



# ITU-T FG AC会合報告

国立研究開発法人情報通信研究機構 オープンイノベーション推進本部  
イノベーション推進部門 標準化推進室 技術員

せんだ しょういち  
千田 昇一



## 1. 概要

マレーシア航空機MH-370の行方不明事故を契機にITU-Tは、飛行データの実時間監視のための航空向けクラウドの利用についての国際標準確立に向け、国際民間航空機関（ICAO：International Civil Aviation Organization）が把握する飛行データの実時間監視に対する運用要求条件を基本に、飛行データ監視に対するクラウド・コンピューティングの航空応用を検討するFocus Group（FG AC：FG on Aviation Applications of Cloud Computing for Flight Data Monitoring）を組織した。

このFG ACの活動については、2015年4月号で、第1回及び第2回の会合の結果を受けて、FGの検討方向について報告している。その後、このFGは、第3回会合を2015年5月18日～20日にジュネーブのITU本部で、第4回会合をTeledyne Controlのホストにより8月18日～20日にロサンゼルス郊外のマリーナ・デル・レイで、最終の第5回会合をルフトハンザ・ドイツ航空のホストにより12月1日～3日にフランクフルトで開催し、2016年2月1日～5日のTSAG会合で、最終報告（TD-385）を行い、活動を完了した。

## 2. 第2回会合以降の検討状況

FG-ACでは、航空用のクラウドについて、クラウド・コンピューティングとその能力を調査検討するWG1、ユースケースの検討を行うWG2、要求条件を検討するWG3、通信チャンネルとその能力を調査検討するWG4の構成で検討を行うこととし、第2回会合の時点では、各WGは、表1のとおり、それぞれの検討成果を成果文書としてまとめる

こととしていた。

その後、これらのWGのうち、WG2とWG3については、検討内容の重複が大きいということで、合同で検討を行うこととし、最終成果物も一つに統合することとした。

WG1で扱うクラウド・コンピューティング、ビッグデータ分析の分野では、FG以外の組織との連携も重要ということで、当初からITU-T SG13、SG17及びISO/IEC JTC1/SC27と連携を進め、特にセキュリティの側面については、FGが時限組織であることを考慮し、飛行データのセキュリティについて、SG17がJTC1/SC27と連携を引き継ぐ方向としている。

また、第2回会合での検討状況をITU-T Q28/16「e-health応用のためのマルチメディアの枠組み」に通知したことを契機に開始された新規作業項目「飛行中、飛行後の仮想検疫のためのe-health応用」（その後、「感染症制御のための飛行中、飛行後の継続的予防監視の枠組み」と改称）に対しては、ICAO事務局が準備した作業文書“Recognizing the Role of Aviation in the Ebola Outbreak and Other Public Health Emergencies”とプログラム“Collaborative Arrangement for the Prevention and Management of Public Health Events in Civil Aviation (CAPSCA)”を紹介し、SG16とICAO等航空業界との連携を仲介した。

特に航空機の実時間監視を行う場合、航空機との無線通信は必要不可欠のため、ITU-Rの関連WPに対しては、リエゾンを取って連携しており、毎回、ITU-Rの専門家がFG会合に参加して、ITU-Rでの関連課題の最新検討状況について報告を行った。また、航空業界に対しては、各航

■表1. 各WGの成果文章

WG成果文書	スコープ
1	本成果文書では、クラウド・コンピューティングとデータ分析技術の利用について、現在の技術開発と将来の改善機会をまとめる。
2	本成果文書では、飛行データに対するクラウド・コンピューティングのシナリオを特定記述する。ここでは、既存の航空用語定義を使用する。
3	本成果文書では、転送すべきパラメータやデータタイプ、転送周期（連続ストリーミング、契機転送）、信頼性、法的責任、セキュリティ（例：完全性、可用性、認証、否認防止）、飛行データの潜在的誤用、プライバシー、相互運用性、コストとビジネスモデル、データの所有権、アクセスポリシーのような課題を特定記述する。
4	本成果文書では、実時間飛行データのストリーミング配信について、既存インフラの再利用とともに、適切な最近開発された商用広帯域サービスの検証を行う。
5	本成果文書では、飛行データの実時間監視のサポートに必要なクラウド・コンピューティング標準を特定する。

空会社及びIATAに質問票を送り、入力呼びかけた結果、多数の回答があり、結果を最終成果物に反映させることができた。

### 3. 最終報告の概要

本FGでは、WG1、WG2/3、WG4の各WGで検討した結果をWG5で主要な調査結果として成果文書5に取りまとめるといことで、表2のとおり成果文書が作成された。この最終成果については、あらためて電子的手段を利用した全体レビューを経てTSAGに報告した。

#### WG1：クラウド・コンピューティングとデータ分析

WG1で検討した成果文書1は、クラウド・コンピューティングとデータ分析技術の現状を概観し、航空機の飛行データ監視（FDM：Flight Data Monitoring）にクラウド技術を応用することについて検証している。ここでは、現時点で、適用可能な技術と適用策を取り上げ、航空会社、運用事業者、管理当局等の関係者の立場で、受容性を検討した上で、今後期待される技術についても検討した。現在、クラウド・サービスの提供者は、FDMのサポートに必要なアプリを動作させるのに十分な信頼性と安全性を兼ね備えた設備を手軽に提供できるようになってきており、そこと連携する協力者は、標準のFDM技術のほかに、気象情報、ACARS（Aircraft Communications Addressing and Reporting System）、乗員向けのシステムEFB（Electronic Flight Bags）情報管理等と組み合わせ、追加のデータ分析ツールやサービスを提供している。特にクラウドをセキュリティ、プライバシーについて特別配慮が必要な情報の保管場所とする場合は、クラウド・サービスの顧客である航空会社を保護するため、ISO/IEC 27001及びISO/IEC 27000シリーズで規定するようなセキュリティ、プライバシーの保証が求められる。

IoTということで、各種のセンサー、スマート機器、それらを結ぶネットワークが指数的に普及し、データあるいは「活動中データ」の配信が激増しており、これらのデー

タは計り知れない可能性を秘めているが、多くは、その価値を一時的に短時間しか保てていない。航空業界では「活動中データ」は、各所から集められたデータが地上に送られ、事後の分析に備えた「休息データ」となる前の飛行中のデータを抽出したものである。「活動中データ」の分析の利点は、飛行中に潜在的な問題点を特定し即時対応する能力にあり、特にFDM関連のいくつかの利用事例に大幅な能力強化をもたらす。例えば、フライトの前に飛行計画を「活動中データ」の運行パラメータとしてセットしておき、センサーが飛行計画の許容範囲の逸脱を検知した時、組み込み機能が最適対応を実施することが考えられる。この機能により、単に地上に関連情報と共に警報通知することも、地上の支援部隊が即座にこの警報を読み解き、適切な対応をとることも可能になる。複合警報では、最初の処理が他の機上システムを起動し、問題をより理解しやすくする情報補完を行うことも可能になる。

フォッグ・コンピューティングは、クラウド・コンピューティングを網の周辺部に拡大する手法である。クラウドと同様にフォッグは、利用者にデータ、電算、保管、応用サービスを提供する。フォッグの特性は、利用者または監視対象の地域的な密度分布、移動性に対応し、問題の特定、警報、対応の実時間性に適合した近接処理にある。網の周辺部で、サービスを担うことで、フォッグはサービスの遅延を軽減しQoSを向上させる。フォッグ・コンピューティングは、実時間/予測待ち時間が求められる今後のIoT应用（産業自動化、交通、センサー・アクチュエータ網）をサポートする。その広範な地理的分散により、フォッグ・コンピューティングは実時間ビッグデータを活用した実時間分析に最適である。フォッグは、ビッグデータの次元（量、多様性、速度）に第4軸を加えるものとして言及されており、データ収集点に密集配備される。フォッグ・コンピューティングの最も重要な能力は、利用可能な帯域幅をセキュリティとプライバシーを意識して、スマートで効率的に使うことにある。更に、優れたサービス品質と強力なデータ配信とエッジ・データマイニングと同様に、飛行データ監視に

■表2. 各WGの成果文書タイトル

WG	成果文書タイトル
1	Existing and Emerging Technologies of Cloud Computing and Data Analytics（クラウド・コンピューティングとデータ分析の現状及び今後の技術）
2/3	Use Cases and Requirements（ユースケースと要件）
4	Avionics and Aviation Communications Systems（航空電子工学と航空学の通信システム）
5	Key findings, recommendations for next steps and future work（収容調査結果、次段階への勧告及び将来課題）



求められる移動性と無線接続という特性も、この手法によりカバーされる。全てのデータをクラウドに送り込み応答データを戻すのは、大量の帯域幅、多くの時間を必要とし、遅延も問題になるが、フォッグ・コンピューティングの環境では、多くの処理がルータでなされ、移動しなければならないデータトラフィック量と移動距離は減少し、それにより転送コストと遅延を削減し、結果的にQoSが向上する。この場合、情報の一部は特定の条件の時だけ転送され、必要な全ての処理は機上の装置で実行され、乗客・乗員の生命に関わる重要情報から最初に転送される。

ビデオ分析は、配信ビデオから異常な振る舞い・動き・事象を収集検知することである。進んだデータ分析により、実時間ビデオ分析を使った異常な振る舞い・動きの分析・検出は、FDMに予測の源泉となるデータを提供する。例えば、典型的な異常な振る舞い・事象として、倒れる、走る、つかみ合う、制限区域に立ち入る等、航空業界で定めた乗客の望ましくない行動を含んでいる。異常事象の検出により、実時間で契機となる信号データが生成される。この契機となる事象は、航空トラフィック管理/運用サービスに緊急警報として、地上システムまたはクラウドに転送される。地上システムで作成された記録及びビデオ分析は、事故原因を理解するため及び飛行後の運用管理のデジタル証拠として提供される。航空機の事故、墜落、行方不明につながるおそれのあるすべてのインシデントにビデオデータが実時間で即座に利用可能となることは、より安全で良好な飛行運用に向けた設計につながる。例えば、飛行に関わってくる人的要素の発見は事故調査を明確なものにする。このように、ビデオ分析の利点として、①緊急の場合に航空機の位置の明確化、②捜索・救助の対応を改善し、事故現場の位置決定にかかる捜索・救助の労力・費用の削減があげられる。

機械学習は、人工知能のパターン認識及び計算論的学習理論から進化してきた計算論的思考から導出される計算機科学の一分野である。機械学習では、データを学習し、予測することができるアルゴリズムを作成・研究している。このようなアルゴリズムは、厳密な静的プログラム命令列に従うというよりはむしろデータ駆動型の予測または決定を作成するような例題の入力から、モデルを構築するように運用される。航空業界で使われるとき、機械学習は、予測分析または予測モデル化として参照されている。

量子コンピューティングでは、量子力学の現象を直接利用する理論計算システム(量子コンピュータ)を研究する。

量子コンピュータは、トランジスタを基本とする電子計算機とは異なっている。電子計算機が、データを二進数(ビット)に符号化することを求めているのに対し、量子計算は、状態が重ね合わされた量子ビットを使用する。大規模な量子コンピュータは、Shorのアルゴリズムで、整数の素因数分解を行うことや、量子多体システムのシミュレーションのような、特定の問題に対し、どのような古典的コンピュータが既知の最良のアルゴリズムを使うよりも大幅に早く解くことができる。

### WG2/3: ユースケースと要件

成果文書2/3は、飛行データのクラウド・コンピューティングについて、各種利用事例を特定し、その概説を行っている。航空機の運用とシステム効化・保全の基盤として、飛行データの記録については、50年以上の歴史がある。この分野では、最近のCMC (Central Maintenance Computer) 機能、飛行データ収集の中心となるACMS (Aircraft Condition Monitoring System) 技術、ACARS (Aircraft Communications Addressing and Reporting System) 転送、航空会社の後方支援部門への無線通信でのデータ取り出しに等により引き続き拡充されている。

ACMS機能は、航空機の運用・機体の性能監視を目的に飛行データ収集活動の強化に責任を持っている。旧型あるいは小型の航空機は、基本的に収集が義務付けられた飛行データのみを信頼・収集していたが、ACMSでは、全ての航空会社に記録すべきパラメータを柔軟に選択可能にしている。ACMSの機能は直近の30年で飛躍的に改善され、1980年代に供給されていたACMSが通常100~200のパラメータを記録していたのに対し、2016年のボーイング787では、多くの関係者の様々な要望に応えるため、おおよそ4800のパラメータを記録することが求められている。しかし、飛行データの中身は、航空会社にとって特別の配慮が求められており、多くの航空会社は、飛行データ分析の際には、匿名化を求めている。飛行データの管理責任は、通常、航空安全部門が担っており、外部への情報配布を行っている。文化その他の要因により、ICAOが義務付けている事故防止プログラム以上の飛行データの範囲も変わってくる。ACMSで記録されたデータの価値は、航空会社が、飛行が終了して機体が着陸した直後に、できるだけ速やかにアクセスしたいと考えるほどのものになってきており、無線技術とインターネットが、飛行データ分析等を行う航空会社の後方支援部門に即座に遅滞なくデータを

移す手段として使用されるようになってきている。

この収集システムで生成される大量の有用なデータまたはその一部については、飛行中、異常が発生したとしても、航路決定・航路予測を含む精密で適切な分析を行おうとする地上から定期利用できるようになっていく訳ではないという不満が残っている。これを解決するためには、克服すべきいくつかの問題が残っているが、航空会社は、記録された飛行データの処理について、処理手順を定めGDRS (Ground Data Replay and Analysis Stem) にアクセスして行うようにしており、様々な分析ツールを提供している。FGでは、既存のこれらのGDRSシステム及びFDA (Flight Data Analysis) 処理については検討の対象外とする。

WG2/3では、28の利用事例を列挙検討し、これらの利用事例を、二つのグループに大別した。第一のグループは、航路追跡及びそれに関わる捜索・救出活動あるいは飛行中の機体状態監視による飛行支援のように、仮想的には実時間でのデータ転送が期待されている利用事例であり、ここでは、飛行中に生成された情報をできる限り早く転送することが求められている。第二のグループは、データの实時間転送が求められておらず、飛行後のデータ利用で差支えない利用事例である。代表的な事例としては、Approach Statisticsと予防保守がある。このグループの事例は、既に航空業界では知られたものであり、新たな技術刷新の余地は少ないと考えられているが、もし実時間利用事例との関連で、データ保管場所が統合されるとしたら、飛行後に利用されるデータの事例にも利便性が生じる。航空会社、保守業者は、データをより効率的に処理して、今まで以上の業務活用が期待できるし、自動関連抽出や自動パターン認識の適用により、新たな知見がもたらされる可能性も期待できる。これらはGDRSの普及とともに検討されてきたものであるが、クラウド・コンピューティングは基本的に手ごろな価格で、規模弾力性を実現するものであり、関係者にGDRS以上の様々な便益をもたらすことが期待でき、他の情報ソースとの連携により、従来GDRS以上の可能性が期待できる。また、これを飛行データの实時間転送と組み合わせた機能は、ICAOが規定するGADSS (Global Aeronautical Distress and Safety System) の航路追跡に求められる要求条件に適合するものにもなる。

#### WG4：航空通信システム

成果文書4は、既存のインフラの利用とともに、開発されたばかりの商用広帯域サービスについて、実時間データ

配信のために適切な利用が可能かについて評価している。GADSS (Global Aeronautical Distress and Safety System) の目的で、利用可能な多くの既存/検討中の設備及びデータ・リンクがあり、それらの詳細な得失について報告している。特に、データのストリーム配信は様々な目的に使用されており、その応用先は、捜索・救助、航空機の事故調査、エンジンの保守管理に広がる可能性がある。そのため、その要求性能については期待する応用先に応じて、どのような実時間データ配信性能が求められるかを規定する作業が必要である。実時間データ配信の性能値、規格はICAOの標準推奨方式 (SARPs: Standards and Recommended Practices) に基づいて選択する必要がある。

飛行データの实時間配信については、二つモデルの可能性を考慮する必要がある。第一のモデルは、通常の飛行の場合であっても、全ての時間に渡って連続的に飛行データを実時間配信するモデルで、第二のモデルは、問題となる状況に遭遇した時に、飛行データの配信を手動あるいは自動を含めて起動する飛行データの触発転送 (TTFD: Triggered Transmission of Flight Data) モデルである。航空機が生成する飛行データの定常的連続配信を実行するには、個々の航空機ごとには比較的低い帯域幅であるが、全体では最も大きな要求となる。2009年のAir France 447 便事故に、米国商務省経済分析局 (BEA) による報告、2015年1月22日発行の国家運輸安全委員会 (NTSB) の安全勧告を含む関連研究は、延伸水上運行 (EOO: Extended Overwater Operations) に使用される航空機は、飛行データの触発転送を実行可能とする方策を実装することを推奨している。NTSBは、「(飛行) データは、契機となるイベントから飛行の終了までと可能な限り契機となるイベントの前も長く保存 (し、転送) すること」を提案している。飛行データの転送をこの方法で行うには、問題となる状況に遭遇した航空機により高い帯域幅を導入することであり、飛行の終了間際に帯域幅を増加させることであり、飛行終了の前に長い転送時間を要することになる。しかし、問題となる状況に遭遇することは少ないので、全体で必要となる帯域幅は、定常的連続実時間データ配信に比べるとごく少量である。

## 4. 今後の予定

FGとしての活動は終結したが、FGのウェブサイトで、成果物を維持し、ITU-T、ITU-Rの関連SG及びICAOより利用可能としながら、ICT業界と民間航空業界の連携に貢献している。