

最近の航空航法と航空交通管理 (ATM)の動向

長岡 栄

(電子航法研究所/東京海洋大学連携大学院)

内容

⇒航空と航空交通管理(ATM)

⇒通信・航法・監視システム

⇒航空交通管理の動向



飛行方式 (Flight Rules)

有視界方式(VFR)

定められた有視界気象状態(VMC)のもとでのみ飛行可能



計器飛行方式(IFR)

飛行の方法について管制官が与える指示に常時従って行う飛行の方式

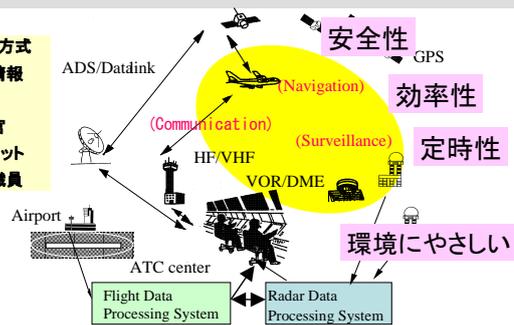


計器飛行 (Instrument Flight)

一機外から目視による情報に頼ることなく、航空機の姿勢、高度、位置および進路の測定を計器のみに依存して行う飛行

航空交通システム

規則, 方式
技術情報
地図
管制官
パイロット
技術職員



Infra-structure

航法 (Navigation)

機上装置: FANS1/A (GPS+ADS+CPDLC)

地上システムと協調

補強システム (SBAS, GBAS)

GPSを高信頼性化

運航方式: (RNAV・RNP)

高性能機には効率的なサービスを提供

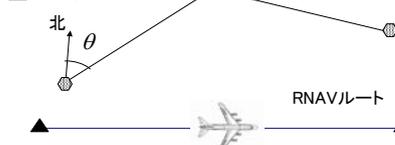


広域航法 (RNAV)

RNAV: Area Navigation
(Random Navigation)

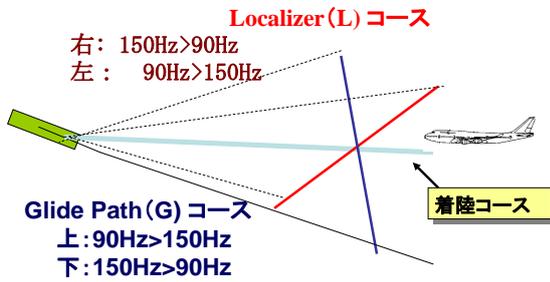
◎ 航法援助施設

▲ Waypoint



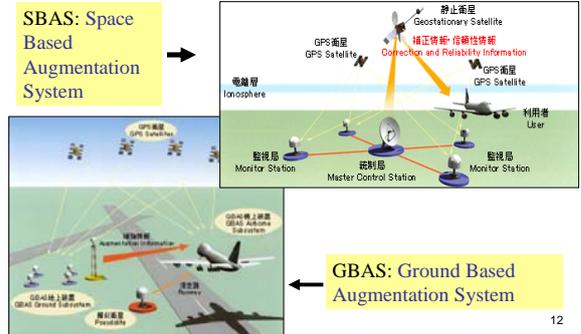
自律航法装置の能力の限界内、局を参照する航法援助装置の領域内、またはそれらの組み合わせ、所望の飛行経路上の航空機運航を許容する航法

ILSのコース設定



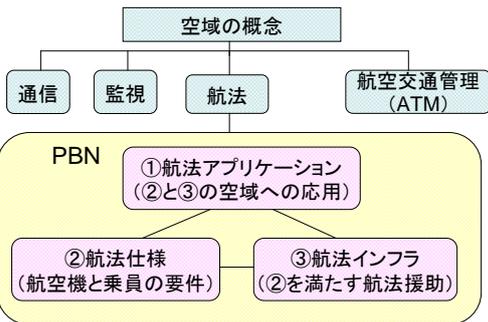
11

GNSS補強システム



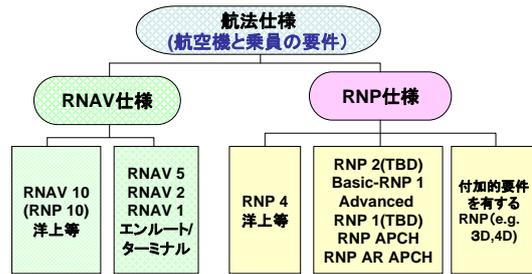
12

PBNの概念



13

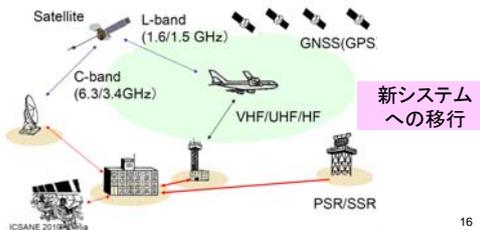
PBNの航法仕様の記述



14

通信 (Communication)

- アナログ音声 ⇒ デジタル・データ
- 伝送速度、容量、覆域、信頼性



16

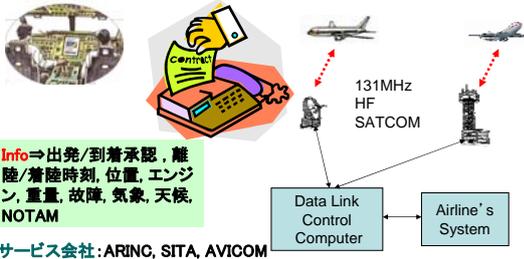
Communications

Media	Usage (Voice, Data)	Frequency	Characteristics
VHF	ATSC AOC AAC	118~137MHz	• Line of Sight • Stable
HF	ATSC AOC AAC	2.8~22MHz	• Out of sight propagation • Unstable
Satellite (Geostationary)	ATSC AOC AAC APC	AES 1.5 GHz (R) 1.6 GHz (T)	• Global (Lat. < 80 deg.) • Stable

17

ACARS

■ **ACARS** (Aircraft Communications Addressing and Reporting System)



Info⇒出発/到着承認, 離陸/着陸時刻, 位置, エンジン, 重量, 故障, 気象, 天候, NOTAM

サービス会社: ARINC, SITA, AVICOM

18

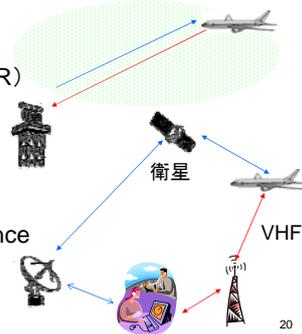
Data Link

Datalink	HFDL	VHF ACARS	VDL Mode 2	VDL Mode3	VDL Mode 4	Satellite (INMARSAT)
Frequency [MHz]	2.8-22	118-137	118-137	118-137	118-137	C-band (6.4/3.4GHz) L-band (1.6/1.5 GHz)
Channel interval[kHz]	3[kHz]	25[kHz]	25[kHz]	25[kHz]	25[kHz]	--
Modulation	M-PSK	AM-MSK	D8PSK	D8PSK	GFSK	BPSK, QPSK
Access	TDMA	Non persistent CSMA	p-persistent CSMA	TDMA	STDMA	Slotted ALOHA TDMA
Speed [bps]	300-1,800	2,400	31,500	31,500	19,200	600-10,500
Protocol	ACARS, ATN	ACARS	ACARS, ATN	ATN	ATN	AMSS compatible (ACARS, ATN)
Main Usage	AOC, AAC	ATSC, AOC, AAC	ATSC	ADS-B	ATSC, AOC, AAC	

19

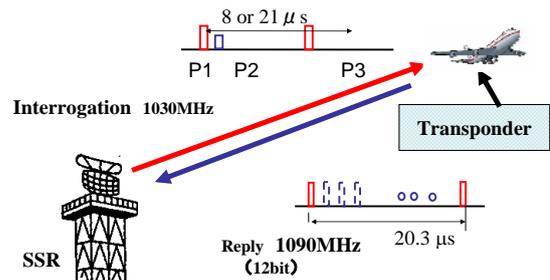
監視 (S: Surveillance)

- Radar
- 二次監視レーダ (SSR)
⇒ SSR Mode S
- ADS: Automatic Dependent Surveillance



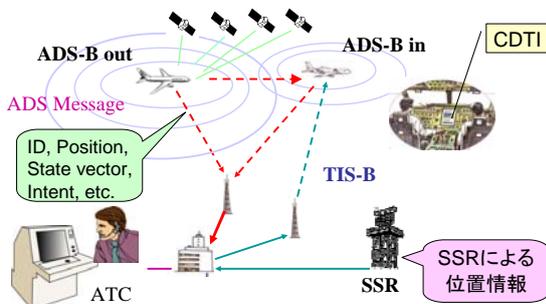
20

Secondary Surveillance Radar (SSR)



22

放送型自動従属監視 (ADS-B)



25

ADS-B実施/計画

地域	実施状況/計画
欧州	-初期運用能力: ADS-B-out (2008)、ADS-B-in (2011) - ADS-B-out義務化: 2013、2015(改装機)~
米国	-(2006-2009): 一部配備と自由意志による装備 -(2010-2014): NAS全域にわたり地上局の配備 -(2015-2020): 2020年までADS-out能力を義務化
豪州	FL300より上の高度で全土がADS-B区域内
カナダ	2009年に運用 (主にノンレーダー空域)
中国	中部地域(8局)、UAT使用
スウェーデン	全国的なネットワーク (12地上局, 運用中 (2007)), VDL Mode4使用

26

航空管制(ATC)とは



27

航空交通業務(ATS)

- ① 航空機相互間の衝突の防止
- ② 飛行場走行区域にある障害物の衝突の防止
- ③ 航空交通の秩序ある流れの維持・促進
- ④ 安全かつ効率的な飛行に有用な助言および情報の提供
- ⑤ 捜索救難の援助を必要とする航空機について適当な機関に通知すること。必要な場合はその機関を援助すること。

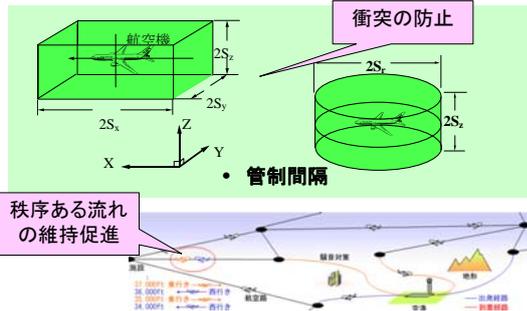
航空交通管制(ATC)

飛行情報業務

緊急業務

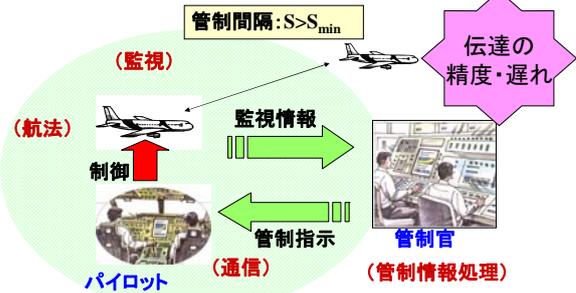
28

航空管制の目的



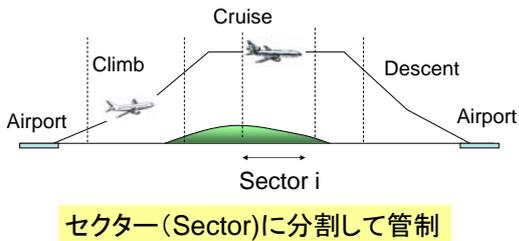
30

航空管制システム



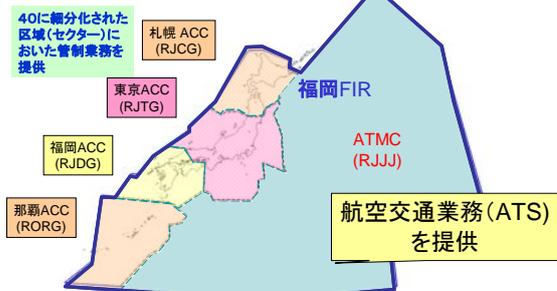
31

飛行の段階



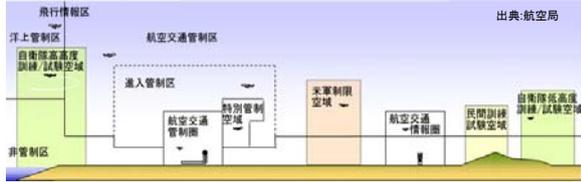
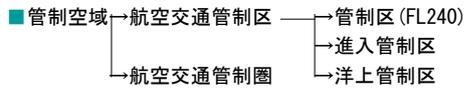
32

飛行情報区(管轄範囲)



33

空の構造

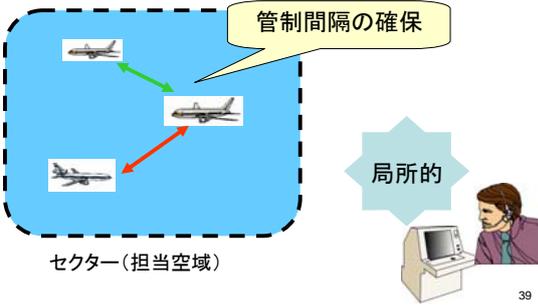


■特別管制空域：告示で指定した空域。管制機関の許可を得ない限りVFR飛行が禁止されている。

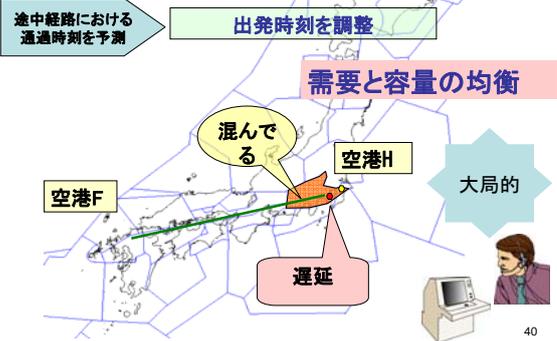
管制から管理へ



航空交通管制 (ATC)



航空交通流管理 (ATFM)



交通流制御の流れ

管制官が安全に処理できる量を超えるような交通量の予測 → 交通流・量の調節



空域管理



ATMの概念の変化

全飛行段階で航空機の安全で効率的な動きを確保するために要する機上および地上の機能(航空交通業務, 空域管理, 航空交通流管理)の集合体

関係者間の協力の下での便宜の供与と切れ目のないサービスによる(安全, 経済的かつ効率的な)航空交通と空域の動的かつ統合的管理



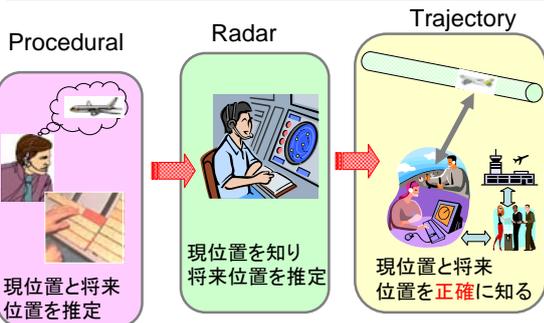
43

ICAOのGlobal ATM概念



45

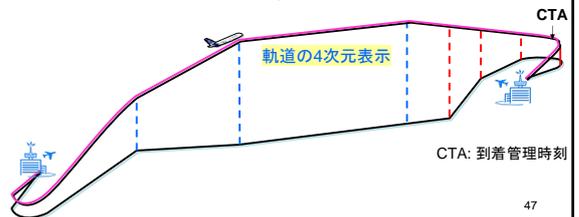
ATM(監視)のパラダイムシフト



46

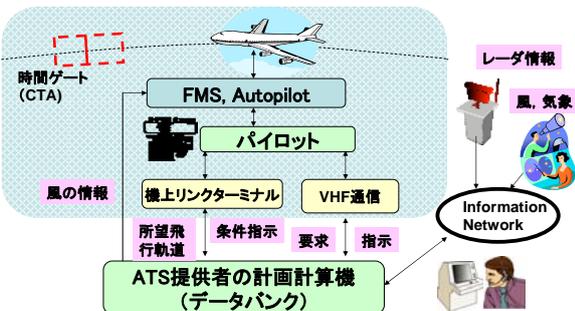
飛行軌道 (Trajectory) 情報

- ・ 状況(空間, 時間)を正確に把握
- ・ 状態(現在 & 将来)の把握⇒飛行軌道 (Trajectory)
 $P_i(x, z, t)$ と $dP_i(x, y, z, t)/dt$



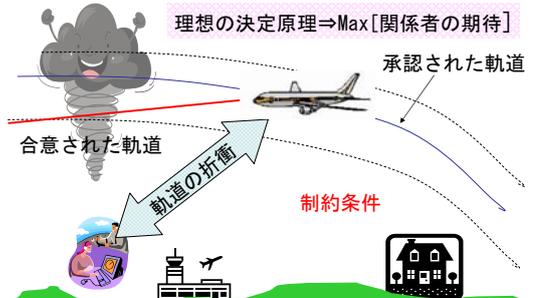
47

軌道情報に基づく管理



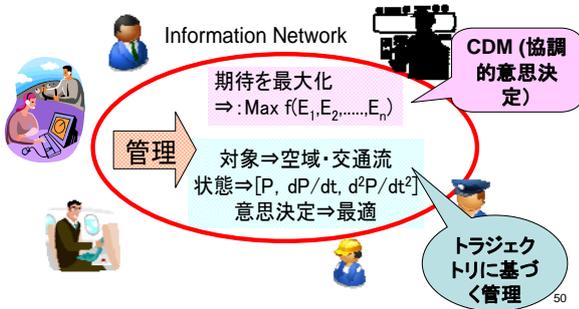
48

飛行すべき軌道



49

最適な管理の概念



50

管制システム近代化計画

- SESAR

欧州
Single European Sky
ATM Research

- NextGen

米国
Next Generation
Air Transportation
System

- CARATS

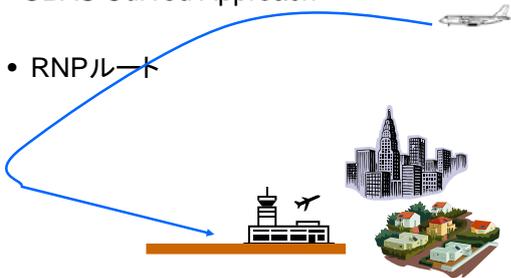
日本
Collaborative
Actions for
Renovation of Air
Traffic Systems

52

騒音低減

- GBAS Curved Approach

- RNPルート

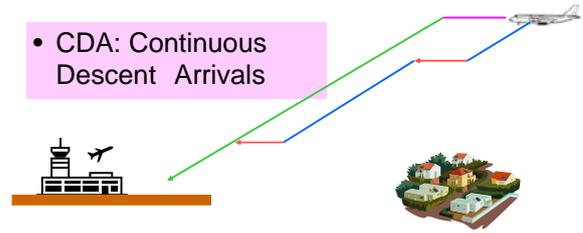


55

コスト(費用)

- 燃費(排出物CO₂, NO_x) 軽減

- CDA: Continuous Descent Arrivals



56

束縛下での最適化



変数 $x=[x_1, x_2, \dots, x_n]$ の関数: $f(x)$
 $\text{Min}[f(x)]$
 となる解
 $x^0=[x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0]$
 を求める。



57

まとめ

- 航空システムの基盤(CNS)の紹介

- 航空管制から航空交通管理(ATM)への動向

- 世界はATMの近代化に向けて進行中

- ビジョン実現に向け研究・開発・整備中



59



ご清聴に感謝します。
Any Questions?