

GPS データを用いた 熊本空港利用者の滞在時間推定

向井 明都¹・円山 琢也²

¹学生会員 熊本大学大学院自然科学教育部土木建築学専攻（〒860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪 2-39-1）

E-mail: 226d8370@st.kumamoto-u.ac.jp

²正会員 熊本大学教授 大学院先端科学研究部

（〒860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪 2-39-1）

E-mail: takumaru@kumamoto-u.ac.jp (Corresponding Author)

空港アクセス交通は速達性に加え定時性も重要である。軌道系交通と比較して、リムジンバス等の道路系交通は、道路混雑の影響により定時性が低い。道路系交通の利用者は、搭乗便に遅れることを避け、早めに空港に到着し、空港での滞在時間が長いと推測される。この滞在時間は、定時性の高い軌道系アクセス交通の整備で短縮されることが期待される。しかし、空港滞在時間の実態は未把握である。そこで本研究では、一般に利用可能な商用 GPS データを用いた空港滞在時間の推定手法、空港アクセス交通の判定方法を構築する。その方法で実際の滞在時間、空港利用者の空港アクセス交通を推定し、滞在時間の空港による違いや空港アクセス手段による違いを比較、分析することを目的とする。

Key Words: GPS, tracking data, airport waiting time, airport access

1. はじめに

(1) 背景及び目的

世界の航空旅客数は、COVID-19 の影響を受ける以前は、ほぼ一貫して増加傾向^{註1)}にあった。よって COVID-19 の収束後は、航空による旅客移動の重要性は改めて高まると予想される。本研究では航空旅客の移動において空港アクセスに着目する。空港は都市部から離れて立地することが多いが^{註2)}、アクセス交通の整備はいまだ不十分な空港も多い。空港への鉄道アクセスの改善のため、主要な国際拠点空港等へのアクセス線の整備等に向けた取組みが推進されている^{註3)}。

大量輸送性や定時性、速達性の観点から空港アクセスにおいては、軌道系交通機関が優れているとされるが、全ての空港において軌道系交通機関は設置されておらず、道路系交通機関のみの空港も存在する。その場合、道路状態の影響を大きく受けるため定時性、速達性において課題があり、航空便利用者は航空便の出発時刻に対して、余裕を持って空港に到着することが推測される。しかし、それらの実態は未把握である。

一方、スマートフォンの普及により、日時を問わない大量な位置情報データの取得が容易になり、観光や交通、防災などの様々な分野で利活用されている。このようなデータは今後、増加することが予想され、活用可能性を

検討していくことは重要である。

そこで本研究では、Agoop のポイント型流動人口データという商用のGPSデータを用いた空港滞在時間の推定方法を構築し、その方法で空港の滞在時間を推定し、空港による違いや空港アクセス手段による違いを比較、分析することを目的とする。

滞在時間を推定する意義の一つは、施策の評価指標としての活用である。例として、空港アクセス鉄道整備による滞在時間の変化を推定し、観光地等での滞在時間増加の効果を評価する等がある。空港での滞在時間が短いほうが良いと決められるわけではないが、空港アクセスの時間信頼性を高めることで自分の目的に沿った滞在時間を選択できる状態が理想的であり、そのような状況への評価にもつながると考える。

(2) 既往研究のレビューと本研究の位置づけ

まず、Agoop のポイント型流動人口データを利用した研究について整理する。一ノ瀬ら^{註4)}は、データから個人の移動経路を推定し、交通量調査結果と比較して流動人口を求めるための回帰式を構築し、流動人口を推定している。村上ら^{註5)}は、リアルタイムなCO₂マッピングを行うために、自動車交通量の推計に対するAgoopデータの有用性を検証している。長曾我部ら^{註6)}は、Agoopデータの移動速度に注目して、被災後の回復過程を評価する手

法を提案している。中井ら⁵⁾は Agoop データを用いた歩行者回遊密度の特徴分析と Space Syntax 理論の Int 値を用いた街路構成の特徴分析を行っている。吉岡ら⁶⁾は Agoop データを用いた奈良市の観光客の観光動向を分析後、観光客の交通手段の推定も行っており、交通行動分析への活用可能性及び課題を検討している。以上のように、Agoop のポイント型流動人口データの研究は少なくないが、空港滞在時間への適用例はない。

次に、空港アクセスを分析した事例を整理する。荻原ら⁷⁾は、羽田空港アクセスを対象に旅行時間信頼性が利用者の交通機関選択行動に与える影響を把握している。花岡ら⁸⁾は、複数空港選択におけるフライト時間とアクセス時間の関係について分析し、長距離路線ほどアクセス時間に対する感度が減減することを明らかにした。村上ら⁹⁾は、広島空港において構想されていたアクセス鉄道整備に関するシミュレーションを行い、周辺の都市圏からの広域利用に及ぼす影響を分析し、広域的利用が促進する可能性があることを示している。綾城ら¹⁰⁾は、羽田空港利用実態調査を行い、行動特性や利用者意向を把握し、利用者の行動特性・ニーズを反映した精緻なモデルを構築し、空港アクセス輸送サービス改善施策実施の効果を整理している。

このように、Agoop のポイント型流動人口データ、空港アクセスの分析事例についてそれぞれ整理した。空港アクセスの分析事例は多岐に渡るが、空港アクセスによる空港滞在時間の変化の分析例は少なく、空港滞在時間の推定手法の蓄積も少ない。また、GPS データを用いた空港の滞在時間の分析例はない。

本研究では、まず GPS データを用いた空港滞在時間の推定手法を構築し、空港間や空港アクセスごとの滞在時間の分析を行い、GPS データの有用性を検証する。

(3) 本研究の構成

本研究の構成は、序章で、研究の背景と目的、既往研究のレビューと本研究の位置づけを述べる。2.では、使用データ、対象空港、対象空港の空港アクセスの現状について説明する。3.では、滞在時間の推定手法、航空便利用者の空港アクセスの判定手法をそれぞれ手順の流れに沿って述べる。4.は、滞在時間の推定結果、空港アクセス判定の結果を示し、推定した滞在時間を空港別や、空港アクセス別で比較・分析した結果を示す。5.に、本研究の成果、今後の展開・課題について述べる。

2. 使用データ・対象空港

(1) 使用データ

本研究では、株式会社 Agoop のポイント型流動人口デ

ータを使用した。Agoop 流動人口データとは、スマホアプリから取得した GPS などの位置情報を秘匿化・統計加工した位置情報ビッグデータである^{注3)}。対象期間は 2019 年 9 月の 1 ヶ月で、ある 1 日に熊本県内で一点でも測位されたユーザーは、そのユーザーのその日の全軌跡が含まれるデータである。特徴としては、道路や建物単位の細かな人の動きを把握可能な点や、特定の日時のみではなく、全日時のデータが取得可能な点が挙げられる。個人属性は、性別や、推定居住地、推定勤務地、端末の OS 等が取得可能である。また、スマートフォンのセンサーから取得された速度、移動方向などがデータに付属している。

(2) 対象空港

本研究では、熊本空港と羽田空港を分析対象とする。熊本空港は軌道系のアクセス手段がないが、羽田空港は軌道系を含め、多様なアクセス手段がある。表-1 に羽田、熊本の空港の概要を示す。

(3) 空港のアクセス手段の現状

本節では、熊本空港、羽田空港のアクセス手段の現状について述べる。

a) 熊本空港のアクセス手段

熊本空港の主なアクセス手段は自家用車、リムジンバス、JR+空港ライナー、タクシーの 4 種類である。表-2 では、熊本駅から熊本空港までの移動時間・料金をアクセス手段ごとに比較する。移動時間ではタクシー、自家用車が最も早い。しかし、道路渋滞の影響を受ける可能性があり、時間帯によっては、JR+空港ライナーの移動時間が最も早くなることも予想される。料金では、JR+空港ライナーが最も安価である。

表-1 空港の概要^{注4)}

	熊本空港	羽田空港
利用者数 (2019)	約 349 万人	約 8692 万人
種別	拠点空港	拠点空港
面積	178 ha	1516 ha
主な空港 アクセス	JR+空港ライナー、 バス、自家用車等	バス、鉄道、船 、自家用車等

表-2 熊本駅から熊本空港までのアクセス手段比較^{注7)}

交通手段	時間	料金
JR+空港ライナー	50 分	460 円
リムジンバス	60 分	800 円
タクシー	45 分	5590 円
自家用車	45 分	800 円/日 (駐車料金)

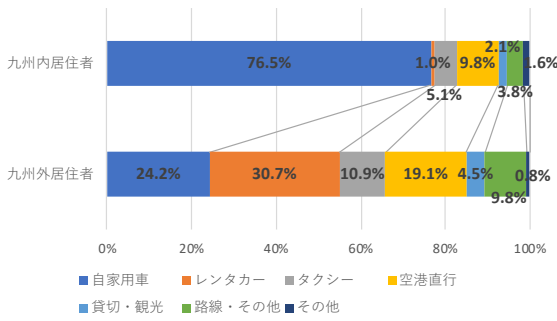


図-2 居住地別の熊本空港のアクセス交通分担率^{注5)}

図-2に居住地ごとの熊本空港のアクセス交通分担率を示す。熊本空港では、九州内居住者と九州外居住者でアクセス交通が大きく異なることがわかる。具体的には、九州内居住者は自家用車の割合が高く、九州外居住者は自家用車の割合が低い。また、いずれも自動車関連の割合は高く、バス等の公共交通の利用率が低い。九州外居住者はバス関連利用者の割合が九州内居住者と比べて16.9%高いが、それでも自動車関連の割合の方が高い。自家用車の代わりにレンタカー、タクシーの割合が増加していることがわかる。

b) 羽田空港のアクセス手段

羽田空港の主なアクセス手段は、バス、鉄道、モノレール、船、自家用車等があげられる。表-3に羽田空港から東京・横浜までの移動時間・料金を示す。羽田から東京までのモノレールと電車では時間・料金がほぼ変わらない。それらの軌道系交通と比較すると、リムジンバスは時間・料金共に不利だが、乗り換えが少ないなどのメリットもある。また、熊本空港と比較して、羽田空港は、空港から都市部へのアクセス時間が短いこともわかる。

表-4に羽田空港の平日の交通分担率を示す。羽田空港は鉄道の割合が非常に高い。定時性・速達性に優れた鉄道が空港アクセスにおいて選択されやすいことがわかる。また、バスの割合も高く、公共交通が多くの人に利用されていることがわかる。熊本空港では自家用車の割合が非常に高いが、羽田空港の自家用車の割合は8.1%と低い割合である。従って、羽田空港は、居住地に関係なく公共交通の割合が高いため、首都圏内在住者と首都圏外在住者で大幅に交通分担率が変化することがないと推測される。

3. 方法

本章では、空港の滞在時間の推定手法、アクセス交通の判定手法について、詳細に説明する。

表-3 東京・横浜から羽田空港までの移動時間・料金の比較^{注6) 注7)}

地点	交通機関	乗車時間	距離	片道料金
東京駅	モノレール	20分		650円
	京急(電車)	20分		580円
	リムジンバス	55分	17km	930円
横浜駅	自家用車	32分		1530円/日 (駐車料金)
	京急(電車)	20分		450円
	リムジンバス	35分	19km	580円
	自家用車	44分		1530円/日 (駐車料金)

表-4 羽田空港の交通分担率^{注6)}

大分類	小分類	割合
自動車	自家用車	8.1%
	レンタカー	0.6%
	タクシー	3.0%
バス	空港直行	18.0%
	貸切・観光	2.2%
	路線・その他	4.9%
鉄道	私鉄・地下鉄	36.5%
	モノレール	25.7%
その他		0.9%

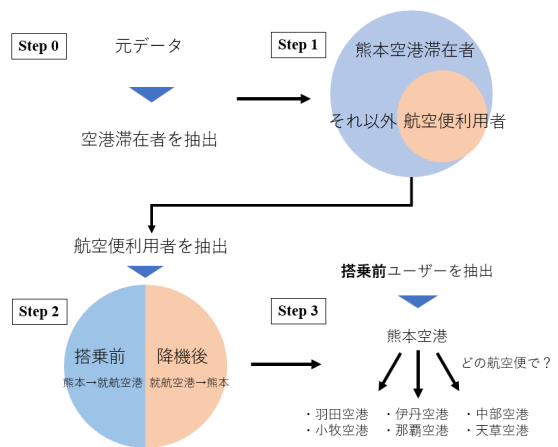


図-1 滞在時間推定フロー

(1) 空港の滞在時間推定手法

滞在時間推定手法は、手順ごとにユーザーの区分を推定・分類する方法を構築し、一般的な空港において適用可能な手法としている。図-1に滞在時間推定手法の手順の流れを示す。

なお、滞在時間の推定を行う空港を対象空港と呼び、その空港から就航便がある空港を就航空港と呼ぶ。

Step 0 空港滞在者の抽出：空港滞在者を抽出する条件として対象空港を含む基準地域メッシュ(約1km²)内で位置情報が測位されたユーザーとする。

Step 1 航空便利用者の分類：航空便利用者は、対象空港と就航空港の両方で確認されるため、空港滞在者のうち、就航空港のメッシュ内でも測位されたユーザーを航空便の利用者とする。

Step 2 搭乗前か、降機後かの判定：航空便利用者のうち、対象空港で測位された後に就航空港メッシュ内で測位されたユーザーを搭乗前のユーザーとする。一方、就航空港メッシュ内で測位された後に対象空港メッシュ内で測位されたユーザーを降機後のユーザーとする。

Step 3 ユーザーが搭乗した航空便の判定：搭乗前のユーザーが空港ターミナル内で測位された最後の時刻以降で最も近い出発時刻の航空便を搭乗した航空便とする。

Step 4 空港での滞在時間の推定：空港メッシュ内で測位された位置情報のうち、最も早い時刻から、航空便の出発時刻までの時間を空港での滞在時間とする。

Step 0 で利用するメッシュとして、表-5 に熊本空港から発着する就航空港の基準地域メッシュ、図-3 に熊本空港を含む基準地域メッシュを占めす。また、図-4 に熊本空港、図-5 に羽田空港の GPS 測位状況を例示する。

利用した GPS データは、取得間隔が一定間隔ではなく、必ずしも精度が高くないため、2019 年 9 月当時の航空便の時刻表を Step 3 で利用して推定の信頼性向上を試みた。また、羽田空港ではターミナル別に航空会社を区別し、より精度向上を試みた。なお、空港ターミナルデータは GIS でポリゴンとして、熊本空港からの就航空港ターミナル全てを作成した。

(2) 熊本空港の空港アクセス手段の判定手法

熊本空港利用者から、リムジンバス、JR+空港ライナーの利用者の判定を行う。

a) リムジンバス利用者の判定

まず、熊本空港利用者から熊本空港にアクセスするまでの行動を抽出する。次に、リムジンバスのバス停から a_1 m の範囲内で測位されたユーザーのバス停での滞在時間を算出する。滞在時間は、リムジンバスのバス停から a_1 m の範囲で最後に測位された時刻から最初に測位された時刻を引いた時間である。滞在時間が b_1 分から b_2 分の間のユーザーをリムジンバス利用者とする。

本研究では $a_1=50$, $b_1=2$, $b_2=20$ とする。

b) JR+空港ライナーの利用者の判定

初めに、リムジンバス利用者以外の空港利用者の熊本空港にアクセスするまでの行動を抽出する。次に JR の豊肥本線の駅の一部（熊本駅~立野駅）から a_2 m 内で測位されたユーザーを取得する。そして、豊肥本線の駅で測位された時刻以降で、肥後大津駅から a_3 m 内で測位されたか判定する。最後に、測位されたユーザーが空港ラ

表-5 各空港の基準地域メッシュ

空港	基準地域メッシュ
熊本空港	49302619, 49302609, 49302608,
	49302607, 49301697, 49301698
羽田空港	53392671, 53392672, 53392661,
	53392662, 53392663, 53392651,
	53392652, 53392653, 53392641,
	53392642, 53392643
中部国際空港	52362634, 52362635, 52362624,
	52362625
名古屋空港	52367713, 52367703, 52367704,
	52366793, 52366794
伊丹空港	52351354, 52351355, 52351344,
	52351345, 52351335, 52351334
那覇空港	39272551, 39272552, 39272541,
	39272542, 39272531, 39272521

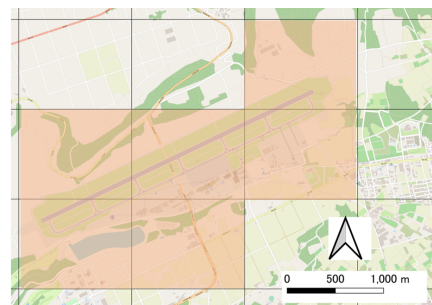


図-3 熊本空港の対象メッシュ



図-4 熊本空港の測位状況

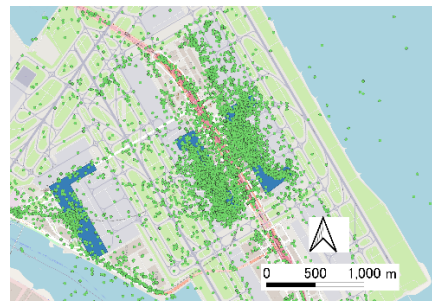


図-5 羽田空港の GPS 測位状況

イナーの経路（肥後大津駅～熊本空港）から a_4 m 内で測位された場合に、JR+空港ライナー利用者とする。

本研究では $a_2=200$, $a_3=200$, $a_4=100$ とする。

(3) 羽田空港の空港アクセス手段の判定

羽田空港の代表的な空港アクセス手段は、電車・モノレール、自動車、バス、タクシー、船、航空便の5つである。本研究では、それらの移動手段を電車・モノレールの軌道系交通、自動車、バス、タクシーの道路系交通、船、航空便、それ以外に判定不可なユーザーをその他とし、3種類に分割する。

羽田空港のアクセス手段判定フローを図-6に示す。羽田空港利用者のアクセス手段を図-6のa)～c)で判定する。

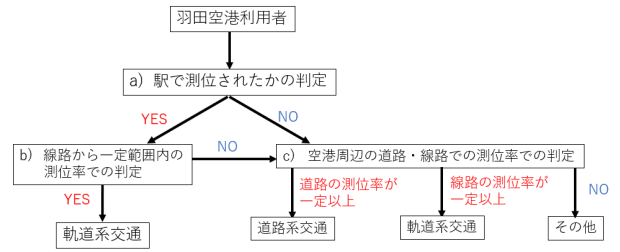


図-6 羽田空港アクセス手段判定フロー

表-6 対象駅・路線一覧

対象路線	対象駅
東京モノレール	東京モノレール全駅
京急空港線	京急空港線全駅
京急本線	京急本線全駅
JR 山手線(一部)	田端 巣鴨 駒込 池袋 高田馬場 目白 新大久保 大塚 大崎 五反田 品川 目黒 恵比寿 渋谷 新宿 代々木 原宿
JR 東海道線(一部)	新橋 浜松町 田町 東京 有楽町
JR 京浜東北線(一部)	田端 日暮里 西日暮里 上野 御徒町 鶯谷 東京 神田

a) 駅で測位されたかの判定

羽田空港利用者の軌跡情報を基に羽田空港周辺の路線をいくつか選定し、その路線内の駅を判定対象の駅とした。その判定対象の駅から a_5 m 内で測位されたかの判定を行う。表-6に選定した路線・駅の一覧を示す。

路線データは国土交通省の国土数値情報内の鉄道データ(年度：令和元年)より取得した。また、JR 山手線のデータが一部不足していたため、不足区間を補うために、本来判定に必要なでない JR 東海道線、JR 京浜東北線を使用した。

本研究では、 $a_5=100$ とする。

b) 線路から一定範囲内の測位率での判定

上述の判定で、対象駅で測位されたユーザーに対して判定を行う。

まず、ユーザーの対象駅で測位された時刻から、羽田空港にアクセスする時刻までのポイントを抽出する。次に、抽出されたポイントのうち対象路線の線路から a_6 m の範囲内での測位率を算出する。そして、測位率が c_1 % 以上かつ抽出されたポイント数が d_1 個以上のユーザーを軌道系交通利用者とする。ポイント数が少ないユーザーを除外するのは、データの母数が小さいと割合が容易に変化するので、それを防ぐためである。

割合の c_1 %や、ポイント数の制限の d_1 個は、事前に決定しておらず、判定段階でデータを確認しながら妥当な結果になるよう設定した。

本研究では $a_6=100$, $c_1=60$, $d_1=5$ とする。

c) 空港周辺の道路・線路での測位率の判定

本項の判定は、a) , b) の2つの判定の条件に当てはまらなかったユーザーを対象として行う。

まず、羽田空港から a_7 km 内のユーザーのポイントを抽出する。次に、ユーザーごとに、羽田空港から a_7 km 内の道路、線路データから a_8 m 以内での測位率を算出する。そして、条件として、路線内の測位率が、b) で判定した軌道系交通利用者の路線内の測位率の中央値を超えている、道路付近の測位率より高い、抽出されたポイ

ントが d_2 個以上の3つを満たすユーザーを軌道系交通利用者とする。一方、条件として、道路内の測位率が、 c_2 %以上かつ路線内の測位率より高く、抽出されたポイントが d_2 個以上を満たす場合に道路系交通利用者とする。羽田空港から a_7 km の範囲を設定したのは、道路系交通利用者、軌道系交通利用者を、同時に測位率を算出し、判定する上で共通の範囲が必要だったためである。

本研究では $a_7=20$, $a_8=100$, $d_2=5$, $c_2=60$ とする。

4. 結果と考察

本章では、まず、滞在時間の推定結果を示し、次に、アクセス交通の判定結果を示す。最後に、複数の観点から滞在時間の比較・分析を行った結果を示す。

(1) 熊本空港の滞在時間推定結果

本節では、熊本空港の滞在時間推定プロセスの順序ごとに結果を示す。

a) 熊本空港滞在者の抽出結果

2019年9月の1ヶ月で元データは、ユーザー数がのべ818,839人、ログ数が82,055,831個である。1日平均は、ユーザー数が7,294.6人、ログ数が2,735,194.4個である。

元データから熊本空港滞在者として抽出したのは、15114人で全体の1.8%となった。

b) 航空便利用者の分類結果

抽出した熊本空港滞在者を航空便利用者と、それ以外のその他で分類した結果を示す。

熊本空港滞在者のうち、航空便利用者は 4714 人/月で全体の 31.2%となり、その他の人数は 10400 人/月で全体の 68.8%となった。その他の中には、空港勤務の同一の人が複数回含まれている可能性が高い。

c) 搭乗前か降機後かの判定結果

搭乗前か降機後かの判定結果を示す。人数は搭乗前が 2488 人、降機後が 2225 人となった。よって、割合は、航空便利用者のうち搭乗前のユーザーが 52.8%、降機後のユーザーが 47.2%とおおよそ同じである。よって、大多数の人は、行き帰りの両方に熊本空港を利用していることが推測できる。

図-7に搭乗前、降機後の滞在時間の比較を示す。この場合の滞在時間は、空港メッシュで測位された最も早い時刻から空港メッシュで測位された最も遅い時刻を引いて、簡易的に算出した。搭乗前のユーザーの滞在時間は幅広く分布しているが、降機後のユーザーは短時間に集中している。これは、搭乗前には事前の手続きや航空便に遅れないために早めに空港に到着する必要があり、降機後はあまり空港に長時間滞在する必要は少ないためだと推測される。

d) ユーザーが搭乗した航空便の判定結果

熊本空港で搭乗した航空便の到着空港の判定結果と航空旅客動態調査から算出した熊本空港からの到着空港の割合を表-7に示す。結果は羽田空港の利用者が最も多く、75.9%となった。なお、那覇、天草空港の利用者は測位されなかった。

図-8に熊本空港ターミナル内で最後に測位された時刻と特定した就航先との便のうち最も近い定刻との差を示す。この差が大きいほど、航空便の出発時刻より前に、空港で測位されたことを表す。よって、空港の滞在時間も大きく補正されているとも言える。時間差の中央値は 18 分である。つまり、航空便の定刻より、一定時間早く測位されているユーザーが多いといえる。時間差の最頻値は 2 分である。従って、航空便の定刻の少し前に、最後に測位されたユーザーが最も多いことがわかる。また、時間差が大きくなるにつれてユーザーは減少している。一方、極端な値が出ている理由としては、航空便の実際の出発時刻が定刻よりも遅れて、ユーザーの搭乗した便とは違う便に判定されている可能性や、Agoop の測位間隔が大きいためだと推測できる。

e) 熊本空港での滞在時間の推定結果

空港での滞在時間の推定結果を図-9に示す。図-9から、熊本空港の推定滞在時間は 50-60 分が最も多く、そこか

ら滞在時間の増加につれて滞在時間が減少していくことが分かる。熊本空港全体の中央値が 86 分に対し、平均値が 129 分と大きな差ができた原因は、滞在時間が非常に長いユーザーが多いためだと推測される。今後推定法の改善を行いたい。

熊本空港全体と到着空港別の熊本空港の利用者の滞在時間の分布を図-10に、その要約統計量を表-8に示す。到着空港別の熊本空港の利用者の滞在時間の合計が熊本空港全体となる。滞在時間の代表値は、今回の場合、平均値が極端な値に影響されるため中央値が適していると考えられる。傾向としては、1日の便数が多い羽田空港と伊丹空港の滞在時間が、1日の便数が少ない小牧空港、中部国際空港と比較して短いことが挙げられる。これは、便数の多さが利便性に直結しているためだと推測される。また、いずれの空港も滞在時間の最大値が 10 時間以上となっており、非常に長くなっている。一方、羽田空港、伊丹空港の最小値は 5 分以下と現実的ではない値となっ

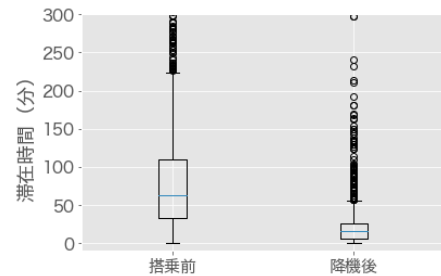


図-7 搭乗前と降機後の滞在時間の比較
注)本研究では、ひげの長さを四分位範囲 (IQR) の 1.5 倍を上下限として、1.5IQR を超えると外れ値とする。

表-7 熊本空港で搭乗した航空便の到着空港の判定結果^{注8)}

	人数 (人/月)	割合	航空旅客動態調査 (2019 平日)
羽田	1623	75.8%	58%
伊丹	381	17.8%	13%
小牧	73	3.4%	4%
中部	63	2.9%	5%

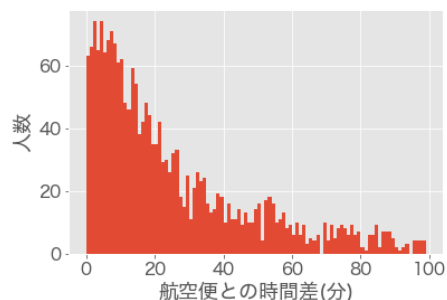


図-8 熊本空港での最後の測位時刻と航空便の定刻との時間差

ている。これらも今後推定法の改善することで解決したい。また、熊本空港全体の滞在時間は利用者の 75.9%を占める羽田空港と類似していることがわかる。

(2) 羽田空港の滞在時間推定結果

本節では、羽田空港の滞在時間推定結果の流れに沿って述べる。上述したように本データは、ある 1 日に熊本県内で一点でも測位されたユーザーの軌跡しか含まれないため、羽田空港の滞在時間は羽田—熊本間のユーザーのみが推定可能である。滞在時間の推定方法も熊本空港と一部が異なる。

a) ユーザーが降機した航空便の判定

熊本空港で降機した航空便の出発空港の判定結果は、

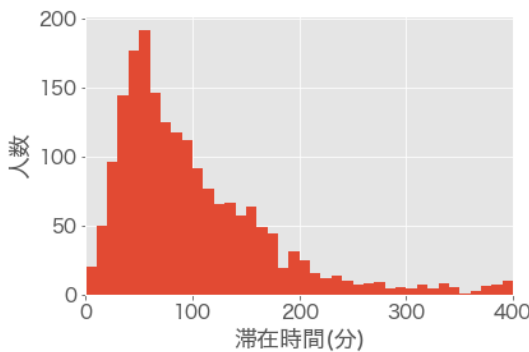


図-11 熊本空港での滞在時間の推定結果

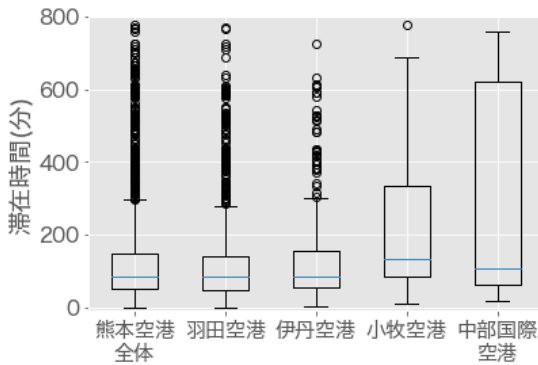


図-12 熊本空港の到着空港別の滞在時間の分布

表-9 熊本空港の到着空港別の

滞在時間の要約統計量

	全体	羽田	伊丹	小牧	中部
人数(人)	2140	1623	381	73	63
1日の便数(便)	34	18	9	3	2
平均値(分)	129	120	134	202	262
標準偏差(分)	134	121	131	174	265
最小値(分)	0	0	3	10	18
第1四分位数(分)	51	49	54	85	61
中央値(分)	86	83	85	132	107
第3四分位数(分)	149	142	154	336	622
最大値(分)	1122	1122	724	776	760

表-7 と類似しているので、省略する。

図-11 では羽田空港利用者のみ抽出を行い、羽田空港ターミナル内の最後に測位された時刻と熊本空港との便のうち最も近い定刻との時間差、表-9 にその要約統計量を示す。羽田空港の時間差が中央値、平均値ともに熊本空港よりも大きいことがわかる。図-8 の熊本空港の結果と比較し、羽田空港は 0 分付近から少し離れた位置で最も集中している。そのため、羽田空港の方が航空便の定刻よりも前に、航空便に搭乗している可能性がある。また、熊本空港の結果と同様に極端な値が発生している。極端な値が出ている理由も同様に、航空便の実際の出発時刻が定刻の遅れによって、ユーザーが搭乗した便と別の便と判定されている可能性や Agoop の測位間隔が大きいことだと推測できる。

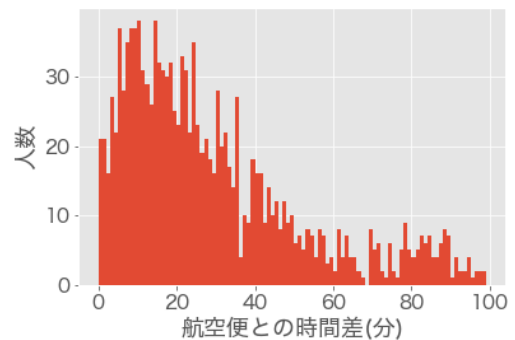


図-9 羽田での最後の測位時刻と航空便の定刻との時間差

表-8 羽田、熊本での最後の測位時刻と航空便の定刻との時間差の要約統計量

	熊本	羽田
人数(人)	2140	1427
平均値(分)	33	36
標準偏差(分)	60	36
最小値(分)	0	0
第1四分位数(分)	7	12
中央値(分)	18	24
第3四分位数(分)	39	45
最大値(分)	594	179

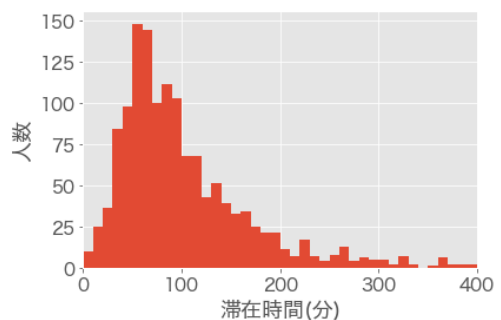


図-10 羽田空港での滞在時間の推定結果

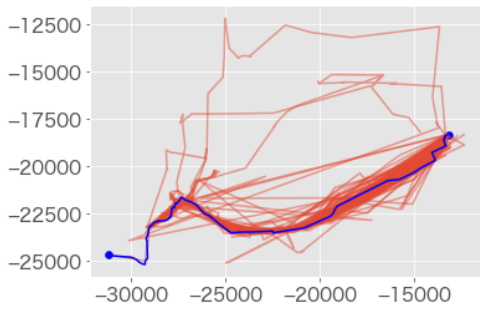


図-13 リムジンバス利用者の軌跡と
リムジンバスの経路

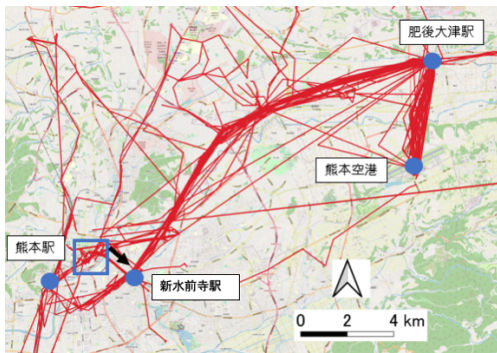


図-14 JR+空港ライナー利用者の軌跡

表-10 測位された数の多い駅と駅からの移動時間

測位された人数 の上位 10 駅	人数 (月)	移動時間 ^(注) (分)	経路検索 した時間
モノレール浜松町	109	26	20-30分
品川	106	28	15分程度
新宿	80	65	40-50分
東京	62	41	25-30分
横浜	55	40	30分程度
池袋	49	72	50-60分
渋谷	41	93	30-45分
神田	37	37	30-40分
上野	33	58	35-40分

注)測位された移動時間の中央値

b) 空港での滞在時間の推定

航空便の判定結果を用いて、羽田空港での滞在時間を推定し、図-12 に示す。羽田空港は 60-80 分付近が最も人数が多い。

(3) 熊本空港の空港アクセス判定の結果

本節では、熊本空港利用者から、リムジンバス、JR+空港ライナー利用者の判定結果を示す。

a) リムジンバス利用者の判定結果

リムジンバス利用者と判定されたのは、125 人/月となり、熊本空港利用者のうち 5.8%となった。この結果は、リムジンバスにあたる図-2 の空港直行バスの利用者の割合よりも低いいため、リムジンバス利用者を全員抽出できているとは考えにくい。

図-13 にリムジンバスのバス停で測位されてから熊本空港に到着するまでの軌跡を示す。赤い線がリムジンバスの利用者の行動の軌跡を線にしたもので、青い線がリムジンバスの経路である。一部のユーザーでリムジンバスの移動経路と大きく外れた軌跡があるが、基本的にリムジンバスの移動経路とユーザーの軌跡は一致していることがわかる。

b) JR+空港ライナー利用者の判定結果

JR+空港ライナー利用者は 40 人/月と判定され、熊本空港利用者のうち 1.9%となった。空港ライナー利用者の割合は、図-2 の空港直行バスの利用者の割合と比較しても低いことがわかる。原因は、空港ライナーは 9 人乗りで大量輸送は難しいためだと推測される。

図-14 に JR+空港ライナー利用者の軌跡を示す。概ね JR の路線付近で測位されており、肥後大津駅で測位後に空港ライナーの経路で測位されている。また、市街地中心部から新水前寺駅への経路が多くある。従って、市街地で行動したあと新水前寺駅から空港に向かうという移動が一定数存在することがわかった。

(4) 羽田空港の空港アクセス判定の結果

本節では、羽田空港利用者を軌道系交通利用者、道路系交通利用者に分類した結果を示す。

a) 駅で測位されたかの判定

羽田空港利用者 1427 人のうち 997 人が対象駅付近で測位された、割合としては全体の 70.0%である。

b) 線路から一定範囲内の測位率で判定

軌道系交通利用者と判定されたのは、604 人で、羽田空港利用者のうち 43.4%、a) で判定した駅で測位されたユーザーのうち 60.5%となった。

表-10 にユーザーが搭乗したと考えられる対象駅の上位 10 駅と、測位された各対象駅から羽田空港までの移動時間の中央値と、その比較対象として各対象駅から羽田空港までの経路検索した結果を示す。測位された人数が最も多い駅は、東京モノレールの始発駅のモノレール浜松町駅となった。その他の上位の駅も乗降客数の多い駅が並んだ。また、推定した移動時間と経路検索した移動時間との差は、半分以上の駅で誤差は 10 分程度で、測位された結果の方が遅い。遅くなった原因は、対象駅で測位されるのは駅から 100m の範囲であるためだと推測される。従って、これらを踏まえると駅から空港までの移動時間は、概ね推定可能であると考えられる。

c) 空港周辺の道路・線路の測位率で判定

今回の判定では、軌道系交通利用者は 30 人で、道路系交通利用者は 336 人と判定された。道路系交通利用者は羽田空港利用者のうち 23.5%である。

また、道路付近の測位率の最大値が 255%となった。しかし、通常 100%を超えないため、100%を超えたユー

ザー 2 人を除外した。100%を超えた原因は、判定範囲に 1 度入った後に、別の道路で一定時間滞在したことだと推測される。

d) 羽田空港の推定交通分担率

判定した空港アクセス手段を軌道系交通利用者、道路系交通利用者、その他に集計した結果を表-11 に示す。なお、判定結果を比較するために表-4 の羽田空港の実際の交通分担率も記載する。判定した軌道系交通利用者の割合が、実際の交通分担率と同様に最も多くなった。しかし、実際の分担率で 0.9%のその他の割合が、まだ 32.0%ある。今後の手法改善によるその他の割合を減少させていく必要がある。

(5) 滞在時間の比較

本節では、空港別やアクセス交通別の複数の観点から滞在時間の変化を比較・分析する。

a) 空港別の滞在時間の比較

本研究の対象空港である、熊本空港、羽田空港の滞在時間を比較・分析する。

図-16、図-17 に熊本空港、羽田空港の滞在時間の分布、表-13、表-14 にその要約統計量を示す。羽田空港と熊本空港を比較すると、中央値は 1 分しか変わらないが、平均値では熊本空港が 24 分長いことがわかった。これは、熊本空港の標準偏差がより大きいことから、極端な値に影響されていると推測できる。また、両空港とも中央値はほぼ同じだが、第 3 四分位数が熊本空港の方が 19 分大きく、中央値以降の分布に特に違いがあることがわか

る。

図-15 に各空港の 0~200 分までの滞在時間を 20 分ごとに分割したグラフを示す。両空港とも最も多い時間帯は 40~60 分で約 20%を占める。特徴として、熊本空港では 40~60 分が突出して割合が大きいが、羽田空港では 40~60、60~80、80~100 分の 3 つの時間帯に集中していることがわかる。空港の滞在時間として現実的な 20~140 分が占める割合は熊本空港で 80.9%、羽田空港で 83.4%となり、大部分を占めている

b) 空港アクセス別の滞在時間の比較

空港アクセス別の滞在時間の比較・分析を行う。

図-16 に熊本空港の空港アクセス別の滞在時間の分布、表-13 にその要約統計量を示す。滞在時間の中央値で比較すると、空港ライナー利用者が他 2 つと比較して 20 分程度短いことがわかる。空港ライナーは測位された人数が少ないことやリムジンバスと比較して定時性を確保しやすいことが影響していると推測できる。一方、リムジンバス利用者は熊本空港利用者全体と比較し、滞在時間がやや長い傾向にあることがわかる。これは、熊本空港のアクセスの大半を占める自家用車と比較して、リムジンバスの方が移動時間がかかる点、出発時刻が予め決まっている点によって、利用者が余分に滞在時間を確保しているためだと推測できる。

図-17 に羽田空港の空港アクセスごとの滞在時間の分布、表-14 にその要約統計量を示す。羽田空港は、熊本

表-11 羽田空港アクセスの推定交通分担率^{注6)}

	人数	割合	実際の分担率
軌道系交通利用者	634	44.4%	62.2%
道路系交通利用者	336	23.5%	36.8%
その他	457	32.0%	0.9%
合計	1427	100%	100%

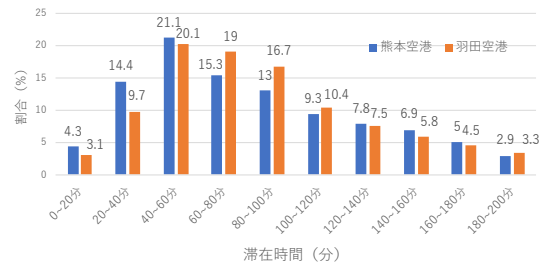


図-15 0~200 分の滞在時間の分布の比較

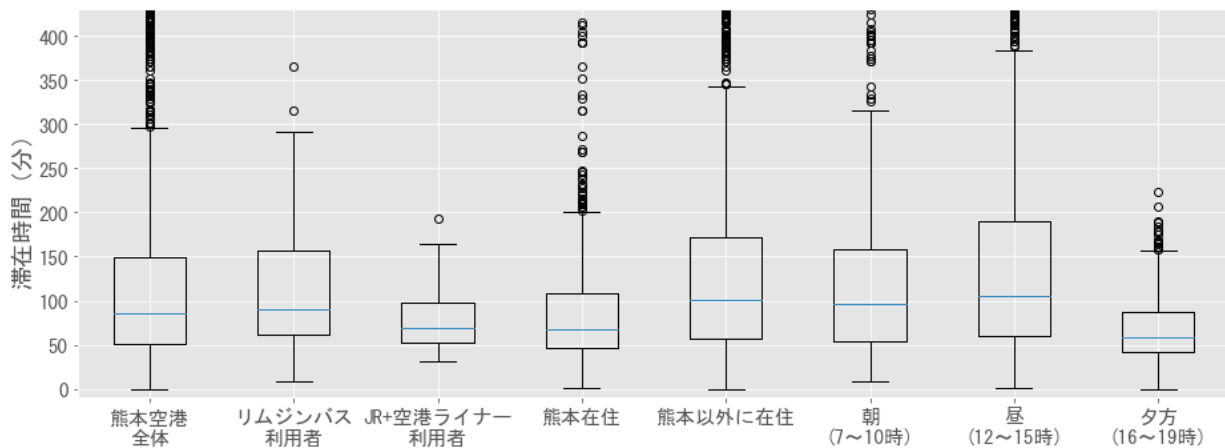


図-16 熊本空港の滞在時間の比較

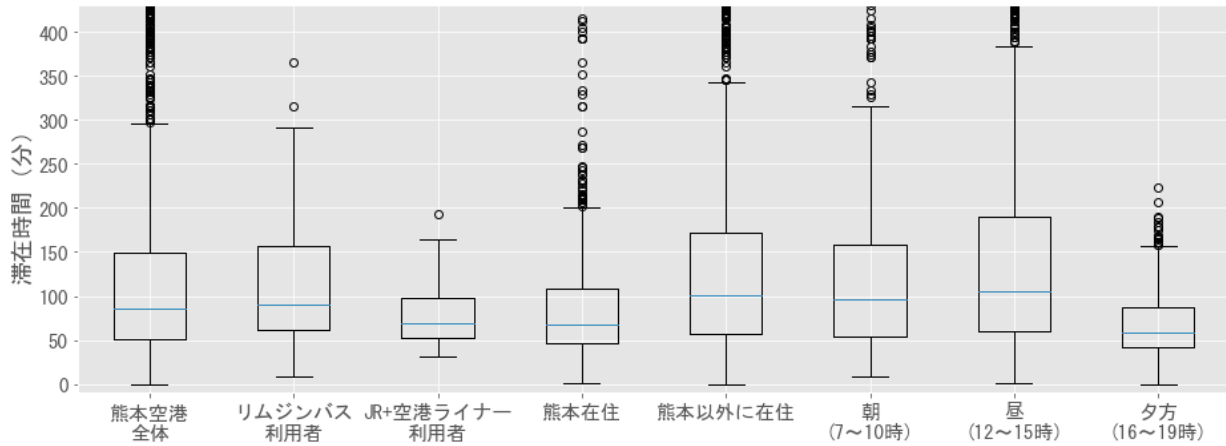


図-17 羽田空港の滞在時間の比較

表-13 熊本空港の滞在時間の要約統計量

	全体	リムジンバス	空港 ライナー	熊本県内 居住者	熊本県外 居住者	朝	昼	夕方
人数(人/月)	2140	125	40	804	1336	637	941	562
平均値(分)	129	125	109	95	150	119	173	67
標準偏差(分)	134	108	136	100	147	86	176	37
最小値(分)	0	8	32	1	0	8	1	0
第1四分位数(分)	51	61	53	46	57	54	60	41
中央値(分)	86	90	69	67	101	96	106	58
第3四分位数(分)	149	157	98	108	171	159	190	88
最大値(分)	1122	767	688	1012	1122	491	1122	223

表-14 羽田空港の滞在時間の要約統計量

	全体	軌道系交通	道路系交通	熊本県内 居住者	熊本県外 居住者	朝	昼	夕方
人数(人/月)	1427	604	336	640	787	472	555	400
平均値(分)	105	99	105	111	100	101	125	82
標準偏差(分)	81	64	74	92	69	64	102	53
最小値(分)	0	8	2	0	2	0	2	2
第1四分位数(分)	57	57	56	55	57	59	58	53
中央値(分)	85	81	88	88	82	89	94	69
第3四分位数(分)	130	125	129	135	124	132	154	96
最大値(分)	1065	499	484	1065	510	754	1065	497

空港と比較して、空港アクセスごとの滞在時間の変化が小さい。また、軌道系交通と道路系交通を比較すると中央値、平均値ともに軌道系交通の方が小さい。

両空港とも、全体と比較して、軌道系交通利用者の方が空港での滞在時間が短く、道路系交通利用者は滞在時間が長いことが明らかになった。また、アクセス手段により熊本は差があったが、羽田は差がなかった。これはアクセス交通の信頼度の差が顕著であると考えられる。

c) 居住地による滞在時間の変化

熊本県内居住者が熊本県外居住者で、滞在時間の比較・分析を行った。空港のある地域に居住している場合、普段利用していて慣れていたり、自家用車を保有していることで、空港のある地域内居住者の方が地域外居住者より滞在時間が短いことが予想される。このような居

住地による滞在時間の変化を分析する。

図-16 に熊本空港の熊本県内居住者と熊本県外居住者の滞在時間の分布を、表-13 にその要約統計量を示す。県内居住者の方が滞在時間の中央値、平均値ともに非常に小さくなった。これは、居住地によりアクセス手段が大きく異なることが影響していると推測される。具体的には、県内居住者の空港アクセスは自家用車を使う割合が高く、県外居住者は公共交通機関の割合が高い。従って、熊本空港の利用頻度が高く、自家用車でアクセスする県内居住者の滞在時間が短くなっていると推測できる。図-17 に羽田空港の熊本県内居住者か熊本県外居住者の滞在時間の分布を、表-14 にその要約統計量を示す。羽田空港では就航先が熊本空港のユーザーしか、測位できないため、熊本県内居住者は熊本に戻る人、熊本県外居

住者は熊本に行く人という見方ができる。熊本空港と比較すると、熊本空港よりも羽田空港の変化が小さい。これは、羽田空港のアクセスは公共交通の割合が高く、居住地による空港アクセス手段の違いが小さいためだと推測できる。また、羽田空港でも、中央値、平均値ともに熊本県内居住者の滞在時間が大きい。第1四分位数は、県内、県外居住者いずれも変わらないが、それ以降で熊本県内居住者の値が大きい。従って、空港の滞在時間が短い利用者は同様にいるが、滞在時間が長い利用者の数が熊本県内居住者の方が多いことがわかる。これは、熊本県内居住者が熊本に戻るため、お土産等を買っているためではないかと推測される。

まとめると両空港とも居住地ではないときの方が空港滞在時間が長いことが長いことがわかる。

d) 時間帯別の滞在時間の比較

ユーザーの航空便の出発時刻を朝、昼、夕方の3つの時間帯に分けて、空港の滞在時間の比較・分析を行った。

図-16に熊本空港、図-17に羽田空港の時間帯ごとの滞在時間の比較を示し、表-13、表-14に各空港の時間帯ごとの滞在時間の要約統計量を示す。両空港とも、全体的な傾向は類似しており、夕方、朝、昼の順に滞在時間が長くなっている。従って、時間帯によって空港の利用者層や利用状況が異なることが推測される。例として、朝の滞在時間が短いのは、朝に滞在時間を長時間確保するために、朝早くに起床する必要がある、利用者にはなるべく滞在時間を必要最小限にしているためだと推測される。

また、時間帯による滞在時間の変化は熊本空港の方が大きい。

5. 結論

本研究では、空港の滞在時間の推定方法と空港アクセス交通手段の判定方法を構築し、実際の空港の滞在時間を推定した。そして、アクセス手段や居住地による滞在時間の変化を明らかにした。

本研究より得られた成果を以下にまとめる。

- 1) 一般に商用可能な GPS データを用いて、空港の滞在時間を概ね妥当な範囲で推定することができ、空港アクセス手段も大まかに判定できた。
- 2) 地理空間情報や、航空便の時刻表といったオープンデータ等と組み合わせることで推定精度の向上を試みた。
- 3) 羽田空港はいずれの比較においても、滞在時間の変化が小さい。

- 4) 道路系交通利用者と比べて、定時性、速達性に優れた軌道系交通利用者の方が空港での滞在時間が短い。
- 5) 熊本空港では、利用頻度が高く、自家用車でアクセスしやすい熊本県内居住者の滞在時間が短い。一方、羽田空港では、目的地から自宅に戻る、熊本県内居住者の滞在時間がやや長い。
- 6) 両空港とも、夕方、朝、昼の順に滞在時間が長くなっている。

また、今後の課題と展開を以下に述べる。

- 1) 推定された滞在時間が極端に長いまたは短い場合の推定値の理由を確認し、外れ値の除外、データの補正、アルゴリズムの改善を行う。
- 2) 航空便搭乗前の保安検査締め切りである20分以内で閾値を設定し、航空便の判定を行う。
- 3) 本研究のデータの対象期間は2019年9月の1カ月分であり、1年間を通した季節変動による滞在時間の変化を調査する。
- 4) 空港敷地内の商業施設が空港の滞在時間に影響を及ぼす可能性について調査する。
- 5) 各推定・判定の精度の検証を行っていないため、実際の滞在時間のデータや移動経路のデータを用いて、結果の評価を行う。
- 6) 空港アクセス手段を、軌道系、道路系よりも細かい種類の分別を行うことで、より詳細な分析を行う。
- 7) 航空便利用者の目的がビジネスか観光かを判定し、目的ごとの滞在時間の変化を分析する。

謝辞：本研究は、JSPS 科研費 21H01455 (研究代表者：塚井誠人) の支援を受けた成果の一部です。安藤宏恵助教からも適切な助言をいただきました。感謝申し上げます。

NOTES

- 注1) 国土交通省：世界の航空旅客数の推移、<https://www.mlit.go.jp/common/001116059.pdf>
- 注2) 国土交通省：国土交通白書2021
<https://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/02/hakusho/03/html/n2614000.html>
- 注3) 株式会社 Agoop：流動人口データ、<https://www.agoop.co.jp/service/dynamic-population-data/>
- 注4) 国土交通省：空港一覧
https://www.mlit.go.jp/koku/15_bf_000310.html
- 注5) 熊本県：空港アクセスの実現に向けて、<https://www.pref.kumamoto.jp/soshiki/25/3924.html>
- 注6) 国土交通省：空港アクセスのあり方について、<https://www.mlit.go.jp/common/001081640.pdf>
- 注7) 羽田空港駐車場

- 注8) https://www.acif.or.jp/haneda/price_list/
国土交通省：航空旅客動態調査(2019年, 平日),
<https://www.e-stat.go.jp/statistics/00600800>.

REFERENCES

- 1) 土田 大翼, 浅野 純一郎: 地方空港の立地特性と都市整備手法に関する研究-都市遠隔地に立地する地方空港を対象にして-, 日本建築学会技術報告集, Vol.25, No.59, 343-348, 2019年2月.
- 2) 一ノ瀬 良菜, 丸山 喜久, 永田 茂: スマートフォンの位置情報による流動人口の時空間分布の推定, 土木学会論文集A1 構造・地震工学, Vol.74, No.4(地震工学論文集第37巻), I_210-I219, 2018.
- 3) 村上大輔, 山形与志樹: 時間帯別 CO2 マッピングに向けた携帯 GPS データの活用と交通シミュレーション, 応用地域学会第30回研究発表大会, 2016.
- 4) 長曾我部 まどか, 谷本 圭志, 前田 夏輝: 被災地における住民行動の回復過程に関する分析-人々の移動速度に着目して-, 土木学会論文集 F6 (安全問題), Vol. 74, No. 2, I_101-I_109, 2018.
- 5) 中井 智仁, 吉田 長裕: モバイル位置情報データを用いた歩行者回遊密度と街路構成の関連分析 - 大規模ターミナル駅周辺を対象として -, 日本都市計画学会
- 6) 関西支部研究発表会講演概要集, Vol. 19, I_73-I_76, 2021.
- 7) 吉岡 正樹, 山口 大輔, 吉田 博哉, 竹林 弘晃, 尹 鐘進: スマートフォンを利用した観光行動分析手法の研究, 土木情報学シンポジウム講演集, Vol. 43, pp. 77-80, 2018.
- 8) 荻原 貴之, 岩倉 成志, 野中 康弘, 伊東 祐一郎: 羽田空港リムジンバスを対象とした旅行時間信頼性の評価, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.50, No.5, (土木計画学研究・論文集第31巻), I_589-I_595, 2014.
- 9) 花岡 伸也: 複数空港選択におけるフライト時間とアクセス時間の関係, 交通学研究, Vol. 46, pp. 41-50, 2003.
- 10) 村上 直樹, 柁元 淳平, 奥村 誠, 塚井 誠人: 地方空港アクセスが広域的利用に与える影響, 土木計画学研究・論文集, Vol. 22, No. 3, 2005.
- 11) 綾城 本祐, 久保田 勤, 小島 建太, 齊原 潤, 羽田空港アクセス交通需要予測モデルの構築と改善施策の検討に関する調査研究, 運輸政策研究, Vol. 9, No. 3, 2006.

(Received March 6, 2022)

ESTIMATING TIME SPENT AT KUMAMOTO AIRPORT USING GPS DATA

Akito MUKAI and Takuya MARUYAMA

Travel modes for airport access should be fast and punctual; however, road-based travel tends to be less punctual than railways due to road congestion. Road based transport users generally arrive at an airport early to be on time for boarding, and may therefore stay there for an extended period of time; however, the actual situation remains unknown. This study aims to: 1) develop a method for estimating the time spent at an airport using GPS data, and 2) analyze the spent time differences among airports and access modes. The target airports are Kumamoto Airport, without a railway; and Haneda Airport, with various access modes. The results revealed that Kumamoto visitors spent a longer amount of time at Kumamoto Airport than Kumamoto residents.