

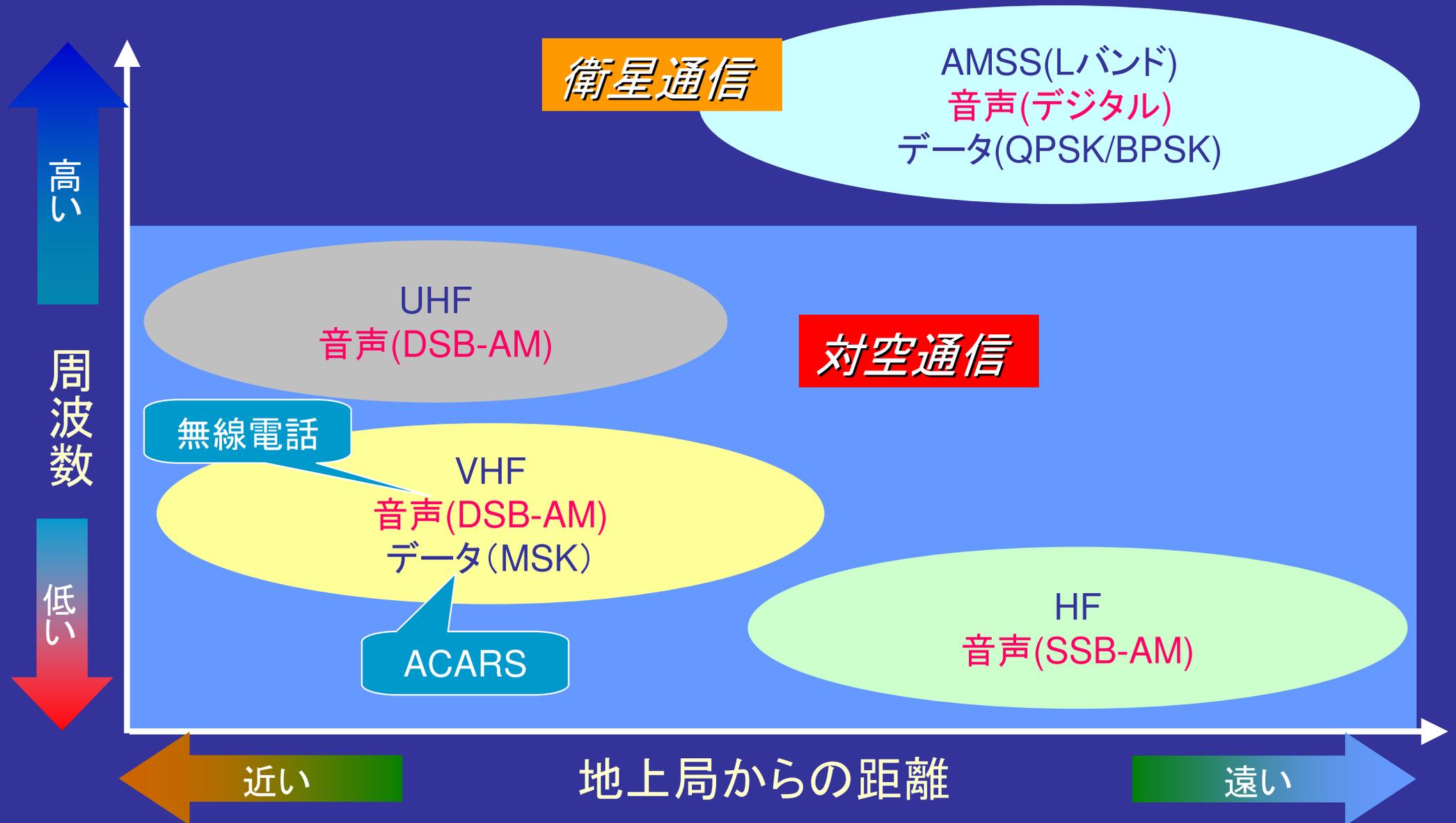
# 航空無線へのCDMA方式の 適用可能性

通信・航法・監視領域  
機上等技術領域  
客員研究員

北折 潤  
金田 直樹  
小園 茂

松久保 裕二  
塩見 格一

# 現行の空地通信システム



# 航空用VHFバンドの特徴

近距離航空通信で最も良く使われるバンド

- HFに比べ安定した通信を提供できる
- 118-137MHz(25kHz幅で760チャンネル)
- 航空管制通信(ATC)用チャンネルが**最多**
  - その他カンパニー無線(AOC)等にも割当て
- 大部分が**音声**通信用(DSB-AM無線電話)
  - 通信内容の傍受が容易
- **データ**通信用(ACARS、VDLモード2)
  - 高トラフィック時に伝送遅延が増加

# 将来の無線システムに求められる要件

日本では  
高速伝送の要求  
セクタ間ハンドオフで  
作業負荷減

欧米では  
空港密度も高く  
航空用チャネル不足

世界的には  
システム統一規格

周波数有効利用  
高速大容量回線  
高信頼性  
低コスト

# 高速・大容量回線の実現

現状では将来の通信需要増に対応できない

もっと根本的な解決案?

## ■ 割当バンドの追加

- VHF帯のバンド新規割当は極めて困難

## ■ バンドの有効活用

- 狭帯域化→チャンネル数は増、高速通信は困難
- 周波数使用効率の高い技術の導入→高速通信も可

## ■ 別バンドへの移行

- UHF、Lバンド、Cバンド...

# 航空通信分野での各国の取り組み

## ■ 基礎的な検討の段階

- 現時点で仕様の明らかな各種システムの比較
- 従来型の航空通信システム(ACARS, VDL含む)
- 第3世代携帯網、UMTS(IMT-2000)
- IEEE 802.11 無線LAN
- 衛星通信なども含めて...

未解決の技術的課題が山積

# 我々のアプローチ

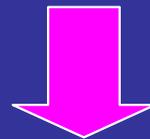
実用化されている各種通信システムの特徴



対空通信の特徴



移動体速度、基地局エリアサイズ、通信形態等が大きく異なる



管制通信の特徴から導かれる航空用高速通信の条件について研究

# 周波数利用効率の高い方式

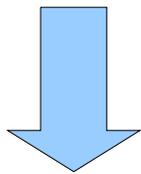
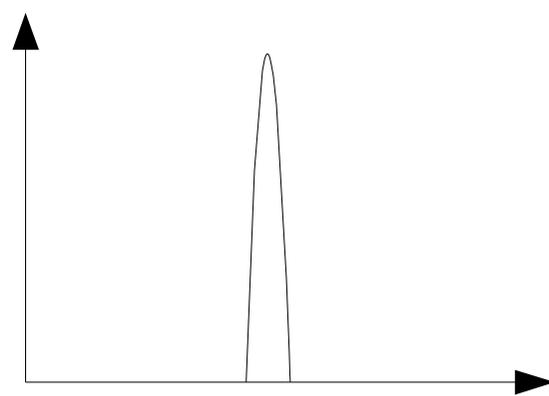
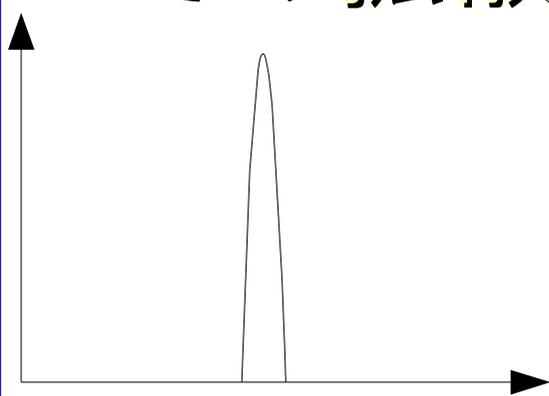
## ■ CDMA

- マルチパス、電波干渉に強い
- 通信の秘匿性が高い
- ソフトハンドオフ可
- 携帯電話網等の移動体通信に使われている

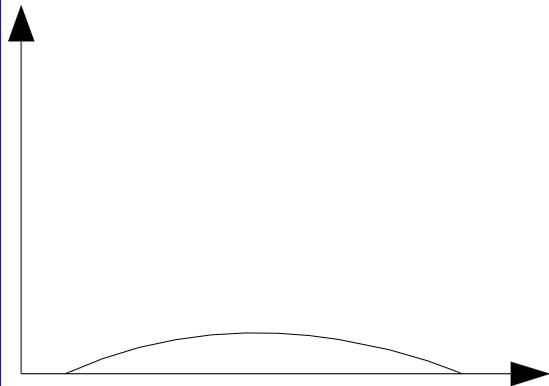
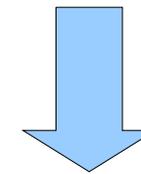
## ■ OFDM

- フェージング、マルチパスに強い
- ピーク電力が大きい
- 地上波デジタル放送等に使われている

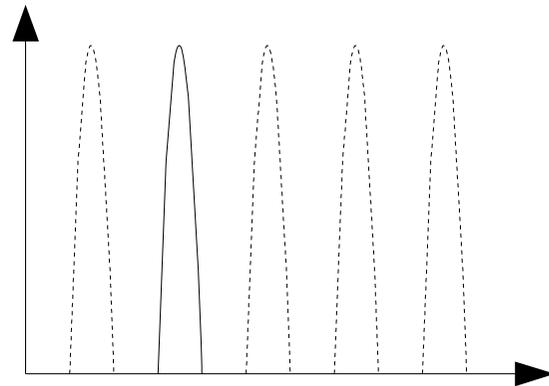
# CDMAでの拡散方式



スペクトル拡散すると



DS

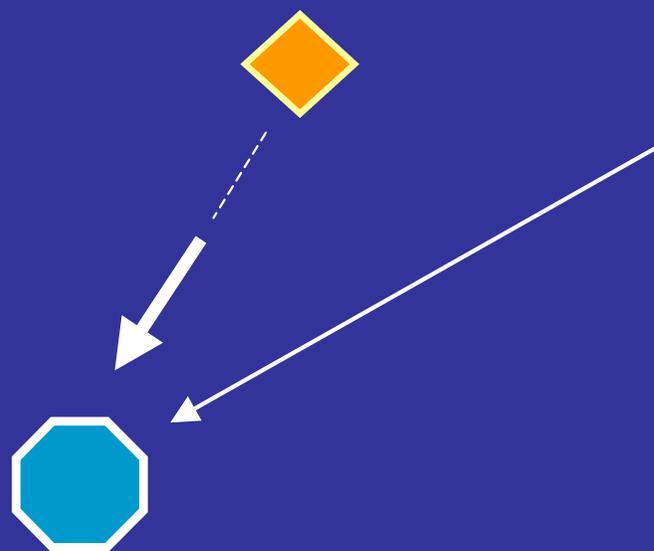


FH

# 拡散方式と遠近問題

遠方の局からの信号が近傍局の強い信号の干渉を受けて、受信性能が劣化するDS-CDMA特有の問題。

一般的に送信電力制御が有効。



拡散方式	直接拡散(DS)	周波数ホッピング(FH)
遠近問題	あり	なし
拡散比	大きく取れる	高速ホッピングに難あり

# 使用バンド候補

## ■ VHF

- 伝搬距離大(長距離用)
- 現用チャンネルとの干渉問題(移行時)

## ■ UHF

- 軍用がほとんど

## ■ Lバンド

- DME(距離測定装置)用を転用

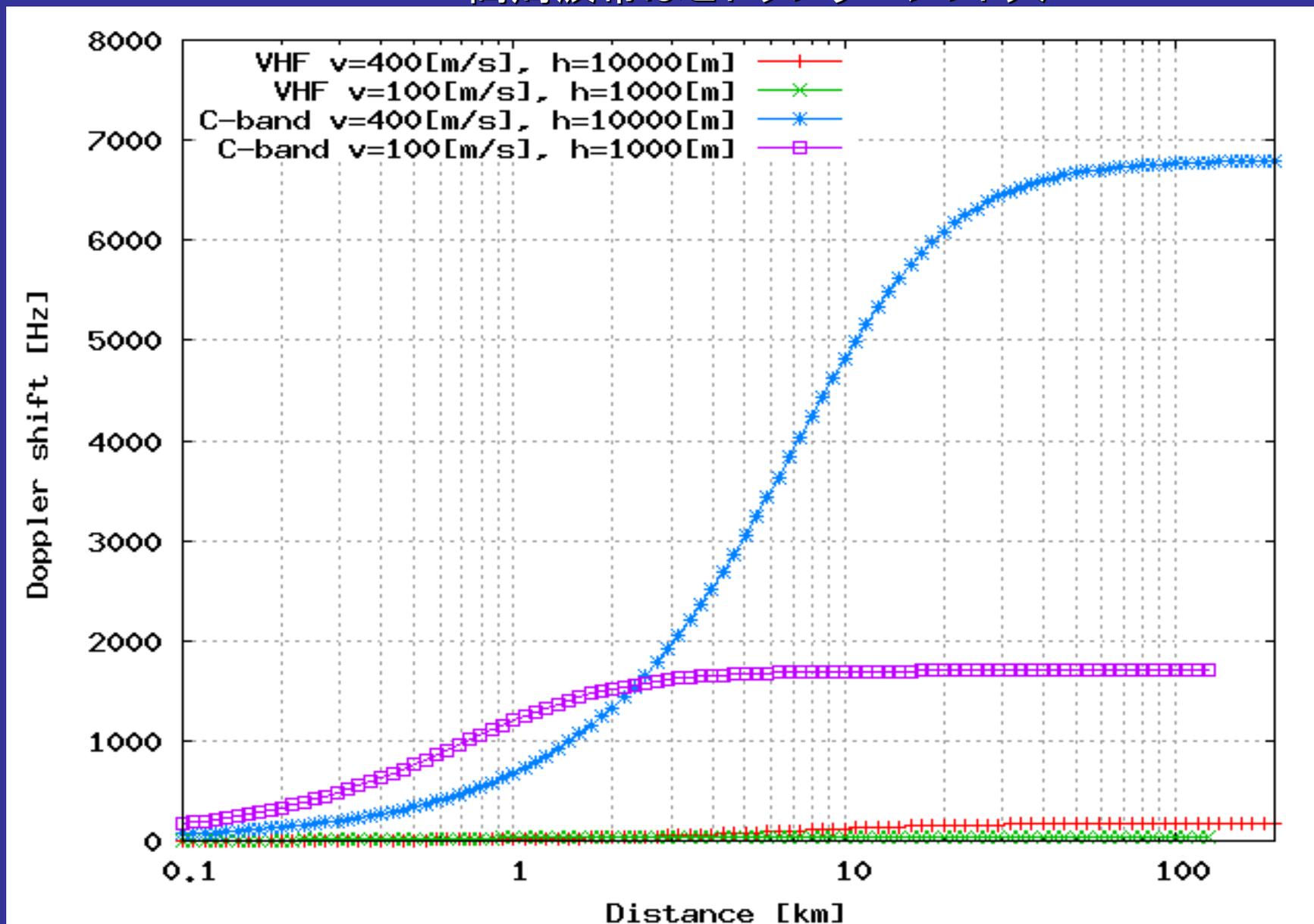
## ■ Cバンド

- MLS(マイクロ波着陸システム)用を転用
- 空間減衰大(近距離用)

元々は  
航法用  
バンド

# ドップラシフト

移動局の速度が大きいほどドップラシフト大  
高周波帯ほどドップラシフト大



# フェージング

状態	ライス係数 K[dB]	移動体最大速度 [m/s]
エンルート時	15.0	440.0
離着陸時	15.0	150.0
タキシング時	6.9	15.0
駐機時	-	5.5

出典元 Erik Haas, "Aeronautical Channel Modeling", IEEE Trans. Veh. Technol. Vol.51, No.2, Mar. 2002

# 対空無線の特徴からくる制約

## ■ 音声通信

- PTTによる半二重通信(操作上の互換性)
- 1局の送信を他の全局が聴取するパーティライン
- 移動局同士での直接交信もサポート

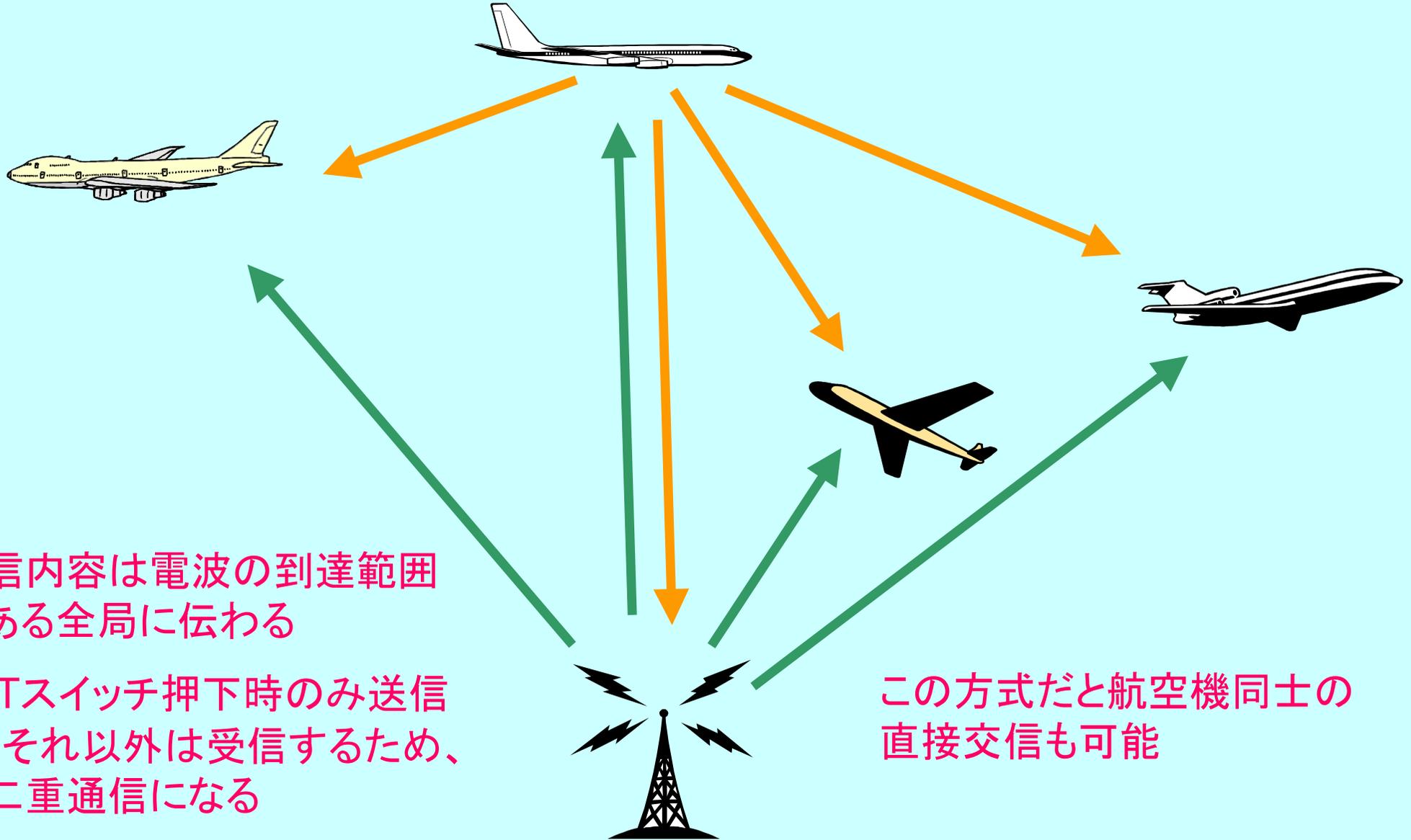
## ■ データ通信

- 基地局→全移動局(ブロードキャスト)
- 基地局対1移動局(双方向ユニキャスト)
- 1移動局→他の全移動局(ブロードキャスト)

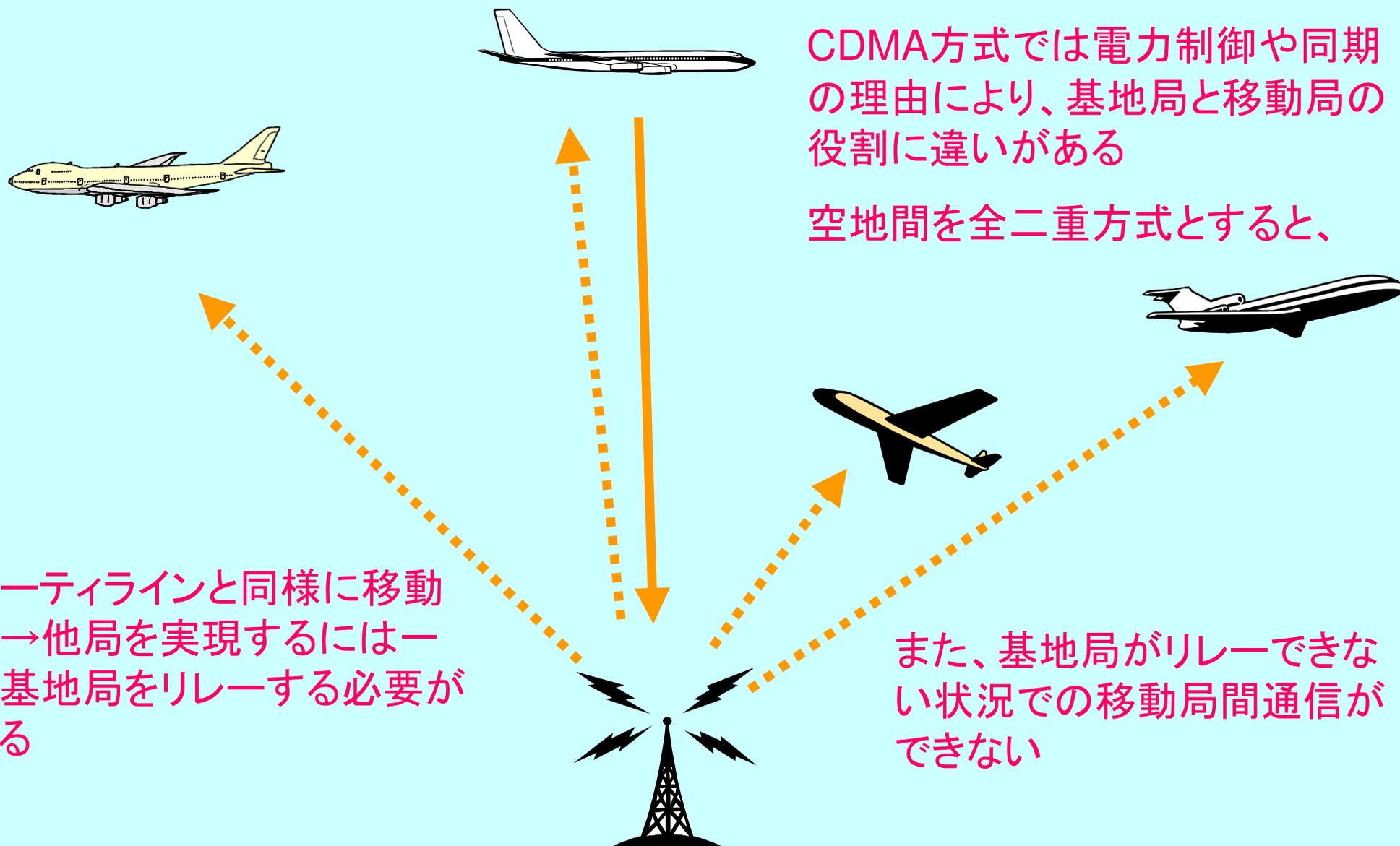
## ■ その他、ユーザからの要望事項等含む

- 飛行フェーズにより異なる移動速度
- 音声とデータの両者の取り扱い、等

# パーティライン



# 全二重方式



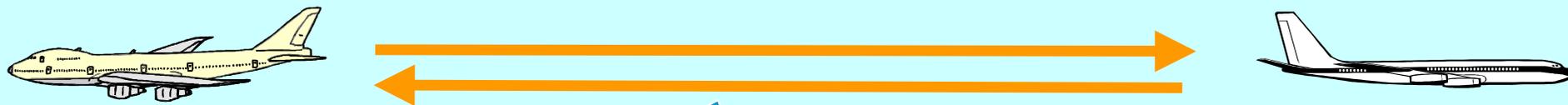
# 全二重vs半二重

- 管制通信では管制機関優先
  - 半二重は移動局間通信に向くが基地局優先は??  
また、通信負荷増大時の性能劣化は?
  - 全二重の方が高速通信に適切だが、移動局間通信をどう実現?

# FDDvsTDD

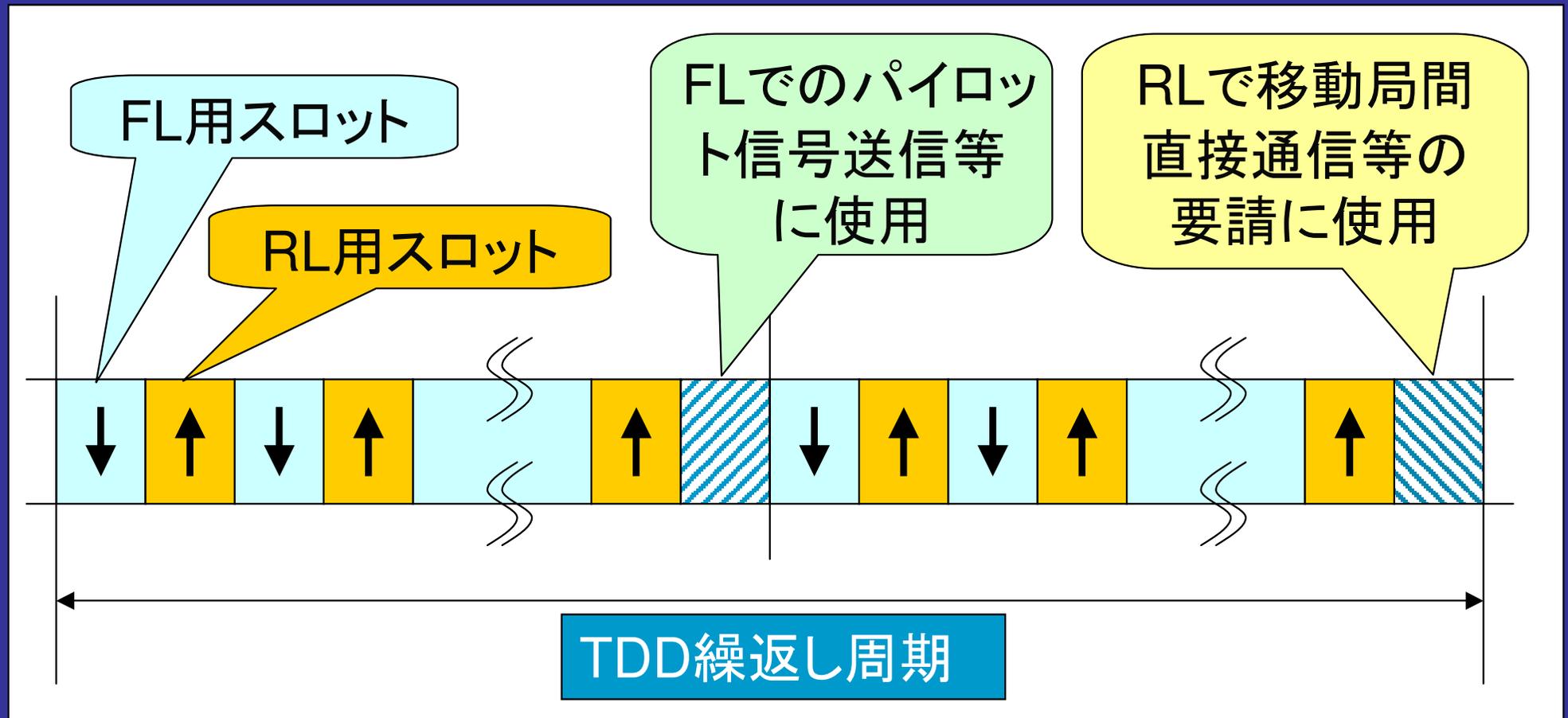
- 周波数分割duplex vs 時分割duplex
  - FDDは上下回線用にペアバンドを要する  
上下回線の伝搬状況が一致しない
  - TDDはRF回路が1系統で済む  
上下回線速度を非対称にもできる

# 移動局間直接通信



本来、移動局は基地局との通信を前提としているので、移動局間での直接通信ではどちらかの移動局が基地局の役割をしなければならない。

# TDDによる移動局間直接通信の実現



特別用途の時間スロットを用意する

# まとめ

- CDMA方式を航空無線システムに適用した場合の各種条件について考察した。

現行管制方式を前提とすると、

- 使用バンド: VHF帯、近距離ならLバンド、Cバンドも可
- 拡散方式: 周波数ホッピング
- 時分割duplexによる全二重

を満たす方式が適切である。



*Thank you very much  
for your listening!*

*Any questions?*

*contact address: jun@enri.go.jp*