

# 航空用VHFデータリンクの 伝送遅延解析と予測

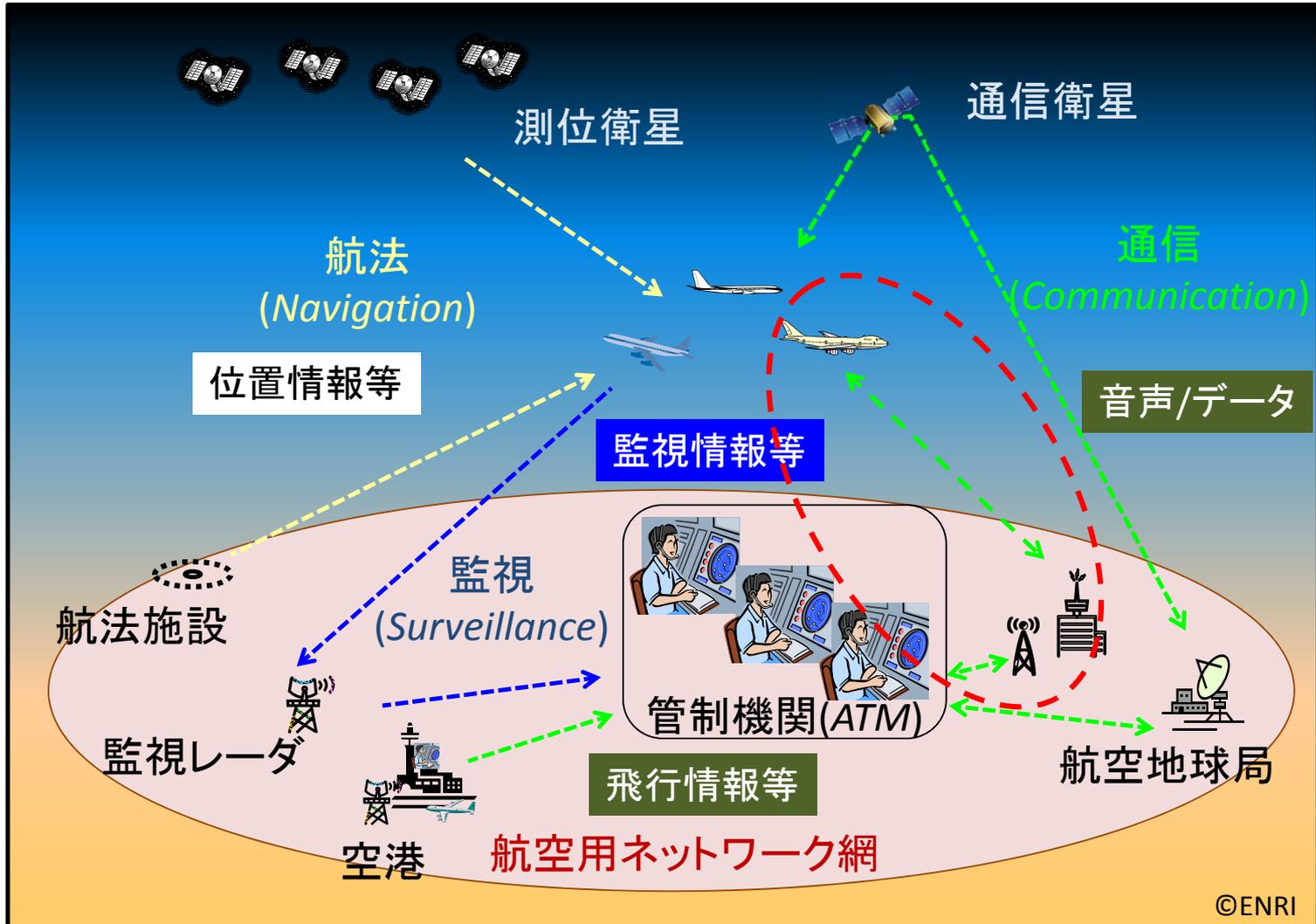
Electronic Navigation Research Institute



監視通信領域

住谷 泰人、北折 潤、石出 明

# 航空機の運航



# はじめに

- 背景と目的
- VHF帯データリンクの性能調査
- シミュレータを用いた性能解析
- 解析結果と予測
- まとめ

# 背景と目的

- 円滑な航空交通流のための運用改善
  - CARATS(国土交通省航空局)
    - Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems
    - 将来の航空交通システムのロードマップ
- CARATS航空通信アドホック会合
  - 航空局、データリンクサービスプロバイダ、航空会社、ENRIなど
  - データリンク調査、将来的なデータリンク利用/情報共有
  - VHFデータリンクを用いたATC通信：音声/データの併用へ

# 航空通信システム関連のCARATSの取組

## CARATS通信アドホック関連のEN・OI(2013年度)

EN: Enabler

OI: Operational Improvement

施策ID	施策名	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
EN14	VHF データリンク		FANS1/A+ POA/VDLM2(AOA)									ATN Baseline2			
EN15	将来の通信装置											AeroMACS,LDACS			
OI13	継続的な上昇/降下の実現		データリンクによるCDO(陸域)									高度化(ATNB2等)			
				CCO								時刻指定を行うCDO			
OI19	合流地点における時刻ベースの順序付け、間隔設定(メタリング)		メタリングフィックスでの運用									高度化(ATNB2等)			
OI29-2	定型通信の自動化による処理能力の向上/管制承認(航空路)陸域CPDLC		陸域CPDLC(FANS1/A + (POA/M2))									高度化(ATNB2等)			

意思決定年次

意思決定の目安(状況次第で変更の可能性)

※ 航空交通量(2025年): 現在の約1.4倍  
 ~ 国土交通省交通政策審議会航空分科会資料より

**性能要件を満足?**

\* POA: Plain Old ACARS      ACARS: Aircraft Communications Addressing and Reporting System  
 VDLM2: VHF Digital Link Mode 2      AOA: ACARS over Aviation VHF Link Control  
 AeroMACS: Aeronautical Mobile Airport Communication System  
 LDACS: L-band Datalink Aeronautical Communication System      CCO: Continuous Climb Operations  
 CDO: Continuous Descent Operations      CPDLC: Controller Pilot Data Link Communication

# データリンク性能・シミュレーション

データリンク: 上限を超えると輻輳、利用不可



上限の確認/事前予測

シミュレータ利用: 航空機数を運用限界以上に増加  
航空機を用いた限界算出は困難 (運用 / 航空機数上限)

シミュレーションパラメータ: 航空機数、メッセージ長、メッセージ間隔など

## VHFデータリンク性能

- 伝送遅延
- スループット
- 相互運用性
- 接続確率 など

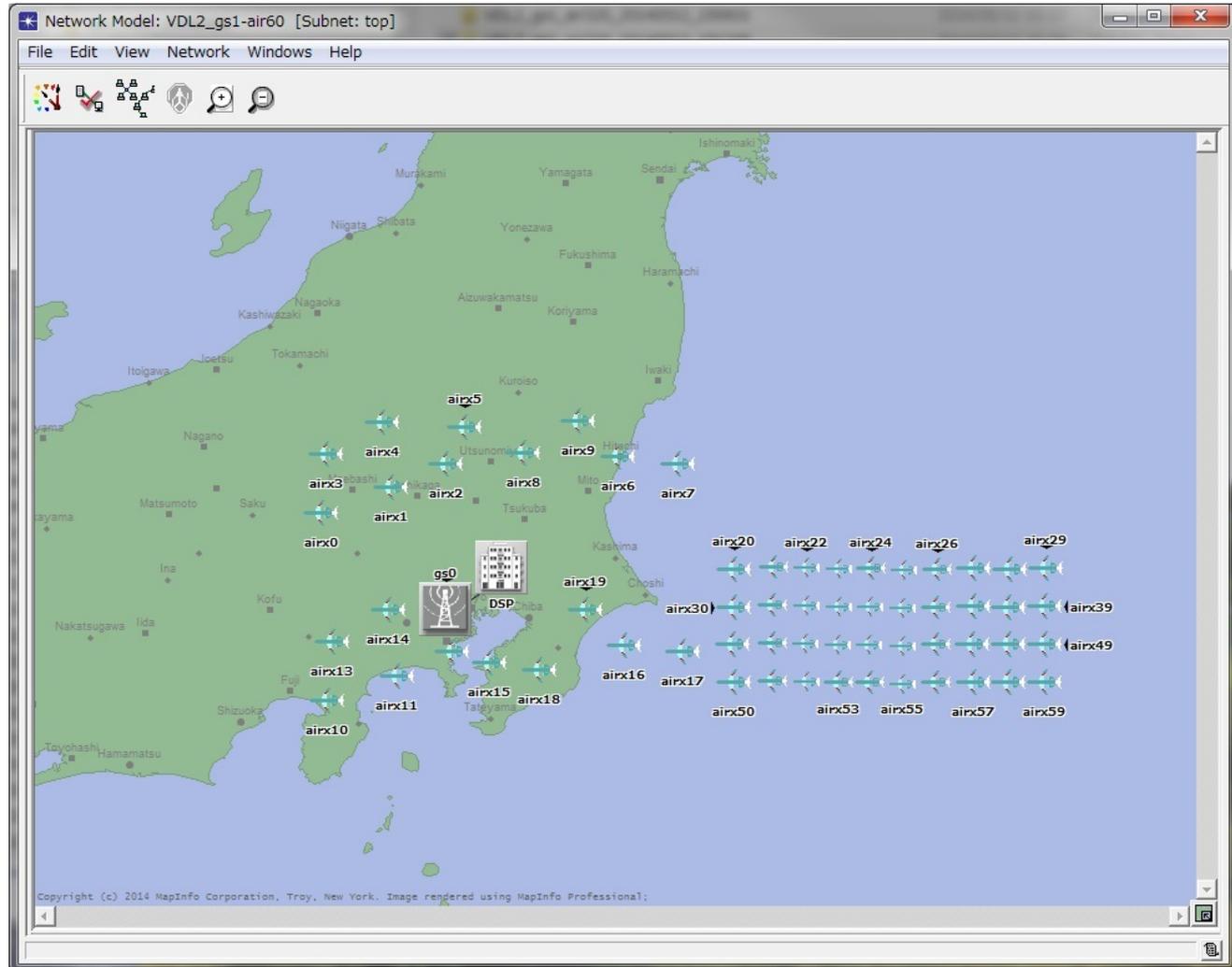


## トラフィックデータの統計分析

シミュレーションパラメータ	シミュレーションパラメータ
VDLM2 プロトコルモデル	POA プロトコルモデル
ソフトウェア: OPNET	
OS: Windows	

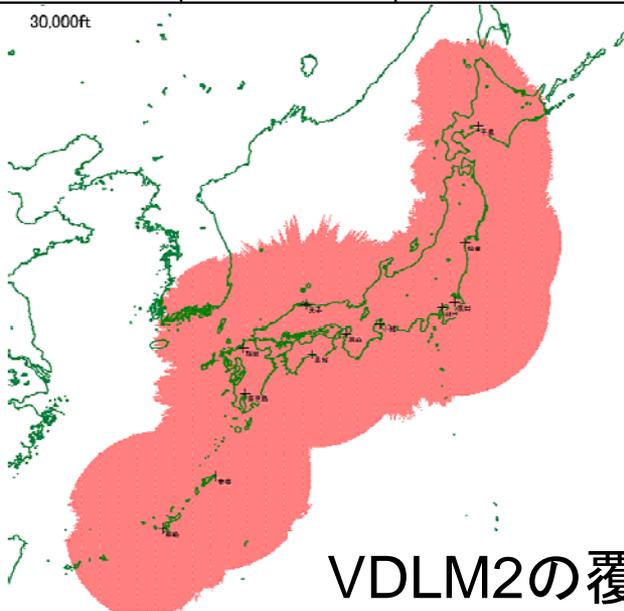
伝送性能解析シミュレータ

# シミュレーションモデル例 ～航空機60機

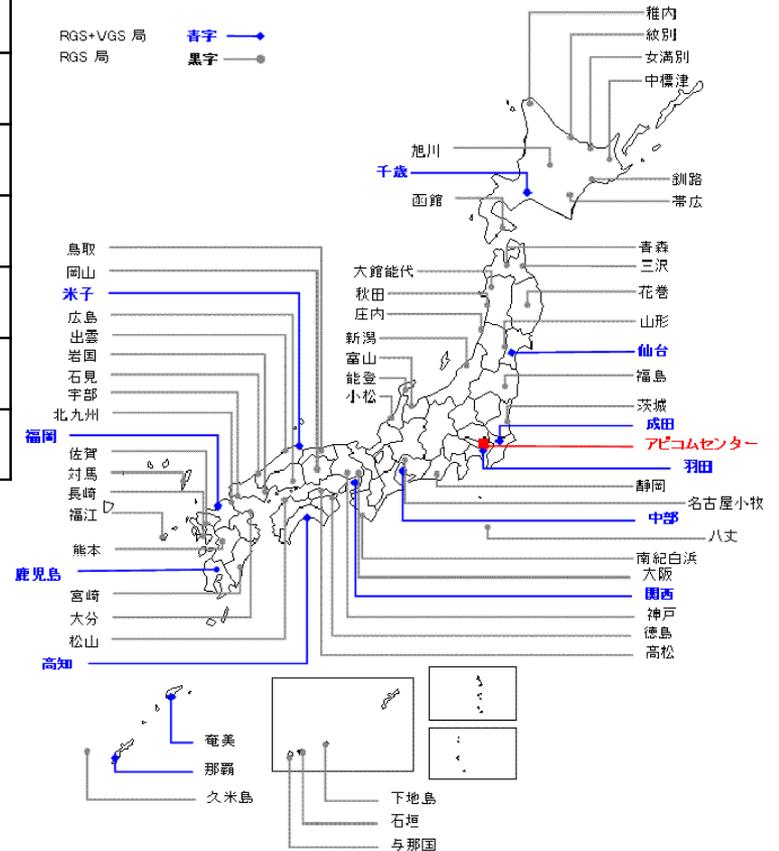


# 日本のVHFデータリンクの特徴

	VDLM2	POA
周波数(MHz)	136.975	131.450, 131.250, 131.950
帯域(kHz)	25	
変調方式	D8PSK	AM-MSK
伝送速度(bps)	31500	2400
伝送単位	ビット	キャラクタ
誤り訂正機能	あり	なし



VDLM2の覆域



## 日本の地上局配置

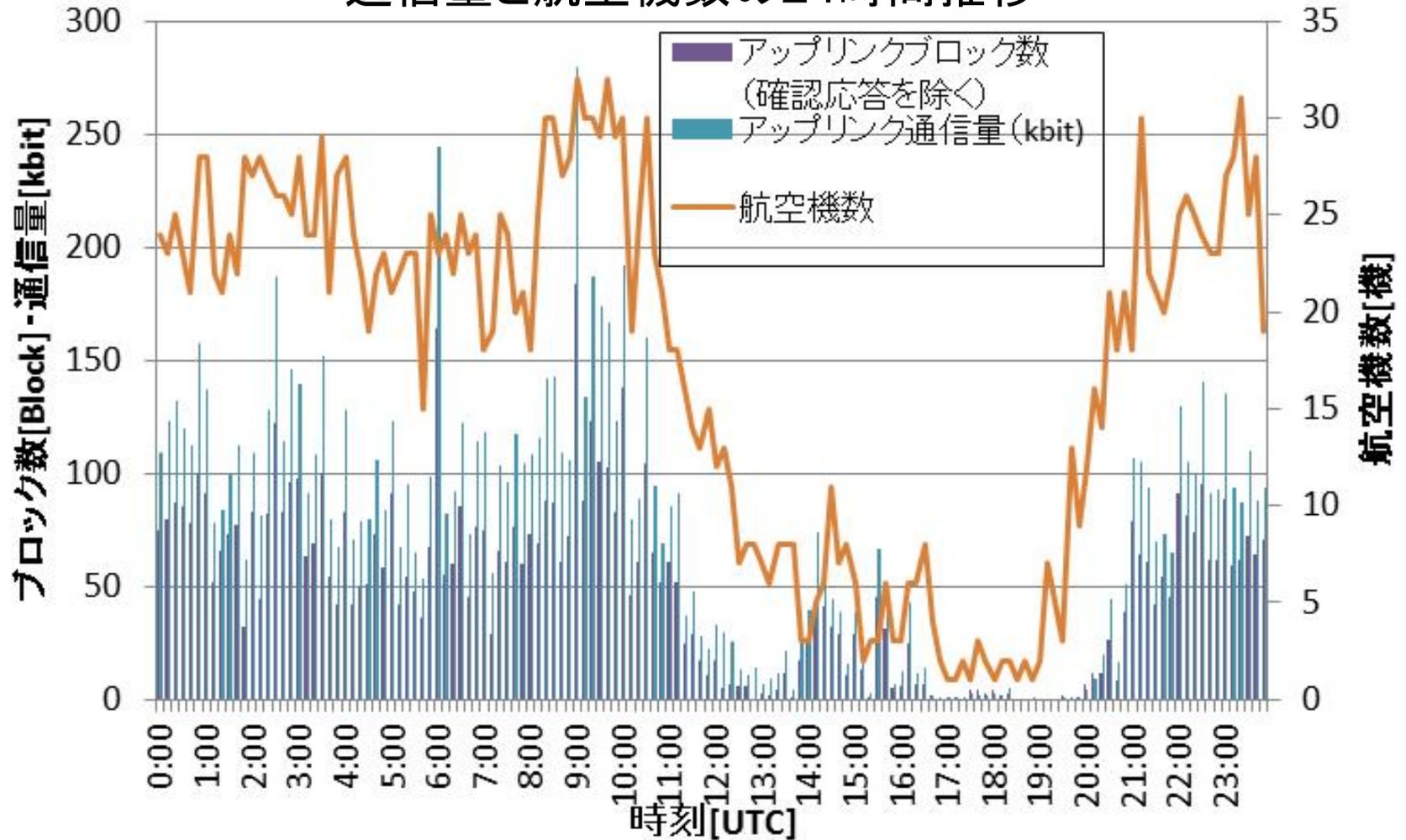
\*アビコムジャパン社 web サイトより.

上図: [http://www.avicom.co.jp/services/data\\_link/data\\_01.html](http://www.avicom.co.jp/services/data_link/data_01.html)

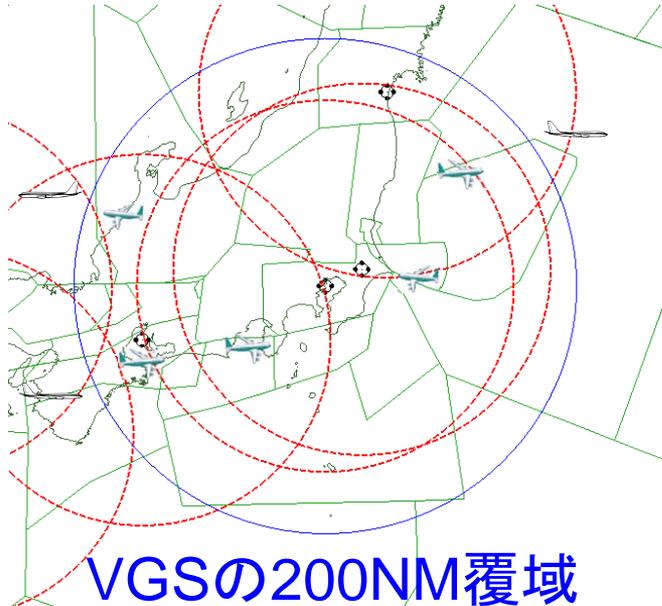
左図: [http://www.avicom.co.jp/services/data\\_link/data\\_03.html](http://www.avicom.co.jp/services/data_link/data_03.html)

# トラフィックデータの解析例

## 通信量と航空機数の24時間推移



# 調査分析対象とシミュレーションパラメータ



## 調査対象

- 最大トラフィックの地上局・時間帯
- 新しいATC施策の該当範囲  
(200NM覆域内、FL150以上)

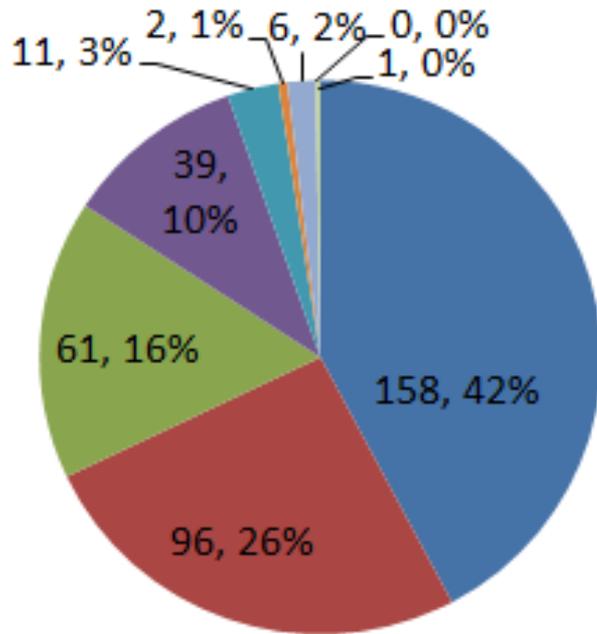
## 分析対象データ

- 新しいATC施策に伴うATCデータ/AOCデータ
- ・メッセージ長
  - ・航空機数
  - ・メッセージ数
  - ・メッセージ間隔

## シミュレーションパラメータ

項目	VDLM2					POA
	AOC	ATC			AOC+ATC 混在環境	AOC
		周波数変更	他の施策	同時		
メッセージ長[byte]	474	40	20	31.5	322	550
航空機数	53	213				22
1時間あたりのメッセージ数	374	452	332	784	2285	234
メッセージ間隔[秒]	9.6	8	10.8	4.6	1.6	15.4

## シミュレーションパラメータの算出例 ～AOC



- 1ブロック
- 2ブロック
- 3ブロック
- 4ブロック
- 5ブロック
- 6ブロック
- 7ブロック
- 8ブロック
- 9ブロック

• 覆域内のVDLM2航空機数: **53機**

• 807 [ブロック/時]

• **374 [メッセージ/時]** より

2.158 [ブロック/メッセージ]

1ブロック = 220[byte] より

平均メッセージ長 = **474 [byte]**

• メッセージ間隔 =  $3600[\text{秒}]/374$

= **9.6 [秒/メッセージ]**

### ※ATC

各施策に基づくメッセージ数、該当航空機数: トラフィックデータより抽出、  
メッセージ長: 施策毎に想定

※AOCとATC混在環境: ATCとAOCの航空機数に基づく比例関係を仮定

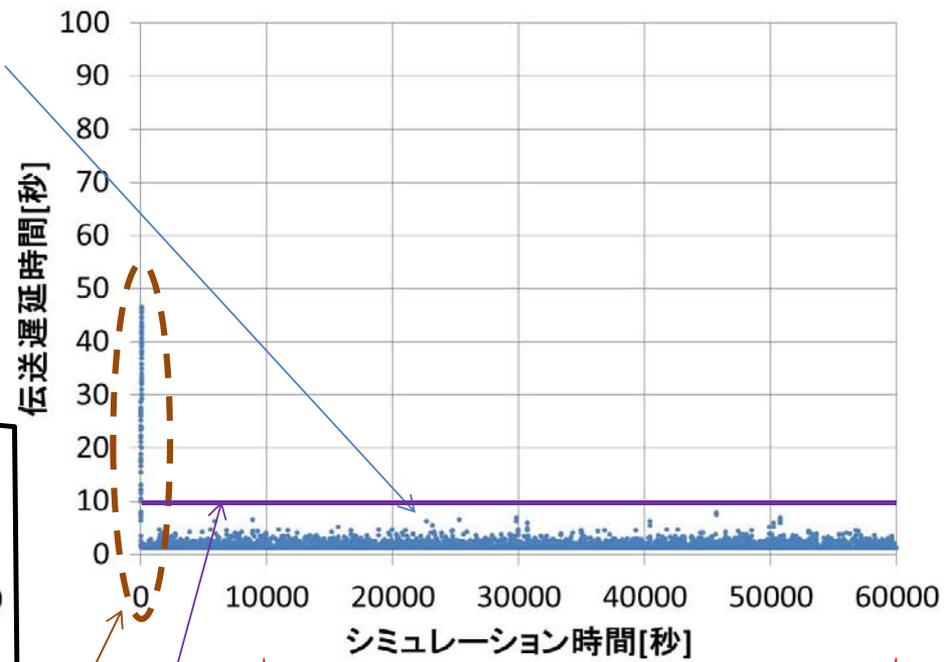
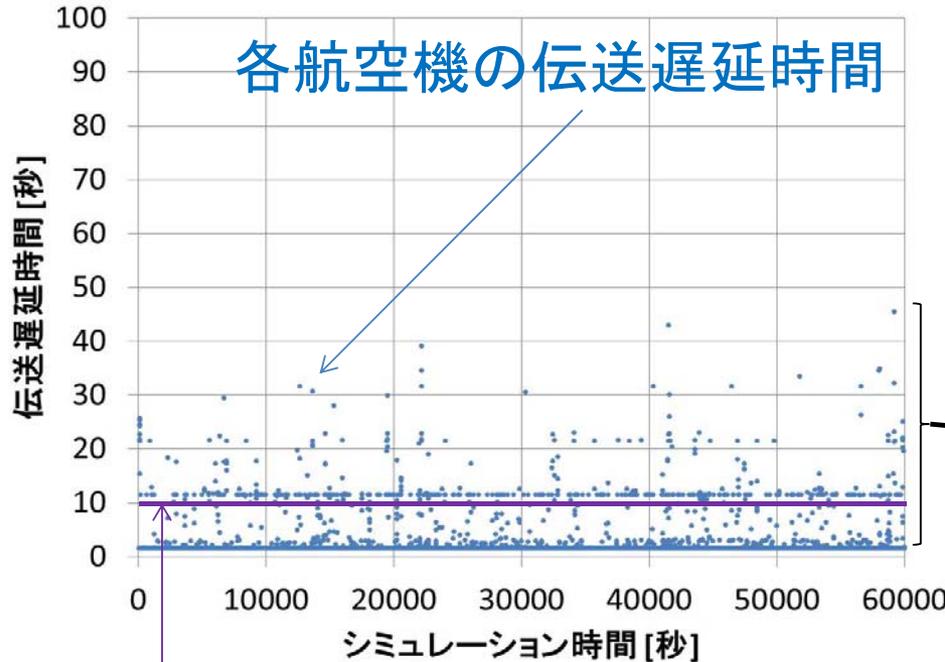
# シミュレーション解析例：AOC

## 10試行のうち1試行

POA: 航空機数20機

VDLM2: 航空機数60機

各航空機の伝送遅延時間



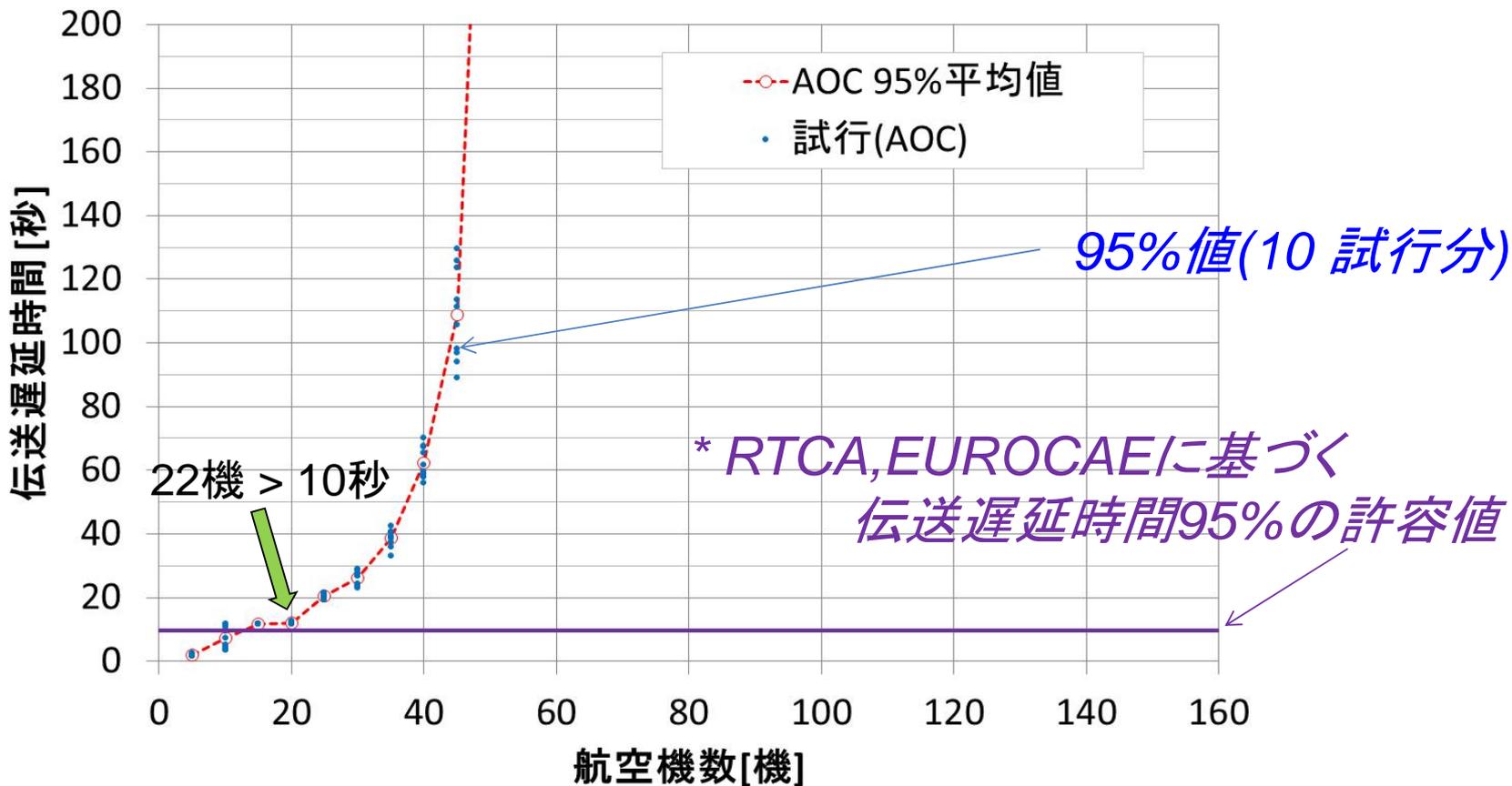
再送による伝送遅延

非定常

定常

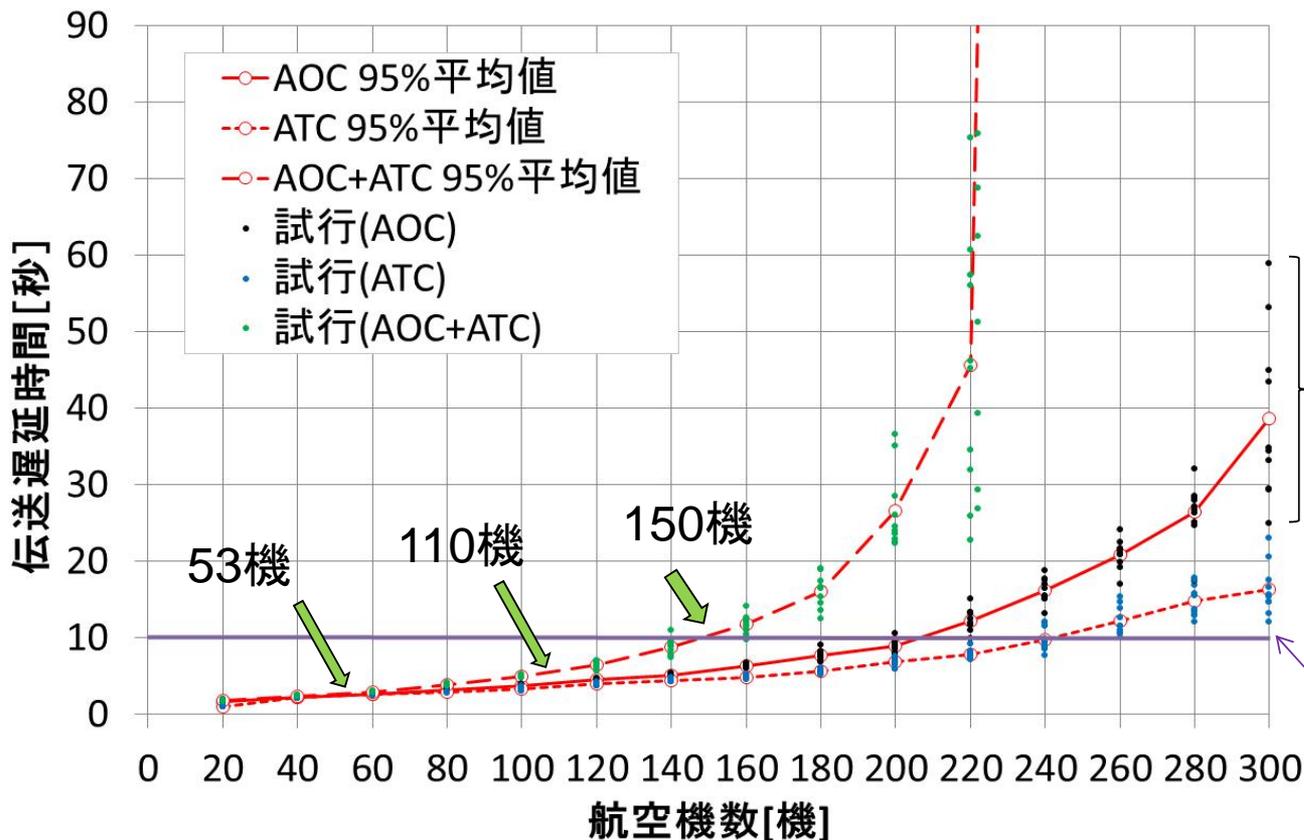
\* RTCA, EUROCAEに基づく伝送遅延時間 95%の許容値

# 伝送遅延時間95%値と航空機数の関係(POA)



POA: 新しいATC施策の導入は厳しい

# 伝送遅延時間95%値と航空機数の関係(VDLM2)



ATC通信: 優先機能有  
(95%値 ≒ AOC遅延)

RTCA, EUROCAEに  
基づく伝送遅延時間  
95%の許容値

- 現在の航空機数: 53機
- VDLM2装備機数(装備率100%): 110機
- 2025年(約1.4倍): 150機



VDLM2は  
性能要件を満足

# まとめ

- **CARATS: 将来の航空交通システムのロードマップ**
  - 円滑な航空交通流のための運用改善
  - VHF帯データリンクの性能検討 ~新しいATC施策の対応可能性
- **シミュレータを用いた性能解析と予測 ~ENRIの役割**
  - トラフィックデータに基づく統計分析 → シミュレーションパラメータ
    - 航空機数、メッセージ長、メッセージ間隔
  - 性能基準(RTCA/EUROCAE): 伝送遅延時間95%値 10秒を利用
- **シミュレーション解析結果**
  - POA: 新しいATC施策の適用は厳しい
  - VDLM2: 新しいATC施策の適用可:
    - 現在の航空機数での遅延: 3秒程度
    - 2025年頃を想定した予測結果: 基準を満足

# 今後の予定

- 複数のアプリケーションへの対応
  - 現在のシミュレーション: 単一アプリケーション
    - ATC通信とAOCのトラフィックをまとめた平均パラメータ
  - 将来のシミュレーション: 複数のアプリケーション
    - ATC施策毎、AOCアプリケーション毎のパラメータ
    - ATC通信優先機能 etc.

データ収集及び貴重なご意見等にご協力いただきました  
CARATS ATM WG及び通信Adhoc 並びに国土交通省  
航空局をはじめとする航空関係者の皆様に感謝の意を  
表します