

基礎ゼミ第7回 - 行動モデルの応用 -

# 首都圏鉄道需要予測について

2018年5月24日

福田研究室 M1 今岡 将大

# ◆概説◆

1. 対象事例
  2. 最新答申の特徴
  3. 需要予測モデルの概要
  4. 四段階推定法
  5. 都市内交通需要予測
  6. 前回答申との比較
  7. 再現性の確認
  8. 当需要予測モデルの問題点
  9. まとめ
- 付録

## ●当ゼミの目的：今まで学習した行動モデルが 実務としてどのように適用されているかを知る

※推定にあたっては、特に使用データや選択肢集合など事細かな条件が与えられていますが、時間・紙面の都合上、今回のゼミでは、そのような細部を全て網羅できませんので、ご容赦ください。

# 1. 対象事例

## ● 交通政策審議会答申(2016)<sup>[1,2,3]</sup> 以下、「最新答申」と呼びます

交通政策審議会 東京圏における今後の都市鉄道のあり方に関する小委員会 「東京圏における今後の都市鉄道のあり方について（答申）」

- ・ **目的**：15年以内の首都圏鉄道の発展を、人口・社会経済的状况を反映した上で考える  
(今後の鉄道のあるべき姿、新線・改良計画、**需要予測**)
- ・ **目標年次**：2030年  
▶付録1を参照 (本日のメイン)

	発表年次	目標年次	主な目標及びその背景
①	1956		ドーナツ化現象により郊外⇔都心部の大量旅客輸送ニーズが発生。地下鉄・私鉄と国鉄との相互直通運転推進。
②	1960		モータリゼーションにより増大する自動車交通の分散を目標。路面電車は逐次撤去し、その他交通機関に代替させる。
③	1962	1975	さらなる輸送力増強のため、地下高速鉄道の輸送力を見直し。
④	1966	1985	発展していく横浜・川崎地域にも目を向け、同地域の鉄道輸送力を見直し。
⑤	1968	1975	都心部の拡大や副都心の発展等の都市構造の変化に対応させる。
⑥	1972	1985	人口の外延化により生じた通勤の長距離化に対応させるため、時間短縮や列車の高速化を推進。
⑦	1985	2000	上記+空港や新幹線駅アクセス利便性の向上を推進。さらに混雑緩和へも目を向ける。
⑧	2000	2015	少子高齢社会を見据え、地球環境問題へも目を向けた計画を策定。さらなる混雑緩和を検討。
⑨	2016	2030	国際競争力の強化に資する都市鉄道、まちづくりと連携した持続可能な都市鉄道を目指す。駅空間の質的改善も加味。

「東京圏の鉄道のあゆみと将来」<sup>[4]</sup>より

- ・ **対象ネットワーク**：都心を中心とした半径約50km内  
2,907の小ゾーン（平均1.8km<sup>2</sup>/1ゾーン）  
人口…3,400万人超  
トリップ数…8,000万超トリップ/日

## 2. 最新答申の特徴

### ● 最新答申の需要予測で用いられたモデル：5つの特徴

#### ① 急速な人口構造変化や社会の情勢変化に対応

- ▶ 高齢化（目的地/交通機関/経路選択パターンが変化してくるはず）
- ▶ 女性の社会進出や業務体系の多様化
- ▶▶ **トリップ目的や年齢によりセグメント分けしたモデルを使用**

#### ② 土地利用変化に対応

- ▶ 都市再生特別措置法（2002）による容積率の緩和（高度利用可能）
- ▶▶ トリップ発生集中/パターンにも影響

#### ③ 空港、高速鉄道への鉄道アクセス需要予測モデルを追加

- ▶ 羽田・成田のアクセス向上・中央リニア新幹線を意識

（リニア利用in/outによる首都圏鉄道の需要が見込まれる）

#### ④ 車内混雑を考慮（都市鉄道のみ）

#### ⑤ 駅アクセス・イグレスを考慮

バスの本数によって乗車駅、降車駅を変える…▶経路選択に影響

上記は、あくまで“特徴”です。

前回答申からの変更点については、後ページで説明します

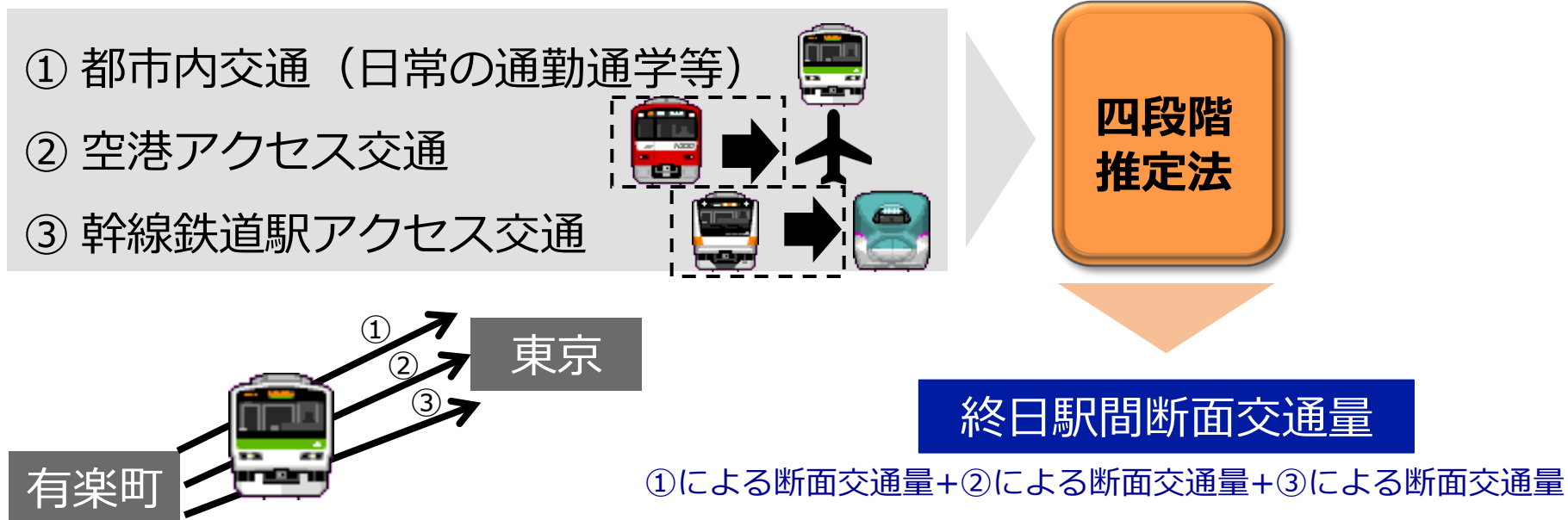
# 3. 需要予測モデルの概要

## ●当モデルの目的・位置づけ

- ・ 鉄道需要の将来動向を把握する
- ・ 提案された都市鉄道投資計画を様々な指標により評価する  
費用便益比など



## ●モデル体系



# 4. 四段階推定法

▶ 総交通量を予測し、交通需要の全体動向を推計するシステム

(生成・) 発生・集中交通量の予測

**どこで発生・集中するか** 原単位法、関数モデル法

単位当たり発生集中量を使用

多変量のモデル式を使用

分布交通量の予測

**目的地はどこか** 現在パターン法、重力モデル

現在の交通分布特性を、  
成長率を用いて将来にも適用

ゾーン間の交通量を各  
ゾーンの発集量とゾーン  
間距離抵抗によって算出

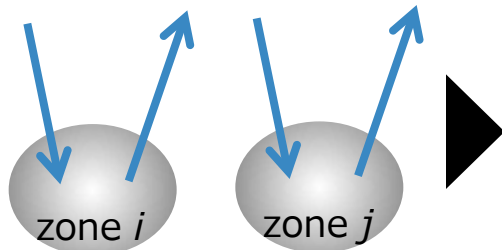
交通機関分担の予測

**どの交通機関を使うか** ロジットモデル

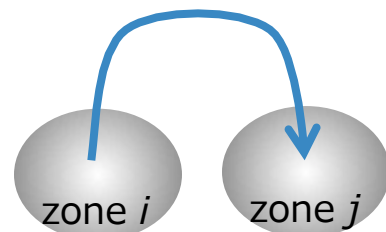
配分交通量の予測

**どの経路を使うか** 利用者均衡配分法

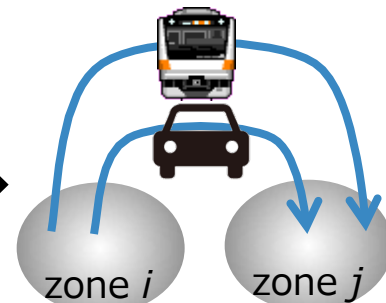
Wardropの第一原則  
に基づいた配分



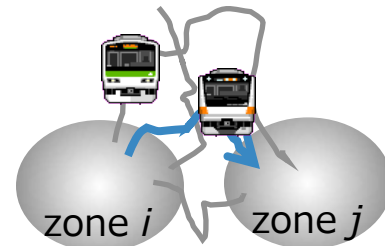
発生・集中



分布



機関分担



配分

# 4. 四段階推定法

▶ 総交通量を予測し、交通需要の全体動向を推計するシステム

(生成・) 発生・集中交通量の予測

**どこで発生・集中するか** 原単位法、関数モデル法

単位当たり発生集中度を使用

多変量のモデル式を使用

分布交通量の予測

**目的地はどこか** 現在パターン法、重力モデル

現在の交通分布特性を、  
成長率を用いて将来にも適用

ゾーン間の交通量を各  
ゾーンの発集量とゾーン  
間距離抵抗によって算出

交通機関分担の予測

**どの交通機関を使うか** ロジットモデル

配分交通量の予測

**どの経路を使うか** 利用者均衡配分法

Wardropの第一原則  
に基づいた配分

D \ O	1	...	j	...	M	計
1						発生交通量
⋮						
i						
⋮						
N						
計	集中交通量					

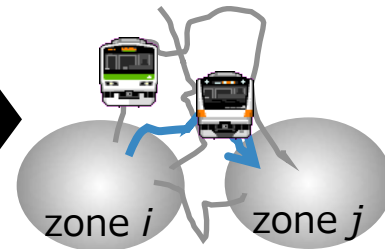
発生・集中

D \ O	1	...	j	...	M	計
1						分布交通量
⋮						
i						
⋮						
N						
計						

分布

D \ O	1	...	j	...	M	計
1						分布交通量
⋮						
i						
⋮						
N						
計						

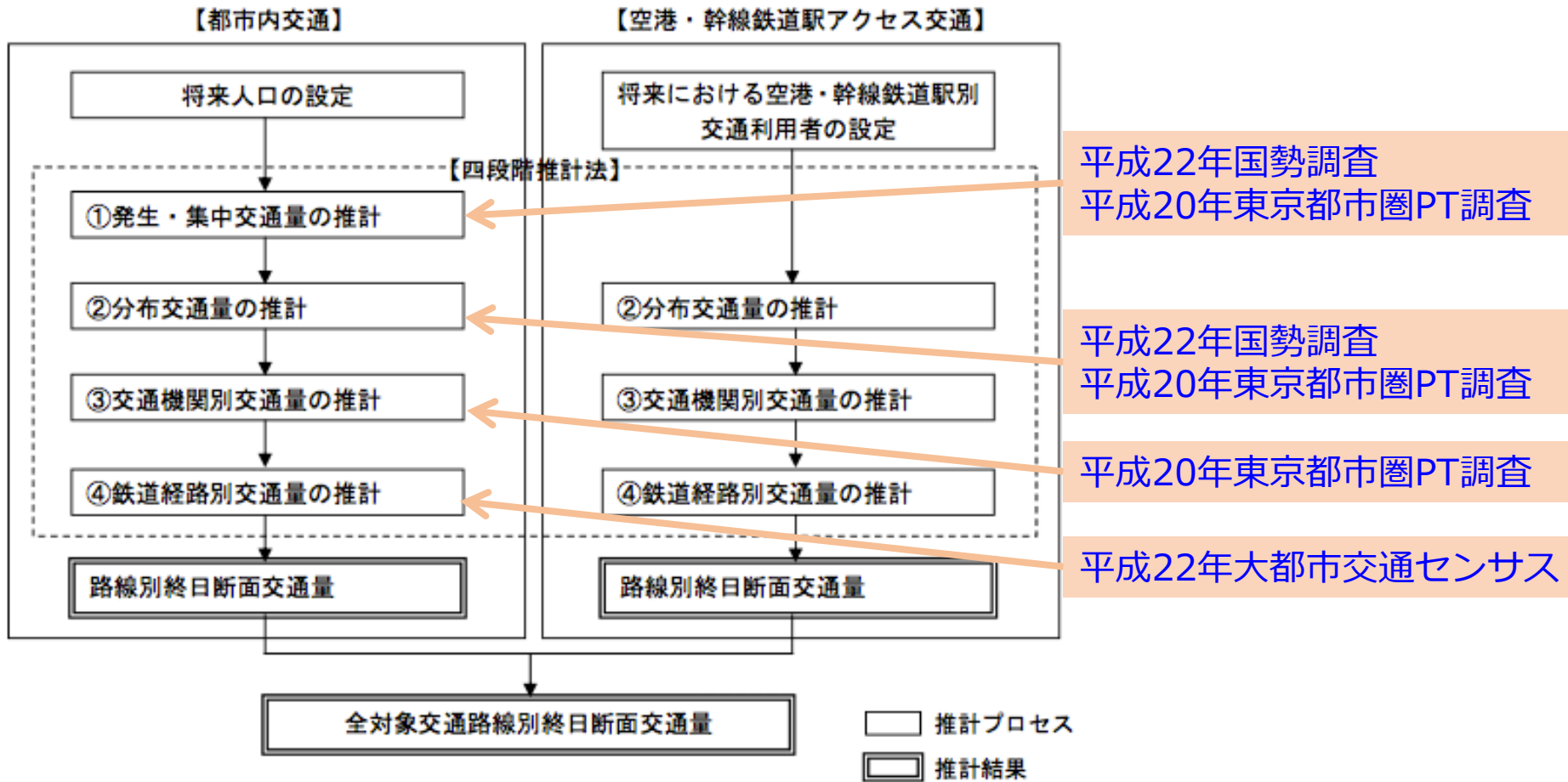
機関分担



配分

# 4. 四段階推定法

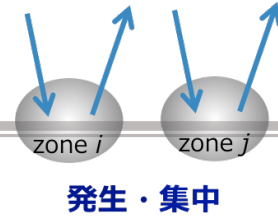
## ▶ 最新答申での体系



鉄道需要分析手法に関するテクニカルレポート<sup>[2]</sup>より



# 5. 都市内交通需要予測



## ●利用者のセグメント分け

- ・ 10個のトリップ目的と性別・年齢区分によりセグメント分け

▶通勤/通学/自宅発私事/その他私事/自宅発業務/勤務先発業務/勤務先からの帰宅/通学先からの帰宅/私事先からの帰宅/業務先からの帰宅

## ①発生集中モデル

- ・ 発生集中交通量（発集量）を目的・性年齢別算出するためのモデル  
原単位法：単位あたり発集量が将来も適用し得るとして、将来発集量を算出

$$GU_i^{pag} = \alpha_G^{pag} \cdot Y_i^{pag} \quad (1)$$

将来の発集量 = 現況発集原単位（与件の値） × 将来人口

$$AU_j^{pag} = \alpha_A^{pag} \cdot Y_j^{pag} \quad (2)$$

将来  $GU_i^{pag}$  : トリップ目的  $p$ 、年齢グループ  $a$ 、性別  $g$  におけるゾーン  $i$  からの発生交通量/日

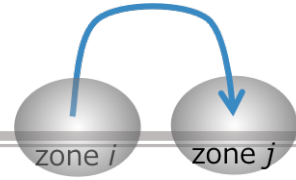
将来  $AU_j^{pag}$  : トリップ目的  $p$ 、年齢グループ  $a$ 、性別  $g$  におけるゾーン  $j$  への集中交通量/日

現況  $\alpha_G^{pag}, \alpha_A^{pag}$  : トリップ目的  $p$ 、年齢グループ  $a$ 、性別  $g$  の発集原単位 [trip/日・人]

将来  $Y_i^{pag}, Y_j^{pag}$  : トリップ目的  $p$ 、年齢グループ  $a$ 、性別  $g$  の人口指標 (人口)

現況の発集原単位：  
(与件の値)  $\frac{\text{現況のゾーン発集量}}{\text{現況のゾーン人口指標}}$

# 5. 都市内交通需要予測



分布

## ②分布モデル

- ①を用いて当該OD間交通量を目的・性年齢別に算出するためのモデル
- (I) 将来的に土地利用が変化しないゾーン：  
▶ 将来も現在の交通分布パターンが変わらないとして**現在パターン法**を用いて将来のトリップ分布を推計する  
ここでは、その中でも**フレーター法**を適用する cf) 平均成長率法

$$T_{ij} = t_{ij} \cdot \frac{G_i}{g_i} \cdot \frac{A_j}{a_j} \cdot \frac{1}{2} \left( \frac{g_i}{\sum_j t_{ij} \cdot A_j / a_j} + \frac{a_j}{\sum_i t_{ij} \cdot G_i / g_i} \right) \quad (3)$$

$T_{ij}$  : 将来のゾーン*ij*間の交通量

$t_{ij}$  : 現況のゾーン*ij*間の交通量

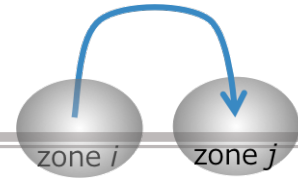
$G_i$  : 将来のゾーン*i*の発生量

$g_i$  : 現況のゾーン*i*の発生量

$A_j$  : 将来のゾーン*j*の集中量

$a_j$  : 現況のゾーン*j*の集中量

# 5. 都市内交通需要予測



分布

## ②分布モデル

(Ⅱ) 今後の開発により人口増加が見込まれるゾーン：

ゾーン間の交通量が発集量とゾーン間の距離抵抗によって決まると考える**重力モデル**によって当該ゾーンに流入するトリップ分布を推計する

▶東京臨海部・品川・田町エリア、TX沿線・レイクタウンエリアなど

$$T_{ij} = (\kappa + \delta_0 \cdot d_0) \cdot G_i^\alpha \cdot A_j^\beta \cdot c_{ij}^{\left( \gamma + \delta_0 \cdot d_0 + \sum_k \delta_k \cdot d_k \right)} \quad (4) \quad \text{※重力モデル本来の式ではない}$$

$T_{ij}$ ：将来のゾーン*ij*間の交通量

$G_i$ ：将来のゾーン*i*の発生量

$A_j$ ：将来のゾーン*j*の集中量

$\alpha, \beta, \gamma, \kappa$ ：重力モデルのパラメータ

$c_{ij}$ ：ゾーン*ij*間の距離抵抗

交通サービスを貨幣換算した一般化費用を用いた

$\delta_0, d_0$ ：都心・副都心ダミーのパラメータ、ダミー変数

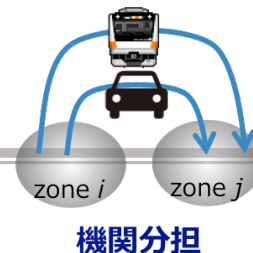
$\delta_k$ ： $k$ 番目の距離帯のパラメータ

$d_k$ ： $k$ 番目の距離帯のダミー変数

距離帯は10kmごと

▶推定結果：決定係数，各変数のt値は共に十分な値となった

# 5. 都市内交通需要予測



## ③ 機関選択モデル

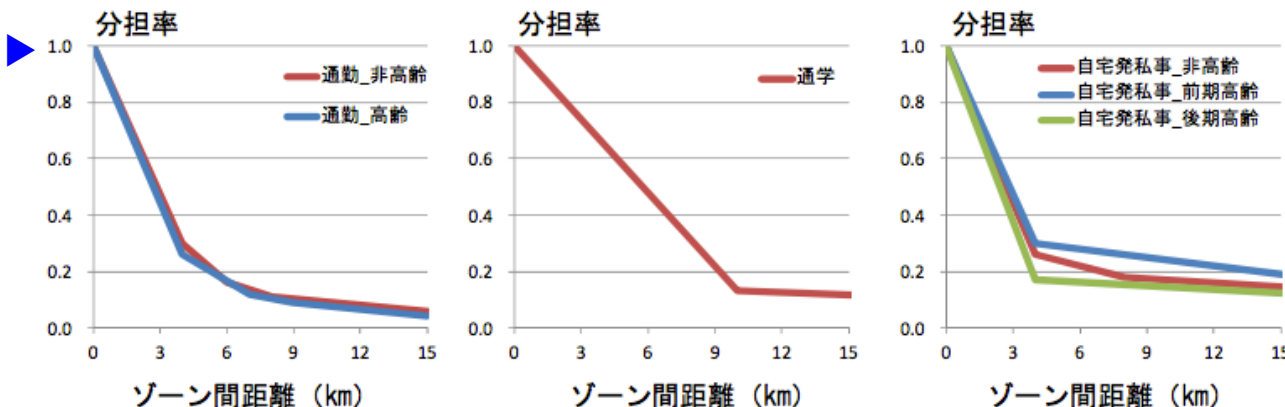
- ②で得られた当該OD間交通量において各交通機関の交通量を目的・年齢別に推計するモデル
- 「徒歩・二輪利用」と「鉄道・バス・自動車利用」に分ける
- (I) 徒歩・自転車利用交通量： $XU_{ij,w/b}^{ap}$   
H20PT調査から目的別距離帯別徒歩・二輪分担率を求め、当該OD間交通量に乗じる

$$XU_{ij,w/b}^{ap} = s_{w/b}^{ap}(l_{ij}) \cdot T_{ij}^{ap} \quad (5)$$

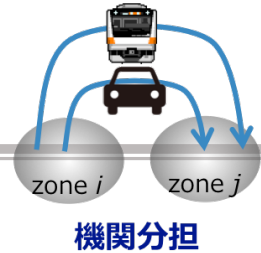
$s_{w/b}^{ap}(\cdot)$  :  $ij$ 間の直線距離  $l_{ij}$ に関する徒歩・自転車利用交通の分担率

$T_{ij}^{ap}$  : トリップ目的  $p$ 、年齢グループ  $a$ 、将来のゾーン  $ij$ 間の交通量

目的別距離帯別  
徒歩・二輪分担率



# 5. 都市内交通需要予測



## ③ 機関選択モデル

(Ⅱ) 鉄道・バス・自動車利用交通量： $XU_{ij,m}^{ap}$  交通機関をmとする  
 選択肢間が独立▶**ロジットモデル**を適用

**当該交通量** = **総交通量** × **当該選択確率**

徒歩・二輪利用を除いた将来のゾーンij間交通量 交通機関mの選択確率

$$XU_{ij,m}^{ap} = \frac{(T_{ij}^{ap} - XU_{ij,w/b}^{ap}) \cdot \exp(VU_{ij,m}^{ap})}{\exp(VU_{ij,bus}^{ap}) + \exp(VU_{ij,rail}^{ap}) + \exp(VU_{ij,car}^{ap})} \quad (6)$$

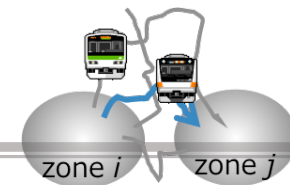
### 説明変数

$VU_{ij,m}^{ap}$ ：交通機関mの効用の確定項

- ・ 総費用 (円)
  - ・ ラインホール時間 (分) 乗車にかかる総時間
  - ・ 自動車保有台数 (台/人) **自動車**
  - ・ 都心ダミー 都心部で感じる自動車利用の抵抗感 **自動車**
  - ・ 駅端末利便性 駅アクセスに要する各交通機関の効用を合成した効用関数 **鉄道**
  - ・ 短距離ダミー 短距離における自動車利用を表現 **自動車**
  - ・ 定数項
- 出発地→出発駅/  
到着駅→目的地の  
アクセス性

▶ **推定結果**：尤度比, 各変数のt値・符号のいずれも十分な値

# 5. 都市内交通需要予測



配分

## ④ 鉄道経路選択モデル

- ・ 複雑な首都圏鉄道ネットワーク ▶ 経路選択肢間が完全独立ではない  
▶▶ **プロビットモデル**を適用

特に、誤差項を構造化し経路選択肢間の多様な重複構造を考慮可能な **構造化プロビットモデル**<sup>[6]</sup>を適用し、**シミュレーション法**によって計算

選択肢 $m$ の効用の  
確定項

$$V_m^{c-r} = \sum_k \theta_k^{c-r} \cdot X_{mk}^{c-r} \quad (8)$$

$C-r$  : 都市内鉄道経路選択モデルを意味する添え字

$\theta_k^{c-r}$  : 変数 $k$ のパラメータ

$X_{mk}^{c-r}$  : 選択肢 $m$ , 変数 $k$ の説明変数

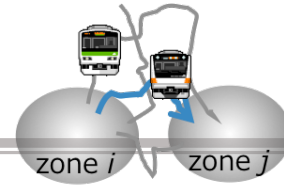
### 説明変数

- ・ 幹線費用 (円)
- ・ 鉄道乗車時間 (分)
- ・ 乗換水平移動時間 (分)
- ・ 乗換上下移動時間 (分)
- ・ 乗車待ち時間 (分) 乗車路線の運行間隔の1/2
- ・ 混雑指標 列車内混雑に対する抵抗感を表現
- ・ 駅端末利便性 駅アクセスに要する各交通機関の効用を合成した効用関数 (p.15で紹介)
- ・ 分散比 経路間の類似性を表現する変数

$$CI_i = \sum_j Tm_{ij} \cdot \left( \frac{cong_{ij}}{100} \right)^2$$

乗車時間と車内混雑率によって定義

# 5. 都市内交通需要予測



配分

## ④ 鉄道経路選択モデル：構造化プロビットモデル

$$P_m^{c-r} = \int_{\varepsilon_1=-\infty}^{\varepsilon_m + V_m^{c-r} - V_1^{c-r}} \cdots \int_{\varepsilon_m=-\infty}^{+\infty} \cdots \int_{\varepsilon_M=-\infty}^{\varepsilon_m + V_m^{c-r} - V_M^{c-r}} \phi(\varepsilon) d\varepsilon_M \cdots d\varepsilon_1 \quad (9)$$

$$\phi(\varepsilon) = (2\pi)^{-\frac{M}{2}} |\Sigma|^{-\frac{1}{2}} \exp\left(-\frac{1}{2} \varepsilon \Sigma^{-1} \varepsilon^T\right) \quad (10)$$

$$\Sigma = \sigma^2 \begin{pmatrix} L_1 & L_{12} & \cdots & L_{1M} \\ L_{12} & L_2 & \cdots & L_{2M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ L_{1M} & L_{2M} & \cdots & L_M \end{pmatrix} + \sigma_0^2 I \quad (11)$$

経路の長さに依存する誤差
経路に固有の誤差

$$\eta = \frac{\sigma^2}{\sigma_0^2} \quad (12)$$

$$\Sigma = \sigma_0^2 \begin{pmatrix} \eta L_1 + 1 & \eta L_{12} & \cdots & \eta L_{1M} \\ \eta L_{12} & \eta L_2 + 1 & \cdots & \eta L_{2M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \eta L_{1M} & \eta L_{2M} & \cdots & \eta L_M + 1 \end{pmatrix} \quad (13)$$

$P_{mk}^{c-r}$  : (経路) 選択肢  $m$  の選択確率

$L_{ij}$  : (経路) 選択肢  $i, j$  の重複距離

$\eta$  : 分散比

$\phi(\varepsilon)$  : 確率密度関数

$\varepsilon_m$  : 選択肢  $m$  の効用の誤差項

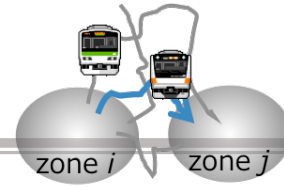
$\Sigma$  : 分散共分散行列

$n$  : 都市内交通鉄道経路数

× 経路交通量 = 経路  $m$  交通量



# 5. 都市内交通需要予測



配分

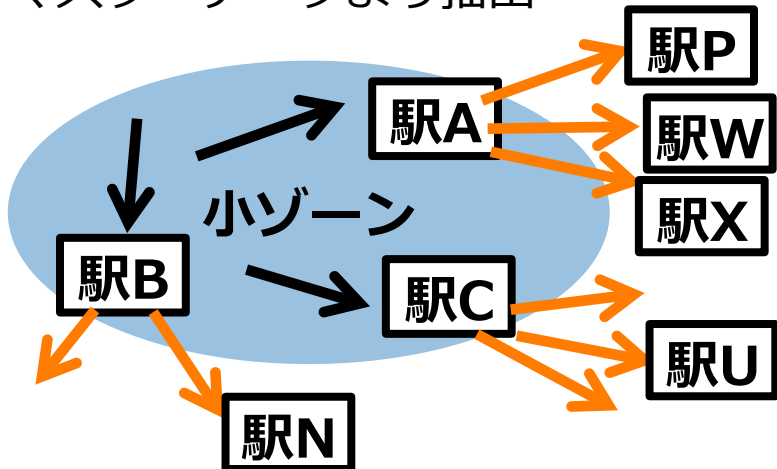
## ④ 鉄道経路選択モデル：選択肢集合の設定手法

### 駅リスト

各小ゾーンから  
アクセス・イグレス実績がある駅のリスト

### 経路リスト

上記リスト内全ての駅の組み合わせについて  
各駅ペアで利用されている経路を  
マスターデータより抽出



### 選択肢集合を付与する とあるサンプル

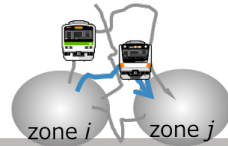
- ・発着小ゾーン
  - ・アクセス・イグレス駅
- を基に  
各リストから選択肢集合の  
候補経路を全て抽出

利用者の多い経路順に  
利用経路の重複率や  
種別等を勘案しながら  
最大5経路を設定

選択肢集合



# 5. 都市内交通需要予測



配分

## ④系 鉄道駅アクセス交通機関選択モデル：駅端末利便性を推計するモデル

- ・ 徒歩、自転車、自動車、バスから選択
- ・ (非集計) ロジットモデルを適用
- ・ 選択肢*i*の効用の確定項は以下の式で表される

$$V_i^{c-a} = \sum_k \theta_k^{c-a} \cdot X_{ik}^{c-a} \quad (14)$$

$\theta_k^{c-a}$  : 変数*k*のパラメータ

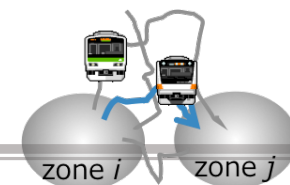
$X_{ik}^{c-a}$  : 選択肢*i*, 変数*k*の説明変数

### 説明変数

- ・ 徒歩・二輪利用時間 (分)
- ・ 自動車・バス利用時間 (分)
- ・ 総費用 (円)
- ・ 高低差 (m)
- ・ ln(運行本数/時) バスの運行本数
- ・ 定数項

▶ **推定結果** : 尤度比, 各変数のt値・符号のいずれも十分な値

# 5. 都市内交通需要予測



配分

## ④ 鉄道経路選択モデル：推定結果

	通勤目的				通学目的		私事目的				業務目的	
	非高齢		高齢		全年齢		非高齢		高齢		全年齢	
	parameter	t-value	parameter	t-value	parameter	t-value	parameter	t-value	parameter	t-value	parameter	t-value
幹線費用(円)	-0.00355	-3.89	-0.00325	-3.09	-0.00415	-3.94	-0.00365	-3.56	-0.00447	-2.84	-0.00314	-2.74
鉄道乗車時間(分)	-0.151	-7.35	-0.0974	-5.62	-0.0800	-5.40	-0.0912	-5.22	-0.102	-3.13	-0.136	-7.35
乗換水平移動時間(分)	-0.242	-6.54	-0.139	-4.22	-0.133	-3.51	-0.205	-3.94	-0.183	-2.60	-0.140	-2.79
乗換上下移動時間(分)	-0.313	-4.77	-0.329	-4.91	-0.137	-2.02	-0.221	-2.87	-0.261	-2.10	-0.376	-4.25
乗車待ち時間(分)	-0.145	-4.24	-0.112	-3.63	-0.0784	-3.37	-0.105	-3.67	-0.120	-2.52	-0.132	-4.07
混雑指標	-0.0122	-2.50	-0.0335	-5.42	-0.0101	-1.88						
駅端末利便性	0.883	12.7	0.991	10.6	0.908	12.6	0.752	11.4	0.975	4.98	0.888	12.2
分散比	0.128	2.88	0.022	1.16	0.019	1.08	0.033	1.15	0.253	1.36	0.035	1.32
尤度比	0.440		0.389		0.433		0.353		0.331		0.490	
鉄道乗車時間価値	42.6		30.0		19.3						43.2	
水平移動時間価値	68.3		42.7		32.0							
上下移動時間価値	88.1		101		33.1							
乗車待ち時間価値	40.7		34.3		18.9						41.9	
サンプル数	1,000		500		500		500		500		500	

▶ 目的・年齢別に推定結果が大きく異なった  
▶ それぞれの結果の相違も我々の感覚と合致する

▶ 尤度比, 各変数のt値・符号のいずれも十分な値

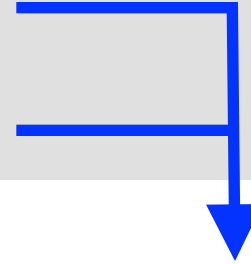
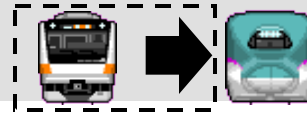
① 都市内交通（日常の通勤通学等）



② 空港アクセス交通



③ 幹線鉄道駅アクセス交通



割愛します、すみません（付録2～5をご覧ください）

- 最終的に②③は、①と同様にリンク（駅間）交通量を求めることとなる
- ①～③で得られた駅間断面交通量を総和  
▶ 終日駅間断面交通量が算出される

## 6. 前回答申との比較

	前回答申（2000年）	前回答申（2016年）
	目標年次：2015年	目標年次：2030年
鉄道経路選択モデル	<b>非集計構造化プロビットモデル</b> ・乗換 = 乗換時間	<b>非集計構造化プロビットモデル</b> ・乗換 = 乗換水平時間 + 乗換上下時間 ・駅端末利便性として、 鉄道駅アクセス交通機関選択モデルを導入 ・サービスレベル設定にHyperpathの概念を適用
トリップ目的	4目的 (通勤・通学・私事・業務)	10目的 (自宅外発私事や勤務先発帰宅等追加)
年齢区分	なし	65歳以上、65歳未満で区分
ゾーン数	1,812ゾーン（東京圏）	2,843ゾーン（東京圏）

● **Hyperpath**：期待費用を最小化する経路群の決定手法<sup>[8,9]</sup>

▶ 多様な種別が存在する路線の代表的なサービスレベルを適切に設定する

種別	所要時間	運行本数	待ち時間 (運行間隔の 1/2)	平均所要時間+ 待ち時間	種別の組合せ	平均所要時間 (加重平均)	運行本数合計	待ち時間 (運行間隔の 1/2)	平均所要時間 +待ち時間
通勤特急	24.3分	3本	10分	34.3分	通勤特急・急行	25.7分	7本	4.3分	30.0分
急行	26.8分	4本	7.5分	34.3分	通勤特急・急行・各駅	30.7分	19本	1.6分	32.3分
各駅停車	33.6分	12本	2.5分	36.1分	急行・各駅	31.9分	16本	1.9分	33.8分

運行本数で加重平均した  
平均所要時間

+

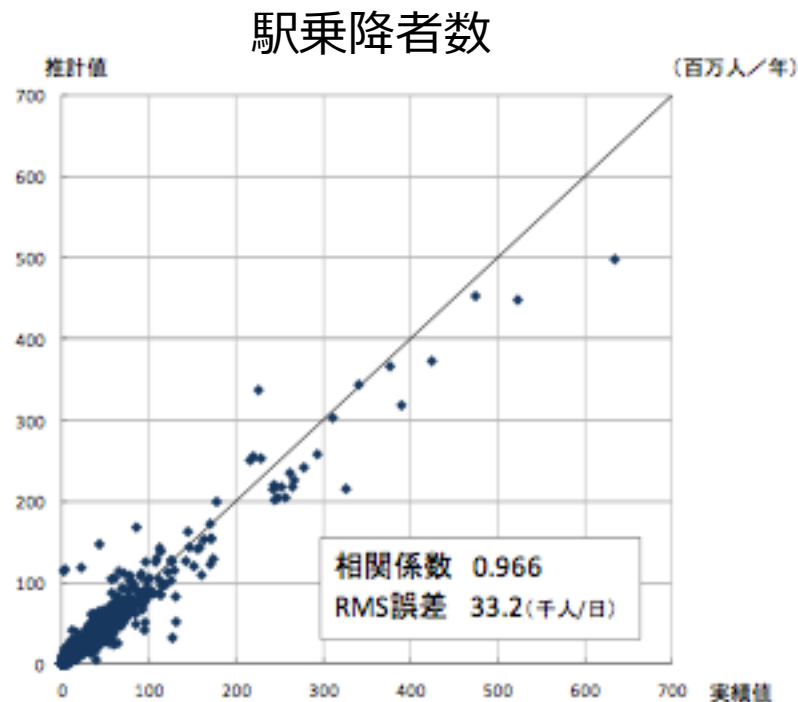
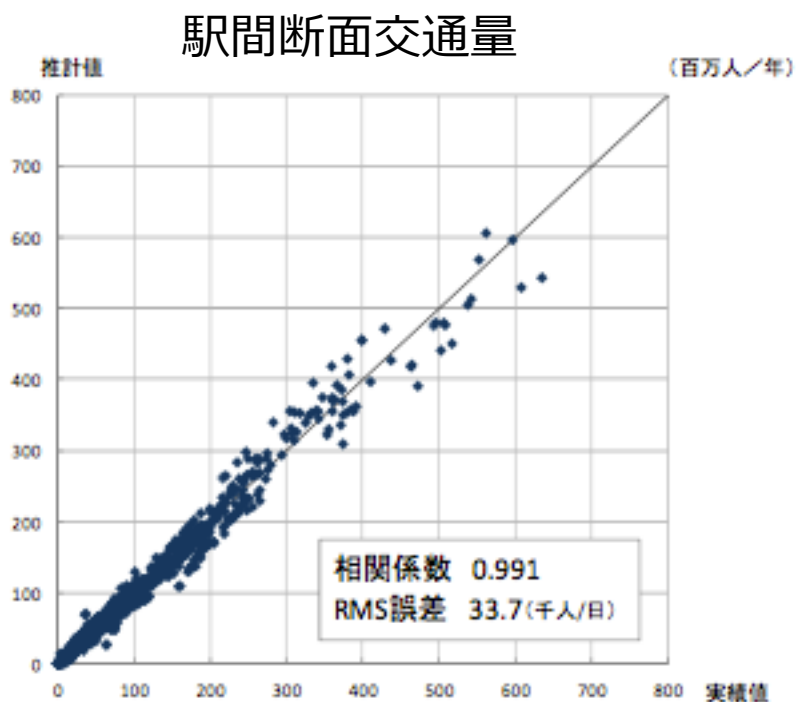
総運行本数に基づく平均運行間隔の  
1/2として設定した平均待ち時間

=

所要時間が最小となる  
列車種別の組み合わせ

## 7. 再現性の確認

- ・ 計算値（現況の人口・交通サービス条件をモデルにインプットした値）と現況値を比較 ▶ 概ね±10%以下を確保している



鉄道需要分析手法に関するテクニカルレポート<sup>[2]</sup>より

概ね±10%以下の再現性を確保

概ね20~30%以内の再現性を確保

# 7. 再現性の確認

- ・ 計算値/観測値（駅間断面交通量）：ネットワーク上に図示



## ▶ 都心部は過小推計された

訪日外国人や対象ゾーン外から来た鉄道利用者を考慮していないから

## 8. 当需要予測モデルの問題点

- ・平日しか推計されていない
- ・モデルの正確性向上
- ・従来の**四段階推定法**を用いている
  - ×トリップチェーンを考慮できない
  - × ある1日の全体量を集計するものであり、時間帯別の結果は算出されない
  - × 4つのステップでモデルが理論的に一貫していない（行動規範が一貫したものとなっていない）
  - × 誘発交通を考慮できない（生成交通量を先に決めてしまうため）

これからは

個人の行動ベース（トリップ間の繋がりを把握でき、時間軸を組み込んだ）で解析を行う**Activity-basedモデル**の適用が望まれる

▶多様な交通政策に対応した評価手法である

例) 時間帯別運賃を行うとすれば、トリップ、目的地の変更や出発時間帯の変更等、利用者1日の行動が変化する可能性がある

このような変化を評価するためには、人の移動をトリップベースで扱う四段階推定法では限界がある

## 9. まとめ

- **首都圏鉄道における最新需要予測答申を通じ、実務上の行動モデルの適用手法についてまとめた**
  - ▶ 前提条件（選択肢条件）によって、各モデルの使い分けがなされていた
    - ・ 経路選択：経路選択肢間に類似性があるため、プロビットモデル
    - ・ 交通機関選択：交通機関間に類似性がないため、ロジットモデル
  - ▶ 実務における適用を念頭に置くため、**計算効率性**も特に重視される



# 付録. 最新答申で提案された新線・改良計画

<1>	都心直結線の 신설
<2>	羽田空港アクセス線の 신설及び京葉線・りんかい線相互直通運転化
<3>	新空港線の 신설
<4>	京急空港線羽田空港国内線ターミナル駅引き上げ線の 신설
<5>	常磐新線の延伸
<6>	都心部・臨海地域地下鉄構想の 신설及び同構想と常磐新線延伸の一体整備
<7>	東京8号線（有楽町線）の延伸（豊洲～住吉）
<8>	都心部・品川地下鉄構想の 신설
<9>	東西交通大宮ルートの新設
<10>	埼玉高速鉄道線の延伸
<11>	東京12号線（大江戸線）の延伸
<12>	多摩都市モノレールの延伸
<13>	東京8合織の延伸（押上～野田市）
<14>	東京11号線の延伸
<15>	総武線・京葉線接続新線の 신설
<16>	京葉線の中央線方面延伸及び中央線の複々線化
<17>	京王線の複々線化
<18>	区部周辺部環状公共交通の新設
<19>	東海道貨物支線貨客併用化及び川崎アプローチ線の 신설
<20>	小田急小田原線の複々線化及び小田急多摩線の延伸
<21>	東急田園都市線の複々線化
<22>	横浜3号線の延伸
<23>	横浜環状鉄道の新設
<24>	相鉄いずみ野線の延伸

▶ 更なる詳細は、参考資料[7]をチェック

# 付録. 空港アクセス交通需要予測

## ●目的

両空港において、そこに向かう需要と、空港から来る需要

- ・羽田・成田空港⇔各ゾーンの鉄道需要を推計する（国内線・国際線）  
トリップ目的、居住地、空港アクセスイグレスにより各々分類  
業務/観光私事 空港に向かうのか、空港から来るのか

## ①分布モデル

- ・両空港の2030年時利用者数は、国交省による推計結果<sup>[10]</sup>を使用 現在パターン法
- ・現在のODトリップパターンがどちらの利用も将来まで維持されると仮定

## ②機関選択モデル

- ・①で得られたOD交通量から、それぞれの利用交通機関を推計 バス/鉄道/自動車

$$XA_{ij,m}^{dphg} = \frac{TA_{ij}^{dphg} \cdot \exp(VA_{ij,m}^{dphg})}{\exp(VA_{ij,bus}^{dphg}) + \exp(VA_{ij,rail}^{dphg}) + \exp(VA_{ij,car}^{dphg})} \quad (15) \quad \text{MNL}$$

$XA_{ij,m}^{dphg}$  : ゾーンhに住む利用者dの機関mを用いたトリップ目的p, 空港g利用のi→jトリップ数

$g=0$  : 空港が目的地,  $g=1$  : 空港が出発地

$TA_{ij}^{dphg}$  : ①によって求められたi→jトリップ数

$VA_{ij,m}^{dphg}$  : 効用の確定項

# 付録. 空港アクセス交通需要予測

## ③ 鉄道経路選択モデル

- ・ 空港利用の経路rによる交通量

$$XA_{ij,r}^{dp} = \frac{\exp(VA_{ij,r}^{dp})}{\sum_{r'} \exp(VA_{ij,r'}^{dp})} \cdot \sum_h \sum_g XA_{ij,rail}^{dphg} \quad (16) \quad \text{MNL}$$

$VA_{ij,r}^{dp}$  : 経路rの効用の確定項

**羽田** : 東京モノレール、京急空港線

**成田** : 成田エクスプレス、京成スカイライナー、京成線、JR線

がそれぞれ利用可能と仮定

- ・ セグメントごとに求めた各経路交通量を総和してリンク交通量  $xa_l$  :

$$xa_l = \sum_d \sum_p \sum_{ij} \sum_r \delta_{ij,r,l} \cdot XA_{ij,r}^{dp} \quad (17)$$

$\delta_{ij,r,l}$  : リンクlがij間の経路rに含まれているかどうかを区別するダミー変数

# 付録. 幹線鉄道駅アクセス交通需要予測

## ●目的

各駅において、そこに向かう需要と、各駅から来る需要

- ・高速鉄道駅利用の鉄道需要を推計する

トリップ目的（業務、観光、私用）により各々分類

## ①分布モデル

- ・各ゾーン⇔新幹線駅のトリップ/日をMNLベースの目的地選択モデルにより推計
- ・2030年時新幹線駅利用者数は国土交通省による別推計結果を使用

$$TH_{Sj}^p = \frac{\exp(VH_{Sj}^p)}{\sum_{j'} \exp(VH_{Sj'}^p)} \cdot GH_S^p \quad \text{or} \quad TH_{iS}^p = \frac{\exp(VH_{iS}^p)}{\sum_{i'} \exp(VH_{i'S}^p)} \cdot GH_S^p \quad (18)$$

$TH_{Sj}^p$  : トリップ目的pの新幹線駅S→ゾーンjトリップ

$TH_{iS}^p$  : トリップ目的pのゾーンi→新幹線駅Sトリップ

$VH_{Sj}^p, VH_{iS}^p$  : 効用の確定項

$GH_S^p$  : トリップ目的pの新幹線駅Sにおける発生集中交通量

# 付録. 幹線鉄道駅アクセス交通需要予測

## ②機関選択モデル

- ①で得られたOD交通量から各ゾーン⇔新幹線駅の各交通機関によるトリップを推計  
バス/鉄道/自動車/タクシー

$$XH_{ij,m}^p = \frac{TH_{ij}^p \cdot \exp(VH_{ij,m}^p)}{\exp(VH_{ij,bus}^p) + \exp(VH_{ij,rail}^p) + \exp(VH_{ij,car}^p) + \exp(VH_{ij,taxi}^p)} \quad (19)$$

$XH_{ij,m}^p$  : 機関mを用いたトリップ目的pのi→jトリップ数

$TH_{ij}^p$  : i→jトリップ数

$VH_{ij,m}^p$  : 効用の確定項

## ③鉄道経路選択モデル

- 選択肢集合は、実績上位最大5経路
- 各ゾーン⇔新幹線駅のトリップ数  $XH_{ij,r}^p$  :

$$XH_{ij,r}^p = \frac{\exp(VH_{ij,r}^p)}{\sum_{r'} \exp(VH_{ij,r'}^p)} \cdot XH_{ij,rail}^p \quad (20)$$

$VH_{ij,r}^p$  : 経路rの効用の確定項  
(説明変数の一次関数と仮定)

セグメントごとに求めた各経路交通量を総和してリンク交通量

$$xh_l = \sum_p \sum_{ij} \sum_r \delta_{ij,r,l} \cdot XH_{ij,r}^p \quad (21)$$

# 参考文献

- [1]国土交通省交通政策審議会：  
東京圏における今後の都市鉄道のあり方について（答申），  
<http://www.mlit.go.jp/common/001126948.pdf>, 2016.
- [2]国土交通省交通政策審議会陸上交通分科会鉄道部会・今後の都市鉄道のあり方に関する小委員会需要評価・  
分析・推計手法ワーキンググループ：  
鉄道需要分析手法に関するテクニカルレポート，  
<http://www.mlit.go.jp/common/001138608.pdf>, 2016.
- [3] Kato, H., Fukuda, D., Yamashita, Y., Iwakura, S. and Yai, T.:  
Latest urban rail demand forecast model system in the Tokyo Metropolitan Area,  
*Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Vol. 2668,  
pp. 60-77, 2017.
- [4]東京圏鉄道整備研究会：  
東京圏の鉄道のあゆみと将来，  
財団法人 運輸政策研究機構, 2000.
- [5]一般財団法人 計量計画研究所 研究部 高橋勝美：  
講習6：予測評価手法，  
[http://www.ibs.or.jp/sites/default/files/3\\_ojt/PTkousyu2011\\_06.pdf](http://www.ibs.or.jp/sites/default/files/3_ojt/PTkousyu2011_06.pdf)
- [6]屋井鉄雄, 中川隆広, 石塚順一：  
シミュレーション法による構造化プロビットモデルの推定特性，  
土木学会論文集, No.604/IV-41, pp.11-21, 1998.
- [7]国土交通省交通政策審議会陸上交通分科会鉄道部会・今後の都市鉄道のあり方に関する小委員会：  
鉄道ネットワークのプロジェクトの検討結果，  
<http://www.mlit.go.jp/common/001138590.pdf>
- [8]H. Spiess and M. Florian：  
Optimal Strategies: A NEW ASSIGNMENT MODEL FOR TRANSIT NETWORKS,  
*Transportation Research PartB*, Vol.23, No.2, pp.83-102, 1989.

# 参考文献

---

- [9]柳沼秀樹, 福田大輔, Schmöcker Jan-Dirk, 倉内文孝 :  
最小費用Hyperpath探索アルゴリズムによる鉄道経路選択モデルの選択枝集合形成,  
土木学会計画学・講演集, Vol.40, 4pages, 2009.
- [10]加藤浩徳 :  
航空需要予測の最近の動向,  
航空政策研究会シリーズ, No.581, 2014.
- [11]駅旅・ゆけむり研究室 :  
<http://www.trainfrontview.net/f-sozai.htm>