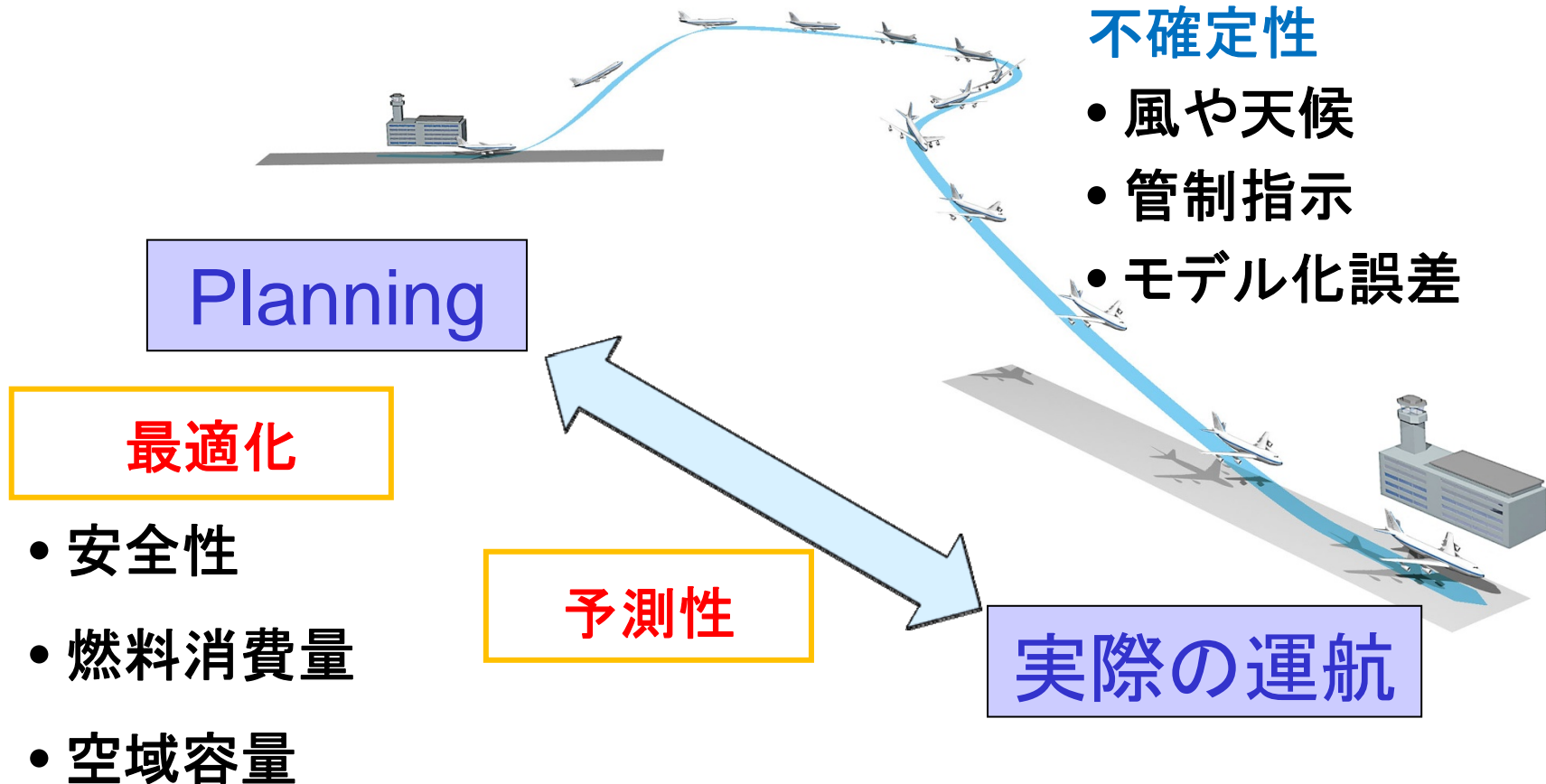


トラジェクトリ管理(1)

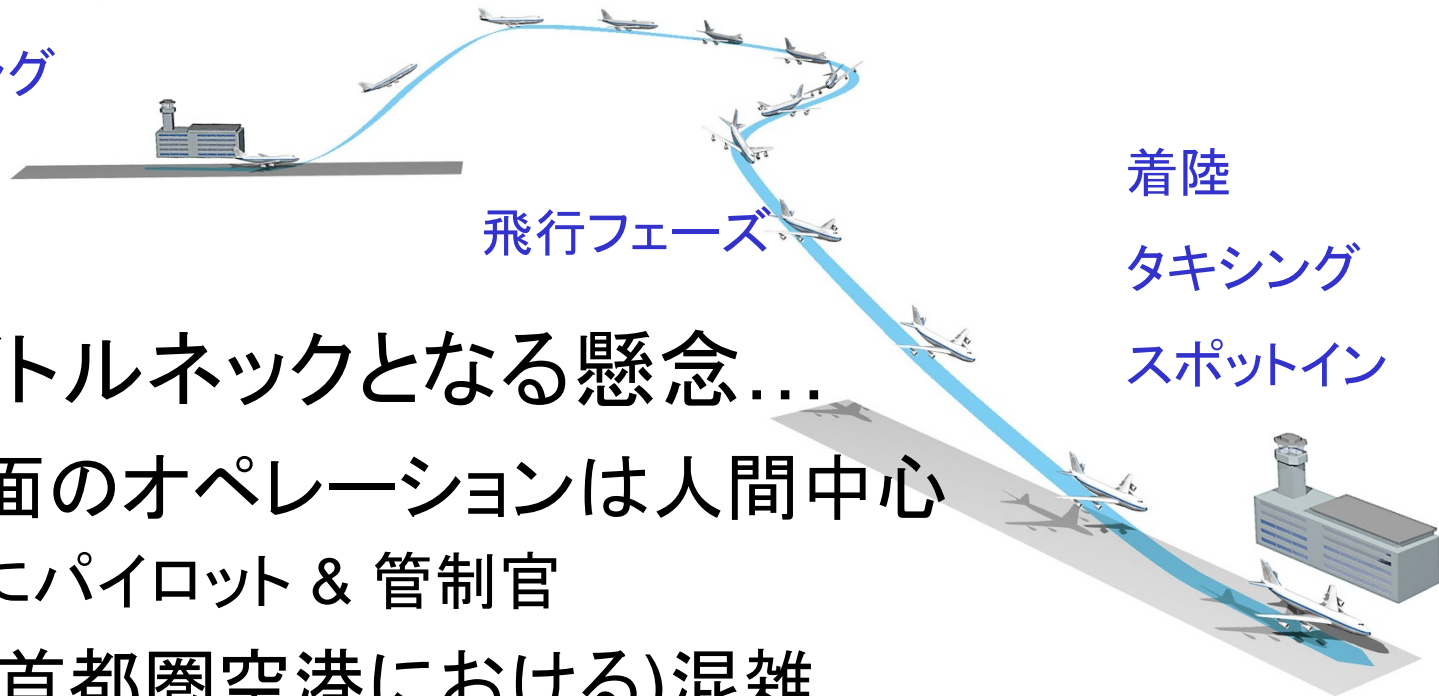


トラジェクトリ管理 (2)

プッシュバック

タキシング

離陸



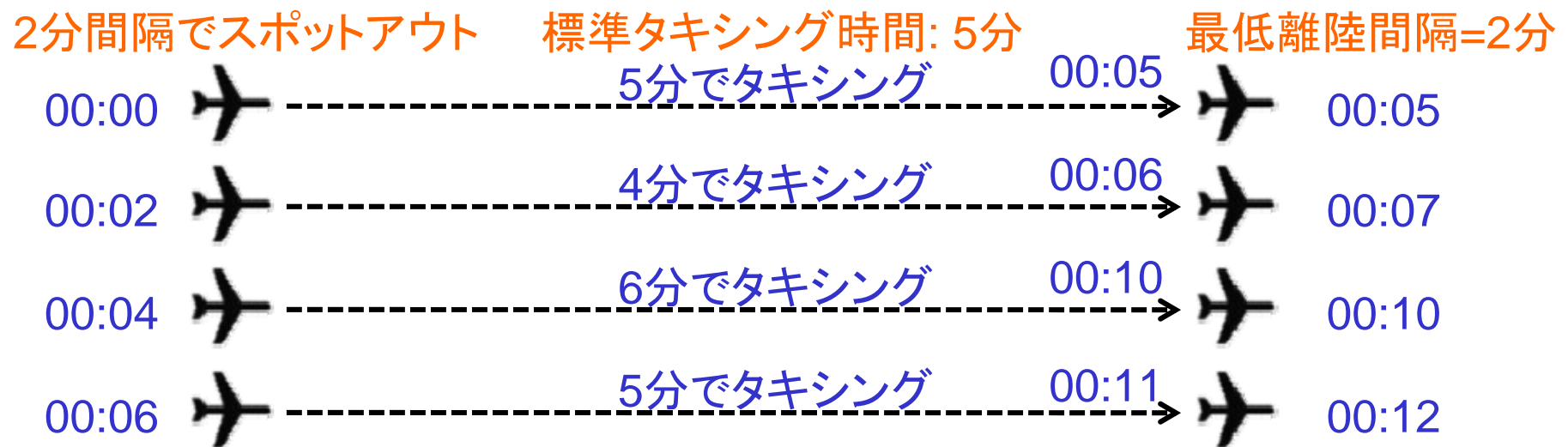
空港がボトルネックとなる懸念...

- 空港面のオペレーションは人間中心
 - 主にパイロット & 管制官
 - (特に首都圏空港における)混雑
- ➔ 予測性を低下させる原因

混雑現象を考慮した空港面の
トラフィックモデルを構築

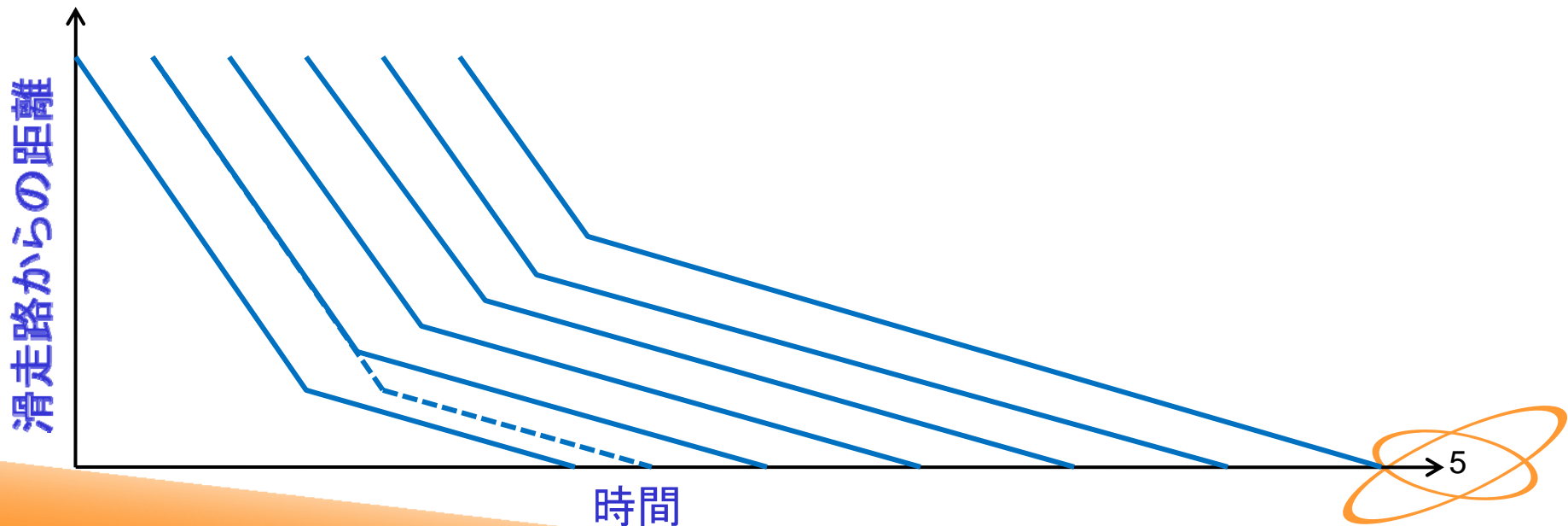
空港面の混雑 (1)

- パイロットや管制といった人間が介在するシステム
 - 不確定性の増大
- 渋滞は後方へと伝搬する
 - 前の航空機が減速すると、後ろの航空機はさらに減速する

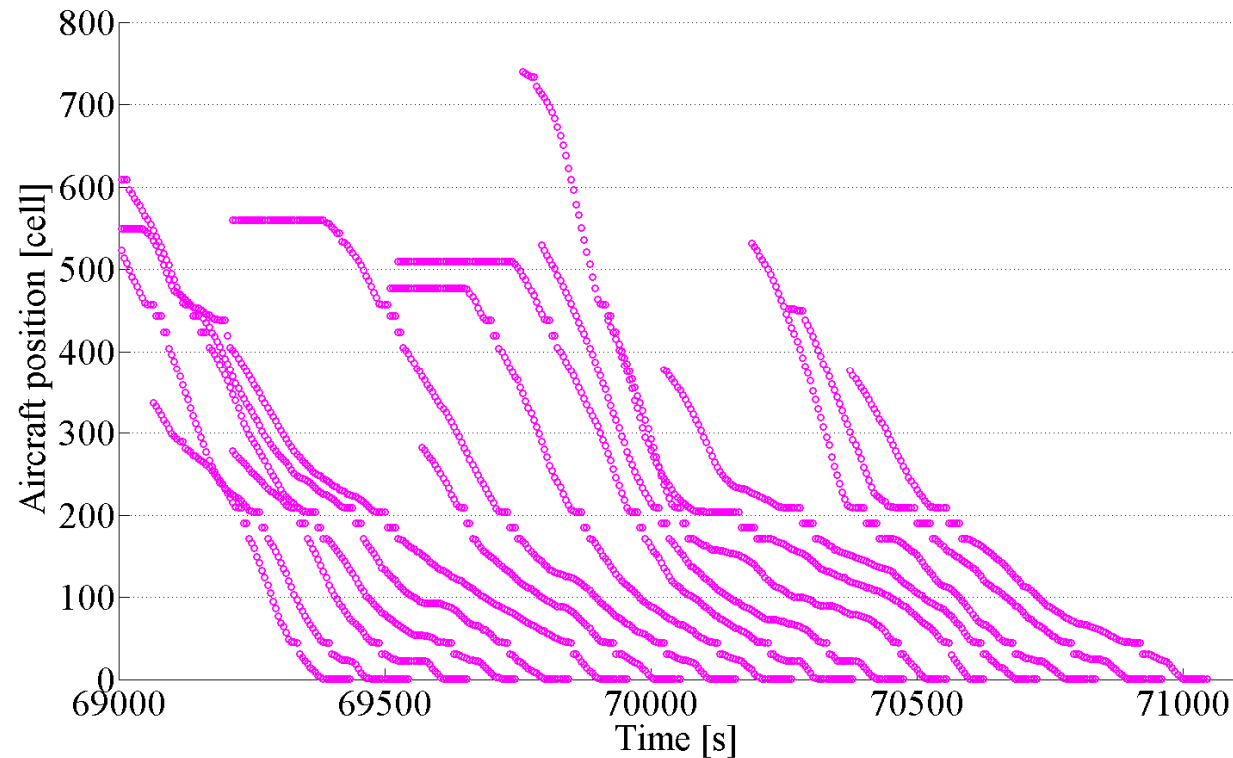


空港面の混雑 (2)

- パイロットや管制といった人間が介在するシステム
 - 不確定性の増大
- 渋滞は後方へと伝搬する
 - 前の航空機が減速すると、後ろの航空機はさらに減速する



空港面の混雑 (3)

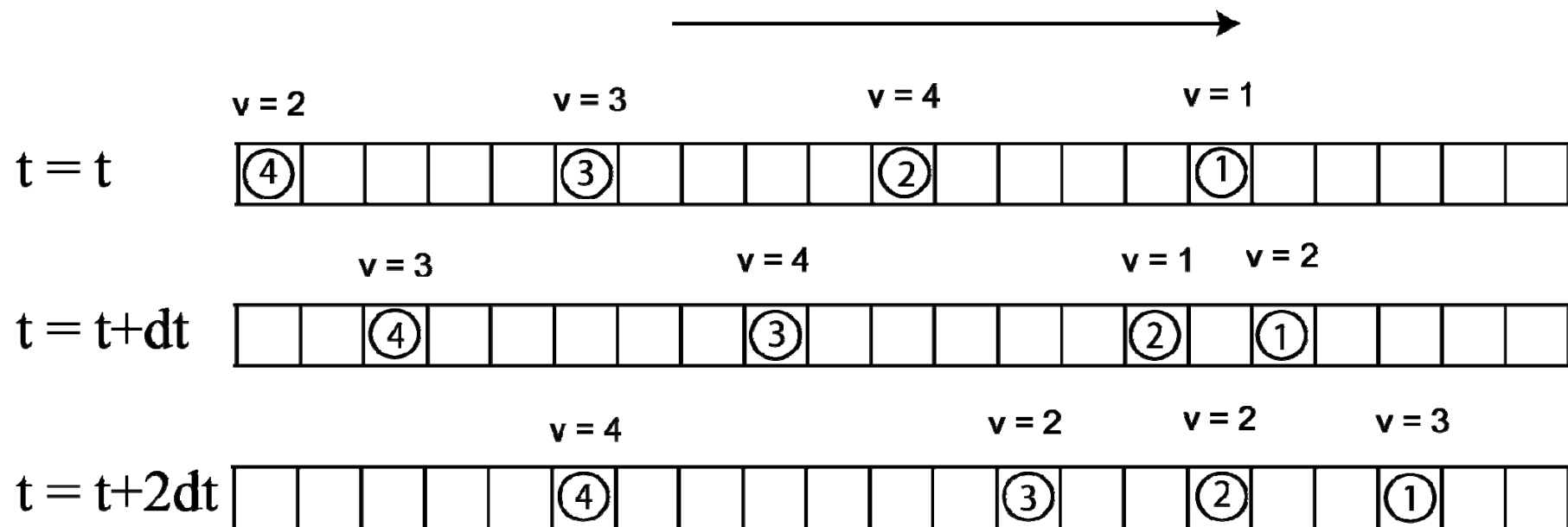


➔ 高速道路の自動車の混雑モデルを参考

– Nagel-Schreckenberg (NS) model

• セル・オートマトンをベースとしたモデル

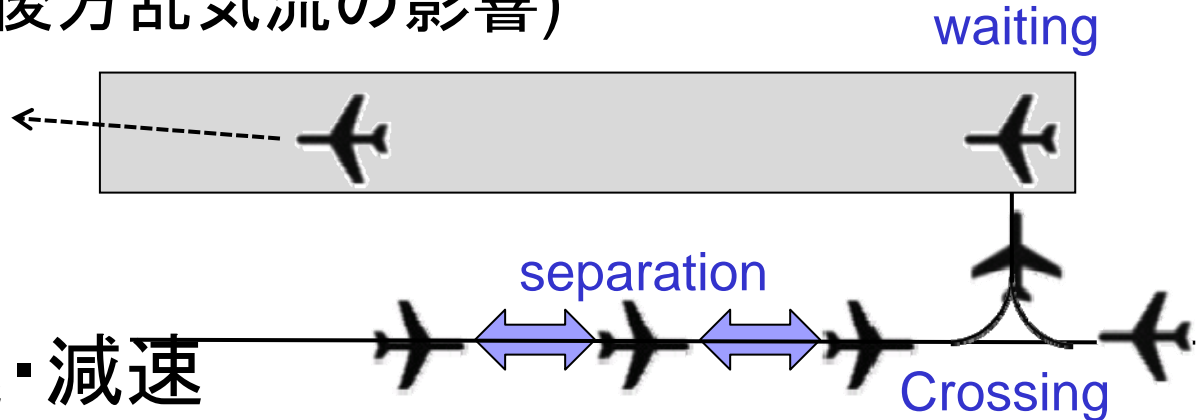
NS model



- 一車線の道路を等間隔セルと仮定
- 現在の速度に応じて移動

空港面トラフィックの特徴

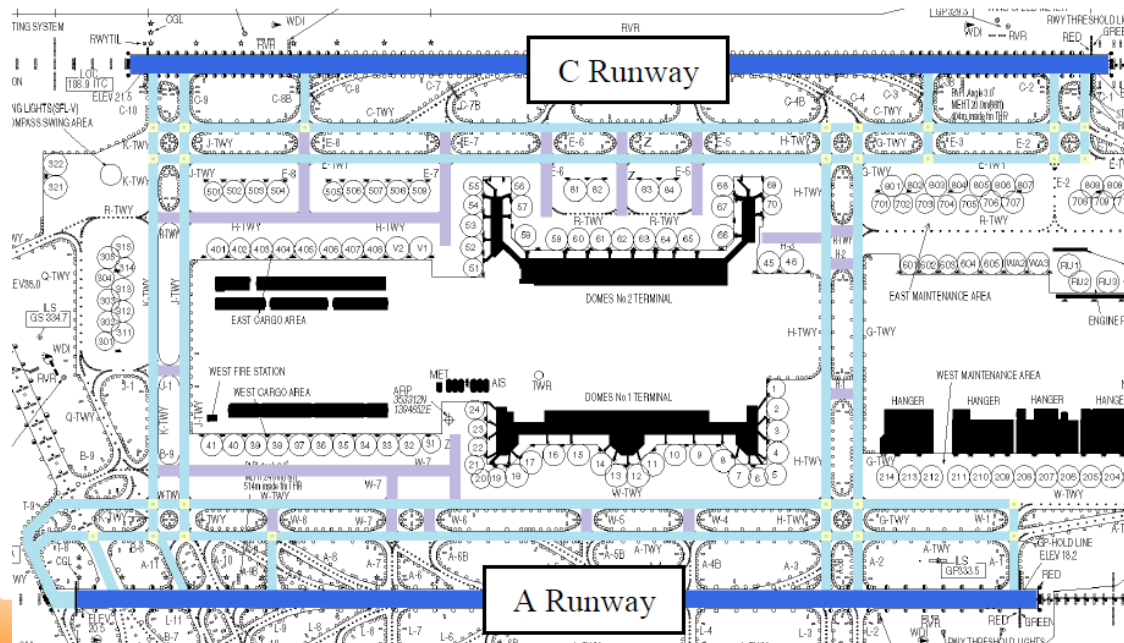
- 離陸間隔の設定
 - 航空機サイズ(後方乱気流の影響)
 - 離陸後の進路
- 交差点の減速
- 航空機間隔
- なめらかな加速・減速
- 速度決定プロセス
 - フロアフィールドモデルを改良して適用
 - 長距離の相互作用をモデル化
 - 空港全体の状況から速度を決定



これらをパラメータ化し、NS modelに適用

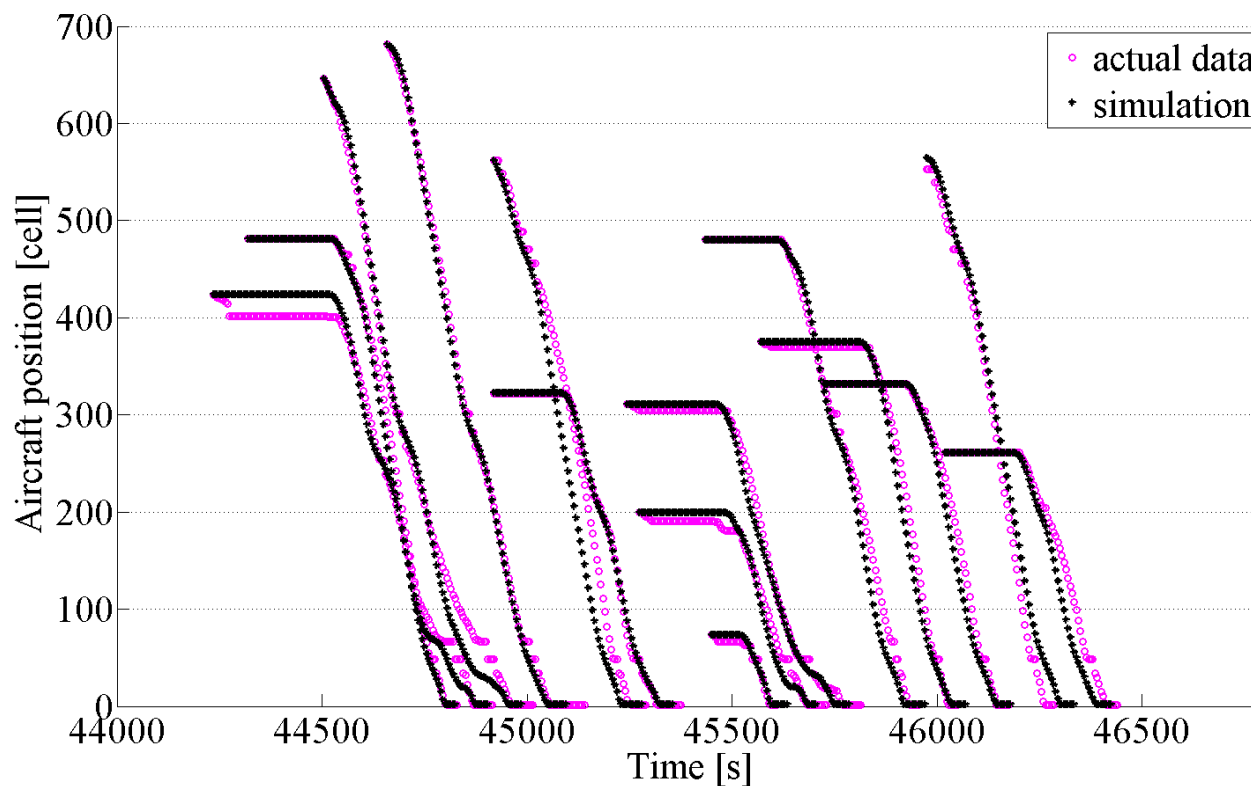
空港モデル&シミュレーション条件

- 2010年4月19日の羽田空港のデータを使用 (マルチラレーションを使用)
 - 6:30 – 22:30, 447機(離陸機), 429機(着陸機)
 - 平均タキシング時間: 7.80分(離陸機), 3.35分(着陸機)
 - 最大タキシング時間: 22.17分
 - 単位時間: 5秒
 - 1セルの長さ: 5メートル
 - 出発時間・離陸順番・ルート・交差点通過順序は、実際のデータと同一



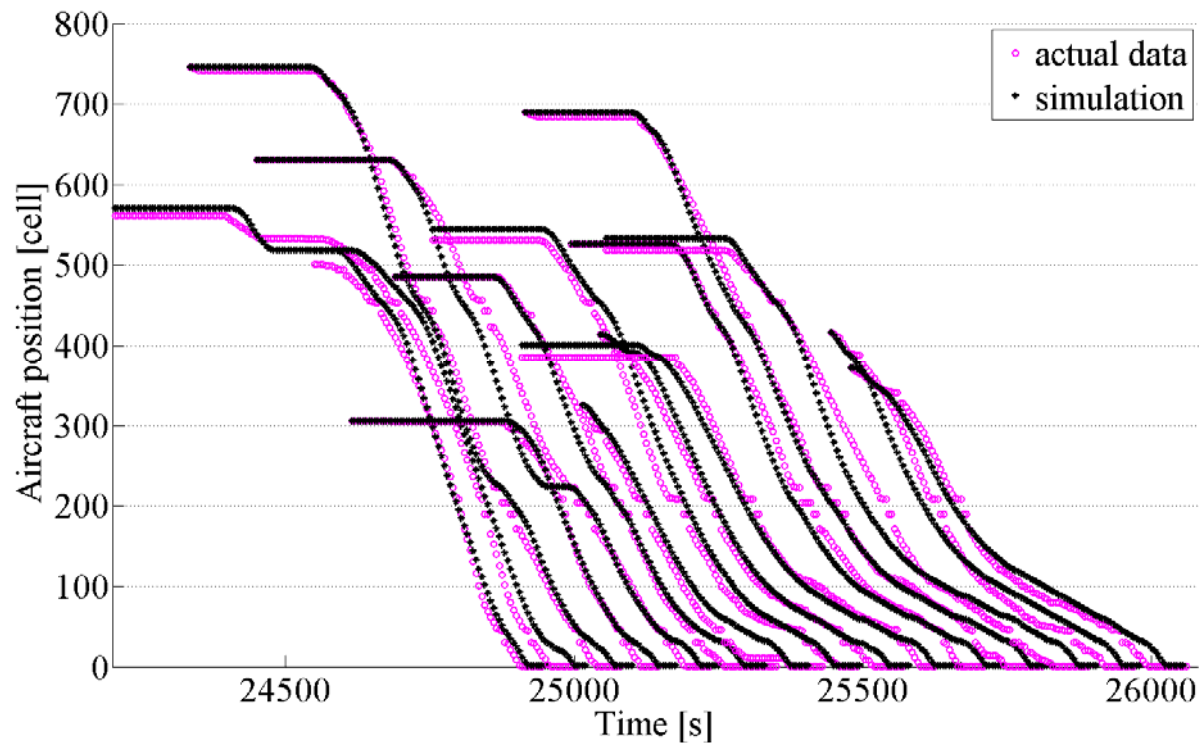
シミュレーション結果(1)

- 平均絶対誤差: 22.5秒 (25.2秒:離陸機, 19.0秒:着陸機)
- 最大誤差: 130秒



非混雑時間帯 (12時頃)

シミュレーション結果(2)

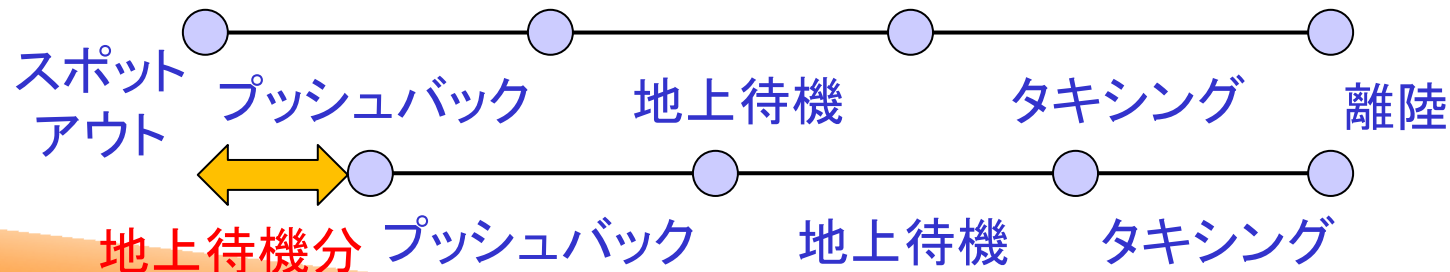


混雑時間帯 (7時頃)

- 離陸時刻のみではなく、速度変化もよく再現されている

タキシング時間の短縮余地の検討(1)

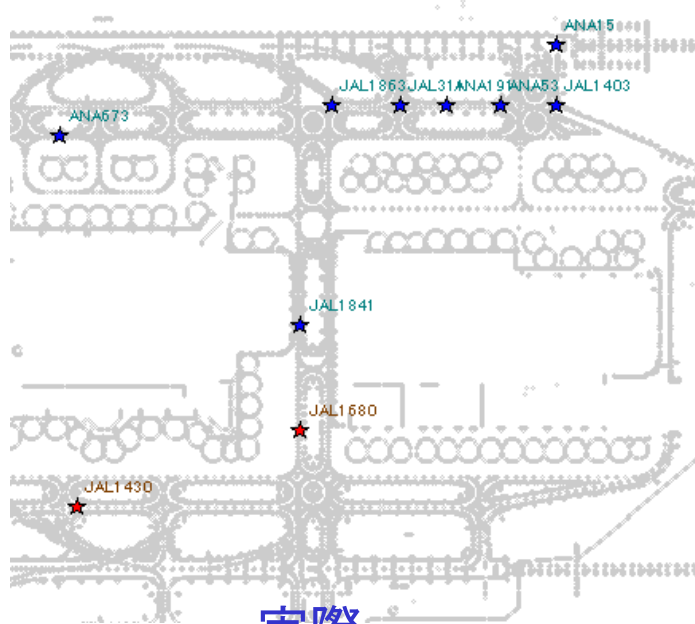
- タキシングで混雑する代わりに、スポットで待機できる時間を計算
 - 離陸機のみ
 - 離陸時刻は変えない範囲で
 - 他の航空機に影響を与えない範囲で
- エンジンの代わりに地上電源を用いることができ、燃料消費削減に貢献



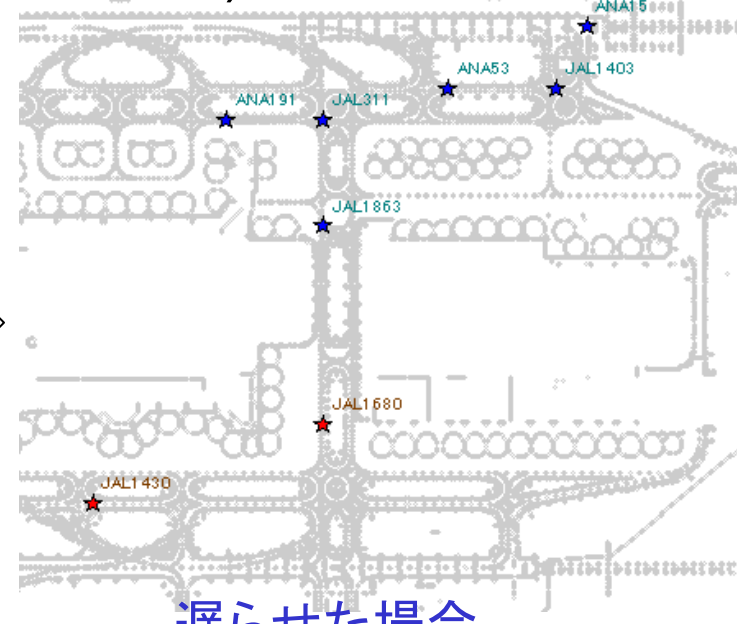
タキシング時間の短縮余地の検討(2)

- スポットアウト時刻を遅らせられる範囲
→タキシング時間の削減(スポット待機)

離陸時刻は同じまま

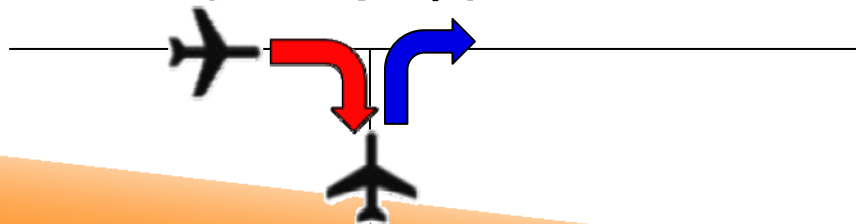


実際

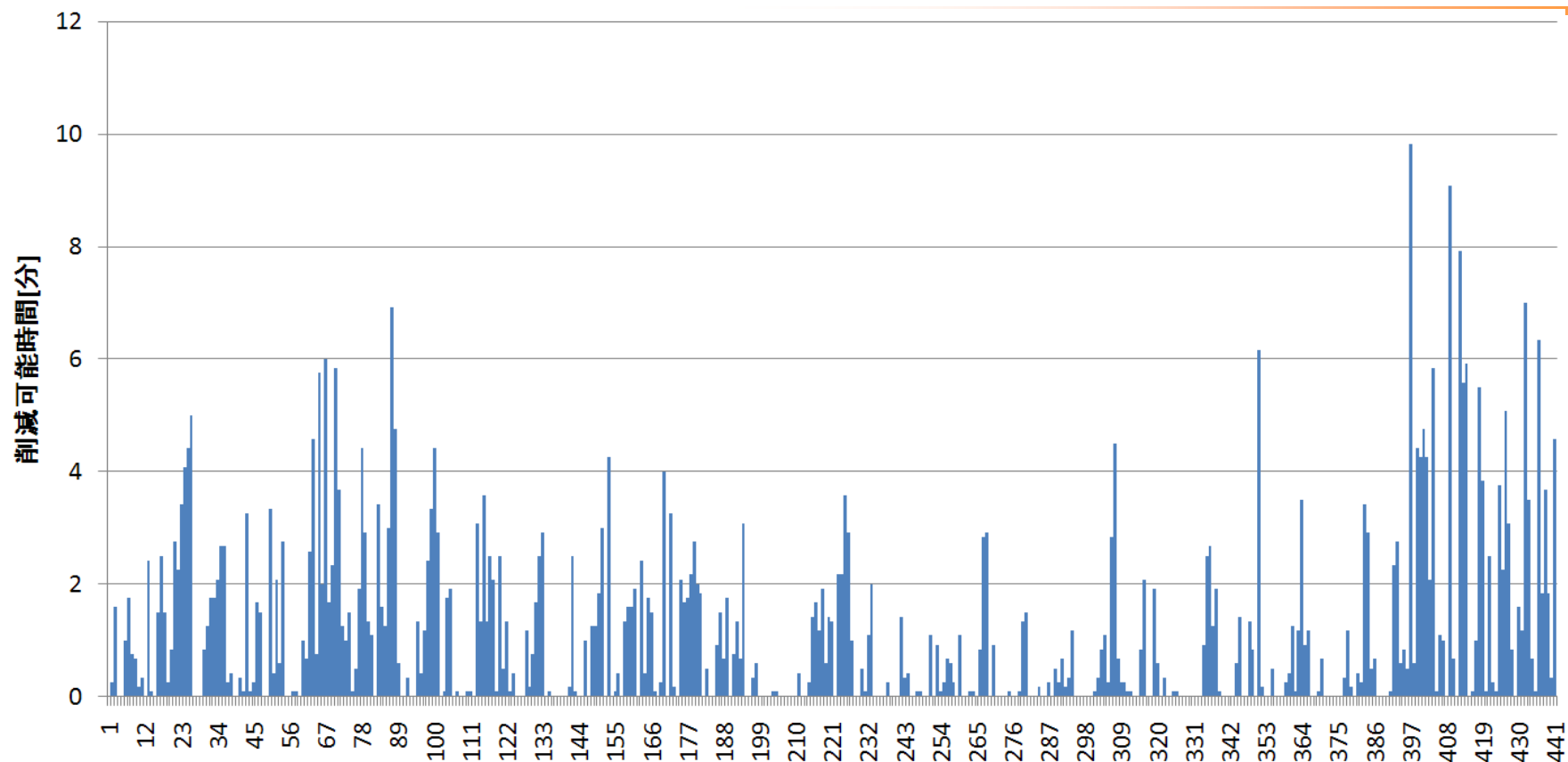


遅らせた場合

- 他の航空機に影響を与えない

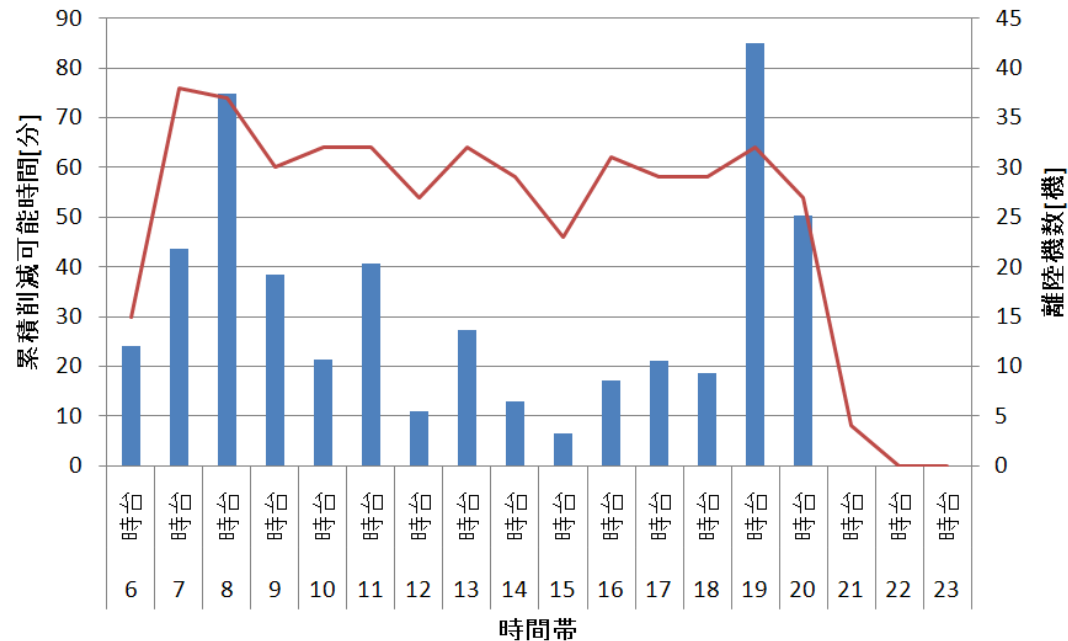


削減可能時間分布(1)



- 平均削減可能時間 → タキシング時間の14%

削減可能時間分布(2)



- 離陸機数と削減可能時間にある程度の相関はあるが、それだけでは説明できない
 - － 滑走路の運用形態
 - － その時のランダム性

結果の考察

- 14%のタキシング時間削減は意味があるのか？
 - B737: 25 lb/min, B777: 50 lb/min
 - 羽田再拡張後はもう少し増える可能性あり
 - スポットアウト～タキシング開始までは考慮していない
- 平均1分のタキシング削減が即座に可能であるという結果ではない
 - スポットアウト時刻をどのくらい遅らせればよいのかというアルゴリズムを構築する必要性
 - シミュレーションに30秒程度の誤差を含むため、その誤差を考慮すると実際に削減可能な時間はより短い

結論

- NSモデルをベースとした空港面トラフィックモデルを構築
 - キーとなる部分を分析し、モデルに実装
- 実際のトラフィックデータを用いてパラメータ推定を行い、モデル化の様子を確認
 - 混雑時・非混雑時ともに現実をよく近似できていることを確認
 - トラジェクトリの予測性向上が期待
- 削減可能なタキシング時間を計算
 - 離陸機のスポットアウト時刻を遅らせる
 - 平均およそ14%程度(ただし、タキシング時間のみ)

今後の課題

- 新運用形態(D滑走路供用後)の影響
- 日による違い
- 離陸間隔の影響
 - 離陸機サイズによる後方乱気流
 - ? 気象・風向/風速・時間帯による違い
- タキシングに与える影響
 - 渋滞現象・(不確定性)
 - ? 管制指示に起因する影響