

航空交通データ（CARATS Open Data）の提供と研究開発への活用

岡 恵 Megumi OKA・福田 豊 Yutaka FUKUDA・上島一彦 Kazuhiko UEJIMA

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所

将来、増加が予想される航空交通量に対応するため“将来の航空交通システムに関する長期ビジョン”が策定された。その実現に向けて研究開発を促進するため、実運航データを基にした航空交通データ（CARATS Open Data）の提供が2015年2月に開始された。提供開始からまもなく5年が経過する現在までの間に、データ内容は段階的に拡充され、多くの研究開発が行われるようになった。また、行政にもその成果が寄与するようになってきた。本稿では、このCARATS Open Dataの仕様や特徴について説明し、データの元となる航空管制情報処理システムとそのデータの変換方法について述べる。また、提供開始から今日までのデータ内容の拡充および研究開発でのデータの活用状況と、施策への貢献などの実例、活用促進の取り組みについて説明する。最後に、今後予定されている航空交通システムや運用方法の改善について紹介する。

Key Words : Air Traffic Management, Open Data, Open Science, Data Science, Aircraft Operation

1. はじめに

将来の航空交通システムの構築では、今後増大が予想されている航空交通量や、運航者・航空利用者の多様化するニーズに、的確に対応することが重要である。さらに、航空サービスの実現を通じ、我が国の成長戦略に寄与するとともに、さらなる安全性向上や温暖化対策など、世界共通の課題に積極的に対応していくことも求められている。これらの要望に応えるために、航空関連の産学官で構成された研究会は、2010年に“将来の航空交通システムに関する長期ビジョン（Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems: CARATS）”を取りまとめた。この中には、2025年に想定される航空交通量を安全かつ効率的に管理するための数値目標とそれを達成するための変革の方向性が記載されている^{1,2)}。

CARATSの目標を達成するためには、現在の航空交通システムを改善する必要があり、そのための新たな技術や運用方法の研究開発が求められている。そして、実際の運用に資する技術の研究開発には、実運用のデータが不可欠である。なぜなら、実運用の改善には現状の分析による問題点の正確な把握や、その問題の要因についての分析が不可欠だからである。また改善案の策定に際しては、現実の航空機の特性を考慮して実効性のあるものにしなければならないが、航空機の挙動は様々な要因により変化する。実運用データはそのような現実の航空機の特性も反映されているため、より現実に近い評価が可能となる。さらに実運航データは、将来の交通状況における予測といった目的にも有用である。このような場合、シミュレーションでの推

定が主な手法となるが、そのためには、気象の影響、管制の方法、空港での運航など様々な航空機を取り巻く環境をモデル化し計算機内に再現しなければならない。しかし、例えば飛行の意図一つにしても、航空会社による方針の違いや、機材繰りなどによる便ごとの優先事項の違いなど、その決定に影響を及ぼす要因は様々ではないため、すべての要素を完全にモデル化することは不可能である。このようなシミュレーションを行う際にも、実運航データがあれば、実績値に基づくモデルのパラメータ設定や、評価対象以外の要素の実績値による再現が可能となるため、限りなく現実に近い状況の再現が可能になる。

一般に技術開発の成熟度を表す考え方に技術成熟度レベル（Technology Readiness Level: TRL）という指標がある。これは、アメリカ航空宇宙局（NASA）で1989年に定義された基準で、基礎的な理論のTRL1から、実験室での模擬や接続試験などの段階を経て、実運用のTRL9までの9段階で定義されている³⁾。技術開発の実用化の難しさは死の谷（Valley of Death）という言葉で表されることもある⁴⁾。これは、理論を着想し簡単なモデルで検証しても（TRL1~3, 4）実際に社会に浸透する（TRL9）までの間には大きな隔りがあることを意味している。航空交通管理の研究においても、改善のアイデアを実運用のレベルまで高めることは難しく、特に実運用では非常に高い安全性が求められるため、段階的な実証を踏みつつ実用化を進めることが必要不可欠である。実運用データを使用した分析・評価は、新たな技術や運用方法のTRLを上げることにつながり、最終的に実運用に組み込むために必要となる一つの過程であるといえる。

しかし、CARATSが策定された時点では航空交通管理に関する研究において使用できる実運用データは少なく、特に航空機が実際に飛行した軌道である航跡データについては入手が難しい状況であった。そこで、CARATSの目

標達成には研究開発の促進および裾野の拡大が不可欠であるとの考えから、将来の航空交通システムに関する推進協議会⁵⁾において、国土交通省航空局交通管制部の所有するデータのうち研究開発に有用な情報を一般に提供するとの方針が決定された。それを受けて、国土交通省は2012年度の一定期間における定期航空便の時刻・位置等のデータの提供を2015年2月に開始した。

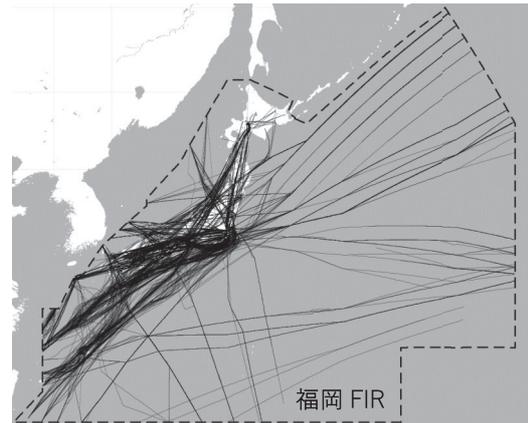
このデータはCARATS Open Dataと呼ばれ、提供開始以来、毎年新たなデータを追加して提供が続けられている。電子航法研究所では実運用データ解析の実績があることから、これまで提供データの作成を行ってきた。また、データの仕様変更等の機会に変更点の説明を行ってきた⁶⁻⁹⁾。2015年のデータ提供開始からまもなく5年が経過するが、これまでに多くの研究開発が行われ、また行政にも寄与するようになってきた。そこで、CARATS Open Data 提供開始から今日までの推移について、今後の発展も期待しつつ本稿にまとめる。

本稿では、まずCARATS Open Dataの仕様や特徴について説明し、データの元となる航空管制情報処理システムとそのデータの変換方法について述べる。次に、提供開始から今日までのCARATS Open Dataの拡充および研究開発でのデータの活用状況と、施策への貢献などの事例、活用促進の取り組みについて説明する。最後に、今後予定されている航空交通システムや運用方法の改善について紹介する。

2. CARATS Open Data の概要

CARATS Open Data (以下、CARATS データ) は、航空管制用レーダーデータを基にした大規模な航跡データである。現在、2012年度から2017年度までの6年間の内、42週間分のデータが提供されており、データに含まれる便数は、のべ119.2万便(1日平均約4,000便)となっている。

CARATS データの元となるデータは、航空管制に使用されるレーダー情報処理システムのデータと飛行計画データである。航空機の位置は、システムごとに異なる直交座標系の x 、 y 座標で記録されているため、緯度経度に変換し統合して航跡データを作成している。CARATS データの航跡例を第1図に示す。CARATS データは、第1図に破線で示す、日本が航空交通業務を担当する空域である福岡飛行情報区(Flight Information Region: FIR)内を飛行した便のデータである。対象とする便の種類は計器飛行方式による定期便であり、有視界飛行方式の便、軍用機、自家用機等は含まれていない。計器飛行方式とは、管制機関に予め提出し承認された飛行計画に従うとともに、常時管制機関の指示に従って飛行する方式である。一般的に利用されている旅客便は、この計器飛行方式による定期便である。データの書式を第2図に示す。データには、仮想便名、航空機の位置(緯度、経度、高度)、型式が時系列で記録されている。仮想便名は、空港を出発してから(海外からの便は福岡FIRに入ってから)空港に着陸するまで

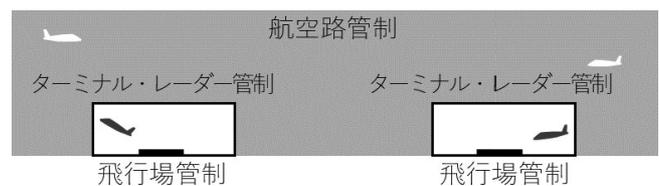


第1図 CARATS データの航跡例

```
00:00:00.6, AP00002, 34.782596, 138.170779, 33977, B748
00:00:00.6, AP00003, 34.421903, 138.493346, 31113, B744
00:00:10.1, AP00002, 34.796335, 138.196074, 33994, B748
00:00:10.1, AP00003, 34.433765, 138.520343, 31300, B744
```

時刻	便名	緯度	経度	高度	型式
(日本時間)	(仮想便名)	(平滑xy座標から変換)	(平滑値)	(飛行計画に記載の型式)	(ft)

第2図 CARATS データの書式



第3図 航空交通管制業務

(海外への便は福岡FIRを出るまで)を一つの便として便名を割り振っている。

CARATS データでは、飛行中と飛行場面の2種類の航跡データを提供しており、飛行中の航跡は複数のシステムのデータを統合して一つの航跡になるようにしている。データは飛行場面の航跡で1秒周期、飛行中の航跡は洋上空域では1分周期、それ以外では約10秒周期としている。

3. データの作成方法

3.1 管制情報処理システム

まず、入力データとなる管制情報処理システムに記録される航跡データについて概説する。航空管制は、航空機運航の安全性と効率性を確保するため、航空機相互間および障害物との衝突を防止すること、航空交通の秩序正しい流れを促進し維持することを目的として実施される¹⁰⁾。我が国における航空交通管制業務は分担範囲によって五つに分類され、第3図に示すように、飛行場面で行われる飛行場管制業務、飛行場周辺で行われるターミナル・レーダー管制業務、その他の上空のエリアで行われる航空路管制業務などがある。

航空管制には航空機の位置の把握が不可欠であり、レーダー等による航空機位置の検出、情報処理システムによる

追尾、管制卓への表示という流れで航空機の位置情報が管制官へ提供される。この航空機位置検出のための航空路監視レーダー (Air Route Surveillance Radar: ARSR) および洋上航空路監視レーダー (Oceanic Route Surveillance Radar: ORSR) は全国で 21 カ所に設置されており、特定の空港には空港監視レーダー (Airport Surveillance Radar: ASR)、空港面探知レーダー (Airport Surface Detection Equipment: ASDE)、マルチラテレーション (Multilateration: MLAT) も設置されている¹¹⁾。マルチラテレーションは航空機の応答信号の受信時刻により位置を測定する装置である。レーダーは狭い覆域・短い更新周期であるほど位置精度が高くなるため、上記レーダーでは MLAT, ASDE が最も精度が高く、次いで ASR, ARSR, ORSR という順序になっている。

また、管制情報処理システムには、航空路管制業務において使用される航空路レーダー情報処理システム (Radar Data Processing System: RDP)、ターミナル・レーダー管制業務および飛行場管制業務において使用されるターミナルレーダー情報処理システム (Automated Radar Terminal System: ARTS)、洋上空域の管制に使用される洋上管制データ表示システム (Oceanic Air Traffic Control Data Processing System: ODP)、飛行計画情報を管理する飛行情報管理システム (Flight Data Management System: FDMS) などがある。日本には札幌、東京、福岡、那覇の四つの管制区管制所 (Area Control Center: ACC) があり、各 ACC に RDP が設置されている。なお、提供データ取得時は上記の構成であったが、2019 年現在 RDP は航空路管制処理システム (Trajectory-based En-route Traffic Data Processing System: TEPS) に、ARTS は空港管制処理システム (Trajectory-based Airport Traffic Data Processing System: TAPS) に、ODP は洋上管制処理システム (Trajectory-based Oceanic Traffic Data Processing System: TOPS) にそれぞれ移行中である。また、那覇 ACC は神戸 ACC へ移転された。

レーダーにより検出された航空機の位置はレーダーサイトからの距離と方位で表される。この位置情報が管制機関のレーダー情報処理システムへ送られ、追尾処理や平滑処理が行われ、特定の点を原点とした直交座標平面上の x, y 座標へ変換される。この x, y 座標に基づき管制卓に航空機位置が表示される。この時、ARTS の位置情報は空港に設置された一つの ASR の情報である。一方で、航空路管制用の RDP の位置情報は、複数の ARSR, ORSR の情報を統合し、平射図法 (投影面と反対側の地表に光源を置いて平面に投影する図法) により各 ACC を原点とした一つの平面に統合した情報となっている¹²⁾。洋上管制で使用される ODP では、契約型自動従属監視 (Automatic Dependent Surveillance-Contract: ADS-C) により得られた航空機の位置情報および飛行計画情報を基に予測された位置情報が緯度経度で記録されている。

3.2 作成方法の方針 CARATS データの作成においては、“利用の簡便性”、“汎用的な利用”、“元データの情

報保持”を原則とし、以下の方針で変換方法の検討・改善を行ってきた。

- ・極力手を加えず元のデータを出力する
- ・変換誤差を少なくする
- ・極力データの欠如部分を少なくする
- ・離陸から着陸まで一つの航跡にする

上記方針に基づき、以下の手順で作成した。各手順について現在行っている方法を次項から詳しく述べる。

- (1) 各レーダー情報処理システムに記録された x, y 座標から緯度経度への座標変換
- (2) 適合データの選別
- (3) 4 カ所の ACC の RDP データ、東京国際空港と福岡空港の 2 カ所の ARTS データ、ODP データの結合
- (4) 仮想便名への変換

3.3 座標変換 RDP や ARTS に記録された航空機位置は、システムごとに異なる平面における x, y 座標で表されているため、汎用的に使用できる緯度経度へ変換を行った。変換では、まず地球を真球と仮定し x, y 座標から方位角と角距離を求める。次に球面三角法により緯度経度に変換する。地球を回転楕円体と考えると算出した緯度は正角緯度と考えられるため地理緯度に変換する。その際解析的に求めるのは難しいため、初期値を仮定してイタレーションで解く^{8,13,14)}。変換では WGS-84 準楕円体を使用した¹⁵⁾。

3.4 適合データの選別 管制情報処理システムのデータは不要なデータも含まれているため、データの選別を行った。データ作成の方針として極力手を加えないこととしたが、適合データの選別は一元化して提供前に行う方が効率的であるため、作業を行わなかった場合の利用者の作業量を考慮し選別作業を検討した。具体的には、コスト状態 (航空機からの応答が途絶えたことなどにより追尾できなくなった状態) のデータ、記録時刻・位置に大きなギャップがあるデータ、極端に短時間のデータ、飛行計画との照合ができなかったデータなどの削除を行った。

3.5 航跡データの結合 緯度経度に変換した飛行中の航跡データは、各システムのデータ記録エリアが重複しているため、単純に結合すると複数のデータが記録された部分が生じる。そこで、連続した単一の航跡になるよう次の手順で結合した。結合したデータは、4 カ所の ACC の RDP データ、東京国際空港と福岡空港の 2 カ所の ARTS データ、ODP データである。

まず、位置精度の高さから ARTS データ、RDP データ、ODP データの優先順位とし、各データに優先順位を示すソース番号を割り振った。その際、RDP データについては、航空機位置に最も近い ACC のデータが優先されるよう、エリアごとにソース番号を変えた。次に、全データを結合し、データが重複する時間帯ではソース番号の比較により優先順位の低いデータを削除した。最後に残ったデータを結合した。この方法により、位置精度の高いデータを優先的に使用しつつ、一つの便が重複することなく連続した一本の航跡になる。また、データの欠如があった場

第1表 CARATS データの仕様変更履歴

年度	提供開始年月	データ期間	含まれる便数 [万便]	データソース				仮想便名	時刻精度	地球形状 の想定
				RDP	ARTS (飛行中)	ODP	ARTS (飛行場面)			
2012	2015.2	奇数月の 1週間	14.8	すべての ACC (札幌, 東京, 福岡, 那覇)	含ま れ な い	含ま れ な い	FLTnnnn nnnn : 連番	秒単位	真球	
2013	15.7									
2014	16.4									
2015	17.1									
2016	18.0									
2017	2019.8	毎月 1週間	37.3		含む	東京国際空港, 福岡空港	MMnnnnn MM : 月略称 nnnnn : 連番	1/10 秒 単位	回転 楕円体	

合は下位のデータで補う結合を行った。

3.6 仮想便名への変換 出発から到着まで一便を通して解析できるよう同一便には同一の仮想便名を割り振った。例えば、深夜から翌日未明まで日をまたがって飛行する便や、飛行中と飛行場面両方の航跡データに含まれる便など、複数ファイルに記録された便でも、同一の便は共通の便名を割り当てた。仮想便名は2文字の月略称(4月はAP, 5月はMY, など)の後に5桁の番号を付加したものとした。番号は航跡の出現時刻順に割り当て、ひと月ごとにリセットした。これにより1年間のデータでは一つの仮想便名は一つの便のみに割り当てられた。

4. 年度ごとの拡充

CARATS データは毎年新しい年度のデータ提供が開始されるとともに、データ内容の拡充が行われてきた。また、データ作成方法の見直しを行ってきた。以下に、各年度データで変更が行われた項目について説明する。第1表に変更履歴の一覧を示す。

(1) 2012年度データ

提供開始時の2012年度のデータでは奇数月の1週間の全6週間分のデータで、データソースはRDPと飛行計画情報のみであった。3.3で、地球を回転楕円体とした座標変換について説明したが、2012年度のデータでは地球を真球として変換した。また、3.4で説明した航跡の結合では、2012年度は航空機位置によらず固定の優先順位でRDPを結合した。

(2) 2013年度, 2014年度データ

2013年度データから、東京国際空港 ARTS データの飛行中のデータが追加された。また、データの精度を向上させるため、時刻精度を1秒単位から1/10秒単位に変更し、航空機位置の座標変換に使用する地球形状を回転楕円体に変更し、RDP航跡の結合を航空機位置により優先順位を変える方法に変更した。

(3) 2015年度データ

2015年度データではODPデータが追加された。そのため2014年度データまでは、福岡 FIR 中のレーダー管制を行っている空域のみが対象だったが、2015年度データから福岡 FIR 全域の航跡データが含まれるようになった。

(4) 2016年度データ

2016年度データから東京国際空港 ARTS データの飛行場面のデータが追加された。

(5) 2017年度データ

2017年度データから対象期間が毎月1週間となり、全12週間分のデータとなった。また、このデータから福岡空港の ARTS データが追加された。飛行場面のデータについては、2016年度のデータでは高度をすべて0ftとしていたが、2017年度のデータでは高度も含めたデータとなった。

2017年度データでは、仮想便名の割り振り方法も変更した。2016年度データまでは、“FLT”の文字列の後に4桁の番号としており、番号を1日ごとにリセットする方法だったため、同じ便名が毎日割り振られていた。2017年度データでは、便の識別をより容易にするため上記3.6で説明した方法に変更した。

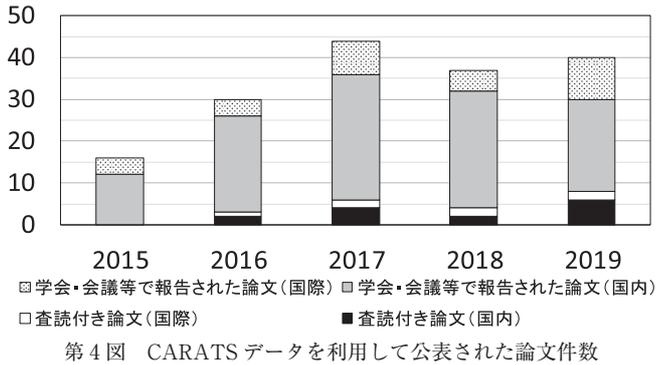
5. データの活用状況と活用促進の取り組み

CARATS データがこの5年間でどのように活用されてきたか、利用者へのアンケートや日本航空宇宙学会の年会講演会・飛行機シンポジウムの講演集などから集計し分析した。また、活用促進の取り組みとして行われているツールの提供およびフォーラムの開催について紹介する。

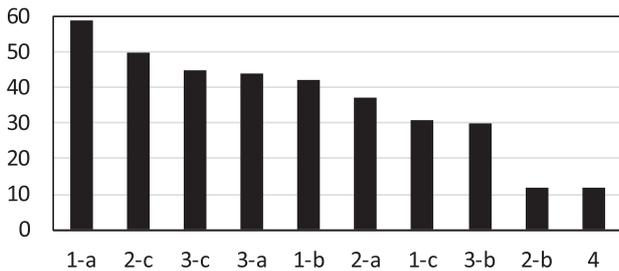
5.1 データの活用状況 CARATS データの提供機関数は2015年に39機関、2016年に54機関と増加し、2017年9月末時点では64機関となった。その内35機関を大学が占め海外への提供も4機関に行われた。

研究成果の公表として、査読付き論文(国内・国際)、学会・会議等で報告された論文(国内・国際)の4種類の公表件数について利用者にアンケートを行い集計した。結果を第4図に示す。件数は徐々に増加し2017年以降は年間40件程度で推移している。5年間の総数は167件であった。2019年では学術的に意義の大きい査読付き論文の件数が増加している。

5.2 データの利用目的 これまでに公表された成果から CARATS データの利用目的を調べたところ、飛行経路や着陸間隔など CARATS データそのものから実績値を算出するために使用した例や、巡航速度や上昇降下率など航空機の飛行プロファイルを CARATS データから算出し運



第 4 図 CARATS データを利用して公表された論文件数

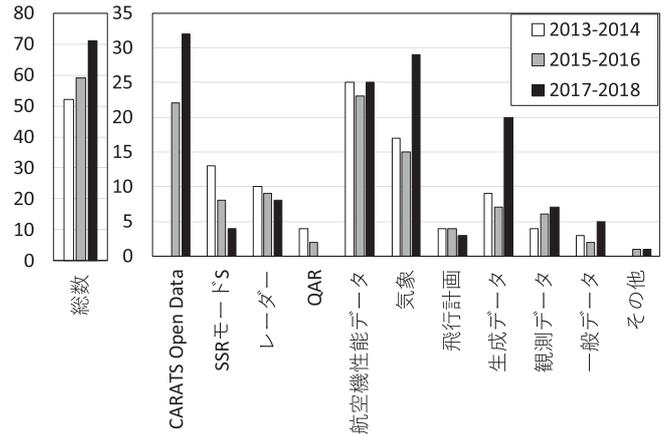


1. CARATS データそのものの分析
 - 1-a 現状の運航の分析 (例: 着陸間隔の分析)
 - 1-b 統計値の算出 (例: 出発・到着機数)
 - 1-c データ内容の可視化 (例: 航跡表示)
2. CARATS データを使用したモデルの作成
 - 2-a 運航のモデリング (例: 飛行速度のモデル)
 - 2-b 管制のモデリング (例: 順序間隔付けモデル)
 - 2-c シミュレーションへの活用 (例: シミュレーションパラメータ推定)
3. CARATS データを使用した評価
 - 3-a 新たな運航方式がもたらす潜在的便益の評価 (例: 最適軌道の導入による便益)
 - 3-b 軌道の飛行時間の評価 (例: 軌道予測の正解としての活用)
 - 3-c 実交通流のサンプルとして (例: 新たな運航方式のアルゴリズムの評価)
4. その他の使用方法

第 5 図 CARATS データの利用目的

航をモデル化してシミュレーションを行う例が見られた。また、最適軌道やフローコリドーなどの新たな航空交通管理における運航効率を測るための基準として CARATS データが使用された例もあった。

そこで、利用目的を 1. CARATS データそのものを分析する方法、2. CARATS データを使用して何らかのモデルを作成しそのモデルを利用する方法、3. 新たな運用方法や軌道予測などの結果を実績値である CARATS データで評価する方法の三つに分類し、さらに算出する結果でそれぞれ三つに細分化し合計九つの利用方法について利用者にアンケートを行った。結果を第 5 図に示す。複数の方法を用いた論文は重複してカウントしている。CARATS データは、現状の運航の分析に最も利用されており、次いでシミュレーションへ活用されていることが分かった。



第 6 図 年会講演会と飛行機シンポジウムでの航空交通管理に関する講演における使用データ種別の割合

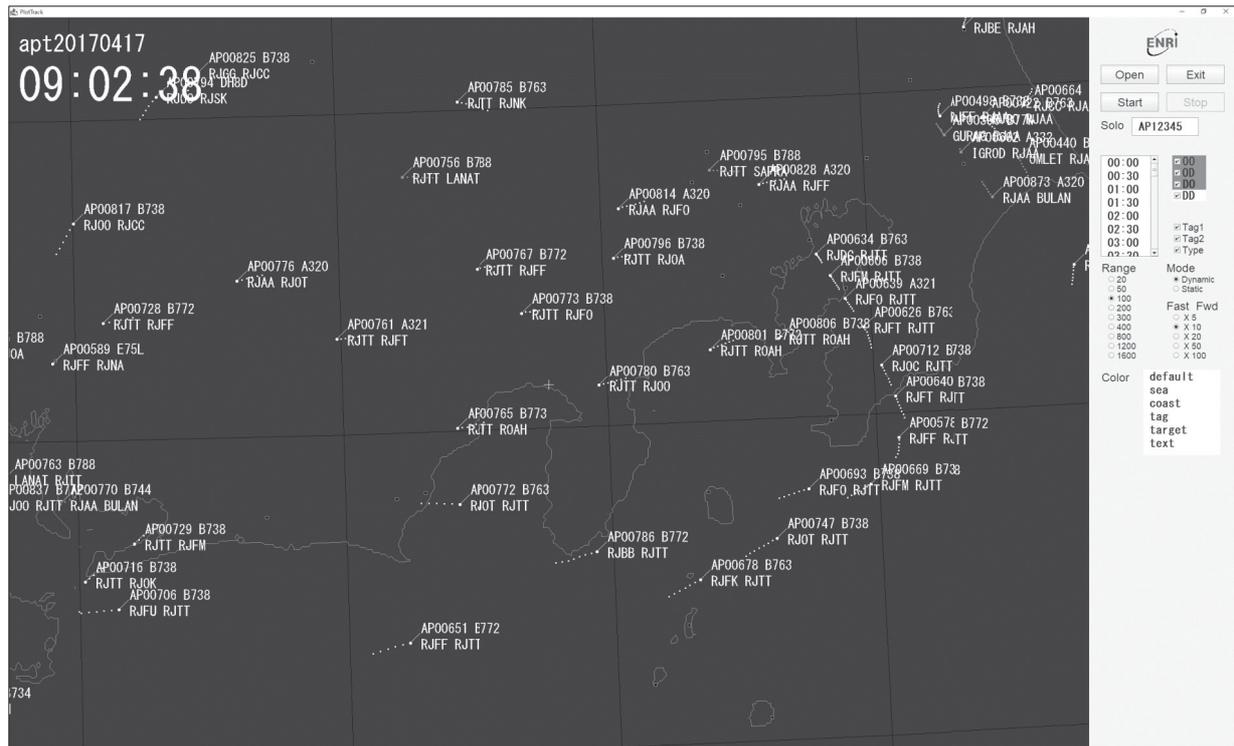
また、航空交通管理に関する研究ではどのようなデータが使用されているか調べるため、年会講演会と飛行機シンポジウムでの講演について使用したデータを調べた。期間は、CARATS データ提供前の 2013 年から 2015 年 2 月の提供開始を経て 2018 年までとし、2 年ごとに集計した。第 6 図に集計結果を示す。複数のデータを使用した講演は重複してカウントした。“生成データ”は、乱数により生成したスケジュールなど、“一般データ”は公開されている統計値などを分類している。グラフから、CARATS データは講演の 4 割程度に使用されており高い利用率と考えられる。講演総数は年々増加しており、CARATS データの貢献もあると考える。

CARATS データと同様に利用率の高い気象データや航空機性能データは航跡データと併用されることが多いデータであるが、SSR モード S、レーダー、QAR は CARATS データと同様の情報を含むデータである。この 3 種のデータの利用率は減少傾向にある。この結果から推察すると、これらのデータは使用契約や購入などが必要なデータであるのに対し、CARATS データが研究等の目的であれば誰でも無償で使えるデータであること、また SSR モード S は覆域が限られており QAR データは一便ごとの購入となるのに対し、CARATS データは福岡 FIR 全域を対象とし FIR 内のほぼすべての便を含むデータであること、これらが CARATS データの長所であり、CARATS データの利用率が増加している要因ではないかと考える。

追加調査として 37 件の論文に対し、分析の対象空域と対象便をアンケートしたところ、“全空域を対象としたもの”、“特定経路を飛行する全便を対象としたもの”を合わせると 20 件となった。これは、広範囲かつ便数の多い CARATS データの利点が生かされた結果と考えられる。

さらに、CARATS 検討体制の一つとして構成されている航空交通流時間管理 WG においても、将来の航空交通流管理の検討に CARATS データが使用され、航空機特性の分析が進められるなど、昨今では CARATS の具体的な施策にも貢献が進んでいる^{5,16,17)}。

5.3 活用促進の取り組み 取り組みの一例として、



第7図 PlotTrack の表示画面

ツールの提供とフォーラムの開催を紹介する。

データを活用するための分析ツールやアルゴリズムの提供には以下の利点がある。

- (1) データ利用者が個別に行う作業を一元化することで、データ解析をより容易にする
- (2) 他分野の研究者など航空交通に関する研究経験の浅い利用者でも容易にデータを利用できるようにする
- (3) 同じツールやアルゴリズムを使うことで研究結果の比較を容易にする

電子航法研究所では、飛行中の航跡を動画で表示する“PlotTrack”，飛行場面の航跡を動画で表示する“PlotSurface”，出発・到着空港を推定する“MakeApt”の三つの CARATS データのためのツールを提供している。ツールは CARATS データ提供時に添付して送付される。MakeApt を使用して CARATS データの出発・到着空港を推定し、PlotTrack で表示した例を第7図に示す。小さな四角が航空機位置を表しており、タグの1行目に便名・型式、2行目に MakeApt で推定した出発・到着空港が表示されている。PlotTrack、PlotSurface は、JAVA で動作しマウスの操作により CARATS データの内容を簡単に動画で表示することができる。

データ内容の説明や利用者間のノウハウの共有もまた、活用促進および研究裾野の拡大に有効である。CARATS データの活用状況の共有や、研究開発の成果についての意見交換の場として2015年9月から、年1回 CARATS オープンデータ活用促進フォーラムが開催されている。加えて2018年からは地方での説明会も年1回開催されている。フォーラムでは、大学や研究機関、一般企業から

CARATS データを活用した研究開発の成果について報告が行われている。2019年11月開催の同フォーラムでは、基調講演と6件の研究発表が行われた。

6. おわりに

国土交通省から一般に提供されている、レーダーデータを基にした119.2万便の大規模な航跡データである CARATS Open Data について、データの内容や提供開始から現在までの推移、データの活用状況等について説明した。CARATS Open Data の利点は、我が国の管制空域全域におけるほぼ全便を網羅する大規模なデータであること、研究開発等の目的であれば誰でも無償で利用可能であることがあげられるが、近年では利用者が増加してきたことで、分析結果の相互比較が可能になったり、利用方法やノウハウの共有がなされたりと新たな利点も出てきている。

CARATS Open Data が提供されるようになってから、国内の航空交通管理の分野の研究は、より具体的な議論が活発になり、研究者も少しずつ増加している。また、これらの研究者が国際学会で成果を公表することで、国際的プレゼンスも向上している。さらに、最近では行政においてもデータに基づいた分析により、施策の裏付けや実施時の手法の検討に役立っており、学術および行政の両面において航空交通管理の改善に大きく寄与している。航空機の現実の航跡は、スケジュール、航空機の飛行性能のみならず、交通状況、経路構成、管制・運航のルール、気象、パイロット・管制官の判断など様々な影響を受けて形作られる。CARATS Open Data は、そのようなあらゆる要素の特性を反映したデータであるため、その提供により“限り

なく現実に近い”研究開発が可能になったものといえる。

航空交通管理に関わる動向としては、2019年7月18日に東京国際空港のターミナル・レーダー管制業務が行われる東京進入管制区の拡張が行われた。同時に出発・到着経路の変更も行われ、新たにポイントマージシステムが導入された¹⁸⁾。また、2020年3月から那覇空港の新たな2本目の滑走路の供用開始が予定されている¹⁹⁾。東京国際空港では需要増に対応するため、2020年3月に北側から着陸する新飛行経路の運用を開始する²⁰⁾。2024年から福岡空港も新たな2本目の滑走路の供用開始が予定されている¹⁹⁾。さらに、航空路管制においては、2022年から順次空域再編が行われ、現在の平面的な空域の分担ではなく高高度と低高度での分担による管制を行うことが予定されている¹⁹⁾。

CARATS Open Data は今後も提供が予定されており、現在の運用のデータとこれらの変更後のデータを比較して分析することで、様々な知見が得られると考えられる。例えば滑走路の増設などでは、同時に誘導路の変更も行われるため、飛行場面のデザインと交通流の関連性を分析することができる。また、滑走路増設により出発・到着便数が増加すると空港周辺の交通状況も変化するため、交通流のボトルネックや管制負荷の発生状況も変化する。このような様々な運用状況の変化に対応した分析が CARATS Open Data により可能になると考えられる。今後もデータ量が増加していくことから、ビッグデータ分析や機械学習の適用といった用途への活用もより容易になる。

CARATS Open Data がより幅広い研究者に活用され、その研究成果によって、安全で効率的な航空交通が実現されることを期待する。

参 考 文 献

- 1) 航空交通システム研究会：将来の航空交通システムに関する長期ビジョン—戦略的な航空交通システムへの変革—, 2010.
- 2) 将来の航空交通システムに関する推進協議会：CARATS プログレスレポート 2011-2013, 2013.
- 3) NASA: Technology Readiness Level, 2012, https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/txt_accordion1.html (2019年11月閲覧)
- 4) Dan, N.: Technology Readiness and the Valley of Death, Boeing Innovation Quarterly, May 2017, <https://www.boeing.com/features/innovation-quarterly/may2017/feature-thought-leadership-newman.page> (2019年11月閲覧)
- 5) 国土交通省航空局：将来の航空交通システムに関する推進協議会, http://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr13_000006.html (2019年11月閲覧)
- 6) 岡 恵, 福田 豊, 上島一彦：航空交通運用データの一般公開と活用, 日本航空宇宙学会第 52 回飛行機シンポジウム, 2E02, 2014.
- 7) Fukuda, Y., Oka, M., Wickramasinghe, N. K. and Uejima, K.: Air Traffic Open Data and Its Improvement, 7th Asia Pacific International Symposium on Aerospace Technology, 2015, pp.

537-544.

- 8) 岡 恵, 福田 豊, ビクラマシンハ ナヴィンダ キトマル, 上島一彦：航空交通の運用データの一般公開と活用(その2)—データの座標変換方法等の改善—, 日本航空宇宙学会第 53 回飛行機シンポジウム, 1D04, 2015.
- 9) 岡 恵, 福田 豊, 中村陽一, 上島一彦：航空交通の運用データの一般公開と活用(その3)—ターミナル空域, 洋上空域, 飛行場面の航跡データの追加—, 第 50 期日本航空宇宙学会年会講演会, 1D04, 2019.
- 10) 日本航空機操縦士協会: AIM-J, 2017. 7.
- 11) 国土交通省航空局: 航空保安無線施設等, http://www.mlit.go.jp/koku/15_bf_000327.html (2019年11月閲覧)
- 12) 財団法人航空振興財団: 図説 RDP システム, 1997.
- 13) Snyder, J. P.: Map Projections—A Working Manual, United States Government Printing Office, Washington, D. C., 1987, pp. 154-163, 312-319.
- 14) 政春尋志: 地図投影法—地理空間情報の技法, 朝倉書店, 東京, 2011.
- 15) ICAO: World Geodetic System—1984 (WGS-84) Manual, Second Edition, Doc9674, 2002.
- 16) 武市 昇, 又吉直樹, アンドレエバ森アドリアナ, 松野賀宣, 平田輝満, CARATS 推進協議会航空交通流時間管理検討 WG メンバー: CARATS 重点施策に係る研究開発: CFDT を用いた交通流制御の再開・高度化に向けた研究開発, 第 56 回飛行機シンポジウム, 1A03, 2018.
- 17) 又吉直樹, 神田 淳, 吉川栄一, 瀬之口敦, 吉原貴之, 平林博子, 手塚聖聖, 武市 昇, 平田輝満: CARATS 重点施策に係る研究開発: 気象情報から運航制約, 空域・空港容量への変換に向けた研究開発の動向, 第 56 回飛行機シンポジウム, 1A04, 2018.
- 18) AIS JAPAN: <https://aisjapan.mlit.go.jp/> (2019年11月閲覧)
- 19) 国土交通省交通政策審議会: 第 15 回基本政策部会参考資料, 2014.
- 20) 国土交通省: 羽田空港のこれから, <https://www.mlit.go.jp/koku/haneda/> (2019年11月閲覧)



岡 恵 (正会員)

1973年生。熊本県出身。1996年山口大学工学部知能情報システム工学科卒業。同年運輸省電子航法研究所入所。航空交通管理の研究に従事。現在、国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所 航空交通管理領域 主任研究員。



福田 豊 (フェロー)

1961年生。神奈川県出身。1986年東京工業大学大学院総合理工学研究科物理情報工学専攻修士課程修了。同年運輸省電子航法研究所入所。航空交通管理、航法システムの研究に従事。現在、国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所 研究統括監。



上島 一彦

1944年生。石川県出身。電子航法研究所 客員研究員。