

講演番号 8

成田空港の スポット出発時刻調整の 適用条件に関する考察

航空交通管理領域

山田 泉

発表の構成

1. 成田空港におけるスポット出発時刻調整(ゲートホールド)の概要
(背景と目的)
2. 現行のゲートホールドの分析とモデル化
 1. 交通量累積図による分析
3. ゲートホールドの性能向上の要件
 1. 滑走路の捌け方の知識を用いた間隔付け
 2. 滑走路への到来タイミングを均一化する順序付け
 3. 性能向上の要件に関する評価
4. まとめ

背景と目的：
成田空港における
スポット出発時刻調整
(ゲートホールド)の概要

成田空港の運用の特徴

1対の平行滑走路

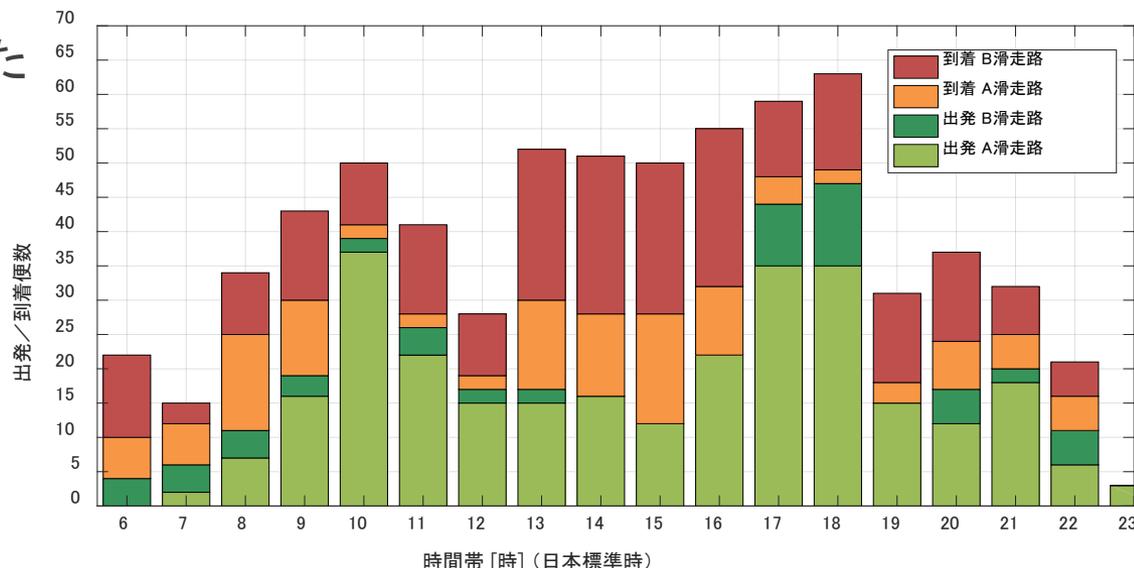
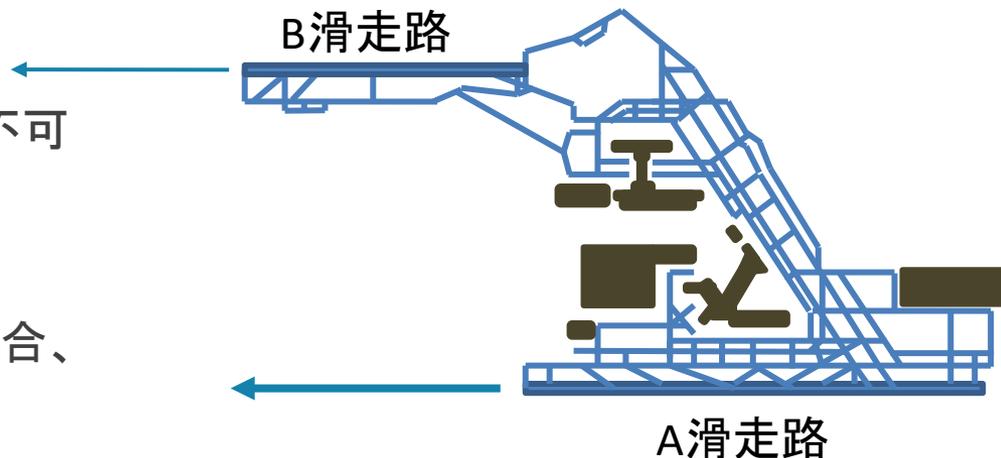
- 同時平行出発方式: 気象条件により不可 (2015年度以降、年間1割程度の日)

際立った出発ピーク

- 同時平行出発方式が運用できない場合、A滑走路に出発便が集中

今回の検討対象

- 同時並行離陸が行われなかったある1日の交通状況

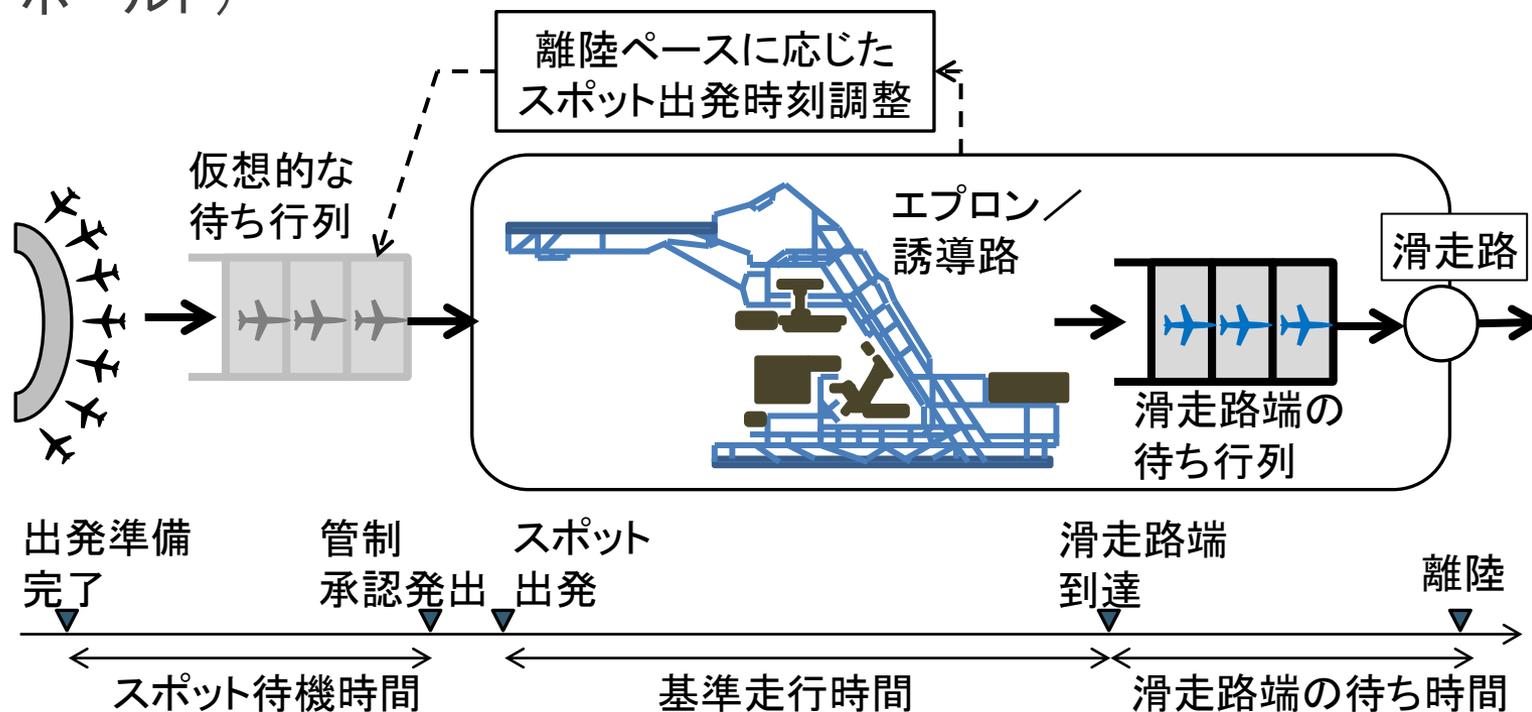


現行の管制で行われているスポット出発時刻調整

空港面における主な滞留

- 出発ピーク時間帯の離陸待ち行列
- 同時平行出発が不可の場合に影響が大きい

誘導路の混雑を防ぐため、出発準備完了済みの出発便をスポットで待機させる（ゲートホールド）



先行研究と課題～本発表の目的

下記2つの量が、平均的には殆ど等しくなることをシミュレーションにより確認

- 現行通りにゲートホールドした場合の、ゲートホールド時間+滑走路端の待ち時間
- 現行通りのゲートホールドを全く行わない仮定における、滑走路端の待ち時間

ゲートホールドのダイナミクスについて、さらに踏み込んだ理解が必要

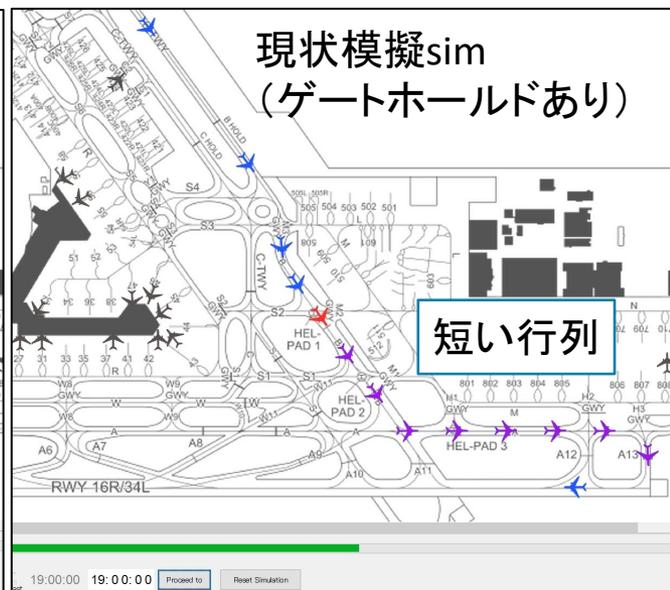
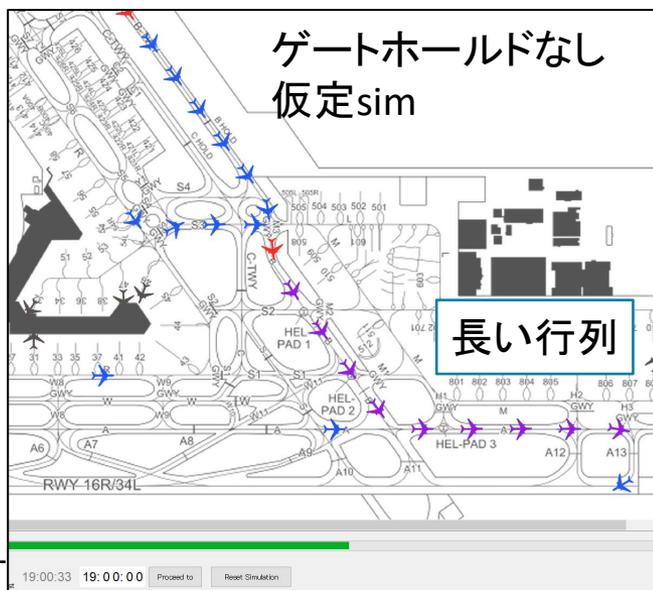
- ゲートホールドの性能向上のための要件出し、どう性能向上できるか

GHなし
仮定

現状模擬
(GHあり)

滑走路端の待ち時間

ゲート
ホールド
滑走路端の
待ち時間



出発便の待ち時間

ゲートホールドの分析

ゲートホールド: 手順の詳細

ゲートホールドを行っている人

- 管制塔(クリアランス・デリバリ席)

トリガー

- 出発準備完了の通報
- そのときの混み具合

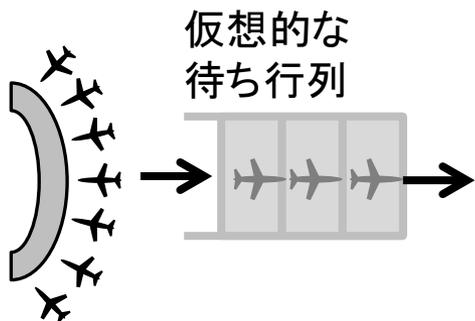
手順

- 出発準備完了の通報を受ける
- 管制承認発出時刻に間隔を付ける

運航票の
記載例

準備完了 / 管制承認発出

DEP198	17:59/17:59	2分
DEP199	18:00/18:01	
DEP200	18:01/18:03	2分
DEP201	18:02/18:05	
DEP202	18:03/18:07	2分
DEP203	18:04/18:08	
DEP204	18:05/18:10	2分

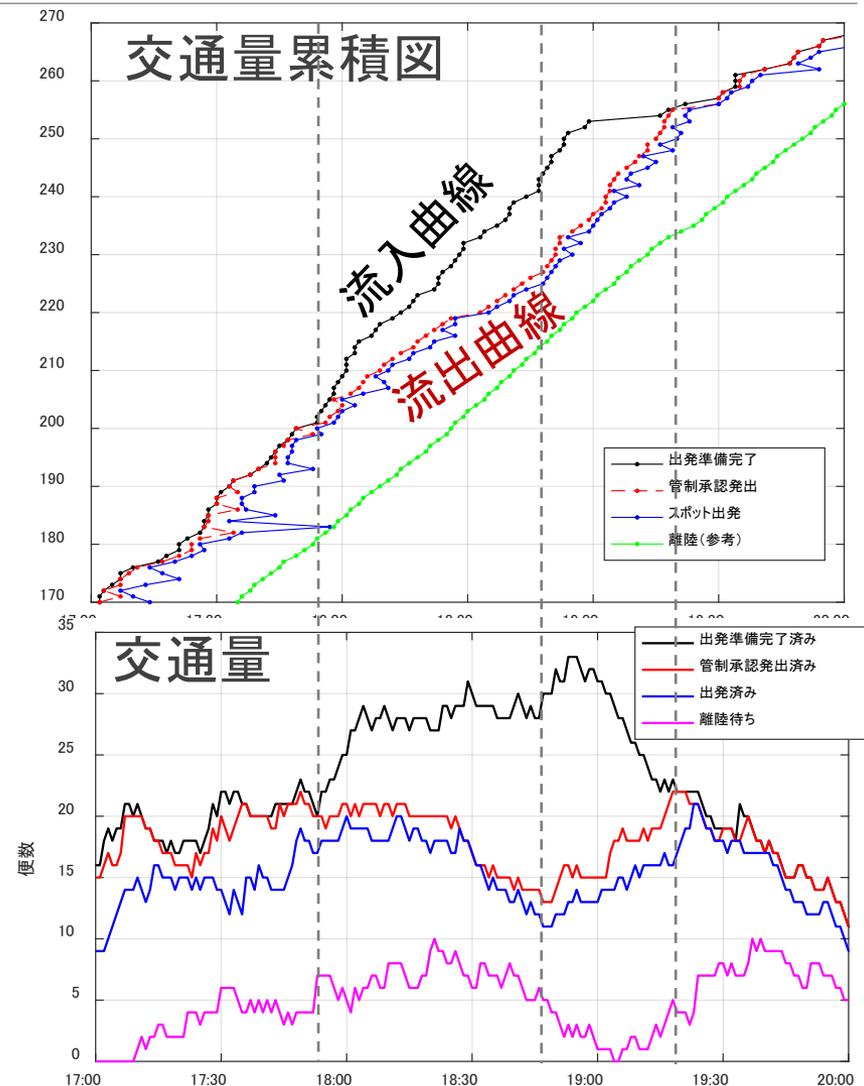


ゲートホールド(仮想的な待ち行列)の特徴

夕方に同時平行出発方式が運用できず、ゲートホールドが行われた日の実績データ(運航票、航跡)の分析

交通量累積図および交通量の時間変化から読み取れる特徴

- ほぼ先入れ先出し(First In, First Out)
- 出発準備完了の通報順に管制承認発出
- ゲートホールド開始のトリガー
- 地上走行中の出発便数が多い: 20機近く
- 出発準備完了の通報頻度が多い: 離陸の頻度を上回る程度の状態が継続している
- 開始後の振る舞い: 管制承認発出のペースを一定にしようとしている
- 概ね、離陸と同程度のペース
- 途中でペースを切り替える場合がある



ゲートホールドの性能向上の 条件に関する検討

問題意識

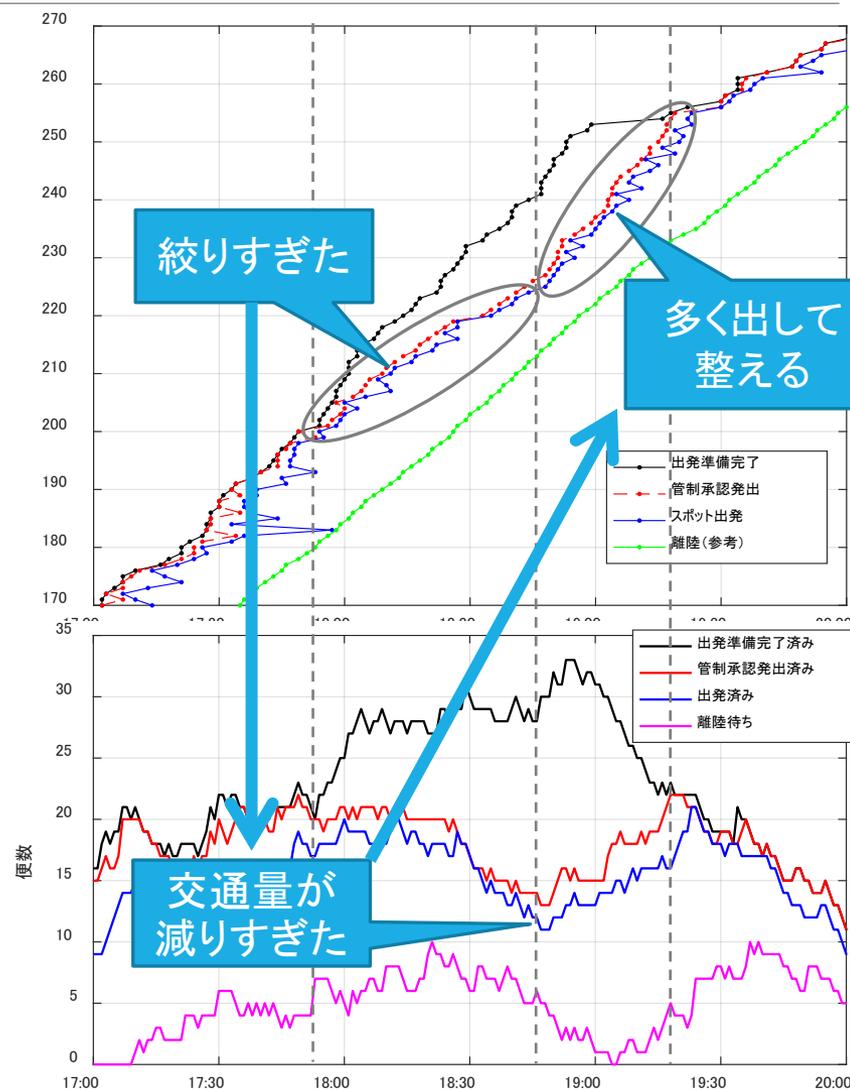
ゲートホールド対象の出発便全体では
ゲートホールド時間の分だけ
滑走路端の待ち時間は抑制されているが...

ゲートホールドの効果が一様でない

- 18:45までに管制承認発出の出発便
 - おおむね2分に1機の管制承認
 - ゲートホールド時間が長くなっていく
 - 滑走路端の待ち時間が短くなっていく
- 18:45以降に管制承認発出の出発便
 - おおむね1分に1機の管制承認
 - ゲートホールド時間が短くなっていく
 - 滑走路端の待ち時間が長くなっていく

「絞りすぎ」の意味するところ:

- 管制承認発出の間隔が、滑走路の捌け方の
実況値に比べて長すぎた



滑走路の捌け方の知識を明示的に用いれば...

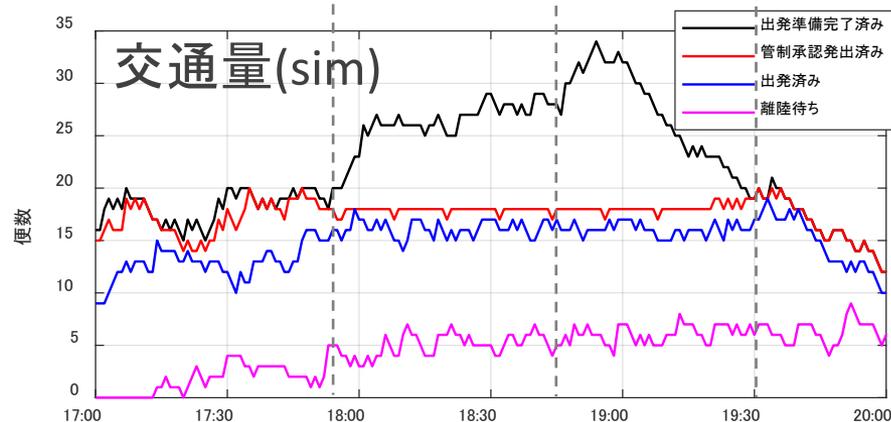
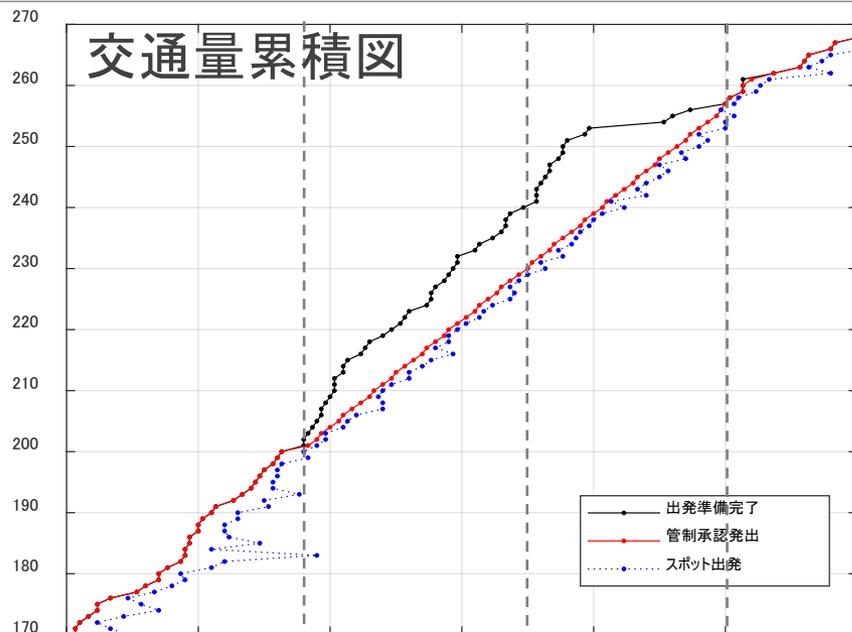
間隔付けのパラメータに、離陸間隔の値をそのまま用いる

- 現状模擬シミュレーションにおいて、離陸間隔として用いた値 = 103秒
- 間隔付けのパラメータを103秒に

シミュレーション結果：
ゲートホールド開始以降、管制承認
発出済みの便数の変化が平坦になった

滑走路端の離陸待ち便数が
5±2便程度に平準化された

間隔再設定sim



さらに改善の余地

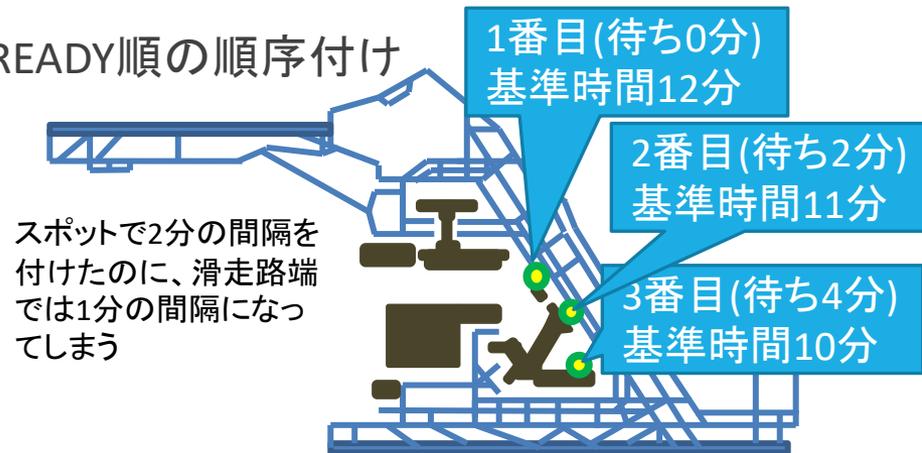
出発準備完了の通報順に間隔を付けて管制承認を発出する場合の弱点

- 滑走路端の待ち行列に並ぶタイミングに間隔が設定されとは限らない
- 基準走行時間がスポットごとに異なるため
↓
- 滑走路端の待ち行列に並ぶタイミングに粗密の不均一を生じる
- あるときは行列が長くなり、あるときは短くなる
- 行列の長さが一定にならない

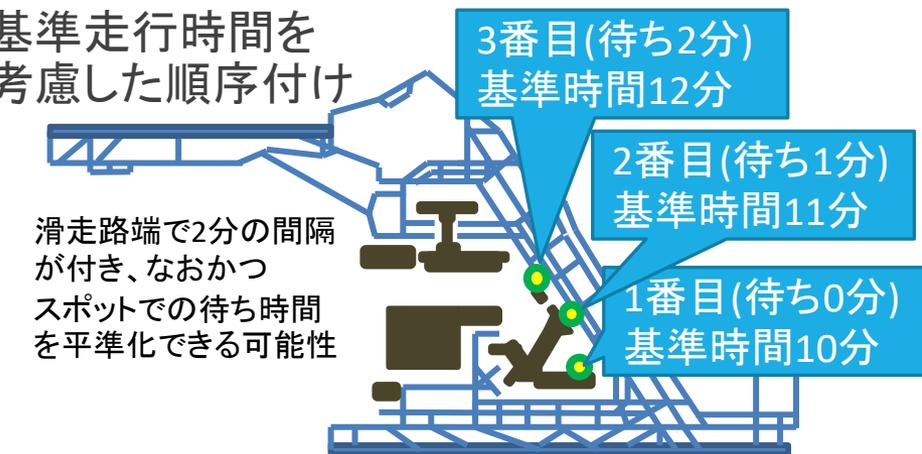
行列に並ぶタイミングに対して順序・間隔付けができれば、行列の長さを一定に保てる可能性

例: 3便がほぼ同時に出発準備完了となったとき

READY順の順序付け



基準走行時間を考慮した順序付け



滑走路到来に対する順序・間隔付け

出発準備完了時刻＋基準走行時間の時刻の順に順序付けする

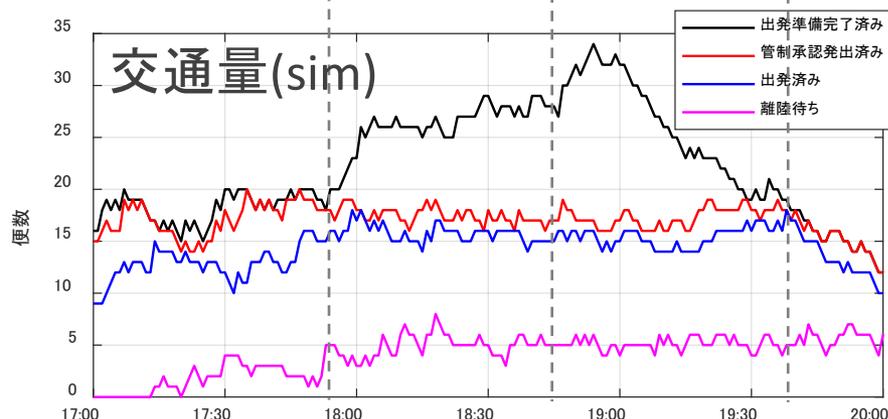
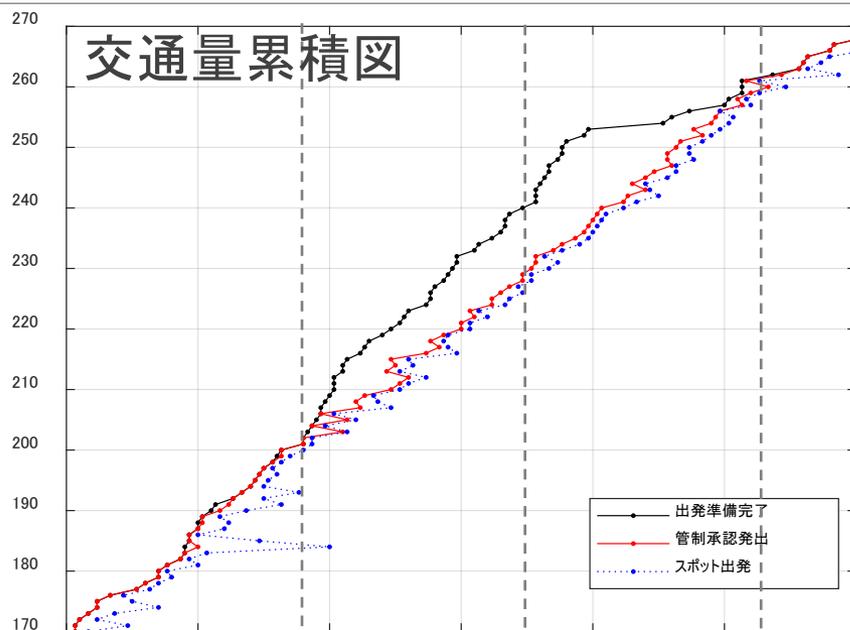
- 出発準備完了順ではない順序付け：
滑走路までの基準走行時間を加味した
出発準備完了通報順
- スポットごとの基準走行時間の差異の幅
(20分程度)だけ前には出発準備完了
時刻がわかることを仮定

じつはDMANの基本的な機能に
ほかならない

シミュレーション結果：
滑走路端の待ち行列の長さが
5±1便程度までに平準化された

- 間隔再設定simよりもさらに平坦になった

順序・間隔再設定sim



性能評価(1/2)

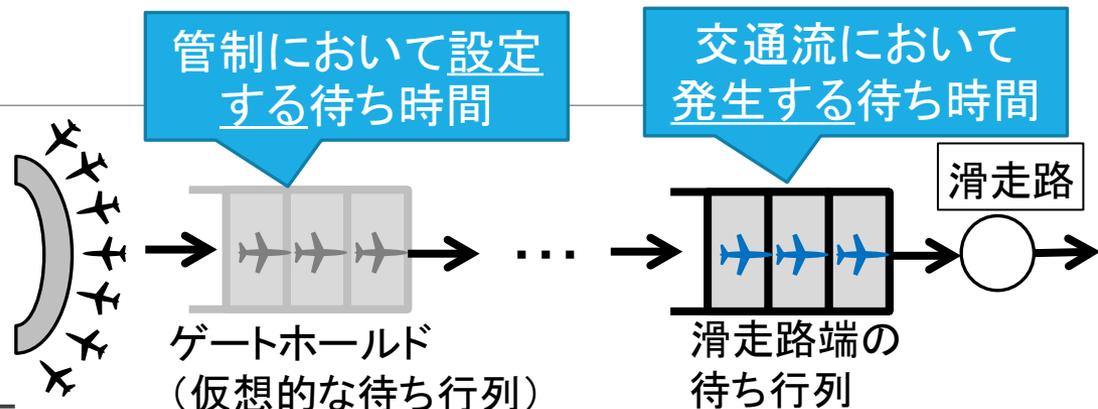
2種の待ち時間の総量の比較

- ゲートホールド時間
- 滑走路端の待ち時間

2種の待ち時間の総和はほぼ不変

- 滑走路に無駄な空きが生じない範囲で絞っているため
(先行研究において確認済の性質)

各待ち時間それぞれの総和は数%程度だけ変化



待ち時間の総和:ゲートホールド対象便を含む夕方の出発便80便

Sim条件	ゲートホールド時間 [分]	滑走路端の待ち時間[分]	合計
現状模擬	878	705.6	1583.6
間隔再設定	840 (-38,分 -4.3%)	741.6 (+36.0分, +5.1%)	1581.6 (-2.0分)
順序・間隔再設定	914 (+36分, +4.1%)	664.4 (-41.2分, -5.8%)	1578.4 (-5.2分)

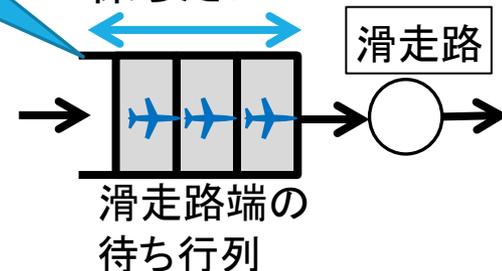
性能評価(2/2)

滑走路端の待ち時間

- ゲートホールドの結果として、系の最下流で変化する量(制御量)
- 評価軸: バラツキ(標準偏差)
 - バラツキが小さいほど、滑走路端の待ち時間を予測しやすくなる
⇒交通流の時間管理においてメリット

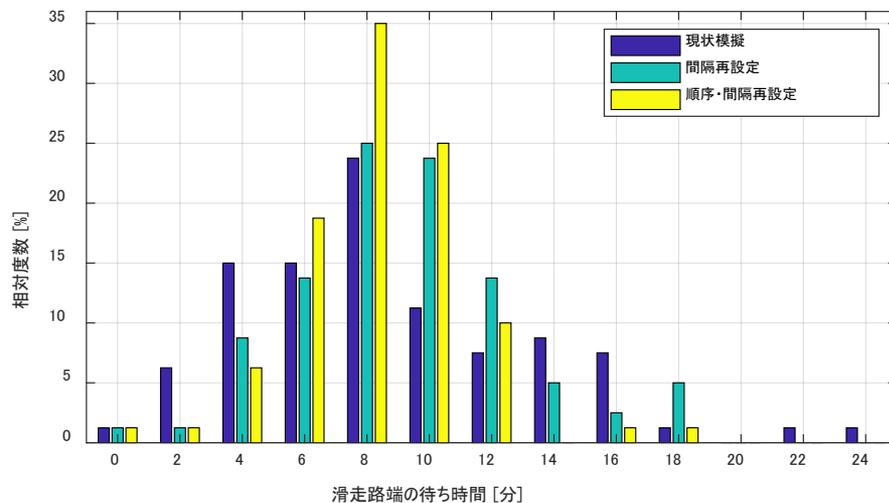
交通流において発生する待ち時間

なるべく一定の長さに保ちたい



滑走路端の待ち時間の標準偏差:
191便目から270便目まで

Sim条件	標準偏差 [分]
現状模擬	4.67(:=100%)
間隔再設定	3.62 (70.7%)
順序・間隔再設定	2.70 (54.8%)



現行のゲートホールドに比べ、約半分まで待ち時間のバラツキを低減できる可能性が示された

まとめ

成田空港におけるスポット出発時刻調整(ゲートホールド)の分析

- 出発準備完了通報順のFIFO(First In, First Out)
- 離陸と同程度の間隔で管制承認を発出する間隔付け

ゲートホールドの性能向上の要件

- 滑走路の捌け方の実況値を間隔付けのパラメータに用いれば、滑走路端の待ち行列の長さがほぼ一定となる (間隔再設定)
- 滑走路に到来するタイミングが均一になるよう順序を付ければ、待ち行列の長さの変動がさらに滑らかとなる (順序・間隔再設定)

性能向上の中身: 今回のデータ(1日分)の場合

- ゲートホールド時間 + 滑走路端の待ち時間の総和はほぼ不変
- ゲートホールド時間、滑走路端の待ち時間それぞれの総和は数%程度変化
- 滑走路端の待ち時間のバラツキが大幅に減少 (順序・間隔再設定)
⇒ 交通流の時間管理においてメリット

今後の課題

性能向上のキーとなる情報：滑走路の捌け方の実況値

- 現実には、日々異なり、かつ、事前に知ることが難しい
- 変動要因と考えられるもの
 - 後方乱気流管制方式が適用される割合
 - 風、視程など気象条件による滑走路占有時間の変化 等

現行のゲートホールドとDMANとを相互運用可能にする工夫

- 管制塔における手作業により、DMANと同等の交通管理性能を持つには？
 - 紙(運航票)と電卓で出来る程度の簡易な手順
 - たとえばDMANに不具合が生じた際に、復旧するまで臨時の対応を可能にするには？

滑走路の捌け方の不確かさを前提とするスケジューリング手法

- 3つの量をとともに小さくする最適化
 - ゲートホールド時間の総和： 管制において設定する待ち時間を小さくしたい
 - 滑走路端の待ち時間の総和： 小さくしたい制御量 その1
 - 滑走路端の待ち時間のバラツキ： 小さくしたい制御量 その2