

電波資源利用効率化に対する期待

浅井 大史

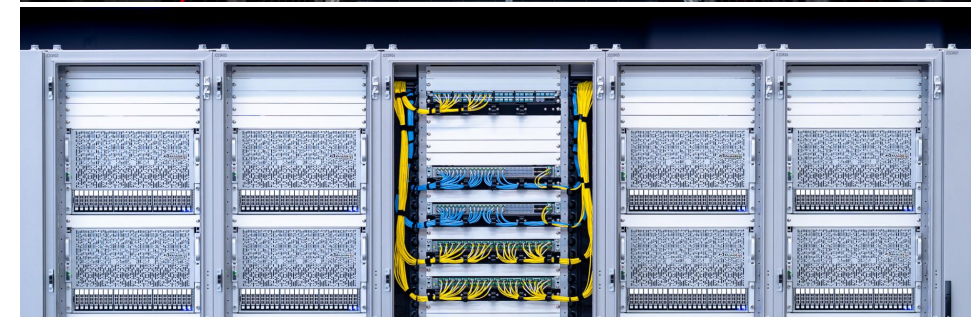
Preferred Networks リサーチャー

総務省電波懇談会

令和3年3月19日

Preferred Networks

- Preferred Networks (PFN)
 - 2014年設立
 - Vision
 - 現実世界を計算可能にする。
 - 自分たちの手で革新的かつ本質的な技術を開発し、
 - 未知なる領域にチャレンジしていく。
- 事業領域: Deep Learning & IoT
 - 交通システム
 - 製造業
 - バイオヘルスケア
 - 新規事業領域:
 - スポーツデータ解析、クリエイティブ、教育、エネルギー



無線通信と深層学習

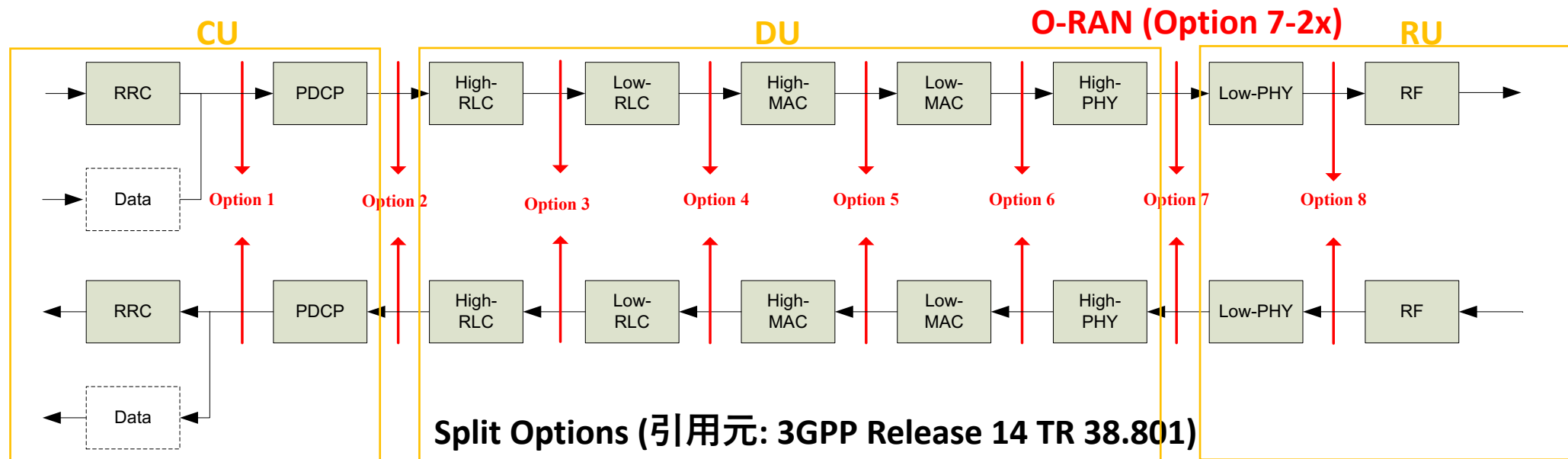
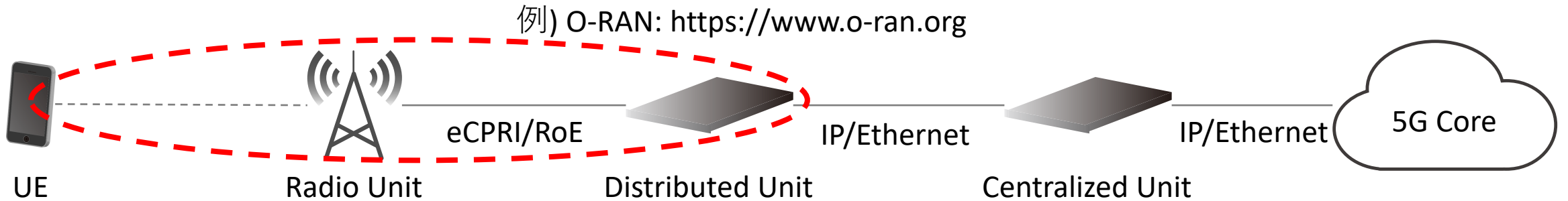
- IoT通信基盤として

- 通信基盤の活用により大量のデータを収集し、現実世界・現象を学習しモデル化することで様々な課題を解決
 - 応用例) 一般物体認識、人物認識、異常検知、故障検知、線画自動着色、創薬、最適化・チューニング、バラ積み など...

- 無線通信・運用技術として

- 物理層の効率化
 - シンボルあたりの信号密度の向上 (エラー率削減)
 - 最適な変調・符号化の選択
- 資源割り当ての最適化
 - セル設計

背景：Radio Access Network (RAN) のオープン化とソフトウェア化・仮想化



無線通信と深層学習

- IoT通信基盤として

- 通信基盤の活用により大量のデータを収集し、現実世界・現象を学習しモデル化することで様々な課題を解決
 - 応用例) 一般物体認識、人物認識、異常検知、故障検知、線画自動着色、創薬、最適化・チューニング、バラ積み など...

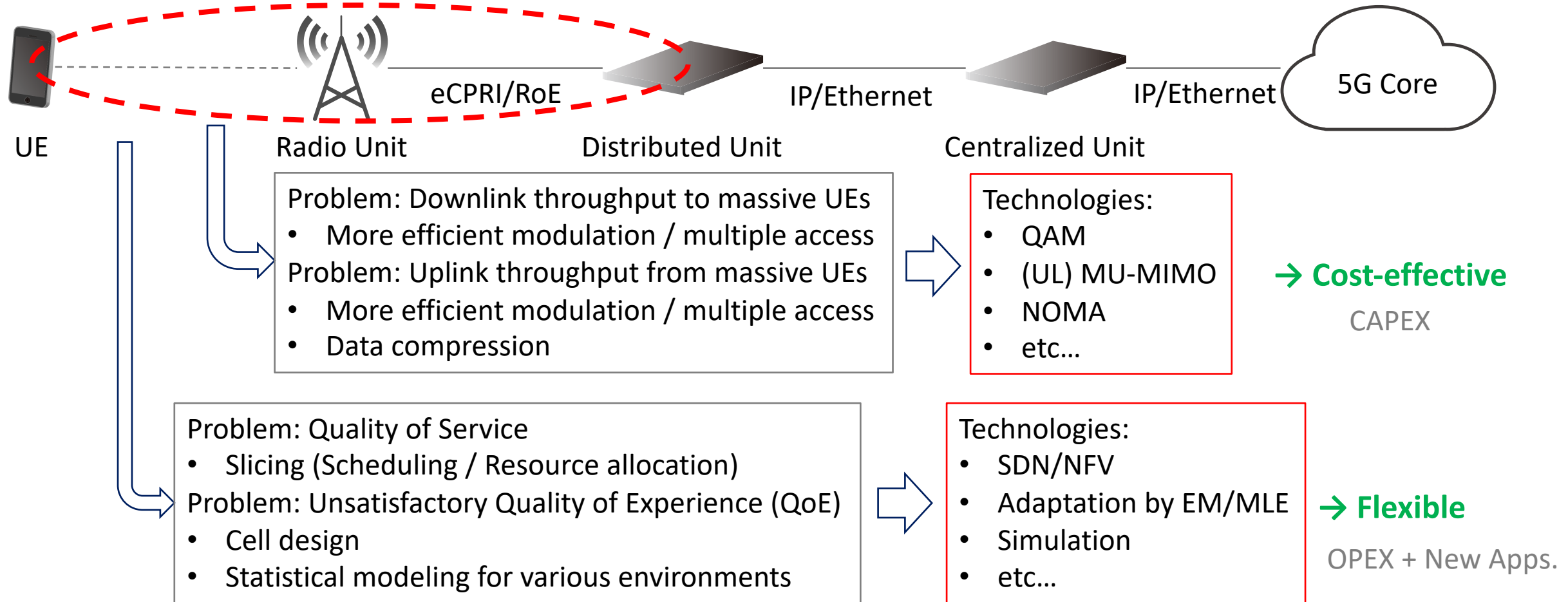
- 無線通信・運用技術として

- **物理層の効率化**

- シンボルあたりの信号密度の向上 (エラー率削減)
- 最適な変調・符号化の選択
- 資源割り当ての最適化
 - セル設計

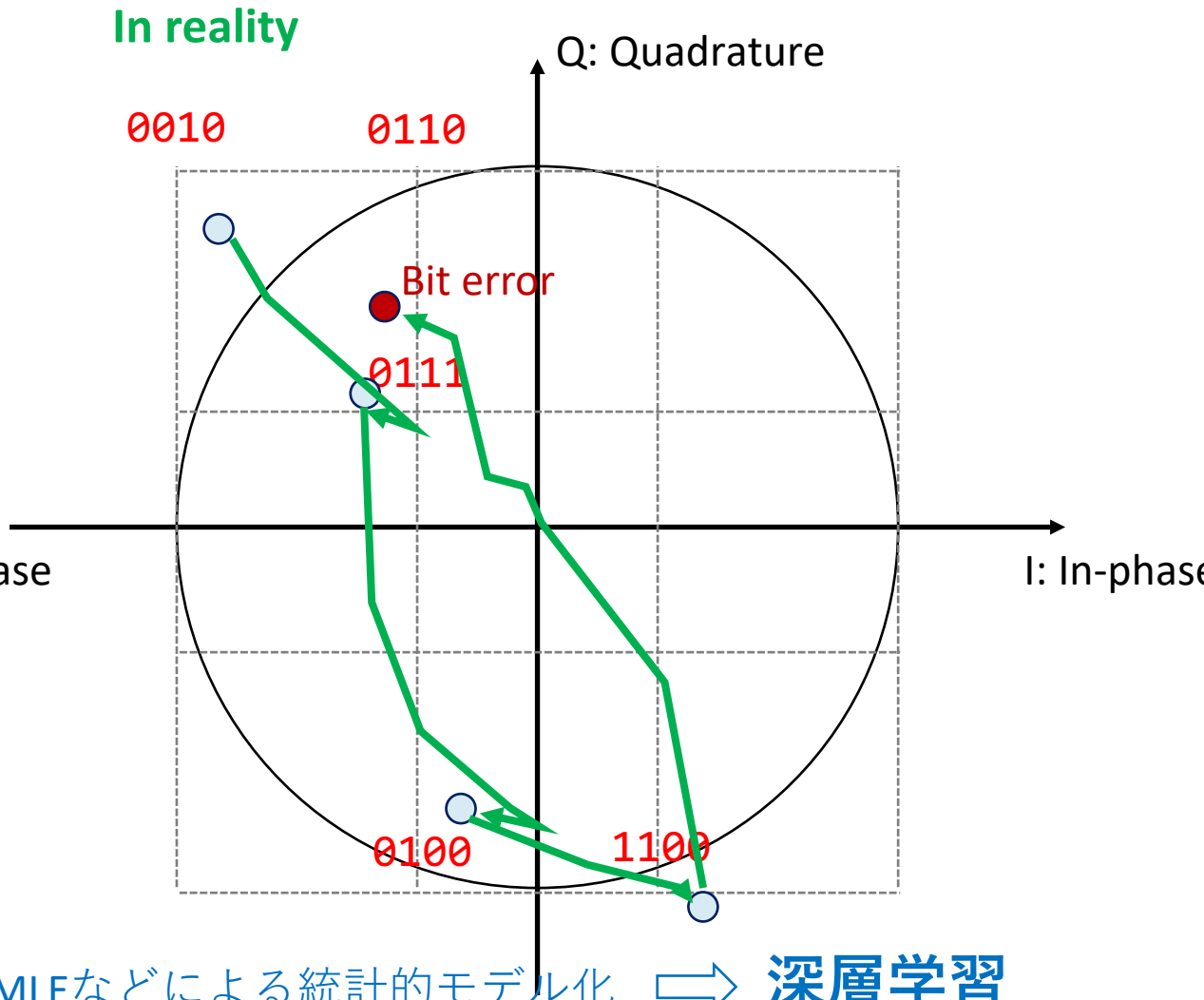
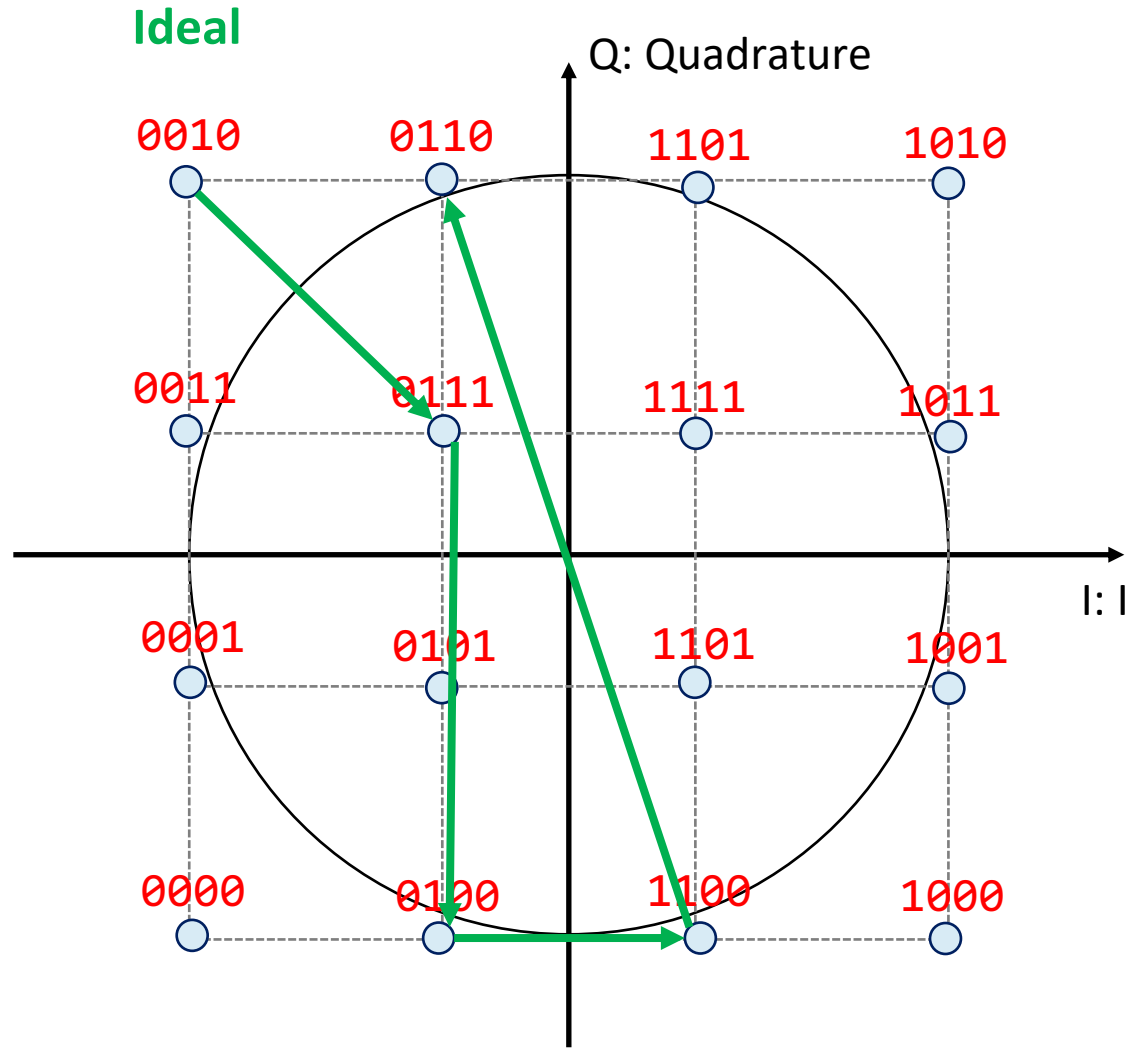
電波伝搬 (空間) や端末の移動も
現実世界・現象としてモデル化

RANのオープン化・仮想化による期待： 深層学習の応用（信号処理・制御）



シンボルあたりの信号密度の向上 (エラー率削減)

F. Restuccia et al., "Deep Learning at the Physical Layer: System Challenges and Applications to 5G and Beyond," IEEE Communications Magazine, Vol. 58, Issue 10, October 2020



EM/MLEなどによる統計的モデル化 ⇨ 深層学習

より効率的な変調・符号化
通信状況・要求・環境変化への動的な適応

無線通信と深層学習

- IoT通信基盤として

- 通信基盤の活用により**大量のデータを収集**し、現実世界・現象を学習しモデル化することで様々な課題を解決
 - 応用例) 一般物体認識、人物認識、異常検知、故障検知、線画自動着色、創薬、最適化・チューニング、バラ積み など...

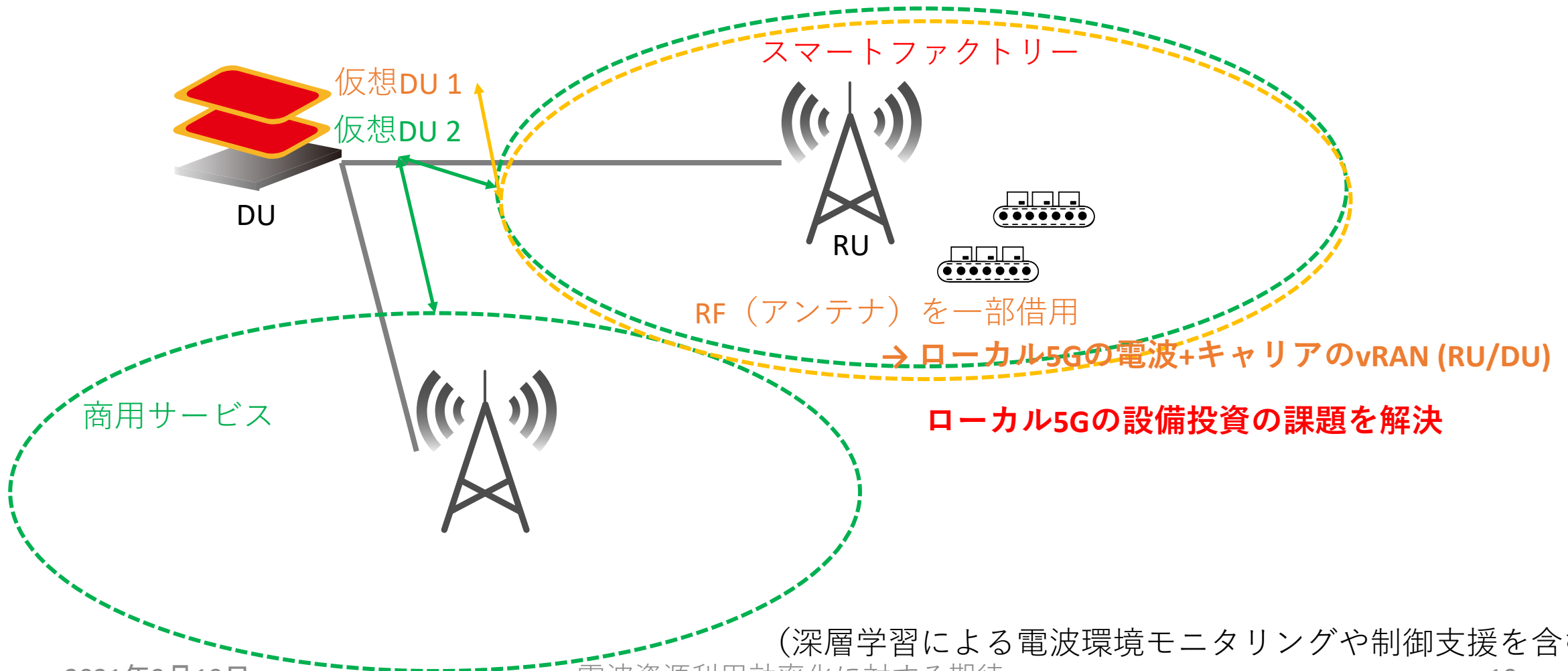
- 無線通信・運用技術として

- 物理層の効率化
 - シンボルあたりの信号密度の向上 (エラー率削減)
 - 最適な変調・符号化の選択
- **資源割り当ての最適化**
 - セル設計

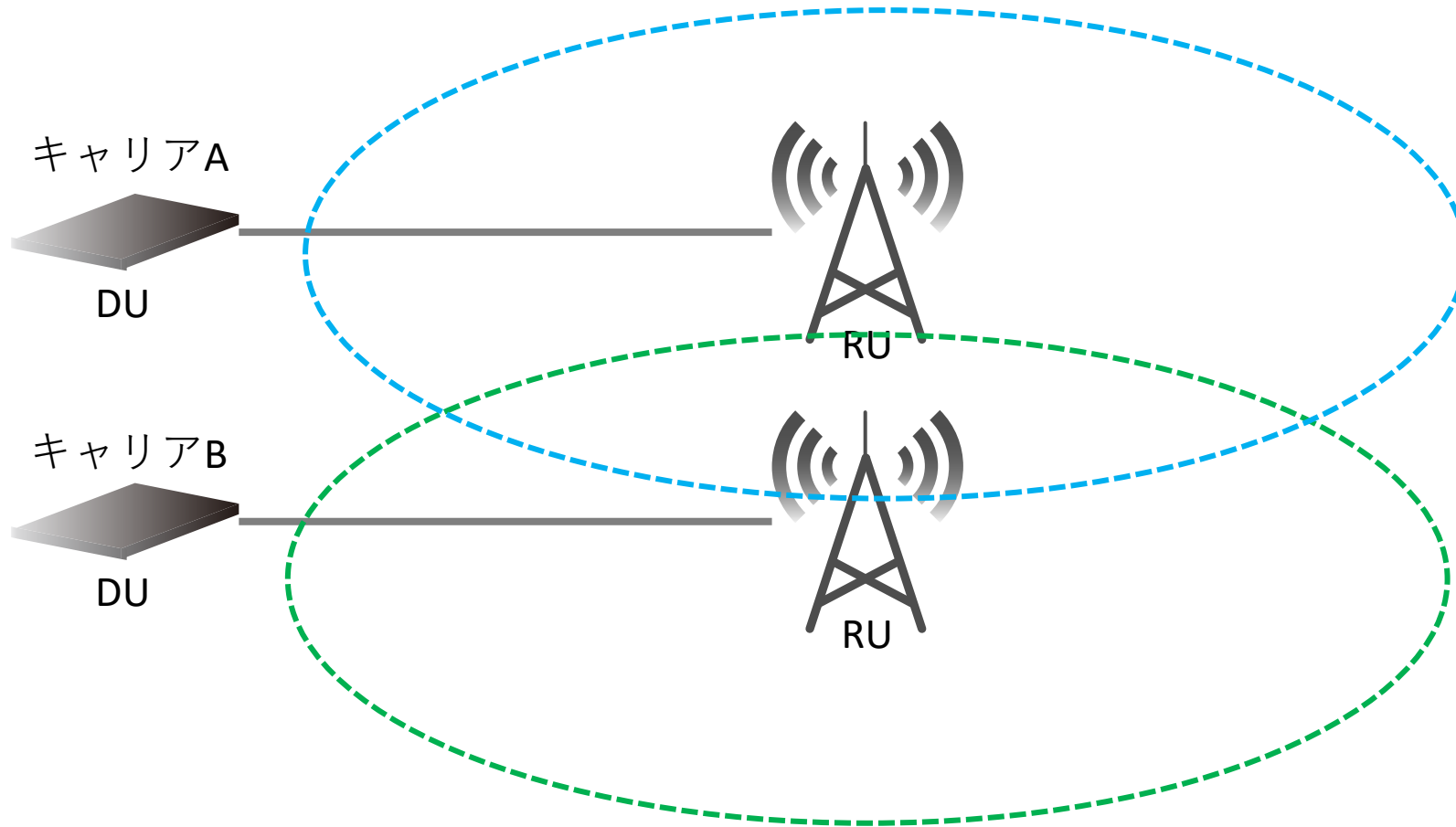
仮想化による電波資源利用効率化

- 仮想化：資源（計算機・通信）のハードウェアからの分離
- **動的電波資源割り当て**
 - 基地局・キャリアに結び付いている Licensed Band に
時空間軸で流動性を持たせる
 - 空間軸：空間に対する電波割り当て（ローカル5G） → 例）仮想ローカル5G
 - 時間軸：電波のスポット割り当て → 例）電波借用
 - 動的最適化（セル設計）・電波干渉事故対策等、
運用面で制御・モニタリング技術が必要不可欠
→ **機械学習・深層学習による運用支援・自動化**

仮想化による電波資源利用効率化： 動的電波資源割り当て (1)



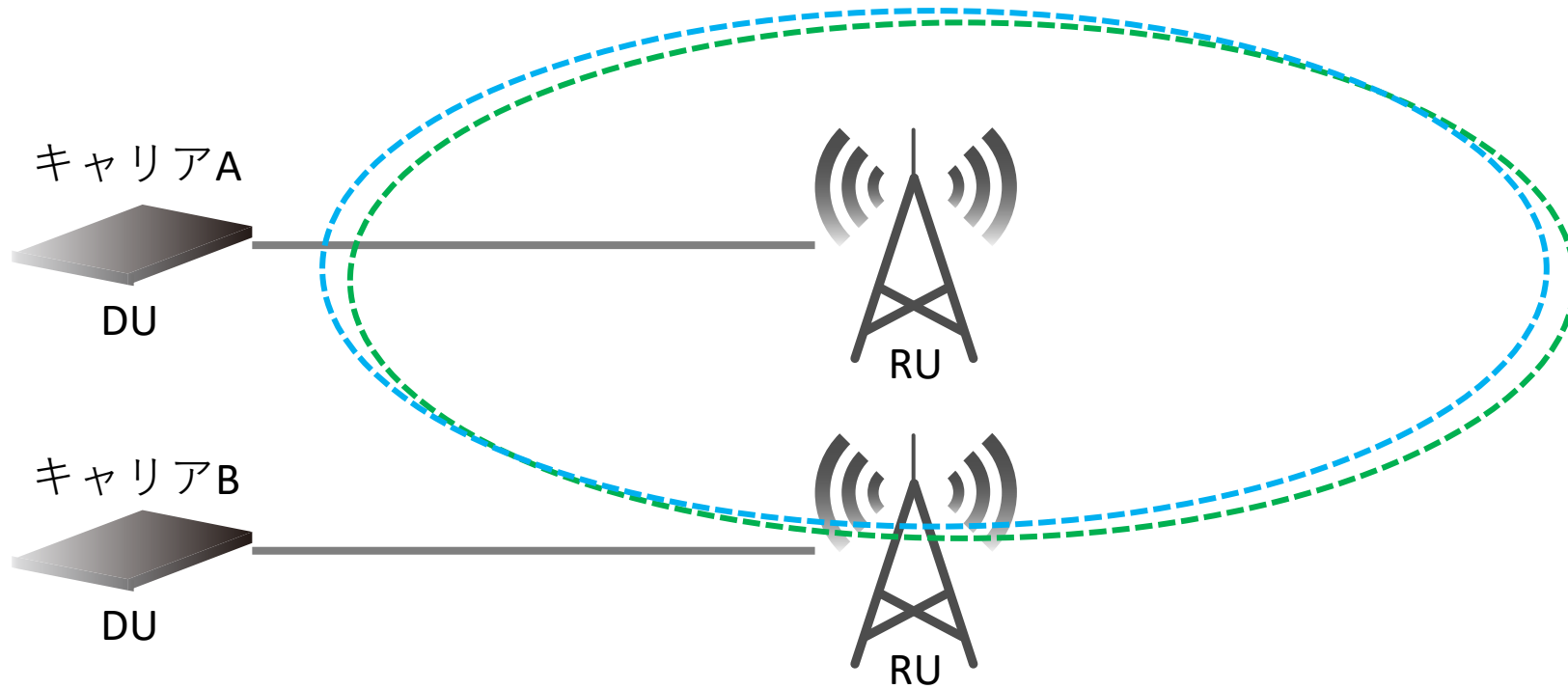
仮想化による電波資源利用効率化： 動的電波資源割り当て (2)



契約者数・利用者の偏り
→ **電波帯域の融通**

(深層学習による電波環境モニタリングや制御支援を含む)

仮想化による電波資源利用効率化： 動的電波資源割り当て (2)

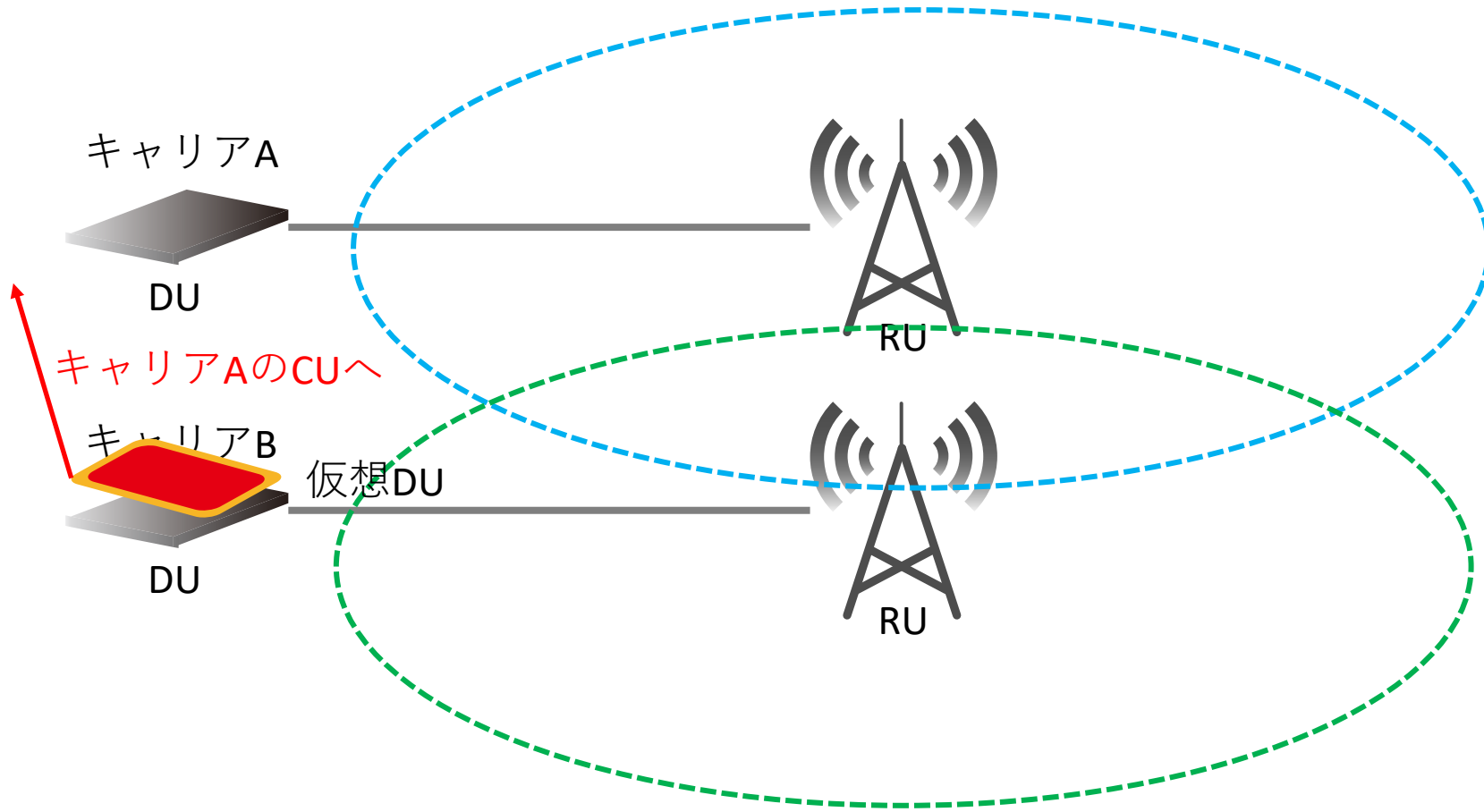


契約者数・利用者の偏り
→ **電波帯域の融通**

- 1) RFに余裕がある場合：
一部周波数を借用
(キャリアBはセル出力調整)

(深層学習による電波環境モニタリングや制御支援を含む)

仮想化による電波資源利用効率化： 動的電波資源割り当て (2)



契約者数・利用者の偏り
→ **電波帯域の融通**

- 1) RFに余裕がある場合：
一部周波数を借用
(キャリアBはセル出力調整)
- 2) RFに余裕がない場合：
RU/DUを借用
(キャリアBはセル出力調整)

(深層学習による電波環境モニタリングや制御支援を含む)

RANのオープン化・仮想化における課題

- 相互運用技術
 - 仮想RAN技術
 - 周波数（電波資源）やMU-MIMOストリームなど電波資源を融通する仕組み
- 法整備
 - 技術基準適合証明
 - RFに信号処理のソフトウェアをセットで技適審査
 - O-RANを含め、仮想化でRFと信号処理ソフトウェアが異なる場合、導入に障壁（特にローカル5G）
 - 動的な電波ライセンスング
 - 基地局の認証
 - 他キャリアのLicensed Band電波に対応する基地局の認証基準
 - 周波数帯
 - 動的割り当てをサポートする周波数帯域の確保

Beyond 5Gに向けたグローバルな研究動向

- ネットワーク制御 → Programmable Network Pronto [1] (DARPAによる支援)
 - Software-Defined Networking (SDN)
 - Intent-based Networking
 - Self-Driving Networks
 - In-Network Computing
- モビリティマネジメント
 - 高速移動体での通信技術 [2]
- ヘテロな無線通信技術の応用
 - 低軌道 (LEO: Low Earth Orbit) 衛星通信 [3]、衛星局・地上局ルーティング [4]

→ 機械学習や検証アルゴリズムが前提となってきた

[1] Foster N, McKeown N, Rexford J, Parulkar G, Peterson L, Sunay O. Using deep programmability to put network owners in control. ACM SIGCOMM Computer Communication Review. 2020 Oct 26;50(4):82-8.

[2] Li Y, Li Q, Zhang Z, Baig G, Qiu L, Lu S. Beyond 5G: Reliable Extreme Mobility Management. In Proceedings of the Annual conference of the ACM Special Interest Group on Data Communication on the applications, technologies, architectures, and protocols for computer communication 2020 Jul 30 (pp. 344-358).

[3] Vasisht D, Chandra R. A Distributed and Hybrid Ground Station Network for Low Earth Orbit Satellites. In Proceedings of the 19th ACM Workshop on Hot Topics in Networks 2020 Nov 4 (pp. 190-196).

[4] Hauri Y, Bhattacharjee D, Grossmann M, Singla A. "Internet from Space" without Inter-satellite Links. In Proceedings of the 19th ACM Workshop on Hot Topics in Networks 2020 Nov 4 (pp. 205-211).

次世代の無線通信技術を担う 無線通信人材育成への期待

- 無線通信のオープン化・仮想化
→ 特定レイヤ・領域の技術だけでなく、
システムの設計・運用まで幅広い知識が求められる時代に
 - 類似事例) クラウドコンピューティング
- 座学と実践のギャップを埋める施策
 - 現状の無線人材育成における課題：
『システム運用を含めた最先端技術とのギャップ』
 - アマチュア無線 → 実践的ではあるが、特定の技術に偏っている
 - 座学・シミュレータ → 実践（特にシステム運用）とのギャップ
 - 人材育成に向けた期待（例）：**大学等での教育目的の電波利用緩和**
 - ソフトウェア無線などを活用した先進的な技術・研究開発を実践的に学ぶ環境
 - （文部科学省等と連携して実践教育の強化）