

後方乱気流管制間隔の詳細化 と安全性及び導入効果の評価

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, 山田 泉

発表内容



- はじめに
 - 後方乱気流管制方式
 - 管制間隔短縮への期待
- RECAT(フェーズ1)
 - 現在の基準と見直し
 - 新たな基準
- 首都圏空港へのRECAT導入に係る技術検討
 - 安全性評価
 - 導入効果
- まとめ

はじめに

後方乱気流管制方式



- 後方乱気流の特性
 - 渦の強さは航空機の重量に比例、速度に反比例
 - 時間の経過に伴って下降し、減衰・消滅（気象条件に依存）
 - 周囲の風に流される
- 安全運航の確保
 - 同一経路の飛行や滑走路の使用、飛行経路が交差するような場合には適切な間隔を設定する必要がある
- 現在：航空機を重量で4つに区分
 - 先行する航空機（先行機）が生成した後方乱気流の強さ
 - 後続する航空機（後続機）が許容可能な強さ
 - 先行機と後続機の航空機区分の組み合わせに応じた最低離隔間隔の設定と交通制御を実施

はじめに

管制間隔短縮への期待



- 新たな後方乱気流管制方式
 - 航空機区分、最低離隔間隔の見直し (RECAT: Recategorisation)
 - 時間ベースの管制間隔 (Time-based Separation: TBS) の導入
- ICAO GANP (Global Air Navigation Plan)
 - 新方式、技術の導入に係る手順
 - ASBUs (Aviation System Block Upgrades)

Block 0	Block 1	Block 2	Block 3
2016 – 2018	2019 – 2024	2025 – 2030	2031 onward

- 後方乱気流関連のBlock
 - B0-WAKE: ICAO管制間隔の見直し(カテゴリーの詳細化)等
 - B1-WAKE: ハザードのリアルタイム同定と管制間隔の動的運用等
 - B2-WAKE: 先行機／後続機の型式ペアで時間ベースの管制間隔等

RECAT(フェーズ1)

現在の基準と見直し



■ 現在の管制方式基準

航空機区分	最大離陸重量 M(kg)	単位 (NM)	後続機			
			J	H	M	L
J (Super Heavy)	560,000程度 A388					
H (Heavy)	136,000 ≤ M ≤ 560,000 B744, B762, A346, A332など	先行機	J	6	7	8
M (Medium)	7,000 < M < 136,000 A320, B738, CRJ1, DH8Dなど		H	4	5	6
L (Light)	M ≤ 7,000		M			5
			L			

■ 航空機区分の詳細化、見直し

- 先行機の後方乱気流の強さ: 同一区分の中で最大のものを想定
 - 後続機の許容できる後方乱気流の強さ: 同一区分の中で最小のものを想定
- 航空機型式の組合せによって短縮できる可能性が生じる

RECAT-1

新たな基準



- 欧米それぞれが新たな基準を策定して導入（出発機、到着機）
 - 欧州:RECAT-EU、米国:RECAT-1.5
- 両者を統合した新たな基準
 - RECAT-DUBAI
- 対象とする空港：導入効果がある空港、安全性評価を実施

Group	現行	最大離陸重量 M(kg)	翼幅 s(m)
A	J	136,000 ≤ M	74.68 < s ≤ 80
B	H		53.34 < s ≤ 74.68
C			38.1 < s ≤ 53.34
D	M	18,600 < M <136,000	32 < s
E			27.43 < s ≤ 32
F			s ≤ 27.43
G	M, L	M ≤ 18,600	-

単位 (NM)	後続機(到着機)							
	A	B	C	D	E	F	G	
先行機	A	3	4	5	5	6	6	8
	B		3	4	4	5	5	7
	C				3	4	4	6
	D				現行 4	現行 6		5
	E							4
	F							
	G							

首都圏空港へのRECAT-1導入に係る 技術検討



- 欧米の新たな基準に係る安全性評価の方針
 - 従来の安全性水準と比較して相対的に同じ水準を保つように航空機区分の詳細化と管制間隔を設定
- 実施すべき安全性評価
 - 後方乱気流観測による減衰・消滅過程(諸外国での検証、運用実績)
 - 海側からの進入経路:国際的にも海上の観測データは陸上に比べて少ない
- 導入効果の評価
 - 就航機種構成等の運航情報、交通流の特徴
 - シミュレーション:3つのアプローチ
 - 滑走路のみ
 - 滑走路を含む空港面の交通流との接続
 - 出発経路/到着経路やターミナル空域における交通流との接続
- JAXAとの共同研究により技術検討を実施

RECAT-1導入に係る技術検討 安全性評価



- 後方乱気流観測による減衰・消滅過程の解析
 - 航空機が生成する後方乱気流について通過機毎に乱流の強さを観測して時間経過を示す減衰曲線を導出
 - これまで欧米等で観測されている減衰曲線から逸脱する事例がないかといった視点
- 解析事例の蓄積(データベース化)
 - 運航データ: 航空機の観測断面を通過時刻、進入速度
 - 気象データ: 周囲の風況や気象観測値

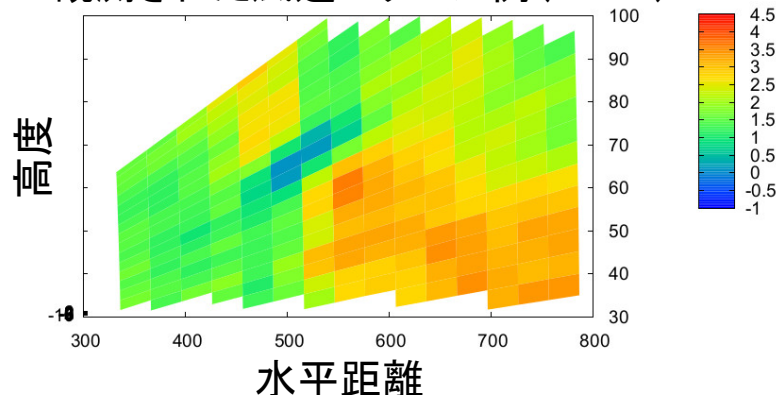
RECAT-1導入に係る技術検討 東京国際空港でのLIDAR観測



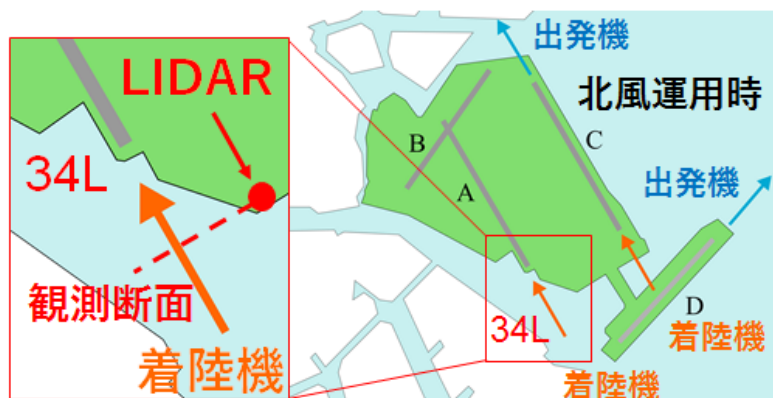
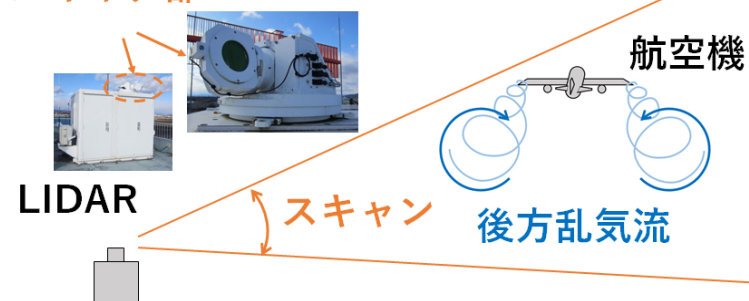
■ LIDAR (Light Detection and Ranging) による後方乱気流観測

- 電子航法研究所: 2017年3月～(欠測期間あり)
- JAXA: 2017年11月～2019年3月

観測された風速パターン例 (B788)

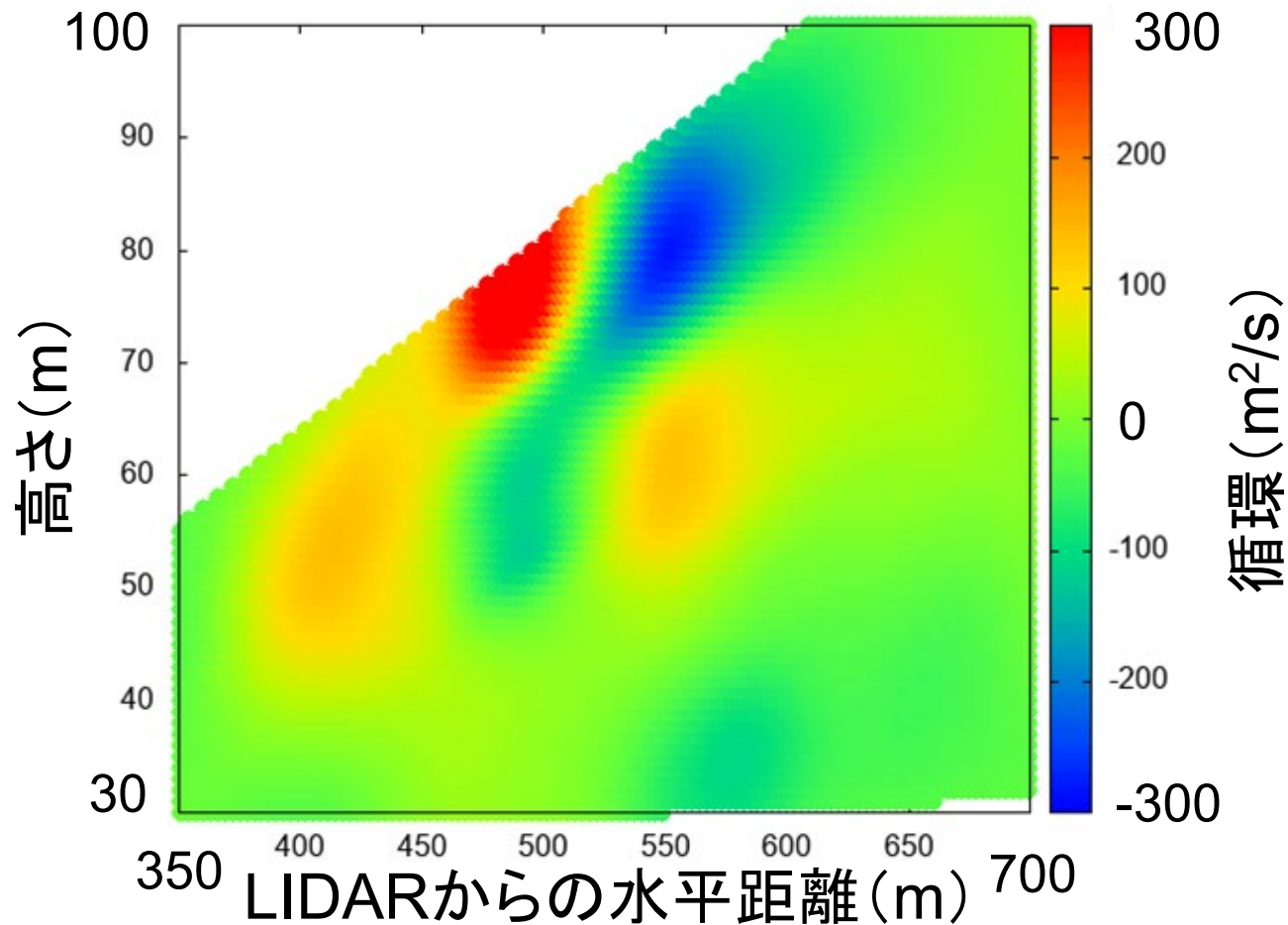


スキャナ部



※ENRIのLIDAR観測は三菱電機株式会社との共同研究で実施

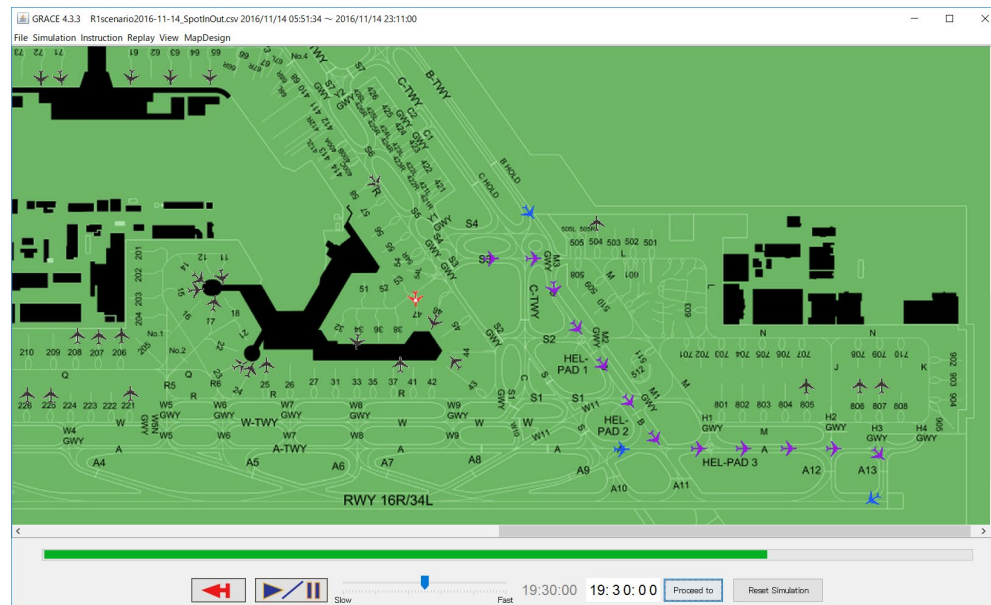
RECAT-1導入に係る技術検討 東京国際空港でのLIDAR観測



RECAT-1導入に係る技術検討 導入効果(空港面の交通流との接続)



- GRACE (Ground Airplane Control Environment)
 - 電子航法研究所が開発したシミュレータ(ロビーでデモ展示)
- 出発機模擬: 成田国際空港の地上走行(2016年11月14日)
 - ブロックアウト時刻、着陸時刻、使用滑走路およびスポットは実績値
 - RECAT-1 (Dubai) の出発機の時間間隔を使用した評価
 - 評価指標: 出発ピーク時間帯(夕方)のA滑走路出発便(80便)の累積待ち時間
- 検証結果
 - 現状模擬: 696.0分
 - RECAT模擬: 501.2分
 - 約195分短縮 / 80機
1機あたり平均2分26秒

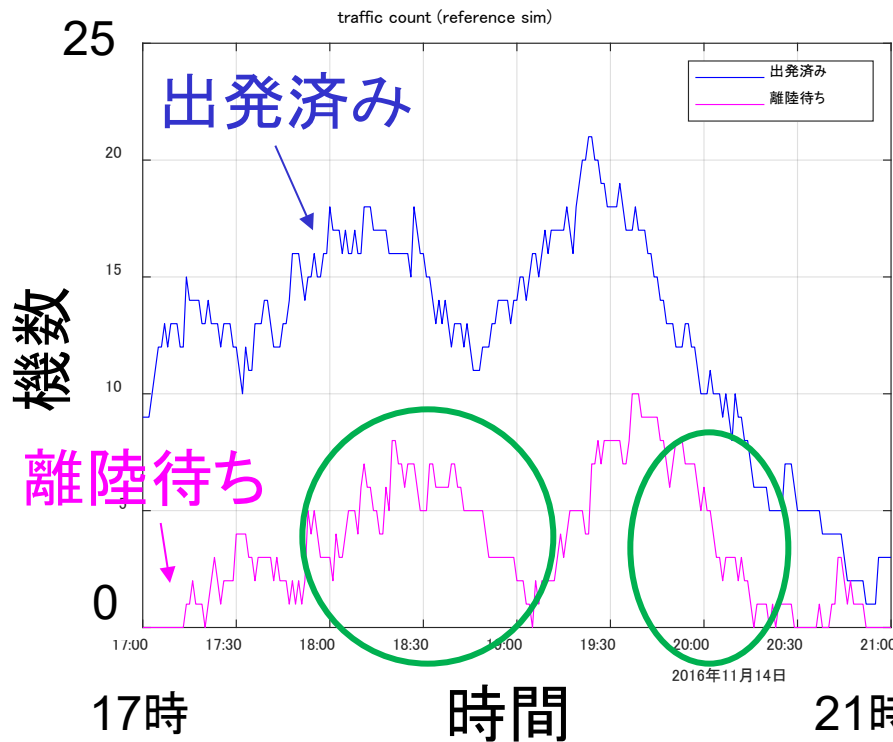


RECAT-1導入に係る技術検討 導入効果(空港面の交通流との接続)

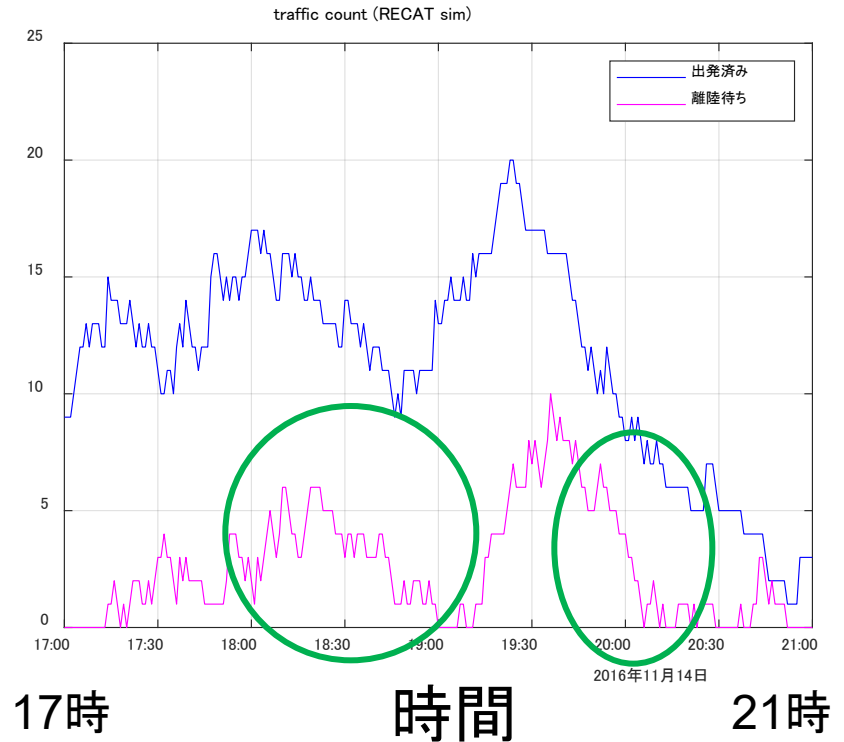


- 離陸待ちが発生する局面で、待ち行列が軽減される傾向がみられる

現状模擬



RECAT模擬



- 空港処理容量の拡大：安全の確保と着陸間隔の短縮
 - 新たな後方乱気流管制方式の導入
 - RECAT-1：現在の基準の見直しとそれに伴う安全性評価、導入効果
- 首都圏空港へのRECAT-1導入に係る技術検討
 - 安全性評価
 - LIDAR装置による後方乱気流観測（海上での減衰・消滅）
 - 導入効果
 - 空港面の交通流と接続した評価：出発機の現状模擬とRECAT模擬
 - 成田国際空港の混雑時間帯で出発待ち時間短縮（1機あたり2分26秒程度）
- 今後
 - LIDAR装置による後方乱気流観測データのうち、長時間残存したものについて確認
 - 空港面交通流との接続で到着機を考慮した解析や、東京国際空港を対象とした解析を実施
 - 中期的には隣接空域と接続した導入効果の評価解析を実施

- 本研究を進めるにあたりご協力を賜りました
以下の方々に深く感謝申し上げます
 - 共同研究を実施している宇宙航空研究開発機構
又吉直樹様、松野賀宣様
 - 共同研究によりドップラーライダーに係る機材をご提供
くださいました三菱電機株式会社の関係各位
 - ドップラーライダー設置場所や航跡データ等のご提供
と、国際的な情報交換の機会を与えてくださいました
国土交通省航空局交通管制部の関係各位