



---

# MR TBOにおける情報のデジタル化と 航空交通の最適化

---

電子航法研究所

監視通信領域

呂 曉東

2023年12月5日

# Agenda

---



## 1. 航空DXの動向

2. MR TBOにおける情報のデジタル化

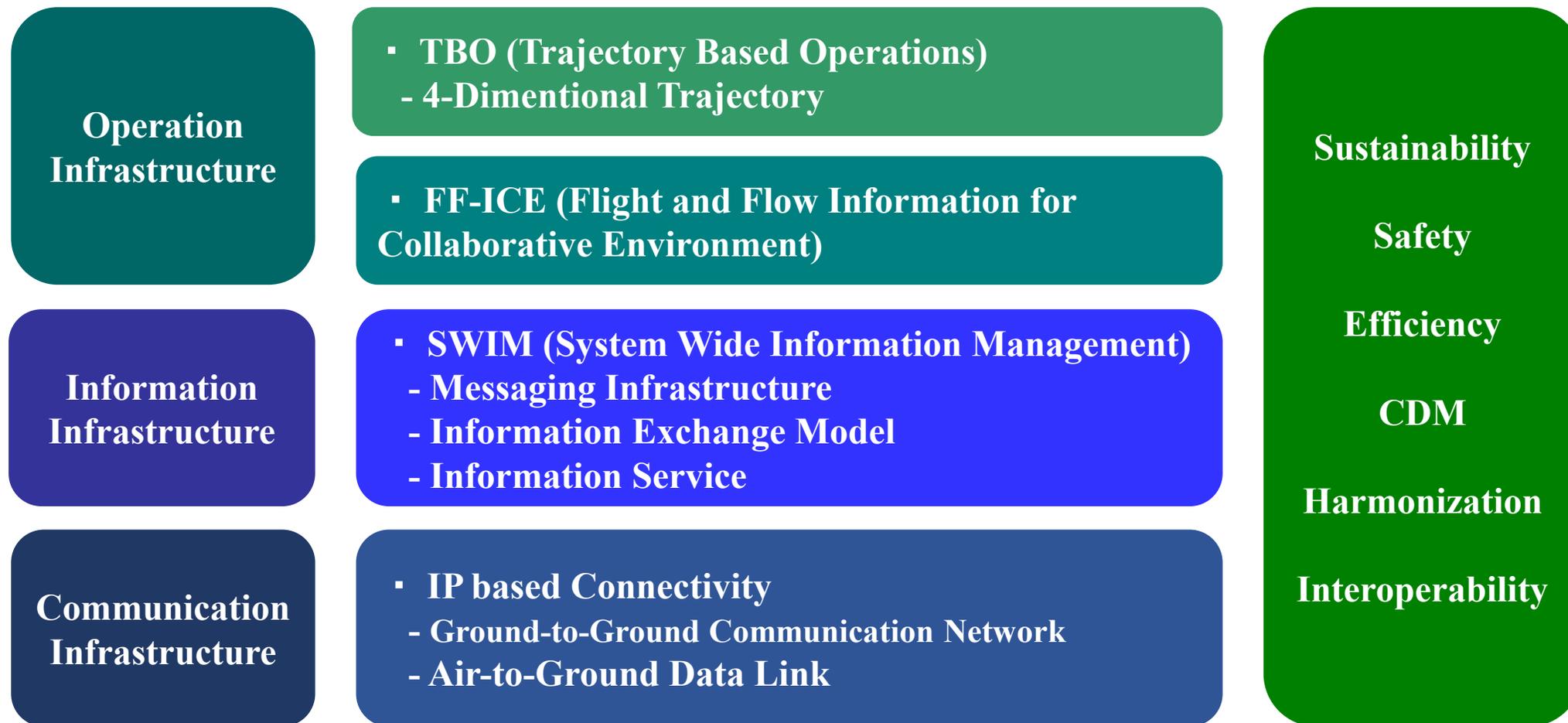
3. MR TBOにおける航空交通の最適化

4. まとめ

# 航空DXの動向



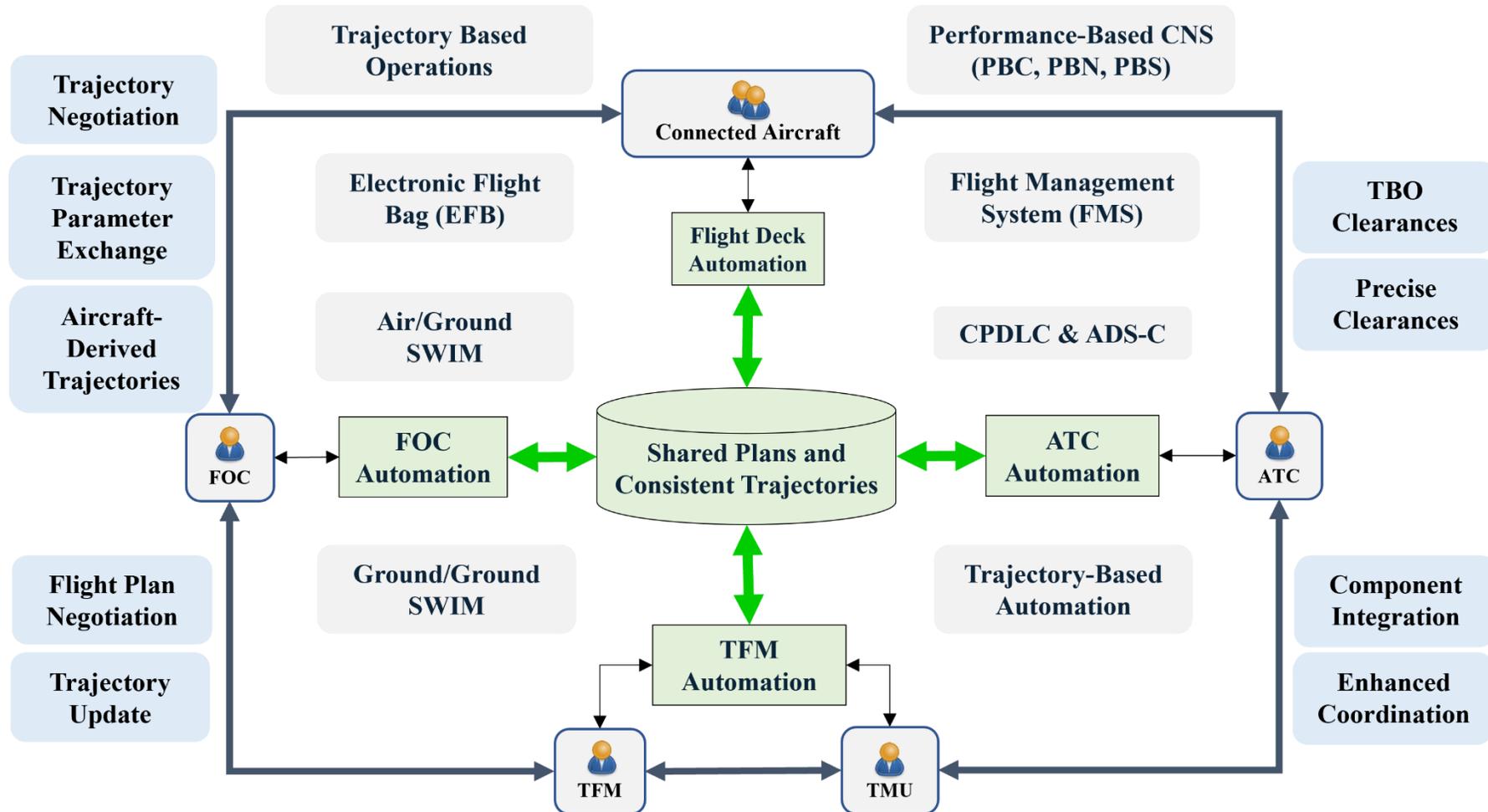
## ➤ グローバルな相互運用性と協調性



# 航空DXの動向



## ➤ 軌道ベース運用コンセプト (TBO: Trajectory-Based Operations)



# Agenda

---



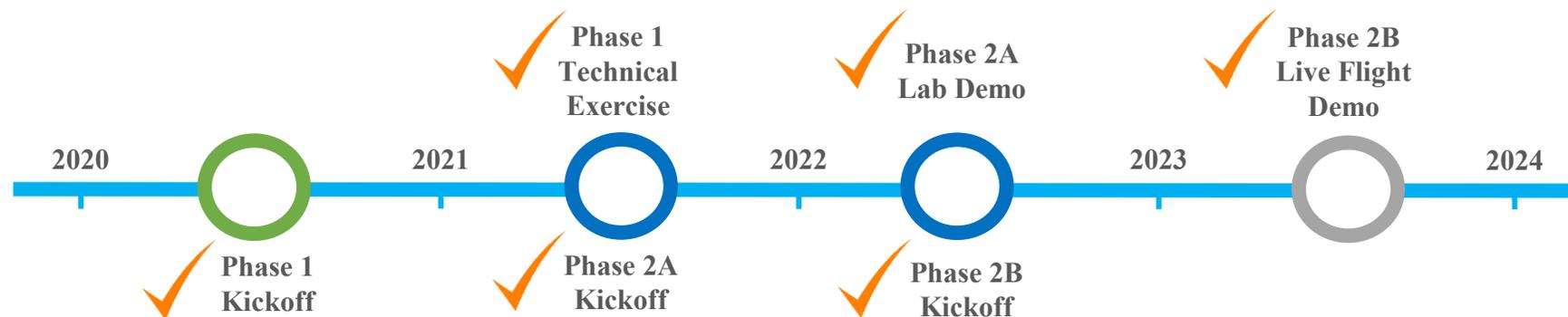
1. 航空DXの動向
2. MR TBOにおける情報のデジタル化
3. MR TBOにおける航空交通の最適化
4. まとめ

# MR TBOにおける情報のデジタル化



## ➤ Multi-Regional TBO Demonstration (MR TBO)について

- 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



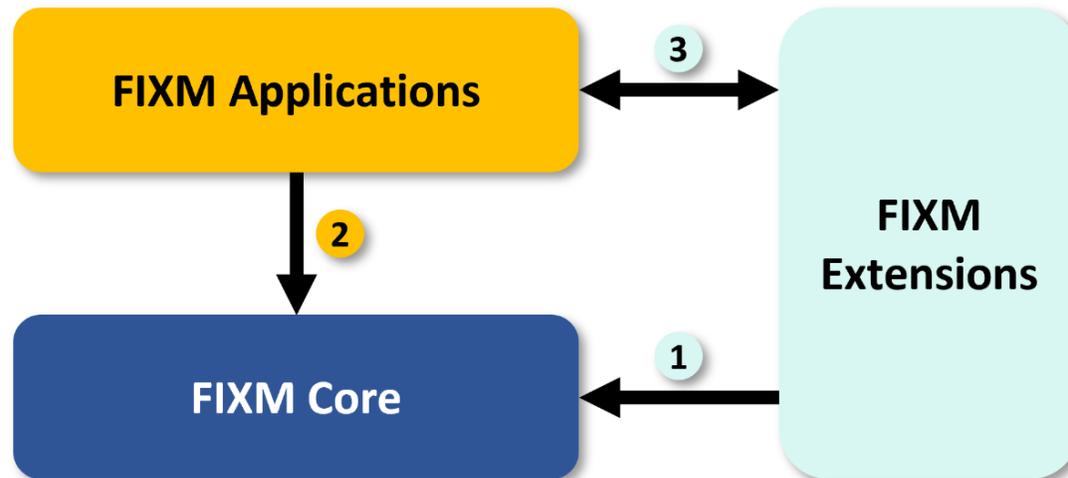
# MR TBOにおける情報のデジタル化



## ➤ FIXMによる飛行情報のデジタル化

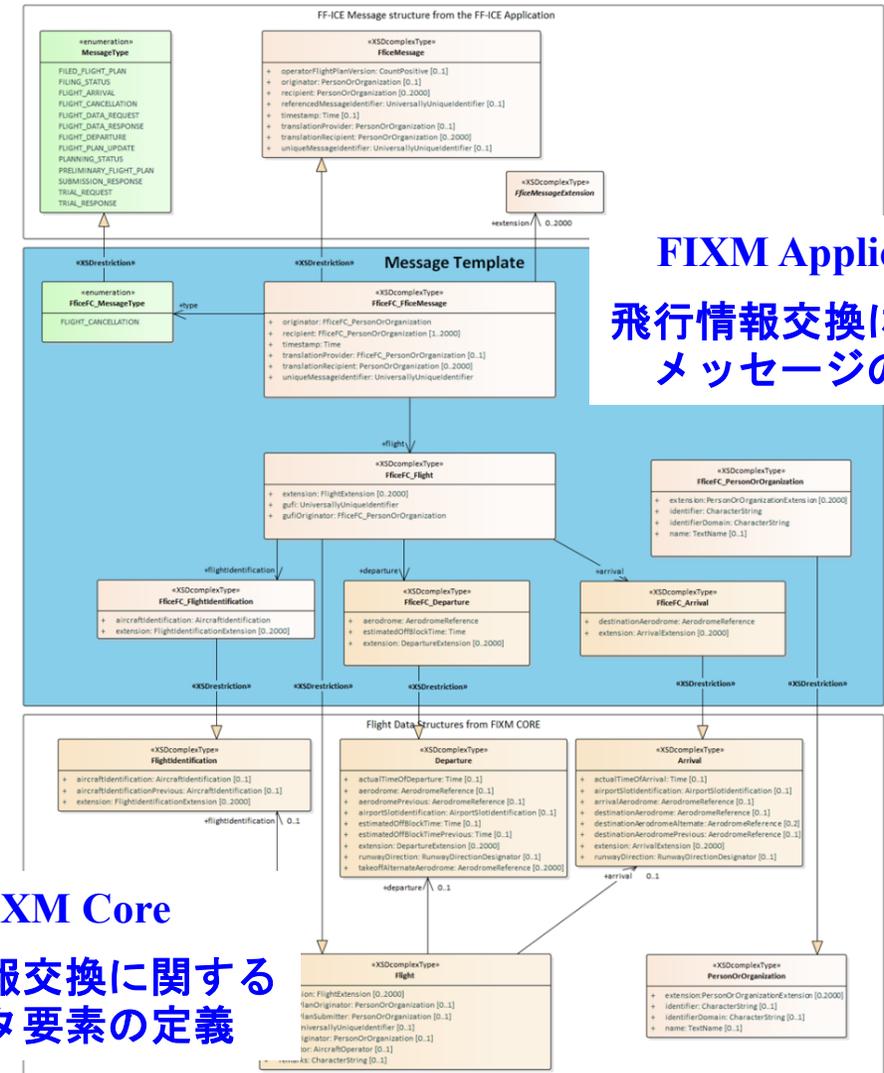
### □ FIXMの構成

- FIXM Core: Flight and Base
- FIXM Applications: Basic and FF-ICE
- FIXM Extensions: US, EU and APAC



FIXMのコンポーネント

\*FIXM: Flight Information Exchange Model



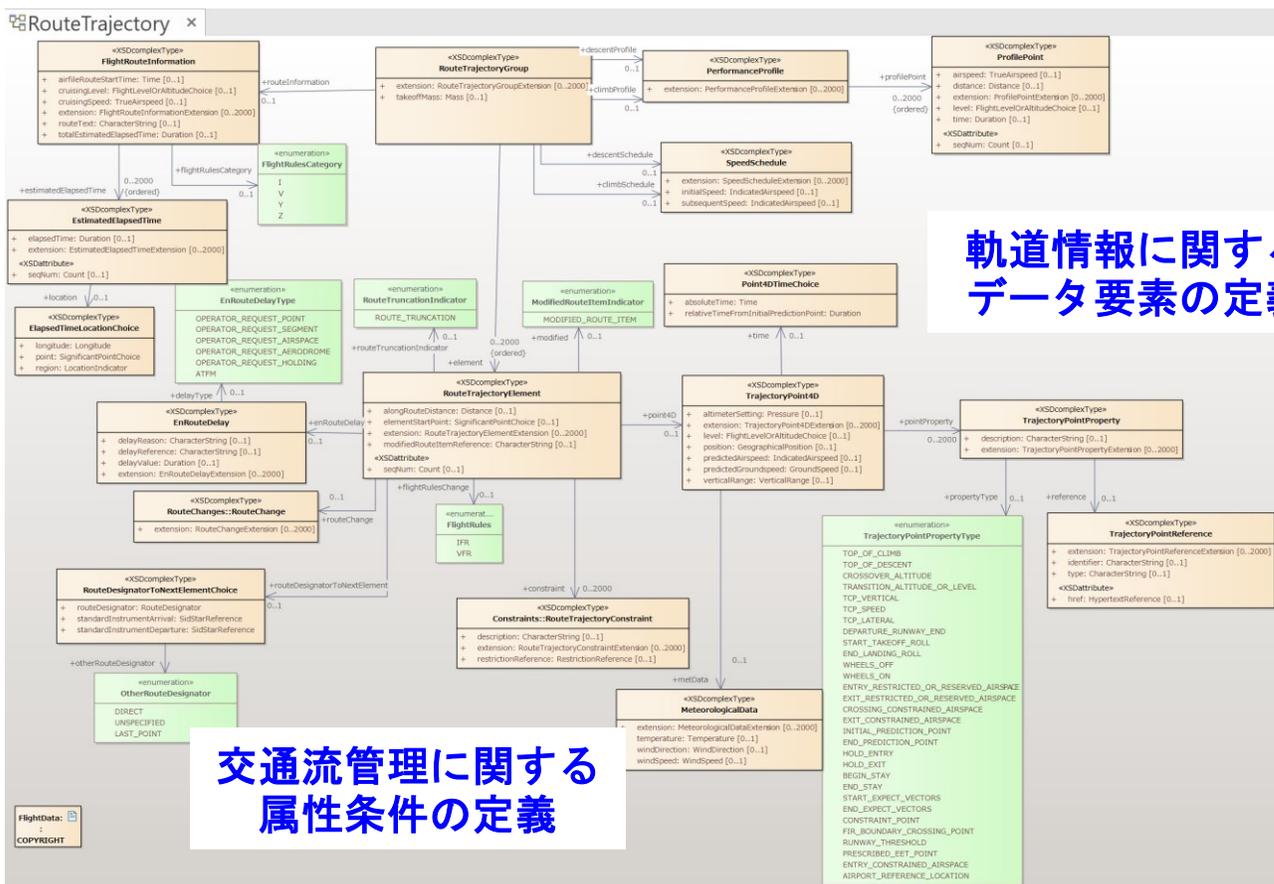
FIXM v4.2.0のダイアグラム

# MR TBOにおける情報のデジタル化



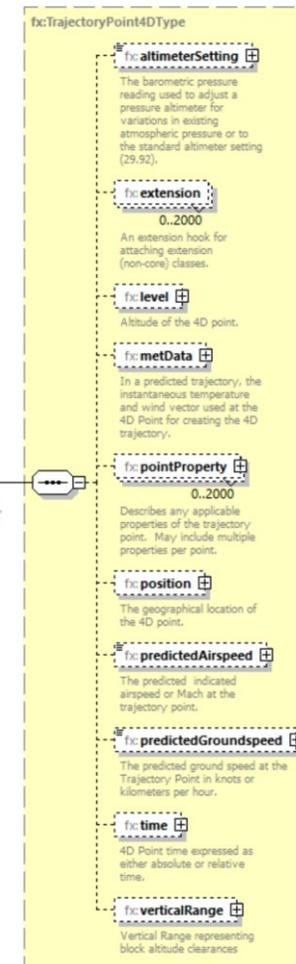
## ➤ FIXMによる飛行情報のデジタル化

### □ データの構造化



交通流管理に関する  
属性条件の定義

軌道情報に関する  
データ要素の定義



- ・ 4次元情報
- ・ 気象データ
- ・ 属性条件
- ・ 許容範囲

## 4次元軌道情報のデジタル化

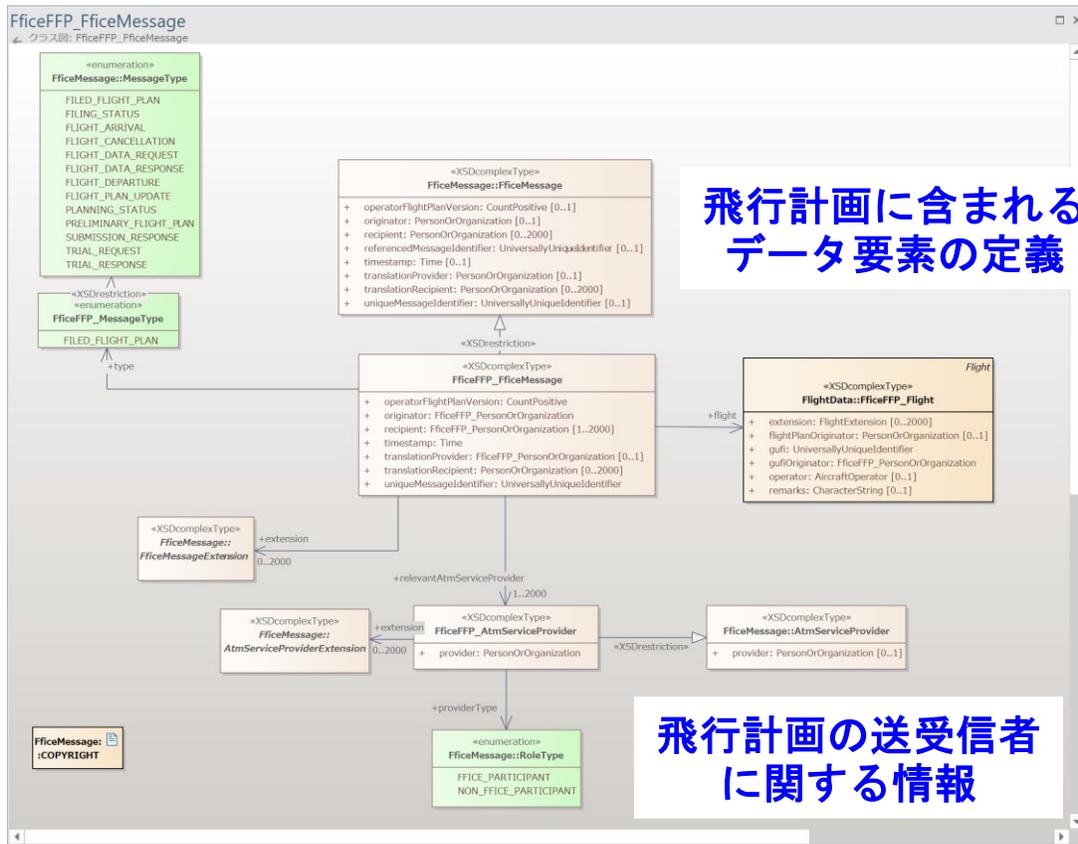
## point4D Schema

# MR TBOにおける情報のデジタル化

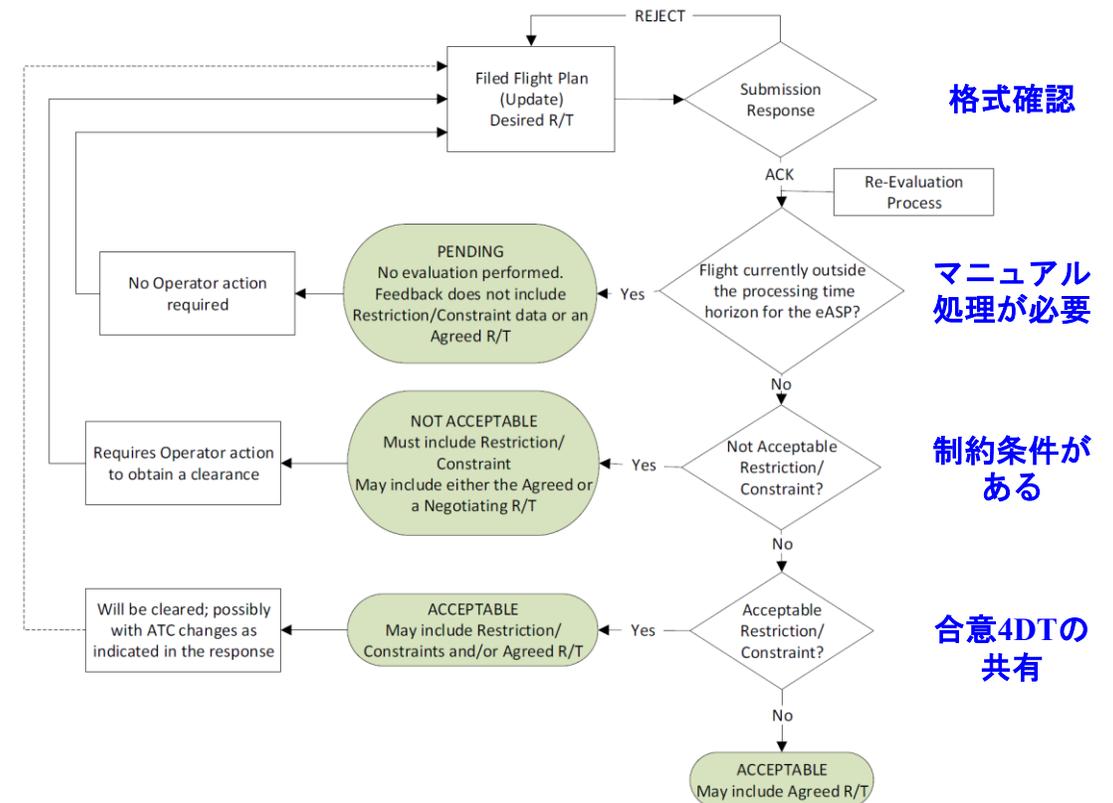


## ➤ FIXMによる飛行情報のデジタル化

### □ メッセージフォーマットとプロセスの標準化



Filed Flight Plan Messageの定義



Filed Flight Plan Messageの処理フロー



# Agenda

---



1. 航空DXの動向
2. MR TBOにおける情報のデジタル化
3. MR TBOにおける航空交通の最適化
4. まとめ

# MR TBOにおける航空交通の最適化



## ➤ FF-ICEによる離陸前飛行計画の調整

### □ 制約条件の共有と異種サービスの連携による最適な飛行経路の調整

Simulator  
FF-ICE TRACK TRAFFIC METAR/TAF MES

SPECI Message No. 13437

**RJAA/NRT**  
Narita International Airport

Observed on Tue, May 02, 2023 04:00

Temperature 15°C, dew point 5°C, QNH 1008hPa.  
Wind 50° 25kt with gusts up to 37kt.  
Visibility 3000m or more, minimum 45° 1200m.  
Clouds 500ft (amount: OVC type: CB).  
Recent Weathers: TS.  
Temporary Fluctuations from Tue 04:00 till 05:00:  
Visibility 600m or more.  
Recommen from Tue 04:00:

**METAR** Fetched at 2023-05-02 04:00:21 METAR TAF

**RJAA/NRT**  
Narita International Airport

Observed on Tue, May 02, 2023 03:00

Temperature 15°C, dew point 5°C, QNH 1008hPa.  
Wind 50° 25kt with gusts up to 37kt.  
Visibility 3000m or more.  
Clouds 500ft (amount: FEW), 500ft (amount: SCT).

No.	Time (UTC)	Scenario	Index	Send/Recv	Validation	ACID	Category	Version	Message Type	FIXM Status	Source
13368	2023-05-02 03:54:19.380	SC1	13432	RECV	OK	BOE78	FIXM_4_2_FF_ICE		SUB_RESP	ACK	JCAB
13369	2023-05-02 03:54:20.502	SC1	13433	RECV	OK	BOE78	FIXM_4_2_FF_ICE		PLAN_STATUS	CONCUR	JCAB
13370	2023-05-02 03:56:01.342	SC1	13434	RECV	OK	BOE78	FIXM_4_2_FF_ICE		E_FPL		BOEING
13371	2023-05-02 03:56:03.264	SC1	13435	RECV	OK	BOE78	FIXM_4_2_FF_ICE		SUB_RESP	ACK	JCAB
13372	2023-05-02 03:56:04.389	SC1	13436	RECV	OK	BOE78	FIXM_4_2_FF_ICE		FIL_STATUS	ACCEPTABLE	JCAB
13373	2023-05-02 04:00:08.143	SC1	13437	SEND	OK		FIXM_3_0		SPECI		JCAB

UTC 2023-05-02 04:10:31 JCAB

Flight Route

No.	Time (UTC)	Scenario	Index	Send/Recv	Validation	ACID	Category	Version	Message Type	FIXM Status	Source
13377	2023-05-02 04:08:20.740	SC1	13441	RECV	OK	BOE78	FIXM_4_2_FF_ICE		SUB_RESP	ACK	JCAB
13378	2023-05-02 04:08:21.827	SC1	13442	RECV	OK	BOE78	FIXM_4_2_FF_ICE		E_TRIAL_RESP	CONCUR	JCAB
13379	2023-05-02 04:09:13.955	SC1	13443	RECV	OK	BOE78	FIXM_4_2_FF_ICE		E_FPL_UPDATE		BOEING
13380	2023-05-02 04:09:15.887	SC1	13444	RECV	OK	BOE78	FIXM_4_2_FF_ICE		SUB_RESP	ACK	JCAB
13381	2023-05-02 04:09:17.024	SC1	13445	RECV	OK	BOE78	FIXM_4_2_FF_ICE		FIL_STATUS	ACCEPTABLE	JCAB
13382	2023-05-02 04:10:14.734	SC1	13446	SEND	OK	BOE78	FLXM_2_0		APP		JCAB

離陸前， 空港気象情報の共有により航空路と空域の混雑状況の予測が可能

混雑状況の情報共有により遅延を短縮できる飛行経路の調整が可能

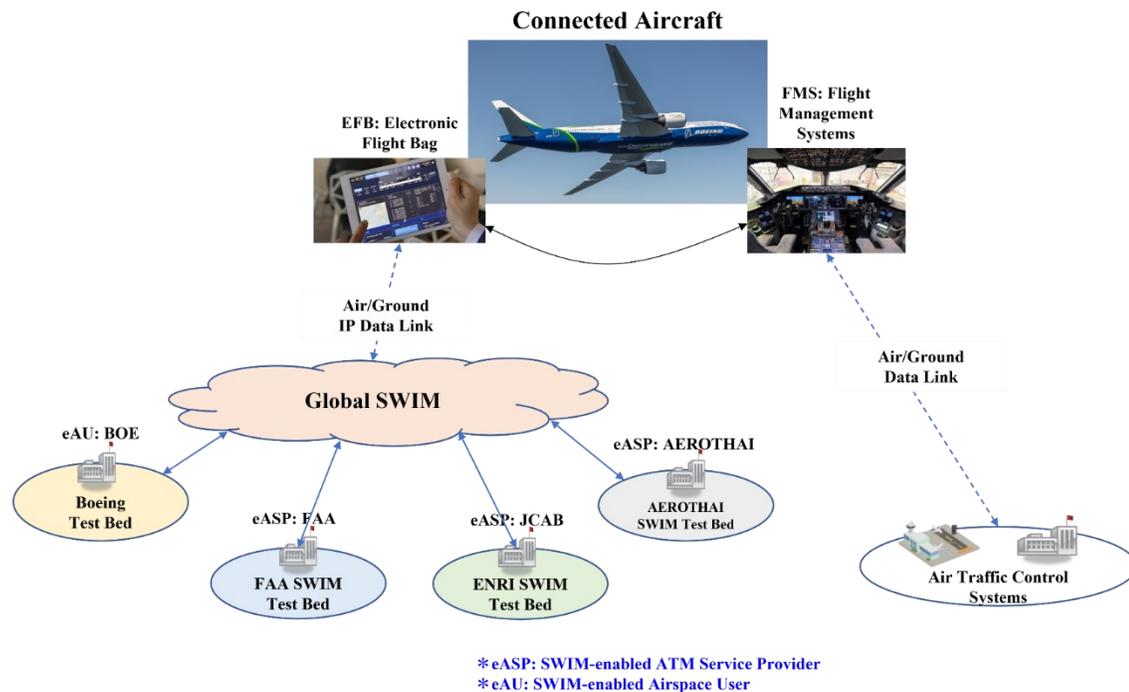
\*FLXM: Flow Information Exchange Model

# MR TBOにおける航空交通の最適化



## ➤ TBOによる戦術的な対応と戦略的な計画の融合

### □ Connected Aircraftによる実際のATCシステムとSWIMシステムの協調運用



Connected Aircraftによる4DT変更情報の共有で、下流運航関係者との調整が可能 (strategic planning)

各国のSWIM実験システム, 実際のATCシステムと Boeing ecoDemonstratorによるMR TBO Live Flight Demo

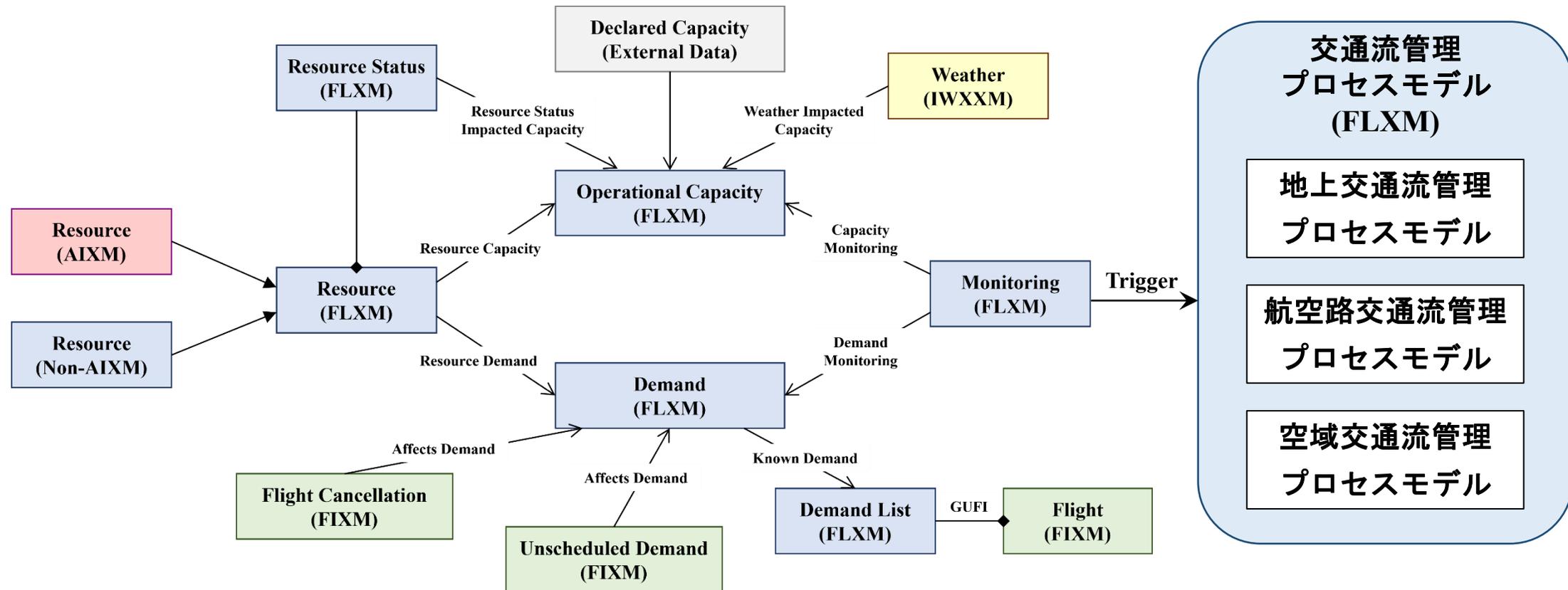
No.	Time (UTC)	Scenario	Index	Send/Recv	Validation	ACID	Category	Version	Message Type	FIMM Status	Source
6589	2023-05-02 01:42:54.980	SC1	6637	& RECV	OK	BOE78	FIXM_4.2_FF_ICE		SUB_RESP	ACK	JCAB
6592	2023-05-02 01:42:56.424	SC1	6640	& RECV	OK	BOE78	FIXM_4.2_FF_ICE		E_TRIAL_RESP	CONCUR	JCAB
6665	2023-05-02 01:44:08.447	SC1	6713	& RECV	OK	BOE78	FIXM_4.2_FF_ICE		AGREED_TRAJECTORY		FAA
6667	2023-05-02 01:44:09.826	SC1	6715	& RECV	OK	BOE78	FIXM_4.2_FF_ICE		SUB_RESP	ACK	JCAB
6750	2023-05-02 01:45:31.380	SC1	6798	& RECV	OK	BOE78	FIXM_4.2_FF_ICE		TRAJECTORY_UPDATE		BOEINGDMS
6752	2023-05-02 01:45:32.773	SC1	6800	& RECV	OK	BOE78	FIXM_4.2_FF_ICE		SUB_RESP	ACK	JCAB

# MR TBOにおける航空交通の最適化



## 交通流情報交換モデル (FLXM) による離陸後交通流の最適化

### 実際の需要と容量の情報共有による交通流管理プロセスのモデル化



# MR TBOにおける航空交通の最適化



## ➤ FLXMによる離陸後交通流の最適化

### □ 滑走路閉鎖に対応できるGround Delayプロセスモデルによる最適な着陸時間の調整

The screenshot shows the FLXM simulator interface. On the left, there is a 'Ground Delay Program' sidebar with details such as 'Type: GDP', 'Status: ACTUAL', and 'Reason: RWY16R/34L OF RJAA IS CLOSED'. The main area displays a map of Japan with flight paths and a data table below it.

No.	Time (UTC)	Scenario	Index	Send/Recv	Validation	ACID	Category Version	Message Type	FIXM Status	Source
25554	2023-06-11 21:58:08.299	SC1	25566	RECV	OK	BOE160	FIXM_4_2_FF_ICE	E_TRIAL_RESP	CONCUR	JCAB
25638	2023-06-11 21:59:33.204	SC1	25652	RECV	OK	BOE160	FIXM_4_2_FF_ICE	AGREED_TRAJECTORY		FAA
25641	2023-06-11 21:59:34.506	SC1	25655	RECV	OK	BOE160	FIXM_4_2_FF_ICE	SUB_RESP	ACK	JCAB
26237	2023-06-11 22:09:55.731	SC1	26277	RECV	OK	BOE160	FIXM_4_2	ACP		NEC
28029	2023-06-11 23:36:09.148	SC1	28094	SEND	OK		AIXM_5_1	NOTAM		JCAB
28044	2023-06-11 23:38:24.112	SC1	28109	SEND	OK	BOE160	FLXM_2_0	GDP		JCAB

滑走路閉鎖の情報共有により地上の航空機の離陸を延期することで、空港の実際の容量と離着陸の需要のアンバランスの調整が可能

The screenshot shows the FLXM simulator interface with a map of Japan. A pop-up window displays details for '2: OATIS', including location, altitude, distance, and ground speed. Below the map is a data table.

No.	Time (UTC)	Scenario	Index	Send/Recv	Validation	ACID	Category Version	Message Type	FIXM Status	Source
28044	2023-06-11 23:38:24.112	SC1	28109	SEND	OK	BOE160	FLXM_2_0	GDP		JCAB
28053	2023-06-11 23:39:44.852	SC1	28118	SEND	OK	BOE160	FIXM_4_2_FF_ICE	PROPOSAL_REQ		JCAB
28059	2023-06-11 23:40:37.490	SC1	28124	RECV	OK	BOE160	FIXM_4_2_FF_ICE	PROPOSAL_RESP	CONCUR	BOEING
28067	2023-06-11 23:41:41.188	SC1	28132	RECV	OK	BOE160	FIXM_4_2_FF_ICE	REVISION_REQUEST		BOEING
28068	2023-06-11 23:41:42.401	SC1	28133	RECV	OK	BOE160	FIXM_4_2_FF_ICE	SUB_RESP	ACK	JCAB
28069	2023-06-11 23:41:43.504	SC1	28134	RECV	OK	BOE160	FIXM_4_2_FF_ICE	ENROUTE_STATUS	ACCEPTABLE	JCAB

空港の容量や着陸時間の更新の情報共有により着陸管理用の固定ポイントの最適な通過時間の調整が可能

# Agenda

---



1. 航空DXの動向
2. MR TBOにおける情報のデジタル化
3. MR TBOにおける航空交通の最適化
4. まとめ



運用の安定性

安全性

継続性

変わらないために  
変わり続ける

情報のデジタル化  
SWIM

運用の協調化  
FF-ICE

ATMの最適化  
TBO



ご清聴

ありがとう

ございました



M P A T