

# 非地上系ネットワークにおける通信可能領域推定に関する研究

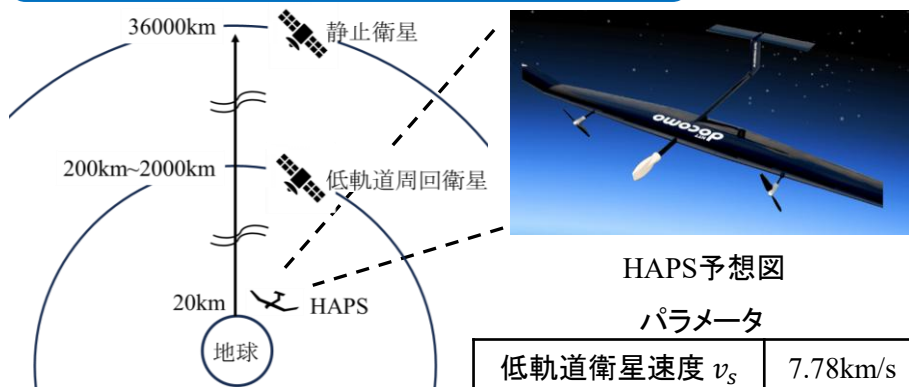


## Abstract

第6世代移動通信(6G)における重要な目標の一つとして通信エリアの拡張があげられる。そこで、あらゆる場所での通信を行う手段として**低軌道周回衛星**や高高度プラットフォーム(HAPS: High Altitude Platform Station)のといった“非地上系ネットワーク”の利用が検討されている。通信方式としては高効率な伝送が可能な**OFDM伝送方式**の利用が検討されているが、遅延時間やドップラーシフトの影響により通信品質が劣化する可能性がある。

本研究では非地上系ネットワークとの通信においてOFDM伝送方式の利用可能性を明らかにする。遅延時間、ドップラーシフトの影響の解析をもとに、安定した通信が可能となる**通信可能領域の推定**を行う。

## 1. 低軌道周回衛星とHAPS



パラメータ	
低軌道衛星速度 $v_s$	7.78km/s
低軌道衛星高度 $h_s$	2000km
HAPS速度 $v_h$	100km/h
HAPS高度 $h_h$	20km

非地上系ネットワークを使うと海上や山間部、災害時などでも通信可能

低軌道衛星よりHAPSは速度が遅く、通信距離が短い

出典:NTTドコモ, “ドコモのNTN(非地上系ネットワーク)”  
[https://www.docomo.ne.jp/area/nwpr/ntn/?icid=CRP\\_AREA\\_nwpr\\_to\\_CRP\\_AREA\\_nwpr\\_ntn](https://www.docomo.ne.jp/area/nwpr/ntn/?icid=CRP_AREA_nwpr_to_CRP_AREA_nwpr_ntn) (最終閲覧 2025/1/20)

## 2. OFDM伝送方式とSafety zone

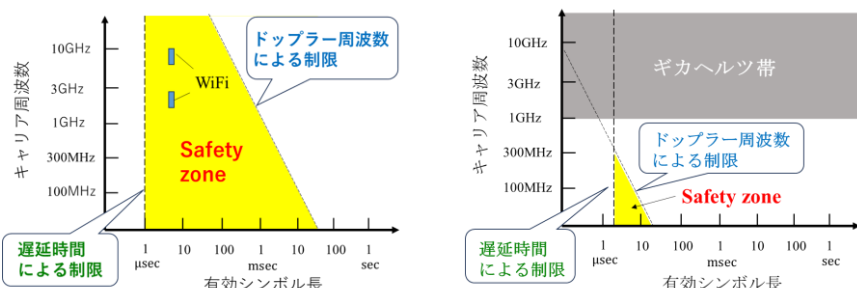
- 遅延時間にはシンボル長に起因する制限
- ドップラーシフトにはサブキャリア間隔に起因する制限 (サブキャリア間隔は有効シンボル長の逆数)

よって

$$\text{遅延時間} \times 10 < \text{有効シンボル長} < \frac{1}{\text{ドップラー周波数}} \times 0.01 \quad \dots (1)$$

を満たす必要がある

有効シンボル長を上式のように設定できれば高品質な通信が可能

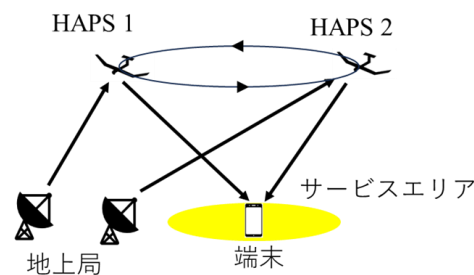


室内環境におけるSafety zone

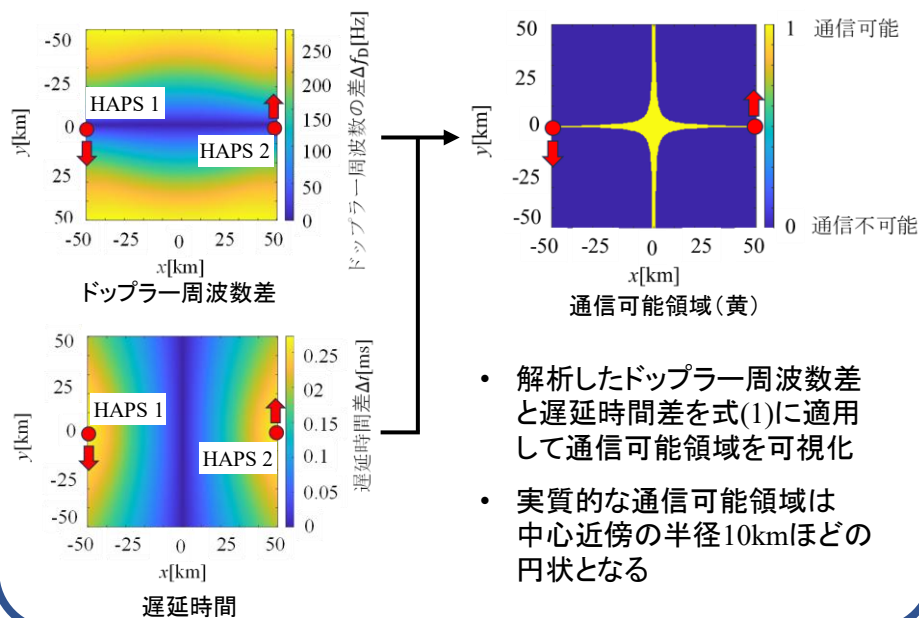
衛星通信におけるSafety zone

- 室内環境のSafety zoneでは、WiFi規格ははSafety zoneの中に設定
  - 衛星通信におけるSafety zoneはギガヘルツ帯まで届いていない
- ➡ 衛星通信でOFDM伝送方式を適応することは難しい

## 3. HAPS通信と通信可能領域



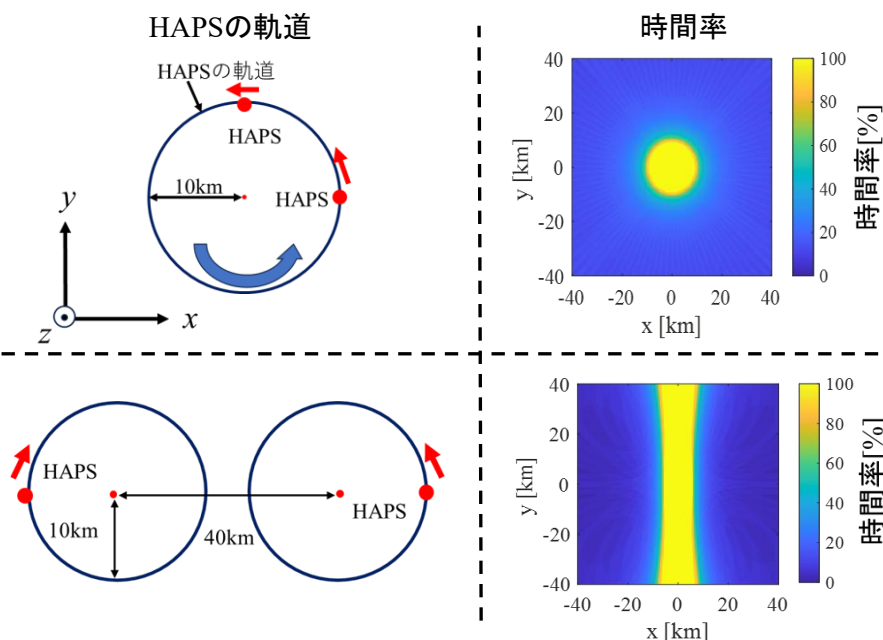
- HAPS通信では大容量通信のためにMIMOを想定して、2機のHAPSとの通信を検討
- 6Gでは5Gと同様OFDM伝送方式の採用が最有力候補



- 解析したドップラー周波数差と遅延時間差を式(1)に適用して通信可能領域を可視化
- 実質的な通信可能領域は中心近傍の半径10kmほどの円状となる

## 4. HAPS通信の時間率

**時間率**: HAPSが軌道を一周する間に通信可能領域と判定された割合。時間率にすることでHAPSのある軌道において、常に安定した通信が可能となる領域を把握することができる



## 5. まとめ

低軌道周回衛星との通信にOFDM伝送方式を適用することは困難であることが分かり、HAPSとの通信ではHAPSの軌道条件によって通信可能領域が変化することが分かった。HAPSが異なる軌道を異なる回転方向で移動する場合に、最も広い範囲で安定した通信が可能となることを示した。