

# 11. 進入経路上における 管制間隔の気象の影響評価

航法システム領域 吉原 貴之、藤井 直樹  
航空交通管理領域 瀬之口 敦

# 発表内容

- はじめに
  - 空港処理容量の拡大
    - 安全の確保と着陸間隔の短縮
  - 新たな航法システム、管制方式の導入評価
    - 高カテゴリGBAS、Time-based Separation (TBS)
  - 着陸間隔のデータベース化
- 着陸間隔の解析
  - 航空機監視レーダーの航跡
  - 気象データとの関連
- 算出した着陸間隔の基本特性の確認
  - 羽田空港の運用
  - 着陸間隔と気象条件
- まとめと今後の課題

# はじめに

## 空港処理容量の拡大：着陸間隔の短縮

- 着陸間隔に関わる制約の例
  - 後方乱気流管制方式
    - 航空機重量に対応した4つのカテゴリと先行機と後続機の組合せ
  - ILS(計器着陸装置)
    - CSA(クリティカル・センシティブ・エリア)の保護
- 管制間隔短縮への期待
  - RECAT 1(Re-categorization phase 1):カテゴリの詳細化、見直し
  - 時間ベースの管制間隔(Time-based separation; TBS)の導入
    - 距離ベースの管制間隔:向い風が強いと対地速度が遅くなる  
→ 同じ距離を進む所要時間が長くなるため容量低下
    - 時間ベースの管制間隔にすることにより容量低下を防ぐ
  - GBAS (Ground-based Augmentation System)
    - CSAを必要としない

# はじめに

## 目的

- 混雑空港における着陸間隔の解析
  - 気象条件の影響評価: 向い風、横風、視程等
  - 気象条件と安全マージンの相関をモデル化
  - 到着進入経路における交通流の定量的な評価と課題の抽出
- 長期的視点
  - 新たな管制方式、航法システムの導入評価
    - RECAT、TBS、GBAS等
    - 現状を踏まえた交通流のシナリオ作成
  - データベース化による事例の積み重ね
    - 着陸間隔に影響を与える気象条件・指標の特定
    - 安全性評価

# 着陸間隔の解析

## 航空機監視レーダーによる航跡

### ■ 羽田空港近辺の航跡データ

- 国土交通省航空局交通管制部からご提供をいただいた航空機監視レーダー(ARTS; Automated Radar Terminal System)データ使用

### ■ 着陸間隔の算出

- 時間間隔: 高度400ft(滑走路端から約2km手前)の通過時刻を基準
- 距離間隔: 先行機が高度400ftを通過した時の後続機との幾何学距離

### ■ 着目する付帯情報

- 航空機型式
- 着陸滑走路、定点通過時刻
- 対地速度  
(将来的には対気速度を含む)

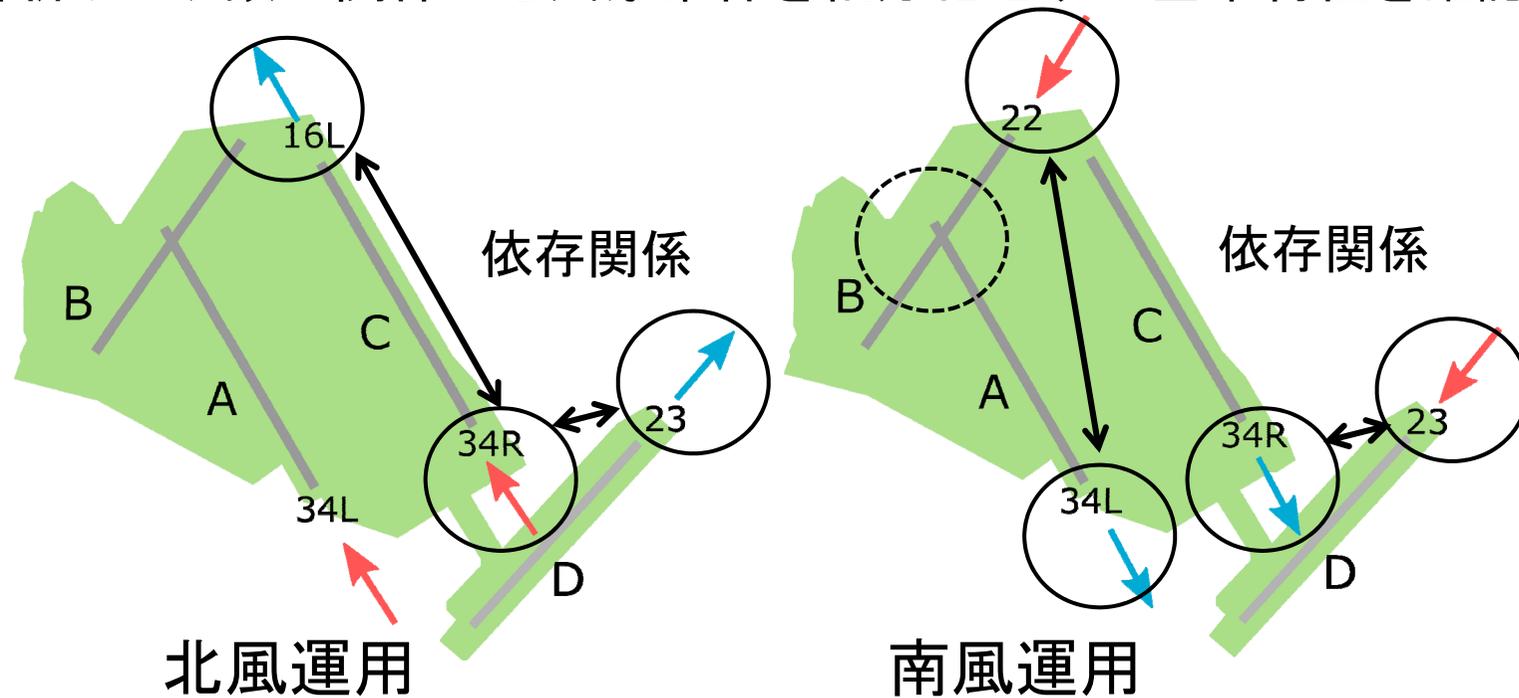
| No. | データ期間(35日)     |
|-----|----------------|
| 1   | 2015年5月11日~17日 |
| 2   | 2015年7月13日~19日 |
| 3   | 2015年9月14日~20日 |
| 4   | 2015年11月9日~15日 |
| 5   | 2016年1月11日~17日 |

# 着陸間隔の解析 気象データとの関連

- 着目する気象擾乱
  - 進入方向の向い風、横風(将来的には経路上の風のシア含む)
  - 視程
  - 滑走路面の状態等
- 気象庁が提供するアメダス観測点(羽田)
  - 風向、風速、降雨、気温の10分毎の観測値
- 飛行場実況気象通報式(METAR、SPECI)
  - 滑走路視距離、雲低高度、気圧(QNH)等
- 着陸間隔データ毎に気象データと関連付ける
  - 任意の気象条件を指定するとそれに対応する着陸間隔群を抽出することが可能(例:向い風3m/s以上かつ降雨なし等)

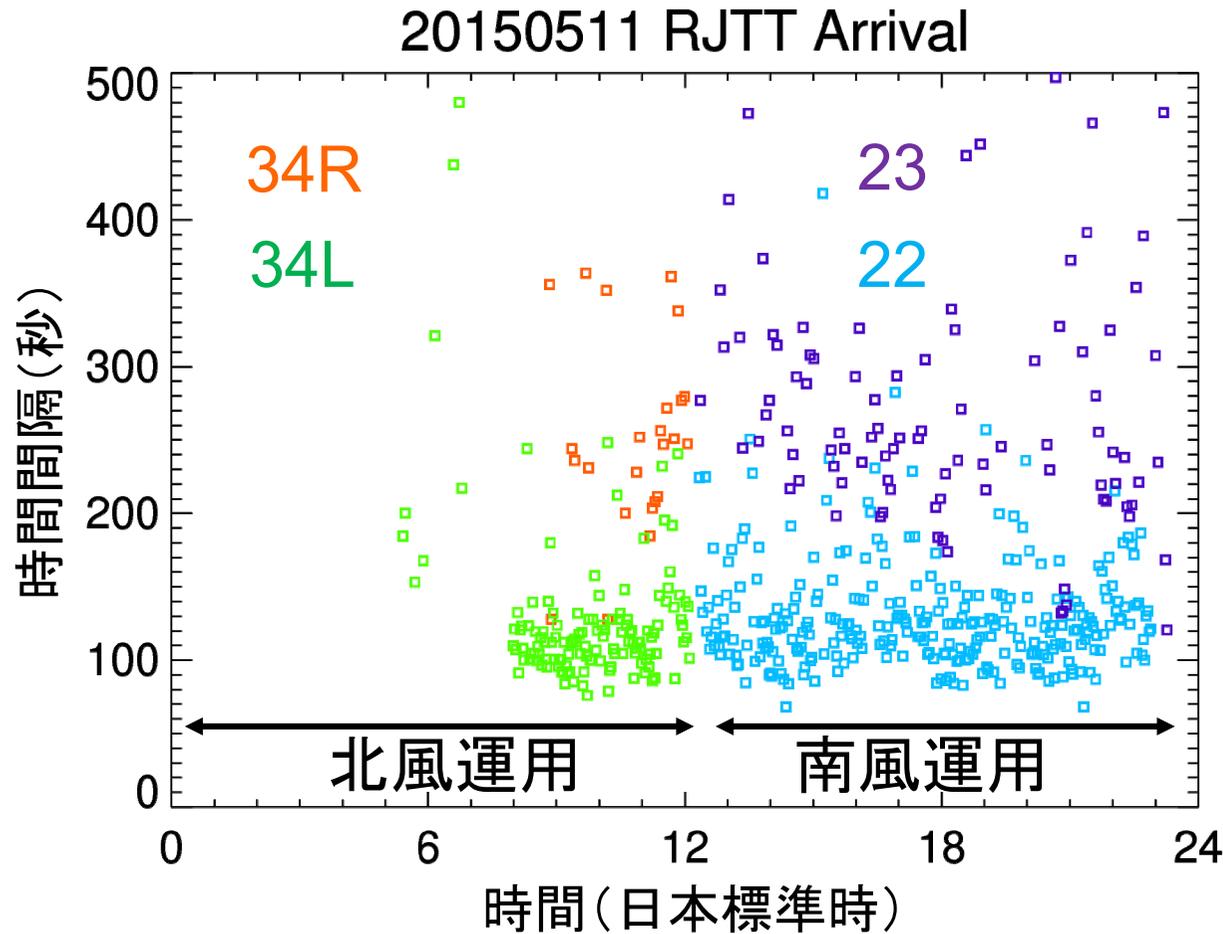
# 算出した着陸間隔の基本特性の確認 羽田空港

- 混雑空港：離着陸容量は年間447,000回
- 滑走路運用：北風および南風運用
- 離陸・着陸滑走路間に依存関係が存在するものもある
- 解析データ数の関係から気象条件を細分化せずに基本特性を確認



# 基本特性の確認

## 時間間隔の算出例(2015年5月11日)

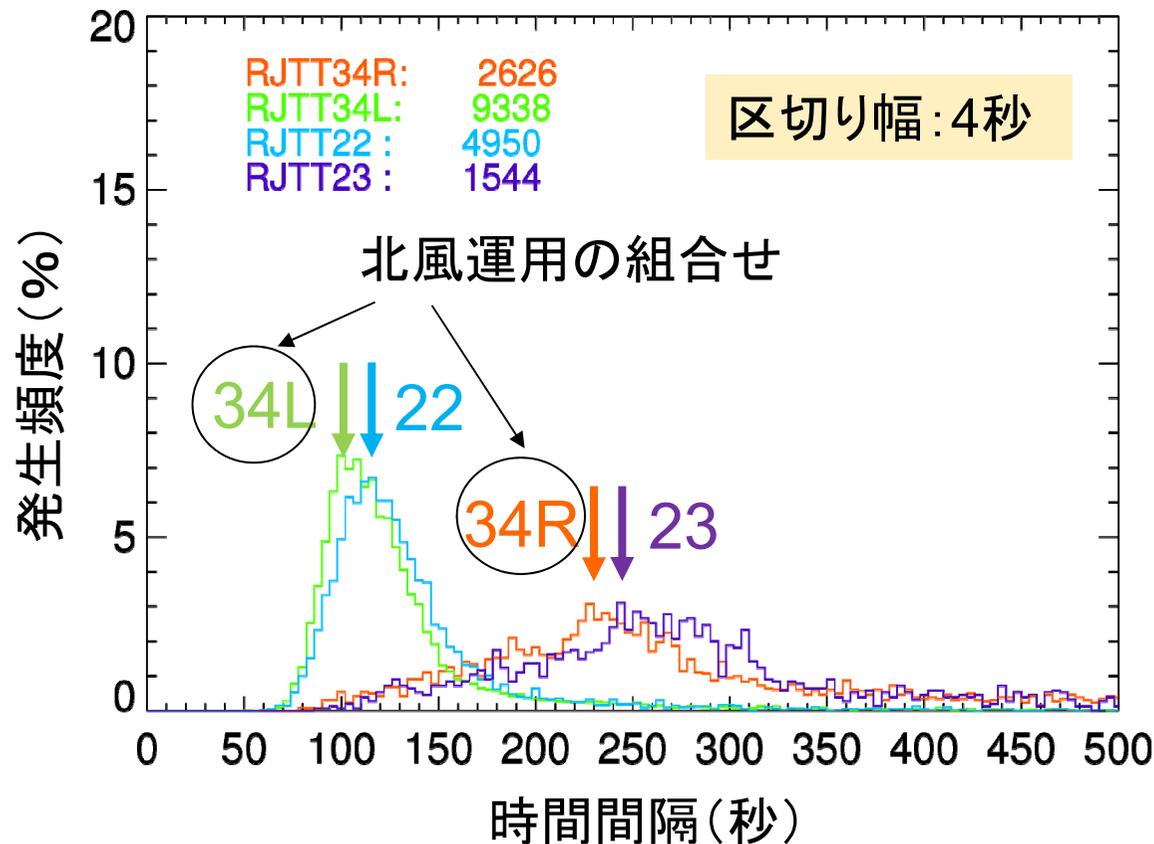


- 滑走路運用の切り替え
- 12時過ぎ
- RWY34Rと23
- 離陸滑走路との依存関係がある
- 時間間隔がRWY34L、22に比べて広く分布している

# 基本特性の確認

## 滑走路毎の時間間隔の発生頻度分布

滑走路毎の時間間隔(35日分)

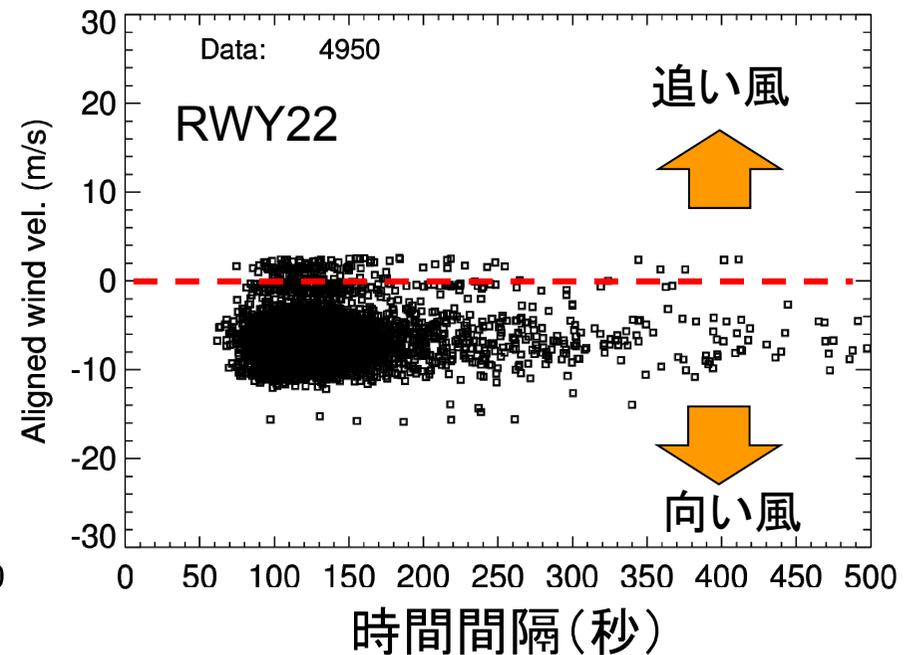
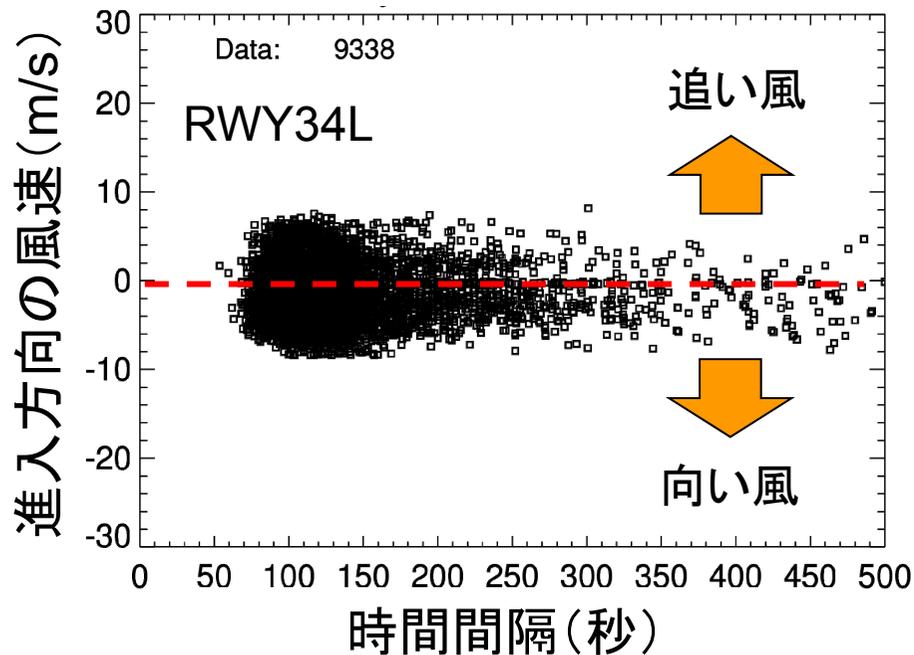


- RWY34L
  - 頻度分布のピークとなる時間間隔が最小
  - 着陸専用滑走路
- 着陸容量
  - 分布形状から北風運用の組合せ(34Lと34R)が南風運用の組合せ(22と23)よりも時間間隔が短い
  - 北風運用の方が単位時間当たりの着陸機数が多い

# 基本特性の確認

## 進入方向の風速と着陸の時間間隔

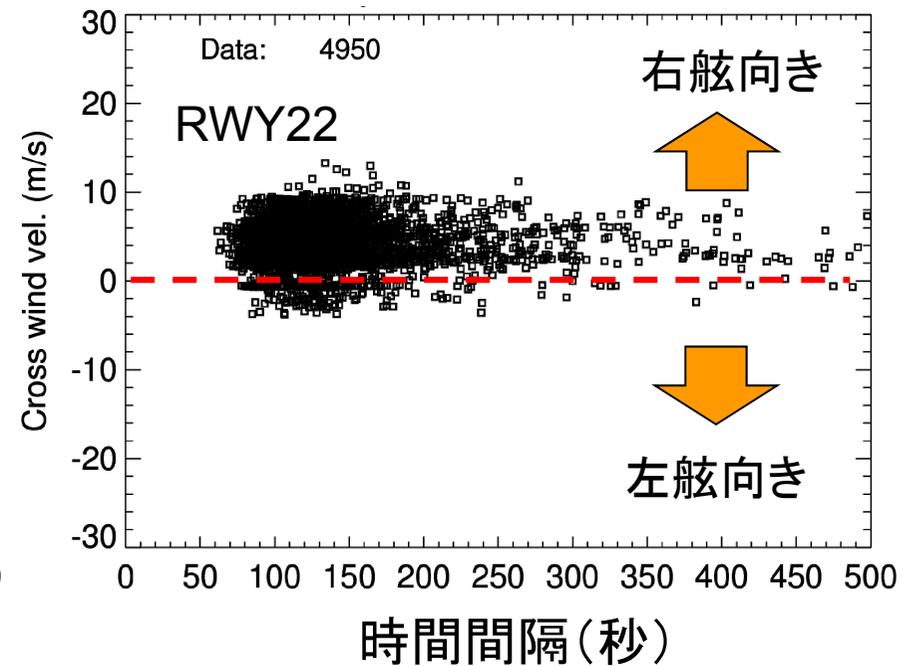
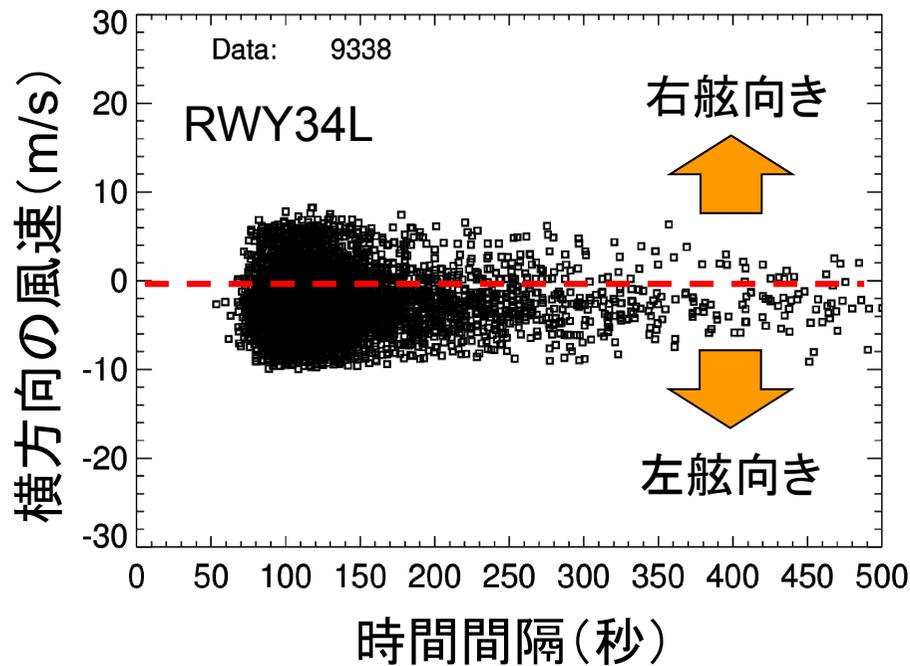
- 着陸間隔が密なRWY34Lと22で調査
- RWY34L(北風運用)は追い風7 m/s程度の気象条件まで選択
- RWY22(南風運用)が選択される時は非常に強い向い風
- 事例を増やして最小となる時間間隔と風速の関係を調査したい



# 基本特性の確認

## 横方向の風速と着陸の時間間隔

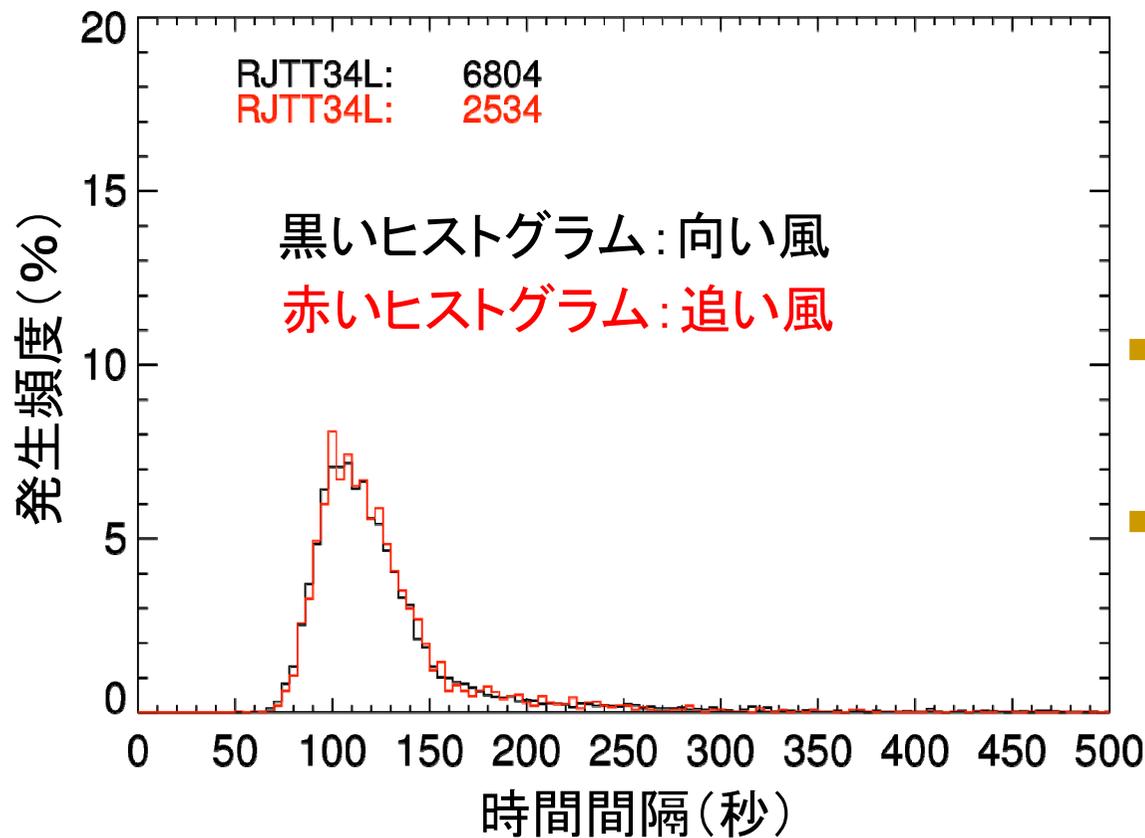
- RWY22: 航空機の右舷向きの風の事例が非常に多い
- 事例を増やしてRWY22(好天時)の曲線部分への横風の影響を調査したい



滑走路22は、滑走路34Lに対しては強い追い風となった時に選択され、そのような時には滑走路22の着陸機には強い向い風や強い横風に相当することを示している

# 基本特性の確認

## 進入方向の風速と着陸の時間間隔の頻度分布



### ■ 当初の予想

- ターミナル空域ではレーダー管制により距離ベースで管制が行われている
- 距離一定とすると向い風が強い場合には時間間隔は長くなる

### ■ 解析結果

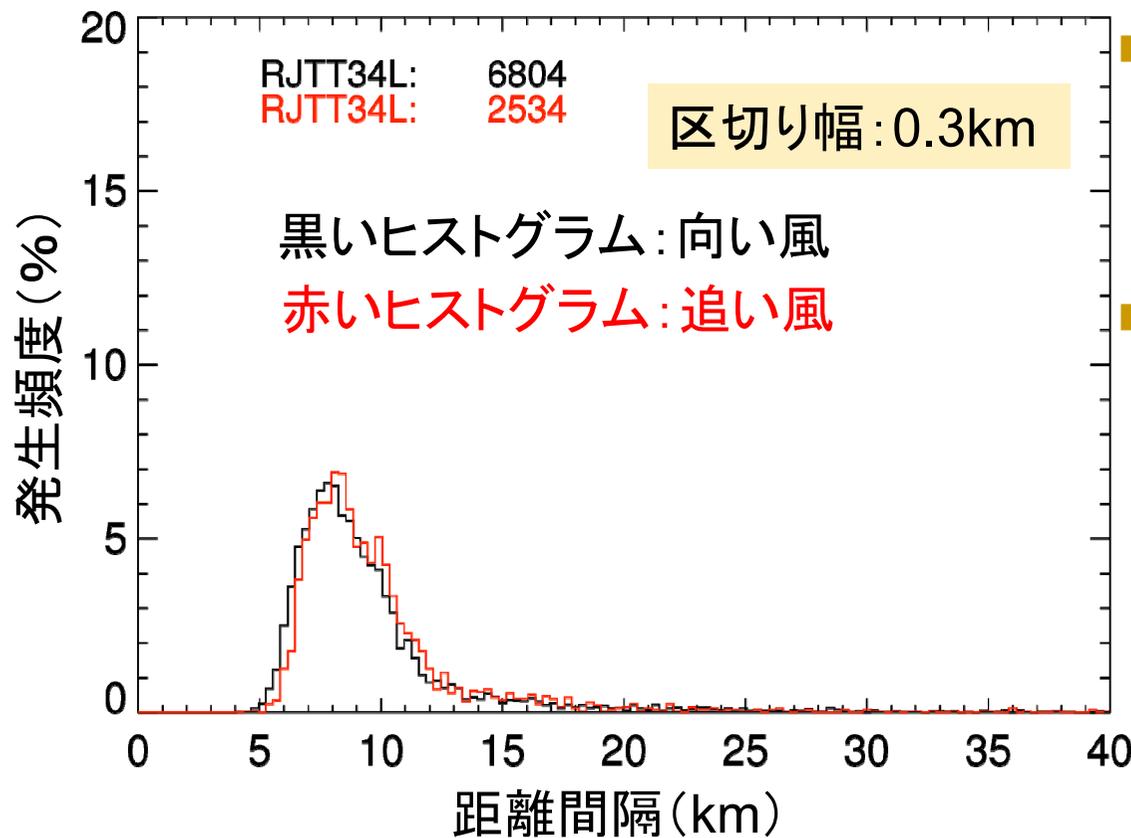
- 向い風、追い風でほぼ同じ分布形状

### ■ 今後

- 事例数を増やして強い向い風／追い風の分布で比較
- 到着経路上の複数の場所で時間間隔を調査

# 基本特性の確認

## 進入方向の風速による距離間隔の頻度分布



- 追い風時の発生頻度分布のピーク
  - 向い風時よりも長い
- 時間間隔の結果と整合性が確認できた
  - 時間間隔の分布形状が同じであれば追い風時の方が距離間隔が長くなる

# まとめ

- 最終進入段階での着陸間隔
  - 空港の着陸容量に直結する重要な指標
  - 気象の影響評価、気象条件と安全マージンの相関をモデル化
  - 新たな管制方式、航法システムの導入評価、安全性評価のための基礎資料
- 航空機監視レーダーの航跡と気象データの関連付け
  - 羽田空港での着陸間隔と気象条件に対応した基本特性を確認
  - 交通流について定量的評価を行い、北風運用及び南風運用時の特徴が確認できた
  - 時間間隔及び距離間隔で定性的な整合性が確認できた。今後は、強い向い風でも時間間隔の分布に変化が無かったことも含め、事例を増やして定量的に解析を進める必要がある。

# 今後の予定

- 解析事例を増やす(データベース化)
  - 低視程時の着陸間隔と通常時の比較
  - 進入方向の風速分類を細分化して時間間隔と距離間隔の発生頻度分布の形状の違いを評価
- 着陸間隔の算出方法の改良
  - 時間間隔: 高度400ft通過 → 定点通過
  - 距離間隔: 進入方向の水平距離を算出
- 気象条件と安全マージンの相関をモデル化
- 着陸間隔に影響を与える気象条件・指標の特定

## 謝辞

- 航空機監視レーダー(ARTS)データは、国土交通省航空局交通管制部からご提供いただきました。深く感謝を申し上げます。