

# 長期ビジョンについて（中間報告）

研究企画統括 ※白川 昌之

## 1. 概要

電子航法研究所においては、これまで GNSS (Global Navigation Satellite System: 全世界的航法衛星システム) やデータリンクをはじめとする CNS (Communication, Navigation, Surveillance: 通信・航法・監視) 技術を中心として研究を行ってきた。2003年にモントリオールにおいて開催された ICAO (国際民間航空機関) の第11回航空会議において、これまで開発された CNS 技術をどう使うかについてコンセンサスを得ることが今後必要であるとの観点から、世界的に共通の運用概念が承認された。

このような背景の中、電子航法研究所においても CNS 技術から、その利用法である ATM (Air Traffic Management: 航空交通管理) 技術に研究の重点を切り替えていくこととし、新たな中期計画を策定した。更に今後の長期的な見通しを持つため、平成18年7月に研究所内部に長期ビジョン検討委員会を設立して長期的なビジョンについて検討した。

ここでは、主として ICAO のビジョンを中心に電子航法の長期的ビジョンについて述べていく。

## 2. ICAO のビジョンについて

### 2.1 ICAO ビジョンの構成

ICAO のビジョンは、主として航空機の経路を直線

または曲線的に設定し、空港面を含めゲート・トゥ・ゲートで時間管理するという考え方に基づいている。

ビジョンは、今後の航空交通管理の大きな方向を示すもので、具体的な実行方法を示すものではない。このため、ICAO では、運用概念をまとめた OCD (ATM 運用概念文書) [1]に加えて、世界的航法計画 (Global Air Navigation Plan) [2]を作成して実行のガイドラインとしている。これらの文書の関係は表1に示す通りである。

このように、ICAO のプランにおいては実行のレベルを具体的なものから抽象的なものまで4つに分けて規定している。ここでは、上位の3つの部分、ビジョン、戦略的部分、戦術的部分を中心に述べる。

### 2.2 ICAO におけるビジョンとは (ATM Operational Concept Document)

全体を支配する中心的な考え方は、安全性と効率性、定時性という基本的な価値観であり、これを具体化するため、7つの実行要素と、6つのガイドライン、11の期待に整理されている。これを図1に示す。

7つの実行要素は、全体システムから分析されたもので、実システムはこれらが統合されたものとする。このコンセプトの考え方を図1に示す。

表1 ICAO文書の位置づけ

	記述	目的	役割	ガイダンス
ATM/OCD [1]	ATM運用概念ビジョン	相互運用可能なシステムの構築	ビジョン	ATMシステム要件の文書
Global Navigation Plan [2]	調和の方法論	近、中期活動で確定されるものに焦点を当てている	戦略的	2章に分けられる。第1章で移行の戦略とATMの進捗。第2章でパフォーマンスベースの航法の期待される利益と意図、ATMパフォーマンス測定のガイダンス
Operational Initiative [2]	実施の方法論	ATMOCの進捗の測定	戦術的	
Regional Plan	地域の作業計画	地域でのパフォーマンス directive	行動	ビジネスプランと目標

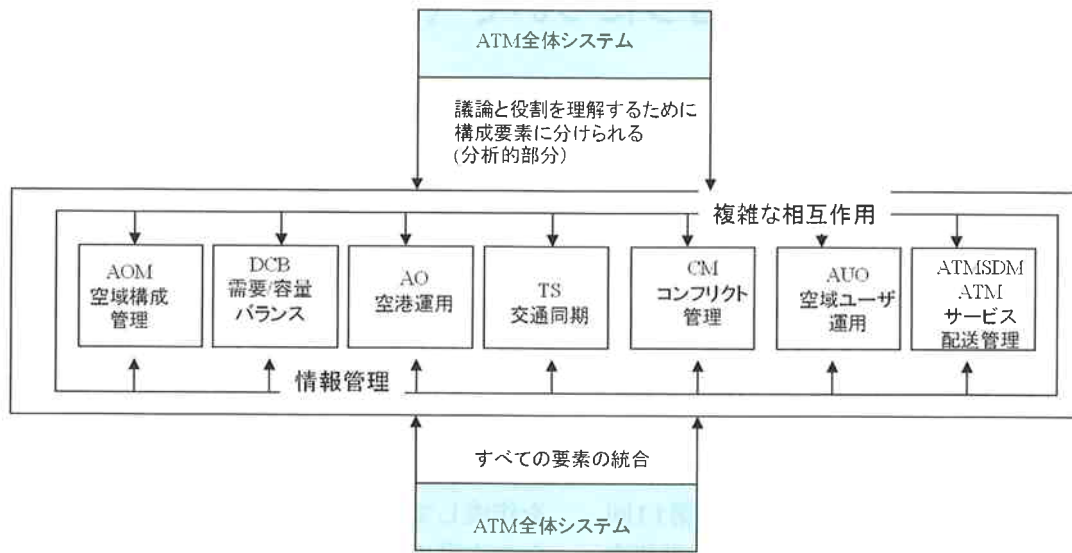


図1 ICAOビジョンの各要素[1]

### 長期ビジョンについて

膨大な計画を語り具体的な事項に入る前に、できるだけ普遍的な目標を示す必要がある。これは、技術の進歩や新しい知見が生じて変わることもない方向を示すものとして必要である。以下にOCDに記述されている「Vision Statement」について述べる。

To achieve an interoperable global air traffic management system for all users during all phases of flight that meets agreed to levels of safety, provides for optimum economic operations, is environmentally sustainable, and meets national security requirements.

内容を整理すると以下のとおりになる。

- 1) 安全の水準を維持する
- 2) 経済的な運用を提供する
- 3) 環境に適切である
- 4) 保安要件を満たす
- 5) 全ての飛行段階、全ての利用者を対象とし、世界的で、相互に利用可能とする

そしてこの中の航空交通管理(ATM)は以下のように定義される。

Air traffic management is the dynamic, integrated management of air traffic and airspace safely, economically, and efficiently through the provision of facilities and seamless services in collaboration with all parties.

同様に整理すると以下のようになる。

- 1) 航空交通管理は安全、経済的、効率的であること、
- 2) 共同的で継ぎ目のないサービスであること、
- 3) 動的かつ集約的(統合的)であること

そして、このコンセプトはFANSP(将来航空航法システムパネル)で開発されてきたCNS技術の次のステップであると記述され、自動化技術、衛星航法技術、通信技術、デジタル技術がテクノロジーとして生かされる事になると想定されるが、必ずしも特定の技術に固執されないとしている。これらの開発されてきた技術はATMシステムの中核とされる。

### ATMシステム

ATMシステムは以下の通り記述される。

The ATM system is a system that provides ATM through the collaborative integration of humans, information, technology, facilities and services, supported by air, ground and/or space-based communications, navigation and surveillance.

ATMシステムは、ATMを構成するインフラストラクチャで、CNSの部分と、それを結合して実現されるソフトウェアである。

- 1) 空中/地上/宇宙を基盤とした通信、航法、監視によって支持されている

- 2) 人間、情報、技術、施設、サービスが協同する統合を通して ATM に提供されるシステム

## 展望

この OCD は、2025年に提供されるサービスを念頭においている。以下に展望(scope)をまとめている。

This air traffic management operational concept describes the services that will be required to operate the global air traffic system up to and beyond 2025. The operational concept addresses what is needed to increase user flexibility and maximize operating efficiencies in order to increase system capacity and improve safety levels in the future air traffic management system.

これについても内容を整理すると以下のとおりになる。

- 1) 2025年まであるいはその先まで ATM システムを運用するために必要なサービスを記述する
- 2) システムの容量の増加と安全性の改善を目的とする
- 3) 利用者の柔軟性を増加させる
- 4) 運用の効率を最大化する

## 2.2 ビジョンの具体化

### stakeholder の 11 の期待

上に述べたビジョンを実現するため、航空のコミュニティから期待される内容が以下の11項目に整理される。

- 1)安全の向上、2)容量の増大、3)平等なアクセス、4)効率性の向上、5)柔軟性の向上、6)予測性の向上、7)世界的な相互運用性、8)費用面での効率性向上、9)環境への配慮、10)コミュニティの参加、11)保安の確保

これらは、航空会社などの期待を簡潔に表したものである。

### 6つのガイドライン

11の期待を実現するために、次項に述べる7つの実行要素を開発していくことが必要であるとされるが、このときに以下の6つのガイドラインを考慮しておくべきであると述べている。

- 1)安全性を第一に配慮すること、2)人間が主体で

あること、3)技術の進歩を考慮すること、4)情報が行き渡ること、5)コラボレーションが確立されること、6)運用の連続性が確保されること

以下ビジョンの中核となる7つの実行要素について簡単に述べる。詳細はOCDを参照して欲しい。

### 7つの実行要素

図1に示した7つの実行要素は以下の各項目に示す略号と対応する。運用概念が考えられた背景としては、増大する航空交通に対するには、空港を拡張し、セクタを分割するだけでは出来ないという基本的な考え方があり、それを、航空交通全体の効率を上げることで達成しようとするものである。

7つの実行要素がビジョンを具体化する内容になるが、それでもなお抽象的なので、できるだけ具体的イメージで記述する。これにより一般性が失われるが、厳密にはOCDそのものを参照して欲しい。

**空港管理(AO: Aerodrome Operation)** 一つ目が効率的な空港管理を実施しようというもので、空港の離発着量の増加やスポットと滑走路の利便性、地上走行時間の減少などが課題となる。A-SMGCが実現する技術イメージとしてある。空港での運用は以下のことを含む。

- 1) 滑走路占有時間を低減すること
- 2) 気象条件に関わらず、容量を維持しつつ、安全に飛行できる能力を持つこと
- 3) 航空機(および車両)が動き回る場所あるいはエプロン上で行われるあらゆる活動が、ATMに直接影響を与えるということを考慮すること

**空域管理(AOM: Airspace Organization and Management)** 空域管理では、訓練空域などの制限空域や空域の区分、ルート設定などが柔軟に行われ、空域という資源を有効に使い、全体としての安全性や効率性(スループットなど)を上げることが求められている。

- 1) 空域は国境を越えて、弾力的に管理されるべきである
- 2) ダイナミックな4次元経路と時間管理ができる限り妨げられないようにする。
- 3) 様々なタイプのトラフィック(軍と民間、VFRとIFR、大型機と小型機など)を空域構成上分離する必要があるときは、その空域の大きさ、形、

時間の規則は運用に与えるインパクトが最小になるようにされなければならない。

**需要／容量バランス (DCB: Demand Capacity Balance)** 需要／容量バランスとは、それぞれの空域が持つ最大処理容量と現実には流れるトラフィックを予測した量との関係を求め、そこを通る航空機を制御していくことである。

需要と容量の均衡化の原則には以下が含まれる

- 1) 個々の飛行の四次元飛行経路についてユーザ要求と実際との差は、システムによってできるだけ小さくなるように最適化される。
- 2) 需要と容量の均衡化は、ゲートからゲートまでの間で全体的に実行される
- 3) 需要と容量の均衡化は、現在および予測された空域の状態、過去のパフォーマンス、予測される需要を考慮する。より高密度になる地域や時刻を戦略的に識別するためのツールも利用できる。

**交通同期(TS: Traffic Synchronization)** 交通同期とは、空港に進入してくる航空機の間隔、速度、高度を予め最終進入の順序・間隔を形成しやすいようにすることで空港や空域での処理容量を上げるという考え方である。後方乱流に基づく間隔については、航空機のクラスにより間隔を細かく管理することが可能になる。また、安全の面からも、航空機が交わる、あるいは合流するなどのタイミングが予め調整されているとコンフリクトが起らず、管制官の負荷も軽減される。このように、安全面と効率面の両方を助ける事を目指している。交通同期は以下の原則を含む。

- 1) ゲート管理と空域ユーザ(具体的には航空機側)の運航を含み、空港の運用を最適化するために、戦術的および協調的にシーケンスを修正する能力
- 2) スループットを最適化するために、フライトに対して与えられる時刻のプロファイルをもとに4-D管制に発展すること
- 3) 地上システムの業務量を低減しつつ、交通のスループットを増加するために、間隔維持業務を操縦席に委譲すること
- 4) 後方乱気流は最低間隔を決定付ける要素であり続ける。

**コンフリクト管理(CM: Conflict Management)** コンフリクト管理は3つの階層で適用される

- 1) 戦略的コンフリクト管理
- 2) 間隔設定
- 3) 衝突回避

空中衝突やコンフリクトを防止するものとして、ACAS(Airborne Collision Avoidance System)やSTCA(Short Term Conflict Alert)がある。ACASは衝突そのものを防止するものである。STCAは衝突予測から管制が困難になる状況を未然に知らせて解決させるためのものである。コンフリクトの戦略的な管理は、航空機が滑らかに流れるようにコンフリクトを計画段階から予測し計画段階から解消しようというものである。

コンフリクト管理の手順は、飛行計画またはスケジュールの準備段階から実際の飛行中まで、飛行段階のどこでも適用できる。

**ユーザオペレーション(AUO: Airspace User Operation)** ユーザオペレーションは同期やバランス、間隔設定や順序付けという作業について直接に空域のユーザ(操縦席)に作業を分担させることを目指す。ASAS(航空機間隔設定支援システム)のように間隔設定業務をユーザの責任で行うということが考えられる。機上のほうが正確に間隔を把握できるので、効率が上がると考えられるが、全体的な戦略は地上でないとわからないので、地上との連携のあり方が鍵となる。

DCB、TS、CM、AUOは互いに切り離せない要素である。

**サービス配送管理(ATMSDM: ATM Service Delivery Management)** 最後にサービス配送管理で、以上のような要素を全体として実施するために、情報の共有や通信技術、ネットワーク技術などが必要となる。トータルアーキテクチャの視点も必要になる。通信技術はIT技術と結びつき、空地、地対地の通信のネットワークがこれらのサービスの共有化を助ける。サービス配送の中には四次元情報(位置・時間)の配送も含まれている。

情報管理がこれら全体を支える。情報管理はATMの運用をサポートするもので、品質保証され、タイムリーな情報を提供する。情報管理はまた、共有された情報品質のモニターと統制を行い、ATM共同

体をサポートする情報共有の仕組みを提供する。

情報管理の範囲には全ての型の情報、特に航空情報が含まれている。図2に以上述べてきたコンセプトの実行要素の関係を大まかに示す。図ではおおまかな飛行経路を想定して表した。

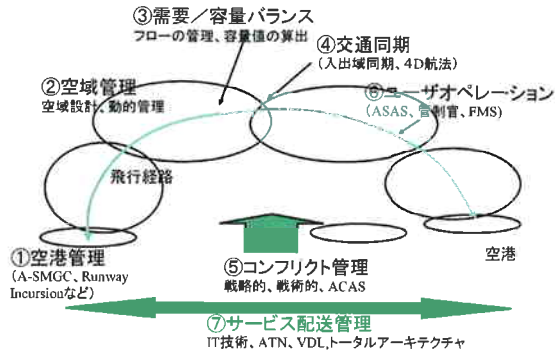


図2 ICAOの提唱する航空交通管理の概念図

### 2.3 世界的航法計画 (Global Air Navigation Plan)

前項で述べたビジョンは実現までにはかなりの道のりがあると考えられる。運用概念を実現するときに、今明らかに見えるところと遠くの目指すところと区別して考えるのが適当である。これを *near term, medium term, long term* とし、それぞれの考え方を図3に示す。それでは具体的に何をどうするのかというときに、Global Navigation Planには23のinitiativeが提案されている。これは、ビジョンがあるべき姿、いわば願望から来ているのに対し、現在あるところから出発しているものである。

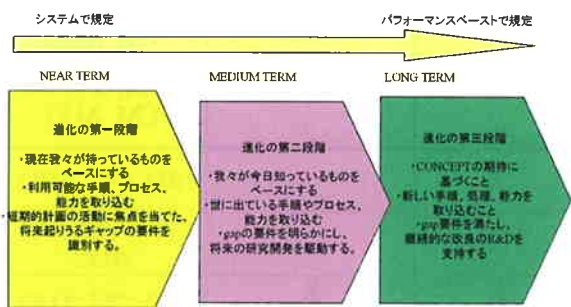


図3 長期計画策定の考え方[2]

具体的に23のイニシアティブは以下の通りである。また、これを運用概念の実行要素と関連付け、また使われている段階を対応付けて表に一覧として示す。以下の番号は表の GPI(Global Plan

Initiative)番号と対応する。

- 1) 柔軟な空域
- 2) 垂直間隔の低減 (RVSM)
- 3) 飛行レベルの調和
- 4) 高空の空域分類
- 5) RNAV/RNP (パフォーマンスベースナビゲーション)
- 6) 交通流管理
- 7) 動的かつ柔軟な ATS ルート管理
- 8) 協調的空域設計と管理
- 9) 状況認知
- 10) ターミナルエリアの設計と管理
- 11) RNP/RNAV の SID/STAR
- 12) 機上システムと地上システムの機能的統合
- 13) 空港設計と管理
- 14) 滑走路運用
- 15) IMC と VMC の運用容量の一致
- 16) 決定支援システムと警報システム
- 17) データ通信応用
- 18) 航空情報
- 19) 気象システム
- 20) WGS-84
- 21) 航法システム
- 22) 通信インフラストラクチャ
- 23) 航空無線スペクトラム

### 3. 追加的考察と運用イメージ

前節でビジョンと具体的なプランについて述べた。これらは原文書のエッセンスの部分である。更に具体的に考えるときには直接に文書を参照することでより詳しい指針が得られる。以下に中に含まれる主な考え方を述べる。これらは、別の切り口からビジョンを考えたもので、以上に述べた事項を理解するのに役立つと考える。

#### 3.1 運用イメージ

コンセプトの運用イメージについて述べる。

1) **コンフリクト管理による計画** コンフリクトが発生しないようにルートとスケジュールを設定する(すべてが理想的に働けば管制官が航空機を回避させるという作業自体も発生しない)。計画全体のコンフリクト管理を行い、交差する可能性や天候などを総合的に評価する。これには膨大な演算が必要になる

が、強力なIT技術がサポートすると考える。これらのソフトウェアの開発が課題である。

2) 効率的な経路 できるだけ効率的な経路を引くことを可能にする。また、騒音域や山岳の迂回などが可能になるような経路の設定が可能になることが期待される。燃料の削減を目指し、FMSによる垂直面を含めた最適経路の実現が考えられる。主として

FMSの機能が利用される。

3) 時間管理(計画) 航空機側で waypointでの厳密な到着時間管理を行う。新しいアビオニクスは4次元航法の機能を内蔵している。これにより waypointを設定することで、曲線経路のみならず、到着時刻及びその許容誤差を設定できる。これらの機能が一般的になったときに非常に効率的な時間

表2 Global Plan InitiativesとOCDの各要素との関係

GPI		En-route	Terminal Area	Aerodrome	Supporting Infrastructure	Related Operational Concept Components
GPI-1	Flexible use of airspace	X	X			AOM, AUO
GPI-2	Reduced vertical separation minima	X				AOM, CM
GPI-3	Harmonization of level systems	X				AOM, CM, AUO
GPI-4	Alignment of upper airspace classifications	X				AOM, CM, AUO
GPI-5	RNAV and RNP (Performance-based navigation)	X	X	X		AOM, AO, TS, CM, AUO
GPI-6	Air traffic flow management	X	X	X		AOM, AO, DCB, TS, CM, AUO
GPI-7	Dynamic and flexible ATS route management	X	X			AOM, AUO
GPI-8	Collaborative airspace design and management	X	X			AOM, AUO
GPI-9	Situational awareness	X	X	X	X	AO, TS, CM, AUO
GPI-10	Terminal area design and management		X			AOM, AO, TS, CM, AUO
GPI-11	RNP and RNAV SIDs and STARs		X			AOM, AO, TS, CM, AUO
GPI-12	Functional integration of ground systems with airborne systems		X		X	AOM, AO, TS, CM, AUO
GPI-13	Aerodrome design and management			X		AO, CM, AUO
GPI-14	Runway operations			X		AO, TS, CM, AUO
GPI-15	Match IMC and VMC operating capacity		X	X	X	AO, CM, AUO
GPI-16	Decision support systems and alerting systems	X	X	X	X	DCB, TS, CM, AUO
GPI-17	Data link applications	X	X	X	X	DCB, AO, TS, CM, AUO, ATMSDM

表2 Global Plan InitiativesとOCDの各要素との関係(続き)

GPI-18	Aeronautical information	X	X	X	X	AOM, DCB, AO, TS, CM, AUO, ATMSDM
GPI-19	Meteorological systems	X	X	X	X	AOM, DCB, AO, AUO
GPI-20	WGS-84	X	X	X	X	AO, CM, AUO
GPI-21	Navigation systems	X	X	X	X	AO, TS, CM, AUO
GPI-22	Communication infrastructure	X	X	X	X	AO, TS, CM, AUO
GPI-23	Aeronautical radio spectrum	X	X	X	X	AO, TS, CM, AUO, ATMSDM

管理を含めた4次元管制が可能になる。

**4) 時間の管理(予測性)** 計画で記述された RTA (Required Time of Arrival) が実行されているか、FMS 側で管理し、修正が必要な場合は修正する。また、合流などに伴う前後の航空機間隔については、ASAS の利用などにより自主的管理が考えられている。権限の移譲による安全の検証について今後検討する必要はあるが、自主的な管理技術・方式が確立されれば、順序間隔付けなどターミナルにおける管制官の主業務が軽減されることが期待され、管制官のワークロードの低減につながる。

**5) データリンク** 予測されていない気象などを原因とする位置や時間の修正情報は ADS-B などからの情報の監視や意図情報などからデータリンクを介して地上にダウンリンクされる。監視やデータリンクの機能は計画の修正や管理に必要になってくる。これが、全体のプランの管理を修正する。航空機側には、このような情報を地上に伝える機能が必要である。

**6) 高密度化、複線化の可能性** MSAS など GNSS を利用することにより航法精度や飛行技術精度が向上する事で航空路の複数のルート化が可能になる。また、MSAS や GBAS によりターミナルでのルートの曲線化と waypoint 管理が可能になることで、複数の滑走路の独立運用や曲線的に絡み合った SID/STAR の設定による空港の効率的な使用が可能になる。全体として管制官の負荷の軽減やスループットを向上させることが可能になる。

### 7) 大きな傾向

コンセプトを実現するためには大きな流れがある。以下にその傾向を示す。

1. 航空交通管理への時間管理の取り込み
2. 直線から効率的な曲線へ
3. 管制から管理へ
4. 局所から全体へ
5. 位置の正確さが安全性を維持しつつ間隔の縮小を可能にする
6. 時間の正確さが管制の部分的自動化をもたらす、結果として作業負荷を軽減し容量を上げる
7. FMS の利用

### 8) 漸進的な考え方とパフォーマンス

以上の考え方を実現するには超えるべきハードルが多数あり、20年後に実現できるかどうかははっきりしない。しかし肝心なのは世界的にある程度同じ方向を向き、一步一步その方向に向かって歩いていくことである。CNS やトータルシステムを一般的なパフォーマンス記述にすることで、システムの種類の変化が運用に影響しないようにすることが可能になると考える。このため、パフォーマンスという定量的レベルでのビジョンを共有が重要である。

### 3.2 運用のシナリオ

これまで述べてきた記述は、個々の別々の記述であるため、バラバラに見える。どうつながるかは今後の発展によるのだが、1つの仮のイメージを示すことでそのつながりの一端が見えてくる

と考える。このため、OCDでサンプルとして示されている運用のシナリオについて述べる。

- ① 航空機が割り当てられた時刻にプッシュバックを要求する。
- ② タキシングしてホールド点に事前に決めた出発時刻に到着する。航空機は前にいるがコンフリクトはない。遅延もない。
- ③ 航空機は最適な出発経路と巡航高度を受けとる。航空機は User-Preferred Track を飛行する。
- ④ 航空機は悪天候による変位を要求する
- ⑤ これが許され、新しい経路が計算され、割り当てられる
- ⑥ 事前に割り当てられた到着時刻に間に合うようにスピードが調整される。
- ⑦ 航空機は滑走路まで最適な進入パスで降下する
- ⑧ 航空機は空港面移動の計画に沿って合意された転換点で滑走路から離脱する。
- ⑨ 地上のサポートシステムは到着時刻を知っており、適切なリソースが準備されている

#### 4. 技術要素の働き

現在 CNS 技術として考えられている具体的なシステムがどういう働きをするのか補足的に述べる。

##### Enabler の定義

Enabler は、OCD の中では以下のように定義されている。

「新しい技術やシステム、運用の手順、運用あるいは社会経済的な開発など。運用上の改善の実施あるいは他の enabler の実施などの主導権」

前述のビジョンで示される運用技術は、それを可能とする enabler と一緒に考えなければならない。

このように新しい運用方法を実現する技術が何であって、それがどのように組み合わせられて何をしようとしているのかが見えてくると CNS 関係の研究の方向が見えてくる。

ここでは、現在研究されている技術要素から見て、何がその先に見えるか展開してみる。

##### 4.1 4次元航法／管制

Trajectory Control と呼ばれる。NASA で開発されている CTAS が有名である。ターミナルなどのゲー

トに到着する時刻、あるいは航空路などで航空機が合流する点などでの一連のフローを時間を含めて管理することで空港におけるスループットや空域におけるスループットを向上させることを目指している。

これを実現するキーとなる技術は、いかにして予定通りの時刻に決められたポイントに到着するか、決められた時刻に通過するかという PVT (Position、Velocity、Time) 管理である。飛行中の擾乱要素としては、風の強さ、パイロットの動作などがある。決められたポイントを決められた時刻で通過するためには、全体的なコンフリクト管理と途中での逐次の修正が必要である。逐次の修正には(1)正確な位置把握、(2)正確な擾乱要素(風向きとパイロットインテント、FMS 設定)のリアルタイムでの把握、(3)それを可能とするデータ通信(特に FMS と地上コンピュータなど自動通信部分の寄与が大きい)などが enabler として必要になる。

##### 4.2 R-NAV

将来的に効率的な経路を精度良く(PVT が管理された状態で)飛行するためには、時間管理を含めた RNAV が望ましい。RNAV は初期段階では平行ルートの設定などで使われるが、将来的には4D-RNAV など時間と位置が管理された曲線的な飛行が期待される。4次元航法の一つのサブシステムであり、複数の滑走路での複雑な SID/STAR の下で時間管理を含めた実現が将来的に可能となる。

RNAV を実現する際に考慮されることは、航空機側の装備が時間管理を含めた航法が可能になるようにされていること、Waypoint の通過時刻を設定でき荒天などによる補償調整ができること。航空路、ターミナルなどでの時間管理を伴う曲線飛行能力があることなどがある。

##### 4.3 ASAS

ASAS は航空機による間隔付けを自主的に行うシステムとして期待される。管制官の行う順序・間隔付けなどの業務を部分的に肩代わりすることが期待される。初期段階ではパイロットが前後の航空機を監視するだけで、順序間隔付けは管制官が行うという形が想定されているが、4つの段階で実現が目指されている。最終的には航空機側で間隔付けをすることを目指している。[5]

- 1) ATSA (Airborne Traffic Situation



Awareness): 機上からの状況監視、パイロットに状況を監視する手立ての提供。(前後の便名などが分かる)

- 2) ASPA (Airborne Spacing): パイロットが先行機とのスペーシングを維持する。管制官は航空機に対し順序付けと合流を行う。管制官のスペーシング負荷が軽減される。
- 3) Airborne Separation: 間隔設定のタスクと責任を管制官からパイロット側に移す。最小間隔の設定の責任をパイロットが持つ。
- 4) Airborne Self Separation: 航空機側で全航空機との間隔維持をする

ここで、ASAS に用いられる ADS-B は必ずしも ASAS だけに使われるわけではない。A-SMGC においても利用可能であるし、その他の用途も考えられている。

#### 4.4 GLS

GNSS Landing System の略で、SBAS/ WAAS/ MSAS による CAT-I の精密着陸、GBAS/ LAAS による CAT-II、III の着陸システムを目指している。現状ではいずれも実現していない。GBAS については、オーストラリアで CAT-I の試験的な運用が行われ、また米国でもメンフィス空港で非連邦承認という形で FedEx と Honeywell が提携して実験している。

GBAS や MSAS は、日本では電離層条件が厳しいため、米国よりも実現のハードルが高いが、衛星により垂直方向の精度が改善されれば将来的に精密な R-NAV 進入などへの応用も可能である。

#### 4.5 A-SMGC

A-SMGC については、4つの機能に分析されている。(1)監視、(2)誘導 (Guidance)、(3)経路設定 (Routing)、(4)管制 (Control)、である。監視は航空機、自動車、その他の障害物に対して行われ、位置、速度、時刻と ID (便名) で管理される。GNSS と ADS-B はこれらの情報を与えることのできる要素技術で、ADS-B out はレベルの高いモード S トランスポンダであり既に多数の航空機が装備をしている。

しかしながら、現状では単一の技術ですべての航空機の監視が行えないので、空港面レーダやマルチラテレーション、ADS-B などが併用されている。将来的には ADS-B が中心となるものと考えられる。

#### 4.6 SWIM

SWIM とは System Wide Information Management の略であり、ATM に対応した情報ネットワークの構築を目指している。

4次元管制に必要な監視情報の集中化、通信の全体的管理などを通し、PVT を精密に管理するには一体的に管理したい情報源とサブシステムが物理的な位置は離れていても、論理的に一つにまとまっていなければならない。従来は通信線等を通してつながっていたが、リアルタイムでの種々の情報交換がコンピュータレベルでできるようになることが期待され、また将来的な発展に対して規格化された対応ができるようにするため、ネットワークで結合される姿が想定される。

また、随時の監視情報や意図情報を取り込むために、データ通信が必要になってくる。この場合現在管制官が行っているような音声通信というよりは、コンピュータ間の自動通信の実現が必要である。従って、将来的な通信量を考えるとき、現在行われている通信がデジタル通信に置き換わるだけでなく、DAPs (Downlink Aircraft Parameters) などに代表されるような航空機データや機上位置の監視データ (ADS) などコンピュータが中心の通信システムになるものと予測される。

#### 4.7 監視/ADS-B

将来の監視技術としては2つの基本的な方向が提案されている。一つが ADS-B であり、機上からの位置情報を中心とする方式であり、もう一つが地上のモード S レーダの機能向上を目指すものである。後者は高性能型モード S と呼ばれ、機上情報のダウンリンクされたものを地上でも利用することを想定している。

機上からの情報はモード S の位置精度等を補強するもので、磁気方位、指示速度や方位、垂直速度、選択高度、ロール角、トラック角などの送信が想定されている。

ADS-B の地上局としては、単にモード S 信号を受信し、デコードして情報として有線または無線で送信するだけで、機材としてはレーダに比べて格段に単純になるが、全方向での受信が必要であるため、覆域を十分にとるためには垂直面の指向性やフールツの排除などの機能が必要になる。

また、全国をカバーするためには受信局のネットワークが必要になる。

## 5. 外国における長期計画

### 5.1 ヨーロッパのビジョン

ヨーロッパの将来計画としては、SESAR(Single European Sky ATM Research)が立てられている[3]。SESARは3つの段階に分けられている。第一段階がDefinition PhaseでATMマスタープランの作成と開発計画の策定を目指し、2008年までの終了を計画している。その次が開発段階でATMマスタープラン及び作業計画に則った開発とvalidation作業を行う計画である。Eurocontrol Agencyが管理と調整を行い、協調的な作業分担、円滑な開発の進行を目指している。これは2008年から2013年を計画している。最後が展開段階で2014年から2020年を目指している。

### 5.2 米国におけるビジョン

米国では、短期的なplanであるFlight Planと、長期的プランであるNGATS(Next Generation Air Transportation System)があり、研究の計画としては主としてNGATSを受けているNARP(National Aviation Research Plan)がある[4]。

### 5.3 日本におけるビジョン

日本においても航空局を中心として先を見た長期計画が検討されており、国土交通省の交通政策審議会航空分科会での計画策定に反映されている。[6]

## 6. まとめ

長期ビジョンとして、米国のNGATSやユーロのSESARが良く知られ、インターネットなどで広く述べられているので、ここでは詳しく述べなかつた。日本の計画についても交通政策審議会のページなどから参照できる。電子航法研究所では、長期ビジョンについて2カ年でまとめる方向で作業を進めている。世界的にもようやく全体的な資料がそろってきており、今後広い範囲の意見を聞き、研究の方向を決めていく必要がある。

調べて行き強く感じたのは、効率的なATMを

実現するためには、2つの面で今後強化が必要であるということである。一つが、global化に対応するソフトウェアの開発力である。もう一つが、今後地上の権限を委譲していくと考えられている機上の装置の研究である。特に後者の場合にキーとなるのがFMSである。残念ながら、FMSについては、日本で製造していないためブラックボックスとなっているが、今後航空交通管理の研究を進めていく上では動作原理に立ち入る必要がでてくると予想される。ユーザはある程度いるものの、装置内部に通じた技術者が日本国内に少ないと見られるので、今後の研究方法が課題であると考えている。

## 参考文献

- [1]ICAO: Document 9854, "ATM Operational Concept Document"
- [2]ICAO: Document 9750 "Global Air Navigation Plan", 3<sup>rd</sup> edition, 2007
- [3]SESAR計画: <http://www.eurocontrol.int/sesar/>
- [4]NARP: <http://nasdocs.faa.gov/nasiHTML/RED/>
- [5]例えば ICAO: "Draft ASAS Circular", Aug.2002
- [6]交通政策審議会航空分科会資料、[http://www.mlit.go.jp/singikai/koutusin/koku/07\\_7/070201.html](http://www.mlit.go.jp/singikai/koutusin/koku/07_7/070201.html)