

大規模航空ネットワークの 全体最適な運用に向けて

東京大学 先端科学技術研究センター
西成 活裕

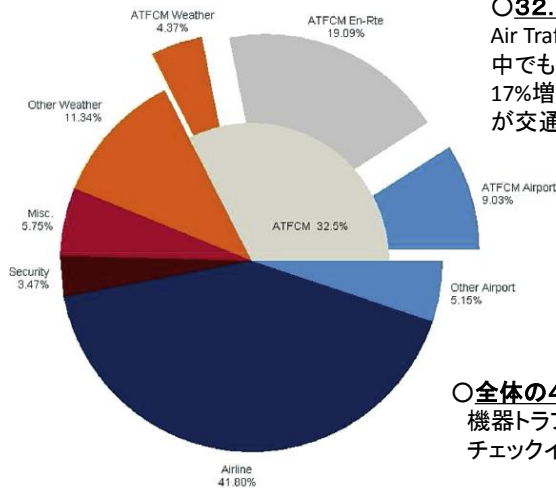
増大する航空交通

- 世界中で運航されている1万9000機の航空機は、2034年までに2倍以上の3万8500機となると予測されている
- 世界の航空大都市を結ぶ長距離路線の輸送量は現在、1日旅客数は90万人だが、2034年までに230万人に増加する見込み

出典 エアバス「グローバル・マーケット・フォーカスト(GMF)」

航空機の遅延原因

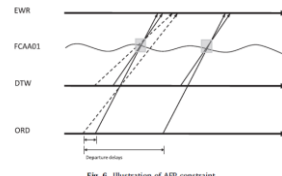
2010年度 欧州における航空機遅延原因
Journal of Air Transport Management vol.47 (2015) pp.54-65



○32.5%が航空交通流の問題

Air Traffic Flow Control Management

中でもEn-route 遅延 が2005 から5年で17%増加。アメリカ(NextGen)、欧州(SESAR)が交通容量拡大のための対策を検討中



○全体の41.8%はエアライン

機器トラブル、バゲージ遅延
チェックイントラブル等

交通容量拡大へのソリューション

- 地上でのオペレーション
 - スポットアサイン
 - バゲージハンドリング
- 洋上、空港周辺空域での全体最適化
 - 運行スケジュールリング
- 航空管制におけるAIの活用
 - 機械学習と判断の自動化

オープンデータ化の流れ

CARATS(国交省:将来の航空交通システムに関する長期ビジョン)
分割された空域でなく、全体を一つの空域として統合へ
出発から到着までの軌道の最適化を目指す

[航空機の時系列座標情報が公開へ！](#)

さらに今後は

- ・エアライン旅客情報
- ・各空港の運用情報

のシステム統合が必要！

渋滞解消の「肝」 急がば回れ

間隔を詰めて容量拡大？



逆の方法もある！

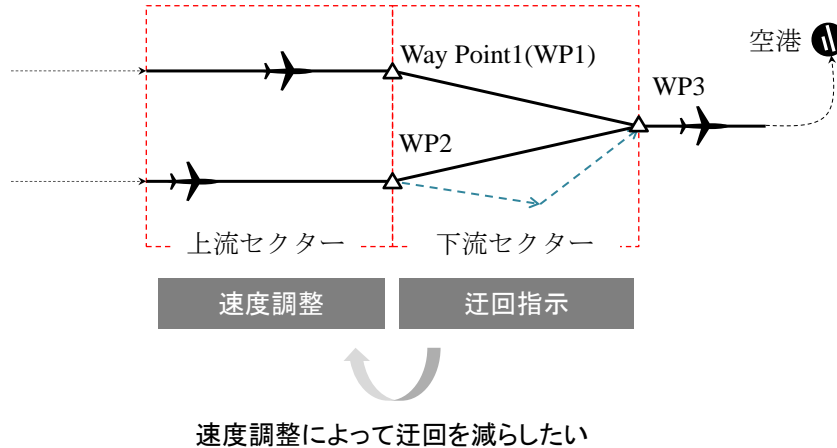
「**間隔を空けてCapacity Dropを抑止する**」

容量低下防止、燃費向上

航空交通における合流モデル

千田秀典（2013年 西成研究室）
日本航空宇宙学会第51回飛行機シンポジウム 学生優秀講演賞

各航空機は、WP1/2,3を通り、高度と速度を落としながら空港を目指す



速度の調整方法

従来型速度調整モデル (Time-to-Go, TTGモデル)

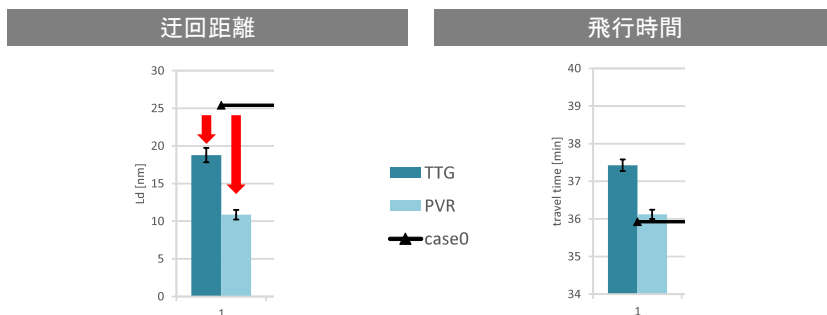
前方機体速度は参照せず、計画速度に近づける

新たに提案したPreceding Velocity Reference (PVR)モデル

前方機体速度を参照する ← 車のモデルからヒント

	TTGモデル	PVRモデル
ダイナミクス	$\dot{v}_i(t) = \frac{1}{\tau} (v_i^{com}(t) - v_i(t))$	
指示速度	$v_i^{comTTG}(t) = \bar{v} + k_{TTG} (hw_i(t) - d_{TTG})$	$v_i^{comPVR}(t) = v_{i-1}(t) + k_{PVR} (hw_i(t) - d_{PVR})$

シミュレーション結果



TTG	平均7nmi/機の迂回量減少 150kg/機の燃料削減に相当	平均約1.5分の旅行時間増大
PVR	平均15nmi/機の迂回量減少 280kg/機の燃料削減に相当	旅行時間の増大はほぼない

**理想間隔が小さいとき最も迂回吸収が可能
PVRはTTGに対して約2倍の吸収効果がある**

交通管制に関する難しい問題

個人と全体の益のジレンマ

経路選択問題

XからYに行くのに2通りのルート

○ルートA: 時間は航空機の数に比例

○ルートB: 時間は常に10分

10台の車がXからYへ行くときのルート選択は？

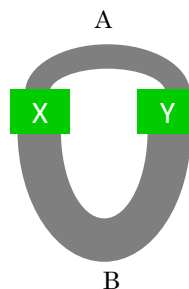
①利用者均衡配分 A: 10台、B: 0台

利用者に任せると、みなAを選択する

②システム最適化配分 A: 5台、B: 5台

これが全員の所要時間の総和を最小にする

①の場合、所要時間の総和は100分、②の場合は75分
つまり、個人の益を追求する①では、社会全体で損をする！



まとめ

航空管制にHPCを活用

- HPCは膨大な単純計算が必要な問題に対する社会ソリューション。機械学習による判断の自動化＝管制応用へ

燃料消費量を最小にする運航ルートの実タイム計算
皆がその運航ルートを選ぶと渋滞する。ゲーム理論的
ジレンマから「全体最適」へ

- IoT時代に向けて、HPCを気軽にリアルタイム利用できる社会インフラへ！「マイスパコン化」