

# 都市間旅客ネットワークの シェイプアップ

おく 村 誠\*

## 本論の立場

本特集号の目的は、2030年の日本社会に関する有識者の展望を受けて、その時期の地域構造および人々のニーズにあった交通サービスのあり方を論じることにあるが、それぞれの執筆者は、他の執筆者がどのような論陣を展開しているかを知らない状況下で論考を作成せねばならない。他の論考とのミスマッチを避けようとすれば、標準的で無理のない想定のもとで議論を展開せざるを得ず、結果的に外れはしないが当たり前で新規性の乏しい結論になってしまう恐れが大きい。本稿はこのような安全策を取らずに、目新しい結論を導くことに重点を置きたい。したがってこれまでの都市間交通計画が前提としてきたような、「異なる交通モード間の自由で健全な競争を通じた交通ネットワークの形成」という考え方を逸脱し、あえて全体主義的な観点からのネットワーク論を試みる。結果的に他の論考との整合性は乏しいという結果

になるかもしれないことを、はじめにお断りしておく。

これからの日本の動向についてはいろいろな展望があり得るが、少子高齢化に伴う労働年齢人口の減少と若年人口の減少は、都市間交通需要を量的に減少させることは間違いない。とくに業務交通は、IT技術の進展により、これまで出張によって行われていた業務のうち単純な内容のものはメールや電子会議に置き換えられ、多人数が同時に集まるような業務や、対面でなければ処理できないような複雑な業務のみが交通として残ると考えられる。その結果、業務交通は量的に減少する一方で、旅行者の時間価値は増加していく。多人数が集まる業務では、ある一人の参加者が遅れることにより、その影響が多人数の時間を無駄にすることにつながるからである。

都市間交通需要の量的な減少により、現存するサービス頻度が維持できなくなるケースが増える。この時、鉄道は航空に比べて路線維持にかかる固定費用が大きく、需要が減少してもそれに合わせ

\*東北大学災害科学国際研究所教授

て便数を減らしたり路線を取りやめたりすることは困難である。またこれらの再編を行っても、歴史的にストックに投下してきた費用が回収できる訳でもない。低炭素化や環境負荷の削減という観点から鉄道を維持しようとするれば、高速バスなどを端末部分に用いながら、より多くのOD (Origin-Destination) ペアの需要、すなわち異なる出発地目的地間の旅行者を、各鉄道路線に集めるという政策が必要となる。

以下では、航空、鉄道、高速バスの相互の乗り継ぎを認めつつ、サービスの重複を避けて、量的に減少する都市間の交通需要に対応するような旅客交通ネットワークを維持するという問題を考える。

## 1. マルチモーダル最適ネットワーク計画モデル

ここでは、モード別のリンク当たりの運賃を所与とした上で、外生的に与えた複数のOD間の旅客を複数のモードからなるネットワーク上に配分する問題を考える。目的関数は旅客の総所要時間および総支払運賃の加重和である総一般化費用の最小化である。このとき、各リンクには配分した旅客を輸送するのに必要最小限の頻度の航空便・列車を設定し、事業者の運営費用を抑え、CO<sub>2</sub>排出量の抑制を図ることに注意する。

各リンクにおける交通サービスの維持可能性を保証するため、各リンクにおいては通過旅客数を上回る容量を提供する頻度を設定すると同時に、その頻度を維持するコストを上回る収入が得られるような旅客数を確保するという制約を置く。なお、各ノードにおいて一定の乗り換え時間を用意

すれば、異なるモードの交通機関を乗り継ぐことも可能であると仮定して、マルチモーダル利用を考慮する。

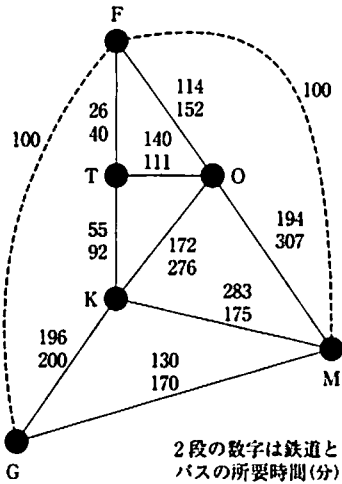
ここでは形成されるネットワークと頻度の空間構成に関心があるため、個々の利用者の経路選択行動や個々の事業者の採算性は考慮しない。もちろん本研究のモデルにより得られた利用者の経路配分を実現するためには、経路別に運賃の差を付けて旅客を誘導することが必要であるが、事業者間の金銭のやり取りがキャンセルアウトするように運賃を設定する問題は別途の問題として扱うことができる。

以上の問題は、各リンクのモード別に、サービスの有無を表す0-1変数、設定頻度、出発地別の交通量の変数を定義するとともに、各ノードにおけるモード間の乗り継ぎ交通量を表す変数を用いて、少数の0-1変数を含む混合整数線形計画問題として定式化でき、多くの数学ソフトウェアに実装されている数理計画法のパッケージを用いて計算することが可能である。定式化の詳細は筆者らによる口頭発表論文を参照されたい。

## 2. 数値計算例

以下、上記のモデルの意義を例示するために、仮想的な簡易ネットワークを取り上げる。図1は九州をイメージし、福岡、佐賀、熊本、鹿児島、大分、宮崎の6県の代表的な1都市ずつ(佐賀県は鳥栖)をノードとし、その間に鉄道(在来線特急)または高速バスのサービスが設定できると考えたネットワークである。なお航空サービスは、F~G、F~Mの2区間のみを設定可能であるとする。

図1 仮想ネットワーク

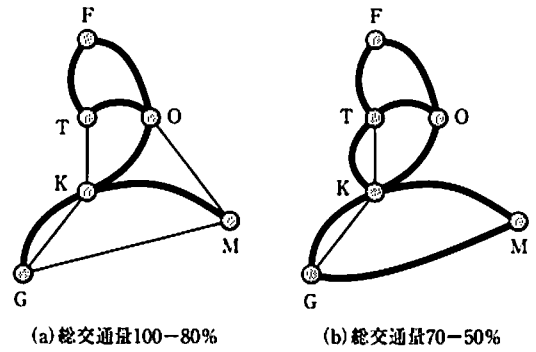


長崎や九州島外からの旅客を無視しているなど、本計算例は現実的な政策を得るためではなく、あくまで本モデルでどのようなことが検討できるかを例示するためのものであることに注意されたい。

OD 交通量は幹線旅客純流動調査に基づき双方向に同数を与えるが、総交通量の変化率に応じて一律の比率で減少させて設定する。リンクごとの所要時間、運賃およびCO<sub>2</sub>の排出原単位は現況の各モードの実績にあわせて設定する。航空リンクは1便の定員が200人で、路線の維持に640人、1便増えるごとに80人の利用者が必要になると仮定する。鉄道リンクは1便の定員が400人、路線維持には800人、1便あたり50人の利用者を必要とする。高速バスの定員は50人で、路線の維持には70人、1便あたり10名の利用者が維持できるものと仮定する。

まず、時間価値を50(円/分)と固定して、OD交通量を現況値から10%刻みで減少させていった場合の最適ネットワークの変化を図2に示す。以

図2 総交通量に対する最適ネットワーク

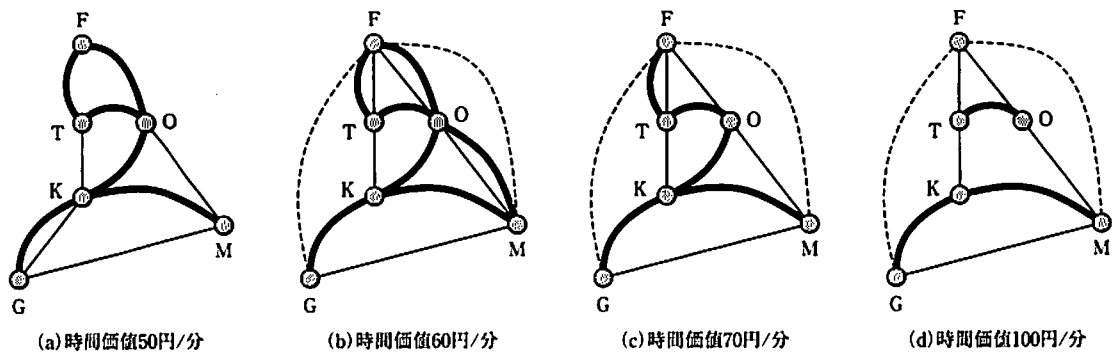


下の図中では、航空を破線、鉄道を直線、高速バスを太い曲線で表示する。これより50(円/分)という低い時間価値の場合、域内の旅客だけでは航空便の維持は困難であることがわかる。また、交通量が80%の段階まではネットワーク構造に変化はないが、70%になるとO~M、G~Mの鉄道リンクの維持が不可能になり、バスに置き換わることになる。

次にOD交通量を現況値に固定して、時間価値を50(円/分)から10(円/分)刻みで100(円/分)まで上昇させた場合の最適ネットワークの変化を図3に示す。時間価値の上昇に伴い航空路線が使われるとともに、バスサービスが鉄道あるいは鉄道とバスの乗り継ぎ経路に置き換わることがわかる。また図3(a)から(b)への変化のように、F~Gの航空便が設定されたことにより鉄道旅客が減少し、K~G間の鉄道サービスの維持が不可能になるというケースも発生している。

以上のように本研究の計算例をとおして、時間価値の変化は最適ネットワークの構造に大きな違いをもたらす一方、総交通量の減少の影響は限定

図3 時間価値に対する最適ネットワーク



的であることがわかる。

### おわりに

本モデルは混合線形計画問題であるため、線形式で記述できるような制約は容易に追加してその影響を確認することが可能である。たとえば、モード別のリンクごとに1便あたりのCO<sub>2</sub>排出量を与えれば、都市間交通全体から発生する総CO<sub>2</sub>排出量は線形式となるので、その総量を一定限度に抑えるといった制約条件を追加することは容易である。筆者らはトルコを対象として、CO<sub>2</sub>排出量制約が最適ネットワークの構造にどのような影響を与えるかについても報告を行っている。また、混合線形計画問題は比較的大規模な問題にも容易に適用できる。今後はより実用的なサイズのネットワークや、時空間ネットワークへの適用を検討していきたい。

日本の将来のネットワークについては、現状の各事業者が持つ路線の維持を自己目的化せず、それらの廃止や再編も政策のオプションとして考慮

しながら、ネットワーク全体としての効率性を低下させないようにシェイプアップをはかるといふ考え方が必要である。このとき、日本の空港に新幹線などの高速交通機関が連結していないことや、中央駅が高速道路網とはなれた位置にあることが大きなネックとなる可能性がある。今後発展途上国などの交通政策を考えていく上では、複数のモード間の乗り継ぎを考慮しておくことも必要であろう。

### 【参考文献】

- [1] 奥村誠, Tirtom Huseyin, 山口裕通: 都市間旅客交通の最適モーダルミックス検討のための計画モデル, 2012.11.4, 土木計画学研究・講演集(CD-ROM), Vol.46, No.205.
- [2] 金進英, Tirtom Huseyin, 奥村誠, 山口裕通: 低炭素化政策が都市間旅客交通ネットワークの構造に与える影響, 2013.11.3, 土木計画学研究・講演集(CD-ROM), Vol.48, No.P52.