

北海道主要都市における職住分布構造と通勤トリップ長に関する研究

Spatial Structure and Journey-to-work Trip Lengths in the Major Cities of Hokkaido



榎谷 有三

専修大学北海道短期大学
みどりの総合科学科教授

1 はじめに

持続可能な都市の形成あるいは環境負荷の軽減を図るため、さらには人口減少、少子高齢社会など都市を取り巻く環境の変化等に対応するために、これまでの都市のあり方を見直す必要に迫られている。特に、都市機能の拡散や中心市街地の機能低下に対応するために、中心市街地への都市機能の集積あるいは既成市街地の都市機能の再配置によるコンパクトなまちづくりが求められている。本研究は、都市交通において主要な部分を占めている通勤交通を対象に、コンパクトシティに向けた職住分布構造の再配置について通勤トリップ長の面から分析を試みた。

通勤トリップ長は、通勤交通におけるエネルギー消費等の環境問題を考えるうえでも重要な指標である。そこで、本研究においては大きく2つの面から考察を行った。ひとつは、居住地と従業地の規模及び空間分布を計量的に表す職住分布構造指標と通勤トリップ長に関する研究である。他のひとつは、通勤交通行動を踏まえて通勤トリップ長をより減少させることができる職住分布構造の再配置に関する研究である。本研究においては、札幌市、旭川市、函館市、釧路市及び室蘭市の北海道主要5都市を対象に実証的分析を行なった。

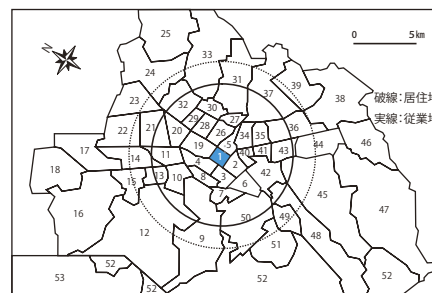
2 分析対象都市

本研究においては、パーソントリップ調査*が実施された表1及び図1に示す北海道の主要5都市を分析対象とした。分析対象都市において実施されたパーソントリップ調査の年次、各都市のゾーン区分

* パーソントリップ調査：交通の主体である「人（パーソン）の動き（トリップ）」を把握するため、どのような人が、どこからどこへ、どのような目的・交通手段で、どの時間帯に動いたかについて調査日1日の全ての動きを調べるもの。

表1 各都市・年次の総トリップ数及び平均トリップ長

都市	調査年次	面積(km ²)	ゾーン数	総トリップ数	平均トリップ長
札幌	1972	1121.1	53	335218	4.850km
	1983			498434	5.616
	1994			606116	5.966
旭川	1982	747.6	52	126691	3.592
	2002			168038	4.327
函館	1986	346.8	55	115602	3.909
	1999			116274	4.290
釧路	1987	221.6	48	81088	3.532
	1999			93417	4.054
室蘭	1999	292.5	43	64258	5.864



札幌市	破線: 住居 実線: 従業
旭川市	釧路市
函館市	室蘭市



図1 分析対象都市のゾーン区分及び標準距離

数、分析対象とする通勤交通の全交通手段に対する内々トリップ交通を含む総トリップ数及び平均トリップ長等を表1に示した。

各都市におけるゾーン区分及びCBD（業務中心地区）の位置（濃いゾーン）は図1に示されているが、5都市のうちで従業地としての集中交通量が最も大きいのは札幌市のゾーン1の28.5%（1972年）で、いわゆる一極集中型の従業地分布である。一方、地方都市のCBDは、旭川市（1982年）のゾーン4（10.23%）、函館市（1986年）のゾーン15（9.12%）、釧路市（1987年）のゾーン2（11.63%）及び室蘭市のゾーン9（10.7%）のように10%前後の値である。なお、地方都市においてはCBDの次に集中交通量が大きいゾーンとして、8.46%（旭川市：ゾーン2）、9.11%（函館市：ゾーン1）及び9.9%（室蘭市：ゾーン26）がCBD周辺等にある。

3 職住分布構造指標と通勤トリップ長

3-1 職住分布構造指標

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によって形成されることから、通勤トリップ長は居住地及びCBDを含めた従業地の規模あるいは地理的位置関係等の職住分布構造特性によって大きな影響を受ける。したがって、環境負荷の減少等の面から通勤トリップ長を考える場合には、職住分布構造特性についても十分把握する必要がある。そして、このためには住居あるいは事業所等がCBDを始めとした中心市街地に集中して立地しているのか、CBDから離れた地域に立地しているか等を客観的に把握することができる定量的分析手法や指標が必要である。すなわち、通勤交通を対象とする場合には、各ゾーンの居住地及び従業地の規模としての発生交通量及び集中交通量、さらにはゾーン間あるいはCBDからの距離等を同時に考慮する必要がある。

本研究においては、これら交通量及び距離をも同時に考慮することができる職住分布構造指標として、次の3つの指標の開発を試みた。

1) **標準距離**：居住地及び従業地の空間的な拡がりの程度を把握するために空間分布の程度を表す標準距離の算定を試みた。いわゆる、2次元空間上に分布している居住地における住居及び従業地における事業所等の空間的な散らばりの程度としての「点に重みがある場合の標準距離（ SD_F , SD_G ）」を式（1）及び（2）にて算定を行なった。

$$SD_F = \sqrt{\frac{\sum F_i (x_i - X'_F)^2}{\sum F_i} + \frac{\sum F_i (y_i - Y'_F)^2}{\sum F_i}} \quad (1)$$

$$SD_G = \sqrt{\frac{\sum G_i (x_i - X'_G)^2}{\sum G_i} + \frac{\sum G_i (y_i - Y'_G)^2}{\sum G_i}} \quad (2)$$

なお、 F_i , G_i は居住地、従業地ゾーン*i*の発生交通量、集中交通量、 x_i , y_i はゾーン*i*におけるセントロイド（重心）のx座標、y座標、 X'_F , Y'_F は発生交通量に対する重心のX座標、Y座標、 X'_G , Y'_G は集中交通量に対する重心のX座標、Y座標である。

2) **CBD－居住地（従業地）分布平均距離**：居住地及び従業地がCBDからどの程度の距離に空間分布しているかを分析するために、累積頻度分布曲線を基にした指標値の算定を試みた。指標値は、各ゾーンをCBDからの距離の順に並び替えるとともに、各ゾーンの発生（集中）交通量の累積比率を求めて累積頻度分布曲線を作成することによって、すなわち図2に示す面積値（図中の濃い部分）として算定できる。

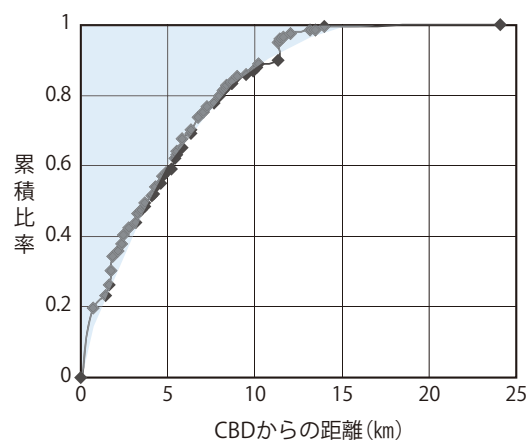


図2 CBD－居住地（従業地）分布平均距離の概念図

3) **職住間流動指標**：居住地と従業地の規模としての発生・集中交通量、及び空間的位置関係としてのゾーン間距離の3つの要因を同時に考慮した指標値の算定を試みた。指標値は、重力式モデルを基礎に式（3）にて算定を行なった。

$$\text{職住間流動指標} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{g_i \cdot a_j}{d_{ij}} \quad (3)$$

なお、 g_i (G_i/T)、 a_j (A_j/T) はゾーン*i*の発生交通量(G_i)、集中交通量(A_j)の総発生集中交通量(T)に対する相対比率、 d_{ij} はゾーン*ij*間の距離である。

3-2 分析結果

各都市・年次を対象に式(1)、(2)で標準距離を算定した結果が図3である。図1のゾーン区分図には、各都市の居住地(破線)及び従業地(実線)に対するそれぞれの標準距離を図示した。各都市における居住地の標準距離は、全体的には従業地の値より大きい値を取っている。すなわち、重心を中心とした居住地の空間的拡がり(うかが)は従業地の拡がりより大きいことが窺える。また、年次間の標準距離の変化をみると、いずれの都市においても年次ごとに増加しており、居住地及び従業地が共に空間的に郊外部へ拡大している状況が分かる。さらに、各都市の都市規模及び職住分布構造の相違に伴って標準距離の値も異なっている。

CBD-居住地(従業地)分布平均距離に対する累積頻度分布曲線の例を図4である。これらの曲線を全ての都市・年次に対して作成するとともに、指標値を算定して取りまとめた結果が図5である。図4の曲線を通して、各都市の居住地と従業地のCBDからの距離による空間分布状況の相違、特に居住地が従業地に比べてCBD周辺から郊外部に立地している状況を視覚的に容易に把握することができる。また、図5に示す結果からいずれの都市も年次ごとに平均距離の増大、すなわち居住地及び従業地の立地がともにCBD周辺から郊外部へ拡大している状況が窺える。

職住間流動指標を、式(3)を基に算定した結果が図6である。指標値の変化をみると、前述の居住地及び従業地の分散化あるいは郊外化に伴って各都市とも値は小さくなっている。都市間で比較すると、札幌市及び室蘭市が0.23以下の値を取る一方で、旭川市、函館市及び釧路市等の地方都市は0.3前後の値を取っている。したがって、室蘭市を除く他の地方都市はトリップ長の短いゾーン間での通勤交通流動が多いことが推察される。この指標値は、空間的拡がりとしての都市規模あるいは地勢等によるゾーン間距離によって大きな影響を受けている。

3-3 指標値と平均トリップ長

職住分布構造と通勤トリップ長の関係を考察するため、3-2で算定した職住分布構造指標値と平均トリップ長との関係について分析した。図7は、居住地に対する標準距離と平均トリップ長の関係を図示したものであるが、居住地に対する標準距離は、平均トリップ長と高い相関関係(0.9473)を有していることが

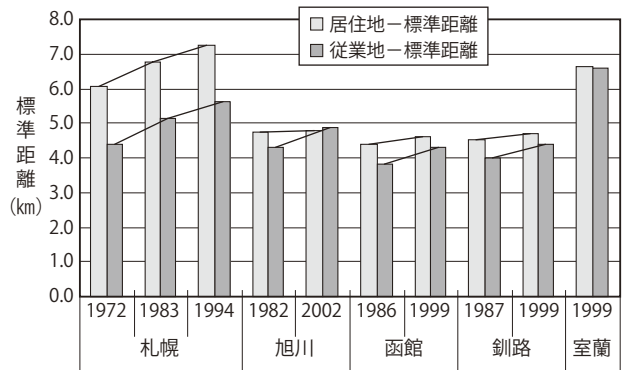


図3 各都市・年次の標準距離

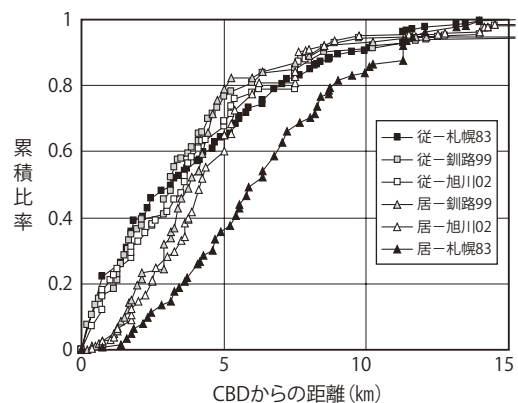


図4 CBD-居住地(従業地)分布平均距離

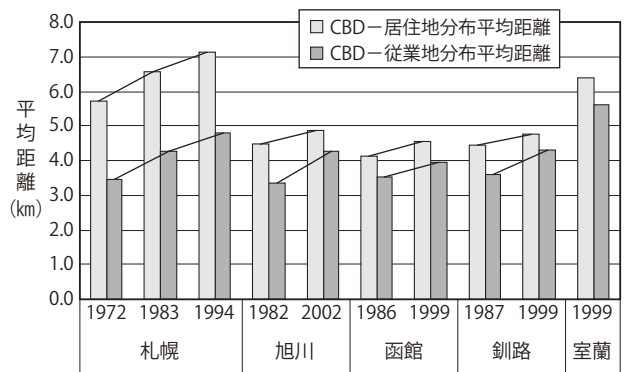


図5 CBD-居住地(従業地)分布平均距離

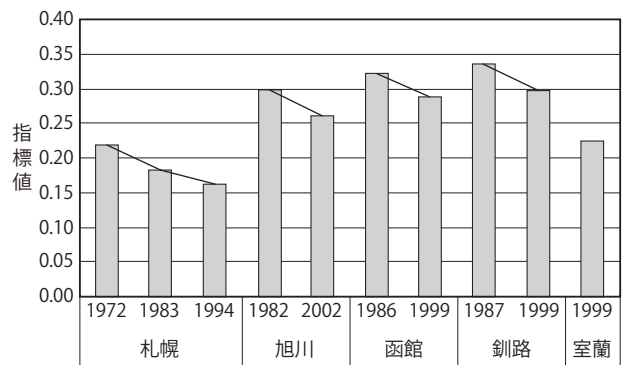


図6 各都市・年次の職住間流動指標

分かる。なお、従業地に対する相関係数は0.8629であった。また、CBD－居住地（従業地）分布平均距離の場合も、図8に見られるように居住地は平均トリップ長との相関係数（0.9617）は高い。一方、従業地の場合は札幌市の平均トリップ長が他の都市と異なるため相関係数は0.7653程度である。これらの分析結果から、都市規模等に関わらず居住地の空間的な広がりの程度が平均トリップ長に大きな影響を及ぼしていることが理解できる。

さらに、職住間流動指標と平均トリップ長も図9に示すように高い相関関係（-0.9322）を有していることが容易に理解できる。これらの関係から、居住地及び従業地の空間分布のうち、特に従業地の規模が大きく、通勤交通流動が多いCBDと居住地との空間分布状況が通勤トリップ長に大きな影響を及ぼしていることが分かる。そして、図9に示されている線形回帰式を基に、持続可能な都市の形成あるいは環境負荷の減少等を図るための居住地及び従業地の再配置について通勤トリップ長を通して考えることができる。

4 職住分布構造の再配置が通勤トリップ長に及ぼす影響

4-1 通勤交通行動を考慮した非線形最適化問題

通勤トリップ長は、職住分布構造はもとより、通勤者がそれぞれの居住地から近い従業地を勤務先としているか、あるいは遠くの従業地を勤務先としているか等の通勤交通行動によっても大きな影響を受ける。そこで、本研究においては実際の通勤交通行動として図10に示すプリファレンス曲線を組み込んだ最適職住割当問題を定式化して、職住分布の変化が通勤トリップ長に及ぼす影響について考察を試みた。すなわち、通勤トリップ長を減少させるような各ゾーンの居住地及び従業地の立地量の再配置について考察を試みた。

プリファレンス曲線は、図10に示されているように従業地の分布状況を表わす集中トリップの累積比率と、居住地における就業者の発生状況を表わす発生トリップの累積比率の関係を示したものである。この曲線は、ストウファーの介在機会モデルの概念を基礎としたもので、既往の研究において式（4）に示す2次曲線による曲線回帰が相関係数等から優れていることが確認されている。

$$Y = a_i x^2 + b_i x + c_i \quad (4)$$

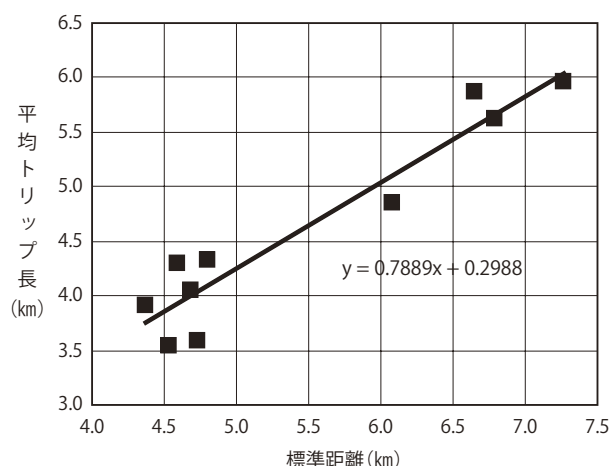


図7 居住地に対する標準距離と平均トリップ長

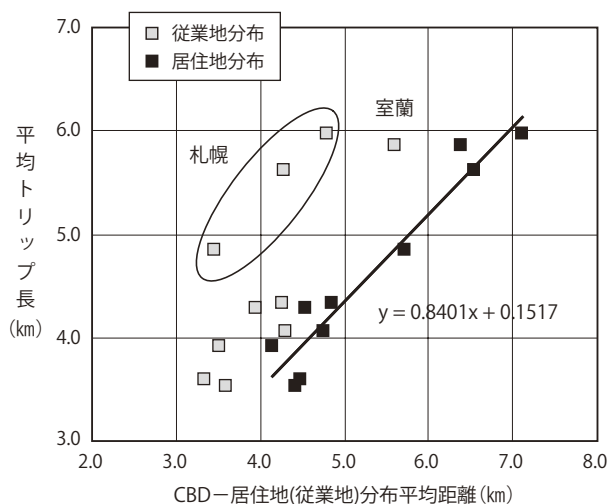


図8 CBD－居住地（従業地）分布平均距離と平均トリップ長の関係

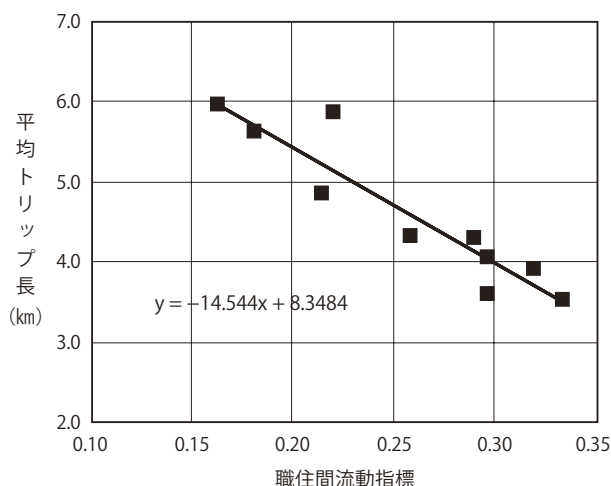


図9 職住間流動指標と平均トリップ長の関係

そして、実際の通勤交通行動として式(4)に示すプリファレンス曲線を最適職住割当問題に組み込むことによって、居住地及び従業地に関する立地量、さらにはOD交通量をも算定できる非線形最適化問題の定式化を試みた。

4-2 分析結果

本研究では、各ゾーンの居住等の立地量（発生トリップ数）及び従業等の立地量（集中トリップ数）を同時に変化させた場合、居住等の立地量が一定の下で従業等の立地量を変化させた場合、及び従業等の立地量が一定の下で居住等の立地量を変化させた場合のそれぞれについて分析を行った。ここでは、通勤トリップ長の減少を図るための職住分布構造の再配置の方向性を探るため、全てのゾーンを対象に同じ上限値及び下限値を設定した。

上限値は、各ゾーンの既存の立地量（トリップ数）に加えて新たに立地可能な量、一方、下限値は既存の立地量から移転可能な量である。下限値は、ゾーンによって既存の立地量も異なることから減少率を設定し、当該ゾーンの既存立地量に掛けた値を用いた。そして、上限値としての各ゾーンの立地可能量を1000、2000及び3000トリップ数、下限値に対しては減少率として-0.1（10%）、-0.2（20%）及び-0.3（30%）とした。これら上限値及び下限値をパラメトリックに変化させた組合せとしての27ケースの計算をそれぞれの都市を対象に行った。

図11は札幌市を例として、居住及び従業の立地量を同時に変化させた場合の27ケースに対する平均トリップ長の結果を取りまとめたものである。上限値（トリップ数）及び下限値（減少率）の変化量の範囲を増大させることによって、すなわち各ゾーンの条件を緩和させることによって、通勤トリップ長も減少している。特に、従業に対する上限値を0から1000トリップ数に増加することによって平均トリップ長の減少程度も大きいことが窺える。このような計算結果は、他の都市においても同じような傾向であった。

また、居住及び従業それぞれの立地量を変化させた場合には、いずれの都市においても居住の移転が従業の移転に比べて平均トリップ長の減少に大きな影響を及ぼしていた。これらの分析結果は、コンパクトシティに向けた各都市の職住分布構造を考えるうえで大きな示唆を与えるものと思われる。

次に、職住分布構造の再配置は新規の建設あるいは移転を伴うことから、これら再配置に伴うエネルギー

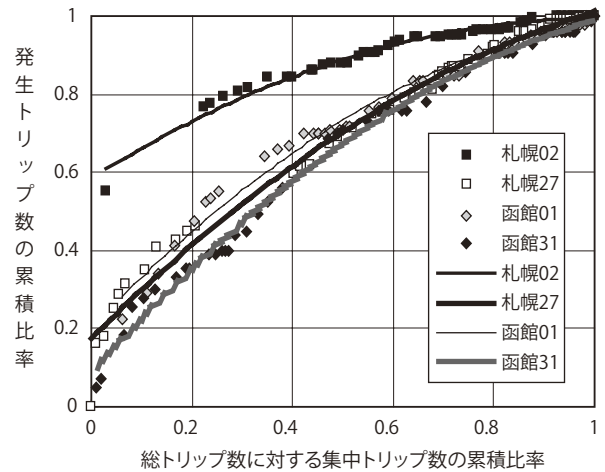


図10 プリファレンス曲線の曲線回帰の例

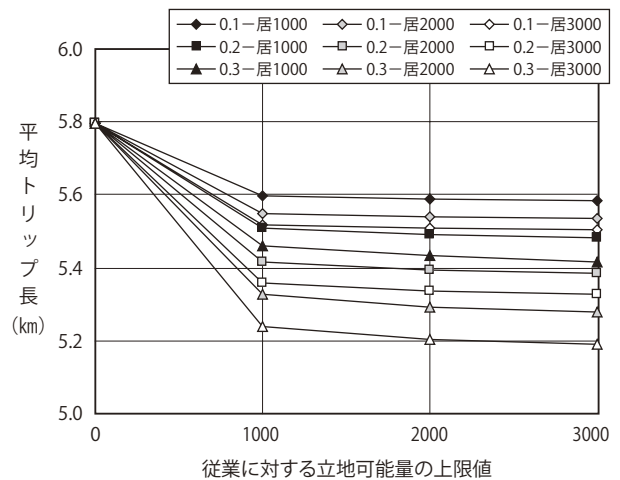


図11 立地量の上限値と平均トリップ長（札幌市）

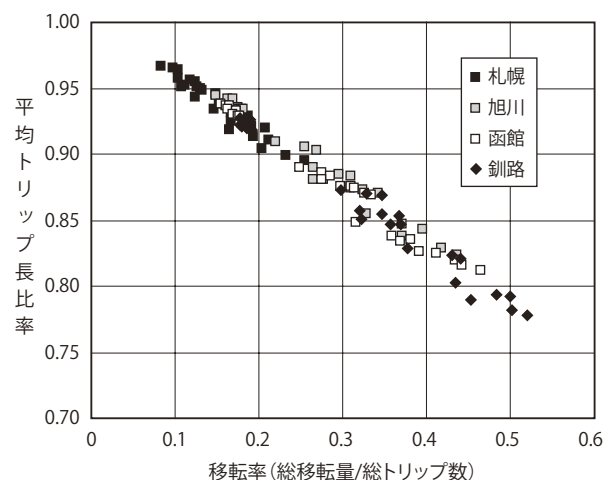


図12 移転率と平均トリップ長（4都市）

消費量として総移転量を考えた。図12は、4都市の移転率（総移転量／総トリップ数）と平均トリップ長の減少程度としての比率の関係をとりまとめたものである。都市規模に関わらず移転率の増大に伴う平均トリップ長の減少程度も同じ傾向であることが理解できる。そして、移転率と平均トリップ長比率の間には、高い相関関係（ -0.9898 ）がある。

また、居住及び従業それぞれの立地量を変化させた場合の移転量と平均トリップ長との関係も考察した。その結果、同じ程度の移転量に対しては、前述のように住居の移転が従業の移転に比べて平均トリップ長への減少効果が大きいことも確認されている。

さらに、通勤トリップ長を減少させるための各ゾーンの立地量の変化についても考察を行った。都市規模、地勢あるいはCBDの規模、位置等によって多少異なってくるが、全体的には居住地及び従業地ともに中心部ゾーンでの増加、郊外部ゾーンでの減少、いわゆるコンパクトシティに向けた職住分布構造が望まれる等が考察された。

5 おわりに

以上、本研究においてはコンパクトシティに向けた職住分布構造の再配置について通勤トリップ長の面から種々の分析を行ってきた。そして、北海道の主要都市を対象とした分析結果は、持続可能な都市形成あるいは環境負荷の減少等の面からコンパクトシティに向けた職住分布構造のシナリオを考えるうえで大きな示唆を与えるものと思われる。

通勤交通の場合は、職住割当パターンを入れ替えることによって通勤トリップ長をより削減させることも可能であることから、いわゆる「無駄な通勤距離（wasteful commuting）」の削減を考慮した最適居住地分布の面からも今後研究を進めていく。

なお、3の職住分布構造指標及び4の最適化問題の定式化等の詳細については、参考文献を参照されたい。

謝辞

本研究を行なうにあたり、室蘭工業大学 田村亨教授並びに苫小牧工業高等専門学校 下村光弘准教授には共同研究者として種々の御協力を頂いたことに感謝の意を表す。さらに、本研究を行なうにあたりデータ等の提供を頂いた関係機関の皆様にも感謝の意を表する次第です。

参考文献

- 榎谷有三・藤井 勝・下村光弘・田村 亨 (2008)：職住分布構造と通勤トリップ長について、第43回日本都市計画学会学術論文集、pp55-60。
 榎谷有三・藤井 勝・田村 亨・斎藤和夫 (2008)：職住分布の再配置が通勤トリップ長に及ぼす影響について、都市学研究、第45号、pp3-10。
 榎谷有三・下村光弘・田村 亨 (2008)：コンパクトシティに向けた北海道主要都市における職住分布構造の再構築に関する研究、平成19年度助成研究論文集（財北海道開発協会開発調査総合研究所）、pp95-130。

profile

榎谷 有三 ますや ゆうぞう

1948年旭川市生まれ。室蘭工業大学土木工学科卒業。北海道大学工学部助手、苫小牧工業高等専門学校助教授を経て、95年4月専修大学北海道短期大学教授。88年ニューサウスウェールズ大学客員研究員。工学博士。専門：都市交通計画、交通工学。主な論文等：「通勤交通流動の空間的秩序と職住分布構造に関する研究」（平成17-18年度科学研究費補助金研究成果報告書、2007）、「従業地ゾーンからみた通勤交通行動について」（土木計画学研究・論文集25、2008）、「Commuting Preference Functions from Employment Centres」（ICTTS 2008）、他。