



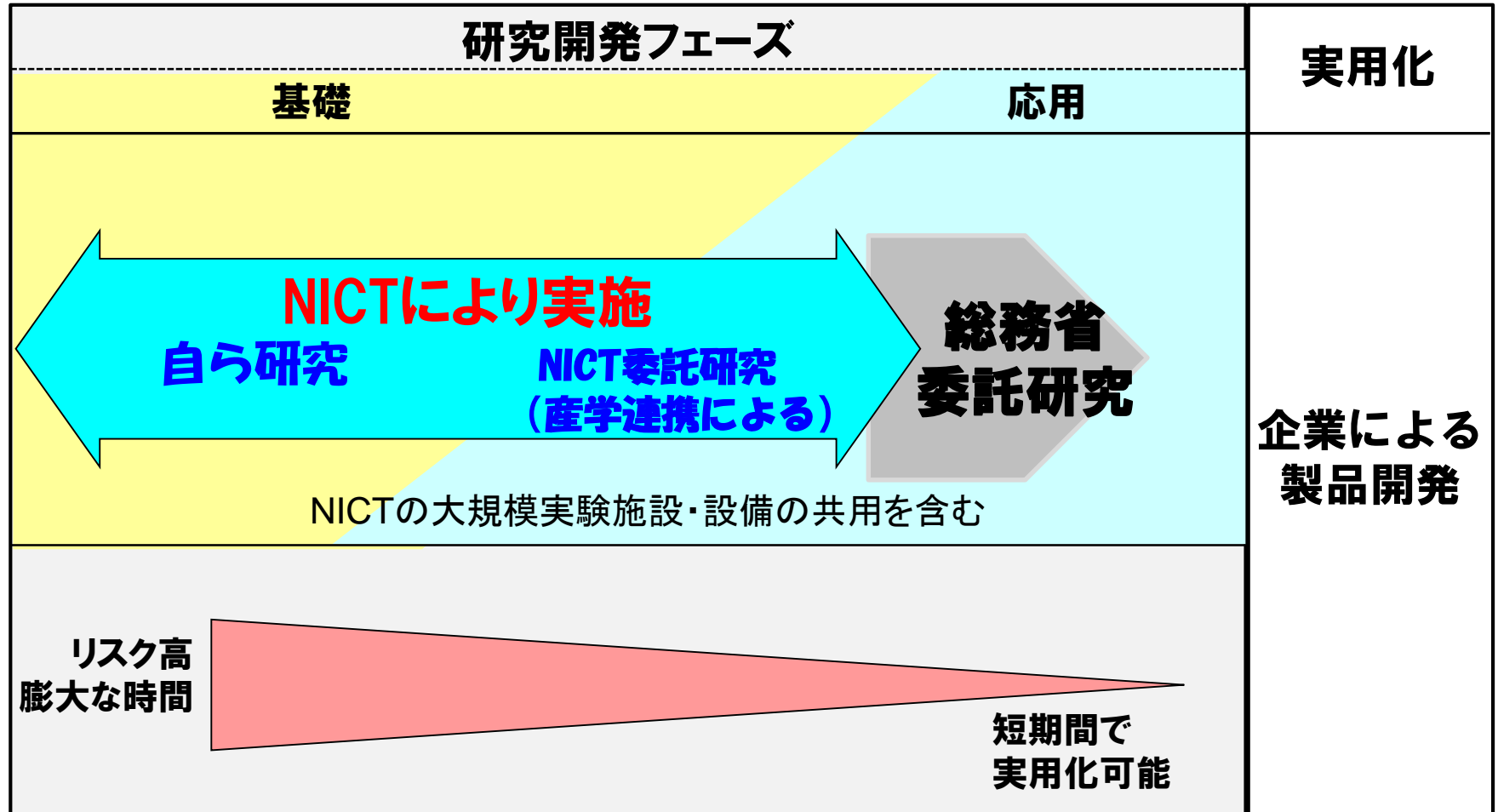
National Institute of Information and Communications Technology

# 5G時代に向けた ネットワークシステムの研究

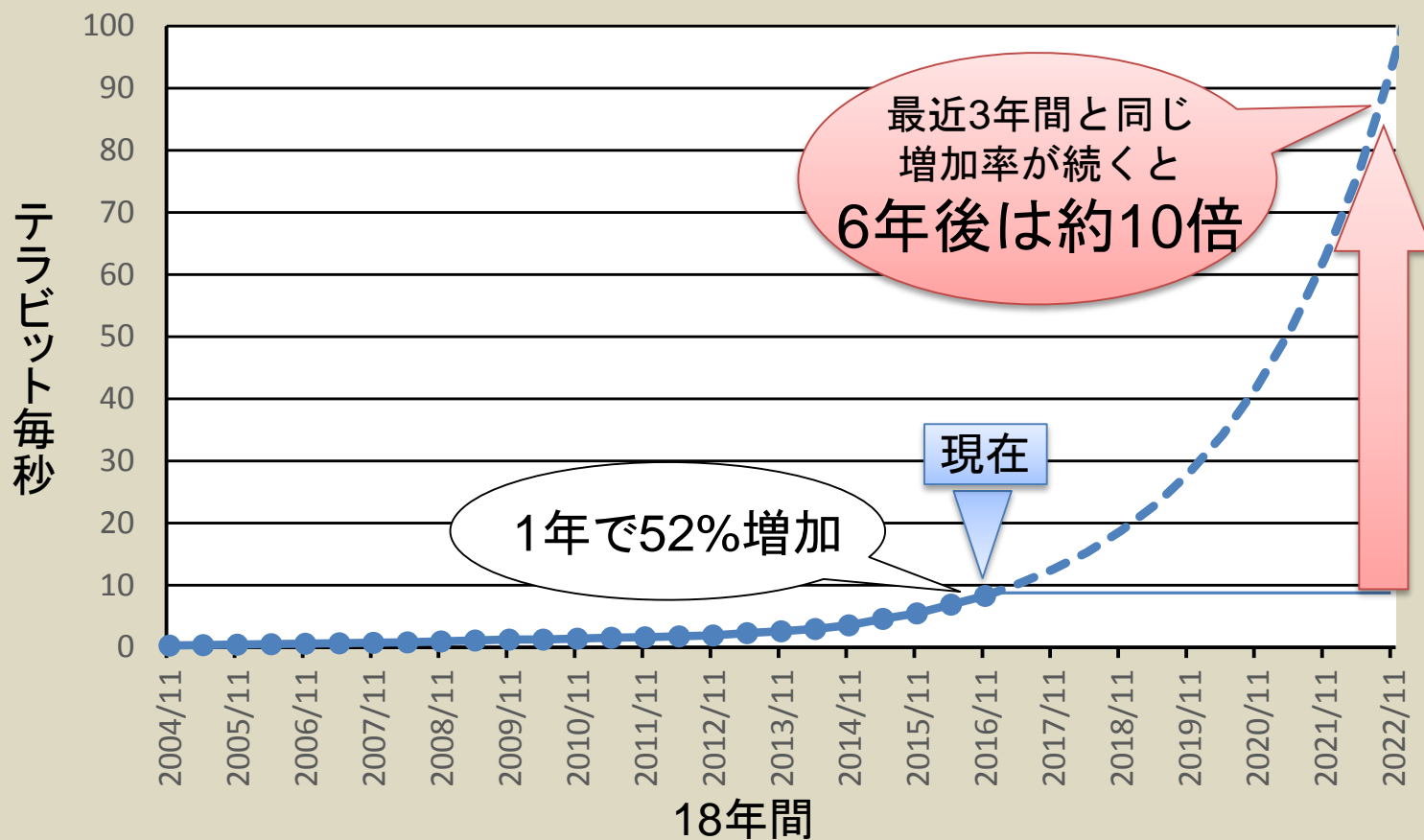
国立研究開発法人情報通信研究機構  
ネットワークシステム研究所  
研究所長 和田尚也

# NICTは産学との連携研究を推進

ICT進展  
の過程



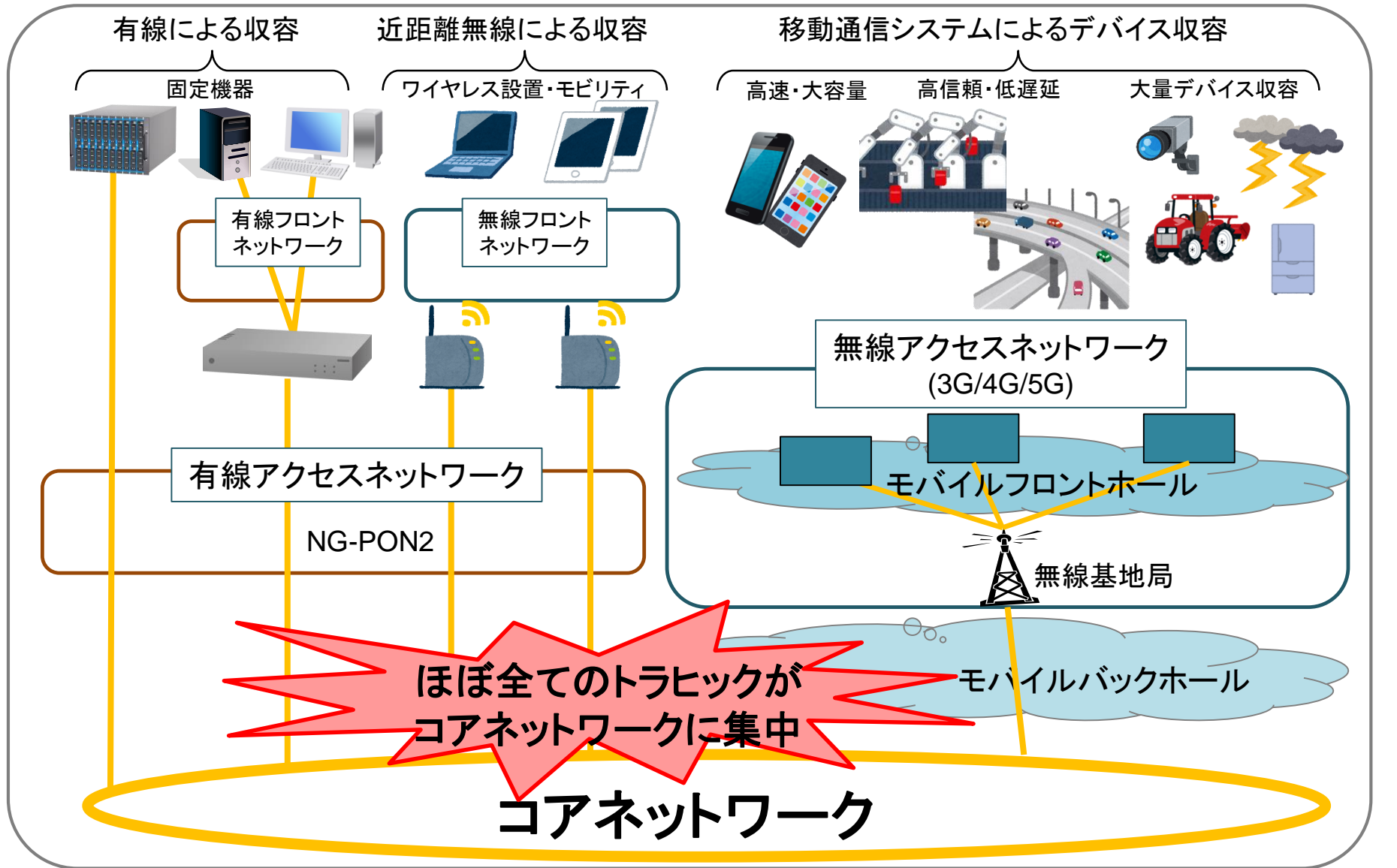
# 我が国の情報流通量の予測



T(テラ) : 1,000,000,000,000 (一兆)

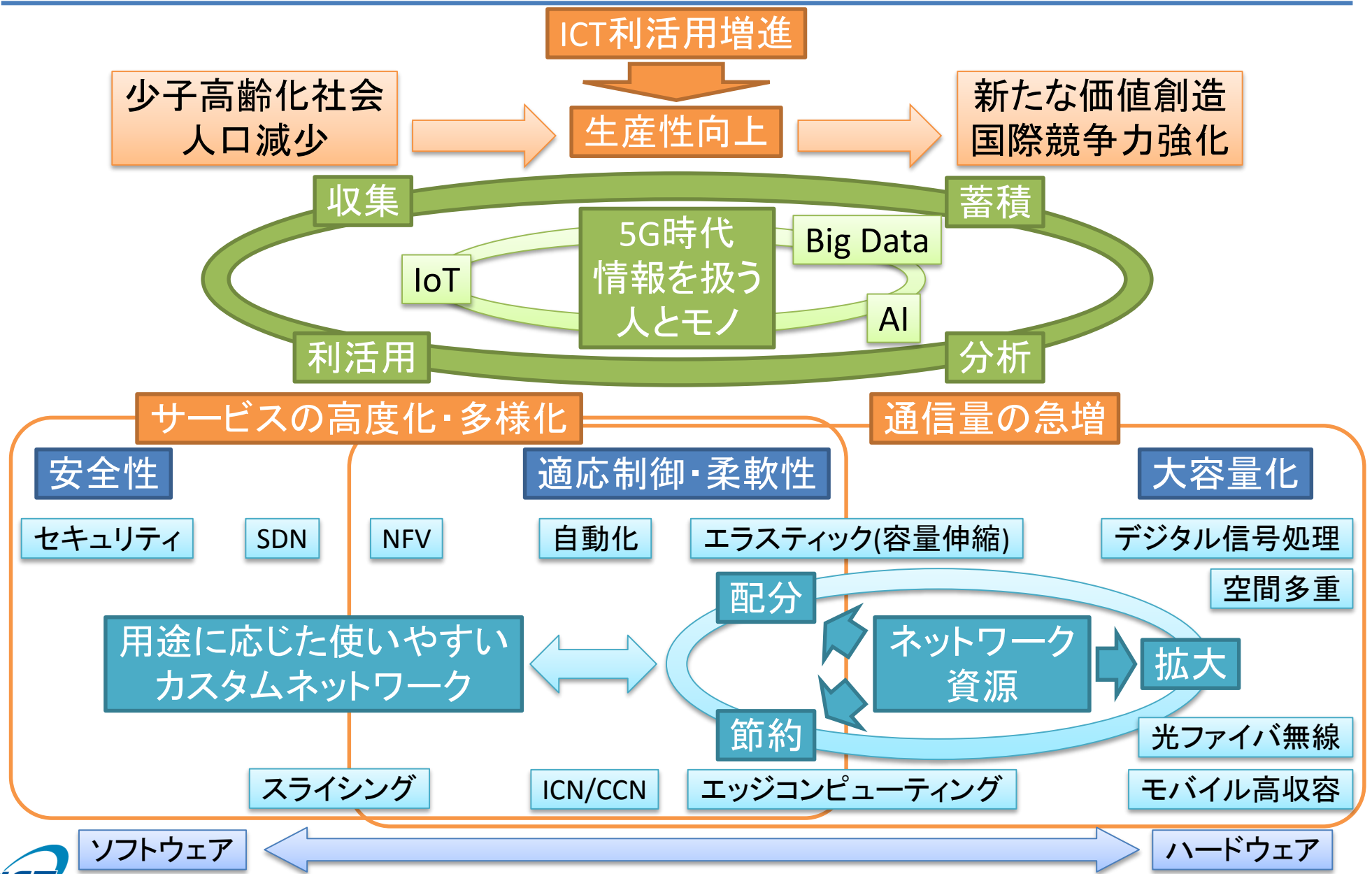
総務省我が国のインターネットトラフィックの現状(平成29年2月7日発表)  
破線は、2013/11-2016/11の3年間の実績値を元に外挿したもの

# 5G, beyond 5Gを支える次世代のネットワーク構成



— : 光ネットワーク

# ICT利活用を増進させるネットワークの役割と課題



# ネットワーク資源の拡大

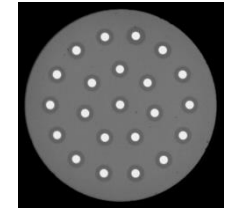
指数関数的に急増するトラフィック



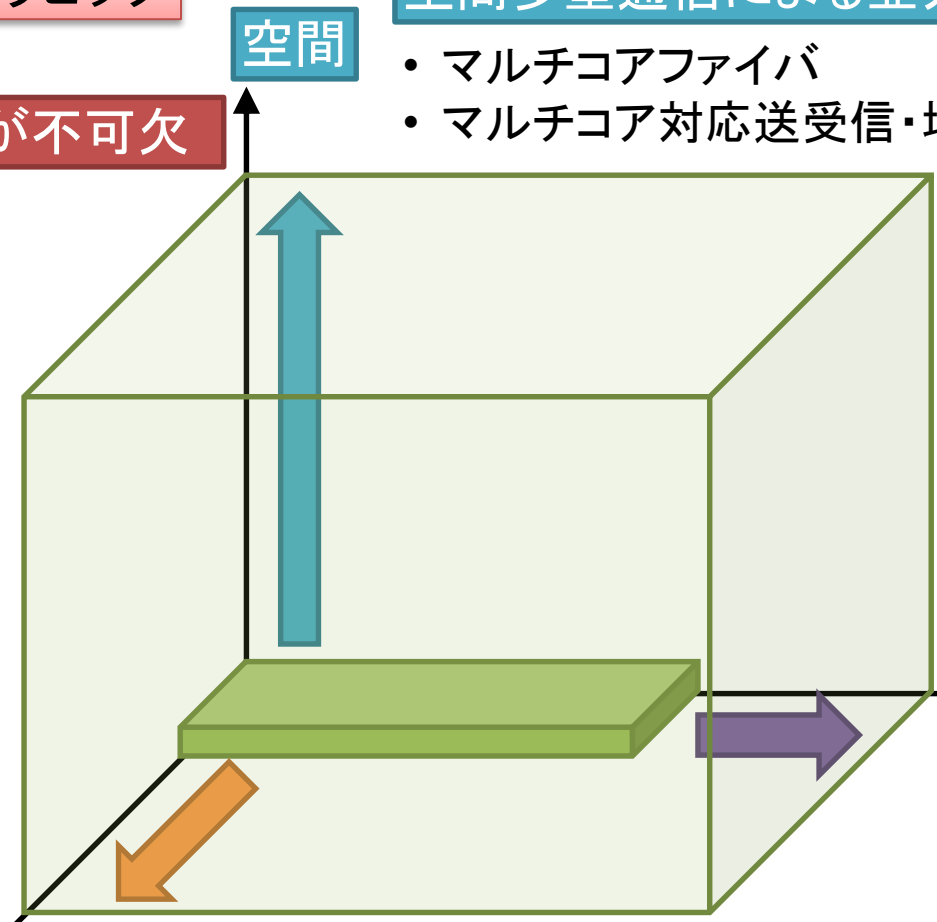
ネットワークの大容量化が不可欠

空間多重通信による並列伝送

- マルチコアファイバ
- マルチコア対応送受信・増幅器



22コアファイバの断面



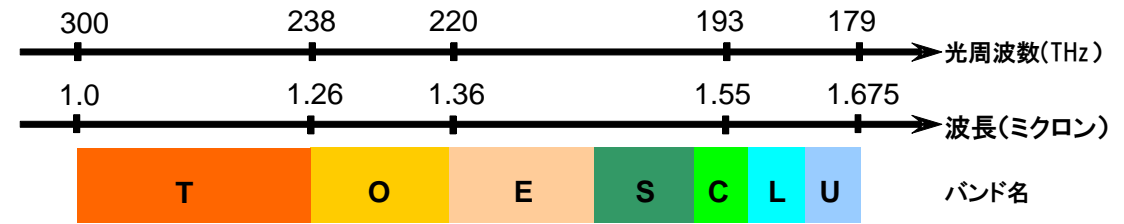
光通信波長帯の拡大

- 広帯域送受信・増幅器
- 伝搬特性の波長依存性

デジタル信号処理による長距離化

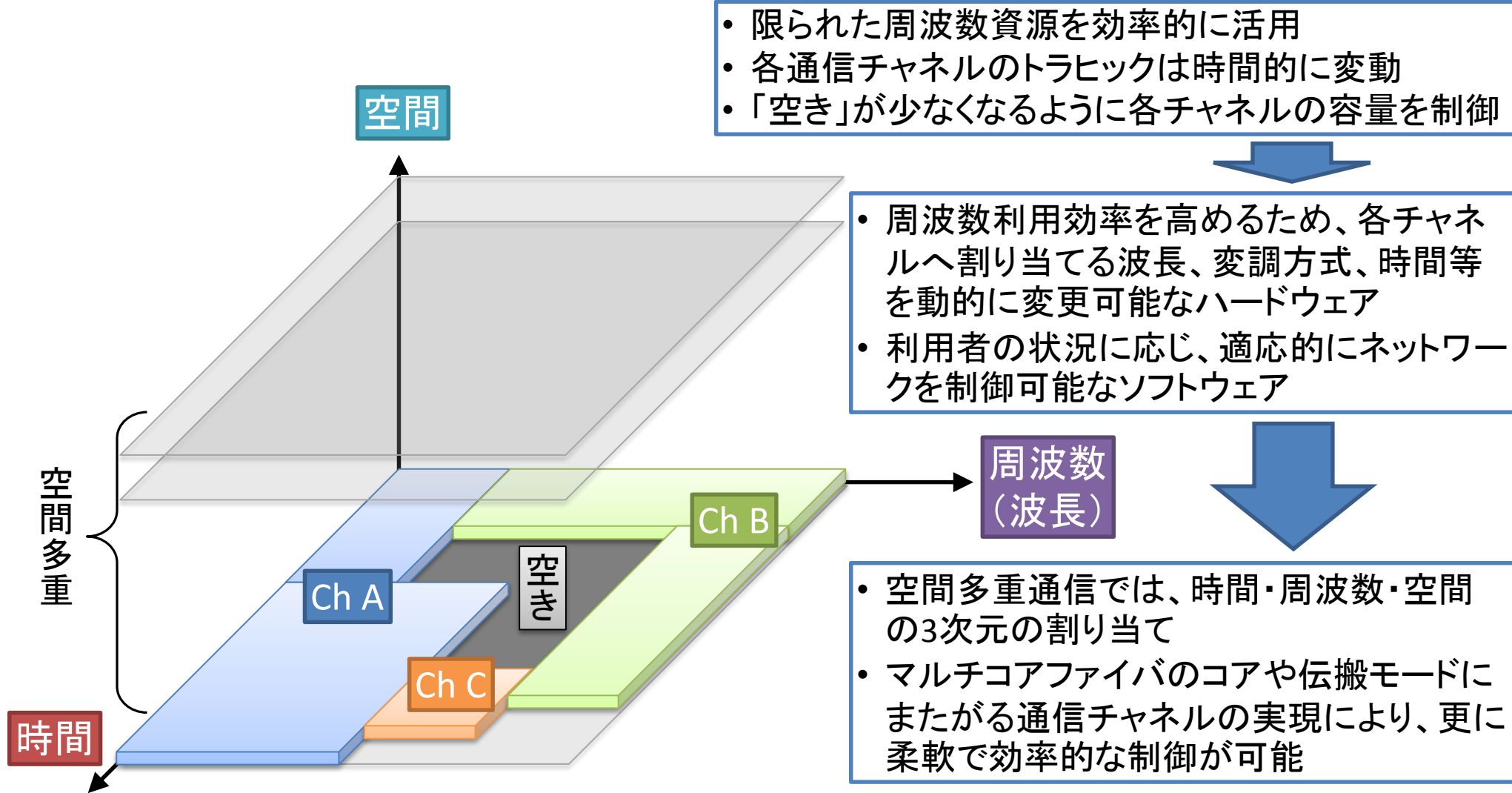
- 伝搬ひずみ補償
- 誤り訂正符号
- 適応制御

距離



NICT委託研究「Tバンド、Oバンドによる大波長空間利用技術の開発」より  
T-band: Thousand-band, O-band: Original-bandの略

# ネットワーク資源の配分



# 光コアネットワークの大容量化

想定環境: 2030年に光コアネットワークの容量は数100Tbps～数Pbps

## 光コアネットワークに生じる課題

## 課題解決のためのアプローチ

### 従来の光ファイバ(SMF)の物理的境界

- 非線形シャノンリミット⇒100Tbps@500km伝送
- ファイバヒューズ(熱破壊)⇒光入力 数Wが上限

### デジタル信号処理の高度化(並列伝送対応等) マルチコアファイバを用いた並列伝送

- マルチコアファイバ技術
- マルチコア対応ノード技術
- マルチコア対応制御技術

### ネットワーク運用の複雑化

- 数時間以内のトラフィック変動増加
- 先進国で労働人口・技術者の減少
- 新興国で熟練技術者不足

### ネットワーク技術の高度化

- 短時間変動に対する適応性をハードウェア及びソフトウェアの両面で実現
- AI等を援用した自律制御、自動化

### 消費電力の増大(パワーランチ)

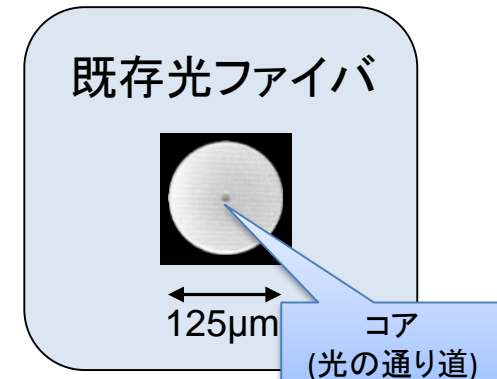
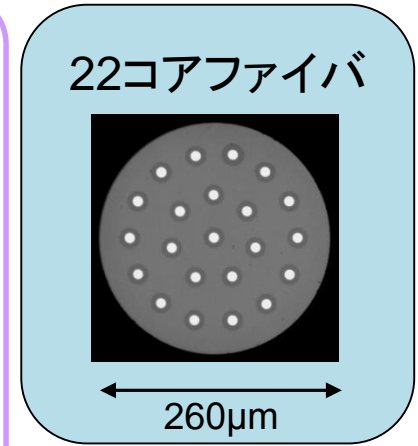
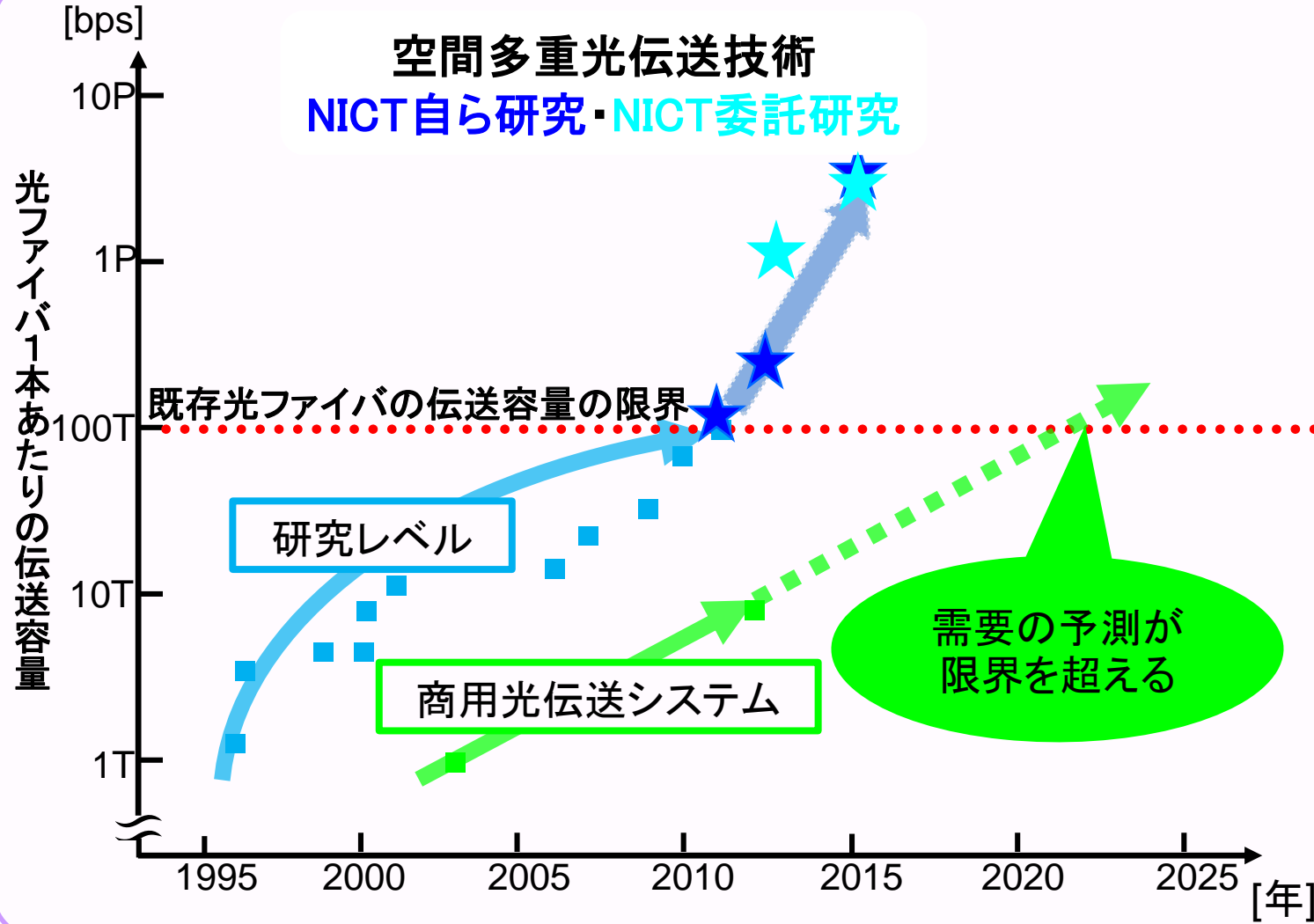
- 消費電力による容量・スペース制限

### 低消費電力化に資する技術開発

- 高度信号処理による長距離伝送
  - 中継器の機能削減
- 集積回路を用いた低電力・省スペース化
- ネットワーク資源の適切な配分
  - 各通信チャンネルが必要な容量を適応配分
- ネットワーク資源の節約
  - 通信トラフィックを削減する経路選択



# マルチコアファイバは既存光ファイバの限界を打破



髪の毛の太さ  
80 µm(ミクロン)程度

P(ペタ:千兆)=1000 T(テラ)

# 光アクセスネットワークの大容量化

想定環境: 2030年無線のピークスループットは5Gの10倍以上 (> 100Gbps)

## 光アクセスネットワークに生じる課題

### セルサイズの小型化に伴うコストの増加

- モバイル通信の大容量化に必要なミリ波は減衰が大きく遮蔽に弱いため、セルサイズの小型化(マクロセル→スポットセル)が必要
- スポットセル数は現在のマクロセル(数十万局)の数百~千倍の規模に増大
- スポットセルの無線装置のコスト節減が必要

### 光・無線間のインターフェースにおける伝送・制御の効率化・円滑化

## 課題解決のためのアプローチ

### 光ファイバを用いて無線信号をアナログ伝送する方式

- 基地局とスポットセル間で無線信号を光信号に重畳して送受信することで、スポットセルの無線装置における信号処理を大幅に軽減し、装置を超小型・低消費電力化

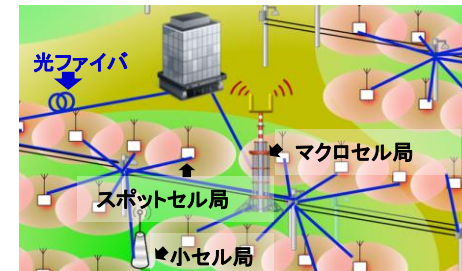
### 光と無線のシームレスな伝送・制御のための

- 光・無線信号変換等要素デバイスの高度化
- 光・無線に跨って統合制御する新たなネットワーク制御技術

5G:  $\approx 10$  Gbps

10×

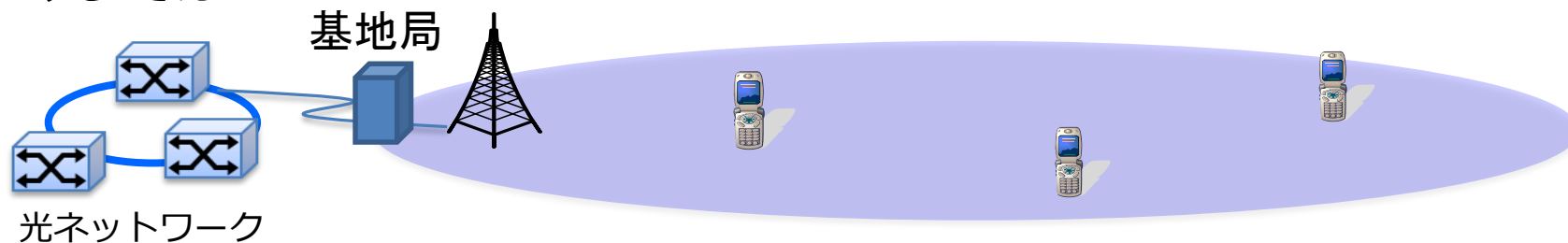
Beyond 5G:  $\approx 100$  Gbps



アンテナ数の爆発的増加  
10m間隔を仮定すると3億台強

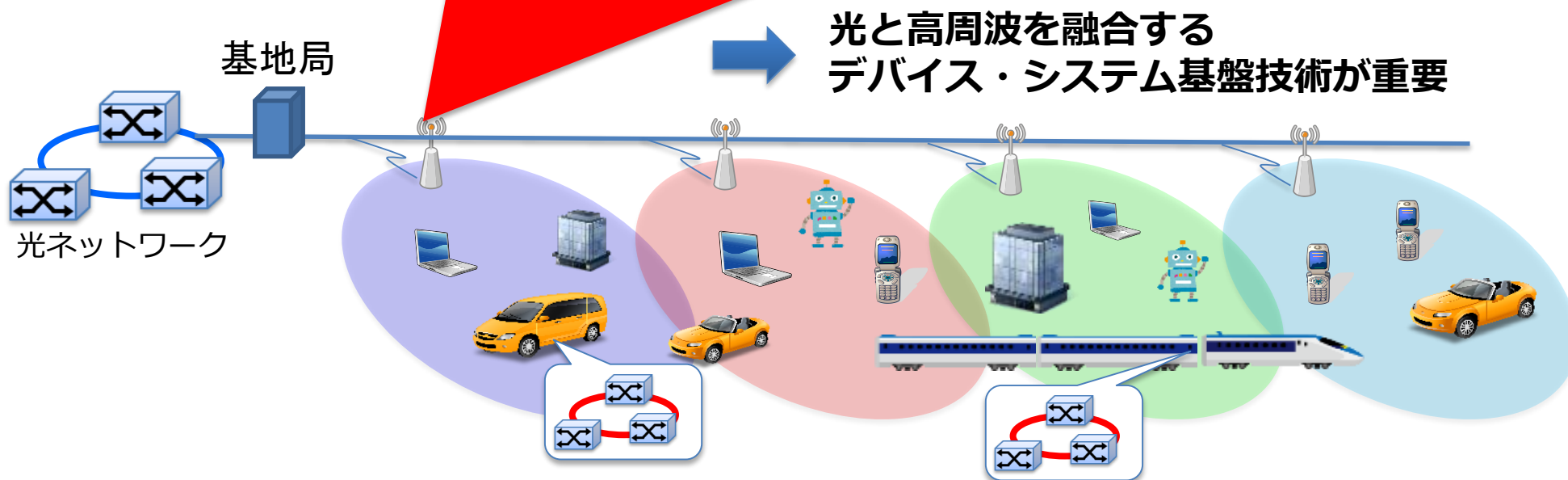
# 光と高周波の融合技術が鍵

今までは



未来は

- 高い周波数（数10～数100GHz）を利活用
- セルが小型化しアンテナ数が増えても一つの基地局に収容可能



# ネットワーキングに関する課題

## サービスの高度化・多様化に応じた使いやすいネットワークの提供

### ネットワーキングに生じる課題

サービスの高度化・多様化により、ネットワークに求められる機能・性能・コストの幅が広がり、画一的なネットワーク構成では個別のニーズに適応できない

### 課題解決のためのアプローチ

- コンピュータやネットワークの資源を適切に配分するため、各CPUや通信チャネルの容量を動的かつ細かく変更できるハードウェア及びAI等を用いた適応的な自律制御の実現
- トラヒックの節減や応答性能の向上のため、エッジコンピューティングや新しいルーティング方式(ICN/CCN等)の適用
- 用途に応じた使いやすいネットワークを構成するため、ソフトウェアネットワーク技術(SDN, NFV, スライシング等)の適用
- ネットワークの設計や変更を迅速かつ省力的に行うための自動化

# エッジコンピューティング、ネットワーク機能仮想化及び自動化技術

通常

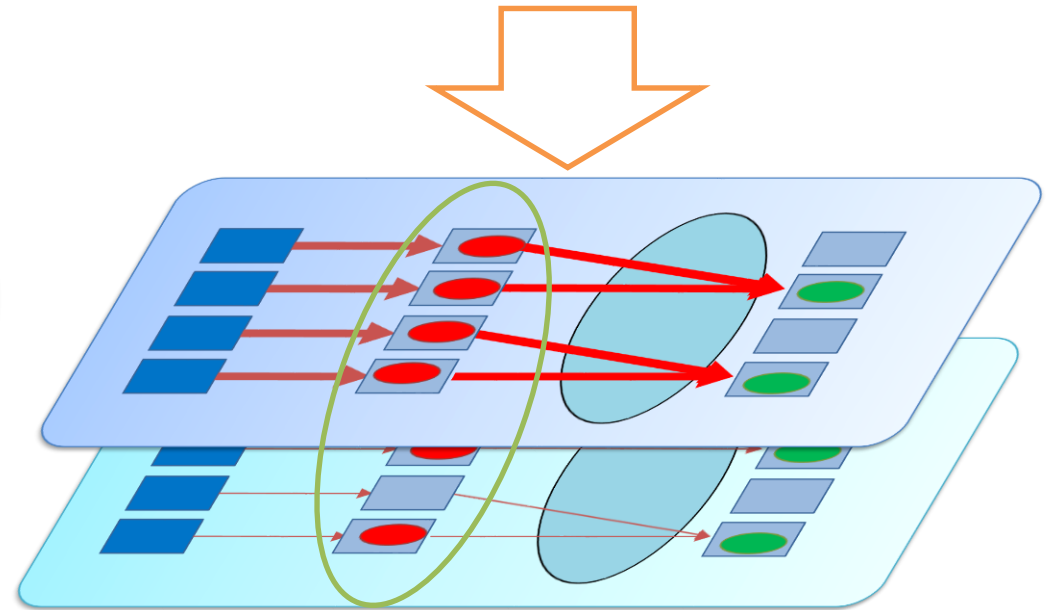
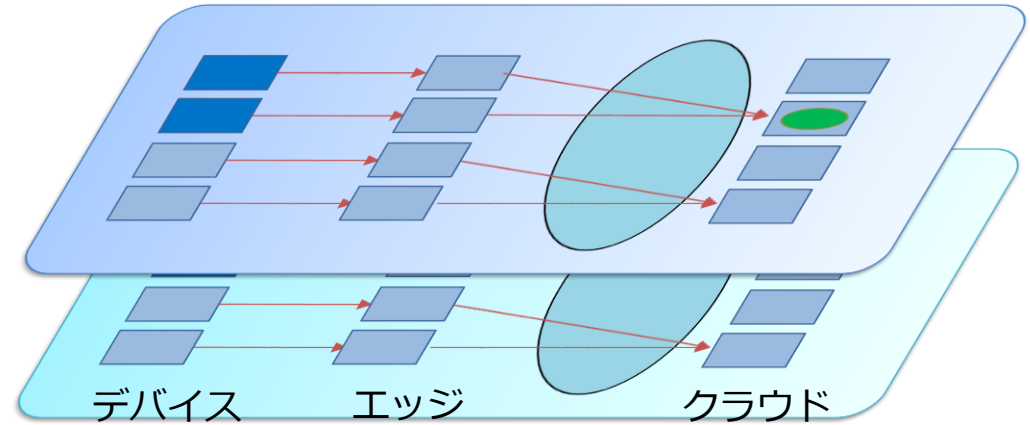
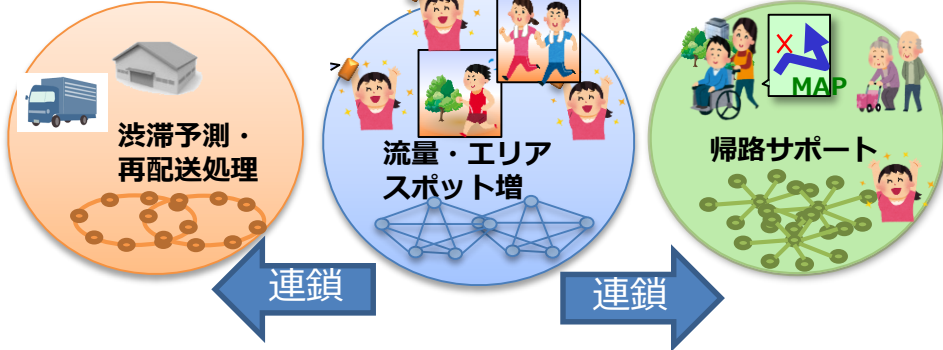


機能・資源を分配



状況にあわせて分配量を増減・機能変更

ピーク



遅延・速度・プライバシー制約が大きなデータ処理を生産者、消費者の**近傍に、すばやく、自動的に自律的に割付・設定**

# まとめ

---

1. IoT/ビックデータ社会を支え、5GそしてBeyond 5G時代のインフラとして、日本が強い光ファイバ通信技術分野の国際競争力の堅持が必須
2. 重要研究開発項目：
  - \* 大容量伝送の要素技術であるデジタル信号処理の高度化
  - \* 新しい光ファイバによる光空間多重光ファイバ伝送と交換技術
  - \* 光ファイバ無線 (RoF) の通信・計測への適用
  - \* 効率的で動的・柔軟な制御ができるネットワーク技術