

## 海外鉄道プロジェクトの案件形成及び実現可能性調査における需要予測手法に関する提案

(株) 日本コンサルタンツ 竹内 龍介<sup>\*</sup>  
(独) 鉄道・運輸機構 浅見 均  
(株) ドーコン 小美野 智紀

### 【概要】

近年市場規模が拡大傾向にある海外鉄道プロジェクトについて、その実現可能性を判断するためには、経済的、財務的な実行可能性を算出して判断することとなるが、その前提として需要予測の実施や分析に必要な交通流動のデータが必要となる。日本国内の場合、主要都市圏であればパーソントリップ調査(以下PT調査と記述)が、都市間の場合旅客準流動調査が通常適用されるが、海外の場合には、上記調査が行われておらず、OD表自体が存在しない場合が多く、データの収集から分析を進める必要がある。

従来であれば、都市交通マスタープラン調査の一環としてPT調査に基づき、プレF/Sを実施し、その次のステップとして協力準備調査が行われる。PT調査の実施は統計的なサンプリングの観点からは精度の高いデータを得られるものの、調査自体に1年以上と長期間を要すること、またその間に他国の参入が起こる場合もある。調査を鉄道新線に限定する場合は、域外ゾーンの取り扱いの問題などの精度の問題が想定されるものの、限られた既存統計や追加調査を行い、モデリングによる処理を行うことにより、需要予測を簡略化できると共に、意思決定のプロセスを早くすることが期待できる。

以上の問題意識をもとに、本稿では近年における需要予測の動向について、4段階推計の各ステップに基づき各手法の課題を提示するとともに、海外調査における需要予測の工夫方法について実務的な観点から提案を行い、今後の鉄道需要予測の方法論について提案することを目的とした。その結果、日本と同等のデータセットを揃えるには、調査期間と費用が必要である点を鑑みると、上記手法は調査において有効であるものの、簡易的な推計における一般的な傾向及び地域的な傾向について現段階で十分に検討する課題が残る。そこで、今後ODの逆推計や簡易的な転換率モデルの構築方法、過去の事例収集による体系化が望まれる。

A proposal study on demand forecasting method for project finding and feasibility study,  
especially for railway projects in foreign countries.

TAKEUCHI Ryusuke (Japan International Consultants for Transportation)\*  
ASAMI Hitoshi (Japan Railway Construction, Transport and Technology Agency)  
OMINO Tomonori (Docon)

[Abstract]

In recent years, railway system markets have been expanding all over the world. Data collection for travel demand is the most important role for project finding and feasibility study. In Japan basic traffic demand datasets (e.g. Origin-Destination Matrix) have been collecting for long years. However, in most developing countries, traffic survey will be required in order to collect fundamental traffic demand datasets.

Usually, person trip survey held as a part of urban transportation master plan survey takes long time for data collecting and analyzing. On the other hand, study areas on feasibility study on urban railway systems are surveyed mainly along railway corridor. Then, small sampling and modelling is expected to be effective method to simplify demand analyses for critical decision making.

Therefore, the authors aimed at indicating subjects for demand forecasting method by each step along 4 step analyses, proposing simplified methods as practical side, and indicating methodologies for simplified demand forecasting for foreign railway projects. As results, the method for simplifying demand forecasting is effective method because person trip survey and interregional travel survey takes long time and spend much budget. On the other hand, the origins of analysis trends have to be identified for systematizing of the method.

(株) 日本コンサルタンツ 竹内 龍介<sup>\*</sup>  
(独) 鉄道・運輸機構 浅見 均  
(株) ドーコン 小美野 智紀

## 1. 背景・目的

近年市場規模が海外鉄道プロジェクトは拡大傾向にあり[2]、日本企業は今後鉄道車両や信号システムなどの単独製品のみならずパッケージ型インフラ輸出が期待されていることから、受注に向けた案件形成や適用性調査の動きが今後加速する可能性が高い状況にある。一般的に日本の支援や海外進出においては、支援に時間が掛かるという問題点を抱えているものの、日本の海外輸出品目の強みは高付加価値の製品であることから、市場開拓において時間を掛け十分に調査することが必要な要素とされる[18]。

そのような中、鉄道分野における日本の海外進出や支援を検討すると、海外の交通・鉄道セクター調査では、その実現可能性を判断するために、経済的、財務的な実行可能性を算出して判断することとなるが、その前提として需要予測の実施や分析に必要な交通流動のデータが必要となる。日本国内の場合、主要都市圏であればパーソントリップ調査（以下PT調査と記述）[16]が、都市間の場合は旅客準流動調査[12]が通常適用される。しかしながら、海外調査においてはOD表自体が存在しない場合が多く、データ収集から分析を進める必要がある。

日本における支援事業を検討段階では、都市交通については都市交通マスタープラン調査の一環としてPT調査を実施し、またその結果に基づきプレF/Sを実施することにより、協力準備調査の内容を設定し、日本の支援による事業化を決定する[7]。また、都市間鉄道においては、総合運輸体系調査といった旅客流動調査の実施ののち、高速鉄道の計画調査が行われている[8]、[9]。これらの調査は統計的なサンプリングの観点からは精度の高いデータを得られ、説得性の高い内容と考えられるものの、調査自体に数年と長期間を要することから、案件形成から日本による支援事業化までに期間を要する課題がある。そこで、案件形成段階の調査について、特に時間と必要を要する交通調査や将来予測について、限られた既存統計や追加調査を行い[10]、モデリングによる処理を行うことにより、需要予測を簡略化できると共に、意思決定のプロセスを早くすることが期待できる。

そこで、本稿では近年における需要予測の動向について、4段階推計に基づき各手法の課題を提示するとともに、海外調査における需要予測の工夫方法について実務的な観点から提案を行い、今後の鉄道需要予測の方法論について提案することを目的とする。

## 2. 交通需要予測に関する既存研究のレビュー

### 2.1 需要予測に関する近年の動向

交通需要推計に当たっては、まず現状の流動である対象交通手段（例えば；既存鉄道、バス、自家用車など）別の現況OD表が整理されていることが必要となる、兵藤[4]によると日本では、従来のPT調査等の統計的なサンプリング調査により抽出された標本に基づく精度の高いOD表の作成を需要予測の基本としているが、欧米では小サンプリングとモデリングの活用による需要予測に移行しつつあり、日本での公共事業削減方針や少子高齢化という条件下では、欧米の方向性は日本でも今後必要性が高い点を説明している。上記で示したが日本の支援によるマスタープラン調査においては、海外への支援に関する調査においてもPT調査を基本としているが、期間短縮、費用縮減や対象調査数の増加の観点から、国内での新たな取り組みや海外の過去の事例をもとに簡易的な手法を検討することも十分に考えられる。

## 2.2 近年の技術的な動向

前川[15]らはODの逆推計について、道路交通センサスを用いOD逆推計の実務への適用へ向けた検証を行い、モデルの有効性や結果の妥当性を示している。一方で、発生交通量の検証を行っておりデータが十分に整備されていることが前提である点に留意が必要である。

海外の実務的な事例を見ると、道路交通が主たる交通手段の場合断面交通量を中心にLAMATA[14]によるナイジェリア国ラゴス都市圏におけるマスタープラン調査において、パーソントリップ調査による世帯ごとの交通行動の把握を行い、そのデータをもとに4段階推計法により将来交通予測を分析しており、都市交通全般を定量的に取り扱っている。分析には“Trans CAD”という断面交通量をもとにOD逆推計が可能なソフトウェアを使用しており、都市圏人口2000万人に対し、PT調査における有効サンプル数は約4万票弱と、非常に小サンプルにてマスタープラン調査を行っており、マスタープラン調査における実態調査の省力化を実践している、また、森本[19]らは前出のTrans CADを用い、商業施設の交通影響評価、LRT評価に用いている。

## 3. 需要予測の流れと海外での鉄道プロジェクトにおける課題及び提案

### 3.1 交通需要の流れ

交通需要予測の手法は、4段階推計法が手法として確立されているが[16]、まず前段階として、将来の社会経済指標の整理、第1段階である発生・集中交通量及び、第2段階における分布交通量の分析にてOD表を推計する。この時点で現況OD表が入手可能であれば、将来推計は現況交通量をもとに人口、GDP（もしくはGRDP）といった社会経済指標を用いて推計することができ、入手が不可能な場合はOD調査が必要となる。このような場合、日本国内の調査では1章に示したようにODデータ及びLOSデータといった既存統計が充実していることからそのデータ活用しているが、海外の場合は調査自体を別途行う必要があり、時間や予算の制約がある場合、OD調査に類似する既存統計の活用や簡易的な調査を実施することが望まれる。

転換交通量については、新たな交通手段として鉄道を導入する場合には、通常利用者選好意識調査（Stated Preference Survey = SP調査）や、支払意思額（Willingness to Pay = WTP）の調査を通し、新たな交通手段の転換可能性を調査することができる[11]。

配分交通量については、都市圏の鉄道、BRTなどの評価を行う場合、競合する既存バス複数経路がある場合においてのみ検証が必要となるものの、マストラ配分は経験的に配分パラメータを発見的に設定することも実務的には指摘されており[13]、本来的には交通行動に関する意思決定のプロセスを統計的に説明した離散選択モデルに経路選択を含んだ形で階層化することが必要と考えられ、現在日本国内では、交通需要予測を起終点選択、機関選択、経路選択をネステッドロジットモデルの構築により推計する手法が検討されている[20]。

### 3.2 必要となるデータ・分析の提示

#### (1) 社会経済指標の整理

将来GDP、将来人口フレームが交通需要予測の前提条件（所与の条件）となるが、人口フレーム及びGDPの将来フレームは、各国の経済開発計画やマスタープランに掲載されている。中長期における目標年の将来目標値が掲載されているのみで、必ずしも年次別の詳細データが掲載されてないこともあり、国際機関（OECDやIMF）の統計を活用する場合や[5]、[17]、それらを複合的に用いる場合もある。図1にIMFとOECDのデータを比較した事例を示す。長期的データとしてOECDがあるものの、短期的なショックについては、IMFの方が短期的な変化を考慮していることから、双方の予測結果をもとに過大推計とならないような検証を行う必要がある。なお、GDPについては実質GDPと名目GDPの2種類があるものの、名目GDPの場合には物価上昇率を考慮していないことから、特に発展途上国などにおいて過大推計になる点に留意が必要となる。

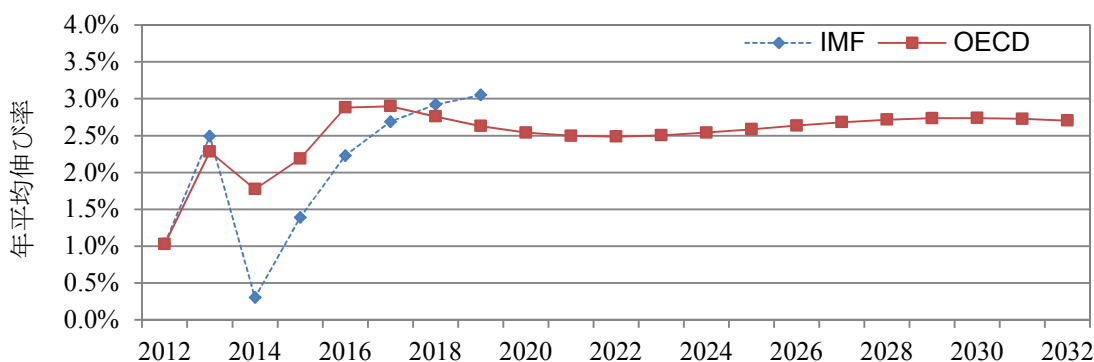


図1 GDP分析による事例（ブラジル）

## (2) 現状交通の情報収集、分析

現行OD表の入手が不可能な場合が想定されるが、道路の場合には、トラカンデータによる断面交通量のみの入手できる場合もあり、この場合においてOD表は断面交通量より逆推計を行うことが想定できる。ある国の2大都市間及び中間の小都市を対象として、断面輸送量をもとに各ゾーンの人口データをもとに按分したODを初期値として与え重力モデルを用い収束計算を行った分析結果を図2に示す。決定係数は0.92と再現性は一定程度確保できているものの、人口をベースとした場合には距離が長くても、大都市圏の人口規模が中間にある小都市より大きくなることから、その当該ODペアの交通量の残差が大きくなる傾向にある点が課題となることが確認できた。従って、モデリングの精度としては妥当であるものの、推計データの傾向について留意することが望まれる。

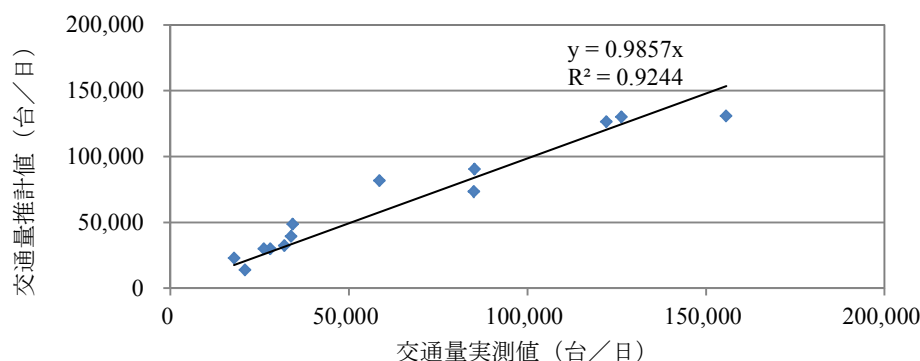


図2 断面交通量から推計した交通量（単位：人/日）

なお、鉄道やバスの利用者数の場合は、現況ODが入手不可能な場合、当該国の他地区の過年度調査のOD表をもとにモデル推計を行う方法や、簡易的に概略値を求める場合には当該区間で運行されている路線の運行便数に平均乗車人数から需要規模を試算する方法も考えられる。このような調査自体は簡便であることから、実際に先方政府機関などの統計として存在している場合もあるが、その一方で精度自体の担保がなされていない場合が多い。特にバスに関するデータについては、規制官庁がバス路線自体を全ては管理していない場合が往々にしてあることから、現地の路線については実地調査や長距離バスの予約用のサイト等を確認することで一定程度の情報の収集が可能となる。

## (3) 将来推計

将来交通量の伸びについて、F/S調査においては、上記(1)で示した社会経済指標をもとに試算することが考えられる。ここで、都市圏を対象としてモデルを構築する場合、日本においては各ゾーンの就業、従業人口をもとに推計するが、経済活動の活性化による交通行動（トリップ数）の増加という観点からはGDP（もしくはGRDP）

に関連する場合が高い。日本国内での実績を見ると、国土交通省[13]では旅客輸送量は人口との相関が無く GNI を基準としている点の指摘があり、図 3、図 4 に示すように鉄道利用者数は GDP の伸び率と比例している傾向にある。これは成熟化社会において人口増加の伸びが減少している場合には人口との相関性が低い可能性を示唆するものであり、需要数の変化と相関関係を取れない場合があることから、データが入手できる限り双方の指標を比較し、経済活動に関する項目を考慮することが望まれる。

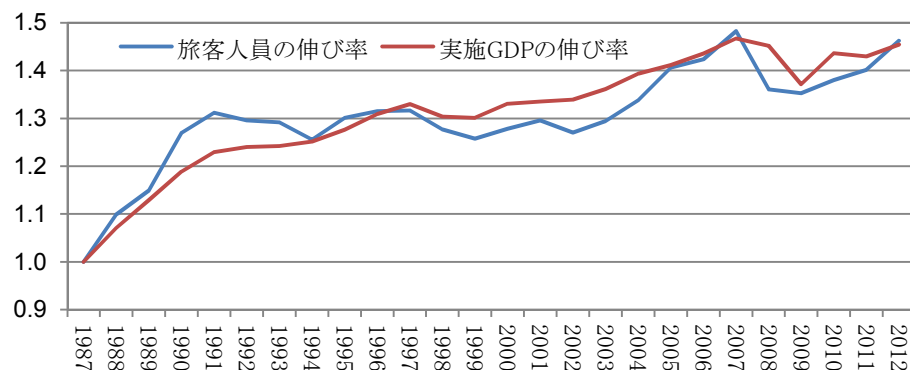


図 3 東海道新幹線旅客人員と日本の GDP の推移

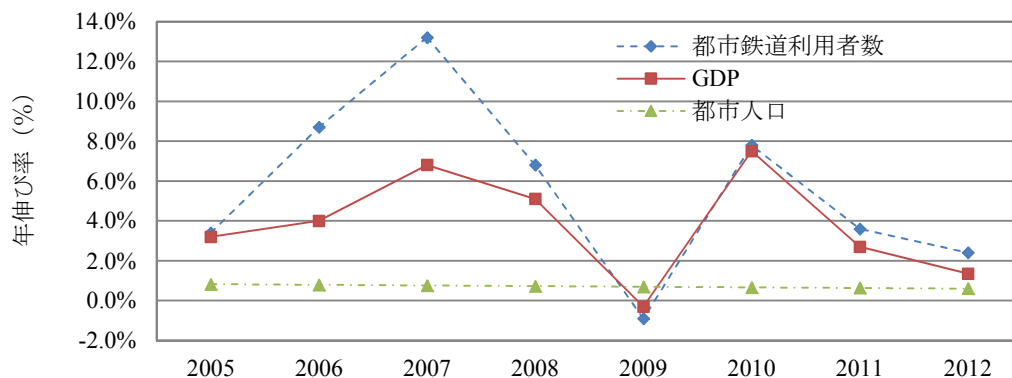


図 4 利用者数と社会指標の変化の例

#### (4) 過年度の需要のトレンド

鉄道の新規開業の分析の場合は、分析対象地区における過去のトリップ数やバス等転換対象となる交通手段の利用者数の経年変化を鑑みて、上記(3)で示したトリップ発生原単位の推計を行うが、短期的な利用者の変化に着目する場合には、開業効果における利用者の伸びを測定することが好ましい。

また、既存鉄道の施設改良など投資効果による利用者数の増減を考慮する場合、所要時間や運賃といった定量的に測定可能なサービスの他に、混雑緩和や冷房化といった定性的な項目を考慮する必要がある。モデル化という観点では後述する SP 調査を通して一定程度測定が可能であるものの、実際経験していないサービスの場合にはバイアスが掛かりやすいことや、ダミー変数での取り扱いとなり統計的な精度を高めにくいため、定量化においては実績値を整理し比較・検証を行うことが好ましい。

インドネシアのジャカルタ都市鉄道 (PT. KAI Commuter Jabodetabek) の利用者数の推移を図 5 に示す[1]。2011 年に近代化が開始し、2013 年 7 月には電子チケット化による運賃制度の改善が行われ、全列車の冷房化、対距離運賃制度の適用が行われるようになったが、それ以降の利用者数の伸びが 10%~30%と非常に大きく、サービス改善による利用者増加の効果が表れていることが分かる。

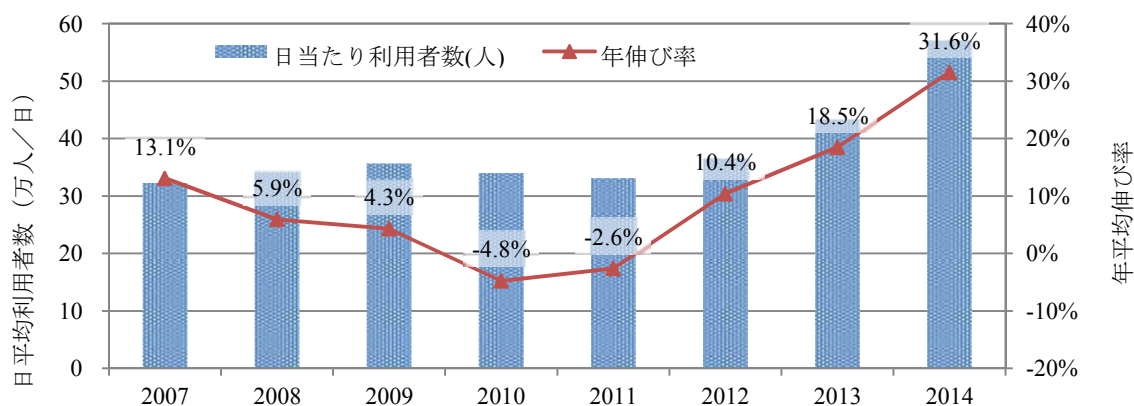


図5 設備投資による利用者増加の例

#### (5) 転換率の設定

新たな交通手段を導入した場合の転換量は、通常 SP 調査を実施して新たな交通手段に関する利用意向について調査を行い、所要時間や運賃を中心にパラメータを設定し利用者の転換状況を離散選択モデルにて推計し、転換量の推計、サービス水準の変化による感度分析、収入最大化についての分析を行うことが通常となる。

SP 調査を実施する場合には、設問で設定する運賃・費用などサービス水準について回答者が実際に想像できる値に設定する必要がある点に留意が必要である。またサービス水準の変化に対する回答者の選好意識の変化を把握するために質問数が増加すると精度が下がる可能性があり、実験計画法に基づく調査表設計が必要であるが[3]、変数として設定できる項目が4項目程度(単純な直行表L9を使用した場合)点に留意が必要であり、モデル化に必要な最低限な項目を絞り込むことが必要となる。その一方で、調査期間や費用等の制約がある場合においては、転換率モデルで使用される変数が一般化費用の構造であることに着目し、当該国や地域の時間価値を所得接近法に基づき算出し、転換率を扱う簡易的な方法も検討ができる。但し、この手法は利用者の選好意識に基づかないため、過大・過少の推計が必要であることから初期の簡易的な調査に留め、調査の段階が進んだ際にはSP調査を行うことが必要であると考えられる。

#### (6) 経路の設定 (マストラ配分)

都市圏の鉄道計画においては、経路選択を在来の公共交通ネットワークにて設定することが望まれるが、経路配分のパラメータについては、前出のように経験的に一般化費用のパラメータを設定することが必要となり、また乗換抵抗についても別途可能な限り求め、現状の利用者数との再現性の検証を行うことが望まれる。一方で、都市間鉄道の計画においては、経路が単一であることが多く、配分が不要となるケースが多い。

### 4. まとめ

本稿では近年における需要予測の動向について、4段階推計の各ステップに基づき各手法の課題を提示するとともに、海外調査における需要予測の工夫方法について実務的な観点から提案を行い、今後の鉄道需要予測の方法論について提案することを目的とした。その結果、社会経済指標については、国際機関からの統計を用い GDP レベルであれば入手が可能であるものの、過大推計にならないようなデータ選択が必要であること、OD 表については、自家用車 OD は断面交通量により逆推計が可能であり、鉄道・バス・航空等の公共交通は時刻表で需要規模を把握できることを示した。また、将来推計では、人口より GDP の方が相関が高い傾向にあることや、過去の需要トレンドなどにより投資による利用者数増加を鑑みる必要があること、転換率は SP 調査を実施する場合に留意点が必要である他、時間価値による推計も可能である点を示唆できた。

今後の課題としては、日本と同等のデータセットを揃えるには、調査期間と費用が必要である点を鑑みると、上記手法は調査において有効であるものの、簡易的な推計における一般的な傾向及び地域的な傾向について現段階で十分に検討できていない点での課題が残る。そこで、今後 OD の逆推計や簡易的な転換率モデルの構築方法、過去の事例収集による体系化が望まれる。

#### 参考文献

- [1]BPS (インドネシア統計局), “<http://www.bps.go.id/>”、2015年4月閲覧
- [2]江崎康弘, “グローバル鉄道事業へ活路を見出す日本企業の事業戦略”, 『社会科学論集』, 第142号, pp. 65~97、2014年6月
- [3]藤原章正・杉恵頼寧, “選好意識調査の設計の手引き”, 『交通工学』, Vol28, No. 1, pp. 63-71, 1993年1月
- [4]兵藤哲郎, “交通モデルの進化・革新とその役割”, 『交通工学』, Vol147, No. 2, 2012年4月.
- [5]IMF, “World Economic Outlook Database”,  
<https://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2014/02/weodata/index.aspx>, 2015年4月閲覧
- [6]インテルテック研究所, “SYSTEM FOR TRAFFIC DEMAND ANALYSIS Version 3.0 ユーザーズマニュアル”, 2005年4月
- [7]JICA, “モザンビーク国マプト都市圏都市交通網整備計画 ファイナルレポート” 2014年
- [8]JICA, “ベトナム国持続可能な総合運輸交通開発戦略策定調査 (VITRANSS 2)” , 2010年5月
- [9]JICA, “ベトナム国 南北高速鉄道建設計画策定プロジェクト ファイナルレポート” , 2013年6月
- [10]経済産業省, “平成 23 年度 インフラ・システム輸出促進調査等事業 (円借款・民活インフラ案件形成等調査) インドネシア・ジャカルタ〜バンドン間 高速鉄道導入検討調査報告書” , 2012年11月
- [11]北村隆一・森川高行編著, “交通行動の分析とモデリング”, 技報堂出版, 2002年5月
- [12]国土交通省, “全国幹線旅客準流動調査”  
[http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/soukou/sogoseisaku\\_soukou\\_fr\\_000016.html](http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/soukou/sogoseisaku_soukou_fr_000016.html), 2015年 8月20日閲覧
- [13]国土交通省, “交通と社会経済指標の関連性についての一考察” , 『国土交通月例経済』, 平成14年3月号, 2002年3月
- [14]LAMATA “Consultancy Services for the Extension of the Strategic Transport Master Plan and Travel Demand Model to Cover the Mega City Region DRAFT FINAL REPORT”, 2013年5月
- [15]前川友宏・田中久光, “OD 逆推計モデルの実務適用へ向けた検証”, 国土交通省近畿地方整備局研究発表会 論文集, 2009年
- [16]新谷洋二, “都市交通計画、第5章 都市交通の調査”, 技報堂出版, 2003年4月
- [17]OECD, “Domestic Product Real GDP forecast” , <https://data.oecd.org/gdp/real-gdp-forecast.htm>, 2015年4月閲覧
- [18]大野泉, “新しい時代の日本の開発協力〜連携型協力のすすめ〜” , 『SRID Journal』, 第6号, pp. 1-12, 2014年1月
- [19]長田哲平・森本章倫・古池弘隆, “商業施設に着目した交通影響評価手法に関する一考察” , 『第30回土木計画学研究発表会・講演集 CD-ROM』, 2004年11月
- [20]吉田朗・原田昇 (1996), “鉄道の路線・駅・結節交通手段の選択 を含む総合的な交通手段選択モデルの研究” , 『土木学会論文集』, No. 542/IV-32, pp. 19-31, 1996年7月