovery問題 [IPv6固有]

## 事例：IPv4のときよりなんだか遅い

---

### ▶ 例：

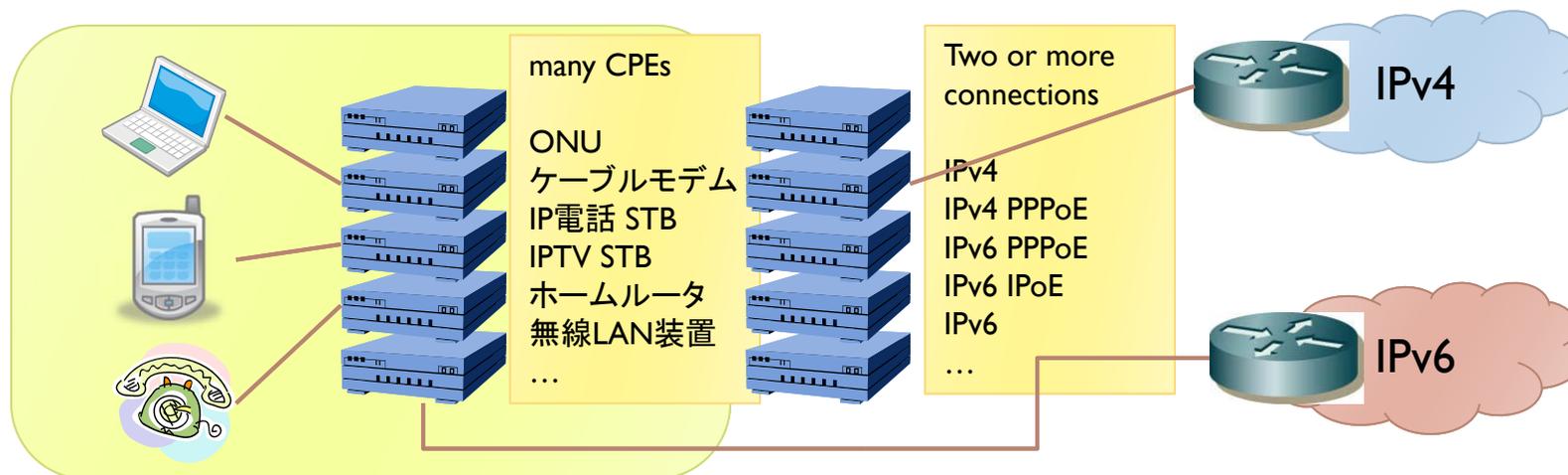
- ▶ ブラウジングでWebページが開かれるまでに十数秒~数十秒の時間がかかる
- ▶ 通信開始時の接続が遅い気がする
- ▶ 通信にたまに失敗する, 一部パケットロスする

### ▶ 疑わしいケース

1. ネットワーク構成上の問題 (FW/tunnel設定等)
2. TCPフォールバック問題
3. DNSの問合せと応答の問題
4. (自動)トンネルプロトコル品質問題
5. path MTU discovery問題 [IPv6固有]

# 1. ネットワーク構成上の問題

- ▶ IPv4/IPv6混在環境ではインターネットへの「出口」が実質的に二つある
  - ▶ チェックポイント
    - ▶ DHCPv6/RAなどのprefix配布(もしくは透過)の設定は適切か
    - ▶ ルーティング/リレー/トンネル終端の設定は適切か
    - ▶ IP firewall機能のIPv6設定は適切か (特にICMPv6)
    - ▶ IPv4/IPv6 DNS transportの設定は適切か

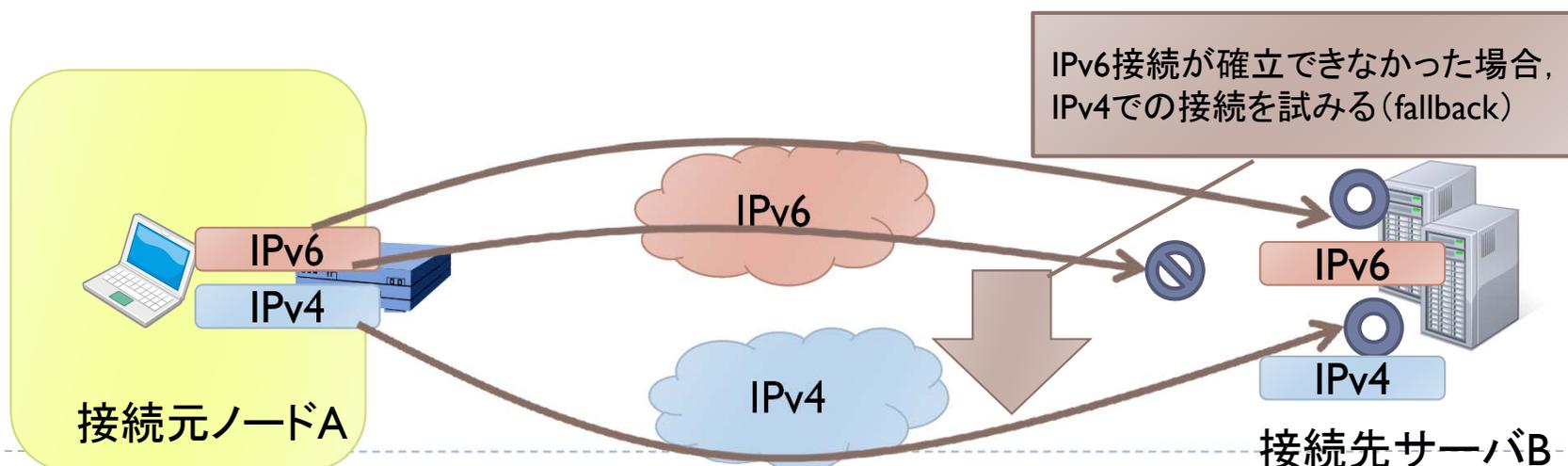


# 1. ネットワーク構成上の問題 余談

- ▶ 「IPv6パススルー機能」「IPv6ブリッジ機能」≠IPv6対応
  - ▶ ブロードバンドルータ・ホームルータでいまだに見られる
    - ▶ L2透過しているのみで、これのみではIPv6終端していないことに注意
    - ▶ DHCPv6-PD終端や、PPPoE接続は不可能
    - ▶ マルチキャストなどで詰まることも
  - ▶ CPEの(多段)設置形態によっては必要となる
    - ▶ VoIPアダプタ, IPTV STB ... etc
- ▶ 一時期有名になった「IPv6対応UTPケーブル」はさすがに今は売られていない模様...
  - ▶ とはいえ「IPv6対応 Ethernet I/Fカード」はまだ健在
- ▶ そもそも「IPv6対応」という言葉の定義が為されていない
  - ▶ ネットワーク機材の選定時にはまだまだ注意が必要

## 2. TCPフォールバック問題

- ▶ 宛先ノードがIPv4/IPv6の両アドレスを持っていた場合、IPv6通信が確立できない場合にはIPv4通信に移行する（フォールバック）
  - ▶ 基本的にdual stackノードはIPv6通信を優先（RFC3484）
- ▶ このフォールバックに時間がかかることがある
  - ▶ 例：TCP利用時に接続に20秒以上かかる（Webブラウジングなど）

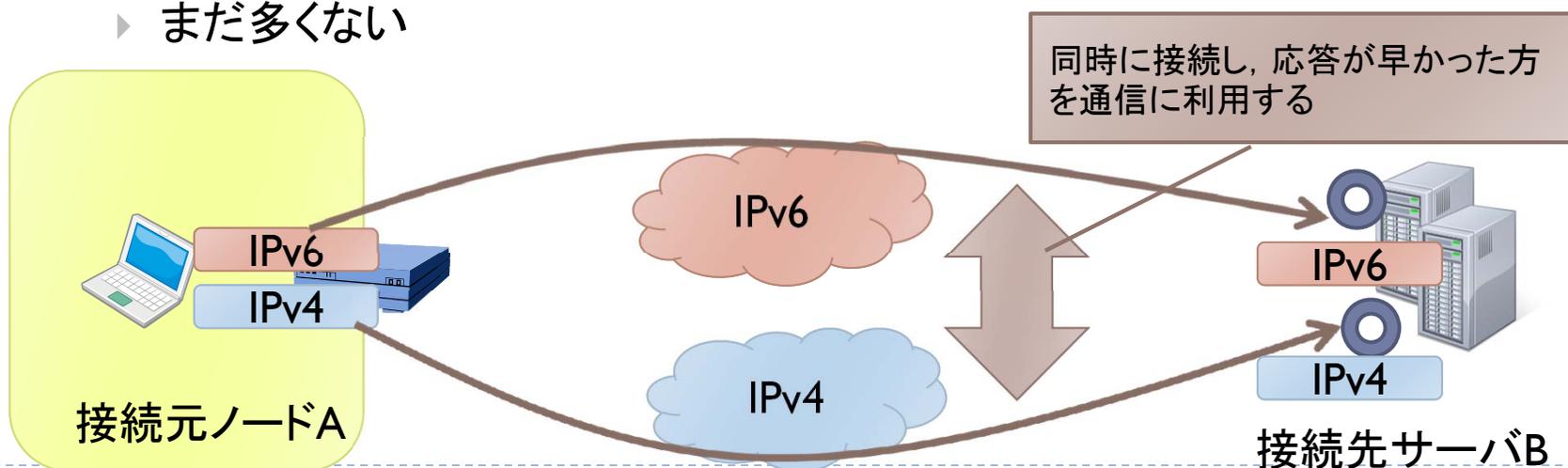


## 2. TCPフォールバック問題 トラブルシューティングのポイント

- ▶ 実装による挙動の違いが大きい
  - ▶ 再送試行回数やフォールバックメカニズムがOS/Apl.により実装が異なる
    - ▶ 宛先ノードが3つ以上のIP{v4/v6}アドレスを有していた時の挙動
    - ▶ アプリケーションによるFQDN自動補完, OSによる自動suffixの付与など
  - ▶ TCPのtimeoutは基本的に長い
    - ▶  $3 \times 2^{(N-1)}$ sec再送(0,3秒後,9秒後,21秒後,93秒後,189秒後...)
  - ▶ 実態として, 根本的な解決は難しい
    - ▶ ポリシーテーブルで再定義する等の暫定的な対処は可能
    - ▶ NTT NGN等一部のネットワークではある程度対策済
  
- ▶ 段階的に到達性を確認し切り分け
  - ▶ 宛先ノードのIPアドレスの確認(DNS登録状況)
    - ▶ dig/host(UNIX系), nslookup(windows系)などの利用
  - ▶ 宛先ノードへの到達性の確認
    - ▶ ping/ping6/tracert/tracerouteなどの利用
  - ▶ アプリケーションの挙動の確認
    - ▶ 手間が掛かるがpacket dumpしてtraceするのがセオリー

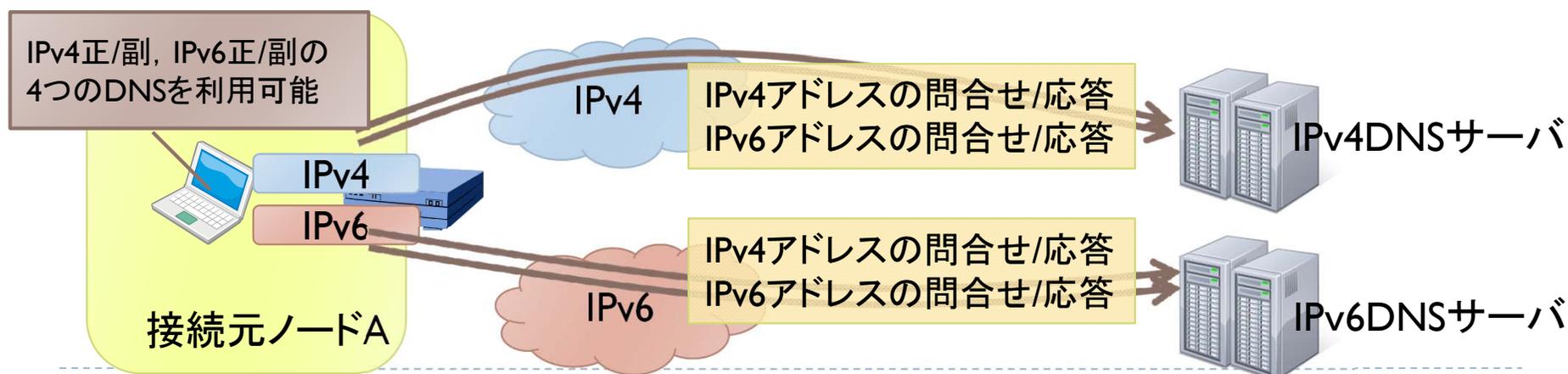
## 2. TCPフォールバック問題 Happy eyeballs (RFC6555)

- ▶ 宛先ノードがIPv4/IPv6の両アドレスを持っていた場合、IPv6とIPv4通信を同時(\*)に試し、接続できた方を利用する
  - ▶ 先に接続できた方で通信を行い、もう片方はsocket closeする
- ▶ TCPフォールバック問題の解決手法の一つ
  - ▶ フォールバック機能より切り替え速度が短縮され、ユーザビリティの向上が見込める(宛先ノードおよびネットワークの負担は増加)
  - ▶ 標準化は最近のため実装はアプリケーション依存
    - ▶ まだ多くない



### 3. DNSの問合せと応答の問題

- ▶ IPv4/IPv6混在ネットワーク上ではDNSサーバが複数になる
  - ▶ IPv4ネットワーク上, IPv6ネットワーク上にそれぞれDNS cachingサーバが存在
  - ▶ さらに各ネットワーク内においても元々冗長構成が一般的
- ▶ 各DNSサーバは(FQDNの)IPv4アドレス解決の問合せにも, IPv6アドレス解決にも応答することができる
  - ▶ IPv4 DNSサーバにIPv4アドレスを問合せ (v4 transport/A query)
  - ▶ IPv4 DNSサーバにIPv6アドレスを問合せ (v4 transport/AAAA query)
  - ▶ IPv6 DNSサーバにIPv4アドレスを問合せ (v6 transport/A query)
  - ▶ IPv6 DNSサーバにIPv6アドレスを問合せ (v6 transport/AAAA query)
- ▶ 端末OSやDNSサーバ側の設定で遅延/通信不全が発生する場合がある



### 3. DNSの問合せと応答の問題 トラブルシューティングのポイント

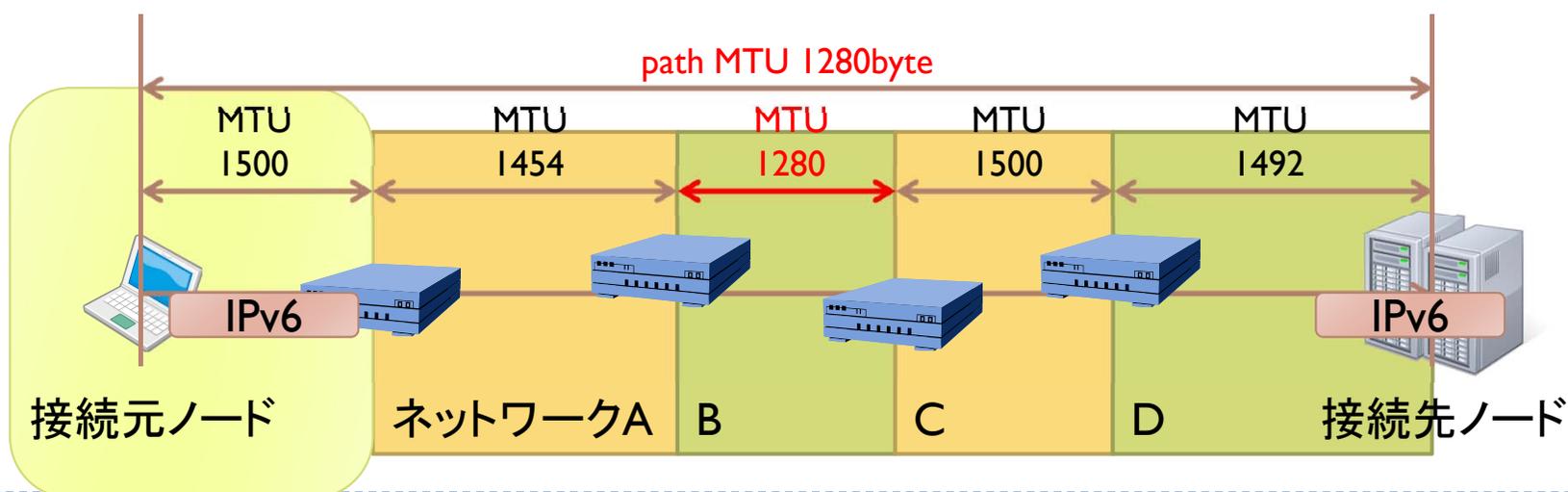
- ▶ 複数のDNSサーバが利用できる場合の**利用優先順はOSにより実装が異なる**
  - ▶ IPv6DNSを利用するか, IPv4DNSを利用するか
    - ▶ Windows Vista, 7などはIPv6DNSを優先利用, UNIX系OSは/etc/resolv.conf設定による
    - ▶ DNS optimizationとの組み合わせによる通信不全などの可能性も
      - 自ISP専用CDNのIPアドレス応答等
  - ▶ **AAAAフィルタ**
    - ▶ ASP/ISP等のサービス提供者により, DNSサーバがIPv6FQDN応答(AAAA answer)を行わないように設定していることがある
      - ▶ TCPフォールバックやDNS問合せ応答内容によるトラブルを未然に防ぐのが主目的
      - ▶ このDNSサーバを利用すると, IPv6アドレスが取得できずIPv6通信が行えない
  - ▶ **DNSクエリ順序や応答パケットサイズの増大も通信の体感速度に影響**
    - ▶ IPv6FQDN(AAAA query)とIPv4FQDN(A query)のどちらを先に問い合わせるか
      - ▶ OS毎に実装は異なるが, 現在では多くは先にIPv4FQDN問合せを実施
    - ▶ レゾルバ/サーバのEDNS0への対応状況によりtimeout待ち等で応答待ち時間が長くなる
- ▶ 切り分けにはローカルキャッシュの確認やI/Fのpacket dumpなどの根気が必要
  - ▶ ipconfig /flushdns (Windows), rndc (bind) などとの組み合わせで要因を分析していく必要有り

## 4. (自動) トンネルプロトコル品質問題

- ▶ 意図せず (defaultで) IPv6自動トンネルが設定されている
  - ▶ 自動トンネルの設定
    - ▶ Teredo (2001::/32), 6to4 (2002::/16) など
    - ▶ 通常であれば, 利用優先順位は低い (一部の古い実装を除く)
  - ▶ public relayルータを経由することとなり, 通信品質が悪い/保てないことがある
    - ▶ 当然セキュリティ上の課題も
- ▶ 利用しているかの切り分け
  - ▶ 設定確認
    - ▶ ipconfig (windows系) / ifconfig (UNIX系) / netstat / パケットキャプチャ
    - ▶ 未対応のCPE等によりこれらのトンネル通信が途絶している場合もある
  - ▶ 停止しての疎通確認/品質確認
    - ▶ netsh interface ipv6 {isatap/teredo/6to4} set state disabled (Windows7)
    - ▶ GUIのネットワークプロパティからの「IPv6無効」だけでは停止されない

## 5. path MTU discovery問題 [IPv6固有]

- ▶ IPv6では、途中経路でパケットのフラグメント(断片化)を行わない
- ▶ 初めに途中経路のフレーム最大長(MTU)を確認してから通信が行われる
  - ▶ 通信両端ノードにおいてICMPv6にて経路中の最大MTUを探索(pMTUD)



## 5. path MTU discovery問題 [IPv6固有] トラブルシューティングのポイント

- ▶ pMTUDが正常に機能しなかった場合, 以下のような事象が  
起こり得る
  - ▶ ストリーミングだけ視聴できない, 添付メールだけ送受信できない,  
Webブラウジングで一部ページだけ表示が欠ける
    - ▶ パケットサイズの大きな通信だけ喪失している
  - ▶ 特定ノードに対して通信が行えない, 通信開始が遅い
    - ▶ pMTUDが失敗している
  
- ▶ 原因の切り分け
  - ▶ ICMPv6の疎通を阻害しているものがないか確認する
    - ▶ 最低限でもType1,2,3,4は透過させる(RFC4890参照)
  - ▶ ping6 -s [packet size]などによるパケットサイズ別の疎通確認
  - ▶ tracepath (UNIX系)などのpMTU表示ツールの利用
  - ▶ 場合によっては自網のMTU設定を下げる(最小MTUは1280)
    - ▶ 通信効率劣化

## 小規模NWとIPv6

### トラブルシューティングの基本（その2）

- ▶ **トラブル原因の多くは、マルチホームネットワークに起因することを正しく理解する**
  1. **ネットワーク構成上の問題 (FW/tunnel設定等)**
  2. **TCPフォールバック問題**
  3. **DNSの問合せと応答の問題**
  4. **(自動)トンネルプロトコル品質問題**
  5. **path MTU discovery問題 [IPv6固有]**
  
- ▶ **複数アクセスネットワークに接続していることが要因なので、IPv4 dual/IPv6 dual等でも起こり得る**
  - ▶ **FBWA/テザリング/モバイルルータなどでも多様化**

## まとめ

- ▶ IPv6のトラブルシュートとは, すなわち **マルチホームネットワーク環境のトラブルシュート**である
  - ▶ トラブル解決への第一歩は, 設計時に意図した通りの通信路で意図したとおりの通信が行われているかをまずチェックすること
    - ▶ DNS問合せ先/応答内容, そして通信アクセス先をもう一度確認する
    - ▶ CPE・中継機器の設定を確認する
    - ▶ 片一方のネットワークを遮断してみる
  - ▶ OS/アプリケーションもversionにより頻繁に挙動が変わることに留意する
  
- ▶ 経験則的に, まだまだ最後はpacket dumpに頼ることが多い
  - ▶ どこで詰まっているかを確認する
    - ▶ DNS送信⇒DNS受信⇒TCP handshake⇒データ送信⇒データ受信

## 参考資料など

---

- ▶ IPv6普及・高度化推進協議会 IPv4/IPv6共存WG
  - ▶ <http://www.v6pc.jp/jp/wg/coexistenceWG/>
    - ▶ 「IPv6導入時に注意すべき課題」など
- ▶ IPv4アドレス枯渇タスクフォース
  - ▶ <http://kokatsu.jp/blog/ipv4/data/user.html>
    - ▶ SOHO/一般のユーザ向けの資料など