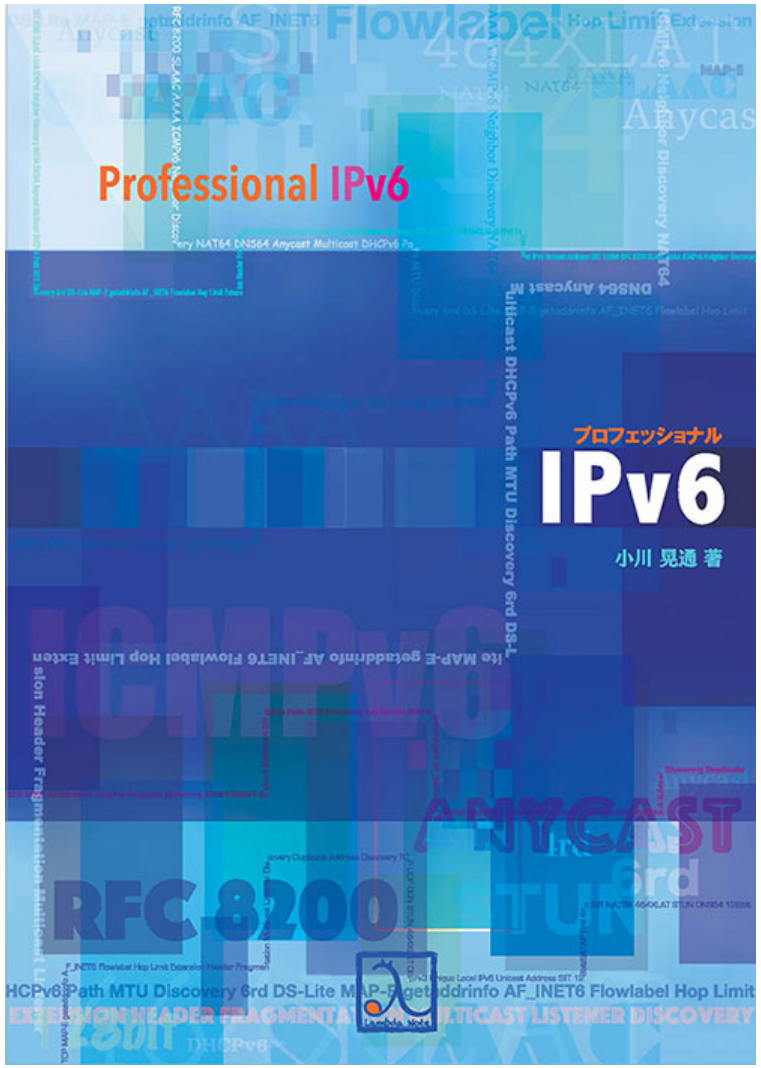
IPv6を取り巻く国際標準の変遷

小川晃通

IPv6の本を書きました

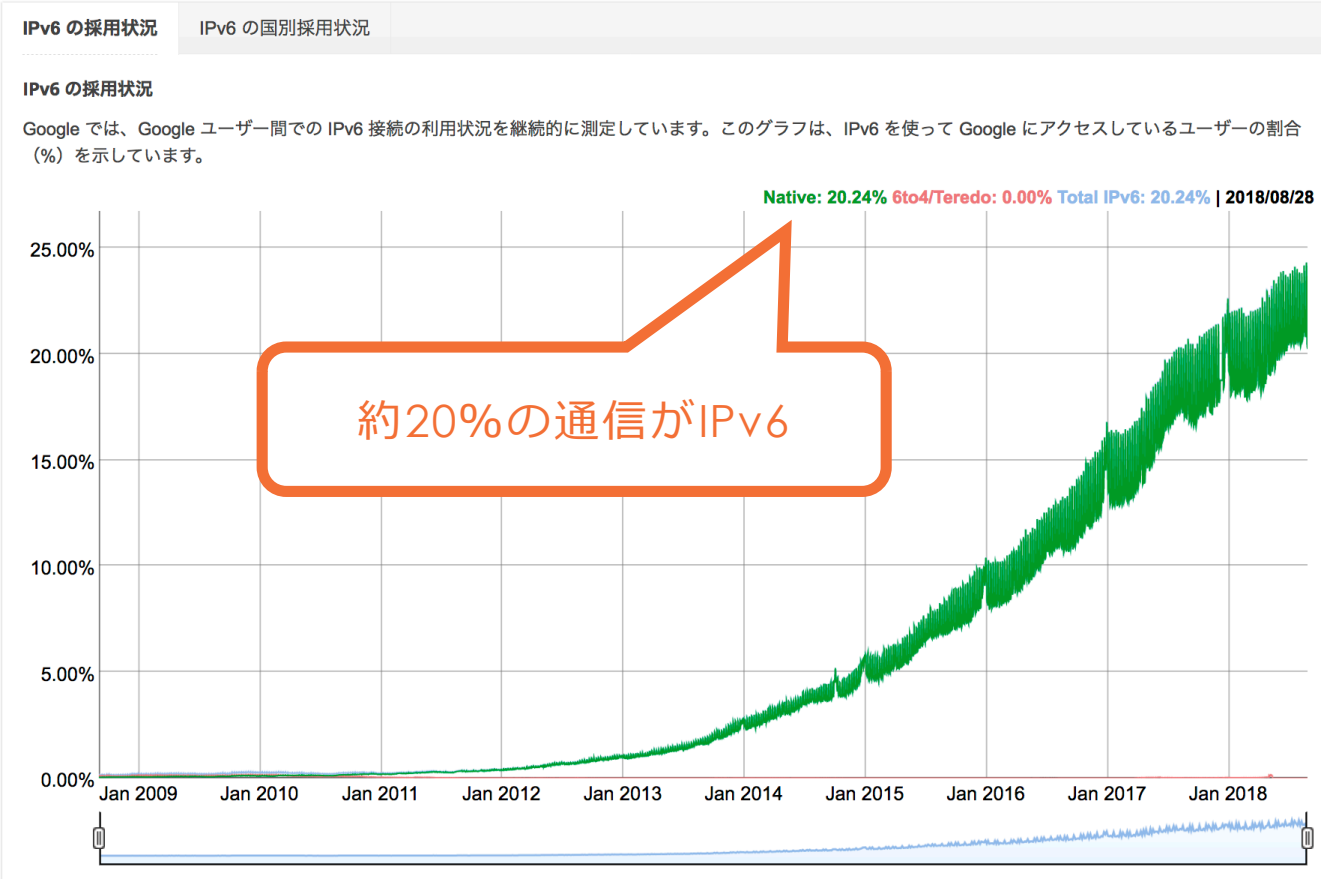
- 「IPv6本」か「プロフェッショナルIPv6」で検索してください。

- 電子版は無料です。
  - 有料版とコンテンツは一緒です。
- 456ページあります。



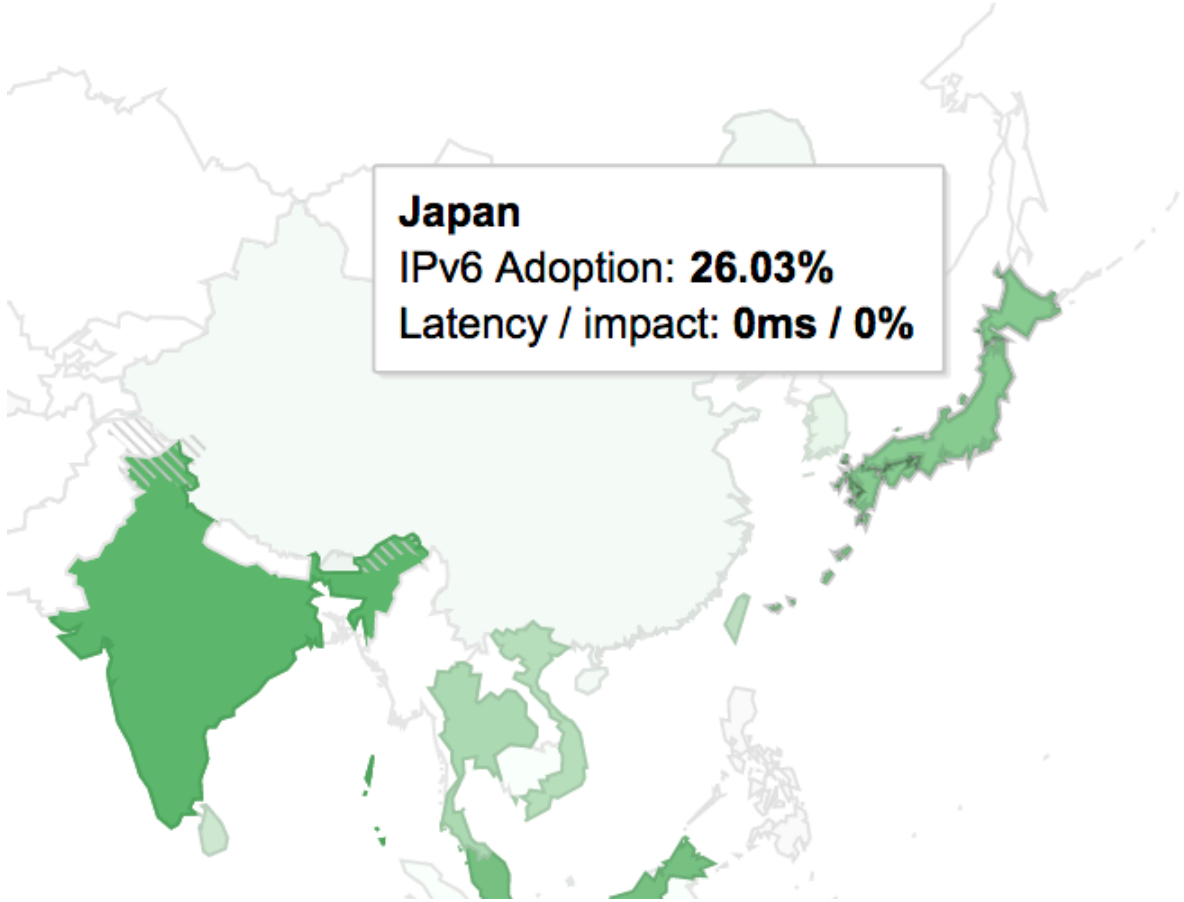
身近な？IPv6話

世界のIPv6対応状況



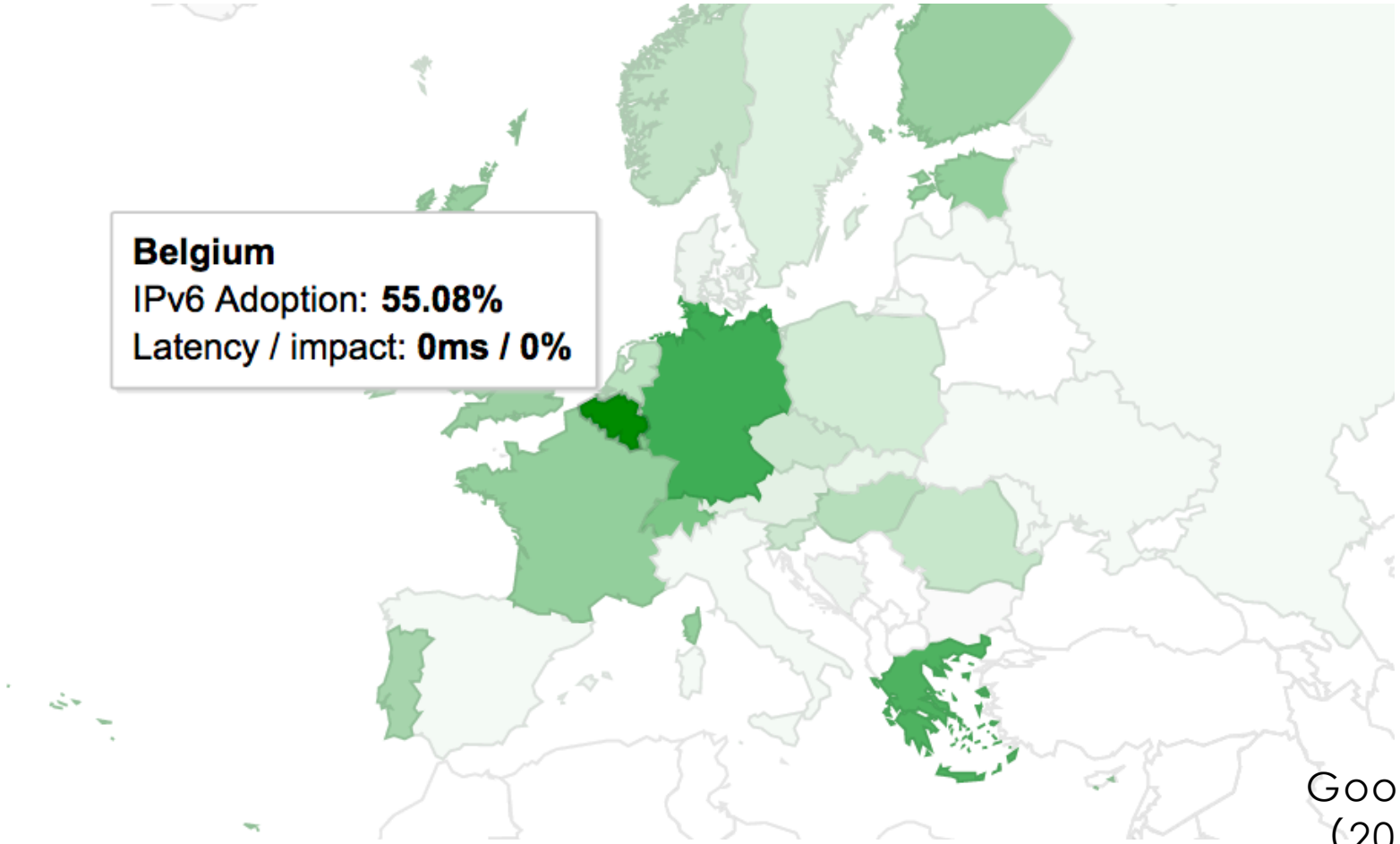
Google IPv6より（2018年8月30日）
https://www.google.com/intl/ja/ipv6/statistics.html

日本のIPv6対応状況



Google IPv6より
（2018年8月30日）

ベルギーのIPv6対応状況



Google IPv6より
（2018年8月30日）

日本国内のIPv6対応

- モバイル3社（NTTドコモ、KDDI、ソフトバング）は、IPv6サービスを提供中
- MVNOによるIPv6提供も
  - ただし、「提供の予定なし」の方が多い
- 大手CATV事業者はIPv6対応を進めている
  - ただし、「中小事業者のIPv6対応の促進は課題」とあり

「IPv6によるインターネットの利用高度化に関する研究会」2017年11月
http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/chousa/ipv6_internet/02kiban04_04000217.html より

iOSアプリでIPv6対応が必須に

- 2016年6月より
- IPv6対応していないiOSアプリは、審査を通過できない

「IPv6でインターネットが速くなる！」

- NTT NGNにおいて、IPv6 IPoEを使うと、いわゆる「インターネットが速くなる」と巷で言われている状況になることも

- ただし、IPv6そのものがプロトコルとして速いわけではないので注意
  - あくまで、IPv4 PPPoEとの対比です

IPv6でインターネットはどう変わるか

IPv4との違い．何ができるようになるのか

IPv6アドレスは128ビット

- IPアドレスのビット長がIPv6の最大の特徴

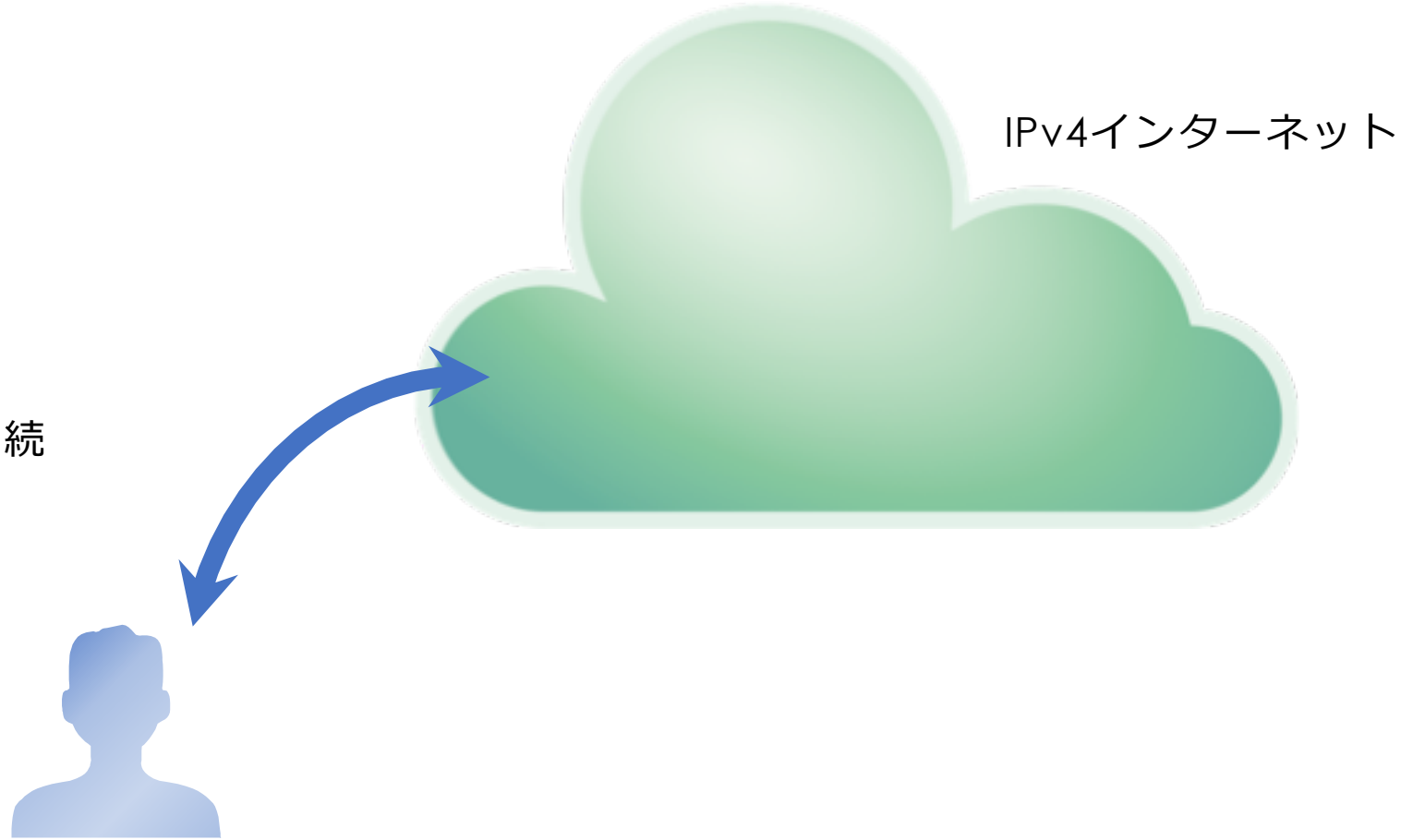
- IPv4アドレスは32ビット
  - ビット数は4倍
  - 表現可能なIPアドレスは、2の96乗倍

IPv6とIPv4には直接的な互換性がない

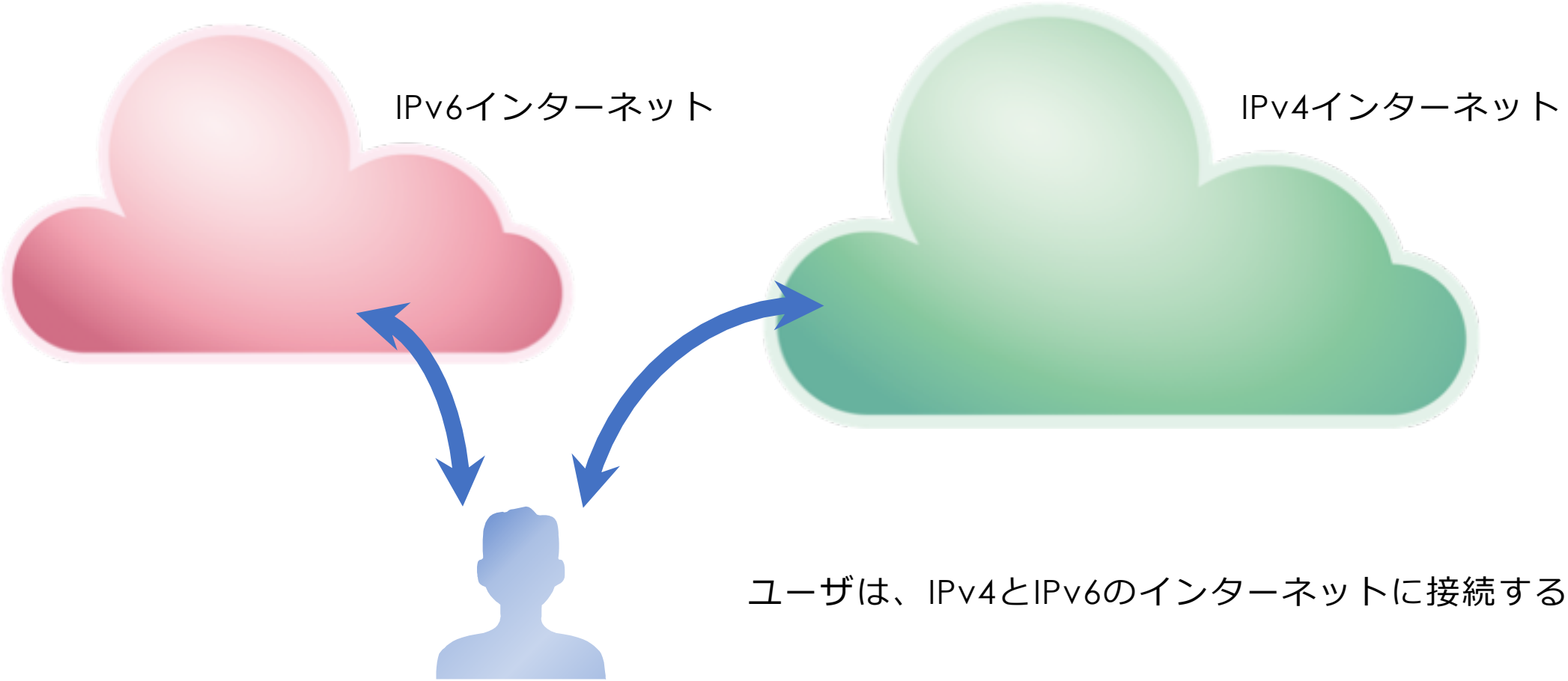
- 似て非なるもの
  - IPアドレス長の違いだけではない
  - 設計思想も異なる

- IPv6とIPv4で直接的な通信は行えない
  - IPv6ノードと直接通信ができるのはIPv6ノード
  - IPv4ノードと直接通信ができるのはIPv4ノード

かつてのインターネット（IPv4のみ）

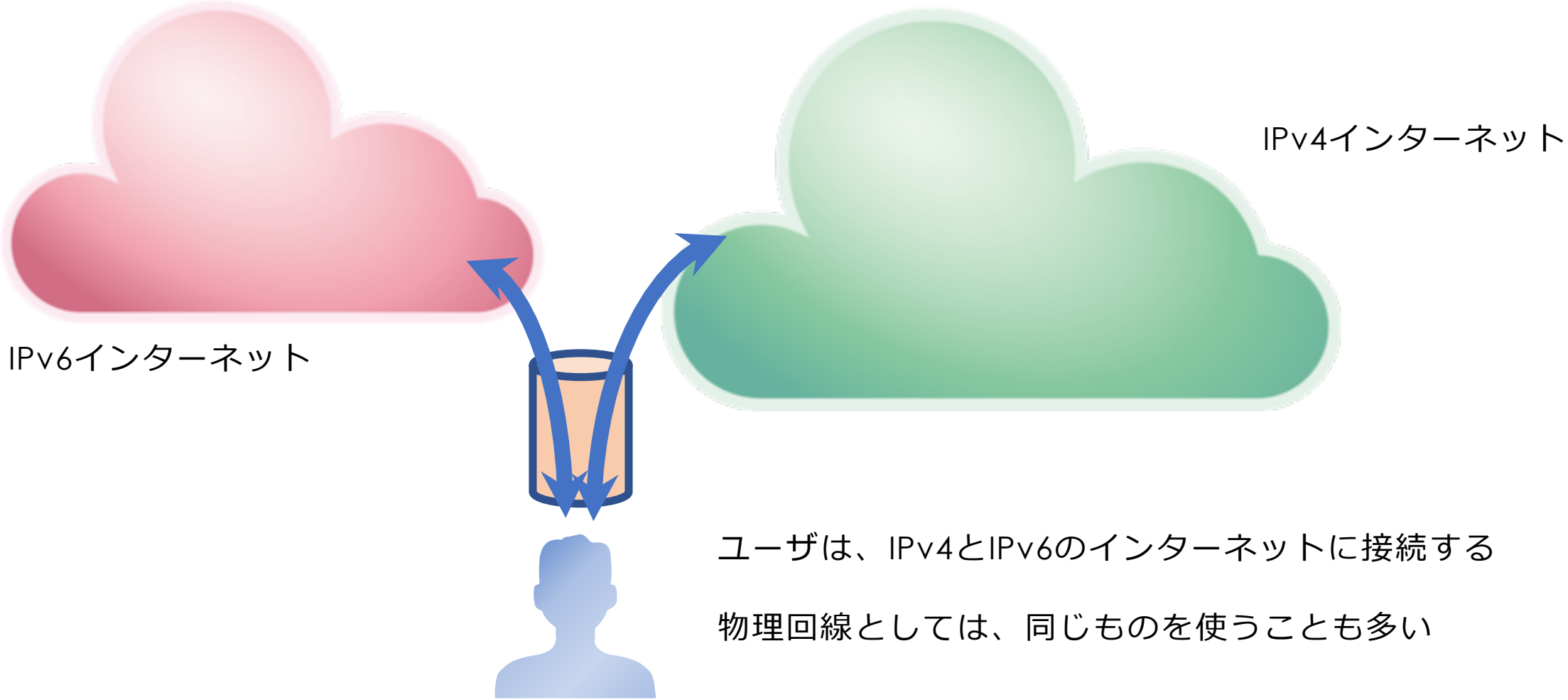


IPv4インターネットとIPv6インターネット



ユーザは、IPv4とIPv6のインターネットに接続する

IPv4インターネットとIPv6インターネット



ユーザは、IPv4とIPv6のインターネットに接続する

物理回線としては、同じものを使うことも多い

2つだけどひとつ

- IPv4とIPv6は全く違うプロトコル
  - IPv4とIPv6の間には直接的な互換性はない
- しかし、インターネットは「ひとつ」
- どうやって実現しているのか？
  - DNSによる「名前」空間でひとつに見えるようにしてある

試してみましょう！

- dig a www.example.com.
- dig aaaa www.example.com.

IPv6誕生の背景と流れ

IPv4アドレス在庫枯渇話

昔から予想されていた IPv4アドレスの在庫枯渇

- 20年以上前から議論されていた問題
  - 32ビットは人類全体で使うには小さ過ぎる
  - 当初は、使い方に無駄も多かった

- IPv6の最初の基本仕様は、1995年に発行されたRFC 1883
  - RFC化に向けた議論は、それよりも、もっと前から

IPv4での在庫枯渇対策と、IPv6仕様策定

- IPv4での対策
  - CIDR (Classless Inter-Domain Routing)
  - NAT / NAPT
    - RFC 1597(1994年)には、次のように書かれています
      - 「組織内で閉じたネットワークを構築するために、グローバルIPv4アドレスを使うことが一般的である。そのうち、有限なIPアドレスが枯渇するおそれがある」
      - RFC 1597は、「Address Allocation for Private Internets」
      - プライベートIPv4アドレスは、1994年から！最初からあったわけではない！

- IPv6の策定は長期的視点
  - Historical NATのRFC 1631(1994年)には、次のように書かれています
    - 「IPv4アドレス枯渇対策の短期的解手法がCIDR、長期的解決手法が大きなIPアドレス空間を持つ新しいプロトコルである」

最初のIPv6基本仕様は1995年に完成、しかし、、、、、

- その後、IPv6の普及は、全然進まず
- 各種ネットワーク機器やOSなどのソフトウェアでのIPv6対応は進むものの、実際に使われない日々が続く

IPv4アドレスのIANA中央在庫が枯渇

- 2011年2月

- IANAの中央在庫枯渇後に、RIR(Regional Internet Registry)のIPv4アドレス在庫も枯渇
  - APNIC : 2011年
  - RIPE NCC : 2012年
  - ARIN : 2014年
  - LACNIC : 2017年

  * 「枯渇」の定義は、各RIRによって異なります
  * AFRINICは、まだ枯渇の最終段階に入っていません

そして、2016年頃から加速

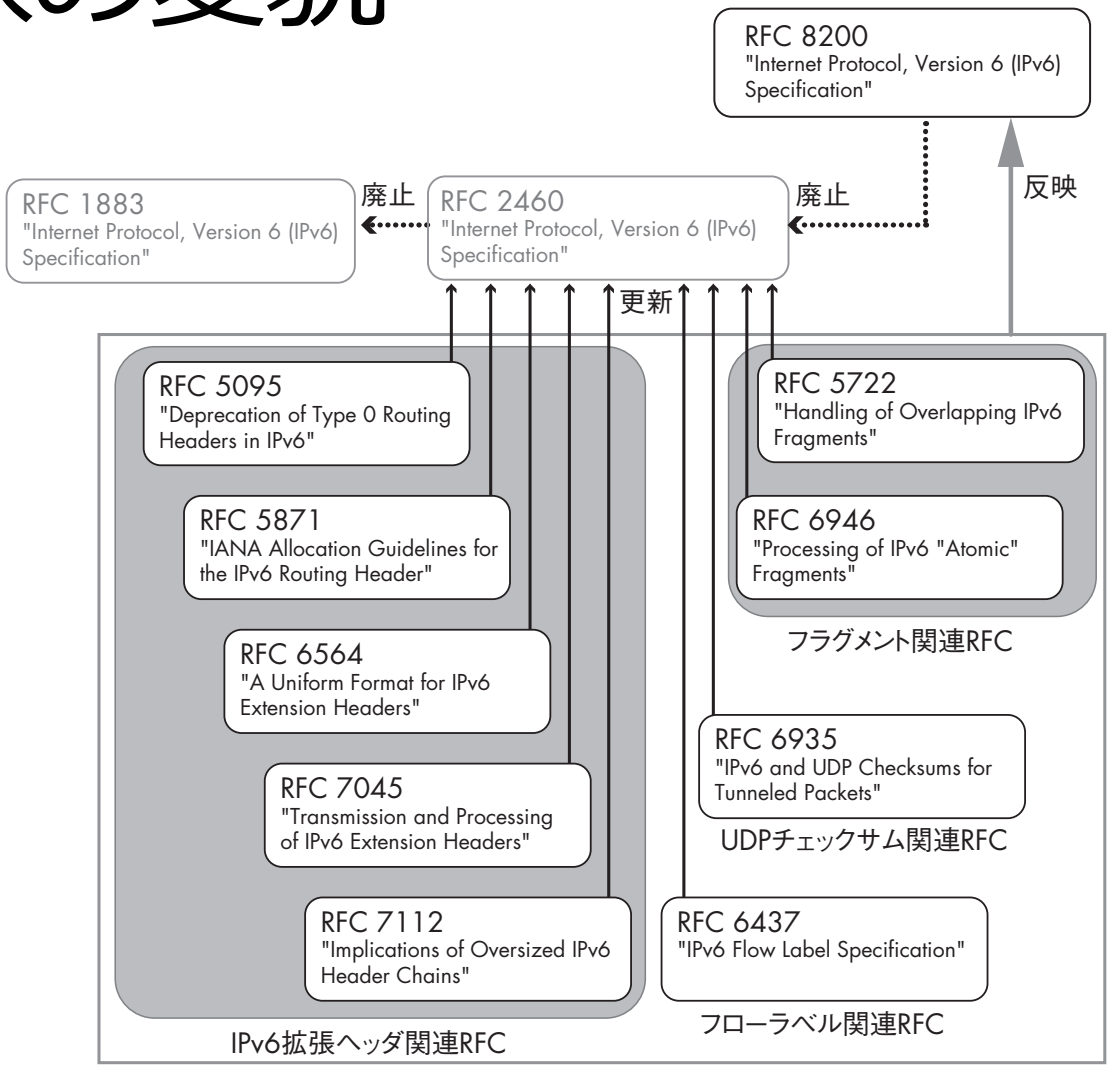
- iOSアプリでのIPv6対応必須化
- NAT64+DNS64の活用事例が増加
  - IPv6 onlyな環境でもIPv4インターネットとの通信が増える

IPv6の変貌

IPv6そのものが変化し続けています

IPv6基本仕様の変貌

RFC 1883 : 1995年
RFC 2460 : 1998年
RFC 8200 : 2017年



その他、IPv6関連の上書き廃止RFC

- RFC 8201 : Path MTU Discovery for IP version 6
  - obsoletes RFC 1981
- RFC 6434 : IPv6 Node Requirements
  - obsoletes RFC 4294
- RFC 8106 : IPv6 Router Advertisement Options for DNS Configuration
  - obsoletes RFC 6106
- RFC 8096 : The IPv6-Specific MIB Modules Are Obsolete
  - obsoletes RFC 2452, RFC 2454, RFC 2465, RFC 2466
- RFC 6724 : Default Address Selection for Internet Protocol Version 6 (IPv6)
  - obsoletes RFC 3484
- RFC 6547 : RFC 3627 to Historic Status
  - obsoletes RFC 3627
- RFC 6437 : IPv6 Flow Label Specification
  - obsoletes RFC 3697
- RFC 7526 : Deprecating the Anycast Prefix for 6to4 Relay Routers
  - obsoletes RFC 3068, RFC 6732
- RFC 7084 : Basic Requirements for IPv6 Customer Edge Router
  - obsoletes RFC 6204
- RFC 6177 : IPv6 Address Assignment to End Sites
  - obsoletes RFC 3177
- RFC 8305 : Happy Eyeballs Version 2: Better Connectivity Using Concurrency
  - obsoletes RFC 6555

更新のRFCも大量に。。。

- たとえば、RFC 4861を更新するRFC 8319は2018年2月発行
  - IPv6本執筆中の更新だったので、執筆中に対応
    - そもそも、IPv6本執筆中にRFC 8200の発行もありましたが。。。
- IPv6本の公開の数週間後に。。。
  - RFC 4861を更新するRFC 8425が発行されました
  - そのうち、IPv6本のアップデートをする必要あり
- そして、IPv6関連仕様の更新は、まだまだ続く

IPv6関連
IETFワーキンググループ

IPv6を扱う主なワーキンググループ

2016年のIAB statement

- https://www.iab.org/2016/11/07/iab-statement-on-ipv6/

- 2016年11月7日、IAB(Internet Architecture Board)は、IPv4を前提とした標準の開発を行わないことを求める声明を発表
  - 新しいプロトコルなどでIPv4との後方互換を求めない方針
  - RFCなどの文書で示される例も、IPv4ではなくIPv6で記述することを求める
  - IPv4からIPv6への移行の障害となったり減速させるような標準化を行わない
    - ただし、IPv4との後方互換を実現する環境の必要性がまだ続くことは認めている

6man

- IPv6 Maintenance
- IPv6仕様およびアドレッシングアーキテクチャに関連する議論を行うためのワーキンググループ
- 最近の活動
  - RFC 8200 : Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification
  - RFC 8201 : Path MTU Discovery for IP version 6
  - IPv6 Node Requirements (RFC 6434 bis)
  - など

v6ops

- IPv6 Operations
- IPv6を運用するためのガイドラインなどを議論

- 最近の活動
  - RFC 8305 : Happy Eyeballs Version 2: Better Connectivity Using Concurrency
  - IPv6ルータに求められる仕様、NAT64,464XLAT関連、マルチホーミングなど

softwire

- Softwires
- IPv4 over IPv6やIPv6 over IPv4など

- DS-Lite、6rd、MAP-E、MAP-T、4rdなど

dhc

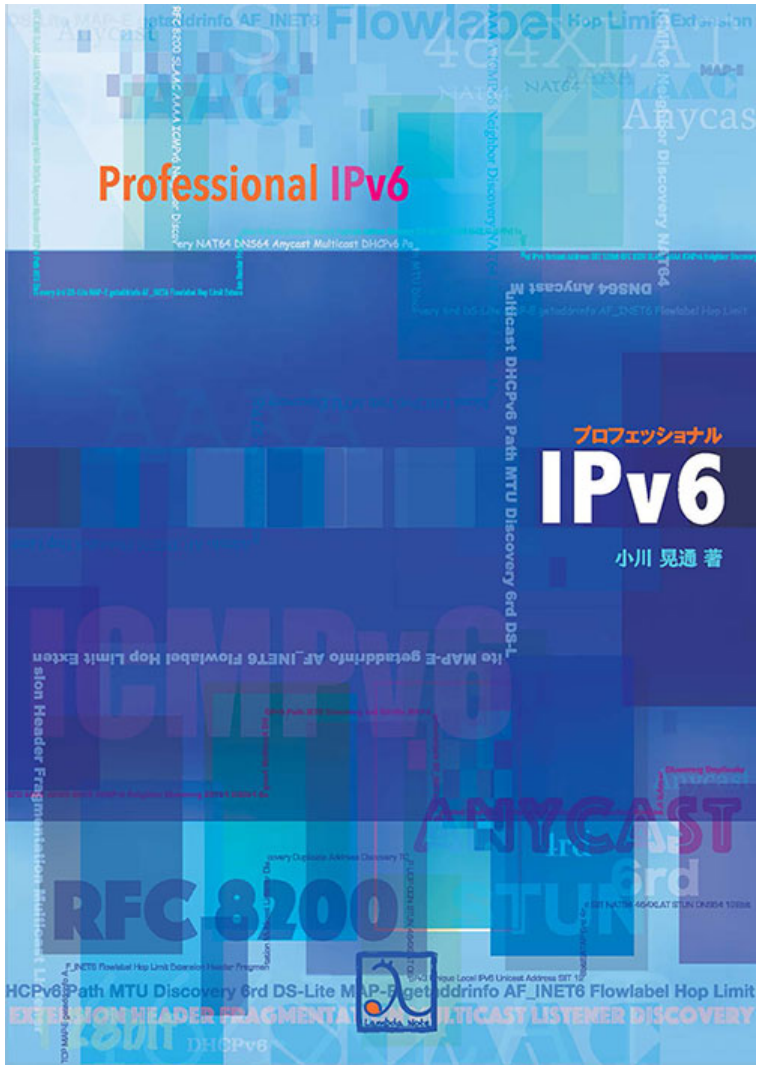
- Dynamic Host Configuration
- DHCPv6に関連する議論を行う
  - DHCPv4に関する議論も行われている
- 最近の活動
  - DHCPv6の見直し（RFC 3315 bis)
  - その他、色々

その他

- 6lo : IPv6 over Networks of Resource-constrained Nodes
- 6tisch : IPv6 over the TSCH mode of IEEE 802.15.4e
- lpwan : IPv6 over Low Power Wide-Area Networks
- homenet : Home Networking

さいごに

- 「IPv6本」か「プロフェッショナルIPv6」で検索してください。

- 電子版は無料です。
  - 有料版とコンテンツは一緒です。
- 456ページあります。

- いままさに、コンテンツ追加中です。
  - 来月か再来月にはアップデート版が出ると思います。