

日常生活圏内における新幹線需要予測モデルの開発

柴田 宗典* 武藤 雅威*

Development of Demand Estimation Models for Inner-Regional Shinkansen Passengers

Munenori SHIBATA Masai MUTO

The study focuses on shinkansen's passenger demand in inner-regional trips for daily life, such as commuting, short-distance trip for shopping, which are not necessarily considered in demand analyses and transportation planning for shinkansen lines. Person trip survey was conducted to sample such kinds of trips from the trips of shinkansen and limited express train passengers. Collected data was analyzed to make clear some characteristics of such kinds of demand. Lastly, this paper tried to develop demand estimation models for inner-regional shinkansen passengers based on revealed characteristics, and applied these models to demand estimation of planned shinkansen.

キーワード：新幹線，需要予測モデル，日常生活圏，定期券需要，通勤・通学利用

1. はじめに

新幹線はわが国の国土の骨格を形成するための主要な高速交通機関であるとの国土計画上の位置づけから、その需要分析は地域間の中・長距離の利用を中心に積極的に進められてきた。その基盤データとして最も用いられるのは、全国幹線旅客純流動調査¹⁾データであり、その調査対象は「基本的に都道府県を越える、通勤・通学目的以外の流動」と定義されている。

その一方で新幹線が通勤や買物等の日常的な移動に利用される「地域の足」として定着する事例も数多く見られる²⁾。また、近年の国土計画においては二層の広域圏が提唱され、広域生活圏内におけるモビリティを担保するための政策立案が国土政策における課題の1つとなっている³⁾。新幹線が広域生活圏内におけるモビリティを担保する社会基盤となり得る可能性は高く、国土計画の観点からも日常生活の足としての新幹線需要について着目していく必要があると考える。しかしながら、このような新幹線の日常的な利用は鉄道事業者が駅間の流動量等を捕捉しているに過ぎないのが現状であり、分析・予測の方法論に関して十分な研究蓄積があるとは言い難い。そこで本研究では、現状の全国幹線旅客純流動調査の調査対象外である日常生活の足としての新幹線旅客需要に着目する(図1)。新幹線利用者等を対象とした利用実態調査により「日常生活の足」としての新幹線の利用実態と需要の基本的特性を明らかにした上で、日常生活圏内における新幹線需要予測モデルの開発を試みる。

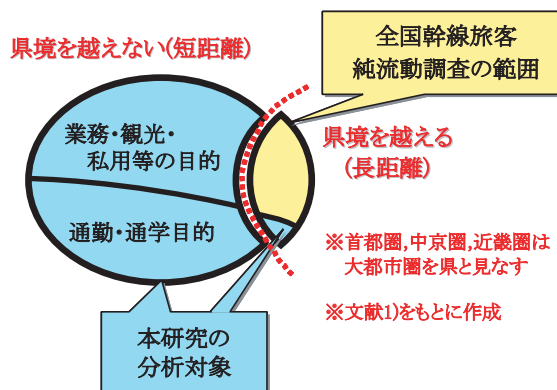


図1 本研究の分析対象である旅客流動

2. 利用実態調査の概要

本研究では「日常生活の足」としての新幹線の利用実態を捕捉するため、2種類のアンケート調査を行なう(表1)。X県(図2)における新幹線利用実態調査(以下、新幹線旅客調査と呼ぶ)では、平日および休日における新幹線の利用状況の全体像を把握するとともに、通勤目的の利用者については利用開始前後の状況の詳細な捕捉を試みている。また、新幹線沿線地域から中核都市のC市へ向かう優等列車(新幹線の開業前は特急列車、開業後は新幹線)利用トリップの発生状況を質問し、新幹線の開業が日常生活圏内の交通に与える影響を観測している。

これに加え、既に首都圏等の大都市圏において新幹線通勤に利用している旅客の捕捉を狙って、インターネットリサーチを利用した新幹線、特急列車等通勤利用実態調査(以下、全国WEB調査と呼ぶ)を行なう。この調査では、WEB調査会社が保有するモニタから新幹

* 輸送情報技術研究部(交通計画)

特集：輸送情報技術

表1 利用実態調査の概要

	X県における 新幹線利用実態調査 (新幹線旅客調査)	新幹線、特急列車等 通勤利用実態調査 (全国WEB調査)
調査日時	2006年11月25日(土) ～11月27日(月)	2006年11月8日(水) ～11月14日(火)
調査対象	C駅における新幹線利用旅客	優等列車(新幹線、特急列車等)を週1回以上の頻度で通勤時に利用している旅客
調査方式	X県の中核都市C市にあるC駅の新幹線コンコースにおいて調査票を配布し、郵送で回収	WEB調査会社に登録している会員から調査対象者を事前調査で抽出し、抽出された会員に本調査を実施
主な調査内容	<ul style="list-style-type: none"> 当日の発着地、アクセス、イグレス交通手段、旅行目的 通勤定期券保有状況 居住地、就業地変化の状況 就業先からの通勤費用支給状況 開業前後におけるC市内への私事トリップ発生頻度の変化 	<ul style="list-style-type: none"> 通勤発着地、通勤経路 通勤定期券保有状況 通勤に新幹線、特急列車を利用する頻度 居住地、就業地変化の状況 就業先からの通勤費用支給状況
回収数	1,864票(回収率:37.3%)	735票

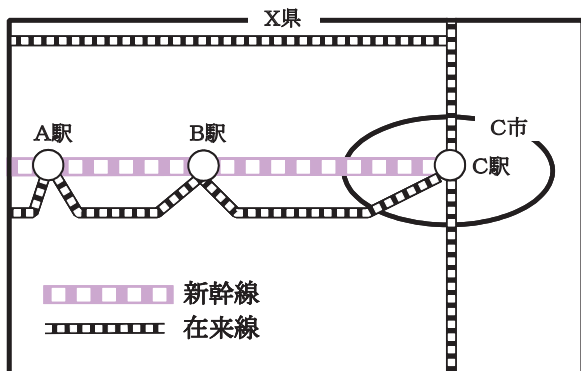


図2 X県内の鉄道路線

線や特急列車等を通勤時に一定程度以上利用している旅客を効率的に抽出して、新幹線旅客調査における通勤利用旅客向けの設問とほぼ同様の調査を実施している。

3. 日常生活圏内における新幹線需要の特性分析

3.1 X県における新幹線の利用実態

まず、X県における新幹線需要の全般的な動向を探るため、新幹線旅客調査データ(N=1,864)を用いて基礎的な集計分析を行なう。図3には基本的なプロフィールの一部を示しているが、全国幹線旅客純流動調査では調査対象外であるX県内の流動が全体の3割程度、通勤・通学目的の利用や定期券での利用が2割程度存在しており、無視し得ない程度の需要量であると推察される。また、主な旅行目的と発着地(X県内/県間)の関係を見ると、日常生活とかかわりが深い通勤・通学目的や買物

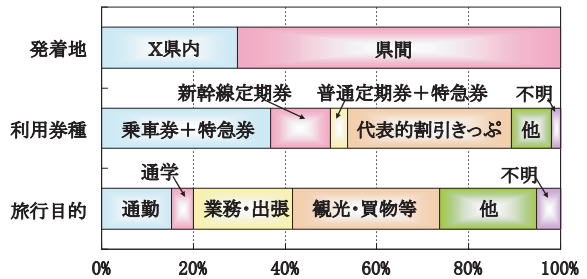


図3 新幹線旅客調査データの基本プロフィール

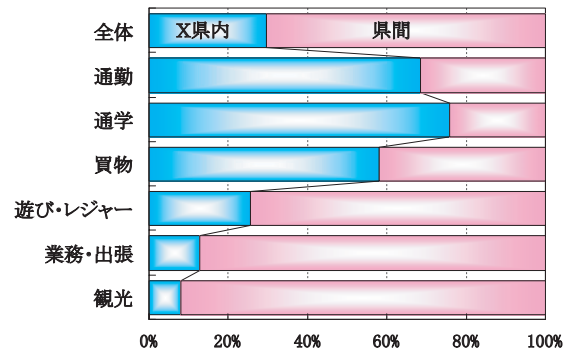


図4 旅行目的と発着地の関係

目的ではX県内が発着地である移動が占める割合が高い(図4)。

3.2 新幹線定期券需要の特性

3.2.1 新幹線通勤定期旅客の通勤発着地の変化

図5に、新幹線通勤定期を保有している旅客を対象に新幹線通勤を始める前と現状で通勤の発着地がどのように変化したかを集計した結果を示す。両調査とも発着地自体は変化していない旅客(カテゴリ④)が全体の約半数程度の割合で存在する。この需要は通勤交通手段の選択問題としてモデル化することができると考えられる。一方、自宅の転居や転勤等の理由により通勤の発着地自体が変化している旅客(カテゴリ①～③)も半数近くに達している。このような需要は、例えば、新幹線が開通したので都心部から郊外に引っ越して、通勤に新幹線を利用するようになった等、新幹線の開業により誘発された通勤需要と解釈できると考えられる。

3.2.2 新幹線定期券に対する自己負担額

新幹線通勤定期券料金は通常の通勤定期券料金よりも割高になることから、就業先からの通勤費用の支給状況が新幹線定期券の選択に多大な影響を与えると考えられる。そのため利用実態調査では、就業先からの通勤費用支給状況を調査項目とし、新幹線定期券料金に対する自己負担額の観測を試みている。図6に、新幹線通勤定期券所持者の就業先からの通勤費用支給状況に関する集計結果を示す。全国WEB調査では約60%、新幹線旅客調査では約30%の旅客が、就業先から新幹線通勤定期券全

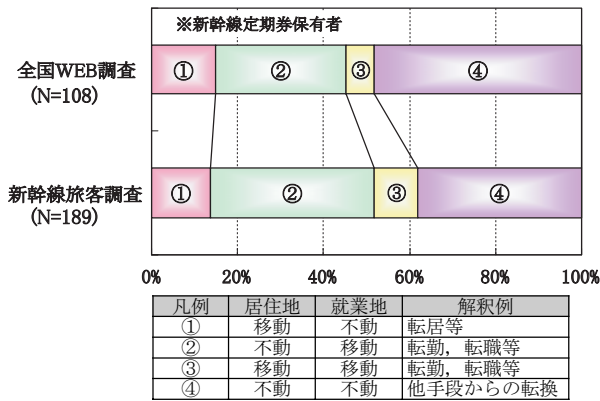


図5 通勤発着地の変化状況（新幹線定期券保有者）

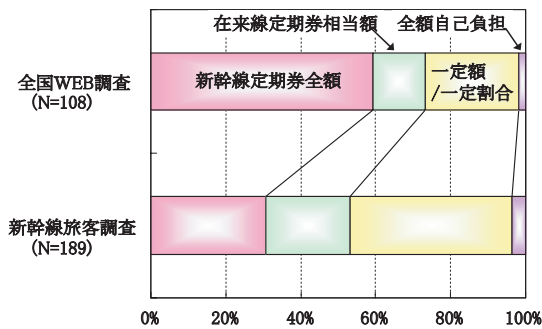


図6 通勤費用の支給状況（新幹線定期券保有者）

表2 新幹線通勤定期券に対する自己負担額（円/月）

	自己負担 平均	自己負担 標準偏差	定期券額面 平均値
全国WEB調査	10,115	18,283	80,987
新幹線旅客調査	16,911	15,028	60,357

※自己負担額が0円のサンプルを含む集計値

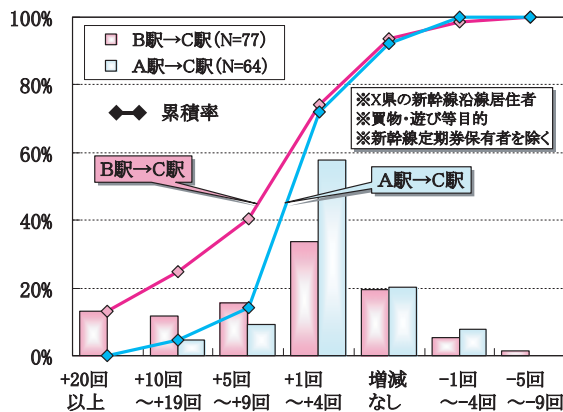


図7 新幹線の開業による優等列車利用頻度の変化

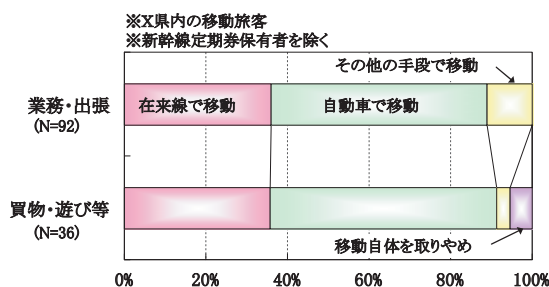


図8 新幹線が存在しないと仮定した場合の行動意向

額の支給を受けており自己負担が一切無いことが分かる。その他の旅客については、在来線定期券相当額から全額自己負担まで就業先からの支給状況は様々であり、通勤者の自己負担額がばらついていると推察される。表2に新幹線通勤定期券に対する自己負担額（自己負担額が0円のサンプルを含む）を示すが、平均で10,000円/月台の自己負担が発生していることや、自己負担額は定期券額面から乖離していることが見て取れる。新幹線定期券の保有選択行動のモデル化に際しては、定期券額面と自己負担額の相違にも留意する必要があると考えられる。

3.3 新幹線定期外需要の特性

X県内の新幹線沿線に開通前から居住しているサンプル（C市居住者と新幹線定期券保有者を除く）について、C市を目的地とした買物、遊び等の目的を持つ優等列車利用トリップの発生頻度のデータにより、新幹線の開業による優等列車利用頻度（新幹線の開業前は特急列車、開業後は新幹線）の増減を集計した結果を図7に示す。新幹線の開業により優等列車の利用頻度が全体平均で1人あたり4.5回/年程度増加していることが明らかとなった。それでは、優等列車の利用が促進されている理由は何であろうか。図8は、アンケート調査に回答したときの移動において「もし新幹線が無かった場合はどのように行動していると思いますか？」との仮想質問に対する回答をX県内の移動でかつ新幹線定期券を保有していないサンプルについて集計した結果である。自動車での移動に切り替えるとの回答が多く、自動車利用から新幹線利用に転換した旅客が多いと推測される。また、買物・遊び等の移動目的では「移動自体を取り止める」意向が観測されていることから、いわゆる「誘発需要」が発生している可能性があるが、その観測率は数%に過ぎず、全体としては在来線を含む他の交通手段からの転換により優等列車の利用が促進されているものと推察される。

4. 日常生活圏内における新幹線需要予測モデル

4.1 モデル構築方針の検討

ここまでに得られた需要特性に関する知見を踏まえ、日常生活圏内における新幹線需要予測モデルの検討を行なう。その第一段階として、これから新幹線の開業が想定される線区の開業年次における旅客需要を推計可能な需要予測モデルの開発を目指すこととする。

ここまでの需要特性の検証の結果、日常生活圏内の新幹線定期外旅客については、他の交通手段からの転換需要が多くを占めていると推察されることから、転換需要を推計できるモデルを構築すれば、開業年次における日常生活圏内の新幹線需要を概ね推計できると考えられる。

一方、新幹線定期旅客に関して、図5のカテゴリ④に

特集：輸送情報技術

相当する通勤旅客については、通勤交通手段の選択問題としてモデル化を検討すればよいと考える。それ以外のカテゴリ①～③の誘発需要に相当する通勤旅客需要については、本来は就業先からの命令や住居費・通勤交通費の支給状況等、通勤者自身では変更が難しい外的条件のもとでの交通手段と居住地の同時決定といった複雑な選択行動であり、現時点では、個人ベースでのデータ計測やモデル化は困難である。また、新幹線の開業直後から安定した旅客需要が発生するとは考えにくく、新幹線の開業年次における旅客需要を予測することを目標とするならば、過大推計の要因となり得ると考えられる。以上の観点から本研究では、通勤交通手段の選択行動をモデル化することで開業年次における新幹線定期券需要を推計する。

4.2 新幹線定期券需要予測モデル

新幹線定期旅客の需要予測モデルにおいては、優等列車（新幹線・特急列車）の通勤定期券と普通通勤定期券のどちらを購入するかを目的変数とする二肢選択型の非集計ロジットモデルにより、優等列車定期券の選択行動をモデル化し、このモデルにより推定される新幹線定期券選択確率に、駅間の開通前実績交通量を乗ずることで、在来線普通列車からの転換需要に相当する新幹線の駅間旅客需要を推計する。

モデルの構築にあたっては、定期券種別の選択行動のみに着目するために、優等列車定期券を既に保有しているサンプルについては図5のカテゴリ④に相当する通勤発着地に変化のないサンプルを抽出し、優等列車定期券を保有する前後における居住地変更行動等の影響を除去することとする。また、普通通勤定期券を保有しているサンプルについては、現在の通勤区間において優等列車通勤定期券が設定されているサンプルを抽出する（優等定期券保有：126サンプル、在来線普通定期券保有：134サンプル、合計：260サンプル）。

表3 定期券種別選択モデル

		モデル1	モデル2
共通変数	所要時間 (時間)	-2.3470** (-4.20)	-1.7710** (-3.05)
	定期券額面 (千円/日)	-1.0855* (-2.47)	
	自己負担額 (千円/日)		-0.9567** (-3.38)
固有変数	新幹線時間率 (%)	0.043286** (6.61)	0.041843** (6.72)
	定数項	-1.8977** (-2.87)	-2.3420** (-4.82)
	尤度比 (DF 調整済)	0.536	0.553
サンプル数		260	260
的中率 (%)		86.9	87.3
時間評価値 (円/分)		36.0	30.9

注) () 内は統計的有意性を示すt値 * : 5%水準で有意 ** : 1%水準で有意

推定されたモデルパラメータを表3に示す。モデル1は定期券の額面を通勤費用に関する説明変数としている。一方モデル2では、就業先からの通勤費用支給状況のデータから算出した自己負担額を通勤費用に関する説明変数に取り入れている。また、「新幹線時間率」は在来線特急列車に対する新幹線の際立った優位性を表現するための変数として取り入れている。尤度比、的中率、t値よりモデル1、モデル2ともに統計的に有意なモデルであるが、モデル2では自己負担額を導入することによりモデルの精度が高まっていることがわかる。

4.3 新幹線定期外需要予測モデル

定期外需要は旅行目的により、普通通勤/通学定期券を所持しているが、たまに新幹線や特急列車を利用する「(a) 通勤・通学目的」需要と、業務・私用等の旅行目的で移動する「(b) 通勤・通学目的以外」に大別できる。以下では、(a)、(b) 別に需要予測モデルを検討する。

4.3.1 通勤・通学目的の新幹線定期外需要

モデル推定に使用可能なデータや統計的手法等を検討した結果、本研究では鉄道事業者が捕捉した某県内における利用実績より、ある路線の特急列車停車駅間の「特急列車定期券」と「定期券+特急券」の券種別分担率を算出し、特急列車の所要時分で分担率を説明するロジスティック回帰モデルを最尤推定法で推定する (式(1), (2))。

$$P_{nt} = 1 - \frac{\exp(-5.10502 + 0.13731 \times X)}{1 + \exp(-5.10502 + 0.13731 \times X)} \quad (1)$$

$$P_{ex} = 1 - P_{nt} \quad (2)$$

P_{nt} : 普通定期券+特急券の分担率 (%)

P_{ex} : 特急列車定期券の分担率 (%)

X : 特急列車の所要時分 (分)

モデルの相関係数はR=0.99となっており、高い再現性を有していることを確認している。なお、モデル構築に用いたデータ X は 26 分～47 分の範囲にある。

ここで、式(2)により算出された現状の「特急列車定期券分担率」と「特急列車定期券の駅間需要量」により、特急列車定期券と普通定期券+特急券をあわせた駅間需要総量 D_{com} を逆推計する (式(3))。一方、式(1)に新幹線において想定されている所要時分を代入することで、新幹線開業後の普通定期券+特急券の分担率 P_{nt_new} を推定し、 D_{com} に乗ずることにより「普通定期券+特急券」即ち「通勤・通学目的の新幹線定期外利用」の旅客需要が推計される (式(4))。

$$D_{com} = D_{ex} / P_{ex} \quad (3)$$

D_{com} : 特急列車定期券、普通定期券+特急券の駅間需要量 (人)

D_{ex} ：特急列車定期券の駅間需要量（人）

$$D_{nt} = D_{com} \times P_{nt_new} \quad (4)$$

D_{nt} ：普通定期券＋特急券の駅間需要量の推計値（人）

4.3.2 通勤・通学目的以外の新幹線定期外需要

ここでは、新幹線に対抗する主な交通機関である自動車や普通列車からの転換需要を推計するモデルを構築する。既往研究より、自動車利用者が「いろいろなところを周遊することができる」等の公共交通機関にはない自動車の利便性を重要視する場合、公共交通機関のサービスレベルが向上しても公共交通機関には転換しない「自動車固定層」が存在すること等の自動車利用者の需要特性が判明している⁴⁾。そのため需要予測モデルの構築においては、公共交通機関と自動車の選択行動を2段階のツリー構造に分けた非集計ネスティッドロジットモデルや、自動車固定層を特別に考慮する定数項を効用関数に挿入する手法⁵⁾等の工夫が施される。このような自動車利用者の特性を考慮する必要性とモデル推定に使用可能なデータや統計的手法等を検討した結果、本研究では、自動車と普通列車から新幹線への転換需要量を個別に推計するモデルを構築する。

自動車からの転換量推計モデルの構築には、第4回全国幹線旅客純流動調査（2005年10月実施）の個票データを使用する。対象の流動は某地方の主要幹線鉄道路線が通過する三県相互間の流動とし、対象地域に発着地を持つ幹線鉄道と自動車のトリップデータ（個票）により、自動車と優等列車の二肢選択型非集計ロジットモデルを構築した結果を表4に示す。自動車の魅力度と解釈される定数項が大きく、日常生活圏内の近距離トリップにおける自動車の優位性を表現したパラメータとなっていると考えられる。

予測計算では、まず表4のモデルにより新幹線開業前の特急列車分担率 P_{r_old} を推定する。次に式(5)で優等列車の定期外需要実績 $D_{teikigai}$ から通勤通学目的の定期外需要を除いた優等列車の定期外需要 D_{kansen} を算出し、式

表4 交通機関選択モデル（対自動車）

説明変数		パラメータ
共通	所要時間（時間）	-0.6850** (-4.29)
	費用（万円）	-3.5149** (-5.97)
鉄道 固有	端末距離（km）	-0.0154** (-2.65)
	優等列車頻度（本/日）	0.0282** (4.14)
自動車 固有	トリップ距離（km）	-0.0172** (-9.76)
	定数項	4.6771** (11.9)
尤度比（DF調整済）		0.615
サンプル数		989
的中率（%）		89.7
時間評価値（円/分）		32.5

注) () 内は統計的有意性を示すt値 *：5%水準で有意 **：1%水準で有意

(6)によって通勤・通学目的以外の優等列車と自動車の流動総量 D を逆推計する。

$$D_{kansen} = D_{teikigai} - D_{nt} \quad (5)$$

$$D = D_{kansen} / P_{r_old} \quad (6)$$

この D に新幹線の予測分担率を乗じて、自動車からの転換需要に相当する新幹線の駅間旅客需要を推計する。

普通列車からの転換量推計モデルの構築には鉄道事業者の流動実績データを使用して、集計型ロジットモデルにより優等列車・普通列車分担率推定モデルを構築する。推定対象は某地方の主要幹線鉄道路線（在来線）が通過する二県における定期外旅客の優等列車・普通列車分担率とし、パラメータ推定には重み付け最尤推定法を適用している。構築された二肢選択型モデルを表5に示す。このモデルで推定される新幹線開業後の在来線普通列車に対する新幹線の分担率に在来線普通列車の定期外需要量を乗ずることで、在来線普通列車からの転換需要に相当する新幹線の駅間旅客需要を推計する。

表5 分担率推定モデル（対普通列車）

説明変数		パラメータ
共通	費用（万円）	-40.2779** (-258.8)
速達選択肢 ^{注2)}	LN（短縮時間）（時間）	0.5119** (191.1)
優等列車	優等列車頻度（本/日）	0.0406** (530.9)
	トリップ距離（km）	0.0995** (330.3)
重相関係数		0.741
対象区間数		105

注1) () 内は統計的有意性を示すt値 *：5%水準で有意 **：1%水準で有意
注2) 乗換時間等を含む所要時間が短い選択肢に適用されるパラメータ

4.3.3 予測性能の検証

ここでは新幹線が開業する前の流動実績データ等を利用して新幹線開業後の需要量を推計し、開業後の実績値と対比することで、構築した日常生活圏内における新幹線定期外需要予測モデルの予測性能を検証する。

分析対象地域はX県（図2）とし、新幹線の開通前に観測された流動実績データ等から、開通1年後の新幹線の需要量を推計し、流動実績データと比較する（図9）。X県内の新幹線駅相互3区間のみでの検証ではあるが、推計値と実績値は概ね一致しており、構築した日常生活圏内における新幹線定期外需要予測モデルは概ね良好な予測精度を持つことが分かる。

5. 需要予測モデルによるシミュレーション例

本研究では、将来的に新幹線の開業が想定されるY県について、開業年次における新幹線の定期券および日常生活圏内の定期外旅客需要を駅間で予測する。試算にあたっては、並行在来線の特急列車は全廃されると仮定している。なお、需要予測モデルの作成においては、在来

特集：輸送情報技術

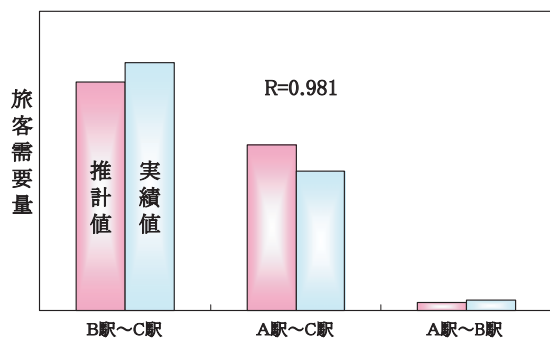


図9 新幹線定期外需要予測モデルの予測性能 (X県内)

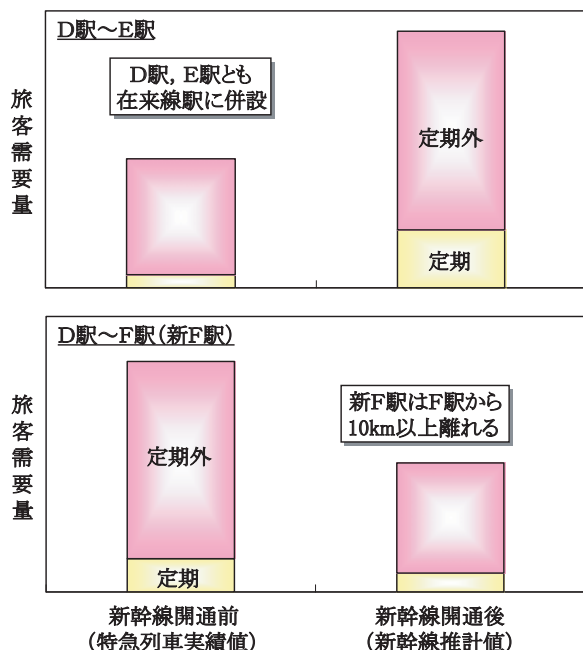


図10 日常生活圏内の需要シミュレーション結果 (Y県内)

線駅がいわゆるゾーン中心の役割を果たしている現状から、旅客流動を在来線駅をゾーン中心とするゾーン間の流動と見なしてモデルを作成している。新幹線駅が在来線駅から離れた郊外に設置される場合は、ゾーン中心が新幹線駅側に移動するものと想定されるため、便宜的に新しいゾーン中心を在来線駅と新幹線駅の間地点に設定する。この場合、モデルへの入力値に両駅へのアクセス抵抗値(所要時間、費用等)を加算することにより、新幹線駅へのアクセス等に新たに必要となる末端交通を考慮できると考えられる。

ここでは、D駅⇄E駅、D駅⇄(新)F駅の試算結果を示す(D駅⇄E駅：図10上段、D駅⇄(新)F駅：図10下段)。なお、新幹線と特急列車以外の交通手段におけるサービスレベルは平成17年時点より不変とした。また新F駅については、末端交通として路線バスサービスを想定し、類似の路線バスにおけるサービスレベルから算出した所要時間と料金を加算している。試算の結果、既存駅同士のD駅⇄E駅では優等列車の需要量が開通前の2倍程度まで増加するが、新幹線駅が郊外に設置され

るD駅⇄(新)F駅については、開通前の水準を下回る結果となった。日常生活圏内においても、新幹線駅の郊外への設置による末端交通におけるアクセス抵抗等の変動が必要に大きな影響を与える可能性を示唆している。その対策として、新幹線駅へのアクセスサービスの強化(駅へのアクセスバスの多頻度運行、パーク&ライド用駐車場の整備等)、並行在来線における代替サービスの継続(通勤特急や快速の設定)が考えられる。更には、新駅周辺の都市基盤の整備、宅地開発等による需要創出の視点からの施策の検討も重要であると考えられる。

6. 結論と今後の課題

本研究では、これまで分析・予測の方法論に関して十分な研究蓄積があるとは言いがた日常圏内における新幹線の旅客需要に着目し、独自に実施したアンケート調査で得られたデータ等により、需要特性を明らかにした上で、日常生活圏内の新幹線需要予測モデルを開発した。開発した予測モデルを将来的に新幹線の開業が想定される地域での新幹線需要予測に適用し、日常生活圏内の新幹線需要シミュレーション例を示した。

新しい国土計画で構想されている広域生活圏におけるモビリティ確保の観点から、今後も新幹線を含む幹線旅客交通の需要に関する調査、分析、予測技術の高度化の重要性は益々高まると考えるが、本研究の対象である日常生活圏内における新幹線需要に限っても、新幹線駅周辺の開発等による通勤需要の定着過程の解明と予測手法の開発、企業の通勤交通費支給の実態を捕捉し分析する手法の開発、他地域・他線区・多時点でのモデルの適用性の検証(モデルの時間・空間移転性に関する検討)等の研究課題がある。例えば、全国幹線旅客純流動調査の対象に県内流動を追加する等、幹線交通計画のための公的調査の更なる充実を期待したい。

文献

- 1) 国土交通省政策統括官：平成18年度全国幹線旅客純流動調査報告書，2007
- 2) 太田 雅達：新幹線における通勤輸送，JREA, Vol.49, No.8, pp.31818-31820, 2006
- 3) 森地 茂，「二層の広域圏」形成研究会：人口減少時代の国土ビジョン，p.78, 2005
- 4) 柴田 宗典，内山 久雄，武藤 雅威：幹線旅客の交通機関選択行動における意思決定プロセスのモデル化，土木計画学研究・講演集，Vol.38, CD-ROM, 2008
- 5) 武藤 雅威，相原 直樹，辻村 太郎：新幹線延伸開業に伴うモーダルシフトを考慮した二酸化炭素排出削減量の試算，鉄道力学論文集，第10号，pp.1-6, 2006