

バスアクセスを考慮した 2時点データの比較による鉄道旅客需要の分析 —仙台市営地下鉄南北線を例に—

大竹 司真¹・稲村 肇²・菊池 輝³

¹正会員 株式会社オリエンタルコンサルタンツ（〒151-0071渋谷区本町3-12-1）

E-mail: ohtake-t@oriconsul.com

²正会員 東北工業大学工学部都市マネジメント学科（〒982-8577 仙台市太白区八木山香澄町35-1）

E-mail: hajime.inamura@gmail.com

³正会員 東北工業大学工学部都市マネジメント学科（〒982-8577 仙台市太白区八木山香澄町35-1）

E-mail: akikuchi@tohtech.ac.jp

都市鉄道の開業直後とその10年後の2時点のデータを用いて、旅客数の推移を重回帰モデルより構築した。地方都市圏では、鉄道ネットワークが充実していないことから、駅へのアクセス手段は徒歩のみではなく、多様化している。さらには、仙台において公共交通網は地下鉄+バスで構築されている。このことより、その特徴であるバスを重視したモデル構造とした。分析対象として仙台市営地下鉄南北線の泉中央駅を取り上げている。主たる結論は、以下の通りである。1. バスアクセスを考慮する必要性が示された。2. Home Based, Non-Home Based別におけるモデル構築の有効性が示された。

Key Words : railway passenger, catchment area of station, person-trip survey, mesh based data, bus access

1. はじめに

鉄道旅客の需要予測に着目すると、必ずしも良好な結果が得られているわけではない。例えば、仙台市営地下鉄東西線では、需要予測の結果が過大であったと議論されている¹⁾。都市内鉄道は、大都市圏を中心に発達してきたことから、大都市圏を対象とした需要予測の研究も多く見受けられる。さらに大都市圏では、鉄道ネットワークが密であることから、鉄道アクセス手段も徒歩が中心であり、駅から500m、1000mの同心円という駅勢圏の考え方が有力であった。一方で、地方都市圏においては、鉄道ネットワークが充実しておらず、札幌や仙台を見ても、公共交通網は地下鉄+バスで形成されており²⁾、同心円の駅勢圏では十分でない。

室井ら³⁾は、人口と乗降人員の関係から、人口が増加しているにも関わらず、乗降人員が減少している駅が見受けられ、必ずしも人口はつきが鉄道利用に繋がらないと考察している。佐藤ら⁴⁾は、乗降人員と各駅の駅広整備事業や施設立地等との関係から、商業施設が乗降人員に影響を与え、定期利用が企業立地に影響すると考察していた。しかし、系統的な影響だけでなく、その地域

独自の影響も存在すると述べられていた。鈴木⁵⁾より、大都市圏を対象にバスサービス水準が鉄道とバス需要に与える影響について考察されており、バスサービス向上が鉄道旅客増加の一端を担うことが示唆され、特に駅から1km以上離れた地域で影響すると述べられている。

「駅勢圏」の設定については、設定方法を述べる研究と、一様もしくは円として捉える研究が見受けられる。ここでは、後者について紹介する。新線開業による駅勢圏の拡大に着目した、落合ら⁶⁾は、駅から300m、500m、750m、1000mの同心円とされていた。その一方で、徒歩以外の交通手段も考慮するものは、室井ら³⁾の駅利用者距離を用いた累積パーセンタイルの方法がある。

以上を踏まえ、これら研究の多くは、三大都市圏を対象にしつつ、徒歩利用を中心として議論されている。また、大都市圏でのバス接続の影響は述べられているが、地方都市圏では利用実態が異なるとも考えられる。それに加え、駅の特徴や1時点の影響を分析する研究は多く存在するが、新線・新駅開業時点からの経年変化を捉えるものは依然少ない。そこで、地方都市圏で重要な交通手段である、バス接続を考慮した鉄道旅客需要への影響を2時点のデータを用いて分析することを目的とする。

2. バス接続を考慮した重回帰モデルの構築

分析対象駅は、仙台市営地下鉄南北線におけるバス接続駅として重要な役割を担っている、泉中央駅とした。この駅の後背圏には、ニュータウンが存在しており、隣接市である富谷市からも利用されているのが特徴的である。また、本研究では鉄道旅客需要へ影響を及ぼす要因について、2時点のデータを用いて整理・比較し、最終的には、モデルの精度検証を念頭としている。

(1) 駅勢圏の設定

モデル化対象範囲内すなわち、駅勢圏は、徒歩とバス接続を反映したものになっている(図-1)。まず、徒歩利用を想定した徒歩勢圏については、既存研究を参考に、駅から1.0kmと1.5kmの同心円とするが、駅間の距離が近く、勢力圏が重複するため、ポロノイ分割法を用いた。

次に、バス利用を想定するバス勢圏に関しては、落合ら⁹⁾を参考に、バス停から300mの円と室井ら³⁾を参考にパーセンタイルを用いて決定した。対象ネットワークは、駅へ接続する路線のみとし、他駅へ一度接続してから泉中央駅へ接続する路線は除いた。なお、ネットワークは、後述する各パーソントリップ調査データ年次に合わせて作成している。パーセンタイルについては、ゾーン中心から駅の直線距離の累積分布としている。そのため、90%ileであれば、泉中央駅を利用する90%目の駅利用者距離のことを指す。このパーセンタイル値を各パーソントリップ調査データで求めた。また、鉄道研究におけるパーセンタイルを用いた研究は、少ないことから、75%ile, 80%ile, 85%ile, 90%ile, 95%ile とし、徒歩勢圏と合わせて10パターンの駅勢圏を設定した。

(2) モデル式とその条件

活動目的と移動による変数への影響を把握するために、駅勢圏内の自宅発トリップと帰宅を対象とした Home Based モデル(以下, HB), それ以外のトリップを対象とした Non-Home Based モデル(以下, NHB)をアクセス・イ

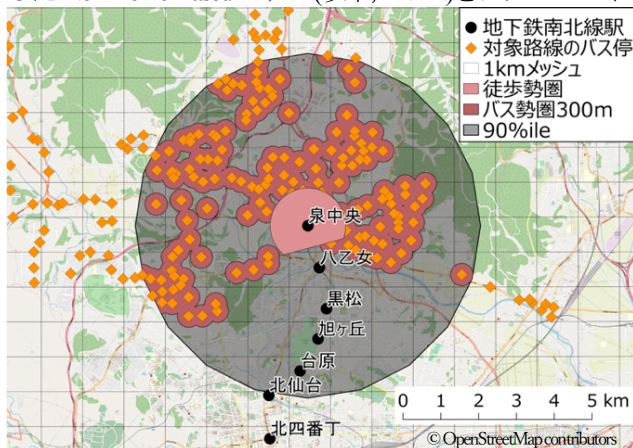


図-1 駅勢圏の設定例：初期モデル (徒歩勢圏1.0km, 90%ile)

グレス別に構築した。重回帰モデルの目的変数には、泉中央駅における鉄道旅客数とし、第3回(1992年)仙台都市圏パーソントリップ調査データ(以下, 仙台3PTデータ)と第4回(2002年)仙台都市圏パーソントリップ調査データ(以下, 仙台4PTデータ)を用いた。なお、駅勢圏内において、どの交通手段を用いているかは不明であるため、交通手段を問わず算出している。以下からは、泉中央駅開業と同年に実施された仙台3PTデータを用いたモデルを「初期モデル」、比較的開発も落ち着いたと考えられる、仙台4PTデータを用いたモデルを「中期モデル」と表記する。説明変数は、目的変数の年次に揃えた上で、徒歩勢圏人口・バス勢圏人口・従業人口・従学人口・大型商業施設床面積とした。また、バス勢圏からの駅利用者は、遠くなるにつれて減少すると仮定し、距離減衰を考慮している。これらは、メッシュベースで整理した。以上の条件設定のもと、表-1にデータ加工を、モデル式を式(1)に示す。ただし、距離減衰パラメータ d に関しては、式(2)より推定した、偏回帰係数を用いた。

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 \frac{X_2}{X_6^d} + a_3 X_3 + a_4 X_4 + a_5 X_5 + \varepsilon \quad (1)$$

$$Z = b \frac{X_1 + X_2}{X_6^d} \quad (2)$$

Y: 初期・中期別 HB・NHB 別のアクセス数もしくはイグレス数
 X_1 : 徒歩勢圏人口 X_2 : バス勢圏人口
 X_3 : 従業人口 X_4 : 従学人口 X_5 : 大型商業施設床面積
 X_6 : メッシュ-駅間距離 ε : 誤差項
 $a_0 \sim a_5, b, d$: パラメータ d : 距離減衰パラメータ
 Z: 初期・中期別 HB のアクセス数+イグレス数

3. 重回帰モデルの推定結果と解釈

初期モデルと中期モデル(各40モデル=HB・NHB×アクセス・イグレス×駅勢圏)をHB, NHB別に解釈していくが、アクセスとイグレス間でパラメータ間の検定の結果、有意差は確認されなかった。そのため本稿では、アクセスのみの報告とし、紙面の都合上、推定結果の一部を掲載する。また、表-2, 表-4で変数の大型商業施設が抜けているのは、対象施設がなかったためである。推定結果には、負の変数も見られるが、HBであれば、従業地等が駅周辺に開発されることで、定住者の駅利用が減少すると考えられ矛盾はない。なお、以下からは表-2, 表-3, 表-4, 表-5のモデル番号を用いて説明する。

(1) Home Based モデルの推定結果

HBは、自宅から駅への移動が対象となるため、駅から広い範囲まで旅客が分布していると想定される。そのため、徒歩勢圏人口とバス勢圏人口が正に有意に働くと

表-1 各変数の整理

変数：メッシュ単位	単位	データの概要	出典
初期・中期別, HB・NHB別 アクセス数もしくはイグレス数	人	HB：人口比率を用いてアクセス数をゾーンからメッシュへ按分 NHB：従業員人口比率を用いてアクセス数をゾーンからメッシュへ按分	仙台3PTデータ 仙台4PTデータ
徒歩勢圏人口	人	徒歩勢圏に合わせて各メッシュの人口を算出	統計情報研究開発センター(国勢調査)
バス勢圏人口	人	バス勢圏に合わせて各メッシュの人口を算出	統計情報研究開発センター(国勢調査)
従業員人口	人	徒歩勢圏+バス勢圏に合わせて各メッシュの従業員人口を算出	統計情報研究開発センター (事業者・企業統計調査)
従学人口	人	徒歩勢圏+バス勢圏に合わせて各メッシュの従学人口を作成 対象：「高等学校」「高等専門学校」「短期大学」「大学」開校時点を考慮	学校HPの各年次の定員数を集計
大型商業施設床面積	km ²	徒歩勢圏に合わせて各メッシュの床面積データを作成 対象：「百貨店」「寄合百貨店」「ショッピングセンター」 「専門店」「総合スーパー」開業時点を考慮	東洋経済全国大型小売店総覧2019
メッシュ-駅間距離	km	メッシュ中心から駅までの直線距離をGISにて算出	メッシュデータ：e-stat 鉄道NWデータ：国土数値情報
初期・中期別 HBのアクセス+イグレス数	人	HB：人口比率を用いてゾーンからメッシュへ按分	仙台3PTデータ 仙台4PTデータ

*初期モデルは1kmメッシュ、中期モデルは500mメッシュである。なお、年次は仙台PTデータに揃えている。

考えられる。まず、初期モデルの徒歩勢圏を決定するために、徒歩勢圏人口に着目し、パラメータ間の検定を行った。初期-HB[1]と初期-HB[4]間： $t(143)=3.872$, $P<0.01$ となった。なお、初期-HB[2]と初期-HB[5]間、初期-HB[3]と初期-HB[6]間でも $P<0.05$ となっている。このことから、 t 値とパラメータの高い1.5kmが妥当と解釈した。パーセンタイル決定のために、バス勢圏人口に着目し、初期-HB[4]と初期-HB[5]間： $t(124)=1.726$, $P<0.1$, 初期-HB[4]と初期-HB[6]間： $t(108)=1.647$ で有意差なし、初期-HB[5]と初期-HB[6]間： $t(89)=0.088$ で有意差は認められなかった。すなわち、徒歩勢圏1.5kmでパラメータ値の高い90%ileの初期-HB[5]の適合度が高いと解釈した。次に中期モデルの徒歩勢圏人口では、中期-HB[1]と中期-HB[4]間： $t(520)=3.251$, $P<0.01$ となった。なお、中期-HB[2]と中期-HB[5]間、中期-HB[3]と中期-HB[6]間でも $P<0.05$ となっている。このことから、1.5kmが妥当と解釈した。パーセンタイル決定のために、バス勢圏人口に着目し、中期-HB[4]と中期-HB[5]間： $t(521)=0.435$ で有意差なし、中期-HB[4]と中期-HB[6]間： $t(383)=1.066$ で有意差は認められなかった。すなわち、徒歩勢圏1.5kmでパラメータ値の高い95%ileの中期-HB[4]の適合度が高いと解釈した。

(2) Non-Home Based モデルの推定結果

次にNHBは、自宅以外から駅への移動が対象となるため、駅から狭い範囲において、旅客が分布していると想定される。そのため、従業員人口・従学人口・大型商業施設が有意に正に働くと考えられる。まず、初期モデルにおける徒歩勢圏を決定するためパラメータ間の検定を行った。初期-NHB[3]と初期-NHB[6]間の従業員人口： $t(73)=0.107$ で有意差なし、従学人口： $t(73)=0.109$ でも有意差は認められなかった。なお、初期-NHB[2]と初期-NHB[5]間、初期-NHB[1]と初期-NHB[3]間の従業員・従学人口で有意差はなかった。このことから、パラメータ値の高い1.0kmと解釈した。パーセンタイル決定のために検定の結果、初期-NHB[3]と初期-NHB[2]間の従業員人口：

$t(77)=3.348$, $P<0.01$, 従学人口： $t(77)=0.281$ で有意差なし、初期-NHB[3]と初期-NHB[1]間の従業員人口： $t(109)=3.693$, $P<0.01$, 従学人口： $t(109)=0.813$ で有意差はなかった。すなわち、徒歩勢圏1.0kmでパラメータ値と t 値の高い75%ileの初期-NHB[3]の適合度が高いと解釈した。次に、中期モデルでは、中期-NHB[3]と中期-NHB[6]間で従業員人口： $t(243)=0.145$, 従学人口： $t(243)=0.041$, 大型商業施設： $t(243)=0.003$ で有意差は認められなかった。なお、中期-NHB[2]と中期-NHB[5]間、中期-NHB[1]と中期-NHB[4]間でも有意差は認められなかった。そのため、パラメータ値の高い1.0kmと解釈した。パーセンタイルに関しても、中期-NHB[3]と中期-NHB[2]の従業員人口： $t(265)=0.104$, 従学人口： $t(265)=0.011$, 大型商業施設： $t(265)=0.077$ で有意差なし、中期-NHB[3]と中期-NHB[1]の従業員人口： $t(379)=0.415$, 従学人口： $t(379)=0.096$, 大型商業施設： $t(379)=0.318$ で有意差は認められなかった。すなわち、徒歩勢圏1.0kmでパラメータ値の高い75%ileの中期-NHB[3]の適合度が高いと解釈した。

(3) 初期モデルと中期モデルの比較

ここでは、前項で解釈したモデルである、HBの初期-HB[5]と中期-HB[4]間、NHBの初期-NHB[3]と中期-NHB[3]間での比較を行う。まず、HBの徒歩勢圏人口について、 $t(314)=2.894$, $P<0.01$ で有意差が認められた。このことから、開業直後における1.5km圏内の人口増加による影響は大きい。バス勢圏人口に関しては、 $t(314)=0.679$ で有意差はなかった。これにより、年次進行による影響はないと確認された。ここで、中期モデルの徒歩勢圏人口とバス勢圏人口の標準化偏回帰係数が近いことから、年次進行の影響はないが、バス勢圏人口の影響は、拡大していることが確認された。その一方で、徒歩勢圏距離を変更してバス勢圏人口のパラメータ間の検定を行うと、初期-HB[5]と中期-HB[1]間： $t(311)=1.732$, $P<0.1$, 初期-HB[2]と中期-HB[4]間： $t(313)=2.080$, $P<0.05$ で有意差が確認された。この結果と先の(1)で、徒歩勢圏の有意差が

表-2 初期モデルの HB における推定結果

モデル番号	徒歩勢圏：1.0km			徒歩勢圏：1.5km		
	初期-HB[1]	初期-HB[2]	初期-HB[3]	初期-HB[4]	初期-HB[5]	初期-HB[6]
説明変数	95%ile : 6.36km	90%ile : 4.57km	75%ile : 3.34km	95%ile : 6.36km	90%ile : 4.57km	75%ile : 3.34km
徒歩勢圏人口	0.088**[0.234] (2.062)	0.191***[0.528] (6.366)	0.233***[0.677] (8.273)	0.202***[0.777] (9.427)	0.205***[0.813] (10.059)	0.228***[0.938] (11.226)
バス勢圏人口	0.271***[0.725] (5.369)	0.222***[0.653] (7.654)	0.224***[0.686] (8.992)	0.058[0.102] (1.006)	0.165***[0.342] (3.999)	0.164***[0.353] (4.504)
従業人口	-0.068*[-0.172] (-1.680)	-0.078**[-0.197] (-2.248)	-0.139***[-0.321] (-3.633)	-0.005[-0.012] (-0.113)	-0.059[-0.147] (-1.638)	-0.110***[-0.251] (-2.782)
従学人口	-0.015[-0.064] (-0.860)	-0.033**[-0.149] (-2.095)	-0.027*[-0.128] (-1.96)	-0.003[-0.011] (-0.158)	-0.025[-0.110] (-1.473)	-0.019[-0.087] (-1.232)
定数項	40.155** (2.161)	25.024 (1.199)	16.220 (0.738)	41.523** (2.279)	28.687 (1.310)	18.474 (0.771)
決定係数	0.645 0.778 0.873			0.668 0.767 0.857		
	目的変数：仙台3PTデータにおけるHBの アクセス数+イグレス数			目的変数：仙台3PTデータにおけるHBの アクセス数+イグレス数		
距離減衰 パラメータ	2.174*** (2.720)	1.315** (2.231)	1.205* (1.832)	2.179*** (2.727)	1.320** (2.240)	1.210* (1.841)
定数項	-1.446 (-1.350)	-1.829*** (-2.709)	-1.805*** (-2.842)	-1.440 (-1.344)	-1.822*** (-2.699)	-1.798*** (-2.831)
サンプル数	72	53	37	72	53	37

[]内は、標準化偏回帰係数であり、()内はt値である。なお、***1%、**5%、*10%有意である。

表-3 中期モデルの HB における推定結果

モデル番号	徒歩勢圏：1.0km			徒歩勢圏：1.5km		
	中期-HB[1]	中期-HB[2]	中期-HB[3]	中期-HB[4]	中期-HB[5]	中期-HB[6]
説明変数	95%ile : 7.98km	90%ile : 5.78km	75%ile : 3.82km	95%ile : 7.98km	90%ile : 5.78km	75%ile : 3.82km
徒歩勢圏人口	0.078***[0.216] (3.724)	0.075***[0.216] (3.150)	0.097***[0.324] (4.205)	0.116***[0.468] (9.142)	0.114***[0.476] (7.934)	0.119***[0.568] (8.516)
バス勢圏人口	0.228***[0.542] (11.022)	0.219***[0.519] (8.975)	0.208***[0.623] (9.759)	0.252***[0.419] (8.746)	0.234***[0.387] (6.894)	0.235***[0.506] (8.168)
従業人口	0.019[0.087] (1.259)	0.018[0.085] (1.040)	0.000[-0.003] (-0.026)	0.003[0.011] (0.182)	0.002[0.009] (0.115)	-0.012[-0.064] (-0.768)
従学人口	-0.008[-0.038] (-0.827)	-0.008[-0.043] (-0.781)	-0.010[-0.063] (-1.016)	-0.009[-0.042] (-0.931)	-0.009[-0.045] (-0.838)	-0.011[-0.068] (-1.137)
大型商業施設 床面積	0.654[0.016] (0.280)	0.617[0.016] (0.234)	2.110[0.065] (0.821)	1.972[0.048] (0.860)	1.841[0.047] (0.713)	3.283[0.099] (1.318)
定数項	24.362*** (5.550)	31.920*** (5.512)	32.442*** (4.297)	24.187*** (5.597)	31.688*** (5.571)	29.853*** (4.019)
決定係数	0.459 0.429 0.563			0.479 0.450 0.587		
	目的変数：仙台4PTデータにおけるHBの アクセス数+イグレス数			目的変数：仙台4PTデータにおけるHBの アクセス数+イグレス数		
距離減衰 パラメータ	2.182*** (3.682)	2.369*** (4.504)	1.753*** (3.126)	2.144*** (3.658)	2.329*** (4.479)	1.713*** (3.087)
定数項	-1.046 (-1.218)	-1.231* (-1.881)	-1.551*** (-2.867)	-1.112 (-1.314)	-1.294** (-2.009)	-1.613*** (-3.034)
サンプル数	259	197	121	261	199	123

[]内は、標準化偏回帰係数であり、()内はt値である。なお、***1%、**5%、*10%有意である。

確認されたことを踏まえると、駅から1.0km～1.5km間の人口を含めることが重要と解釈できる。

次にNHBの従業人口は、 $t(159)=2.492$ 、 $P<0.05$ で有意差が認められた。このことより、徒歩勢圏人口と同様な解釈ができる。従学人口は、 $t(159)=0.699$ となり、有意差はなかった。全てのパーセンタイルにおいて、大きな変化が見られなかったことを踏まえると、人口動態は少なく、駅周辺だけでなく、広く分布していることが考察される。最後に大型商業施設に関しては、中期モデルで新規立地による影響が確認できた。

また、中期モデルにおけるHBのパーセンタイルの方

が大きくなっていることから、中期モデルでバス利用者の範囲が拡大していると解釈できる。NHBについては、パーセンタイルの変化はなかった。このことより、HB・NHB別の駅利用状況が窺える結果となった。

4. 重回帰モデルの精度検証

3. (3)で解釈したモデルに対して、精度検証を実施する。推定時点と国勢調査が実施された時点を検証時点とし、予測値の算出すなわち、モデルへの入力データは、

表-4 初期モデルの NHB における推定結果

モデル番号	徒歩勢圏：1.0km			徒歩勢圏：1.5km		
	初期-NHB[1]	初期-NHB[2]	初期-NHB[3]	初期-NHB[4]	初期-NHB[5]	初期-NHB[6]
説明変数	95%ile : 6.36km	80%ile : 3.76km	75%ile : 3.34km	95%ile : 6.36km	80%ile : 3.76km	75%ile : 3.34km
徒歩勢圏人口	-0.003[-0.011] (-0.104)	-0.062***[-0.262] (-2.723)	-0.008[-0.034] (-0.425)	0.026**[0.158] (2.450)	0.015[0.089] (1.421)	-0.011[-0.064] (-0.819)
バス勢圏人口	0.108***[0.446] (3.704)	0.126***[0.630] (4.654)	-0.016[-0.071] (-0.951)	0.195***[0.536] (6.756)	0.125***[0.489] (6.244)	-0.007[-0.021] (-0.285)
従業人口	0.116***[0.452] (4.964)	0.153***[0.519] (5.029)	0.292***[0.974] (11.282)	0.078***[0.307] (3.701)	0.135***[0.460] (5.085)	0.285***[0.961] (11.371)
従学人口	0.021**[0.141] (2.124)	0.025***[0.172] (2.997)	0.029***[0.196] (3.087)	0.017*[0.112] (1.986)	0.026***[0.178] (3.532)	0.028***[0.186] (2.804)
定数項	-22.860** (-2.135)	-33.121** (-2.603)	-26.477* (-1.787)	-22.368** (-2.459)	-26.155** (-2.314)	-28.058* (-1.844)
決定係数	0.719	0.882	0.879	0.796	0.909	0.875
	目的変数：仙台3PTデータにおけるNHBの アクセス数+イグレス数			目的変数：仙台3PTデータにおけるNHBの アクセス数+イグレス数		
距離減衰 パラメータ	2.174*** (2.722)	2.598** (2.437)	1.205* (1.832)	2.179*** (2.727)	2.604** (2.443)	1.210* (1.841)
定数項	-1.446 (-1.350)	-1.428 (-1.317)	-1.805*** (-2.842)	-1.440 (-1.344)	-1.421 (-1.311)	-1.798*** (-2.831)
サンプル数	72	41	37	72	41	37

[]内は、標準化偏回帰係数であり、()内はt値である。なお、***1%、**5%、*10%有意である。

表-5 中期モデルの NHB における推定結果

説明変数	徒歩勢圏：1.0km			徒歩勢圏：1.5km		
	中期-NHB[1]	中期-NHB[2]	中期-NHB[3]	中期-NHB[4]	中期-NHB[5]	中期-NHB[6]
説明変数	95%ile : 7.98km	90%ile : 5.78km	75%ile : 3.82km	95%ile : 7.98km	90%ile : 5.78km	75%ile : 3.82km
徒歩勢圏人口	-0.035*[-0.067] (-1.729)	-0.036[-0.069] (-1.538)	-0.052*[-0.099] (-1.772)	-0.029**[-0.081] (-2.314)	-0.030**[-0.083] (-2.054)	-0.037**[-0.103] (-2.054)
バス勢圏人口	-0.027[-0.044] (-1.350)	-0.028[-0.044] (-1.156)	-0.033[-0.056] (-1.203)	-0.035[-0.041] (-1.248)	-0.037[-0.042] (-1.105)	-0.040[-0.050] (-1.072)
従業人口	0.201***[0.632] (13.596)	0.203***[0.632] (11.858)	0.220***[0.667] (9.713)	0.201***[0.631] (14.519)	0.202***[0.630] (12.695)	0.215***[0.653] (10.399)
従学人口	0.036***[0.124] (3.986)	0.036***[0.124] (3.457)	0.038***[0.129] (2.877)	0.036***[0.126] (4.038)	0.036***[0.126] (3.510)	0.038***[0.132] (2.932)
大型商業施設 床面積	21.947***[0.375] (9.669)	21.807***[0.374] (8.366)	20.266***[0.359] (6.152)	21.613***[0.371] (9.600)	21.469***[0.370] (8.317)	20.172***[0.352] (6.221)
定数項	-6.025 (-1.412)	-6.129 (-1.069)	-3.241 (-0.335)	-5.843 (-1.377)	-5.874 (-1.034)	-2.560 (-0.265)
決定係数	0.757	0.756	0.770	0.755	0.753	0.766
	目的変数：仙台4PTデータにおけるHBの アクセス数+イグレス数			目的変数：仙台4PTデータにおけるHBの アクセス数+イグレス数		
距離減衰 パラメータ	2.182*** (3.682)	2.369*** (4.504)	1.753*** (3.126)	2.144*** (3.658)	2.329*** (4.479)	1.713*** (3.087)
定数項	-1.046 (-1.218)	-1.231* (-1.881)	-1.551*** (-2.867)	-1.112 (-1.314)	-1.294** (-2.009)	-1.613*** (-3.034)
サンプル数	259	197	121	261	199	123

[]内は、標準化偏回帰係数であり、()内はt値である。なお、***1%、**5%、*10%有意である。

各予測時点に揃うよう、表-1のように作成した。比較対象は、モデル化対象範囲内のアクセス数と仙台 PT データから得られるアクセス数との比率を考慮した実績値(南北線1日平均乗車人数)と比較していく(図-2)。なお、これらは、HBとNHBの計としてプロットしている。

まず、全体の予測値の傾向を見ると開業後の影響を十分に反映できなかったため初期モデルは過小に、中期モデルは、距離減衰されなかったことで過大に推計される結果となった。次に、推定年次に着目するとモデル化対象範囲内のアクセス数と予測値がほぼ一致することから、モデルの精度は良好と判断できる。しかし、実績値およ

び泉中央駅へのアクセス数と予測値の間に乖離が見られることから、需要予測モデルとしての精度は芳しくない。そのため、モデル化対象範囲外における鉄道旅客が一定数存在すると考えられ、仮定したバス停から300mの円が狭かったことが示唆される。また、2002年以前で予測値が高くなっているのは、用いているバスネットワークの違いである。2005-2015年にかけて、泉中央駅が存在する泉区の人口は、増加しているにもかかわらず、2009年、2010年の利用者は減少している(2011年の減少は、東日本大震災の影響)。このことから、年次変化による説明変数の検討も必要であると見えてきた。

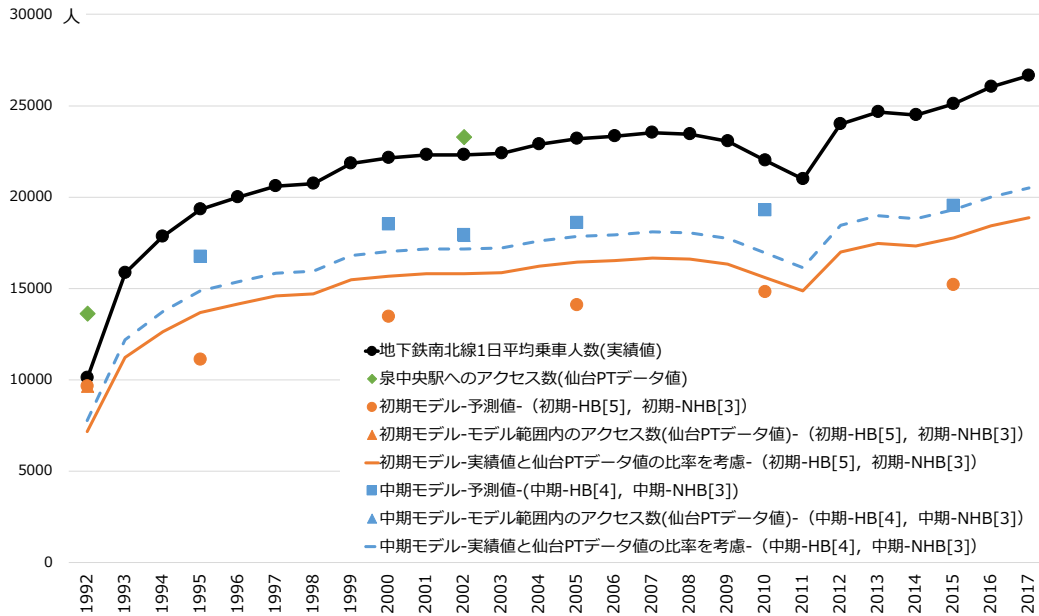


図-2 精度検証の結果

5. 結論

本研究では、バス接続を考慮したモデルを構築し、2時点のデータから変数の整理と精度検証までを行った。まず、モデルの予測値は、検証時点で良好であると確認できた。これにより、HB・NHBによる予測精度は高いと考えられる。またHBでは、徒歩勢圏人口とバス勢圏人口の影響が大きいこと、NHBでは、従業・従学人口、大型商業施設の影響が大きいとわかった。この結果からも、HB・NHBによるモデル構築は、変数の解釈も容易であり、妥当なモデルと解釈できる。次に、モデル間の比較から、開業直後とその10年後の違いが変数から解釈できた。これにより初期モデルでは、徒歩勢圏人口と従業人口の影響が大きい、中期モデルは、バス勢圏人口と大型商業施設の影響が確認された。また、初期モデルと中期モデルにおけるパーセントイルから、バス勢圏が拡大していること、HBとNHBの特性も把握できた。最後に、精度検証から得られた今後の課題は、路線長が長い箇所ですら十分に距離減衰されなかったため、距離減衰方法について再検討する必要がある。さらに、バス勢圏の設定についても、バス停から300mより広く設定する必要性が窺えた。今後は、説明変数の検討と類似駅も含めて分析を進めていく必要がある。

参考文献

- 1) 産経ニュース：地下鉄東西線「需要予測誤った」仙台市民オンブズマンが質問書，最終閲覧日：2020/03/06，<https://www.sankei.com/region/news/160714/rgn1607140058-n1.html>.
- 2) 仙台市 HP：仙台市都市計画マスタープラン，最終閲覧日：2020/03/06，<http://www.city.sendai.jp/index.html>.
- 3) 室井寿明，坂下文規，渡部洋平，吉澤智幸，仙波悟史，伊東誠，森地茂：東京圏における鉄道駅の乗降人員と駅勢圏人口の変動分析，土木計画学研究発表会・講演集，Vol.55，CD-ROM，2017.
- 4) 佐藤宏紀，池田直紀，町山友和，小泉哲也，伊東誠，森地茂：駅勢圏人口と乗降人員の変化に影響を及ぼす主要因の詳細分析，土木計画学研究発表会・講演集，Vol.55，CD-ROM，2017.
- 5) 鈴木崇正：通勤交通における鉄道に対する路線バスの補完性に関する基礎的研究，日本都市計画学会都市計画論文集，Vol.50，No.2，pp.233-238，2015.
- 6) 落合慶亮，牧村雄，田中義章，山下守人，伊藤直樹，末原純，浅見均：首都圏での鉄軌道新線開業による駅勢圏範囲の拡大に関する研究，土木計画学研究発表会・講演集，Vol.58，CD-ROM，2018.

Analysis of Railway Passengers by Two-Point Data Considering Bus Access

Tsukasa OTAKE , Hajime INAMURA and Akira KIKUCHI

The Urban railway passengers analyzed the data from two points. The time point is after opening and 10 years later. In local cities such as Sendai, buses play a greater role than walking. Therefore, the catchment area of station was set up with emphasis on its features. In addition, the development of commercial lands and houses was promoted. It is analyzed using a mesh based mathematical model. It focuses on home based and non-homed base. This allows you to clearly see the effect.