

■ T4 IPv6によるIPv4仮想化のススメ

IPv4aaSを実現する技術の紹介

株式会社インターネットイニシアティブ

佐原 具幸

Copyright(C) 2016 Internet Initiative Japan Inc.

自己紹介

- 名前: 佐原 具幸 (さはら ともゆき)
- 勤務先: 株式会社インターネットイニシアティブ (IIJ)
- 略歴: 2003年4月 (株)インターネットイニシアティブ入社。以後一貫してルータ製品開発に携わり、IPv6やルーティング関連機能の開発、品質保証、脆弱性対応、集中管理システムの開発などを担当する。
 - IIJ SEIL シリーズの DS-Lite 実装を担当
 - JANOG Softwire wg / Interop Tokyo 2013 にて IIJ SEIL シリーズに MAP-E を実装し、試験提供

IPv4aaS とは？

IPv4aaS とは何のこと?

IPv4aaS = IPv4 as a Service

- ・ IPv4 の接続性を IPv6 を利用して提供すること
- ・ クラウドサービスを分類する用語 IaaS, PaaS, SaaS になぞらえた用語

IPv4aaS 登場の背景

IPv4 の限界の認識

- 1990 年代、将来的に IPv4 アドレスが足りなくなる問題が認識される → **IPv4 アドレス枯渇問題**
- IPv4 アドレスは全空間が $2^{32} =$ 約 42 億個
 - 世界の人口よりも少ない = ひとりに一つの IP アドレスを割り振ることすらできない
- アドレス空間を広げる検討がスタート → **IPv6 誕生**

IPv6 の開発／標準化

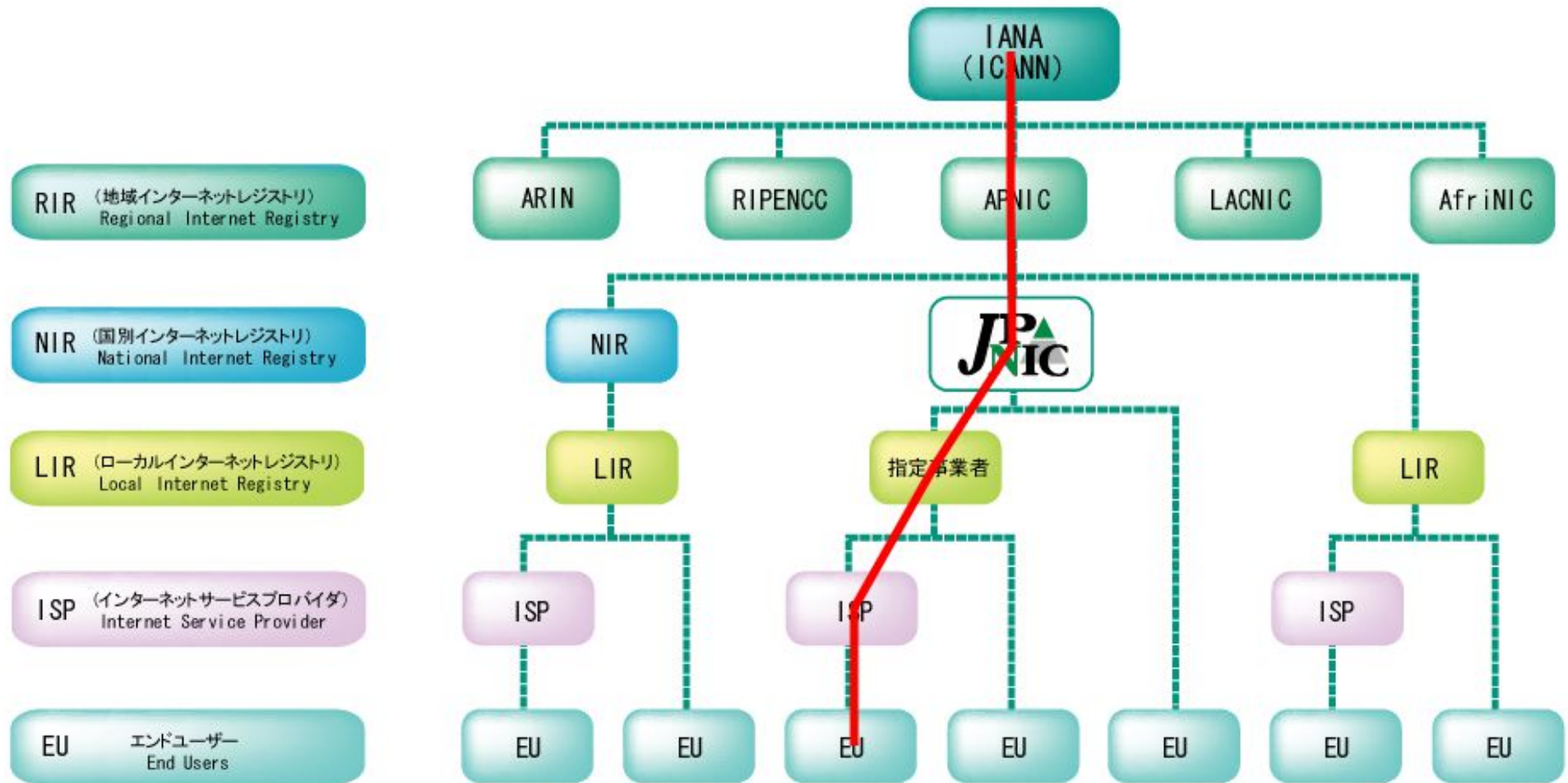
- 1998年、IPv6 の基本仕様(RFC2460)が標準化される
- ICMP6, DHCPv6, OSPFv3, VRRPv3 等、既存のプロトコルも順次 IPv6 に対応した
- 無事 IPv4 アドレスが枯渇する前に標準化が完了

IPv4 アドレスの「枯渇」とは？

- 2011年 2月、IANA の IPv4 アドレスが枯渇
- 「IPv4 アドレスは枯渇した」とニュースにもなった
- が、IPv4 アドレスはあくまで数値に過ぎない
- その「枯渇」とは何を意味するのか？

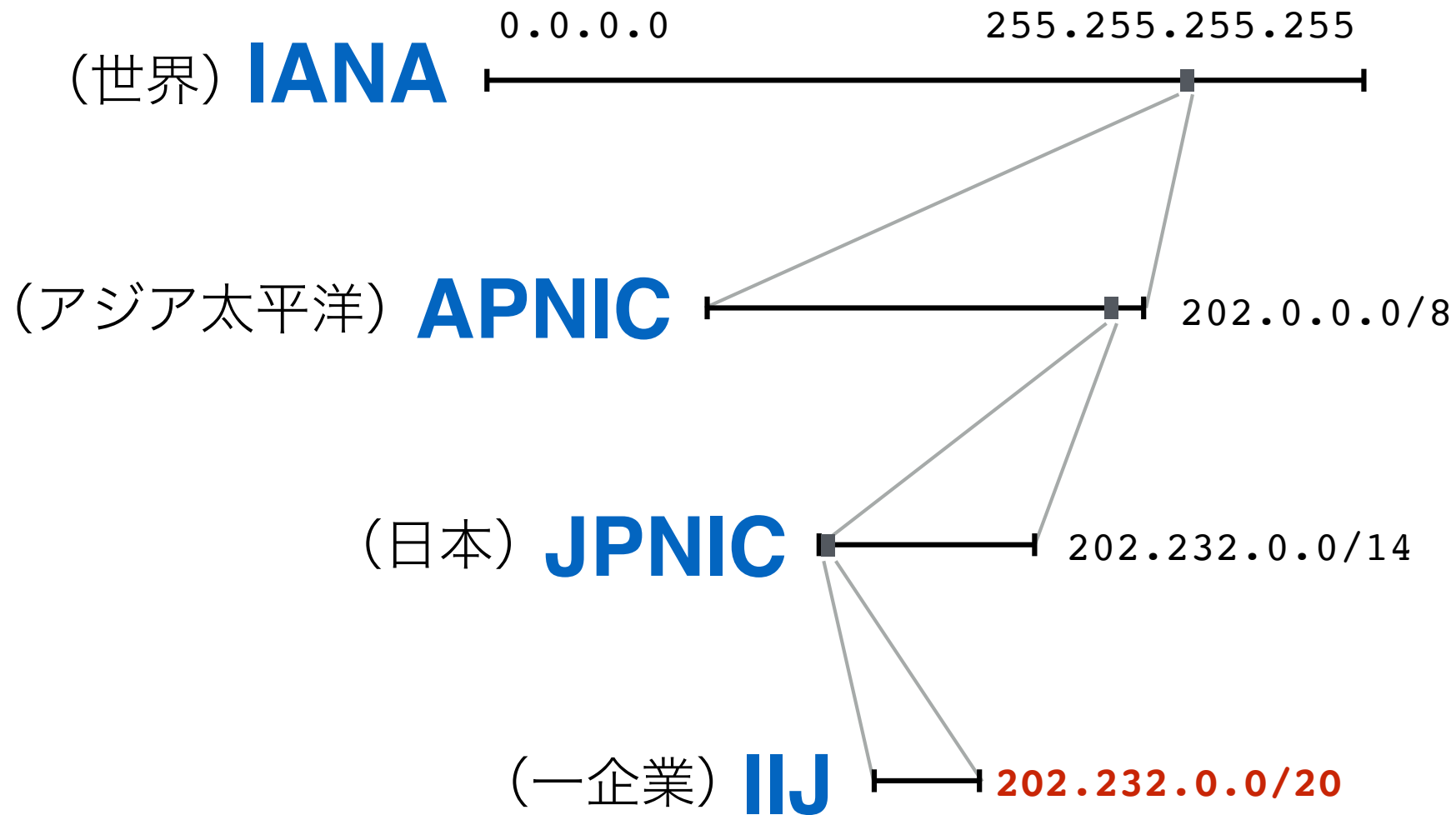
IPv4 アドレスの割当て

アドレスは階層的に割り当てられる



※ <https://www.nic.ad.jp/timeline/20th/chapter6.html> より引用

IPv4 アドレス割当ての具体例



IPv4 アドレスの枯渇

「枯渇」 = それぞれの組織が持っているプールから、
いままで通りの割振りができなくなった

IANA	2011/2/3
APNIC	2011/4/15
JPNIC	2011/4/15
IJJ	-

「枯渇」して何が起きたのか？

- ユーザへの影響は無いように見える
- みんなふつうに IPv4 で通信している
- 「枯渇」でアドレスの入手は難しくなったが、
アドレスが無くなった = 新規サービス提供停止、
ではない

IPv4 アドレスの「移転」

The screenshot shows a web browser window displaying the JPNIC website. The address bar shows the URL: www.nic.ad.jp/ja/ip/transfer/ipv4-log.html. The page title is "IPv4アドレス移転履歴(2016年10月27日現在)". The page content includes a table of transfer history and a sidebar with navigation links.

JPNICはインターネットの円滑な運営を支えるための組織です

Top Q&A サイトマップ 文字サイズ: 小 中 大

English(英語) RSS

サイト内検索... 検索

トップページ > IPアドレス > IPアドレスに関する統計・各種リスト

プリント用ページの表示 言語を選択

いいね! 15 G+ Pocket ツイート B!

IPv4アドレス移転履歴(2016年10月27日現在) English Page

この履歴はJPNICが定めるIPv4アドレス移転申請手続きに基づき公開するものです。JPNICでは下記の移転履歴に関するお問い合わせには応じられませんので、あらかじめご了承ください。

対象IPv4アドレス空間	移転元組織名	移転元組織への割り振りまたは割り当て日	移転先組織名	移転日	備考
118.236.0.0/15	株式会社USEN	2007-11-05	ソネットエンタテインメント株式会社	2011-08-22	
118.238.0.0/17		2007-11-05			
118.238.192.0/18		2007-11-05			
110.232.152.0/21		2009-05-26			

JPNICとは

IPアドレス

- ▶ IPアドレス管理の基礎知識
- ▶ IPアドレス・AS番号が欲しい時は
- ▶ IPアドレス登録管理業務について
- ▶ IPアドレストピックス
- ▶ 統計・各種リスト
- ▶ JPIRR
- ▶ IPアドレスポリシーの策定
- ▶ IPv6関連情報
- ▶ IPv4アドレスの在庫枯渇に関して
- ▶ よくある質問

インターネットの基礎

ドメイン名

インターネットガバナンス

インターネットの技術

インターネットの歴史・統

▲ 頁先頭へ

IPv4 アドレスの「移転」

IPv4 アドレス	現在の保有者	開始日	移転日	移転種別
64.33.0.0/18	American Registry for Internet Numbers/OLM LLC	2000-02-01	2016-08-17	国際移転アドレス
157.101.64.0/18	ユニアデックス株式会社	2012-10-30	2016-09-01	
172.122.0.0/15	American Registry for Internet Numbers/KW Datacenter	2015-06-24	2016-09-28	国際移転アドレス
133.142.0.0/16 他33件	株式会社三菱東京UFJ銀行	1989-08-04	2016-10-25	
143.189.0.0/16	Asia Pacific Network Information Centre/The Woolmark Company Pty. Ltd.	1998-11-23	2016-10-27	国際移転アドレス

▲頁先頭へ

計235件

IPv4 アドレスの「売買」

IPアドレス = \$\$\$

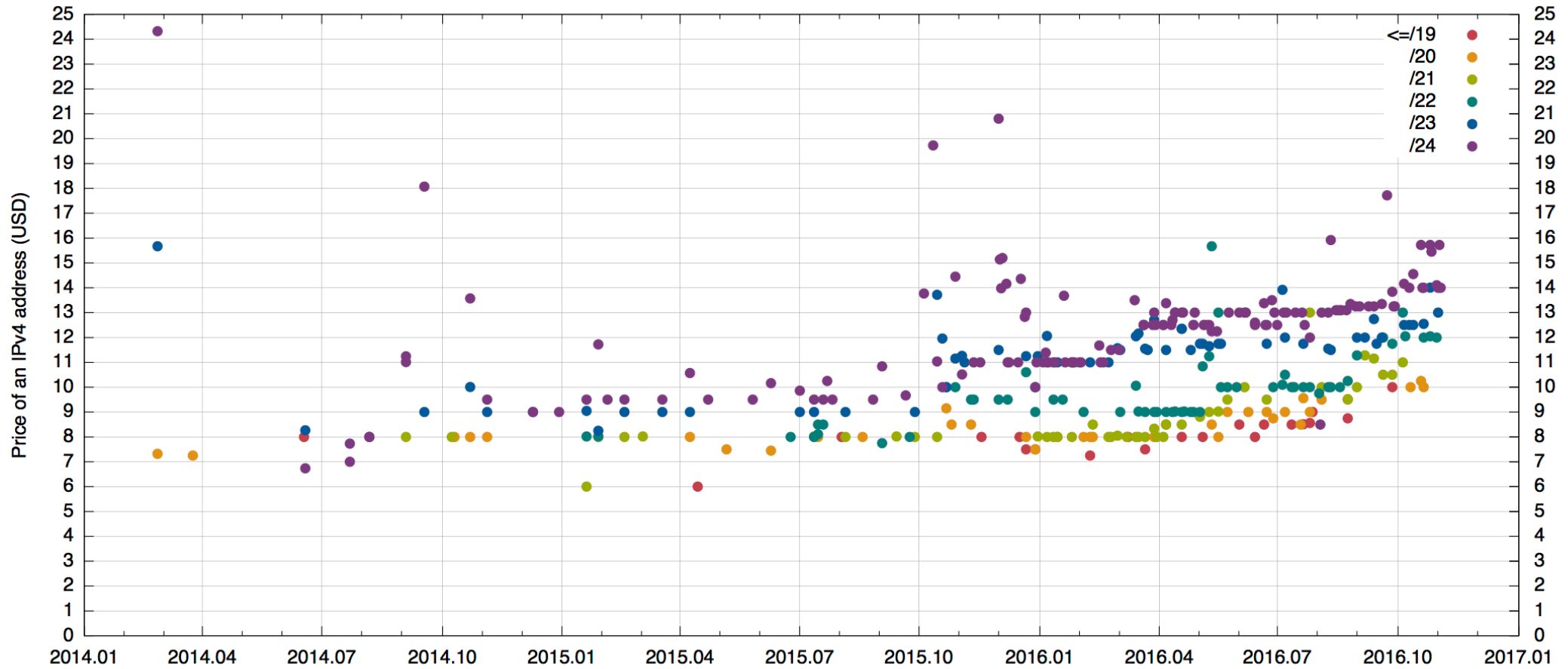
- 過去には無償で入手できた IPv4 アドレスが、
売買されるようになった

IPv4 アドレスのオークション

The screenshot shows the IPv4Auctions.com website. The browser address bar displays "www.ipv4auctions.com". The page features a search bar with the text "Search all listings...", a "LOG IN / APPLY" button, and a "FAQ" link. The main content area is titled "ARIN BLOCKS" and includes a "REGISTER TO BID ON IPv4 ADDRESSES" banner with a "REGISTER NOW" button. A "FILTER" section on the left lists "CURRENT HIGH BIDS" with categories: "No Bids (6)", "\$2,500 - \$10,000 (2)", "\$10,000 - \$50,000 (3)", and "\$50,000 - \$100,000 (1)". Below the filter are buttons for "VIEW PREVIOUS LOTS", "SELL YOUR IPV4 BLOCK", "LEARN MORE ABOUT HILCO STREAMBANK", and a "Follow @ipv4auctions" button. A "Tweets" section shows a tweet from IPv4Auctions.com. The main auction area displays "6 Auction(s)" and "SHOW: 12" items, sorted by "Closes in". Four auction cards are visible, each for an ARIN block of a specific size: /24, /23, /22, and /21. Each card includes a world map icon and the word "AUCTION".

Block Size	Current bid	Avg. Cost Per Unit	Bids	Closes in
ARIN /24 BLOCK	\$3,712	\$14.50	0	4h 53m
ARIN /23 BLOCK	\$6,656	\$13.00	0	4h 58m
ARIN /22 BLOCK	\$12,288	\$12.00	0	2d 5h
ARIN /21 BLOCK	\$22,528	\$11.00	0	2d 5h

IPv4 アドレスの相場



※ http://www.ipv4auctions.com/previous_auctions/ のデータをプロット

IPv4 アドレスの「コスト」は増加傾向

- 「枯渴した」 = 限られた資源を取り合っている
- 価格は上昇傾向にある
- だんだん IPv4 アドレスが入手困難になる???

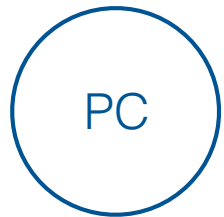
IPv4 の延命手段 : NAT

- NAT (Network Address Translation)
- ひとつの IP アドレスを複数の端末で共有して利用できる技術として広く使われている
- 必要なアドレスの数を $1/10 \sim 1/1000$ にまで削減

NAT (Network Address Translation)

プライベートアドレス

192.168.0.1

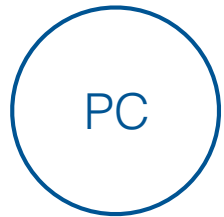


変換 (translation)

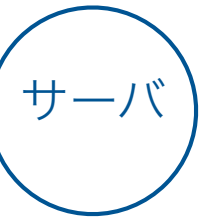
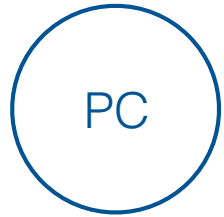
グローバルアドレス

203.0.113.1

192.168.0.2



192.168.0.3



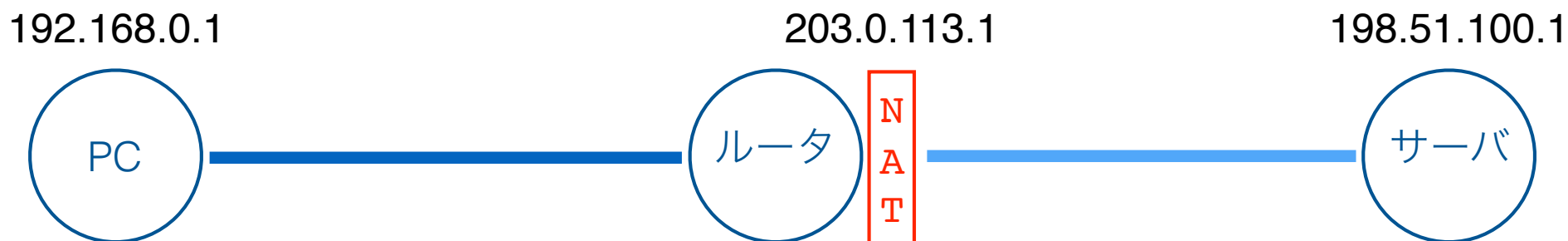
198.51.100.1

NAT テーブル

NAT ルータはアドレスの変換表を持つ

プライベートアドレス(src)	グローバルアドレス(src)	サーバ (dst)
192.168.0.1 : 3333	203.0.113.1 : 55555	198.51.100.1 : 80
192.168.0.2 : 12345	203.0.113.1 : 55556	198.51.100.1 : 443
192.168.0.3 : 3333	203.0.113.1 : 55557	198.51.100.1 : 80
...

NATによるパケットの書き換え



NAT

src ip = 192.168.0.1
dst ip = 198.51.100.1

src port = 3333
dst port = 80

GET / HTTP/1.1
Host: ...

src ip = 203.0.113.1
dst ip = 198.51.100.1

src port = 55555
dst port = 80

GET / HTTP/1.1
Host: ...

NAT のさらなる活用

- NAT はきわめて効率的にアドレスを節約できる
- もっと節約できないのか？
- 1 顧客に 1 アドレスよりも少なくできないか？

CGN の登場

CGN (Carrier Grade NAT)

※ LSN (Large Scale NAT) と呼ばれることも

- 数万から数百万のユーザをまとめて NAT してしまおうというアイデア
- 通常の NAT はせいぜい数十端末を収容する
- CGN では数千の端末をひとつの NAT 装置に収容する

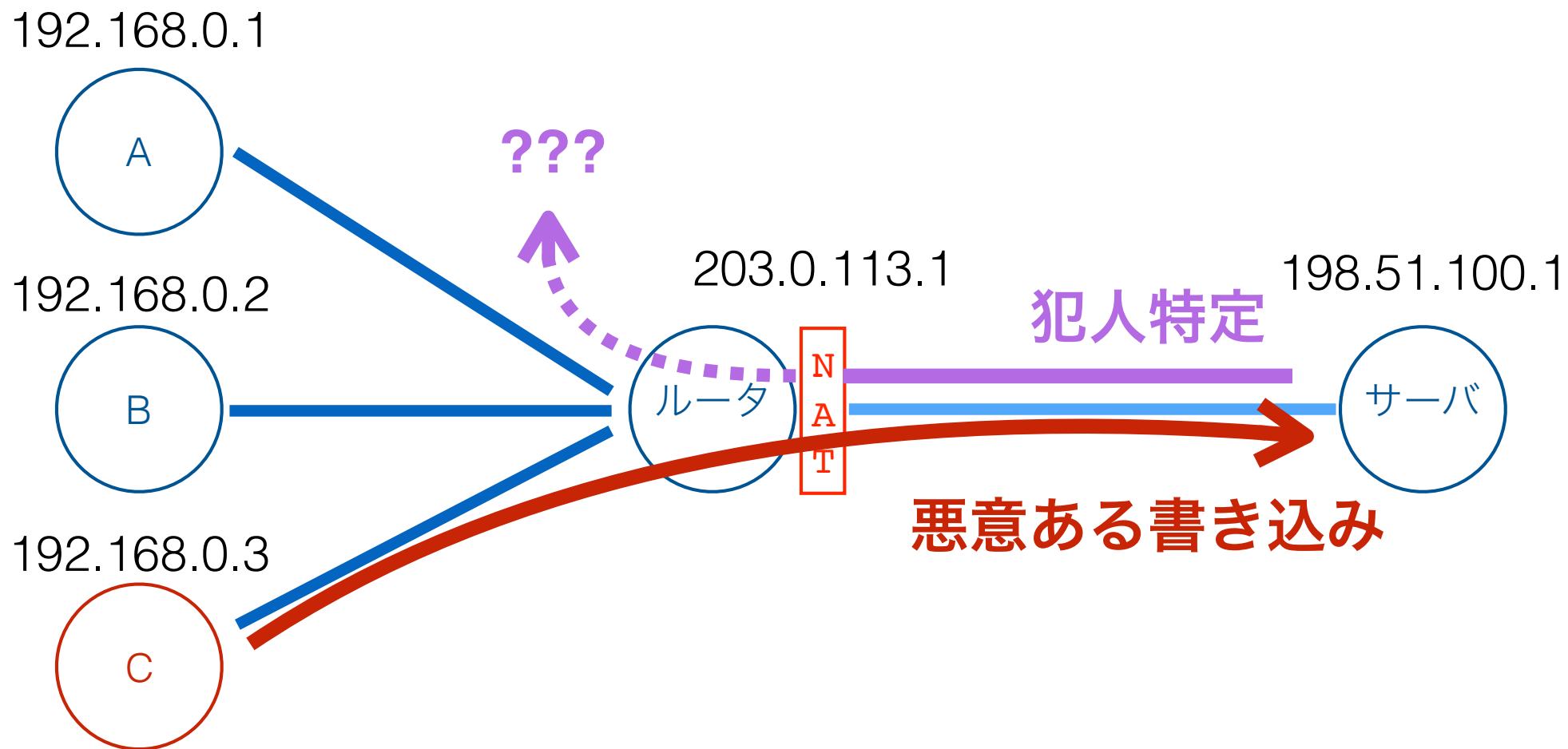
CGN の問題点

- 機器コストの増加
 - 高速動作や冗長化の実装に技術的困難がある
- サービスの低下
 - アドレスを共有する = アドレスを占有できない
- 運用コストの増加
 - 多量の NAT 通信ログを保持する必要がある

UPnP が動かない

- UPnP の主なユースケースは「NAT の外側ポートの特定のものを NAT の内側ホスト 1 つに転送する」
- NAT アドレスを複数人で共有している時、誰がそれを使って良いのか？
 - 1. 先着一名のみ使える
 - 2. 全員平等に使えない

NAT 下でのユーザ特定の課題



運用ログの増加

従来

- 接続中は IP アドレスは変化しないので、接続/切断ログだけとっていれば良かった。

CGN

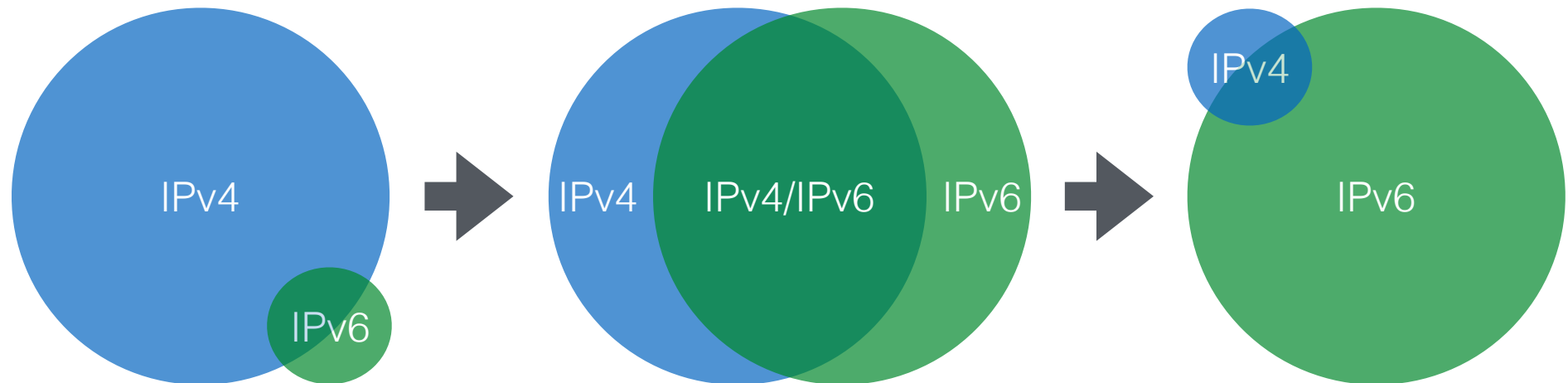
- IP アドレスが複数ユーザで共有されているので、IP アドレスだけでは発信者が特定できない
 - 利用ポート番号もロギングする必要がある
 - 通信セッションごとにログを取る必要がある
 - ログの量が膨大なものに

IPv4 アドレス枯渇の帰結

- IPv4 アドレスの入手は困難/コスト高になった
- 効果的なアドレス節約技術は存在するが、コスト大
- どこかのタイミングで IPv4 コスト > IPv6 コストになることが予想される

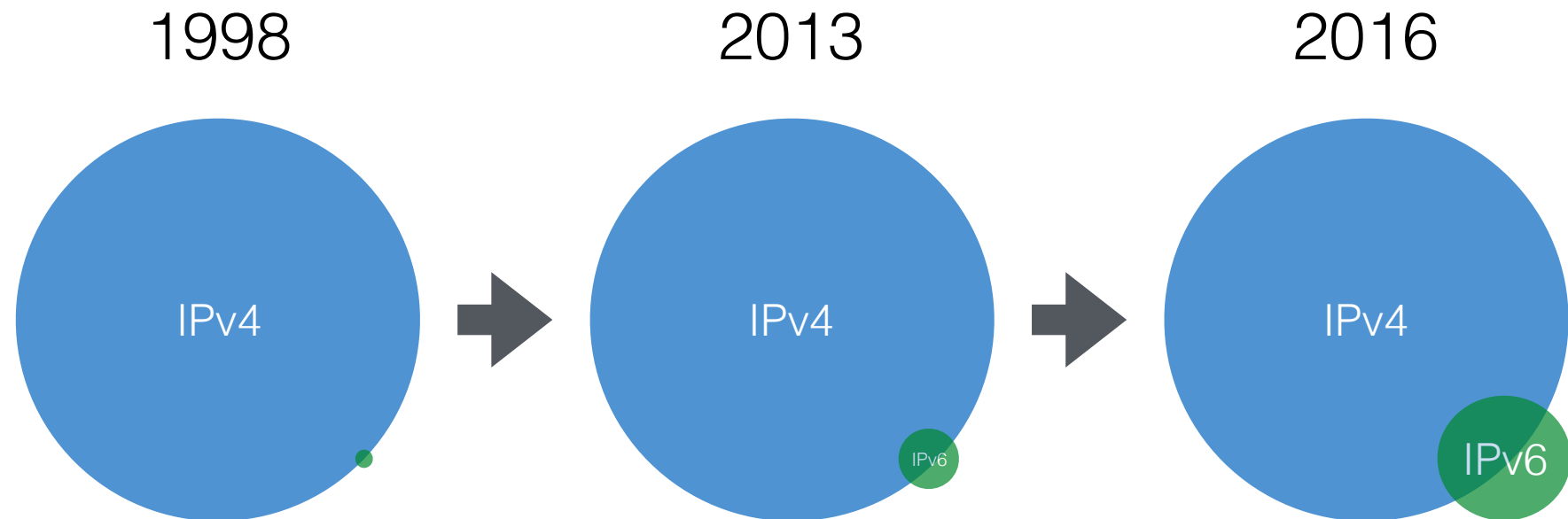
IPv6 への移行（予想）

- IPv6 の規格制定後は、段階的に移行が進行すると考えられていた



IPv6 への移行 (現実)

予想よりも移行が進んでいない



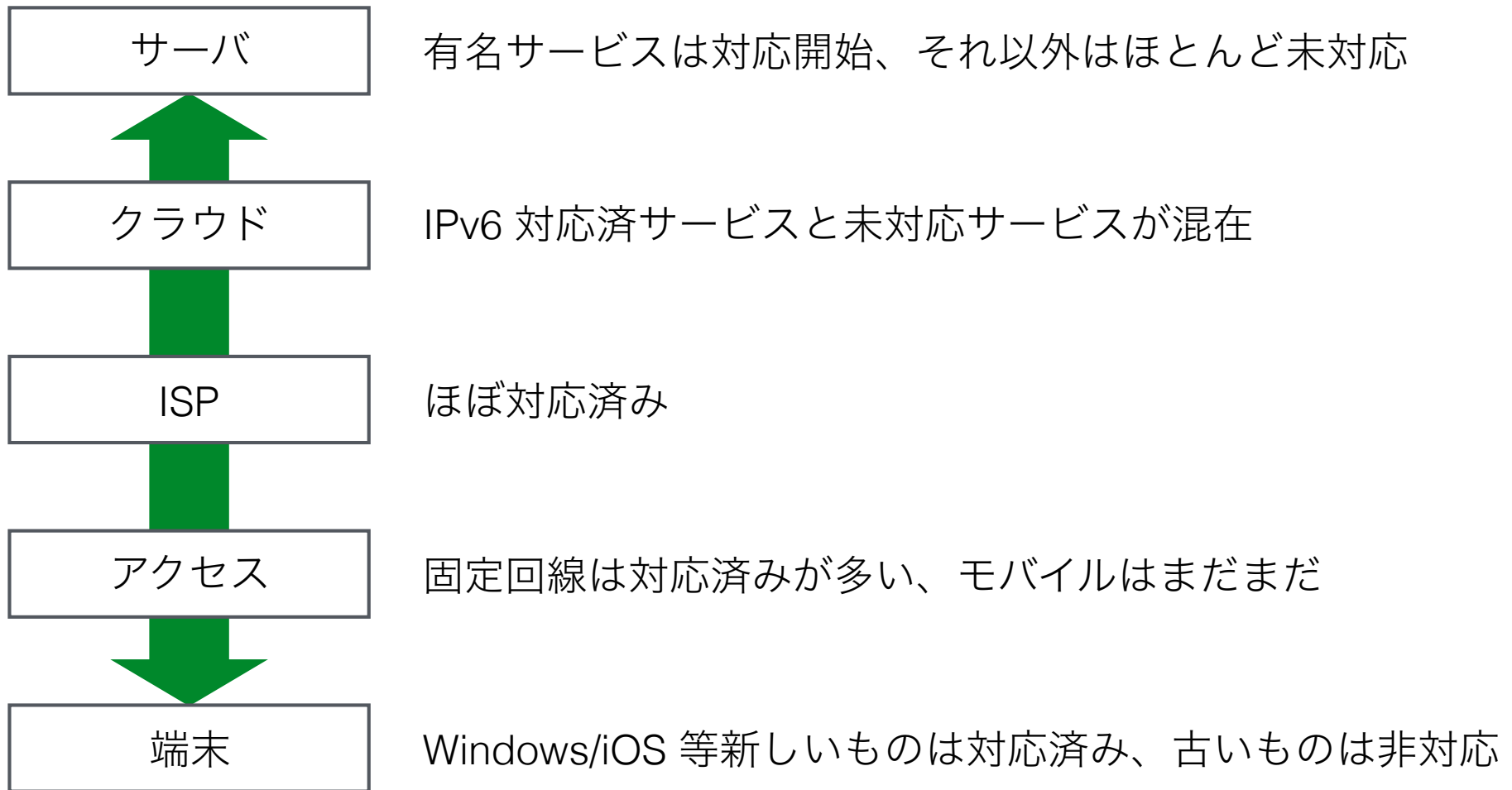
なぜ IPv6 移行が進んでいないのか？

- IPv6 への移行にコスト(機器/教育/etc)がかかるが、利益がそれを上回らない
- NAT による節約効果のため、まだまだ IPv4 の方がコストが安い

政治は IPv6 移行を後押し

- IPv6 への移行は社会全体の利益
 - IPv4 アドレスを持っていない新規事業者に不利
- 政治による調停
 - 政府機関の調達要件に「IPv6 プロトコルの利用が可能であること」
 - 標準化機関において IPv6 を積極的に採用する

IPv6 対応の現状：移行の過渡期



過渡期の技術：デュアルスタック

- 「デュアルスタック」 = IPv4 / IPv6 両方が使える
- 端末がデュアルスタック = IPv4 / IPv6 両方を実装している
- 回線がデュアルスタック = IPv4 / IPv6 両方のパケットを運べ、ルーティングや DNS 等も IPv4 / IPv6 両方に対応している

デュアルスタックの問題点

- IPv4 と IPv6 の両方で動くアプリを作る必要がある
- IPv4 と IPv6 の両方のネットワークを作る必要がある
- IPv4 と IPv6 の両方をテストしなければならない
- IPv4 と IPv6 の両方を監視しなければならない

デュアルスタックの解消

- どちらか一方だけにはできないのか？
- IPv6 は (おそらく) 将来的に利用が増えてくる
- では IPv4 ネットワークの方をやめられないか？
- IPv6 を使って IPv4 パケットを運べば良いのでは？

IPv4 as a Service の登場

IPv4 as a Service の登場

- IPv4 パケットを一時的に IPv6 にくるんで/変換して IPv6 ネットワークを通し、適当なところで IPv4 に戻す
- 途中のネットワークは IPv6 only で良い
- IPv4 に戻すついでに CGN を適用してアドレスを節約する

IPv4aaS の技術

IPv4 as a Service 技術

- IPv4 パケットを一時的に IPv6 にくるんで/変換して IPv6 ネットワークを通し、適当なところで IPv4 に戻す
- アイデアがシンプルなだけに似て異なるさまざまな技術が提案された

IPv4 as a Service 技術の乱立...

- **IPIP / GRE**
- **L2TPv2**
- **DS-Lite**
- **4v6**
- **IVI / dIVI**
- **464XLAT**
- **public 4over6**
- **SAM / 4rd**
- **lightweight 4over6**
- **MAP-E**
- **MAP-T**
- **4rd-U**

日本における IPv4 as a Service

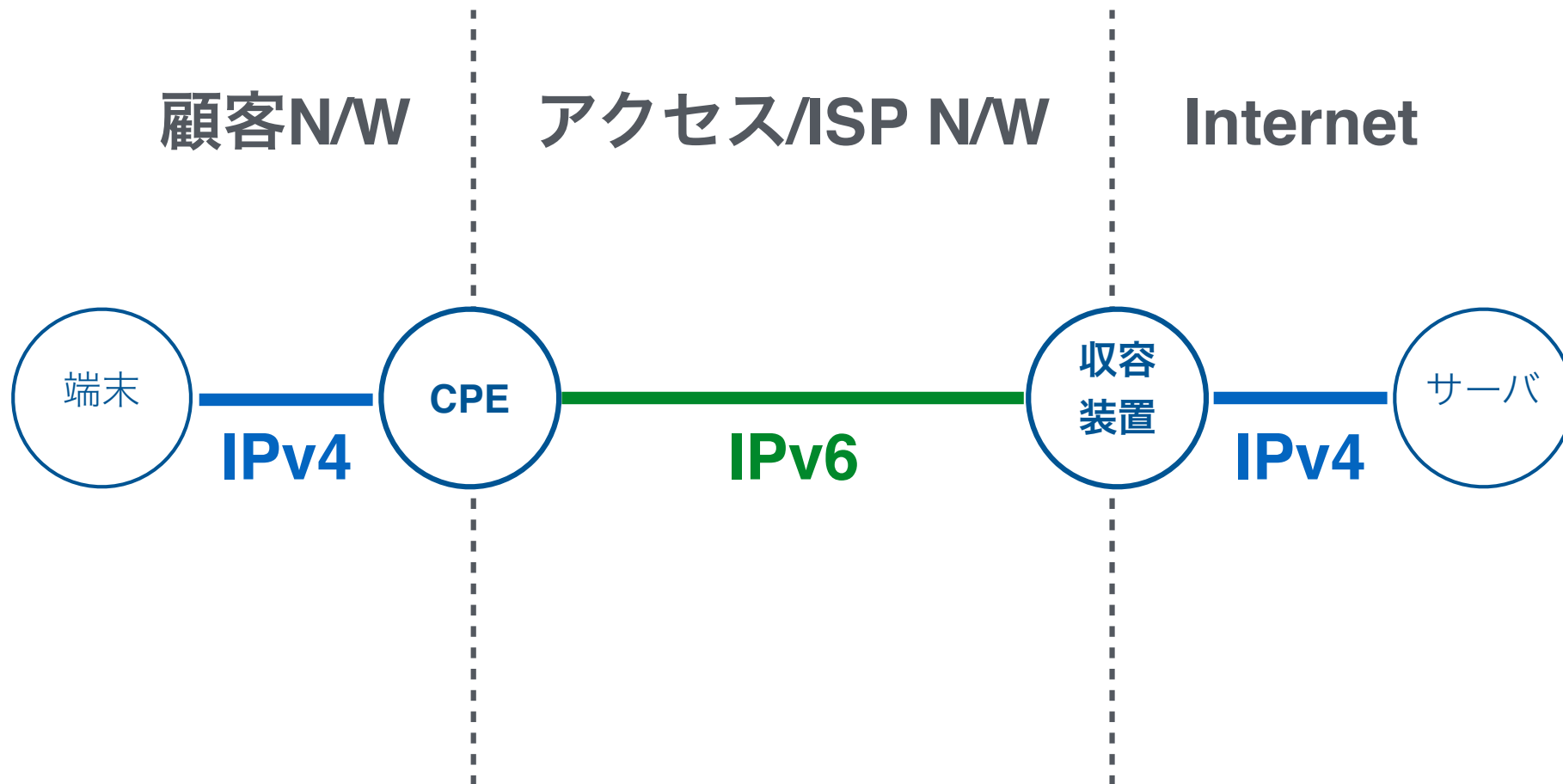
本プログラムでは日本で馴染みの深い以下を紹介

- **DS-Lite** (ディーエス ライト)
- **MAP-E** (マップ イー)
- **MAP-T** (マップ ティー)
- **464XLAT** (ヨンロクヨン エックスラット)

IPv4 as a Service 技術の比較

- 「IPv6 ネットワークを使って IPv4 パケットを運ぶ」
目的はどれでも同じ。
- 比較の観点は2つ：
 - トンネリング vs トランスレーション
 - NAT するポイント

IPv4 as a Service のモデル



IPv4aaS 技術で使われる用語

本プログラムでは「CPE」「收容装置」に統一

	CPE	收容装置
DS-Lite	B4	AFTR
MAP-E	CE	BR
MAP-T	CE	BR
464XLAT	CLAT	PLAT

IPv4 / IPv6 アドレスの凡例

- **本資料では以下のアドレスを例示に用います**

203.0.113.0/24 ISP のグローバルアドレス

198.51.100.1 サーバのグローバルアドレス

192.168.0.0/24 宅内プライベートアドレス

2001:db8::/32 IPv6 グローバルアドレス

観点1. トンネリング vs トランスレーション

観点1: トンネリングとトランスレーション

- IPv4 パケットを IPv6 ネットワーク上で通すためには、IPv6 パケットを作る必要がある
- IPv6 パケットの作り方は二通り

1) トンネリング

2) トランスレーション

トンネリング

IP パケットのペイロードとして IP パケットを運ぶ

ことをトンネリングと呼ぶ

- 通常の IPv4 パケット



- IPv4 over IPv6 トンネリングパケット

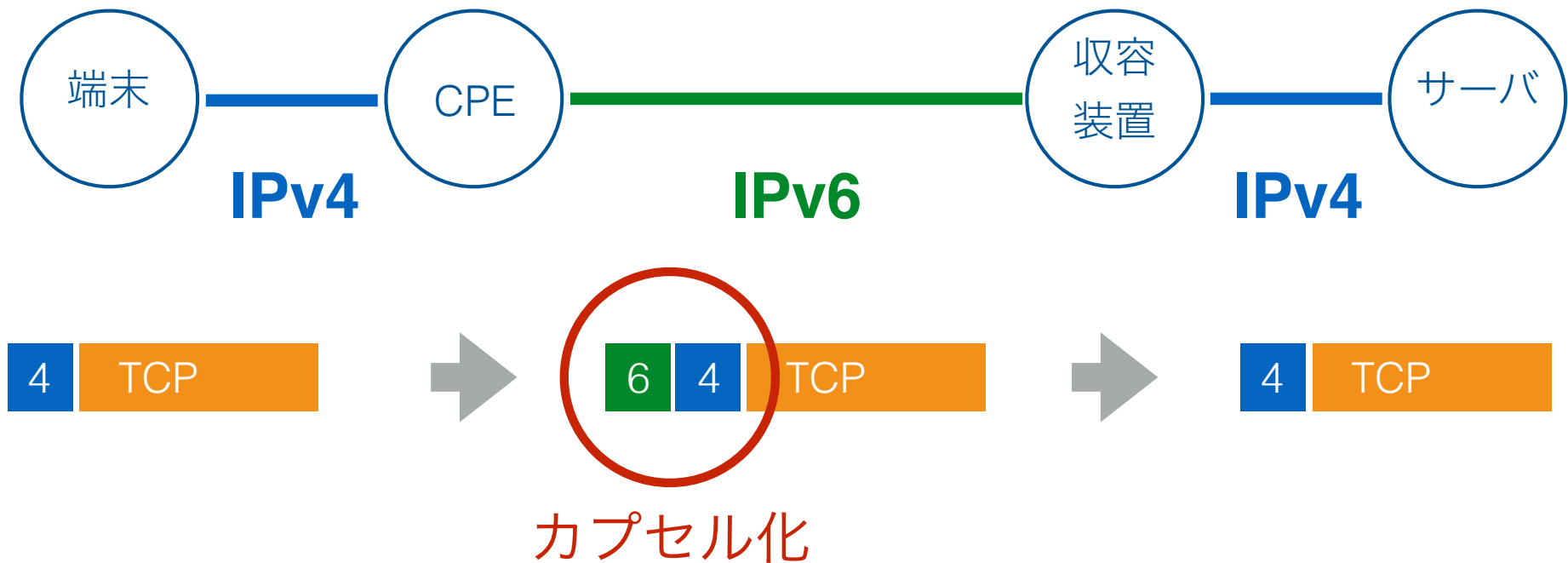


トンネリングプロトコル

- 「トンネリング」は広く使われている技術
 - IPv4 over IPsec = IP ネットワーク上で VPN を構築する
 - VXLAN = Ethernet を IP ネットワーク上で通す
 - GTP = モバイル通信を IP ネットワーク上で通す

IPv4 over IPv6 トンネリング

IPv4 パケットに IPv6 ヘッダを付加する



(余談) IPv6 over IPv4 トンネリング

- IPv6 移行の初期段階に「IPv6 over IPv4 トンネリング」が使われたこともあった
- IPv4 ネットワークを使って IPv6 パケットを運ぶ技術



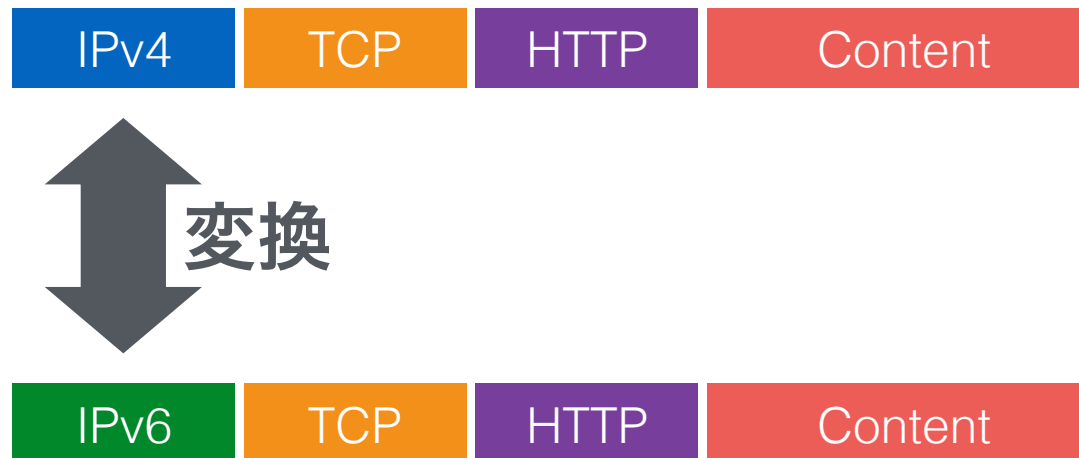
- 代表的なプロトコル：**6to4, 6rd, IPIP**

トンネリングの特徴

- IPv4 パケットをそのまま運べる
 - IP オプションなども含めてそっくりそのまま
- 外側ヘッダの分(40バイト)だけパケット長が伸びる
 - ネットワークの MTU を超えてしまうことも

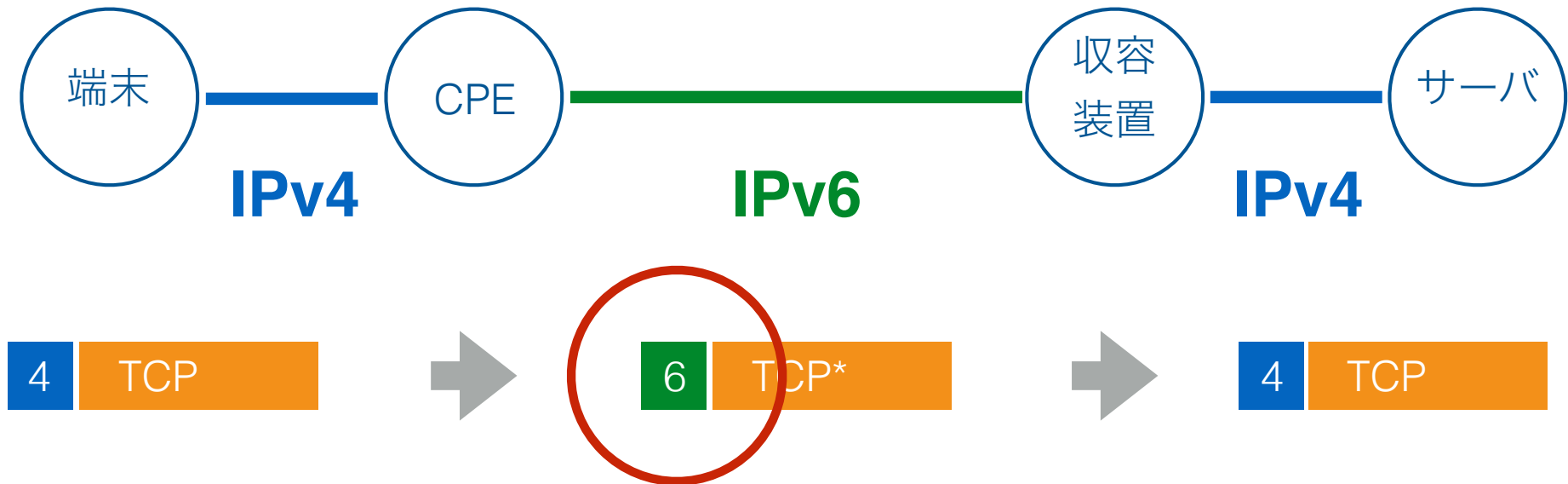
「トランスレーション」

- IPv4 パケットを IPv6 パケットに変換すること
- またはその逆



IPv4 / IPv6 トランスレーション

IPv4 パケットを IPv6 に変換する



上位層(TCP/UDP/...)への影響

- トランスレーションは TCP / UDP ヘッダも書き換える
 - チェックサムの計算に IP ヘッダの Source Address と Destination Address が含まれるため
- アプリケーションプロトコルによってはペイロードの書き換えが必要になることも
 - ある程度までは書き換えられるが、完全には無理

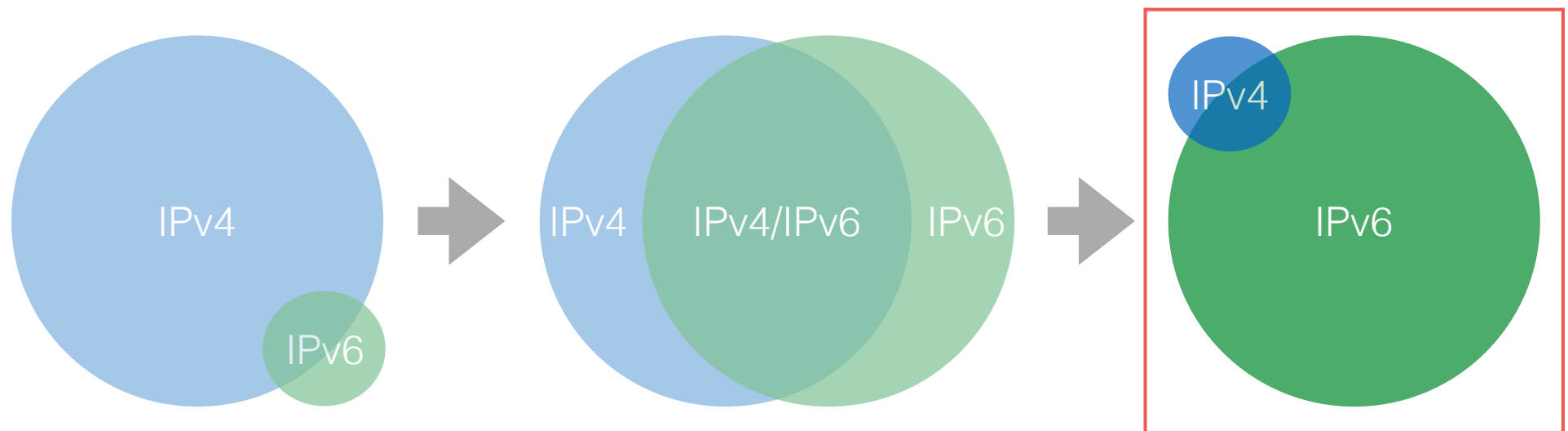
トランスレーションの特徴

- 転送中はふつうの IPv6 パケットに見える
 - ポリシーなどを適用しやすい
- 完全な変換はできないため、一部の情報が失われる
- パケット長はやはり少しだけ伸びる
 - 40 (IPv6 ヘッダ長) - 20 (IPv4 ヘッダ長) = 20 バイト

トランスレーションのもうひとつの用例

IPv6 への移行の末期 :

- ほとんどの端末は IPv6 を使っている
- ごく一部のサービス/システムはまだ IPv4 only



NAT64

IPv6 パケットを IPv4 パケットに変換して
IPv6 端末から IPv4 サーバにアクセスさせる



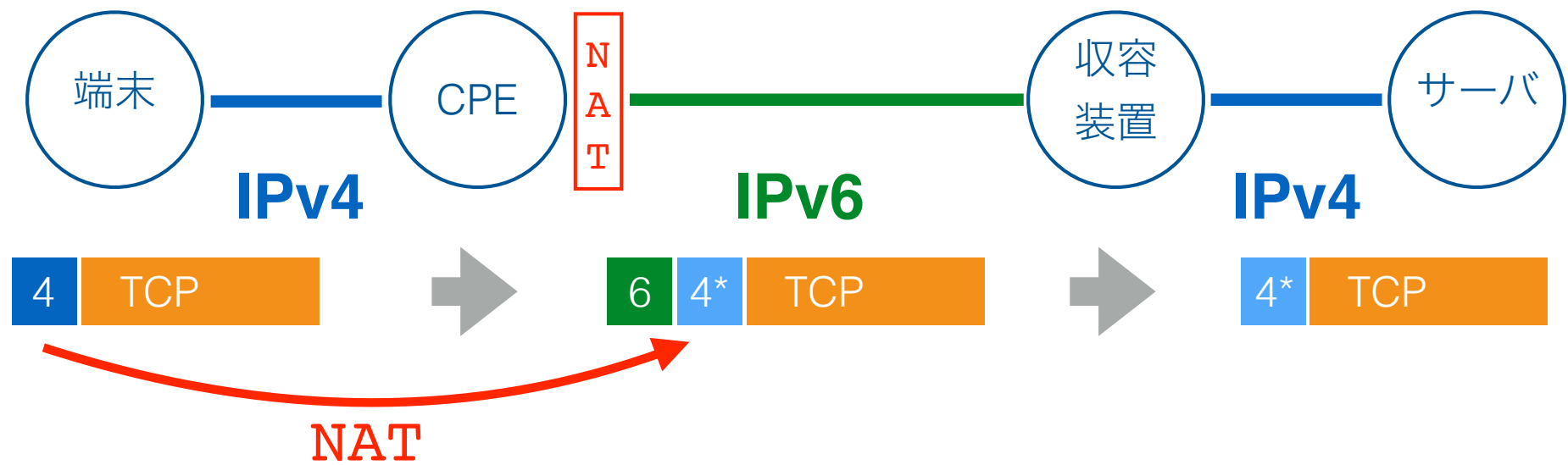
IPv6 パケットを IPv4 に変換

観点2. NATするポイント

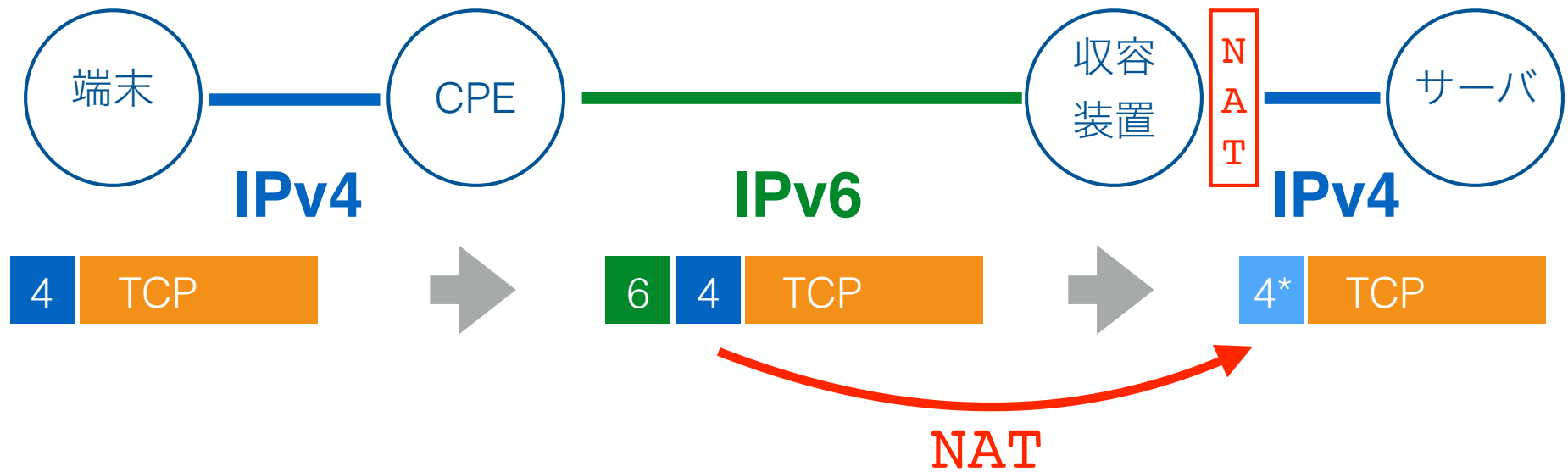
観点2: NAT するポイント

- トンネリング / トランスレーションでパケットを操作する
ついでに NAT も適用してしまうことで、IPv4 アドレスを
節約する
- NAT の適用パターンは大きく 2 パターンに分かれる

顧客の CPE で NAT する



ISP の収容装置で NAT する



IPv4aaS 技術の分類

	トンネリング	トランスレーション
ISP NAT	DS-Lite	464XLAT
CPE NAT	MAP-E	MAP-T

IPv4aaS 技術の詳細

IPv4aaS 技術その1: DS-Lite

DS-Lite の位置付け

	トンネリング	トランスレーション
ISP NAT	DS-Lite	464XLAT
CPE NAT	MAP-E	MAP-T

DS-Lite (ディーエスライト)

- RFC6333 : Dual-Stack Lite Broadband Deployments Following IPv4 Exhaustion
- もっとも早くに(2011/8)、標準化された
- RFC7084, Broadband Forum TR-124/TR-242 などで参照され、実装すべき技術に挙げられている。

IJmio FiberAccess/NF サービス

www.ijmio.jp/guide/outline/ipv6/ipv6_access/ds-lite

IIJmio CONNECTED via IPv6

サービス案内 お申し込み お知らせ 設定と利用 お客様情報

会員の方はログインしてください。 [ログイン](#) [ID等をお忘れの時は?](#)

ホーム > サービス案内 > サービスラインアップ > IPv6について > IPv6接続ラインアップ > DS-Liteについて

DS-Liteについて

DS-Liteは、IPv6ネットワークを経由してIPv4通信を行うための通信規格です。mio FiberAccess/NFでDS-LiteによるIPv4接続をご利用いただく場合、インターネット（IPv6 IPoE）接続と同等の通信速度でIPv4通信をご利用いただけます。

[サービス仕様](#) | [ご利用方法](#) | [対応機器](#) | [注意事項](#) | [関連ページ](#)

サービス仕様

DS-Liteとは

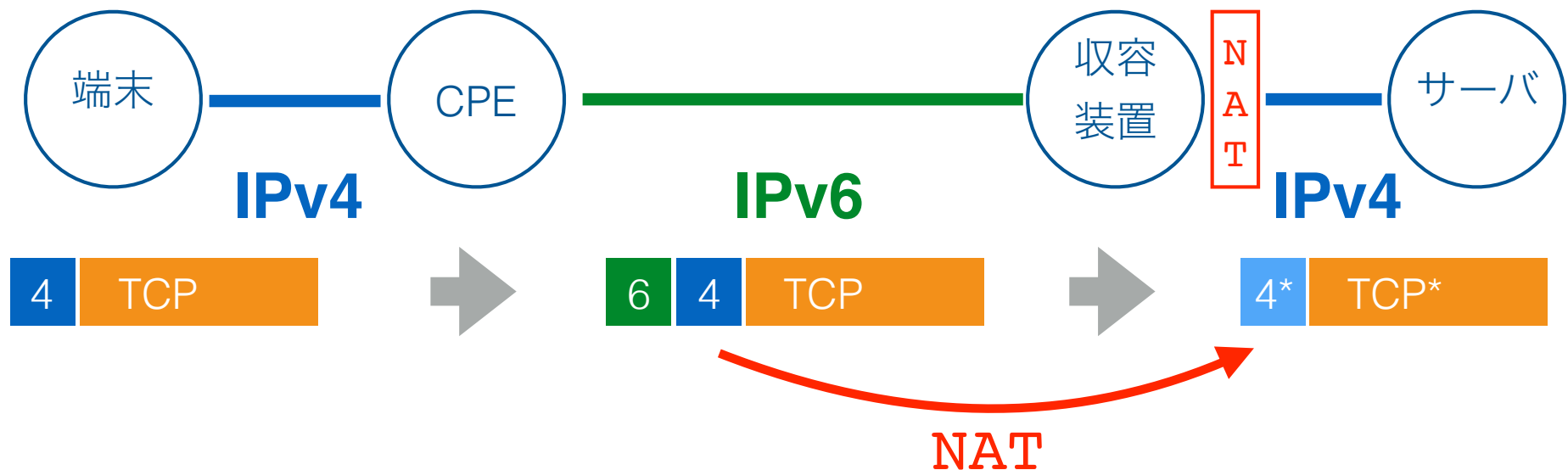
DS-Lite (Dual-Stack Lite) は、RFC6333で規定された通信規格で、本機能を利用することにより、IPv6のみの通信環境においてIPv4 over IPv6技術を利用し、IPv4での通信も可能となります。DS-Lite対応の通信機器をご用意いただければ、一台の機器でIPv6/IPv4双方の通信が可能となります。また、通信速度はIPv6ネットワークの通信速度に準じますので、ご利用回線によっては、IPv4 PPPoE接続での通信速度よりもより高速な通信をご利用いただけます。

ネットワーク構成

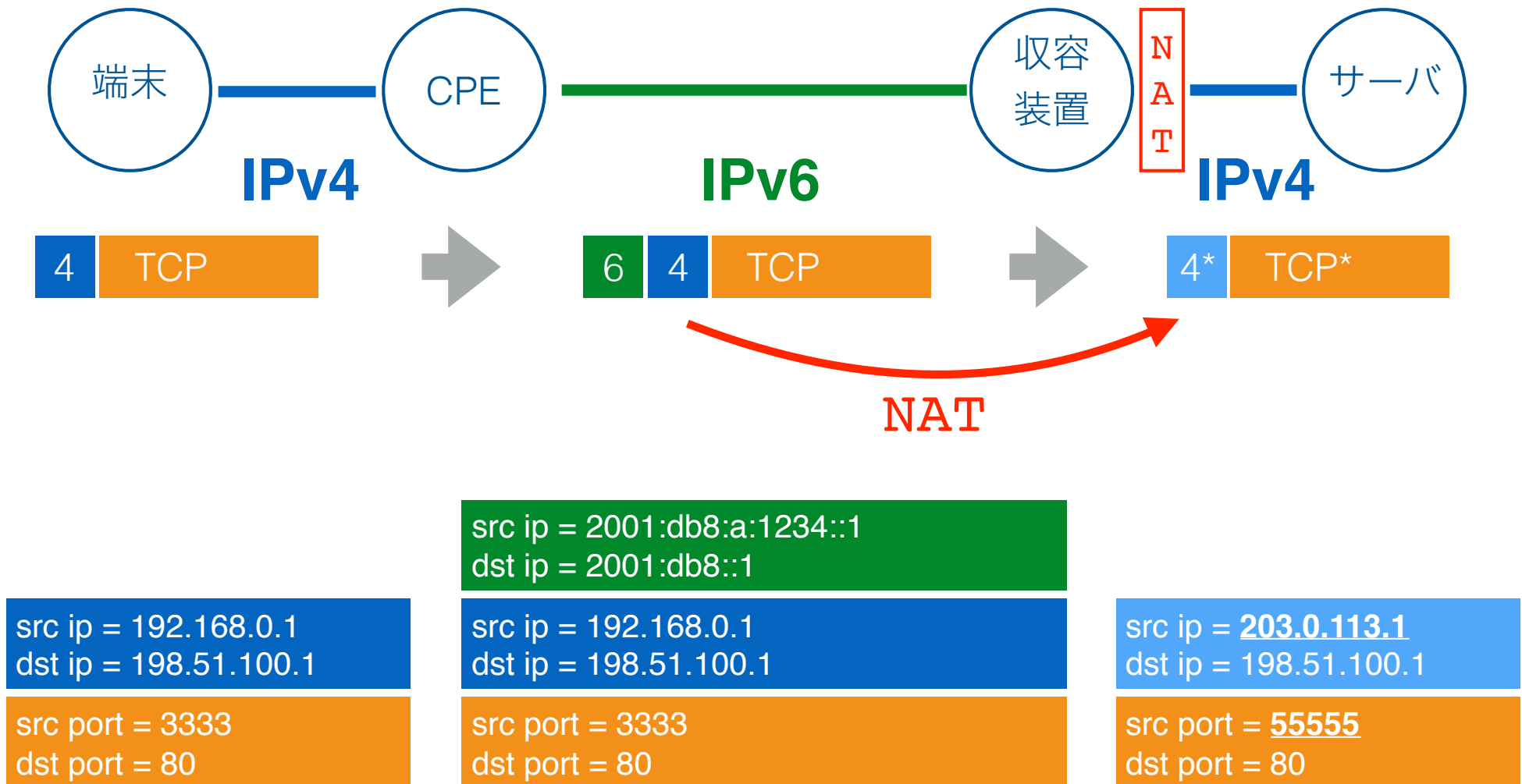
IPv4インターネット

DS-Lite の通信

- もっとも単純な IPv4 over IPv6 技術
- IPv4 パケットをそのまま IPv6 にカプセル化して ISP 側 収容装置に渡し、NAT してインターネットに出て行く



DS-Lite のパケット



DS-Lite の NAT テーブル

NAT テーブルに IPv6 アドレスも持つ

IPv6 アドレス(src)	プライベートアドレス(src)	グローバルアドレス(src)	サーバ (dst)
2001:db8:a: 1234::1	192.168.0.1 : 3333	203.0.113.1 : 55555	198.51.100.1 : 80
2001:db8:a: 2345::2	192.168.0.1 : 3333	203.0.113.1 : 55556	198.51.100.1 : 443
2001:db8:a:3456::3	192.168.0.3 : 12345	203.0.113.1 : 55557	198.51.100.1 : 80
...

DS-Lite の特徴

- CPE はシンプルで低コストで実現できる
- ISP 側収容装置の機器/運用コストが高い
 - 冗長化が難しい、ロギングの必要性、 etc.

IPv4aaS 技術その2:

MAP-E

MAP-E の位置付け

	トンネリング	トランスレーション
ISP NAT	DS-Lite	464XLAT
CPE NAT	MAP-E	MAP-T

MAP-E (マッパーイー)

- RFC7597 : Mapping of Address and Port with Encapsulation (MAP-E)
- NAT を CPE 側に持ってくることで運用コストを抑えた

Biglobe 高速Wi-Fi x ギガ対応回線 プレミアムサービス

support.biglobe.ne.jp/premium/

BIGLOBE 会員サポート

[会員サポートトップ](#)

[会員サポートトップ](#) > 高速Wi-Fi x ギガ対応回線 プレミアムサービス

工事不要! **プレミアムサービス**

高速Wi-Fi x ギガ対応回線

次世代ネットワークへの接続で
インターネットをもっと速くするご提案

ご利用のサービス

プレミアムサービス

月額 **800円**
(税別)

※イメージ動画です。

まずはお試し! 月額料金最大 **2カ月無料!** [詳しくはこちら](#)

<http://support.biglobe.ne.jp/premium/>

Biglobe 高速Wi-Fi x ギガ対応回線 プレミアムサービス

地局内に設置されている設備が大変混雑しています。
プレミアムサービスは、混雑しているPPPoE接続を使わず、IPoE接続という次世代のネットワークに切り替えます。混雑している設備を使わないので夜間でも快適なインターネットをご利用いただけるのです。

現在よく使われているネットワーク
混雑により速度低下！

Amazon
YouTube
Facebook
Twitter

プレミアムサービス
IPoE
高速で安定！

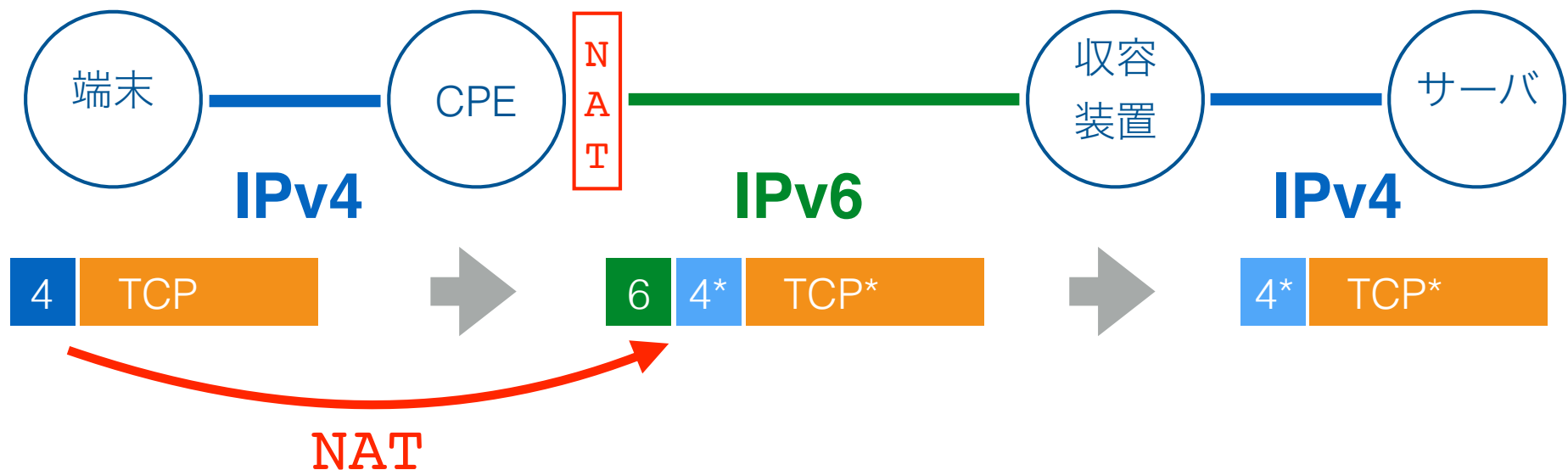
もっと詳しく ネットワーク切り替えのカギは「IPv6」「NGN」「MAP-E」にあり！

ただ、IPoE接続は現状誰にでも使えるわけではありません。つなぐためには、次世代ネットワーク対応(MAP-E搭載)のWi-Fiルータが必要です。
プレミアムサービスでは、まだ世の中にほとんど出回っていない、この機能が内蔵されたルータをレンタルでご提供します。

<http://support.biglobe.ne.jp/premium/>

MAP-E の通信

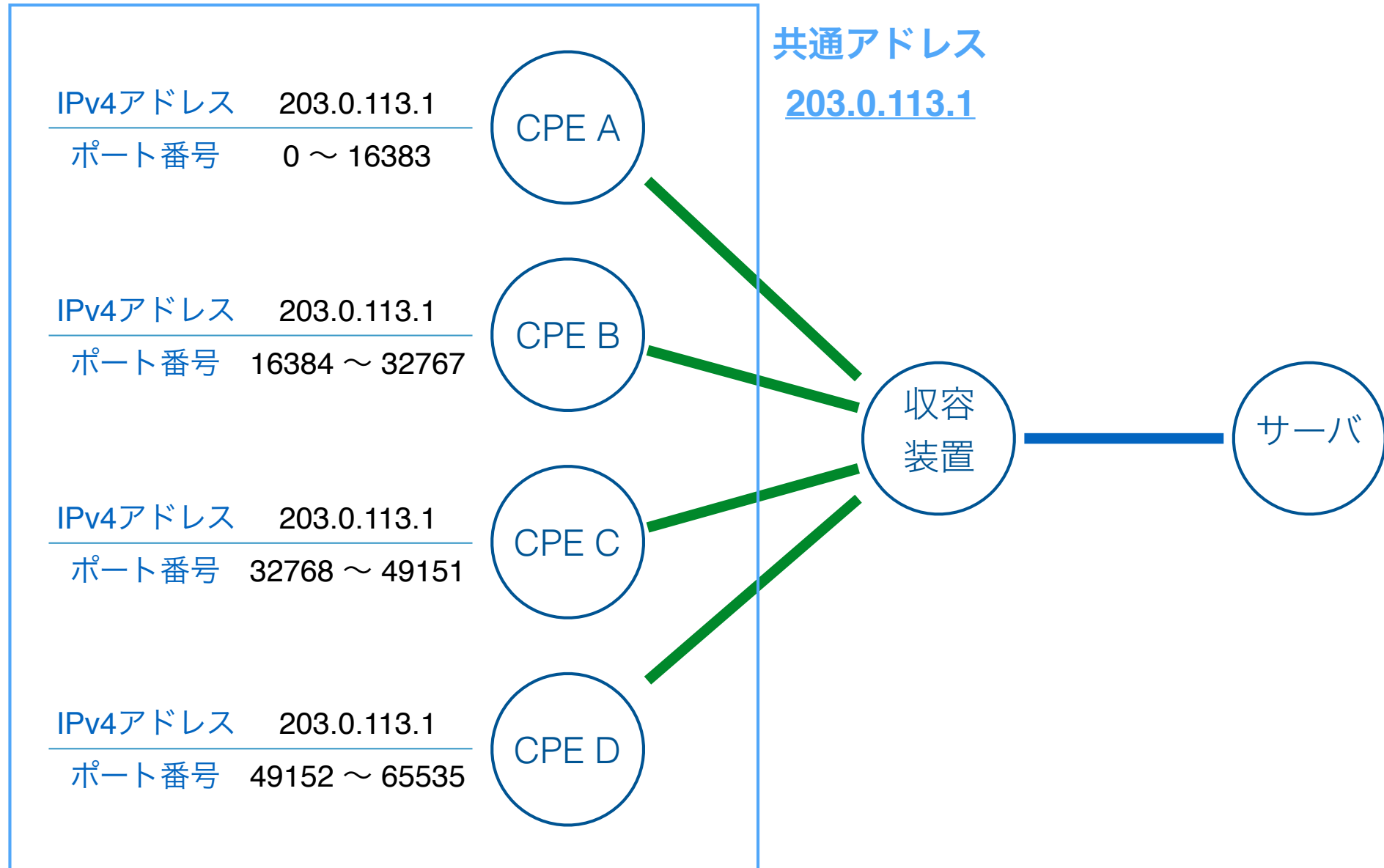
- CPE で NAT しつつカプセル化する
- IPv4 パケットを CPE で NAT してから IPv6 にカプセル化し、ISP 側収容装置では単に IPv6 ヘッダをはずすだけ。



MAP-E のアイデア

- 通信が集中しない CPE 側で NAT したい
- CPE で NAT する場合、IPv4 アドレス (+ ポート番号) のバッティングを避ける必要がある
- IPv6 アドレス (プレフィクス) は重複し得ない
- IPv6 アドレスから IPv4 アドレス+ポート番号を決めればバッティングしない

アドレスは共通、ポート番号は別々



MAP-E のマッピングルール

- IPv6 アドレスと IPv4 アドレス+ポート番号を「対応」させるルールを決めておく

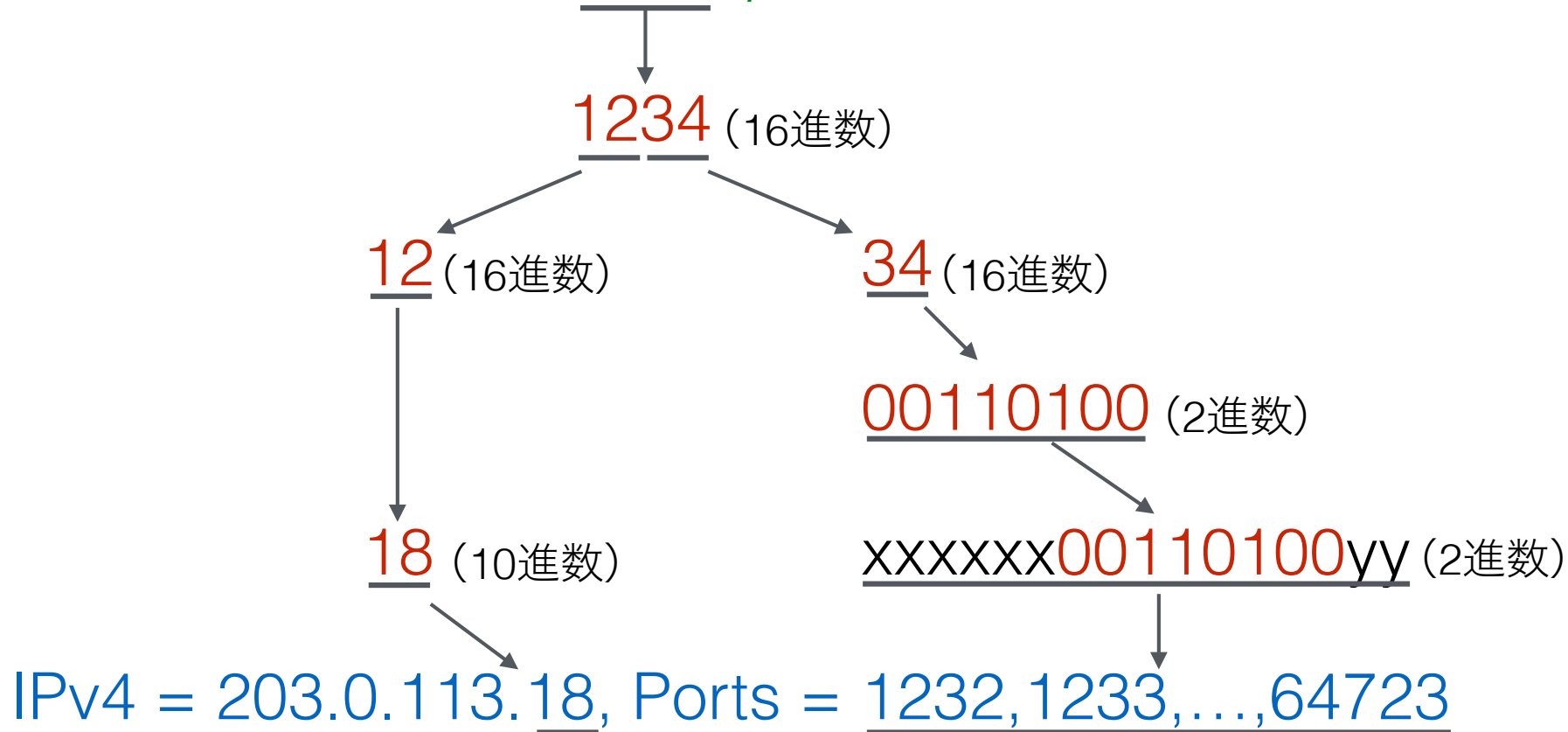
Mapping Rule

Rule IPv6 Prefix	2001:db8:a::/48
Rule IPv4 Prefix	203.0.113.0/24
Rule EA-bit length	16 (bits)
PSID length	8 (bits)
PSID offset	6 (bits)

MAP-E のマッピングの具体例

IPv6プレフィクスからIPv4アドレス/ポートへ

IPv6 = 2001:db8:a:1234::/64



xxxxxxx = 000001, 000010, ..., 111111
yy = 00, 01, 10, 11

MAP-E のマッピングの具体例 続き

IPv4アドレス/ポートからIPv6アドレスへ

IPv6 = 2001:db8:a:1234::/64

↓
1234 (16進数)

↙
12 (16進数)

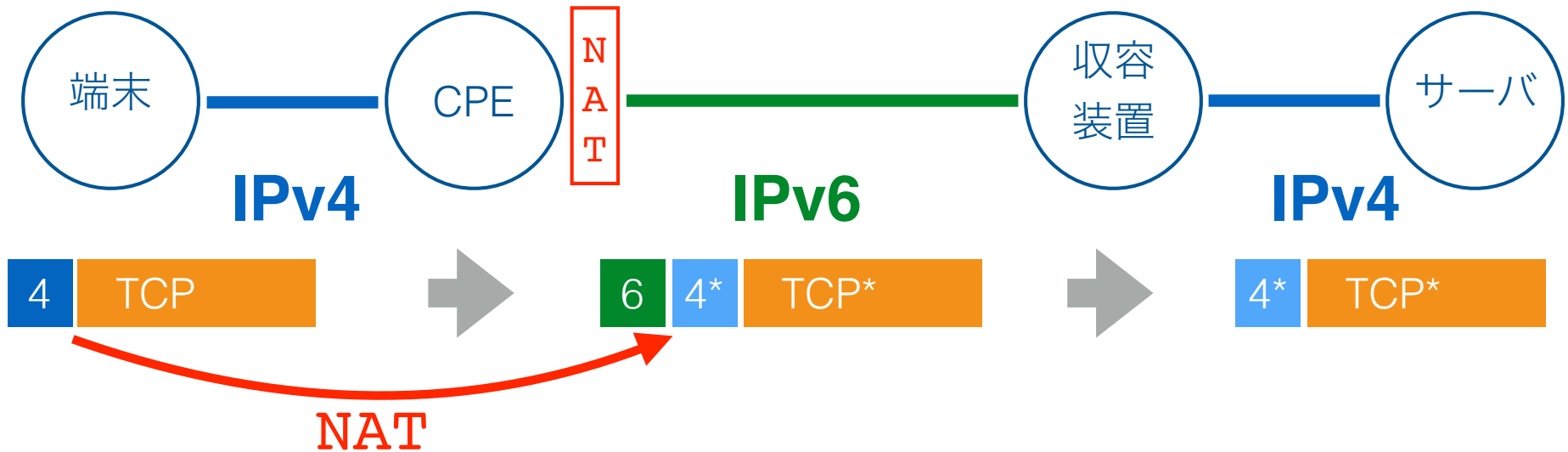
↘
34 (16進数)

↓
IPv4 = 203.0.113.18

↓
cb 00 71 12 (16進数)

↓
IPv6 = 2001:db8:a:1234:0:cb00:7112:34

MAP-E のパケット



src ip = 192.168.0.1
dst ip = 198.51.100.1

src port = 3333
dst port = 80

src ip = 2001:db8:a:1234::cb00:7112:34
dst ip = 2001:db8::1

src ip = 203.0.113.18
dst ip = 198.51.100.1

src port = 1232
dst port = 80

src ip = 203.0.113.18
dst ip = 198.51.100.1

src port = 1232
dst port = 80

MAP-E の特徴

- ISP 側収容装置の運用コストが低い
 - NAT をしないため、冗長化が容易、ロギングが不要
- CPE のコストが高い
- IPv4 アドレスと IPv6 アドレスに強い対応関係があるため
アドレス計画を慎重に決める必要がある

IPv4aaS 技術その3:

MAP-T

MAP-T の位置付け

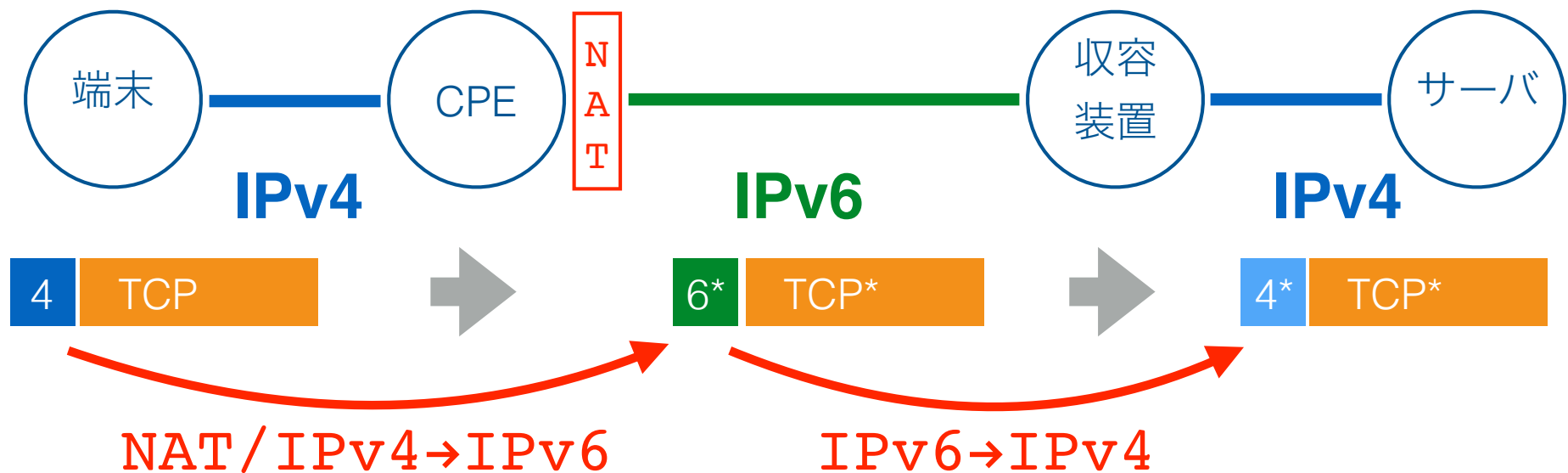
	トンネリング	トランスレーション
ISP NAT	DS-Lite	464XLAT
CPE NAT	MAP-E	MAP-T

MAP-T (マップ ティー)

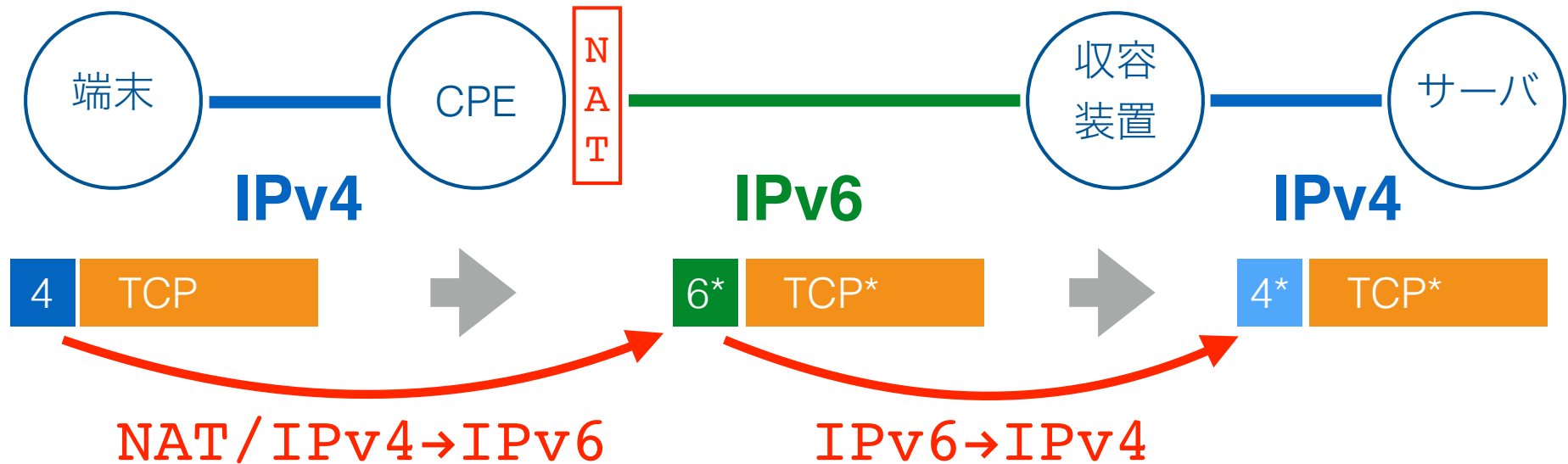
- RFC7599 : Mapping of Address and Port using Translation (MAP-T)
- トンネリングの代わりにトランスレーションを使う、MAP-E の類似技術

MAP-T の通信

- CPE で NAT しつつ IPv4 → IPv6 変換する
- IPv4 パケットを CPE で NAT してから IPv6 に変換し、ISP 側収容装置でまた IPv4 に戻す



MAP-T のパケット



src ip = 192.168.0.1
dst ip = 198.51.100.1

src port = 3333
dst port = 80

src ip = 2001:db8:a:1234::cb00:7112:34
dst ip = 2001:db8:fff::c633:6401

src port = 1232
dst port = 80

src ip = 203.0.113.18
dst ip = 198.51.100.1

src port = 1232
dst port = 80

※ 198 51 100 1 (10進数) = c6 33 64 01 (16進数)

MAP-T の特徴

- おおむね MAP-E と同じ利点/欠点を持つ
- トランスレーションのため、IPv6 変換後のパケットを制御しやすい

IPv4aaS 技術その4: 464XLAT

464XLAT の位置付け

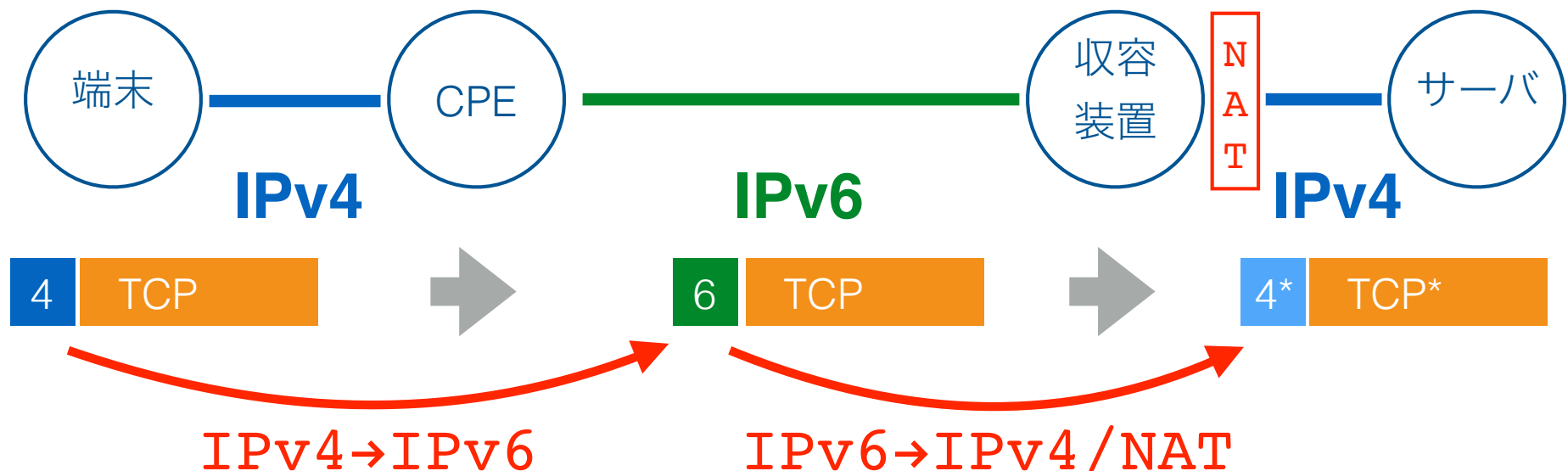
	トンネリング	トランスレーション
ISP NAT	DS-Lite	464XLAT
CPE NAT	MAP-E	MAP-T

464XLAT (ヨンロクヨン エックスラット)

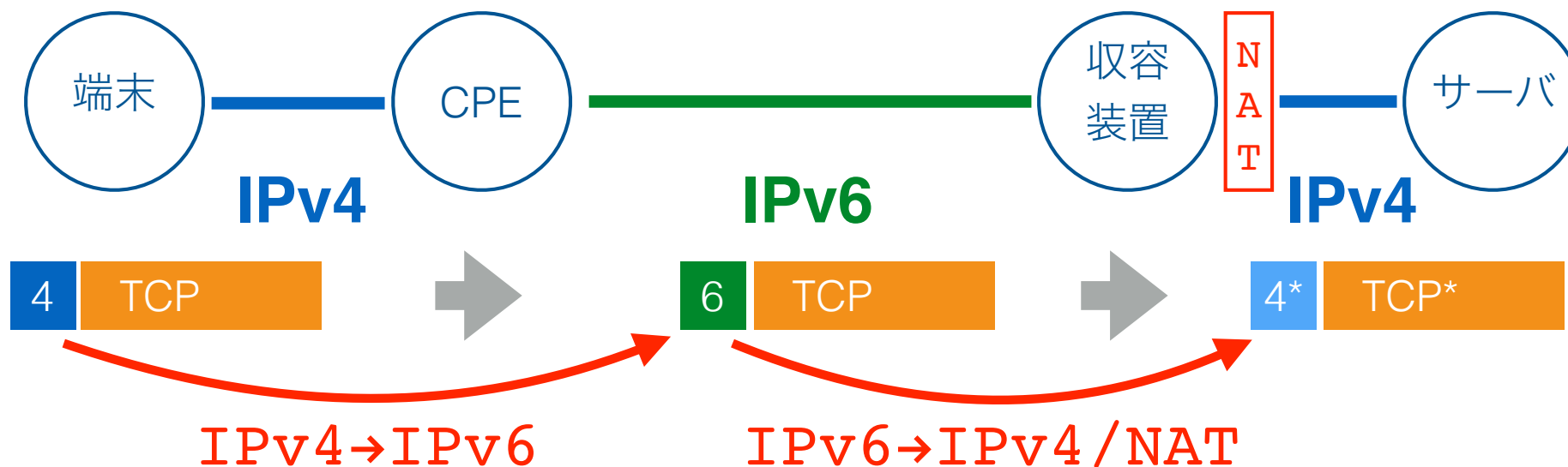
- RFC6877 : 464XLAT: Combination of Stateful and Stateless Translation
- 既存技術の組み合わせで実現された IPv4aaS
 - 新規に開発されたプロトコルではない

464XLAT の通信

- IPv4 パケットを CPE で IPv4→IPv6 変換し、ISP 側収容装置で IPv6 から IPv4 に戻しつつ NAT する
- ISP 側 **収容装置は NAT64 と同じものが使える**



464XLAT のパッケージ



src ip = 192.168.0.1
dst ip = 198.51.100.1

src port = 3333
dst port = 80

src ip = 2001:db8:a:1234::c0a8:0001
dst ip = 2001:db8::c633:6401

src port = 3333
dst port = 80

src ip = 203.0.113.18
dst ip = 198.51.100.1

src port = 55555
dst port = 80

※ 192 168 0 1 (10進数) = c0 a8 00 01 (16進数)

464XLAT の特徴

- 既存技術の組み合わせで実現された IPv4aaS
- CPE のコストは低く、ISP 側収容装置のコストは高いが NAT64 との共通化である程度削減できる可能性がある
- Android OS に実装済み

まとめ

まとめ

- IPv4aaS は IPv6 ネットワークを利用して IPv4 の接続性を提供する技術
- IPv6 ネットワーク上での IPv4 パケットの運び方と、NAT のやり方に特徴がある
- DS-Lite, MAP-E, MAP-T, 464XLAT の4つを詳しく紹介