

# 高速シミュレーションによる 到着機処理の比較

航空交通管理領域



蔭山 康太

秋永 和夫

宮津 義廣

# 内容

我が国のATMの重要課題

## 到着機処理のシミュレーション・モデル

- 背景
- モデル構築の手順
- 妥当性の検証結果
  - 運航実績との比較
- 適用例
  - 運用方式：ポイント・マージの推定

# 背景

# ATM性能向上の施策

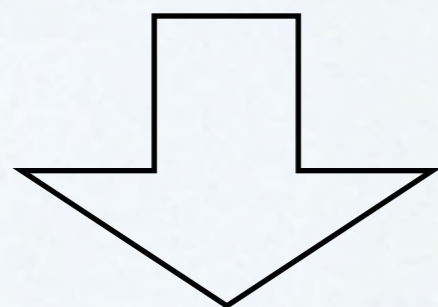


国土交通省航空局：長期ビジョン



性能向上のロードマップ

## 55種類の施策



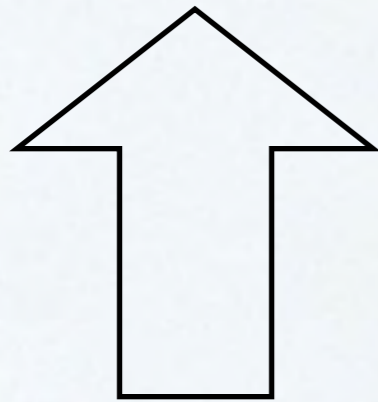
効果的な導入：事前推定が重要

導入による便益・運用への影響

# 事前推定の手法

迅速な推定が可能：有用

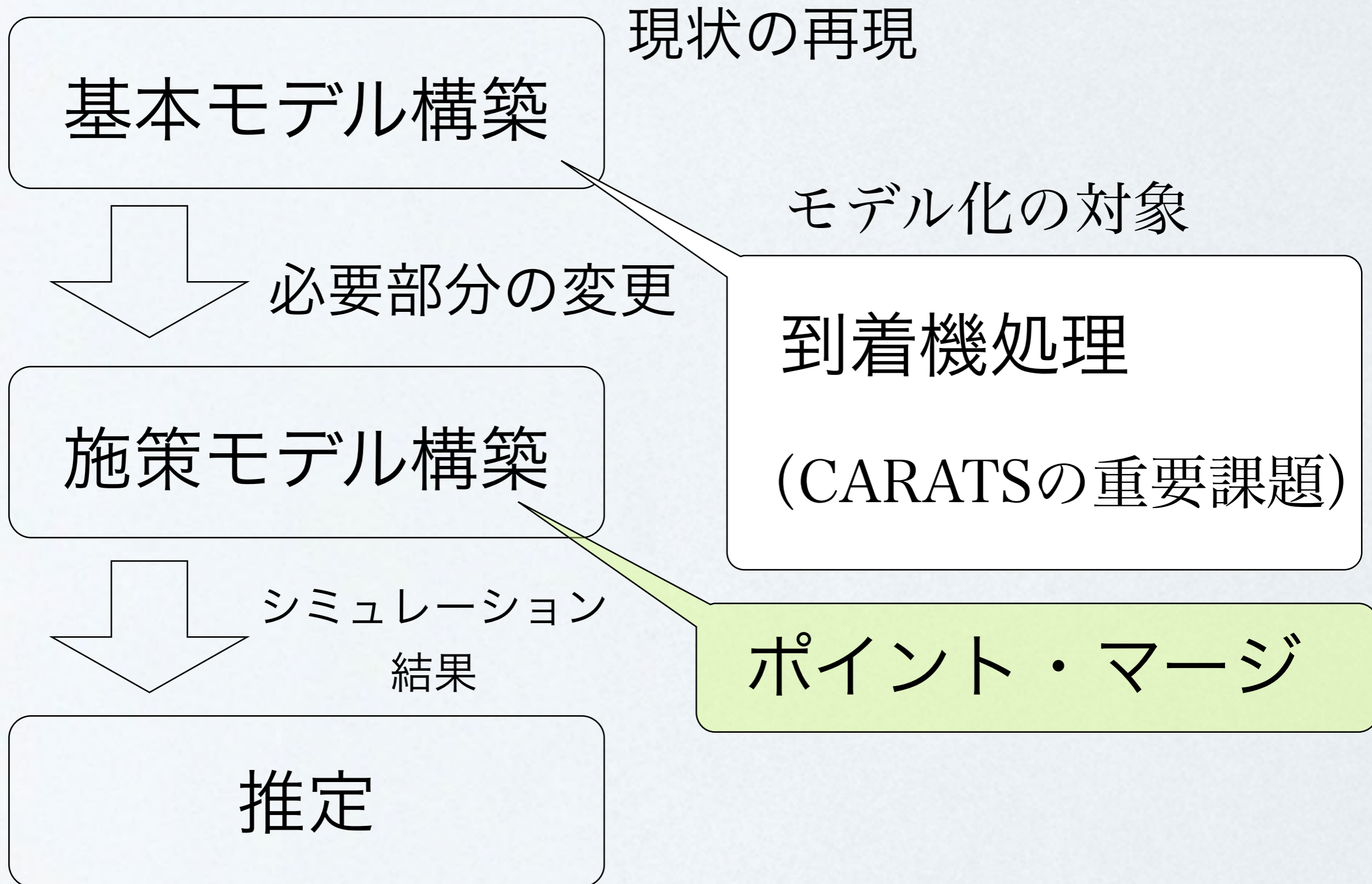
(高速)シミュレーション



信頼性の高い推定

妥当性（実運航の再現性）の高いモデル

# シミュレーションの推定手順



# 基本モデル構築の手順

# 基本モデル

対象：羽田空港の到着機処理

西方向（到着機の70%以上が使用）

北方向：別滑走路→独立した運用

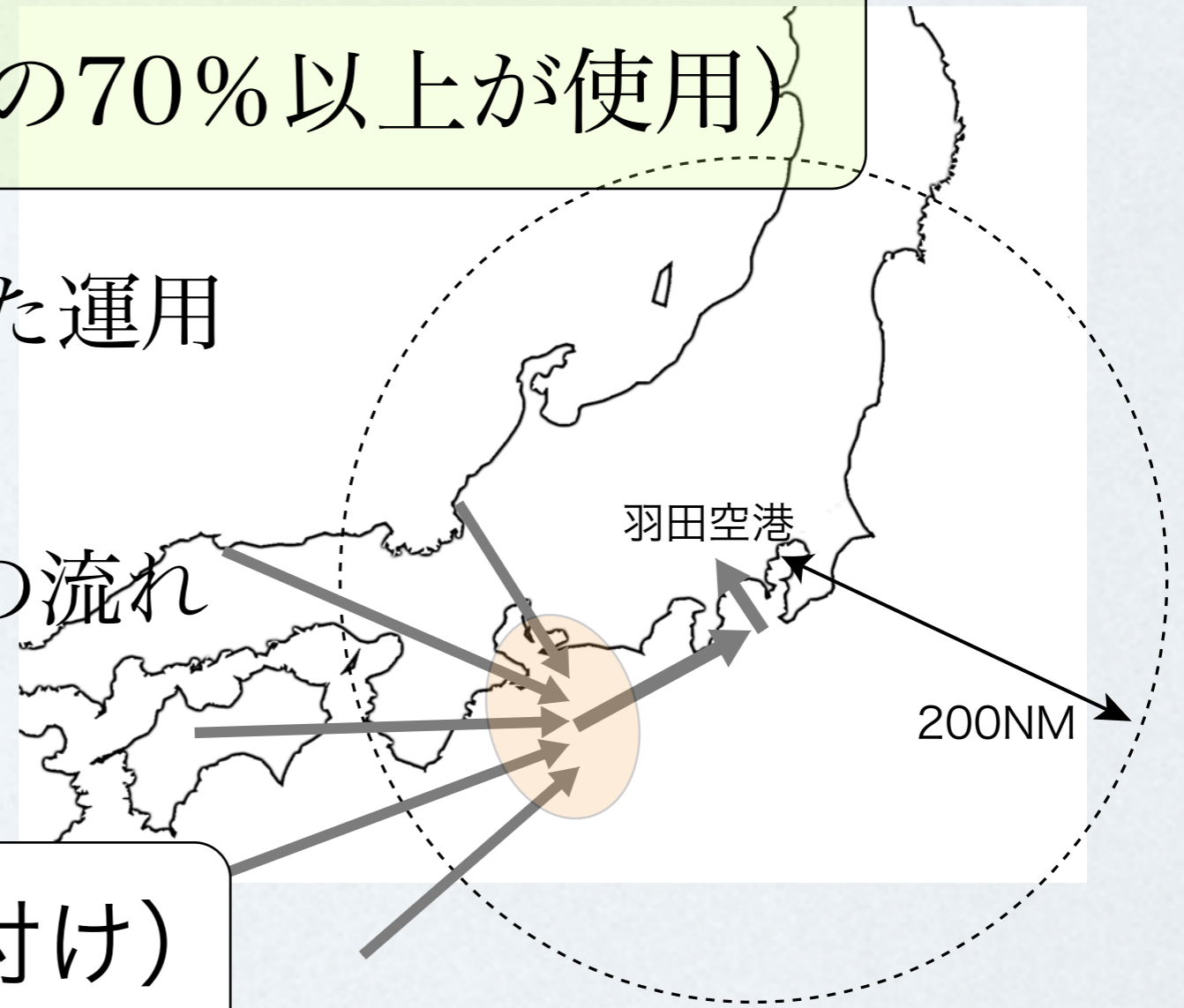
到着機処理

- 合流（順序・間隔付け）
- 高度処理（降下）

複数の流れ

羽田空港

200NM

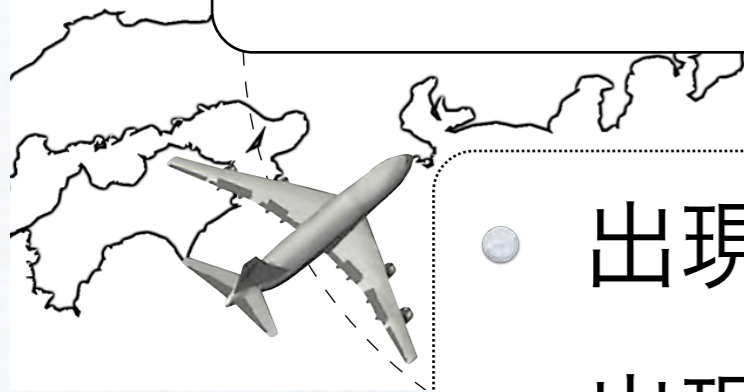




# 交通流シナリオ

- 各到着機の情報定義
  - 範囲：羽田空港から半径200NM

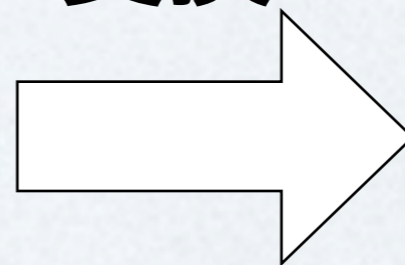
## レーダ・データ



到着機毎

- 出現時刻
- 出現時の高度
- 航空機型式
- 予定飛行経路

変換



## シナリオ

1日間分のデータ→1シナリオ

- 延べ18シナリオの作成

# その他のデータ

運用ルール：レーダ・データの解析に基づく

- レーダ誘導可能な範囲
- 最終進入経路上の間隔の最短値

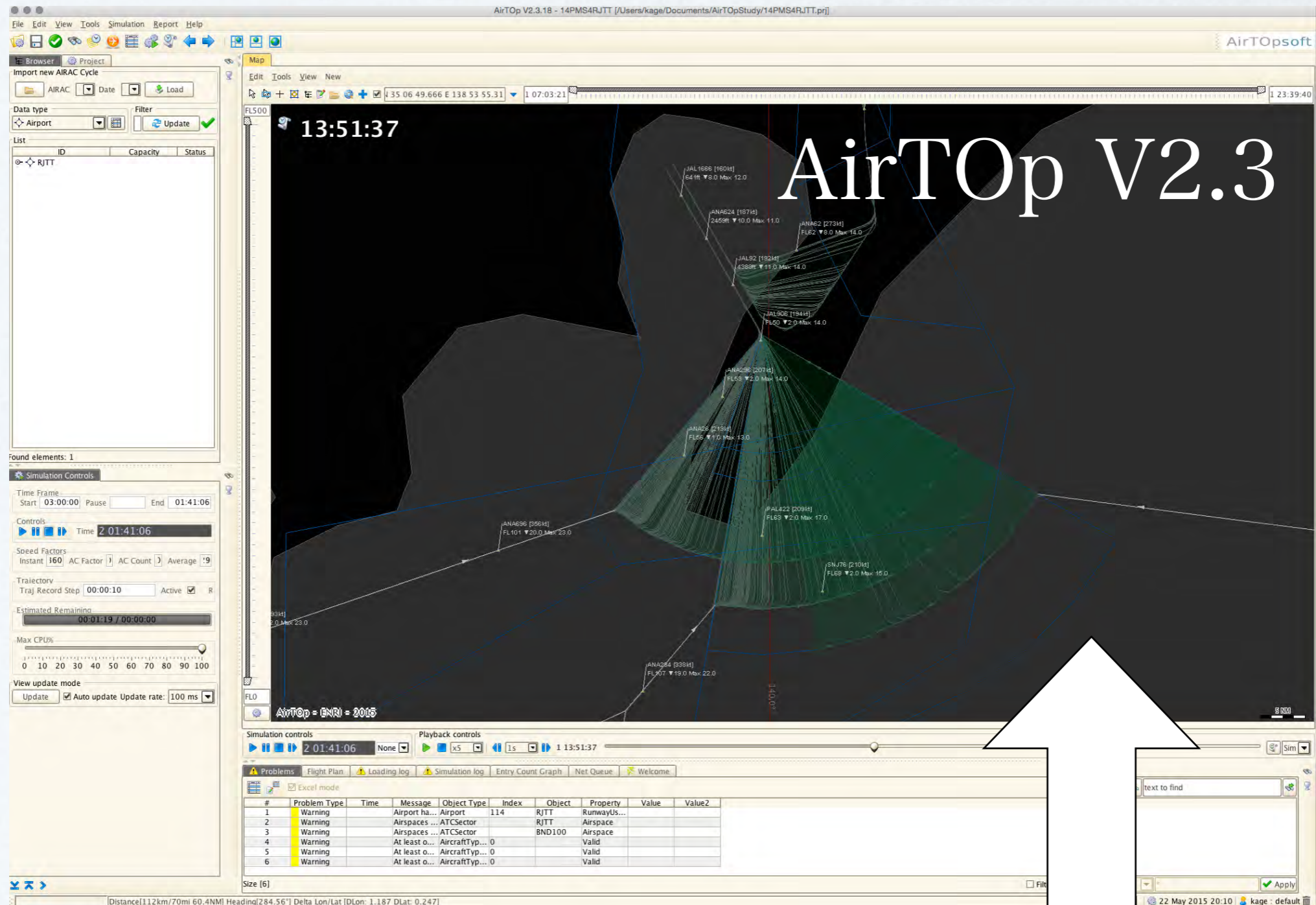
航空機特性データ：BADA（ユーロコントロール）

- 降下率
- 飛行速度

風向・風速：高層風データ

- 高度帯・メッシュ（緯度経度）毎

# ソフトウェア



- ベルギー国AirTop SA社の製品
- 到着機処理の詳細なモデル化

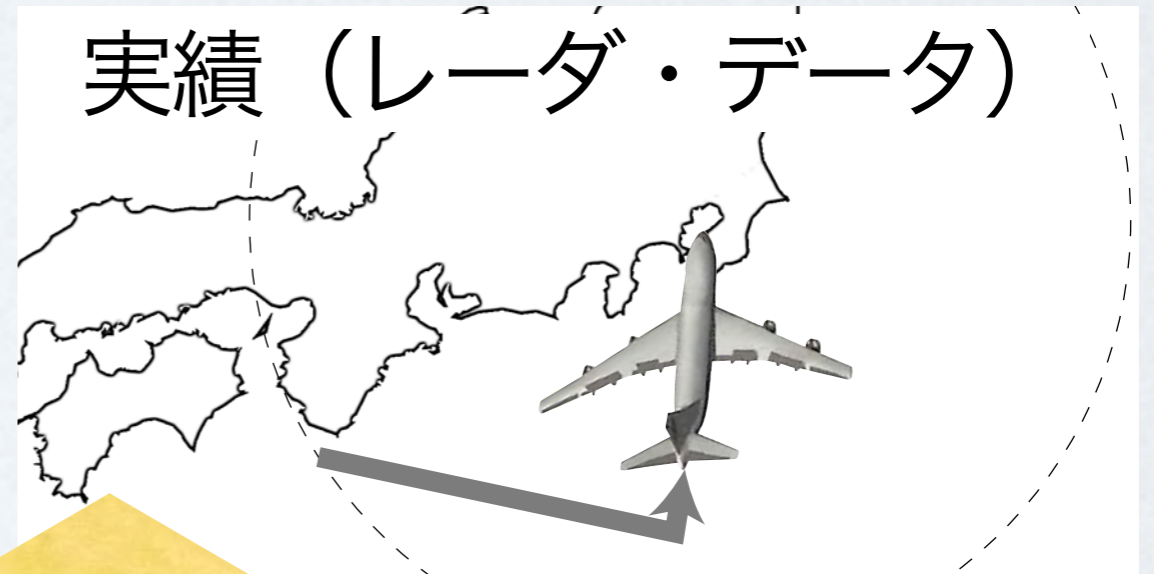
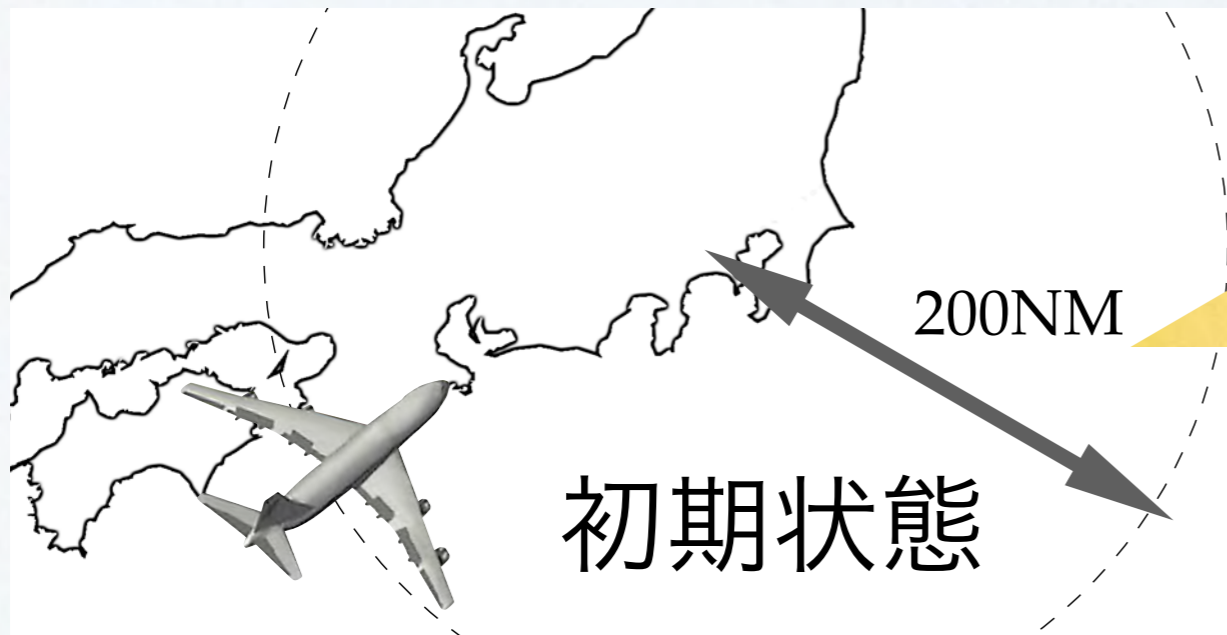
設定データ

# 妥当性の検証

# 検証の手順

レーダ・データ

実績 (レーダ・データ)

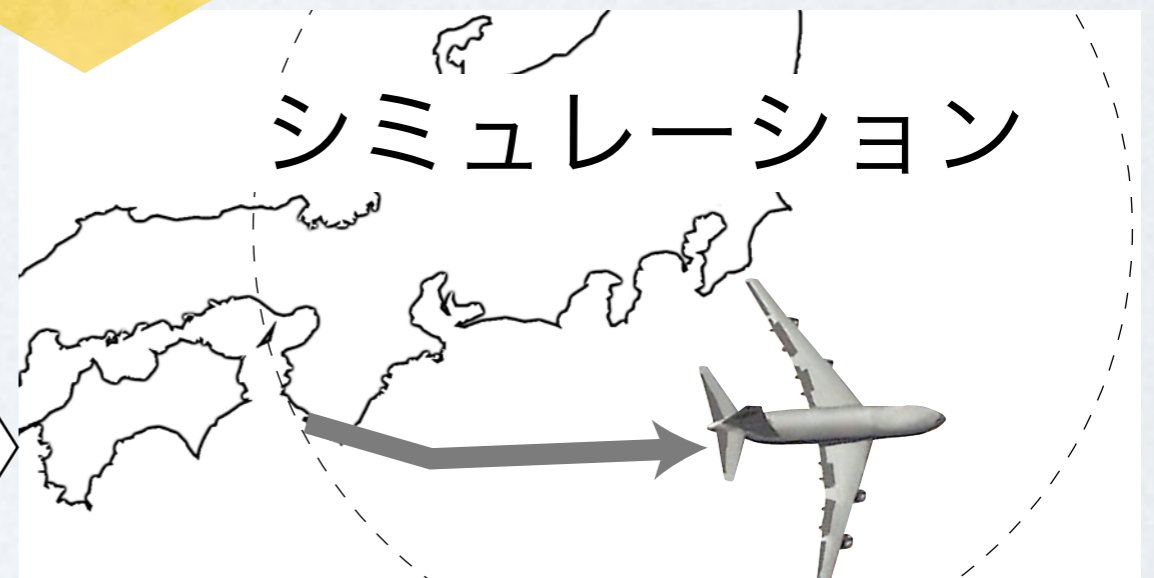


航跡の比較  
(妥当性の検証)

変換

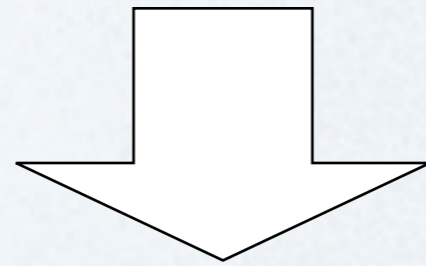
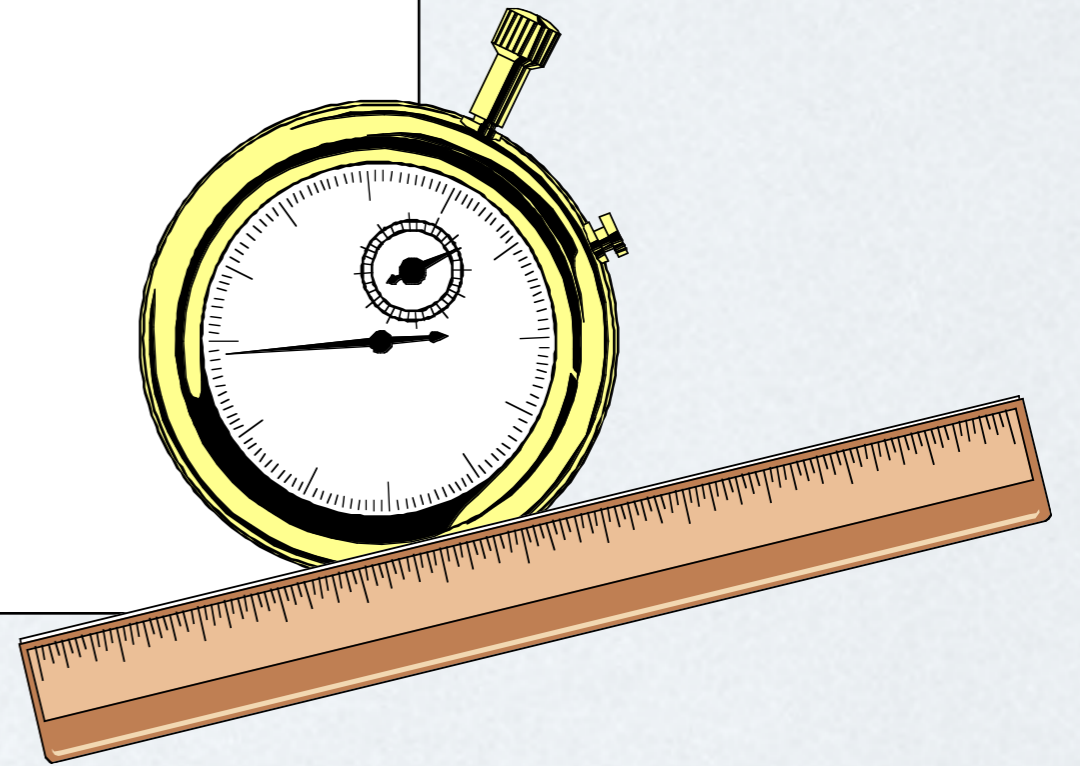
シナリオ

- 運用ルール
- 特性データ



# 比較の指標

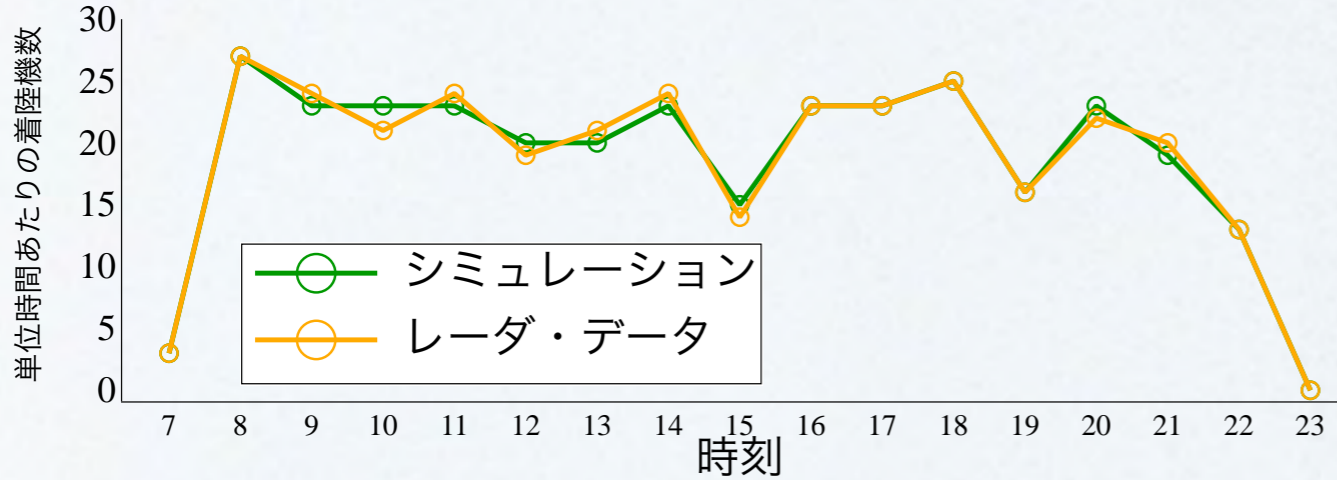
- 単位時間あたりの着陸機数
- 飛行時間
- 飛行距離
- 降下プロファイル



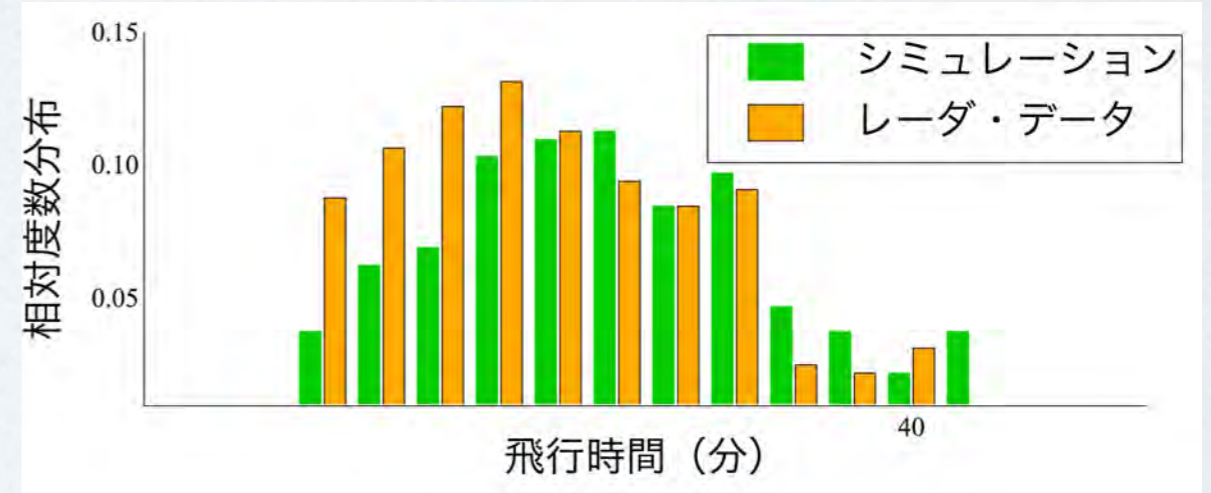
各シナリオ上で比較：妥当性を検証

# 比較結果の例

## ● 単位時間あたりの着陸機数

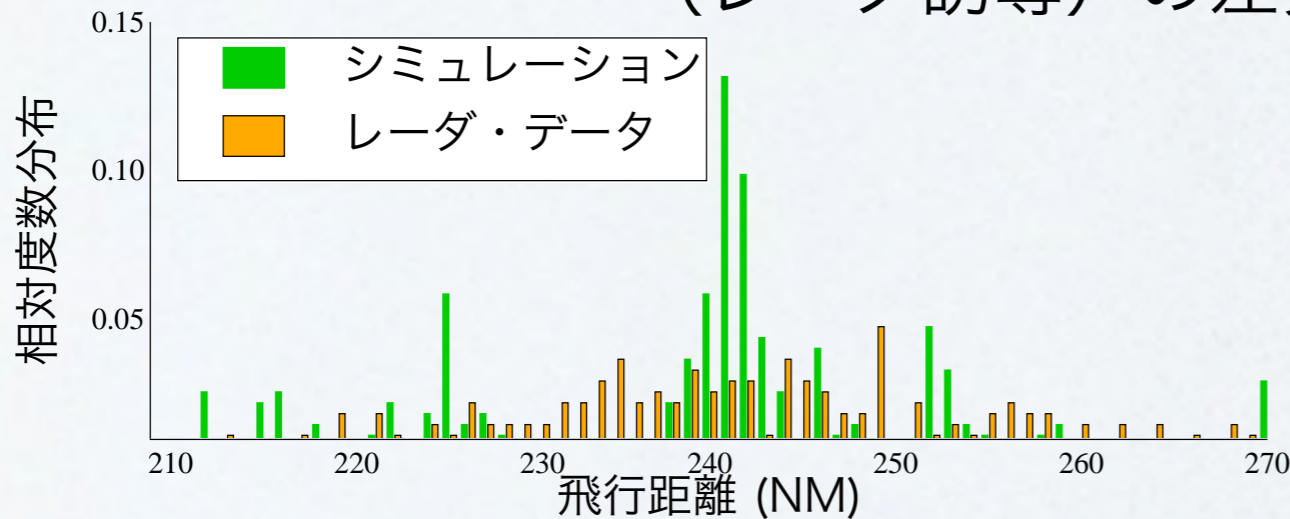


## ● 飛行時間

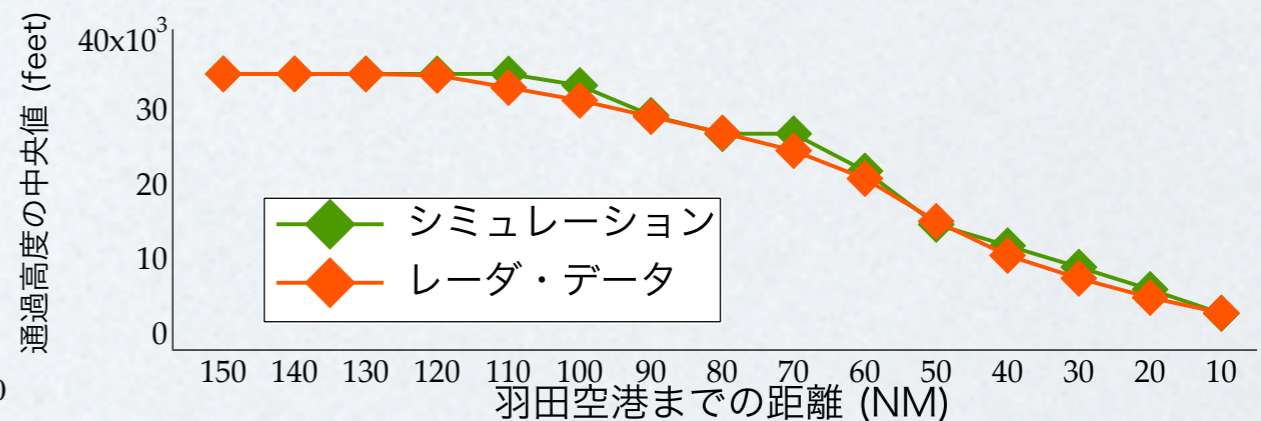


## ● 飛行距離

航跡の組み立て  
(レーダ誘導) の差異



## ● 降下プロファイル



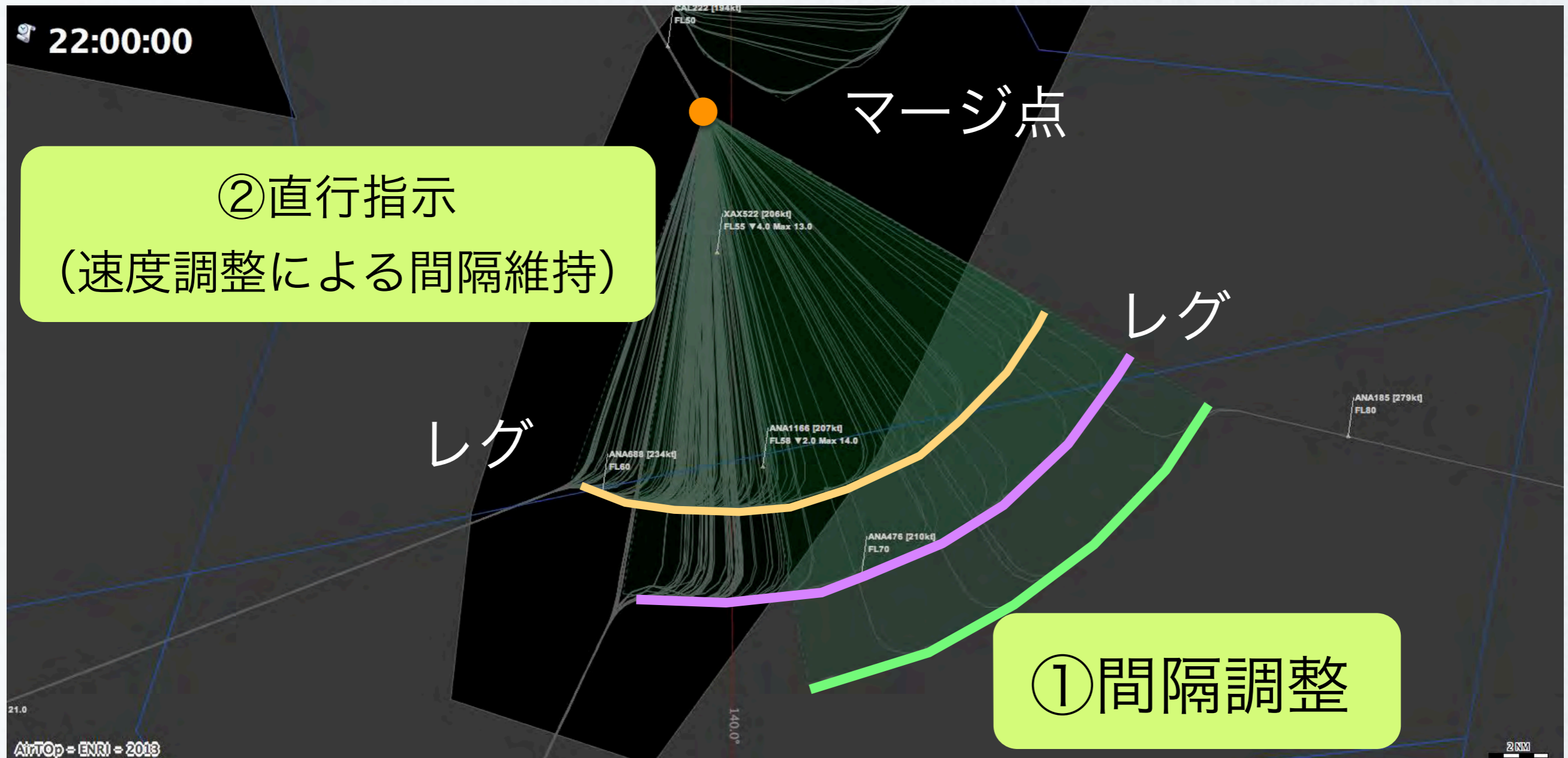
高い再現性 (飛行距離を除く)

# 施策モデルの構築



# ポイント・マージ

## レーダ誘導を代替する到着機処理



# 検討事項

## 期待される便益

モデル化の対象外

- 通信量・作業負担の軽減
  - 予測性の向上
- } 安全性の向上
- レグからマージ点へ連続降下：効率の向上

## 便益低下の可能性（自由度の制限）

- 飛行時間（燃料消費）の増大
- モデルで推定

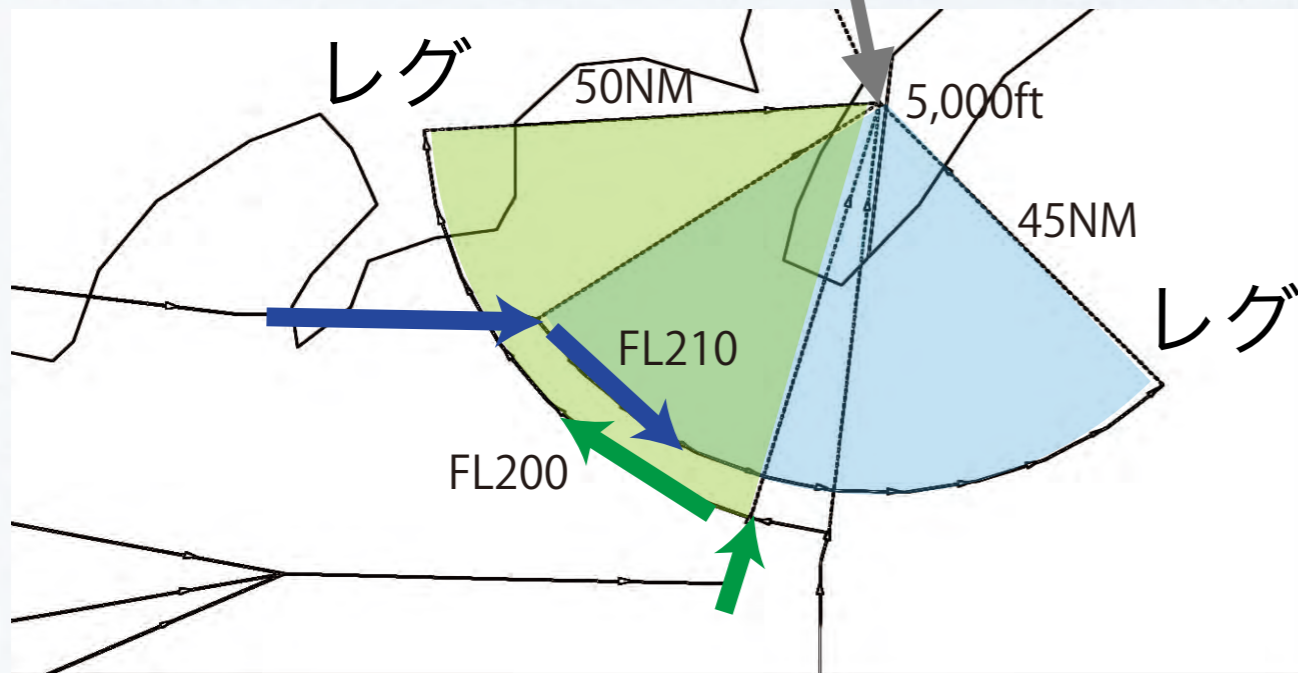
- ◆ 11シナリオ上のシミュレーション
- ◆ 2種類のポイント・マージ経路の代替案の比較

# 経路設計の代替案

- 当所独自の設計（他の交通流などは考慮しない）

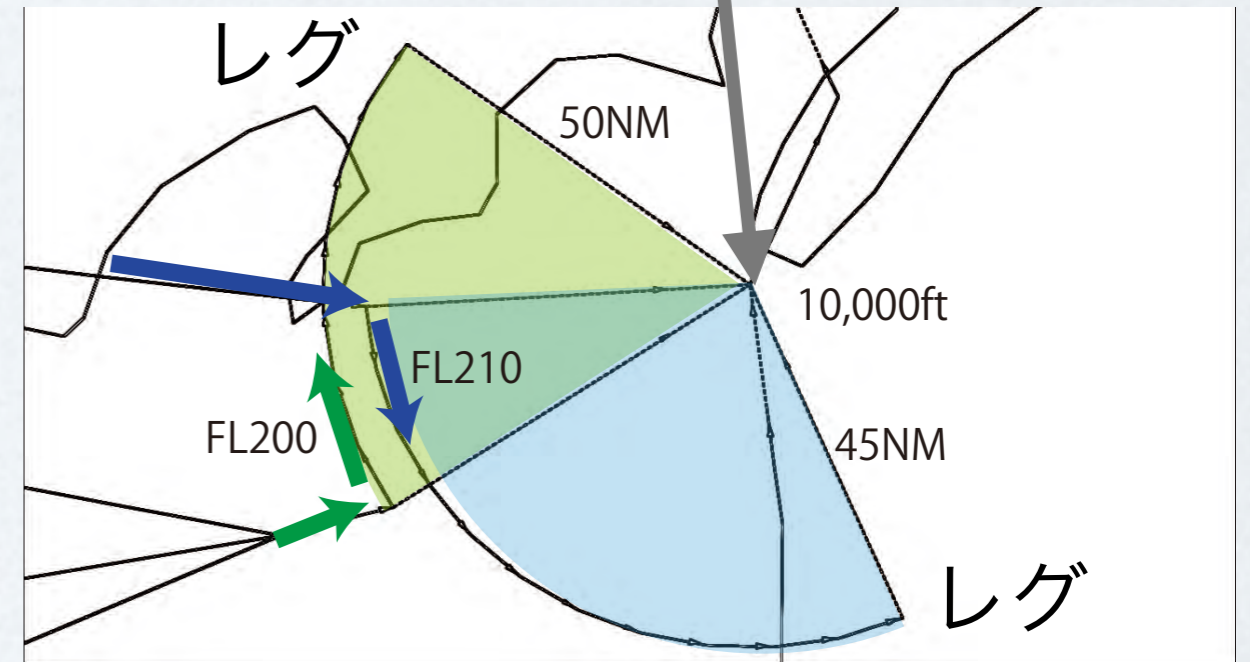
モデル1

マージ点



モデル2

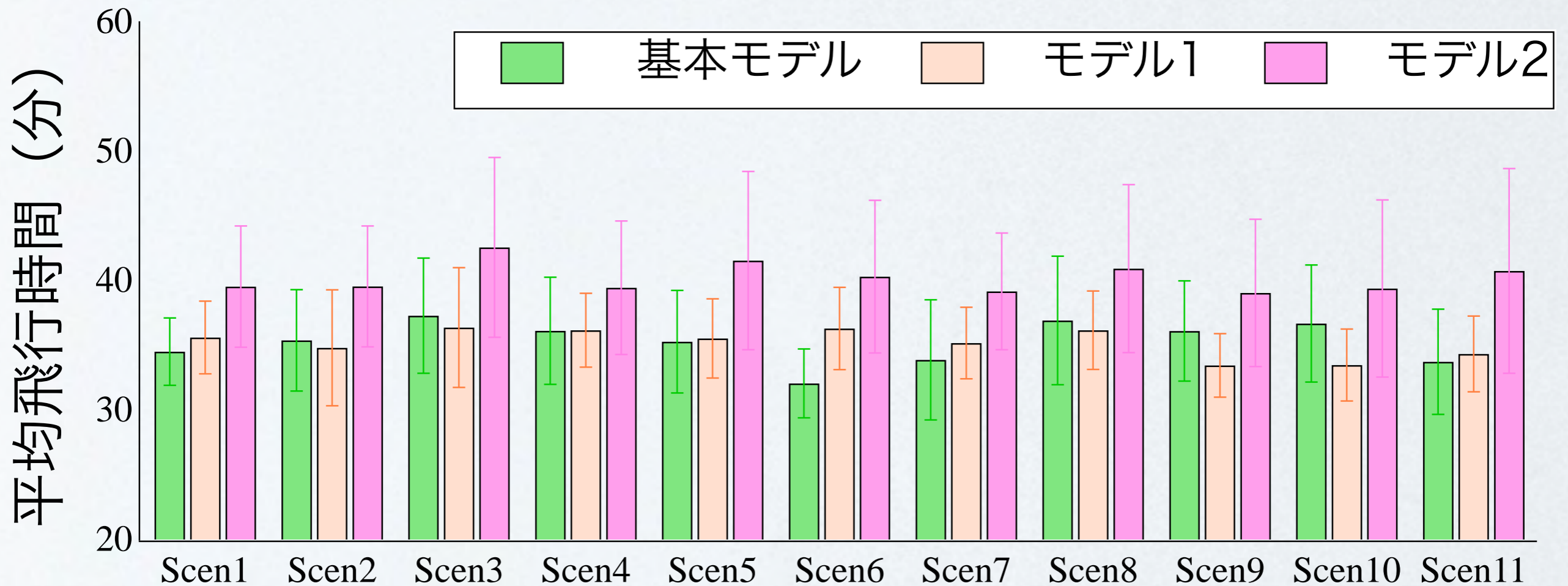
マージ点



- レグの通過高度とレグの半径はモデル間で同一
  - マージ点の位置および通過高度は異なる
  - レグの位置が異なる

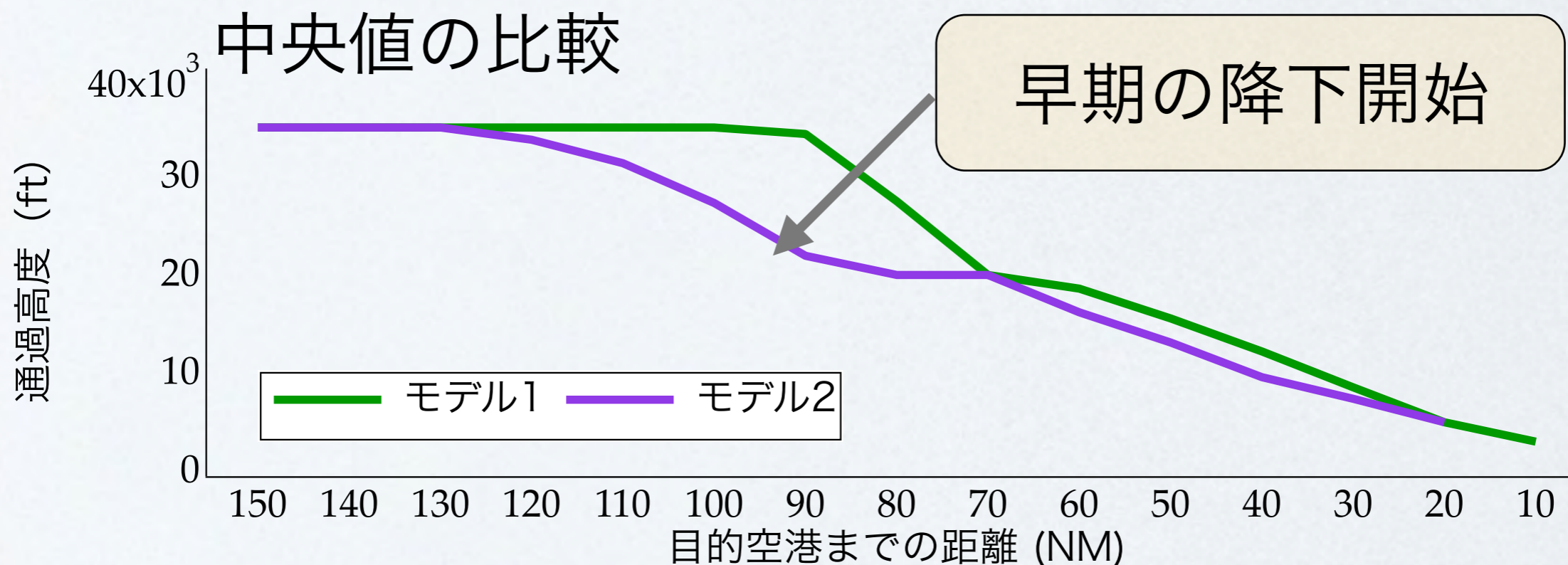
# シミュレーション結果

# 飛行時間の比較

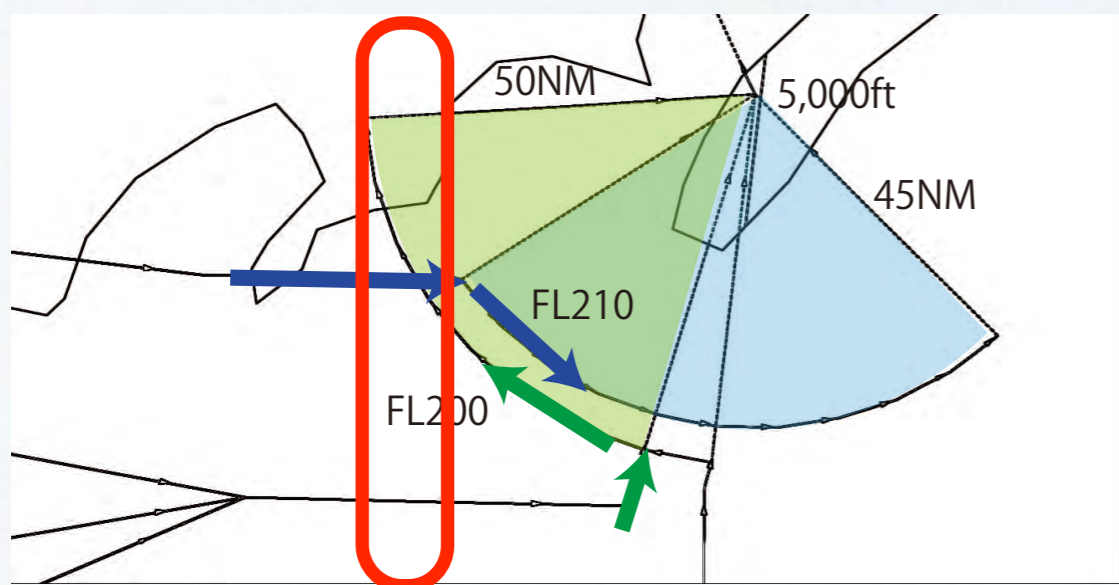


- モデル1：基本モデルとほぼ等しい
- モデル2：基本モデルから増加

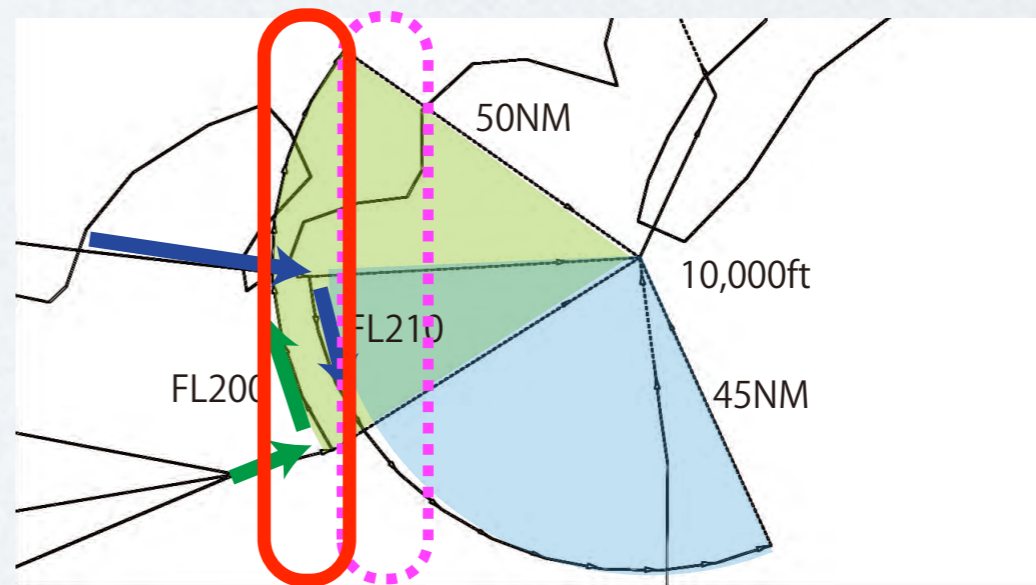
# 降下プロファイルの比較



## モデル1

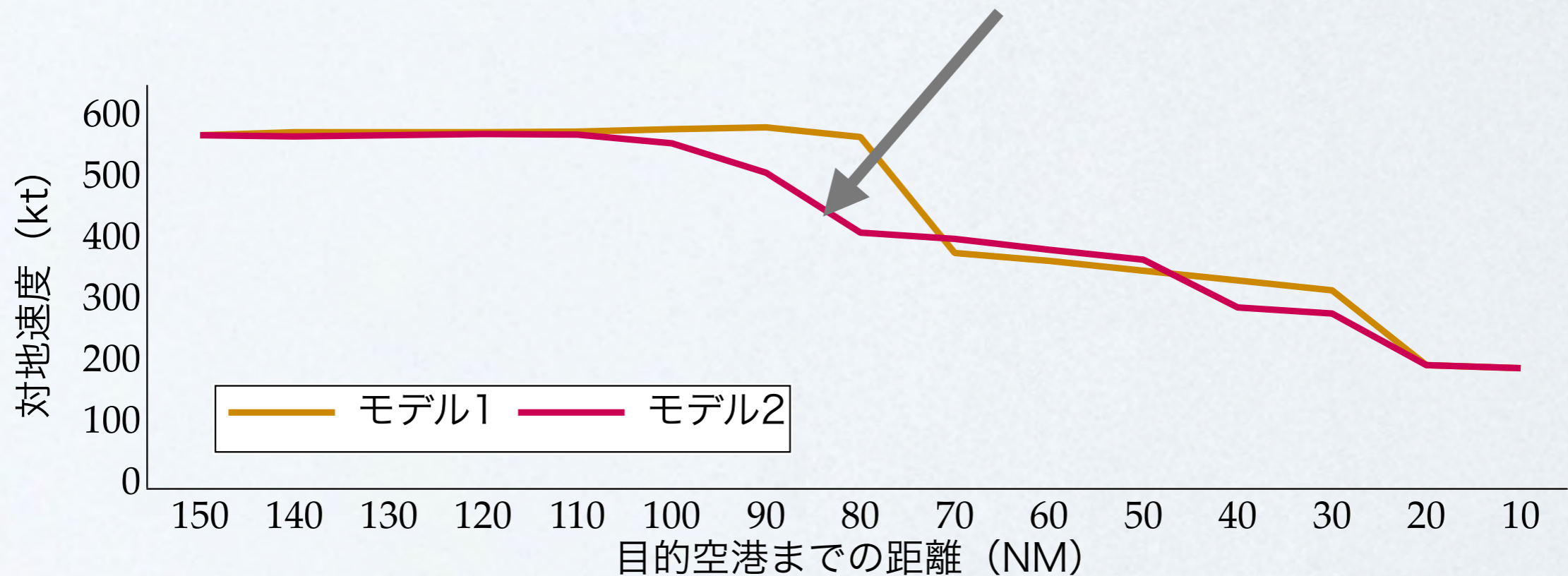


## モデル2：レグが空港から遠い

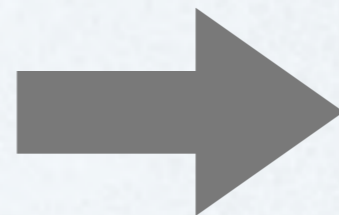


# 対地速度の中央値の比較

降下開始による早期の減速



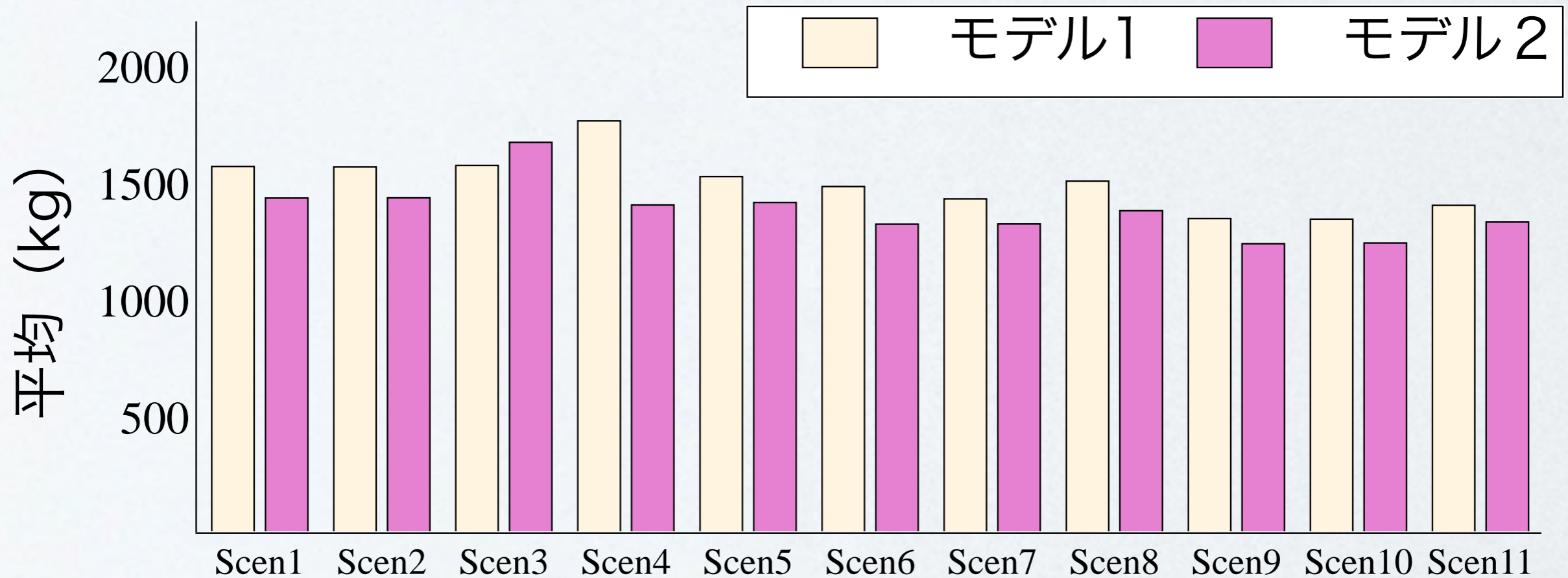
早期の減速



飛行時間の増大

# 燃料消費推定値の比較

AirTOpの推定機能（BADAに基づく）



## モデル2

- 燃料消費が少ない
- 早期の推力減少による



# まとめ

- 到着機処理のシミュレーション・モデル
- ポイント・マージ導入の影響を推定
  - 飛行時間/燃料消費の比較
    - 経路設計による影響の違いの確認
- モデルの拡張項目
  - 作業負担など