

2014年6月6日 電子航法研究所発表会

# 14. 航空機監視応用システム (ASAS)の研究開発状況

航空交通管理領域

伊藤 恵理, 上島一彦, 福島幸子

監視通信領域

大津山卓哉

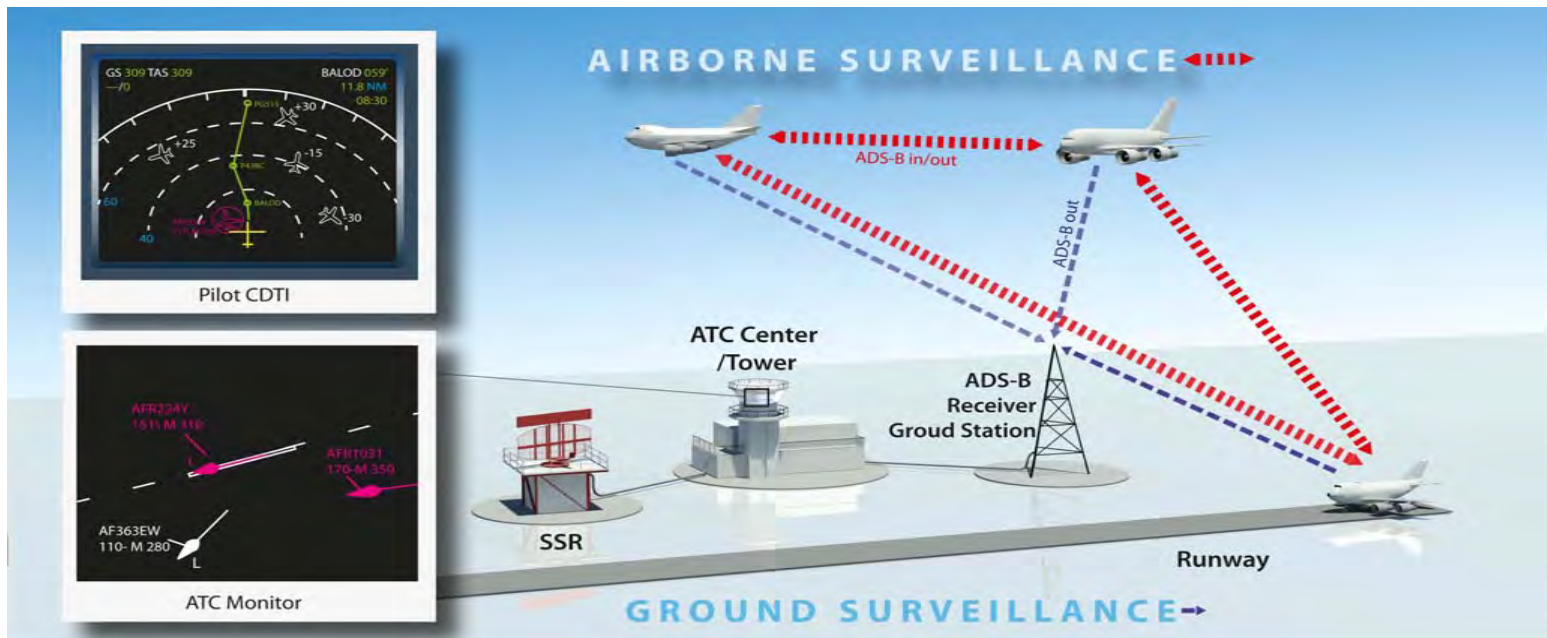
# 発表内容

- 研究背景と目的
  - ASAS (Aircraft Surveillance Applications System)
  - FIM (Flight-deck Interval Management)応用方式
- 東京国際空港の到着機へのFIM適用研究
- SPICAシミュレータの研究開発
- NASA ATD-1プロジェクトとの連携研究
- 今後の課題

# ASAS

- Aircraft Surveillance Applications System (航空機監視応用システム)

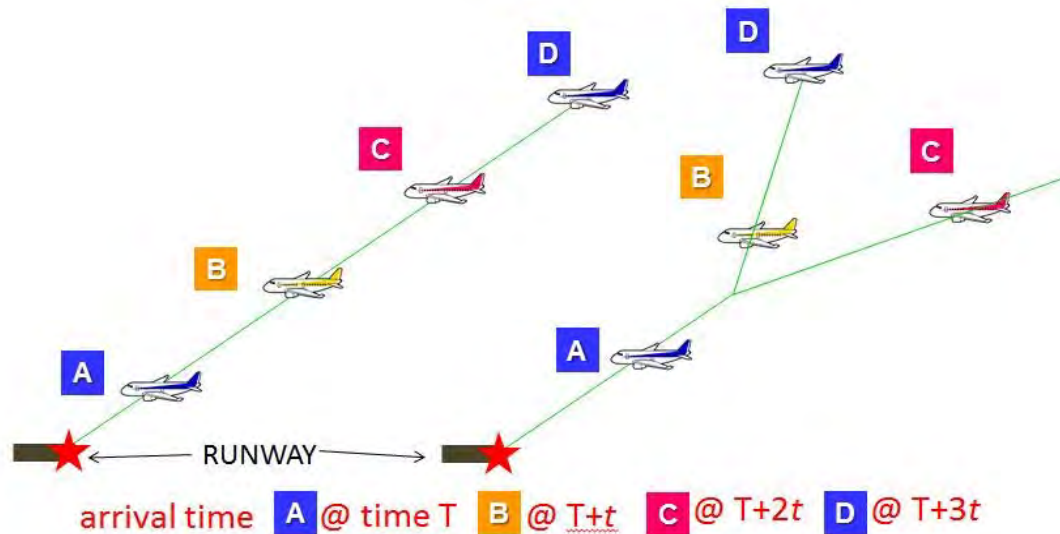
- ADS-Bを介して航空機ID、高度、位置、速度を送受信し、機上での監視情報を交通管理に利用する地上と機上の統合システム



ASASの概念図

# FIM応用方式

- Flight-deck Interval Management
  - ASASの運用の一つで、到着の時間間隔を一定に保つよう、ADS-B監視情報を利用して機上で速度制御を行う方式



FIMの運用例: 管制官が指示した到着の順序と到着時間間隔を達成するよう、機上に搭載されたFIM速度制御算出装置が示す速度コマンドを機体に入力する。

# これまでのASAS研究 (ENRI)

2007

2008

2009

2010

2011

2012

2013

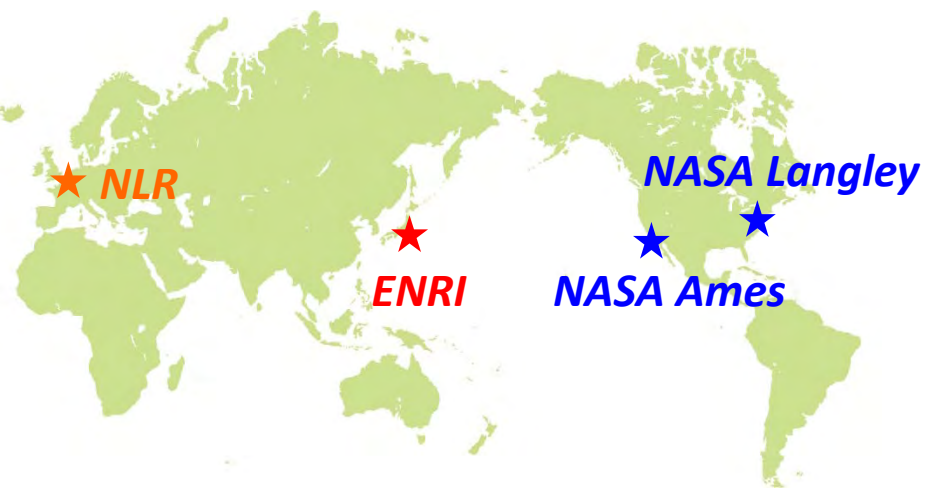
2014

ASAS研究開発の世界動向の調査・研究成果の国際会議/学会への還元

複雑系のモデル化とモンテカルロシミュレーション  
によるFIM応用方式の安全性評価  
FIM速度制御則の検討 **NLR**

東京国際空港の到着機へのFIM適用研究

SPICAシミュレータの研究開発



NASA ATD-1プロジェクトとの連携研究  
(地上の到着機管理システム  
とFIMの協調に関する研究・  
FIM速度制御系の設計)  
**NASA Langley NASA Ames**

# これまでのASAS研究 (ENRI)

2007

2008

2009

2010

2011

2012

2013

2014

ASAS研究開発の世界動向の調査・研究成果の国際会議/学会への還元

複雑系のモデル化とモンテカルロシミュレーション  
によるFIM応用方式の安全性評価  
FIM速度制御則の検討 **NLR**

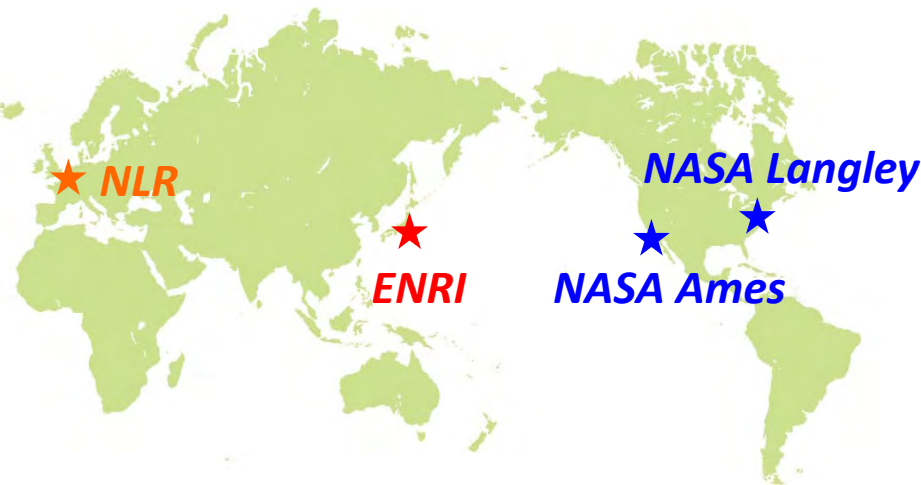
東京国際空港の到着機へのFIM適用研究

SPICAシミュレータの研究開発

NASA ATD-1プロジェクトとの連  
携研究

(地上の到着機管理システム  
とFIMの協調に関する研究・  
FIM速度制御系の設計)

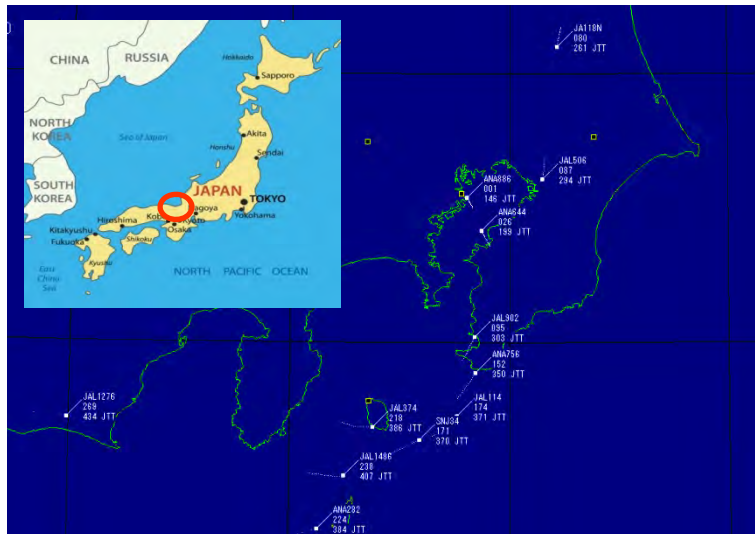
**NASA Langley NASA Ames**



# 東京国際空港のCDOへのFIMの適用(1/2)

- CDO(Continuous Descent Operation)
  - CDOとは、燃料消費量を最小にするエンジン出力で、到着空港まで連続的に降下する運航
  - 現行の管制方式では、複数機のCDOの実施が困難で、結果として到着機数の減少が懸念されている。

➡ FIM速度制御を複数機のCDOに適用すると有効か？



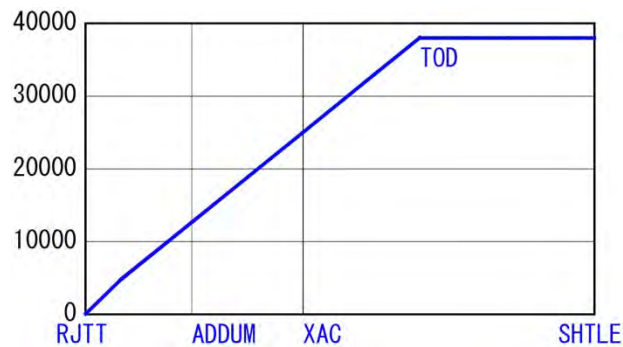
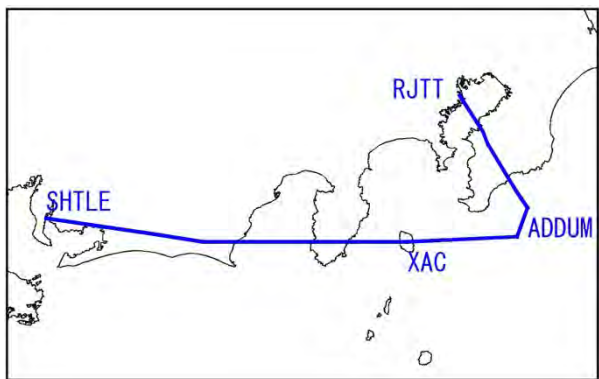
## 東京国際空港の特徴

- 24時間Open
- 4 runways
- 44.7万発着回数/年
- 2つのターミナルゲート
- 着陸間隔は2分

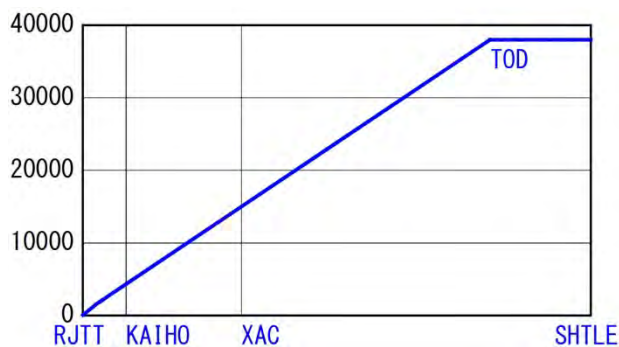
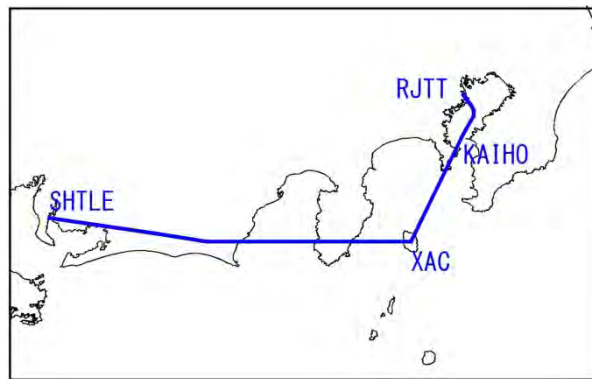
# 東京国際空港のCDOへのFIMの適用(2/2)

- CDO用FIM経路の設計

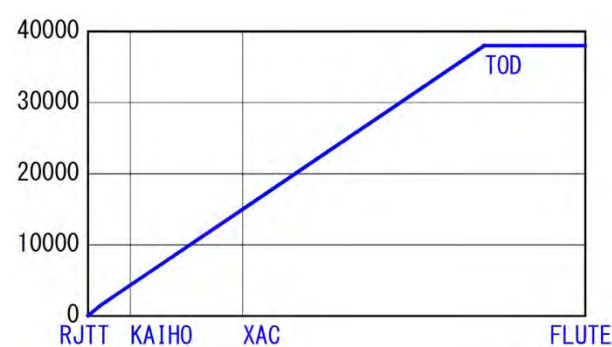
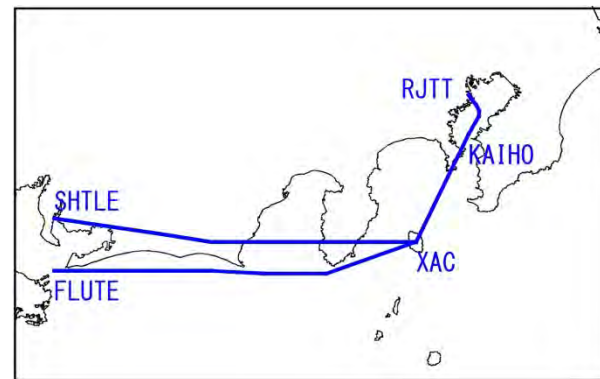
**Route A: ADDUMでの高度制約なし**



**Route K/S: 東京湾を縦断するショートカット**



**Route K/F: 大島で合流するショートカット**





# SPICAシミュレータの研究開発(1/2)

## • SPICAシミュレータ

目的:

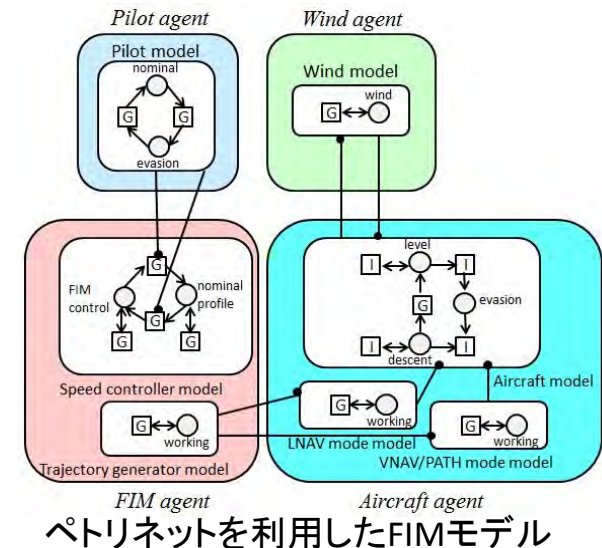
FIM運用を想定した将来の航空交通管制システムのファストタイムシミュレーション環境を構築する

設計コンセプト:

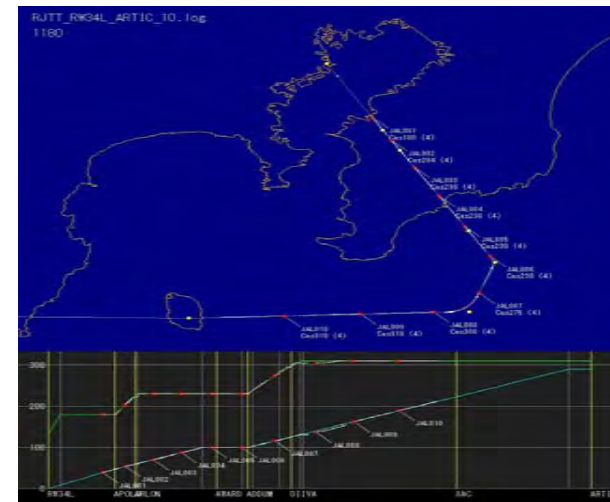
将来的な運用の発展に対応できる機能的な汎用性を持たせること

工夫点:

- 複雑系のシミュレーションモデルの構築
- GUIとシミュレーション結果の再生機能
- モンテカルロシミュレーション
- C++ オブジェクト指向プログラミング



ペトリネットを利用したFIMモデル

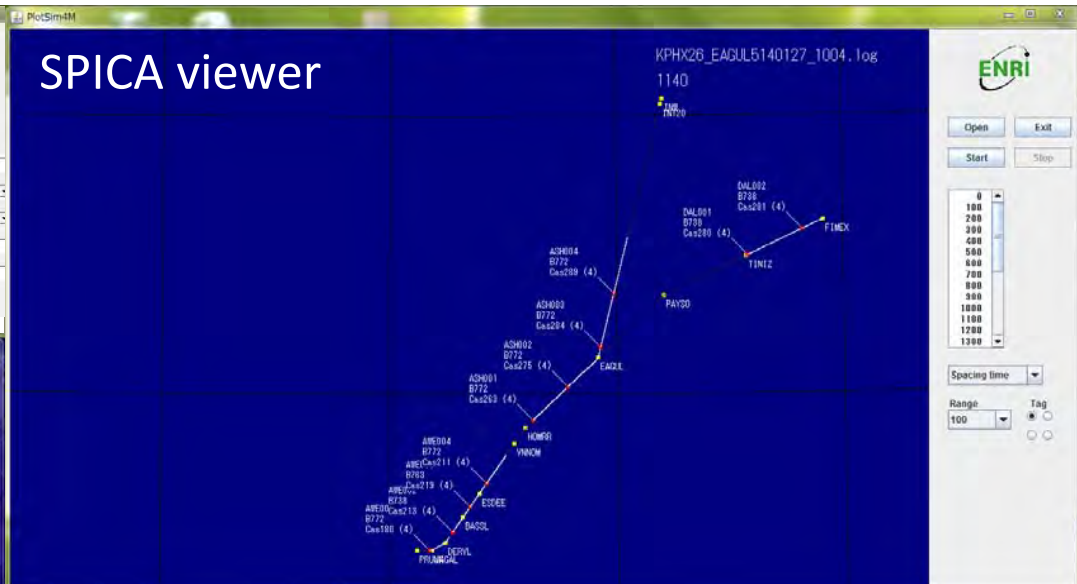
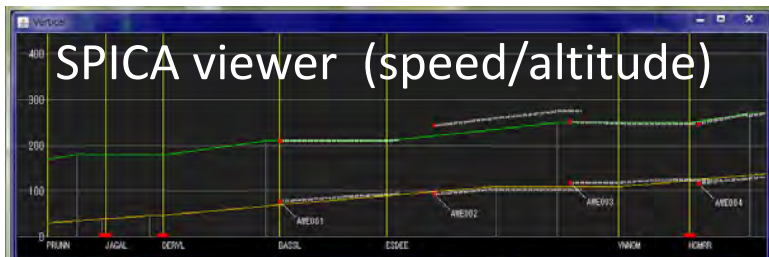


シミュレーション結果の表示画面

# SPICAシミュレータの研究開発(2/2)

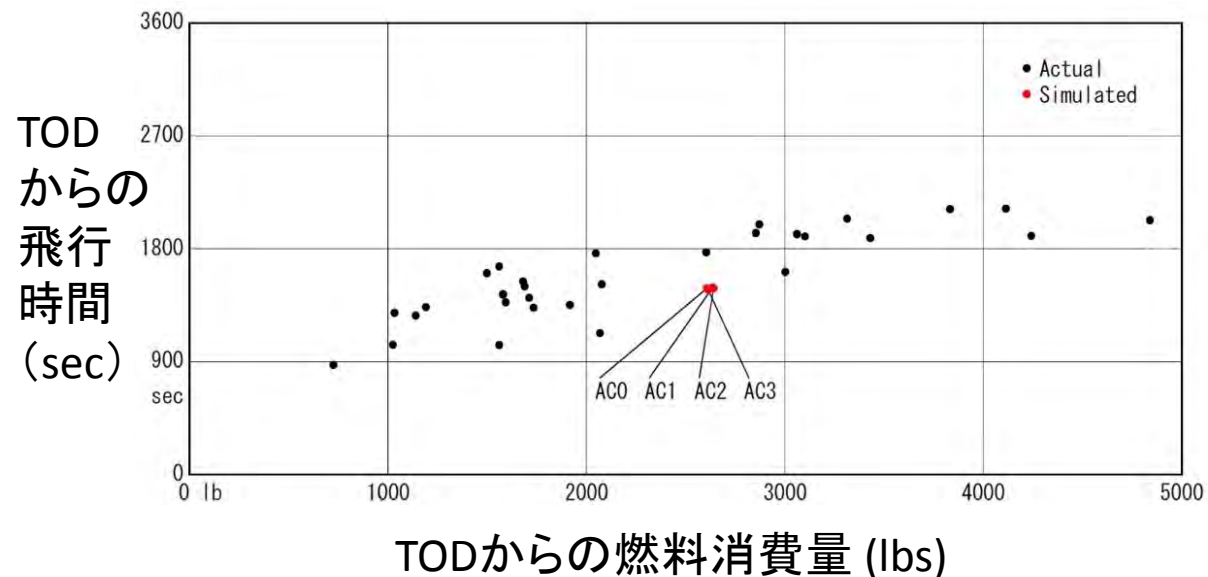
## • SPICAシミュレータの機能

- FIM応用方式の運用を模擬・ASTARを搭載
- 航空機と制御システム(VNAV, LNAV, TECS)のモデル
- パイロット・管制官の入力
- 燃料消費量と到着時間間隔の算出機能
- 風データの読み込み



# シミュレーション検討結果

- 設計したFIM経路(2.5度の連続降下)で複数機のCDOを実施し、安定な(ストリングスタビリティを保持)降下を実現することが可能
- FIMを利用すると、機種(B737, B777, B767)にかかわらず、CDOを実施した複数の航空機を正確な時間間隔を保って到着させることが可能
- FIM速度制御を利用して複数機のCDOを実施すると、航空交通流全体の燃料消費量を削減する降下の実現が可能であることを示唆



# FIM機とFIMを搭載していない航空機が 混在する航空交通流の評価

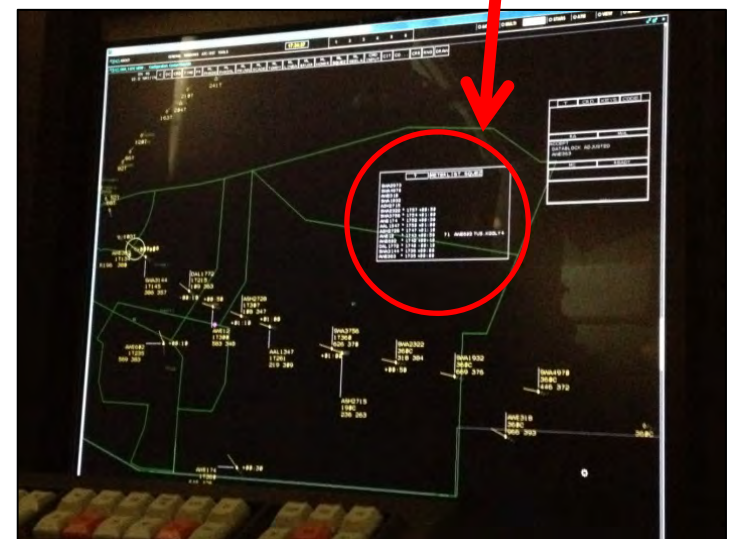
- ATD-1(Air Traffic Management Technology Demonstration-1)プロジェクト (NASA Ames, Langley RCの共同研究プロジェクト)
- FIMを搭載した航空機と従来の航空機が混在する到着機の交通流を模擬
- パイロットと管制官を介したヒューマンインザループシミュレーションで評価



ATD-1プロジェクトで実施したシミュレーションの様子

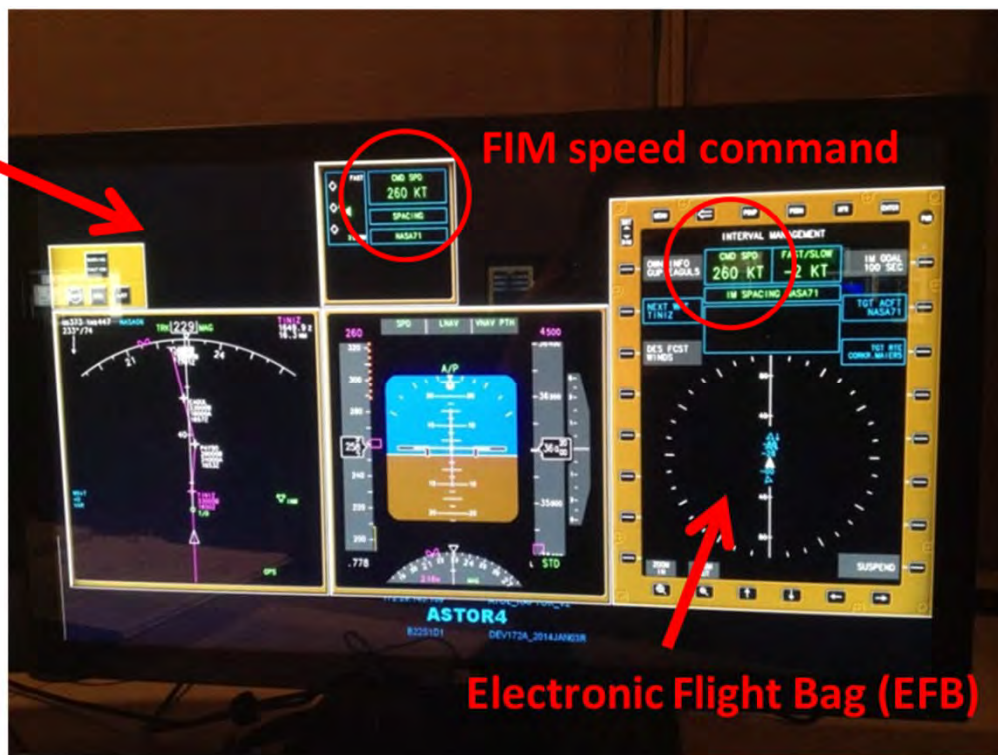
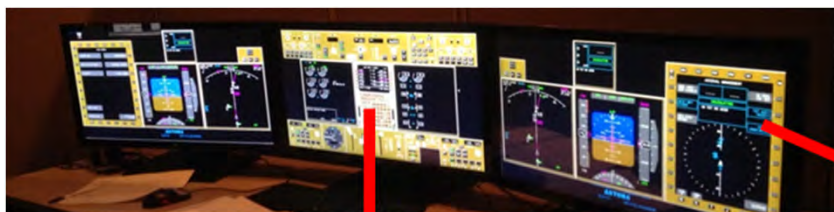
# 航空管制官のタスク(ATD-1)

- 到着機の順序づけと  
間隔づけ
  - すべての到着機の順序づけ
  - FIMを搭載していない航空機には  
従来の管制サービスを提供
  - FIMを搭載している航空機には、  
FIM開始/停止/終了の指示
  - FIM運用の開始と終了の責任



# FIM機パイロットのタスク(ATD-1)(1/2)

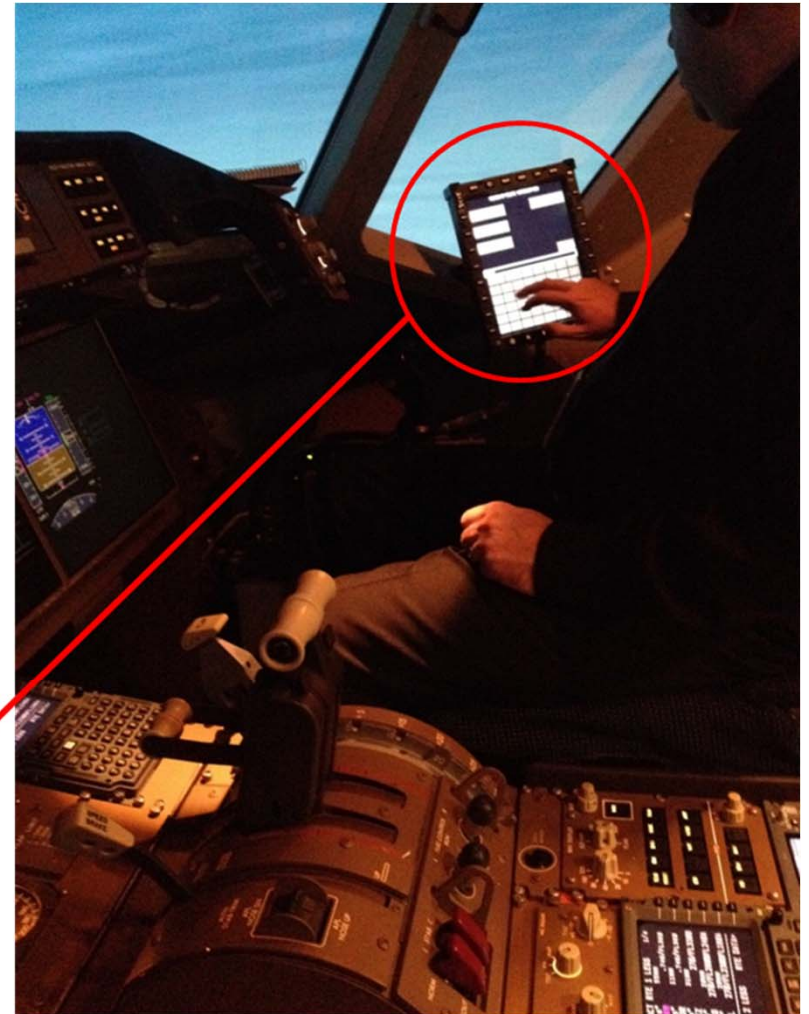
- FIMの実行を管制官に要求
- 管制官の指示を受けてFIMを実行/停止/終了する操作
- FIM速度制御の実行
  - 速度調整つまみの調整・ASTARが算出した速度コマンドに追従



# FIM機パイロットのタスク(ATD-1)(2/2)

- Electronic Flight Bag (EFB)の開発

Development & Test Simulator (DTS)  
(NASA Langley) の様子



# Time-To-Go 速度制御則(1/2)

$$V_{CAS} = V_{CAS}^N + k \{ (TTG_{Target} + \Delta) - TTG_{IM} \}$$

$V_{CAS}$  : FIM 速度制御コマンド

$V_{CAS}^N$  : 計画されたFIM機の世界速度プロファイル

$k$  : ゲイン値

$TTG_{Target}$  : 先行機の滑走路までの  
推定飛行時間

$\Delta$  : 滑走路で指定された  
到着時間間隔

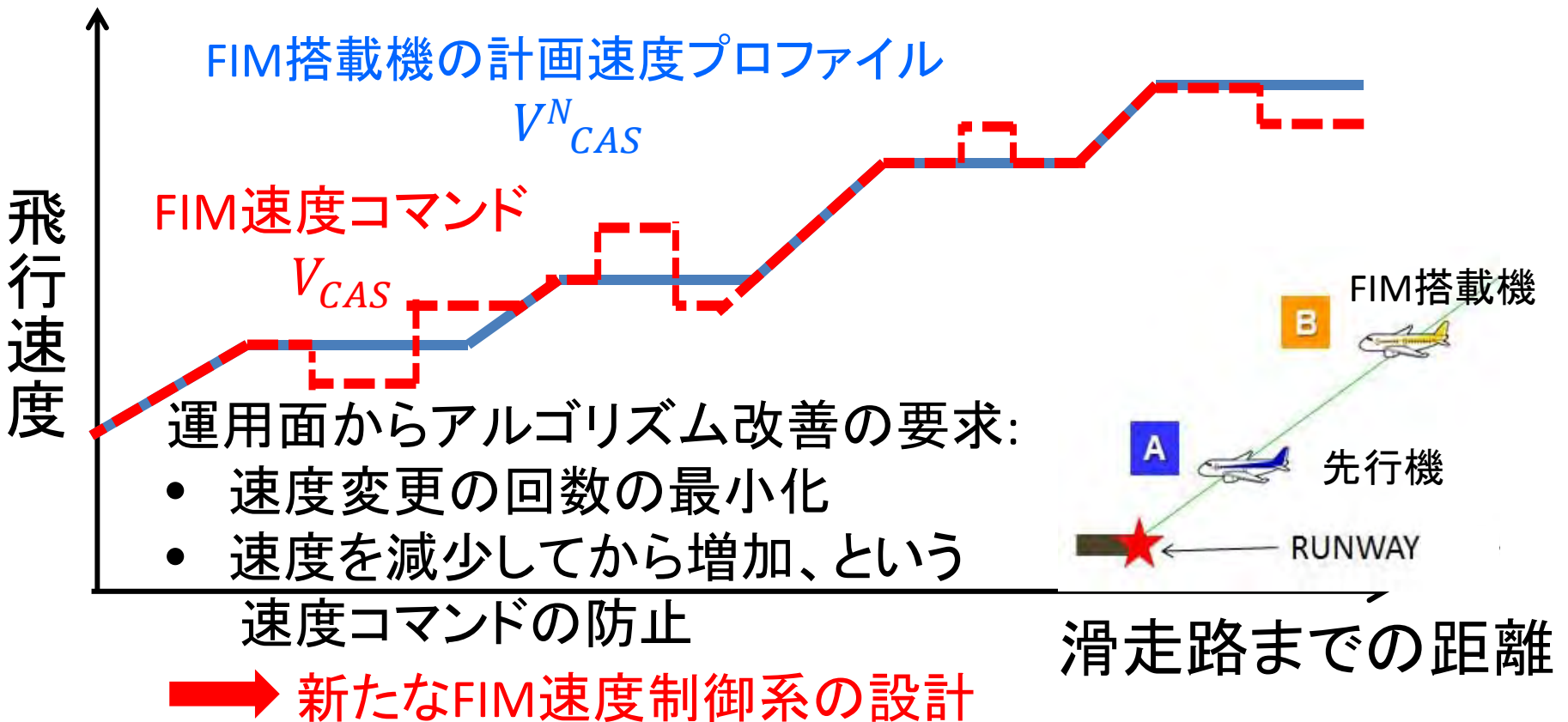
$TTG_{IM}$  : FIM機の滑走路までの  
推定飛行時間





# Time-To-Go 速度制御則(2/2)

$$V_{CAS} = V_{CAS}^N + k \{ (TTG_{Target} + \Delta) - TTG_{IM} \}$$



# 今後の課題

- 引き続き、NASA Ames研究所と連携しながら、新たなFIM速度制御系の評価を継続  
東京国際空港を対象に、
- エアラインのフライトシミュレータを利用したFIM速度制御の評価
- 地上施設に導入する到着管理システム (Arrival Manager (AMAN)) とFIMの協調に関する研究