

IPv4/IPv6デュアルスタックなリアルタイム  
P2P通信を行うオンラインゲームにおける  
現在の国内/海外ネットワーク環境と  
それに対する検証環境の構築手法

株式会社コナミデジタルエンタテインメント

技術開発部 佐藤元彦

# 自己紹介

名前：佐藤 元彦

略歴：2008年 株式会社コナミデジタルエンタテインメント入社

- 入社してからやってきた事 -

オンラインゲームのネットワーク技術開発/サポート

研究：NAT越えアルゴリズム、IPv6、モバイルブロードバンド、サーバレスアーキテクチャ

開発：NAT越え+IPv4/v6デュアルスタック P2P通信ライブラリ、WANエミュレータ

本題に入る前に…

# 前提知識

# 前提知識

- TCP/IP, UDP/IPの基礎知識
- NAPT挙動に関する基礎知識（RFC4787等）
- 家庭用ルータ・モバイルルータに関する基礎知識
- ブロードバンド・モバイルブロードバンド通信回線に関する基礎知識

今回は、これらの技術について、  
ある程度理解している前提で話をします。

# 前提知識

## \* RFC / 標準仕様書

[ITU-T Recommendation Y.1540](https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.1540-201103-I/en)

<https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.1540-201103-I/en>

[ITU-T Recommendation Y.1541](https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.1541-201112-I/en)

<https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.1541-201112-I/en>

[LTE](http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/98-lte)

<http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/98-lte>

[Evolved Universal Terrestrial Radio Access \(E-UTRA\); Radio Resource Control \(RRC\); Protocol specification](http://www.3gpp.org/DynaReport/36331.htm)

<http://www.3gpp.org/DynaReport/36331.htm>

[RFC 4787 : Network Address Translation \(NAT\) Behavioral Requirements for Unicast UDP](https://tools.ietf.org/html/rfc4787)

<https://tools.ietf.org/html/rfc4787>

[RFC 6888 : Common Requirements for Carrier-Grade NATs \(CGNs\) Requirements for Unicast UDP](https://tools.ietf.org/html/rfc6888)

<https://tools.ietf.org/html/rfc6888>

## \* 前回/前々回の講演資料

[ CEDEC2015 ]

[多様なモバイルブロードバンド環境でリアルタイム通信を行なう上で考えるべき遅延特性](http://cedec.cesa.or.jp/2014/session/NW/8974.html)

<http://cedec.cesa.or.jp/2014/session/NW/8974.html>

[ CEDEC2014 ]

[モバイルブロードバンド時代におけるP2P通信の落とし穴](http://cedec.cesa.or.jp/2014/session/NW/8974.html)

<http://cedec.cesa.or.jp/2014/session/NW/8974.html>

[ CEDEC2013 ]

[Router & Network Report 2013 for P2P Online Game](http://cedec.cesa.or.jp/2013/program/NW/7543.html)

<http://cedec.cesa.or.jp/2013/program/NW/7543.html>

[RFC 7857 : Updates to Network Address Translation \(NAT\) Behavioral Requirements](https://tools.ietf.org/html/rfc7857)

<https://tools.ietf.org/html/rfc7857>

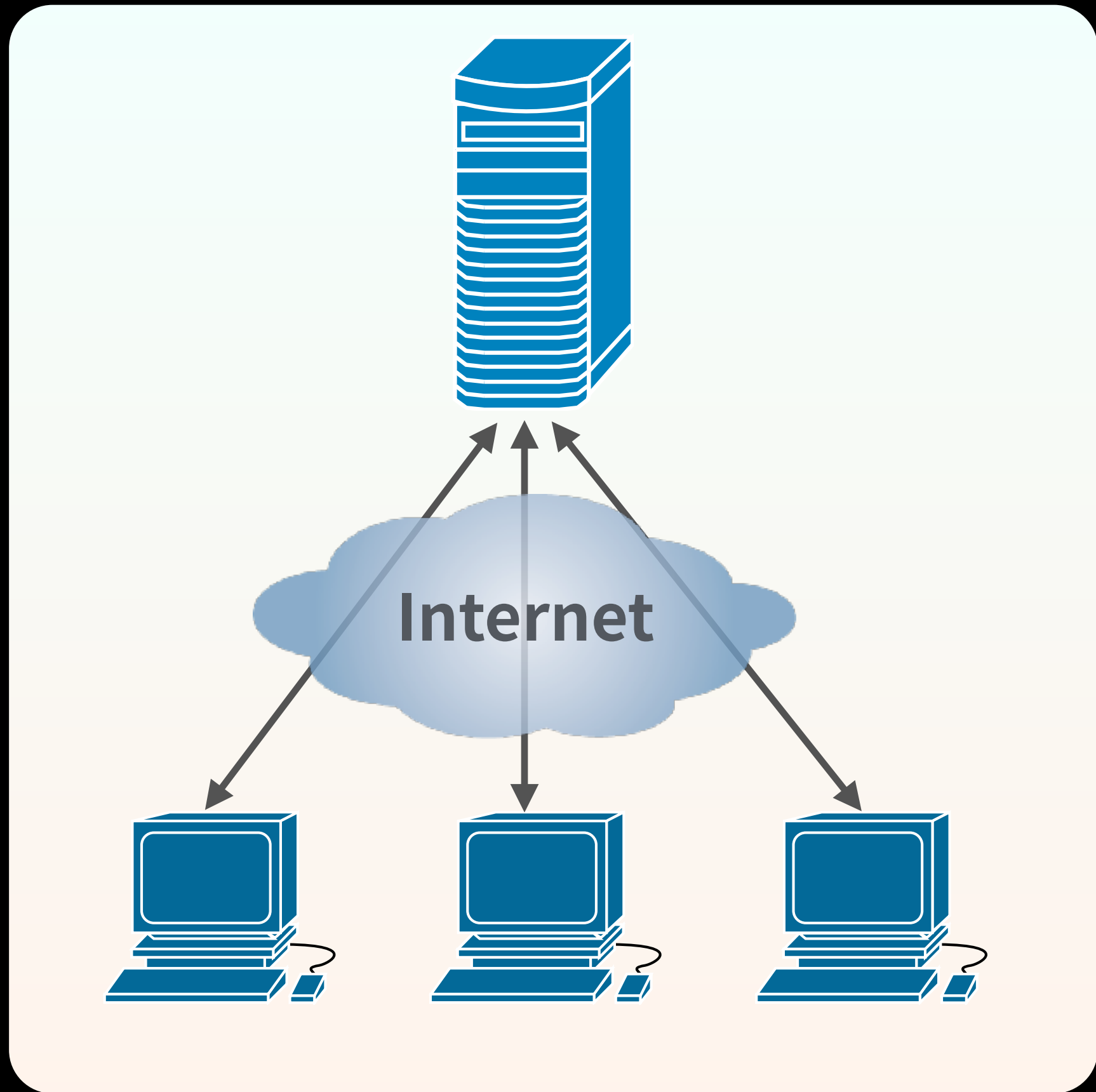
今回の技術ターゲット

ゲームのP2P通信からみたネットワークの  
「接続性環境」 「遅延環境」

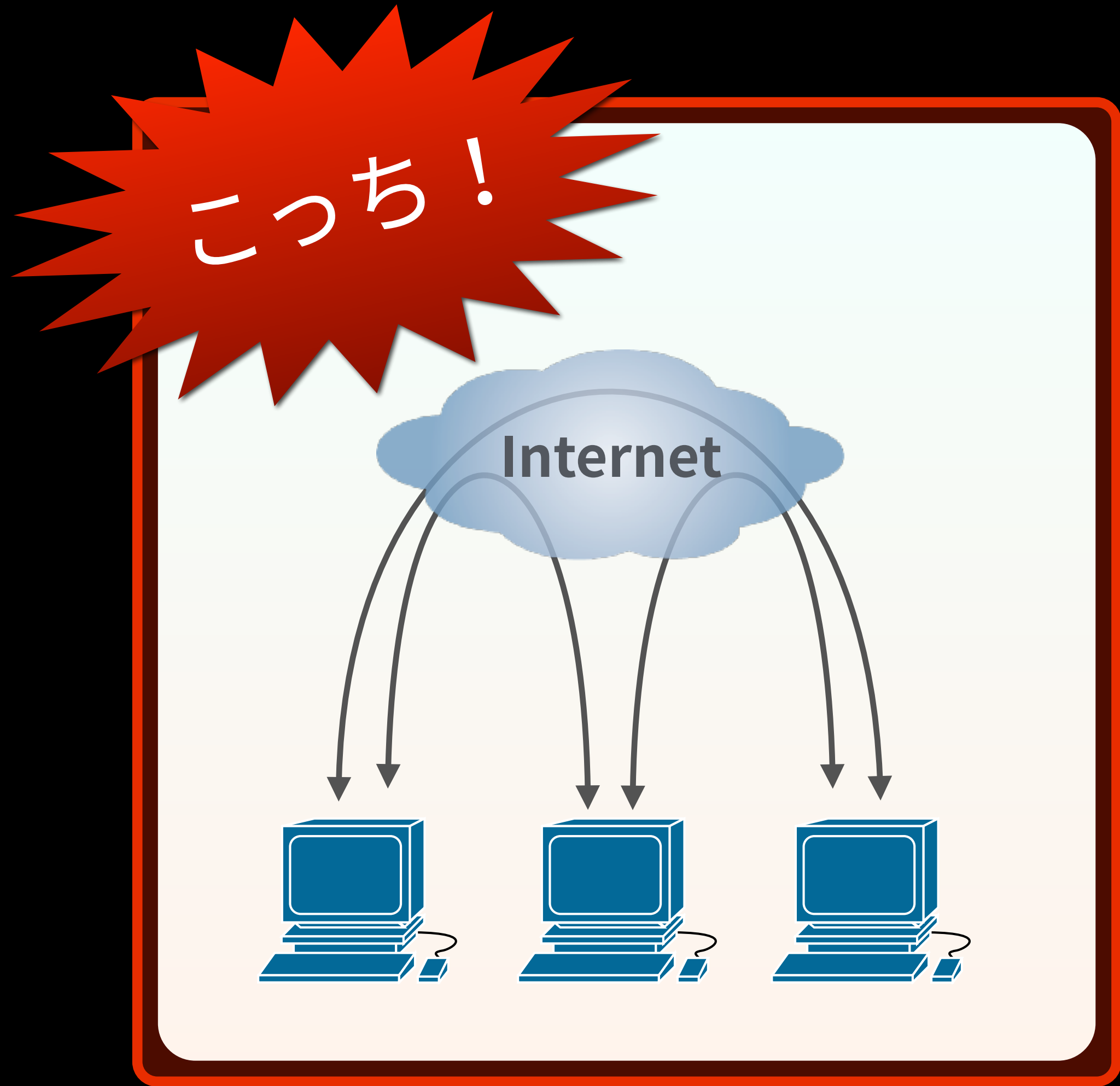


ゲームのP2P通信からみたネットワークの

「接続性環境」 「遅延環境」



Server/Client 型

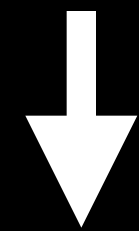


P2P型 (protocolはUDP)

# 今回の技術ターゲット

ゲームのP2P通信からみたネットワークの

「**接続性環境**」 「遅延環境」



RFC4787で定義される云々…

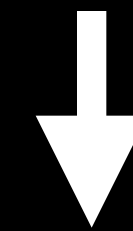
平たく言えば、“P2P通信がしやすいかどうか”

# 今回の技術ターゲット

ゲームのP2P通信からみたネットワークの

「接続性環境」

「遅延環境」



ITU勧告 Y.1541 のリアルタイム通信向けの  
QoS分類云々...

平たく言えば、“Delay・パケットロス”の話

今日のセッションで得るもの

# 今日のセッションで得るもの

- IPv4/IPv6デュアルスタックでP2P通信を行うゲームクライアント環境からみた「現在の国内+海外ネットワーク環境の遅延・接続性状況」
- ここ数年の現場で遭遇した遅延・接続性に纏わる実際のトラブル事例とその対処方法
- RaspberryPiで構築されたカジュアルなWANエミュレータ活用による、ネットワークデバッグ手法とその有用性 +  $\alpha$

# Agenda

## 1. [発表 : 10min] ゲームのP2P通信を取り巻く 接続性環境

- A. 傾向の違いとここ数年の変化 (コンシューマー vs モバイル, 国内 vs 海外)
- B. 現在行っている対策と検討していること (IPv6通信事例と今後の可能性)

## 2. [発表 : 15min] ゲームのP2P通信を取り巻く 遅延環境

- A. 傾向の違いとここ数年の変化 (コンシューマー vs モバイル, 国内 vs 海外)
- B. 現在行っている対策と検討していること (エミュレーターを用いた検証)

## 3. [議論 : 15min] より安定したゲーム通信を実現するために

## 1. ゲームのP2P通信を取り巻く接続性環境

### A. 傾向の違いとココ数年の変化



# 1. ゲームのP2P通信を取り巻く接続性環境

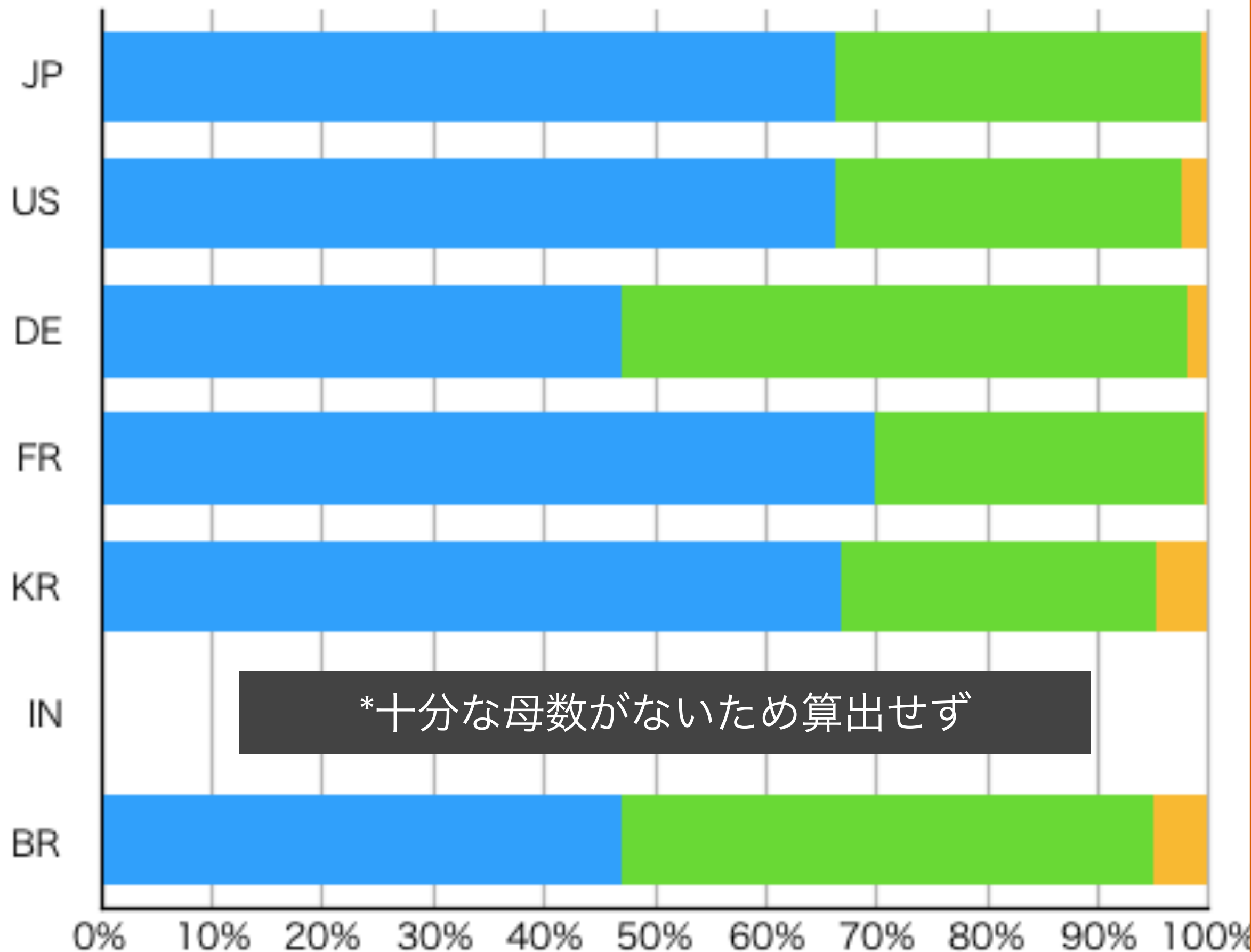
## A. 傾向の違いとココ数年の変化

2018.12 時点

### コンシューマ（家庭用ゲーム機）

主要国別 ユーザ環境のNAT挙動 分布

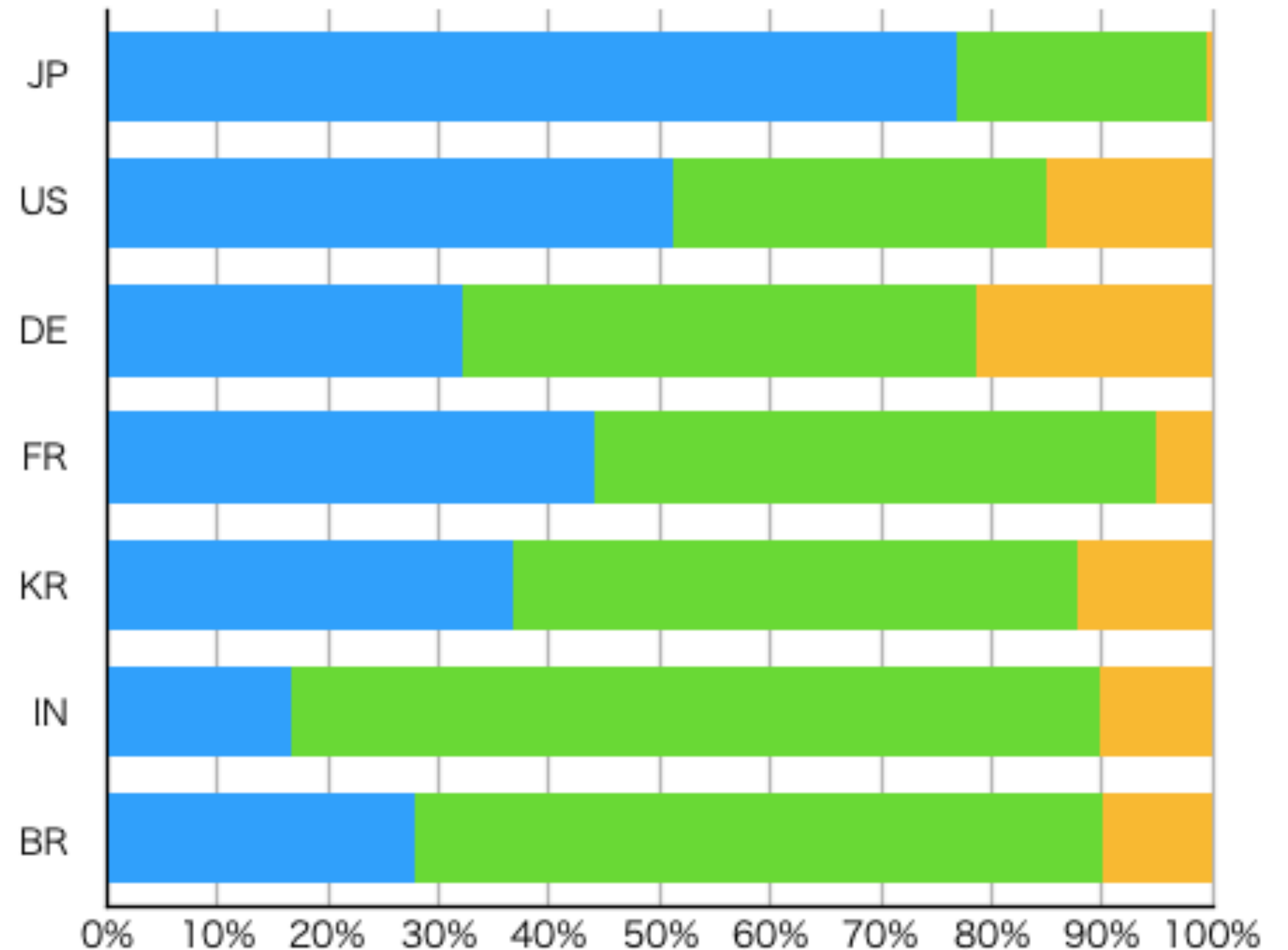
Independent Dependent-Filtering Dependent-Mapping



### モバイル（iOS/Android）

主要国別 ユーザ環境のNAT挙動 分布

Independent Dependent-Filtering Dependent-Mapping



# 参考：RFC4787定義との対応関係

Mapping挙動/Filtering挙動	Endpoint-Independent Filtering	Address-Dependent Filtering	Address and Port-Dependent Filtering
Endpoint-Independent Mapping	Independent	Dependent-Filtering	Dependent-Filtering
Address-Dependent Mapping	Dependent-Mapping	Dependent-Mapping	Dependent-Mapping
Address and Port-Dependent Mapping	Dependent-Mapping	Dependent-Mapping	Dependent-Mapping

## 1. ゲームのP2P通信を取り巻く接続性環境

### A. 傾向の違いとここ数年の変化

- IPv4枯渇の影響によるキャリアグレードNAT (NAT444, NAT64/DNS64, DS-Lite, 464XLAT) の増大傾向
- 家庭用ルータの実装の淘汰
- UPnPが使用不可能な環境の増加傾向
- モバイル端末における、複数アドレス環境の増加傾向  
(IPv4/IPv6, DSIDS)

## 1. ゲームのP2P通信を取り巻く接続性環境

### A. 傾向の違いとここ数年の変化

- IPv4枯渇の影響によるキャリアグレードNAT（NAT444, NAT64/DNS64, DS-Lite, 464XLAT）の増大傾向
- モダンなCGNは Endpoint Independent Mapping + Endpoint Independent Filtering を満たすものが多いが海外は満たさないものが比較的多く、全体として見た場合に接続性悪化につながってるパターンは多い
- キャリアグレードNAT側の接続性はUPnPで改善不可
- 固定回線で IPoE環境、ワイヤレス固定ブロードバンド環境で顕著
- IP Shard で NAPTセッション数が絞られてる場合 => 影響が出る場合がある

## 1. ゲームのP2P通信を取り巻く接続性環境

# A. 傾向の違いとココ数年の変化

- 家庭用ルータの実装の淘汰
- 癖のあるルータの減少
  - 独自実装をせずに、ミドルウェア/OSSの採用が増加したため
  - 所謂シンメトリック、フルコーン挙動の減少
    - UPnPなしで EIM + APDF、UPnP使用で EIM + EIF がメジャー挙動

## 1. ゲームのP2P通信を取り巻く接続性環境

### A. 傾向の違いとここ数年の変化

- UPnPが使用不可能な環境の増加傾向
  - UPnP非対応/標準OFF機種種の増加
    - いくつかのセキュリティ騒動を契機に（？）増加傾向
    - モバイルルータで非搭載機種がよく見られる

## 1. ゲームのP2P通信を取り巻く接続性環境

### A. 傾向の違いとココ数年の変化

- モバイル端末における、複数アドレス環境の増加傾向  
(IPv4/IPv6, DSDS)
- システムコールで取得可能な インターフェース情報等 と  
Bind する IP Address 選択により、通信不能に陥るケースがある
  - DSDS環境で、メインではないSIM側のインターフェースが見えてしまう場合
  - データ通信で、IPv6が使用できない環境で、VoLTE向けに付与されたIPv6が見えてしまう場合

## 参考情報

CGNの環境割合をどうにかして算出できないか？



## 1. ゲームのP2P通信を取り巻く接続性環境

### A. 傾向の違いとココ数年の変化

ISP Shared Address - 100.64.0.0/10  
by RFC6598

**CGN環境のユーザを算出できないか？**

**ということで、上記を参考に抽出した（次ページグラフ）**

- \* 実際にはこれを使っていないCGNも多いが、参考値として
- \* UPnPで取得出来たExternal IP、もしくは端末に直接アサインされたものをカウント
- \* IPv4 で External IP が IPv6 のものもカウント

# 1. ゲームのP2P通信を取り巻く接続性環境

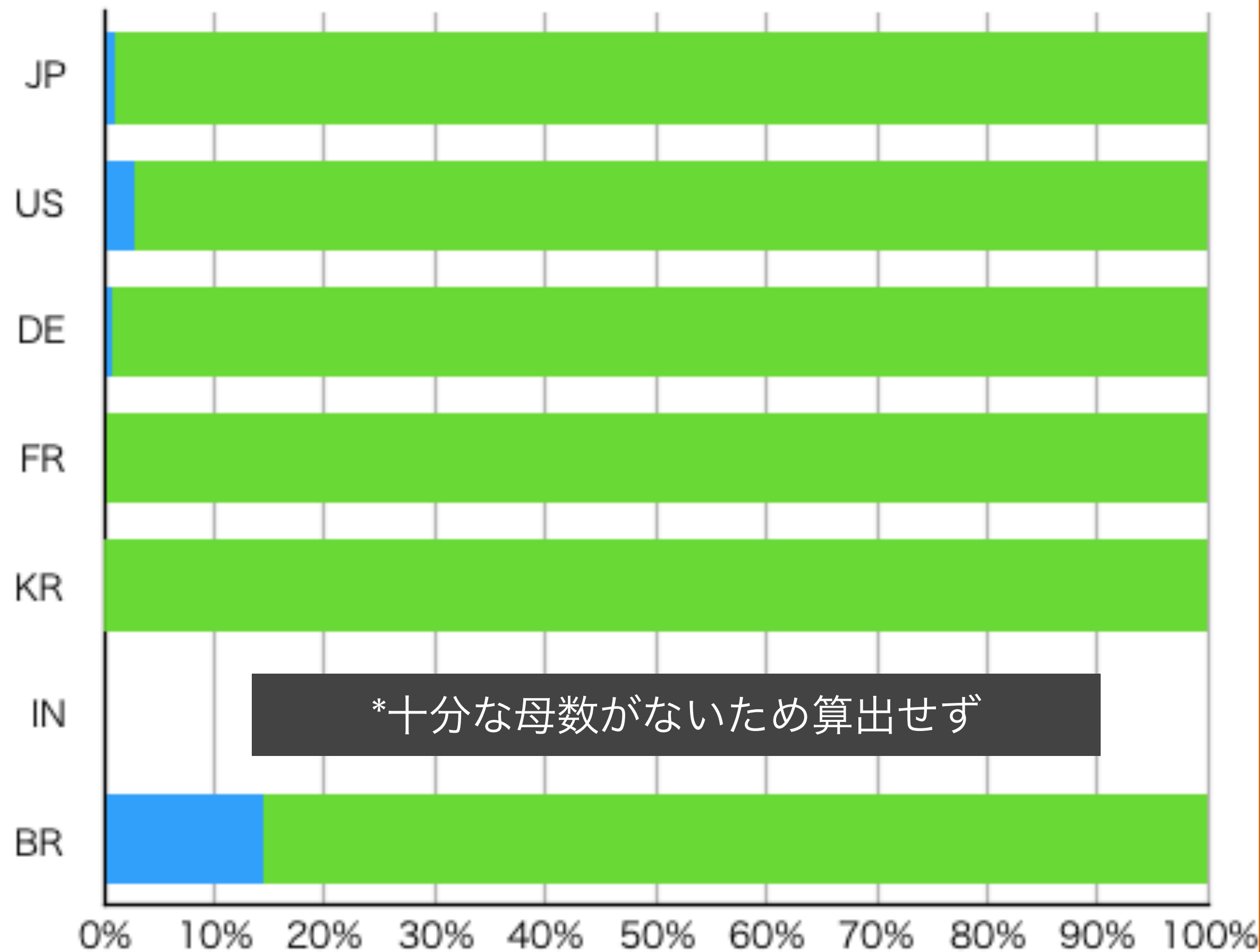
## A. 傾向の違いとココ数年の変化

2018.12 時点

### コンシューマ

#### 主要国別 ISP Shared Address 配下分布

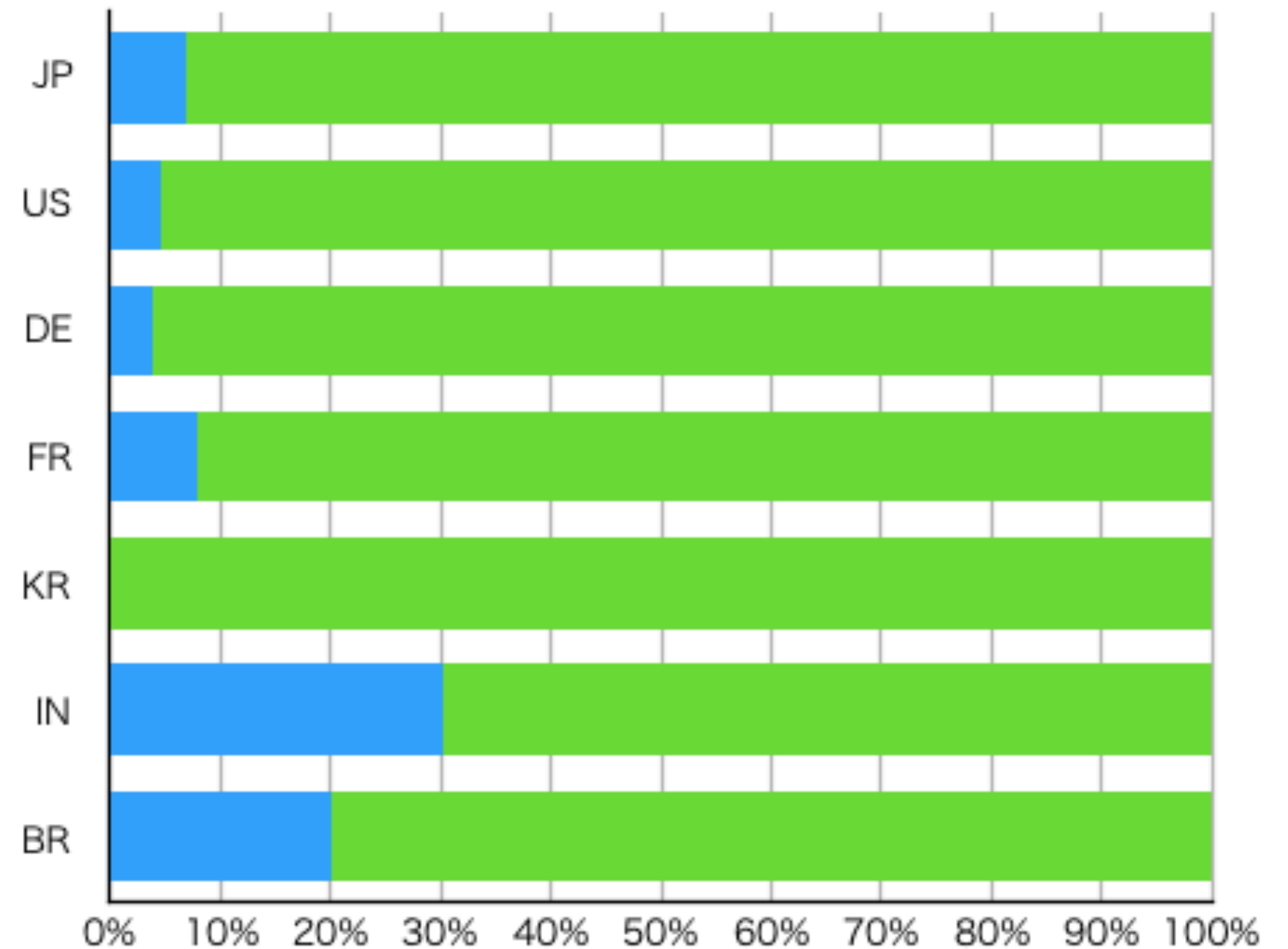
ISP Shared Address OTHER



### モバイル

#### 主要国別 ISP Shared Address 配下分布

ISP Shared Address OTHER



## 1. ゲームのP2P通信を取り巻く接続性環境

### B. 現在行っている対策と検討していること

### B. 現在行っている対策と検討していること

- IPv4/IPv6によるデュアルスタック通信
  - 共存技術によるCGN配下のIPv4通信は、IPv6に逃げる事で対応が可能（IPv6でUDP通信が行える環境は、相当増えている => 次ページグラフ参照）
- 各ルータベンダーと協力して、ルータの接続性を毎年検証
- WANエミュレータで Endpoint Dependent Mapping 環境の検証
- NAT64環境下でもIPv4でP2P可能な手法の研究・導入
- CGNの技術情報調査
  - できれば検証もしたい、特に海外のCGN環境。情報持っている方がいたら是非お話を！

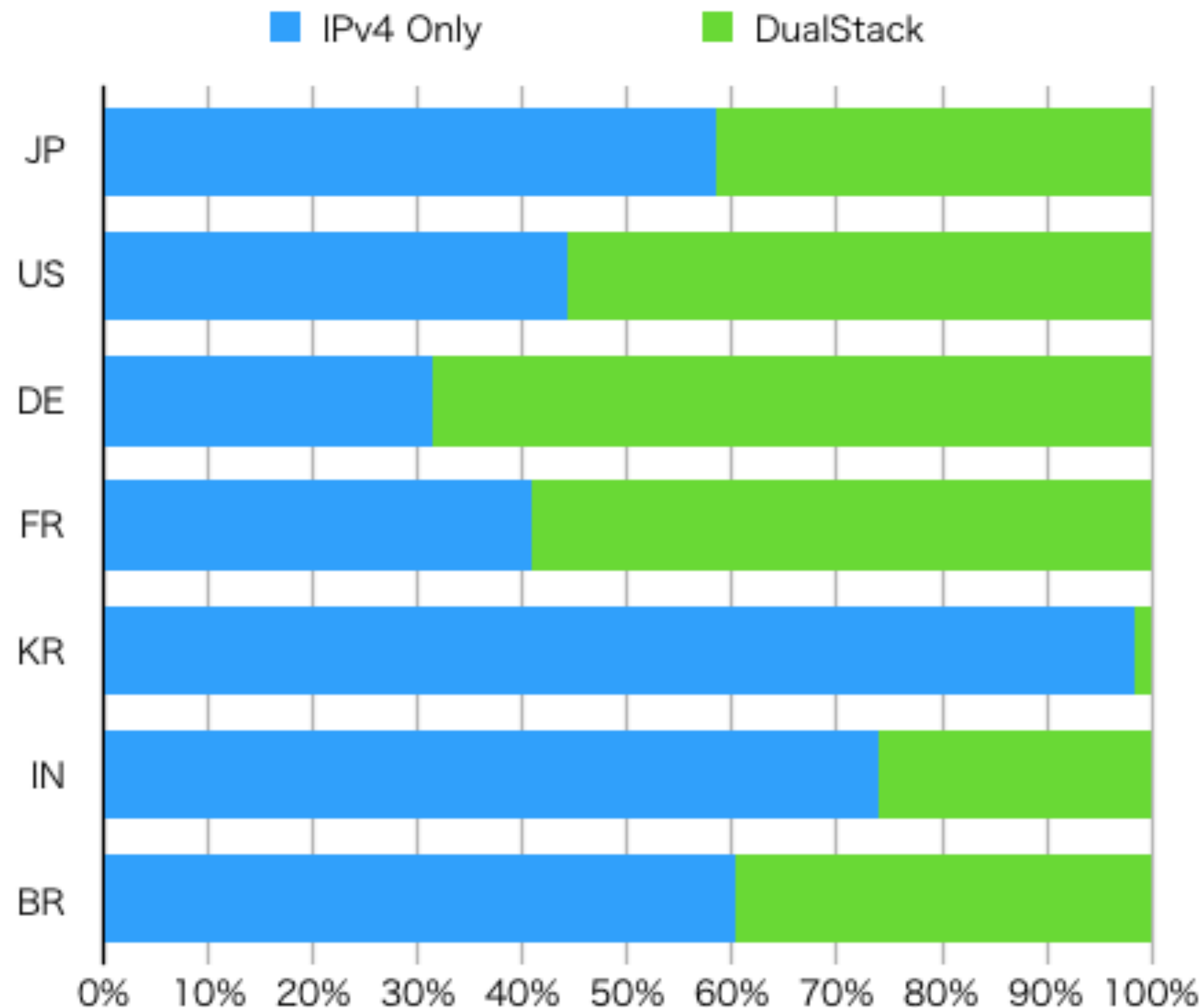
# 1. ゲームのP2P通信を取り巻く接続性環境

## B. 現在行っている対策と検討していること

### モバイル

2018.12 時点

IPv6でUDP通信が可能である割合



国によりばらつきはあるが、ここ1-2年で急速に増えつつある

IPv6  $\Leftrightarrow$  IPv4 の通信品質の差については、国/計測時期により異なってくる

\* 家庭用プラットフォームは大半がIPv6対応していないため、データなし。

## 2. ゲームのP2P通信を取り巻く遅延環境

### A. 傾向の違いとここ数年の変化

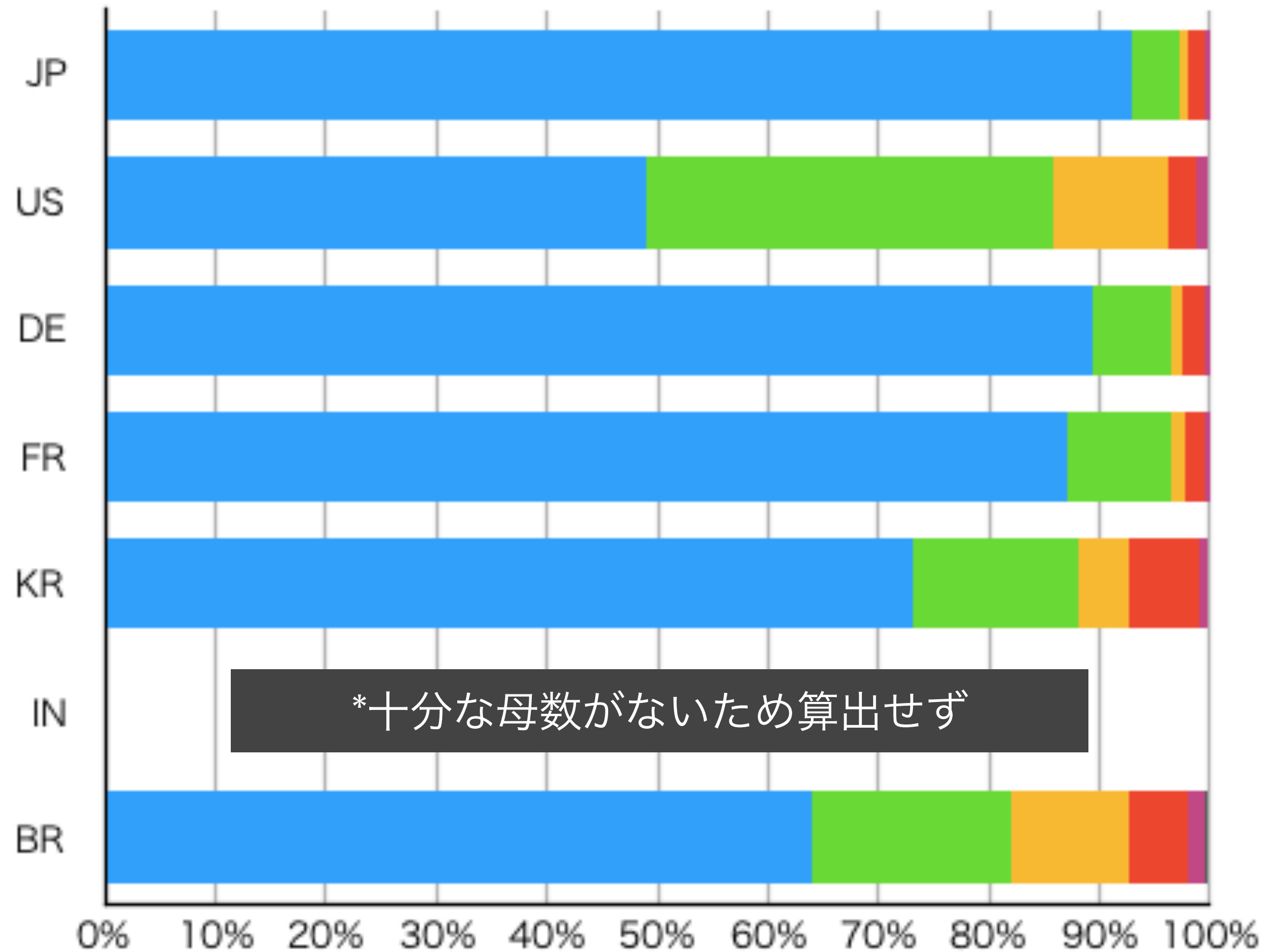
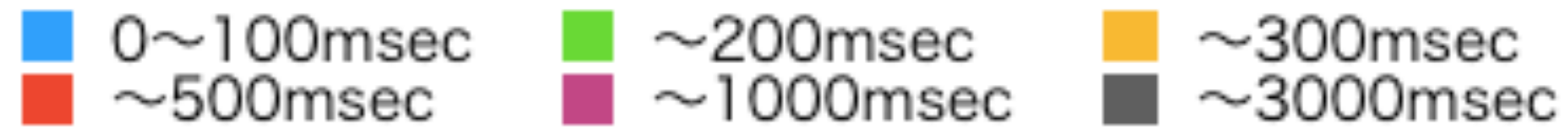
## 2. ゲームのP2P通信を取り巻く遅延環境

# A. 傾向の違いとココ数年の変化

2018.12 時点

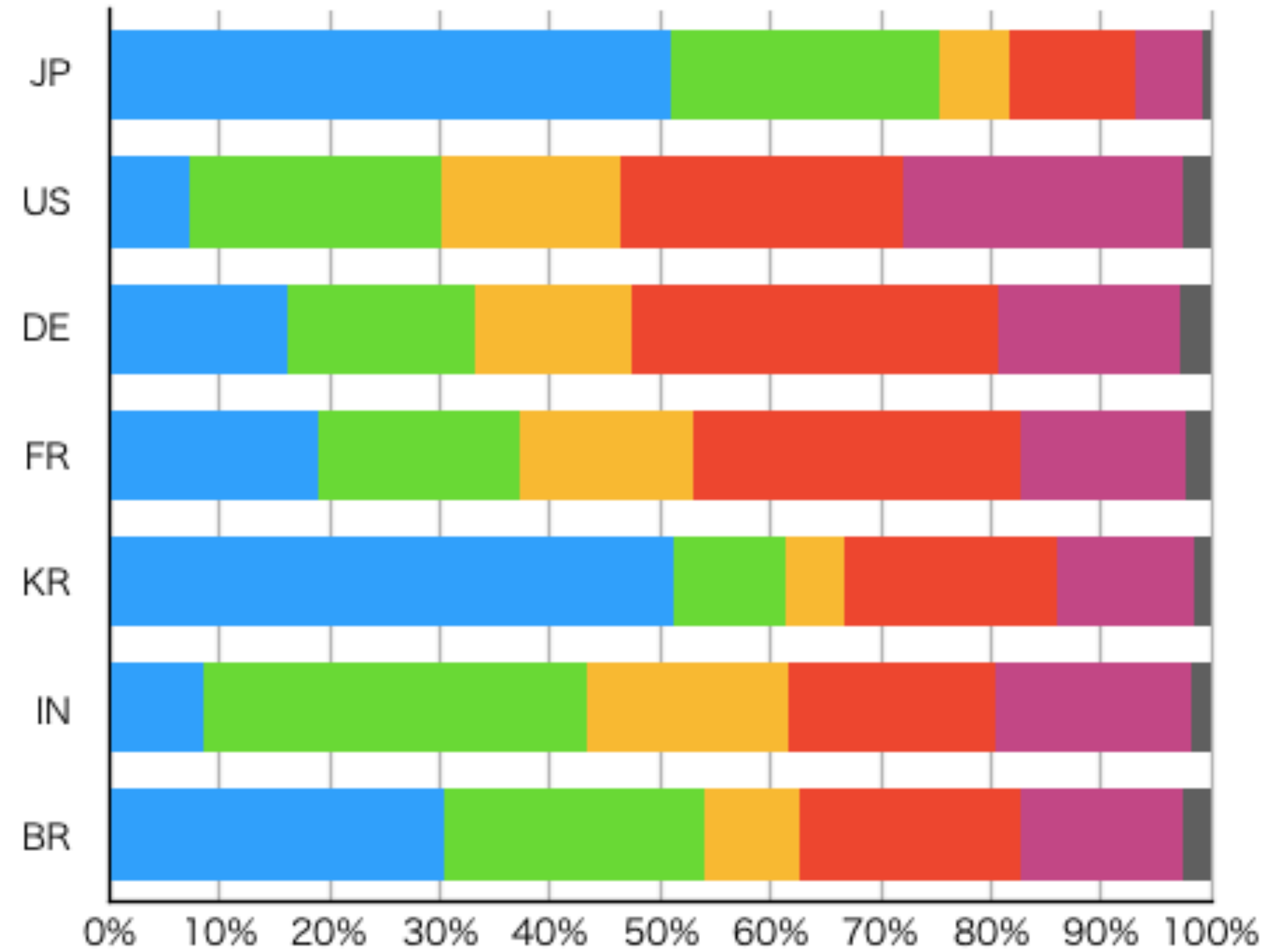
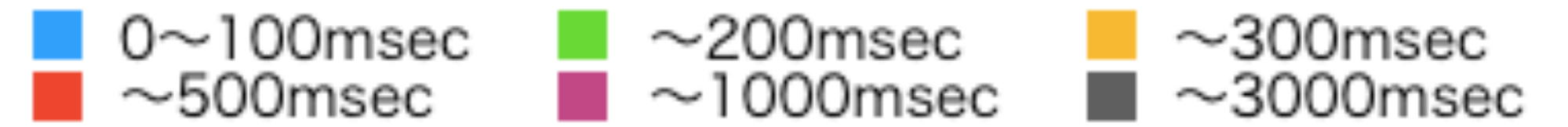
### コンシューマ (家庭用ゲーム機)

主要国別 P2P Peer間 RTT値 分布



### モバイル (iOS/Android)

主要国別 P2P Peer間 RTT値 分布



## 2. ゲームのP2P通信を取り巻く遅延環境

### A. 傾向の違いとココ数年の変化

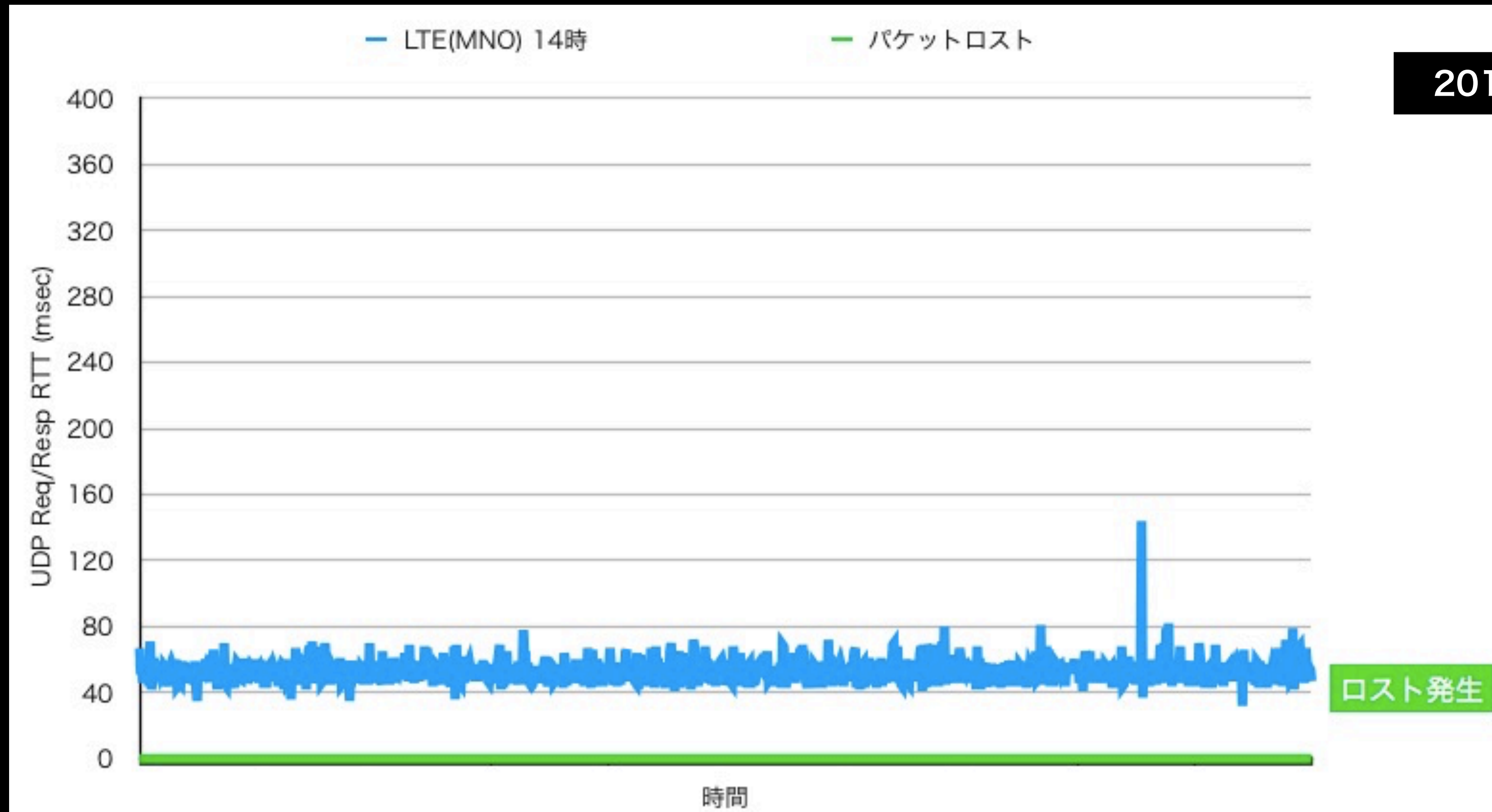
- 4G/LTEの普及、モバイルブロードバンド自体の発展
  - 国内であれば、RTT 40-60msecを期待した通信も現実的、一方で、特にMVNOで顕著な混雑時の品質劣化（次ページグラフ参照）、諸外国における品質の格差は課題
- インターネットトラフィック増大による固定回線の品質悪化
  - 散々言われている、PPPoEの終端装置問題や、ISPの通信制限…etc
- 同一国内にP2P通信の組み合わせを絞ったとして、効果が薄い
  - 基地局 $\leftrightarrow$ 端末間でのDelayが大きい場合、全体としてのRTT値はそこまで改善されない
- 都市部における、5GHz帯を含めた無線通信品質の劣化
- 固定回線のワイヤレス化



## 2. ゲームのP2P通信を取り巻く遅延環境

# A. 傾向の違いとココ数年の変化

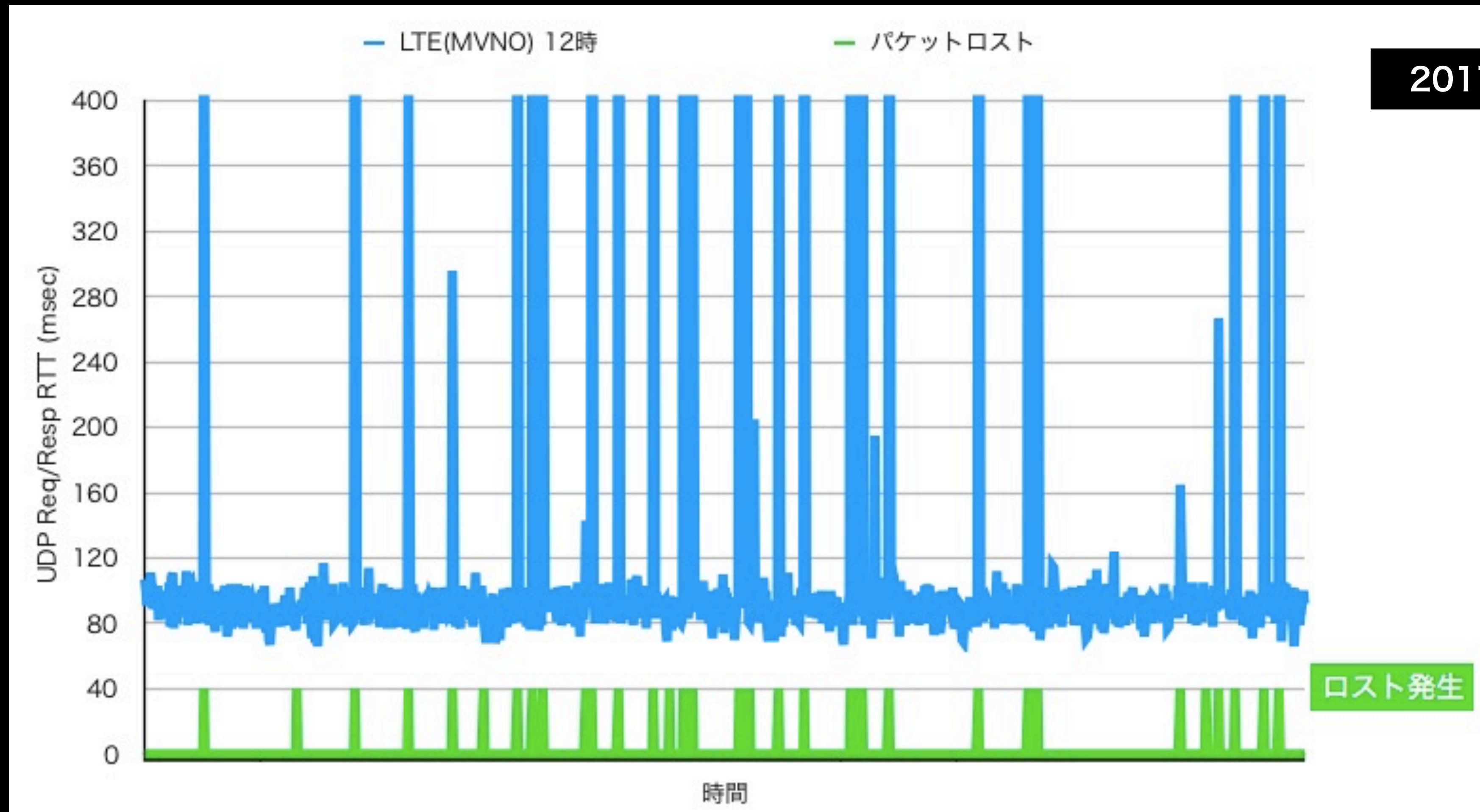
### とあるLTE回線の非ピーク時 RTT値傾向



## 2. ゲームのP2P通信を取り巻く遅延環境

# A. 傾向の違いとココ数年の変化

### とあるLTE回線のピーク時RTT値傾向



## 2. ゲームのP2P通信を取り巻く遅延環境

### B. 現在行っている対策と検討していること

### B. 現在行っている対策と検討していること

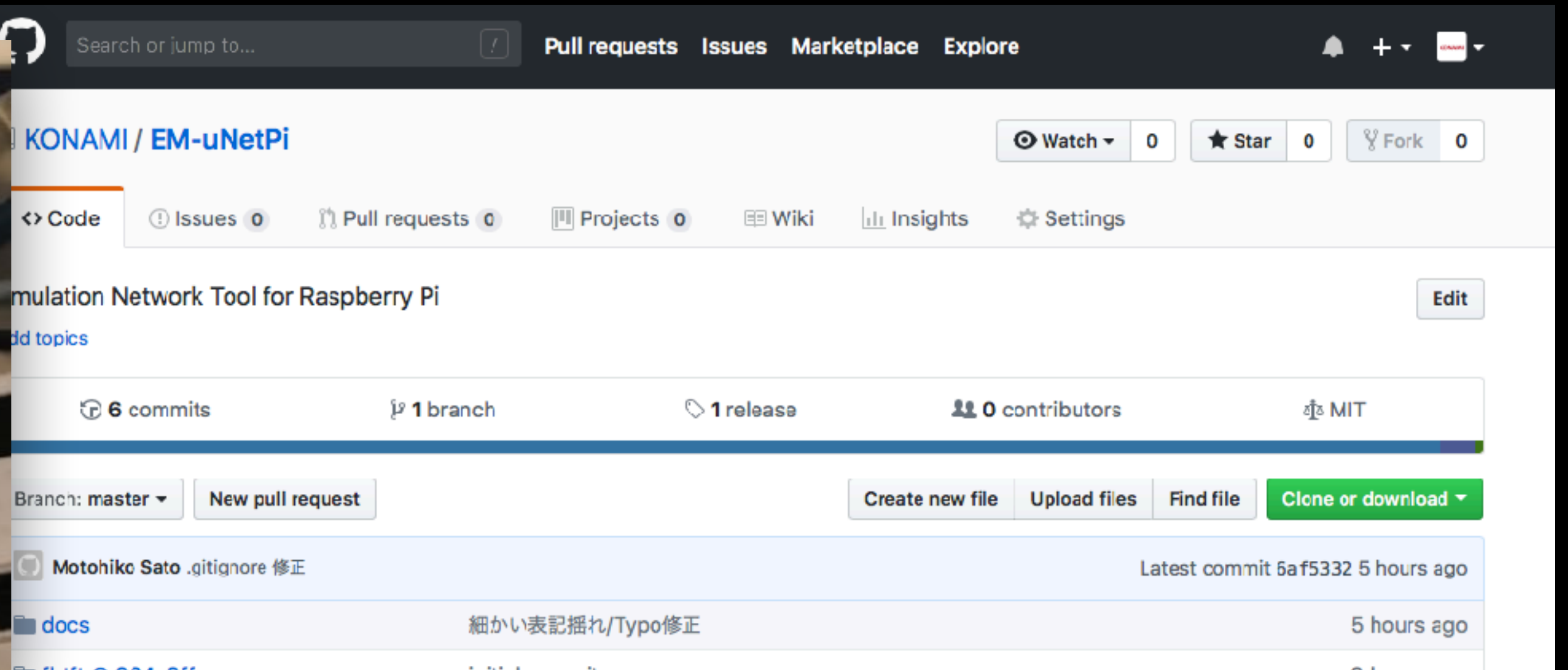
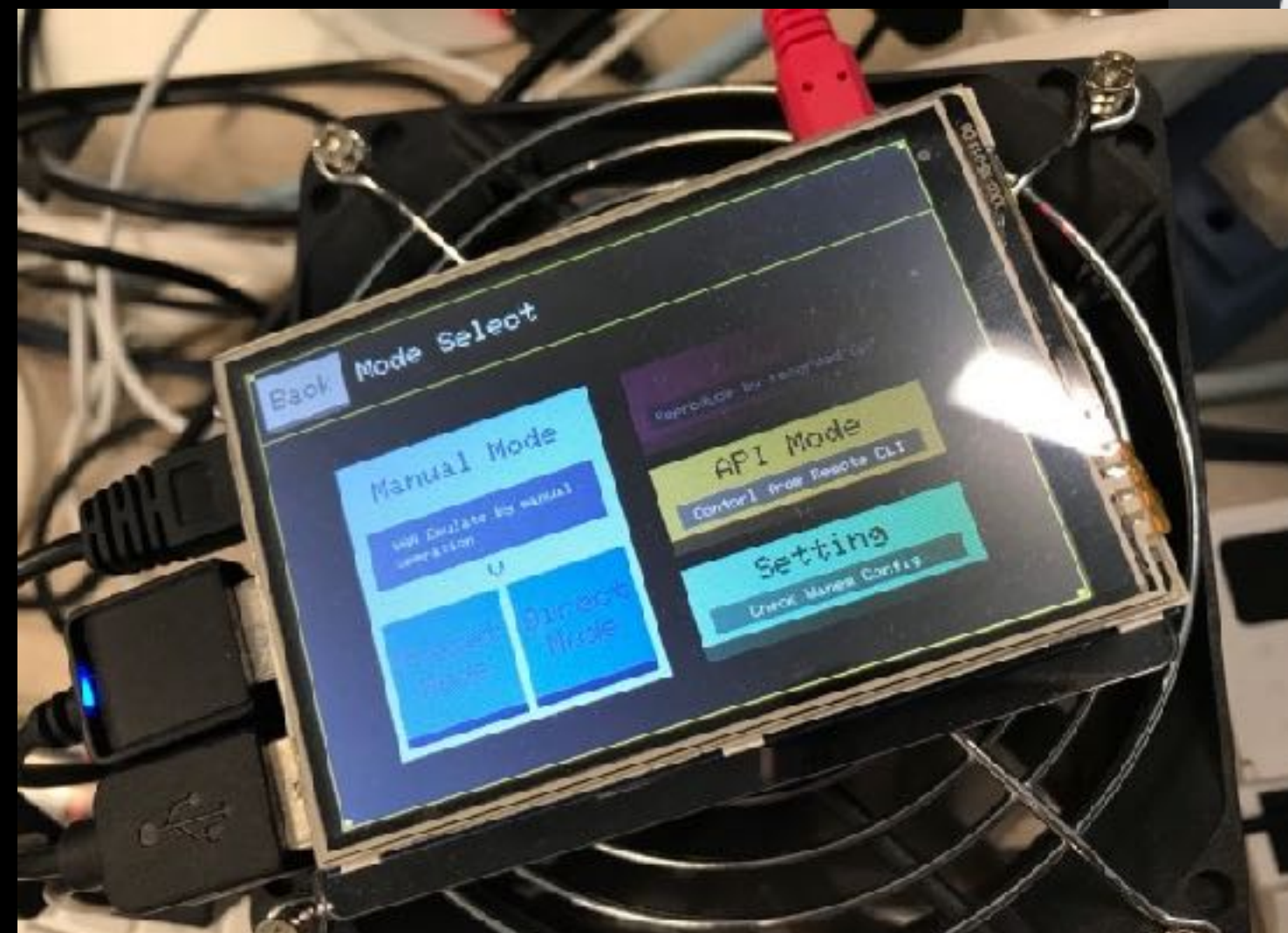
- 統計データを基にした、Timeout/再送パラメータの調整
- IPによる国判定を基にした、マッチング組み合わせの優先順位づけ
  - IPv6による判定も検証中（国判定に関しては、ここ1,2年で非常に改善した）
- 大規模ログ解析による、各国の傾向変化の調査
- WANエミュレータを使用した、様々なエミュレート通信環境における通信テストの実施（詳細は次ページ）
  - 実ユーザ環境のデータをフィードバックするための仕組みをどうしたら実現できるか、という課題について検討中

## 2. ゲームのP2P通信を取り巻く遅延環境

# B. 現在行っている対策と検討していること

独自にカジュアルなWANエミュレータを開発

制作現場やチェック部門に展開、さらにOSSとして業界内に展開



動作デモ動画

<https://github.com/KONAMI/EM-uNetPi/releases/download/v1.0.0/QuickTutorial.mov>

DEMO 1

WANエミュレータによる遅延通信デモ

！課題！

エミュレーションするパラメータを  
どう決めるか？

そこでさらに...



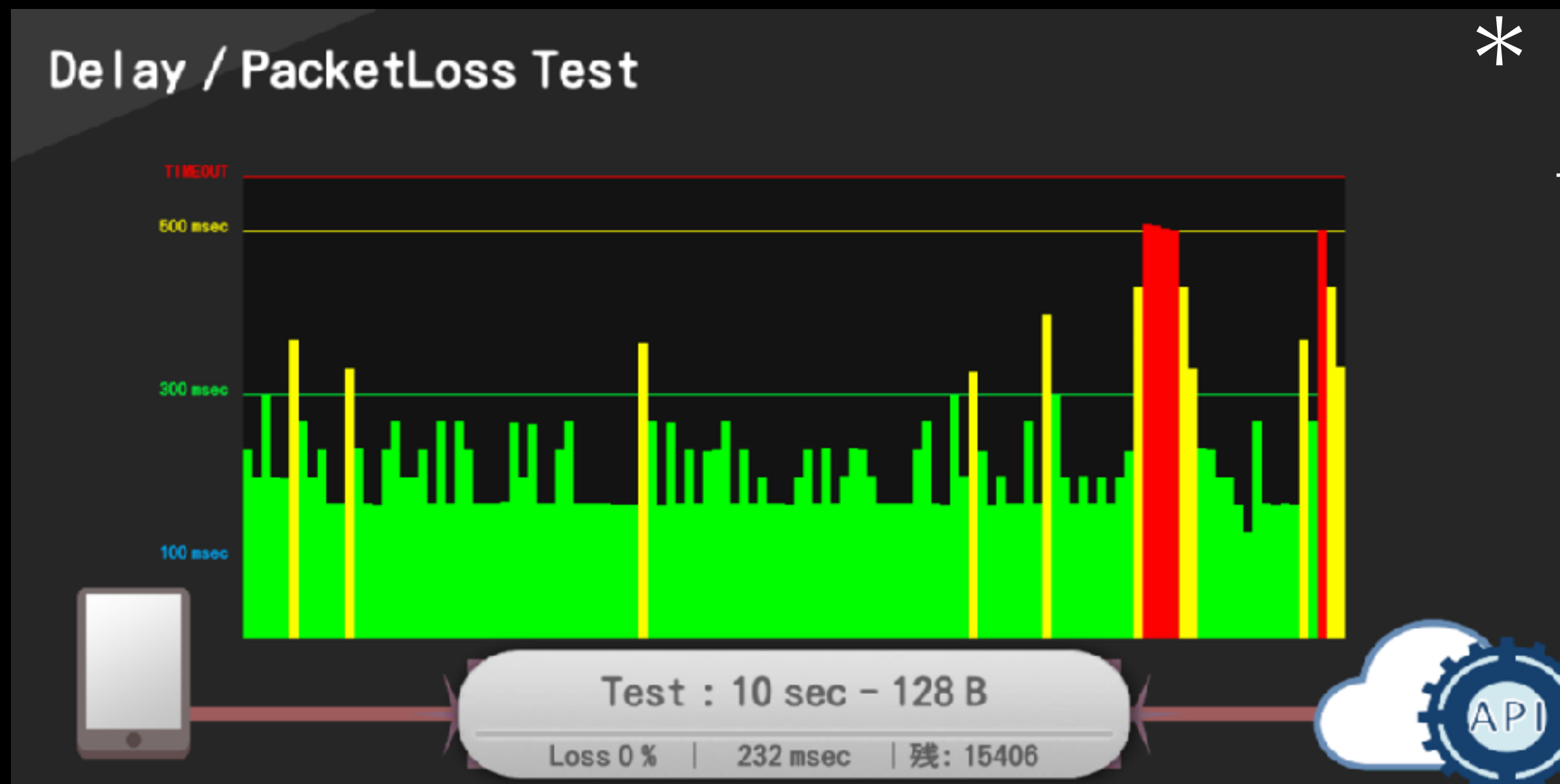
## DEMO 2

遅延調査アプリによる測定 + 適用

## 2. ゲームのP2P通信を取り巻く遅延環境

# B. 現在行っている対策と検討していること

帯域・遅延・ロス率を計測し、記録、適用する  
クライアントアプリ（プロトタイプ）を制作・公開



\* Githubにて公開中

<https://github.com/KONAMI/EM-uNetClient/>

## DEMO 2

調査クライアントによる測定 + 適用デモ

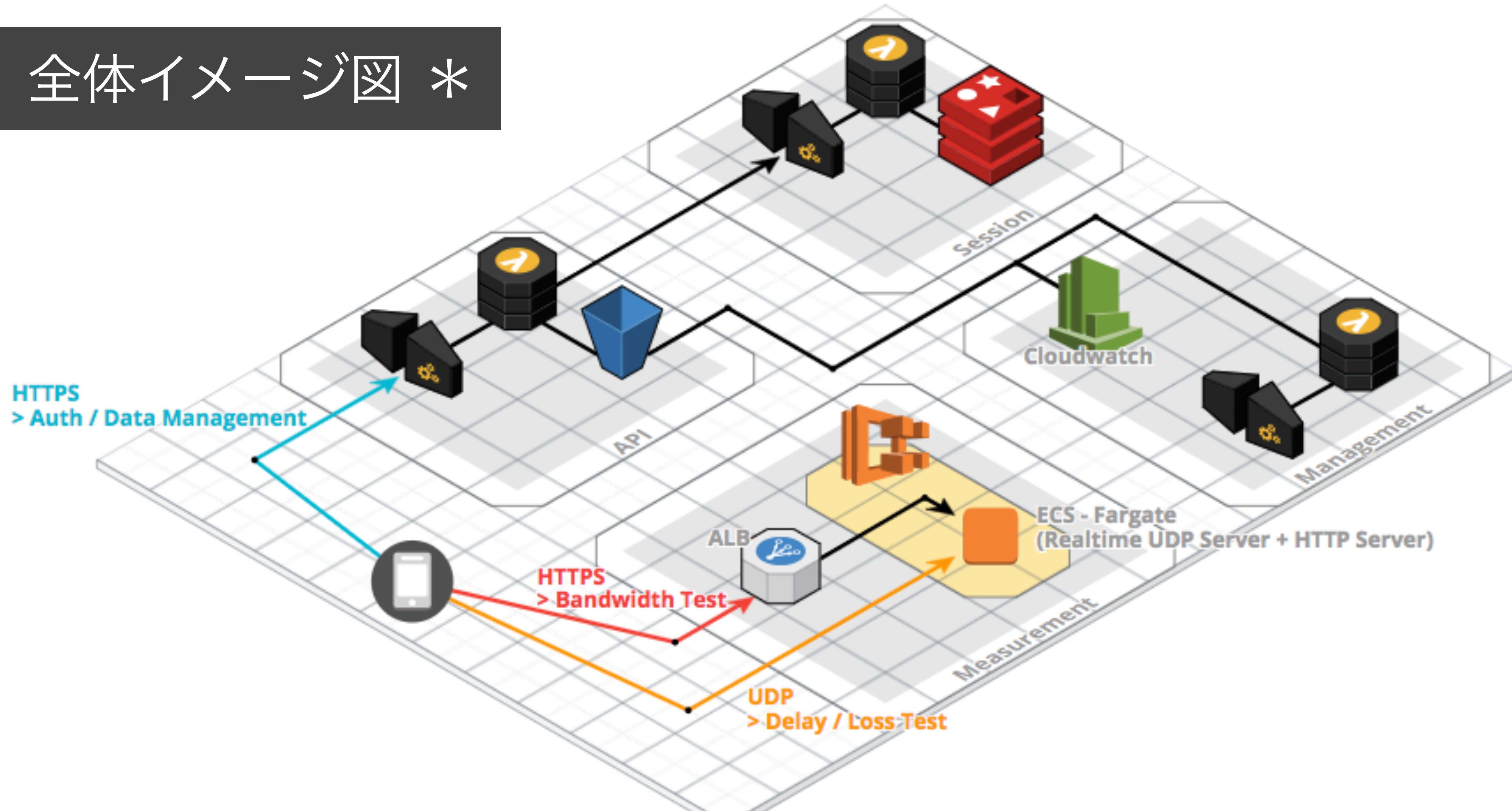
EM-uNetClient (調査クライアント)

補足

# [補足] EM-uNetClient

## サーバ・クライアント設定について

\* 全体イメージ図 \*



## サーバ・クライアント設定について

インフラコード、ソースコードはGithubで公開されている通り。  
それぞれ手元で、構成・ビルドしてご利用ください。

- サーバ > リポジトリ: <https://github.com/KONAMI/EM-uNetServer>
  - Terraform + Serverless Framework + Docker を使用して、AWS上に構成することを前提にしています。
- クライアント > リポジトリ: <https://github.com/KONAMI/EM-uNetClient>
  - Unity製です。Unity+各プラットフォームの開発環境を整えた上で、ビルド・インストールすることを前提にしています。

### 3. 議論

より安定したゲーム通信を実現するために

### 3. [議論] より安定したゲーム通信を実現するために

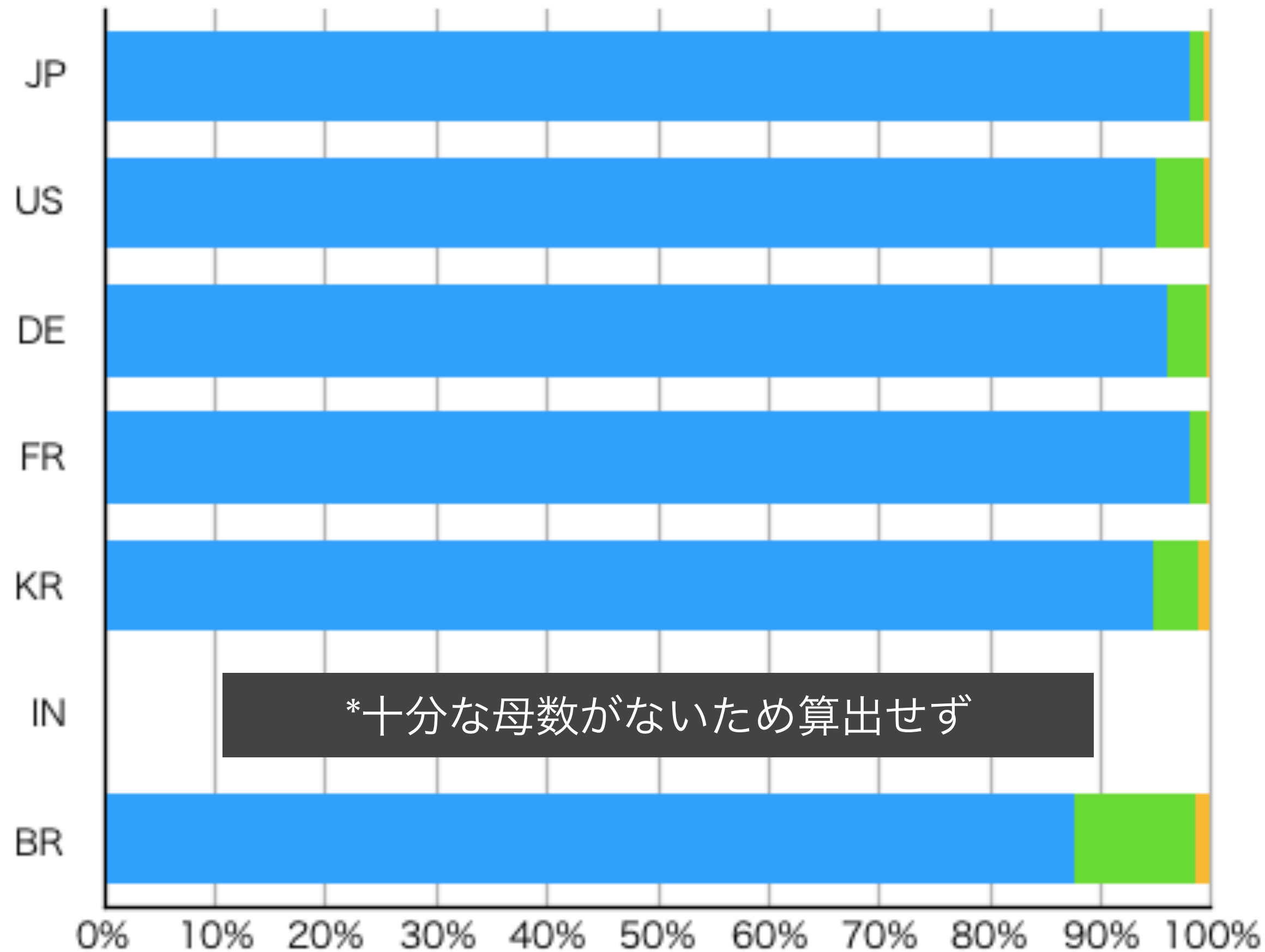
# 現在の状態を維持・向上するための議論として…

2018.12 時点

## コンシューマ

### 主要国別 Peer間のP2P初期化結果 分布

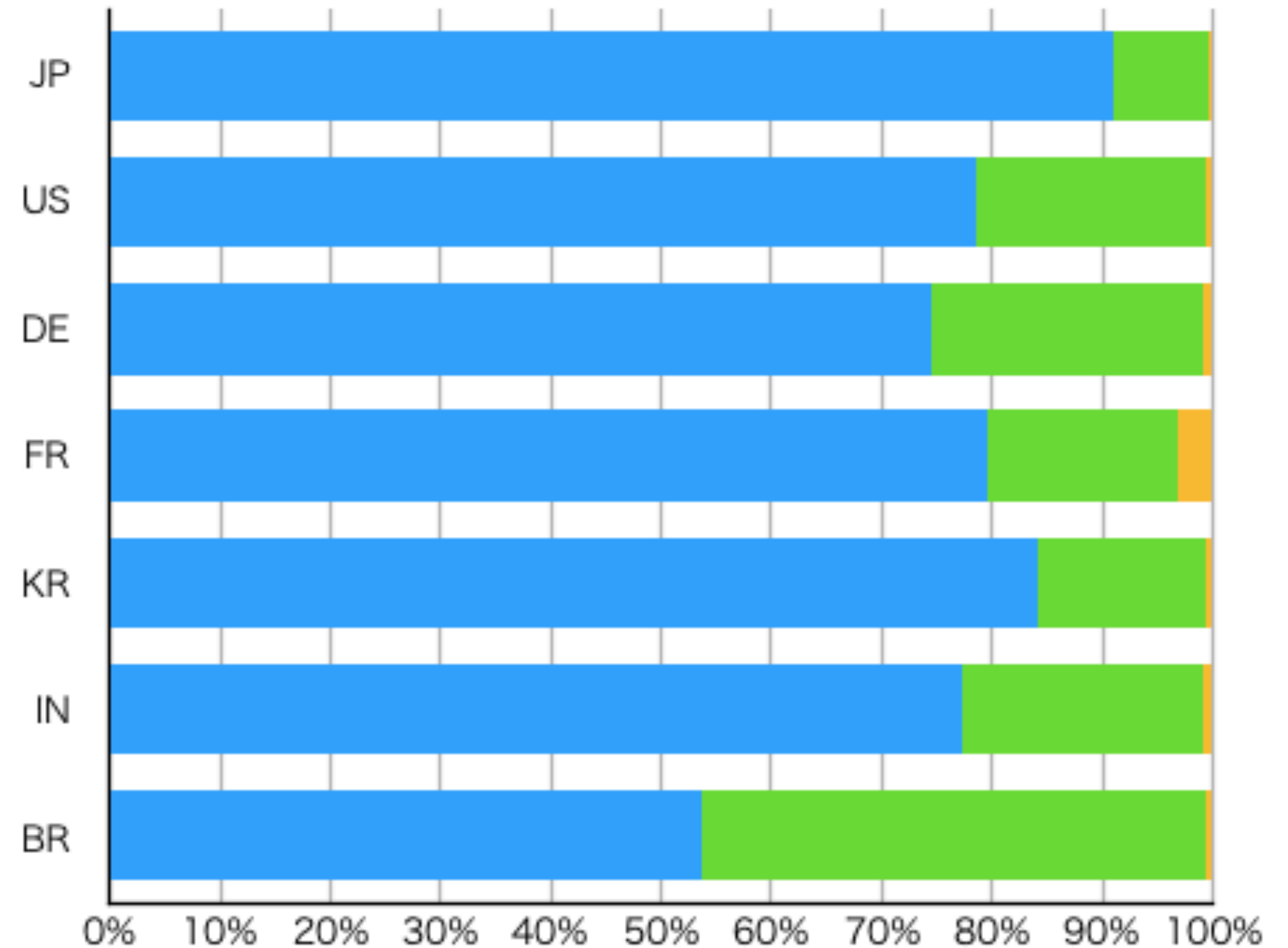
CONNECTED TIMEOUT UNDEFINED-ERROR



## モバイル

### 主要国別 Peer間のP2P初期化結果 分布

CONNECTED TIMEOUT UNDEFINED-ERROR





### 3. [議論] より安定したゲーム通信を実現するために

## 現在の状態を維持・向上するための議論として…

1. ゲームユーザをとりまく今後のネットワーク環境・品質の変化について
2. エミュレーションのためには、こういったメトリクス値が必要か
  - ・ クライアントから見た Bandwidth・Delay・Loss・Jitter・NAPT挙動 以外には？
3. メトリクス値の収集システムについて
  - ・ オープンデータとしてパブリックに蓄積/参照可能な場が作れないか？
4. 今後の環境変化に向けて、ゲーム制作会社がすべき事とは何か