

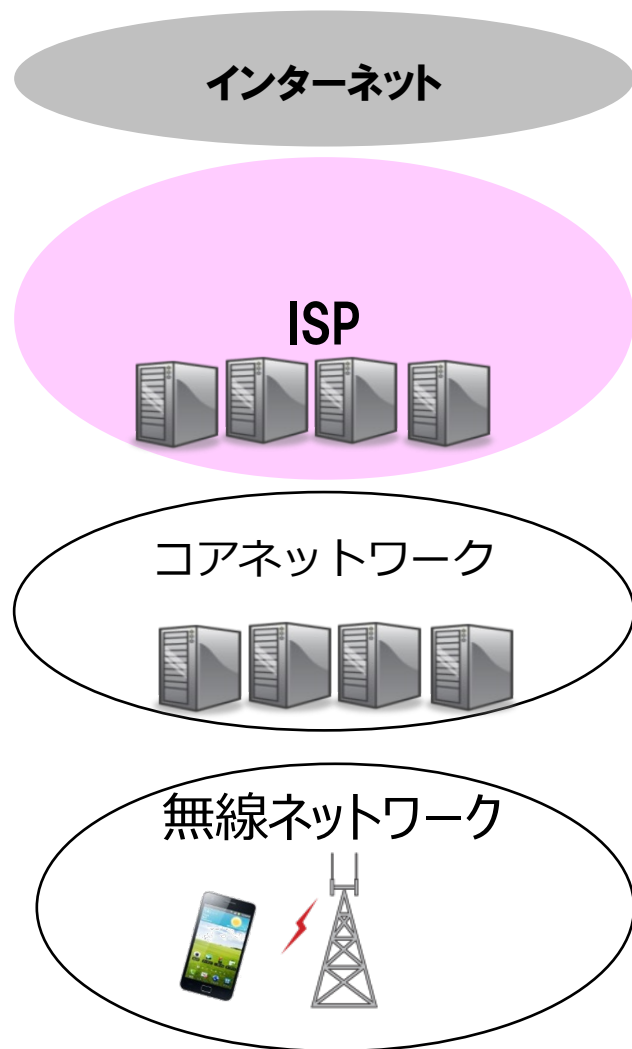
IPv6シングルスタックの導入とその後の動向

NTTドコモ
山下 孝史

2022/12/16

•はじめに

- IPv6対応へのモチベーション
- アドレス変換方式
- IPv6シングルスタックサービス開始後の状況
- 5G SAについて



ドコモでは、
無線ネットワーク、コアネットワーク、ISPの
3つのレイヤでネットワークを構築している。

本日はISPLレイヤ視点での
IPv6シングルスタック化についてお話ししま
す。

IPv6シングルスタック導入

LTE導入

コアNWは当初からIPv6対応

※ IPv6対応サービスなし

2010

VoLTE導入

端末にIPv6を付与

2014

spモードのIPv6対応

2017

2022
4月

2011

mopera UでIPv6提供

※ 要事前設定

2022
8月

5G SA提供開始

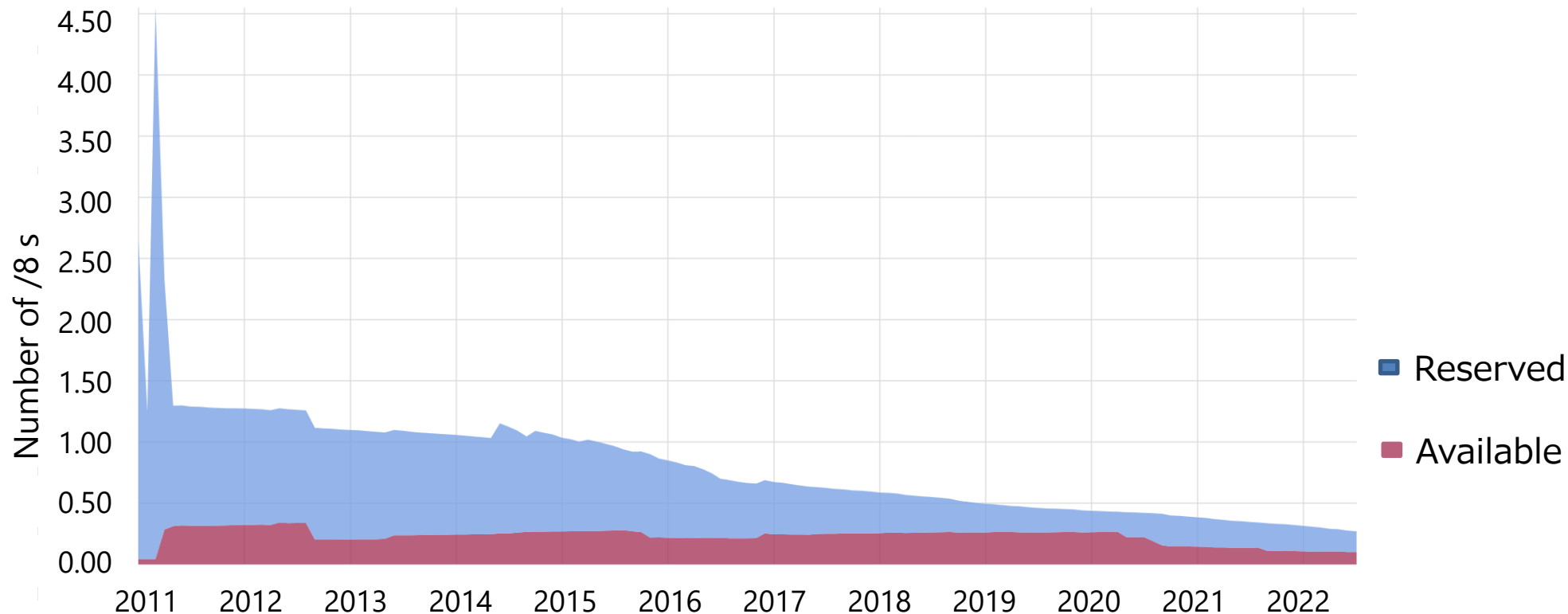
※ 要オプション加入

- ・はじめに
- ・**IPv6対応へのモチベーション**
- ・アドレス変換方式
- ・IPv6シングルスタックサービス開始後の状況
- ・5G SAについて

ISPレイヤから見たIPv6対応のモチベーションは大きく分けて2つ

- ・グローバルIPv4アドレスの枯渇対応(社会的意義)
- ・プライベートIPv4アドレス数の上限による
設備のボトルネック解消 (社内の事情)

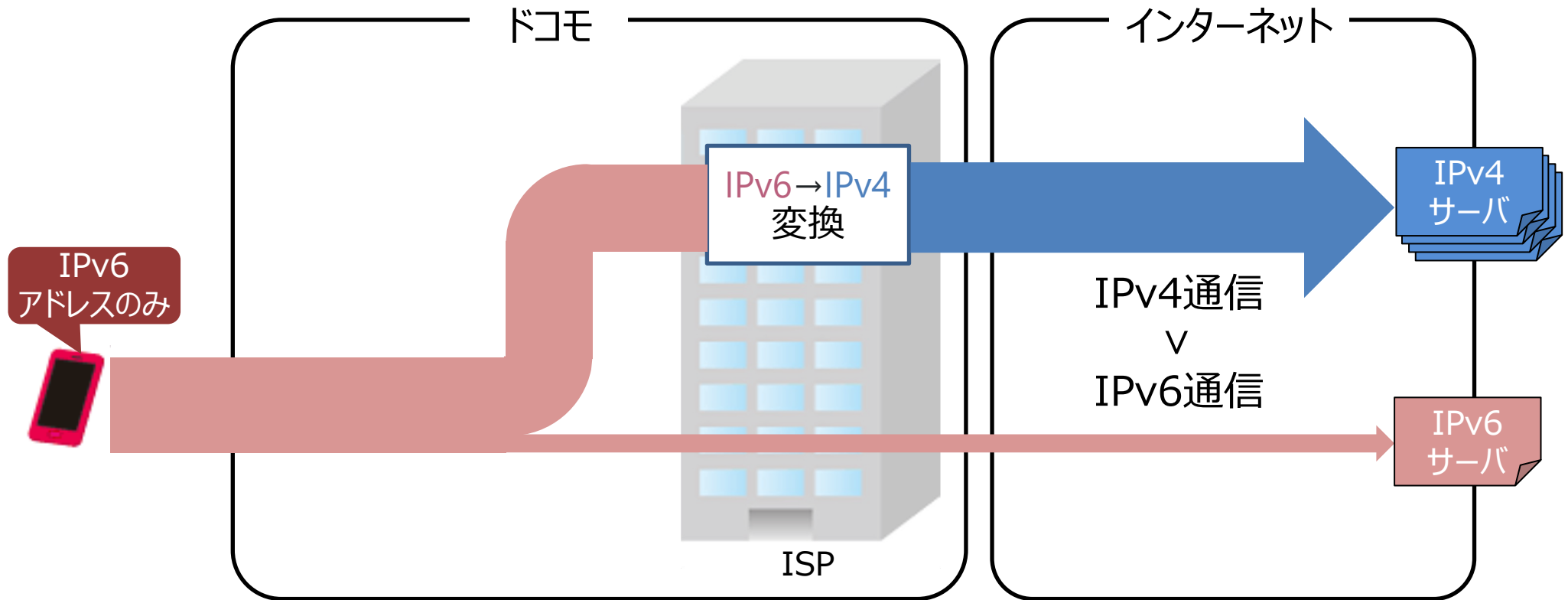
IPv4 free pool chart



IPv4アドレスが世界的に不足するなか、
ドコモはIPv6アドレス利用に向けた対応を進めてきた

<https://www.apnic.net/manage-ip/ipv4-exhaustion/>

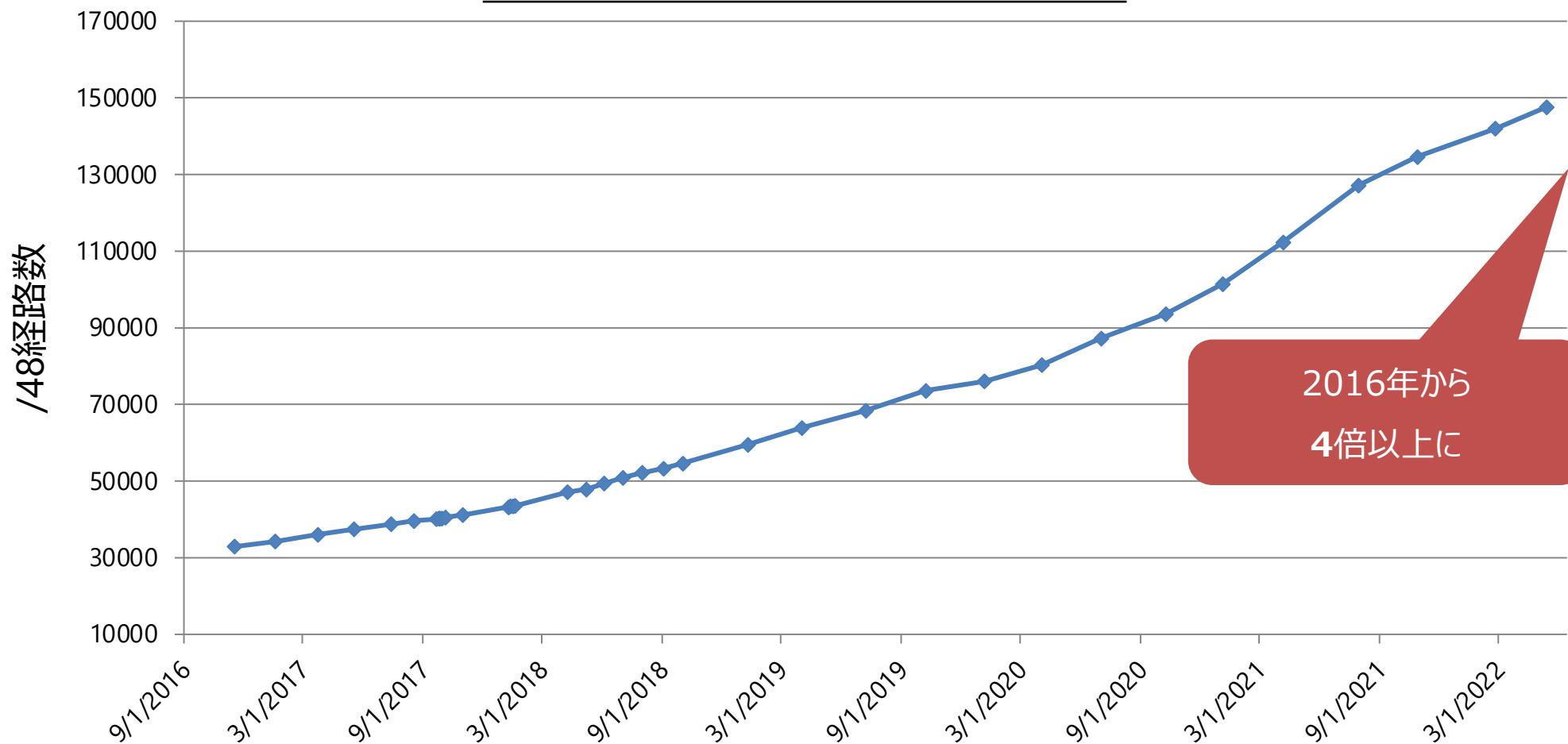
ただ、ドコモがIPv6対応するだけではIPv4アドレス枯渇問題は解決しない



世間のコンテンツがIPv4ばかりだと、

ドコモがIPv6に対応してもインターネット上のIPv4通信の量は変わらない

他ASからBGPで受信しているIPv6経路数



2016年から
4倍以上に

**IPv6対応をおこなうことに十分効果があるの見込める
⇒IPv6移行を行うことに**

プライベートIPv4アドレス数の上限による

設備のボトルネック解消 (社内の事情)

- **課題 1** : spモード契約者数の増加に対し、
IPv4プライベートアドレス数が足りない

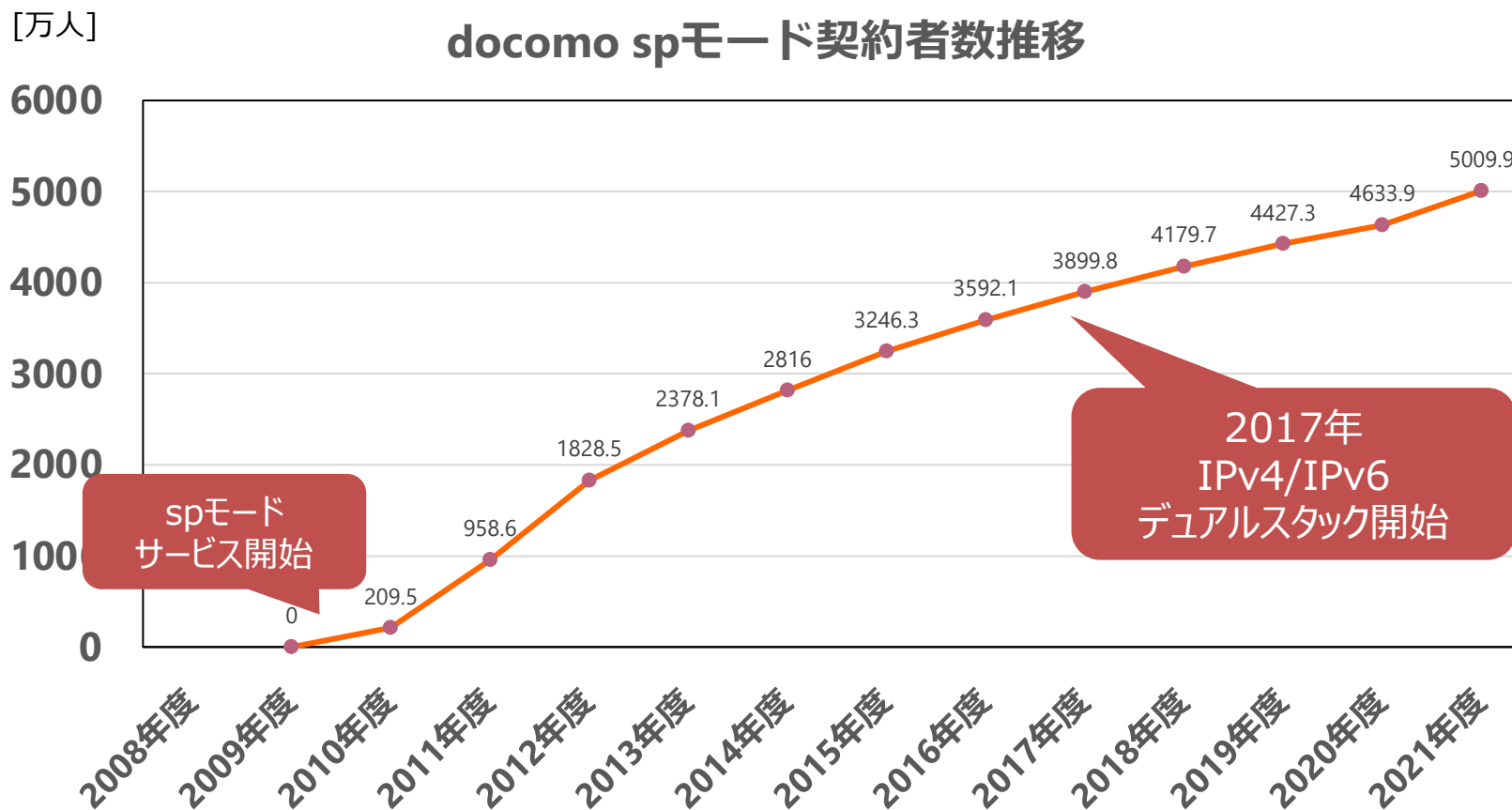
・・・アドレス数よりも端末契約数が多い



- **課題 2** : アドレス割り当てを狭いレンジで繰り返すうちに
アドレス断片化が発生

・・・機器更新等を繰り返す中で、使えないアドレス帯がところどころに発生

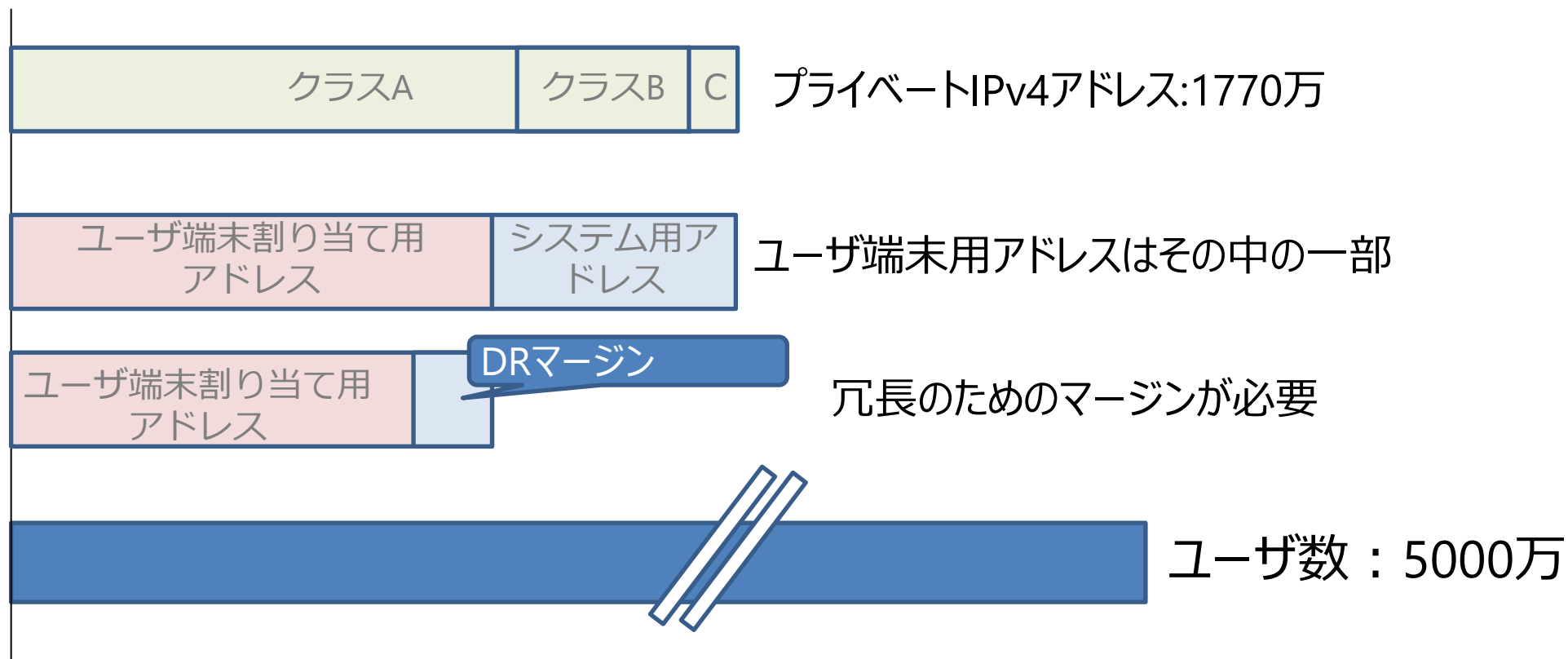
spモードの契約者増 ⇒ アドレス枯渇



プライベートアドレスをすべて使っても足りない

※クラスA(/8)をすべて使っても約1600万アドレス

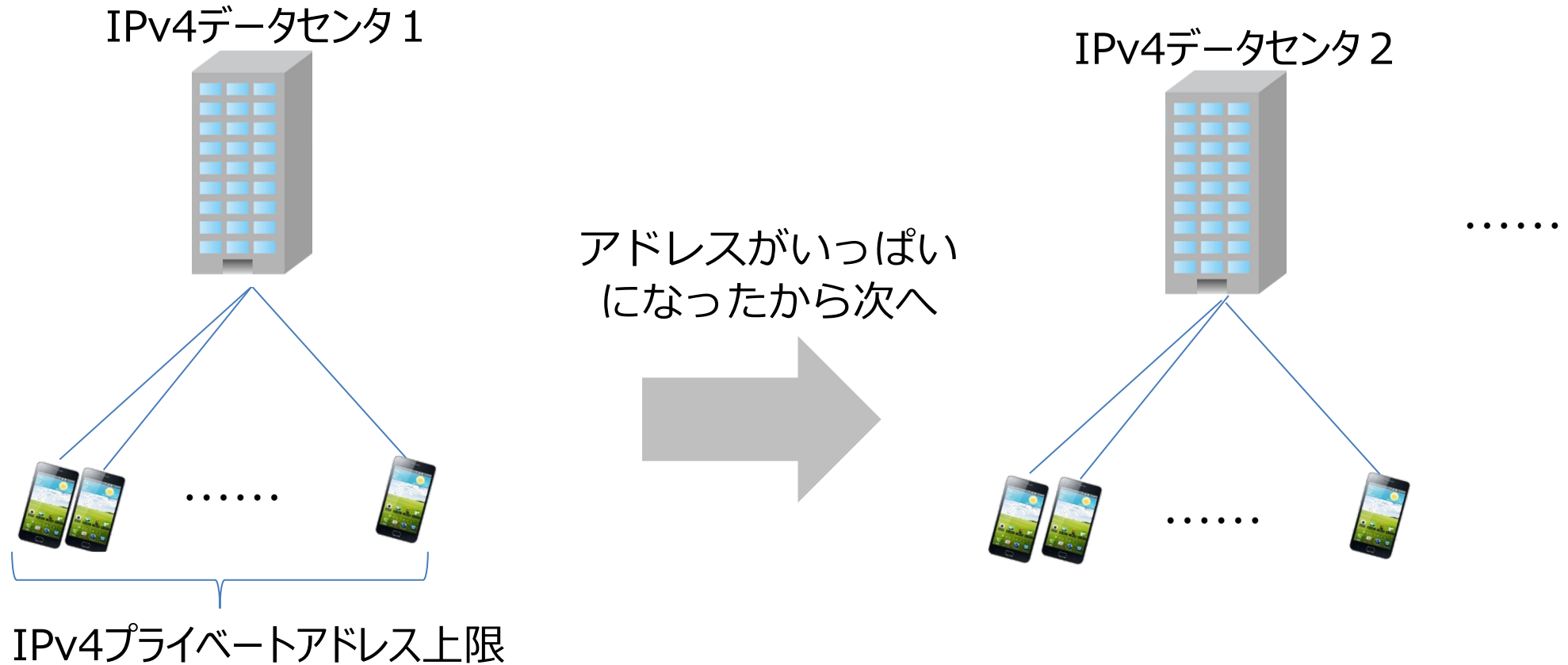
課題 1 : ユーザに割り当てるアドレス数不足



**ユーザ数5000万に対して、v4プライベートアドレス
の数が到底足りない**

課題 1 : ユーザに割り当てるアドレス数不足

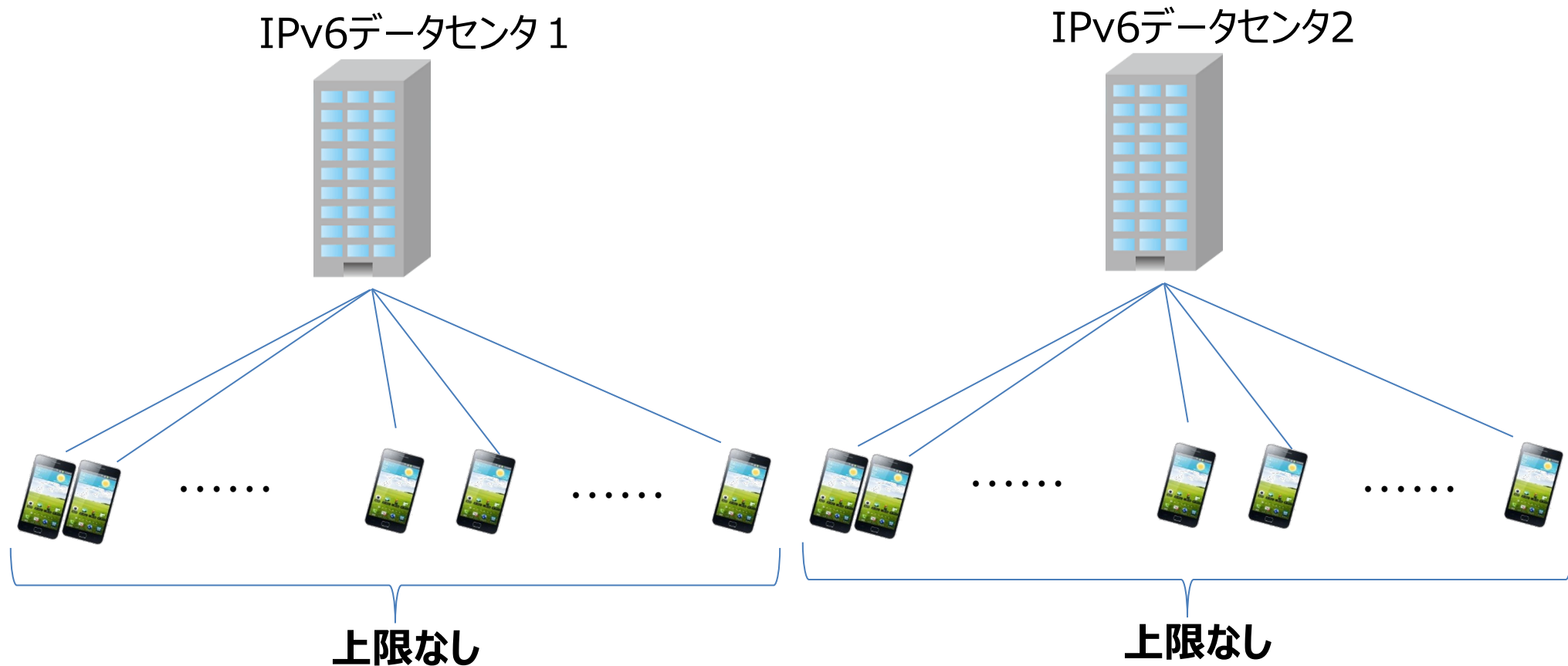
今まで(IPv4アドレスをユーザ端末に割り当て)



**プライベートアドレスがいっぱいになるごとに
独立したネットワークを構成しなおす必要があっ
た。**

課題 1 : ユーザに割り当てるアドレス数不足

これから(IPv6アドレスのみをユーザ端末に割り当て)



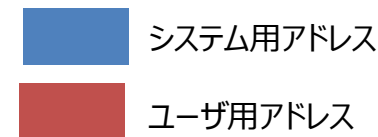
プライベートアドレス起因の独立ネットワーク新設が不要に

(実際は災害対策等で複数データセンタを建設している)

課題 2 : アドレスの断片化

今まで(IPv4/IPv6デュアル) :

- 数の限られたプライベートアドレス帯でなんとかやりくり
- 断片化が発生、ネットワークデザインが複雑化



当初 :



途中経過 :



システム機器更改 :



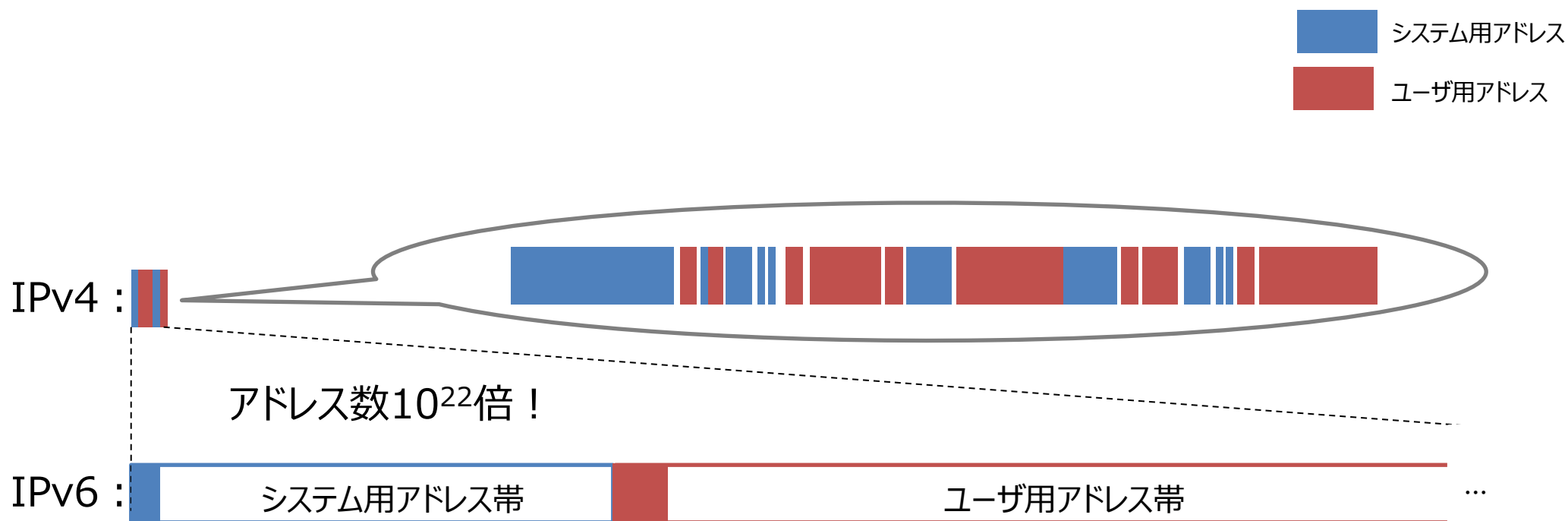
新サービス
開始まで消せない。

使えないアドレス
空間が残る。

ユーザアドレス帯を
仕方なく利用。
アドレス設計が崩れる。

これから(IPv6シングル) :

- ユーザ用アドレスが不足しないので、システム用アドレス帯と混ざることがなくきれい。
- システム用アドレス帯、ユーザ用アドレス帯をきれいに分けることにより、ネットワークデザインがシンプルに。



課題 2 : アドレスの断片化

これから(IPv6シングル)

当初 :



ユーザ用アドレスが増える :



まだまだ増えても大丈夫 :



多少フラグメントが起きててもきれいなまま !

別拠点で同じ設計が使える :



IPアドレスをDCごとに**共通**で設計できる

→設計や作業の**自動化**が可能になり、**開発稼働の削減**を実現 !

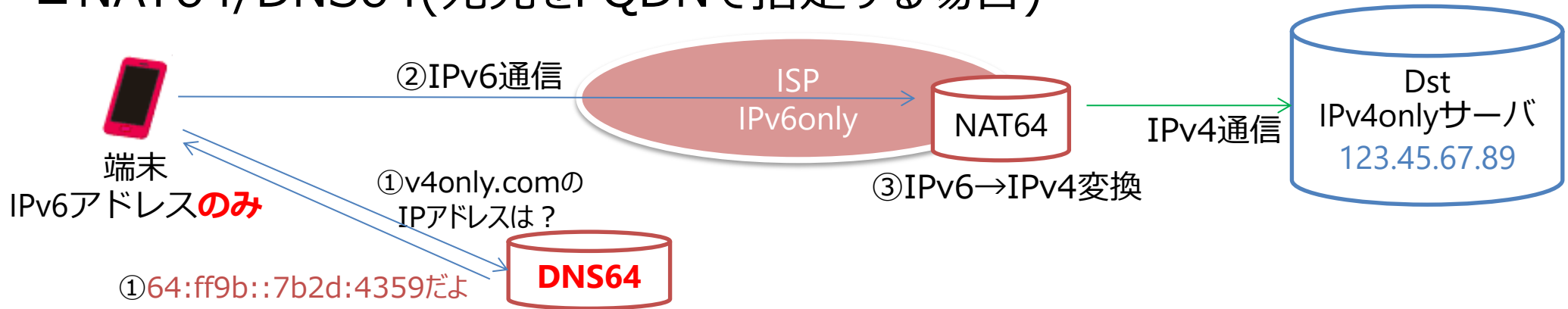
- はじめに
- IPv6対応へのモチベーション
- IPv6変換方式**
- IPv6シングルスタックサービス開始後の状況
- 5G SAについて

- コンテンツがIPv4の場合、端末のIPv6アドレスをIPv4に変換する必要がある。
- スマートフォンが対応しているNAT64/DNS64方式 と 464XLAT方式 を採用。

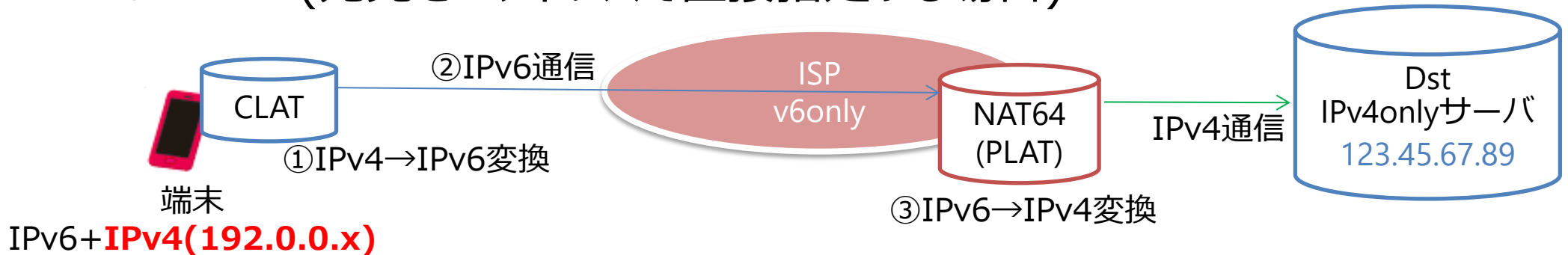
IPアドレス変換方式	その他
NAT64/DNS64 & 464XLAT	スマートフォンが対応。
DS-Lite	固定通信業者で利用。
MAP-E、MAP-T	固定通信業者で利用。

IPv4onlyの宛先への接続イメージ

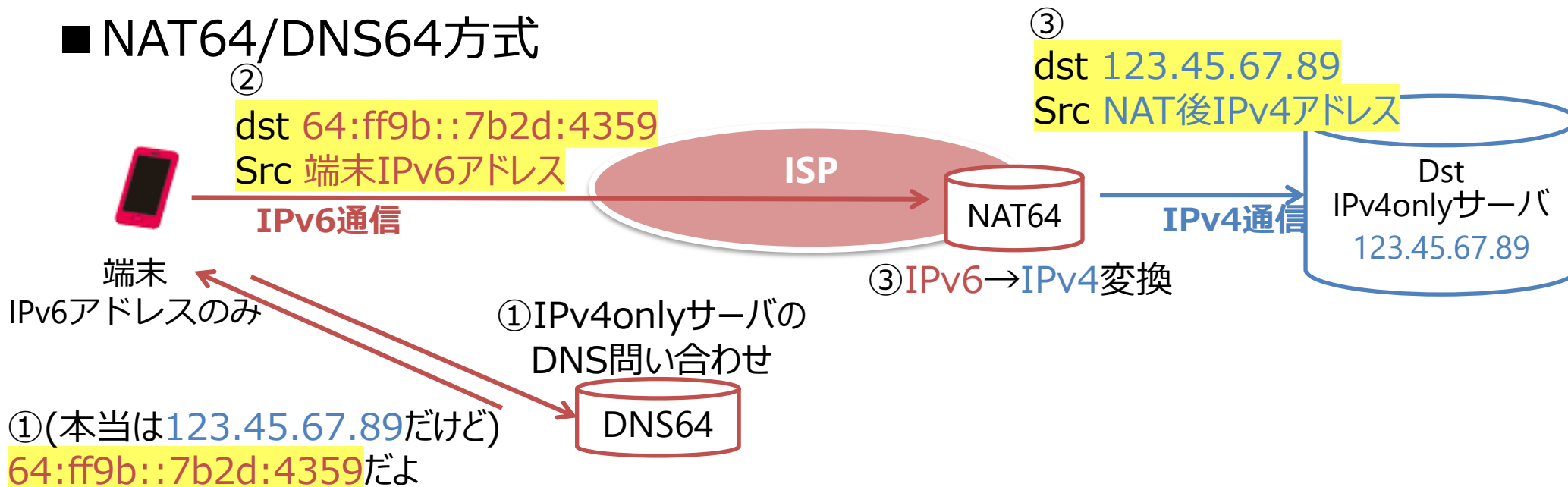
■ NAT64/DNS64(宛先をFQDNで指定する場合)



■ 464XLAT(宛先をIPアドレスで直接指定する場合)

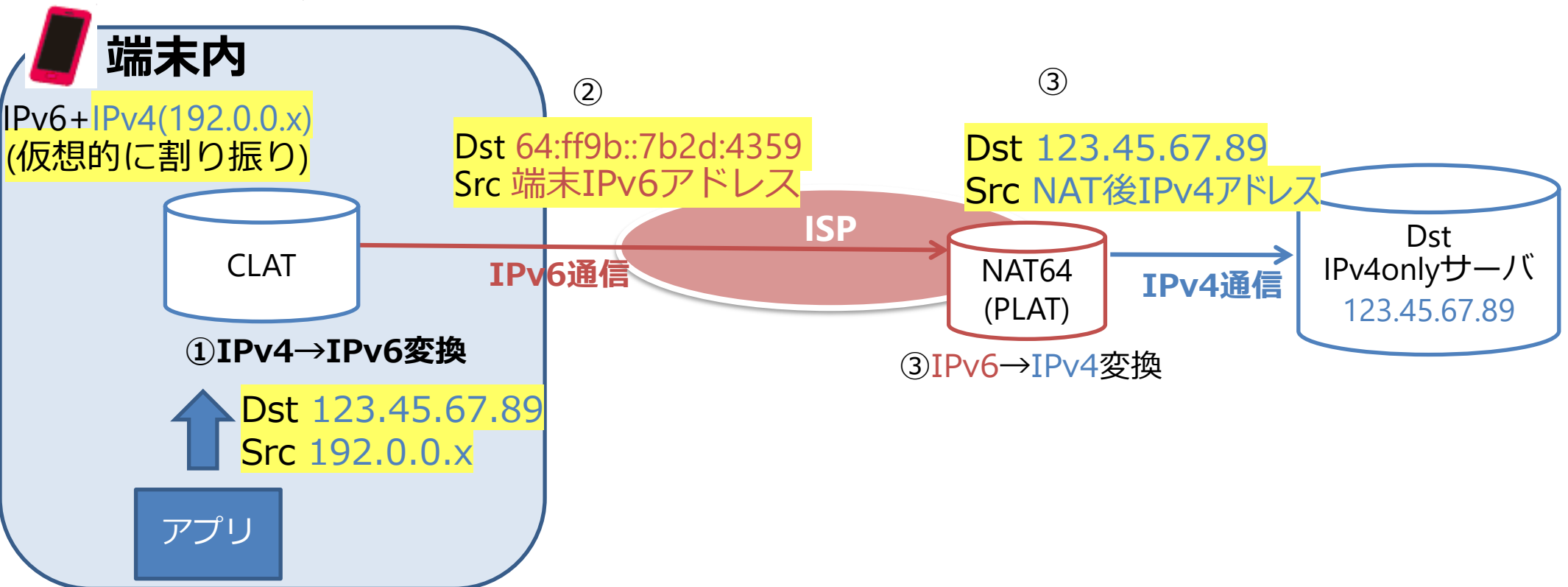


■ NAT64/DNS64方式



- ① 端末がDNSに名前解決をリクエストする。
宛先がIPv4の場合、DNSはIPv6アドレスに変換(RFC6146)して応答する。
- ② 応答されたIPv6の宛先に対して通信をおこなう。
- ③ ISP内のNAT装置で送信元と宛先をIPv4に変換し、宛先へ通信する。

■ 464XLAT方式

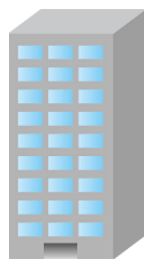


- ① 端末の内部IPv4をIPv6に変換する。
- ② OSの機能で、IPv6アドレスに変換(RFC6146)して通信する。
- ③ ISP内のNAT装置で送信元と宛先をIPv4に変換し、宛先へ通信する。

- はじめに
- IPv6対応へのモチベーション
- アドレス変換方式
- IPv6シングルスタックサービス開始後の状況**
- 5G SAについて

提供開始後も順次拡大中。

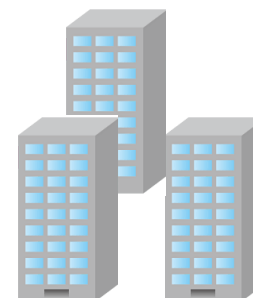
IPv6シングルスタック
提供開始



1つのDCで提供

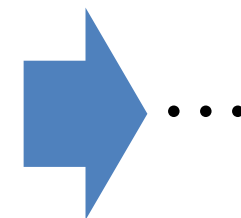
2022/04

新規のDCを構築
ユーザ/エリア拡大

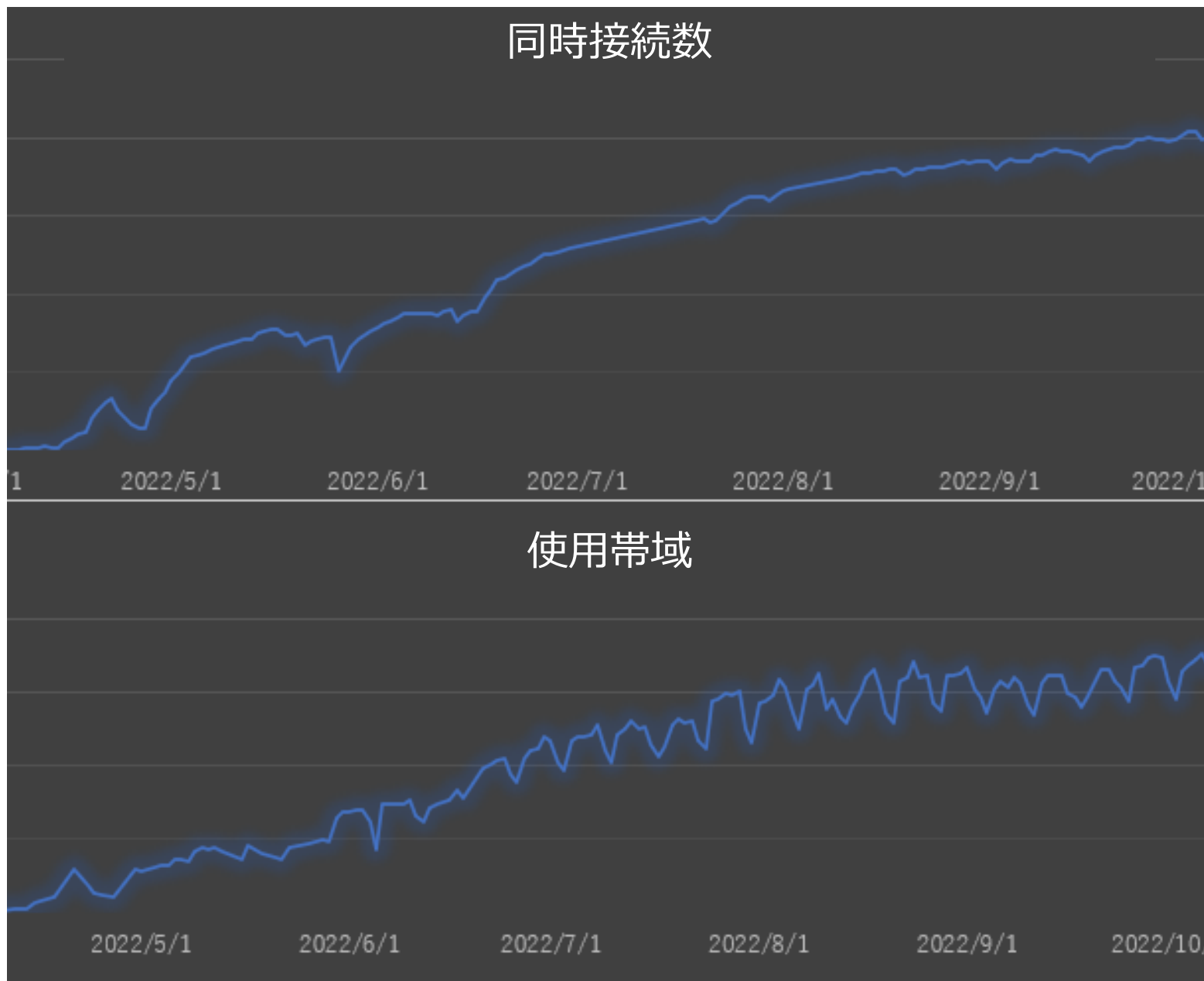


複数のDCで提供中

2022/12

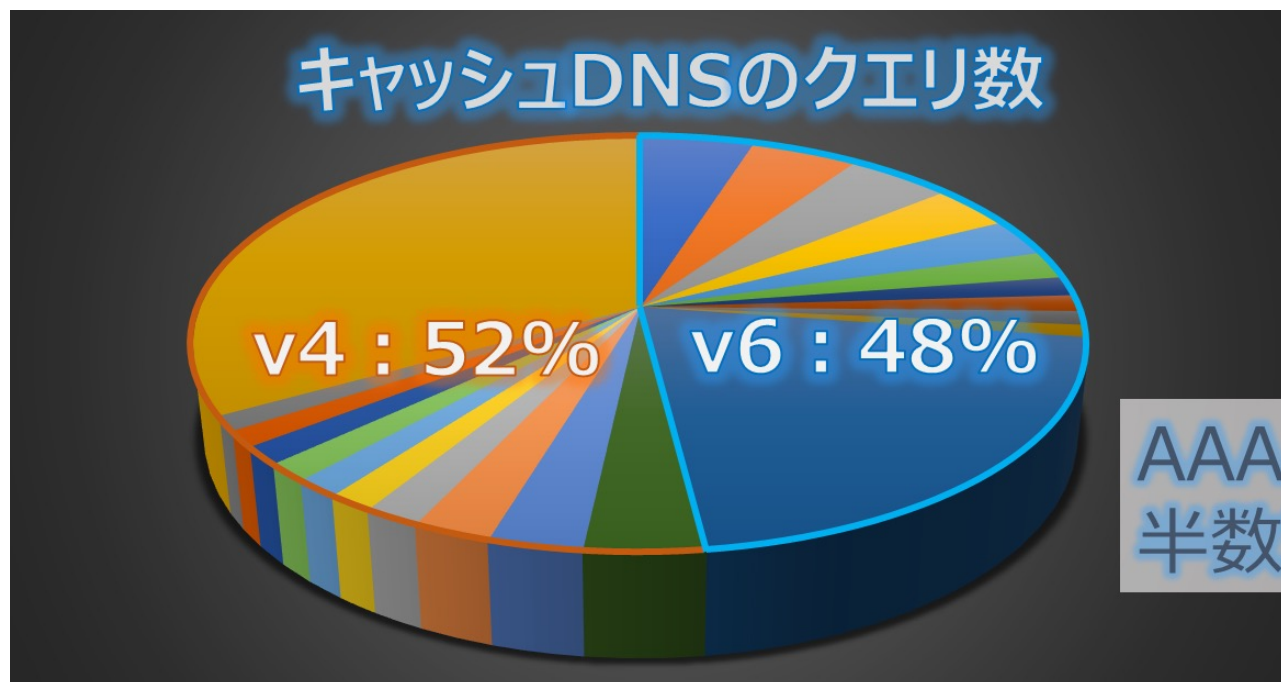


IPv6シングルスタックの利用推移



サービス開始以降、
順調に利用拡大。

【 クエリ比率 】



AAAAクエリの割合が
半数弱を占めている

日中帯1時間でのキャッシュDNSのクエリログからサンプリング

JANOG50 「IPv6シングルスタック運用裏話
～抵抗勢力を味方に～」 より

(AAAAクエリTop10) (%)

1	* * * * *.com	10.2	
2	* * * * *.net	9.6	
3	* * * * *.com	9.4	
4	* * * * *.com	7.2	
5	* * * * *.com	6.1	
			6
			* * * * *.net
			4.4
			7
			* * * * *.com
			3.1
			8
			* * * * *.com
			2.6
			9
			* * * * *.com
			2.2
			10
			* * * * *.net
			1.9

日中帯1時間でのキャッシュDNSのクエリログからサンプリング

JANOG50 「IPv6シングルスタック運用裏話
～抵抗勢力を味方に～」 より

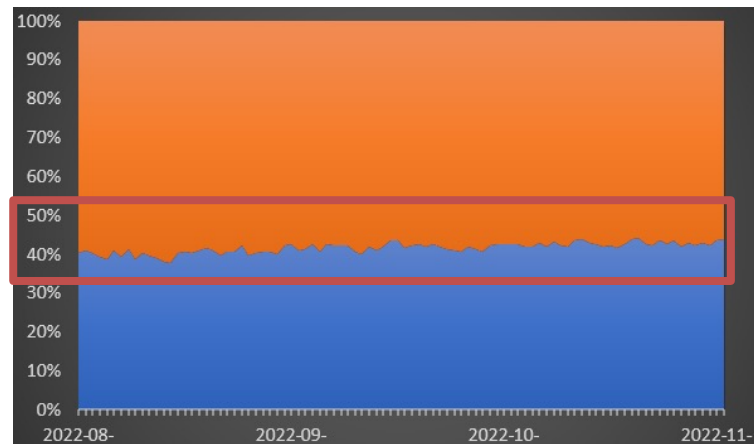
(AクエリTop10) (%)

1	* * * * *.com	7.1	6	* * * * *.jp	2.7
2	* * * * *.com	5.6	7	* * * * *.jp	2.7
3	* * * * *.net	4.7	8	* * * * *.com	2.7
4	* * * * *.com	3.3	9	* * * * *.com	2.4
5	* * * * *.co.jp	2.7	10	* * * * *.me	2.2

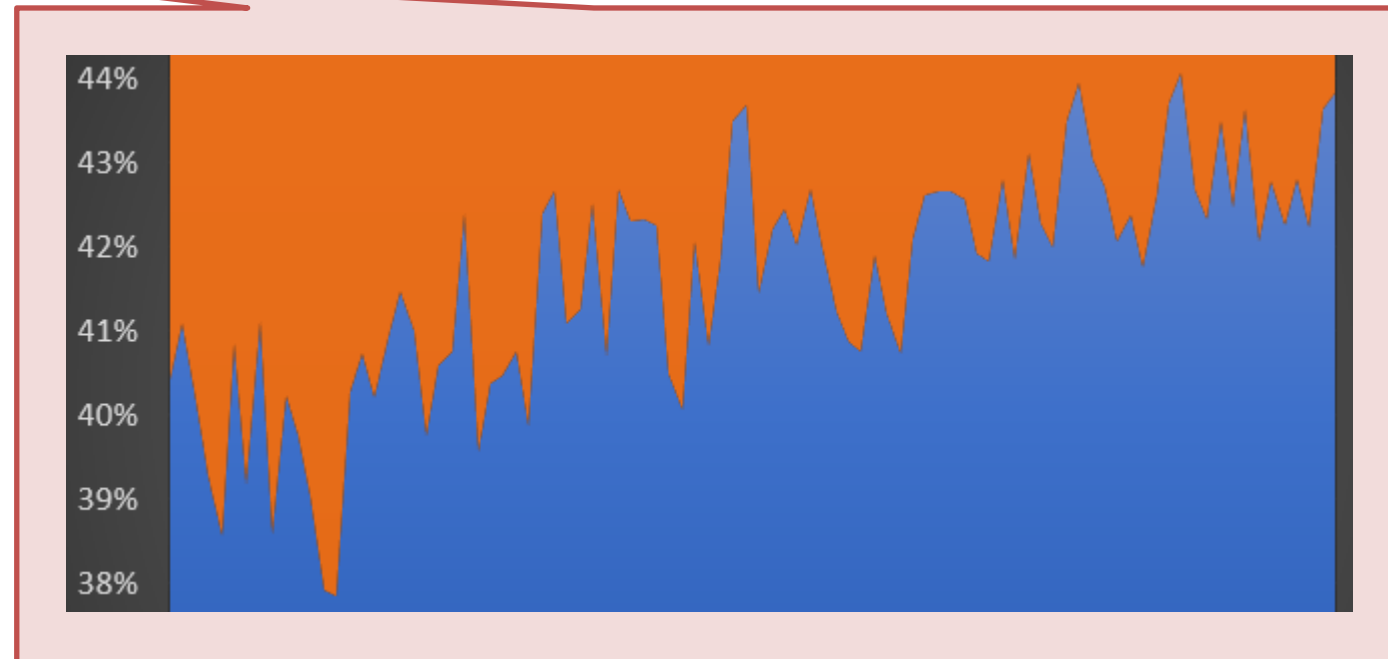
日中帯1時間でのキャッシュDNSのクエリログからサンプリング

JANOG50 「IPv6シングルスタック運用裏話
～抵抗勢力を味方に～」 より

接続先のIPv6比率



拡大



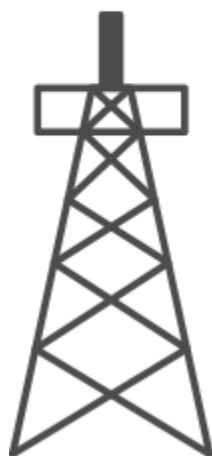
IPv6サーバへの接続比率が増加している。

大体1か月に1%のペースで増加。

- はじめに
- IPv6対応へのモチベーション
- アドレス変換方式
- IPv6シングルスタックサービス開始後の状況
- 5G SAについて**

》5G SA

ドコモの瞬速5Gは5G SAでさらに進化し、
上下ギガ超えの高速通信を実現！



受信時最大
4.9Gbps^{※2}

送信時最大
1.1Gbps^{※2}

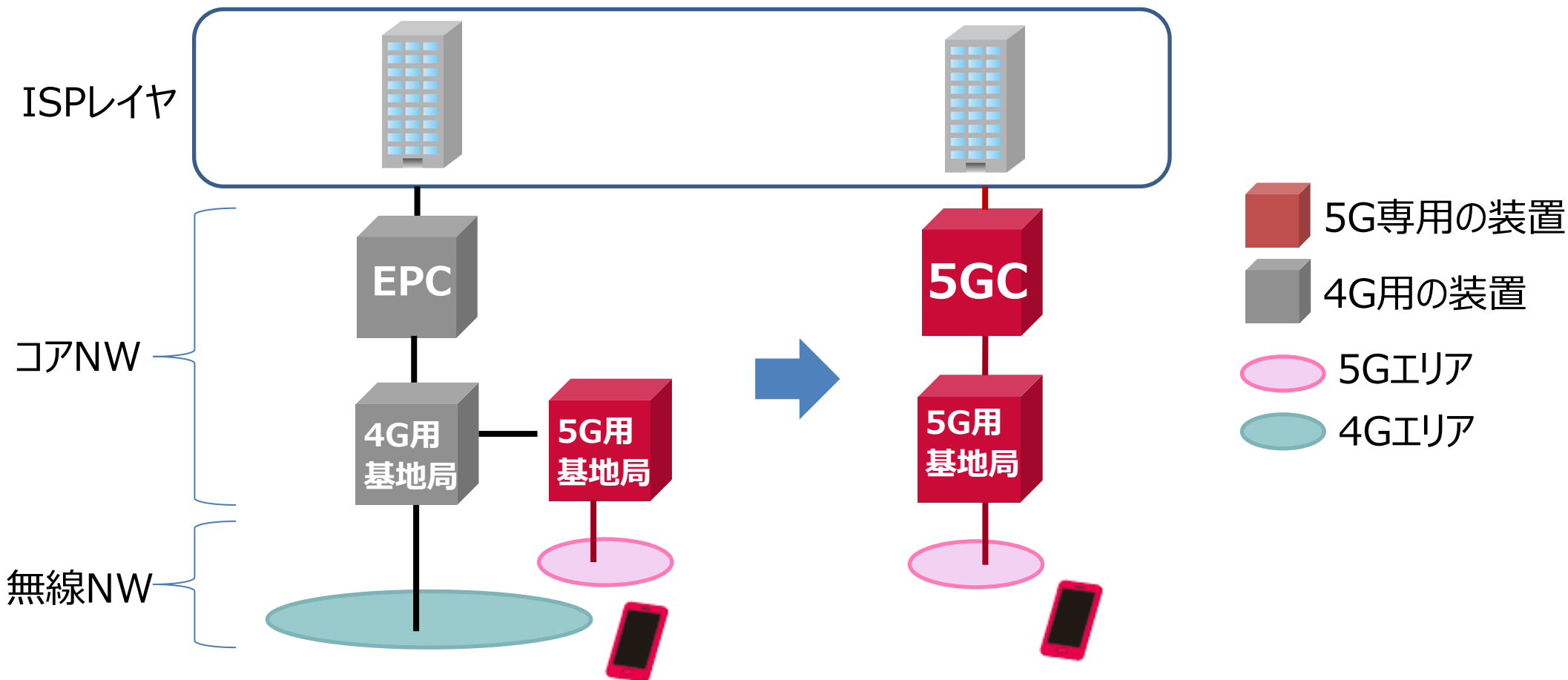


※要5G SAオプション契約、5G SA対応エリアでの利用時のみ

2022年8月 提供開始！

NSA(Non-standalone)

SA(Standalone)



5G専用装置により、高速通信を実現！



Galaxy S22



Galaxy S22
Ultra



Xperia 1 IV



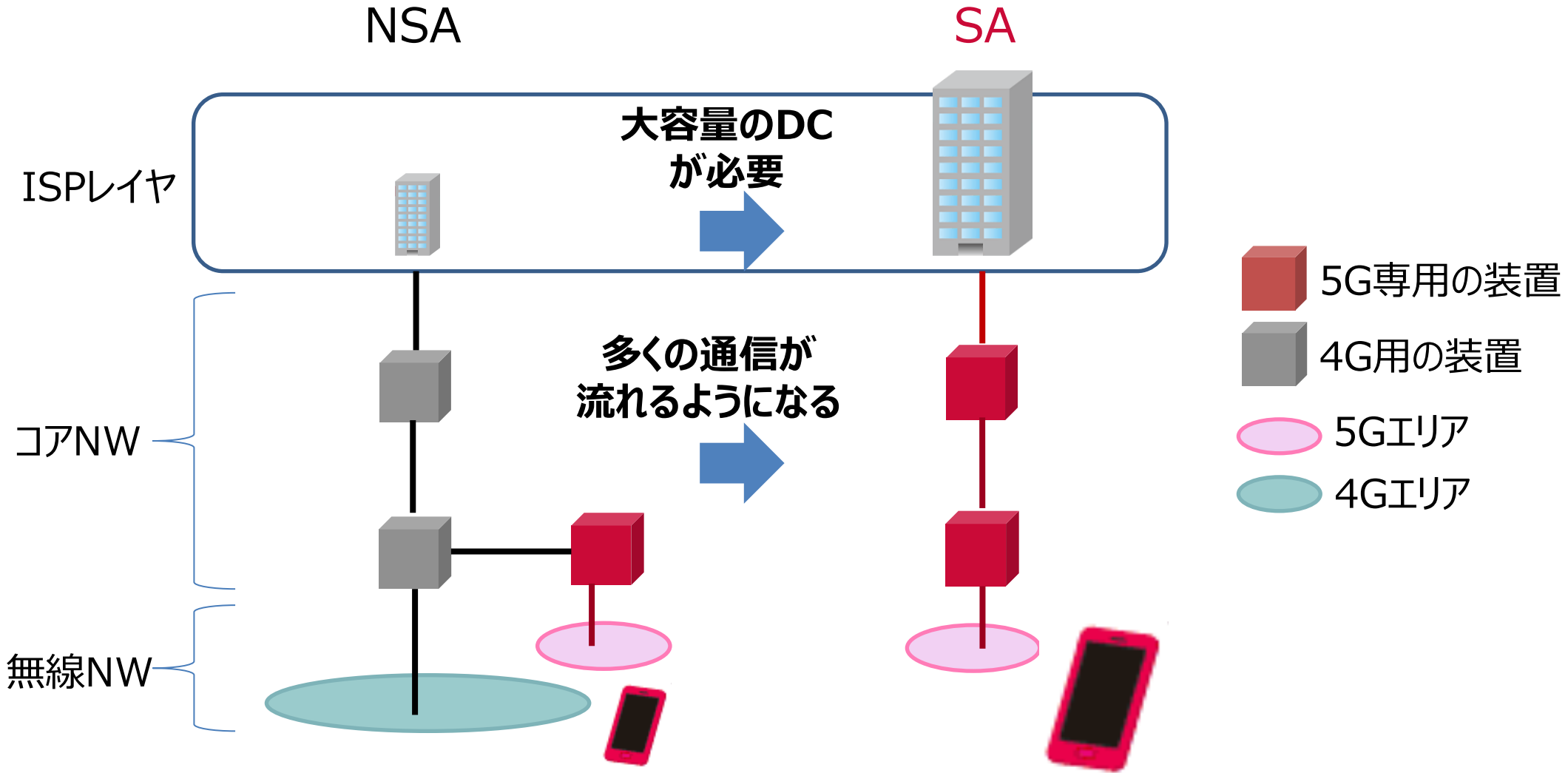
AQUOS R7

5G SA対応機種

※2022年11月現在。
順次拡大予定。

これらの機種は必ずIPv6シングルスタックにつながります！

※要5G SAオプション契約



5G SAではISPに必要な容量が増大

NSA

SA

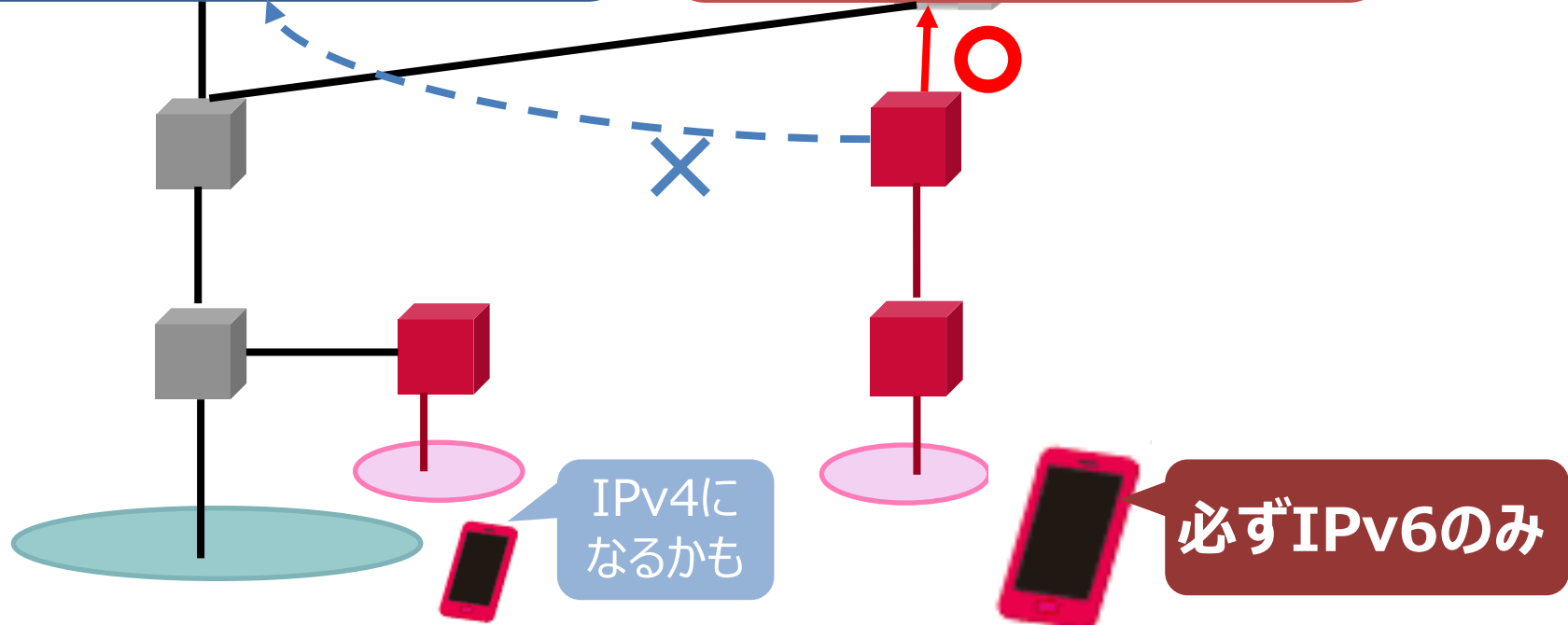
ISPLレイヤ

IPv4/IPv6デュアルスタック
プライベートIPv4アドレス数が
上限のユーザ数に合った容量設計

IPv6シングルスタック
ユーザ数の上限がないので
多くの通信を処理できる**大容量**設計

コアNW

無線NW



大容量なIPv6シングルスタックDCにのみ
5G SAを接続！

おかげさまで、

順調にIPv6シングルスタックへの移行を進めることができいております。

今後もともにIPv6を推進していきましょう！！