

札幌市の成熟化と交通の変化

Changes in traffics under maturing city: Sapporo.

札幌市環境局環境都市推進部 正員 高宮 則夫 (Norio TAKAMIYA)
 (有)佐藤泰久地域経済研究所 ○ 佐藤 泰久 (Yasuhisa SATO)

1. はじめに

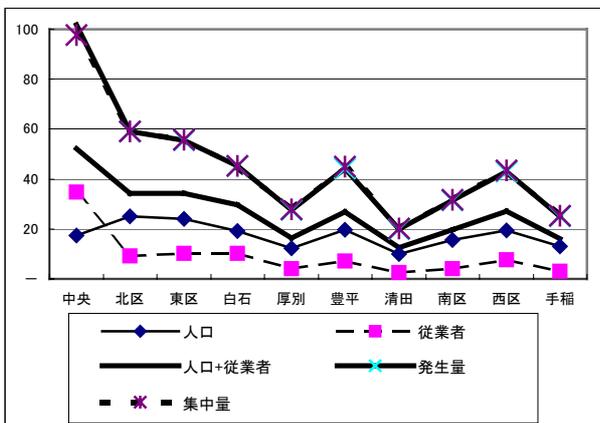
都市は人と産業が活動する器であり、人の交通需要であり供給でもあるパーソン・トリップ（以下、PT）も、人と産業の活動を反映している。それ故、交通量とその分布は人口と従業者の量と分布に依存していると予想される。筆者らは、「札幌市の道路整備に関わる基礎調査(1992)」において、第2回PT調査結果を解析し、交通の起点・終点の分布が人口と従業者数の分布で説明できることに着目して以来、都市の交通問題を、人と企業の活動と関連付けて解明しようと試みてきた。その成果は「札幌市の道路整備効果の評価手法の検討業務報告書(2001)」にまとめられている。

ただ、これらのPT調査データの解析は、行政区と周辺市町村など、粗い地区分割によるラフな分析に止まっていた。本稿は、第3回PT調査データを、中ゾーン・小ゾーン（統計区）レベルで解析し、都市に生活する人と産業の活動の分布とその変化で交通行動の分布を解析し予測する試みである。PT調査は十数年に一度しか実施されないが、本稿では5年毎に実施される国勢調査・事業所統計調査や、毎年公表される公共交通乗車人員などのデータが、データの制約に配慮しつつ相互に結び付けられ、PT調査データを持つ情報を引き出している。

2. 札幌の交通量は人口と従業者分布に依存する

図-1は、第3回パーソントリップ調査(1994PT)の「全パーソントリップ=交通移動」の「起点=発生(どこから)」と「終点=集中(どこへ)」の交通量を行政区別に集計し、「人口と従業者数」と比較したものである(人口:1995国勢調査、従業者:1996事業所統計調査)。交通移動(全手段・全目的)の発生・集中量は、各区の「人口+従業者」の規模に、ほぼ比例しているように見える。

図-1 人口・従業者数と交通量(単位;万)



このことは、回帰分析で確認できる。表-1は、1994PT調査の中ゾーン・データと、対応する統計区別人口・従業者データを用いて、交通量(発生・集中)を人口と従業者で回帰した結果である。

表-1 回帰分析結果

	発生交通量=起点		集中交通量=終点	
	推計値	t-値	推計値	t-値
人口	1.477	18.66	1.545	20.25
従業者	2.413	53.08	2.237	51.05
定数項	-4,259	-1.94	-3,812	-1.80
決定係数	0.975	adj.-Rsq	0.974	adj.-Rsq

札幌の各ゾーンの交通量は、「発生(起点)」について人口の1.477、従業者の2.413、「集中(終点)」について人口の1.545、従業者の2.237に、それぞれ比例している。

これは、札幌市の産業構造が、第3次産業に偏った「サービス化社会」であるためと解釈できる。人々の交通行動は、目的は様々であっても、自宅から事業所(職場・学校・商店)へ、事業所から自宅へ、そして、事業所から事業所へ、自宅から他宅へ等々、全て、居住地の分布と従業地の分布間で発生(起点)・集中(終点)している。

このことから、次のことが言える。

A. 札幌の全交通量は都市の規模(人口・従業者の総数)と共に変化する。

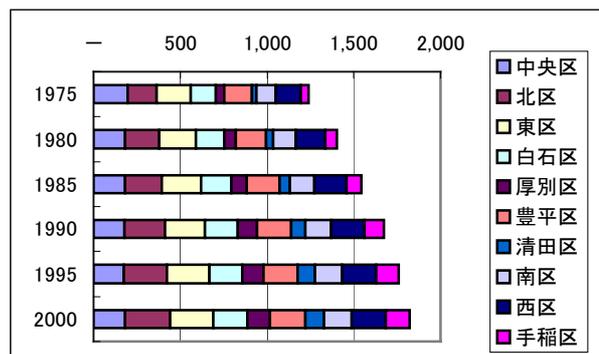
B. 札幌の交通分布は都市の構造(人口・従業者の分布)と共に変化する。

そこで、札幌の人(人口)と産業(従業者)の量と分布の推移を見てみよう。

3. 札幌の人と産業の量と分布

図-2aは行政区別人口の推移であり、札幌市の人口は図のように増加してきたが、増加率は低下し、分布は均等化しつつあるように見える。

図-2 a 行政区別人口の推移(千)



分布の均等化は「ローレンツ曲線」と「ジニ係数」によって確認できる。ローレンツ曲線は、人口密度（対市街化区域面積）の低い順に統計区を並べ、人口シェアを累計したもので、曲線が対角線に近いほど分布は均一であり、対角線から右下に離れるほど分布は偏っていることを示している。ジニ係数は、対角線とローレンツ曲線の乖離を面積比で数量化したものである。

図-2 b 人口ローレンツ曲線

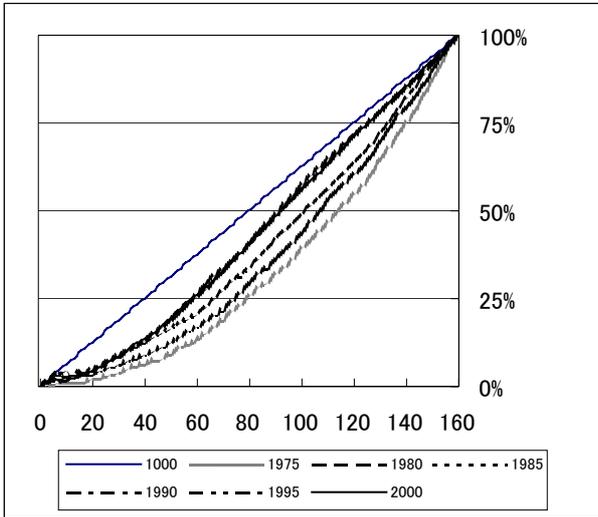


図-2 b より、人口ローレンツ曲線は 1975 年から順次、対角線に近づいており、ジニ係数も 1975 年の 0.33 から 2000 年の 0.13 へと減少し、札幌市の人口分布が均一化していることを実証している。

図-3 a は行政区別従業者数の推移であり、札幌市の従業者数は 1996 年まで増加してきたが、2001 年には減少しており、分布も一極集中から分散化しつつあるように見える。

図-3 a 区別従業者数の推移(千)

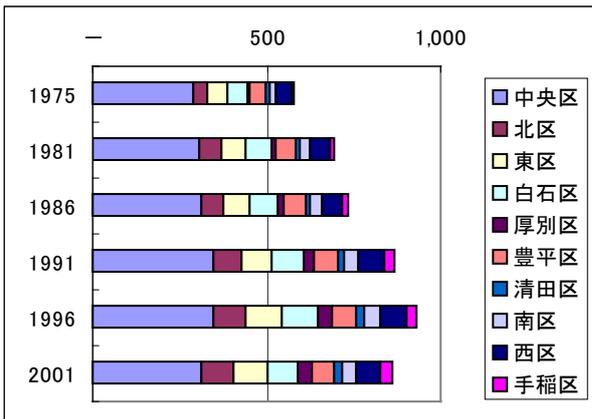
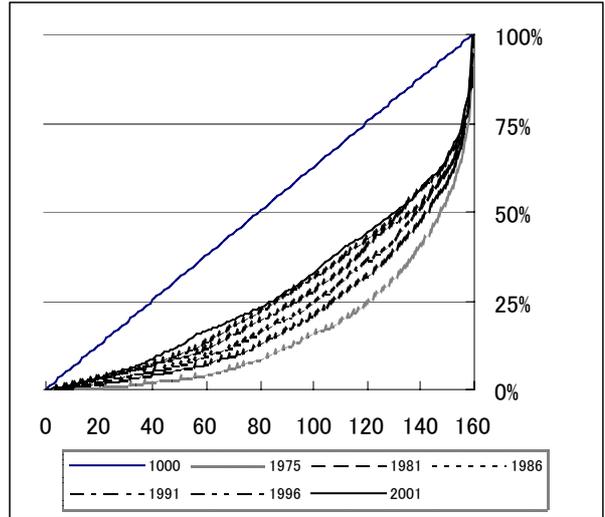


図-3 b より、従業者ローレンツ曲線は 1975 年から順次、対角線に近づいており、ジニ係数も 1975 年の 0.67 から 2000 年の 0.44 へと減少し、札幌市の従業者分布が集中偏在から分散化していることを実証している。

このことから、次のことが言える。

C. 札幌の人と産業 activity の量的成長は止まり、分布は均一化へ向かっている。

図-3 b 従業者ローレンツ曲線



4. 札幌の交通量と分布の推移を人と産業で説明

以上の A. B. C. より、札幌の交通量とその分布の推移を人と産業の量と分布で説明してみよう。手法は、表-1 の回帰分析の結果と、図-2 a、図-3 a の人口・従業者数を用いて、1975~2000 年の交通量を推計するというものである。

表-1 の回帰分析は、1 時点のクロスセクション・データに基づくものであり、これを 1975~2000 の時系列データに適用するという事は、「人口・従業者一人あたりの平均的交通行動が一定である」ということを仮定していることになる。

図-4 は行政区別発生交通量の推計結果とシェア、図-5 は集中交通量の推計結果とシェアである。

図-4 a 区別発生交通量推計(千)

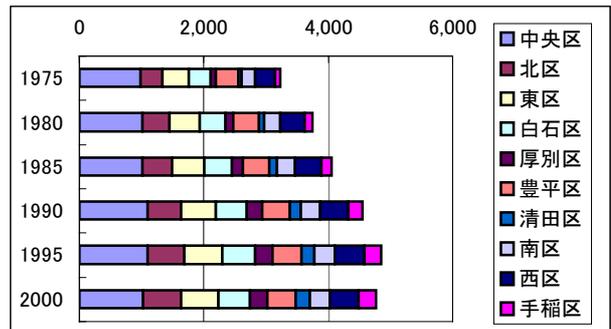


図-4 b 同シェア

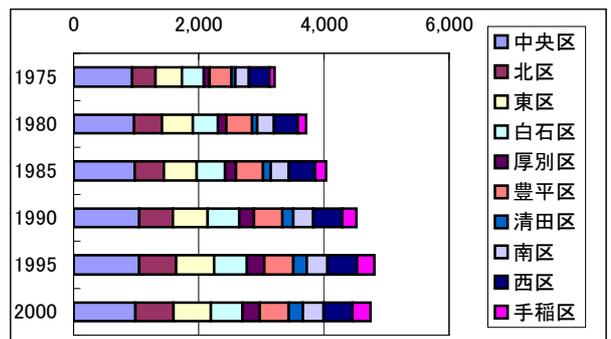


図-5 a 行政区別集中交通量推計

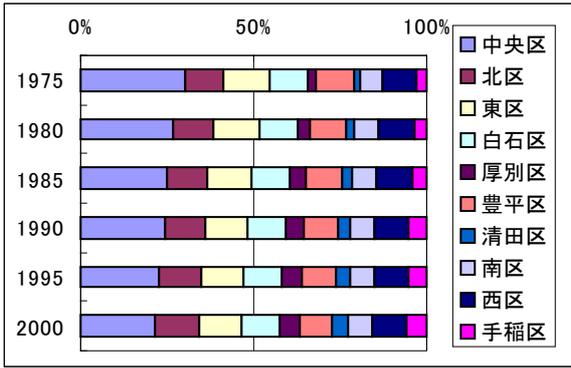
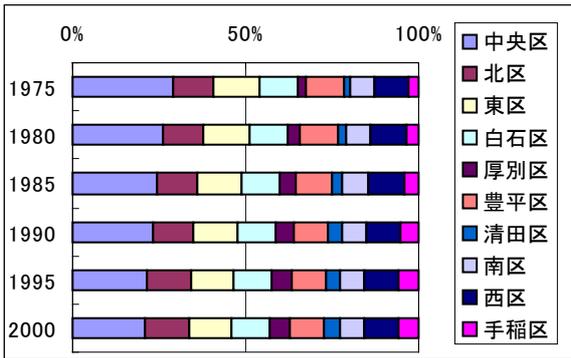


図-5 b 同シェア



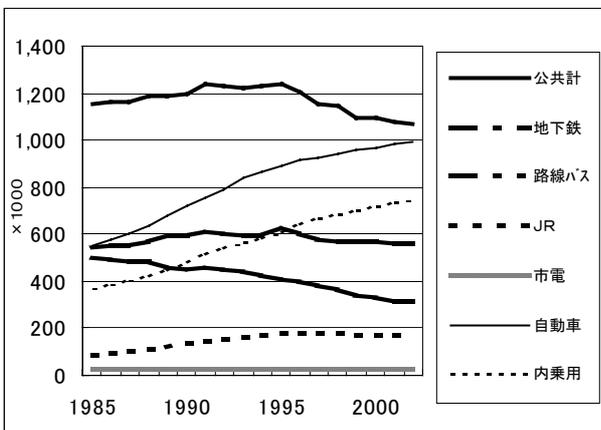
この推計結果から、次のことが言える。

- D. 札幌の全交通量は人口・従業者と共に増加してきたが、近年、従業者数の減少により減少した。
- E. 札幌の交通分布は人口・従業者の分布の変化を反映して、分散化・平準化してきた。

毎年公表される統計資料として、地下鉄・JR・路線バス・路面電車等の「公共交通機関の利用者データ」や「自動車登録台数」はあるが、自動車・自転車・歩行者の「トリップ数データ」は十数年に一度のPT調査しか無い。このように、人口・従業者数統計と組み合わせることで、PT調査の中間年や将来の交通量の推計・予測ができると、公共交通利用・自動車交通のデータや予測を、交通需要全体の中で客観的に評価できる。

5. 全交通量の変化と公共交通利用

図-6 公共交通機関1日乗車数と自動車保有台数



D. より、札幌の交通量は街の成長と共に増加してき

たが、近年、従業者数の減少という activity の低下により、減少に転じたと推計できる。このような「全体把握」のもとで、公共交通利用と自動車保有台数の推移を見てみよう。図-6 は公共交通機関1日乗車数と自動車保有台数の推移である。

これを、4. の交通量推計（5年毎）と比較したのが表-2である。右下2列の「発生量推計」「集中量推計」の「成長率」を基準に、各交通手段の成長率の大小を比較してみよう。（推計値と「公共+乗用車」の変化率が近いことに注目されたい。）路線バスの成長率は1985~90、1990~95、1995~2000の3つの期間全てで最低（マイナス成長で最大）であり、全期間でプラス成長の自動車（特に乗用車）に代替されたことが読取れる。JRが1995まで急成長したのは、E. の人口・従業者の分布の変化による。地下鉄は、JRと路線バスの中間的存在で、自動車代替と都市構造変化の2要因が関係している、と考えられる。

表-2 公共交通利用者数・自動車台数
・交通量推計値の成長率比較

×1000	公共計	地下鉄	路線バス	JR	市電
△85~90	4.54%	9.19%	-8.28%	52.65%	-8.15%
△90~95	1.34%	1.64%	-9.16%	33.09%	-3.27%
△95~00	-11.13%	-7.14%	-19.79%	-2.37%	-7.99%
×1000	自動車	内乗用	公共乗用	発生量	集中量
△85~90	28.10%	25.97%	9.86%	12.31%	12.05%
△90~95	23.73%	28.19%	8.98%	6.41%	6.33%
△95~00	8.94%	16.82%	-1.78%	-1.64%	-1.30%

このことから、次のことが言える。

- F. 急速なモータリゼーションによる公共交通の相対的シェア低下を、街の成長による交通需要の拡大が吸収してきたが、1995年以降、交通需要の減少により、公共交通利用の減少が顕在化した
- G. 自動車利用の増大の、公共交通に対する影響は、路線バス・地下鉄の順に大きく、JRは近年まで影響が顕在化しなかった
- H. 交通機関による、自動車増加の影響の差異は、人口・従業者の分布（都市構造）の変化による、地区間交通の分布の変化による

6. 交通分布の変化と交通手段の変化推計手法

H. の、都市構造の変化による自動車増加の影響の差異を、1995~2000年の5年間について分解してみよう。分解手法は、以下の通りである。

(1) 起点・終点行列（データ）

1994PT調査の、全市174統計区間の交通分布行列データを基礎とした。データは、全手段X、及び交通手段別に徒歩二輪W、自動車C、路線バスB、地下鉄S、JR鉄道R、の6つの行列がある。各行列は、列方向に起点を、行方向に終点を表している。

行列Xの要素を $\{x_{ji}\}$ と表記すると、 $\{x_{ji}\}$ は第j統計区から第i統計区への、手段Xによるトリップを表す。

(2) トリップ確率行列

全手段行列Xの各列和、 $X_j = \sum_{i=1}^{174} x_{ji}$ は各統計区
 の総トリップ発生(起点)数であり、各列(ベクトル)
 をその列和で除して、トリップ確率行列Aを定義する。
 Aの要素 $\{y_{ji}\}$ は $y_{ji} = x_{ji} / X_j$ であり、第j統計区
 を起点とする1トリップが第i統計区を終点とする確率
 である。定義より、 $\sum_{i=1}^{174} y_{ji} = 1$ 、である。

(3) 交通手段確率行列

5つの手段別行列の各要素を、対応する全手段行列の
 要素で除して、交通手段確率行列を定義する。

徒歩二輪手段確率行列 W^S の要素は $w_{ji}^S = w_{ji} / x_{ji}$

と定義する。同様に、 C^S, B^S, S^S, R^S 、が定義で
 きる。定義より、 $w_{ji}^S + c_{ji}^S + b_{ji}^S + s_{ji}^S + r_{ji}^S = 1$ 、で
 ある。

(4) PT調査5年後の総トリップの推計

国勢調査人口(1995・2000)と事業所統計調査従業者
 数(1996・2001)を用いて、表-1の回帰分析結果を用
 いて、第3回PT調査5年後の統計区別総トリップベク
 トル(発生・集中)を推計する。

次に、(2)のトリップ確率行列が、5年後発生ベク
 トルと5年後集中ベクトルを満たすように、修正する。(作
 業は、行列言語が使える、フリー・ウェアの統計解析言
 語である「R言語」を用いた、収束計算により行った。)

この5年後トリップ確率行列により、174統計区間の
 総PT行列を推計した。

(5) PT調査5年後の交通手段別トリップの推計

最後に、交通手段確率行列により、交通手段別トリ
 ップ行列を推計した。これは、1994PT調査の各地点間の
 交通手段構成が一定・不変として、5年後の手段別交通
 分布を推計したものである。

(6) 交通手段の代替変化の推計

交通手段別に交通量を集計し、5年間の成長率に変換
 し、交通統計データと比較して、その差異を交通手段の
 「代替変化」とした。

7. 交通需要の変化の要因分解

上記分析結果は以下の通りである。

(1) 路線バス

5年間の乗客減-19.8%のうち、都市構造変化による
 のは最大-5.2%ポイントで、残りの14.6%が自動車・
 二輪・徒歩等に代替したと推計できる。

(2) 地下鉄

5年間の乗客減-7.1%のうち、都市構造変化によるの
 は-4.0%ポイントで、残りの3.1%が自動車・二輪・徒
 歩等に代替したと推計できる。

(3) JR

都市構造変化により+0.1%ポイント増加すると推計
 されるが、実際には-2.4%乗客減であり、-2.5%程度

の自動車等への代替があったと推計できる。

(4) 分析結果の妥当性

このような交通手段による「他の手段への代替の大き
 さの差異」は、PT調査データから裏付けることができる。
 表-3は地区間交通量の、手段ペア(バス×自動車、
 等)間の、相関係数の最大値・最小値・平均値・標準偏
 差をまとめたものである。

地区間交通量の大きさに手段間で相関が大きいのは、
 平均値でみると、a)自動車×徒歩二輪0.61、b)路線バス
 ×自動車0.45、c)地下鉄×自動車0.20、d)地下鉄×路線
 バス0.19、e)路線バス×徒歩二輪0.17、f)地下鉄×JR0.10、
 となっている。路線バスは自動車・地下鉄・徒歩二輪の
 順で競合・代替し、地下鉄は自動車・路線バス・JRの
 順で競合・代替している。

相関係数第1位が自動車対徒歩二輪であることは、自
 動車の最大の競合・代替相手が徒歩・二輪であるという
 ことで、興味深い。これは、多くの人が歩いている(徒
 歩二輪)区間を、同時に多くの人が車で移動しているこ
 とを意味している。徒歩二輪は近距離移動が中心であり、
 地下鉄や路線バスの公共交通機関は、路線や料金・時間
 に関して近距離移動に向いていないので、これは当然で
 ある。公共交通の敵は自動車であるかもしれないが、市
 民生活に関する限り、自動車交通の最大のライバルは徒
 歩二輪なのである。

表-3 統計区別、対174地区間交通の、
 交通手段間(ペア)の相関分析(まとめ)

手段ペア	自動車	路線バス	JR	地下鉄	路線バス
	徒歩二輪	徒歩二輪	徒歩二輪	徒歩二輪	自動車
最大値	0.970	0.950	0.525	0.230	0.881
最小値	-0.035	-0.022	-0.062	-0.051	-0.030
平均	0.609	0.166	-0.004	-0.007	0.449
標準偏差	0.217	0.207	0.054	0.038	0.215
手段ペア	JR	地下鉄	JR	地下鉄	地下鉄
	自動車	自動車	路線バス	路線バス	JR
最大値	0.499	0.656	0.677	0.676	0.728
最小値	-0.078	-0.042	-0.107	-0.055	-0.212
平均	0.053	0.202	0.063	0.191	0.103
標準偏差	0.101	0.170	0.157	0.217	0.202

8. おわりに

本稿は、交通需要は人と産業の活動を反映する、との
 仮説の下で、PT調査データを他の統計データに関連付
 けて解析し、札幌市の成熟化の中での交通需要変化を分
 析・評価した。その中で、地図情報としてのPTデータ
 を、行列代数的に扱い、小ゾーン・データを活用する方
 法、を試論として提示した。

参考文献

- 「札幌市の道路整備に関わる基礎調査報告書」(1992)、
 札幌市。
- 「札幌市の道路整備効果の評価手法の検討業務報告書」
 (2001)、札幌市。