

CARATSオープンデータの分析による 気象を考慮し悪天を回避する経路の分析

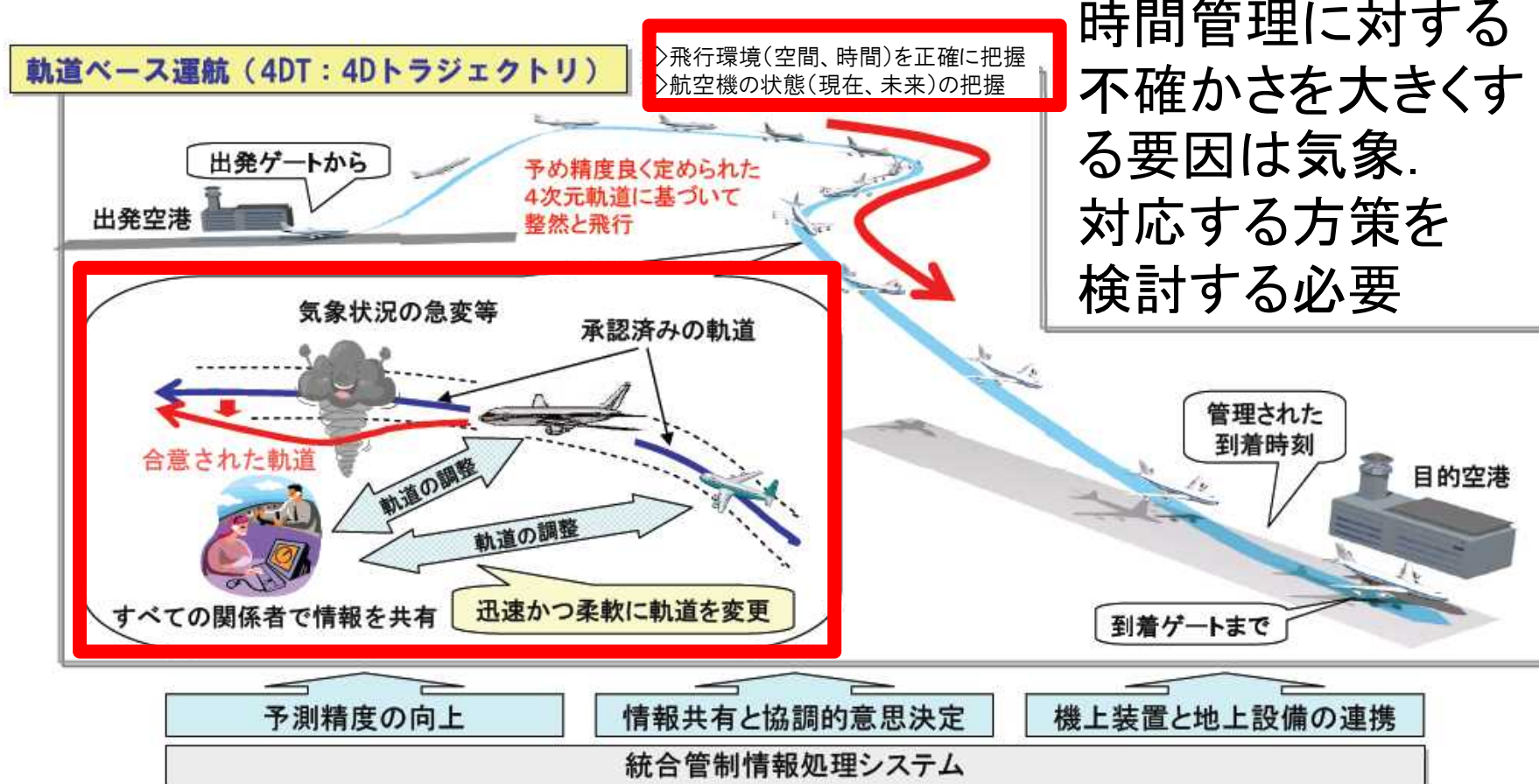


手塚亜聖(早大)



将来の航空交通システムに関する長期ビジョン(CARATS)

- 空域ベースから軌道ベースのATM運用への移行
- 全飛行フェーズにおいて時間管理を導入した4次元軌道に沿ったATM運用



3. (2) 変革の方向性 ② 予見能力の向上—時間管理の導入



航空交通流、容量に関する
予見能力の向上

交通状況と容量の適合性の予測

気象情報の高度化 ▶ 航空交通流、容量への
影響要因は気象

- ✓ 気象データの統計分析による容量変化の予測
- ✓ 機上観測データの活用による予測精度向上

交通流管理、航空機の運航に
適した気象情報の共有

空域・空港の容量算定、交通流予測の高度化
(軌道ベースの算出手法の確立)

- ✓ コンピューターシミュレーションによる空域構成と交通流の
評価・選定
- ✓ 運用の複雑性、連続性を考慮
した容量算定及び管理方式
- ✓ ゲートからゲートまで連続した
軌道による交通流予測



CARATSオープンデータの分析による 気象を考慮し悪天を回避する経路の分析

発表内容

偏西風の鉛直ウインドシアを回避する巡航高度選択のモデル化
(手塚研 田村 真規)

レーダーエコーを回避する飛行のモデル化(手塚研 加藤 嘉弘)

羽田空港アプローチ軌道にレーダエコーがかかる状況における飛行
経路の検討



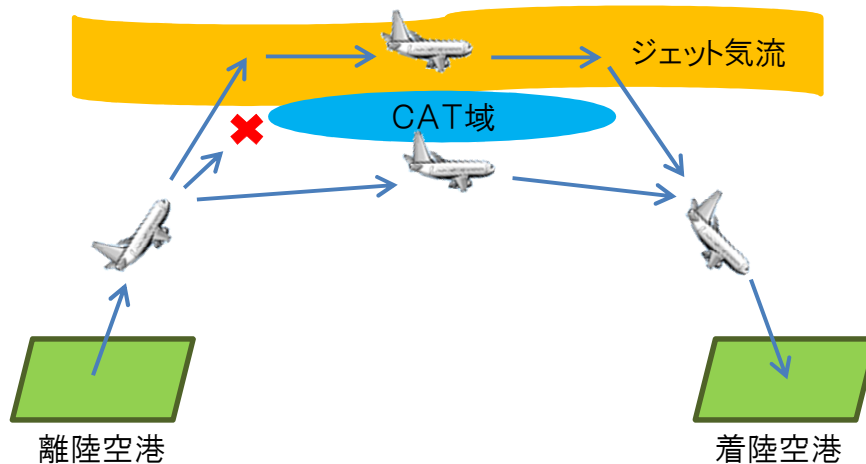
CARATS Open Dataの分析による 偏西風の鉛直ウインドシアを回避する 巡航高度選択のモデル化



研究課題・目的

課題

- ・ 軌道ベース運用では、気象を考慮して出発前に最適な軌道を計算する
- CARATSでは、気象情報から運航上の定量的な制約条件への変換が目指されている



・ 運航に影響を及ぼす気象現象

ジェット気流近傍の
ウインドシアに着目

鉛直ウインドシア 大

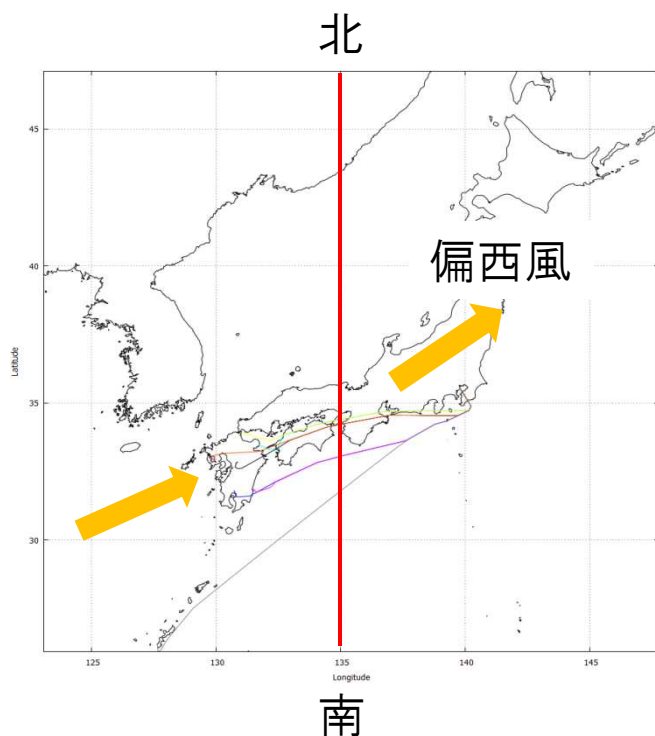
ケルビン・ヘルムホルツ不安定
による乱気流の可能性

➢ このような空域は避けて飛行する

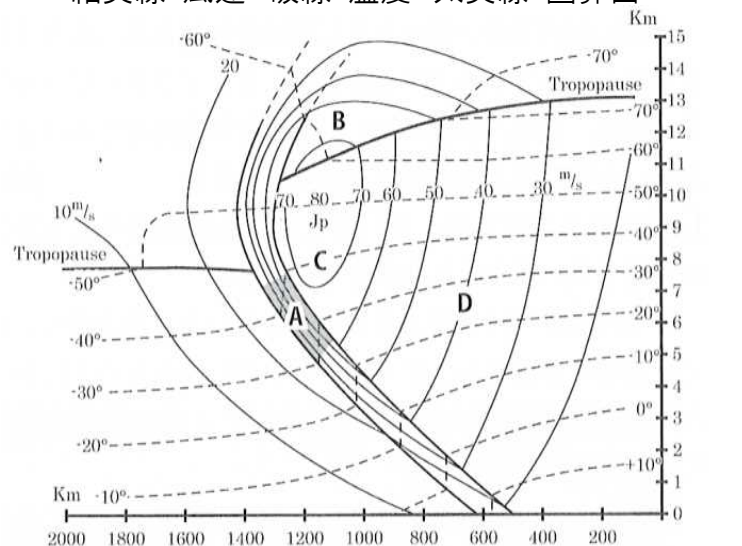
目的

- ジェット気流近傍の風の分布と各巡航高度の選択率の関係を定量的化して示す
- 燃料消費量の観点も含め、ジェット気流近傍を飛行する航空機の巡航高度を調査

調査した実運航データ及びジェット気流近傍の風速・温度



細実線:風速 破線:温度 太実線:圏界面



北 南
ジェット気流とウインドシアの関係(*1)

調査の対象とした西日本方面の空港

- | | |
|--------------|--------------|
| ・福岡空港(RJFF) | ・熊本空港(RJFO) |
| ・北九州空港(RJFR) | ・宮崎空港(RJFM) |
| ・長崎空港(RJFU) | ・鹿児島空港(RJFK) |
| ・大分空港(RJFO) | ・那覇空港(ROAH) |

- ・ ウインドシアが強くなる前線面A域、圏界面付近のB域は、CATが発生しやすい(*2)

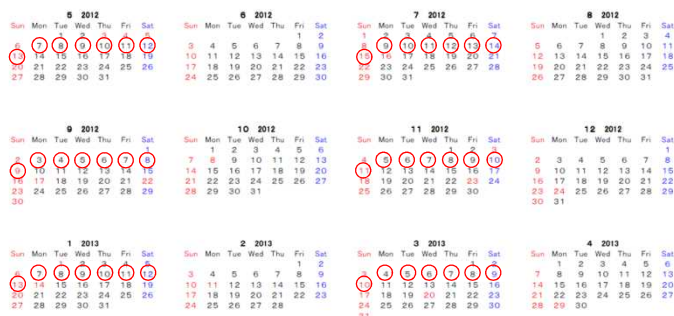
(*1) 公益財団法人 日本航空機操縦士協会, “Pilots Guidance 機長への道標 Ver.4”, 2014

(*2) 東京航空地方气象台 定期号通巻第25号 羽田空港WEATHER TOPICS 晴天乱気流(CAT)

計算に用いたデータ及びモデル

CARATS Open Data

- ・データ形式・期間
 - ・時刻 (JST), 便名, 緯度, 経度, 高度 (ft), 型式
 - ・2012 年度, 2013年度, 2014年度の2 ヶ月毎の各1 週間分(合計18週間)



BADAモデル

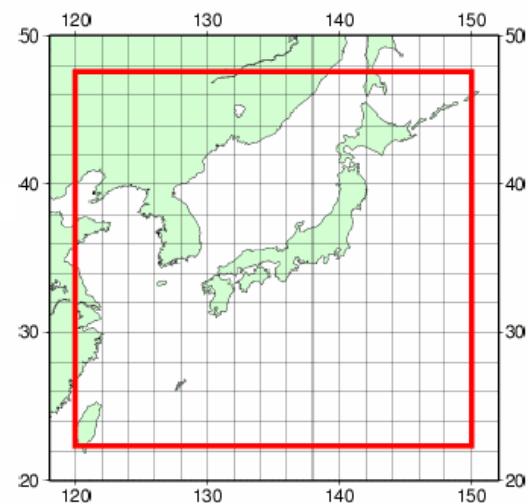
BADA(Base of Aircraft Data)
ユーロコントロールによって開発された航空機運航モデル

・掲載内容

航空機の性能パラメータの計算に使用する理論式
航空機の運航, 性能に関する係数の値(399機種)

メソ数值予報モデル

更新間隔 (初期値)	3時間毎
配信領域	北緯22.4度~47.6度 東経120度~150度
格子間隔	緯度0.1度 経度0.125度
気圧面	100hpa~1000hpa (16層)
配信データ	高度, 風(南北方向・東西方向) 気温 上昇流 相対湿度

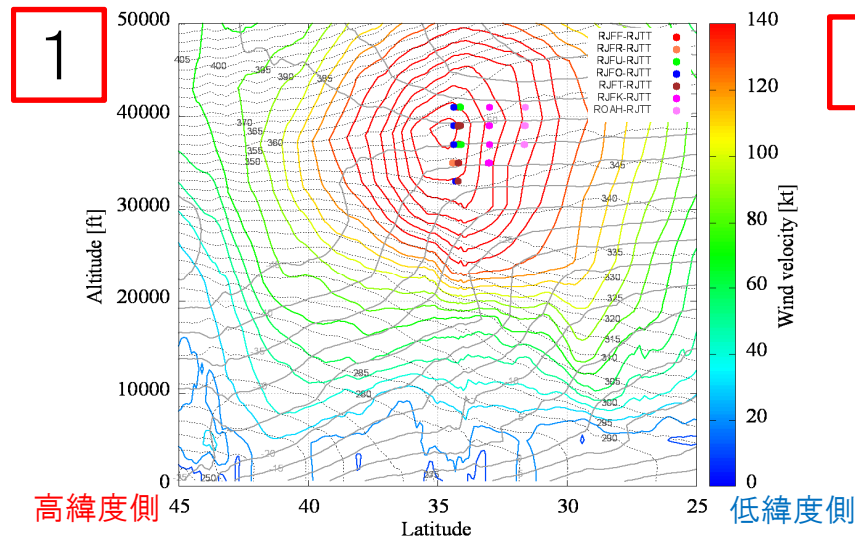


MSM覆域(*3)

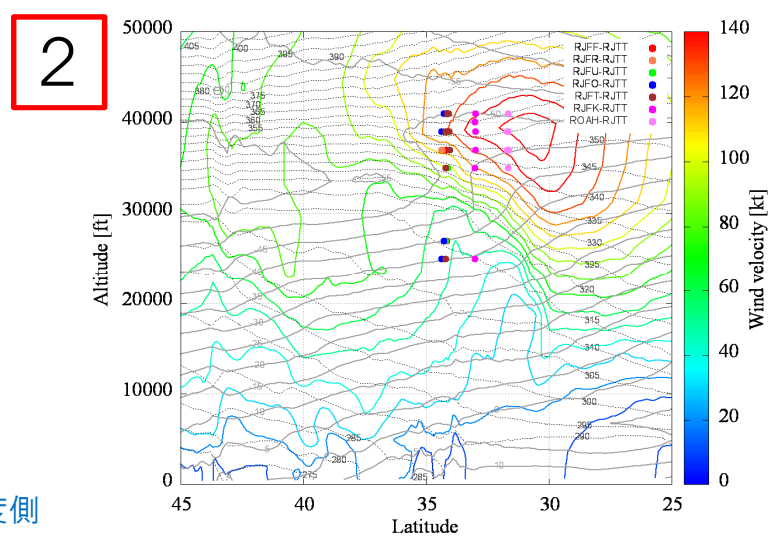
(*3): ”メソ数值予報モデルGPV(MSM)ファイル形式配信データ”. 気象業務支援センター. <http://www.jmbasc.or.jp/hp/online/f-online0c.html>

ジェット気流の位置と選択した巡航高度の関係調査

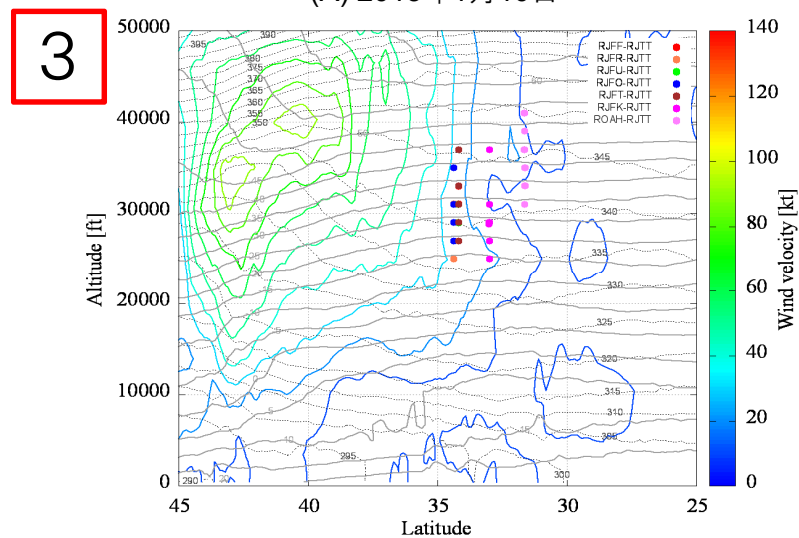
・飛行経路上のジェット気流の位置と選択した各巡航高度の傾向を調査



(A) 2013年1月10日



(B) 2013年3月6日



(C) 2012年7月14日

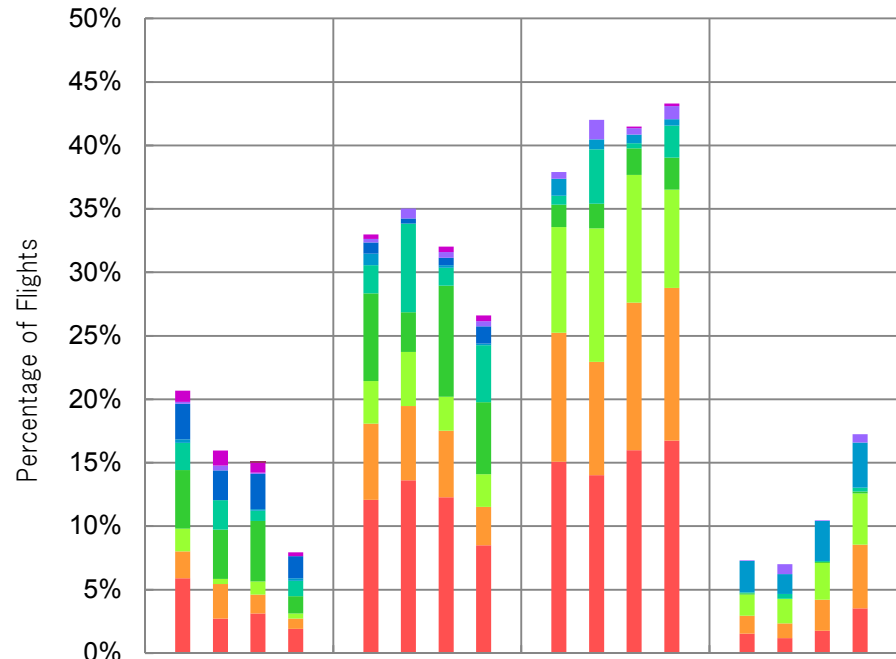
東経135°の高層断面図とフライトの位置
 カラー等高線:風速 破線:温位 実線:温度

➤ 3つのケースに大別できる

1. ジェット気流の中心域にフライトが集中するケース
2. 鉛直ウインドシアを避けて飛行するケース
3. ジェット気流赤道側で高度にばらつきがあるケース

1. ジェット気流中心にフライトが集中するケース

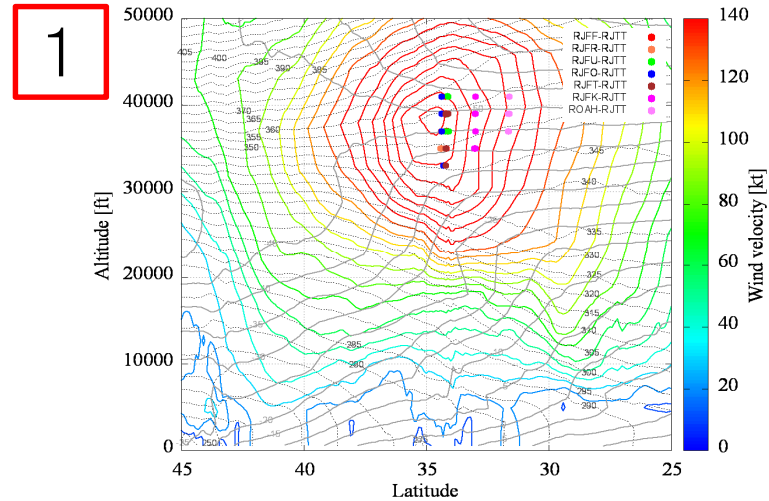
・ジェット気流による追い風が最大となる高度と選択したフライトレベルの割合を調査



ジェットの高度⇒ ~~35000ft~~ ~~37000ft~~ ~~39000ft~~ ~~41000ft~~
 巡航高度⇒ **FL350** FL370 FL390 **FL410**
 ■ B738 ■ B772 ■ B763 ■ A320 ■ B773 ■ B788 ■ B734 ■ B74D ■ E170 ■ MD90

・飛行方向0° から179° のフライトレベル: 1000ftの奇数倍
 ・亜熱帯ジェット気流の高度: 気圧200hPa(12~13Km) (*4)

➢ FL350からFL410を調査対象とした



(A) 2013年1月10日

・ジェットの高度に関わらずFL390を選択する便が多い
 ➢ 巡航高度別の燃料消費量が最小値に達するため

※FL410に関して、燃費は削減できるが、機種によって
 選択しないものも多く割合は少ない
 (B734・B773・B74D・A320・MD90・E170)

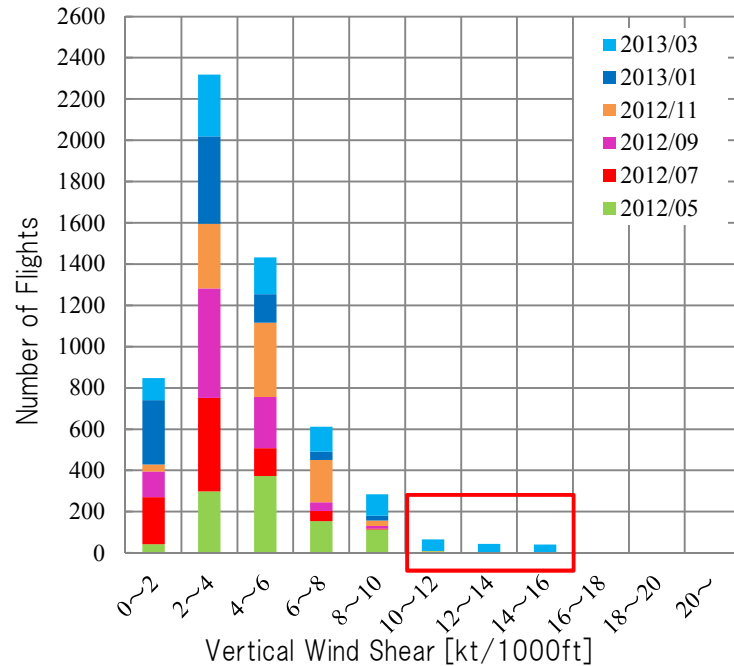
・ジェット気流による追い風が最も強くなる場合、
 燃料消費量・飛行時間の改善が見込まれる

➢ ジェット気流の中心を飛行する便が増える
 FL350→20.68% FL410→17.25%

(*4) 橋本梅治, 鈴木義男, “新しい航空気象改訂9版”, 財団法人日本気象協会, P259, 平成5年.

2. 強い鉛直ウインドシアを避けて飛行するケース

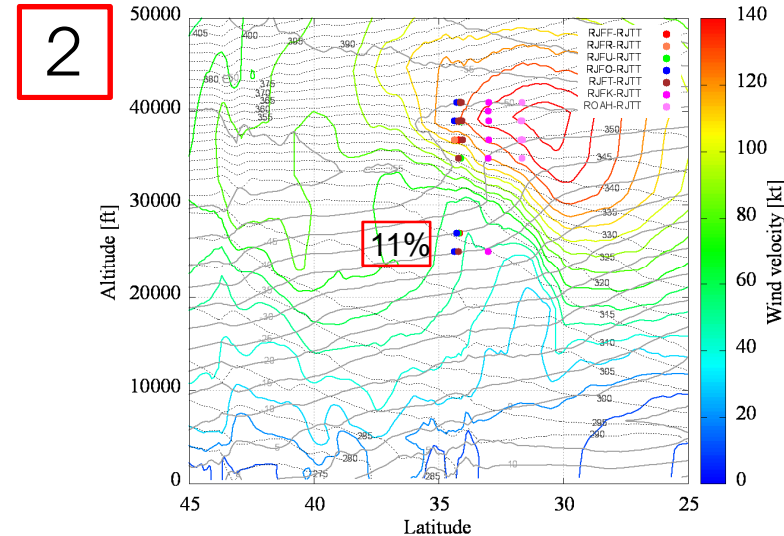
・飛行経路上の巡航高度におけるウインドシアの強さを高度方向の風速のベクトル差から計算



調査対象：西日本から羽田へと向かう23,493便

鉛直ウインドシア	飛行した便数の割合
10 kt/1000ft以上	2.67%
16 kt/1000ft以上	0

➤ 10kt/1000ft以上のウインドシアが飛行経路上にある場合飛行する便は少ない



➤ 回避する場合、図(B)より、

- (1) 回避して低い高度を飛行する便
- (2) 上昇時に通過し、燃費の良い高い高度を飛行する便

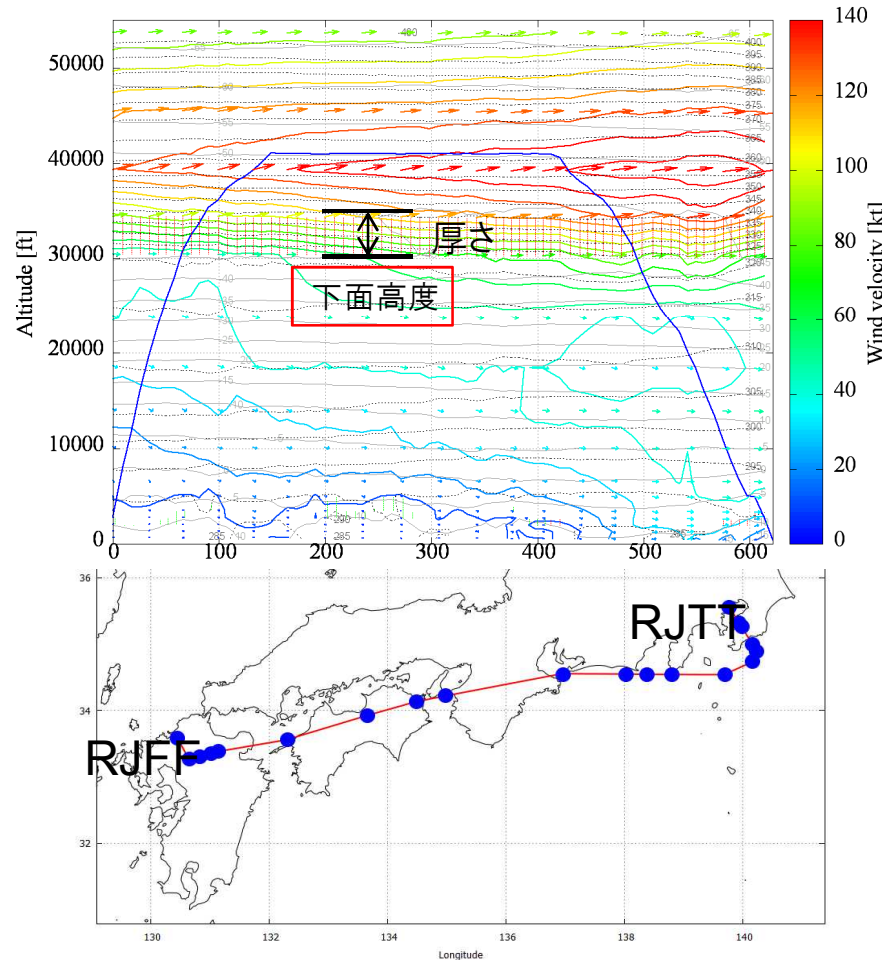
(1)と(2)の割合は、ウインドシアの高度で変化する



ウインドシアの下面高度と高さ方向の厚さを調査

2. 強い鉛直ウインドシアを避けて飛行するケース

- ・本研究での、ウインドシアの下面高度と高さ方向の厚さの定義について



・航空路断面図

航空路に沿った、上空の風向・風速、温度に関する断面図

カラー等高線:風速 破線:温位 実線:温度

カラーベクトル:風向

10kt/1000ft以上のウインドシアを赤色で表示

・ウインドシアの下面高度

10kt/1000ft以上のウインドシアが発生している高度の
最小値を下面高度と定義

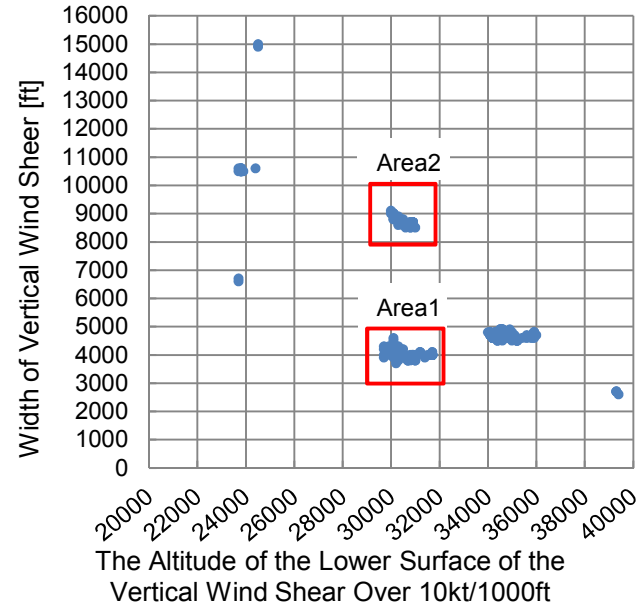
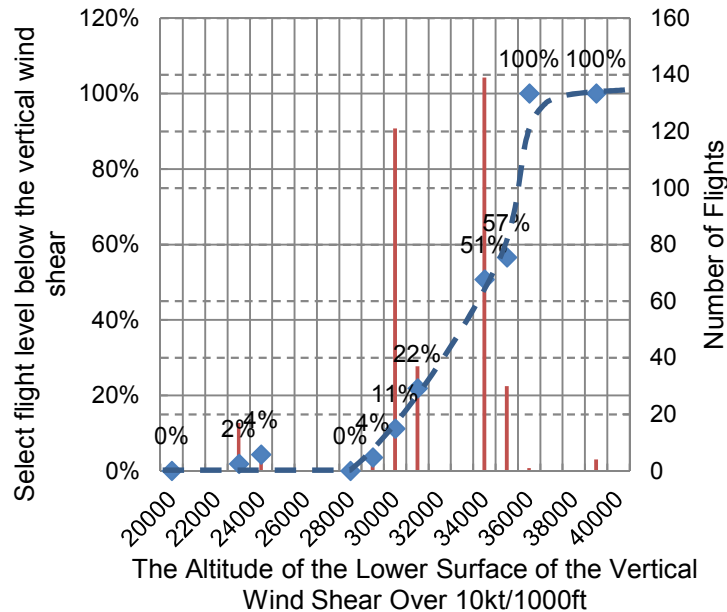
・ウインドシアの厚さ

10kt/1000ft以上のウインドシアが発生している高度の
最小値と最大値の差を厚さと定義

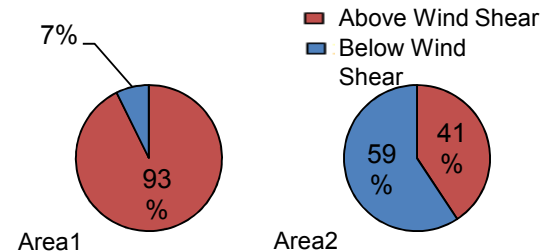
航空路断面図(福岡空港→羽田空港)

2. 強い鉛直ウインドシアを避けて飛行するケース

- ・10kt/1000ft以上のウインドシアの下面高度と回避して低い高度を飛行した便の割合、ウインドシアの高度方向の厚さと選択した高度の割合を調査



下面高度	低い高度を選択
29000ft以下	0~4%
34000ft	51%



- ・ウインドシアの下面高度が上昇するにつれて回避して低い高度を選択する便が増える
 - 巡航高度が高い程、燃費や飛行時間が良いため

- ・同じ高度帯のウインドシアでも、厚さが厚い方が回避して低い高度を選択する便が増える

まとめ

- ・各フライトの高層断面図を調査し、ジェット気流と選択した巡航高度の関係をモデル化

1. ジェット気流中心にフライトが集中するケース

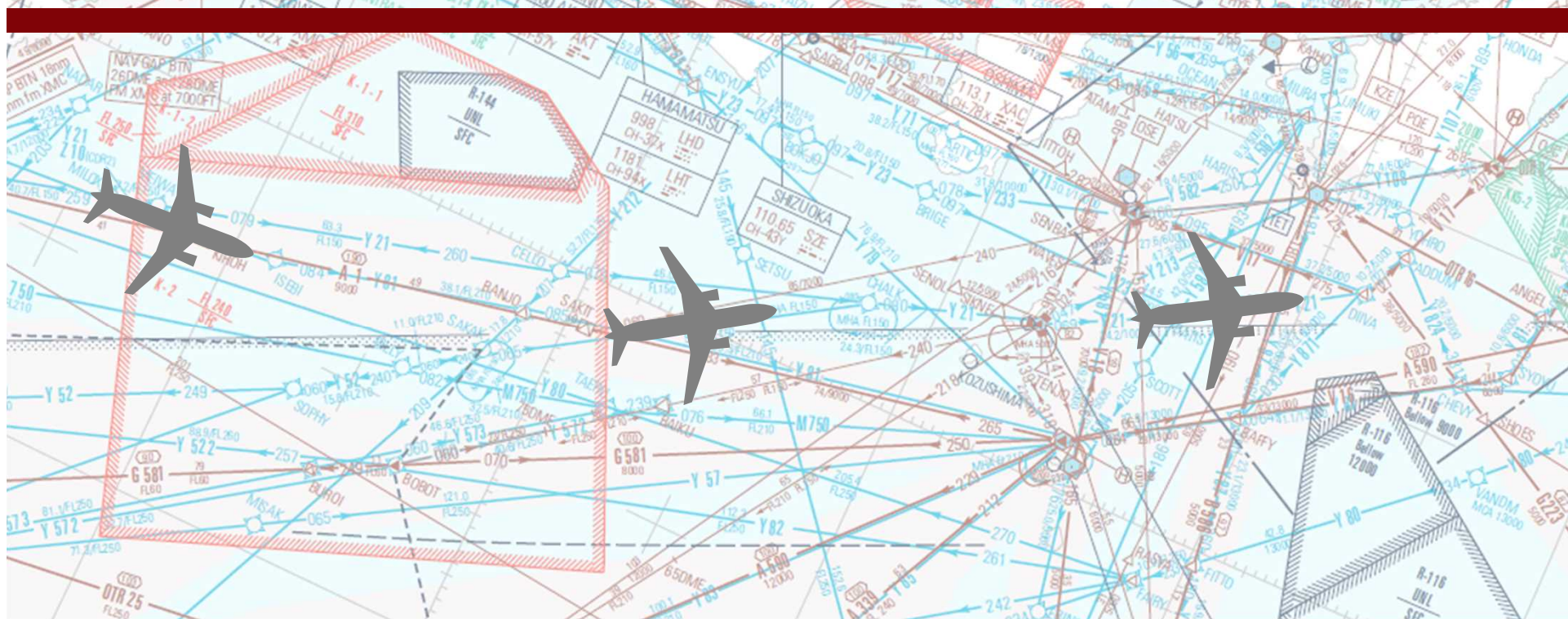
- ・ジェット気流の高度に関わらずFL390を選択する便が最も多い
- ・ジェット気流による追い風が最大となる高度では、その巡航高度を選択する便が増加

2. 強い鉛直ウインドシアを避けて飛行するケース

- ・ウインドシアの下面高度が29000ft以下の場合、ウインドシアの上側を飛行
- ・ウインドシアの下面高度が34000ftで、ウインドシアの上側と下側を飛行する便が半々
- ・ウインドシアの下面高度が36000ft以上の場合、ウインドシアの下側を飛行

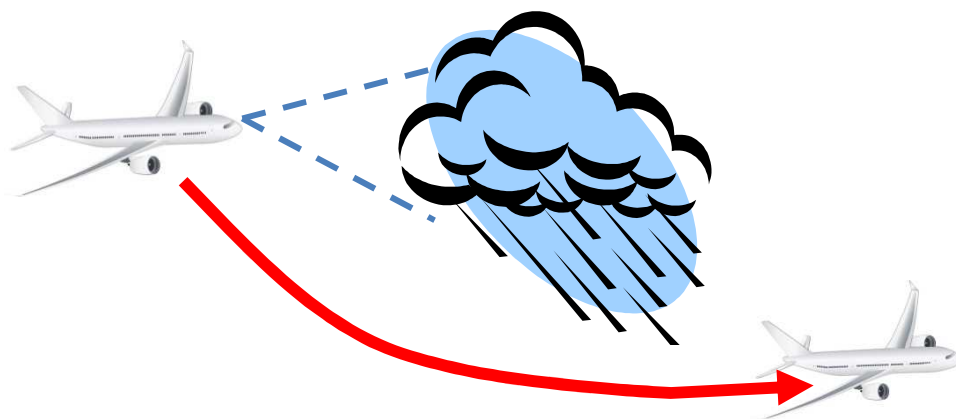
- ・ウインドシアの高度方向の厚さが9000ft近く厚い場合、
ウインドシアの下面高度が30000ft～32000ftでも、6割がウインドシアの下側を飛行

レーダーエコーを回避する飛行のモデル化



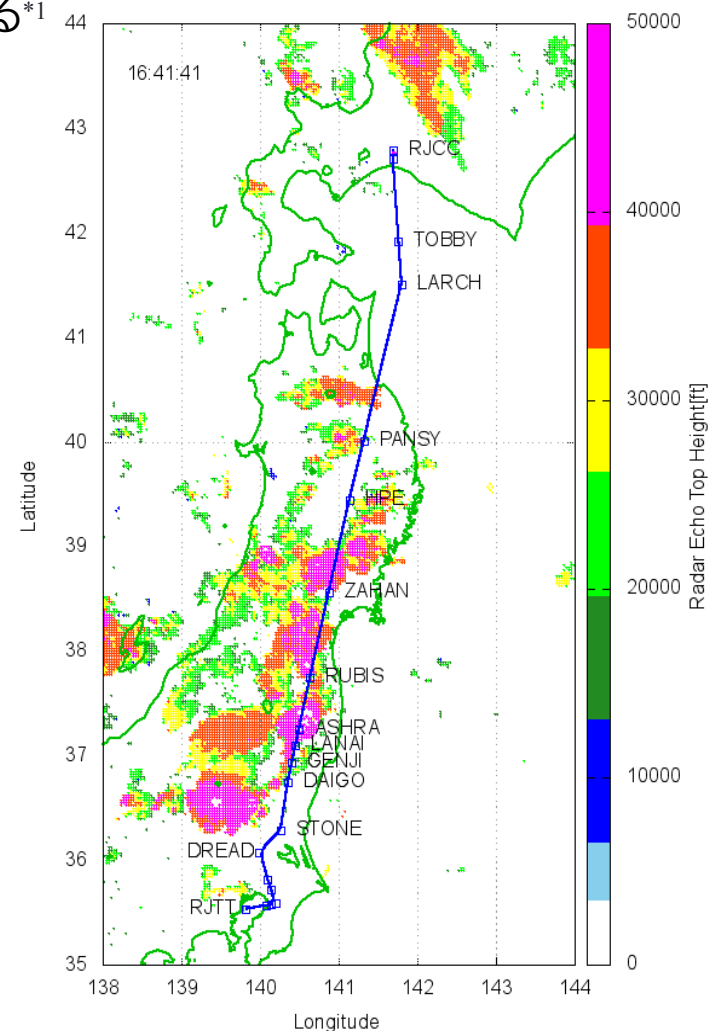
研究背景

- 航空機上では機上レーダーを用い、エコーの形状や強さ、分布の情報から危険な乱気流域を回避するかどうかの判断を行っている*1



■ 研究目的 レーダエコーを回避する経路のモデル化

1. レーダエコー領域を回避する飛行の分析
航空機のレーダエコーとの水平面距離の関係を調査
2. 悪天回避経路設定モデルの構築
標準的な航空路と悪天回避経路での軌道計算
飛行経路長・飛行時間を比較



*1 日本航空機操縦士協会, “Pilot’s Guidance 機長への道標”, 2014

エコー頂高度の高い領域を回避する飛行の分析(1)

■ レーダエコー回避経路:回避時のレーダエコーと航空機の距離の関係が必要

- ・新千歳空港(RJCC)ー羽田空港(RJTT)におけるレーダエコー領域を回避した航跡の分析

対象データ

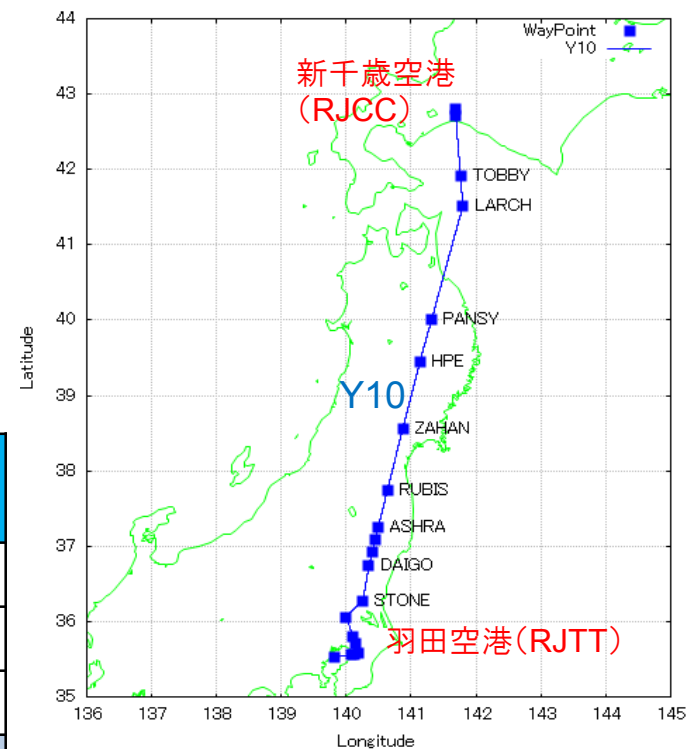
1) CARATS Open Data (*2)

- ・実運航された機体の位置・時刻情報等について
国土交通省が提供する一般公開データ

2) 全国合成レーダGPV (*3)

- ・気象レーダで観測したエコー強度(降水量)と
エコー頂高度(雲頂高度)

CARATS Open Data	RJCC⇒RJTT	Avoidance Radar Echo
2012	2193	95
2013	2022	164
2014	2117	60
total	6332	319



RJCC-RJTT間の標準的な航空路

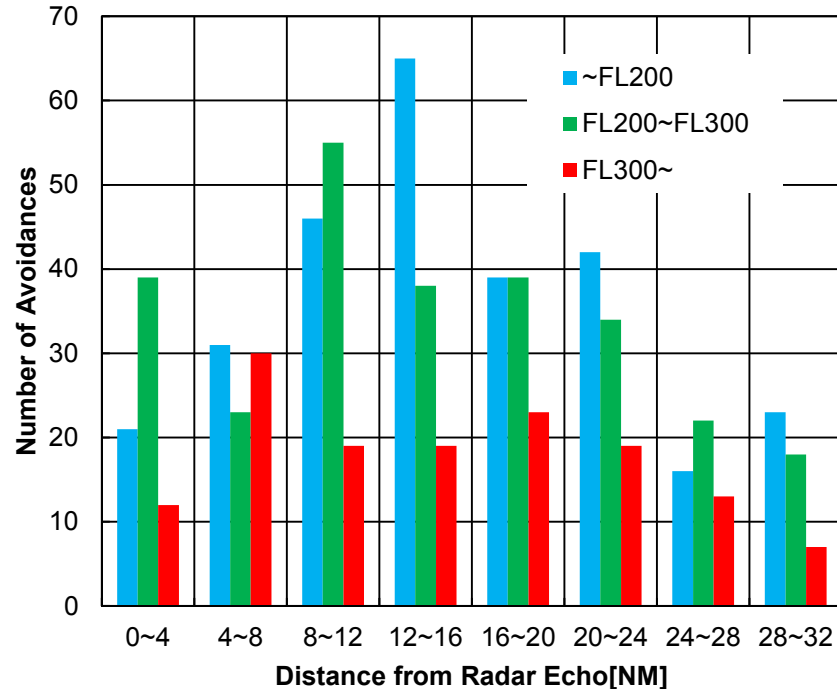
■ 2012～2014年度においてレーダエコーを回避した計319便について回避する際のエコー頂高度と航空機との水平面距離について分析

(*2) 岡恵, 福田豊, 上島一彦, “航空交通の運用データの一般公開と活用”, 第52回飛行機シンポジウム講演集, JSASS-2014-5139, 2014

(*3) 気象庁観測部, “配信資料に関する技術情報(気象編)第162号～1kmメッシュ全国合成レーダーGPVの提供等について～”, 2004

エコー頂高度の高い領域を回避する飛行の分析(2)

■ 飛行高度別の悪天回避時におけるレーダエコーと航空機の距離の関係



飛行高度	FL200以下	FL200~300	FL300以上
平均回避距離 [NM]	15.3	14.4	14.2

・回避時のレーダエコーと航空機の距離に飛行高度による大きな違いはみられない

・回避距離のばらつきは大きく、飛行高度の違いだけではなくレーダエコーの強さなどそれぞれのケースにより適当な回避距離を選択していると考えられる

各飛行高度におけるレーダエコーからの距離と回避回数

■ 雷雨域の飛行: 水平回避が最も容易・安全性高い (*4)

飛行高度 FL300以上 : 20NM
 FL250付近 : 10NM
 FL200以下 : 5NM

・積乱雲の個々の質的な差により雲外への影響が大きく異なるため、状況によっては全く不十分であったり、ケースによってはこれほどの距離が必要でない場合もある

(*4) AIM-JAPAN編纂協会編, "AIM-JAPAN Aeronautical Information Manual Japan", 日本航空機操縦士協会, No.61(2015), p.8-19

レーダエコーを考慮した悪天回避経路の設定(1)

■ 軌道計算に用いたモデル・大気モデル

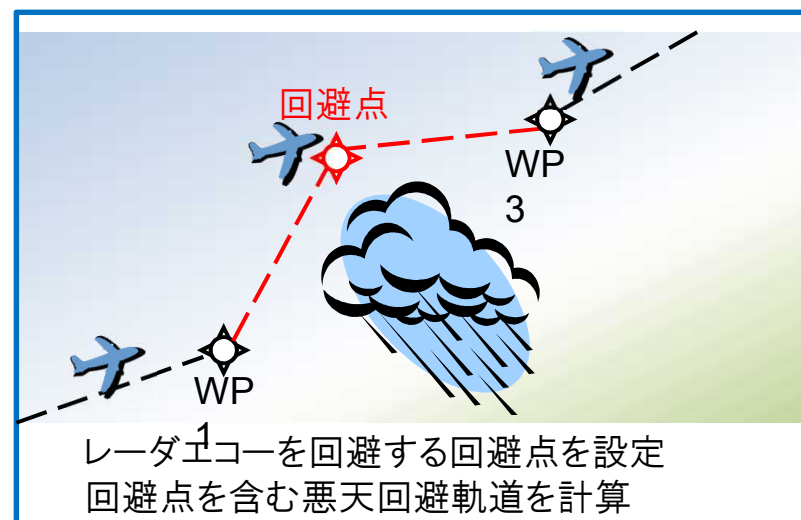
- 1) Base of Aircraft Data (BADA) (*5)
 - EUROCONTROLによって開発された航空機の性能モデル
 - 機体質量はBADAの標準質量を使用
- 2) 気象庁メソ数値予報モデル(MSM)
 - 3時間ごとに更新される気圧高度での気温・風向風速等を格納した大気データ
 - 指定の時間ステップを挟む初期値で線形補間を行い、予測値を算出

■ 悪天回避経路の設定方法

- FL100以上の区間において飛行高度以上のエコー頂高度領域を回避
(巡航高度はCARATS Open Dataと同じ/降水エコー強度や雨雲の発達度については考慮しない)
- エコー領域を回避する距離: FL200以下で5NM, FL200~FL300で10NM, FL300以上で20NM



航空機の
4次元位置における
エコー頂高度の算出

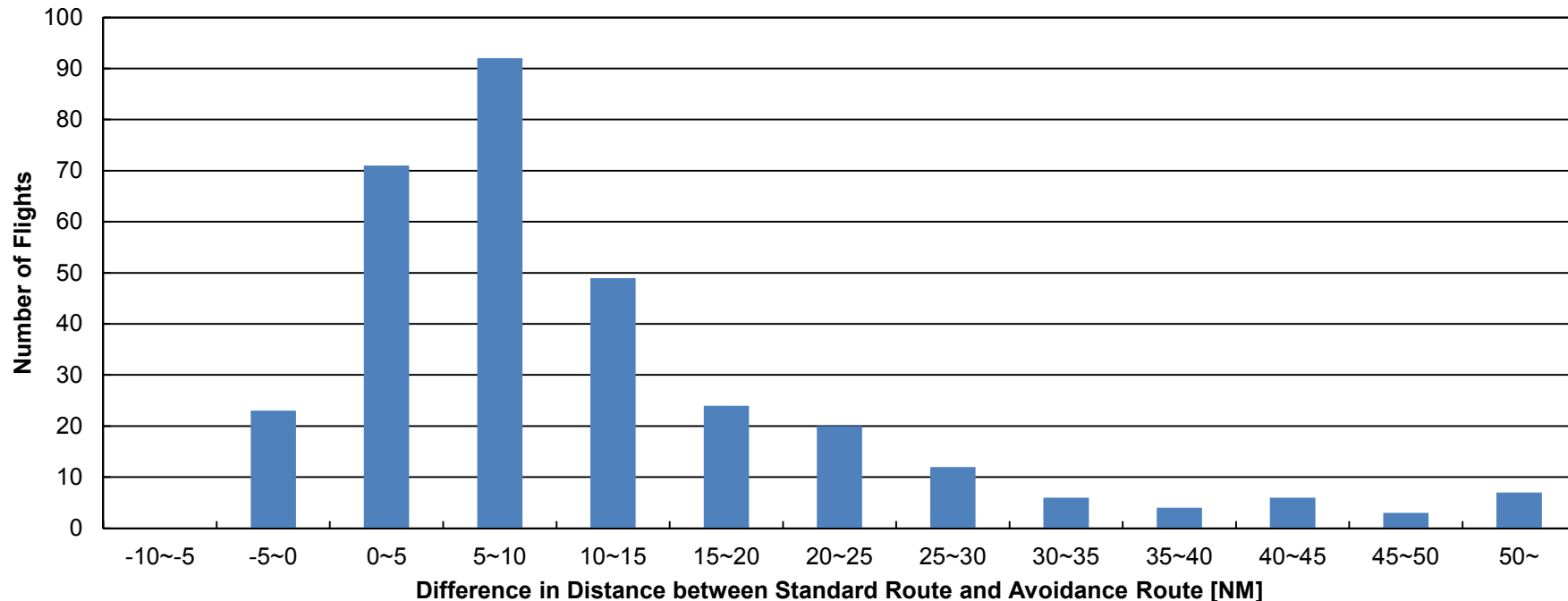


(*5) EUROCONTROL, "USER MANUAL FOR THE BASE OF AIRCRAFT DATA(BADA) REVISION 3.11", EEC Technical/Scientific Report No.13/04/16-01,2013

レーダエコーを考慮した悪天回避経路の設定(2)

■ 標準的な航空路と悪天回避経路での飛行距離の比較

・計算対象: CARATS Open Data 新千歳空港(RJCC)⇒羽田空港(RJTT)レーダエコー回避飛行: 計319便



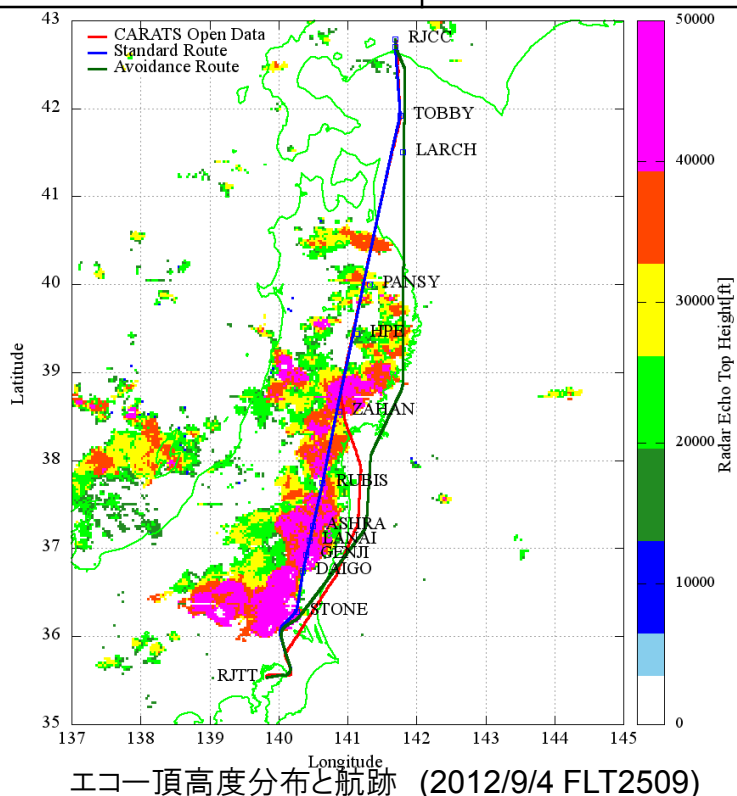
飛行距離差 = 悪天回避経路の飛行距離 - 標準経路の飛行距離

- ・平均値: +12.0NM 悪天回避経路の方が標準経路よりも飛行距離が長い傾向(93%)
- ・レーダエコー領域の大きさ/巡航高度により回避経路の延伸距離が大きく異なる
- ・飛行距離差が大きくなるケース:
 - 巡航高度が低い際に航空路全体にエコー頂高度の高い領域が広がるケース
 - 飛行高度が低い上昇・降下区間にエコー頂高度の高い領域が広がるケース

レーダエコーを考慮した悪天回避経路の設定(3)

■ 標準的な航空路と悪天回避経路における軌道計算の比較:2012/9/4 FLT2509

便名	2012/9/4 FLT2509				
設定経路	標準航空路①	悪天回避経路②	CARATS Open Data ③	②-①	③-①
飛行経路長[NM]	462.1	478.3	473.3	+16.2	+11.2
飛行時間[s]	4035	4157	4598	+122	+563



・標準航空路

広範囲にエコー頂高度40000ft程度のレーダエコー領域が広がる

・CARATS Open Data: 巡航高度 FL400

ZAHAN通過前 レーダエコー領域の内部を通過

ZAHAN通過後 レーダエコー領域を回避飛行

・悪天回避経路: 巡航高度 FL400

飛行高度以上のエコー頂高度領域を回避飛行

・飛行経路長: 悪天回避経路の方が実運航との差が小さい

レーダエコーとの距離をとり回避: 最短距離を飛行

⇒ 延伸距離を最小化・安全性の向上

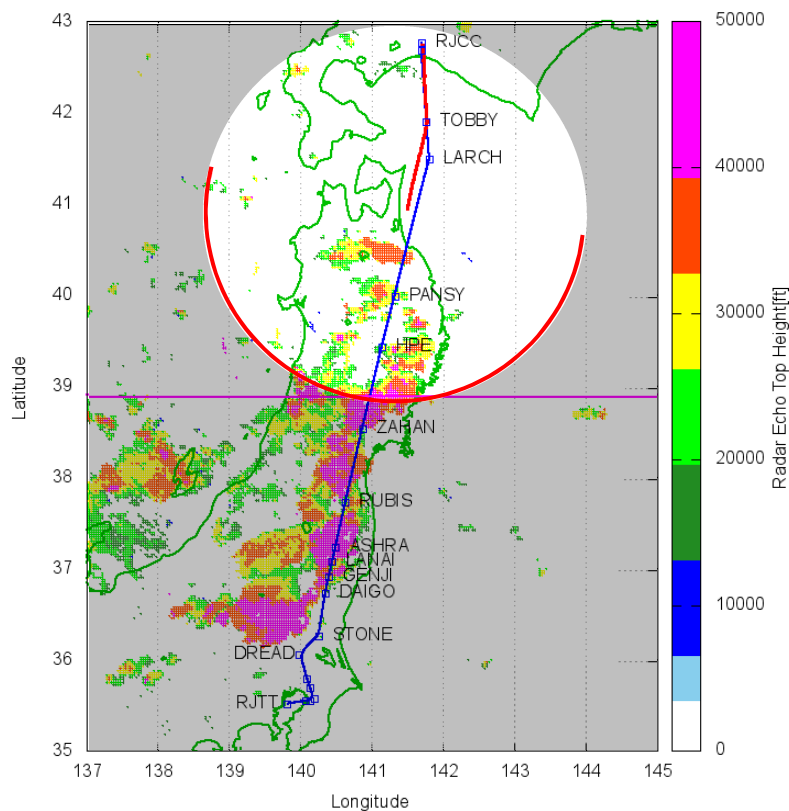
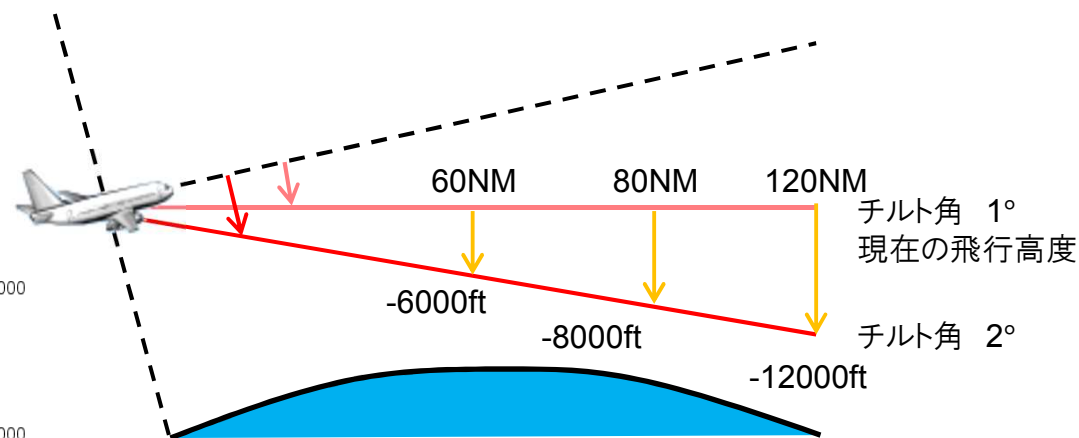
・飛行時間: 実運航と差が大きい

標準航空路に比べ悪天回避経路の方が経路が長い

120秒程度の遅れがみられる

機上レーダーと地上レーダー

- 地球の曲率: 120NMで1°に相当
- 相対高度: $\tan 1^\circ \approx 1/60$
 角度1°は60NM先で1NM \approx 6000ft



北緯41度通過時のエコー頂高度分布

北緯41度付近を飛行しているとき
 120NM先(緯度2度分)の北緯39度付近には
 エコー頂高度が高い領域が広がっている

機上レーダー: 120NM程度までのエコー情報
 地上レーダー: 航空路全体のエコー情報

地上の気象情報の配信による機上での気象
 情報の充実が検討
 ⇒ より安全な飛行につながる

まとめ

■ レーダエコー領域を回避する際の航空機とレーダエコーとの距離を分析

FL100以上の区間で飛行高度より高いエコー頂高度領域を回避した飛行について
レーダエコーからの水平面距離と回避を行った回数を飛行高度別に調査

- ・FL200以下:15.3NM FL200~FL300:14.4NM FL300以上:14.2NM
- ・実運航では飛行高度別にレーダエコーを回避する距離に大きな違いはみられない
- ・飛行高度の違いだけでなくレーダエコーの強さなどそれぞれのケースにより
適当な回避距離を選択していると考えられる

■ レーダエコー領域を回避する悪天回避経路の設定モデルの構築

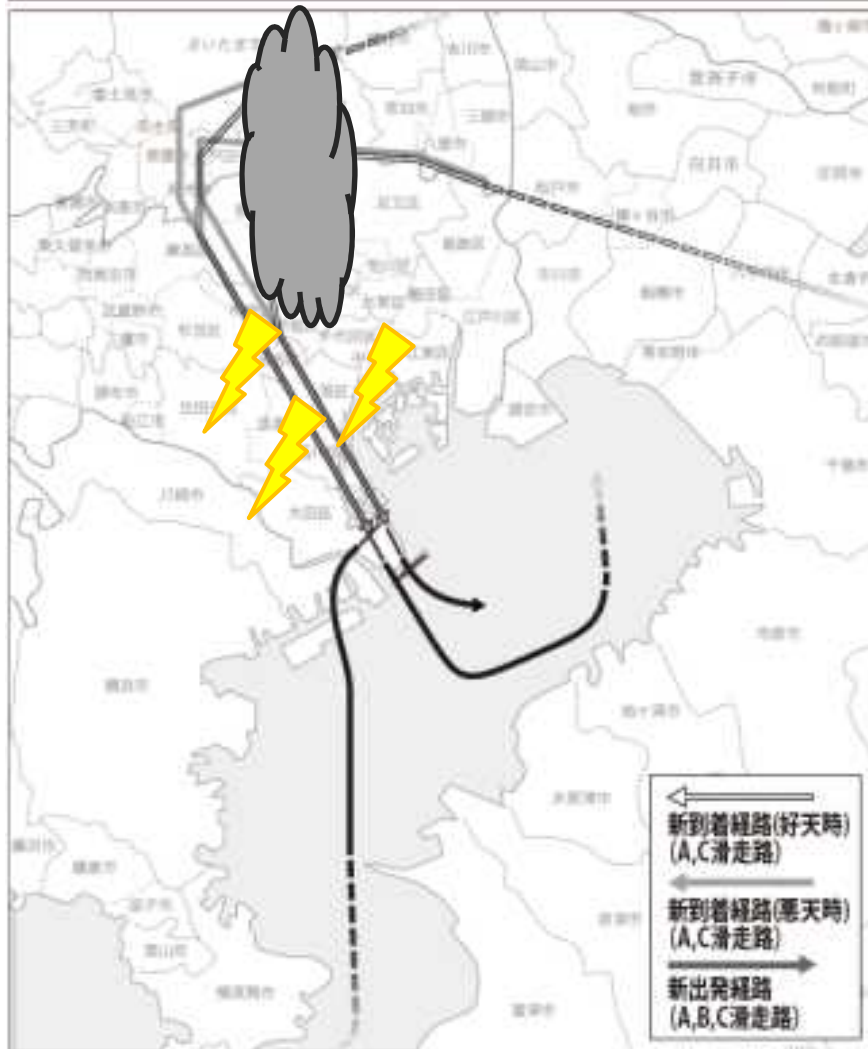
FL100以上の区間で飛行高度より高いエコー頂領域を回避する悪天回避経路のモデル化
標準航空路と悪天回避経路の軌道計算を行い飛行経路長・飛行時間を比較

- ・飛行距離差 平均値:+12.0NM
悪天回避経路の方が標準経路よりも飛行経路長が長い傾向(93%)
- ・レーダエコー領域の大きさ/飛行高度により回避経路の延伸距離が大きく異なる
- ・悪天回避経路:航空路全体のレーダエコー場を把握した回避
⇒延伸距離の最小化・安全性の向上 経路延伸による飛行時間延長も確認

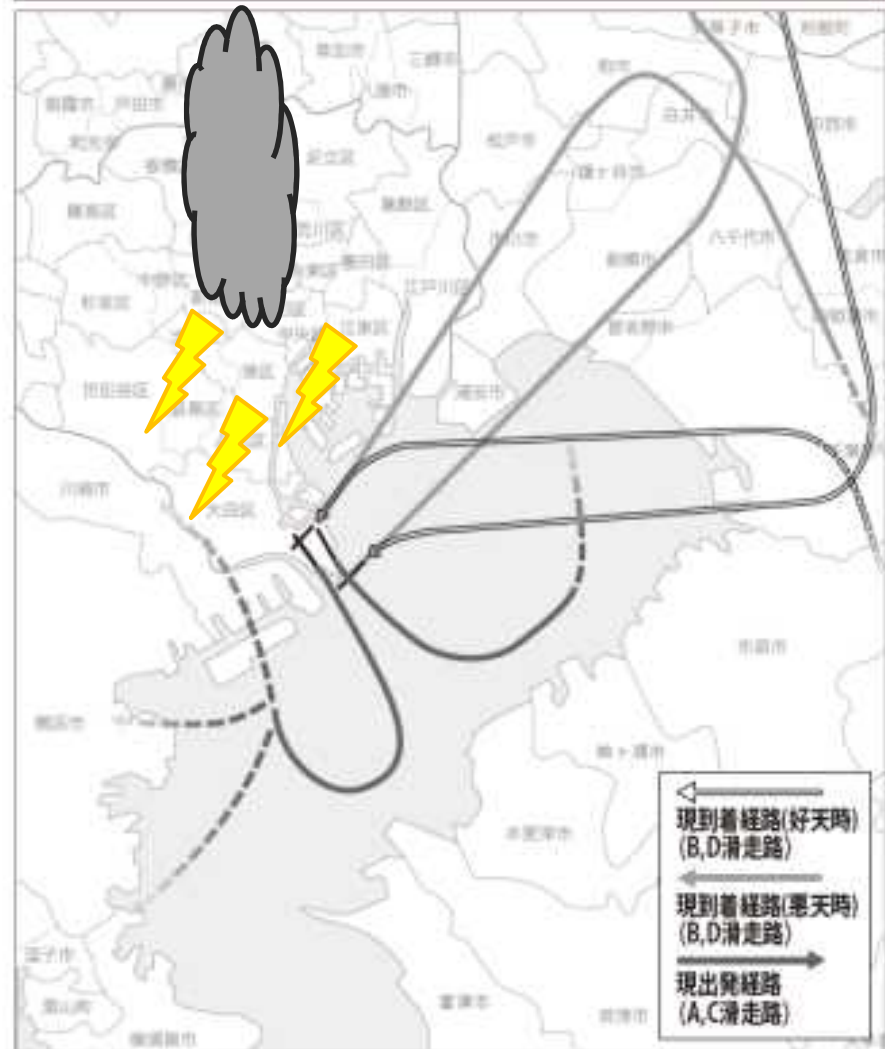
羽田空港国際線増便方策の飛行経路

南風時（深夜・早朝時間帯以外） 運用の割合は約4割（年間平均）

15～19時（新たな飛行経路）



それ以外の時間帯（現行と同じ飛行経路）



研究背景と目的

国土交通省CARATS Open Dataを分析し、2014年夏ダイヤにおける羽田空港の時間値を調査したところ、7月20日は雷が観測された時間帯に滑走路処理能力が大幅に低下している。

関東平野の内陸部は沿岸部に比べて雷雨の発生率が高いことを考慮すると、新たな飛行経路では、アプローチ中に雷雨に遭遇する可能性が上がるのでは、と思われる。

CARATS Open Dataを用いて2014年夏ダイヤを分析し、時間帯別の標準的な出発・到着の時間値について調査し、7月20日の時間値と比較することで、雷の航空機運航への影響を考察する。

アプローチ軌道に沿ったレーダエコーの時間経過を示す図を作成することで、滑走路処理能力が低下した時間帯におけるアプローチ軌道上のレーダエコーを可視化し航空機運航への影響を考察する。

2012年から2016年に羽田空港のMETARで雷が報告された時間帯にアプローチ軌道別のエコー強度を比較し、エコーをなるべく回避する飛行経路について検討する。

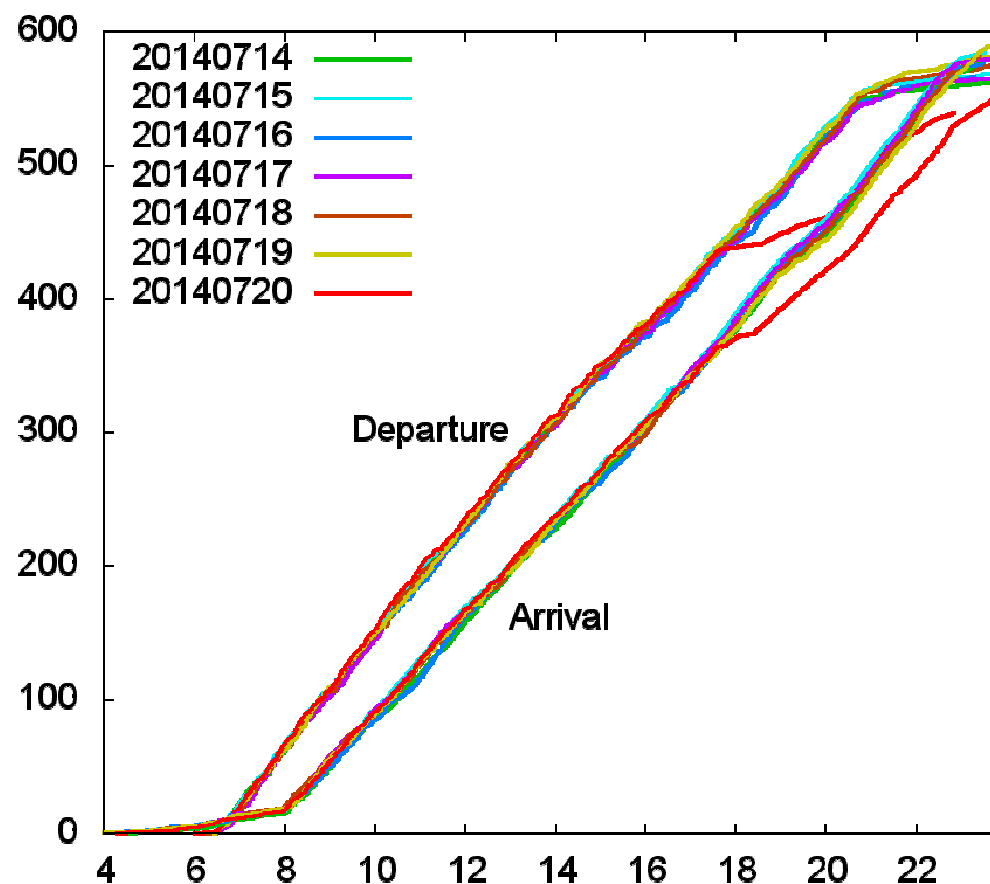
出発機と到着機の積算便数

羽田空港に離着陸するフライトをCARATS Open Dataから抽出、出発機と到着機の積算機数を示す。どの時間帯でも40便/時で同数ならば、傾きが一定の平行な直線となるが、実際は、出発機数は6時半から11時半までの傾きが大きく、到着機数は20時半以降で傾きが大きい。

2014年7月20日は、17時40分頃(JST)を境に、離着陸機が急減1日の積算機数も他の日を大きく下回っている。

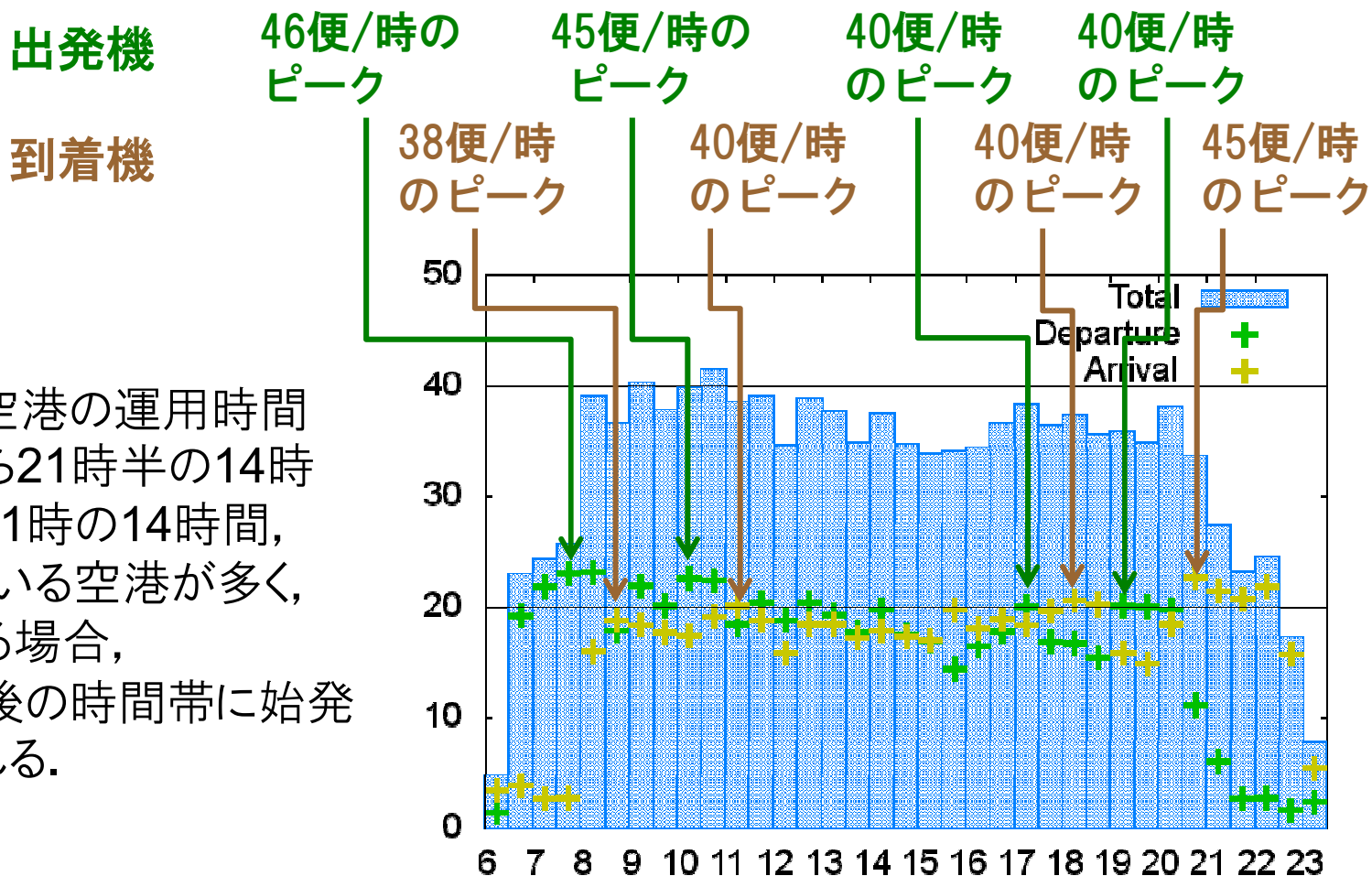
東京航空地方気象台発行羽田空港WEATHER TOPICSによると、

羽田空港に南よりの風の暖湿気が流入した一方、東日本の上空には500hPaで-9°C以下の寒気を伴う気圧の谷が通過中で、関東地方を中心に大気の状態が不安定となり、羽田空港の頭上で雷が観測され、航空機のダイバード・リターンや地上作業が長時間にわたり中断した。と説明されている。



出発及び到着機数のヒストグラム

時間帯による出発機数と到着機数を調べるため、2014年度のCARATS Open Dataの中から、夏ダイヤ期間である5月,7月,9月の各1週間のデータを対象とし、2014年7月20日のような離発着総数が少ない日を除いた平均の出発機数と到着機数を調査しヒストグラムを作成



国内各地の空港の運用時間は、7時半から21時半の14時間、7時から21時の14時間、と設定されている空港が多く、夜間駐機する場合、運用開始直後の時間帯に始発便が設定される。

2014年7月20日出発及び到着機数

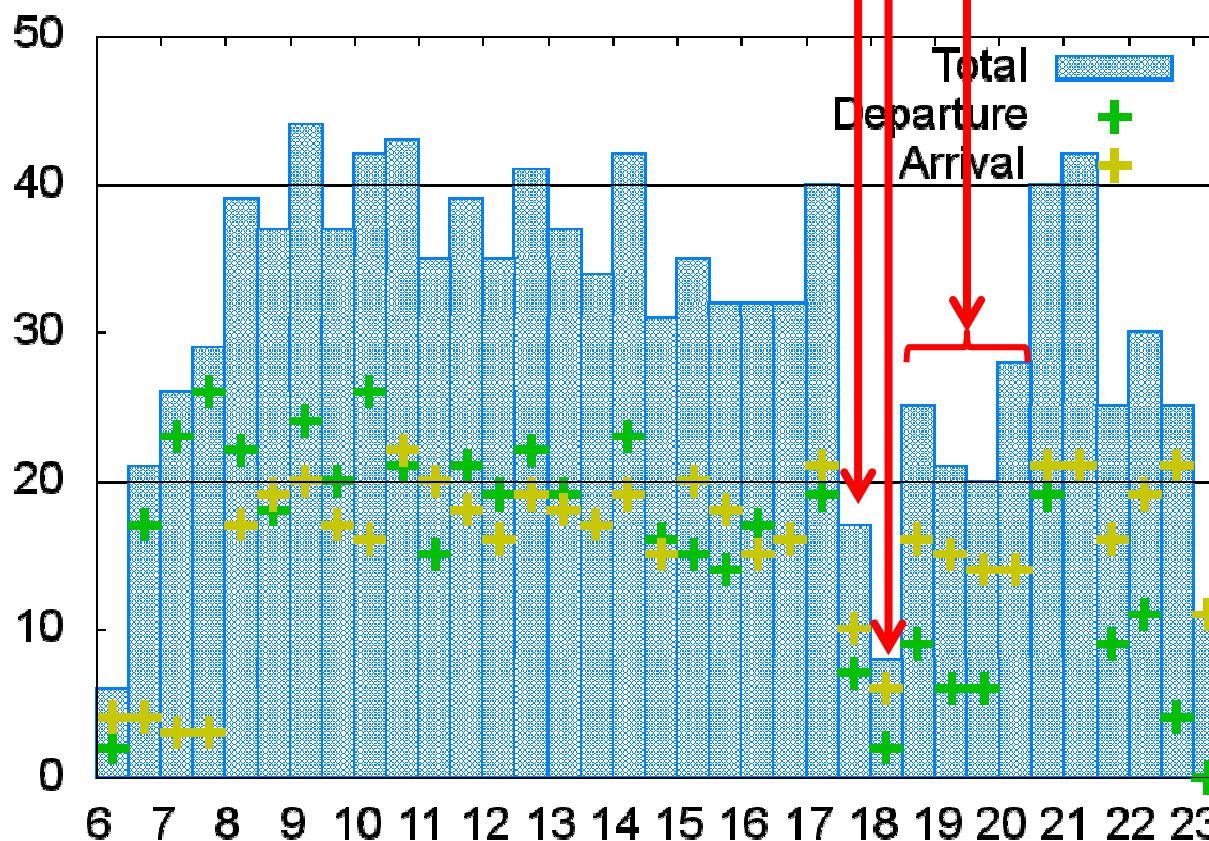
羽田空港の頭上で
雷が観測された
17時47分～
20時00分の
時間帯

18時台は出発2機, 到着6機

17時半台は出発7機, 到着10機

18時半から20時
出発機 大幅に
減少

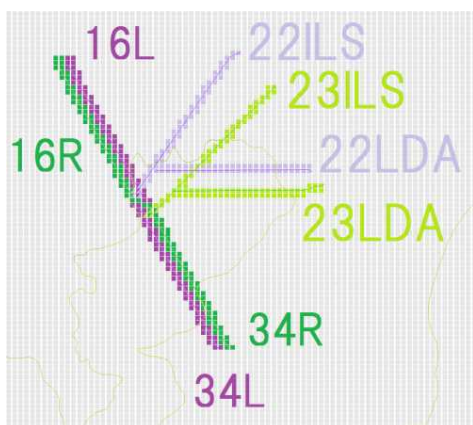
出発機と
到着機が
40便/時に
回復するのは,
20時半台



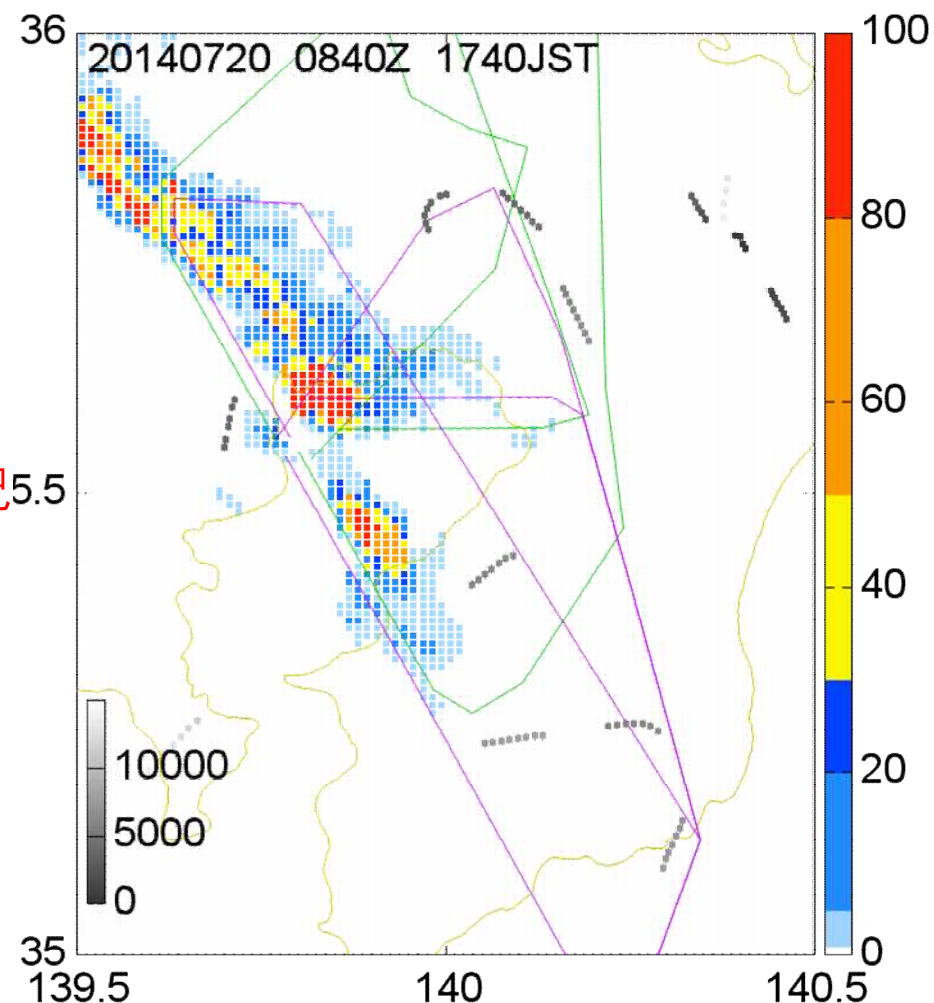
エコー強度と到着機の頻度の可視化

22ILS, 23ILSアプローチには
80mm/hを超える強いエコー
34R, 34Lアプローチ近傍にも,
16R, 16Lアプローチ近傍にも,
80mm/hを超える強いエコー

羽田空港の頭上で雷が観測されたケース
では、どの経路を選択しても、空港近傍で
エコーに遭遇する可能性が高く厳しい状況



各アプローチ軌道にかかるエコー強度の
時間経過を1つの図で分析できるように、
アプローチ軌道に近接するメッシュを選択し
横軸とし、時間変化を縦軸として作成



羽田空港の頭上で雷が観測され出発及び
到着機数が急減した, 2014年7月20日17
時40分(JST)のエコー強度

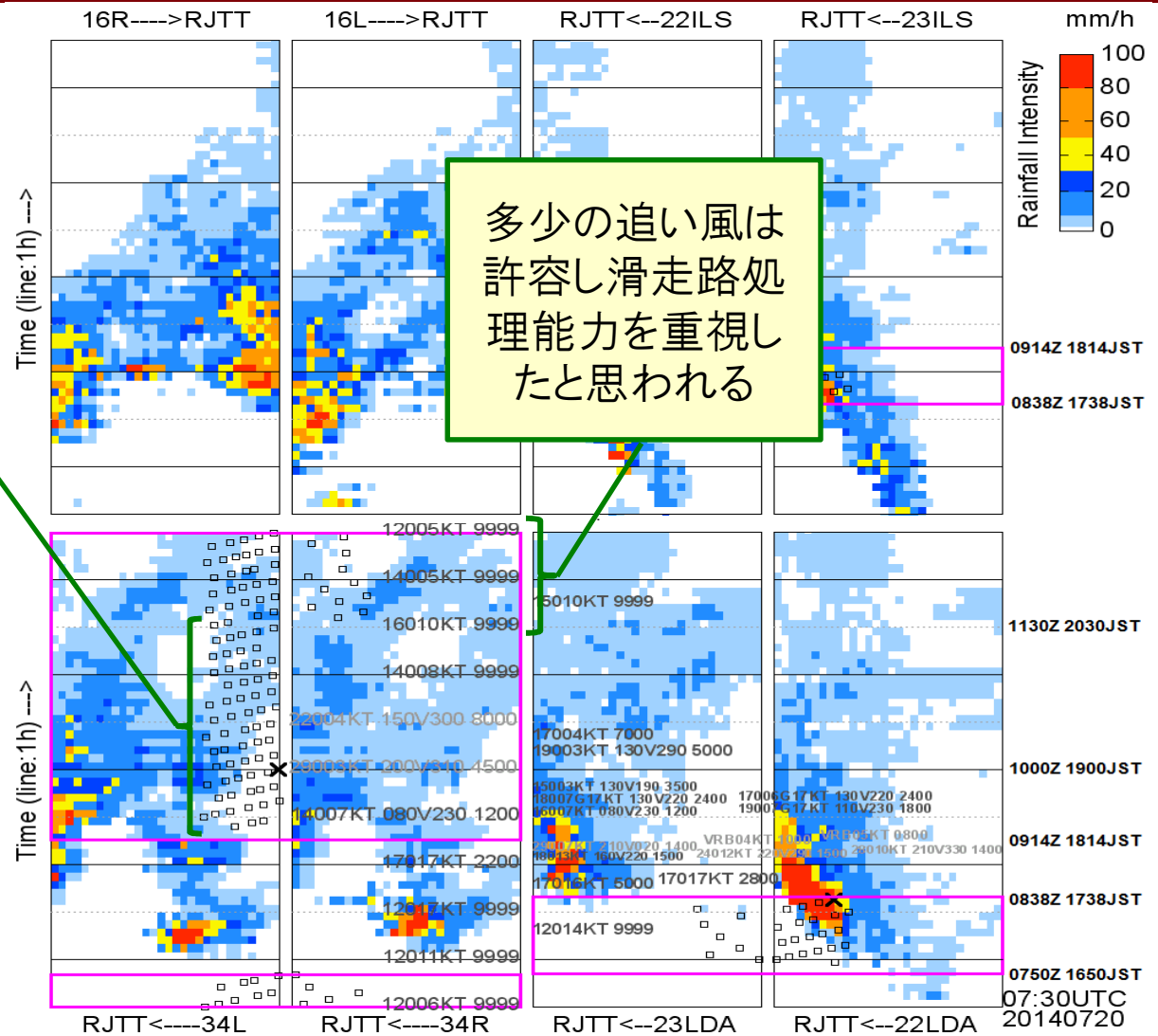
各アプローチ軌道にかかるエコー強度の時間経過

羽田空港の到着機を□で表示。
 プロットが重なるのを避けるため、
 航跡の最後の時間を10分間隔で
 スweepして表示。
 ゴーアラウンドした到着機は、
 ゴーアラウンドした時間に×でプロット。

34Rアプローチは使用されず
 34Lアプローチのみの運用

34Lアプローチのみの処理能力
 の上限に近い
 約2分間で1機の頻度で到着

出発機できずスポットが空かない
 場合、到着機の受入れが厳
 しくなり処理能力も低下

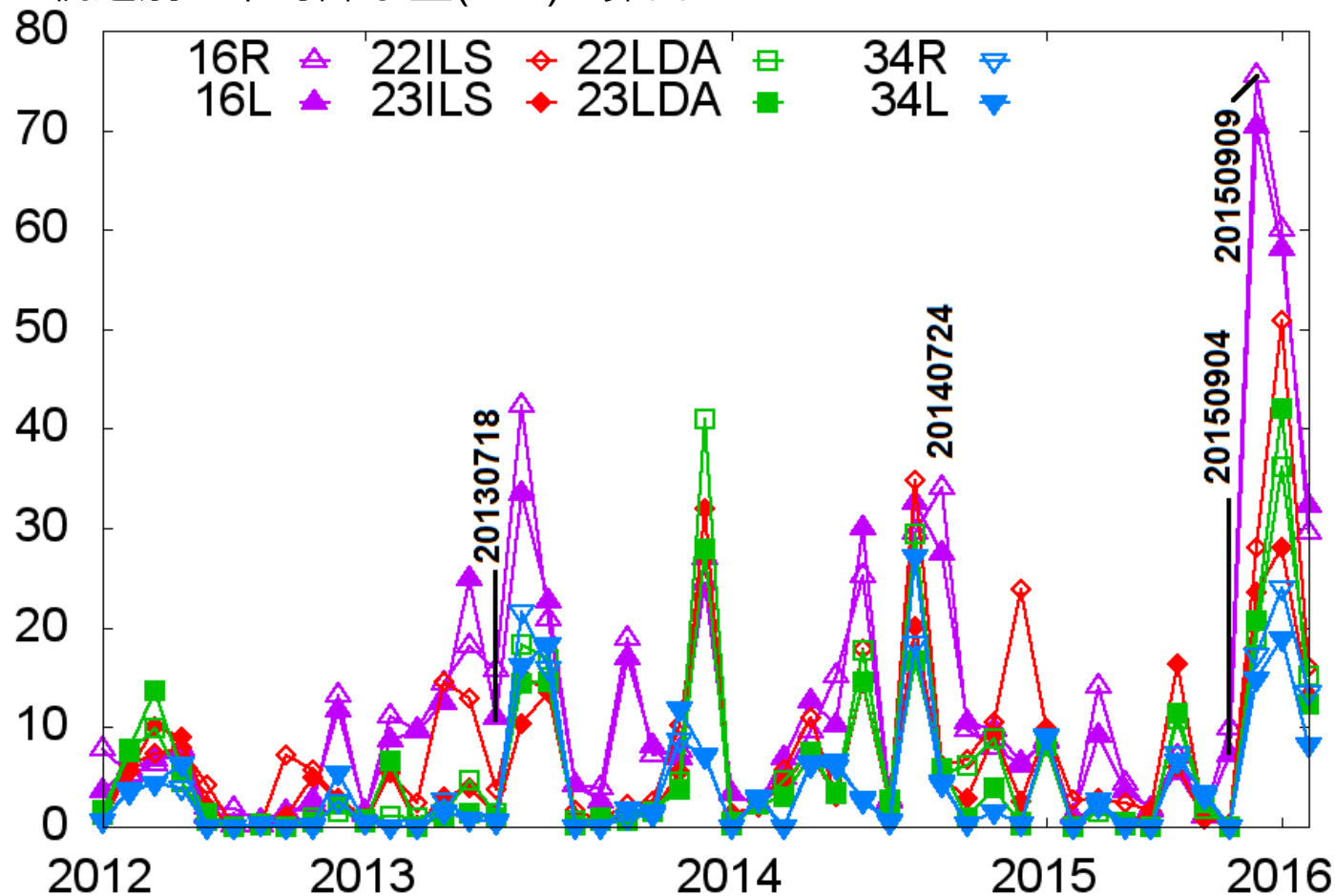


アプローチ軌道別の平均降水量(mm)

アプローチ軌道に沿った横軸方向は平均し、その平均した降水強度の10分値を縦軸方向の時間で積分して、アプローチ軌道別の平均降水量(mm)を算出

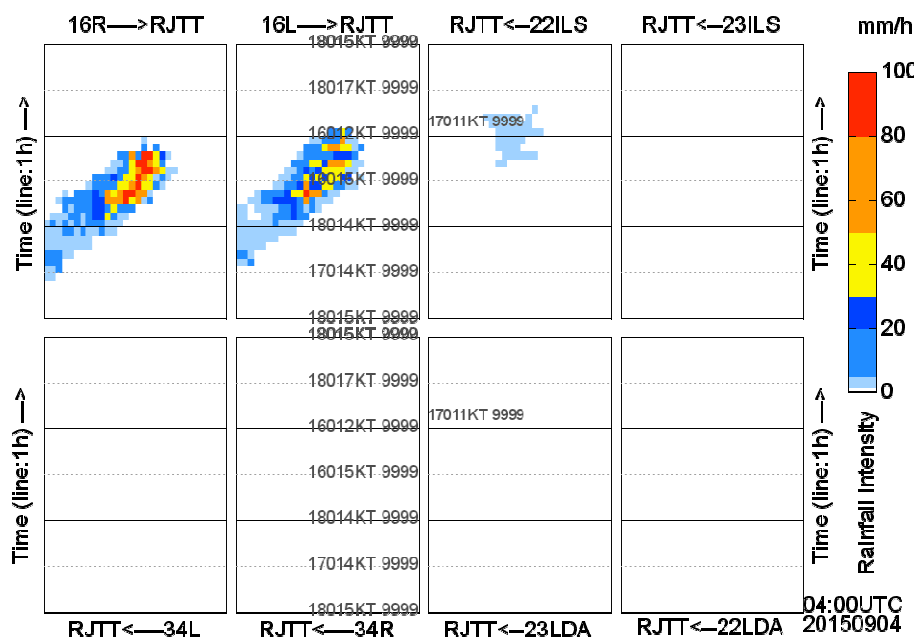
内陸を飛行する
16R, 16Lアプローチ
の平均降水量が最多
となるケースが多く、
次いで、22ILS,
23ILSアプローチ,
22LDA, 23LDAアプ
プローチがピークとなる
ケースが多い。

東京湾上を飛行する
34R, 34Lアプローチ
の平均降水量がピー
クとなる日は見られな
い。

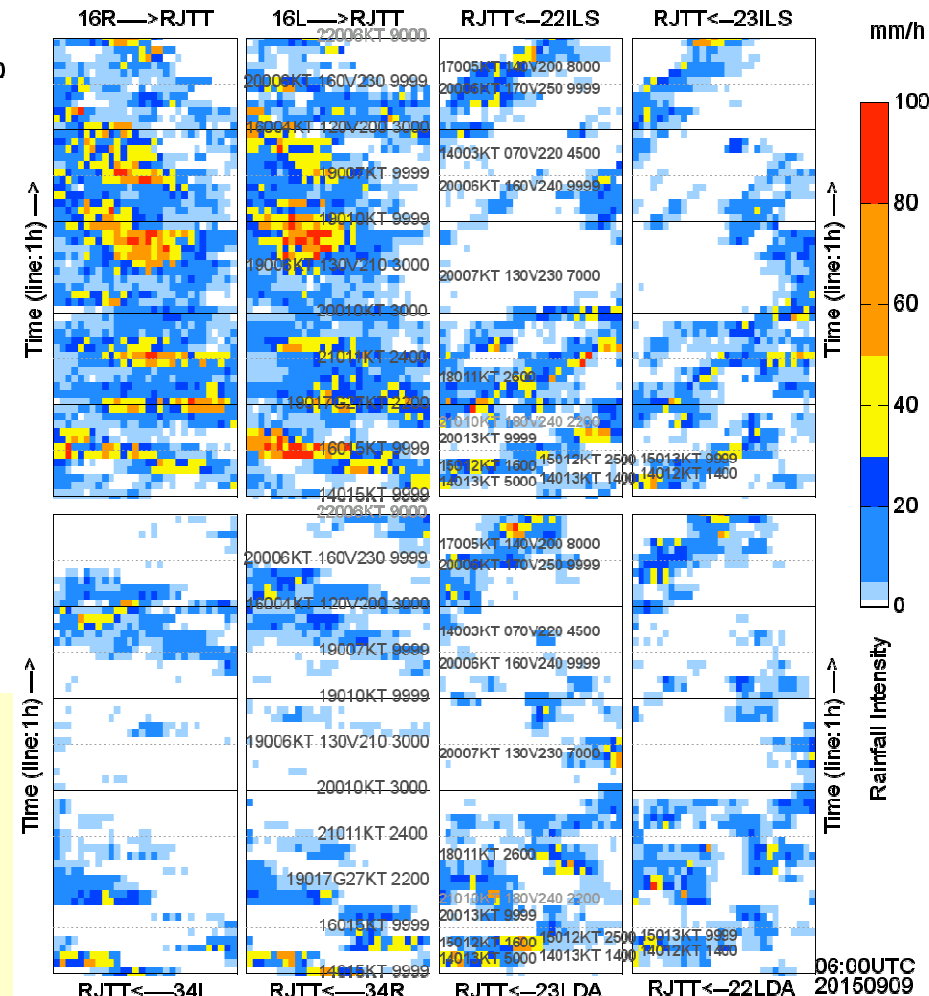


既存のアプローチでは、強い降水エコーに遭遇することがない気象条件であるが、新たに16R, 16Lアプローチが採用されると強い降水エコーに遭遇する可能性がある。

エコー強度の時間経過と飛行経路の検討



16R, 16Lアプローチ 80mm/hを超えるエコー
 23LDAアプローチ 一時的に5mm/h以下の弱いエコー,
 他のルートでは, 降水エコーに遭遇しない. 平均風向
 向と風速は160° と15ktであり南風運用
 滑走路処理能力の低下が許容できる場合,
 22LDA, 23LDA, もしくは, 22ILS, 23ILSアプロ
 ーチを選択することで強いエコーを回避できる



断続的に80mm/hを超えるエコーがかかる状況が,
 5時間近くにわたり続く. 風速は濃い灰色で示される
 が10kt程度の時間帯が多いため, 追い風となるが
 北風運用により回避できる

まとめ

国土交通省CARATS Open Dataにおいて雷が観測され滑走路処理能力が大幅に低下した2014年7月20日のデータを分析。羽田空港の頭上で雷が観測された17時47分～20時00分の時間帯は、出発機が大幅に減少、羽田空港WEATHER TOPICSで説明されているように、地上作業が長時間にわたり中断したこと推察される。

34Rアプローチは使用されず、34Lアプローチのみの処理能力である30便/時の頻度で到着。雷の影響により地上作業が長時間にわたり中断する場合、出発機がスポットに滞留する状況となり、到着機の受入れが厳しくなり処理能力も低下することが指摘される。

アプローチ軌道別のエコー強度を分析する目的で、羽田空港のMETARでTSが報告された日に対し、アプローチ軌道に沿った平均降水強度の10分値を時間で積分、アプローチ軌道別の平均降水量を算出。内陸を飛行する16R, 16Lアプローチがピークとなるケースが多く、次いで、22ILS, 23ILSアプローチ, 22LDA, 23LDAアプローチがピークとなるケースが多い。東京湾上を飛行する34R, 34Lアプローチの平均降水量がピークとなる日は見られない。

16R, 16Lアプローチのレーダエコーがピークとなるケースに対し、飛行経路を検討。追い風が10kt程度で許容できる状況では、34R, 34Lアプローチを選択することでエコーを回避できる。追い風が強く南風運用となる状況では、滑走路処理能力の低下が許容できるならば、22LDA, 23LDA, 22ILS, 23ILSアプローチを選択することでピークとなるエコーを回避できる。