



SWIMによる軌道ベース運用 に関する実証実験

○呂 暁東, 森岡 和行, 金田 直樹, 古賀 禎,
ビクラマシンハナヴィンダ キトマル, 平林 博子, ブラウン マーク

電子航法研究所 監視通信領域 航空交通管理領域

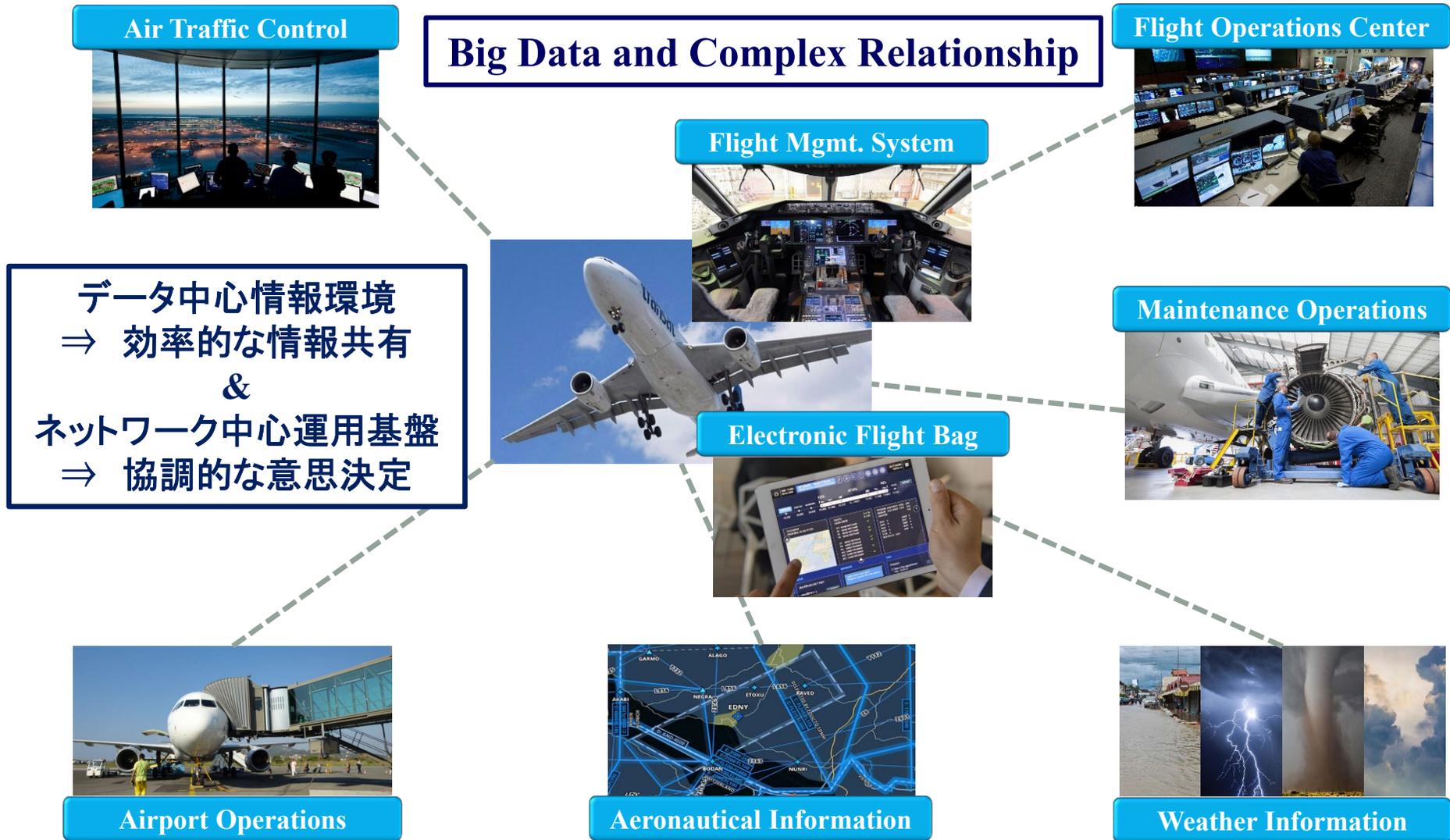
2022年6月17日

Agenda

1. 背景
2. 軌道ベース運用について
3. 実証実験の概要
4. TBO実証実験
5. 分析と課題
6. まとめ

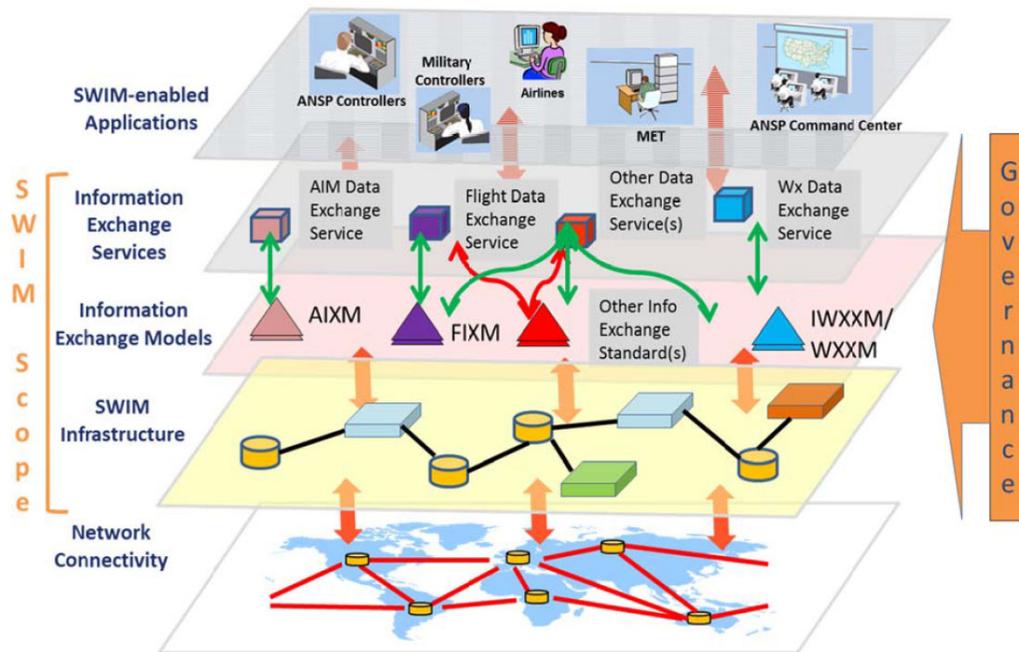
背景：航空機

➤ Connected Aircraft



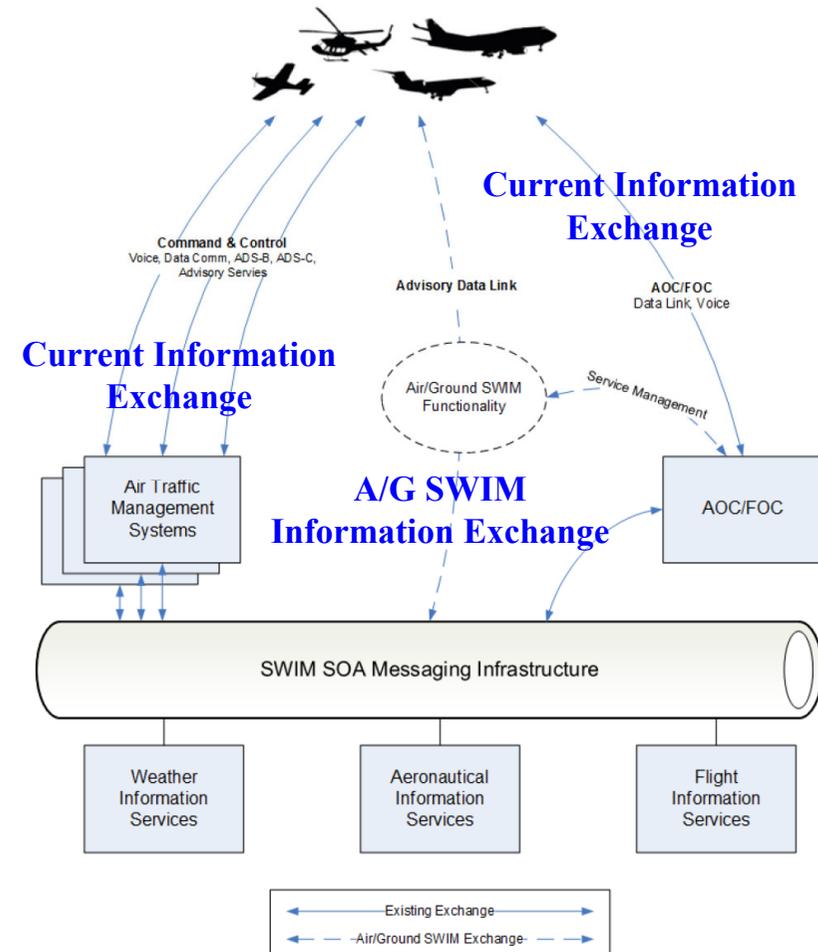
背景：情報共有基盤

➤ System Wide Information Management (SWIM)



ICAO SWIM Framework

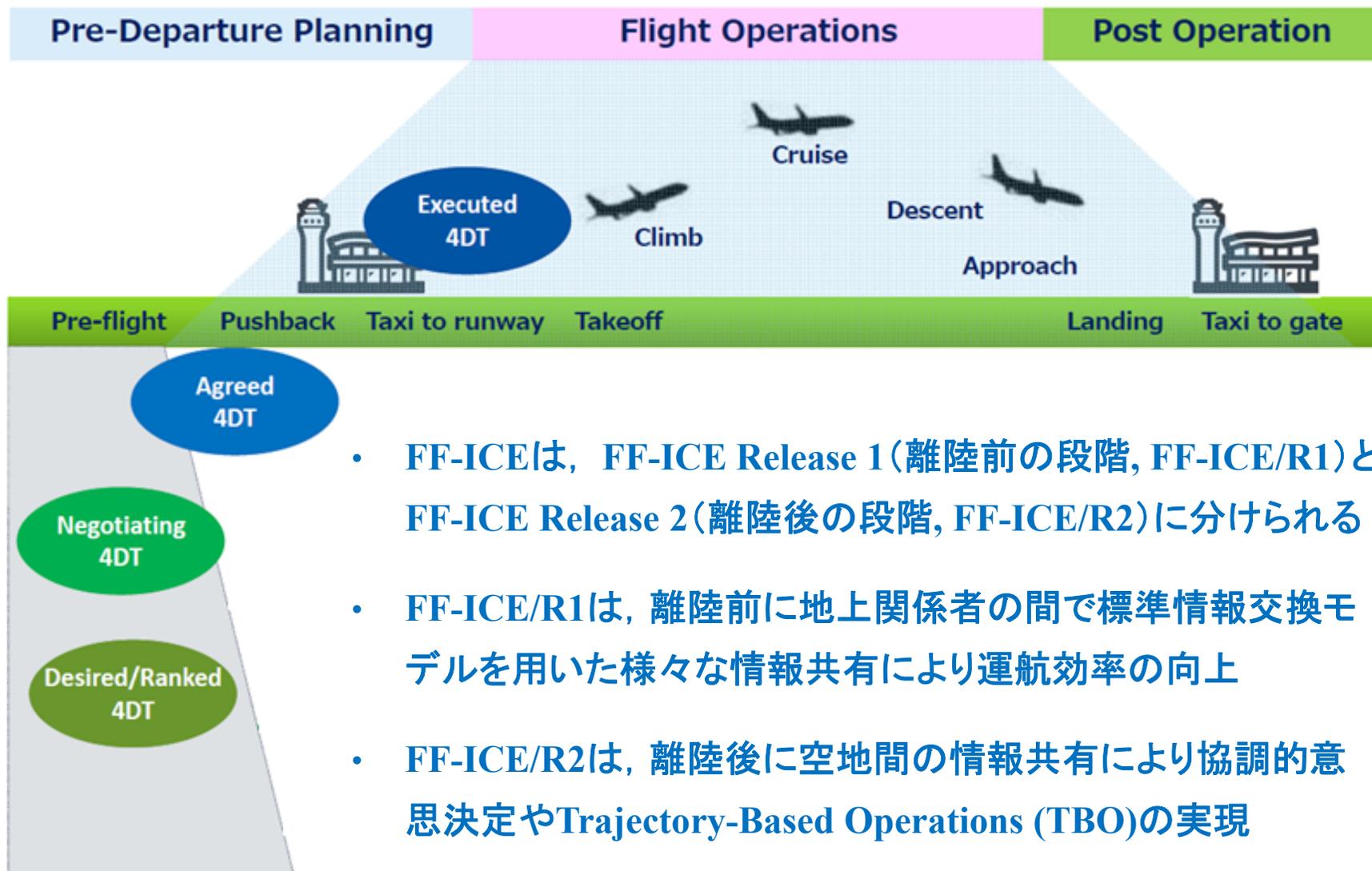
- FIXM (Flight Information eXchange Model)
- AIXM (Aeronautical Information eXchange Model)
- IWXXM (ICAO Weather Information eXchange Model)



A/G Information Exchange with SWIM

背景：運用方式

➤ Flight and Flow Information for Collaborative Environment (FF-ICE)



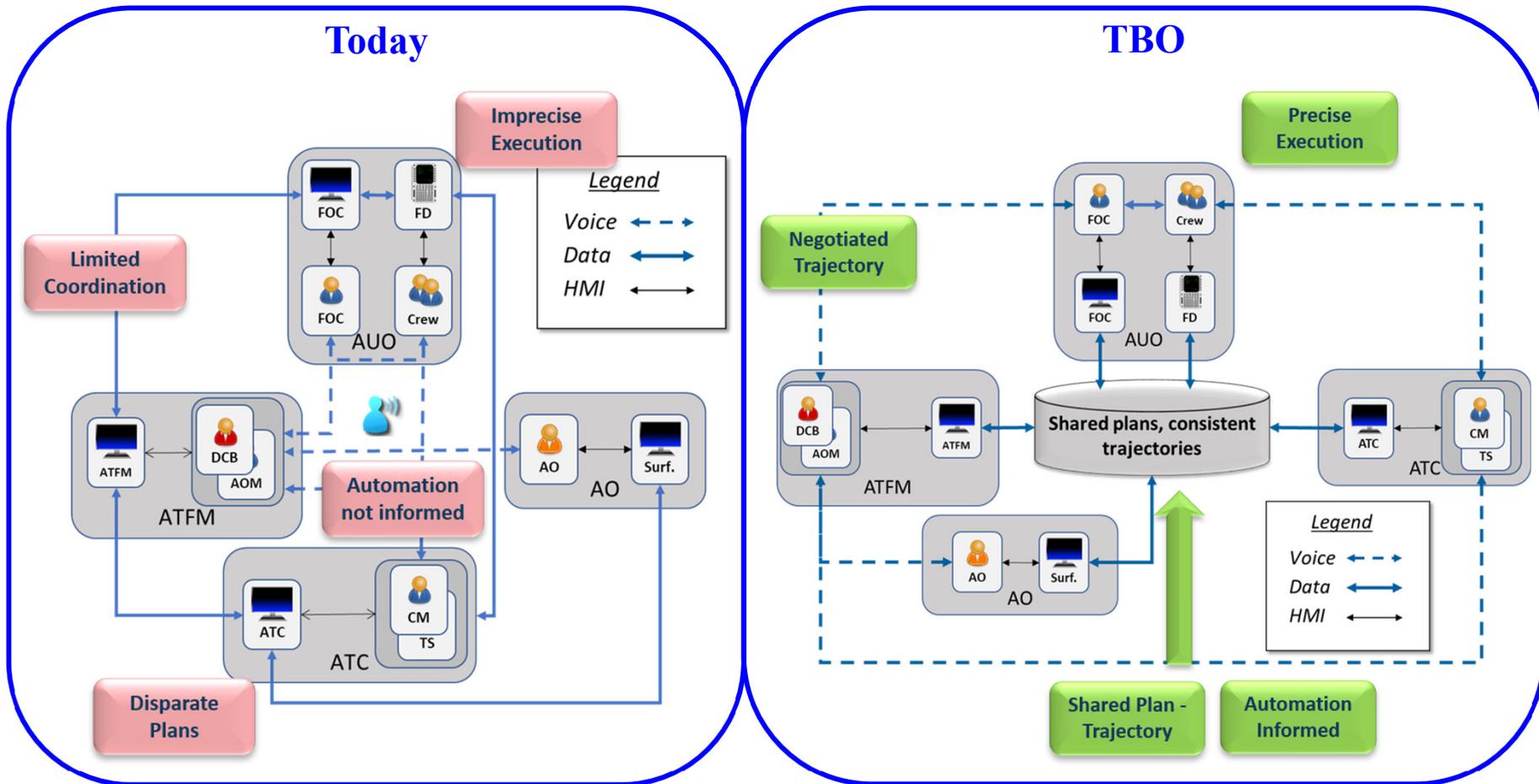
- FF-ICEは、FF-ICE Release 1(離陸前の段階, FF-ICE/R1)とFF-ICE Release 2(離陸後の段階, FF-ICE/R2)に分けられる
- FF-ICE/R1は、離陸前に地上関係者の間で標準情報交換モデルを用いた様々な情報共有により運航効率の向上
- FF-ICE/R2は、離陸後に空地間の情報共有により協調的意思決定やTrajectory-Based Operations (TBO)の実現

Agenda

1. 背景
2. 軌道ベース運用について
3. 実証実験の概要
4. TBO実証実験
5. 分析と課題
6. まとめ

軌道ベース運用について

➤ Trajectory-Based Operations (TBO)

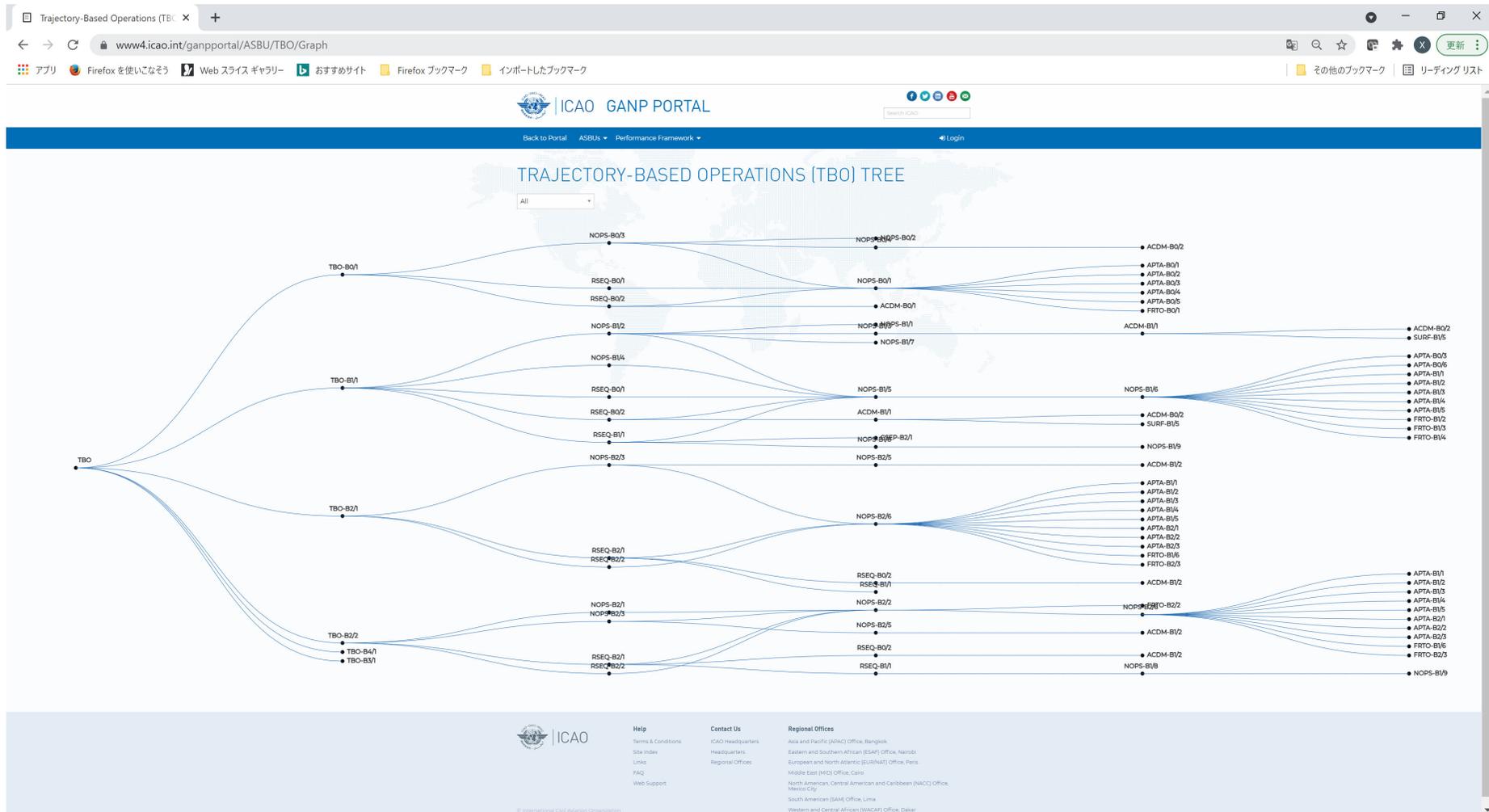


Voice-centric Communication
Point based Negotiation

Data-centric Communication
Trajectory based Negotiation

軌道ベース運用について

➤ TBO Tree in ICAO GANP



軌道ベース運用について

➤ Threads and Elements

TBO	Trajectory-based operations	Operational
CONCEPT OF OPERATIONS BY BLOCK		
Block	Description	
Block 0	Introduction of time-based management within a flow centric approach.	
Block 1	Initial Integration of time-based decision making processes.	
Block 2	Pre-departure trajectory synchronization within a flight centric and network performance approach. Extended time-based management across multiple FIRs for active flight synchronization.	
Block 3	Network performance on demand synchronization of trajectory-based operations.	
Block 4	Total airspace management performance system.	
ELEMENTS		
Element ID	Title	
TBO-B0/1	Introduction of time-based management within a flow centric approach.	
TBO-B1/1	Initial Integration of time-based decision making processes	
TBO-B2/1	Pre-departure trajectory synchronization within a flight centric and network performance approach	
TBO-B2/2	Extended time-based management across multiple FIRs for active flight synchronization	
TBO-B3/1	Network based on-demand synchronization of trajectory based operations	
TBO-B4/1	Total airspace management performance system	

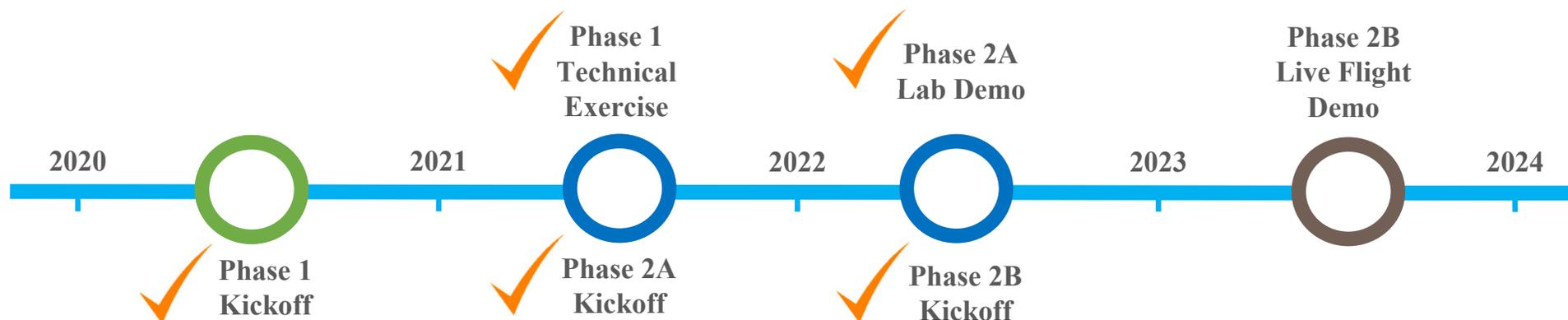
Agenda

1. 背景
2. 軌道ベース運用について
3. 実証実験の概要
4. TBO実証実験
5. 分析と課題
6. まとめ

実証実験の概要

➤ Multiple-Regional TBO Demonstration (MR TBO)

- Approach
 - Phase 1: 単独航空機に対する運用要件と技術要件の検討
 - Phase 2A: 複数航空機に対する飛行軌道と交通流の管理
 - Phase 2B: 実際の飛行実証実験による技術標準の検討
- Partners
 - FAA, NAV CANADA
 - AEROTHIAI, CAAS, JCAB



実証実験の概要

➤ 実施目的

- 必要な軌道情報や交通流情報の共有
 - 交通流情報交換モデル(FLXM)の検証
- 協調的な軌道管理と交通流管理の実現
 - 既存航空交通管理システムとの連携
- 軌道情報の効率的な利活用方法の検討
 - 状況認識や予測精度の向上
- SWIMに基づいた航空情報信頼基盤の構築
 - セキュリティサービス基本機能の検証

実証実験の概要

➤ 運用面と技術面の検討

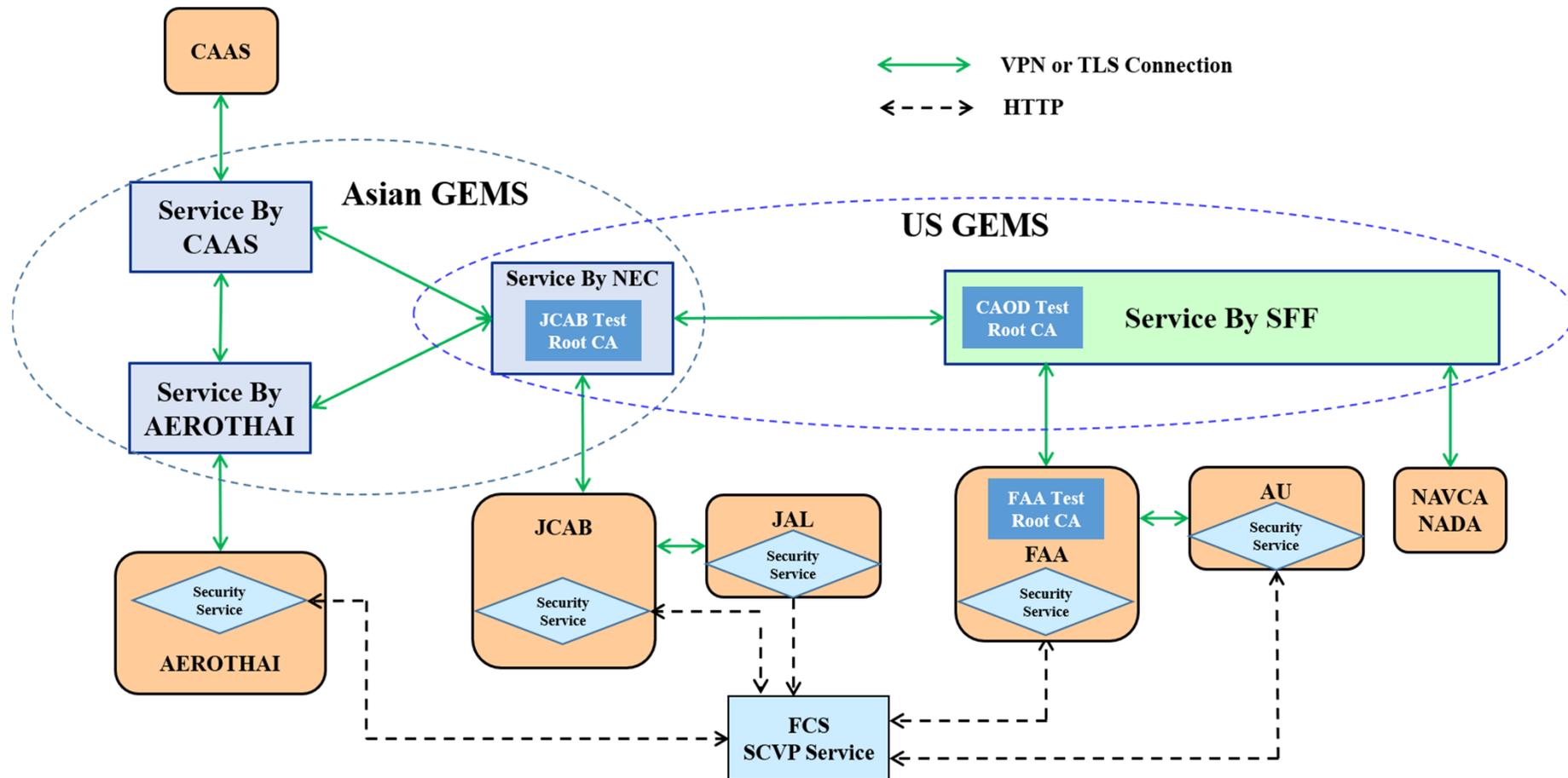
Operational Value	Operational Capability	Technical Capability
予測可能性の強化	離陸前の飛行計画の調整	FF-ICE/R1 + 標準情報交換モデル (FIXM, AIXM, IWXXM)
戦略的計画と 戦術的処理の調整	離陸後の飛行軌道の調整	FF-ICE/R2 + 協調的意思決定 (FLXM)
信頼性と柔軟性の向上	ATMサービス提供者間での 軌道管理	FF-ICE/R2 + AIDC
戦略的計画の改善	戦術的介入の調和	ATC + FMS + EFB
状況認識の向上 と不確実性の低減	空地情報共有	IP Connectivity + Connected Aircraft

Agenda

1. 背景
2. 軌道ベース運用について
3. 実証実験の概要
- 4. TBO実証実験**
5. 分析と課題
6. まとめ

TBO実証実験

➤ High Level Architecture

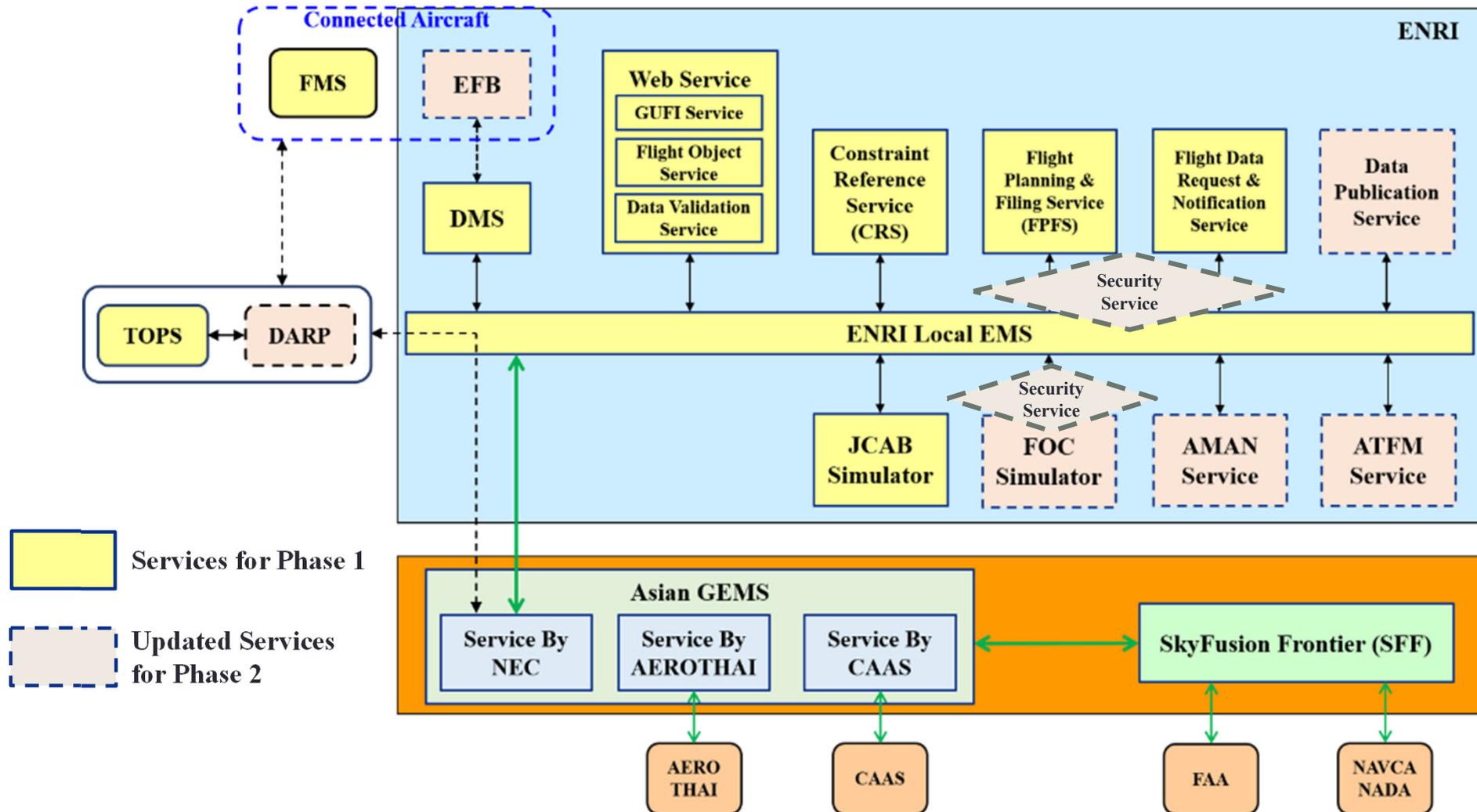


* GEMS: Global Enterprise Messaging Service

* SCVP: Server-based Certificate Validation Protocol

TBO実証実験

➤ ENRI Test System



TBO実証実験

➤ Scenarios: Trajectory-Based Multiple Flights Operation

Simulator

CONTROL FF-ICE TRACK METAR/TAF MESSAGE

No. 52

Scenario SC1: JCAB (For running multiple scenarios)

Index 10176

Time 2022-04-28T13:23:15.415Z

Status RECV

Header Validation OK

Body Validation OK

Modified 1651152195415

MESSAGE HEADER

SOURCE BOEINGDMS

RECIPIENT_LIST JCAB,FAA

SYSTEM BOEINGDMS

CATEGORY FIXM

CATEGORY_VERSION FIXM_4_2_FF-ICE

MESSAGE_TYPE E_TRIAL_REQ

FFICE_PHASE FILED

DEP_AIRPORT KIAH

ARR_AIRPORT RJAA

AIRLINE UAL

ACID UAL7

GUF 298bc90c-d4d1-4502-aa61-f7f83d59af72

EOBT 2022-04-28T12:30:00.000Z

TIMESTAMP ENR_OUTSIDE_IN:1651151602443,ENR_OUTSIDE_OUT:1651152444,ENR_EMS_IN:1651152192879,ENR_EMS_OUT:1651152195415,JCAB_IN:1651152195415

ESHPOC_VALIDATION_STATUS SUCCESSFUL_VALIDATION

FIXM

Message Id 46aca325-fcdf-47c8-a439-7508197d1a7a

Flight Plan Version

Status

Status Explanation

RWY CLSD at RJAA

Volcanic Ashe

SIGMET of Typhoon

Signed message from UAL and FAA

JAL9: KSFO -> RJAA

SIA37: KLAX -> WSSS

JAL707X: RJAA -> VTBS
SIA7473: RJAA -> VTBS

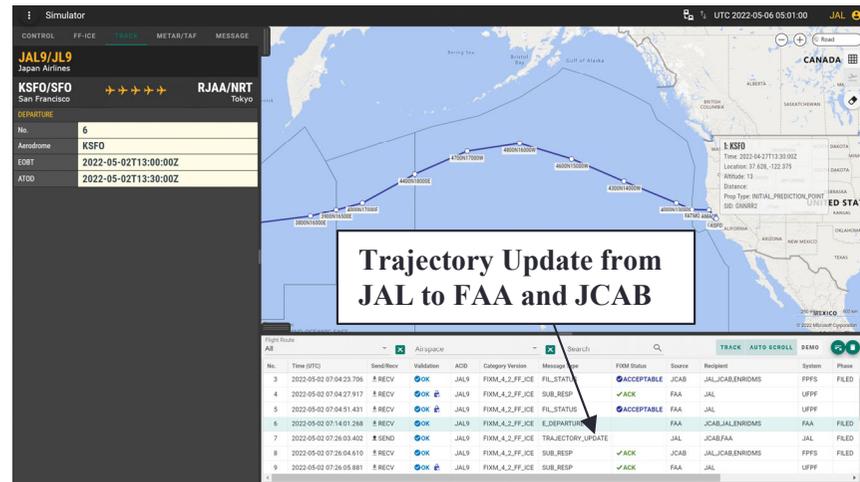
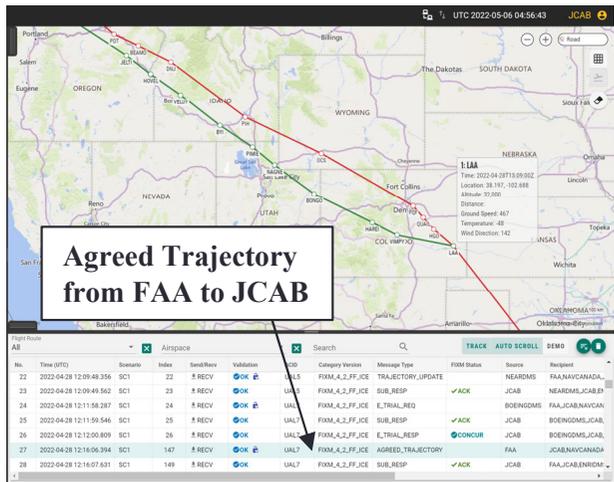
UAL5: KDEN -> RJAA
UAL7: KIAH -> RJAA

No.	Time (UTC)	Scenario	Index	Send/Recv	Validation	ACID	Category Version	Message Type	FIXM Status	Source	Recipient
51	2022-04-28 13:22:43.178	SC1	10110	SEND	OK	JAL9	FIXM_4_2_NAS	TRACK		JCAB	JAL_ENRDM,S,JCAE
52	2022-04-28 13:23:15.415	SC1	10176	RECV	OK	UAL7	FIXM_4_2_FF-ICE	E_TRIAL_REQ		BOEINGDMS	JCAB,FAA
53	2022-04-28 13:23:16.516	SC1	10179	RECV	OK	UAL7	FIXM_4_2_FF-ICE	SUB_RESP	ACK	JCAB	BOEINGDMS,JCAB,I
54	2022-04-28 13:23:17.646	SC1	10182	RECV	OK	UAL7	FIXM_4_2_FF-ICE	E_TRIAL_RESP	CONCUR	JCAB	BOEINGDMS,JCAB,I
55	2022-04-28 13:24:56.165	SC1	10381	RECV	OK	UAL7	FIXM_4_2_FF-ICE	AGREED_TRAJECTORY		FAA	FAA,JCAB,NAVCAN
56	2022-04-28 13:24:57.261	SC1	10384	RECV	OK	UAL7	FIXM_4_2_FF-ICE	SUB_RESP	ACK	JCAB	FAA,JCAB,ENRDM,S
57	2022-04-28 13:31:36.956	SC1	11185	SEND	OK	AIXM_5_1		NOTAM		JCAB	JAL,FAA,ENRDM,S,E

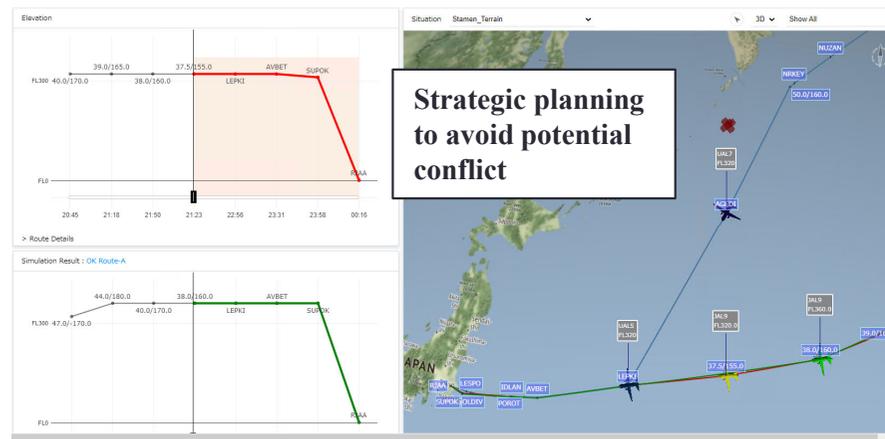
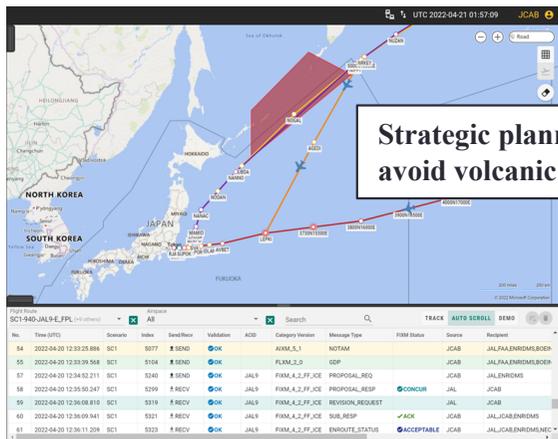
TBO実証実験

➤ Trajectory Sharing, Management and Utilization

Trajectory Sharing



Trajectory based Evaluation



Agenda

1. 背景
2. 軌道ベース運用について
3. 実証実験の概要
4. TBO実証実験
5. 分析と課題
6. まとめ

分析と課題

- SWIM技術インフラの構築について
 - 異なる技術仕様を使う GEMS提供者の間で接続するための技術標準が必要
 - 異なるメッセージングサービス間でメッセージ転送のガバナンスが必要
- 飛行情報交換モデル(FIXM)について
 - 監視情報を共有するため、共通のスキーマやパッケージが必要
 - 軌道記述の正確性を検証できる高度な4DTパッケージモデルが必要
- FF-ICEサービスについて
 - メッセージごとの検証ルールやエラー処理が必要
 - 現在のWaypointに基づいた記述からFull 4D Pointにシフトする必要がある
- TBOの実現について
 - 4次元軌道品質を保証できる評価モデルが必要
 - Gate-to-Gateの運用を実現するため、離着陸や交通流の情報も必要

Agenda

1. 背景
2. 軌道ベース運用について
3. 実証実験の概要
4. TBO実証実験
5. 分析と課題
6. まとめ

まとめ

運用基盤

- ・ TBO
 - － 4DT共有・管理・利用

- ・ FF-ICE
 - － FlightとFlow情報の共有

情報基盤

- ・ SWIM
 - － メッセージングインフラ
 - － 標準情報交換モデル
 - － 情報サービス

通信基盤

- ・ IP based Connectivity
 - － 地上通信ネットワーク
 - － 空地データリンク

環境保全

安全性

効率性

協調的
意思決定

相互運用性

ご清聴



ありがとう

ございました



M P A T

Appendix: Acronyms and Terminology

Term	Definition
4DT	4 Dimension Trajectory
AIXM	Aeronautical Information Exchange Model
ASP	ATM Service Provider
AU	Airspace User
DARP	Dynamic Airborne Reroute Procedure
FF-ICE	Flight and Flow Information for a Collaborative Environment
FIXM	Flight Information Exchange Model
GEMS	Global Enterprise Messaging Service
GUFID	Globally Unique Flight Identifier
IWXXM	ICAO Weather Information Exchange Model
NOTAM	Notification to Airman
SCVP	Server-based Certificate Validation Protocol
TBO	Trajectory Based Operation
TOPS	Trajectorized Oceanic Traffic Data Processing System
VPN	Virtual Private Network
XML	Extensible Markup Language