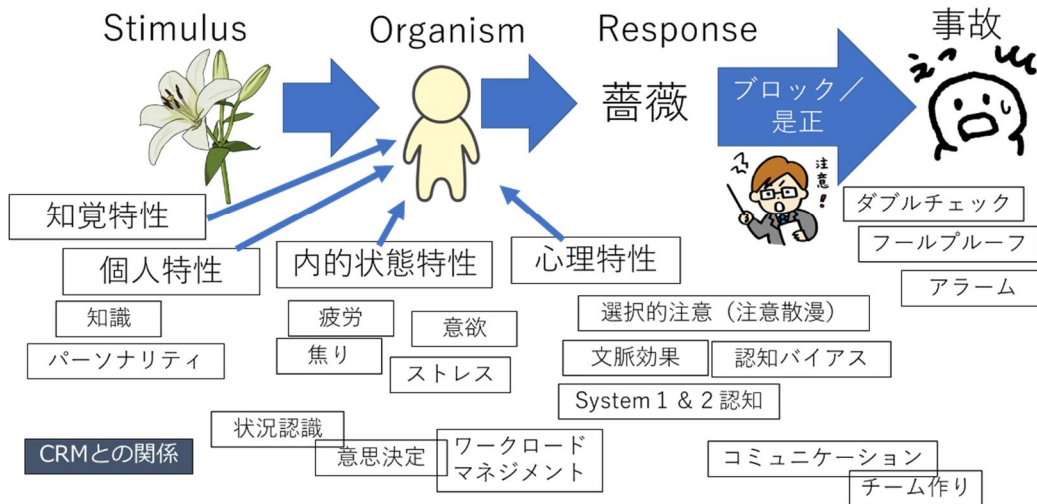


ヒューマンエラーの背景にあるもの

小松原明哲（早稲田大学理工学術院 経営システム工学科教授）

1 はじめに

同じ物理的な存在に対して、
人により、時により、判断が変わる（誤判断する）のはなぜか？



- ・ ヒューマンエラー：期待された行動（判断）とは異なった行動（判断）を行ったこと。
- ・ 人間の特性があるからヒューマンエラーが生じる。
- ・ その人間特性の多くは、生物としての進化の過程で獲得してきたもの。
- ・ 特性が裏目に出るとヒューマンエラーが生じ、それを食い止められないと事故になる。
- ・ Runway Incursion の発生理理解と防止策を考える際には、人間特性の理解がポイントになる。

2 Runway Incursionにつながる人間特性の例

(1) 知覚特性

- ・ 五感を通じて情報を獲得する。各感覚器には特徴がある。
- ・ 伝達したい情報特性に適合する感覚器を用いたインタフェイスの選定（併用）がポイント。

	利点	欠点
聴覚	<ul style="list-style-type: none"> ・ 覚醒水準低下時にも伝達できる (ex 目覚まし) ・ 提示方向性の影響は少ない ・ 言語情報伝達における媒体変換不要 (文字起こししないですむ) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 時間保存性がない ⇒ 短期記憶が介在 ⇒ 忘却、記憶の混同問題が生じる
視覚	<ul style="list-style-type: none"> ・ 時間保存性がある (=見直し容易) ・ 言語化困難情報の伝達容易 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 視野外、死角内、閉眼時の情報獲得不可

(2) 選択的注意



(ルビンの壺)：対面する人と壺とを同時に認識できるだろうか？

ある一時点で注意できる（意識に上る）のは一つだけ。

- ・一つに掛かりきると他は意識に上らない ⇒ ステライルコックピットルール
- ・マルチタスクは Working Memory を用いて時分割しているだけ
- ・新奇なもの、脅威になるもの etc に注意が奪われがち ⇒ 見落とし・聞き落としにつながる
- ・全員が同じ注意の向け方をしていると、全員の見落としが生じる ⇒ 多様性が重要

(3) 概念駆動型情報処理（文脈効果）

A B C
12 B 14

- ⇒ 同じ情報でも、理解の前提（概念）により解釈が変わる
- ⇒ 期待視聴、同床異夢（誤解）につながる
- ⇒ コミュニケーションでは、文脈（前提、メンタルモデル、状況・・・）の共有が極めて重要
- ⇒ 状況に関わる管制サービス情報の役割（No.1・・・）？

⇒ 管制官と運航乗務員の会合の意義の一つと史料する

(図：大山正編：実験心理学 p75 東京大学出版会 1995 より転載)

①前提とする概念が与えられないと、情報がリッチでも理解できない。

「手続きは全く簡単である。まず、物をいくつかの山に分ける。もちろん、全体量によっては、一山でもよい。設備がないためどこか他の場所に行かないといけなかったら、それは次の段階であり、そうでなければ、あなたの準備はかなりよく整ったことになる。大事なのは一度にあまり多くやらないことである。つまり、一度に多くやりすぎるより、むしろ少なすぎる位の方がよい。この注意の必要性はすぐにはわからないが、もし守らないと簡単にやっかいなことになってしまうし、お金もかかることになってしまう。最初この作業はまったく複雑にみえるかも知れない。しかし、すぐにこれはまさに人生のもう一つの面となるであろう。近い将来にこの作業の必要性がなくなると予想することは困難で、決して誰もそれについて予言することはできない。手続きがすべて完了すると、物をまたいくつかの山に分けて整理する。次にそれを決まった場所にしまう。作業の終わった物は再び使用され、そして再び同じサイクルがくり返される。やっかいなことだが、とにかくそれは人生の一部なのである。」

(Bransford & Jonson 1973: デーヴィッド・ルーメルハート, (御領 謙 (訳)) 人間の情報処理—新しい認知心理学へのいざない、サイエンス社、1979 より引用)

②文脈の共有が出来ないと話が噛み合わない（同床異夢）

教育学部の学生と歯学部の学生の会話

教育学部生「私、今、“きょうせい”に行っているの」
 歯学部生「ふ～ん、大変ね」
 教育学部生「毎日だものね」
 歯学部生「… 毎日行くの？ お金がかかるでしょう？」
 教育学部生「ううん、たいしたことないよ」
 歯学部生「すごい、お金持ちなんだ！」
 教育学部生「???? 全部で5千円くらい。2週間だよ」
 歯学部生「えっ、そんな安くて短いの、絶対やめた方がいいよ！」
 教育学部生「ええっ??? 全国どこでも、そんなもんだよ！」

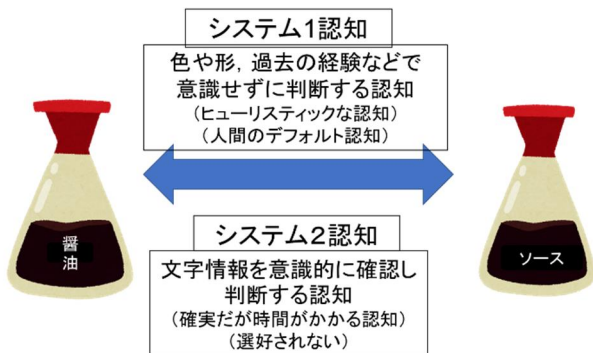
歯学部生：歯の矯正の前提 教育学部生：教育実習の前提

③文脈が共有できていればコミュニケーションを節約できる（語用論）

私「鰻食べたいね」 配偶者「給料日は明日だよ」 私「ラーメンにするか」

これで話が通じるのは、文脈（前提・付帯する知識）が完全に共有できているから。
 鰻⇒うな丼 うな丼⇒高価 給料前⇒貧乏 貧乏⇒安価な食事しかできない ラーメン⇒安価

（４）認知的ケチ(cognitive miser) : 二重システム理論 (Dual process theory)



- ・人間は負荷が小さく、スピーディな認知を選好する(認知のデフォルト)
- ⇒ 過去の経験、その場の雰囲気、文脈に引きずられ、意識せずに行動する（そのほうが認知的に楽）
- ⇒ 思い違い、取り間違いが生じる
 - ・システム1認知でも間違いが生じないようにする（ex 物理的制約）
 - ・意図してシステム2認知に自分自身を励起する（ex 指差喚呼）

3 ヒューマンエラーの加速要素

(1) 覚醒水準

覚醒水準 = フェーズ理論

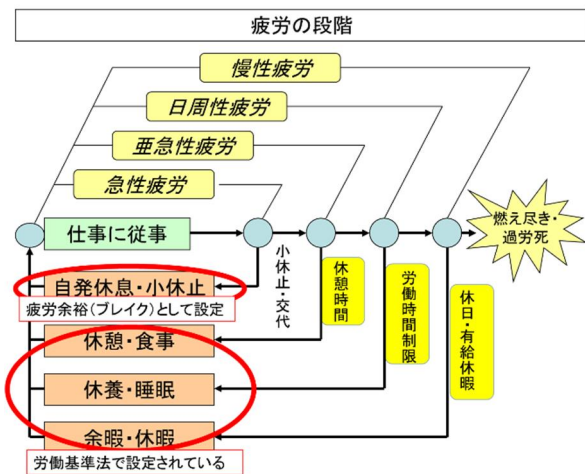
	意識モード	注意作用	生理状態	人的信頼性
0	失神	ゼロ	睡眠 失神	0
I	subnormal	期待不可	疲労 単調 飲酒 薬物	0.9以下
II	normal relaxed	受動的	安静 休憩	0.99~ 0.99999
III	normal clear	能動的	前向き	0.999999以上
IV	hypernormal	一点集中	慌て	0.9以下

(橋本邦衛：安全人間工学 p94 中央労働災害防止協会 (1984) より。一部改変)

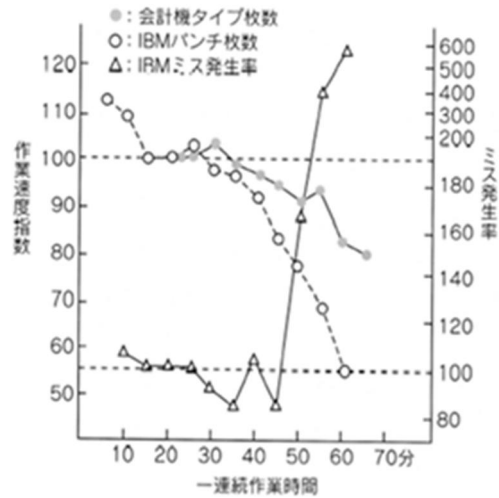
覚醒水準の低下 (亢進) は、疲労、低刺激 (単調)、飽き (心的飽和)、生体リズム、薬物、ストレス (焦り) などによりもたらされる。

⇒ I'M SAFE : illness, medicine, stress, alcohol, **fatigue**, eating (emotion)

⇒ 疲労リスク管理が必要



(図：小木和孝 一部改変)



④ 統計機作業の一連続作業時間別に見た作業速度およびミス発生率 (石原康久: キイパンチャーの作業条件, 狩野広之監: 産業心理学からみた労働と人間, 誠信書房; 1965. p.265-286. ⁴⁾より)

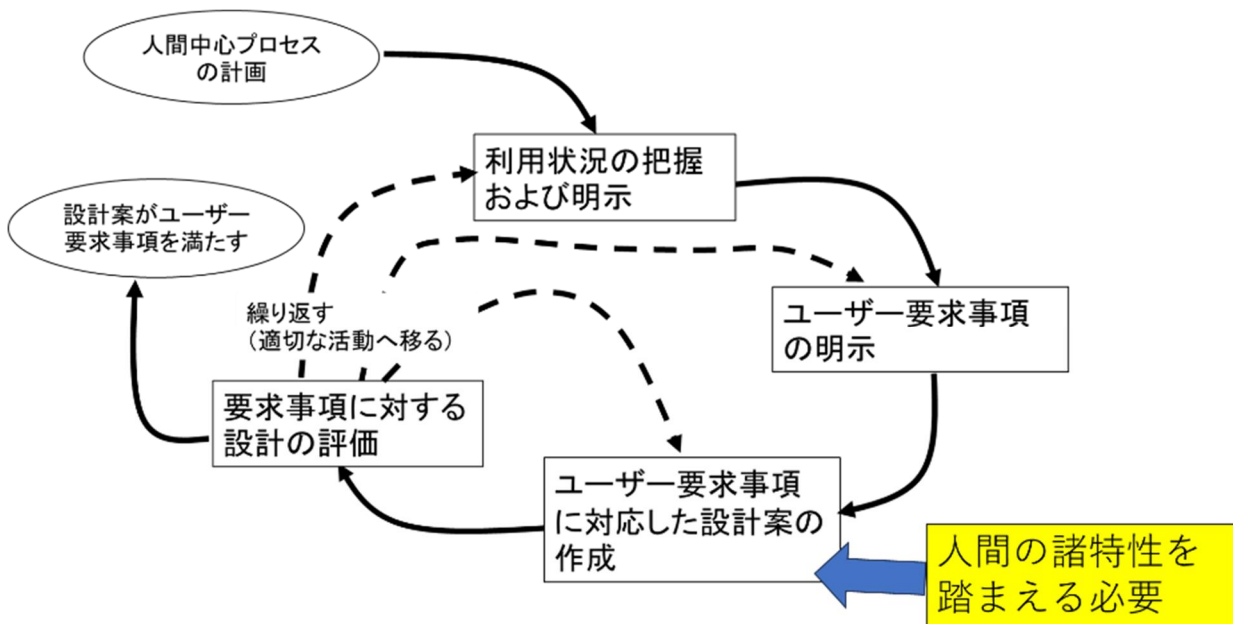
(2) 焦り (心理的残余時間不足)



- ・ 締め切り時間内に生産未達になりそうだと焦る
- ・ 生産未達を避けるためには、確認を飛ばすしかなくなる
(フェーズIV/システム1認知になる ⇒ 不注意の多発)

4 おわりに

- ・ 航空交通は、時間推移の激しい動的な Complex Adaptive System
 - ・ 要素還元できる人工物：Complicated System (ex 原子力発電所) とは異なる複雑さ
 - ・ システムとして扱うべき範囲は明確に限定できない
 - ・ 構成要素と構成要素間の関連性の事前の厳密・正確な記述は不可能
 - ・ 構成要素 (stakeholder：運航乗務員) も確定的な挙動はしない
 - ・ 多くの擾乱がシステム内外に出現する
 - ・ その擾乱の影響を吸収し、システムを動的に機能させているのは管制官
 - ・ 管制官の支援という観点からの stakeholder の支援 (擾乱とならない) という観点が重要
 - ・ 管制官が系の擾乱を生じさせないようにすることも重要 (ex 適切とはいえない管制)
- ・ マン-マン-マシン-運用系を考える場合には、現場の実情と、人間の諸特性を踏まえる必要がある
- ・ システム設計においては、Human Centered Design (ISO9241-210)プロセスを踏むことが極めて重要
 - ・ パッチあてではうまく行かない
 - ・ リスク対策は新たなリスクを生む (良かれと思ったことが別のリスクを招く)



2024年2月28日 羽田空港航空機衝突事故対策検討委員会

航空機事故の再発防止に向けた 航空交通管理システムの研究開発

伊藤 恵理

東京大学 先端科学技術研究センター 教授

航空交通管理システムにおける研究開発の背景

■ デジタル化で進む航空交通管理システム



□ 航空交通管理における研究開発とは？

CNSの近代化にもとづく新しい自動化システムを、どのように設計し、実装すればよいか？

通信 (Communication) ~伝える~

超短波(VHF) 短波(HF)による音声通信



管制官パイロット間データ通信(CPDLC)・人工衛星を用いたデータ通信

航法 (Navigation) ~導く~

無線航行援助装置



航法衛星を利用した航法(GNSS)

監視 (Surveillance) ~知る~

レーダー、音声通信の利用



自動従属監視(ADS)による自動情報伝達

航空交通管理 (Air Traffic Management)

ハードウェア、ソフトウェア、人間社会など、多彩な要素が協働する複雑系において、適切なオートメーションを実現しながら、安全性、効率性を向上させ、環境への負荷を低減させるシステムを実現するための研究開発

管制官・パイロットを支援する新技術の導入に向けて

- 管制官・パイロットを支援する自動化システムの設計思想
 - 管制官・パイロットが(できるだけ)気づかないように、自動化システムが安全に航空交通を整理すること
 - 気象・人的要因等に起因する航空交通の不確かさ(出発・到着の遅延・飛行時間のばらつき等の確率的な挙動)に堅牢な自動化システムであること



自動化システムによる安全な航空交通の整理によって、到着・出発にかかる管制官の調整等が軽減され、滑走路における安全向上が期待できる

- 本発表では上記の設計思想に基づいて研究開発中の自動化システムを2つご紹介する
 1. 空港の混雑を自動的に回避するシステム
到着・出発・空港面の航空交通を統合して管理 – AMAN¹/DMAN²/SMAN³ 統合運用 –
 2. 将来的な航空交通量増大に対応する自動化システム
管制しやすい理想的な航空交通パターンを生成する自動化システム

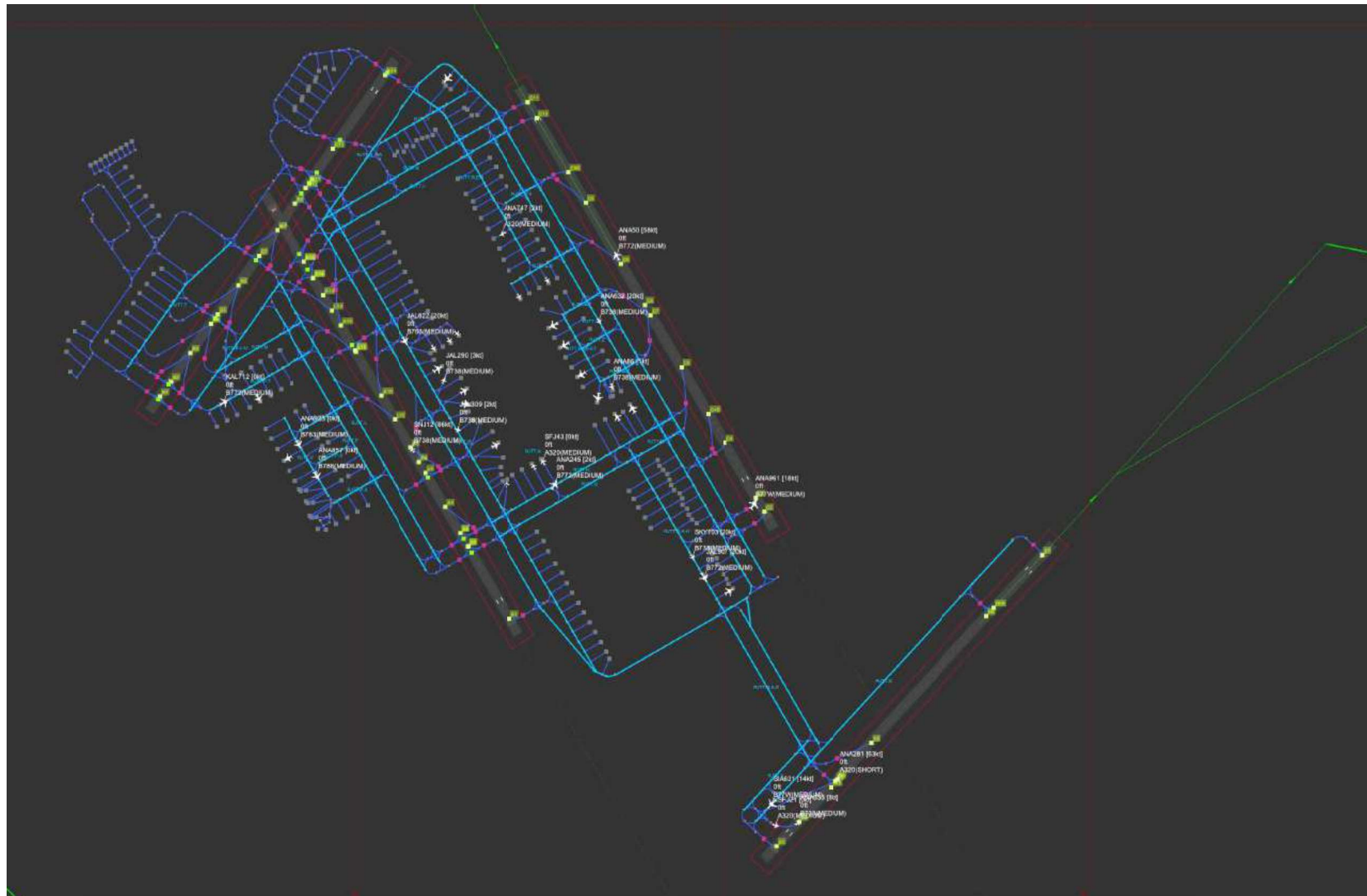
¹ AMAN(Arrival Manager): エンルート空域からターミナル空域にかけて、計画的に航空機の色度調整と滑走路割り振りをを行うよう管制官を支援する到着管理システム

² DMAN(Departure Manager): 出発機の色度とスポット出発時刻をスケジューリングする空港システムである出発管理システム

³ SMAN(Surface Manager): 空港面における誘導路などの混雑を緩和するよう、航空機の出発・到着時刻をスケジューリングする空港システムである空港面管理システム

1. 空港の混雑を回避する自動化システム (1/8)

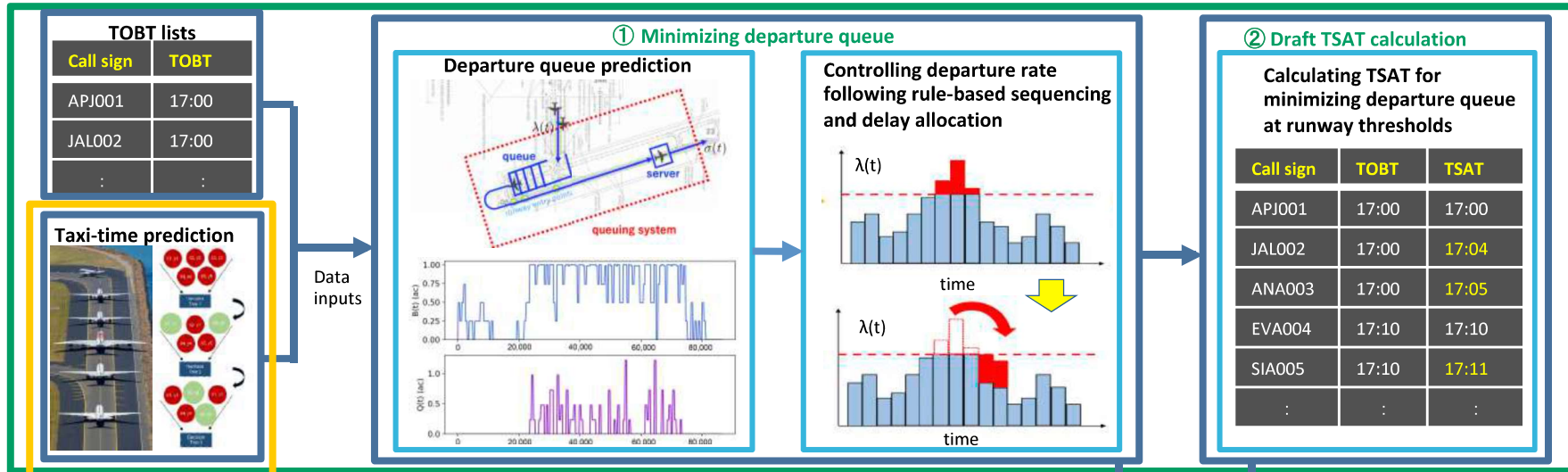
■ 羽田空港における航空機の出発滑走路・誘導路での渋滞



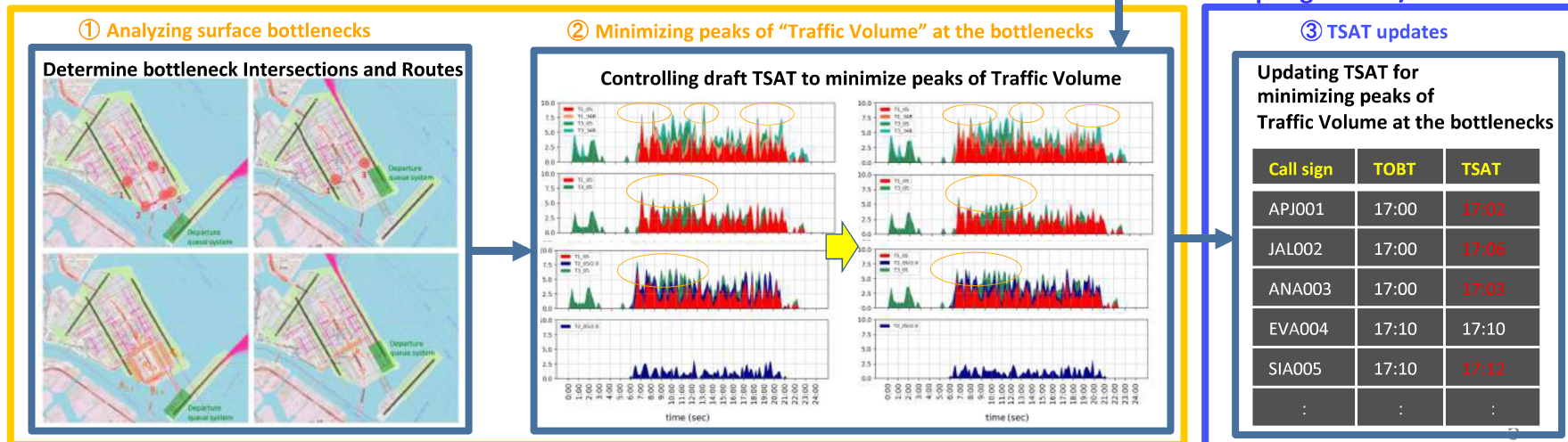
1. 空港の混雑を回避する自動化システム (2/8)

■ 航空機の出発・空港面管理 (DMAN/SMAN) システムの設計・評価

DMAN



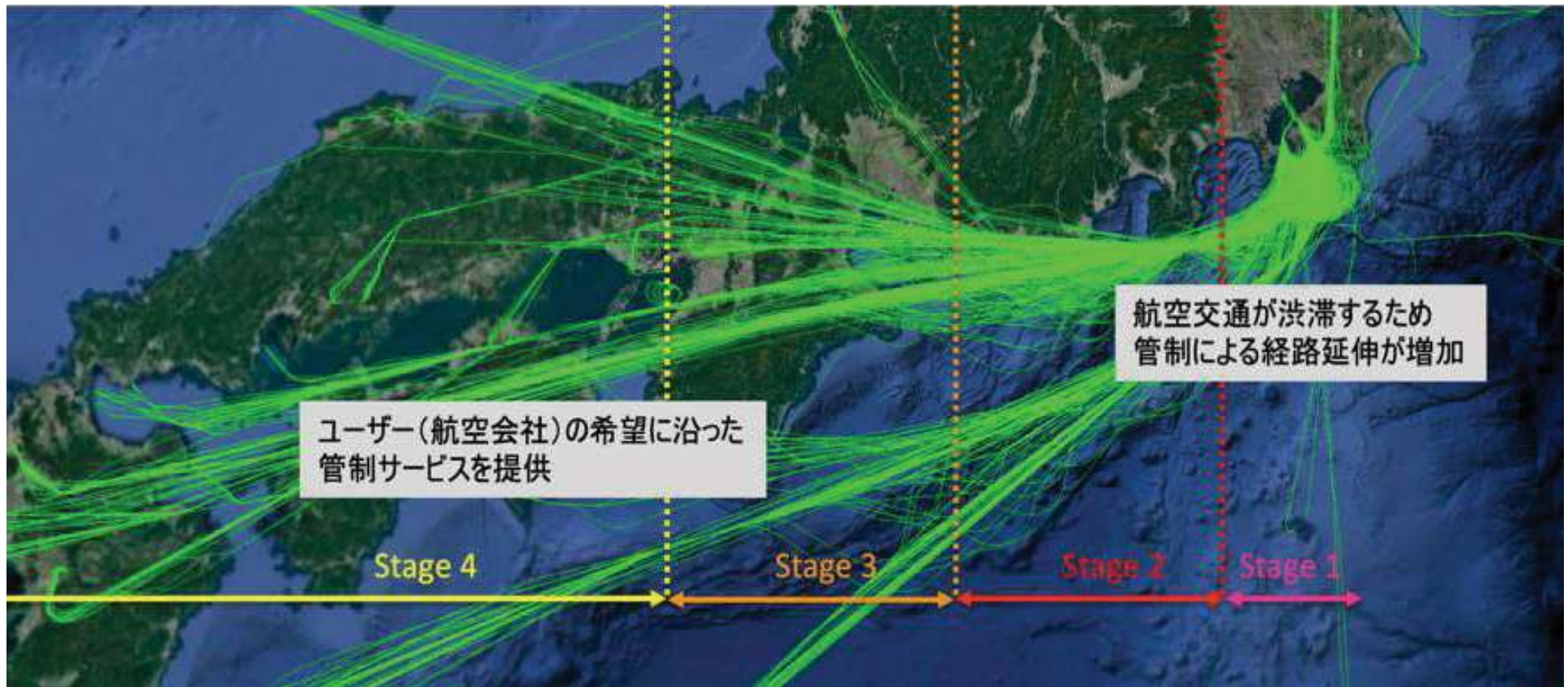
SMAN



Coupling DMAN/SMAN

1. 空港の混雑を回避する自動化システム (3/8)

■ 羽田空港に到着する航空機の渋滞



Stage 1: 空港に最も近いターミナル空域を包括しており、固定経路に沿って航空機が降下するエリア

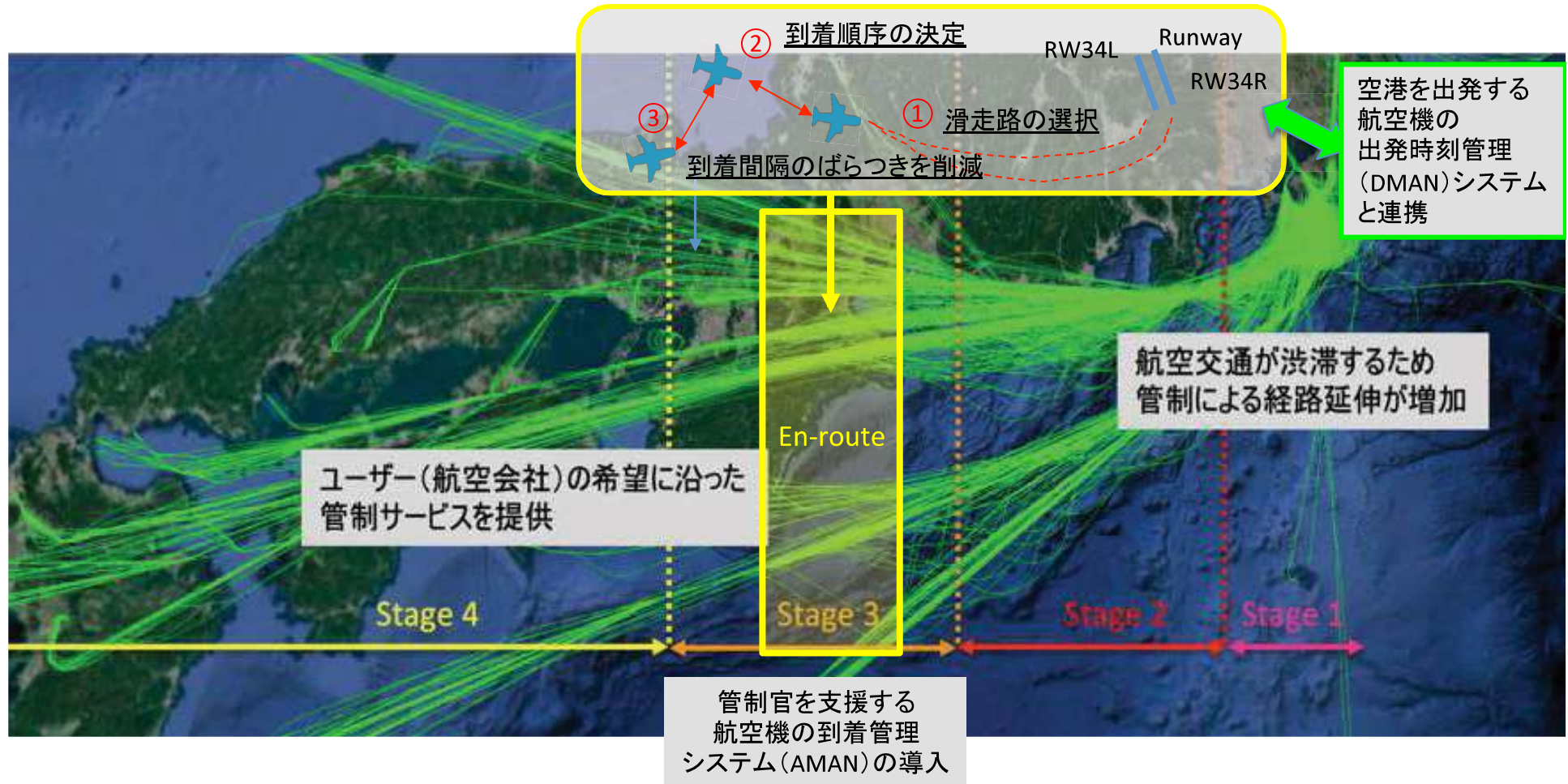
Stage 2: 到着機の時間間隔づけを行うエリア

Stage 3: 空域容量や到着空港の滑走路容量に応じた到着交通の流量制御をするエリア

Stage 4: おもに到着交通の流量制御を行うエリア・ポップアップ機の合流など、不確実性の影響を最も強く受けるエリア

1. 空港の混雑を回避する自動化システム（4/8）

■ 航空機の到着管理システム (AMAN) の設計・評価



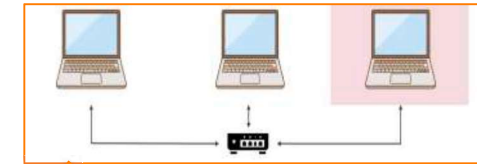
1. 空港の混雑を回避する自動化システム（5/8）

■ 東京航空交通管制部での評価実験

3 LAPTOPs are connected each other with network hub

- GRD**
- Data preparation
 - Administration
 - Post processing

- CWP02
PIL01**
- Hand over
 - Callback
 - Command Input



- CWP01**
- Assume
 - Instruct pilot

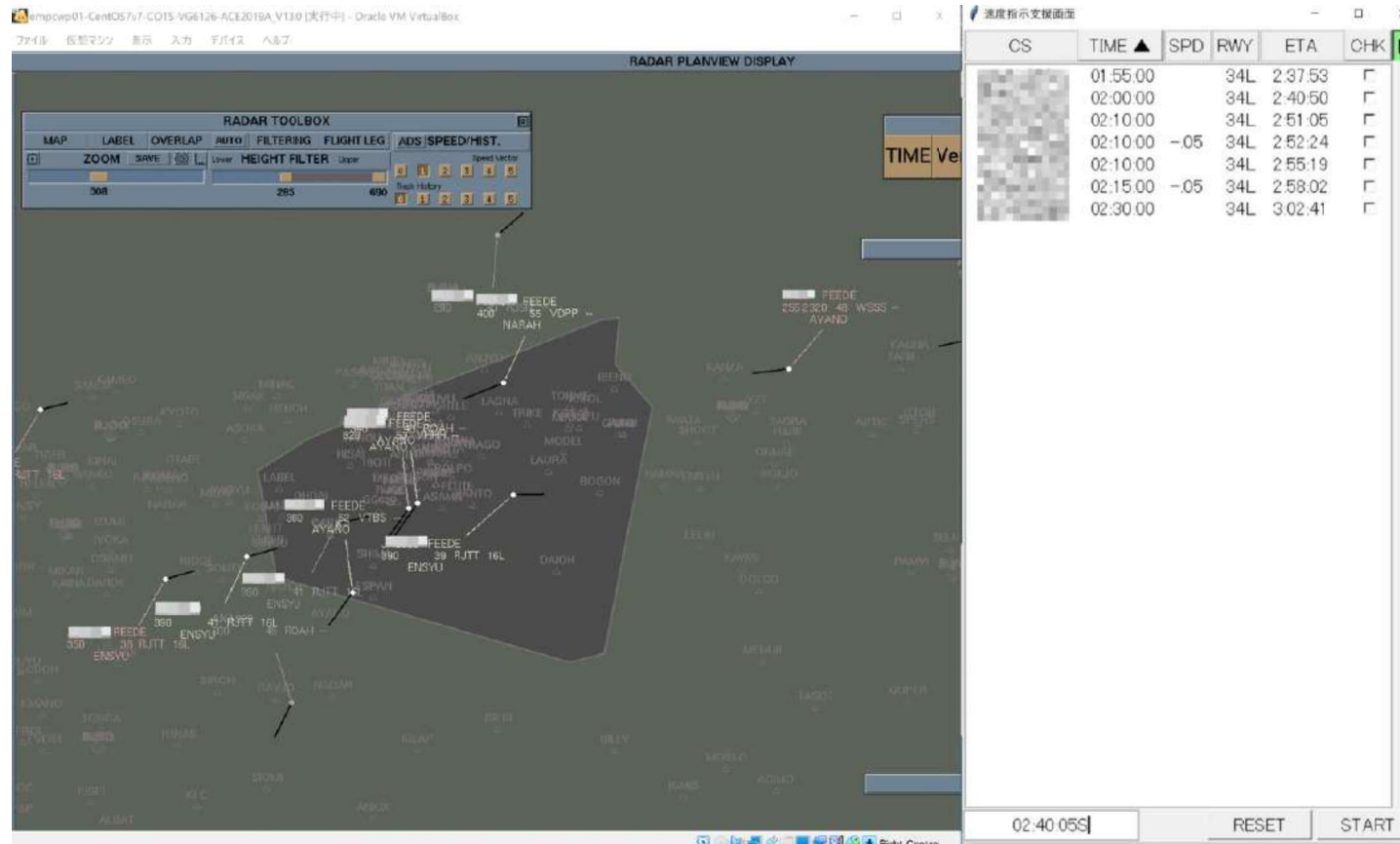
AMAN HMI

ヒューマンインザループ(HITL)シミュレーション実験の様子

(2024年2月末までに、合計20回の評価実験を実施見込み)

1. 空港の混雑を回避する自動化システム（6/8）

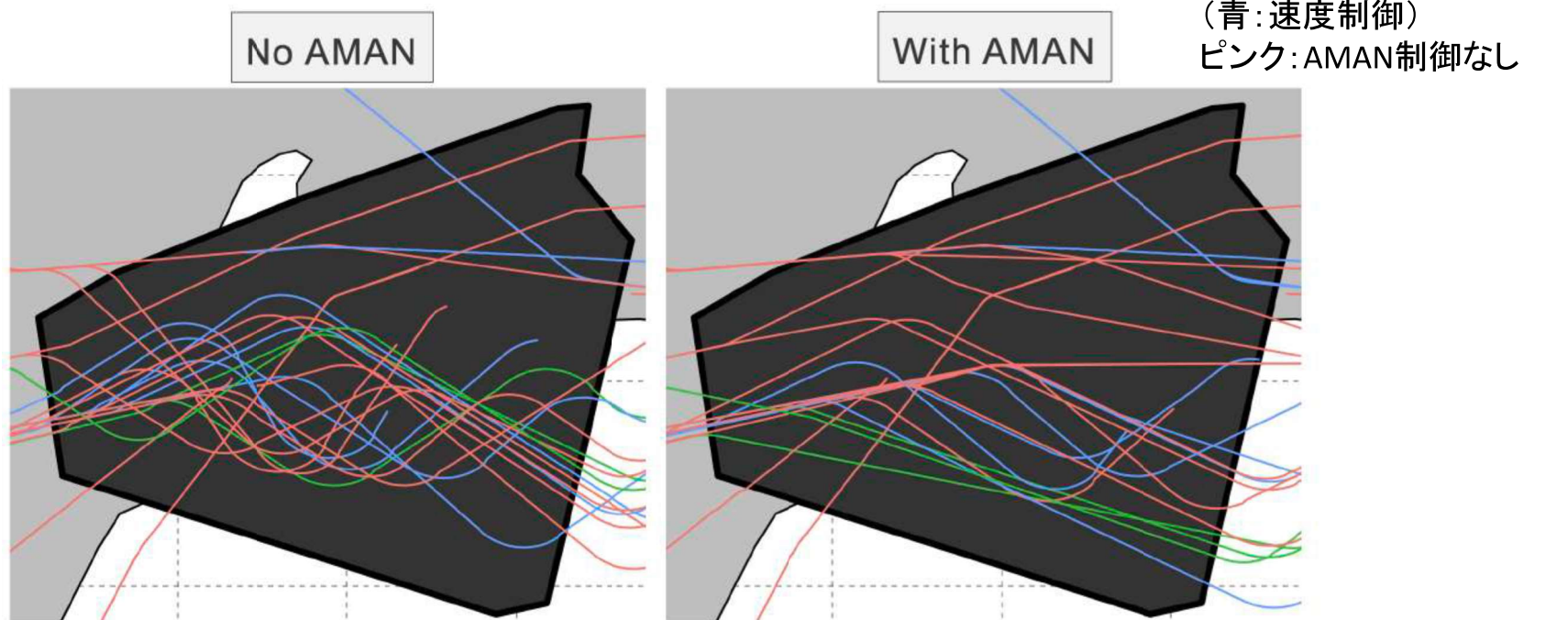
■ AMANの管制支援機能



T25(知多)セクターを模擬する管制卓のレーダー画面とAMANを模擬する管制支援ディスプレイ:
管制支援ディスプレイには、AMAN対象機(T25を通過して羽田に到着する航空機)のコールサイン(CS)、AMAN対象区間に入域する時間(TIME)、減速指示(SPD)、到着滑走路(RWY)、滑走路到着予定時間(ETA)を表示

1. 空港の混雑を回避する自動化システム（7/8）

■ AMANによる渋滞削減効果



HITLシミュレーション実験結果の例

現行の運用(左)とAMANを適用した場合の運用(右)の航跡を比較

- T25空域内では合計約13分(19機あたり)の飛行時間削減が実現
- 管制官によるレーダー誘導の指示回数は、約20%削減
- 羽田空港の近傍空域での混雑を大幅回避

1. 空港の混雑を回避する自動化システム（8/8）

■ 管制官の主観的評価

“AMANによる滑走路選択と速度指示は、作業量として許容できる”
“セパレーションが保たれることから、口頭による指示回数が減る”
“順序づけの判断に迷った時、AMANが選択してくれる”



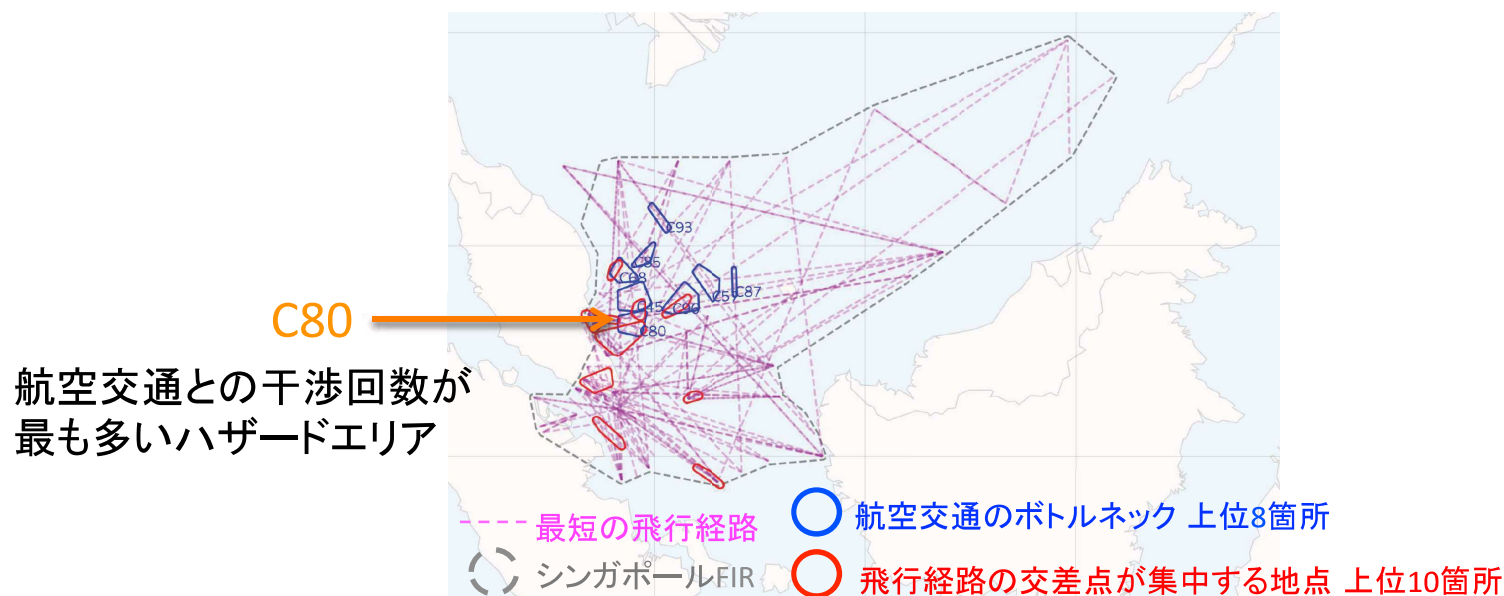
到着順序づけの判断が難しいトラフィックの例

自動化システムの支援により、管制官の作業負担を軽減することで、
航空安全の確保・向上へ

2. 将来的な交通量増大に対応する自動化システム(1/2)

■ 空域容量の設定ではなく、航空交通の複雑性の緩和へ

- 将来的な航空交通需要が最も増加すると試算されているASEAN地域では、管制官不足が深刻な課題
- これまでの研究により、1名の管制官が処理可能な航空交通は、対象空域を飛行する航空機数ではなく、周囲の航空交通との干渉回数によって決定されること、航空交通を進行方向別にグループ化する制御を施すことで管制官の人数を最小化できる可能性を示唆

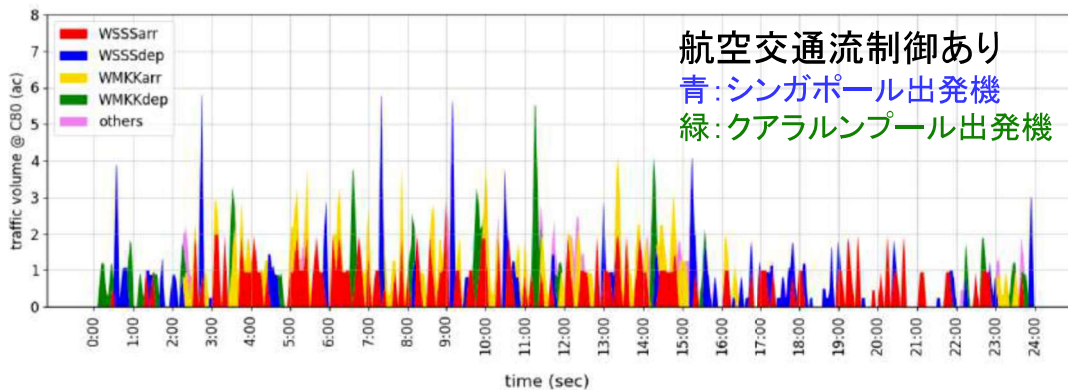
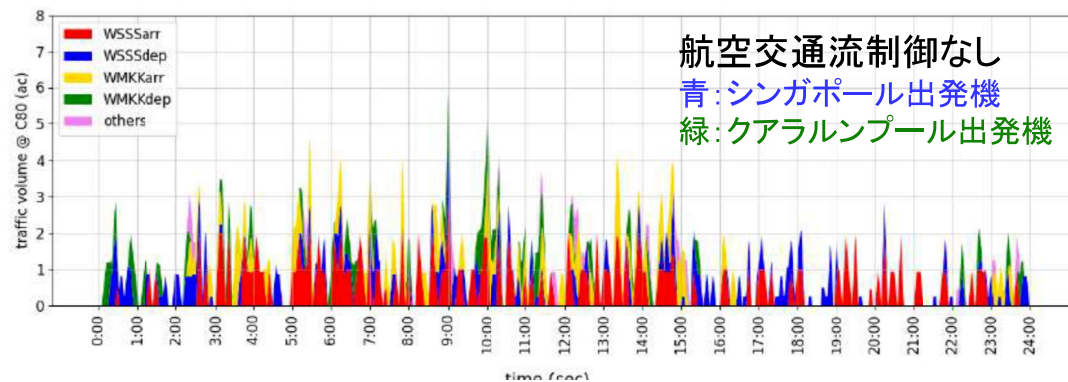
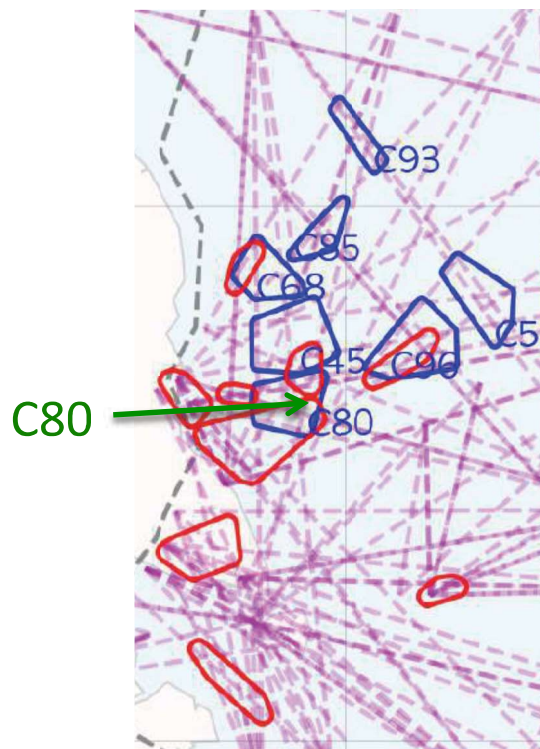


シンガポールFIRにおける将来的な経路再編(フリールート)とハザードエリアの同定

2. 将来的な交通量増大に対応する自動化システム(2/2)

■ 航空交通の複雑性を緩和する空港システムの設計・評価

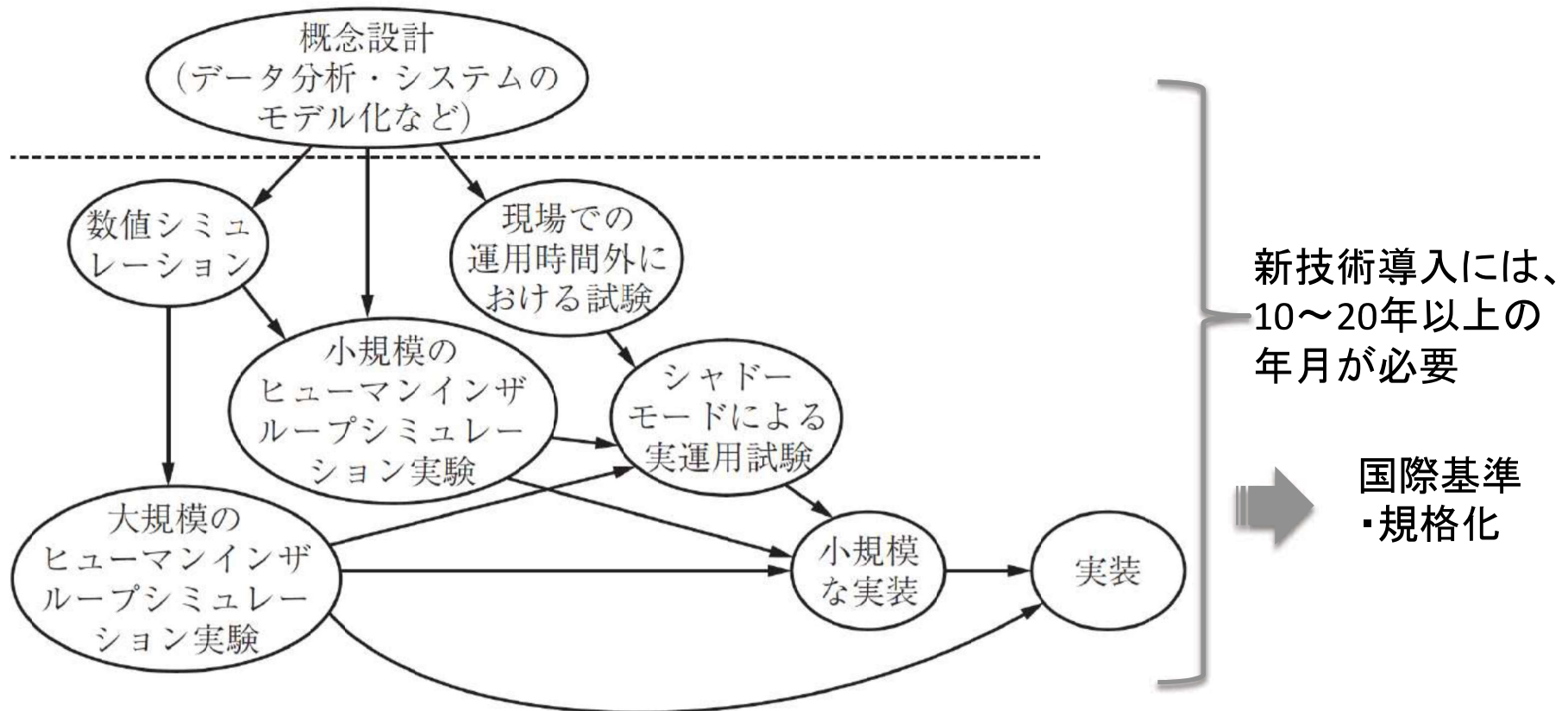
- シンガポールFIRのC80ハザードエリアにおける航空交通の干渉回数を軽減するため、シンガポール(チャンギ)空港とクアラルンプール空港からの出発時刻を制御
- 現実的な出発時刻調整(対象機60%に平均30分程度)により、潜在的コンフリクトを45%削減



C80エリアを飛行する航空機数の比較(1日分)

新しい航空交通管理システムの実装プロセス

■ 航空交通管理システムの実装に向けた研究開発と規格化



産学官が連携し、航空交通管理システム研究開発の継続的な促進と、国際基準策定に、日本が積極的に取り組む必要がある

航空機事故の再発防止に向けた提言

1. 航空安全を確保するために、新技術の導入が必須である
2. 設計思想に基づく自動化システムの研究開発と実装が求められる
 - 管制官・パイロットの作業負担を軽減するよう、航空交通を整理すること
 - 航空交通の不確かさに堅牢であること



自動化システムによる安全な航空交通の整理によって、到着・出発にかかる管制官の調整等が軽減され、滑走路路上における安全向上が期待できる

3. 空港運用の安全確保のためには、空港運用を独立して扱うだけでなく、ターミナル空域とその周りのエンルート空域にも、自動化システムの対象範囲を広げる必要がある
4. 産学官連携による航空交通管理システムの研究開発と、その安全な実装および国際基準策定に向けた、継続的な人的投資と取り組みが不可欠である

共同研究機関等

- 電子航法研究所
- 東京理科大学
- デルフト工科大学
- 南洋理工大學
- ユーロコントロール イノベーションハブ

軌道ベース運用の導入による 安全性向上への寄与

武市 昇

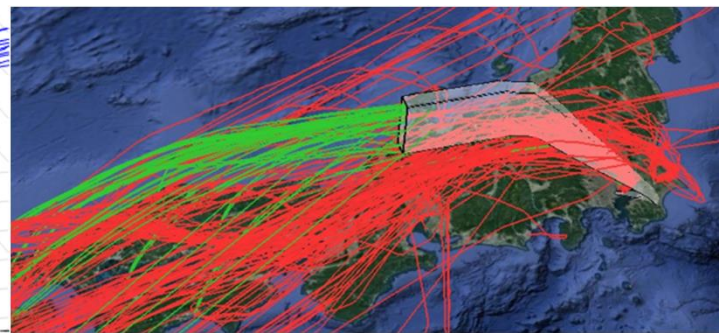
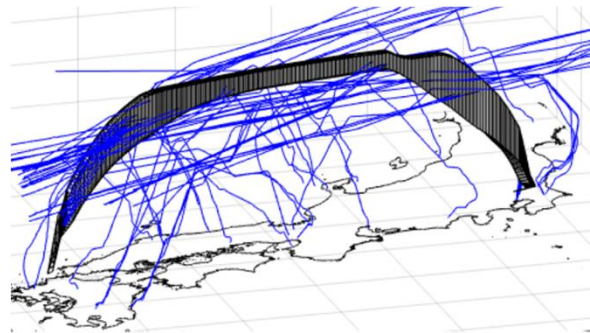
東京都立大学 システムデザイン研究科
航空宇宙システム工学域 教授

第3回羽田空港航空機衝突事故対策検討委員会

2024年2月28日

本日のプレゼンについて

- 普段の研究の主眼：航空交通管理の「効率」
 - CO₂排出（燃料消費量）削減や交通容量の拡大
 - （主に）軌道ベース運用（飛行中）が対象
 - 時間管理アルゴリズム・その最適化
 - 多数の便の最適軌道の飛行を可能にする空域コンセプト
 - 軌道ベース運用の安全と効率の両立
 - いずれも「安全は当然」ということが前提



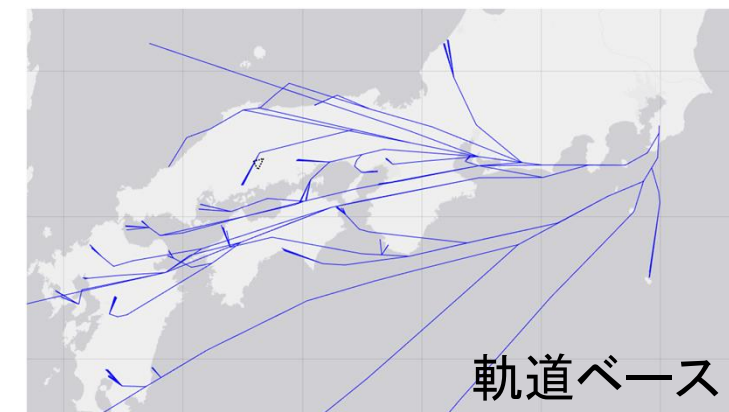
最適軌道の
飛行を可能に
する空域の例

- 本日は
 - 軌道ベース運用の導入による安全性向上への寄与
 - さらにその先に繋がる研究成果の紹介

背景

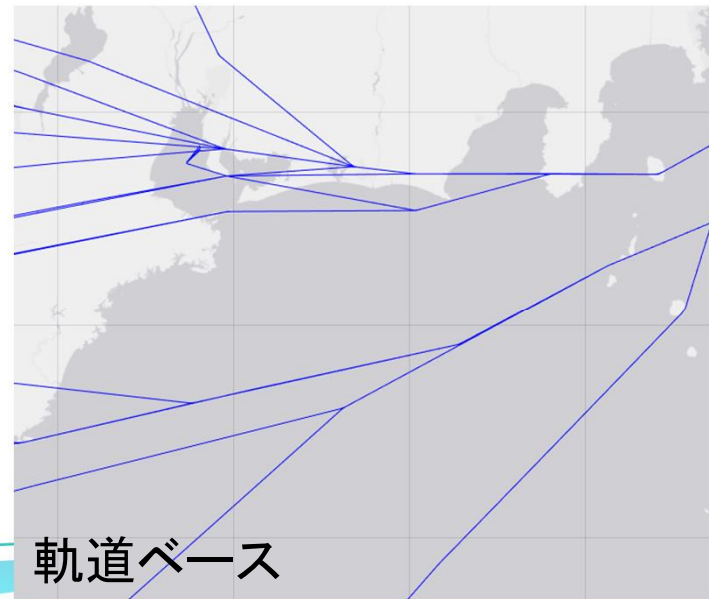
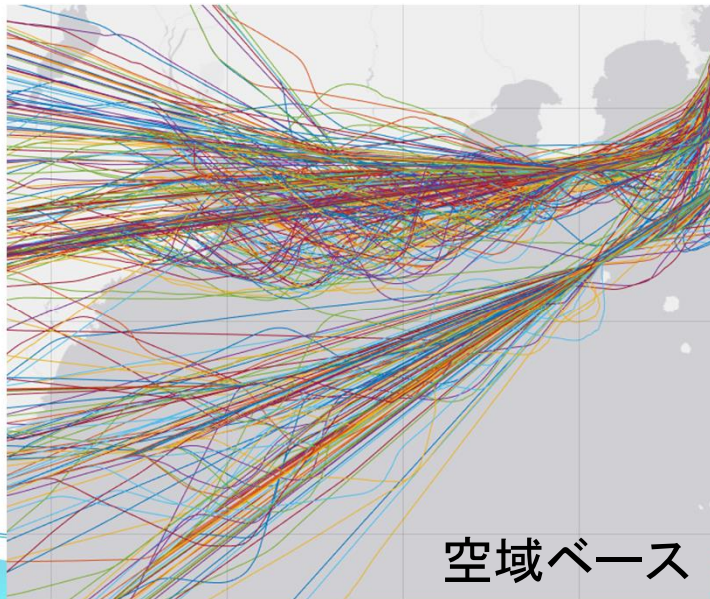
- 空域ベース運用から軌道ベース運用へ
 - 世界的・長期的な取り組み
 - 「管制官が管制しやすい航空交通」
⇒ 「航空機が無駄なく飛べる航空交通」
 - 主役：管制官 ⇒ 航空機
- 航空交通の主な調整方法
 - 「レーダー誘導」 ⇒ 「速度の調整」へ
 - 四次元航法：緯度・経度・高度＋時刻
 - 特定の地点で合流しながら目的地へ
 - 安全のための時間間隔を確保しながら

例：西日本⇒羽田の交通流



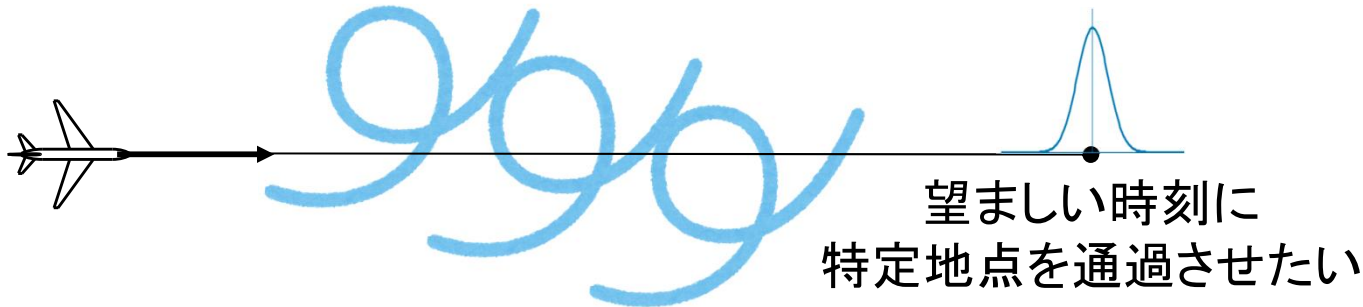
軌道ベース運用の導入効果

- 軌道ベース運用での管制官の指示
 - 特定の地点の通過時刻 or それを満たす速度
 - レーダー誘導を実施しない ⇒ 水平飛行経路は変化しない
 - ⇒ 各地点の到着時刻の予測精度が大幅に向上
 - ⇒ 各種管制業務の負荷が軽減
 - ⇒ より多くの労力を安全性の確保に割り当てられる
- 軌道ベース運用の導入 ⇒ 安全性の向上



軌道ベース運用の導入効果

- 一方で：到着時刻のばらつき

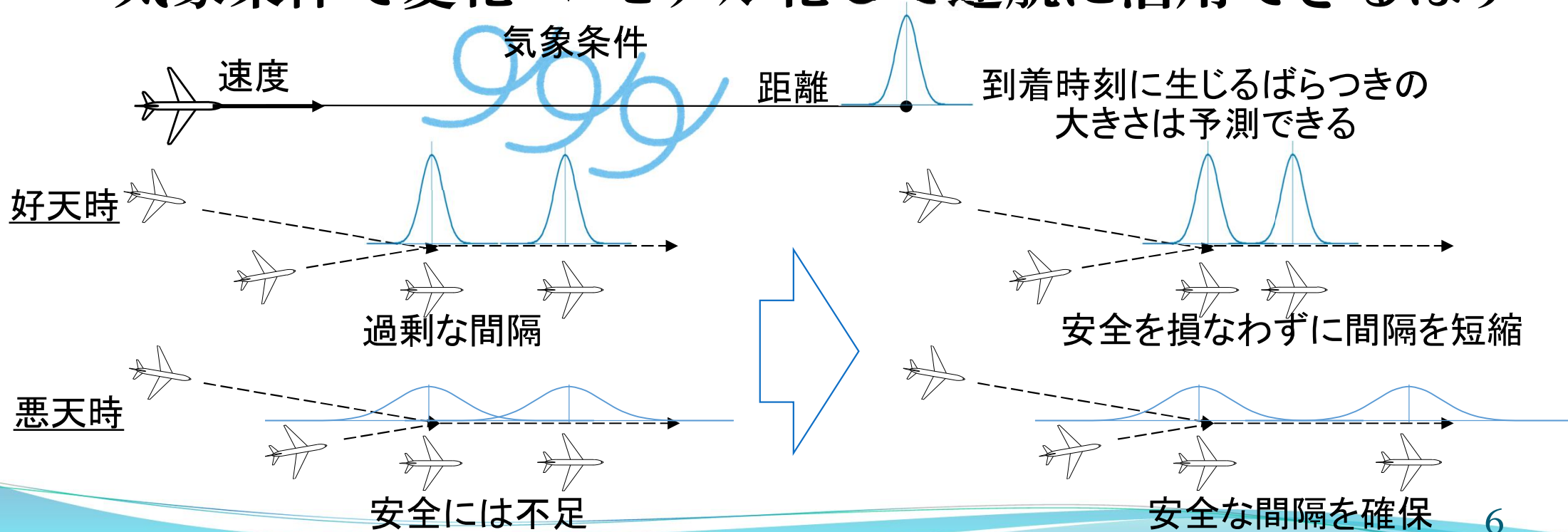


- ばらつきの主要因

- 旅客機は対気速度を維持する（マッハ数 or IAS）
 - 到着時刻の予測は対地速度を利用
 - 気温・風の予報値を用いて対気速度から対地速度に換算
 - 予報値：誤差・データ量の制約・予報値に含まれない変動
- ⇒ 到着時刻のばらつきは避けられない

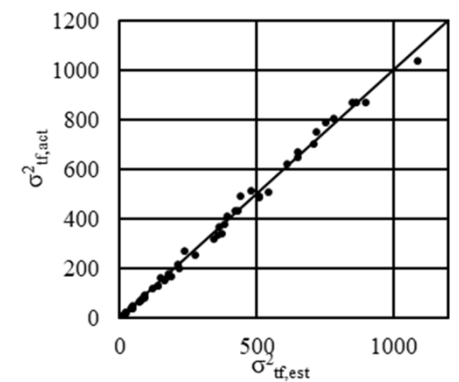
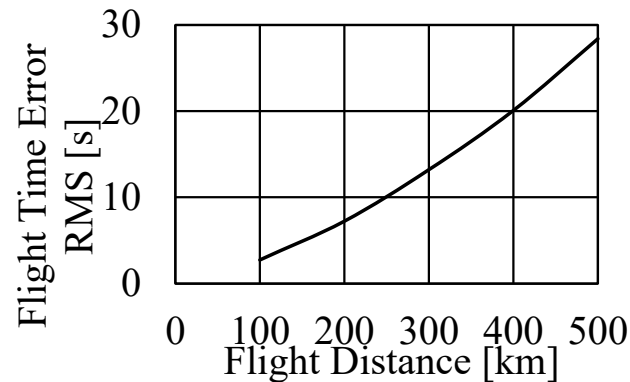
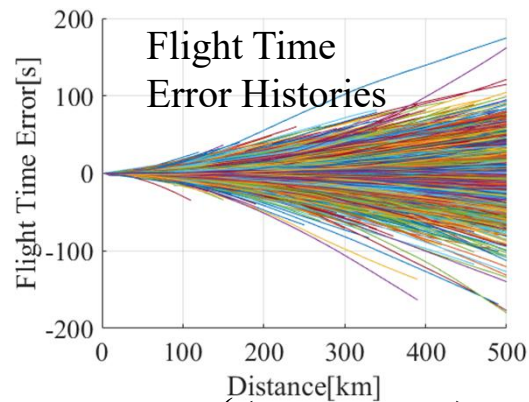
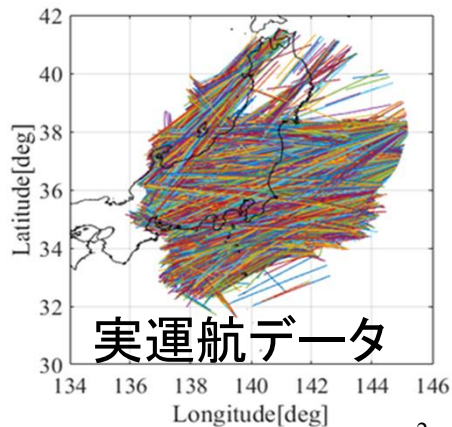
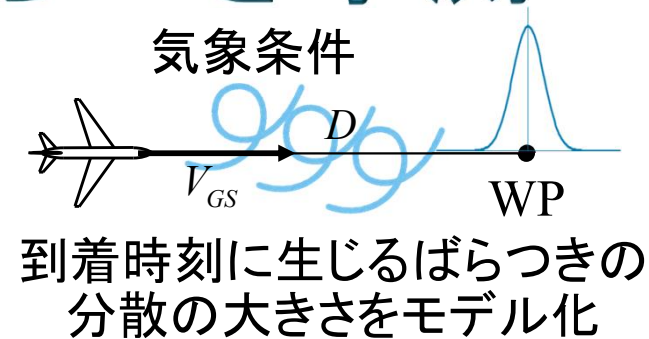
四次元航法の到着時刻のばらつき予測

- 指示した時点で予測できるもの
 - 管制官が意図した時刻からのずれ：予測不能
 - そのばらつきの大きさ（分散or標準偏差）：予測可能
- ばらつきの大きさ
 - 気象条件で変化 ⇒ モデル化して運航に活用できるはず



四次元航法の到着時刻のばらつき予測

- 理論式 + データ解析の組み合わせ
- あらゆる状況で分散を正確に予測
 - 気象状況・飛行距離・速度の関数
 - “避けられない” ばらつきの大きさ



$$\sigma_t^2 = \left(\frac{D}{GS^2}\right)^2 \sigma_{GS}^2 = \left(\frac{D}{GS^2}\right)^2 \left(\left(1 + \left(\frac{W_c}{TAS_t}\right)^2\right) \sigma_W^2 + \left(\frac{M^2 \kappa R}{2TAS_t}\right)^2 \sigma_T^2 + \left(\frac{M \kappa RT}{TAS_t}\right)^2 \sigma_M^2 \right)$$

- 通過時刻・到着時刻の精度管理を導入できる
 - 任意の位置でのばらつきの大きさの予測・制御
 - 例：予測 ⇒ 合流地点や滑走路端での安全性評価

引用元: Takeichi, N., Transportation Research Part C, Vol. 95, Oct. 2018, pp.335–345.

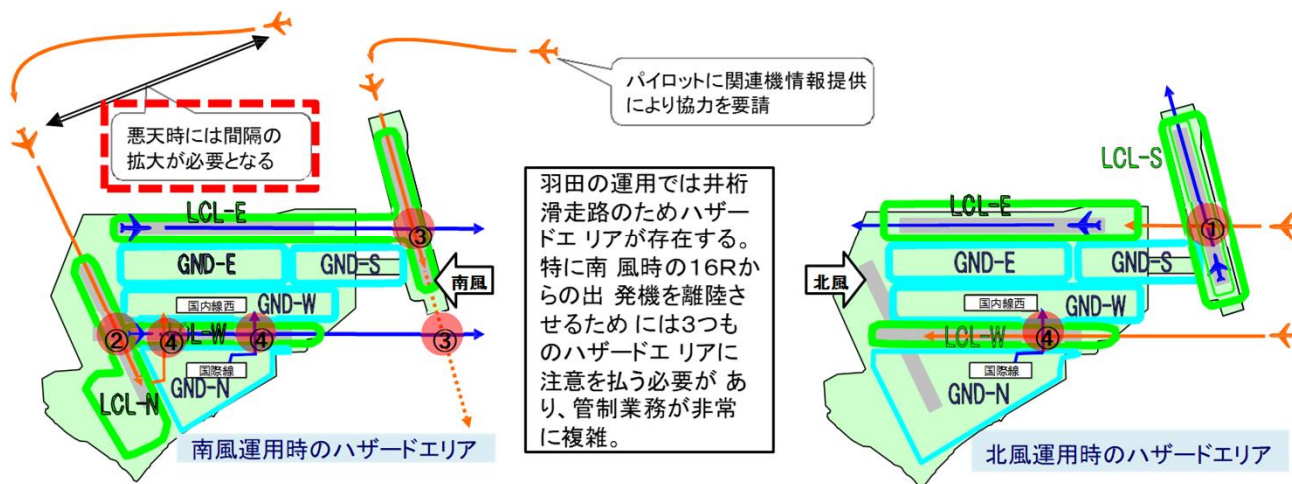
Takeichi, N., et al., AIAA Journal of Air Transportation, Vol. 28, No. 3, 2020, pp. 134–143.

Takeichi, N., et al., 14th ATM Seminar, Online, Sep. 20-23, 2021.

安全に関する支援システムへの適用可能性

- 具体的に貢献できそうな場面
 - 各合流地点の時間間隔のばらつき予測
 - 到着機の着陸時刻のばらつき予測
 - ⇒ 滑走路上の各種ハザード（第2回）の評価に使う
- これができれば
 - 進入から着陸までの管制業務における管制官の判断の安全性の確保をシステムにより客観的に支援できるのでは？

・日々の状況(気象状況・運用制限等)により管制間隔設定が異なる。
 到着機の航空機位置、出発機の航空機位置から、離着陸機が交差する地点への到達時刻を予測し、両者の予測時刻が重ならないような状況で出発機を処理。



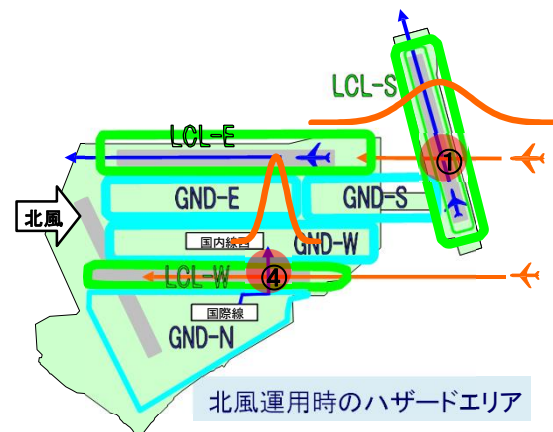
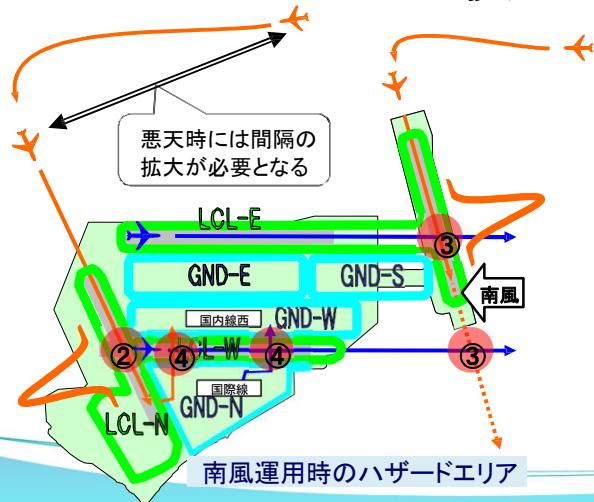
→ 出発機
 → 到着機


- ① C滑走路への着陸機とD滑走路の離陸機の交差
- ② B滑走路への着陸機とA滑走路の離陸機のプラスト
- ③ D滑走路への着陸機とA,C滑走路の離陸機の交差
- ④ B滑走路への着陸機又は国際線出発機とA滑走路の離陸機又は着陸機の交差

第2回 資料2-2(鈴木委員)より引用

安全に関する支援システムへの適用可能性

- 滑走路端：全便が対象
 - 管制官の判断：“先行機から〇〇秒後に滑走路に着陸するはず”
- 支援システムの動作
 - 管制官がパイロットに滑走路へ向かう指示を出した直後
 - 指示データに基づき、各ハザードエリアの通過時刻とそのばらつきを算出 ⇒ 必要に応じて管制官に注意・警告
- 利点
 - 管制指示を客観的に評価・安全性を判断
 - 先行便の風況の観測値＋数値予報値を使える
 - 風況：管制官の“感覚”の要素がある
 - ほぼ全ての便への指示の安全性を判断できる



 : 予測されるばらつき

まとめ

- 軌道ベース運用の導入による安全性向上
 - 着陸時刻の予測精度向上
 - ⇒ 管制官の負荷軽減 ⇒ より多くの労力を安全性に
- 安全に関する支援システムへの適用可能性
 - 進入着陸の管制官の判断の安全性の確保をシステムにより客観的に支援
 - 貢献できそうな点は随所にある
 - 特徴
 - 管制官とシステムの独立した2つの目による安全性の監視を実現
 - 監視データ + 管制指示データに基づいた自動化が可能
 - 常時・高頻度：ほぼ全便の全状況を支援できる可能性
 - 風の観測値 + 数値予報値を使える
 - 管制官の役割（特に判断・管制指示）は従来通り
 - 本システムはその監視と注意・警告のみ
 - 管制官の“職人技”による安全性の確保をシステムにより支援可能

飛行場管制業務と監視情報 ～現状の課題と今後の対策

(国研) 海上・港湾・航空技術研究所
電子航法研究所
福島 幸子



報告の概要



飛行場管制業務

- * 管制官は多くのものを見て、聞いている（基本✈は**目視**）
- * 負荷の低減が必要

監視情報の活用

- * 滑走路占有監視支援機能
- * 安全サイドを重視したパラメータにすると検知頻度が高くなる
→回数が多いと危機感が低下する

安全性向上のために

- * 短期的対策
- * 長期的対策

電子航法研究所での研究紹介

飛行場管制業務



移動中の航空機を扱う**2席**

地上管制席（滑走路前の誘導路）

飛行場管制席（空港周辺及び滑走路と取付誘導路）

✈️ 管制官が見ているもの

- 窓の外（**空港面**：航空機、車両、**上空**：航空機の動静）

- **情報画面**（複数の表示・入力端末あり）

→ 同時に見ることはできず、目の方向がいろいろ動く

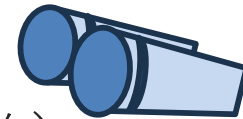
✈️ 管制官が聞いているもの・口にするもの

- パイロットや車両等との音声通信

- 他席管制官の調整、助言、管制室内のやりとり等

✈️ 管制官が入力しているもの

- 指示内容、メモなど



混雑時の管制官は多忙

管制塔内における業務分析と**負荷低減**が必要

空港の構造や特性から滑走路含む地上面において注意点が多い

混雑状況においては秒単位の判断が必要

特に繁忙時間帯において、さらなる情報の追加及び入力は負荷を高める

監視情報の活用～滑走路占有監視支援機能



- ✈ 着陸機が滑走路接近中に出発機や横断機等が滑走路に入った場合に**注意喚起**を表示する
- ✈ MLAT等のセンサー情報をもとに作成
 - ・センサー情報には**一定の誤差**がある
 - ・**安全性を重視**しているため検知頻度が高くなる
 - ・頻繁な音声での割り込みは**業務の妨げ**になる
- ✈ 今後の課題
 - ・多忙な管制官に対しては、音声で知らせるなら**2段階（①注意喚起表示＋②警報音）**で伝えることが必要
 - ・トーイングカーなどトランスポンダを積んでいない空港車両や、トランスポンダをONにしていない航空機への対応についても検討が必要

飛行場管制において安全性を向上させるには



1. 管制官への**注意喚起方法の改善**

- 業務分担見直しによる人を追加でつける対応は有効

最近一部対応済み

- 業務分析による業務整理が有効
→管制官の**負荷低減**

- 2段階の警報発出が有効
→**警報への危機感**の向上

2. **監視情報の充実**

- 空港車両への車載型拡張スキッタ送信装置の搭載
→管制官への情報の充実
警報システムの**精度向上**

電子航法研究所における研究について



航空機運用に関する研究を多数実施

そのなかで、「空港における航空機事故防止」にも繋がる可能性のある研究の一部を紹介

1. 空港用マルチ監視技術活用に関する研究
2. FOD検知装置の導入及び滑走路維持管理の効率化に関する研究
3. デジタル技術によるタワーシステム高度化に関する研究
4. 航空通信基盤の高度化に関する研究
5. A-SMGCSの研究 (H16~20)