

ロジットモデルを用いたリニア中央新幹線の需要予測

三浦 英俊

1. はじめに

東京と大阪を結ぶ新しい交通機関の担い手としてリニア中央新幹線が計画されている。東海道新幹線の輸送量が能力限界に近づいているために新たなバイパス路線が必要なことをきっかけとして、リニア中央新幹線計画は実現に向けて大きく動きだした。これが実現すればマグレブ（磁気浮上式鉄道、Magnetic Levitation、もしくは Maglev）という新しい交通機関によって東京-大阪間が約1時間で結ばれることになる[16]。

2007年12月にJR東海が公表した文書によれば、首都圏-中京圏間のリニア中央新幹線290kmの路線建設および車両費用は、2025年に開業するとして5.1兆円を要すると見積もられている（中京圏-関西圏については言及されていない）[9]。この費用に見合う収入を既存の新幹線や航空から旅客を呼び込むことによって確保する計画である。同文書はリニア中央新幹線と東海道新幹線を合わせた営業収益が開業年に2007年比で5%増加することを見込んでおり、その後は10%の増加を予想している。

本稿ではロジットモデルを用いてリニア中央新幹線の利用旅客数を予測する。関東・中部・近畿を対象地域として航空、鉄道、幹線バス、乗用車による旅客流動を2005年に実施された「第4回全国幹線旅客純流動調査データ」を使ってモデル化する。得られた各交通機関のロジットモデルパラメータを利用して将来のマグレブに関するパラメータを推定する。続いて東京-名古屋さらに大阪間を結ぶリニア中央新幹線につ

いて途中駅の位置を考慮した6つのケースを想定し、既存交通機関からリニア中央新幹線への移行旅客人数を予測する。なお本稿では交通機関名称として「マグレブ」を、JR東海が計画するマグレブ路線を「リニア中央新幹線」と呼ぶことにする。

新規交通路線のみならずプロジェクトによる効果の予測にロジットモデルは幅広く適用されている。

予測される対象は社会便益[7]、自動車への情報提供[14]、交通需要マネジメント（TDM）導入効果予測[5]など多岐にわたる。ロジットモデルについての詳しいテキストである[11]にも多くの実例が紹介されている。新幹線や航空など広い地域にわたる交通機関を対象とした最近の研究に焦点を当てるすれば文献[8][17][13]などがある。

これら既往研究のうち文献[7]で提案する「統合型需要モデル」は、ロジットモデルと発生集中モデルを組み合わせて、交通インフラ整備による社会便益の増加や誘発需要を考慮して将来の需要を予測している。これに対して本研究ではロジットモデルのみを利用して既存の旅行者流動データに基づいた将来の交通機関選択率の変化を予測しているにすぎない。便益の変動や誘発需要を考慮せず、リニア中央新幹線による旅行者総数は変化しないことを前提としている。したがって得られる需要予測はおそらく実際の需要よりも小さいことに注意しておかねばならない。

リニア中央新幹線に目を移すと、東京-大阪間の利用者数の予測や社会的インパクトを詳細に論じた研究として文献[1]がある。これは2003年に発表された需要予測であり、2000年の実績値を基準として2020年に輸送量（利用者人数×輸送距離）が25~40%増加することが見積もられている。本研究は全国幹線旅客純流動調査データを用いて予測を行い、これら既往研究と比較して結果の妥当性を検討したい。

本研究が対象地域とする関東から近畿にかけての

みうら ひでとし
明海大学 不動産学部
〒279-8550 浦安市明海1-2
受付 09.1.7 採択 09.5.25

23都府県においては、交通機関や鉄道路線は経路、種類が多岐にわたる。現実の旅行者の経路は一律に最短時間経路あるいは最短距離経路を利用するとは限らない。運賃等の料金設定は会社によっても販売時期・販売方法によっても違いがある。よってロジットモデルを利用した交通機関選択モデルの多くが説明変数として使用している料金や所要時間を同じように変数とすることは難しい。本研究では大圏距離を使用する。同じ起終点間であっても旅行者によって異なる料金や所要時間のデータを網羅的に収集することが困難であるため、代わりにこれらとおおよそ比例しており、起終点ペアごとに一意に定まる大圏距離を用いるのである。詳しくはモデルの構造について述べる4節で説明する。

2. 第4回全国幹線旅客純流動調査

全国幹線旅客純流動調査とは、通勤・通学等の日常生活圏内の流動を除いて都道府県間を越える国内旅客流動の調査に基づいて地域間の流動人数を推計したものである[3]。第4回調査は2005年に実施された。年間旅客人数や乗り継ぎ人数などの拡大・統合処理が行われており、地域間の旅客人数の推定値を得ることができる。本研究では、平日と休日の調査データを元に推定された1年間の代表交通機関別の流動人数データを使用する。代表交通機関とは、複数種類の交通機関を利用したときに、距離の長短にかかわらず(1)航空、(2)鉄道、(3)幹線旅客船、(4)幹線バス、(5)乗用車等の優先順位で最も順位の高い交通機関を指す。例えば、幹線バス→鉄道→航空→鉄道の順に利用した旅行者の代表交通機関は航空となる。

集計地域区分は全国を207に分割した生活圏を使用する。生活圏間の代表交通機関別年間流動人数データを使用する。ただしデータが「都道府県間を超える流動データ」を起終点別に生活圏に分けたものであるため、同一都道府県内にある生活圏間の流動人数データはない。また北海道の道北、道東、道央、道南の4地域、および複数の都道府県を含む首都圏・中京圏・近畿圏はそれぞれ1つの都道府県のように扱われるため、これらに含まれる生活圏間の流動人数データもない。しかしリニア中央新幹線の利用者数予測を目的とする本研究では、航空および新幹線が主たる交通機関となる200kmを超えるような旅行に主眼を置くため、これら近距離のデータが少ないことはあまり問題にはならないと思われる。

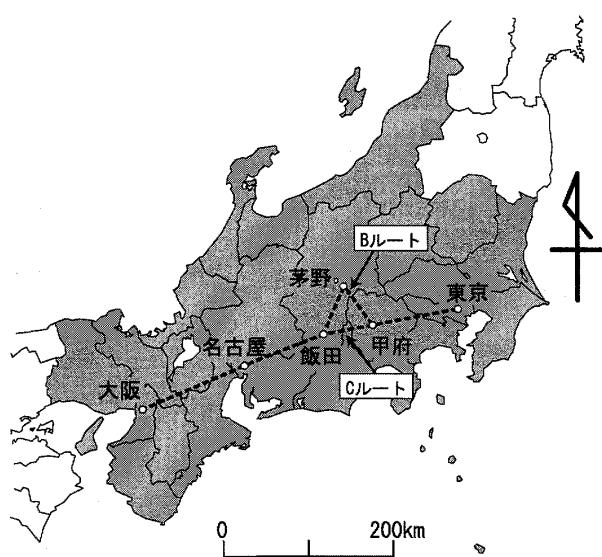


図1 対象領域と予定されるルート

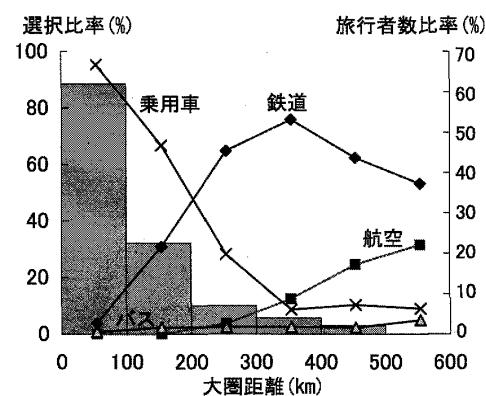


図2 距離帯別代表交通機関選択比率（折れ線、左軸）と旅行者数比率（ヒストグラム、右軸）

生活圏に含まれる市区町村のうち最も人口の多い市区町村の役所・役場の位置を代表点とする。代表点の経度緯度データは主として数値地図25000（地名・公共施設）から取得したものを使う。

関東・中部・近畿の内部および相互間の旅客流動を分析対象とする（図1）。この地域には207のうち92の生活圏が含まれる。対象地域における2005年当時の年間流動総人数は約9.2億人であった。生活圏間で発生した旅客流動が、各生活圏の代表点を起点および終点とし、この間の大圏距離を旅行距離とするならば、年間の総旅客流動量は983億5,415万人キロである。したがって一人あたりの平均旅行距離は107kmと見積られる。流動総量（人キロ）に基づいて計算した代表交通機関の分担率は、航空1.4%，鉄道19.3%，幹線バス1.3%，乗用車等77.8%であった。また利用者人数ベース（人）による分担率は航空1.3%，鉄道

18.6%，幹線バス1.3%，乗用車78.8%であり，流動総量ベースの場合とほぼ同じである。なお，船の分担率は1%未満であるので本研究では船に関するデータは使用せず，モデルでも取り上げない。

図2は横軸に地域間の大圈距離をとり，100 kmごとに集計した代表交通機関の選択率を示したものである。同時に距離帯別の旅行者数比率も表す。ヒストグラムを見ると，100 km以下の旅行が60%以上の比率であることが分かる。200 kmを超える旅行は全体の10%ほどに過ぎない。マグレブは全体としては量が多いとはいえないこれら長距離流動の旅行者を航空，鉄道とともに奪い合うことになる。

折れ線を見るとおおよそ200 kmまでは乗用車，300 km以上は鉄道が最も優位であることが分かる。航空は400 kmを超える距離で比率が高くなるが鉄道を上回ることはない。幹線バスはいずれの距離帯においても5%未満である。東京-名古屋の大圈距離は約250 kmである。この間にリニア中央新幹線が走行したとき，鉄道から移行してくる利用者はある程度期待できるが，もともと全体量の少ない航空利用からの移行人数はあまり多くないことが予想される。

3. リニア中央新幹線の予定路線

昭和48(1973)年の運輸省告示第466号「建設を開始すべき新幹線鉄道の路線を定める基本計画」によれば，“中央新幹線とは東京都と大阪市を結ぶもので，甲府市附近，名古屋市附近，奈良市附近を主な経由地とする”となっている。途中のルートおよび駅については公式非公式さまざまな意見がある。JR東海は木曾谷を経由するAルート，伊那谷を経由するBルート，南アルプスを経由するCルートを候補として調査を実施している[10](図1)。本研究では実現の可能性が高いと指摘されているBルートとCルートを対象として，途中駅を含めたいくつかの検討案について，利用者数を予測検討する。

4. ロジットモデルによる交通機関選択率推定

生活圏 i から生活圏 j へ移動する利用者は，代表交通機関として航空，鉄道，幹線バス，乗用車，マグレブのいずれかをロジットモデルに従って選択すると仮定する。目的地までの距離(大圈距離)と交通機関の利用のしやすさを表す出発地から駅・空港までのアクセス距離および駅・空港から目的地までのイグレス距

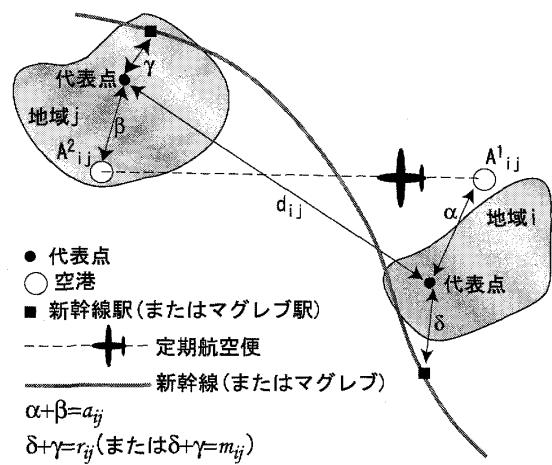


図3 記号説明図

離を使用して交通機関選択確率を推定する。記号を以下のように定める(図3)。

- d_{ij} : 地域*i*の代表点から地域*j*の代表点への大圈距離。単位はキロメートル。
 - A_{ij}^1 : 航空を利用する場合には、地域*i*および*j*の代表点から空港までのアクセス・イグレス距離合計が最小となり、かつ定期便がある空港ペアを使うと仮定する。定期便がある空港ペアのうち、地域*i*および*j*の代表点からのアクセス・イグレス距離合計が最小となる空港ペアを取り出す。ペアのうち地域*i*の代表点に近い空港を A_{ij}^1 とする。
 - A_{ij}^2 : 同様にして、ペアのうち地域*j*の代表点に近い空港を A_{ij}^2 とする。
 - a_{ij} : 地域*i*の代表点から空港 A_{ij}^1 までの大圈距離+地域*j*の代表点から空港 A_{ij}^2 までの大圈距離。すなわち空港までのアクセス・イグレス距離合計である。単位はキロメートル。
 - r_{ij} : 地域*i*の代表点から最も近い新幹線駅までの大圈距離+地域*j*の代表点から最も近い新幹線駅までの大圈距離。単位はキロメートル。
 - m_{ij} : 地域*i*の代表点から最も近いマグレブ駅までの大圈距離+地域*j*の代表点から最も近いマグレブ駅までの大圈距離。単位はキロメートル。
- なお出発地と目的地を往復する場合に、行きのアクセス距離は帰りのイグレス距離となる。以降では簡単のためアクセス距離とイグレス距離を区別せずどちらも「アクセス距離」と呼ぶことにする。

地域*i*から地域*j*へ移動する旅行者が交通機関 k ($k=1$: 航空, 2 : 鉄道, 3 : 幹線バス, 4 : 乗用車, 5 : マグレブ) を選択する確率を p_{ijk} , P_{ijk} と置く。

これらはロジットモデルに従って次のような構造を持っているものとする。

$$p_{ijk} = \frac{e^{V_{ijk}}}{e^{V_{ij1}} + \dots + e^{V_{ij4}}}, \quad (1)$$

$$P_{ijk} = \frac{e^{V_{ijk}}}{e^{V_{ij1}} + \dots + e^{V_{ij5}}}. \quad (2)$$

p_{ijk} は、マグレブ開通前の 4 つの交通機関の選択率、
 P_{ijk} はマグレブ開通後の 5 つの交通機関の選択率を表す。

V_{ijk} は交通機関 k を選択して地域 i から j へ旅行する旅行者の効用を示すものであり、交通機関別に以下のように与える。 θ_{kl} はパラメータである (k は交通機関、 l は 1: 定数項、2: 距離、3: アクセス距離を表す)。

$$V_{ij1} \text{ (航空)} = \theta_{11} + \theta_{12}d_{ij} + \theta_{13}a_{ij}, \quad (3)$$

$$V_{ij2} \text{ (鉄道)} = \theta_{21} + \theta_{22}d_{ij} + \theta_{23}r_{ij}, \quad (4)$$

$$V_{ij3} \text{ (幹線バス)} = \theta_{31} + \theta_{32}d_{ij}, \quad (5)$$

$$V_{ij4} \text{ (乗用車)} = \theta_{41} + \theta_{42}d_{ij}, \quad (6)$$

$$V_{ij5} \text{ (マグレブ)} = \theta_{51} + \theta_{52}d_{ij} + \theta_{53}m_{ij}. \quad (7)$$

代表点間距離 d_{ij} は料金および利用時間の代替として使用し、交通機関ごとに異なるパラメータ $\theta_{12}, \dots, \theta_{52}$ を与える。推定されるパラメータは出発地・目的地の位置や交通機関の利用距離に関係ないので、4 つの交通機関が旅行者に与える効用の大きさが目的地までの距離によってどのように変化するのかを眺める手がかりとなる。

変数 a_{ij} は最も近い空港へのアクセス距離になるとは限らない。定期便がある空港ペアに限って出発地・目的地から最も近い空港を利用することが仮定される。

変数 r_{ij} については説明を要する。全国幹線旅客純流動調査の鉄道旅行者データは在来線利用と新幹線利用をともに含むが、 r_{ij} は在来線の駅は考慮しない。これは 2 つの理由による。第一に、鉄道駅には新幹線や特急など長距離移動のための優等列車が停車する主要駅とそうでない駅がある。主要駅だけを取り出すことができれば各代表点から主要駅への距離をアクセス距離として使うことができるが、両者を明確な定義のもとに線引きすることは難しい。主要駅でない駅までの距離は単独ではアクセス距離と見なすことはできず、その駅から主要駅までの距離も合わせてアクセス距離と呼ぶべきであろう。少なくとも新幹線駅は主要駅と呼んで差し支えないと思うが、そのほかの主要駅をこの目的において明確に定義して取り出すことが困難なため、やむを得ず新幹線駅だけを対象とする。第二の

理由は、未知のマグレブのアクセス距離パラメータ θ_{53} 推定のためである。マグレブは乗降にあたって待ち時間および手続きなどに要する所要時間は空港よりもむしろ新幹線駅における時間に近いと予想される。リニア中央新幹線の途中駅数は限られているため、アクセスのしやすさはせいぜい新幹線駅程度であろう。後で述べるように、 θ_{53} として鉄道のアクセスパラメータ θ_{23} を援用する予定である。よって θ_{23} の推定にとっては在来線を含む全ての鉄道駅よりもむしろ新幹線駅だけに限定した方が適切であると考えた。

なお、データ収集の困難さから使用を避けた旅行時間と費用について、東京 23 区生活圏と大阪市生活圏間の流動だけに限ってロジットモデルの効用との関係について分析した。詳しくは付録 A 節で述べる。

5. パラメータの推定と吟味

5.1 パラメータの推定

最尤推定法を利用してパラメータ推定を実行する。第 4 回全国幹線旅客純流動調査による地域 i から地域 j への旅行者流動のうち、交通機関 k を選択した人数を Q_{ijk} とする。対数尤度関数を

$$\ln L = \sum_{ijk} Q_{ijk} \ln(p_{ijk}) \quad (8)$$

として交通機関選択率関数 p_{ijk} に含まれるパラメータ θ_{kl} を推定したところ表 1 のようになった。ただしここでは定数項パラメータ θ_{k1} のいずれかを固定しても一般性を失うことがないことを利用し、 $\theta_{11}=0$ と固定した。

5.2 パラメータの検定

パラメータ θ を

$$\theta = (\theta_{11}, \theta_{12}, \theta_{13}, \theta_{21}, \theta_{22}, \theta_{23}, \theta_{31}, \theta_{32}, \theta_{41}, \theta_{42}) \quad (9)$$

とする。最尤推定値はいわゆる正則条件が満たされる場合に漸近的な正規性と一致性を有することが知られている[6]。この正規条件が成り立つとき、 θ の真の値を θ_0 、 θ の推定値を $\hat{\theta}$ 、さらにフィッシャー情報行列 $I_F(\theta_0)$ の逆行列を $I_F^{-1}(\theta_0)$ 、観測データ数を n とすると、以下の式が漸近的に成り立つ。

$$\sqrt{n}(\hat{\theta} - \theta_0) \rightarrow N(\mathbf{0}, I_F^{-1}(\theta_0)), n \rightarrow \infty. \quad (10)$$

ただしフィッシャー情報行列 $I_F(\theta_0)$ とは

$$I_F(\theta_0) = -E\left[\frac{\partial^2 \ln L}{\partial \theta \partial \theta^t}\right]_{\theta=\theta_0} \quad (11)$$

のことである。ここでは、フィッシャー情報行列の一一致推定量として(11)の期待値をはずして最尤推定値 $\hat{\theta}$ で評価したヘシアン推定量 $H(\hat{\theta})$

$$H(\hat{\theta}) = - \left[\frac{\partial^2 \ln L}{\partial \theta \partial \theta^t} \right]_{\theta=\hat{\theta}} \quad (12)$$

を用いる。 $H(\hat{\theta})$ の逆行列の第 x 対角要素が(9)の第 x 番目のパラメータの分散に相当することを利用してt検定を行う。

表2にパラメータ θ_{kl} のt値を示す。どのt値も絶対値は1.96より大きく、すべてのパラメータが5%の有意水準でゼロではないといえる。また尤度比は0.714であり、本研究で使用するロジットモデルの枠組みが十分な推定精度を有していることが示された。さらに交通機関別の利用者総数を表3に示す。ロジットモデルが使用データの旅行者流動をよい精度で再現できていることが分かる。

さらに、航空旅客に限定してではあるが、航空輸送統計年報を用いて航空旅客輸送実データと推定値を検証比較する。平成17年度航空輸送統計年報によれば、2005年の1年間に対象領域23都府県に位置する空港間を利用した人数は1,335万4,691人であった[2]。第4回全国幹線旅客純流動調査による1,216万人、ロジットモデルによる1,240万人よりもやや多い。これは航空輸送統計年報データが起終点の両方またはどちらか一方が対象領域の外である旅客を含んでいること

表1 パラメータ θ_{kl} 推定値

$k \setminus l$	1(定数)	2(目的地までの距離)	3(アクセス)
1(航空)	0(固定)	-0.039	-0.035
2(鉄道)	2.076	-0.044	-0.012
3(幹線バス)	-0.416	-0.047	
4(乗用車)	5.454	-0.063	

表2 パラメータ θ_{kl} のt値

$k \setminus l$	1(定数)	2(目的地までの距離)	3(アクセス)
1(航空)	-	-61.9	-66.4
2(鉄道)	13.1	-73.3	-127.0
3(幹線バス)	-2.6	-79.0	
4(乗用車)	34.5	-106.3	

表3 ロジットモデルによる交通機関別の利用者数(万人/年)の再現と誤差率(%)

	純流動データ(A)	ロジットモデル(B)	誤差率 $(A - B)/A \times 100$
航空	1,216	1,240	-2.0
鉄道	17,236	17,105	0.8
幹線バス	1,228	1,165	5.2
乗用車	72,301	72,561	-0.4

によるものと考えられる。ともかく航空旅客データからもロジットモデルによる流動推定がある程度の妥当性を有すると判断することができた。

5.3 パラメータ推定値の妥当性

表1のパラメータは定数項を除いてすべて距離を変数とするから、各交通機関の効用 V_{ijk} は、旅行者が距離あたり費用、快適性、および速度について総合的に判断した効用と読むことができる。目的地までの距離、アクセスに関するパラメータはすべて負である。どの交通機関についても、距離が伸びるほど効用が低下することを示している。

変数別にパラメータ値を比較しよう。定数項は先に述べたように航空を零に固定しており、鉄道と乗用車は正であるが幹線バスは負となっている。

目的地までの距離に関するパラメータを見ると、航空、鉄道、幹線バス、乗用車の順に距離による効用の低減が少ないことが分かる。乗用車と乗用車以外の大半輸送交通機関のパラメータにはおよそ0.02の明確な差が見られる。

航空のアクセスパラメータ θ_{13} は鉄道 θ_{23} よりも小さい。旅行者にとって空港が手荷物および身体検査あるいは搭乗前の待機など鉄道駅に比べて多少の時間を要することを評価したものと解釈できる。

6. リニア中央新幹線の利用者数予測

ロジットモデルに将来実現するマグレブを導入して選択確率 P_{ijk} を予測する。はじめにリニア中央新幹線のルートおよび途中駅ケースを準備する。続いて効用関数 V_{ij5} のパラメータ $\theta_{51}, \theta_{52},$ および θ_{53} を設定する。将来のリニア中央新幹線完成時の人の生活圏間流動が2005年の全国幹線旅客純流動調査データと同じであると仮定して、設定したケースごとにマグレブを含めた5つの交通機関の交通分担を予測する。

6.1 ケースの設定

JR東海は品川駅もしくは東京駅を起点として2025年に名古屋までの開業を目指しており、さらに大阪までの延伸が期待されている。東京側の駅は品川駅が有力だという報道がある[15]。2009年1月現在、伊那谷を経由するBルートと南アルプスを貫通するCルートについて、多くの議論が提示されている。

そこで本研究では、終着駅として品川、名古屋、新大阪、途中駅として甲府、茅野、飯田を候補として次の6つのケースを設定する(表4)。茅野駅を含む2つのケースはBルート、それ以外はCルートに対応

表4 リニア中央新幹線の6つの路線および途中駅ケース

ケース	品川	名古屋	新大阪	甲府	茅野	飯田	ルート
1				×	×	×	C
2	○	○	×	○	×	○	C
3				○	○	○	B
4				×	×	×	C
5	○	○	○	○	×	○	C
6				○	○	○	B

する。

6.2 マグレブの効用関数パラメータの設定

マグレブは速度が新幹線と航空機の中間で、利用に際しての手続き時間が鉄道なみでアクセスできる便利な乗り物となるようだ。マグレブの効用関数 V_{ijk} の3つのパラメータを以下のように設定する。

$$\theta_{51} = \theta_{11}, \quad (13)$$

$$\theta_{52} = \theta_{12}, \quad (14)$$

$$\theta_{53} = \theta_{23}. \quad (15)$$

すなわち目的地までの大圏距離パラメータと定数項パラメータは航空のものを、アクセスパラメータは鉄道のものをそれぞれ借用する。

6.3 マグレブパラメータの設定の妥当性の検討

実現されていないマグレブについて、上のパラメータ設定の妥当性を現時点で判断することは難しい。ここではパラメータ設定の違いによるリニア中央新幹線利用者総数を比較することにより、マグレブのパラメータ値の範囲を鉄道と航空の中間に限ったうえであるが、この設定による利用者数推定が「控えめ」な予測であるか、それとも「甘い」予測であるかを調べる。

2つの重みパラメータ $\lambda_1, \lambda_2 (0 \leq \lambda_1 \leq 1, 0 \leq \lambda_2 \leq 1)$ を導入して、マグレブのパラメータを

$$\theta_{51} = \lambda_1 \theta_{11} + (1 - \lambda_1) \theta_{21}, \quad (16)$$

$$\theta_{52} = \lambda_1 \theta_{12} + (1 - \lambda_1) \theta_{22}, \quad (17)$$

$$\theta_{53} = \lambda_2 \theta_{13} + (1 - \lambda_2) \theta_{23}, \quad (18)$$

とする。定数項および目的地までの距離に関する重み λ_1 とアクセスに関する重み λ_2 は、マグレブの設定を0に近いほど鉄道寄り、1に近いほど航空寄りの値とする役割がある。 $(13), (14), (15)$ のパラメータ設定は $\lambda_1 = 1, \lambda_2 = 0$ の場合に相当する。 λ_1, λ_2 をそれぞれ0から1まで0.1刻みで変化させて、ケース6の駅設定においてリニア中央新幹線の利用者総数を求めたところ図4のようになった。図中右下の白丸が使用するマグレブのパラメータ設定にあたる。このときの利用者総数は3,750[万人/年]となる。パラメータ設定を鉄道

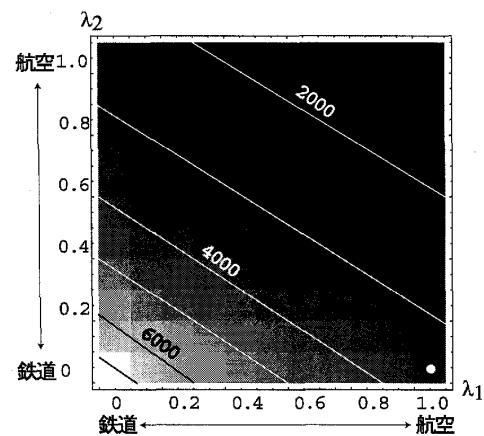


図4 パラメータ設定の違いによるリニア中央新幹線利用者総数の比較

表5 リニア中央新幹線完成後の交通機関別利用者数予測 [万人/年] (下段括弧内数値は分担率[%])

	航空	鉄道	幹線バス	乗用車	マグレブ
マグレブ	1,240	17,105	1,165	72,561	0
なし	(1.3)	(18.6)	(1.3)	(78.8)	(0)
ケース 1	1,089 (1.2)	15,974 (17.3)	1,114 (1.2)	72,009 (78.2)	1,885 (2.0)
ケース 2	1,087 (1.2)	15,894 (17.3)	1,108 (1.2)	71,802 (78.0)	2,184 (2.4)
ケース 3	1,083 (1.2)	15,840 (17.2)	1,104 (1.2)	71,731 (77.9)	2,314 (2.5)
ケース 4	855 (0.9)	15,040 (16.3)	1,085 (1.2)	71,836 (78.0)	3,255 (3.5)
ケース 5	850 (0.9)	14,924 (16.2)	1,076 (1.2)	71,620 (77.8)	3,601 (3.9)
ケース 6	845 (0.9)	14,857 (16.1)	1,071 (1.2)	71,544 (77.7)	3,753 (4.1)

と同じ ($\lambda_1=0, \lambda_2=0$) にすると利用者総数は7,500[万人/年]、航空と同じ ($\lambda_1=1, \lambda_2=1$) にすると1,400[万人/年]である。

この比較検討はパラメータ設定の妥当性を判断するものではないが、少なくとも使用するパラメータ設定が予測される利用者総数から見て中位の予測水準であることが確かめられた。

6.4 ケース別利用者数予測

以上のような設定とした P_{ijk} を用いて、マグレブを加えた場合の交通機関分担を計算した。結果を表5に示す。いずれのケースも年間あたり旅客流動人92,071万人は一定である。全てのケースにおいて、マグレブの利用者数は航空利用者数を上回る。幹線バスの分担率1.2%にほとんど変化はない。最も分担率の高い乗用車はマグレブのない場合79%であったものが78%とわずかに比率を落とす。マグレブの分担率はケース1の時に2%，最も高いケース6の時に4%となる。

マグレブがない場合を基準として比較すると、航空利用者数はケース 1, 2, 3 の場合 12~13% 減少し、ケース 4, 5, 6 の場合は 31~32% 減少すると予想される。また鉄道の利用者数も低下をまぬがれることはできず、7~13% の減少が予想される。

名古屋から大阪まで延伸することによって、マグレブは 1,400 [万人/年] の増加が見込める。品川-名古屋のみの場合と比較して 7 割以上の利用者増となる。途中駅として甲府・飯田の 2 駅を設定すると利用者が 300~350 [万人/年] 増加する。これらに茅野を加えるとさらに 130~150 [万人/年] の上積みが見込まれる。茅野はかなり集客力のある駅となることが予想される。その理由は、B ルートを見ると、茅野付近の路線が長野県北部に向かって突き出ているためであり、長野、富山、新潟上越など広い範囲が茅野の駅勢圏となる可能性があるからである。

図 5 は、ケース 6 のプランでリニア中央新幹線が完成した場合の距離帯別代表交通機関分担率である。すべての距離帯で鉄道と航空の中間程度の分担率となることが予想される。400 km を超えるような旅行の分担率が最も高く、35% 程度となるようだ。なお、図 5において 500 km 以上の距離で鉄道の利用率が上がり、マグレブと航空が減少していることについては多少の説明を要する。この距離帯に含まれる出発地・目的地ペアは、水戸・日立-堺や新潟-和歌山などであり、リニア中央新幹線の駅である品川、新大阪までのアクセス距離が遠いところにある。したがってマグレブの利用は新幹線駅を利用できる鉄道よりも不利である。航空についても、最寄りの空港（羽田、伊丹など）まで遠いため同様であり、結果として鉄道の利用率が高くなっている。

6.5 既往研究との結果比較

先に述べたように、JR 東海は東京名古屋間のリニア中央新幹線開通によって、開業初年度の 2025 年に東海道新幹線を合わせた営業収益が 2007 年比で 5% 増加することを見込んでいる[9]。中央リニア新幹線基本スキーム検討会議は、東京と大阪がリニア中央新幹線で結ばれた場合に、2000 年の実績値を基礎として 2020 年に東海道新幹線と合わせて交通需要が 25~40% 増加することを見積もっている[1]。

2 つの予測は前提とする仮定や比較する基準年に違いがあり、これらは 2005 年を基準年とする本研究の仮定とも異なる。また予測する数値は、JR 東海が「営業利益」、中央リニア新幹線基本スキーム検討会議

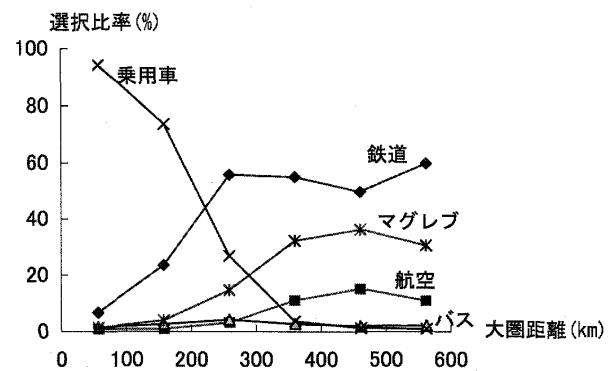


図 5 ケース 6 によるリニア中央新幹線開通後の距離別代表交通機関分担率

が「交通需要」、本研究が「利用者人数」とそれぞれ異なっている。単純な比較は難しいが、本研究における 6 ケース各々についてマグレブと鉄道を合わせた利用者の増加率を求めてみよう。利用者増加率はケース 1: 4.4%, ケース 2: 5.7%, ケース 3: 6.1%, ケース 4: 7.0%, ケース 5: 8.3%, ケース 6: 8.8% である。おおよそのところ名古屋までの場合は 5% の増加、大阪まで建設した場合は 8% の増加を見込むことができる。本研究の予測は JR 東海の予測に近い結果であるといえる。

6.6 リニア中央新幹線開通が与えるインパクトの地理分布

リニア中央新幹線が与えるインパクトの地理分布を描き、地域別に開通による影響の大きさを考察する。

リニア中央新幹線の実現が影響を与える対象として住民、航空会社、マグレブ会社を想定する。これら 3 者の関心は各々焦点が異なるため、考察のため 4 つの地理分布図を作成する。路線案はケース 6 を採用する。ただしこれは著者がケース 6 の案を支持しているからではなく、最も駅数の多いケース 6 を検討しておけば他の 5 案については各々ケースに応じて地域別の効果を「引き算」することによって事足りると考えたためである。

まず、住民はマグレブによる旅行の利便性向上に関心を寄せるだろう。利便性の向上を地域別のマグレブ利用者比率によって計測する。ここでは、生活圏 i を起点とする旅行者のマグレブ利用比率 $\sum_j P_{ij5} / \sum_j \sum_k P_{ijk}$ の地理分布を示す（図 6）。東京 23 区、名古屋市、大阪市はマグレブ分担率が 10% 以上となる。なお、ほとんどの生活圏にとって、近距離を除いて目的地として最も多くの旅行者を集める地域は東京 23 区地域である。またマグレブは距離が長くな

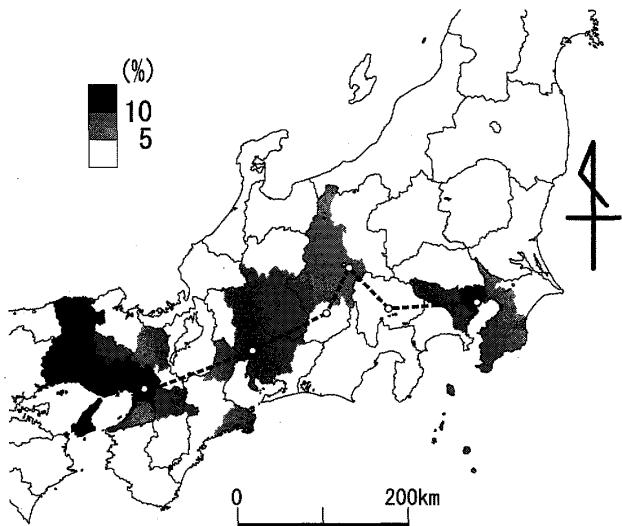


図6 生活圏別マグレブ利用比率

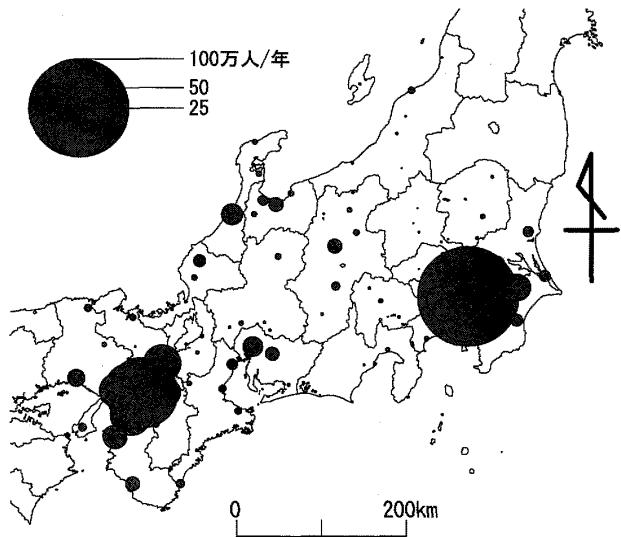


図7 生活圏別航空利用者減少人数

るほど航空と鉄道に対して優位となる。大阪や兵庫のマグレブ分担率は高いのはこれら2つの理由による。愛知、岐阜、長野の分担率が高いことも同様の理由によるものである。その一方で山梨は東京に近いので、リニア中央新幹線の駅がありながら乗用車の方が優位なためマグレブの効果はあまり高くない。

航空会社にとっては航空利用からマグレブへ転換する旅行者数が大きな問題である。ロジットモデルでは、マグレブ開通による旅行者ごとの交通機関選択率が推定されているにすぎないので、航空からマグレブに乗り換えた人数を直接知ることはできない。そこで開通前と後の航空利用者数の差を出発地域別に集計したものを図7に示す。東京と大阪を中心として航空利用者数の減少が著しい。東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県を起点とする航空利用者は188[万人/年]の減少、大阪府、兵庫県、京都府を起点とする航空利用者は161[万人/年]の減少となる。平成17年度航空輸送統計年報によれば羽田空港-伊丹空港と羽田空港-関西空港の2005年の航空利用者数は718万人であったから、この2路線の利用者は半減する可能性がある[2]。

リニア中央新幹線を経営管理するJR東海は地域別の利用者数予測に大きな関心を持つと考えられる(図8)。各地域の人口を反映して、関東、関西、中京の順に予測される利用者数が多い。リニア中央新幹線からやや距離のある静岡、長野県北部を起終点とする流動についてもいくらかの利用者を見込むことができる。

またJR東海は鉄道以外からマグレブへの移行者数に関心があるだろう。表5のケース6をみると、マグレブ利用予測人数3,800[万人/年]に対する他交通機

関の減少人数は、鉄道2,200[万人/年]、幹線バス100[万人/年]、乗用車1,100[万人/年]となっており、航空の減少人数400[万人/年]は乗用車からの移行人数の半分以下である。この傾向は他の5ケースでも同様である。そこで、乗用車利用の減少人数を示すと図9のようになる。関東、甲信越、中京の減少人数が大きく、これらの地域において長距離の乗用車利用がマグレブに転換する可能性が大きいことが予想される。

リニア中央新幹線は航空や新幹線との競争に注目が集まりがちであるが、利用者数の獲得のためには最も利用人数の多い交通機関である乗用車からなるべく多くの旅行者を引きつけることが重要である。

7. おわりに

本研究は、関東、中部、近畿を対象地域としてリニア中央新幹線の利用者数予測を試みた。未来の乗り物マグレブにどのようなパラメータ値を与えるべきか、あるいは多くの議論が提示されている路線案のうちどれを考慮すべきかなど課題も多い。また、リニア中央新幹線が実現するであろう2025年には我が国の経済状態、石油価格、人口分布は大きく変化しているに違いない。本研究では2005年の旅行者流動を基準とした予測を行ったが、これらの将来予測と影響を考慮することはむろん必要である。

謝辞 本研究は、日本オペレーションズ・リサーチ学会の「未来のインフラストラクチャー」研究部会(主査:慶應義塾大学栗田治教授)の補助および助言を受けました。またOum Tae Hoon南山大学大学院JR

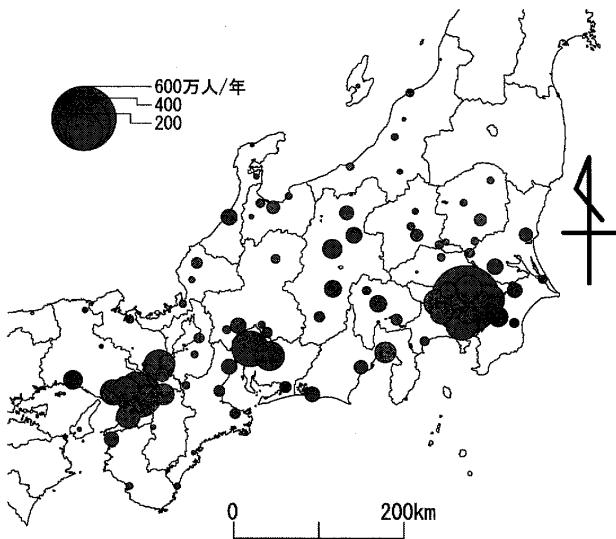


図8 生活圏別マグレブ利用者数

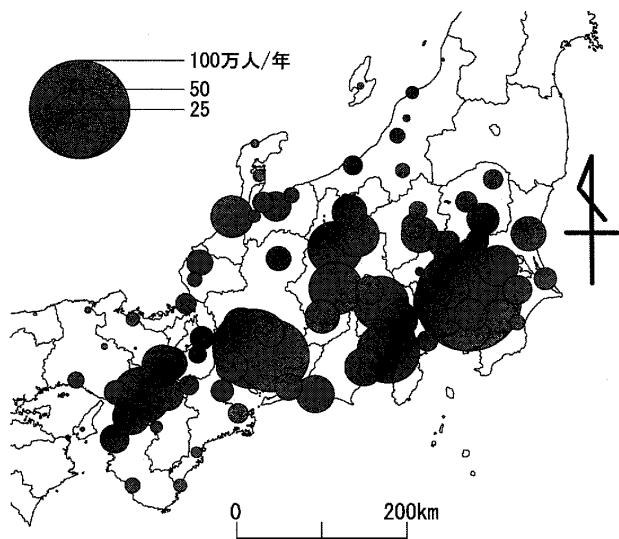


図9 生活圏別乗用車利用者減少人数

東海寄附講座教授と本誌の査読者から貴重な示唆を頂戴いたしました。深くお礼申し上げます。

付録

A. 旅行時間と費用に関する分析

本研究ではデータ収集の難しさからやむを得ず旅行時間と費用の代理変数として大圈距離を使用した。本節では旅行時間と費用がロジットモデルにおける効用に与える影響について、リニア中央新幹線の端点となる東京23区生活圏から大阪市生活圏間への流動に限って分析する。

ナビタイムルート検索サービスを利用して、それぞれの代表点である東京都世田谷区役所（最寄駅は東急世田谷線世田谷）と大阪市平野区役所（最寄駅は大阪

表6 東京23区(i^*)-大阪市(j^*)間の交通機関別データ

交通機関(k)	航空	鉄道	幹線バス(3)	乗用車(4)
(1)	(2)	(3)	(4)	
旅行時間 $t_{i^*j^*k}$ (分)	230	240	580	460
費用 $s_{i^*j^*k}$ (円)	25,000	15,000	8,000	11,000
利用者数 $Q_{i^*j^*k}$ (万人/年)	60.1	233.6	8.7	1.5
割合(%)	19.8	76.9	2.9	0.5

市営地下鉄谷町線平野)間を移動したときの旅行時間と費用を求めた(表6)[12]。出発日時は2009年1月5日9時30分とし、旅行時間および費用の最小単位は10分、千円とする。

東京23区から大阪市への流動に限った場合の旅行時間と費用が、旅行者の交通機関選択に与える影響を調べる。

(3), …, (6)のそれぞれの第2項 $\theta_{k2}d_{ij}$ を

$$\theta_t t_{ijk} + \theta_s s_{ijk} \quad (19)$$

に置き換える。ここで t_{ijk} は交通機関 k による生活圏 ij 間の旅行時間、 s_{ijk} は交通機関 k による生活圏 ij 間の費用とする。 θ_t 、 θ_s はパラメータである。東京23区と大阪市に対応する番号を i^* 、 j^* とする。第2項を(19)と取り替えた(3), …, (6)、表6データ、さらに θ_{k2} を除く表1パラメータ値を投入し、尤度 $\sum_k Q_{i^*j^*k} \ln(p_{i^*j^*k})$ を最大にする θ_t 、 θ_s を推定したところ、 θ_t が -0.026、 θ_s が 0.00015 となった。

旅行時間のパラメータ θ_t は負であるが、費用パラメータ θ_s はほぼ零でわずかに正値である。これは、旅行者は時間短縮によって得られる効用が大きくなるが、支払う費用を下げるとは好まないことを意味する。

この結果は対象地域のうちごく限られた流動のデータを使った推定結果にすぎないが、他の交通機関からお客様を取込むためには、運賃割引よりも時間短縮のほうが効果的であるといえる。

リニア中央新幹線が東京-大阪間に完成すれば、この間を1時間で結ぶといわれているが、料金については2009年1月現在はっきりしたことは分っていない。少なくとも上の結果からは、高い運賃設定をしたとしても時間短縮効果が大きいので相当の旅客を取込むことが可能であると予想することができる。

参考文献

- [1] 国土交通省 (2003), 中央リニア新幹線基本スキーム検

討会議プレス資料.

- [2] 国土交通省, 平成 17 年度航空輸送統計年報
- [3] 国土交通省, 第 4 回 (2005 年) 全国幹線旅客純流動調査 幹線旅客流動の実態～全国幹線旅客純流動データの分析～, <http://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/jyunryuudou/doc/koukaishiryou2005.pdf>
- [4] 柴原尚希, 加藤博和 (2003), LCA を用いた磁気浮上式超高速鉄道整備後の CO₂ 排出量変化予測. 土木計画学研究・講演集, 28, CD-ROM (40).
- [5] 章翔, 兵藤哲朗, 高橋洋二, 久保田尚 (2000), 交通選択行動分析に基づく TDM 施策導入可能性の考察. 都市計画, 49 (4), 84-88.
- [6] 丹後俊郎 (2000) 統計モデル入門, p. 42 および pp. 221-223, 朝倉書店.
- [7] 高瀬達夫, 森川高行, 脇昌央 (2001), 統合型需要モデルを用いた空港整備に伴う利用者便益の計測法. 土木計画学研究・論文集, 18 (1), 149-154.
- [8] 寺部慎太郎, 加藤涉, 河野整, 水口昌彦 (2002), 新幹線と空港が競合する都市間における交通機関選択モデルの構築. 土木計画学研究・講演集, 25, 1-4.
- [9] 東海旅客鉄道株式会社, 自己負担を前提とした東海道新幹線バイパス, 即ち中央新幹線の推進について, 2007 年 12 月 25 日発表.
- [10] 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構, 東海旅客鉄道株式会社 (2008), 中央新幹線（東京都・大阪市間）地形・地質等調査報告書概要, http://jr-central.co.jp/news/release/_pdf/000003334.pdf, 2008 年 10 月 28 日アクセス.
- [11] 土木学会 (1995), 非集計行動モデルの理論と実際. 丸善.
- [12] ナビタイム, <http://www.navitime.co.jp>
- [13] 村上直樹, 竹内太郎, 奥村誠, 塚井誠人 (2006), 航空との補完的サービスを考慮した最適鉄道運行計画. 土木計画学研究・論文集, 23 (3), 629-634.
- [14] 森杉壽芳, アラルコン エンリケ, 岸昭雄, 河野達仁 (2003), ロジット型ルート選択行動モデルにおける交通情報便益計測に関する感度分析. 土木計画学研究・論文集, 20, 913-922.
- [15] 山梨日日新聞, 2008 年 07 月 04 日記事.
- [16] リニア中央エクスプレス建設促進期成同盟会, リニア中央新幹線ホームページ, <http://www.linear-chuo-exp-cpf.gr.jp/index.html>
- [17] 梶元淳平, 塚井誠人, 奥村誠 (2003), 複数経路を考慮した鉄道・航空ネットワークの評価. 土木計画学研究・論文集, 20, 255-260.