

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H04237

研究課題名（和文）羽田空港を対象にした航空交通管理手法のヒューマンインザループシミュレーション評価

研究課題名（英文）Evaluating Future Air Traffic Management Targeting Tokyo International Airport via Human-in-the-loop Simulation

研究代表者

伊藤 恵理（Itoh, Eri）

東京大学・先端科学技術研究センター・教授

研究者番号：70462893

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 15,780,000円

研究成果の概要（和文）：羽田空港周辺の航空交通混雑を回避する管制支援システムの要素技術として、機械学習による燃料消費・飛行時間予測モデル、待ち行列理論による交通渋滞予測モデル等を開発した。ユーロコントロールイノベーションハブ等と連携し、レーダー管制を模擬する研究シミュレータを開発した。そして、開発した管制支援システムの実装を模擬し、電子航法研究所と共同で東京航空交通管制部にて現役管制官らによるヒューマンインザループシミュレーション評価実験を実施した。実験の結果、管制官によるレーダー誘導の指示回数を約20%削減し、管制作業負荷の低減と到着遅延時間の短縮が確認できたことにより、管制支援システムの高い運用実現性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、近い将来に実装が見込まれる航空機の到着・出発（AMAN/DMAN: Arrival Manager/Departure Manager）統合運用システムを開発し、現役の管制官によるヒューマンインザループシミュレーション実験により、その高い運用実現性を明らかにした。導入効果が十分に見込まれることから、日本において2025年以降の社会実装が決定した。航空路管制と空港管制における混雑度の情報を共有する管制支援システムは日本初であり、アジア諸国を先導する新技術となる。ヒューマンエラー防止の観点からも、航空安全の確保・向上への貢献が期待できる。

研究成果の概要（英文）：This study developed machine learning-based fuel consumption and flight time prediction models, and a traffic congestion prediction models using queueing theory as element technologies of an air traffic control support system to avoid air traffic congestion around Haneda Airport. In collaboration with the Eurocontrol Innovation Hub, we developed a research simulator that simulates radar control. Furthermore, we simulated the implementation of the developed air traffic control support system and conducted a human-in-the-loop simulation evaluation experiment at the Tokyo Air Traffic Control Center in collaboration with ENRI. As a result of the experiments, it was confirmed that the number of radar guidance instructions by air traffic controllers was reduced by approximately 20%, reducing the workload of controllers and shortening arrival delays, thereby demonstrating the high operational feasibility of the air traffic control support system.

研究分野：航空交通管理、航空管制、航空輸送、ヒューマンマシンインターフェイス・インタラクション

キーワード：航空交通管理 航空管制 管制支援システム ヒューマンインザループシミュレーション 数理モデル
機械学習 航空輸送 空港運用

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

将来的な航空交通の需要増加が見込まれるなか、日本では、航空交通が最も混雑する東京国際（羽田）空港を中心に、空域・航空路の再編や、管制官・パイロットを支援する新技術の導入に向けた研究開発が進められている。特に、羽田空港の容量拡大に向けて、ヒューマンエラー対策の観点からも、航空機の到着・出発・空港での地上などを統合して時間管理するための管制支援システムの実装も計画されている。これまでに申請者らは、羽田空港を対象に、実際の航空交通データを利用したデータ駆動型解析、待ち行列理論、セルオートマトン、ペトリネット等を応用した数理モデルやマルチエージェントモデルを階層的に組み合わせた大規模並列シミュレーションにより、新しい航空交通管理手法や管制支援システムを設計した。これらの提案手法やシステムを実装するためには、理論や数値シミュレーションだけでなく、将来の管制運用環境を模擬したヒューマンインザループシミュレーション実験による検証が不可欠である。そして、管制官とパイロットの操縦操作によって、安全性や効率だけでなく、運用実現性を評価しなければならない。しかし、日本では、このための実験環境を有していなかった。

そこで、申請者らは、2015年度から3カ年で実施した基盤研究C「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」において、日本がまだ有していなかったヒューマンインザループシミュレーション実験環境を、分野横断的な学術体系に基づいて設計した。そして、ユーロコントロール実験研究所（現・ユーロコントロールイノベーションハブ）と連携して、航空管制用ヒューマンインザループシミュレーション実験環境を日本に実現した。これにより、羽田空港の航空交通流を模擬して評価するシミュレーション環境と実験評価に必要な体制を構築した。

2. 研究の目的

本研究では、まず、羽田空港の航空交通流を安全かつ効率的に運用する手法と、管制支援システムを開発すること、次に、開発したシステムの運用実現性をヒューマンインザループシミュレーション実験により明らかにすること、を目的とした。これらの目的を達成することにより、科学的な分析と検証結果および管制経験者による運用実現性の評価に基づいた、管制支援システムの社会実装に貢献することができる。

そして、航空交通管理システムに代表される社会技術システムにおいて、既存のインフラをうまく動かしながら、人間社会と協働する自動化技術の実装を実現するシステム設計論の確立に寄与することも目指した。

3. 研究の方法

(1) AMAN/DMAN 統合運用システムの研究開発

本研究では、羽田空港および到着・出発する航空交通が輻輳する周辺空域における混雑を回避する管制支援システムである航空機の到着・出発管理（AMAN/DMAN: Arrival Manager）統合運用システム（以下、AMAN/DMAN 統合運用システム）を開発した。開発した AMAN/DMAN 統合運用システムは、航空機が滑走路に到着・出発する約 30～40 分前に、使用滑走路とスロット（滑走路を離

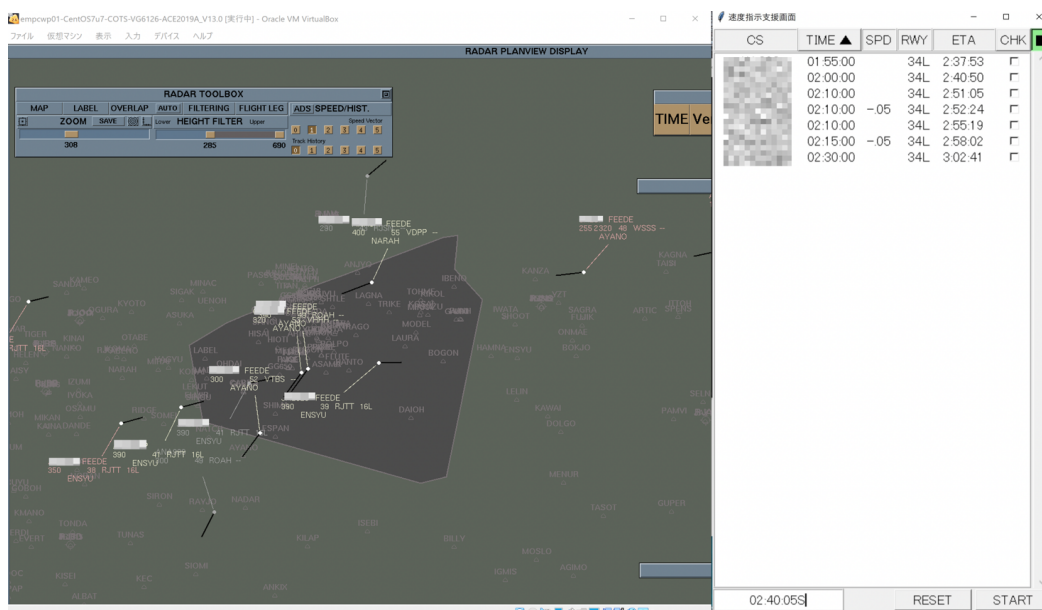


図1 T25（知多）セクターを模擬する管制卓のレーダー画面と AMAN/DMAN 統合運用システムによる速度表示・滑走路割り振りを模擬する管制支援ディスプレイ



図2 ESCAPE Light シミュレータ：左図の手前は、左からシミュレーション統括卓、パイロット卓。右図手前は、航空路のレーダー管制を模擬した管制卓

陸・着陸する時間枠)を決定し、到着機には目標着陸時刻に到着するよう、管制卓に滑走路割り振りと速度調整の目標値を表示して管制官を支援する自動化システムである。使用滑走路と予測到着時刻は、管制情報処置システムを解して、航空路と空港の管制現場で共有する。

AMAN/DMAN 統合運用システムの要素技術として、機械学習による燃料消費・飛行時間予測モデル、待ち行列理論による交通渋滞予測モデル、多目的最適化と決定木を応用した速度制御分析モデルと開発し、数値シミュレーションによる性能検証を実施した。データサイエンスと数理モデルを組み合わせることで、到着遅延時間を削減し、空港および周辺空域において航空交通の渋滞を緩和し、かつ燃料消費量を削減する、AMAN/DMAN 統合運用システムの機能と、管制支援システムに表示するUIのプロトタイプ(図1参照)を開発した。具体的には、羽田空港の北風運用を想定し、東京航空交通管制部が管轄する知多半島上空のT25空域(セクター)の入域時に、通常であれば34L滑走路に到着する航空機を、ピーク時において3機程度、34R滑走路に誘導し、かつ前機と機体間隔が小さい航空機に対して速度減速を支持するアルゴリズムを開発して実装した。ヒューマンインザループシミュレーション実験の前に、数値シミュレーションでアルゴリズムの性能を評価し、到着遅延時間だけでなく空港面の走行時間を削減することなども定量的に示した。

(2) ヒューマンインザループシミュレーション実験による評価

本研究で活用したヒューマンインザループシミュレータは、ユーロコントロールイノベーションが開発したESCAPE Lightシミュレータを活用した。ESCAPE Lightシミュレータは、大学・研究期間(以下、学)に無料で提供している航空管制用シミュレーションエンジンである。ヒューマンインザループシミュレーション実験の入出力データの共有やシミュレーション操作等を統括するシミュレーション統括卓、レーダー管制を模擬する管制卓、パイロットの操縦・操作を模擬する管制卓が、仮想マシン上に配置したOS上に配置・統合されている。仮想化ソフトウェア昨日により、ハードウェア更新が容易であり、更新移行後は旧機器からのデータコピー等の作業のみとなる。ハードウェアは、一般的なノートPCを活用することができる。物理ケーブルや無線LANによって最大10台のPCを接続したヒューマンインザループシミュレーション実験が可能である。課題代表者らの研究室に、ESCAPE Lightシミュレータによる実証実験を実施できる研究環境を構築した(図2参照)。実験で模擬する空域・飛行経路・トラフィック・気象条件等は、実験対象に合わせて適切に設計し、搭載する必要がある。

本研究では、AMAN/DMAN 統合運用システムの実装を予定したT25セクターの管制を管轄する東京航空交通管制部(東京管制部)の運用室を見学し、現場の管制運用のヒアリング調査を実施した。調査結果に基づき、T25セクターの航空交通に影響を及ぼす隣接のT46、T45、T14、T09セクター(令和4年次)等の管制運用を模擬するヒューマンインザループシミュレーション実験環境を構築した。具体的には、T25セクターを担当するレーダー管制卓、T25セクターに隣接する空域の管制運用を模擬するためのゴースト管制卓、パイロット卓、シミュレーション統括卓とそれらをつなぐネットワーク通信環境を構築した。気象庁が提供するGPV(Grid Point Value)気象モデルから、主成分分析により代表的な気象条件(風向・風速等)を抽出し、シミュレータに設定した。

航空路管制におけるAMAN/DMAN 統合運用システムの運用実現性を評価するため、東京管制部において現役管制官らによるヒューマンインザループシミュレーション実験を、合計20回(うち習得実験2回)実施した。T25セクターを対象に、羽田空港に到着する航空交通量が多い時間帯において、①羽田到着が主流の場合(午前7時台)②東から西、西から東に向かう航空交通と干渉する場合(14-15時台)③東から西に向かう航空交通が増える場合(18-19時台)の3種類のトラフィックに対し、3種類の代表的な気象条件を仮定した合計9種類のシミュレーションシナリオを準備し、それぞれ1回ずつ、2名の現役管制官による評価実験を実施した。航跡データに加えて、管制官のレーダー誘導回数、パイロットへの指示内容、主観的なワークロード評価スコア、アンケート調査結果を取得した。図3に、実験風景を掲載する。

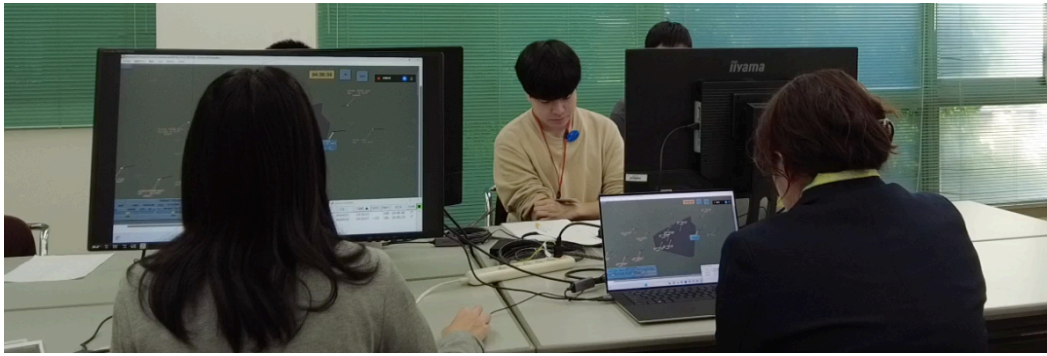


図3 東京管制部でのヒューマンインザループシミュレーション評価実験の様子：
管制卓（手前）、パイロット卓（右奥）、シミュレーション統括卓（左奥）

4. 研究成果

（1）AMAN/DMAN 統合運用システムの運用実現性評価

実験結果の分析により、開発した AMAN/DMAN 統合運用システムは全てのシミュレーションシナリオに効果的であったが、①羽田到着が主流の場合（午前7時台）のトラフィックに対して最も有効性が高いことがわかった。具体的には、1回あたり30分間のシミュレーション実験のなかで、AMAN/DMAN 統合運用システムの実装によって T25 セクター内では合計約13分（対象となる19機当たり）の飛行時間削減効果があり、管制官によるレーダー誘導の指示回数は約20%削減した（図4参照）。作業負担が軽減されることにより、他のタスクにあたる余裕が生じることによる、航空安全の向上効果が期待できる。数値シミュレーションにより、対象とした19機の羽田到着機が T25 セクターを出域してから着陸するまでの区間における AMAN/DMAN 統合運用システムの効果を見積もったところ、合計約1時間程度の飛行時間削減効果が確認できた。

管制官の主観的なワークロード評価スコアにより、AMAN/DMAN 統合運用システムの実装が許容できることが示された。速度調整・滑走路割り振りを航空機タグに隣接して表示するような UI (User Interface) の改善、周囲のトラフィックとの高度差に応じた管制訓練、速度調整のフレゾロジー改善などのコメントも得られたため、社会実装に反映する。高い導入効果が期待できることから、国土交通省航空局の施策（CARATS: Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems）として、2024年度に社会実装することが決定した。

（2）システム設計論の構築

航空交通管理システムを代表とする社会技術システムにおいて、管制支援システムのように人間オペレータを支援する自動化技術は、必要なデータを集約して処理する情報基盤システムに搭載されることで社会実装に至る。そのため、情報基盤システムの高度化が必須であるが、現状では開発・改修プロセスが最適化されておらず、ライフサイクルコスト増大と生産性低下を招いている。そこで、本研究で提案したように、研究用シミュレータを活用して人間オペレータによる運用実現性を事前検討段階で評価することによって情報基盤システムの仕様を明らかにすることで、手戻り削減による開発期間の短縮とシステム評価・訓練期間短縮に貢献できる可能性を示した。情報基盤システムの開発・改修プロセスを効率化する設計論として、今後も一般化をはかりたい。

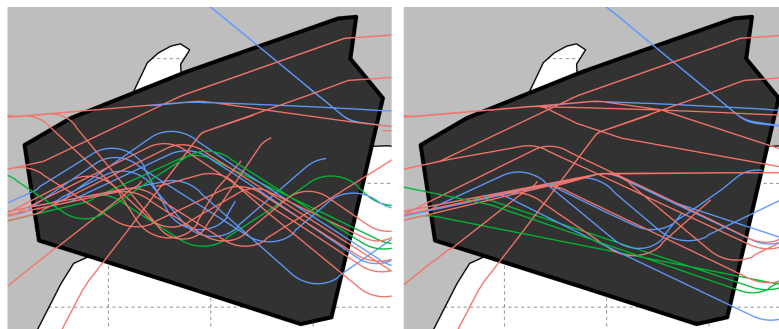


図4 実験対象とした T25（知多）セクターにおける現行の運用（左）と AMAN を適用した運用（右）の航跡データの比較（緑：滑走路割り振りあり，青：速度制御あり，ピンク：AMAN による制御なし）：レーダー誘導の削減と、それに伴う飛行距離（時間）の短縮効果が見られる

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 関根 将弘、立川 智章、藤井 孝藏、伊藤 恵理	4. 巻 13
2. 論文標題 多目的最適化と決定木を用いたエンルート交通流における速度制御戦略の抽出	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 進化計算学会論文誌	6. 最初と最後の頁 10 ~ 22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11394/tjpnsec.13.10	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kawagoe Yoshiaki, Chino Ryohei, Tsuzuki Satori, Itoh Eri, Okabe Tomonaga	4. 巻 10
2. 論文標題 Analyzing Stochastic Features in Airport Surface Traffic Flow Using Cellular Automaton: Tokyo International Airport	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 95344 ~ 95355
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2022.3204819	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Higasa Koki, Itoh Eri	4. 巻 9
2. 論文標題 Controlling Aircraft Inter-Arrival Time to Reduce Arrival Traffic Delay via a Queue-Based Integer Programming Approach	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Aerospace	6. 最初と最後の頁 663 ~ 663
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/aerospace9110663	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Higasa Koki, Sekine Katsuhiko, Itoh Eri	4. 巻 11
2. 論文標題 Effectiveness of Aircraft Inter-Arrival Control in Upstream Traffic Flow via a Combined Tandem Fluid Queue Model and Integer Programming Approach	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 15252 ~ 15270
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2023.3241951	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Itoh Eri, Mitici Mihaela, Schultz Michael	4. 巻 9
2. 論文標題 Modeling Aircraft Departure at a Runway Using a Time-Varying Fluid Queue	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Aerospace	6. 最初と最後の頁 119 ~ 119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/aerospace9030119	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Sekine Katsuhiro, Tatsukawa Tomoaki, Itoh Eri, Fujii Kozo	4. 巻 9
2. 論文標題 Multi-Objective Takeoff Time Optimization Using Cellular Automaton-Based Simulator	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 79461 ~ 79476
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2021.3084215	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sekine Katsuhiro, Kato Furuto, Kageyama Kota, Itoh Eri	4. 巻 8
2. 論文標題 Data-Driven Simulation for Evaluating the Impact of Lower Arrival Aircraft Separation on Available Airspace and Runway Capacity at Tokyo International Airport	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Aerospace	6. 最初と最後の頁 165 ~ 165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/aerospace8060165	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 立川 智章, 関根 将弘, 藤井 孝藏, 伊藤 恵理, 都築 怜理, 柳澤 大地, 西成 活裕, 安福 健	4. 巻 26
2. 論文標題 全体最適のための新たな航空交通モデルの開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 計算工学	6. 最初と最後の頁 19 ~ 22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 伊藤恵理	4. 巻 40
2. 論文標題 航空交通管理におけるデジタルツイン	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本シミュレーション学会誌	6. 最初と最後の頁 81 ~ 85
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Itoh E., Mitici M.	4. 巻 124
2. 論文標題 Evaluating the impact of new aircraft separation minima on available airspace capacity and arrival time delay	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Aeronautical Journal	6. 最初と最後の頁 447 ~ 471
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/aer.2019.160	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Itoh Eri, Mitici Mihaela	4. 巻 89
2. 論文標題 Analyzing tactical control strategies for aircraft arrivals at an airport using a queuing model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Air Transport Management	6. 最初と最後の頁 101938 ~ 101938
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jairtraman.2020.101938	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Itoh E., Miyazawa Y., Finke M., Rataj J.	4. 巻 731
2. 論文標題 Macroscopic Analysis to Identify Stage Boundaries in Multi-stage Arrival Management	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 In: Electronic Navigation Research Institute (eds) Air Traffic Management and Systems IV. EIWAC 2019. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 731. Springer, Singapore.	6. 最初と最後の頁 59 ~ 76
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-33-4669-7_4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Itoh Eri	4. 巻 25
2. 論文標題 Digital Transformation Behind the Air Transport	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 TRENDS IN THE SCIENCES	6. 最初と最後の頁 6_90 ~ 6_95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5363/tits.25.6_90	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計18件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 Eri Itoh, Daiki Iwata, Michael Schultz
2. 発表標題 Developing a Departure Queue Model Towards Integrated Arrival and Departure Runway Operation
3. 学会等名 ICAS 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Furuto Kato, Eri Itoh
2. 発表標題 Applying Machine Learning For Taxi-time Prediction at Tokyo International Airport
3. 学会等名 ICAS 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Nobuharu Morikawa, Eri Itoh
2. 発表標題 Machine Learning Methods Ensuring Both Performance and Interpretability of Estimating Aircraft Arrival Times
3. 学会等名 ICAS 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Koki Higasa, Eri Ito
2. 発表標題 Assessment and Control of Arrival Flow and Waiting Time Applying Gt/GI/St+GI Time-varying Queuing Model
3. 学会等名 ICAS 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Katsuhiro Sekine, Tomoaki Tatsukawa, Kozo Fujii, Eri Itoh
2. 発表標題 Air Traffic Simulation Across FIR in Japan Using Cellular Automaton
3. 学会等名 ICAS 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Katsuhiro Sekine, Tomoaki Tatsukawa, Kozo Fujii, Eri Itoh
2. 発表標題 Preliminary Study of Multi-objective Air Traffic Optimization for Devising Speed Control Strategy by Using Rule-based Simulator
3. 学会等名 AIAA Aviation Forum (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西田拓矢, 伊藤恵理
2. 発表標題 機械学習による航空機の飛行時間予測
3. 学会等名 第60回飛行機シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩田大輝, 伊藤恵理
2. 発表標題 滑走路における出発・到着航空機の統合運用のための待ち行列モデルの開発
3. 学会等名 第60回飛行機シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川倫幹, 関根将弘, 伊藤恵理
2. 発表標題 成田国際空港の航空交通にかかる現状分析
3. 学会等名 第60回飛行機シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Eri Itoh, Furuto Kato, Koki Higasa, Michael Schultz
2. 発表標題 Designing Aircraft Traffic Floes Using Data-Driven Queueing Models
3. 学会等名 ICAS2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 日笠航希, 伊藤恵理
2. 発表標題 Gt/GI/st+GI 待ち行列モデルを用いた航空機の到着交通流の分析および制御
3. 学会等名 第59回飛行機シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森川暢明, 伊藤恵理, 矢入健久
2. 発表標題 航空機の到着時刻予測に適した機械学習手法の検討
3. 学会等名 第59回飛行機シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加藤古都, 蔭山康太, 伊藤恵理
2. 発表標題 機械学習を用いた航空機の地上走行時間予測の検討
3. 学会等名 第59回飛行機シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 関根将弘, 立川智章, 蔭山康太, 伊藤恵理
2. 発表標題 東京国際空港の到着機を対象とした滑走路割り振りのシミュレーション評価
3. 学会等名 第59回飛行機シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 関根将弘, 立川智章, 藤井孝藏, 伊藤恵理
2. 発表標題 多目的最適化と決定木を用いたエン ルート交通流における速度制御戦略の抽出
3. 学会等名 進化計算シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤恵理
2. 発表標題 航空交通管理にデジタル変革をもたらす研究開発
3. 学会等名 ENRI国際ワークショップ（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤恵理，宮沢与和
2. 発表標題 東京国際空港における多段階到着管理の戦略
3. 学会等名 第58回飛行機シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Eri Itoh, Takuya Otsuyama
2. 発表標題 Designing Ground-based Interval Management (GIM) for aircraft arrival traffic at Tokyo International Airport
3. 学会等名 International Civil Aviation Organization (ICAO) Information Paper, SP-AIRB8-IP/05（国際学会）
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 伊藤 恵理	4. 発行年 2023年
2. 出版社 コロナ社	5. 総ページ数 228
3. 書名 航空交通管理システム概論	

〔産業財産権〕

〔その他〕

伊藤恵理 - 安全な空のために
<https://www.youtube.com/watch?v=xcqXHfff1ZU&t=1s>
 Meet Eri Itoh - Safer Skies Above
<https://www.youtube.com/watch?v=xcqXHfff1ZU&t=1s>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	立川 智章 (Tatsukawa Tomoaki) (90633959)	東京理科大学・工学部情報工学科・准教授 (32660)	
研究分担者	土屋 武司 (Takeshi Tsuchiya) (50358462)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・教授 (12601)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関