

## 交通流動率から見た通勤交通流動特性について

Flow characteristic of Journey-to-Work Travel considering Travel performance efficiency index

|             |      |                             |
|-------------|------|-----------------------------|
| 室蘭工業大学大学院   | ○学生員 | 神子島 喬 (Takashi KAGOSHIMA)   |
| 専修大学北海道短期大学 | 正会員  | 梶谷 有三 (Yuzo MASUYA)         |
| 苫小牧工業高等専門学校 | 正会員  | 下村 光弘 (Mitsuhiro SHITAMURA) |
| 室蘭工業大学工学部   | フェロー | 斎藤 和夫 (Kazuo SAITO)         |

## 1. まえがき

通勤交通は居住地と従業地との地理的位置関係によって発生するものであるから、通勤トリップ長はこれらの位置関係、特に従業地の空間分布としての都市構造（一極集中型あるいは多極分散型）等によっても異なってくる。したがって、通勤交通流動特性に関する分析は、持続可能な都市、エネルギー消費あるいは各種の交通政策等を考える上でも重要である。

本研究では、交通流動率を基にパーソントリップ調査が行われた旭川、函館、釧路及び札幌の通勤交通の分析を行い、各都市の通勤交通流動特性の考察や今回使用した都市の各年次での通勤トリップの推測、ゾーン別の通勤交通流動特性の分析を行った。

## 2. 最適職住割当問題について

土地利用活動の空間的配置に関する交通流動パターンの推定方法として各種の手法が考察されてきたが、本研究では通勤交通流動パターンの上限值及び下限値が算定可能な数理最適化モデルとしての最適職住割当問題を基礎に考察する。

$n$  個のゾーンからなる都市の最適職住割当問題は、次のように式 (1) から (3) の制約条件式の下で式 (4) の目的関数を最適化する問題として定式化することができる。ここで、 $R_{ij}$ 、 $d_{ij}$  はゾーン  $ij$  間の交通流動としての通勤 OD 交通及び交通抵抗としての距離である。また、 $E_i$  はゾーン  $i$  における発生トリップ数（常住就業者数）、 $E_j$  はゾーン  $j$  における集中トリップ数（従業就業者数）である。この問題は、Hitchcock 型輸送問題である。

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

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

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

$$T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} \cdot T_{ij} \rightarrow \text{Min or Max} \quad (4)$$

そうすると、式 (4) の目的関数  $T$ （総通勤距離最小化の値  $T_{\min}$  及び最大化の値  $T_{\max}$ ）と実際の総通勤距離  $T_{\text{act}}$  から次の指標を考えることができる。

$$\text{交通流動率} = \frac{T_{\text{act}} - T_{\min}}{T_{\max} - T_{\min}} \quad (5)$$

交通流動率は実際の通勤トリップが最小値と等しい時 0、最大値と等しい時 1 をとることから、0 から 1 の範囲をとる。したがって、値が 0 に近い時には実際の通勤トリップ長がより最小化の通勤交通行動を、一方 1 に近い

時にはより最大化に向かった通勤行動を行っていることがわかる。すなわち、交通流動率を通して実際の通勤トリップ長は最大値と最小値のどの位置にあるのか、どの程度乖離しているのかなどを考察することができる。

また、従業地と居住地の分布状況や実際の通勤トリップ長が理想の通勤トリップ長とどの程度異なっているのかについて算定できる、次の指標についても考慮した。

$$\text{都市統合指数} = \frac{T_{\min}}{T_{\max}} \quad (6)$$

$$\text{過剰率} = \frac{T_{\text{act}} - T_{\min}}{T_{\text{act}}} \quad (7)$$

都市統合指数は、ある都市構造の下で総通勤距離の最小値と最大値を基礎に算定していることから、従業地の一極集中あるいは分散化などを把握することができ、一方、過剰率はエネルギー消費の面から最も望まれる最小値を基準としていることから、実際の通勤トリップ長が理想とどの程度乖離しているかを求めることができることから、これらの指標を考慮した。

## 3. 各都市の通勤トリップ長について

本研究では、旭川、函館、釧路及び札幌を対象とした。各都市の分析対象ゾーン数は、旭川 52 ゾーン、函館 55 ゾーン、釧路 48 ゾーン、札幌 53 ゾーン。分析対象トリップ数は、旭川は 126691 トリップ（1982 年）、函館は 115602 トリップ（1986 年）と 116274 トリップ（1999 年）、釧路は 81088 トリップ（1987 年）と 93417 トリップ（1999 年）、札幌は 335218 トリップ（1972 年）と 498434 トリップ（1983 年）と 606116（1995 年）トリップである。

各都市に対して、それぞれ式 (1) から (3) の制約条件式の下で式 (4) の目的関数を最適化する最適職住割当問題を解いて求められた各ゾーンのトリップ長を累積頻度分布曲線でグラフ化を行った。累積頻度分布曲線のグラフの例が図-1 である。図中の「実際」はパーソンデ

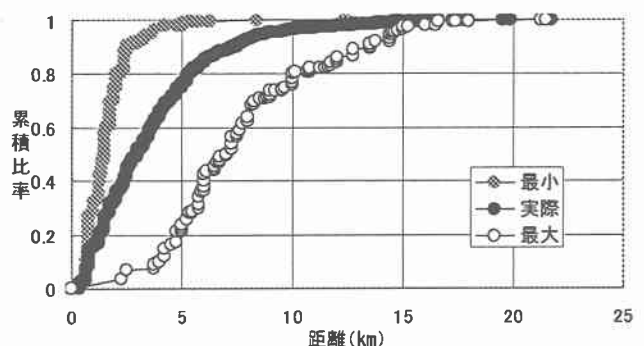


図-1 累積頻度分布曲線の例

表－1 旭川、函館、釧路の各年次における通勤交通流動

| 項目            | 旭川(1982年)  | 函館(1986年) | 函館(1999年) | 釧路(1987年) | 釧路(1999年) |
|---------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 総トリップ数        | 126691     | 115602    | 116274    | 81088     | 93417     |
| 総走行距離         | 最小値 203999 | 201156    | 193586    | 116662    | 145820    |
| 最大値 455119    | 451870     | 498809    | 286380    | 378693    |           |
| (人・Km) 最大値    | 974552     | 859283    | 940250    | 647992    | 819515    |
| 平均トリップ距離      | 最小値 1.610  | 1.740     | 1.665     | 1.439     | 1.561     |
| 最大値 3.592     | 3.909      | 4.290     | 3.532     | 4.054     |           |
| 距離 (km/人) 最大値 | 7.692      | 7.433     | 8.087     | 7.991     | 8.773     |
| 差             | 6.082      | 5.693     | 6.422     | 6.553     | 7.212     |
| 都市統合指数        | 0.2093     | 0.2341    | 0.2059    | 0.1800    | 0.1779    |
| 過剰率           | 0.5518     | 0.5548    | 0.6119    | 0.5926    | 0.6149    |
| 交通流動率         | 0.3259     | 0.3810    | 0.4088    | 0.3194    | 0.3457    |

表－2 札幌の各年次における通勤交通流動特性

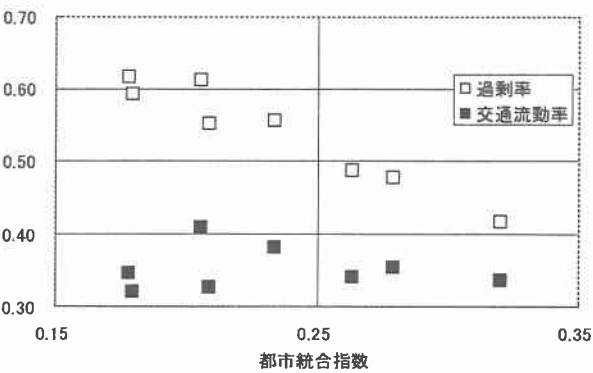
| 項目        | 1972年       | 1983年   | 1995年   |
|-----------|-------------|---------|---------|
| 総トリップ数    | 335218      | 498434  | 606116  |
| 総走行距離     | 最小値 950543  | 1464593 | 1858126 |
| 距離 (人・Km) | 最大値 1625681 | 2799269 | 3615997 |
|           | 2966792     | 5241861 | 7036495 |
| 平均トリップ距離  | 最小値 2.836   | 2.938   | 3.066   |
|           | 最大値 4.850   | 5.616   | 5.966   |
| (km/人)    | 差 8.850     | 10.517  | 11.609  |
|           | 6.015       | 7.578   | 8.544   |
| 都市統合指数    | 0.3204      | 0.2794  | 0.2641  |
| 過剰率       | 0.4153      | 0.4768  | 0.4861  |
| 交通流動率     | 0.3348      | 0.3533  | 0.3395  |

一タから得られた実際の通勤交通流動をプロットしたもので、「最小」「最大」はそれぞれ総通勤距離最小化の値  $T_{\min}$  及び最大化の値  $T_{\max}$  である。また、旭川、函館、釧路の指標値の結果を取りまとめたのが表－1、札幌の指標値の結果を取りまとめたのが表－2 である。これより、交通流動率を求めることで各都市の総通勤距離を、年次的に見て最小値に向かっているのか最大値に向かっているのかを把握することができる。

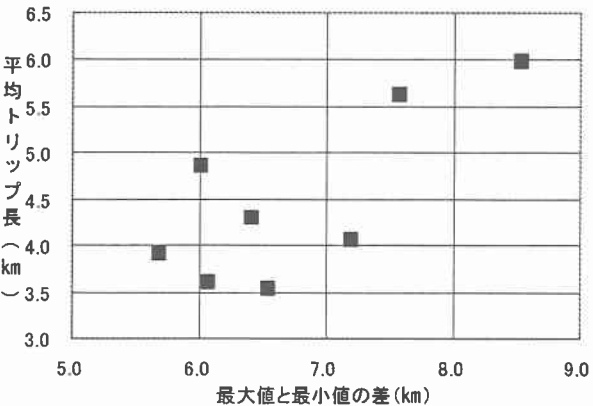
交通流動率から考慮すると、旭川、釧路、札幌は最大値と最小値の範囲が広いなかで最小値に向けた交通流動が行われている。しかし、函館はこれらの都市に比べて最小値から多少離れていることが窺える。また、函館と釧路は年次的に見ると、交通流動率が増加している。しかし、札幌は 1972 年から 1983 年には増加しているが 1983 年から 1995 年の時には減少しているのが確認できる。都市統合指数からみると、釧路は多極分散型の傾向が、札幌は一極集中型の傾向にあることが把握できる。年次別で見ると、釧路は 1987 年から 1999 年までに多少の減少が見られ、函館でも 1986 年から 1999 年まである程度減少しているおり、札幌においても同様の傾向が見られる。過剰率からみた時は、札幌はどの年代で比べても他の 3 都市に比べ過剰率が低いことがわかることから、無駄な通勤が他の 3 都市に比べて少ないということが確認できる。一方、釧路は 1987 年や 1999 年においても他都市に比べて過剰率が高く、函館は 1986 年当時では 1987 年の釧路より過剰率が低かったが、1999 年の函館は同年の釧路とほぼ同じ値を示している。このことから、1986 年から 1999 年の間に函館は釧路より「無駄な通勤」がより多く発生したことが確認できる。

4. 交通流動率と各指標値との関係

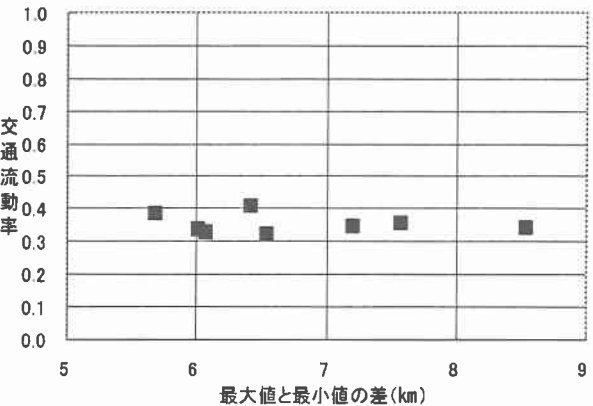
各都市の各年次のパーソンデータにおいて、都市統合指数と過剰率、交通流動率との関係を表したのが図－2 である。この図より、過剰率は都市統合指数が増加するに従って減少傾向にあることがわかる。しかし、交通流動率は都市統合指数が増加しても大体 0.3～0.4 の間に



図－2 都市統合指数と過剰率、交通流動率との関係



図－3 最大値と最小値の差と平均トリップ長との関係



図－4 最大値と最小値の差と交通流動率の関係

値をとっているのが確認できる。これより、都市統合指数の増加に従い過剰率が減少していくことが見受けられるが、交通流動率はあまり変化がないことがわかる。

そして、総通勤距離の最大値と最小値の差と平均トリップ長の関係を表したのが図－3、総通勤距離の最大値と最小値の差と交通流動率との関係を表したのが図－4 である。図－3、図－4 より、最大値と最小値の差が増加するに従い平均トリップ長は増加傾向にあり、交通流動率は大きな変動が無いことがわかる。すなわち、従業地の分散化に伴い、通勤トリップ長は増加傾向にあるが交通流動に関しては大きな影響は及ぼしていないことが把握できる。このように、交通流動率を通して都市構造の変化等によって通勤トリップ長がどの程度最小化あるいは最大化に向かっているかなどについて把握することができる。表－3、表－4 は式 (5) 及び (7) から導かれる式

表-3 各指標から算出した推定通勤トリップ長  
(函館、釧路)

| 基準年次      | 1999年の推定値 |       |
|-----------|-----------|-------|
|           | 過剰率       | 交通流動率 |
| 函館(1986年) | 3.740     | 4.111 |
| 釧路(1987年) | 3.832     | 3.865 |

表-4 各指標から算出した推定通勤トリップ長(札幌)

| 基準年次  | 1983年の推定値 |       | 1995年の推定値 |       |
|-------|-----------|-------|-----------|-------|
|       | 過剰率       | 交通流動率 | 過剰率       | 交通流動率 |
| 1972年 | 5.025     | 5.476 | 5.243     | 5.926 |

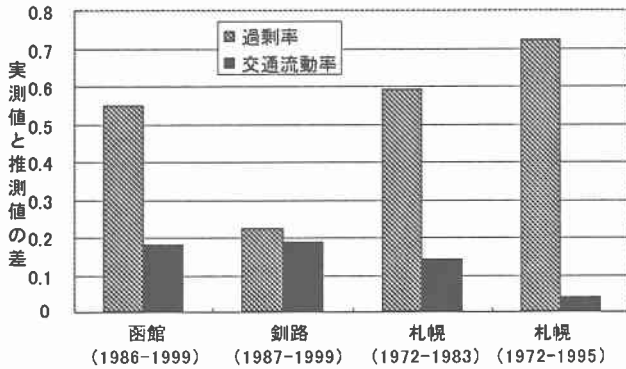


図-5 各都市の実測値と推定値の差

$$T_{推定} = \frac{T_{実測}}{1 - \text{過剰率}} \quad (8)$$

$$T_{推定} = T_{実測} + (T_{実測} - T_{実測}) \times \text{交通流動率} \quad (9)$$

(8) 及び (9) を用いて、過剰率及び交通流動率から 1999 年の函館及び釧路と 1983 年及び 1995 年の札幌の推定平均トリップ長 ( $T_{推定}$ ) を算出した結果である。ここで、過剰率及び交通流動率の値は基準年次の値、また、土地利用パターンとしての最小値 ( $T_{min}$ ) 及び最大値 ( $T_{max}$ ) は推定年次の値である。

そして実測値と推定値を比較したのが図-5 である。この図からも交通流動率が、すなわち最大値を考慮した指標が、より実際に近い平均トリップ長の推定が可能であることが窺える。さらに函館の 1999 年の通勤交通流動率が 1986 年に比べてより最大化に向かっていることは、1999 年の実際の値 (4.290 km) と 1986 年の交通流動率による推定値 (4.111 km) との比較から推測できる。同様に、釧路に関しても 1999 年の通勤交通流動率が 1987 年に比べてより最大化に向かっていることを 1999 年の実際の値 (4.054 km) と 1986 年の交通流動率による推定値 (3.865 km) との比較から推定できる。

##### 5. ゾーン別の通勤交通流動特性について

各都市の最適職住割当て問題におけるゾーン別の結果を基に、各ゾーンの交通流動率を算定した結果を取りまとめたのが表-5 と表-6 である。そして旭川 (1982 年)、函館 (1999 年)、釧路 (1999 年) 及び札幌 (1995 年) の結果をグラフ化したものが図-6 である。これより、どの都市でも交通流動率が 0.4 のゾーンが最も多くなっており、特に旭川においては 0.4 あたりに半分近く集中しているのが確認できる。しかし、0.2 から 0.4 及び 0.4 から 0.6 において都市間の頻度が少し異なっていることが見受けられる。したがって各ゾーンの交通流動率の平均値も各都市によって異なり、表-1 に示す全通勤トリップに対する値の傾向と同様に、交通流動率の低いほう

表-5 旭川、函館、釧路に対する各ゾーンの交通流動率

| 交通流動率   | 旭川(1982年) | 函館(1986年) | 函館(1999年) | 釧路(1987年) | 釧路(1999年) |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0.0~0.2 | 9         | 7         | 5         | 12        | 14        |
| 0.2~0.4 | 25        | 27        | 21        | 17        | 15        |
| 0.4~0.6 | 14        | 11        | 20        | 11        | 9         |
| 0.6~0.8 | 2         | 8         | 6         | 3         | 4         |
| 0.8~1.0 | 2         | 2         | 3         | 5         | 6         |
| 最小      | 0.0535    | 0.0592    | 0.1040    | 0.0241    | 0.0146    |
| 最大      | 0.6836    | 0.9261    | 0.9386    | 0.9465    | 0.9766    |
| 平均      | 0.3417    | 0.4080    | 0.4387    | 0.3683    | 0.3671    |
| 標準偏差    | 0.1535    | 0.1982    | 0.1917    | 0.2340    | 0.2447    |

表-6 札幌に対する各ゾーンの交通流動率

| 交通流動率   | 1972年  | 1983年  | 1995年  |
|---------|--------|--------|--------|
| 0.0~0.2 | 10     | 9      | 9      |
| 0.2~0.4 | 17     | 22     | 23     |
| 0.4~0.6 | 15     | 13     | 14     |
| 0.6~0.8 | 7      | 6      | 4      |
| 0.8~1.0 | 4      | 3      | 3      |
| 最小      | 0.0367 | 0.0258 | 0.0650 |
| 最大      | 0.9428 | 0.8797 | 0.7932 |
| 平均      | 0.3923 | 0.3778 | 0.3624 |
| 標準偏差    | 0.2289 | 0.1929 | 0.1614 |

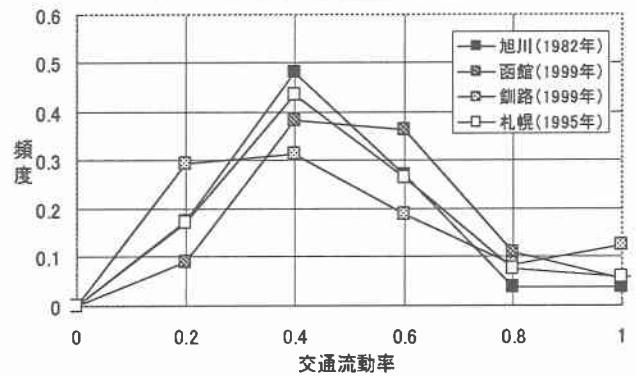


図-6 交通流動率の頻度分布曲線



図-7 旭川 (1982 年) のゾーン別の交通流動率

から順番に、旭川 (1982 年)、札幌 (1995 年)、釧路 (1999 年)、函館 (1999 年) という傾向を示していることがわかる。そして、交通流動率を平均値及び標準偏差を基に 3 つに区分して濃淡図で図示した。図-7 は 1982 年の旭川、図-8 は 1999 年の函館、図-9 は 1999 年の釧路、図-10 は 1995 年の札幌である。

旭川における通勤交通の特徴は、図-7 より都心部のゾーンの交通流動率は小さく、周辺部から郊外部において交通流動率が増加する傾向にあることがわかる。また、都心部より南側のゾーンが北側のゾーンより最小化に向かった通勤交通を行っていることが把握できる。すなわち、南側のゾーンは居住地に近いゾーンを勤務地として

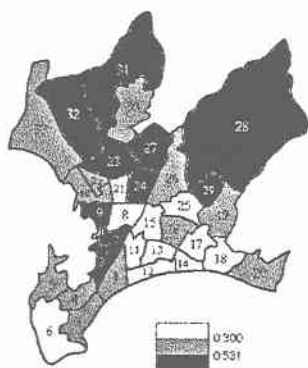


図-8 函館（1999年）のゾーン別の交通流動率

おり、北側のゾーンは居住地に遠いゾーンを勤務地としている事が窺える。函館における通勤交通の特徴は、図-8より基本的には旭川と同様に、都心ゾーンでは交通流動率は少なく、周辺部から郊外部において交通流動率が増加する傾向にある。よって、都心に近いゾーンの居住者は居住地に近いゾーンを勤務地としており、郊外に行くにつれて遠いゾーンを勤務地としているがわかる。そして、釧路市における通勤交通の特徴は、図-9の分布状況から分析すると、都心部の周辺にも交通流動率の大きいゾーンが存在していることがわかる。そして、東西方向のゾーンが南北方向のゾーンに比べてより最小化に向かった通勤交通を、すなわち居住地により近いゾーンを勤務地としていることが窺える。一方、南北方向の郊外部ゾーンにおいては、居住ゾーンより遠くの従業地を勤務地としている状況が把握できる。これら3都市で比較を行うと、旭川と函館は都心部を中心として郊外部に行くにつれて交通流動率が増加していく傾向があることがわかる。また、都市の北側に交通流動率の大きいゾーンが存在していることも旭川と函館は共通している。しかし、釧路は東西方向のゾーンに交通流動率が小さいゾーンが存在しており、南北方向に交通流動率が大きいゾーンが存在していることが見受けられることから。旭川、函館とは異なった傾向があることが窺える。

一方、札幌における通勤交通の特徴としては、図-10より、それぞれのゾーンでの交通流動のなかで東西方向のゾーンが南北方向のゾーンに比べてより最小化に向かった通勤交通を、すなわち居住地により近いゾーンを勤務地としている事が窺える。特に、西側のゾーンにおいて交通流動率の値が小さい(0.283)ゾーンが多い。一方、南北方向の郊外部ゾーンにおいては、居住ゾーンより遠くの従業地を勤務地としている状況が窺える。これは釧路の各ゾーンでの交通流動率の分布状況と似たような傾向であることがわかる。

## 6. あとがき

以上、本研究においては通勤交通流動特性を把握するため交通流動率と他の指標値との関係について考察を行った。交通流動率は、実際の総通勤距離はもとより最適職住割当問題を基礎に算定できる総走行距離の最小値及び最大値を考慮したものである。そして交通流動率を通して、ある土地利用パターンの基で起こりうる交通流動

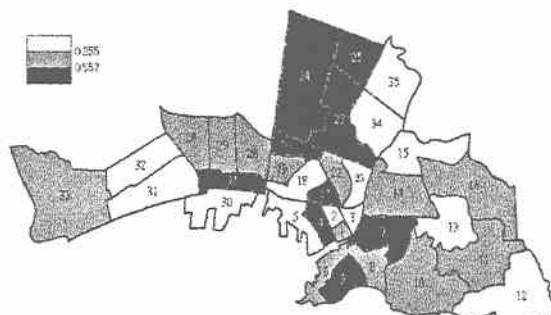


図-9 釧路（1999年）の各ゾーンの交通流動率

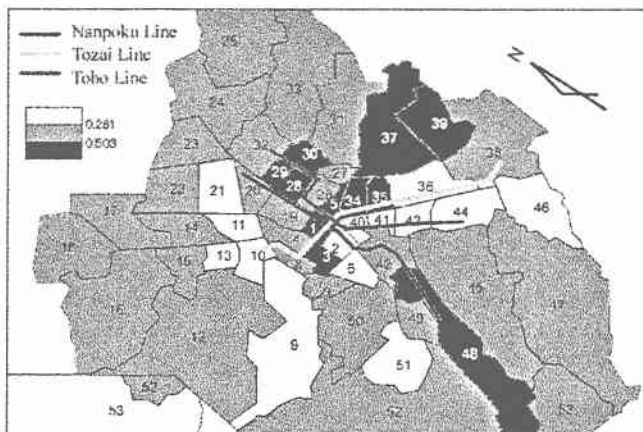


図-10 札幌（1995年）の各ゾーンの交通流動率

の範囲（総通勤距離の最小値と最大値の差）のなかで、実際の通勤距離は最小値と最大値のどの位置にあるのか、あるいは土地利用パターンの変化等によって通勤距離にどのような影響があるのかを考察することができた。

交通流動率を通して今回の分析を行うと、①各都市での分析において、函館は他の都市に比べて交通流動率が大きい。②都市が拡大化、分散化が進行しても交通流動率は0.3~0.4の間の値をとる。③交通流動率を基にして都市の各年次の通勤トリップ長を推定することができる。などについて明らかにすることができた。また、各都市のゾーン別での通勤交通流動の分析を行ない、都市の比較検討を行う事によって各都市の相違を把握することができた。その結果、旭川と函館は似たような傾向があることが確認できた。

交通流動率は、規範的な値である最適職住割当問題の最小値及び最大値を基に算定していることから、今後は通勤交通のエネルギー消費の面あるいは持続可能な都市形成の面等から望まれる通勤交通の対する各種施策について考察を試みていく。

## 参考文献

- 1) 榎谷有三、下村光弘、田村亨、斎藤和夫：最適職住割当問題を基礎とした通勤交通の流動特性分析、日本都市計画学会学術研究論文集、No.36、pp619-624、2001。
- 2) 榎谷有三、下村光弘、田村亨、斎藤和夫：地方都市における通勤交通流動特性について、土木計画学研究・講演集、N0.24、2001
- 3) 鈴木勉：東京大都市圏における職住割当の最適化に関する実証的研究、日本都市計画学会学術研究論文集、N0.27、pp337-342、1992