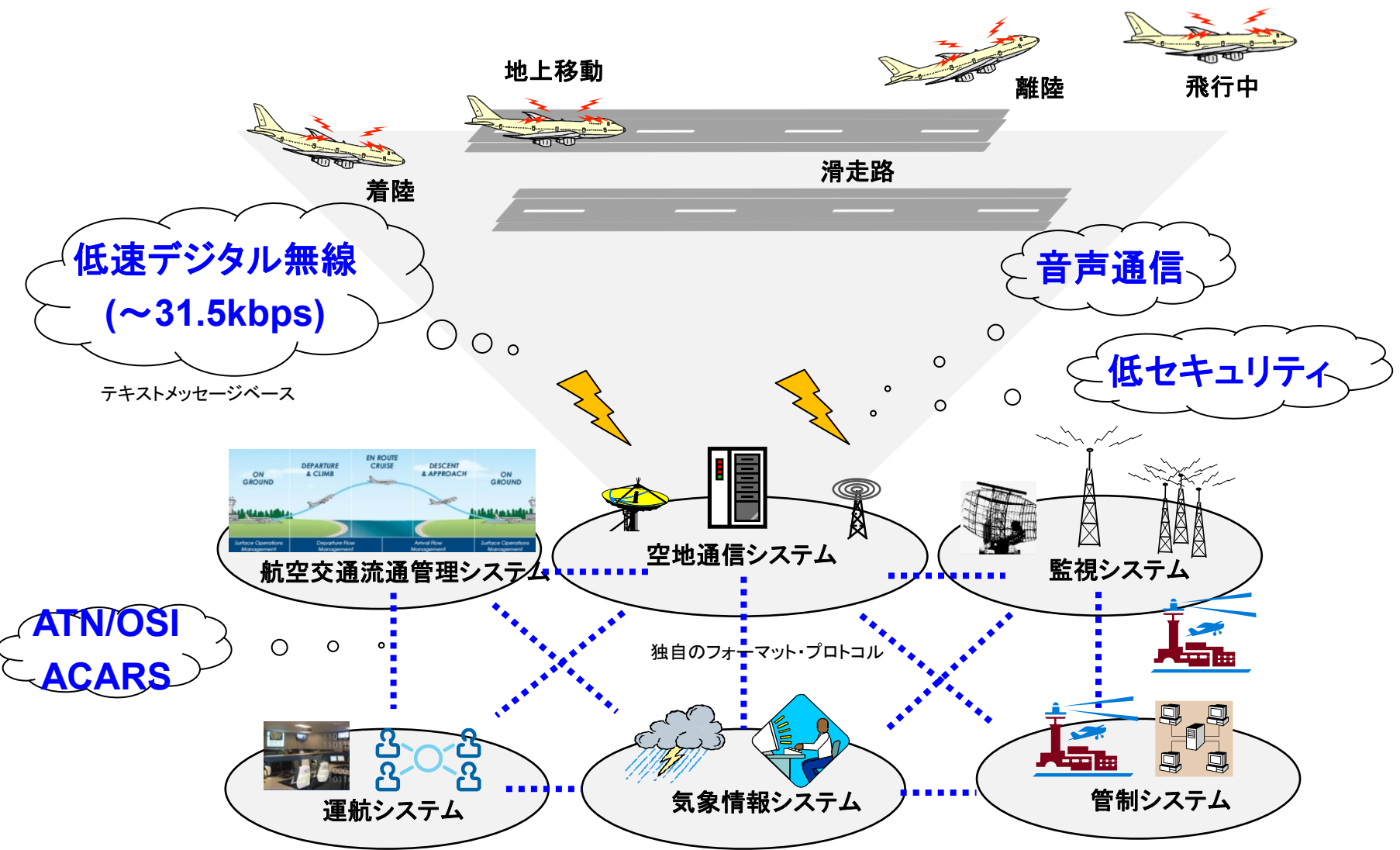


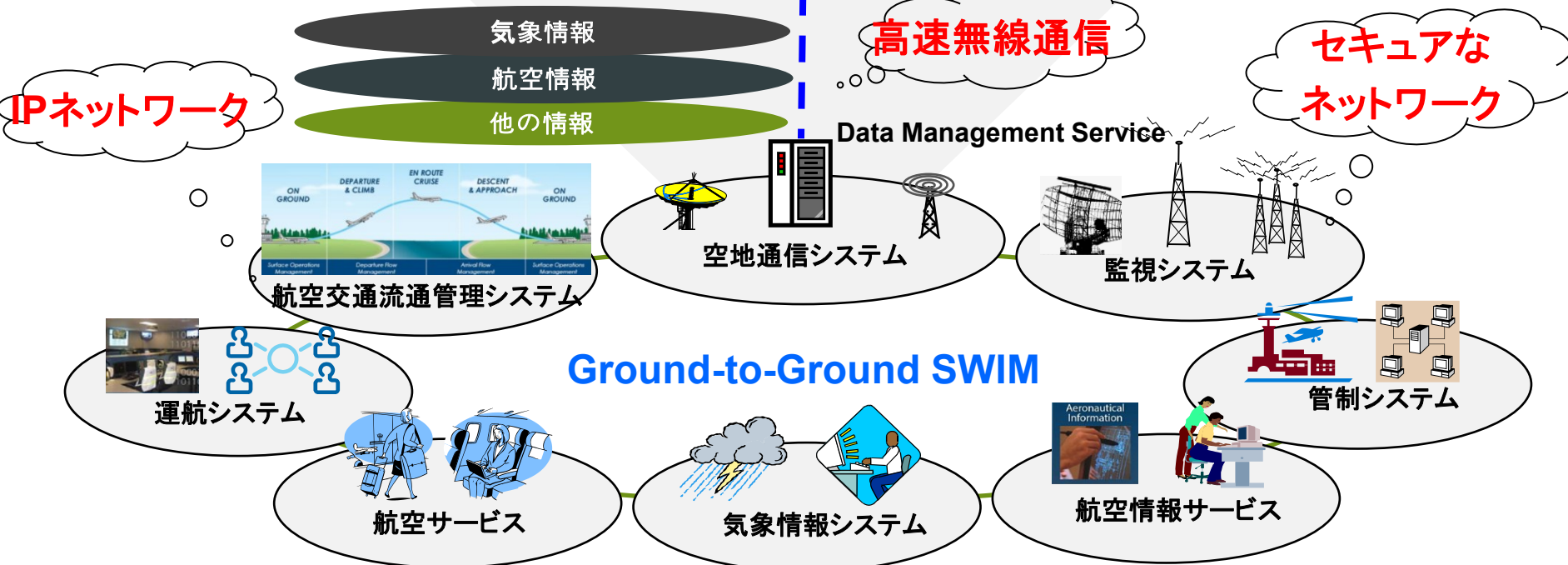
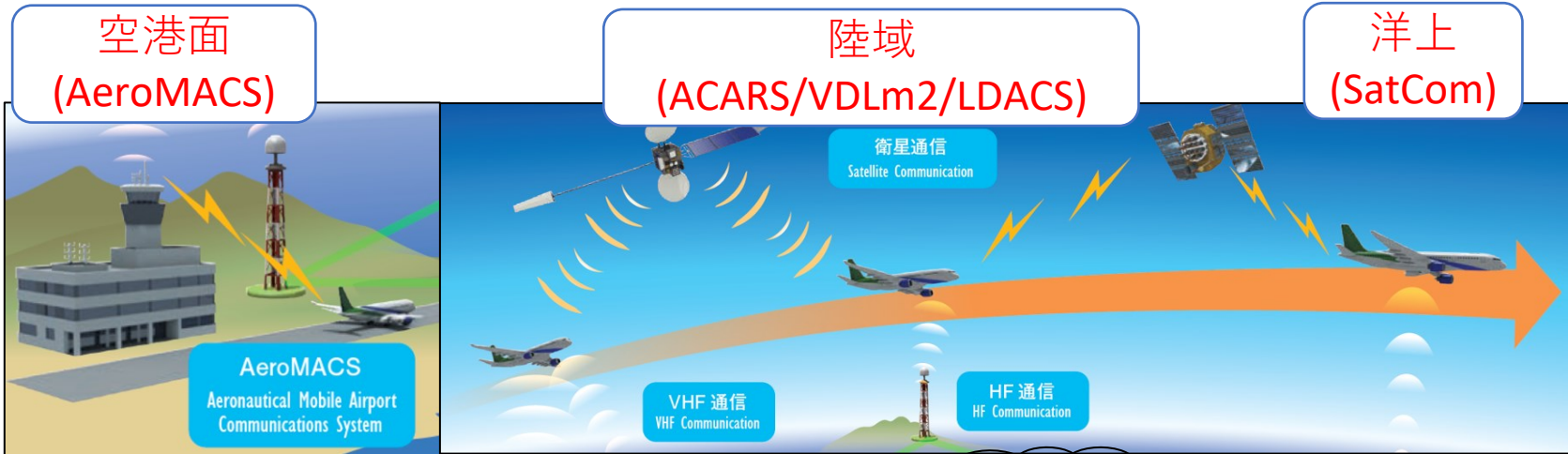
次世代マルチリンク航空無線システムに関する検討状況

監視通信領域 ※森岡 和行，河村 暁子，米本 成人，呂 暁東，
長縄 潤一，宮崎 則彦，佐藤 正彦

令和5年度（第23回）電子航法研究所研究発表会







研究目的:

- IP通信に対応した高速でセキュアな航空用データ通信システム
- マルチリンクで信頼性の高いシームレスな空地情報共有を実現

研究手法:

1. システムの基礎検討のためエミュレーションによる評価を実施
2. システムの実現可能性を検討するためプロトタイプを製作
3. 実証実験により、システムの有効性や課題について検討



多角的な視点からの評価によって得られた知見をもとに
国際標準化活動へ貢献

- ①研究背景と目的
- ②想定する航空用通信メディア
- ③マルチリンクエミュレータの開発
- ④プロトタイプの開発
 - IP-ACARSプロトタイプ
 - LDACSプロトタイプ
- ⑤実験用航空機よつばへの搭載
- ⑥まとめと今後の予定

- ①研究背景と目的
- ②想定する航空用通信メディア**
- ③マルチリンクエミュレータの開発
- ④プロトタイプの開発
 - IP-ACARSプロトタイプ
 - LDACSプロトタイプ
- ⑤実験用航空機よつばへの搭載
- ⑥まとめと今後の予定

現世代メディア

IP非対応

低速

低セキュリティ

- ACARS (Aircraft Communications Addressing and Reporting System)
※本研究にてIP化の一手法を検討
- VDLm2 (VHF Data Link - Mode 2)
※今後ICAOにてIP化の標準化が検討開始予定
- 衛星通信

次世代メディア

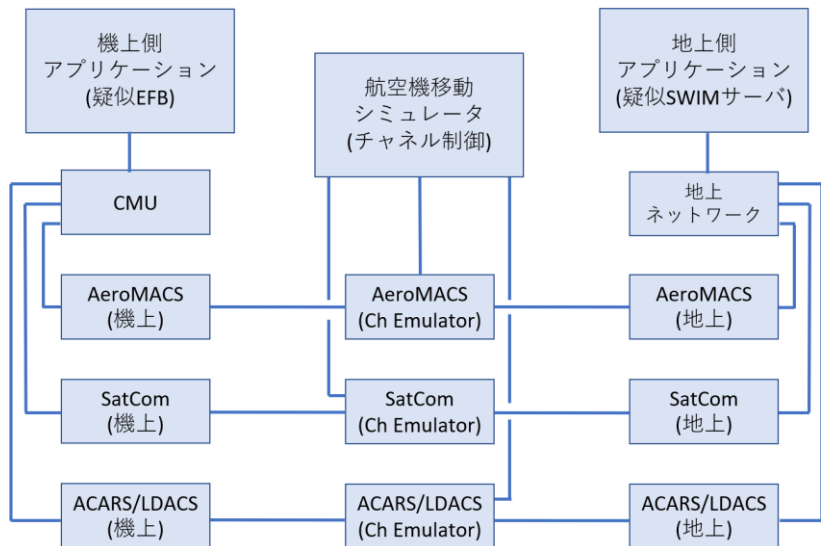
IP対応

高速

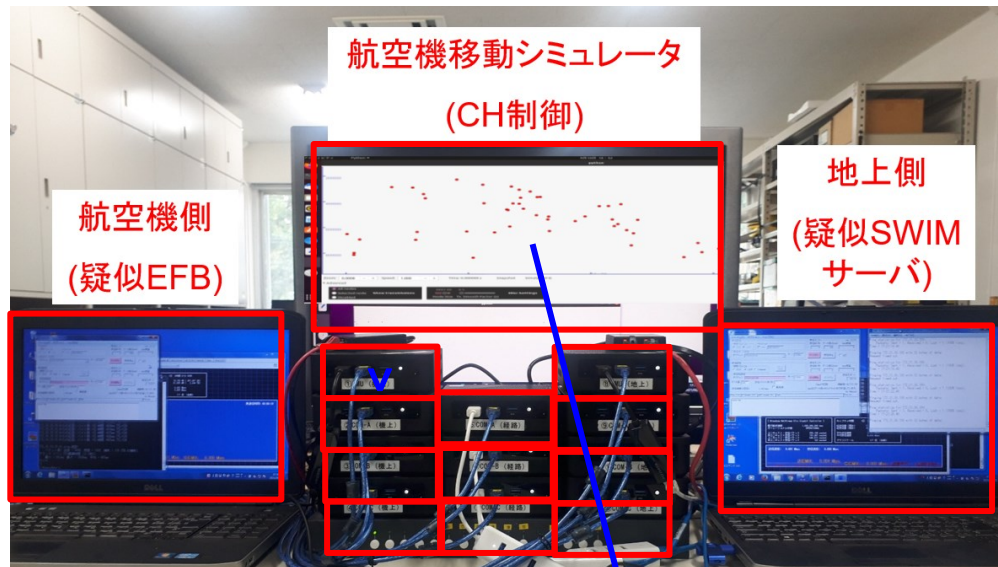
高セキュリティ

- AeroMACS (Aeronautical Mobile Airport Communications System)
空港面 2016年に標準化済、WiMAXベースから5G等ベースに修正するための検討開始
- LDACS (L-band Digital Aeronautical Communications System)
陸域 標準化中
- 次世代衛星通信
洋上 標準化中

- ①研究背景と目的
- ②想定する航空用通信メディア
- ③マルチリンクエミュレータの開発**
- ④プロトタイプの開発
 - IP-ACARSプロトタイプ
 - LDACSプロトタイプ
- ⑤実験用航空機よつばへの搭載
- ⑥まとめと今後の予定



CMU : Communication Management Unit

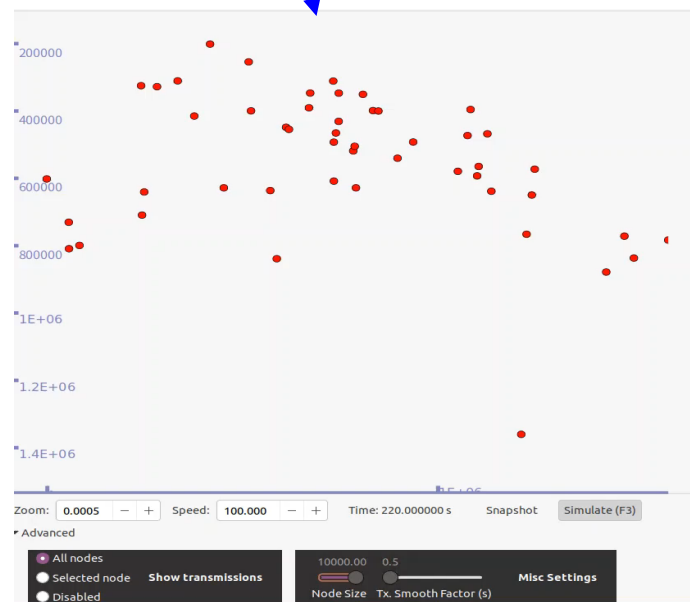


○航空機移動シミュレータ(チャネル制御)

- 地上局と機上局との距離、各無線機の送信電力、アンテナ利得等から各時刻における信号強度を計算

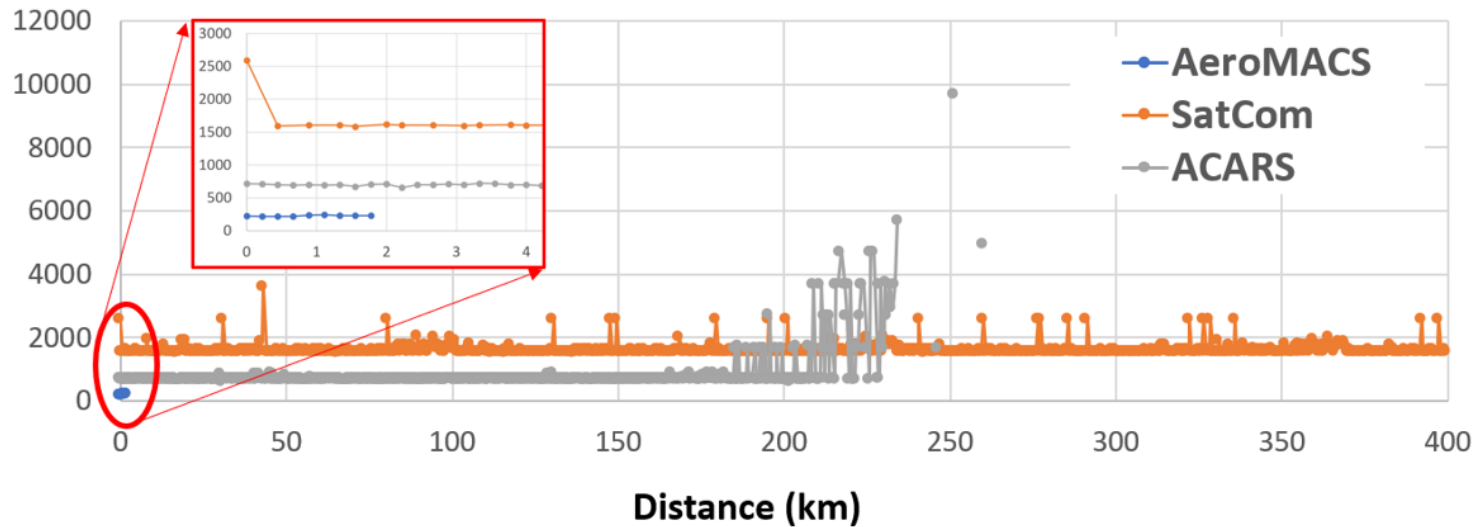
- 信号強度とパケットロス率の関係、覆域内の航空機数との関係からパケットロス率、利用可能な帯域幅(通信速度)をチャネルエミュレータにリアルタイム設定

- メディアの特性をパラメータとして与えることで、どのようなメディアでもモデル化し、評価を行うことが可能





Delay (ms)



- ①研究背景と目的
- ②想定する航空用通信メディア
- ③マルチリンクエミュレータの開発
- ④プロトタイプの開発**
 - IP-ACARSプロトタイプ
 - LDACSプロトタイプ
- ⑤実験用航空機よつばへの搭載
- ⑥まとめと今後の予定

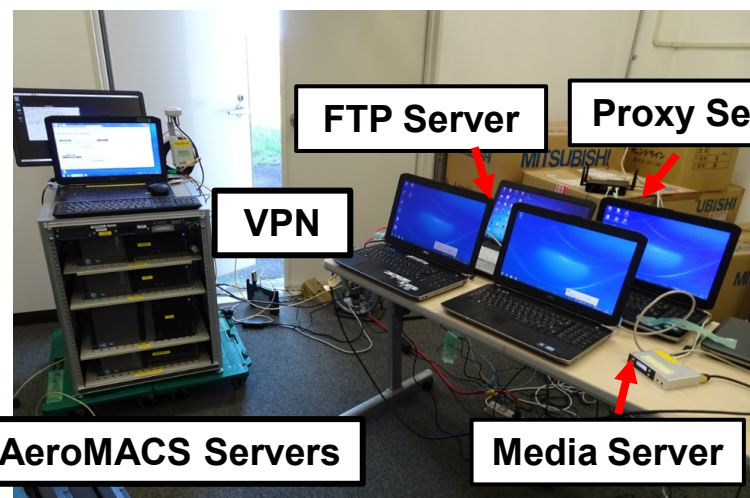
- AeroMACS



AeroMACS航空機局



AeroMACS地上局



AeroMACS Servers

VPN

FTP Server

Proxy Server

Media Server

- 衛星通信 (IP対応)



インマルサット航空機局

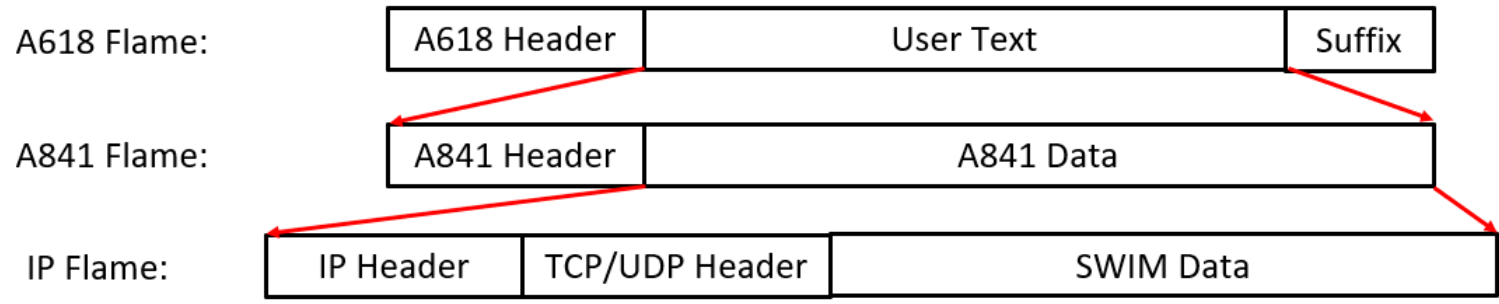
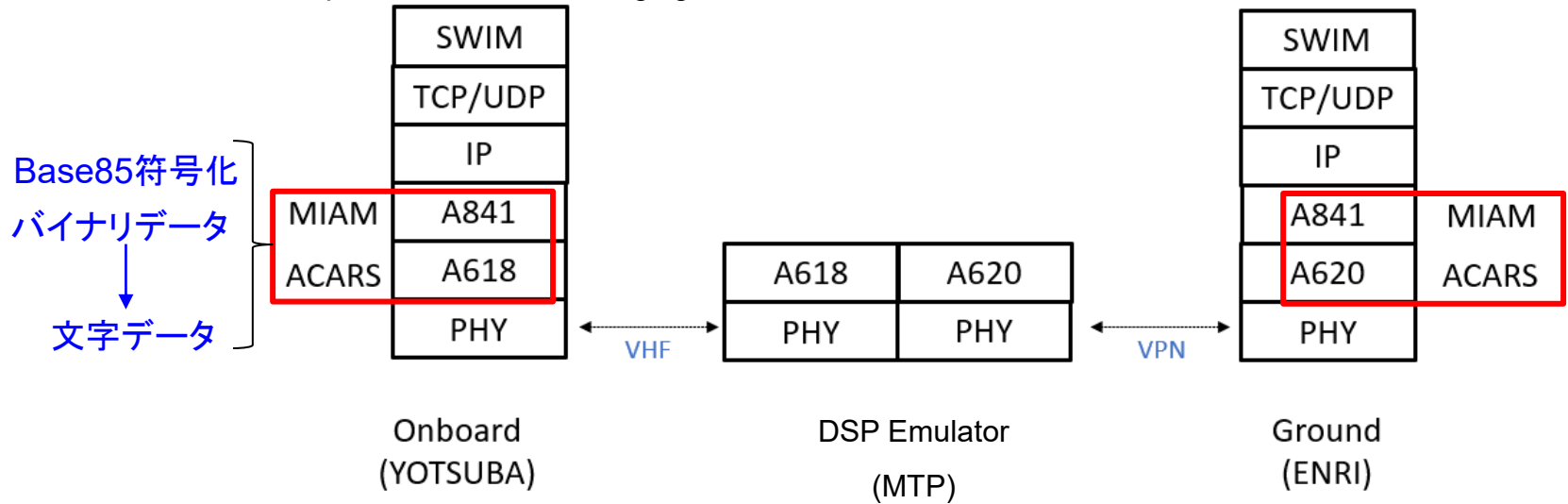


インマルサット航空機搭載アンテナ

- ACARS (IP化) ※VDLm2は将来対応予定
- LDACS

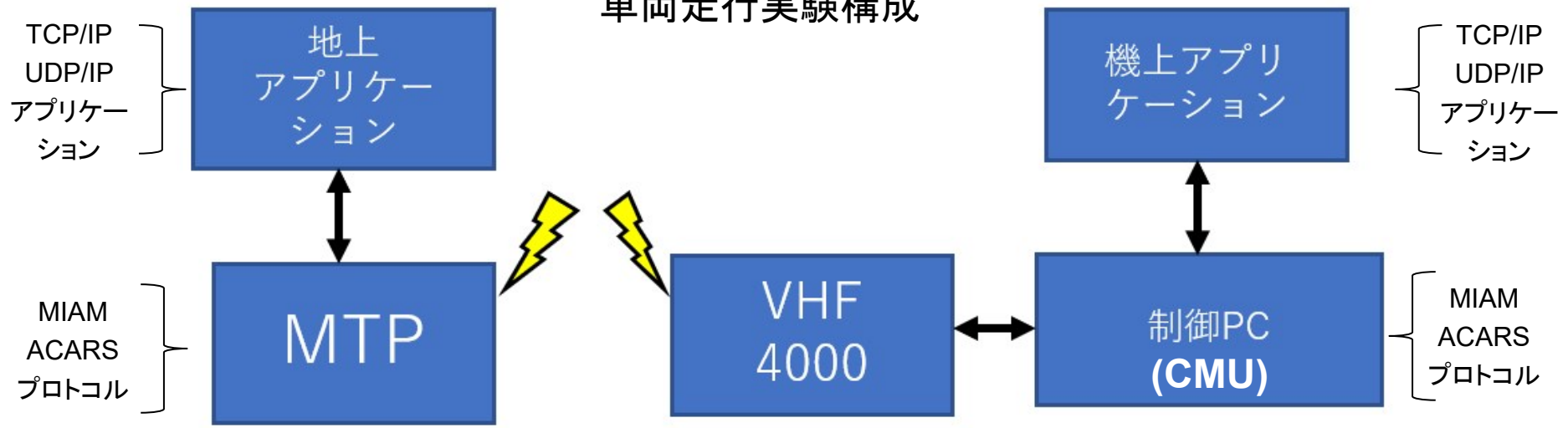
- ①研究背景と目的
- ②想定する航空用通信メディア
- ③マルチリンクエミュレータの開発
- ④プロトタイプの開発**
 - IP-ACARSプロトタイプ
 - LDACSプロトタイプ
- ⑤実験用航空機よつばへの搭載
- ⑥まとめと今後の予定

※MIAM: Media Independent Aircraft Messaging



- ACARS (ARINC618)はキャラクタベースなのでIPパケットを取り扱うことはできない
- MIAM(ARINC841)を導入することでIP化を実現
- IP化により、IPアプリケーションの利用、セキュリティの強化、なりすまし防止が可能

車両走行実験構成



機上VHFデータ通信システム(車載型)

疑似地上
プロバイダ装置



※MTP: Multi Test Platform (地上プロバイダを疑似する装置)

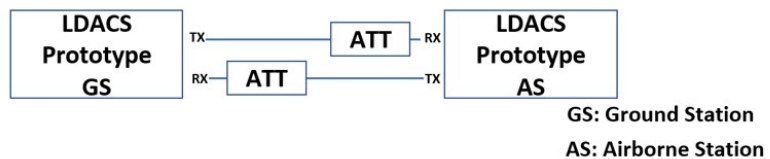
※CMU: Communication Management Unit

車両走行実験

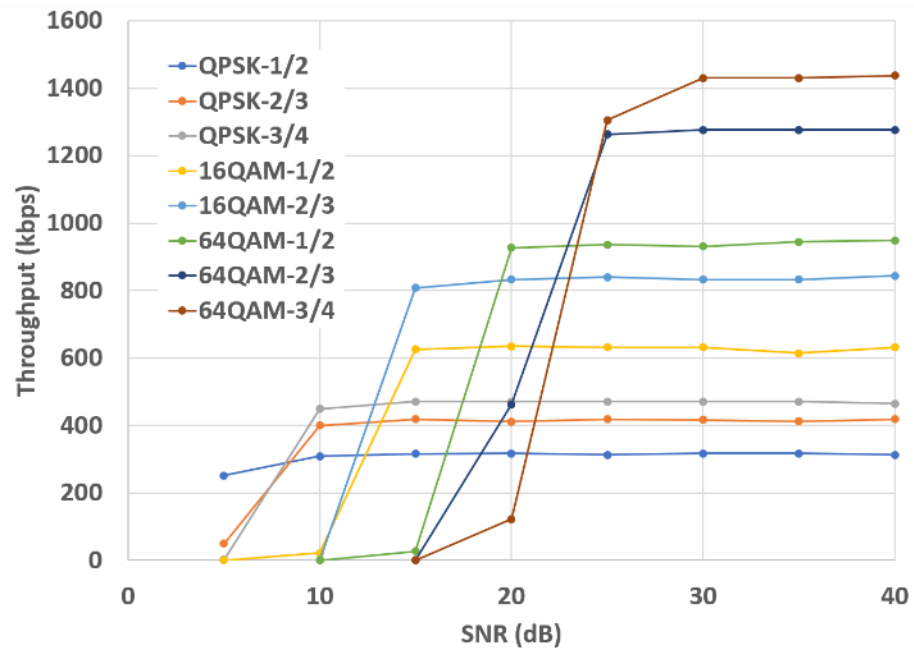


- 見通し内であれば良好な信号強度が得られた
- 信号強度が良好でも通信に失敗する場合があった (スキッタ信号と衝突?)
- 再度地上実験を実施し(6月末)、性能改善のうえ飛行実証につなげる

- ①研究背景と目的
- ②想定する航空用通信メディア
- ③マルチリンクエミュレータの開発
- ④プロトタイプの開発**
 - IP-ACARSプロトタイプ
 - LDACSプロトタイプ**
- ⑤実験用航空機よつばへの搭載
- ⑥まとめと今後の予定



LDASプロトタイプの外観とラボ試験構成



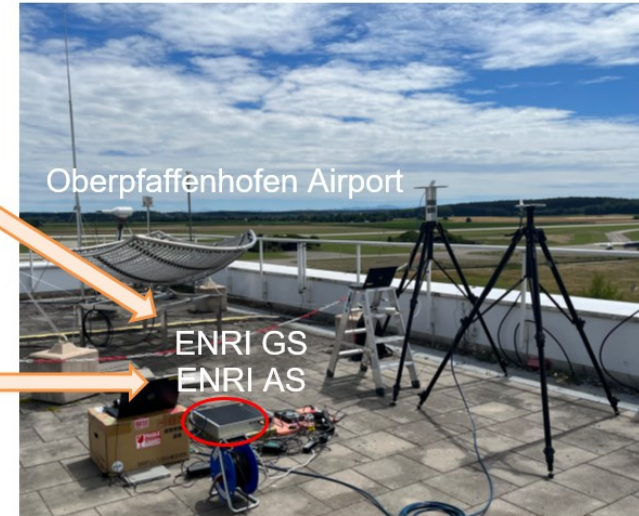
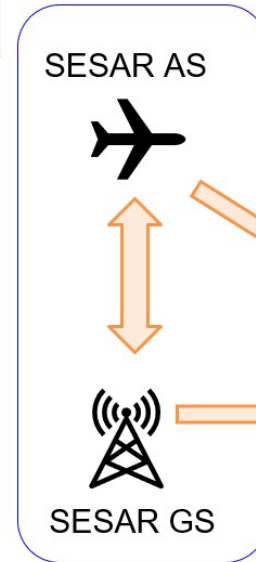
ラボ試験結果 (通信速度)

- 前研究プロジェクトでLDACS物理レイヤ評価システム(LPES: LDACS Physical Layer Experimental System)を開発・評価
- 本研究プロジェクトでは、リアルタイムでIP通信可能なLDACSプロトタイプを開発
- 実験室にて基本性能評価を実施し、仕様通りの通信速度を実現できることを確認
- 基本性能評価結果をENRIバリデーションレポートとしてICAOでの標準化活動へ報告

- SESAR LDACS Flight Trial, July, 2022



SESAR飛行実験の様子



飛行実験中の相互接続性試験構成

- 2022年4月～12月:ドイツ航空宇宙センター(DLR)にて在外研究を実施
- 2022年7月にSESARプロジェクトのもとLDACSの飛行実験が実施された
- SESARプロトタイプとENRIプロトタイプ間の相互接続性試験を実施

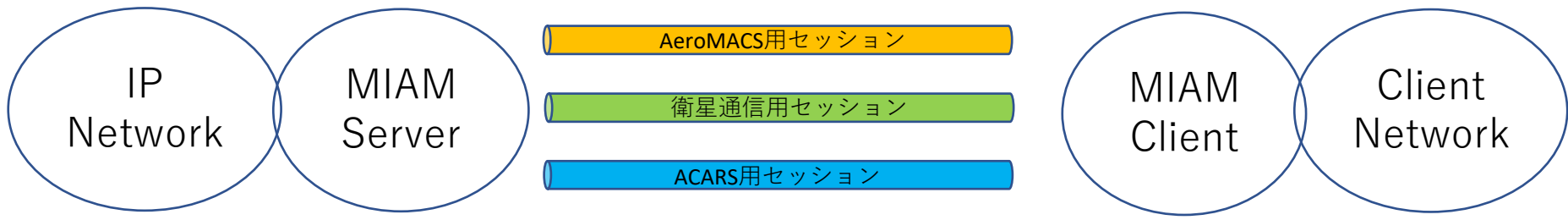
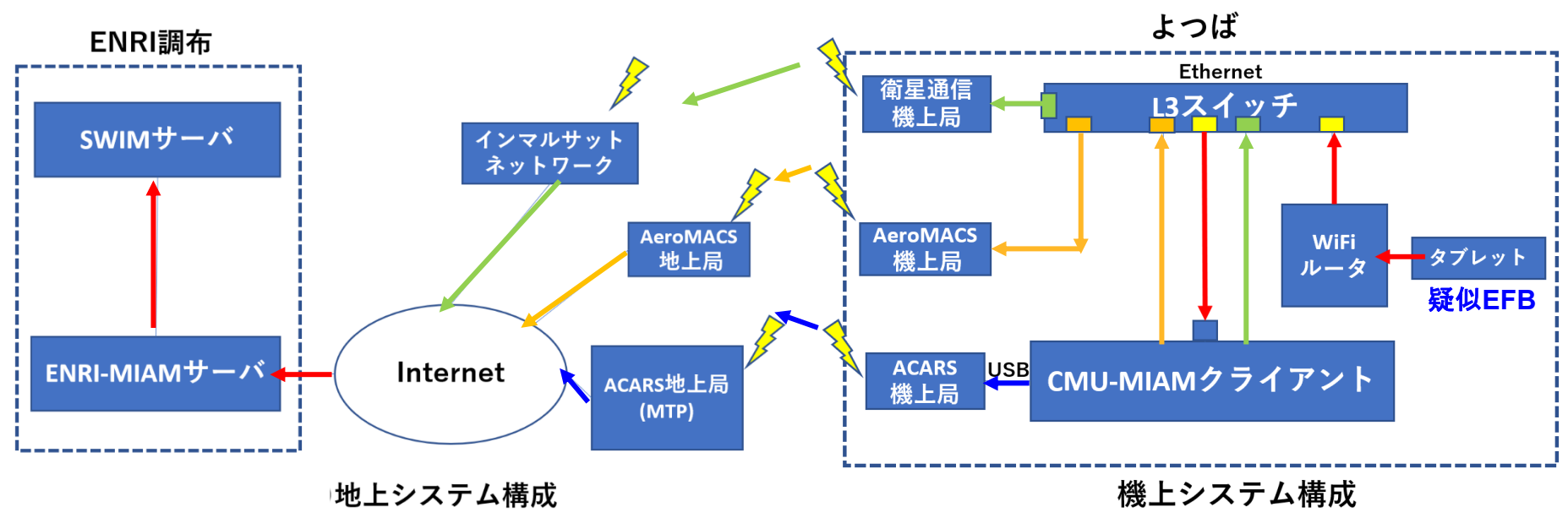
SESTARプロトタイプの送信する信号をENRIプロトタイプでリアルタイムに受信・復号している様子

The screenshot displays the LDACS software interface. On the left, there are three panels for statistics: L1 Statistics (Tx/Rx), L2 Statistics (RL Tx/Rx), and L2 Statistics (FL Tx/Rx). The L1 panel shows RSSI at -70, Rx BCCH at 489, and Rx DCH at 17532. The L2 panels show various protocol parameters like CELL_REQ, POW_REP, ACK_CUM, etc. On the right, there is a 'Constellation Graph' showing a QPSK constellation with four red points and connecting lines. Above the graph, EVM (%) is 6.05447 and EVM (dB) is -24.3585. Below the graph, there is a table of network traffic.

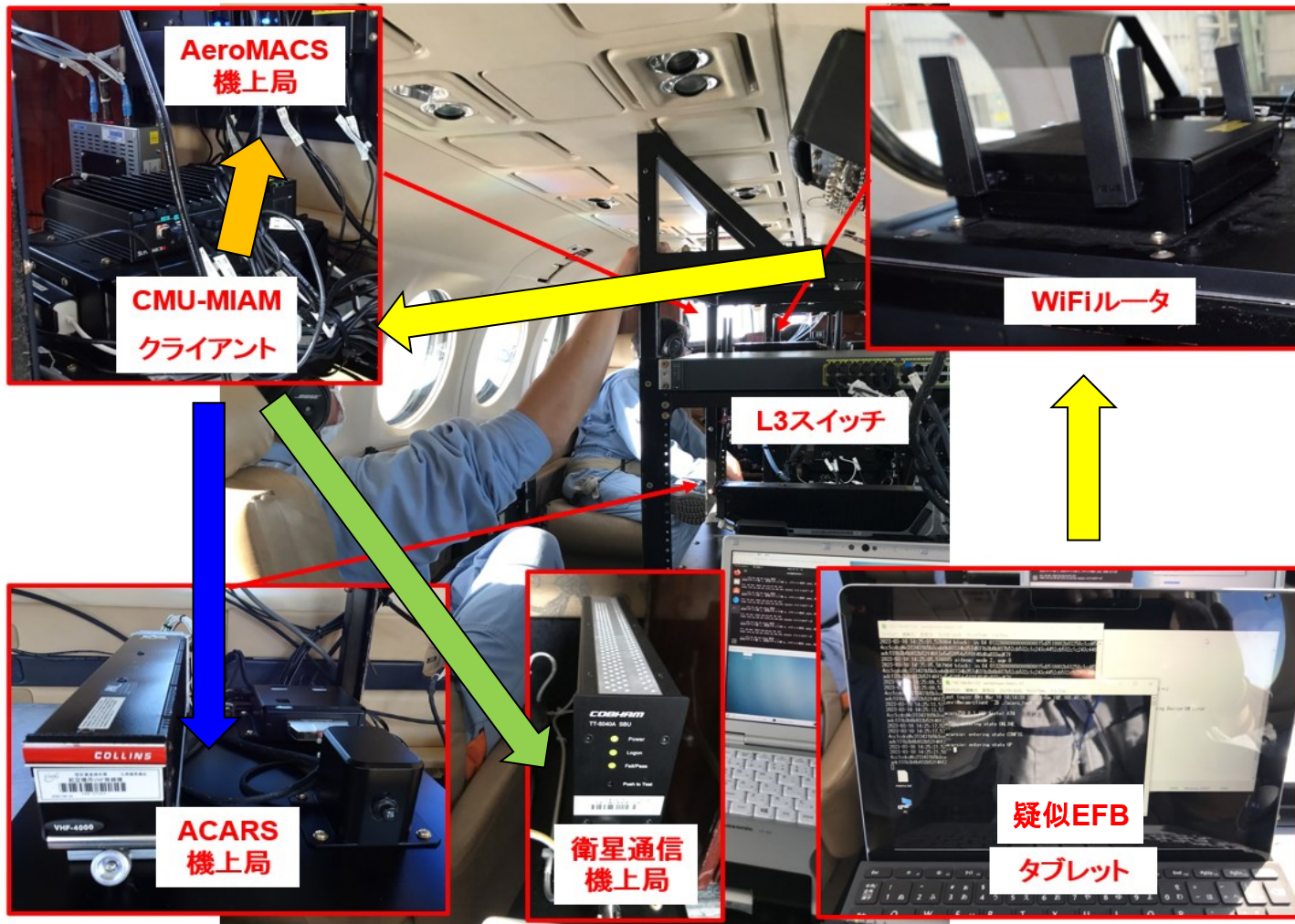
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
31117	0.012	192.168.40.1	192.168.40.100	DLS (FL)	588	DATA
31118	0.015	192.168.40.1	192.168.40.100	DLS (FL)	861	DATA
31119	0.016	192.168.40.1	192.168.40.100	DLS (FL)	588	DATA
31120	0.012	192.168.40.1	192.168.40.100	DLS (FL)	588	DATA_FRAG

- SESARプロトタイプ, ENRIプロトタイプともに仕様通りに実装されていることを確認
- 相互接続性試験を通して判明した仕様書の曖昧性や誤記について改善案を提言

- ①研究背景と目的
- ②想定する航空用通信メディア
- ③マルチリンクエミュレータの開発
- ④プロトタイプの開発
 - IP-ACARSプロトタイプ
 - LDACSプロトタイプ
- ⑤実験用航空機よつばへの搭載**
- ⑥まとめと今後の予定



※MIAM: Media Independent Aircraft Messaging



- 6月末に所内にて車両走行実験を実施予定
- 9月末に仙台にて飛行実験を実施予定

- ①研究背景と目的
- ②想定する航空用通信メディア
- ③マルチリンクエミュレータの開発
- ④プロトタイプの開発
 - IP-ACARSプロトタイプ
 - LDACSプロトタイプ
- ⑤実験用航空機よつばへの搭載
- ⑥まとめと今後の予定**

【まとめ】

○信頼性の高いシームレスな空地情報共有を実現するために航空用マルチリンク無線システムに関する検討を実施

- マルチリンクエミュレータを開発し, 基礎評価実験を実施
- プロトタイプを開発し, 実現可能性について検討
- 航空機への搭載を完了し, 飛行実証試験の準備を実施

【今後の予定】

- 開発したマルチリンクエミュレータでより現実的なシナリオ評価を実施
- 開発したマルチリンクプロトタイプで飛行実証を実施予定

ご清聴ありがとうございました

