

航空旅客便の時空間ネットワーク

鳥海重喜

A Time-space Network for Regular Airlines

Shigeki TORIUMI

Abstract: In this paper, we develop a time-space network for regular airlines using “Max Bureau” as flight schedule database. “Max Bureau” was made by Official Airline Guide. The time-space network represents movement of passengers and lapse of time. Then, we analyze relationship between distance and the shortest time. The time-space network is useful for estimating Origin-Destination demands of air passengers.

Keywords: 航空旅客 (air passenger), OD 需要 (Origin-Destination demand), 航空時刻表 (flight schedule), 時空間ネットワーク (time-space network),

1. はじめに

2012 年は日本の国内航空線に相次ぎ格安航空会社 (Low Cost Carrier; LCC) が参入した「LCC 元年」と称されている。もっとも国際線には、それ以前から海外の LCC が就航しており、その路線数は増加傾向にある。

航空会社が就航する路線を決める際には、空港の混雑度や着陸費用、他社の動向など様々な事柄を判断材料とするが、最も重要なことは「その路線にどの程度の需要が存在するか？」であろう。この航空旅客の需要予測は、航空会社のみならず、空港会社、(競合する) 鉄道事業者、さらには監督官庁などの意志決定にも有用な情報となる。ところが、国際航空旅客の OD 需要を把握できる統計は存在しておらず、代替として国際民間航空機関 (International Civil Aviation Organization; ICAO) が提供している“On Flight Origin and Destination (以下、OFOD 統計)”が用いられている。しか

し、この OFOD 統計は大手航空会社が形成している Hub & Spoke 型の路線ネットワークにおいて、乗継便を利用する旅客が増加することにより、実際の OD 需要と乖離する可能性があることが指摘されている (寺崎ら, 2010)。寺崎ら (2010) は、OFOD 統計に加えて、“Traffic by Flight Stage (以下、TFS 統計)”を組み合わせ、国際航空市場における都市圏間 OD 需要を推計しているが、TFS 統計がない都市間や国内都市間は考慮することができない、OFOD 統計が存在していない都市圏間の (修正前) 旅客数を簡単な重力モデルで仮定しているなど、いくつかの課題を残している。

これらの課題を解決する一つの試みとして、フライトスケジュールデータを利用することが考えられる。現状で就航している路線にはある程度の需要があると考えるのが自然である。また、航空機には定員があるので、移動人員の最大値を見積もることも可能である。さらに、フライトスケジュールデータから時空間ネットワークを構築すれば、任意の地点間の所要時間なども見積もることが可能になり、OD 需要の推計にも役立つことが期待できる。

鳥海重喜 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27

中央大学理工学部情報工学科

Phone: 03-3817-1691

E-mail: toriumi@ise.chuo-u.ac.jp

2. フライトスケジュールデータ

世界の航空旅客便のフライトスケジュールデータとして、Official Airline Guide が提供している“MAX Bureau”を用いる。このデータは、各フライトに対し約 120 項目の情報を有している。購入する際には、その中から必要に応じて任意の項目を選ぶことができる。本研究で利用した主な項目は、以下の通りである。

- 航空会社（コード、社名、便名）
- 出発空港、到着空港（コード、都市、州、国、地域）
- 出発時刻、到着時刻（ローカルタイム）
- 出発曜日、到着曜日、有効期間
- 飛行時間、空港待機時間、飛行距離
- 乗り継ぎ（回数、空港）
- 機材
- 旅客便/貨物便の区別
- コードシェアの区別

データの期間は 2007 年 4 月 1 日から 9 月 30 日までの 6 ヶ月間で、総レコード件数は約 267 万である。原則として、1 レコードが 1 フライトを表すが、経由便の場合は、離着陸する空港のペアごとにレコードがある。例えば、SFO→ORD→CDG という経由便の場合、SFO→ORD、ORD→CDG、SFO→CDG という 3 つのレコードで表される。実際の航空機の移動を表すには、経由地で分割した SFO→ORD、ORD→CDG という 2 つのレコードのみを用いる必要がある。また、フライトの有効期間や出発曜日などによっても、1 フライトが複数のレコードに分かれていることがあるので注意が必要である。

3. 時空間ネットワークの構築

本節では、首都圏の鉄道網に対して時空間ネットワークを構築した田口（2006）を参考に、航空旅客便の時空間ネットワークを構築する。

フライトスケジュールデータには、出発/到着空港のコードが含まれているが、それらの空港の位

置（経緯度）はわからない。本研究では、空港コードと経緯度が 1 対 1 に結び付けられた空港の空間データを別途用意し、フライトスケジュールデータに対して空間上の位置を特定する。

次に、時間軸上の位置を特定する。フライトスケジュールデータの離着陸時刻、曜日は現地のローカルタイムで表されている。したがって、全世界を対象として時空間ネットワークを構築するには、時差を考慮せねばならず、そのままでは処理が煩雑になってしまう。そこで、空港の離着陸時刻を予め世界標準時に補正しておく。本研究では American Digital Cartography 社の World Map における Time Zone ポリゴンを利用し、空港の経緯度をもとに点位置決定問題を解いて、それぞれの空港に時差を割り当てる。ローカルタイムに時差を加えることで世界標準時に補正し、時間軸上の位置を特定する。

次に、時空間ネットワークモデルについて説明する。まず、各フライトに対し、出発空港での離陸を表す**出発ノード**（図 1 の青色の点）と目的空港への着陸を表す**到着ノード**（図 1 の赤色の点）を作成し、それらを結ぶ**飛行リンク**（図 1 の黒色の矢印）を設定する。次に、空港ごとに**出発ノード**を時刻順に並べ、隣り合う**出発ノード**どうしに**待ちリンク**（図 1 の青色の矢印）を張る。さらにそれぞれの空港において、到着ノードと到着ノードから 60 分経過した最初の出発ノードとを結ぶ**乗継リンク**（図 1 の赤色の矢印）を張る。ただし、そのような出発ノードが存在しない場合は乗継リンクを張らない。ここで 60 分は、フライトを乗り継ぐ場合に必要な最低時間として設定したパラメータである。時空間ネットワークモデルを図 1 に示す。

時空間ネットワークモデルに基づき、時空間ネットワークを構築する。ただし、フライトスケジュールデータの全ての期間を対象とすると、ネットワークの規模（ノード数やリンク数）が膨大になってしまう。そこで、航空旅客便は 1 週間を単

位としてスケジュールが組まれていることが多いことを考慮し、1週間のフライトスケジュールデータに対して時空間ネットワークを構築する。例として、北米本土の国内線を対象として、構築した時空間ネットワークを図2に示す。図2におけるリンクの色は提供座席数に基づいて設定されている。456空港、約19万フライトに対して、ネットワークの規模を表すノード数は約31万、

リンク数は約50万である。

4. 航空旅客便の運航特性

前節で作成した北米本土の航空旅客便の時空間ネットワークを用いて、456空港に対する全ての空港ペアの大圏距離と最短旅行時間（ただし、A空港からB空港への移動と、その逆向きの移動とを区別する）を算出する。ここで、最短旅行時

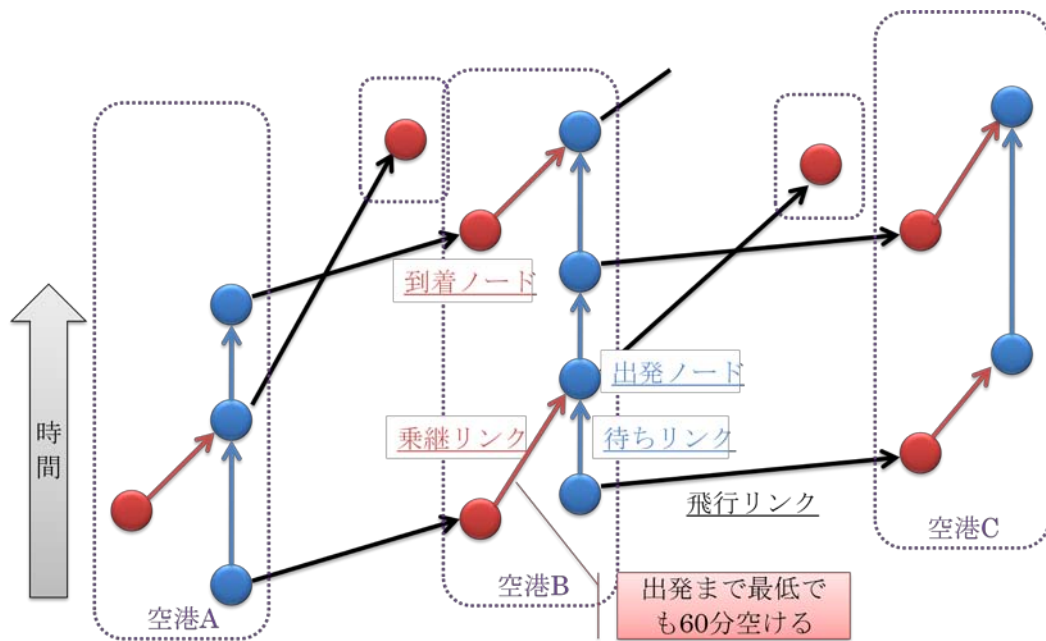


図1. 時空間ネットワークモデル

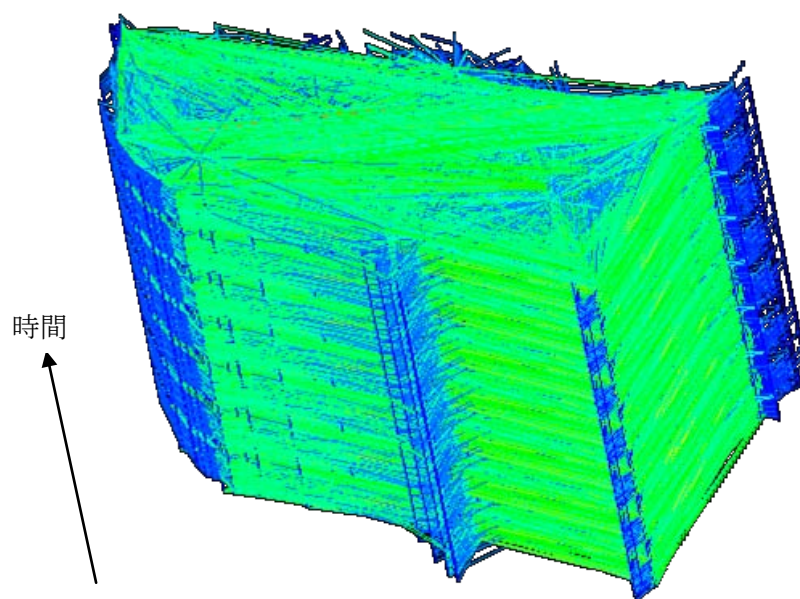


図2. 北米本土の国内線を対象とした時空間ネットワーク

間は、各空港ペアに対して毎正時に出発すると仮定して旅行時間を算出し、7 日間で最短のものを最短旅行時間とする。また、移動は航空旅客便のみとし、他の交通機関の利用は考えないものとする。対象とした 207,480 (=456×455) ペアのうち、旅行時間を算出できた（航空旅客便のみで行き来できた）のは 181,067 ペアであった。図 3 に乗り継ぎ回数別（直行便，乗り継ぎ 1 回，乗り継ぎ 2 回以上の 3 つに分類）に分類した大圏距離と最短旅行時間の同時分布を示す。赤い点でプロットされたところは該当する空港ペアが多く、青い点は該当する空港ペアが少ないことを表している。乗り継ぎ回数が増えるに従い、同じ大圏距離でも最短旅行時間のバラツキが大きくなっていることがわかる。

5. おわりに

本稿では、航空旅客便のフライトスケジュールデータを利用して時空間ネットワークを構築し、現状の航空旅客便の運航状況について分析した。構築した時空間ネットワークの飛行リンクは、航空会社、機種、提供座席数などの属性データを有しているので、地域別の分析だけでなく、航空会社別、アライアンス別などの分析も可能である。

今後の課題は、構築した時空間ネットワークから得られる情報を、OFOD 統計および TFS 統計と組み合わせて、都市圏間の OD 需要を推計することである。

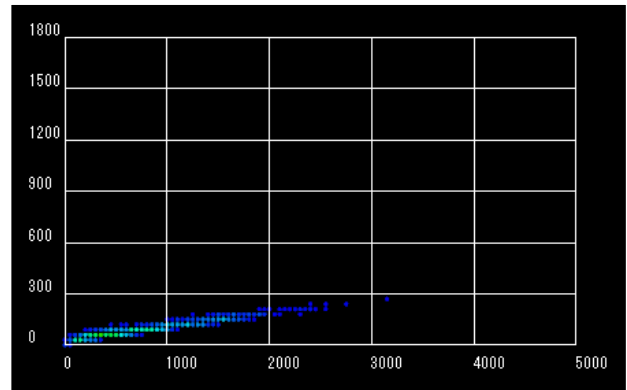
謝辞

本研究は科学研究費補助金（若手研究(B)22710150）の援助を受けている。

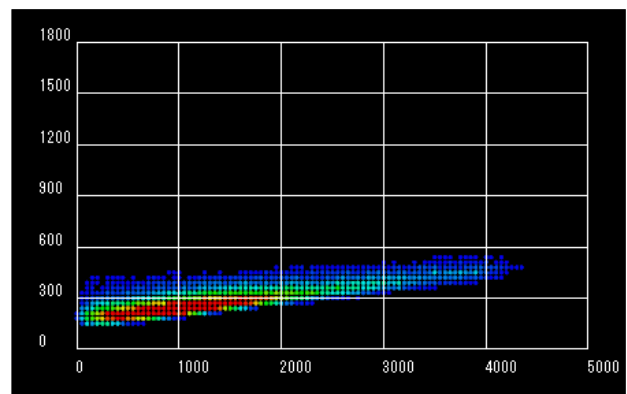
参考文献

田口東(2006)：首都圏電車ネットワークに対する時間依存通勤交通配分モデル，日本オペレーションズ・リサーチ学会和文論文誌，48，85-108。
寺崎淳也・鹿島茂・谷下雅義・大根田洋祐(2010)：

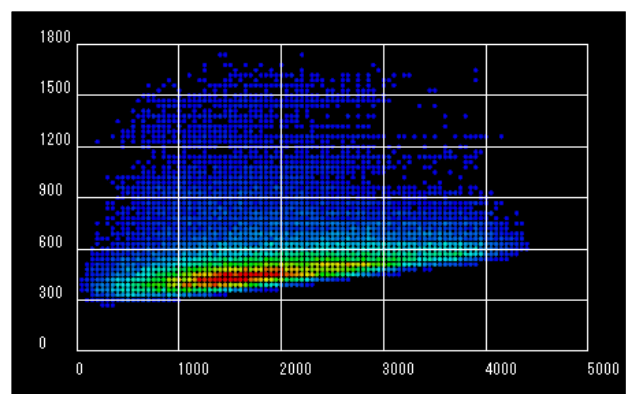
国際航空旅客市場における都市圏間純流動旅客数の推定，運輸政策研究，13，2，14-23。



(a) 直行便のみ



(b) 乗り継ぎ 1 回



(c) 乗り継ぎ 2 回以上

図 3. 大圏距離と最短旅行時間との関係（横軸：大圏距離[km]，縦軸：最短旅行時間[分]）