



MR TBO Lab Demoの報告

電子航法研究所

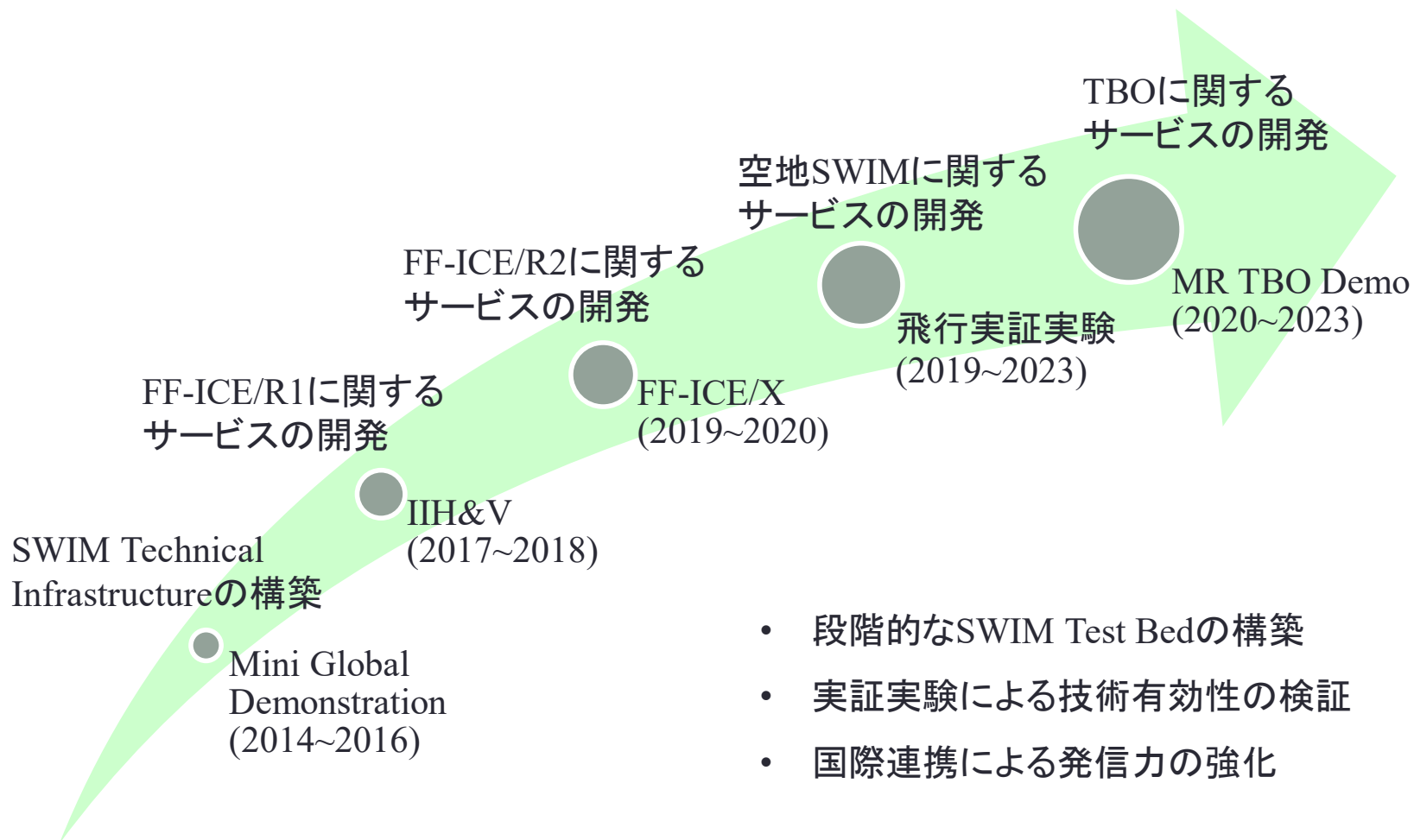
2023年3月17日

Agenda

1. MR TBOの概要
2. Lab Demoについて
3. 分析と課題
4. まとめ

MR TBOの概要

➤ ENRI SWIM Test Bedの開発

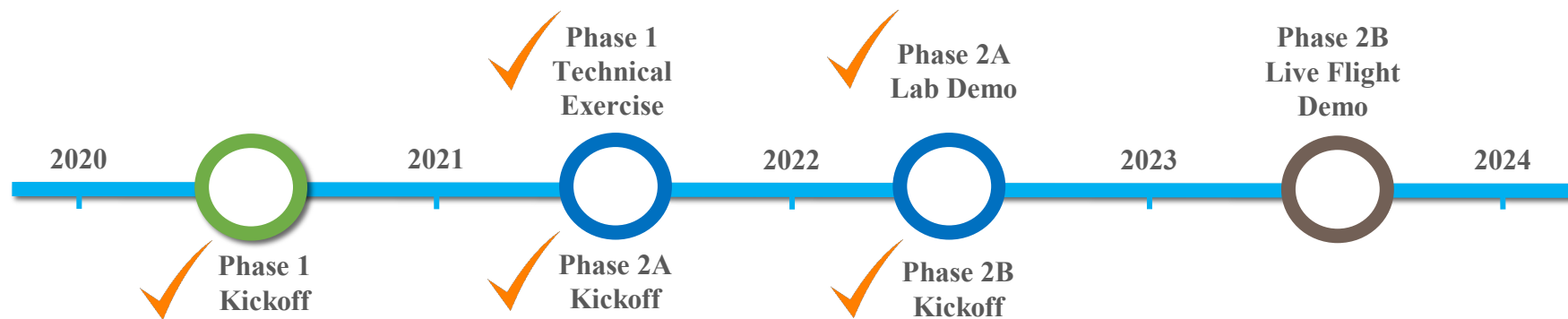


- 段階的なSWIM Test Bedの構築
- 実証実験による技術有効性の検証
- 国際連携による発信力の強化

MR TBOの概要

➤ Multi-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



MR TBO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

MR TBOの概要

➤ 軌道ベース運用への技術支援

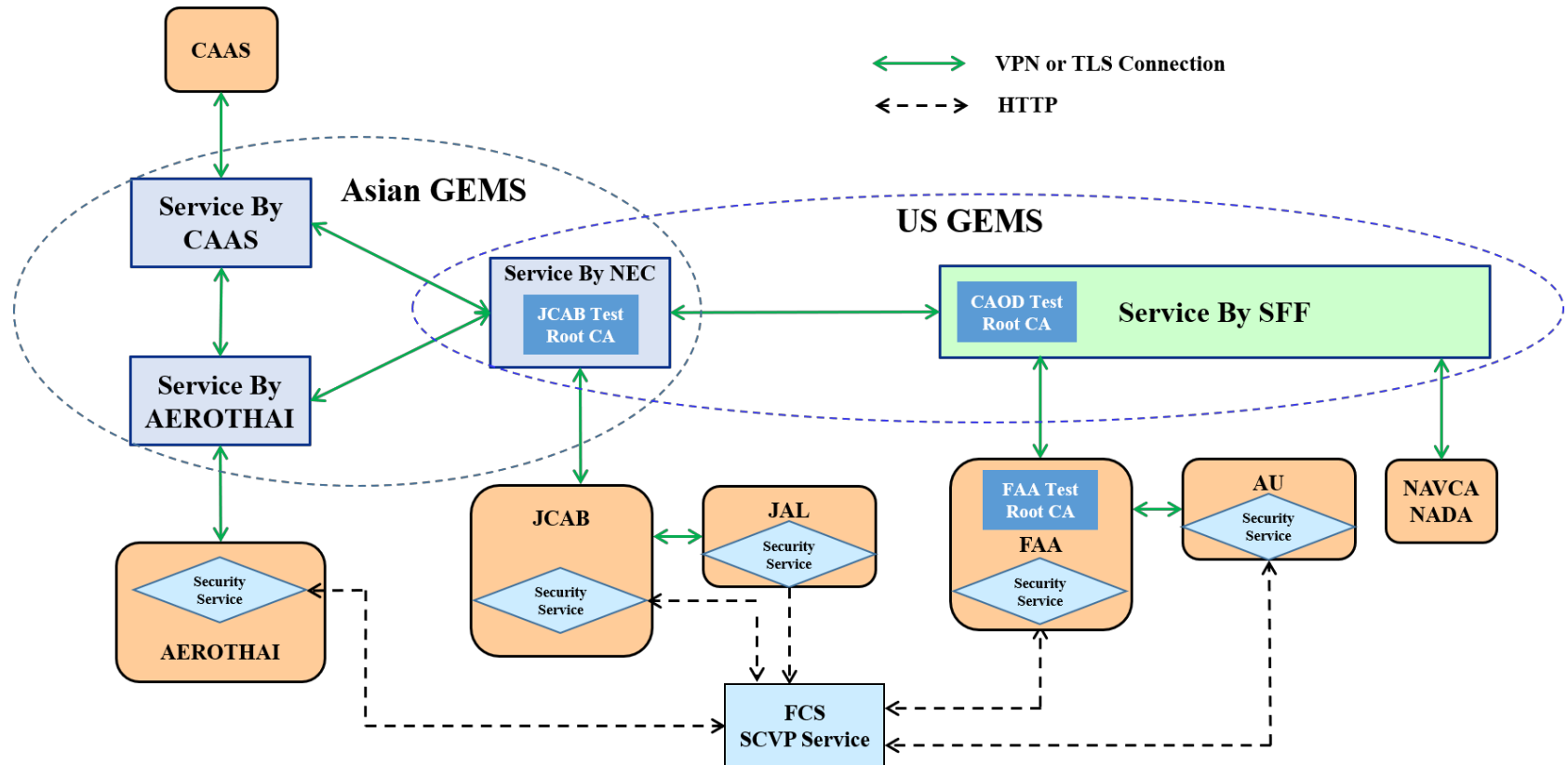
Operational Value	Operational Capability	技術支援 (ENRIとNEC)
予測可能性の強化	離陸前の飛行計画の調整	FF-ICE/R1 + 標準情報交換モデル(FIXM, AIXM, IWXXM)
戦略的計画と 戦術的処理の調整	離陸後の飛行軌道の調整	FF-ICE/R2 + 協調的意思決定(FLXM)
信頼性と柔軟性の向上	ATMサービス提供者間での 軌道管理	FF-ICE/R2 + AIDC
戦略的計画の改善	戦術的介入の調和	ATC + FMS + EFB
状況認識の向上 と不確実性の低減	空地情報共有	IP Connectivity + Connected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

Agenda

1. MR TBOの概要
2. Lab Demoについて
3. 分析と課題
4. まとめ

Lab Demoについて

➤ High Level Architecture

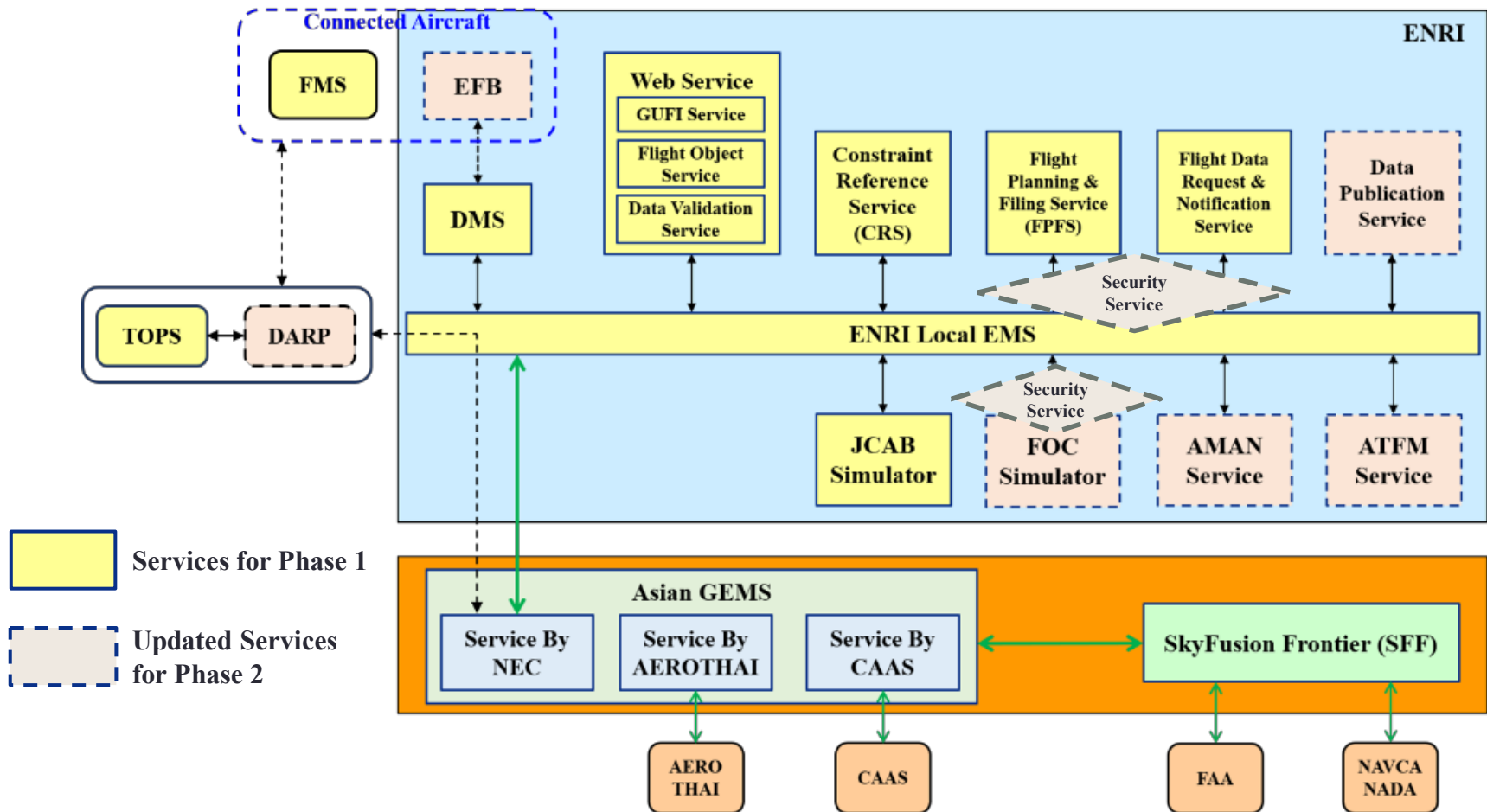


* GEMS: Global Enterprise Messaging Service

* SCVP: Server-based Certificate Validation Protocol

Lab Demoについて

➤ ENRI Test System



Lab Demoについて

➤ Scenarios: Trajectory-Based Multiple Flights Operation

Simulator UTC 2022-05-02 06:36:26 JCAB

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

GUFI 298bc90c-d4d1-4502-aa61-f7f83d59af72

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

TIMESTAMP ENRI_OUTSIDE_IN:1651151602443,ENRI_OUTSIDE_OUT:16512444,ENRI_EMS_IN:1651152192879,ENRI_EMS_OUT:1651152195415,JCAB_IN:1651152195415

ESHPOC_VALIDATION_STATUS SUCCESSFUL_VALIDATION

FIXM

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

Flight Plan Version

Status

Status Explanation

RWY CLSD at RJAA

Volcanic Ashe

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

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

SIGMET of Typhoon

JAL9: KSFO -> RJAA

SIA37: KLAX -> WSSS

Signed message from UAL and FAA

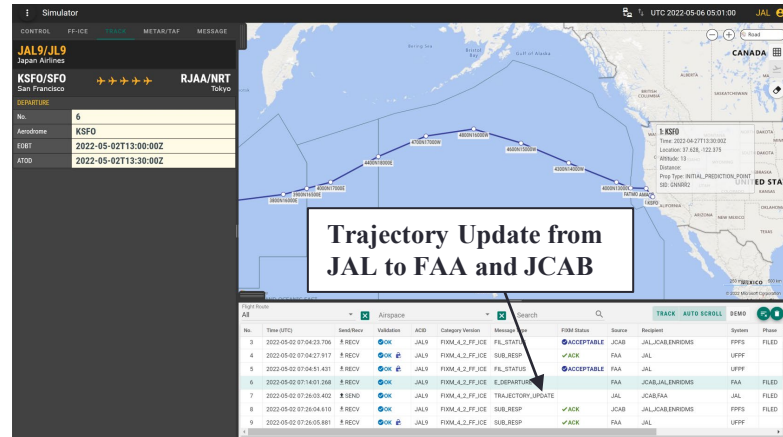
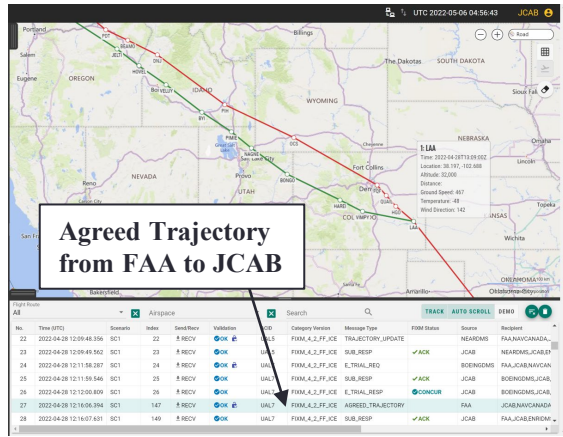
Flight Route All Airspace

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,ENRIDS,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,ENRIDS
57	2022-04-28 13:31:36.956	SC1	11185	SEND	OK	AIXM_5_1		NOTAM		JCAB	JAL,FAA,ENRIDS,E

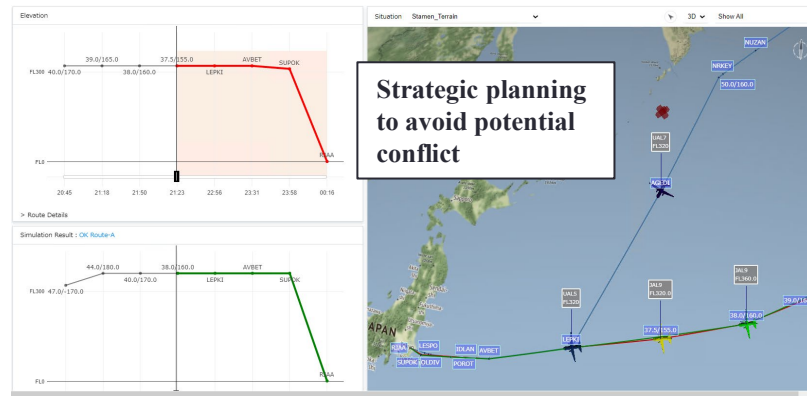
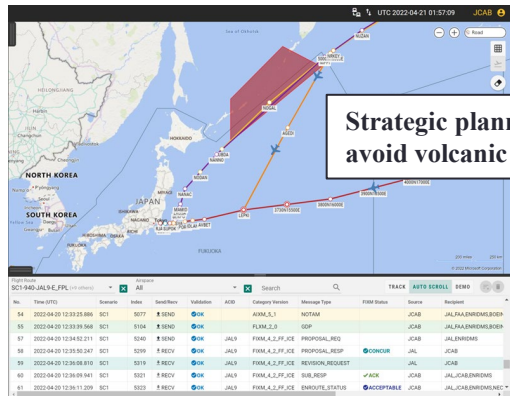
Lab Demoについて

➤ 軌道情報の共有・管理・利用

Trajectory Sharing



Trajectory based Evaluation



Lab Demoについて

➤ 軌道情報の共有・管理・利用

Trajectory Based Flow Management

ENRI SWIM Departure Arrival Management System (DAMS) Publish FLXM GDP Message

Message

```

1) (Header)
2) (Info)
3) (Message)
4) (Data)
5) (Data)
6) (Data)
7) (Data)
8) (Data)
9) (Data)
10) (Data)
11) (Data)
12) (Data)
13) (Data)
14) (Data)
15) (Data)
16) (Data)
17) (Data)
18) (Data)
19) (Data)
20) (Data)
21) (Data)
22) (Data)
23) (Data)
24) (Data)
25) (Data)
26) (Data)
27) (Data)
28) (Data)
29) (Data)
30) (Data)
31) (Data)
32) (Data)
33) (Data)
34) (Data)
35) (Data)
36) (Data)
37) (Data)
38) (Data)
39) (Data)
40) (Data)
41) (Data)
42) (Data)
43) (Data)
44) (Data)
45) (Data)
46) (Data)
47) (Data)
48) (Data)
49) (Data)
50) (Data)
51) (Data)
52) (Data)
53) (Data)
54) (Data)
55) (Data)
56) (Data)
57) (Data)
58) (Data)
59) (Data)
60) (Data)
61) (Data)
62) (Data)
63) (Data)
64) (Data)
65) (Data)
66) (Data)
67) (Data)
68) (Data)
69) (Data)
70) (Data)
71) (Data)
72) (Data)
73) (Data)
74) (Data)
75) (Data)
76) (Data)
77) (Data)
78) (Data)
79) (Data)
80) (Data)
81) (Data)
82) (Data)
83) (Data)
84) (Data)
85) (Data)
86) (Data)
87) (Data)
88) (Data)
89) (Data)
90) (Data)
91) (Data)
92) (Data)
93) (Data)
94) (Data)
95) (Data)
96) (Data)
97) (Data)
98) (Data)
99) (Data)
100) (Data)
  
```

FLXM GDP Message with CLDT to related eAUs

Proposed CTO and Altitude to JAL and UAL7

Map showing flight paths over the Korean peninsula and surrounding regions.

Trajectory Based A/G Coordination

Electronic Flight Bag (EFB) for Trajectory Sharing, Management and Utilization

EFB for Trajectory Sharing, Management and Utilization

FMS MsgData

FMS Simulator

Msg Data

No.	Time	Type	Source	System	Category	MsgType	ACLD	GORT	EOBT	MsgData
1	2022-04-27T01:19:46:716	S	NEC	FMS	ATS	DEP_CLEARANCE	JAL707	ES13212-348-424-666-air71672860	2022-04-27T00:00:00:0000	msg-DEP-LOGON-CONNECT-vmg+
2	2022-04-27T01:20:19:072	R	NEC	FMS	ATS	DEP_CLEARANCE	JAL707	ES13212-348-424-666-air71672860	2022-04-27T00:00:00:0000	msg-ACCEPT-vmg+
3	2022-04-27T10:40:04:948	S	NEC	FMS	ATS	CYCLE_DOWNLINK	JAL9	ES13669-929-453-960-air12632182	2022-04-27T10:00:00:0000	msg-REQUEST-CLMB-TO-FL350-vmg+
4	2022-04-27T10:41:00:420	R	NEC	TOPS	ATS	CYCLE_UPLINK	JAL9	ES13669-929-453-960-air12632182	2022-04-27T10:00:00:0000	msg-CLMB-TO-AND-MANTAIN-FL350-REPORT-LEVEL-FL350-vmg+

Agenda

1. MR TBOの概要
2. Lab Demoについて
3. 分析と課題
4. 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

Message validation failed due to the different technical approaches of GEMS Service Providers

No.	Time (UTC)	Scenario	Index	Send/Recv	Validation	ACID	Category Version	Message Type	FIXM Status	Source	Recipient
25	2022-05-12 02:51:27.817	SC1	112	RECV	OK	SIA37	FIXM_4_2_NAS	TRACK		JCAB	SIA,CAAS,JCAB
26	2022-05-12 02:53:02.673	SC1	113	RECV	OK	SIA37	FIXM_4_2_FF_JCE	E_TRIAL_REQ		SIA	JCAB,CAAS
27	2022-05-12 02:53:03.793	SC1	114	RECV	OK	SIA37	FIXM_4_2_FF_JCE	SUB_RESP	ACK	JCAB	SIA,JCAB,ENRDMS
28	2022-05-12 02:53:04.880	SC1	115	RECV	OK	SIA37	FIXM_4_2_FF_JCE	E_TRIAL_RESP	CONCUR	JCAB	SIA,JCAB,ENRDMS
29	2022-05-12 02:54:07.969	SC1	116	RECV	OK	SIA37	FIXM_4_2_FF_JCE	REVISION_REQUEST		SIA	JCAB
30	2022-05-12 02:54:09.082	SC1	117	RECV	OK	SIA37	FIXM_4_2_FF_JCE	SUB_RESP	ACK	JCAB	SIA,JCAB,ENRDMS
31	2022-05-12 02:54:10.182	SC1	118	RECV	OK	SIA37	FIXM_4_2_FF_JCE	ENROUTE_STATUS	ACCEPTABLE	JCAB	SIA,JCAB,ENRDMS,NEC

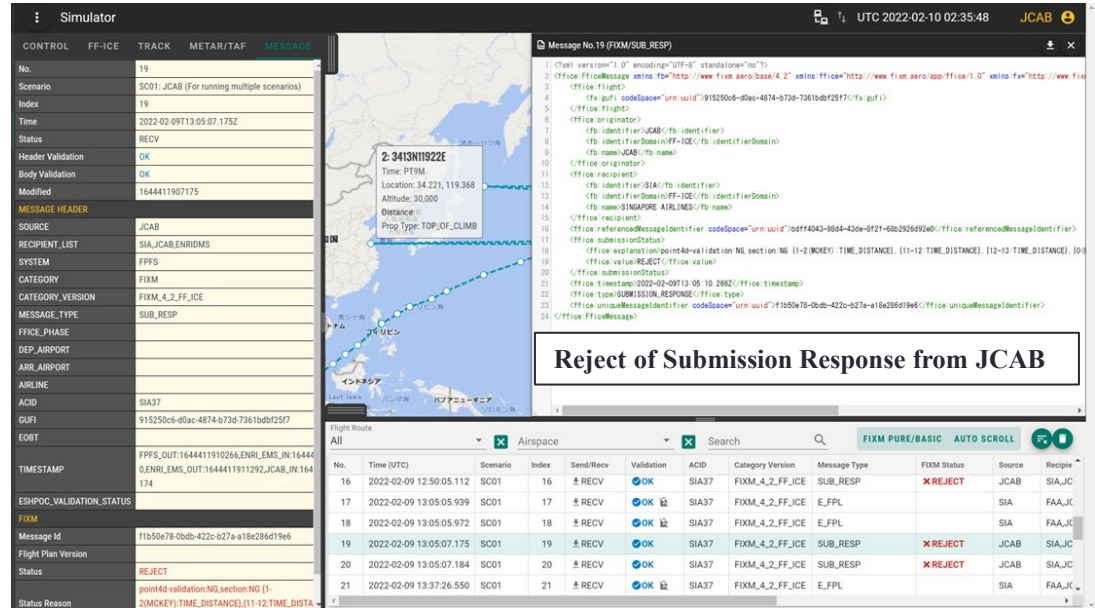
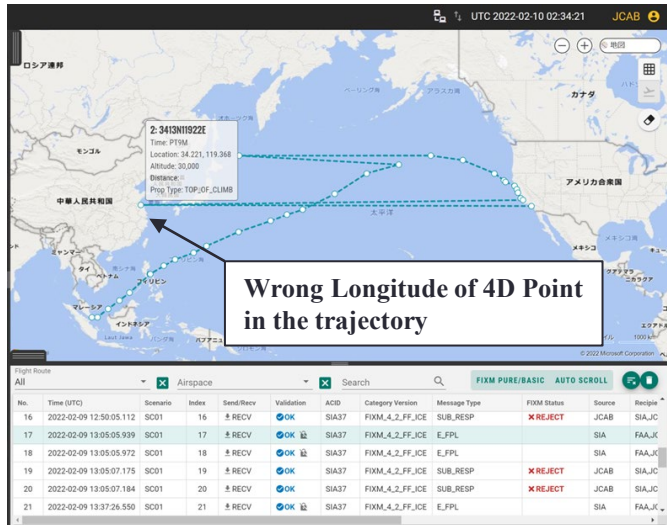
ESHPDC_VALIDATION_STATUS: FAILED_SIGNATURE_VALIDATION

Message Id: a7999332-9e84-433e-9d10-8a6869fa7a96

分析と課題

➤ 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



分析と課題

➤ 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

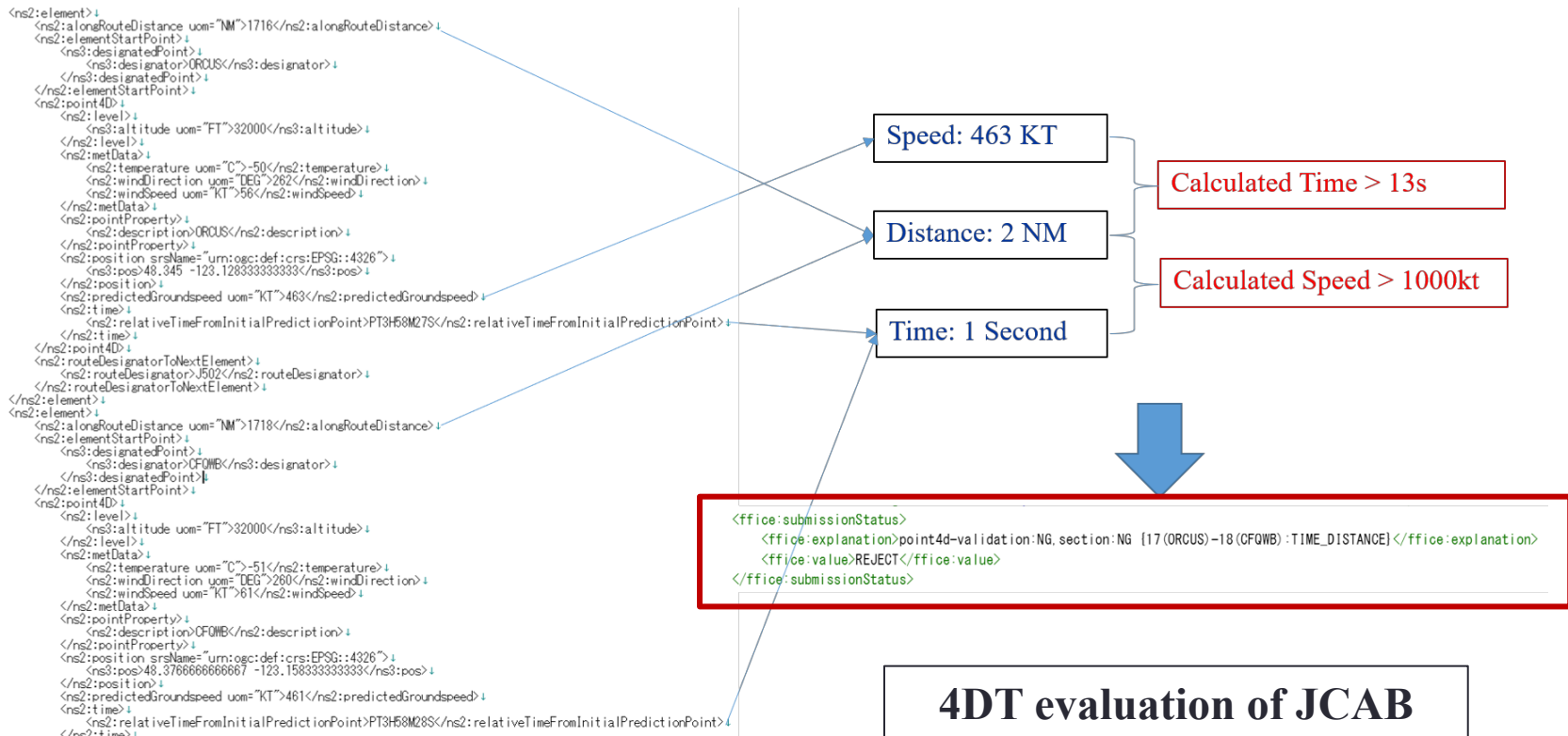
The reason for Non_Concur is not clear. The information of constrained airspace is expected.

No.	Time (UTC)	Scenario	Index	Send/Recv	Validation	ACID	Category	Version	Message Type	FIXM Status	Source	Recipient
9	2022-05-12 01:44:40.362	SC25	45	SEND	OK	JAL707X	FIXM_4_2_FF_ICE		PROPOSAL_RESP	CONCUR	JAL	AEROTHAI
10	2022-05-12 01:46:37.326	SC25	46	SEND	OK	JAL707X	FIXM_4_2_FF_ICE		E_TRIAL_REQ		JAL	AEROTHAI
11	2022-05-12 01:46:39.230	SC25	47	RECV	OK	JAL707X	FIXM_4_2_FF_ICE		SUB_RESP	ACK	AEROTHAI	JAL
12	2022-05-12 01:46:46.544	SC25	48	RECV	OK	JAL707X	FIXM_4_2_FF_ICE		E_TRIAL_RESP	NON_CONCUR	AEROTHAI	JAL
13	2022-05-12 01:46:56.124	SC25	49	SEND	OK	JAL707X	FIXM_4_2_FF_ICE		E_TRIAL_REQ		JAL	AEROTHAI
14	2022-05-12 01:46:57.091	SC25	50	RECV	OK	JAL707X	FIXM_4_2_FF_ICE		SUB_RESP	ACK	AEROTHAI	JAL
15	2022-05-12 01:46:59.358	SC25	51	RECV	OK	JAL707X	FIXM_4_2_FF_ICE		E_TRIAL_RESP	CONCUR	AEROTHAI	JAL

分析と課題

➤ 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. MR TBOの概要
2. Lab Demoについて
3. 分析と課題
4. 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	AIXM
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
FLXM	Flow 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