

| |
|-------|
| 鉄道一般 |
| 車両 |
| 施設 |
| 電気 |
| 運転・輸送 |
| 防災 |
| 環境 |
| 人間科学 |
| 浮上式鉄道 |

都市間交通ネットワークの最適な形を探る

人々の都市間の移動は、鉄道をはじめ航空機や高速バス、自動車など、さまざまな交通機関によって支えられています。各交通機関にとっては、利便性を高めて競争力を増していくことが必要である一方で、近年の環境意識の高まりやインフラの維持管理コストの増大などを受けて、交通機関同士で連携をはかりながら都市間の交通ネットワークを効率化していくことも求められています。ここでは、利用者の利便性向上と環境負荷低減に着目して、都市間ネットワークのよりよい形を探っていく研究事例について紹介します。



鈴木 崇正
Takamasa Suzuki
信号・情報技術研究部
交通計画研究室
副主任研究員
【専門分野】交通計画、
都市計画



渡邊 拓也
Takuya Watanabe
前 信号・情報技術研究部
交通計画研究室
研究員
【専門分野】空間情報学、
交通計画

はじめに

都市と都市の間の比較的長距離の移動を支える都市間交通のネットワークは、人々の活動に欠かすことのできない交通インフラです。鉄道では主に新幹線や特急列車などがその役割を果たしており、他の交通機関では航空機や高速バス、自動車などがその一端を担っています。

交通事業者は、それぞれの収益性と事業の持続性を高めるために日々努力していますが、個々の事業者がそれぞれの事業の最適性を追求する結果、交通ネットワーク全体の最適性が損なわれる可能性があることが指摘されています¹⁾。

今後、より少ないエネルギーで効率

よく人々を輸送する上では、既存の交通インフラを最大限に活用して、交通機関同士の連携のとれた輸送サービスを提供していくことが社会的に求められています。このとき、利用者の利便性を無視することはできません。しかし、エネルギー効率のよい交通と利便性の高い交通は相反しやすく、そのどちらかの指標の向上のみを優先すればもう一方の指標の向上が難しくなるトレードオフの関係にあるといえます。

これまでは、エネルギーの効率性と利便性のどちらか一方にのみ着目して交通ネットワークに関する検討を行う研究が多くみられました。しかし現実には、効率性と利便性のどちらも重要であり、その両方の向上を目指してい

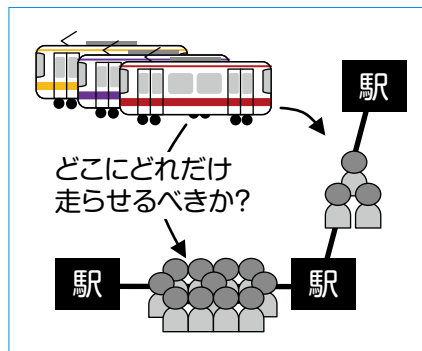


図1 ネットワーク最適化の概念

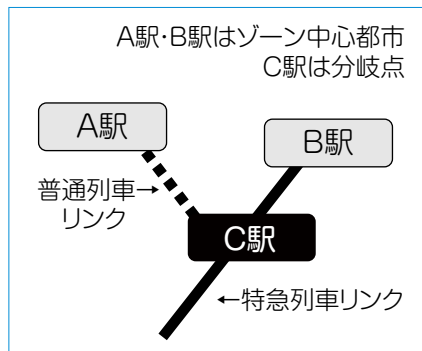


図2 分岐点と普通列車リンクの例

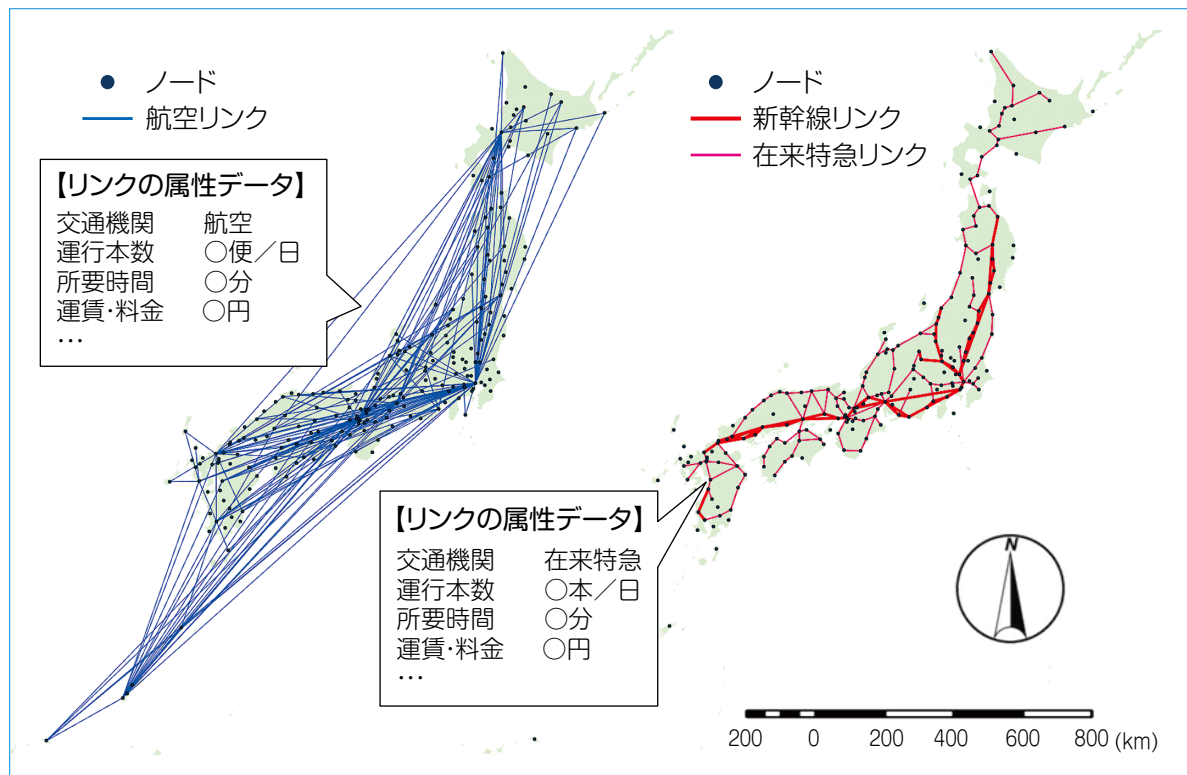


図3 構築された航空・幹線鉄道のネットワークイメージ(2010年12月の状況)

く必要があります²⁾。それを実現できるネットワークは、目指すべき最適な都市間ネットワークであるといえます。

そこで、利用者の利便性を維持・向上させながら、さらに効率的な輸送を実現する、最適な都市間ネットワークの形を明らかにしていきます(図1)。

都市間ネットワークのデータを構築する

都市間移動に使われる交通機関は多様です。ここでは、とくに公共交通機関に着目し、新幹線と在来線特急列車をあわせた幹線鉄道のほか、航空機と高速バスを対象とします。都市間ネットワークデータの構築は、これらの交通機関ごとに、路線データ(リンクと呼びます)と、駅や空港、バス停のデータ(ノードと呼びます)を作り上げるところから始まります。

国内の都市間旅客移動に関するデータとして、全国幹線旅客純流動調査(参照) (以下「純流動調査」と呼びます)があります。この調査では、全国を

207のゾーンに分け、そのゾーン間の移動量を交通機関別に集計しています。今回は、この207のゾーンをベースとします。

207ゾーンの中心都市をノードとして、幹線鉄道や高速バスの路線、航空便があるゾーン間に、各交通機関のリンクを張ります。ゾーン中心都市ノード以外の駅やバス停などは表現されませんが、幹線鉄道において、ゾーン中心都市ではないものの路線が分岐する箇所には分岐点を設けます(図2)。

こうしてノードとリンクを作成すると、幹線鉄道や高速バス、航空機のいずれも発着しないゾーンがいくつか発生します。それらについては、近隣のゾーンの中心都市まで、普通列車や路線バスなど長距離交通機関以外による

リンクを設定します(図2)。

このようにして構築したネットワークは図3のようになります。

次に、構築したネットワークの各リンクに、ノード間の距離、所要時間、運行本数、運賃・料金の属性データを付与します。これにより、「どの交通機関が」「どこからどこまで」「1日に何本運行されているのか」「運賃・料金や所要時間はどのくらいか」がわかる都市間交通ネットワークデータができあがります。

ネットワークを評価する指標

最適なネットワークの形を明らかにする上では、エネルギー効率性と利便性の2つの観点からネットワークを評価する指標が必要です。

全国幹線旅客純流動調査

国土交通省が実施している、主に都道府県境をまたぐ旅客の移動に関する調査です。ここでご紹介しているような、都市間などの長距離移動に関するデータとして、もっとも活用されているものの一つです。5年に1回実施されており、前回は2015年に実施されました。

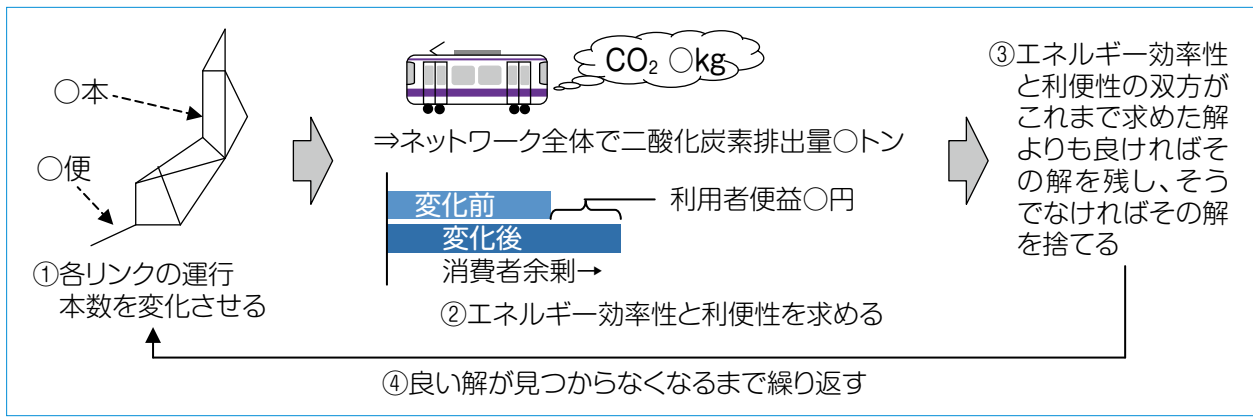


図4 最適な形の計算方法の概念

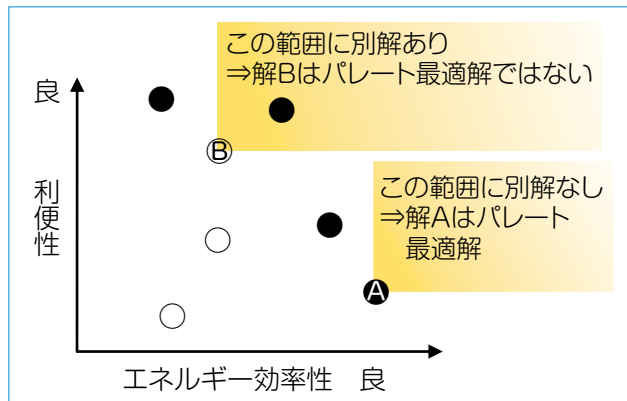


図5 パレート最適解の概念

エネルギー効率性については、都市間交通ネットワーク全体から排出される二酸化炭素排出量を指標とし、二酸化炭素排出量が少ないほどエネルギー効率性が高いととらえます。ここではとくに、車両の走行や航空機の飛行に

よるエネルギー消費を対象とします。利便性は、消費者余剰(☞参照)と呼ばれる指標を用いて評価します。この指標は、簡単に言えば利用者にとっての利便性を貨幣単位で表現したもので、最適化されたネットワークにお

る消費者余剰が大きいほど利用者便益が大きい、すなわち利用者にとっての利便性が高いと評価できます。

最適な形の計算方法

前述の純流動調査データは、どのゾーンからどのゾーンまで何人移動したかがわかるデータですが、どのような経路を通ったのかはわかりません。そこで、需要予測における一般的な手法である四段階推定法(☞参照)などを用いて、純流動調査のデータから各リンクの交通量を推定します。推定された交通量とリンクごとの運行本数から、そのネットワークのエネルギー効率性と利便性が計算されます。

最適なネットワークの形は、各リンクの運行本数をさまざまに変化させながら、なるべく少ない運行本数でより高い利便性を実現する、すなわちエネルギー効率性と利便性がどちらも良いネットワークの状態を探していくことにより求めます(図4)。とは言っても、手あたり次第に運行本数を変化させながら解を求めるのは効率的ではありません。ここでは、遺伝的アルゴリズム(☞参照)という手法を用いて、効率よく解を探索していきます。

ところで前述のとおり、効率性と利便性はトレードオフの関係にあります。

☞ 消費者余剰

ある物やサービスに対して支払ってもよいと考える額と、実際に支払った額の差のことです。少ない額で大きな価値のある物やサービスを入手できたとき、消費者余剰の値は大きくなります。

☞ 四段階推定法

交通需要を「発生・集中交通量の計算」「分布交通量の計算」「交通機関分担の計算」「経路配分の計算」の4段階で予測する手法です。古くから活用されている確立された手法ですが、現在も改良が重ねられています。ここでは、とくに「分布交通量の計算」以降の手法を用いています。

☞ 遺伝的アルゴリズム

分析条件などのデータ列を遺伝子ととらえ、遺伝子操作のように条件設定を変化させながら解を求めていく手法です。今回のように複数の指標を同時に最適化する計算などで、効率的に解を探索できる利点があります。

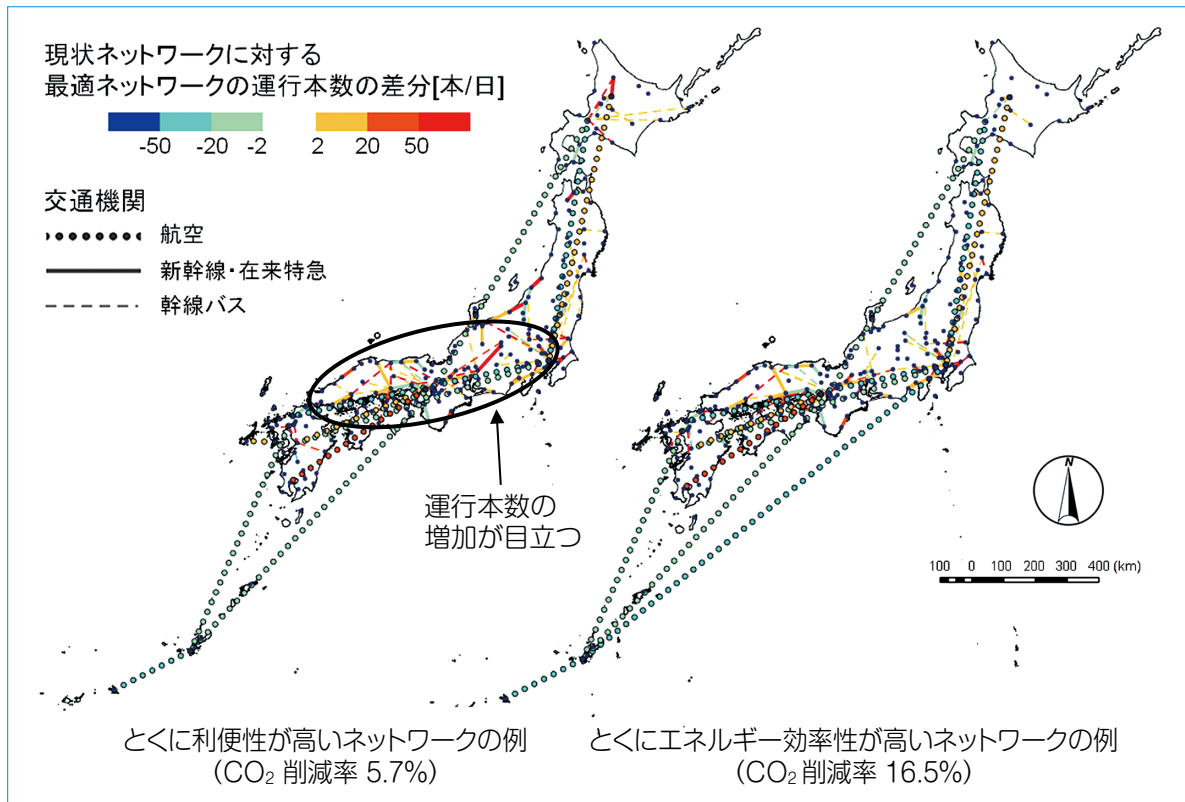


図6 最適なネットワークの計算例

このため、効率性と利便性のどちらをどの程度重視するかによって、目指すべき最適なネットワークの形は異なります。ここでは、パレート最適解と呼ばれる解を求めます。

パレート最適解とは、他の解よりも劣っていない解のことです。たとえば図5の○や●で示すように7つの解が得られたとき、解Aの右上には他の解がありません。これは、エネルギー効率性と利便性の両方が解Aよりも良い解がないことを意味しています。このとき、解Aはパレート最適解です。一方で解Bの右上には他の解が存在します。すなわち解Bよりも良い解が存在するので、解Bはパレート最適解ではありません。このように考えると、図5中に示す4つの●がパレート最適解ととらえられます。

このように、最適なネットワークの形は複数求められます。最終的に目指すべきネットワークは、この最適なネットワークの中から、効率性と利便

性のどちらをどの程度重視するかに応じて選択します。

最適なネットワークの計算例

効率性と利便性がどちらも現状より良いと計算された最適なネットワークのうち、とくに効率性が高い解と、とくに利便性が高い解のネットワークを図6に示します。

図6の右側に示す効率性の高いネットワークと比較すると、図6の左側に示す利便性の高いネットワークにおいて、運行本数の増加したリンクが目立ちます。ただ利便性の高いこのネットワークでも、効率性もまた現状のネットワークより高いと計算されています。このように、都市間旅客の流動にさらに適応したメリハリある都市間交通ネットワークを構築していくことで、効率性と利便性の両方を現状より改善することのできる交通サービスを提供できる可能性があることを、この結果は示しています。

おわりに

本手法を用いれば、現在の交通ネットワークや旅客流動をベースにした分析だけでなく、将来の人口変化にともなう旅客流動の変化を予測しながら、最適なネットワークの形を求めていくこともできます。一方で、単純化されたネットワークを用いた計算をどこまで精度よく行っているかが課題であるといえます。今後も本手法を活用しながら、より利便性の高い、かつ効率的で環境負荷の少ない都市間交通ネットワークを実現する研究開発を進めていきます。[RRR]

文献

- 1) 奥村誠：低密度地域の交通を考える(その2), Docon Report, Vol.187, 2010
- 2) 渡邊拓也, 柴田宗典, 鈴木崇正：多目的最適化に基づく都市間交通ネットワークの評価手法に関する研究, 土木学会論文集D3(土木計画学), Vol.72, No.5, pp.L_903-L_916, 2016