

平成 30 年 10 月 12 日現在

機関番号：82627

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00294

研究課題名(和文) 羽田空港への将来の航空交通を評価する航空管制シミュレーション環境の設計

研究課題名(英文) Designing Simulation Environments on the Air Traffic Management targeting future Haneda Airport

研究代表者

伊藤 恵理 (Itoh, Eri)

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・研究員

研究者番号：70462893

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：昨年度までの研究成果に基づき、NARSIMを所有しているドイツ航空宇宙研究所(DLR)と共同研究契約を締結し、将来の羽田空港に離着陸する航空交通を模擬できる航空管制シミュレーション環境の整備を共同で進めた。そして、将来的な実運用が検討されている新しい管制運用について、航空管制シミュレーション環境で評価するために、DLRと共同で日欧の相互運用性を考慮した効率的で安全かつ環境に優しい新しい管制運用の提案に向けて研究を実施した。次世代航空管制システムの基盤となる学際的研究および研究成果を、書籍、メディア、講演会を通して広く社会に発信した。

研究成果の概要(英文)：Based on the research results over the past two years, it was concluded that using NARSIM simulator was the best option to design simulation environments for the Air Traffic Management (ATM). Collaborative research agreements were made with DLR for the purpose of conducting ATM simulation using NARSIM. Furthermore, the collaborative project produced new aims for proposing novel systems and operation considering interoperability between EU and Japan, and realizing even more efficient, safer, and environmentally-friendly future ATM. Research results were given back to society widely not only by publishing academic papers, but also through books, invited talks, and several medias.

研究分野：Air Traffic Management

キーワード：Air Traffic Management Simulation study Human-In-The-Loop International Haneda airport

1. 研究開始当初の背景

2004年には米国より「NextGen (Next Generation Air Traffic Transportation System Integrated Work Plan)」, 2005年にはEUより「SESAR (The Single European Sky ATM Research Program)」という、米国および欧州の航空管制基盤の近代化計画が発表された。これらは、これまでの経験則に基づく航空交通管理の仕組みでは将来的に増加する航空交通量の処理に対応できない、という危機感から、科学的な分析と検証結果に基づいて将来の航空交通管理の構築を目指す計画である。

この流れを受け、我が国でも2010年に「CARATS (Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems)」という将来の航空交通システム構築のためのビジョンが策定され、日本の次世代航空管制システムの構築に向け産学官が連携しながら科学的なアプローチが現在進行中である。特に、2020年の東京オリンピックに向け、日本政府は羽田空港の国際線発着枠を9万回から13万回程度に1.5倍の増加を目指しており、このために新しい運航コンセプトの実現を目指して研究開発が進められている。

2. 研究の目的

このような研究背景のもと、申請者はこれまでに、羽田空港の運航コンセプトの立案および新システムの導入を目指した研究を実施してきた。次の段階は、羽田空港の航空交通流を模擬してヒューマンインザループ実験による研究結果の検証を行うことだが、我が国は次世代のコンセプトを検証できる航空管制シミュレーション実験施設を有していない。新たな運航を羽田空港に導入するためには、航空管制官とパイロットが参加する航空管制シミュレーション実験による検証評価が必要不可欠であるため、羽田空港への航空管制シミュレーション環境を緊急に設計しなければならない。

そこで申請者は、2013年4月から1年間、米国カリフォルニア州のシリコンバレーにあるNASAエイムズ研究所に駐在し、NASAの航空管制シミュレーション環境の運用を学んだ。この結果、次世代航空管制システムを導入するための検証評価には、以下の条件を兼ね備えたヒューマンインザループ実験設備を設計しなければならないことがわかった。

1) 航空管制卓およびコックピットを模擬するユーザーインターフェイスを備えていること。

2) 次々と提案される次世代の航空管制システムの模擬に対応できる拡張性を備えていること。

3) 航空管制シミュレーション施設の建設、およびその保守管理にかかるコストを最小にする設計および体制を備えていること。

以上の条件を満たす航空管制シミュレーション環境を設計するためには、ヒューマンファクター、情報科学、認知工学、システム工学、および航空管制科学を応用して、高度なシステムインテグレーションを実現しなければならない。そこで本研究では、分野横断的な研究課題に取り組み、羽田空港への航空管制シミュレーション環境の設計を目指す。さらに、航空管制システムのみならず、高度に複雑な社会技術系を模擬するシミュレーション環境の設計論の確立に貢献できるよう、本研究で得られる**知見の幅広い社会還元**を目標とした。

本研究が、研究期間内に明らかにする目的としたのは、以下の三つである。

（1）航空管制室およびコックピット内の環境を模擬するユーザーインターフェイスの設計要件

航空管制シミュレーションには、(A)航空管制官が交通流や新しい自動化システムの入出力をモニターするた

めのディスプレイと入力装置、(B)パイロットが航空機運動や新しい自動化システムの入出力をモニターするためのディスプレイと入力装置、(C)パイロットと航空管制官の音声通信装置、(D)航空機と地上の航空管制システムのデータ通信画面と装置など実際のシステムを、航空管制官やパイロットが運用の違和感を感じないように設計する必要がある。そこで本研究では、航空管制室およびコックピット内の環境を分析し、シミュレーション環境を構築するための設計要件を明らかにする。

（2）次々と提案される次世代の航空管制システムの模擬に対応できる拡張性を持たせるための設計要件

次世代の航空管制システムを模擬するために、以下の拡張性を持たせる必要がある。

- 1) 気象条件等に伴う空域や飛行経路の変更
- 2) 地上および機上に搭載される自動化システムのアルゴリズムの変更・追加
- 3) 新しい通信・航法・監視情報の共有とユーザーインターフェイスの変更・追加
- 4) 新しい運航手順等に対応するユーザーインターフェイスの変更・追加

これらの拡張性を実現できる航空管制シミュレーション環境を設計するために、人間、機械、ソフトウェア間の情報の流れおよび相互作用を明らかにする。

（3）航空管制シミュレーション施設の建設、およびその保守管理と運用にかかるコストを最小化する設計要件および体制の明確化

航空管制シミュレーション施設の建設およびその保守管理に伴うコストを最小化するために、段階的な開発を可能にするシミュレーション環境の設計を目指す。また、航空管制シミュレーション実験設備の保守管理および運用にかかるコストを最小化する体制を提案する。

3. 研究の方法

本研究では、米国のNASAエイムズ研究所などが有する航空管制シミュレーション環境を分析し、設計要件および運用や維持管理体制を含めたシステムインテグレーション技術を明らかにすることを方法として計画した。申請者らは、ヒューマンファクター、情報科学、認知工学、システム工学、および航空管制科学の分野横断的な学術体系を活用して分析を進めた。そして、分析結果に基づき、羽田空港への航空管制シミュレーション環境の設計を進めた。我が国唯一の航空管制科学の研究機関である電子航法研究所の研究者らと連携し、我が国の次世代航空管制システムを模擬できる航空管制シミュレーション環境を設計した。

平成27年度から29年度にかけて3カ年計画で実施した、年度毎の研究計画と方法は以下の通りであった。

① 平成27年度研究計画・方法

初年度は、米国カリフォルニア州のシリコンバレーにあるNASAエイムズ研究所などの航空管制シミュレーション環境を分析し、航空管制シミュレーション設備の設計要件および運用や維持管理体制を含めたシステムインテグレーション技術を明らかにした。NASAエイムズ研究所のATD-1プロジェクトの研究者らと連携し、シリコンバレーにあるIT企業や研究機関が得意とする高度なシステムインテグレーション技術を分析した。そして、これらの分析結果を参考に、日本の文化や環境への応用を検討した。このために、ヒューマンファクター、情報科学、認知工学、システム工学、および航空管制科学の分野横断的な学術体系を活用した。

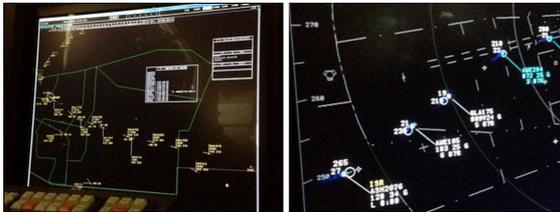
② 平成28年度研究計画・方法



(a) 地上設備の模擬 (管制卓)



(b) 機上設備の模擬 (パイロット卓)



(c) 管制卓表示

図1 NASA エイムズ研究所の航空管制シミュレーション環境

H28年度は、H27年度の分析結果に基づき、羽田空港への航空管制シミュレーション環境の設計を進めた。人間（航空管制官とパイロット）、機械、ソフトウェアの情報の流れやユーザーインターフェイスを介した相互作用を模擬するよう、設計を進めた。我が国唯一の航空管制科学の研究機関である電子航法研究所の研究員らと連携し、**我が国の次世代航空管制システムを模擬できる航空管制シミュレーション環境**を設計した。

③ 平成29年度研究計画・方法

H29年度は、主にH27年度およびH28年度に得られた知見を和文、英文でまとめ、書籍、ウェブなどで発信し広くフィードバックを得る他、電子航法研究所（本研究提案者の所属機関）を通じた政策提言にも反映させながら、次期研究テーマを模索した。

4. 研究成果

① 平成27年度の成果

(1) 航空管制シミュレーションアーキテクチャ設計

本研究では、管制官やパイロットの操縦操作

Network Layer	Example	OS Layer	Processor Layer
Application	Safari, Chrome, iTunes	App	User
Presentation	Unicode, JPEG, AAC	Library	User
Session	HTTP, RTTP	Daemon	User
Transport	TCP, UDP	Kernel	Supervisor (User)
Network	Internet Protocol	Kernel	Supervisor (User)
Datalink	Ethernet, IEEE 802.11a	Hardware Driver	Supervisor (Hypervisor)
Physical	Metal, Optical	(Hardware)	(Hardware)

図2 7層モデル

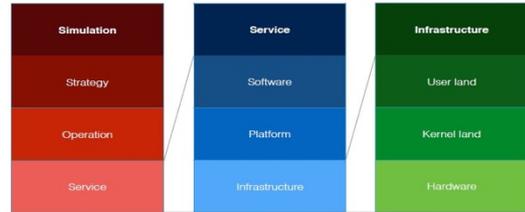


図3 システムアーキテクチャモデル

を模擬する環境を実験室に模擬する航空管制シミュレーション環境の構築を目指した。そのため、ハードウェアやソフトウェア、ネットワーク、アプリケーションなど、設計要件が多岐に及んだ。そこで、求める要件を図2に示す7層モデルおよび図3に示す階層的なシステムアーキテクチャモデルにまとめ、設計に役立てる方法を採用し、海外の航空管制シミュレーション環境の調査・分析に臨んだ。詳細は次節の通りである。

(2) 海外の航空管制シミュレーション環境の調査・分析

学際的な分野の研究メンバーによる視察団を組み、米国のNASAエイムズ研究所とラングレー研究所、およびEUのドイツ航空宇宙研究所(DLR)、オランダ航空宇宙研究所(NLR)、フランス航空大学校(ENAC)、デルフト工科大学の航空管制シミュレーション環境を視察すると共に5回の国際セミナーを開催し、航空管制シミュレーション設備の設計要件および運用や維持管理体制を含めた高度なシステムインテグレーション技術を分析した。そして、東京航空交通管制部および東京空港事務所における現場の運用環境も分析し、ヒューマンインザシミュレーションの日本の文化や環境への応用を検討した。

当初予定していた米国のNASAエイムズ研究所のみならず、ラングレー研究所、およびEUのドイツ航空宇宙研究所(DLR)、オランダ航空宇宙研究所(NLR)、フランス航空大学校(ENAC)、デルフト工科大学におけるシステムインテグレーションを分析することができた。さらに、合計6回の国際セミナーにおいて当該研究課題の紹介および議論を通して、より幅広い視点から航空管制シミュレーション設備の設計要件および運用や維持管理体制を含めた高度なシステムインテグレーション技術を分析することができた。

海外調査の一番の収穫は、オランダ航空宇宙研究所(NLR)が研究開発したNARSIMシミュレータを発見したことだった。NARSIMは、NLRが20年かけて研究開発した航空管制用のヒューマンインザループシミュレータである。これまでに、EUやシンガポールの航空管制研究機関で採用され、航空管制システムの研究開発に実績をあげている。図4にNARSIMシミュレータの利用例を示す。NARSIMを利用すると、航空管制官が作業するIFR管制卓、航空路管制卓、およびVFR管制卓を模擬して実験することができる。図4に一例を示す。

調査の結果、7層モデルにおける各レイヤーおよびシステムアーキテクチャモデルにおけるインフラ層とサービス層の設計が優れているため、設計するシミュレーション層の評価に適していることがわかった。そのため、航空機の到着管理システム(AMAN)や空対地の新しいデータリンクを利用した運用などEUプロジェクトで利用された実績がある。ソフトウェアは、特にミドルウェアの設計に工夫が施されており、シミュレーターの拡張性や汎用性の高い設計になっている。ソフトウェアの大部分はコードが公開されている。コードの大半はC++言語で書かれている。さらに、NARSIMユーザーコミュニティが確立されており、ドイツ航空宇宙研究所(DLR)、



(a) NARSIM シミュレーション (IFR 管制卓)



(b) NARSIM 管制塔シミュレーション (VFR 管制卓)

図 4 NLR が研究開発した NARSIM シミュレータ

ユーロコントロール、ATMRI などが参加している。NARSIM に追加したい機能をユーザーコミュニティで議論し、NLR の技術サポートを受けることもできる。新しい機能は、ユーザー間で共有される。また、NARSIM アカデミーというトレーニング制度を設けている。担当者を NLR に派遣して教育したり、NLR の技術者を派遣したりすることが可能である。このように、システム設計だけでなく、ユーザーコミュニティへのサポート体制が充実していることがわかった。

NARSIM カウンターパートとして、NASA が所有するヒューマンインザループシミュレーション施設なども視察したが、外部のコミュニティに開かれたシステム設計やコミュニティ作りを行っておらず、NARSIM シミュレータの優位性が明らかになった。

(3) 羽田空港の航空交通管理に導入される情報処理システムの分析

東京航空交通管制部および東京航空局 東京空港事務所における現場の運用環境を分析に生かすことができた。増加の一途をたどる航空交通を管理するため、TAPS, TEPS, TOPS などを導入した統合システムの実運用化が進んでおり、航空管制シミュレーション環境は将来の実運用環境を模擬して新システムの評価をしなければならぬ。そのために、国土交通省航空局と調整しながらシミュレーション環境の構築を進めた。詳細は平成 28 年度の成果にまとめる。

② 平成 28 年度の成果

(1) 航空管制シミュレーション環境の設計

次年度にあたる平成 28 年度は、航空管制シミュレーション施設の建設、およびその保守管理と運用にかかるコストを最小化する設計要件および体制を明確にした。

まず、電子航法研究所 航空交通管理領域がフルスクラッチで設計して実験に利用していた旧ヒューマンインザループシミュレータ (廃棄済み) について調査し、問題点を洗い出したところ、シミュレーションエンジンをフルスクラッチで新しく開発したことにより、その保守管理費用が増加した点があげられた。特に、サービス層のソ

フトウェアのバグ取りに研究員の膨大な時間を費やしており、改善が必要であった。さらに、フルスクラッチでシミュレーションエンジンを開発すると、NARSIM を購入費用の約 10 倍のコストがかかると見積もったため、航空管制シミュレーション施設の建設、およびその保守管理と運用にかかるコストを最小化するために、昨年度の海外調査結果より、NARSIM の活用が理想的だと結論づけた。

さらに、NASA エイムズ研究所およびラングレー研究所での調査の結果、将来の羽田空港の航空交通流を模擬したヒューマンインザループシミュレーションを実施するために、エンルートとターミナル空域を含むと、管制レーダー卓が 4 卓必要であり、テストディレクター 1 名、実験のエキスパート 2 名、システムアドミニストレーター 1 名、4 名のバックアップとして 8 名で構成されるシミュレーションチームが必要であると示唆された。

このような規模で NARSIM を利用し、羽田空港への将来の航空交通流を模擬した航空管制シミュレーション環境を構築する方法を模索していたところ、ドイツ航空宇宙研究所 (DLR) が国際共同研究を提案してくれた。そこで、日欧の相互運用性を考慮した新しい航空管制システムを提案し、NARSIM を利用した評価を行うために、共同研究契約を締結した。そして、11 月と 12 月に国際共同セミナーを開催し、共同研究を開始した。NARSIM シミュレータを利用することになったので、シミュレーション層 (図 3) に特化した航空シミュレーション環境の構築を実施した。

具体的には、空港に到着する航空機のスケジューリングを早い段階で自動化する航空機の拡張型到着管理システム、航空機の自律的な速度制御を行う FIM (Flight-deck Interval Management)、経路角を固定して航空機が継続的に降下する FPA (Fixed-flight Path Angle) 降下、DLR の FlexiGuide プロジェクトが提案した空港周辺の新しい航空交通管理のコンセプトなどを包括したシミュレーション層の設計を進めた。

(2) 研究成果の社会発信

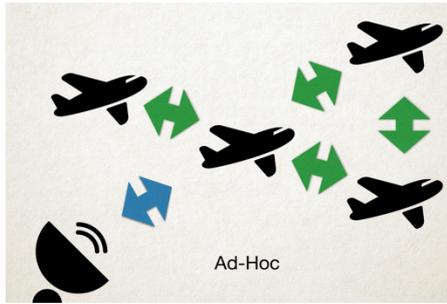
次世代の航空管制システムの基盤となる学際的研究を「航空管制科学」と名づけ、その成り立ちと研究成果を書籍 (1 冊)、メディア (6 件以上)、講演 (4 件) などを通して広く社会に発信した。書籍「空の旅を科学する 人工知能がひらく!? 21 世紀の航空管制」(河出書房新社) は反響を呼び、週刊ダイヤモンドや週刊文春などでも書評が取り上げられた他、毎日新聞や時事通信社からも取材記事が発信された。さらに、Web 毎日、Wedge、SYNODOS などのウェブにも取り上げられた。また、企業や大学での講義や講演を多く行い、研究成果を広く社会に発信した。

③ 平成 29 年度の成果

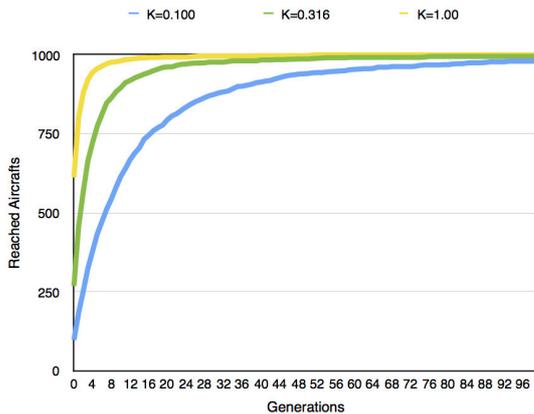
(1) 航空管制シミュレーション環境の設計

平成 28 年度に共同研究契約を締結した DLR と研究プロジェクト単位で合意書を交わし、将来の羽田空港に離着陸する航空交通を模擬できる航空管制シミュレーション環境の整備を共同で進めた。具体的には、2019 年度以降に段階的に再編成が予定されている空域形状や飛行経路を NARSIM シミュレータの入力フォーマットに整理する作業や、羽田空港への将来の航空交通流を再現する入力データの作成を行った。来年度以降に、HITL シミュレーションによる評価が実現する予定である。

さらに、将来に導入が検討されている航空機の拡張型到着管理システムや航空機監視応用システムなどの新し



(a) 航空機のメッシュ型ネットワーク



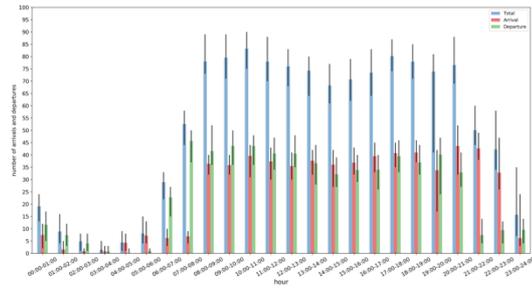
(b) 実現可能性の検討結果

図5 航空機のメッシュ型ネットワークの評価例

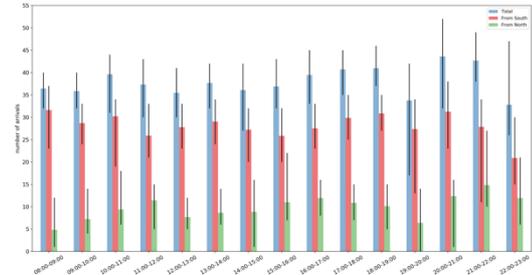
い運用を NARSIM で評価するために、DLR と共同で日欧の相互運用性を考慮したコンセプトの提案に着手した。航空機のメッシュ型ネットワークの提案は新しいコンセプトの一つである。図5に概念図と、ランダムに配置された 1000 機の航空機に対してパケットロス率を距離に対するガウス分布の逆数とした場合の実現可能性の検討結果を示す。また、CARATS オープンデータなどを活用し、航空管制シミュレーション環境の構築のために、羽田空港に到着する航空交通データに基づく統計モデルと分析結果を役立てた。結果の一部を図6に示す。

(2) 次期研究テーマの創出

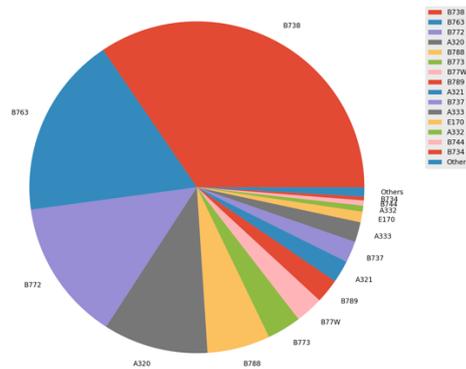
将来的な実運用が検討されている新しい管制運用について、航空管制シミュレーション環境で評価するために、DLR と共同日欧の相互運用性を考慮した効率的で安全かつ環境に優しい新しい管制運用の提案を開始した。具体的には、来年度以降に ConOps の提案やシステムの研究開発を予定しており、NARSIM を利用して航空管制シミュレーション環境を構築し、新コンセプトやシステムの共同評価を実施する。電子航法研究所の指定研究「航空機の拡張型到着管理システムの研究」において継続した研究を実施する。このように、本研究を通して、次期研究課題を創出することができた。



(a) 羽田空港に離着陸する平均機数と最大最小値の比較



(b) 羽田空港に到着する方面別の平均機数と最大最小値の比較



(c) 羽田空港に到着する航空機の機種の比較

図6 羽田空港に離着陸する航空交通流の分析例 (2016年1月から2017年11月の統計)

(3) 研究成果の社会発信

人間社会と AI (Autonomous Intelligent: 自律知能) が協働する次世代航空管制システムの基盤となる学際的研究および研究成果を、書籍、メディア、講演会を通して発信し、広く社会に還元した。

書籍については、昨年度に刊行した『空の旅を科学する』(河出書房新社刊)が中国語(繁体字)に翻訳され、台湾を初めとするアジア諸国で出版された。また、『みんなで作る AI 時代』(CCC メディアハウス社)を刊行し、ハードウェア、ソフトウェア、人間社会が協働する航空管制システムの設計方法などについて、航空業界のみならず一般社会に向けて、広く世界に発信した。さらに、Web 読売(大手小町)、日立ソリューションズ季刊誌(日経 BP)、NewsPicks、Newsweek 日本版、ナレッジタイムズなどのメディアで多く取り上げられた他、JAXA オープンイノベーションワークショップ、航空安全シンポジウム、計測自動制御学会を初めとする学術界や企業などに向けた招待講演を通して、研究成果を一般社会に発信することができた。

こうした努力が実り、本研究の成果を含む航空管制シ

システムの教科書の執筆が決定した。航空管制システムの入門書として日本初の教科書となるため、2019年脱稿を目指して執筆を継続する。

5. 主な発表論文等

(研究代表者は下線)

〔雑誌論文〕(計 3 件)

- (1) I. Kanaya and E. Itoh, "An Ad-Hoc Mesh Network for Flight-deck Interval Management of Airplanes", IOV 2017: Internet of Vehicles. Technologies and Services for Smart Cities, pp162-175, Springer nature, 2017
- (2) E. Itoh et al., "Evaluating Energy Saving Arrivals of Wide-body Passenger Aircraft via Flight Simulator Experiments", Journal of Aircraft (Accepted in May 2018)
- (3) 伊藤 恵理, "次世代到着管理システムの運用コンセプト", 日本航空宇宙学会誌 (2018年7月号に掲載予定)

〔学会発表・講演〕(計 22 件)

- (1) E. Itoh, "Air-Ground Harmonization in the Future Arrival Operation", ENRI-ATM joint seminar, September 2015
- (2) E. Itoh, et. al., "HITL Simulation and Assessment Targeting High-density Operation in Tokyo Metropolitan Area", The Airport Simulation and Performance Assessment Group(ASPAG) conference, ENRI- DLR, NLR, TUDelft, ENAC, NASA Ames, NASA Langley joint seminar (total 7 times), October 2015-March 2016.
- (3) E. Itoh, "Extended Arrival Management(E-AMAN) targeting year 2030", ENRI-TUBS joint seminar, June 2016.
- (4) E. Itoh, "Studies on the Extended-AMAN collaborating with 4D TBO", ENRI-DLR joint seminar, September 2016.
- (5) E. Itoh, "Fixed-flight Path Angle Descent for Wide-body Passenger Aircraft", Jeppesen-Boeing-ENRI joint seminar, October 2016.
- (6) E. Itoh, et.al., "Extended-Arrival Management", JAPAN-Singapore ATM workshop, November 2016.
- (7) 伊藤 恵理, "空の旅を科学する：人間と人工知能が協働する航空管制科学の世界", ナレッジキャピタル木曜サロン, 2016年10月
- (8) 伊藤 恵理, "空の旅を科学する：人間と人工知能が協働する未来の航空管制", 日本航空技術協会 TMAN(Tokyo Metropolitan Aviation Network)セミナー, 2016年12月
- (9) 伊藤 恵理, "21世紀の航空管制：人間とコンピュータが協働する「航空管制科学」の世界", 関西空港研究会, 2017年5月
- (10) 伊藤 恵理, "AI がひらく!? 21世紀の「航空管制」", JAXA 次世代航空イノベーションワークショップ, 2017年9月
- (11) 伊藤 恵理, "シンギュラリティ×航空管制", シンギュラリティサロン (計2回), 2017年9月
- (12) E. Itoh, et.al., "Robust Transportation System Model and Optimization in Social System", Airside Simulation and Performance Assessment Group(ASPAG), 2017年10月
- (13) 伊藤 恵理等, "航空機監視応用システム (ASAS) と地上の連携による到着管理について", 飛行機シンポジウム, 2017年11月
- (14) 伊藤 恵理, "21世紀の航空管制とオートメーション", 計測自動制御学会 第5回制御部門マルチシンポジウム, 2018年3月

- (15) 伊藤 恵理, "航空管制と AI", 航空安全シンポジウム, 2018年3月

〔図書〕(計 3 件)

- (1) 伊藤 恵理, "空の旅を科学する 人工知能が拓く!? 21世紀の航空管制", 河出書房新社, 2016年9月
- (2) 伊藤 恵理, "飛航管制的秘密世界：從地面到天空, 從管制台到駕駛艙, 飛航第一線直擊全紀錄", 臉譜出版社, 2017年7月
- (3) 伊藤 恵理, "みんなで作る AI 時代 これからの教養としての STEAM", CCC メディアハウス社, 2018年3月

〔新聞〕(計 5 件以上)

- (1) "空路の容量拡大を研究", 毎日新聞, 2016年10月
- (2) "人口知能との共存模索", 時事通信社より配信・上毛新聞, 北陸新聞などに掲載 2016年秋
- (3) "STEAM とは何か 仕事を奪われる(?) AI 時代を生き抜く教養", Newsweek 日本版, 2018年3月
- (4) "AI 時代を生き残るために必要な「STEAM」教養とは", AMP(電通 PR)より NewsPicks などに配信・掲載, 2018年4月

〔ウェブ〕(計 3 件以上)

- (1) "なぜ飛行機の衝突が防げるのか? 人間とコンピューターが共存する究極の管制システムを目指して", SYMODOS Academic Journalism, 2016年11月
- (2) "空の旅の裏側に広がる科学の世界", WEDGE Infinity, 2016年11月
- (2) "世界のバイオニアたちと「次世代の航空管制」をつくっていく", 日立ソリューションズ, 2018年1月

6. 研究組織

(1)研究代表者

伊藤 恵理 (ITOH, Eri)

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・主幹研究員
研究者番号：70462893

(2) 研究分担者

金谷 一郎 (KANAYA, Ichiroh)

長崎県立大学・情報システム学部・教授
研究者番号：50314555

狩川 大輔 (KARIKAWA, Daisuke)

東北大学・工学研究科・准教授
研究者番号：40436100

(4)研究協力者

ヨーガン・ラタシュ (RATAJ, Juergen) 平林 博子 (HIRABAYASHI, Hiroko), 蔭山 康太 (KAGEYAMA, Kota), マーク・ブラウン (BROWN, Mark), 上村 常治 (UEMURA, Tsuneharu) (東京大学) ジェーン・ティバフォン (THIPPHAVONG, Jane), ハリースウェンソン (SWENSON, Harry), ウィリアム・ジョンソン (JOHNSON, William)