

# A-SMGCシステム経路設定機能の開発

—推奨経路生成のための地上走行モデル化—

独立行政法人電子航法研究所  
A-SMGCSプロジェクトチーム

※山田 泉 青山 久枝 二瓶 子朗  
松久保 裕二 宮崎 裕己 古賀 禎

# 発表の構成

1. 背景と目的
2. 空港面地上走行モデルの構築法
3. 仙台空港のモデル化
4. まとめ

# 1.1 背景 航空交通増大と空港面

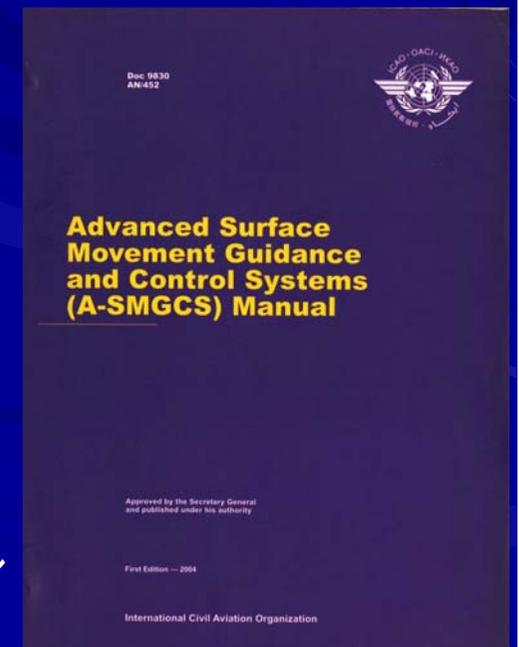
- 低視程条件での空港面運用
  - 霧でも離着陸は可能。地上走行は？
- 離着陸頻度の増大
  - 地上走行の円滑性の確保が必須
- 大規模空港特有の問題
  - 複雑な走行経路
- 飛行中の交通管理と同様、  
空港面の管制支援システムが必要



## 1.2 A-SMGCSシステム ICAOによるコンセプト

- Advanced Surface Movement Guidance and Control System: 先進型地上走行誘導管制システム
- 空港の運用が可能なあらゆる気象条件下で、必要な安全水準を維持しつつ、地上走行効率を維持するための空港面管制支援システム
- コンセプトと性能要件を提唱  
...実装方法については規定せず

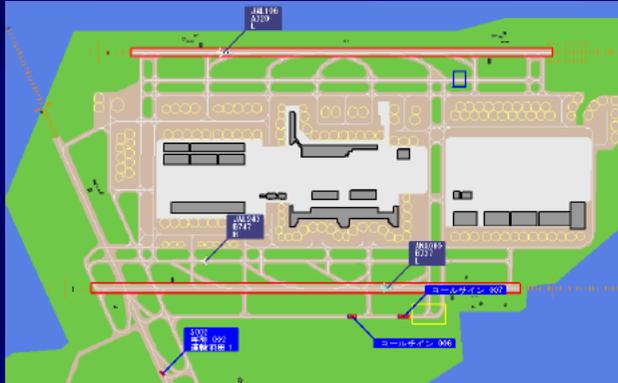
ICAO  
A-SMGCSマニュアル  
第1版:2004年



# 4つの基本機能

## ■ 監視機能

- センサ情報を用いて空港内の全移動体を自動識別表示



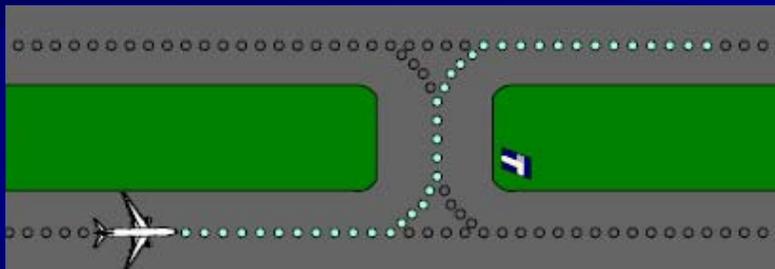
## ■ 経路設定機能

- 移動体の経路を指定可能
- 手動／自動 両方を想定



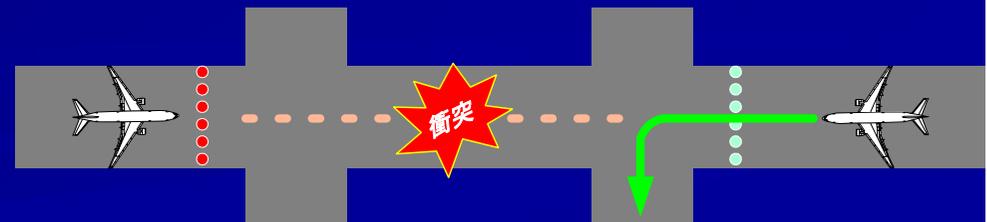
## ■ 誘導機能

- 経路指示内容を明確に表示



## ■ 管制機能

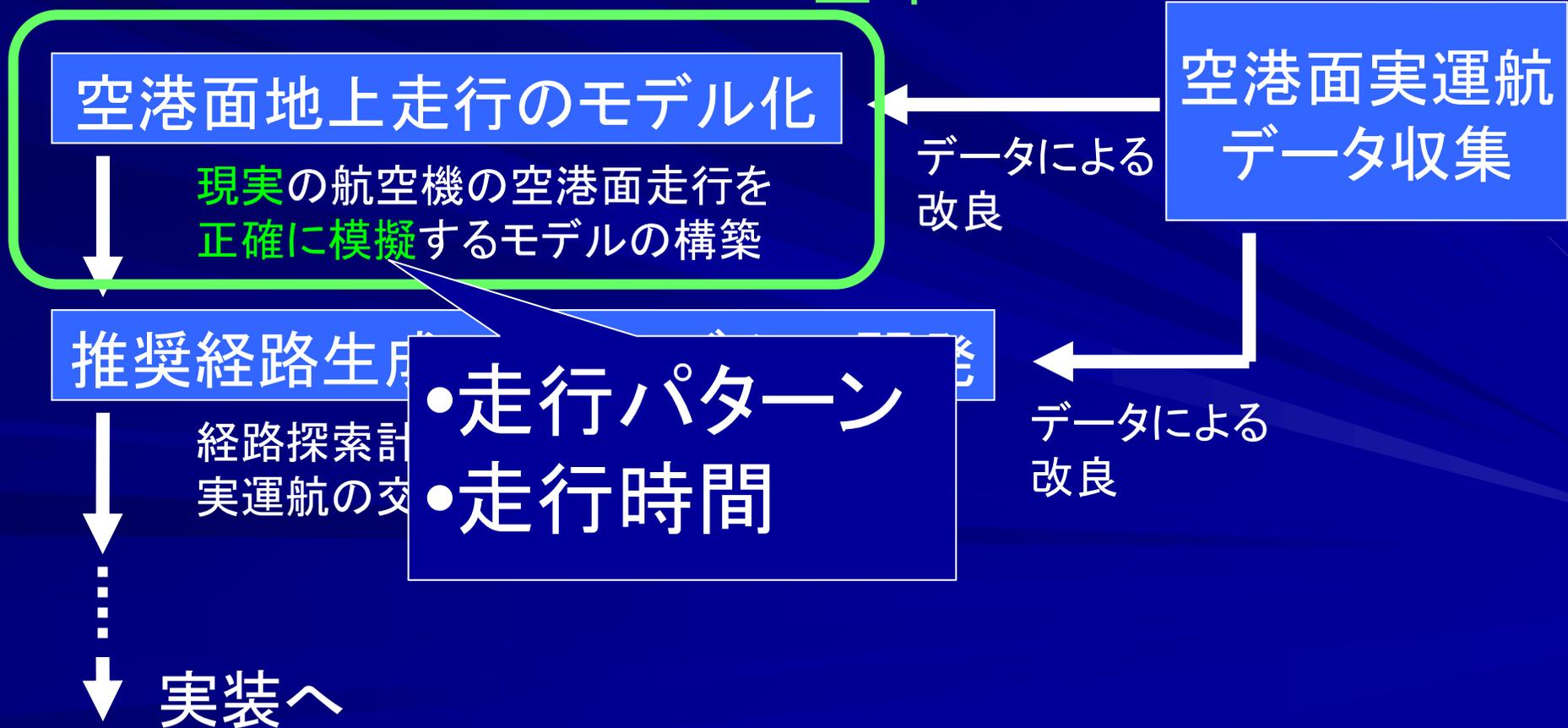
- 危険な状況を検知・予測して解決策を提供



# 1.3 推奨経路生成機能の開発

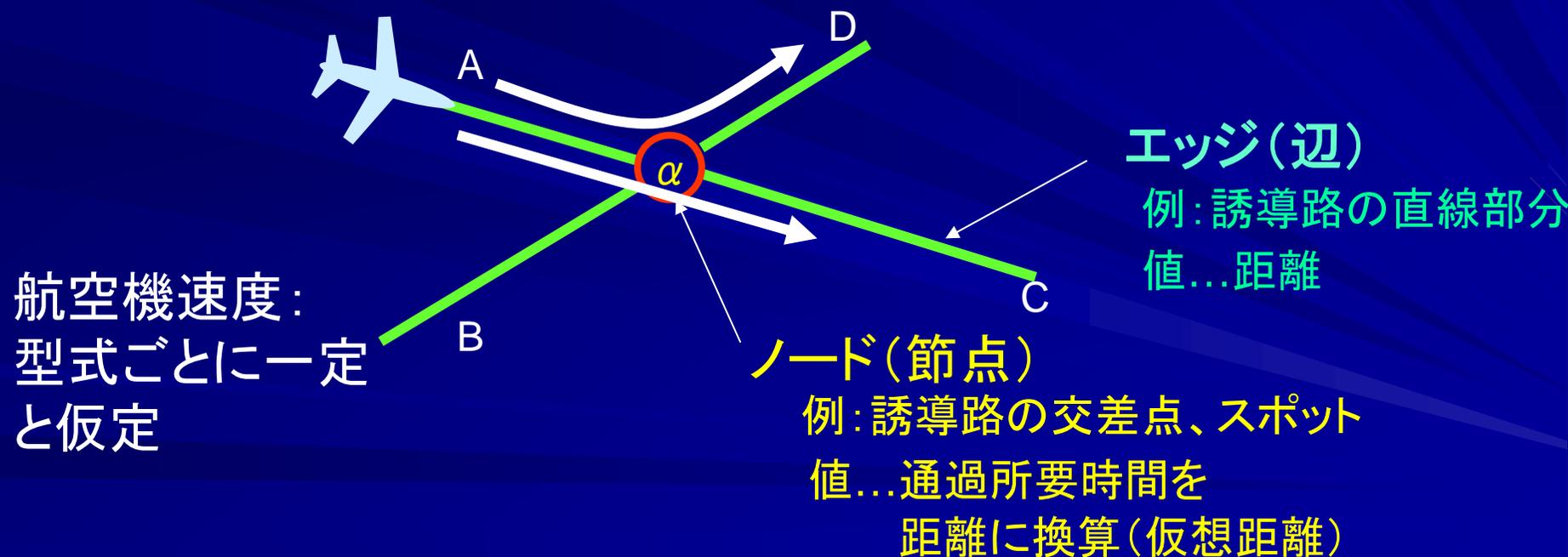
- 経路設定の自動化: 計算機による推奨経路生成
- 開発のスキーム

基本

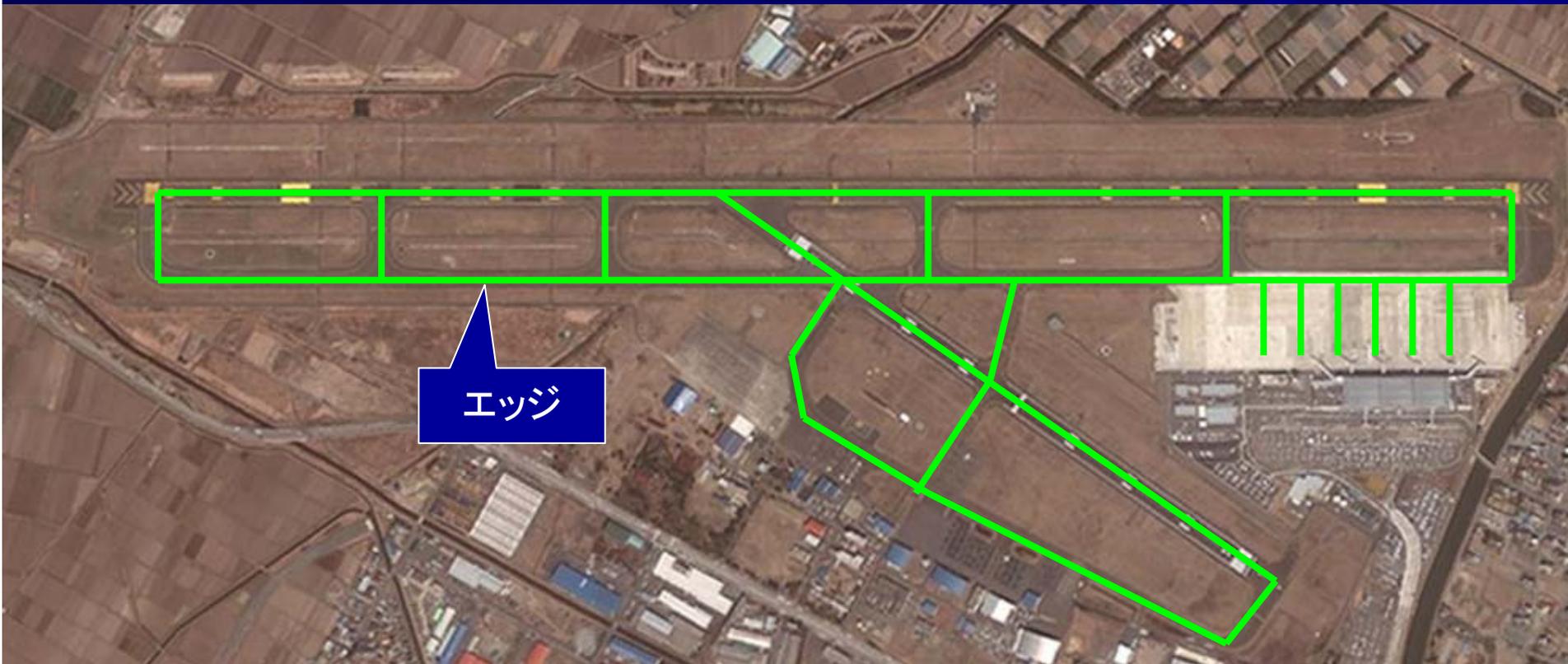


## 2.1 空港面地上走行のモデル化

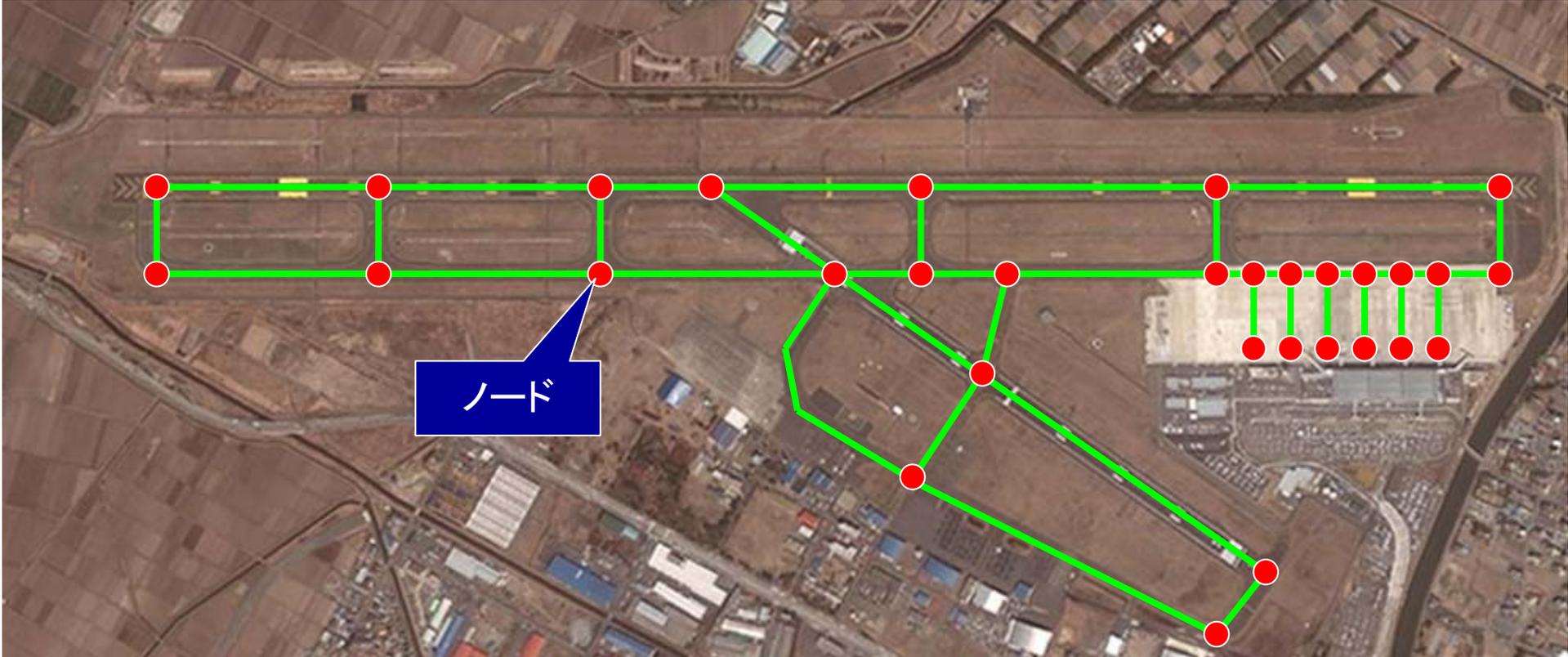
- 経路探索アルゴリズム: 最短経路探索を基本に  
⇒ Dijkstra法を使用
- エッジ(辺)とノード(節点)により移動区域をモデル化



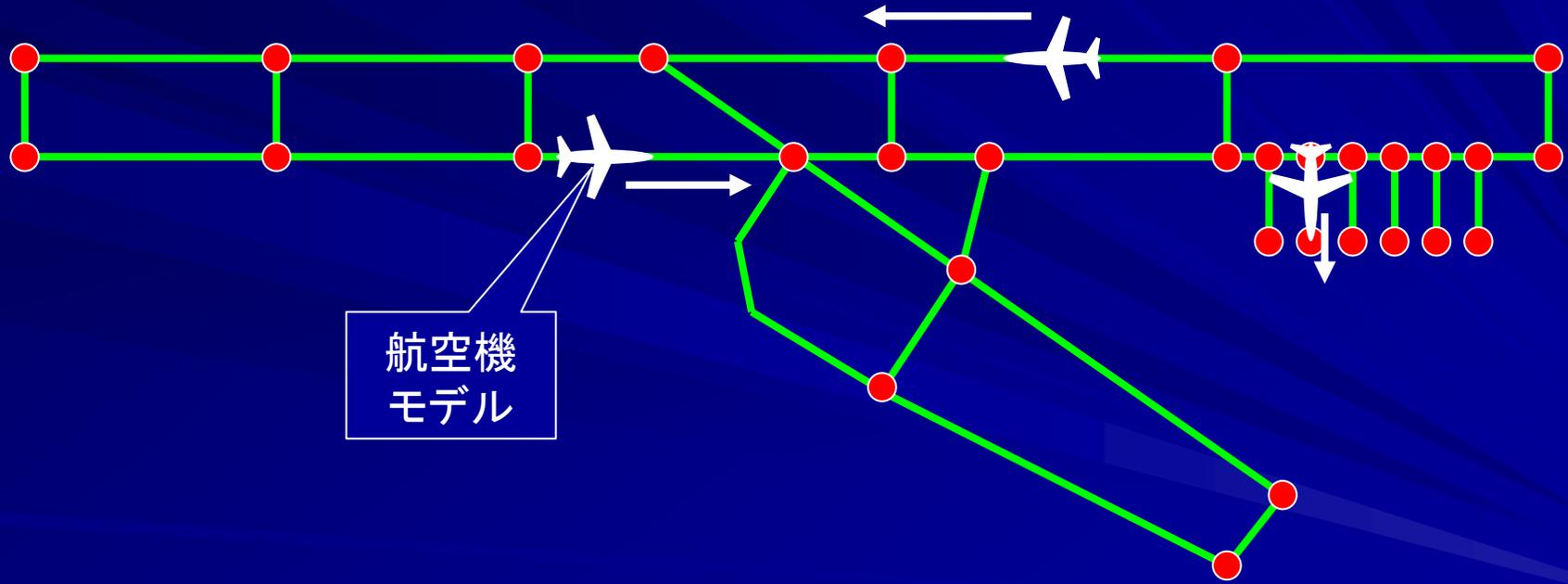
- 距離と航空機速度により地上走行を模擬



空港面で経路として用いられる箇所に対応してエッジを定義



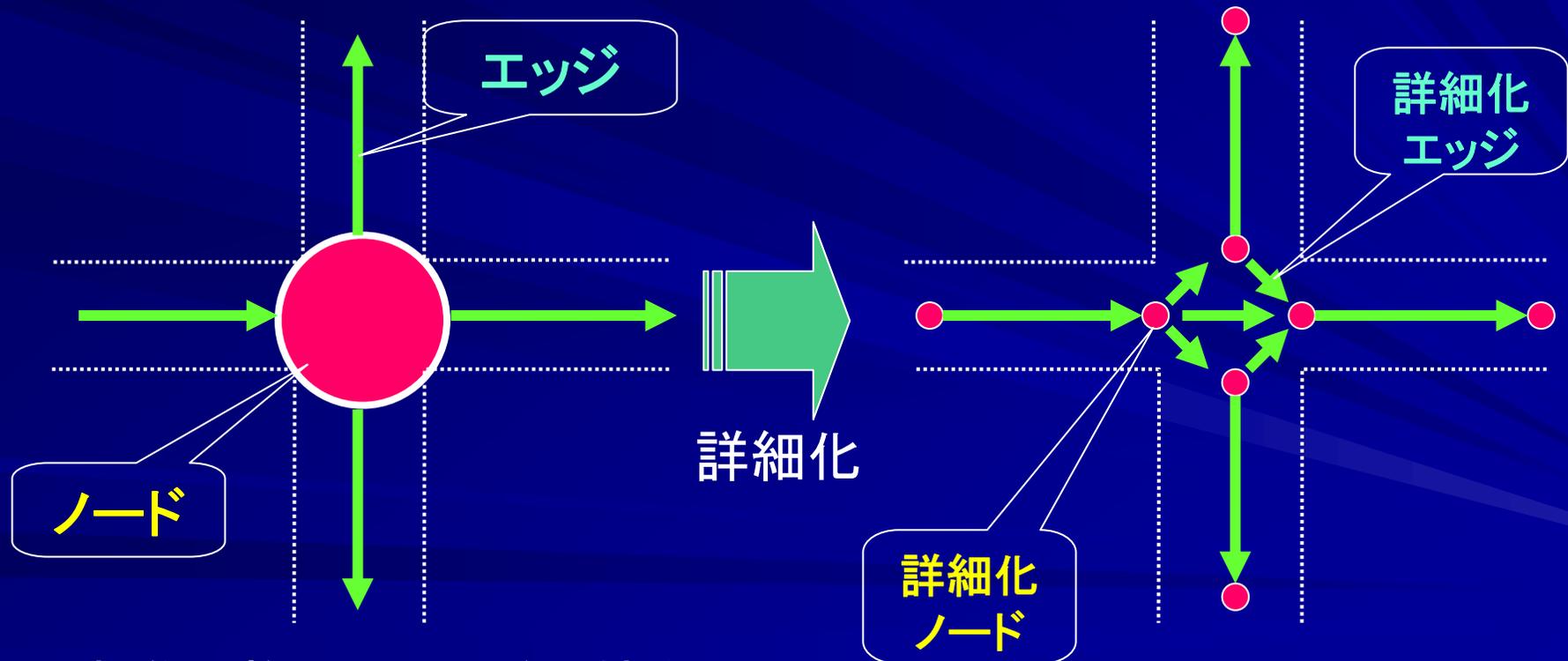
エッジの交点、端点にノードを配置



航空機モデルのノード間移動として空港面地上走行をモデル化

## 2.2 交差点の詳細化

- 交差点での直進／旋回の速度の違いを反映

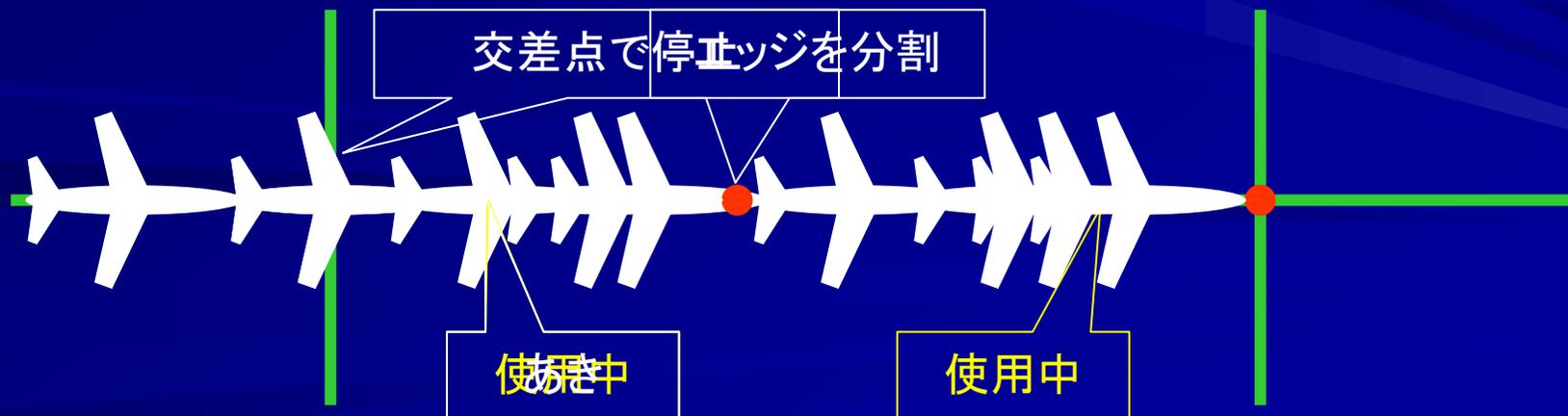


直進／旋回でノードの値を  
変化させる必要

直進／旋回を別経路に

## 2.3 閉塞制御 複数機環境のシミュレーション

- 一時停止による追突防止等の再現
  - より現実に近いシミュレーションのため
- 元となるアイデア... 鉄道の信号機制御
  - 他機が通過中のエッジは通過禁止 (区間閉塞)
  - 通過禁止エッジに入らず一時停止



## 2.4 エッジのグループ化

- エプロン周囲での正面衝突の防止
- 交差点での合流の再現



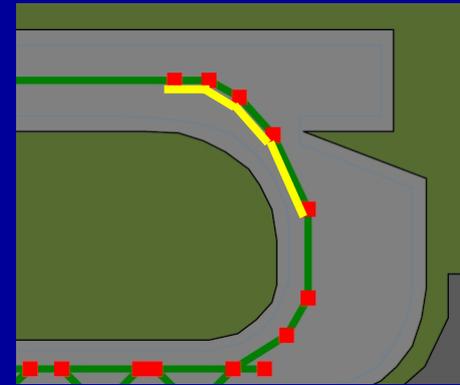
- 複数のエッジを一個の閉塞区間とする

# 3.1 仙台空港: マップ

## ■ エッジとノードの設定

- 滑走路手前、エプロン周辺

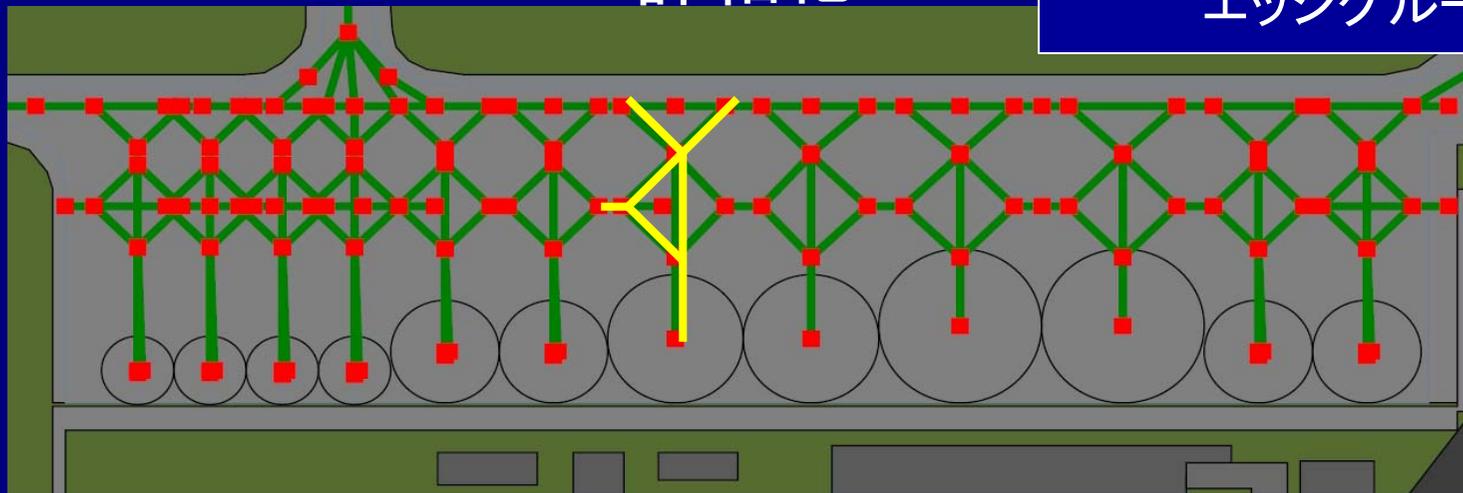
### 区間分割



滑走路手前

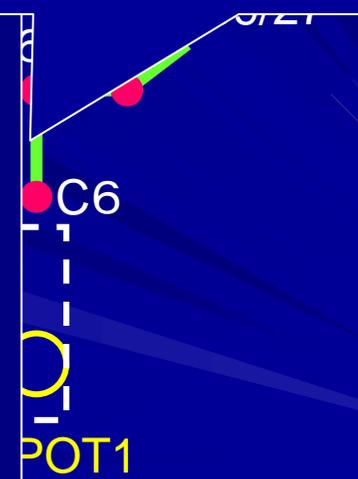
停止線にノードを配置  
エッジグループの設定

### 詳細化



エプロン周辺

プッシュバック経路の設定  
エッジグループの設定



## 3.2 仙台空港：運航状況調査

- 2005年10月実施 2日間(滑走路27運用)
- 旅客機の運航を目視で観測
- 出発機：72機 到着機：60機



## 3.3 地上走行シミュレーションによる検証

### ■ シナリオの設定

- 航空機モデルの発生位置、発生時刻を定義
- 走行経路は実運航と同一

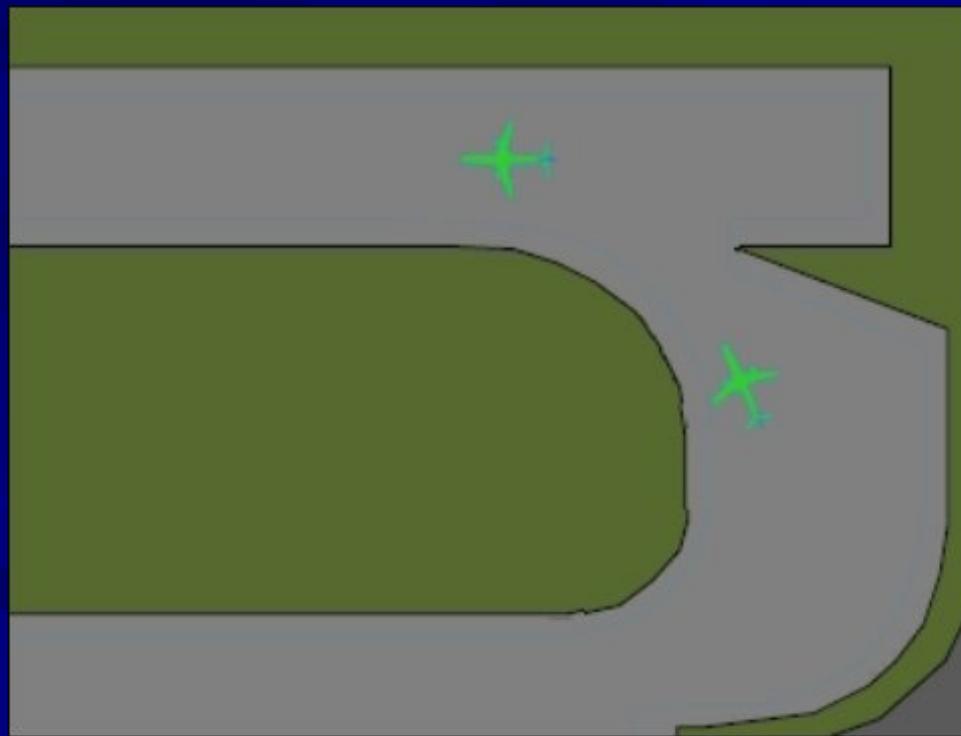
### ■ 検証内容

- 走行パターンの再現性：待機状況の再現
- 走行時間の再現性

## 3.4 走行パターンの再現性

### ■ 待機状況の再現性

－ 実運航における待機が再現された



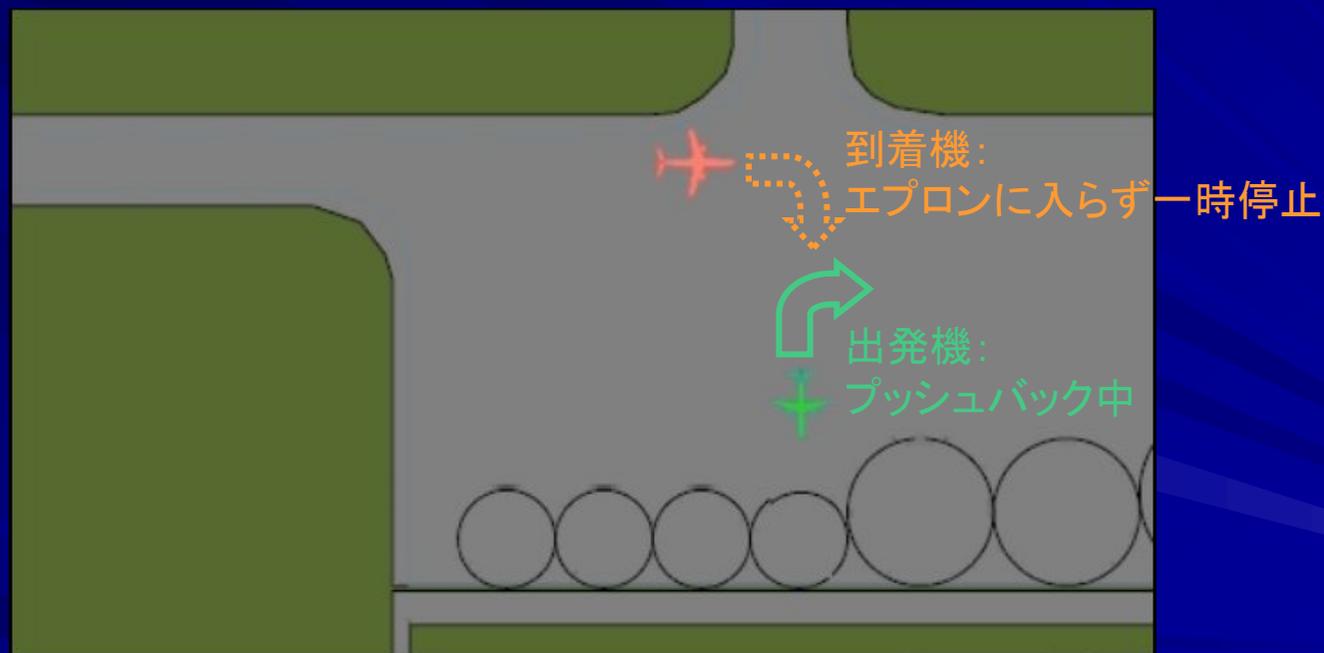
先行出発機が  
滑走を開始するまで  
停止線位置で  
一時停止

出発機：滑走路入り口待機

# 走行パターンの再現性

## ■ 待機状況の再現性

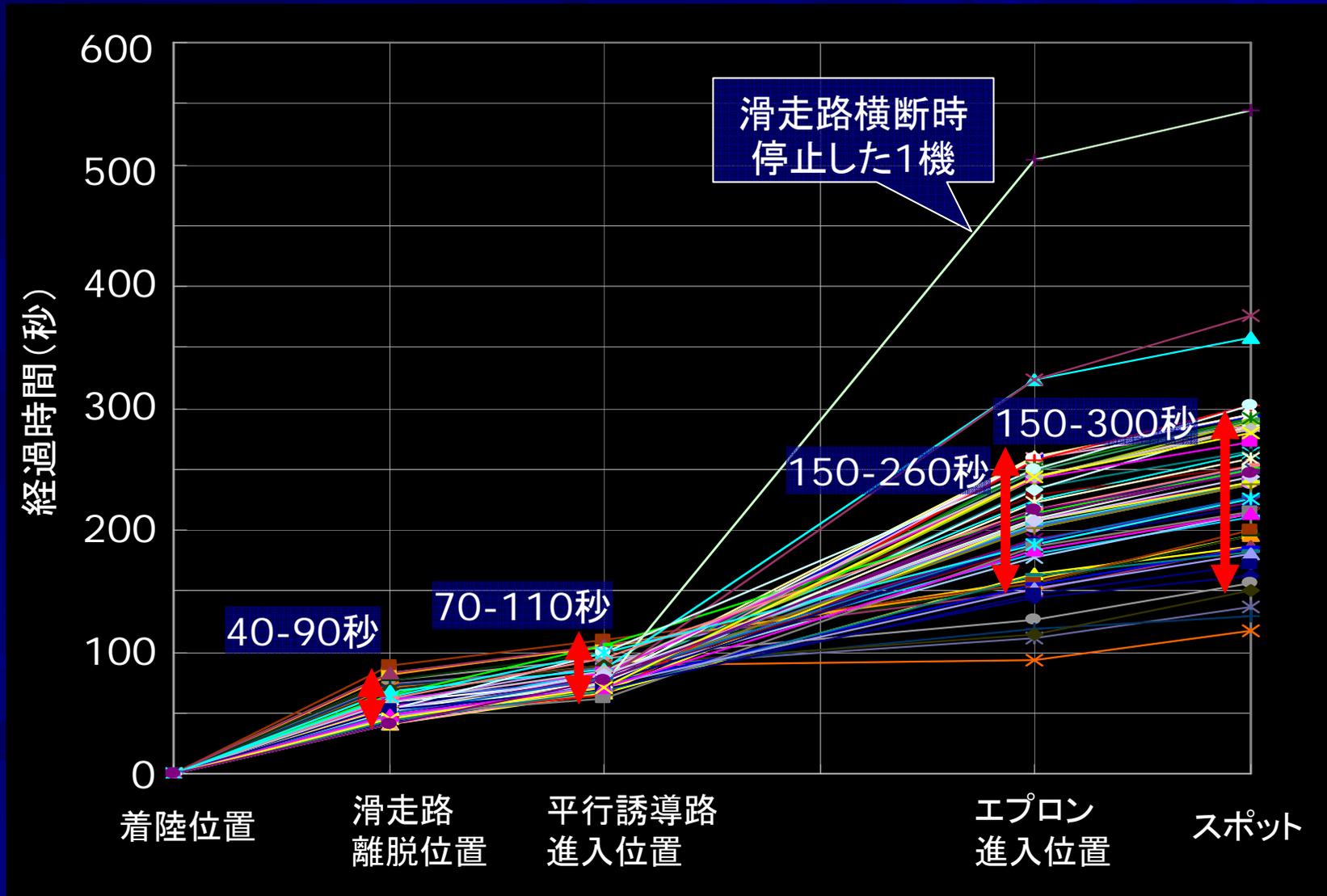
－ 実運航における待機が再現された



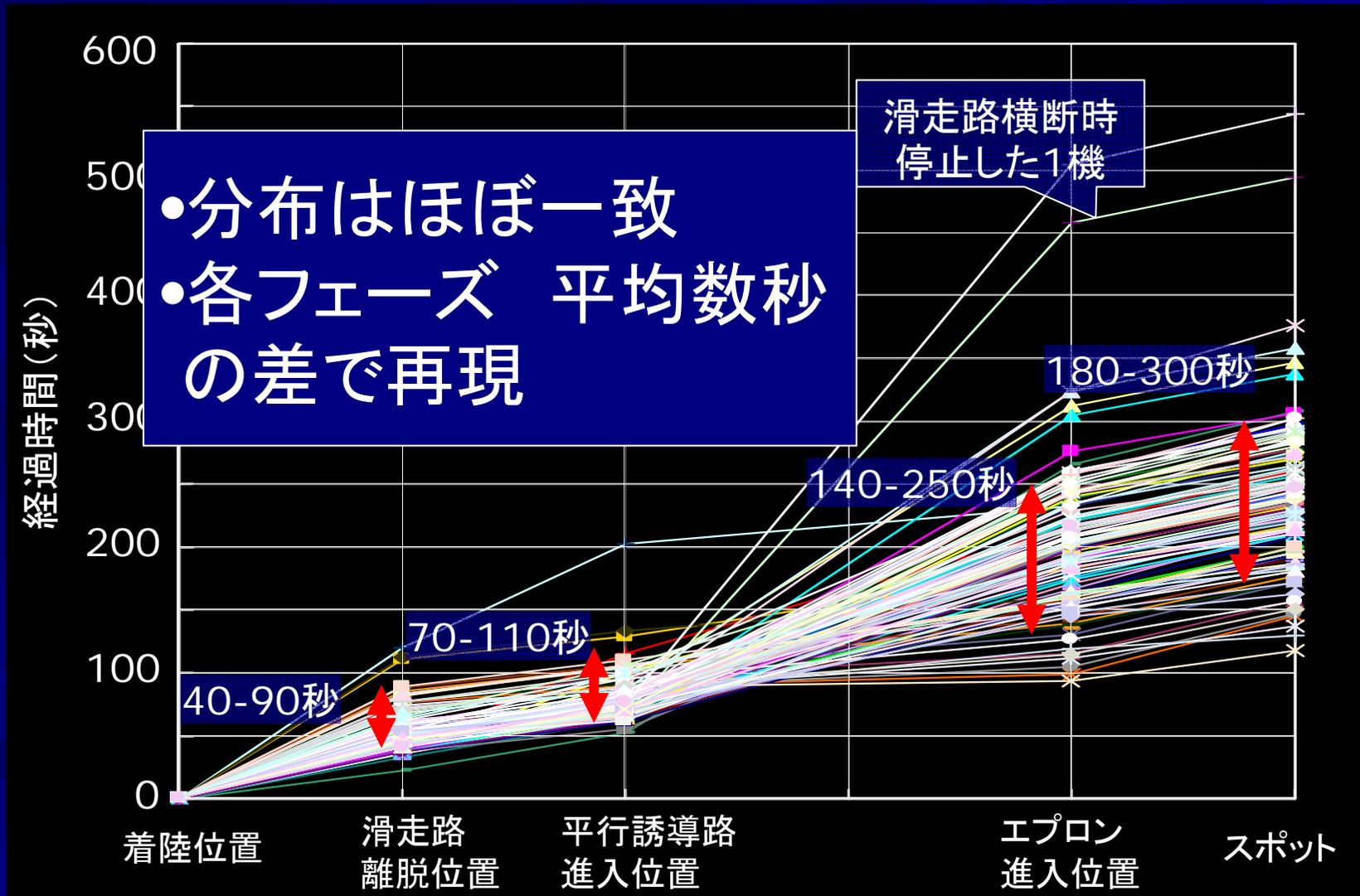
到着機: エプロン手前待機

⇒ 閉塞制御、エッジのグループ化の効果

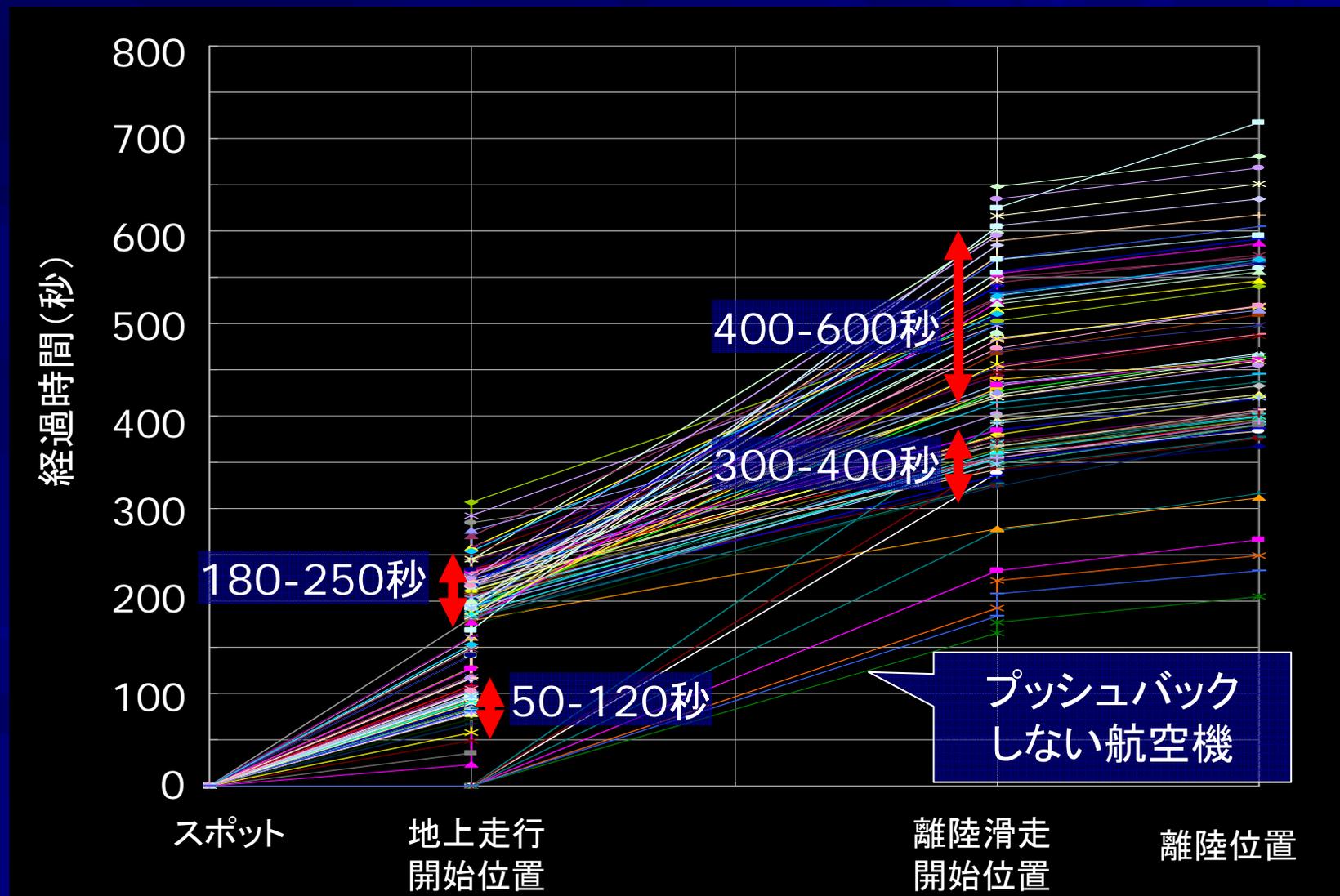
# 3.5 走行時間の再現性：到着機実運航



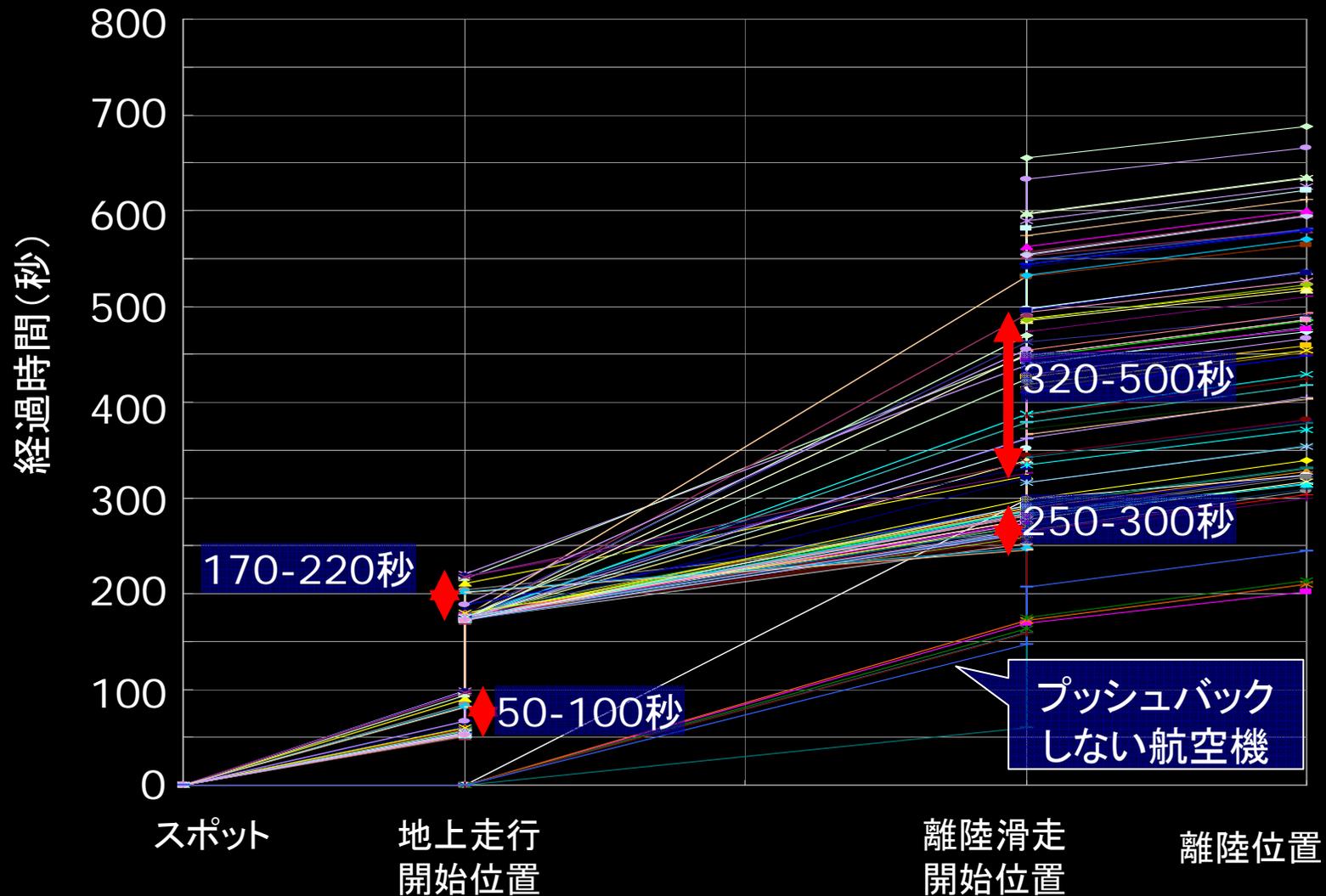
# 走行時間の再現性：到着機シミュレーション



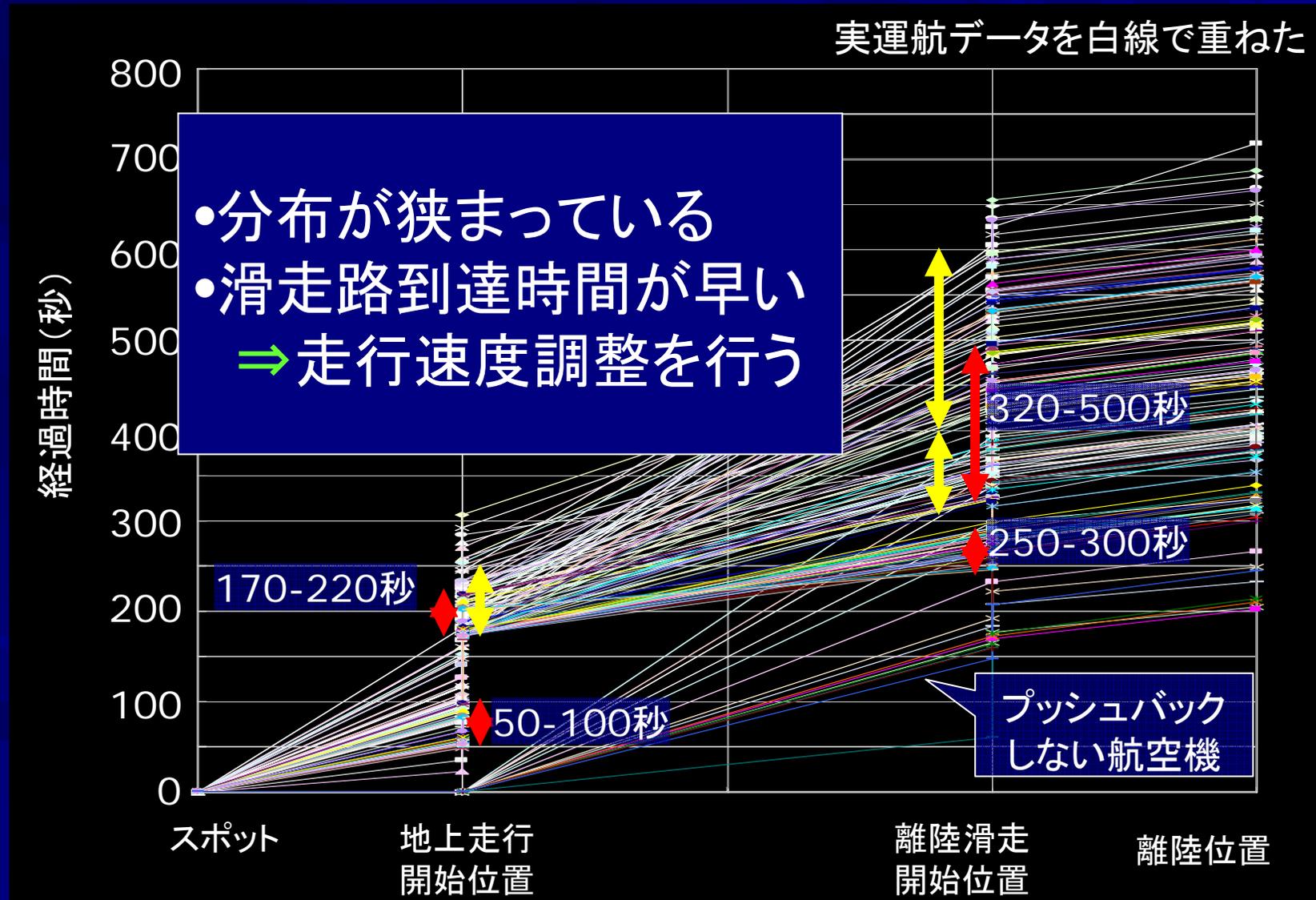
# 走行時間の再現性：出発機実運航



# 走行時間の再現性：出発機シミュレーション



# 走行時間の再現性：出発機シミュレーション



# 速度調整

- 調査時、滑走路27を使用
- エプロンと滑走路27入り口が近い
  - 到着機と同じ地上走行速度まで加速しない
- 出発機のみ、地上走行速度を調整
  - 型式別に調整
  - 「先行機なし」の実運航平均値に合わせる
- プッシュバック速度も型式別に調整

# 速度調整

- 調査時、滑走路27を使用
- エプロンと滑走路27入り口が近い

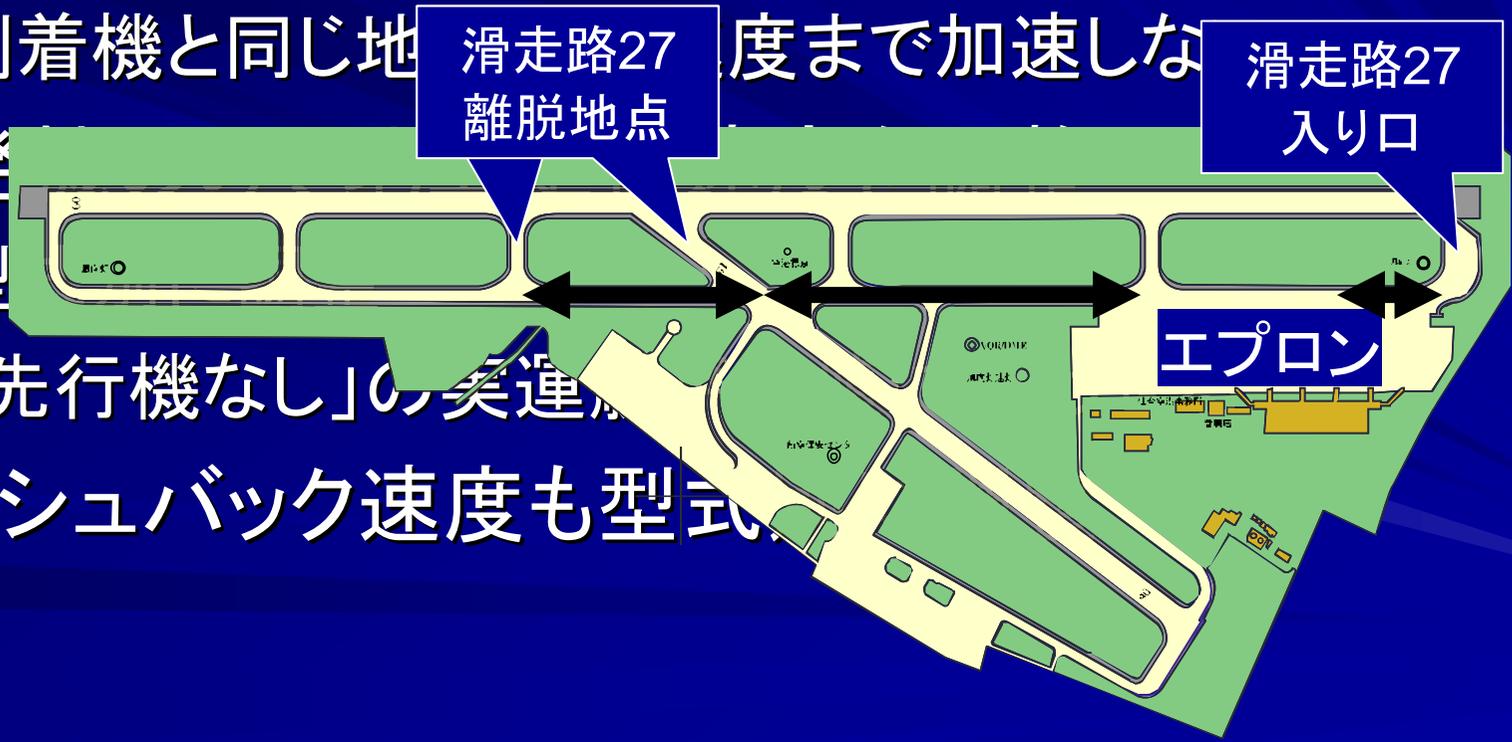
ー 到着機と同じ地滑走路27 度まで加速しな

- 出発

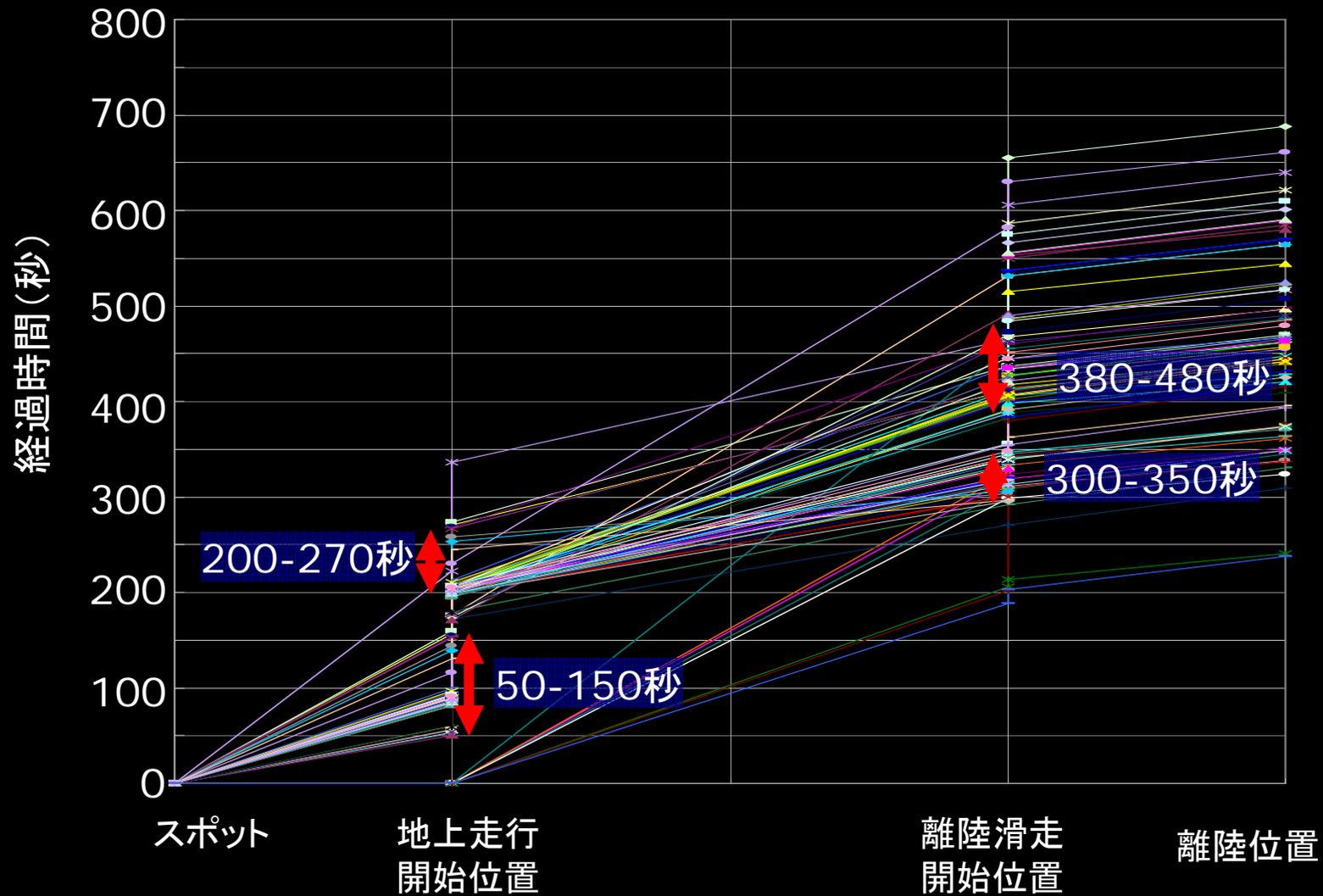
ー 型

ー 「先行機なし」の美運

- プッシュバック速度も型式

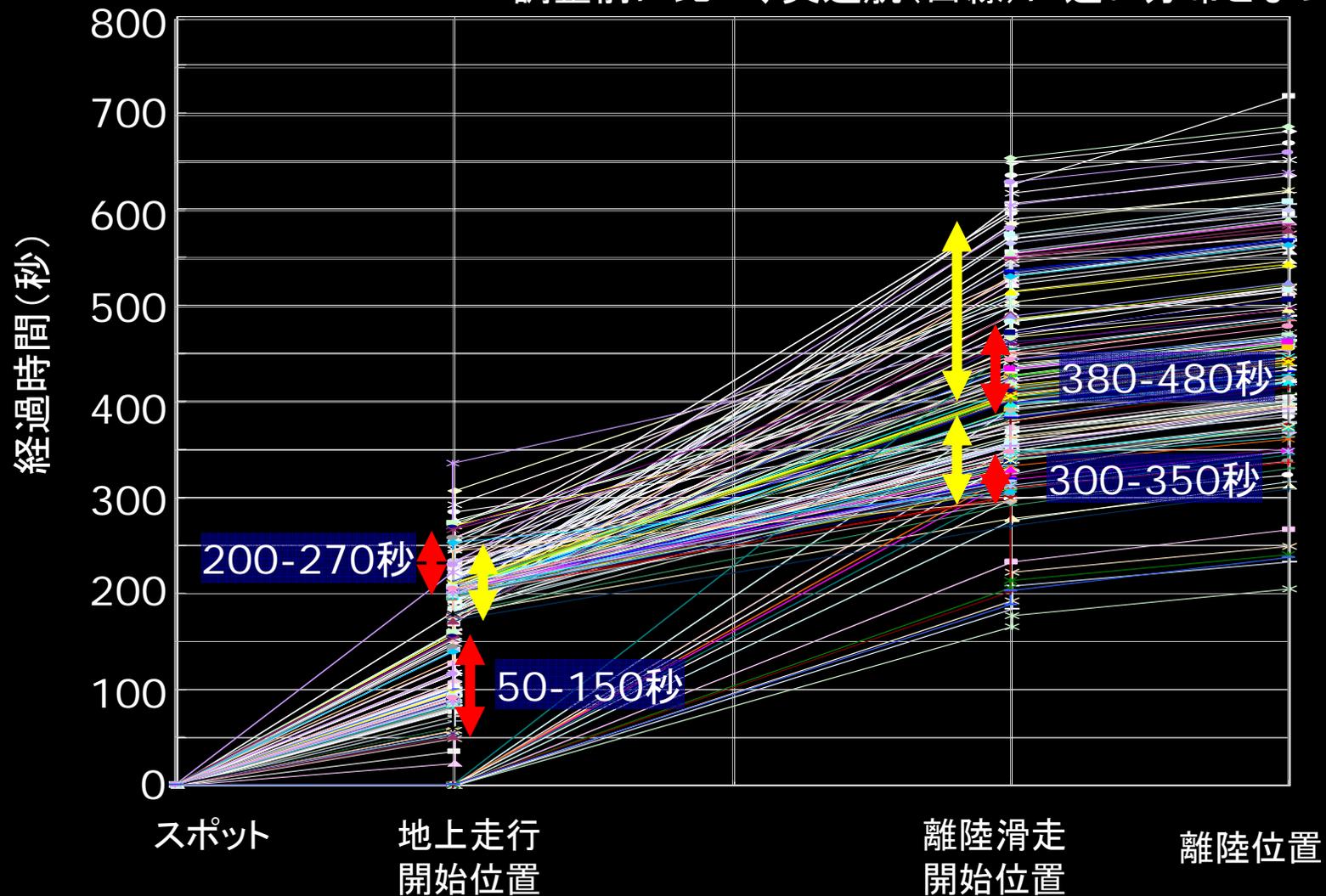


# 速度調整の結果



# 速度調整の結果

調整前に比べ、実運航(白線)に近い分布となった



# 速度調整の結果

- 誘導路走行時間(一時停止時間を除く正味の走行時間)の比較

先行機の位置	一時停止	実運航 平均値	実運航との差		機数
			平均	標準偏差	
誘導路上	有り	204.0	-49.3	76.6	10
	無し	181.9	-3.3	45.8	9
滑走路 又は進入中	有り	188.8	-57.6	49.3	20
	無し	172.1	-23.4	39.8	16
先行機なし		167.4	-0.1	42.4	17

単位:秒

- 一時停止のある状況に課題
  - 走行再開時の緩やかな加速を再現する必要性

## 3.6 考察：走行時間の再現性

- 停止を伴わない状況では、良好な再現性
- 空港形状による地上走行速度の違いに注目する必要性
  - 仙台空港の滑走路27運用の場合...  
出発機：短距離走行、到着機：長距離走行
- 一時停止後の速度プロファイルに注目する必要性
  - 走行再開時の加速度
  - 待機状況解除後の停止継続時間

## 4. まとめ

### ■ 地上走行のモデル化手法

- 移動区域のモデル化: エッジとノード
- 航空機のモデル化: 速度
- 複数機のシミュレーション: 閉塞制御

### ■ 仙台空港のモデル化

- 走行パターンの再現性: 良好
- 走行時間の再現性
  - 空港レイアウトに起因する速度の違いを考慮した
  - 停止を伴う状況の課題: 発進時加速度を導入する必要

# 謝辞

- 運航状況調査にご協力いただいた  
東京航空局仙台空港事務所  
東京航空局東京空港事務所  
電子航法研究所岩沼分室  
の関係各位に深く感謝いたします。