

# 札幌市における通勤トリップ長の削減可能性に関する研究\*

Study on the reduction of the length of commuting trips in SAPPORO \*

菊池光貴\*\*・内藤利幸\*\*\*・有村幹治\*\*\*\*・田村亨\*\*\*\*

By Kohki KIKUCHI\*\*・Toshiyuki NAITO\*\*\*・Mikiharu ARIMURA\*\*\*\*・Tohru TAMURA\*\*\*\*

## 1. はじめに

通勤交通は、都市交通における主要な部分を占めていることから、通勤トリップ長削減に関する各種の交通政策を考えることは、持続可能な都市の形成あるいは低炭素交通システムの実現などを考慮するうえで重要である。そして、通勤交通は居住地から発生する交通と従業地へ集中する交通から成り立っているため、通勤トリップ長は居住地及び従業地それぞれの規模あるいは地理的位置関係等といった職住分布構造、さらには通勤者がそれぞれの居住地からいずれの従業地を勤務先としているかに関する通勤交通行動によって大きく影響を受ける。

本研究においては、職住分布構造に変化を促すことなく通勤交通行動に変化を促す面から考える。すなわち、各居住地及び従業地ゾーンにおける発生・集中交通量は所与のもとで、職住割当パターンとしてのOD交通パターンを入れ替えることによって、通勤トリップ長の削減可能性について考察を試みるものである。通勤交通行動に変化を促して通勤トリップ長の減少程度を考察した研究としては、鈴木<sup>1)</sup>及び円山等<sup>2)</sup>がある。いずれも最適職住割当問題を基礎としているが、これらの研究においては各ゾーンの就業者は居住地から従業地をどのように選好して通勤しているかという、いわゆる実際の通勤交通行動については必ずしも十分考慮されていない。

そこで、本研究では実際の通勤交通行動として累積頻度分布曲線を用いた最適職住割当問題を定式化し、職住割当の変更によって削減可能な通勤トリップ長の考察を試みる。なお、本研究で用いたデータは札幌都市圏のPT調査データであり、1972年から2006年までの34年間（PT調査4回分）における通勤トリップのデータである。34年間における人口変動や居住地・従業地の分布構造などの変化を、累積頻度分布曲線を用いることで時系列比較できる点も、本研究の特長である。

\*キーワード：発生交通、交通行動分析、人口分布

\*\*学生員、室蘭工業大学 大学院工学研究科

(北海道室蘭市水元町27番1号、TEL:0143-46-5289、

E-mail:s1821027@mmm.muroran-it.ac.jp)

\*\*\*非会員、工修、(株)ドーコン

\*\*\*\*正員、工博、室蘭工業大学 暮らし環境系領域

## 2. PT調査データと人口変動

ここでは、本研究で用いたPT調査データと札幌市の人口の推移について取り扱う。本研究では、札幌市を中心とした道央都市圏に該当する7市3町(札幌市、北広島市、旧石狩市、千歳市、恵庭市、小樽市、江別市、南幌町、長沼町、当別町)において、1972年、1983年、1994年及び2006年に実施されたPT調査データのうち、札幌市内における通勤目的の全交通手段に対するOD交通を対象に分析を行う。以下、表-1に札幌市における全4回のPT調査の実施年次、対象ゾーン数、夜間人口及び通勤目的の全交通手段に対する総トリップ数を示す。

表-1 パーソントリップ調査データ

調査年次	1972年	1983年	1994年	2006年
ゾーン区分	53	70	75	75
夜間人口	1,010,123	1,176,236	1,733,860	1,880,863
通勤トリップ数	335,218	498,438	606,021	643,778

本研究では、対象ゾーン数を1972年次のゾーン区分(全53ゾーン)に合わせてOD表を再集計し、分析を行う。以下、図-1には札幌市のゾーン区分を示す。

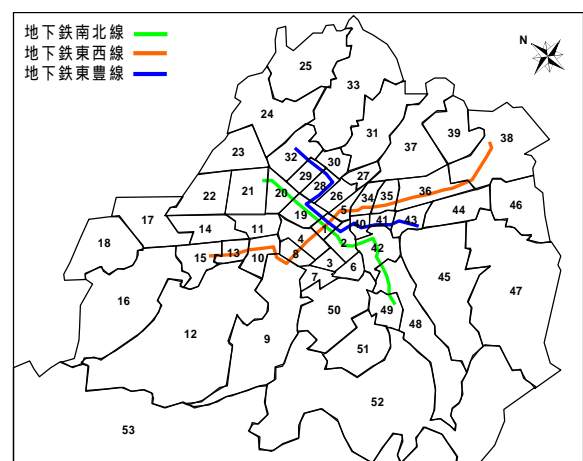


図-1 ゾーン区分(全53ゾーン)

次に、各調査年次間における札幌市の人口分布の変化を見るため、ここでは地下鉄東豊線が開業した1983~1994年、ならびに東西線が一部延長した1994~2006年に

おけるゾーン単位での人口の変化をそれぞれ図 - 2 及び図 - 3 に示す。

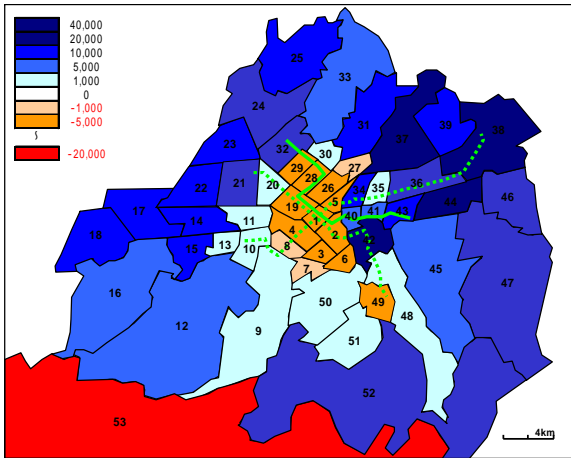


図 - 2 人口の変化 (1983 ~ 1994年)

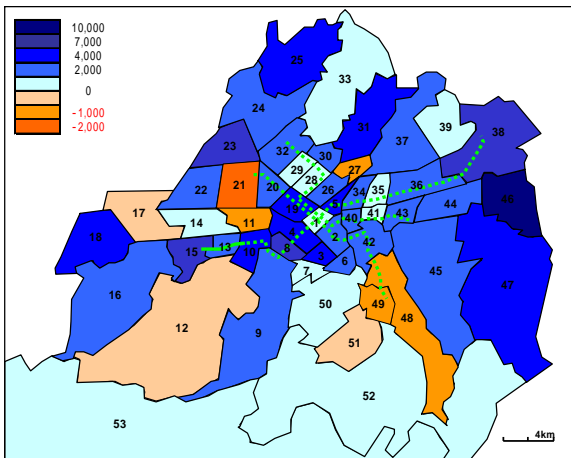


図 - 3 人口の変化 (1994 ~ 2006年)

図 - 2 を見ると、地下鉄東豊線が新たに開業した1983 ~ 1994 年においては、地下鉄路線網圏を覆い囲むように郊外部で人口が大きく増加しており、従業地が集積するゾーン1を中心とする都心ゾーンにおける人口はそれぞれ1,000~5,000 人ほどの減少となっている。これは、従業地が集中する都心部は、公共交通インフラの整備が進んでいるものの、ゾーン面積や居住環境などの制約から居住地(すなわち人口)が相対的に減少してしまうためと考えられる。

一方、郊外部の定山溪周辺(ゾーン53)では他ゾーンとは異なる20,000人以上の大きな人口の減少が見られたが、札幌市全体の人口は増加を続けていることから、他都市への流出というよりは、利便性が高く雇用の豊富な都心周辺部へ人口が移動したためと考えられる。

次に、図 - 3 を見ると、1994 ~ 2006年の間においては、1983 ~ 1994年の変化とは一転して人口の都心回帰が見られる。

すなわち、2006年次ではこれまで郊外に拡散し、都心部には希薄となっていた居住地の分布状況が改善され、高層マンションが都心部に建設されるなど、より高密度かつコンパクトな居住形態へと転換が進んでいる。

### 3. 最適職住割当問題の適用結果

最適職住割当問題を基にした職住割当パターンは、次のように式(1) ~ (3)の制約条件の下で式(4)の目的関数(総通勤距離)を最小化する問題によって求めることができる。

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = F_i \quad (i = 1, \dots, n) \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = G_i \quad (i = 1, \dots, n) \quad (2)$$

$$d_{ij} \geq 0 \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \min \quad (4)$$

ここで、

- $x_{ij}$  : ゾーン*i*における*j*番目のゾーン間とのOD交通量
- $F_i$  : ゾーン*i*(居住地)における発生交通量
- $G_i$  : ゾーン*i*(従業地)における集中交通量
- $d_{ij}$  : ゾーン*ij*間の距離

この問題を解くことにより、与えられた各ゾーンの発生・集中交通量のもとで考えられる数多くある職住割当パターンのうちで、総通勤距離を最も小さくする職住割当パターンを求めることができる。また、都市における通勤交通の流動範囲を示すため、目的関数である式(4)を最大化した値も同様に求めた。

表 - 2 最適職住割当問題の適用結果

項目	1972年	1983年	1994年	2006年	
総トリップ数	335,218	498,438	606,021	643,778	
平均トリップ長 (Km/人)	最大値	8.850	10.538	11.609	11.565
	実際値	4.850	5.622	5.966	5.921
	最小値	2.836	2.944	3.066	2.909
	流動幅	6.014	7.594	8.544	8.656
削減可能距離	2.014	2.679	2.900	3.012	

表 - 2 に示した結果を見ると、札幌市では総トリップ数の増加に伴い、通勤トリップ長も増大していることがわかる。図 - 2 において示された人口の郊外化も踏まえると、1994 年次にはモータリゼーションの進展によって個々人の行動可能な範囲が拡大した結果、多くの人々が地価の安い郊外に住み、都心部へと通勤している様子が窺える。これに対し、2006 年次では従業地の集

積する都心部に人口が増加していることもあり、平均トリップ長が僅かに削減されているという結果が得られた。

また、通勤トリップ長に対する一人当たりの削減可能な通勤トリップ長は、実際の通勤トリップ長と算出された通勤トリップ長の最小値との差によって求めた。これによると、1972年次には2.0km、1983年次では2.7km、1994年次は2.9km、そして2006年次では3.0kmという結果が得られた。2006年次の削減可能距離は、平均トリップ長が前年次比では減少しているものの、職住割当パターンの最適化（通勤トリップ長の最小化）による値が減少しているため、最終的に削減可能な平均トリップ長としては前年次よりも大きい値となっている。

次に、最適職住割当問題によって得られた結果をもとに、交通流動としての通勤OD交通と、交通抵抗としての距離を同時に比較・分析するために累積頻度分布曲線を用いた。以下、図-4には実際の通勤OD交通をもとに作成した累積頻度分布曲線、ならびに最適職住割当問題を適用した通勤OD交通をもとに作成した累積頻度分布曲線を示す。

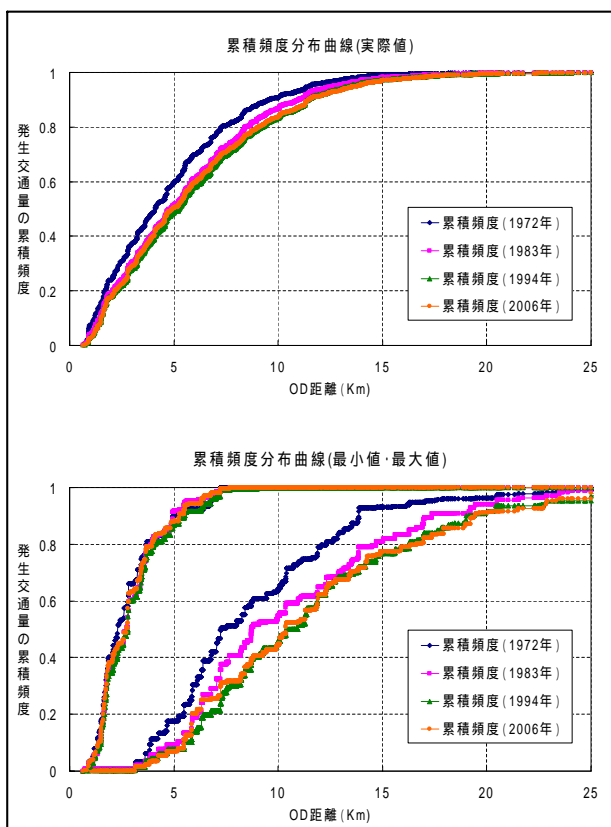


図-4 通勤トリップ長に対する累積頻度分布曲線

累積頻度分布曲線は横軸にゾーン間の距離を取り、縦軸には対象とするOD交通のうち、ある距離以内に到達可能なOD交通量の累積比率を表している。この累積頻度分布曲線を基に、各都市の実際の総通勤トリップ長を算定することもできる。図-4に示した累積頻度分布

曲線の実際値を見ると、発生交通量の累積比率が0.8に対するOD距離は、1972年は7.3km、1983年は8.5km、1994年では9.2km、そして2006年次では9.1kmとなっており、札幌市の通勤トリップ長は表-2で示されたように、1972年から1994年にかけて増大したのちに、2006年次には僅かながらに通勤トリップ長が削減されていることがわかる。

OD距離との関係を見ると、1983~2006年次には通勤交通行動パターンに類似性が見られる一方、1972年は他と異なった通勤交通行動パターンであることがわかる。これは、後述する札幌市における従業地の分布構造が1972年から1983年にかけて大きく変化していることが通勤交通行動に影響を与えているためと考えられる。

#### 4. 分析に用いる各指標値とその分析結果

##### (1) 都市統合指数

都市統合指数は、ある都市構造のもとで最適職住割当問題を基に算出した総通勤トリップ長の最小値  $T_{\min}$  と最大値  $T_{\max}$  を用いて、以下の式(5)のように定式化することができる。

$$\text{都市統合指数} = \frac{T_{\min}}{T_{\max}} \quad (5)$$

これは都市における従業地の分布構造を表す指標であり、従業地が各ゾーンに均等に分散しているときに0を取り、従業地があるゾーンへの一極集中型になるにつれて1に近づいていく。

##### (2) 過剰率及び交通流動率

過剰率は総通勤トリップ長の実際値と最小値との差を、総通勤トリップ長の実際値で除したものである。この指標値は実際の総通勤トリップ長が最小値に等しいとき0を取り、総通勤トリップ長が最小値に比べて長くなるにしたがって1に近づいていく。これにより、実際の通勤トリップ長と最小（最適）となる通勤トリップ長との差（無駄な通勤距離）を判断することができる。

一方、交通流動率は総通勤トリップ長の実際値とその最小値及び最大値を基に算定している。この指標値は実際の通勤トリップ長が最小値と等しいときに0、最大値と等しいとき1を取る。したがって交通流動率の値が0に近いときには実際の通勤トリップ長がより最小化に向かう行動を、1に近いときにはより最大化に向かった通勤行動を行っていることを示している。すなわち、この交通流動率を通じて、都市の実際の通勤トリップ長が最小値と最大値のどの位置にあるのかを判断することができる。これにより、都市構造の変化あるいは交通機関等の整備によって実際の通勤距離がどのような影響を受

けているかを把握することが可能となる。

過剰率及び交通流動率は、実際の通勤トリップ長  $T_{act}$  と、最適職住割当問題を基に算出した通勤トリップ長の最小値  $T_{min}$  及び最大値  $T_{max}$  を用いて式(6)及び式(7)のように定式化することができる。

$$\text{過剰率} = \frac{T_{act} - T_{min}}{T_{act}} \quad (6)$$

$$\text{交通流動率} = \frac{T_{act} - T_{min}}{T_{max} - T_{min}} \quad (7)$$

以下、表-3には式(5)～(7)を用いて求めた各指標値などを示す。

表-3 各指標値

項目	1972年	1983年	1994年	2006年	
総トリップ数	335,218	498,438	606,021	643,778	
平均トリップ長 (Km/人)	最大値	8.850	10.538	11.609	11.565
	実際値	4.850	5.622	5.966	5.921
	最小値	2.836	2.944	3.066	2.909
都市統合指数	0.3204	0.2793	0.2641	0.2515	
過剰率	0.4153	0.4765	0.4861	0.5088	
交通流動率	0.3348	0.3528	0.3394	0.3480	
総トリップ数の増減		163,220	107,583	37,757	
平均トリップ長の増減		0.772	0.343	-0.045	

まず、都市統合指数の値を見ると、年次を追うごとに1972年の0.3204から2006年の0.2515まで一貫して減少を続けていることから、札幌市における従業地の分布状況が、中心部への一極集中型から全ゾーンへと均一に分散していることがわかる。特に1972年から1983年にかけての変化が著しく、この期間において札幌市の従業地の分布構造が大きく変化した様子が窺える。

図-4に示した累積頻度分布曲線にも見られるように、最適化による通勤トリップ長の最大値の変動が大きいのは、従業地の分散に伴って通勤交通流動の範囲が拡大し、職住割当パターンがより複雑化しているためであると考えられる。一方、通勤トリップ長の最小値については、初期条件となる都市全体の面積規模及び都市構造によって限界があることから、ある一定の値をとっていることが推察される。

次に過剰率を見ると、1972年次の約42%から徐々に増加し、2006年次では約51%もの通勤トリップ長が理論上は削減可能であることが示されている。しかし、通勤トリップ長の最大値を考慮した交通流動率を見ると、全年次を通して0.33～0.35という最小値に近い値となっていることから、交通施策などによって現実的に削減が可能であるトリップ長は、過剰率が示すものよりも限られたものとなることが考えられる。

また、札幌市の人口の増加に伴う総トリップ数の増加

を考慮すると、トリップの増加数に対する平均トリップ長の増加割合は年次を追うごとに低くなっており、2006年次ではトリップ総数が増加しているにも関わらず平均トリップ長がマイナスに転じていることから、札幌市における最近の職住分布構造は、近接化の傾向にあることが推察される。

## 5. おわりに

本研究においては最適職住割当問題をもとに、通勤トリップ長の削減可能距離の算出及び時系列比較を試み、考察を行った。本研究から分かったことは以下の4点である。

札幌都市圏を対象として、4時点(34年間)におけるPT調査データの相対的比較のために累積頻度分布曲線を用いて、通勤トリップ長の時系列変化を明らかにできた。

削減可能な通勤トリップ長は1972年次には2.0km、1983年次では2.7km、1994年次は2.9km、そして2006年次では3.0kmであることがわかった。

累積頻度分布曲線及び都市統合指数により、1972年次は他の3年次とは異なった通勤交通行動パターンを形成していることがわかった。

交通流動率の値が全年次を通して0.33～0.35という最小値に近い値となっていることから、交通施策などによって現実的に削減が可能であるトリップ長は、過剰率が示す51%という値よりも小さな値となることが考えられる。

今後の課題としては、過剰率及び交通流動率によって明らかになった問題を解決するために、最適職住割当問題をより現実に近いモデルへと拡張し、同様の分析を行うことが挙げられる。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、苫小牧工業高等専門学校の下村光弘氏には多大なるご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

## 参考文献

- 1) 鈴木勉：「職住割当の最適化による通勤交通エネルギーの削減効果」オペレーションズ・リサーチ，5月号，pp243-248，1994.
- 2) 円山琢也・原田昇：「ネットワーク上での混雑を考慮した最適職住配置手法の構築とその実証研究」都市計画論文集，No.38-3，pp517-522，2003.