

第14回 電子航法研究所 研究発表会
(平成26年6月6日)

講演番号 10

成田空港出発便の 地上走行時間に関する分析

航空交通管理領域

※山田 泉、

住谷 美登里、マーク ブラウン、

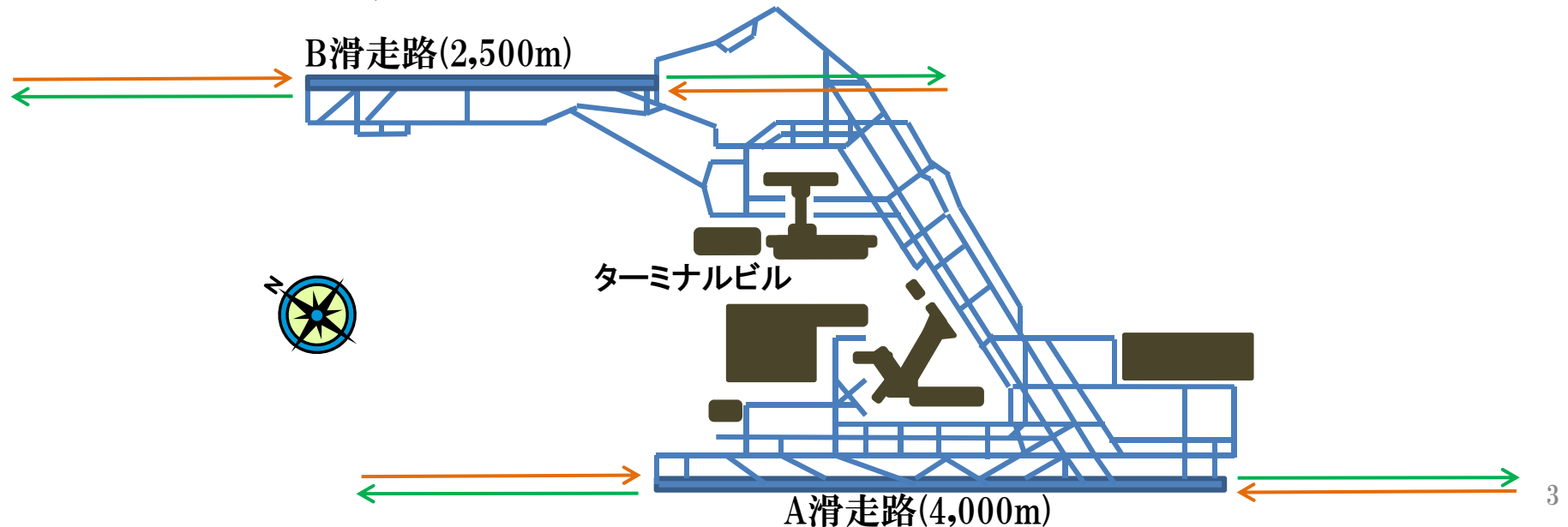
青山 久枝、森 亮太

目次

1. 背景と目的
2. 成田空港の出発走行時間分析
 1. 分析の着眼点：非滞留時間と滞留時間の切り分け
 2. 滞留時間：混雑要因との関連性
 3. 非滞留時間の推定
3. まとめ

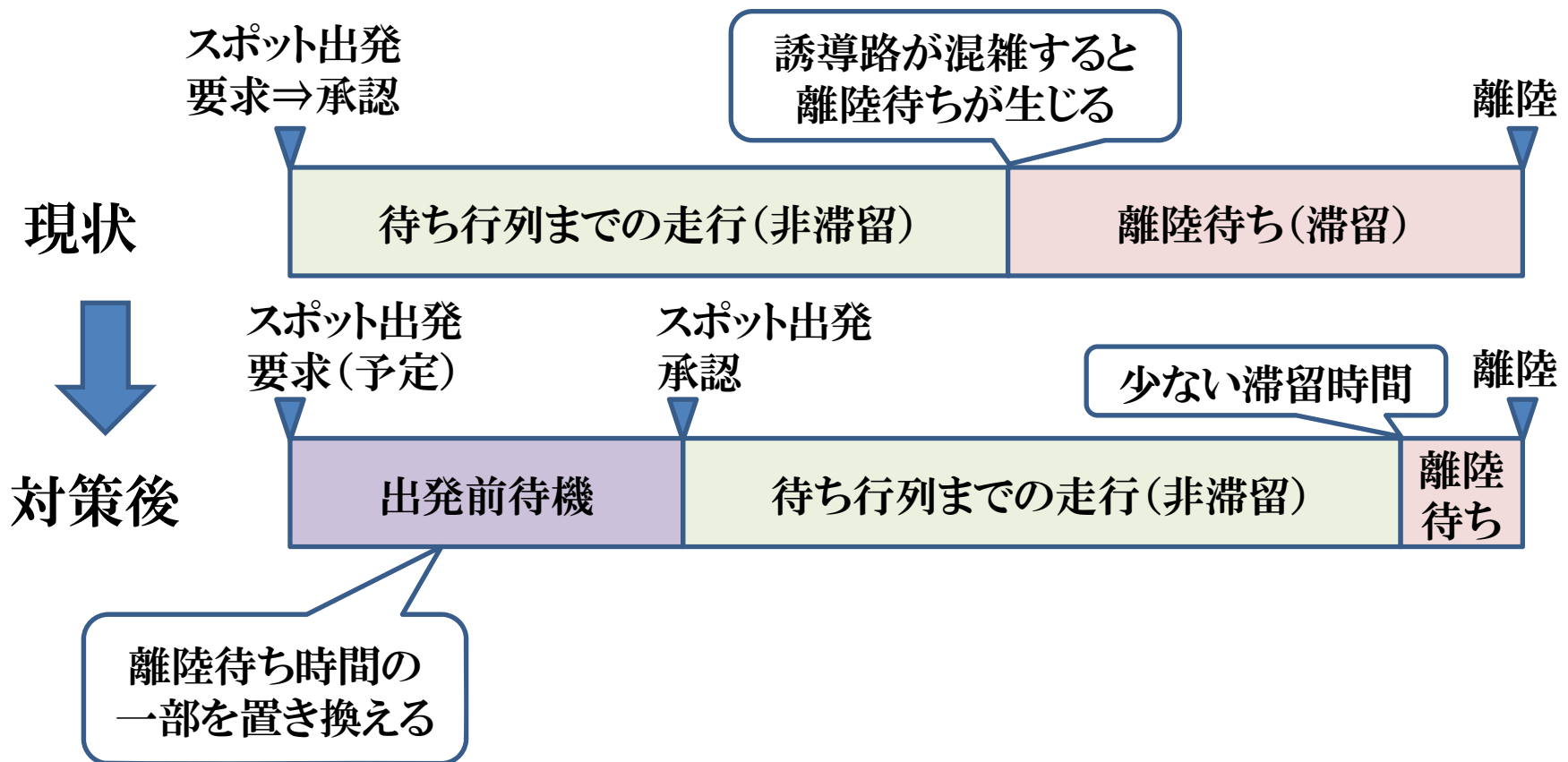
背景

- 対象：成田空港
 - 複雑なレイアウトと管制運用
 - 出発、到着それぞれにピーク時間帯がある
 - 今後の交通量増加
 - 空港面の混雑による地上走行の滞留
 - 滞留軽減のための対応策が必要



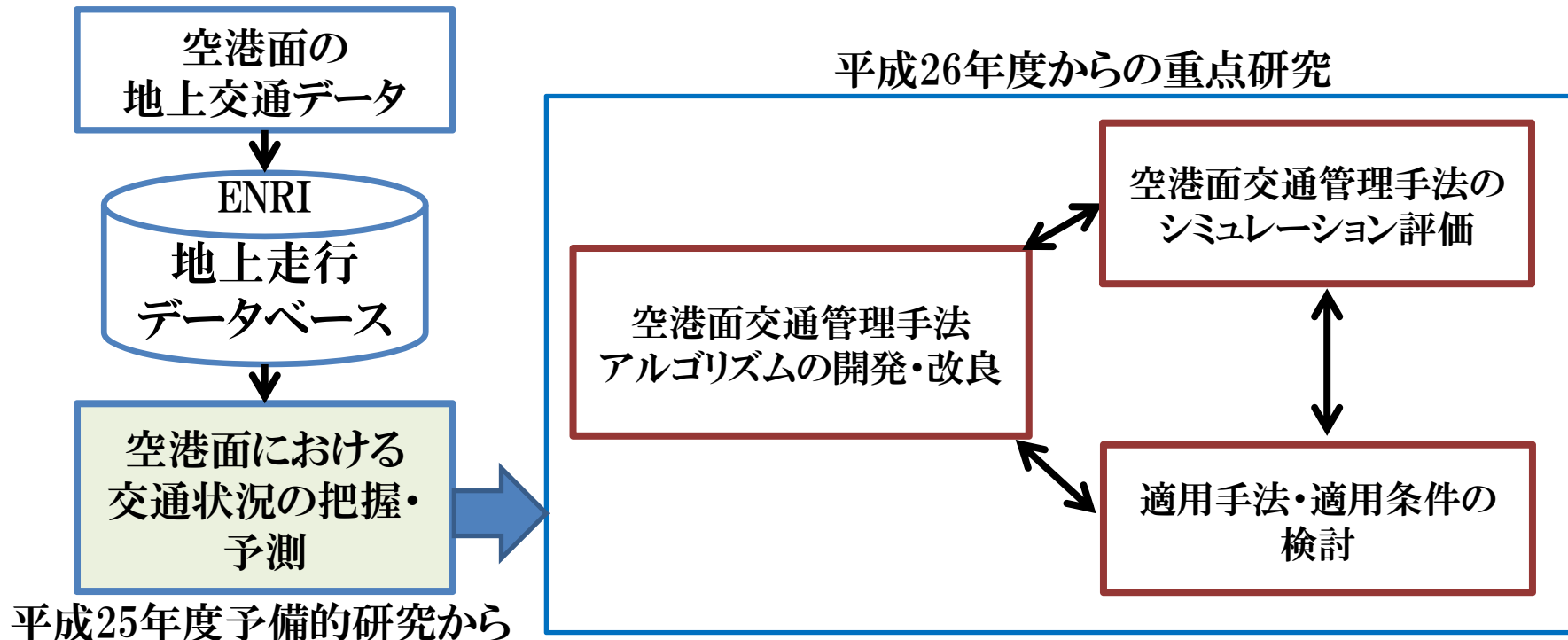
滞留軽減策のイメージ

- 誘導路の混雑状況の予測を元にした出発時刻調整により、滞留の少ない空港面交通流を形成する



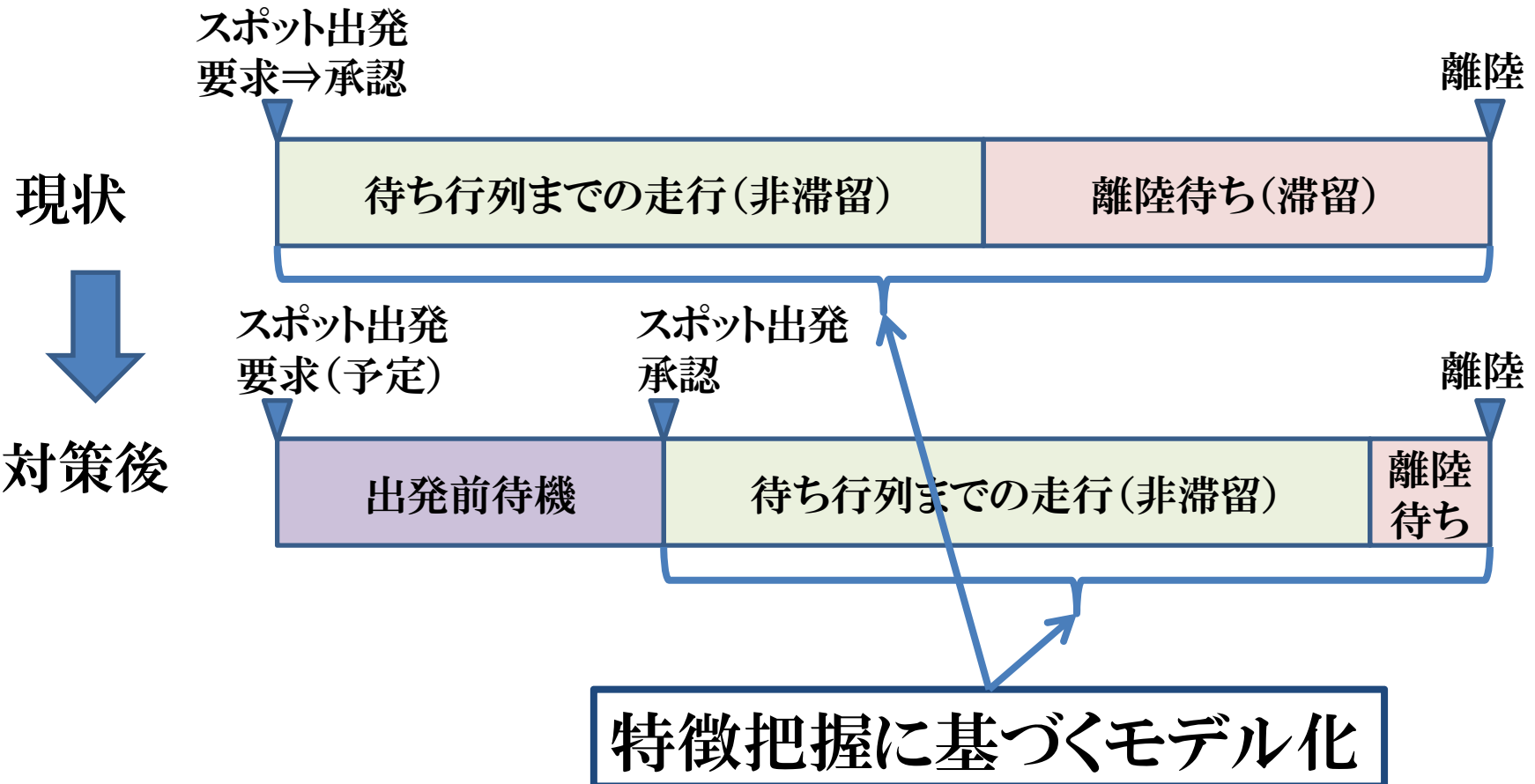
空港面交通管理の研究の目的

- 走行時間の特徴把握・予測
 - 地上交通データの分析による
- 空港面交通管理手法の提案と評価
 - アルゴリズム開発とシミュレーションによる検証
 - 評価指標の提案



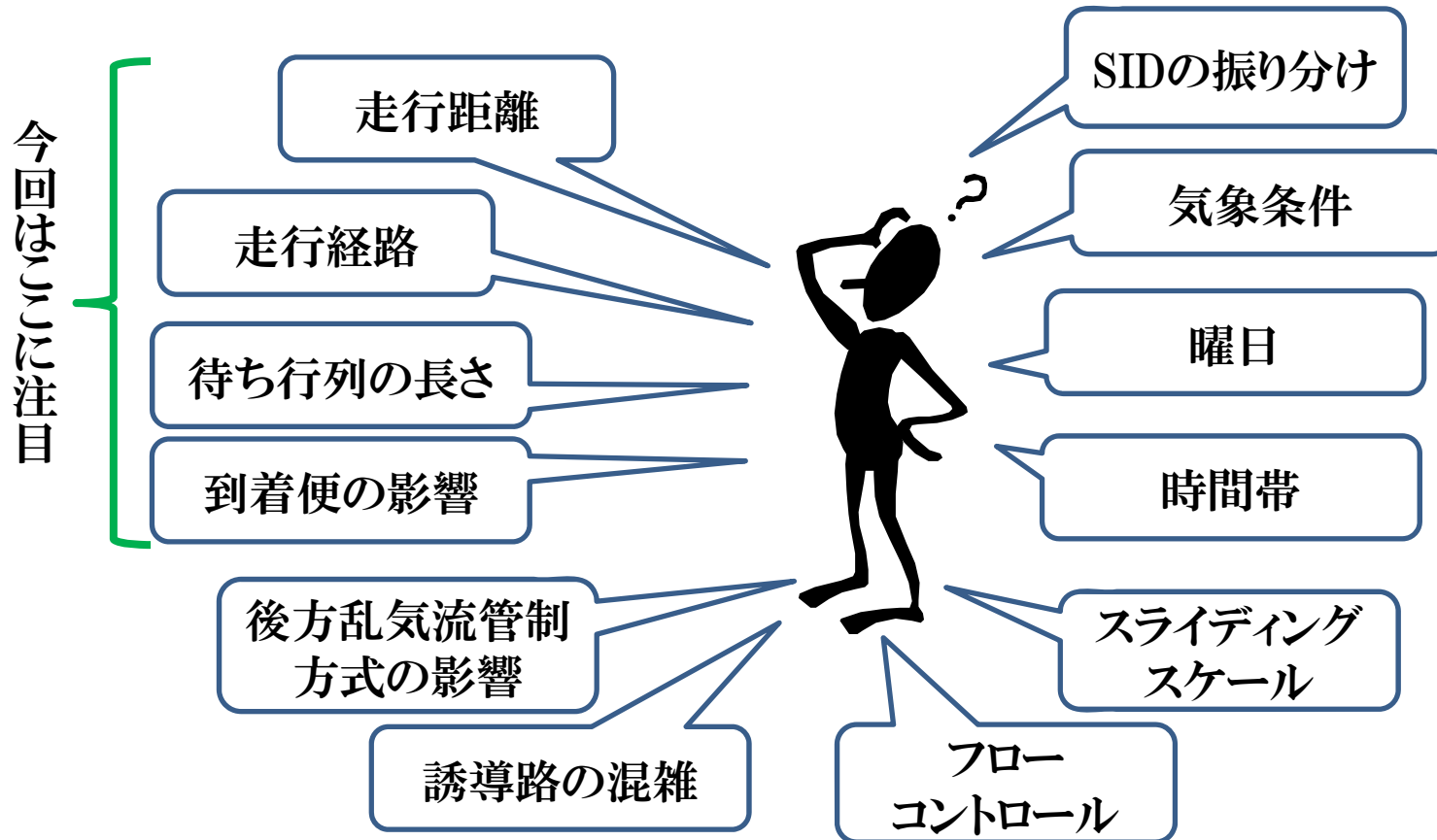
出発走行時間モデルの必要性

- 混雑状況の予測を元にした出発時刻調整
 - 混雑と出発走行時間の関係の把握が必要



出発走行時間モデル化のために

- どんな要因を考える必要があるか
- どんな要因の寄与が大きいのか

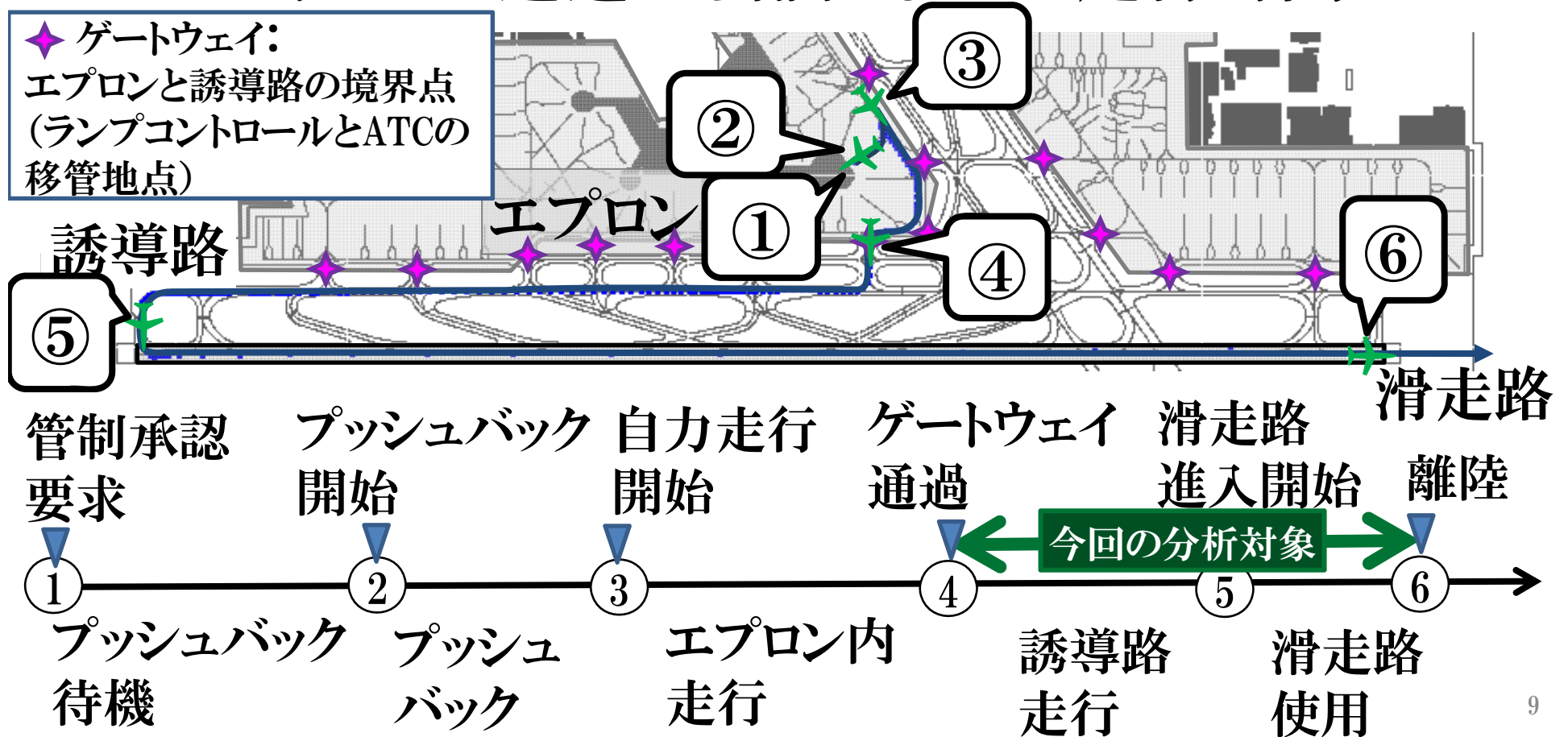


分析の内容

- 出発走行時間の切り分け
 - 非滞留時間:混雑にかかわらず走行に必要となる
 - 滞留時間:混雑のため生じる
- 出発走行時間に影響する主要因の洗い出し
 - 重回帰分析による
- 出発走行時間のモデル化
 - 主要因を用いた重回帰式
 - 残差に関する考察
 - 出発走行時間予測への発展性を検討

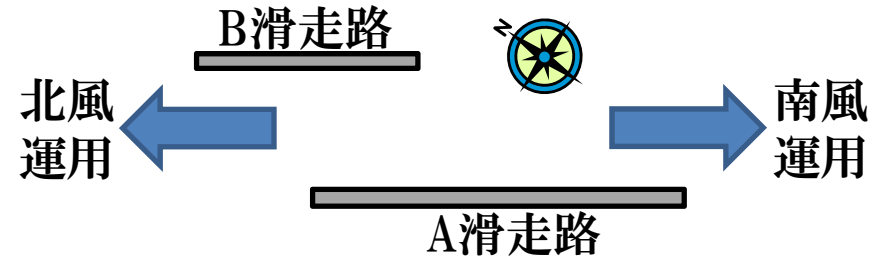
出発走行時間のフェーズ分けと 本発表のスコープ

- A滑走路出発便: 出発便全体の9割
- ゲートウェイ通過から離陸までの走行時間

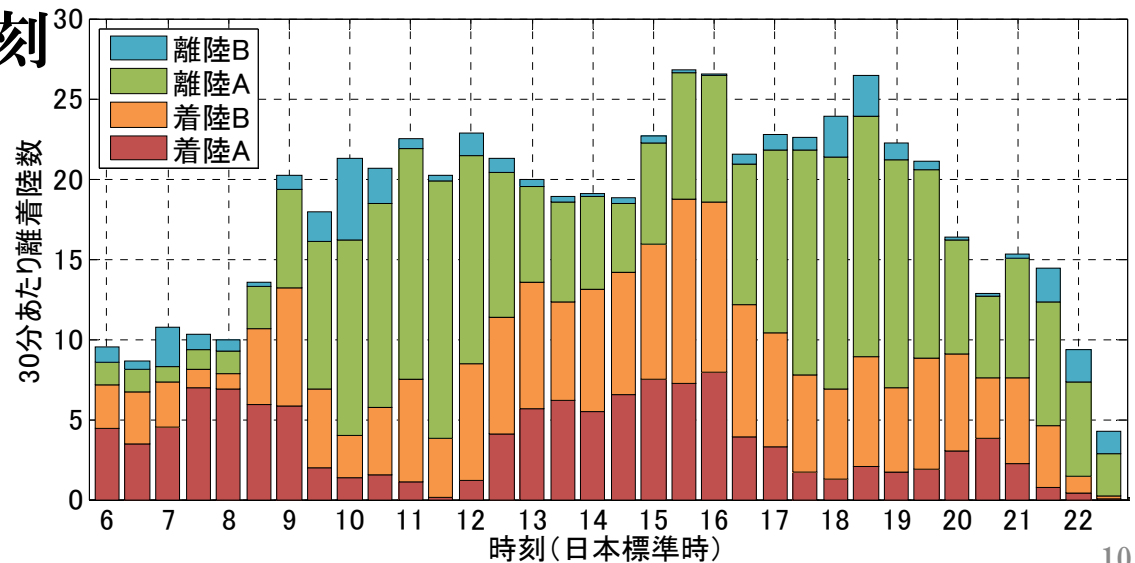


使ったデータ

- 空港面交通データ
 - 2013年 5,7,9,11月 各7日間(計28日間)
- 取得項目
 - 出発便
 - ゲートウェイ通過時刻
 - 離陸時刻
 - 到着便
 - 着陸時刻

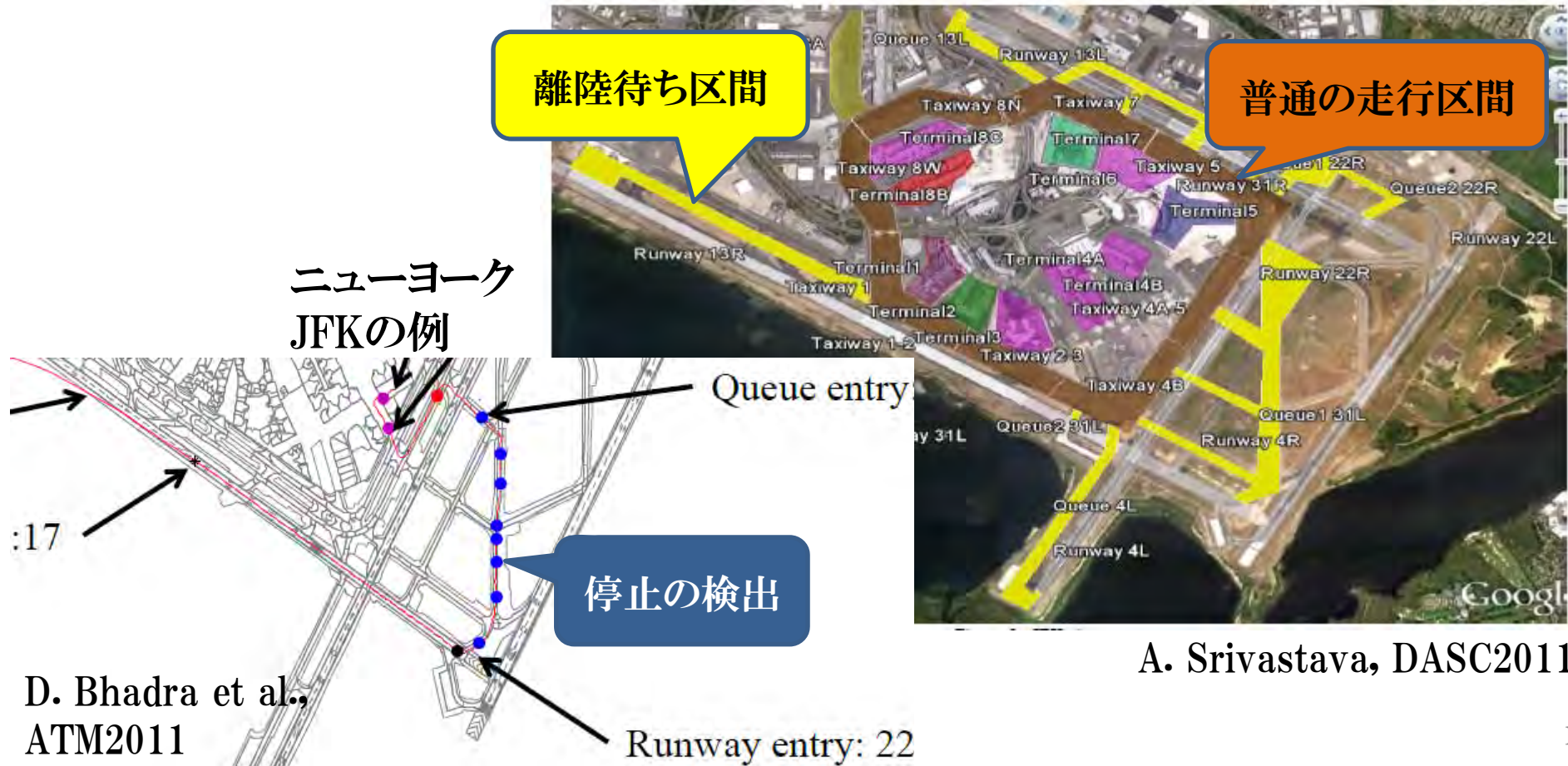


運用方向	南風運用		北風運用	
	A	B	A	B
滑走路	A	B	A	B
離陸数	4,882	572	2,727	441
着陸数	2,088	3,297	1,333	1,898



既存のモデル化手法

- 離陸待ち行列が生じる区間を明示的に定義
- 滞留時間：航跡中の停止時間

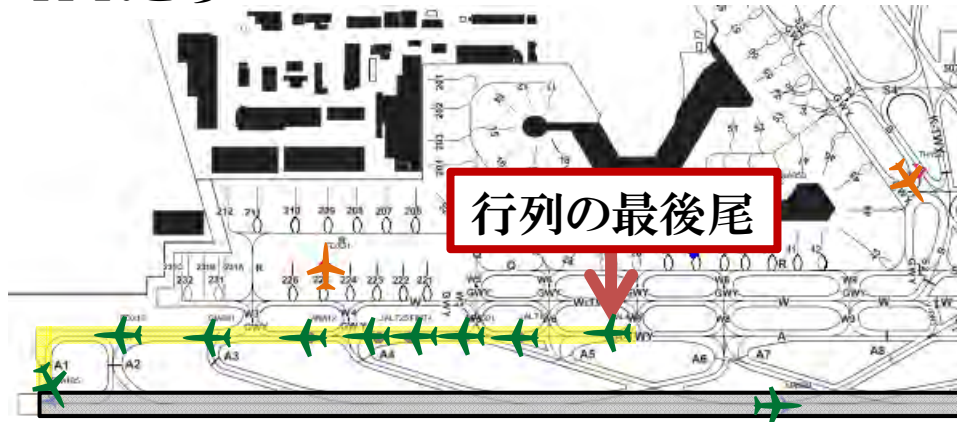


D. Bhadra et al.,
ATM2011

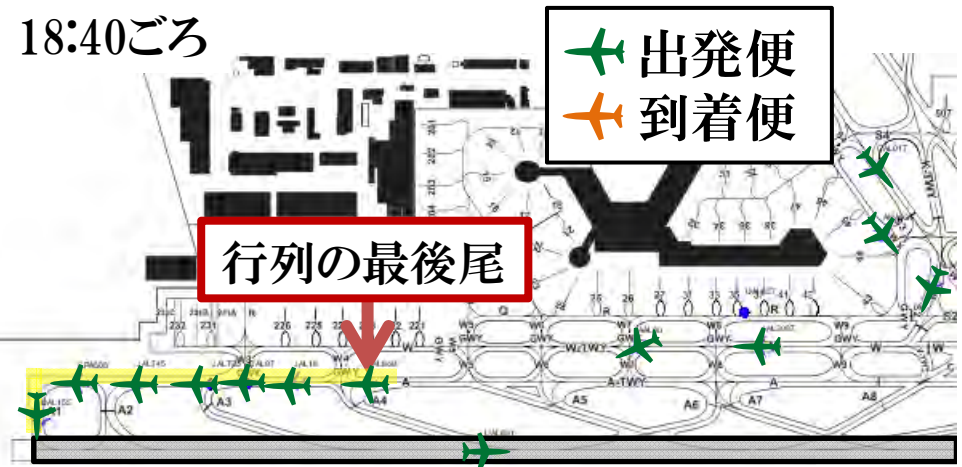
既存手法適用の困難

- 待ち行列の物理的な長さが大きく変動する
 - 離陸待ち区間を固定的に定義しづらい

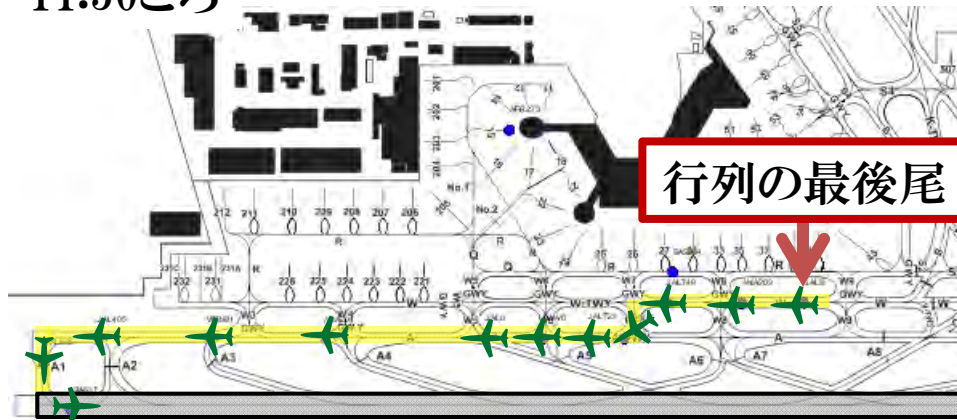
11:10ごろ



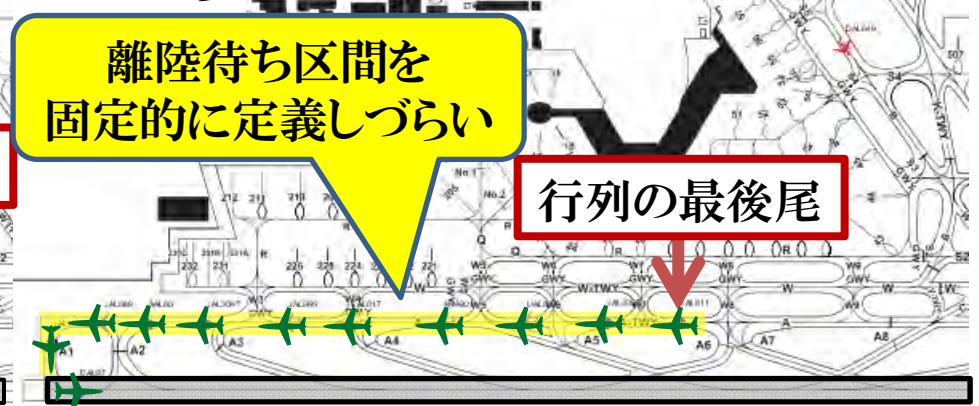
18:40ごろ



11:50ごろ

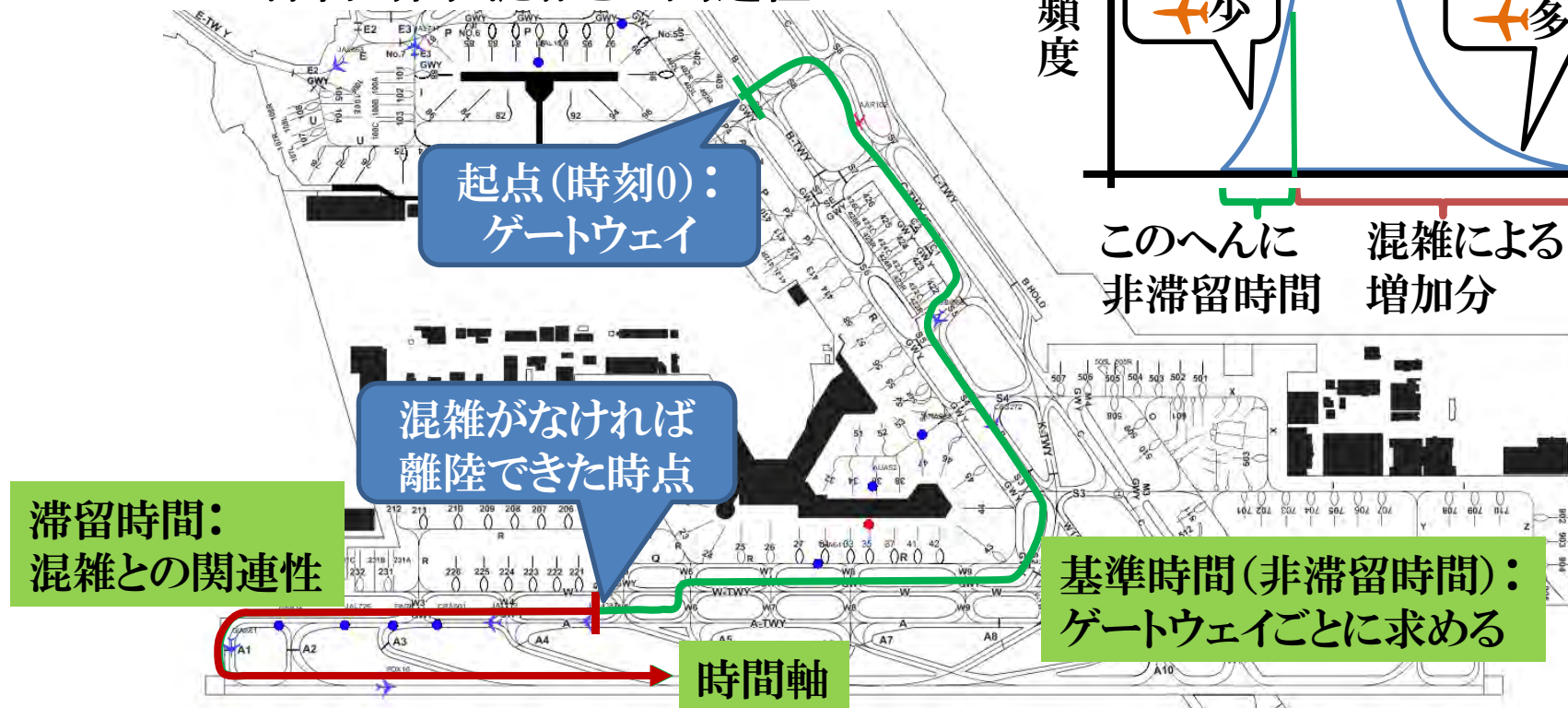
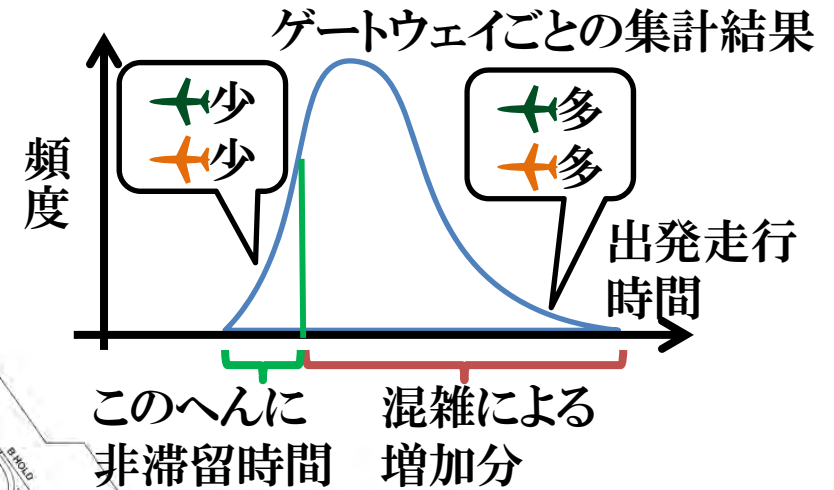


18:50ごろ



提案手法：基本的なアイデア

- 滞留と非滞留を時間的に分ける
 - 空間的に分けるのが困難なため
 - 非滞留時間と滞留時間それぞれの特徴を分析
 - 非滞留時間：混雑に依存しない
 - 滞留時間：混雑との関連性



走行時間モデル式

出発走行時間 $T_d = U_g + K_Q \times Q_d + K_L \times L_d$

ゲートウェイから
離陸まで

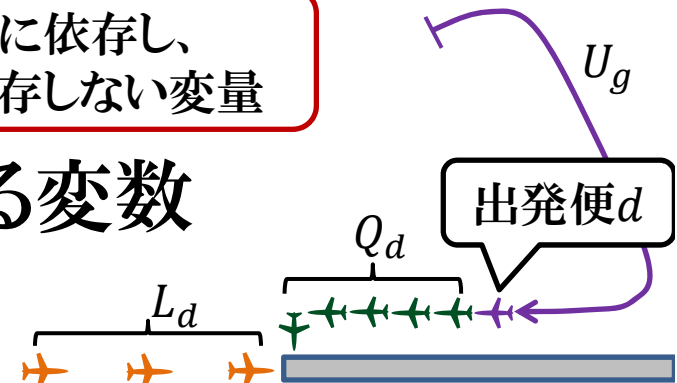
ゲートウェイのみに依存し、
混雑に依存しない変数

滞留の要因のみに依存し、
ゲートウェイに依存しない変数

- 混雑変数：混雑状況を数値化する変数

- 今回用いた主な候補

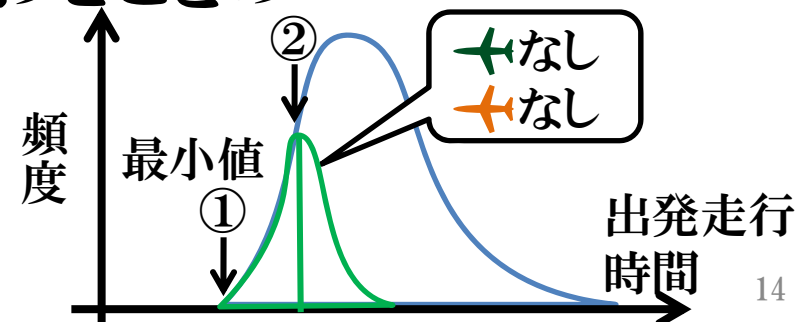
- Q_d ：離陸待ち行列の長さ
- L_d ：離陸待ちの間に着陸した到着便数(干渉着陸数)



- 基準値 U_g (非滞留時間) の選び方に工夫が必要

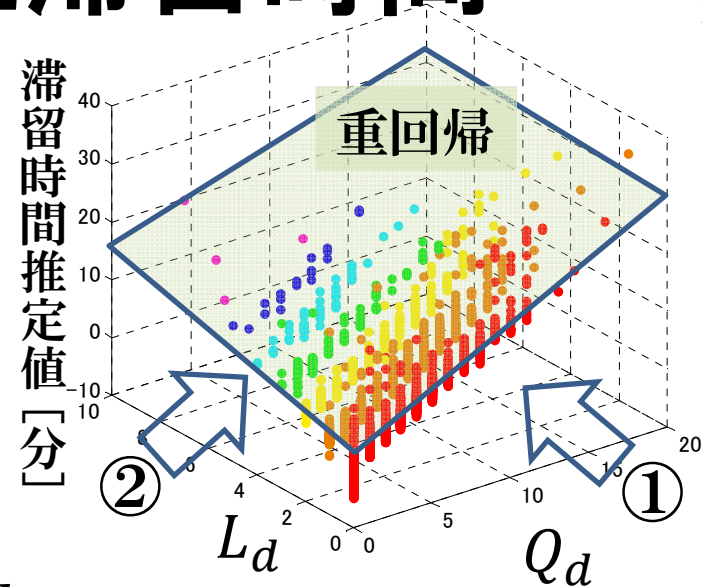
- ゲートウェイと滑走路の組み合わせごとの...

- ① 出発走行時間の最小値
- ② $Q_d = L_d = 0$ である出発便の出発走行時間平均値



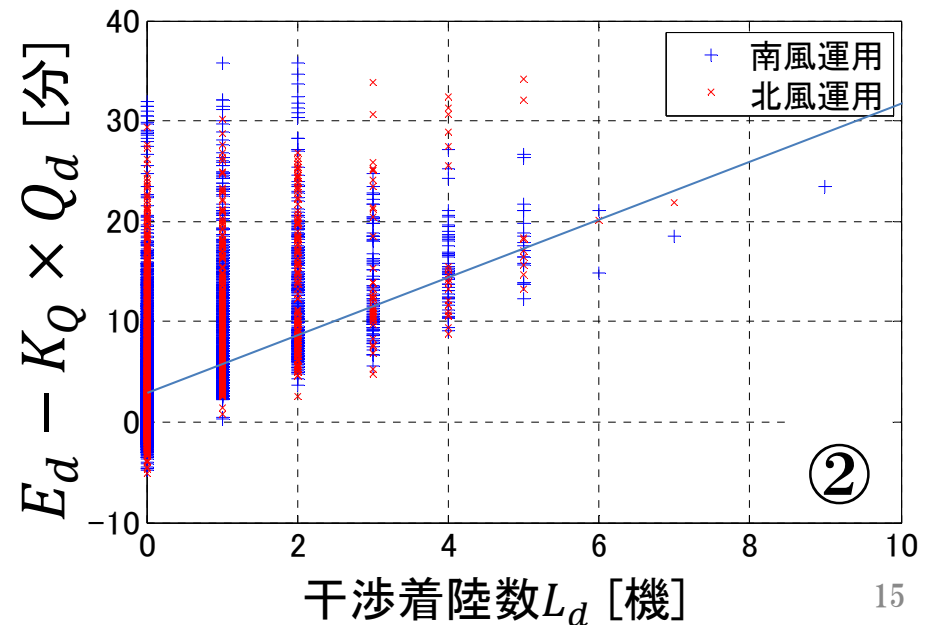
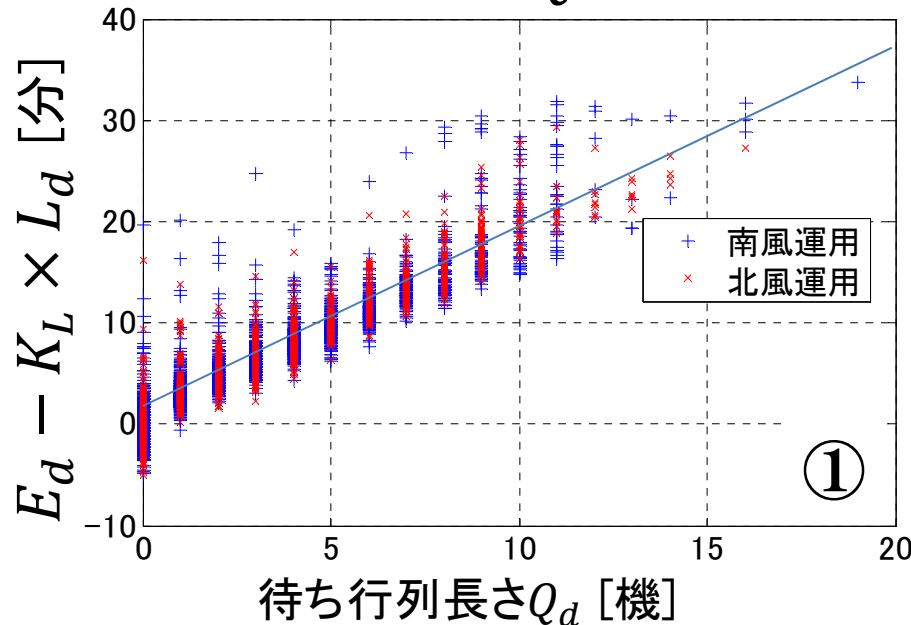
分析結果: Q_d , L_d と滞留時間

- 明瞭な関連性が確認された
 - 滞留時間 E_d
 - 混雑変数 Q_d, L_d



滞留時間 E_d の重回帰モデル式

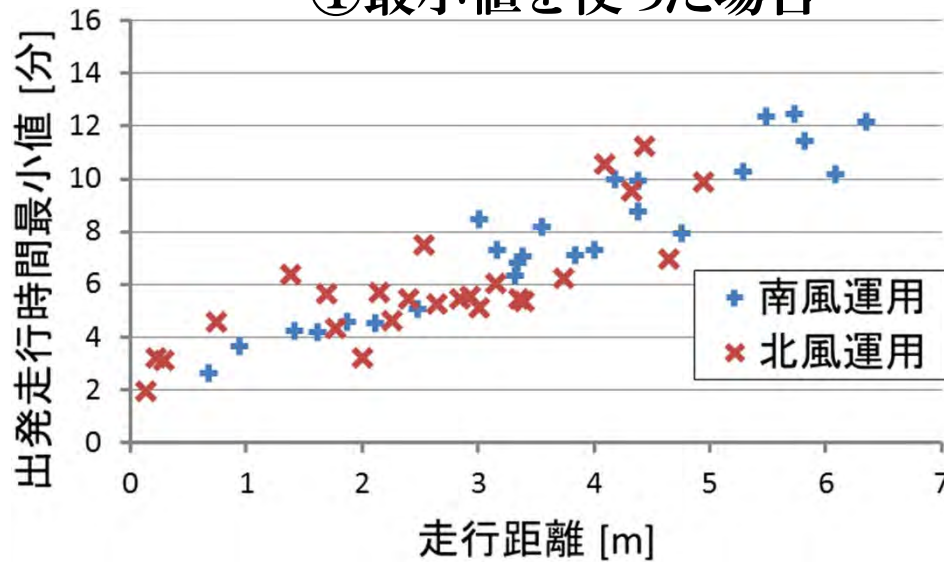
$$E_d = K_Q \times Q_d + K_L \times L_d$$



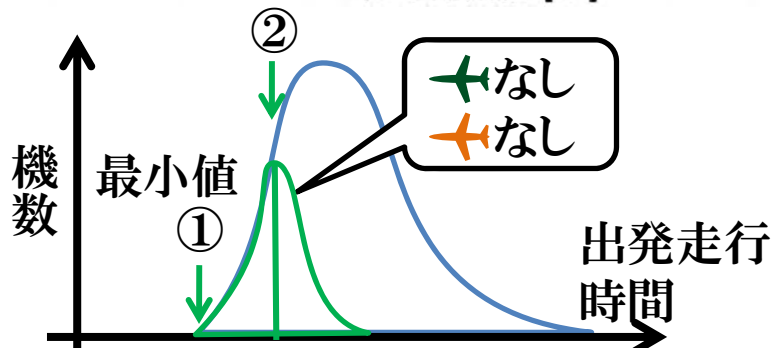
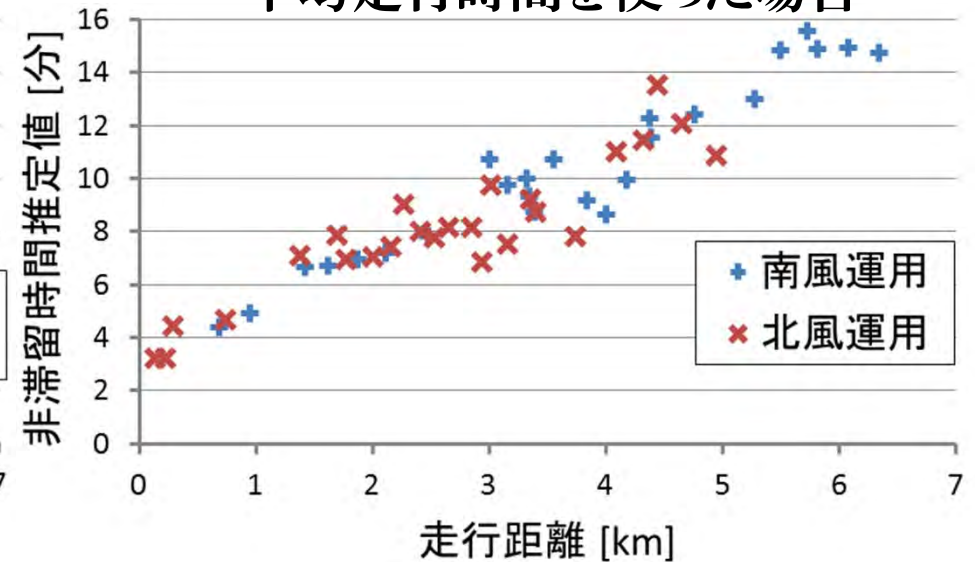
分析結果： U_g について

- ゲートウェイから滑走路までの走行距離におおむね比例する値

①最小値を使った場合



② $Q_d = L_d = 0$ の出発便の平均走行時間を使った場合



↓

比例関係がより明瞭！

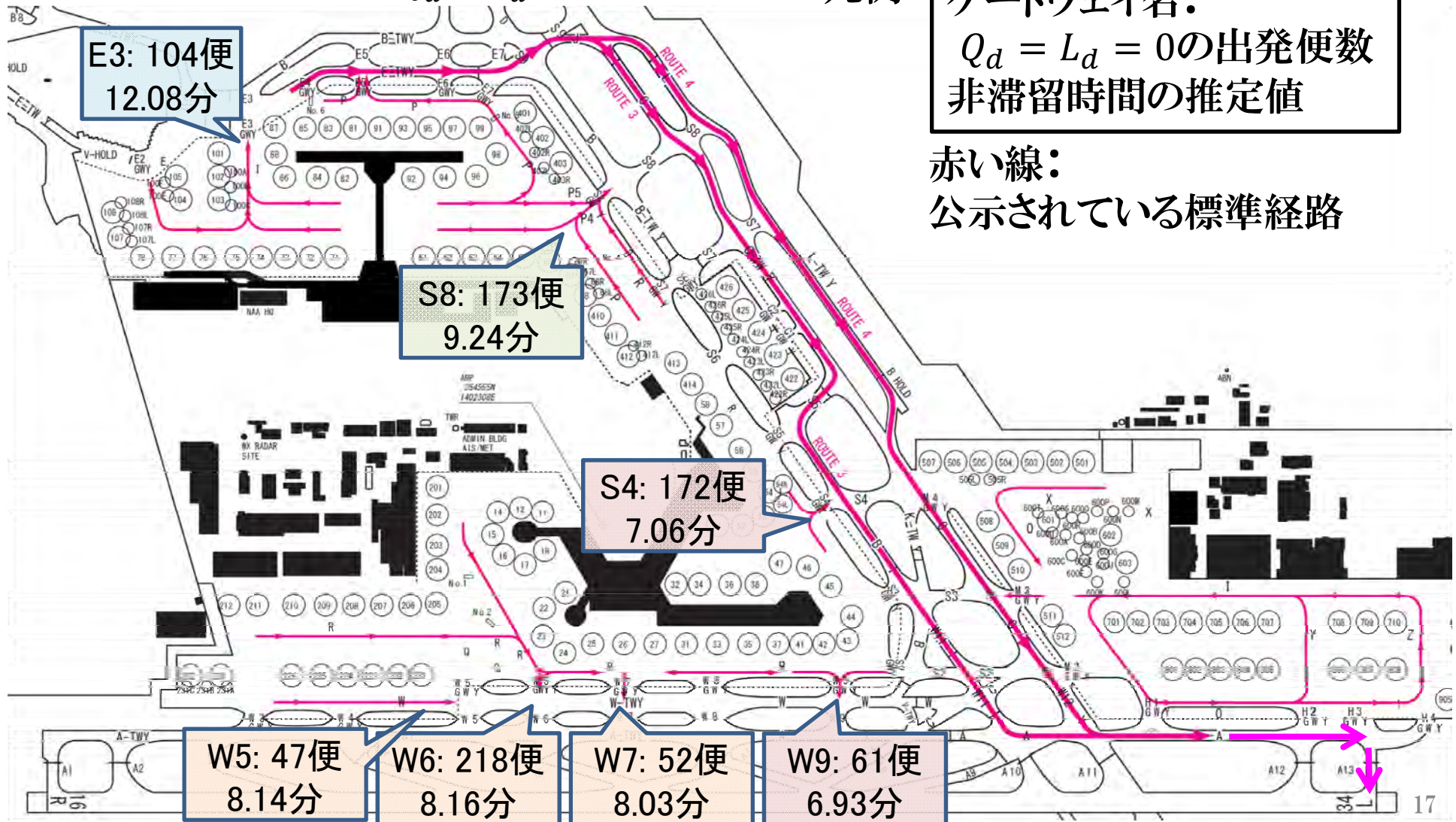
各ゲートウェイからの非滞留時間 U_g (北風運用)

28日分の出発便2,678便のうち
1,063便が $Q_d = L_d = 0$

凡例

ゲートウェイ名:
 $Q_d = L_d = 0$ の出発便数
非滞留時間の推定値

赤い線:
公示されている標準経路



各ゲートウェイからの非滞留時間 U_g (北風運用)

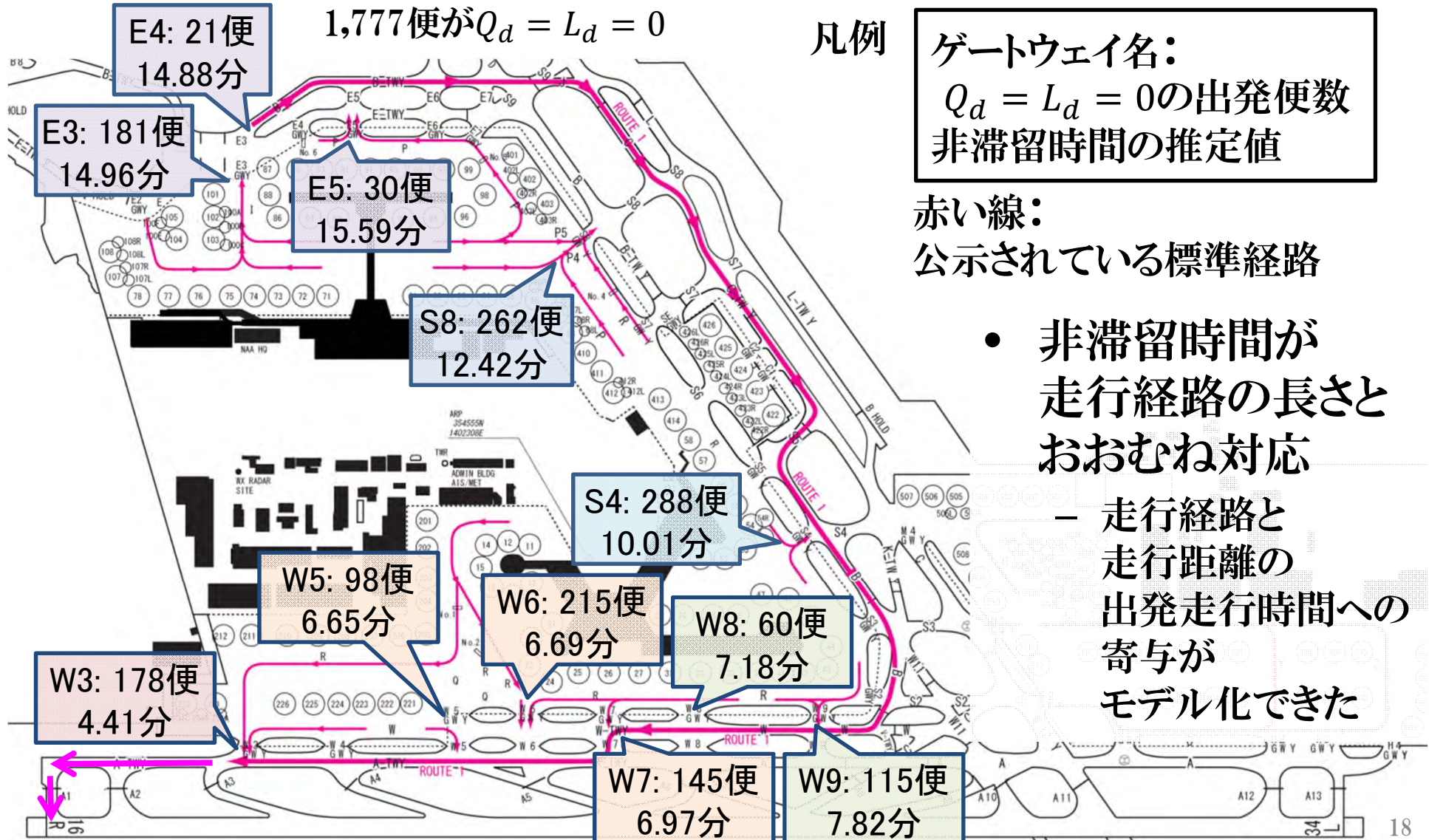
28日分の出発便4,797便のうち
1,777便が $Q_d = L_d = 0$

凡例

ゲートウェイ名:
 $Q_d = L_d = 0$ の出発便数
非滞留時間の推定値

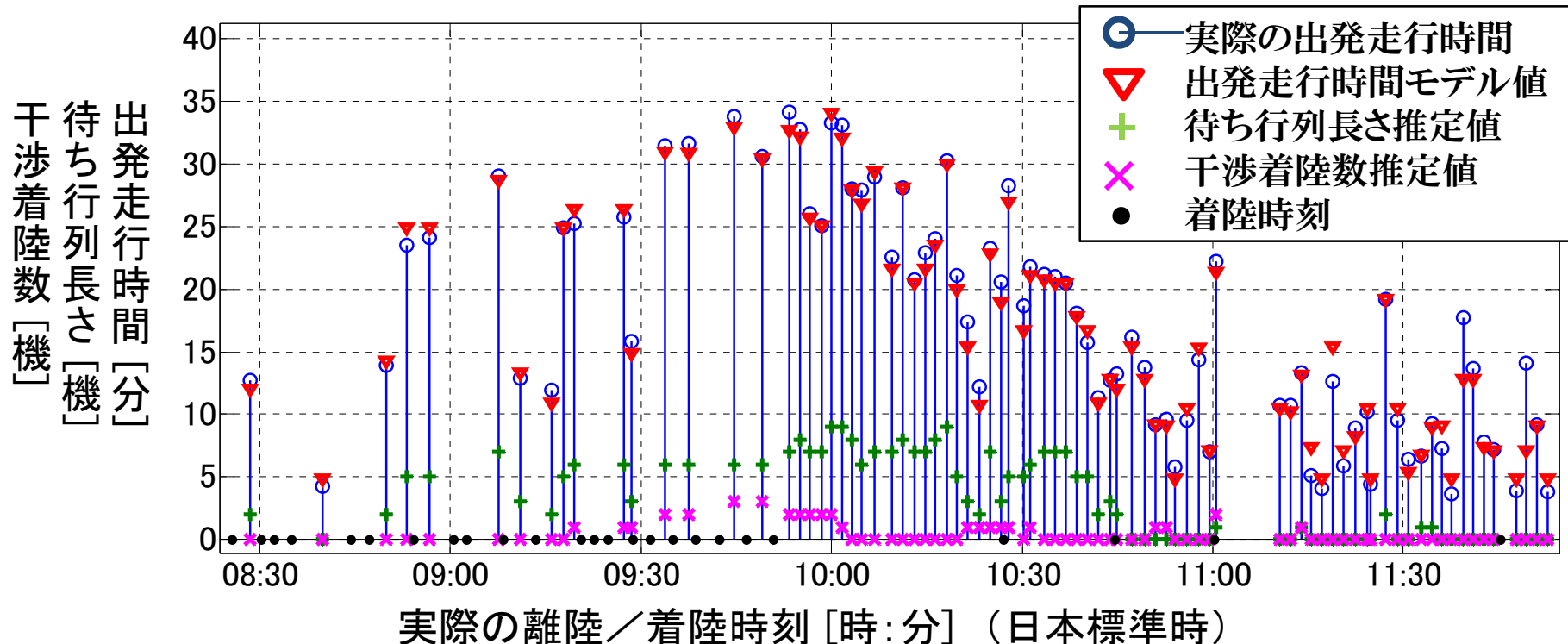
赤い線:
公示されている標準経路

- 非滞留時間が
走行経路の長さとおおむね対応
- 走行経路と
走行距離の
出発走行時間への
寄与が
モデル化できた



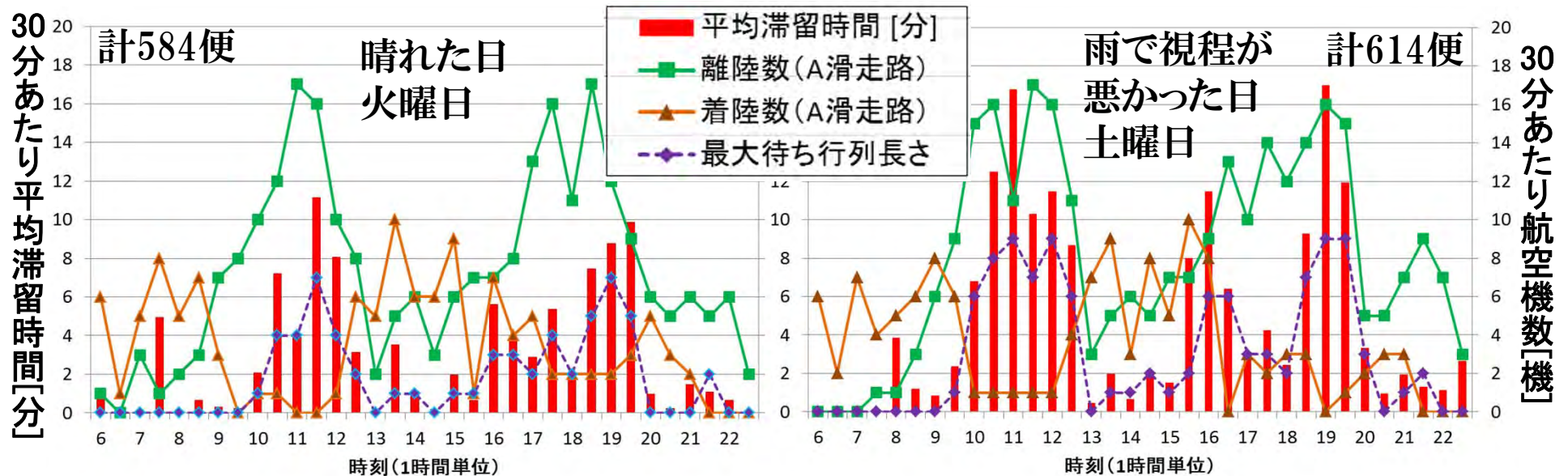
モデル式の性能

- 重回帰の決定係数(R^2): 0.9以上
 - Q_d と L_d で滞留の原因をほとんど網羅している
- 95%の場合で、 ± 3.3 分以内の誤差で
出発走行時間を再現



今後の展望

- 滞留時間の評価指標への応用
- 出発走行時間予測への発展
 - 滞留時間に影響する他の要因の洗い出し
- エプロン走行時間のモデル化
 - スポット出発時に離陸時刻を予測できるようにする



30分あたり平均滞留時間を時系列で表示した例

まとめ

- ゲートウェイ通過から離陸までの出発走行時間について分析
- 出発走行時間モデルの構造
 - ゲートウェイごとの非滞留時間 + 混雑による滞留時間
- 滞留時間に影響する主な混雑要因
 - 離陸待ち行列の長さ
 - 離陸待ちの間に着陸する到着便数(干渉着陸数)
- 高い精度でモデル化が可能
 - 滞留時間の評価への応用
 - 出発走行時間予測への応用