

特定課題解決のための公開モバイルデータの利用

Potentially Effective Problem-Solving using Publicly Available Mobile Data

溝口徹夫

Tetsuo Mizoguchi

mizoguchi-tetsuo@kamakuranet.ne.jp

要旨

本発表では、民間航空の次世代航空管制システム研究に関して、公開モバイルデータを利用した、羽田空港での航空機の離陸走行特性、到着飛行特性のデータ解析、**data-driven** な解決策提案など、これまで可能でなかった成果を得られたことを示す。この成果を一般化し、研究のあり方、及び公開データ利用の重要性について議論する

1. はじめに

本発表は、特定(航空管制分野)課題解決のための、公開モバイルデータ利用に関する。公開モバイルデータが存在し、それをいかに活用するかというアプローチではなく、その逆である。以下では、本発表に関する背景、データ解析の内容について順次触れる。

2. 背景

2.1. 研究課題について

本発表で取り上げる課題は(民間航空の)次世代航空管制システム研究に関連する。この分野では欧米及び国内で研究及び開発が計画され、米連邦航空局資料[1]によれば、2025年に本格運用に入る。その課題は、安全を確保しつつ、見込まれる需要増を可能にし、かつ(空港や航空路の)容量飽和と効率低下(遅延増)の解消である。その解決の目玉が、4DT(4 Dimensional Trajectory: 4次元軌跡: 3次元空間+時間で示される飛行軌跡)の活用である。正確で迅速なデータ提供によって容量と効率の課題を解決しようとする。2018年には4DTの先行システム完成計画があり、それまでに多くの研究課題の解決を必要としているが、先行システムの要件定義が難航との話がある。

日本国内では、航空機の離発着は、東京羽田空港へ極度に集中し、その容量と効率の問題が航空交通全体へ大きく影響している。本発表の課題は、羽田空港からの離陸、到着での容量・効率の解明であり、4DT モバイルデータによる解析が望まれる [2]。

2.2 研究と開発について

「研究開発」は、開発の一部として研究を含むと受け取られ得るが、開発は本来、仕様が確定可能である状態から開始され、研究の必要はない。研究は開発が開始できない状態が必要になる。研究成果は当初予定した結果になるとは限らないし、途中成果で方向転換をする場合もある。研究開始時に必要なデータ、ないしは途中で得られる情報は事前に予定に入っていないことも多い。本発表では、開発には入れないいくつかの不確定要素を明確にしようとする。

2.3 公開データと専用データ

本発表の第二の特徴は、公開(モバイル)データを利用している点である。公開データの対極にあるのが、本件では専用データであろう。航空については、専用データは、地上の各国の管制機関が独自の設備(レーダー等)によって、管制目的のために飛行軌跡を取得する大掛かりなものである。安全性の問題もあり、品質等は厳密である。そのような専用データは一般が容易に利用は出来ず、その利用が可能でも、研究成果の公表、討議は認可を得る可能性はない。但し、平成 24-26 年度にこの領域の共同研究体制が出来、平成 26 年度に研究テーマの公募が行われ、状況は改善されつつある。研究で大切なことは、自由なアイデア着想と研究者間の討議であり、専用データの制度的制約は研究には向いていない。

この専用データの欠点は、地上からの電波が効率的に届かない太平洋上などの飛行軌跡は捕獲できないことである。最近では、航空会社の所有である航空機に搭載された装置(GPS 測位等)によって、航空機側からの飛行位置、時刻の(衛星経由等で)送信が可能になった。飛行する航空機の存在を周囲へ示す必要があるから、飛行データを衆知することが原則で、データ送信は放送の形式で行われる。幸運にも筆者は公開モバイルデータ(flightradar24.com)の存在を知人から教わり、これを利用して解析を行うこととした(放送という形態から言って権利等の制約表明はない)。この公開モバイルデータの更なる利点は、対象は一国に閉じたものでなく、全世界的で、国際便の軌跡などの追求も可能である。しかし、いくつかの欠点もあり、それについては最後に触れる。

3. 公開モバイルデータ利用による課題解決

3.1. 羽田空港からの離陸フライトの地上走行解析

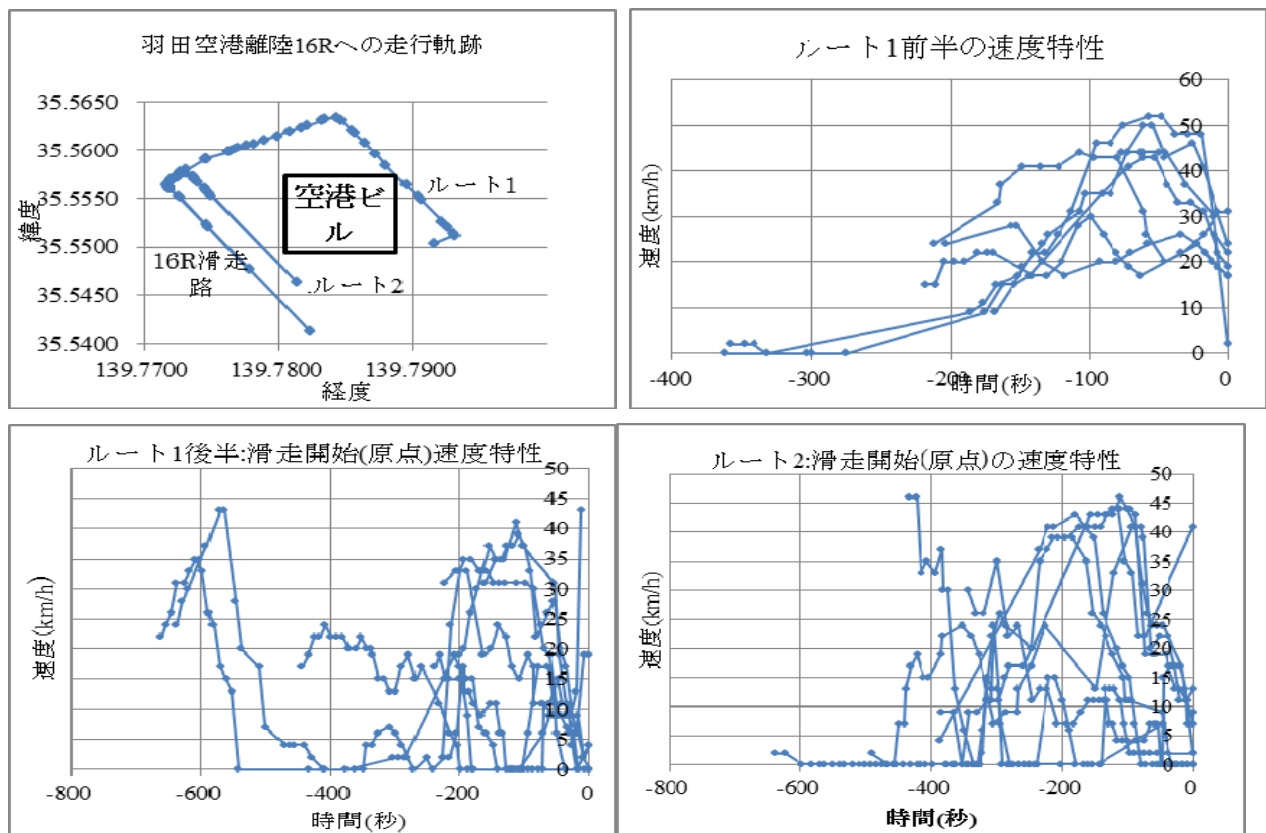


図1 16R 滑走路地上走行軌跡と速度特性

本発表での解析の対象は滑走路 16R からの離陸フライトである。離陸フライトの地上走行ルートは主として図 1 に示す、ルート 1 と 2 である。ルート 1 は途中で左折するが左折以前は滑走路が空港ビル

のためパイロットの視野に入らない。以下では、ルート1前半、ルート1後半、ルート2に分けて、走行速度特性(各計測点での最終点までの時間と各時点での速度)を与え、どの時点でどれだけ速く(あるいは遅く)走行しているかを示し(図1参照)、それによって、走行特性をType1,2,3に分類した。

Type1は比較的高速度で走行するもので、Type2はStop-and-Go(停止後に再走行)を繰り返すもの、Type3は走行で減速が行われるが、Stop-and-Goは行わないもの、とした。以下ではルート2のみの詳細を示すが、ルート1後半も同様の特性であった。ルート2でのType1,2,3の速度特性と距離特性(各計測点での滑走開始までの時間とその時点での走行距離/位置)を合わせて示す。(図2参照)

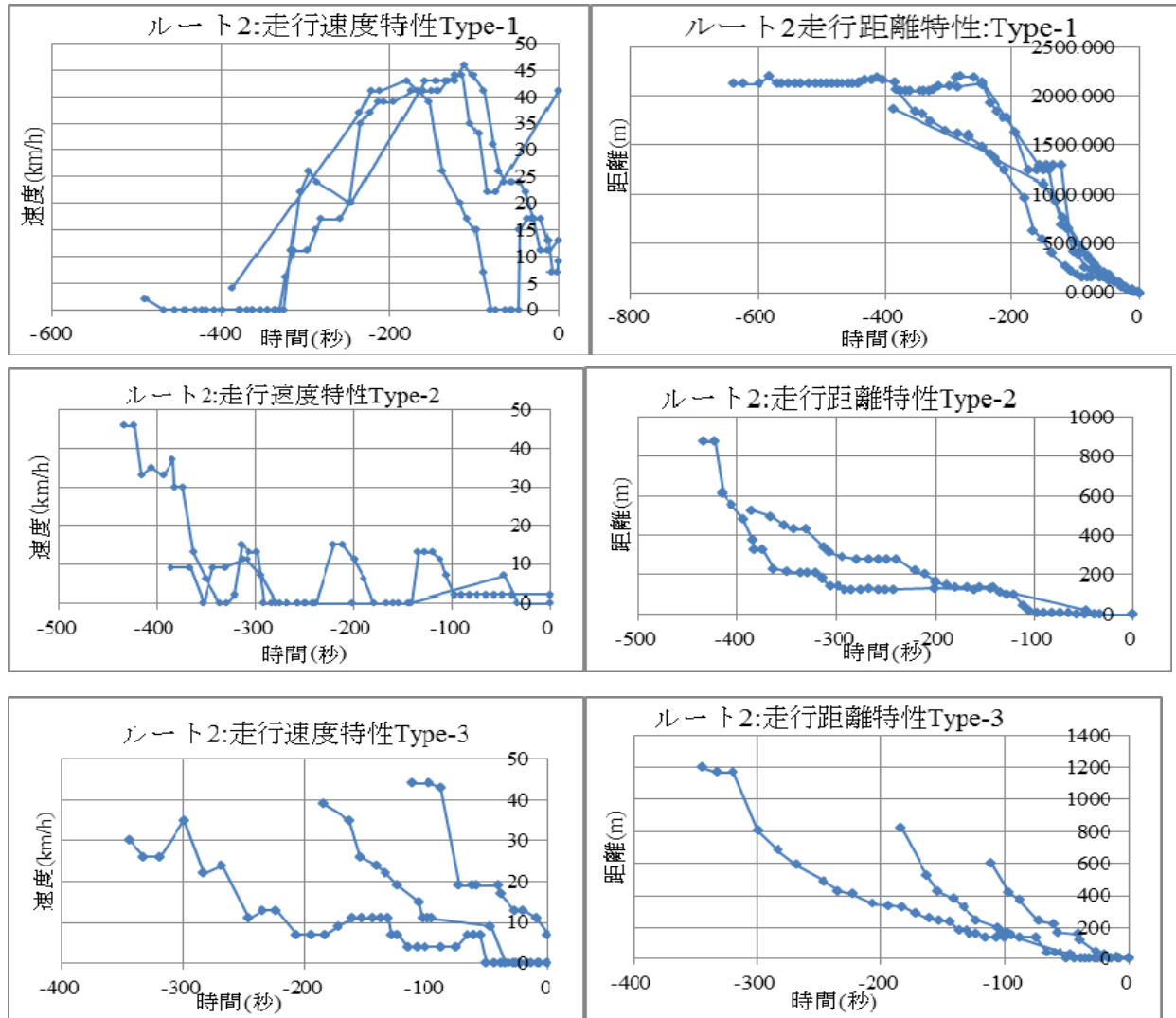


図2 Type別走行速度特性と走行距離特性

特にType1は望ましい(標準)走行特性であるので、ルート1,2での(標準)走行距離特性を以下のように求めた。(図3参照)

離陸に関する管制方法の一つを以下に提案する。(図4参照)パイロットからの地上走行許可要請は逐次発生するので(事前に予知は困難)、要請のある度(図の○)に標準走行特性に基づき、滑走路への走行承認を发出する。但し、既に承認した走行の前後間隔が十分ではない場合(図の●)は、走行開始を遅らせるという管制方法を考案した。パイロットは想定通りに走行するとは限らない(これを予測することは、特別に指示をしない限り不可能である)ので、滑走路近くまでで離陸順序の変更も可能とする。

待ち行列が増えた場合に、走行開始を抑止するという方法も提案されているが、それは待ち行列の立ち上がりの抑止にはならない。本提案は待ち行列の発生しない、data drivenの走行の見通しを与える。また、従来の数理モデルが十分適用できない場合の当面の解決策(業務システム計画段階、及び業務実時間利用段階)、新たな数理モデル検討への足がかり(例:パイロットの走行特性化等)が可能になる。いわば4DTデータの離陸管制での利用で

ある。

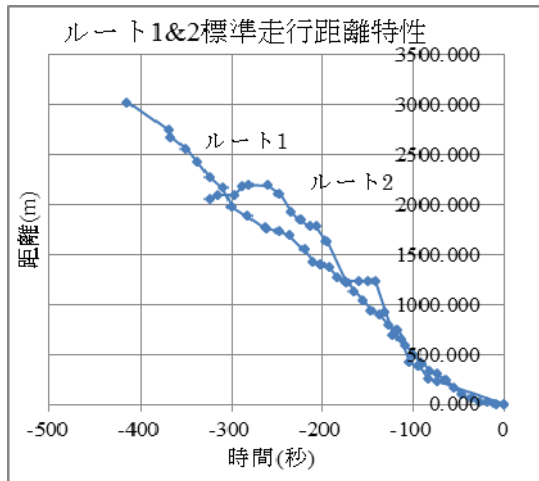


図3 標準地上走行距離特性

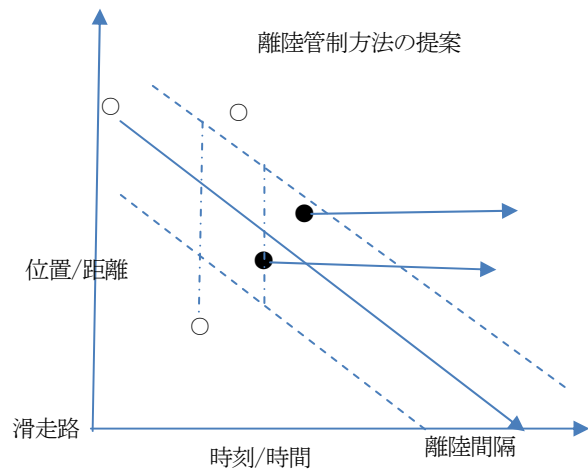


図4 離陸管制方法: 提案

以上の解析は主として単独の離陸フライトについてのものであるが、航空管制で重要なことは走行するフライト間の前後関係、特に走行間隔である。間隔には距離間隔と時間間隔がある。距離間隔はある瞬間のフライトの位置を示すことで、目視ないし数値化して知ることができる。しかし、時間間隔は、ある離陸フライトの先行フライトが何秒前にその位置を通過したかであり、走行速度が変化すると、これらは線形ではなく、二次元平面上に表示することは困難である。距離間隔と時間間隔を一つの表示とするために、時間と(滑走開始位置までの)距離の関係を離陸するフライト順に示すこととした。前後するフライトの縦軸は距離間隔を横軸は時間間隔を示している。滑走路への複数の離陸待が重要な滑走路の場合(図5参照)と、16R滑走路のように複数のルートからの離陸フライトが合流で受ける待ちも重要な滑走路の場合(図6参照)とがあり、効率の解析が多少異なる。

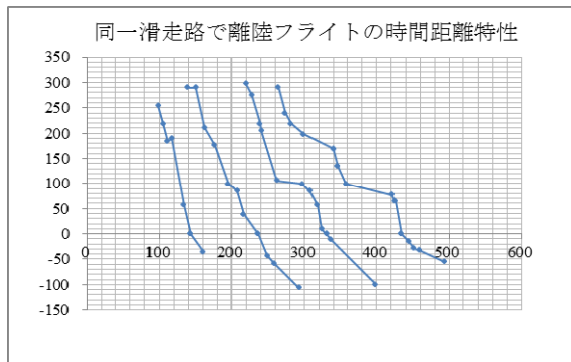


図5 同一滑走路で前後する離陸フライト

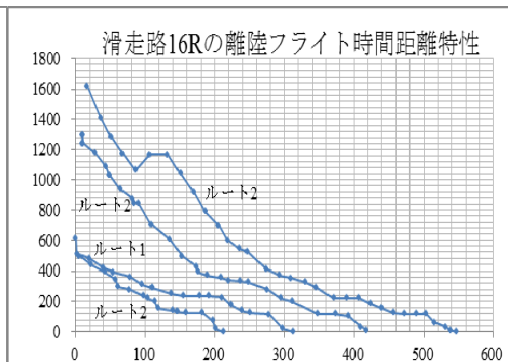


図6 複数ルートから合流する離陸フライト

3.2. 羽田空港への到着フライトの飛行特性解析

羽田空港への到着は複数の滑走路への到着があるが、そのうちのひとつ(34L滑走路)、その一部の到着軌跡を示す。到着軌跡は幅があることが分かる。(図7参照)これは飛行軌跡上の容量が一定量(安全のための飛行間隔)を超えると、軌跡を膨らませるためである。飛行の形態は(1)先行フライトにほぼ追従する、(2)軌跡の容量超過のため軌跡を膨張させる、(3)膨張した軌跡の容量が減少すれば、軌跡を縮小するなどがある。同一軌跡に沿って後続のフライトが追従飛行する様子を軌跡上の複数のフライトの前後関係として示す。(図8参照)

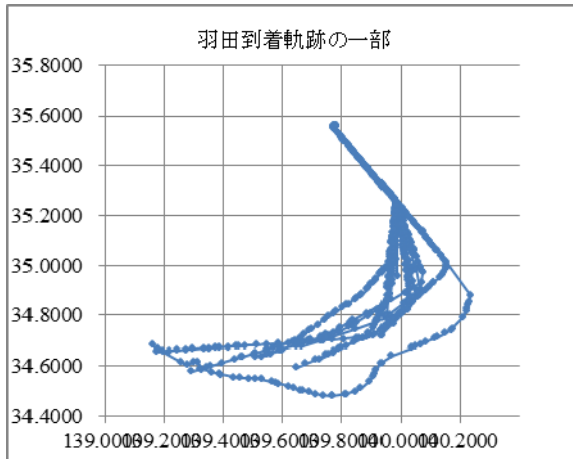


図7 到着フライト軌跡

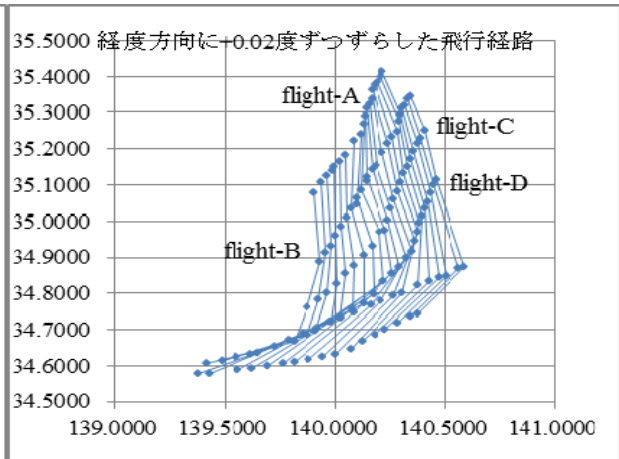


図8 複数の追隨到着飛行軌跡の時間推移

また、軌跡が追隨、膨張、縮小した際の前後するフライトの時間と位置関係を示す。(図9,10,11 参照) 点線はほぼ同一時刻の位置関係を示す。

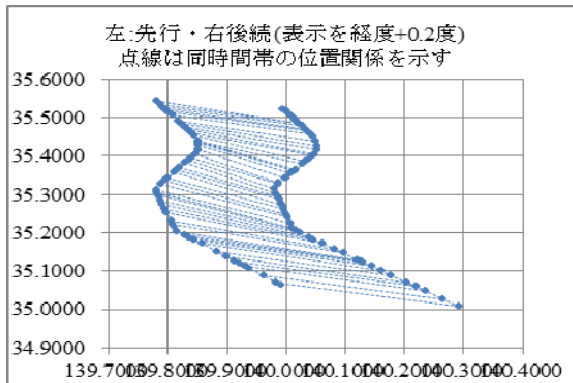


図9 前後する追隨到着飛行軌跡の時間推移

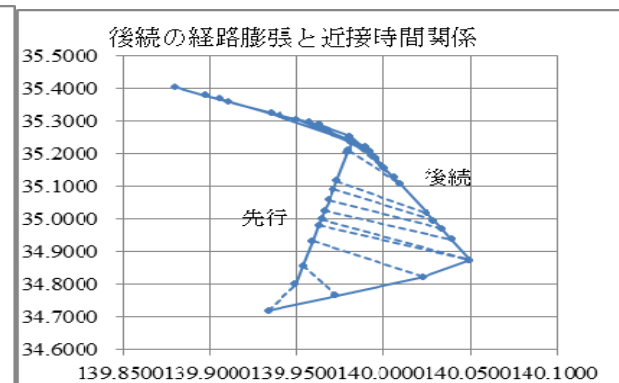


図10 軌跡膨張到着飛行軌跡の時間推移

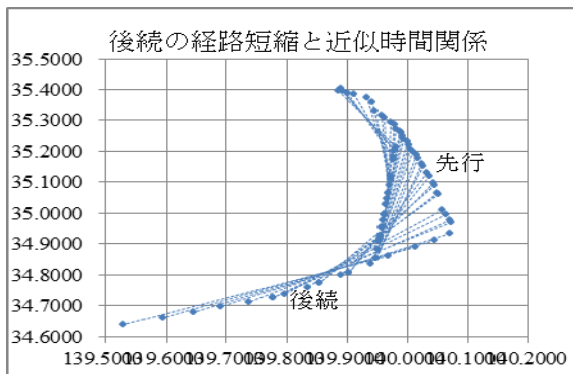


図11 軌跡縮小到着飛行軌跡の時間推移

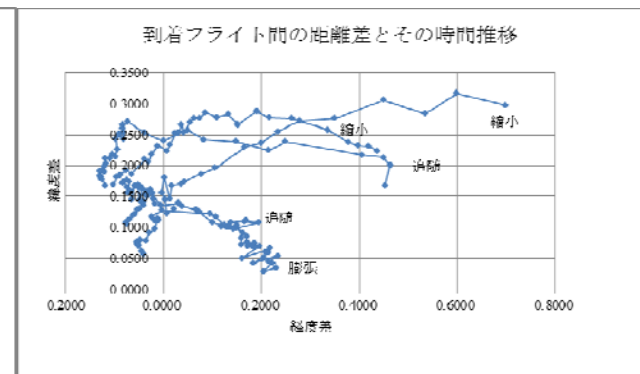


図12 到着フライト間の距離差とその時間推移

離陸の場合と同様に、航空管制では前後して飛行するフライト間の時間間隔、距離間隔を示すことが重要になる。離陸の場合は滑走路という固定した位置への移動であるため、図 5,6 に示した時間・距離表示が可能であるが、到着の場合は移動軌跡には変動幅があり、同様な時間・距離表示は有効でない。そこで注目する前後したフライト間の距離を経度差と緯度差で示し、その距離差の時間経緯によって、距離間隔と時間間隔を示してみた。図 12 に示すものは、複数の到着フライト対について、後続のフライトの先行フライトとの距離間隔を時間経過に沿って示す。図に時間の数値を示すことも可能である。到着フライト対が現在どのような距離差にあるかを知って(見て)から、何秒後にどれだけの距離差に縮まるかを想定可能である。画面では表示されない、管制官の頭の中の推定を明示できると想定できる。

後続フライトから見た先行フライトとの位置座標差の変化を示したが、時間差(後続機が先行機の位置に到達する/したまでの時間)は通過緯度(移動は緯度が単純増加する方向であるので緯度変化を軸とした)に対して変動は少ない。間隔距離は次第に短縮されるが、飛行速度が低下するので、飛行間隔時間変動は少ないと推定される。以上のように、今までブラックボックスであった航空機の走行、飛行特性がかなり明らかになった。

4. 公開データ利用の課題と可能性

4.1. 公開データ利用の残された課題

本発表での残された課題は、解析源データの増加による解析結果の追加確認である。本発表の直接的延長線にあるのは、需要増加などに伴う今後の航空管制のあり方の検討である。

本発表では、管制業務の一部が解析できた。しかし、解析すること自体が目的ではなく、その成果を関係者間での議論へと広げ、管制業務の高度化が必要である。現在のところ、このような議論の場は出来上がっておらず、今後必要となる。また、公開データは品質上課題(全フライトはカバーしていない、データ送信が途絶える、データ周期のムラ)がある。

管制官の多くは、管制業務は情報システム化には適さない、いわば暗黙知の世界であると考えているように伺える。そのような部分はあるにしても、管制業務を定式化し、何が課題であるかを理解することは大切と言える。例えば、本発表で取り上げた、離陸管制方法などはその一例であろう。また、離陸における Stop-and-Go の地上走行時間の遅延への影響、到着での経路膨張、縮小後の合流の位置・時刻予測は、暗黙知としている限り明らかにならない。

4.2. 公開データ利用の可能性

本発表の直接的応用は、到着空港での旅行会社、リムジンバス会社、出迎え家族への情報提供、乗客の機内でのフライト飛行状況確認、航空会社、パイロットへの他社便の運航情報提供などである。モバイルデータに関しては、少し適用を拡大すれば、路線バスの路線上での遅延情報提供など、道路交通応用も考えられる。本件は、移動体の移動経路と時刻が主体となるデータの活用である。携帯電話を介した人間の行動パターンの解析など(同じ航空での例は、搭乗遅れの乗客の空港内での位置把握と出発ゲートへの移動督促・誘導案内等)も同様な特性化が可能であろう。個体データを公開、解析する場合は、目的に合わせた解析が必要であるが、プライバシー等の問題が生じ得る。

5. まとめ

本発表では、第一に航空管制の課題解決に公開モバイルデータを解析し、ある程度の成果を得たことを示した。第二に、この成果は公開データの存在がなければ可能ではなかったし、たとえ専用データが利用可能であっても成果を公にすることはできなかったことを示した。第二の点は、制度的制約に関するもので、特に研究的課題に対するこの制約は、発展的活動を阻害し、適切な情報システムの開発への道を閉ざすものともなり得る。このような不都合の一端は、研究と開発の違いの理解不足とも推定される。公開データが存在するだけでは、有効な問題解決にはならない。解決すべき問題の本質を理解せねばならないが、データや情報を入手、保管することに止まってはならない。

参考文献

- [1] Joint Planning and Development Office, “Concept of Operations for the Next Generation Air Transportation System”, Version 3.2, 2011
- [2] 溝口徹夫, “巨大データへの情報システムのアプローチ” 情報システム学会 第 8 回全国大会・研究発表大会 2012