

4. 成田空港の地上走行時間の特性について

航空交通管理領域 ※住谷 美登里, 山田 泉, 青山 久枝, マーク ブラウン

1 はじめに

成田空港では、空港面の地上走行時の滞留軽減および今後の需要増大に対応するため、交通状況に応じたより効率的な空港面交通の実現をめざした交通管理手法の提案が要望されている。そこで、電子航法研究所では、まず成田空港の空港面の地上走行に関するデータから交通流分析を行い、地上走行時間や経路などの地上走行の特性や滞留等の交通状況を把握する。そしてこれらの結果に基づいて交通状況に応じた走行時間を予測し、滞留を軽減するためのスポット出発時刻や走行経路を調整する交通管理手法を提案し、手法適用時の滞留軽減等の適用効果を検証していく予定である。

本稿では、空港面の交通流分析として、地上走行の走行経路の特性および交通状況に依存しない場合の所要時間を算出する手法とその結果を報告する。

2 成田空港の概要

成田空港は、離発着回数が年間 30 万回に及ぶ日本で最も繁忙な国際空港の一つである。

成田空港のレイアウトを図 1 に示す。

成田空港は南北に延びる平行な 2 本の滑走路（A 滑走路：4,000m B 滑走路：2,500m）があり、風向きにより異なる 2 つの運用形態（南風運用と北風運用）のいずれかで運用している。この滑走路の間にターミナルビルがあり、その付近に 200 程度のスポットがある。スポットがあるエプロンエリアから誘導路エリアへの出入地点には、Gateway と呼ばれる地点が約 20 箇所設定されている。成田空港の特徴として、空港内を走行する航空機に対して、エプロンエリア内の指示・情報提供は成田国際空港株式会社により行われ、Gateway を境界として、エプロンエリア外では、国土交通省の航空管制官から出発・離陸の許可や走行経路等の指示が出されている。

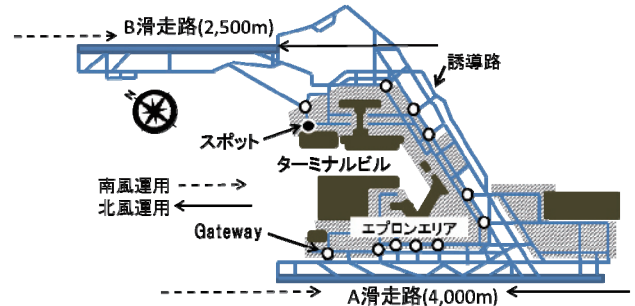


図 1 成田空港のレイアウト

3 地上走行時間の分析手法

3.1 目的・手法

交通管理手法を開発する上で、空港面の交通状況に応じた地上走行時間の予測に基づいた空港面交通のスケジューリングを行うことが必要である。このために、まず交通状況に依存しない地上走行時間の算出として滞留等の影響をうけない所要時間（以下、基準時間とする）の算出を行いたい。

各便の地上走行の経路や所要時間は、交通状況による影響をうけるため、混雑時間帯などで大幅に異なる。当研究所では各便の地上走行の経路や所要時間を算出するため、地上走行データベース（以下 DB とする）を作成した。

本研究では地上走行に関して、スポットー Gateway 間をエプロンエリア、Gatewayー滑走路出入地点間を誘導路エリア、滑走路出入地点ー滑走路端間を滑走路エリアに分類し、各エリアにおける各便の走行経路および所要時間を算出する。そして滞留等他の交通状況に依存しない便のみを抽出して所要時間の分布から基準時間を算出していく。

3.2 データベース

本研究に用いる DB について述べる。当所では、空港面の地上走行に関するデータとして国土交通省航空局より提供いただいた空港面地上

交通データ（1秒毎の各便の位置情報）を補間、平滑化などの処理を行い毎秒の各便の位置、速度などを算定し飛行計画情報と合わせて航跡データを作成した^[1]。ただし、この航跡データは、航空機側のトランスポンダが on の状態で取得可能だが、航空機によって on にするタイミングが異なったり、電波の伝搬状況の影響による取得できなかつたりする場合も含まれている。このような航跡データの欠落は、特にエプロンエリアで多く見られる。また、スポットに関する情報として、使用スポット、スポット出発時刻およびスポット到着時刻（分単位）について成田国際空港株式会社より提供していただいた。これらを合わせて DB とする。

航空路誌（AIP：Aeronautical Information Publication）^[2]に公示されている Gateway、滑走路出入地点等の位置情報をもとに、DB から本分析に必要な各航空機の通過地点や通過時刻を判定した。スポットに関する情報は全便把握できているが、他の各通過地点や通過時刻は航跡データの欠落等により判定できていない便もある。以下の分析では各々分析対象となる通過地点や通過時刻等が判定できている場合（全体の95%程度）を対象にした。また、今回は基準時間を算定するため、走行距離等から走行経路が他の便と大幅に異なる場合、ある地点で5分以上機体トラベル等によると考えられる停止がみられる場合は分析対象から外した。

3.3 出発便の地上走行

本研究では、出発便の地上走行をスポット出発から離陸までとした。この地上走行について走行フェーズ、走行エリアを航跡例とともに図2に示す。

出発便の地上走行はまずスポット出発（図2①）し、プッシュバックを行い、その終了地点（図2②）で牽引車を切り離す。その後 Gateway へ向かって自走が開始される（図2③）。そして Gateway 通過（図2④）し、滑走路入口地点（以下、停止線とする。）通過（図2⑤）して滑走路へ進入し、離陸（図2⑥）する。本分析では滑走路端通過時刻を出発便の離陸時刻とする。

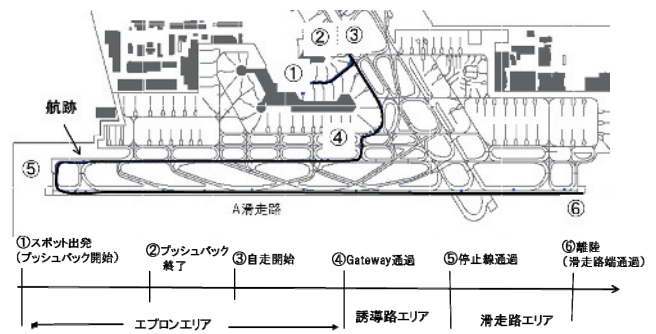


図2 出発便の地上走行
（上：航跡 下：走行フェーズとエリア）

3.4 到着便の地上走行

本研究では、到着便の地上走行を着陸からスポット到着までとした。この地上走行について走行フェーズ、走行エリアを航跡例とともに図3に示す。

到着便は、まず滑走路延長線上から滑走路に着陸（図3⑦）する。本分析では、滑走路端通過時刻を着陸時刻とする。その後走行して滑走路出口地点（以降、離脱地点とする。図3⑧）、Gateway（図3⑨）を通過してスポットへ到着（図3⑩）する。

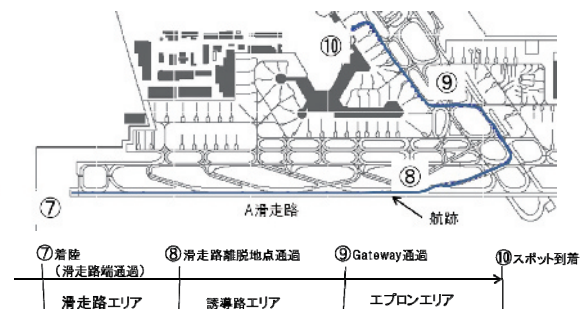


図3 到着便の地上走行
（上：航跡 下：走行フェーズと走行エリア）

3.5 分析対象

本稿では、3.2のDBから2014年1月、3月、5月、7月、9月、11月の各1週間の計6週間分の成田空港から出発した13,279便および成田空港へ到着した13,278便を対象として分析した。出発便、到着便ともに、1日平均316便であった。日や季節による大きな変動はなかった。

次章以降で各エリアでの走行経路の特性および所要時間の分析結果について述べる。

4 滑走路エリア

4.1 滑走路使用状況

出発便の約 9 割が滑走路長が長い A 滑走路を使用し、到着便の約 6 割が B 滑走路を使用している。月別の滑走路運用状況を図 4 に示すと、運用状況の特徴として、季節風の影響により 11 月から 3 月は主に北風運用、5 月から 7 月は主に南風運用が行われていることがわかる。

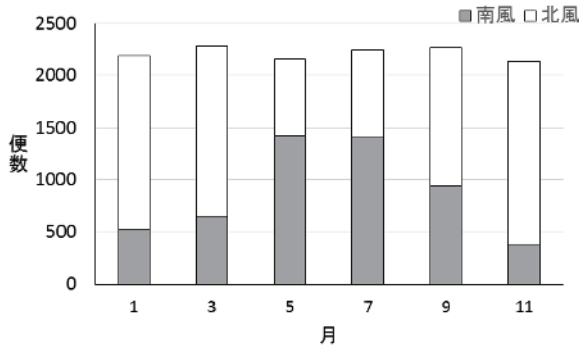


図 4 月別滑走路運用状況

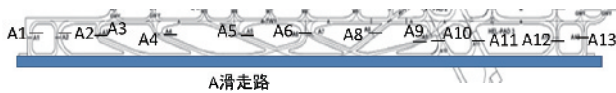


図 5 A 滑走路の停止線／離脱地点

次に滑走路出入地点である停止線／離脱地点の位置を A 滑走路を例に図 5 に示す。停止線／離脱地点は、「A1」のように A/B 滑走路別に北側から順に滑走路名と数字がふられている。

滑走路に関わらず、出発便到着便それぞれ運用別に、使用した滑走路出入地点が 5 か所程度有り、各々の場合の使用状況を調べた。

到着便の離脱地点の使用状況は、A 滑走路南風運用時（以下、A 南とする）では約 6 割が A8、A 北では約 6 割が A5 である。B 南では約 9 割が B7、B 北では約 6 割が B4 である。

出発便の停止線の使用状況は、各滑走路運用に関わらず 95%以上 1 つの停止線を使用しており、A 南は A1、A 北は A13、B 南は B1、B 北は B7 である。

4.2 滑走路エリア所要時間

4.2.1 到着便

到着便の滑走路エリアの所要時間は、滑走路端通過から離脱地点通過まで（図 3⑦から⑧）とする。

滑走路エリアでの到着便は他の交通による影響なく走行することから、滑走路エリアの所要時間は、滑走路端から使用した離脱地点までの距離に依存すると考えられる。そこで使用した離脱地点および滑走路運用別に滑走路エリアの平均所要時間を求め、滑走路端と離脱地点の距離との関係を図 6 に示す。

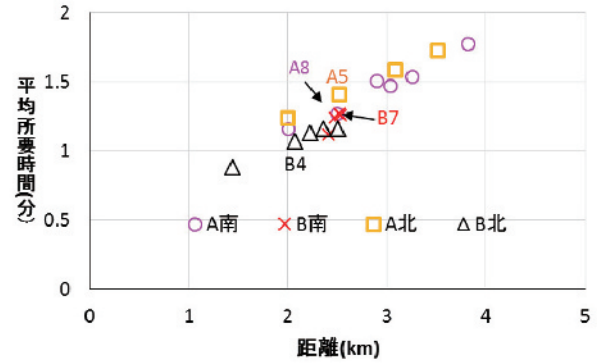


図 6 到着便の滑走路エリアの平均所要時間と距離の関係

図 6 より滑走路エリアにおいては、距離と平均所要時間が比例している。離脱地点による平均所要時間の差異は 10 数秒程度なので、離脱地点毎に基準時間を設定する必要性は低いと考えられ、各滑走路別の平均所要時間を基準時間と見なすことができる。A 滑走路の基準時間は 1.4 分、B 滑走路の基準時間は 1.2 分である。

4.2.2 出発便

出発便の滑走路エリア所要時間は、停止線から滑走路端通過まで（図 2⑤から⑥）とする。出発便は通過する停止線がほぼ同じであることから、停止線位置つまり停止線から滑走路端間での距離の違いによる滑走路エリア所要時間の差への影響は小さいと考えられる。

しかし、出発便が連続して離陸する場合、管制方式基準^[3]により出発便相互間に定められた離陸間隔が必要となる。このような場合、後続の出発便はすぐ離陸できず滑走路内でも停止する場合がある。

出発便が連続して離陸する場合とそれ以外の場合を分別するため、本稿では先行機の離陸時刻前または先行機の離陸時刻後 1 分以内に停止線通過した場合は、先行機有り、それ以外を先

行機無しとして、A 南を例とした滑走路エリアの所要時間を算出し、図 7 に示す。

他の各滑走路運用も同様に先行機の有無による滑走路エリア所要時間を求め、平均所要時間を表 1 に示す。

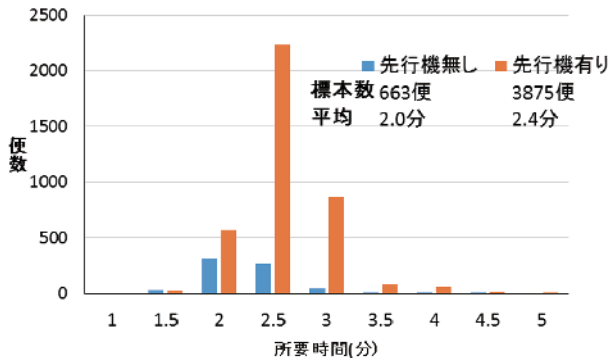


図 7 出発便の滑走路エリア所要時間(A 南)

表 1 滑走路運用別平均所要時間

先行機の有無		A		B	
		南	北	南	北
有	標本数	3875	6098	171	187
	平均時間(分)	2.4	2.4	1.9	2.1
無	標本数	663	1075	451	825
	平均時間(分)	2.0	2.0	1.8	2.0

出発便の滑走路エリア所要時間の基準時間は、交通状況に依存しない先行機無しの場合の平均所要時間に相当すると考えられ、滑走路運用に関わらずおおむね 2 分であるといえる。

表 1 の結果から出発便の場合、先行機有無の交通状況に応じて滑走路エリアの所要時間を予測する必要があることがわかる。B 滑走路は使用する出発便の便数が少ないことから、連続して離陸する機会が少ないため、先行機の有無による平均所要時間の差があまり見られなかった。

これに対して、A 滑走路は使用する出発便が多いため、連続して離陸する頻度が高く、先行機有りの場合の平均所要時間は先行機無しの場合に比べ、30 秒程度多くかかっている。このことは出発便の多い時間帯での滑走路エリアの所要時間を予測する際に、基準時間に 30 秒程度加えることが必要であると考えられる。

5 誘導路エリア

5.1 Gateway 使用状況

誘導路エリアの走行では、出発便、到着便ともに必ず Gateway を通過する。出発便、到着便ともに主に使用した Gateway 名、A/B 滑走路別便数を図 8 に示す。Gateway 名はアルファベットと数字で示される。

出発便/到着便のスポットと滑走路の組合せによりおおむね通過する Gateway が決まっているが、交通状況によって影響を受ける。

A 滑走路を使用する到着便は主に W5 (3 割)、S2 (2 割) を通過し、出発便は主に E3, S3, S7, W6 (各々 1 割ずつ) を通過し、B 滑走路を使用する到着便は主に、E6, U2(ともに 2 割)と S7 (1 割 5 分) を通過し、出発便は主に E3, U2 (各々 2 割から 3 割) を主に通過していることがわかる。

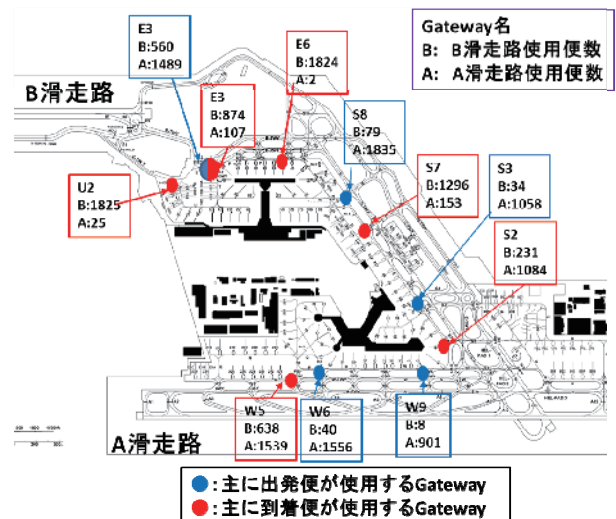


図 8 主な Gateway 使用状況

5.2 誘導路エリア所要時間

5.2.1 到着便

到着便の誘導路エリア所要時間は滑走路離脱地点通過から Gateway 通過まで (図 3⑧から⑨) とする。

誘導路エリア所要時間は離脱地点により、走行経路や所要時間は異なる。一例として B 北 - Gateway S7 間の到着便の離脱地点別の誘導路エリア所要時間の分布を図 9 に示す。

図 9 より滑走路 - Gateway の各組合せによる誘導路エリア所要時間の分布はほぼ正規分布となることから誘導路エリア所要時間の平均時間

が基準時間に相当すると考えられる。

到着予定のスポットが、他の便によって使用されていたため、スポットが空くまで誘導路上で待機していた便もあり、今後の誘導路エリア所要時間の予測を行う際、スポットの使用状況を考慮する必要がある。

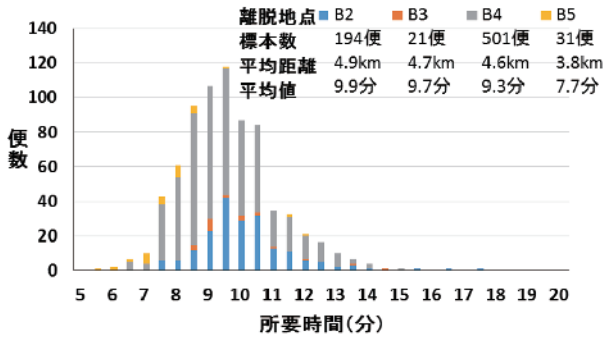


図9 到着便の誘導路エリア所要時間(B北-S7)

5.2.2 出発便

出発便の誘導路エリアの所要時間は、Gateway 通過から停止線通過まで（図 2④から⑤）とする。出発便の誘導路エリアの走行の特徴として、出発便の多い時間帯に停止線付近を先頭に離陸待ちの行列ができる。また同一滑走路に到着便が着陸するため、到着便の着陸待ちをする出発便は停止線を通して滑走路内進入することができず停止線手前で待機する。このように誘導路エリアの所要時間は離陸待ちや着陸待ちの交通状況の影響を受けやすい。そこで、誘導路エリアの基準時間はこのような交通状況の影響がない場合の所要時間の基準時間に相当すると考えられる。出発便が多く交通状況の影響を受けやすいと考えられる A 滑走路を例に交通状況の影響の有無は文献(4)を参照にして、A 南-S8 間の離脱地点別誘導路エリア所要時間分布を図 10 に示す。交通状況の影響を受けた便は全て A1 の離脱地点を使用していた。図 10 より、離陸待ちや着陸待ちの影響によって誘導路エリア所要時間が長くなることから、離陸待ちの時間等との関係について今後検討していく予定である。

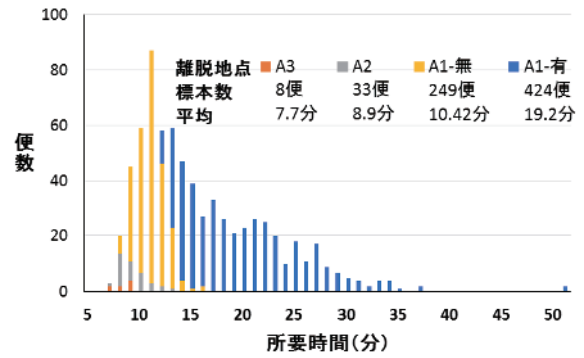


図 10 出発便の誘導路エリア所要時間(A南-S8)

5.2.3 基準時間と走行距離との関係

滑走路離脱地点/停止線-Gateway の主な各合せにおいて走行距離と基準時間との関係を図 11 に示す。

図 11 より基準時間は、出発や到着、使用滑走路にかかわらず、走行距離に比例する。

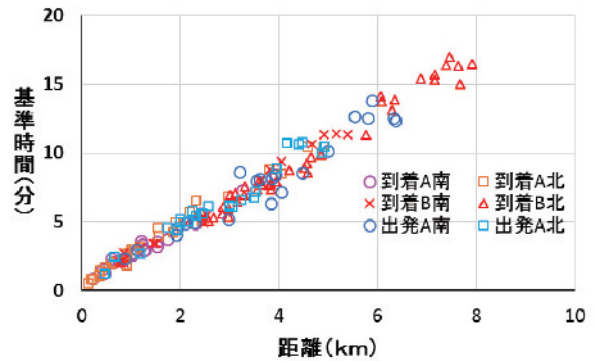


図 11 誘導路エリアの走行距離と基準時間の関係

6 エプロンエリア

6.1 エプロンエリア所要時間

出発便のエプロンエリア所要時間は、スポット出発から Gateway 通過（図 2①から④）までとする。

この所要時間をプッシュバックに要する時間（図 2①から②）、牽引車を切り離すのに要する時間（図 2②から③）、自走開始から Gateway まで走行する時間（図 2③から④）に分けて考える。分類した3つの時間のうち、牽引車を切り離すのに要する時間はスポットにかかわらず3分程度であった。他の2つの時間については、スポットと使用する Gateway の位置関係により、プッシュバックや Gateway ま

での走行経路は異なるため、所要時間も異なる。

到着便のエプロンエリア所要時間は、Gateway 通過からスポット到着まで（図 3⑨から⑩）とする。出発便、到着便ともにエプロンエリア所要時間を求め、主な Gateway-スポット組合せのエプロンエリア内平均距離と平均所要時間との関係を図 12 に示す。

出発便、到着便ともに平均距離と平均所要時間についておおむね比例し、平均所要時間が基準時間に相当すると考えられる。

到着便は、到着予定のスポットが、他の便によって使用されていたため、スポットが空くまでエプロンエリア上で待機していた便もあり、今後のエプロンエリア所要時間の予測を行う際、スポットの使用状況を考慮する必要がある。

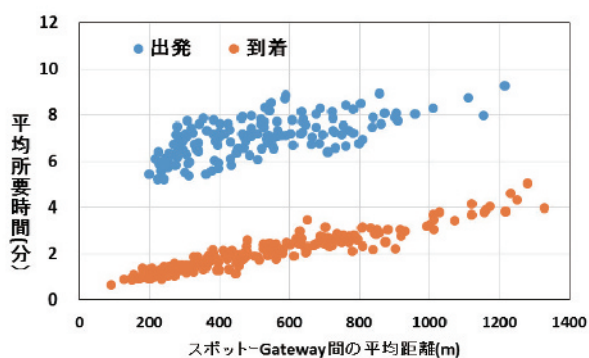


図 12 エプロンエリア内平均距離と平均所要時間との関係

7 まとめ

成田空港の地上走行データベースを作成し、出発便のスポット出発から離陸まで、到着便の着陸からスポット到着までを3つのエリアに分類して走行経路の特性を把握して交通状況に依存しない所要時間として基準時間を算出した。

滑走路運用状況の特徴は、季節により滑走路運用形態が異なり、出発便は主に滑走路長が長いA滑走路を、到着便はB滑走路を主に使用している。滑走路エリアの基準時間は、到着便は平均所要時間でありA滑走路は1.4分、B滑走路は1.2分である。出発便の滑走路エリアの基準時間は、連続して離陸する先行機無しの場合の平均所要時間に相当すると考えられ、滑走路運用に関わらずおおむね2分であるといえる。出発便の多い時間帯での滑走路エリアの所要時

間を予測する際は、連続して離陸する頻度が高いので、基準時間に30秒程度加えることが必要であると考えられる。

誘導路エリアでは、出発便、到着便ともに必ず Gateway を通過するので、Gateway-滑走路離脱地点/停止線の各組合せで基準時間を算出する。到着便の誘導路エリアの基準時間は平均所要時間に相当する。出発便の誘導路エリアの基準時間は、離陸待ちや着陸待ち等の交通状況の影響がない場合の平均所要時間に相当する。到着便、出発便ともに基準時間は走行距離に比例する。出発便の場合、交通状況の影響を受けやすいので、予測には検討が必要である。

エプロンエリアでは、出発便、到着便ともに Gateway-スポットの各組合せの平均所要時間が基準時間に相当すると考えられる。

このように各スポット-Gateway-各滑走路停止線/離脱地点の組合せにおいて、各エリアでの基準時間を算出することにより、地上走行の基準時間も算出可能となった。ただし、到着便で、到着予定のスポットが他の便の使用により、スポットが空くまで誘導路エリアやエプロンエリアで待機していた便もあり、今後のエプロンエリアや誘導路エリアの所要時間の予測を行う際、スポットの使用状況を考慮する必要がある。

今後、基準時間算出手法から得た知見を利用して交通状況に応じた地上走行時間や離陸時刻、滞留状況等も予測していきたい。またこのような予測を用いてスポット出発時刻を調整する交通管理手法について検討を進めていきたい。

参考文献

- [1] ブラウンほか，“空港面交通管理のための羽田空港の駐機スポット情報に関する解析”，電子情報通信学会技術研究報告，vol.111，no.407，SANE2011-143，pp.9-14，2012年11月
- [2] 国土交通省航空局，“航空路誌”
- [3] 国土交通省航空局，“航空保安業務処理規程 第5管制業務処理規程”
- [4] 山田ほか，“成田空港出発便の地上走行時間に関する分析”，平成26年度電子航法研究所研究発表会講演概要，pp.51-56，2014年6月