

鉄道直通運転区間における選択特性に関する研究

橋本 渉一* 緒方 優**

Route Select Characteristics in Direct Operation for Another Railway Line

Shoichi HASHIMOTO* Masaru Ogata**

ABSTRACT

Railway direct operation for another line is convenience in urban transportation demands. In 2009 Hanshin railway Nanba line is opened, then direct train operation is started for Kintetsu railway Nara line each other. Transportation demands are increased between Hanshin area and Nara area. In the future direct train operations are planed between Hanshin area and Ise-Shima area or Nagoya area. When peoples select public transportation facilities, there are several reasons. Select items are travel time, cost, express extra charge, change frequency of facilities, travel distance etc. In this study, these select items at travel using public transportations are studied by multiple regression analysis. Future trip demands are calculated using direct train operation between Hanshin railway and Kintetsu railway.

Keywords : Railway direct operation , Hanshin, Kintetsu, Multiple regression analysis

1. はじめに

公共交通機関の代表である鉄道は他社・他路線との相互乗り入れによる直通運転を行うことで、交通利便性を向上させている。新規の直通運転を実施することにより、利用者側の移動手段には多くの変化と選択性が与えられ、各交通機関間の新たな交通結節点の創出、あるいは競争が産まれている。

近畿圏において、2009 年阪神なんば線の開通により、新たに阪神電気鉄道(以下阪神電鉄)が近畿日本鉄道(以下近鉄)奈良線との相互直通運転を開始した¹⁾。相互直通運転の開始により、阪神間と奈良を結ぶ広域ネットワークが形成され、様々な経済効果をもたらしている。また阪神電鉄と近鉄は、阪神なんば線を介して賢島駅(三重県志摩市)と三宮駅(神戸市中央区)を直通する特急列車の新設を検討している。これにより、観光地である伊勢志摩と阪神間が直結され、交通利便性が大幅に向上すると予測されている。

2. 研究の進め方、目的

阪神なんば線～近鉄奈良線の相互直通運転がもたらした効果について、乗り入れ区間の旅客流動結果を調査する。さらに日本各地で実施されてきた鉄道の直通運転に²⁾³⁾

ついて、各種の統計から地域間流動に関する調査および分析を行い、各種公共交通機関の選択要因について明らかにする。

鉄道の直通運転区間における公共交通機関の選択要因の特性について、重回帰分析法を用いて流動量予測のための計算モデルを作成し、公共交通の選択性の変化と沿線地域に与える影響を明らかにする。

検討ケースとして、近鉄特急の阪神線乗り入れが実施された場合を想定し、伊勢志摩および名古屋の2方面からの乗り入れが実現された場合について、旅客流動の変化について検討することを研究目的とする。

3. 相互直通運転

3.1 経緯と効果

鉄道の相互直通運転は、我が国の大都市圏において約 50 年前から実施されており、公共交通利便性を向上させてきた。京阪神圏においては、昭和 43 年より神戸高速鉄道の開通による阪急電鉄～山陽電気鉄道(以下山陽電鉄)間ならびに阪神電気鉄道～山陽電鉄間の相互直通運転が開始され、利便性の向上が図られた。

神戸市では、昭和 63 年より神戸市営地下鉄～北神急行間の相互直通運転が開始されたことにより、西神エリアから谷上駅を経由し神戸電鉄への乗り換えが容易になるなど、交通ネットワークの拡充に繋がっている。

* 都市工学科 教授

** 平成 24 年度 都市工学科卒業、現JR東海

3.2 近鉄から阪神への乗り入れ計画

阪神なんば線⁴⁾の開通ならびに阪神～近鉄間相互直通運転⁵⁾によって、図1に示す通り利用者数の増加、旅客運輸収入の増加などの効果が生じている。

阪神なんば線の各駅と阪神本線甲子園駅以西の多数の駅で乗降者数が増加している。一方、阪神本線甲子園駅以東の駅では乗降者数が減少している。これは阪神なんば線開通以前に利用されていたルートから、阪神なんば線利用ルートに移行したと推察される。また、今津駅・魚崎駅など他路線との乗換駅の利用者が増加していることから、阪神なんば線の開通や相互直通運転によって交通結節点としての利便性が向上したと考えられる。

近鉄⁶⁾では、現在の阪神三宮～近鉄奈良間の相互直通区間を伊勢志摩方面等へ拡大することを計画している。この場合阪神線に乗り入れる近鉄特急は、阪神三宮～近鉄賢島駅間の209.3km(阪神本線・阪神なんば線・近鉄難波線・近鉄大阪線・近鉄山田線・近鉄志摩線を経由)を運行することが検討されている。

将来的には阪神三宮～近鉄名古屋駅間の222.1km(阪神本線・阪神なんば線・近鉄難波線・近鉄大阪線・近鉄名古屋線を経由)の運行や、山陽電鉄姫路駅までの乗り入れ(三宮～姫路間60.6km)も想定されている⁷⁾。

ただしこれには、現在の阪神～近鉄間相互直通運転でも一部車両の仕様が統一されていないため、今後設備改良の必要性がある。

4. 公共交通機関の選択要因の分析

4.1 重回帰分析の前提

ある目的地へ向かう際に、利用できる公共交通機関が複数存在する場合、利用者がどのような要素を考慮し公共交通機関を選択するか、その選択特性を重回帰式を用いて分析する。

重回帰分析^{8) 9)}とは、ある変数の動きが別のいくつかの変数の動きによって左右されている時、回帰式を用いてその変動の原因を求める統計手法である。

目的変数 y と説明変数 $\{X_0, X_1, X_2, \dots, X_n\}$ を表す n 組の観測データが得られたとき、それらの関係に着目し、求める回帰式の計算 y と観測された Y の2乗和が最少となるように、(1)式の1次線形式で表される偏回帰係数 $\{a_0, a_1, a_2, \dots, a_n\}$ を決定する。

$$y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n \quad \dots(1)$$

大阪・神戸～九州、京都・大阪～和歌山、京阪神～鳥取、岡山～高松・松山・徳島・高知間の各公共交通機関の、流動量データおよび、以下の説明変数を用い重回帰分析を行うことで、利用者がどの要素を重要視して公共交通機関を選択するか、その選択要因を考察する。

各ルートの出発地点および到着地点は、出発地・到着地の所属する市町村の代表駅とした。

① 乗換回数(駅・バスターミナル・空港・港へのアクセス中も含む) 乗り換え地点において、上下動あるいは10分以

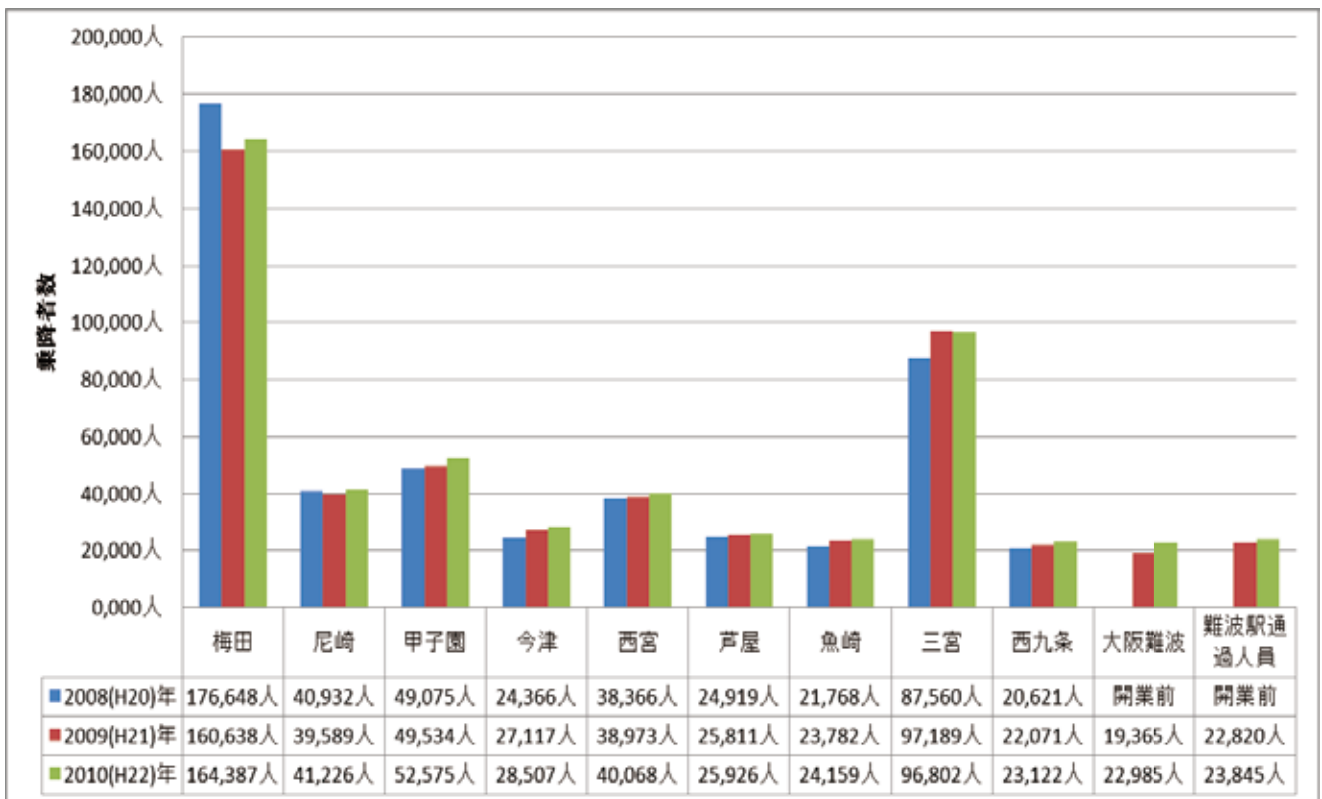


図1 阪神 各年11月の1日平均乗降客数⁴⁾

上の徒歩連絡が必要となる場合、乗り換え回数に1回加算することで、乗り換え抵抗として考慮した。

- ② 所要時間(駅・バスターミナル・空港・港へのアクセス時間も含む)
 - ③ 運賃(代表交通機関のみ)
 - ④ 付加料金(運賃以外にかかる特急料金・座席指定料金・チケット購入時の手数料・空港等へのアクセス料金)
 - ⑤ 距離(駅・バスターミナル・空港・港へのアクセス分も含む)
 - ⑥ 運行本数(1日の運転本数/17時間)
ただし 17時間=A.M. 6:00~P.M. 11:00
 - ⑦ 輸送力(各交通機関の1便あたりの座席数、自由席を除く)
 - ⑧ 当該地域間の全流動量
- 以上8個の選択要素を説明変数とした。

4.2 重回帰式の算出

図2に示すフローに従って重回帰分析および相関係数の算出を行った。選択要因の重要度を求めるため分析ツールによって導き出された偏回帰係数について、標準偏回帰係数に置き換え判断した。

フロー内に示す基準を満たさない説明変数(距離・輸送力)については、フロー図に従い分析から排除した。導出された偏回帰係数および標準偏回帰係数を表1に示す。偏回帰係数を代入し、下記の回帰モデル式が得られた。

$$Y = 17871.24 - 7934.41X_1 - 424.27X_2 + 11.31X_3 - 17.46X_4 + 79317.12X_6 + 0.30X_8 \quad \dots (2)$$

偏回帰係数について考察すると、運賃・運行本数・全流動量は正の符号となっており、各要素の値が大きくなるほど目的変数yは増加する。運賃以外の2つの要素に関しては、各要素の値が大きくなるほど利用者にとってメリットが大きくなるため、現実に対応していると考えられる。運賃に関しては値が大きくなるほど利用者にとってメリットが小さくなる。これは鉄道が直通運転を行う区間は長距離であり、距離が長いほど運賃は高くなるという料金体系によるものと考えられる。

一方、乗換回数・所要時間・付加料金は負の符号となっており、各要素の値が小さくなるほど目的変数yは増加する。これら3つの要素に関しては、各要素の値が小さくなるほど利用者にとってメリットが大きくなるため、現実に対応していると考えられる。

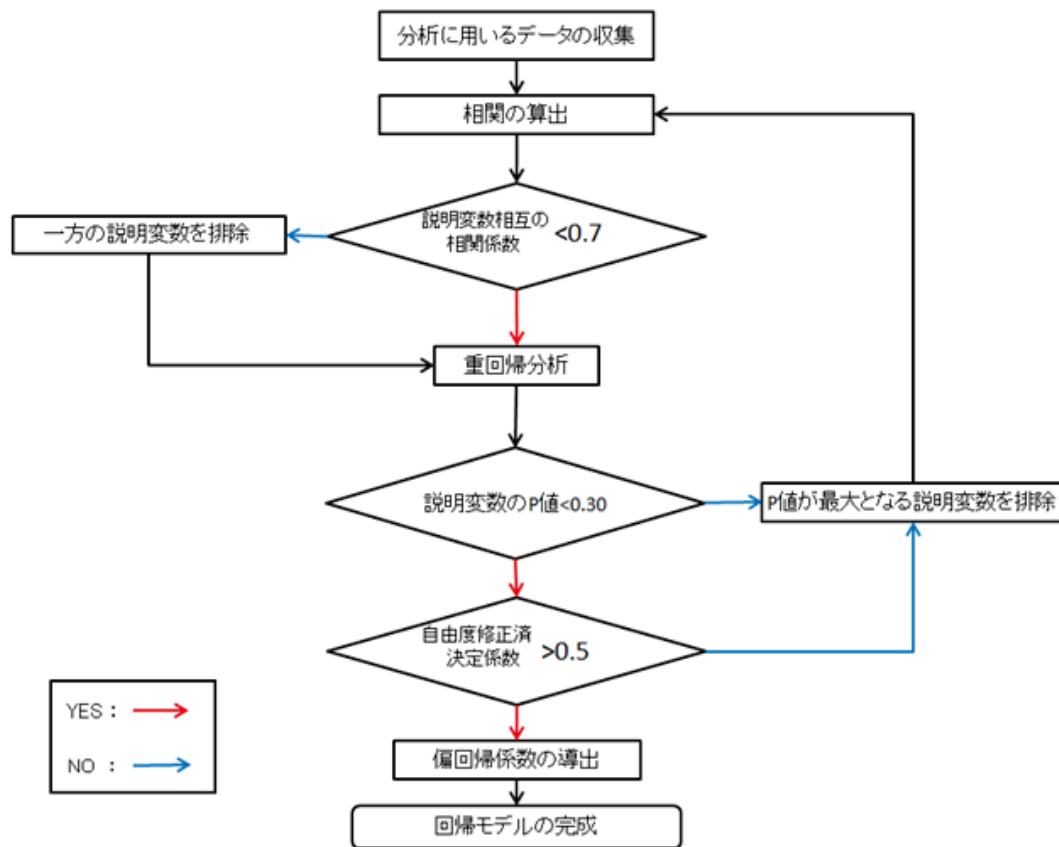


図2 重回帰分析フロー

標準偏回帰係数が大きくなることにより目的変数 y への影響は大きくなる。換言すると標準偏回帰係数が大きいほど、公共交通機関の選択要因として重要度が高いと考えられる。

標準偏回帰係数から、選択要因の重要度は運賃 > 所要時間 > 付加料金 > 運行本数 > 乗換回数の順になる。なお、全流動量については、利用者自身が選択できる要素ではないため説明変数として採用しない。

交通機関の選択によって運賃や所要時間が大きく変わるため、利用者がこれらの要素を重視していることが推察できる。また運行本数が多い交通機関ほど利用し易く、出発時間待ちによる時間のロスも少なくなることから、利用を決定する要因の一つであると考えられる。

回帰モデルを用いた目的変数 y と従来の実績データから求められる観測値 Y の関係を図3に示す。この結果から、ほぼ実績データを表す回帰式を求められたと考えられる。

5. 阪神～近鉄直通運転による効果

前章で導出された回帰モデル式を用い、近鉄特急の阪神線乗り入れが実施された場合、阪神線～伊勢志摩間および阪神線～名古屋間における直通運転の諸パラメータ値を想定し、このルート選択性がどのように変化するか明らかにする。

また直通運転実施前後の流動量比較のため、2013年1月現在のダイヤを基に、それぞれの地域間において直通運転が実施されない場合についても計算を行った。

5.1 阪神線～伊勢志摩間特急

現在の運行形態と比較すると、近鉄特急の直通運転により、大阪難波駅あるいは鶴橋駅における乗り換えの必要がなくなり乗り換え回数が減少する。所要時間に関しては、乗車時間と乗り換え時間に分けて検討を行う。

・乗車時間: 経由する路線は同一であるため大きな時間短縮は望めない。現在大阪難波駅から伊勢神宮(内宮)の最

寄り駅である宇治山田駅までの所要時間が約110分、阪神三宮～大阪難波駅間の所要時間が約40分であることから、想定される阪神三宮～宇治山田駅間の乗車時間は約150分となる。

・乗り換え時間: 特急に乗り継ぐための待ち時間分が減少すると推察される。現在大阪～伊勢志摩地域間特急は約20～40分間隔で運行されているため、平均待ち時間を30分とする。

・運賃: 経由する路線は同一であるため増減はないが、付加料金に関しては、阪神線分の特急料金が追加されるため増加する。近鉄の特急料金体系に当てはめると阪神線分の特急料金は500円となり、すなわち500円が料金増加分となる。

・運行本数: ダイヤパターンが崩れることによって阪神線へ直通する特急以外の利用者の利便性が損なわれないようにするため、現在1時間間隔で運行されている大阪上本町～賢島間特急列車が阪神線に乗り入ると仮定する。

上記の各パラメータ値を回帰モデル式に代入し、需要予測値を算出すると、阪神線に直通する特急の運行による乗換回数の減少および乗り継ぎ時間分の短縮による所要時間の減少によって、直通運転列車運行前に比べ旅客流動量が大きくなり、東行き176%、西行き177%と増加がみられた。

阪神線分の付加料金が追加され利用者の金銭負担が増大したにもかかわらず、流動量が増加した要因として、乗換抵抗の解消ならびに所要時間の短縮が、付加料金の負担といったマイナス要素を打ち消す効果があることが推察される。特に所要時間に関しては、標準偏回帰係数の大きさから分かるように、利用者が交通機関を選択する際の大きな要因の一つであることから、時間短縮がなされることは、神戸～伊勢志摩地域間の旅客流動需要の喚起に繋がると考えられる。

また、実際に利用者が増加した場合、鉄道会社が受ける直接的効果だけでなく、地域が受ける間接的効果も期待される。因みに平成25年には伊勢神宮で式年遷宮が

表1 重回帰分析 偏回帰係数

| | | 乗換回数 X_1 | 所要時間 X_2 | 運賃 X_3 | 付加料金 X_4 | 運行本数 X_6 | 全流動量 X_8 |
|------------|----------|---------------|---------------|-------------|---------------|---------------|---------------|
| 偏回帰係数 | a_j | -7934.41 | -424.27 | 11.31 | -17.46 | 79317.12 | 0.30 |
| 偏差平方和 | s_{jj} | 137.9333 | 927449 | 2.19E+09 | 4.63E+08 | 16.68022 | 6.56E+12 |
| 標準偏回帰係数 | b_j | -0.07772 | -0.3408 | 0.4411 | -0.31332 | 0.270195 | 0.638963 |
| 標準偏回帰係数絶対値 | | 0.077725 | 0.340797 | 0.4411 | 0.313319 | 0.270195 | 0.638963 |
| 順位 | | 6 | 3 | 2 | 4 | 5 | 1 |

行われ、観光需要が増加した。

また観光客が神戸～伊勢志摩地域間を移動する場合鉄道交通の他、旅行ツアー等の貸切バス利用を選択することも想定される。このため、神戸あるいは伊勢志摩地域からその周辺地域へ向かう際の乗換抵抗の解消や、阪神・近鉄各沿線から近鉄直通特急への乗換を容易にするため、緩急接続^(注)を実施するなどの施策を行うことなどが、流動量増加に寄与すると考えられる。

(注)緩急接続：優等列車の停車駅において、停車駅・速度の異なる列車を相互に乗り換えられるようにすること。今回の事例においては、近鉄直通特急と他種別の列車との接続とする。

5.2 阪神線～名古屋間特急

近鉄特急の直通運転により、阪神線～伊勢志摩間特急の場合と同様、大阪難波駅あるいは鶴橋駅においての乗り換えの必要がなくなり、乗り換え回数が減少する。

諸パラメータに対する影響および効果は、阪神線～伊勢志摩間特急による影響および効果とほぼ同内容となるが、改めて以下に記述する。

・乗車時間：経由する路線は同一であるため大きな時間短縮は望めない。現在大阪難波駅から名古屋駅までの所要時間が約 130 分、阪神三宮～大阪難波駅間の所要時間が約 40 分であることから、想定される阪神三宮～名古屋駅間の乗車時間は約 170 分となる。

・乗り換え時間：特急に乗り継ぐための待ち時間分が減少すると推察される。現在大阪～名古屋間特急は約 30 分間隔で運行されているため、平均待ち時間は 30 分とする。

・運賃：経由する路線は同一であるため増減はないが、付加料金に関しては、阪神線分の特急料金が追加されるため増加する。近鉄の特急料金体系に当てはめると阪神線分の特急料金は 500 円となり、すなわち 500 円が料金増加分となる。

・運行本数：現在大阪～名古屋間で運行されている特急列車の内、車両規格上阪神線に乗り入れ可能な車両で運用されている特急列車が阪神線に乗り入れると仮定する。

上記の各パラメータ値を回帰モデル式に代入し、需要予測の結果を見ると、阪神線に直通する特急の運行による乗換回数の減少および乗り継ぎ時間分の短縮による所要時間の減少によって、直通運転列車運行前に比べ旅客

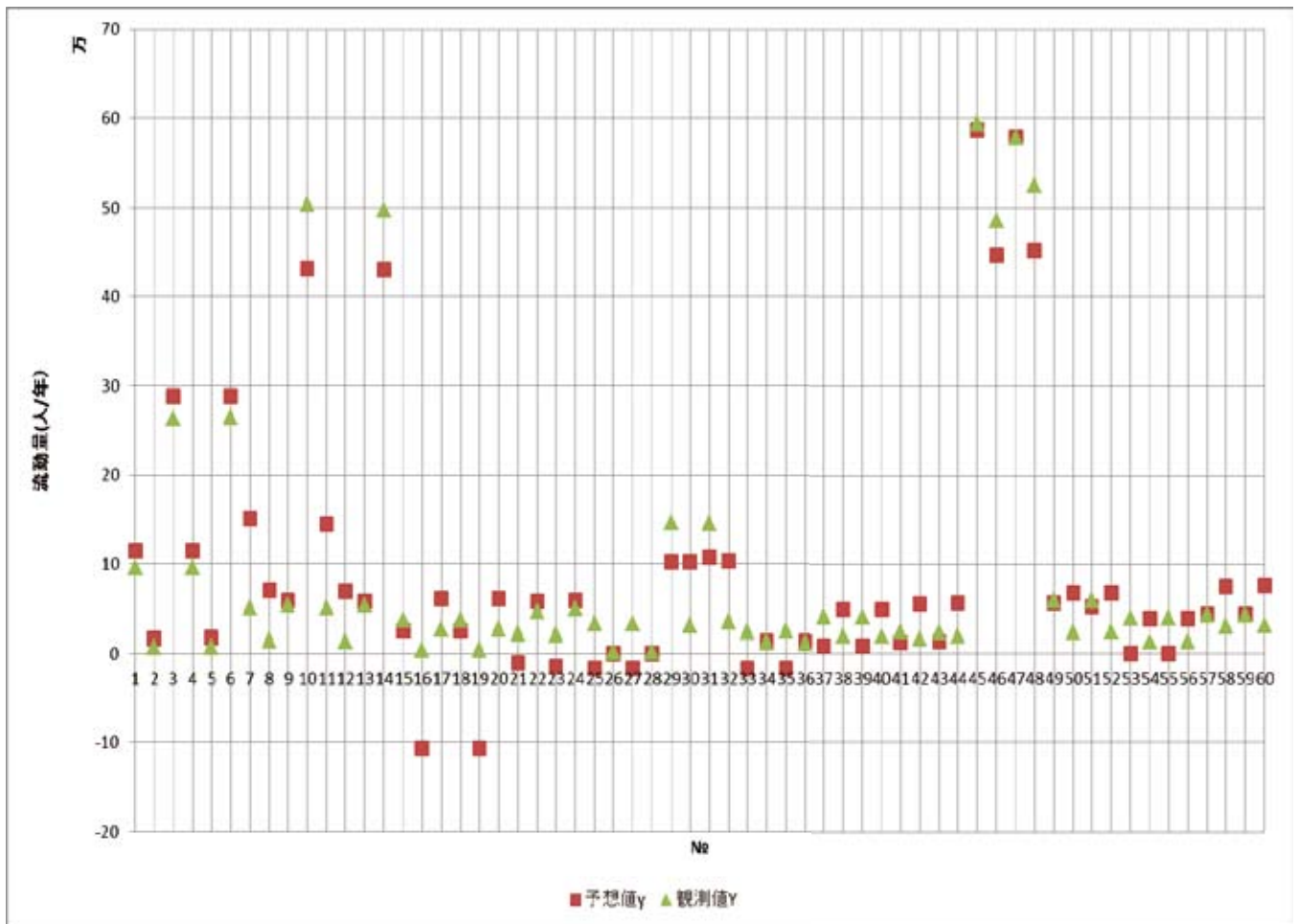


図3 重回帰分析モデル計算値 \hat{y} と観測値 Y

流動量が大きくなり、東行き 112%、西行き 111%と増加がみられた。

阪神線分の付加料金が追加され利用者の金銭負担が増大したにもかかわらず、流動量が増加した要因として、神戸～伊勢志摩間と同様に、乗換抵抗の解消ならびに所要時間の短縮が、付加料金の負担といったマイナス要素を打ち消す効果があることが推察される。特に所要時間に関しては、標準偏回帰係数の大きさからも分かるように、利用者が交通機関を選択する際の大きな要因の一つであることから、計算モデルのように時間短縮がなされることは、神戸～名古屋間の旅客流動需要の喚起にも繋がると考えられる。

神戸～名古屋間は、東海道・山陽新幹線など他公共交通機関も充実しており競合することが想定される。流動量増加のためには、神戸～伊勢志摩間と同様に乗換抵抗の解消や、緩急接続を実施するなどが影響するものと考えられる。

6. まとめ

公共交通機関の選択性を明らかにする上で、利用者がどの要素を重要視して公共交通機関を決定するか選択要因を推定することが重要となる。本研究は鉄道の直通運転区間における公共交通機関の選択特性を明らかにすることを目的とした。

重回帰分析を行って回帰モデル式を作成し、旅客流動量の予測を行った。解析の結果得られた回帰モデル式に、阪神線～伊勢志摩地域間ならびに阪神線～名古屋間において運行が検討されている、直通運転後のパラメータ値を代入し、交通機関の選択性がどのように変化するか検討を行った。

この結果、以下の事項が明らかになった。

① 選択性に対する寄与の大きさは、運賃>所要時間>付加料金>運行本数>乗換回数の順になるという結果が得られた。

② 分析によって得られた回帰モデル式の偏回帰係数は、運賃・運行本数・全流動量は正符号、乗換回数・所要時間・付加料金は負符号となり、現実的な利用者行動に矛盾しない結果が得られた。

③ 回帰モデル式を用いて、乗換回数の減少および乗り継ぎ時間分の短縮による所要時間の減少によって、直通運転列車運行前に比べ旅客流動量が大きくなる予想結果が得られ、直通運転を行うことによる所要時間の短縮効果が、両地域間の旅客流動需要の喚起に繋がることが数値的に明らかになった。

④ 鉄道の直通運転による乗換抵抗の解消、時間短縮は、公共交通利便性の向上それに伴う旅客需要の増加

をもたらす、鉄道輸送シェアの拡大や新規需要惹起に対する有効な手段であると考えられる。

参考文献

- 1) 阪神電気鉄道株式会社・西大阪高速鉄道株式会社「阪神なんば線(西大阪延伸線)整備事業誌」2012年
- 2) 都市交通研究会「これからの都市交通」山海堂、2002年
- 3) 財団法人 運輸政策研究機構「平成21年度版都市交通年報」財団法人運輸政策研究機構、2010年
- 4) 阪神電気鉄道株式会社「2010 ハンドブック阪神」阪神電気鉄道株式会社、pp18-25、2010年
- 5) 阪神電気鉄道株式会社 <http://www.hanshin.co.jp/> (2013年1月9日閲覧)
- 6) 近畿日本鉄道株式会社 <http://www.kintetsu.co.jp/> (2013年1月9日閲覧)
- 7) 国土交通省「全国幹線旅客純流動調査」
<http://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/jyunryuudou/index.html> (2013年1月18日閲覧)
- 8) 石井一郎/湯沢昭 著「計画数理—土木計画のための統計解析入門—」森北出版、2003年
- 9) 「Excelにおける回帰分析」
http://keijisaito.info/econ/jp/excel_ols/ (2013年1月22日閲覧)