

IV-40

買物行動の動学モデル

北海道大学大学院地球環境科学研究科 正 員 宮田 譲
NTT北海道総合技術センター 正 員 細沢 隆

1. はじめに

商業計画において、商業施設の商圈や対象地域の買物行動を推定することは、最も基本的な作業と言えよう。商圈の設定は古くから行われており、モデル構築による方法としては、ハフモデルやレイリーモデルなどがその代表的なものとして位置づけられている。しかしそれらのモデルは、いわば消費者行動の均衡状態を想定したものであり、従って比較静的な分析として解釈される。

一方、実際の消費者行動の変化は、大規模小売店の立地や、新たな商店街の形成、撤退など極めてダイナミックな様相を呈している。従って、従来からの比較静的な分析に加え、動学的な考察も強く必要とされよう。

このような問題に対し、著者たちはAllen-Sanglierによって導入されたevolutionary modelを¹⁾、北海道の人口分布に応用し^{2), 3)}、またその理論的背景の検討を行ってきた^{4), 5), 6)}。本研究はその流れの一環として、札幌市東区を事例として、商圈及び消費者行動の変化を動学的に捉えるモデルを開発することを目的としている。

2. 対象地域

本研究で対象とする札幌市東区は、1989年4月に地下鉄東豊線が開通し、都心部とのアクセスも向上してきている。それが引金となり、いくつかの大型小売店の新規立地も見られるなど、商業環境はダイナミックに変化しつつある。また東区においては、居住地ベースでの買物行動調査も実施されており、他の行政区に比べ、より詳細なデータが得られることも、対象地区として選択した理由の一つである。以下では、簡単に対象地区の概要を説明しておこう。

(1) 対象地区のゾーニング

本研究では後に述べるモデル構築、及びデータ集計の観点から、東区を17の国勢統計区に分割し分析を進めることとする。対象地区の略図、及びゾーニングは図1に示すようである。

(2) ゾーン別人口と商圈人口

表1は1982年から1988年までのゾーン別人口と商圈人口の推移をまとめたものである。ここで商圈人口は以下のように定義されるものである。

$$CP_i = CS_i / (CS/P) \quad (1)$$

ここで、 CP_i : ゾーンiの商圈人口

CS_i : ゾーンiの商品販売額

CS : 札幌市全体の商品販売額

P : 札幌市人口

すなわち商圈人口とは、対象地区の人口が平均的な消費行動を取っていると仮定した時に、各ゾーンにおいて年間何人ぐらいの消費者が買物をしているのかを示すものである。

人口については東区全体で微増しているが、ゾーン別に見ると増加のゾーンと減少のゾーンとが相半ばしている事が分かる。増加率が大きいのはゾーン9、15、16であり、減少が著しいのはゾーン1、5などである。

次に商圈人口を見ると、東区全体では人口増加率を上回る増加を示している事が分かる。特にゾーン10、15、17などの増加が著しい。その反面、ゾーン2、1、5、4、12のように、減少の激しいゾーンも見られ、人口に比べ商業環境の変化が大きいたことが特徴である。また1988年の商圈人口総数は人口総数を下回っており、東区から都心部などへ買物行動が流出しているものと判断される。

3. 本研究のモデル

(1) モデルの構造

本研究のモデルは我々の既存研究を踏まえ、以下のように設定される。

$$A_{ij}(t) = \frac{S_i^a(t-1)}{d_{ij}^b} \quad (2)$$

$$M_i(t) = \sum_{j=1}^n X_j(t-1) \frac{A_{ij}(t)}{\sum_{r=1}^n A_{rj}(t)} \quad (3)$$

$$J_i(t-1) = \lambda_i S_i(t-1) \quad (4)$$

$$J_i(t) = J_i(t-1) + \alpha J_i(t-1) \{M_i(t) - J_i(t-1)\} \quad (5)$$

$$X_i(t) = X_i(t-1) + \beta X_i(t-1) \{J_i^a(t) + J_i(t) - X_i(t-1)\} \quad (6)$$

$$S_i(t) = J_i(t) / \lambda_i \quad (7)$$

ここで、 A_{ij} : ゾーンiから見たゾーンjの魅力度

a, b : パラメータ

t : 時間変数

S_i : ゾーンiの商業施設延べ床面積

d_{ij} : ゾーンi, j間の道路最短距離

M_i : ゾーンiに対する潜在需要

X_i : ゾーンiでの年間買物回数

J_i : ゾーンiでの年間買物供給可能回数

λ_i : 単位面積当りの買物供給可能回数

α, β : パラメータ

J_i^0 : J_i の初期値



図1 対象地域の概要

凡 例

● 第1種大型店舗

- ①西友
- ②イトーヨーカドー北42
- ③ダイエー栄町店
- ④サティー東苗穂店

● 第2種大型店舗

- 1. ファミリータウンアスター
- 2. 生協北8条店
- 3. コンSUMARS光星
- 4. 大丸スーパー
- 5. スーパーハマダ店
- 6. 生協新南元町店
- 7. 生協南元町店
- 8. ラッキー苗穂店
- 9. 生協苗穂店
- 10. JOY東苗穂店
- 11. 生協幌北店
- 12. 生協美香保店

13. 三共ショッピングセンター

- 14. 東急環状東駅前店
- 15. 札幌フードセンター
- 16. 生協元町店
- 17. 札幌東急ストア
- 18. 生協大学村店
- 19. ショッピングセンターハッピー
- 20. サンデー札幌元町店
- 21. 光星栄町店
- 22. 生協北41条店
- 23. 生協栄町店
- 24. ラッキー北49条店
- 25. フードセンター
- 26. スーパーエース
- 27. サンドール伏古店
- 28. カスタムデパート
- 29. カウボーイ
- 30. 生協新道店
- 31. エイト新道店

● 商店街

- A. 鉄東中央商店街
- B. 札幌市光星商業協同組合
- C. 苗穂商工連合会
- D. 石狩通商店街
- E. 北光商店街組合
- F. 北20条通商工振興会
- G. 北24条通東商店街
- H. 元町商工振興会
- I. 美香保商店街
- J. 北栄振興会
- K. 北栄第一商工振興会
- L. 16丁目中央商工振興会
- M. 栄町商店街
- N. 栄町中央商店街
- O. 伏古商店街
- P. 札幌商店街

ここでモデルの構造について簡単に説明を加えておこう。

まず式(2)はゾーン*i*から見たゾーン*j*の魅力度を表わしているが、魅力度は各ゾーンの商業施設延床面積をゾーン間距離で割り引いたものとして定義されている。

次に式(3)はゾーン*i*に対する買物潜在需要を表わしている。それは各ゾーンでの前期の顕在化需要、すなわち前期の買物回数に対し、ゾーン*i*から見た各ゾーンの相対的魅力度を乗じる事により、ゾーン*i*からの発生ベースによる買物需要として定義されている。

式(4)はゾーン*i*の商業延床面積を、年間の買物供給可能回数に変換するものである。

式(5)はゾーン*i*での買物供給可能回数の年次の変化を表わすものであるが、それはゾーン*i*での潜在需要と供給可能回数とのギャップを埋めるよう

に調整されることを表わしている。

式(6)はゾーン*i*での年間買物回数の変化を表わすものであるが、それはゾーン*i*の年間買物供給可能回数と実際の買物回数とのギャップを無くす方向に調整されることが示されている。

最後に式(7)は、ゾーン*i*での年間買物供給可能回数を実現できる商業施設集積の規模を表わしている。

(2) データ

上記のモデルについて、実際にシミュレーションを行うためには、対象地域の商業活動に関するデータが必要とされる。ゾーン間距離や商業延床面積などは、実測あるいは既存統計により収集している。また、モデルのキー変数である年間買物回数については、1989年の「札幌市民消費動向調査」⁷⁾から得られるゾーン間買物トリップデータを基礎として、ゾーン別世帯数を用いて母集団復

表1 ゾーン別人口と商圏人口
(単位：人、カッコ内は構成比(%),年平均成長率は'82年～'88年)

ゾーン	1982年		1985年		1988年		年平均成長率(%)	
	人	口	人	口	人	口	人	口
1	12,935 (6.0)	17,542 (10.5)	12,232 (5.6)	17,349 (10.9)	11,583 (5.3)	12,595 (7.0)	-1.82	-5.37
2	15,189 (7.1)	10,011 (6.0)	14,813 (6.7)	7,119 (4.5)	14,224 (6.5)	6,363 (3.5)	-1.09	-7.27
3	13,186 (6.1)	7,452 (4.5)	14,139 (6.4)	7,880 (4.9)	14,013 (6.4)	9,179 (5.1)	1.02	3.53
4	16,262 (7.6)	12,172 (7.3)	15,934 (7.2)	10,232 (6.4)	15,529 (7.0)	10,200 (5.7)	-0.77	-2.90
5	14,982 (7.0)	7,998 (4.8)	14,503 (6.6)	6,803 (4.3)	14,011 (6.4)	6,279 (3.5)	-1.11	-3.95
6	10,558 (4.9)	7,639 (4.6)	10,903 (5.0)	7,707 (4.8)	10,649 (4.8)	7,920 (4.4)	0.14	0.60
7	14,738 (6.9)	15,913 (9.5)	14,351 (6.5)	14,434 (9.1)	13,908 (6.3)	16,141 (9.0)	-0.96	0.24
8	11,913 (5.5)	9,525 (5.7)	11,929 (5.4)	9,521 (6.0)	11,645 (5.3)	9,782 (5.4)	-0.38	0.44
9	9,279 (4.3)	9,309 (5.6)	10,525 (4.8)	8,009 (5.0)	11,159 (5.1)	11,157 (6.2)	3.12	3.06
10	11,478 (5.3)	9,787 (5.9)	11,485 (5.2)	11,051 (6.9)	11,357 (5.2)	10,198 (5.7)	-0.18	0.69
11	7,663 (3.6)	5,228 (3.1)	7,762 (3.5)	4,652 (2.9)	8,017 (3.6)	5,123 (2.8)	0.76	-0.34
12	12,396 (5.8)	13,512 (8.1)	12,380 (5.6)	11,700 (7.3)	11,976 (5.4)	11,623 (6.5)	-0.57	-2.48
13	9,117 (4.2)	7,306 (4.4)	9,796 (4.5)	7,102 (4.5)	10,198 (4.6)	9,082 (5.1)	1.89	3.69
14	8,300 (3.9)	2,658 (1.6)	8,623 (3.9)	3,366 (2.1)	8,532 (3.9)	4,826 (2.7)	0.46	10.45
15	33,873 (15.7)	23,569 (14.1)	36,861 (16.8)	23,894 (15.0)	39,049 (17.7)	39,584 (22.0)	2.40	9.03
16	2,792 (1.3)	1,903 (1.1)	2,918 (1.3)	2,068 (1.3)	3,192 (1.4)	2,218 (1.2)	2.26	2.59
17	10,412 (4.8)	5,511 (3.3)	10,642 (4.8)	6,310 (4.0)	11,337 (5.1)	7,545 (4.2)	1.43	5.38
合計	215,073 (100.0)	167,035 (100.0)	219,796 (100.0)	159,197 (100.0)	220,379 (100.0)	179,815 (100.0)	0.41	1.24

元したものである。

(3) パラメータ設定

パラメータの設定については、1982年から1988年までのデータを用いて行っているが、本研究のモデルは非線型モデルとなるために、パラメータの一部については先験的に与えるとともに、モデルの出力結果と実績値との誤差が最小となるようなパラメータをキャリブレーションによって設定している。用いたパラメータは以下のとおりである。

$a=1$, $b=2$, $\alpha=0.001$, $\beta=0.0083$, $\lambda_1=105$,
 $\lambda_2=135$, $\lambda_3=210$, $\lambda_4=160$, $\lambda_5=289$,
 $\lambda_6=333$, $\lambda_7=173$, $\lambda_8=325$, $\lambda_9=17$,
 $\lambda_{10}=100$, $\lambda_{11}=148$, $\lambda_{12}=190$, $\lambda_{13}=33$,
 $\lambda_{14}=183$, $\lambda_{15}=70$, $\lambda_{16}=80$, $\lambda_{17}=7$,
 $J_1^0=129.210$, $J_2^0=50.559$, $J_3^0=161.212$,
 $J_4^0=161.535$, $J_5^0=227.235$, $J_6^0=278.258$,
 $J_7^0=155.314$, $J_8^0=251.062$, $J_9^0=159.564$,
 $J_{10}^0=99.981$, $J_{11}^0=69.284$, $J_{12}^0=209.208$,
 $J_{13}^0=21.616$, $J_{14}^0=34.341$, $J_{15}^0=236.839$,
 $J_{16}^0=4.490$, $J_{17}^0=3.714$

(4) モデルの再現性

以上のパラメータにもとづき、1982年から1988年までの7年間に對する各ゾーン別の年間買物回数の再現シミュレーションを行った。ここではアンケートデータの取れる1985年及び1988年の実績値と比較することにより、その評価を行うこととする。結果は表2に示すようである。モデルによる推計値と、実績値との乖離を誤差率によって見ると、全ゾーンの買物回数合計については1985年では1.93%の過大推計、1988年では3.39%の過小推計となっている。ゾーン別では8~9%程度のやや大きな誤差が見られるゾーンもあるが、概ね良好な再現性を示しているものと言える。

4. シミュレーション分析

ここではモデルを用いて、いくつかのケースを設定し、シミュレーションを行うこととする。シミュレーションケースは実績の店舗立地に伴うものと、新規の店舗立地を想定するものとに大別される。

(1) 実績立地に関するケース (ケース1)

このケースでは、対象地域で実際に立地した店舗によって、買物行動がどのように変化したのかを検討している。対象地域において、近年実際に立地した店舗は表3のようである。シミュレーション期間は1989年から1992年までの4年間としている。

(2) 仮想的立地のケース

このケースでは、対象地域で将来の商業集積のポテンシャルが高いゾーンについて、商業施設の新規立地を想定し、その影響を調べている。ここでは以下の2ケースを設定している。店舗の立地は1992年になされるとして、上に述べたケース1での既存店舗立地も、このケースに含まれている。従ってここでのケースは、ケース1に新たな店舗立地を加えたものと言える。

なおシミュレーションは新規店舗立地がなされる1992年について行っている。

① ケース2

このケースではゾーン8での新規立地を想定している。その理由としては、このゾーンでは地下鉄東豊線の開業に伴い、周辺ゾーンでは大型店舗が立地したものの、このゾーンでは未だ立地がないこと。また「札幌市民消費動向調査」のアンケートによれば、このゾーンの住民は日常の買物場所に対し、距離に不満を持っていることなどが挙げられる。

表2 年間買物回数の再現シミュレーション

(単位: 回数/年)

ゾーン	1985年 実績値	1985年 推定値	推定値 - 実績値	誤差率 (%)	1988年 実績値	1988年 推定値	推定値 - 実績値	誤差率 (%)
1	1,272,682	1,229,141	-43,541	-3.42	1,003,340	985,349	-17,991	-1.79
2	358,057	372,730	14,673	4.10	347,520	367,072	19,552	5.63
3	1,697,831	1,675,279	-22,552	-1.33	2,147,506	2,005,404	-142,102	-6.62
4	1,352,374	1,408,102	55,728	4.12	1,464,043	1,520,803	56,760	3.88
5	1,925,041	2,068,980	143,939	7.48	1,929,494	1,866,413	-63,081	-3.27
6	2,795,949	2,830,703	34,754	1.24	3,120,288	2,963,199	-157,089	-5.03
7	1,403,009	1,485,425	82,416	5.87	1,703,784	1,545,911	-157,873	-9.27
8	2,499,153	2,447,586	-51,567	-2.06	2,788,311	2,779,269	-9,042	-0.32
9	1,367,266	1,399,767	32,501	2.38	2,068,277	1,888,329	-179,948	-8.70
10	1,124,441	1,068,667	-55,774	-4.96	1,126,843	1,154,848	28,005	2.49
11	614,025	670,588	56,563	9.21	734,234	711,859	-22,375	-3.05
12	1,804,168	1,920,025	115,857	6.42	2,047,888	1,924,396	-123,492	-6.03
13	209,253	223,885	14,632	6.99	290,566	282,385	-8,181	-2.82
14	433,000	472,608	39,608	9.15	674,174	678,629	4,455	0.66
15	2,391,366	2,380,088	-11,278	-0.47	4,086,972	3,988,117	-98,855	-2.42
16	48,603	50,759	2,156	4.44	56,600	56,556	-44	-0.08
17	42,350	46,575	4,225	9.98	54,984	57,516	2,532	4.61
合計	21,338,568	21,750,910	412,342	1.93	25,644,824	24,776,057	-868,768	-3.39

ケースの内容としては、新規立地の売り場面積を3,800㎡と設定した。この売り場面積については周辺の駐車場などの土地利用から想定している。

② ケース 3

このケースではゾーン 3での新規立地を想定している。理由としては、このゾーンには環状通があり、近年この沿線沿いに、新規の店舗立地が増加しているためである。このケースでの新規立地店舗面積は5,000㎡を想定している。

(3) シミュレーション結果

シミュレーション結果は図2から図4に示すようである。これらの図においては、上記の店舗立地がなかった場合を基準ケースとして、各ケースの年間買物回数の増減率をインパクト率として、ゾーン別に表示している。ケース1については、年次ごとに店舗立地が異なるため、1989年から1992年までの変化を時系列として表示している。ケース2とケース3については、1992年のインパクト率のみを表示しているが、仮想的立地が含まれていないケース1の1992年のインパクト率も比較のため併せて表示している。

① ケース 1

このケースでは上に述べたように、店舗立地が3年間にわたるため、各年次に沿って変化を追うこととしよう。

・1989年

まず1989年にはゾーン5、8、14、15に店舗立地があったために、それらのゾーンでの買物回数は確実に増加している。インパクト率で見るとゾーン5で13.0%、ゾーン8で13.1%、ゾーン14で37.6%、ゾーン15で15.1%となった。またこれらのゾーンに隣接するゾーンでは買物客が吸収される形で、買物回数の減少が見られる。ゾーン5についてはゾーン1、2、3、4の買物客を吸収し、ゾーン8についてはゾーン7、9、10の買物客を吸収しているものと判断される。同様に、ゾーン14はゾーン11、12、13を、ゾーン15はゾーン16、17に対し影響力を強めているものと考えられる。ゾーン8はゾ

ン5、8、15に隣接するため、最も強く影響を受けるため、インパクト率も-2.2%と大きなものとなっている。

・1990年

1990年では新規立地はゾーン3のみであった。しかし立地面積があまり大きくなかったために、ゾーン5やゾーン15の吸引力に呑みこまれる形でゾーン3の買物回数は若干の減少となった。またゾーン8では、前年に比べ大きく買物回数が増加している。

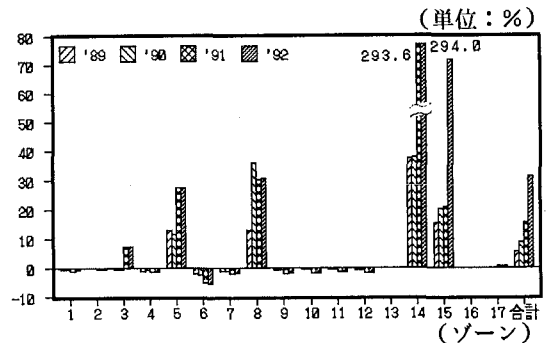


図2 店舗立地に伴う年間買物回数へのインパクト率(ケース1)

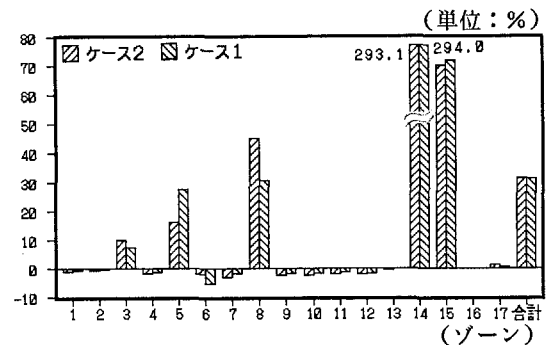


図3 店舗立地に伴う年間買物回数へのインパクト率(ケース2、1992年)

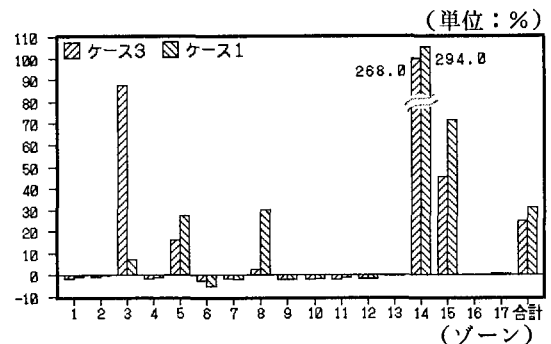


図4 店舗立地に伴う年間買物回数へのインパクト率(ケース3、1992年)

表3 近年立地した主要店舗
(売場面積は㎡)

年	ゾーン	売場面積	店 舗 名
1989年	5	809	東急ストア環状通東駅前店
		910	スーパーエース美香保店
	8	1,653	ホームセンター松崎北光店
	14	2,600	札幌フードセンター新道店
	15	938	家具ランド札幌新道店
		980	ブルーハウス新道店
		890	オブジェ
1990年	3	885	越後屋家具店
		885	ラッキー苗穂店
1991年	14	8,400	ダイエー栄町店
		2,200	ホクレンショップ栄町店
	15	9,800	ニチイ東苗穂SD
	17	1,162	ニトリ新道店

• 1991年

1991年ではゾーン14、15、17に新規立地が見られた。これらのゾーンでは当然の事ながら、買物回数の増加が見られている。特にゾーン14ではダイエー、及びホクレンの規模が既存商業施設の店舗面積を大きく上回るために、300%近い買物回数の増加となっている。また大型店の新規立地がないゾーンは、より買物回数が減少する傾向となっている。さらにここには示していないが、買物回数の数値そのものを見ると、例えばゾーン14に隣接するゾーン11、12では買物回数が減少するものの、ゾーン14からは若干離れるゾーン10、13では逆に買物回数が若干増加するという、やや複雑なパターンも見られる。

• 1992年

1992年では新たな店舗立地は想定されていないが、前年度までの店舗立地の影響を受けた結果となっている。この年では特にゾーン15の伸びが著しいものとなっている。しかしこの結果は現実的な可能性と言うよりも、本研究のモデルの持つ特性によるところが大きいものと思われる。

②ケース2

このケースでは1992年にゾーン8での新規立地を想定しているが、その影響によりゾーン8では45.1%の買物回数の増加が見られている。この影響は他のゾーンにやや複雑な影響を及ぼしている。ケース1の1992年と比較すると、多くのゾーンでマイナスの影響を受けているが、ゾーン3、6、17では逆にプラスの影響が見られている。ゾーン3や17はゾーン8とはやや遠隔であることから、ここでの結果はゾーン8の影響が直接及んだというよりも、ゾーン3や17に隣接するゾーンでの商業活動の低下が、逆にゾーン3や17からの消費者の流出を減少させたものと判断される。

③ケース3

このケースでは1989年にゾーン3に新規立地を想定しているが、その影響によりゾーン3では87.5%の買物回数の増加が見られている。これにより、他のゾーンにはマイナスの影響となる場合が多くなっている。しかしケース2と同様に、一部のゾーンにはプラスのインパクトが与えられている。ケース1の1992年と比較すると、ゾーン6、7、12、17などでは減少率に歯止めがかかる傾向となっている。このケースでもゾーン3に隣接するゾーンよりは、やや遠隔なゾーンの方がプラスのインパクトを受けやすいという結果になっている。

5. おわりに

以上に述べてきたように、本研究では買物行動をゾーン間の年間買物回数として表現し、札幌市東区を事例とした動学モデルを構築し、商業施設立地に伴うインパクトの計測を行ったものである。本研究のシミュレーション結果は、従来からのハブモデルなどによっても得られる部分もあるが、

新たな商業店舗の立地が、ゾーン間の競争を通じて新しい商業中心地を形成したり、また逆に既存商店街の衰退を招くといった、ダイナミックな商業活動の様相の一端を示せたと思う。

本研究には未だ数多くの課題が残されている。いくつか重要な点を列挙すれば、まず第1にモデルの基礎となるデータをより豊富にし、パラメータの推定方法に非線型回帰分析などを用い、より精度の高いものとする事が挙げられる。

第2には、モデルの理論的分析を踏まえながら、非線型力学系に特有な解の複雑性についても検討する必要がある。実際のところ、本研究のモデルによって長期的なシミュレーションを行った場合、モデルの挙動が急激に変化するなどの現象が見られ、実用性にやや課題を残すものとなっている。しかし、逆に非線型性から生み出される解の複雑性は、最近多くの分野で注目されており、本研究のモデルについても意外な結果を内包している可能性もあろう。

なお本研究の実施に当たっては、北海道自動車短期大学の千葉博正教授、札幌大学の八楯幸信教授よりアンケートデータの提供をいただき、ここに深謝の意を表します。

参考文献

- 1) Allen, P.M. and Sanglier, M. (1979):
A Dynamic Model of Growth in a Central Place System, Geographical Analysis, Vol.11, No.3, pp.256-272
- 2) 宮田 譲(1990): 地域人口分布の自己組織化理論、土木学会北海道支部論文報告集第46号、pp.469-474
- 3) 山口宗吾、宮田 譲、山村悦夫(1990): 地域人口分布の自己組織化モデルについて—北海道14支庁を事例として—、土木学会北海道支部論文報告集第46号、pp.475-480
- 4) Miyata, Y. and Yamaguchi, S. (1990): A Study on Evolution of Regional Population Distribution based on the Dynamic Self-Organization Theory, Environmental Science Hokkaido University, Vol.13, No.1, pp.1-32
- 5) 宮田 譲(1992): 都市機能の多様性を考慮した都市人口分布の不均衡動学モデル、土木計画学・論文集、No.10、pp.159-166
- 6) Miyata, Y. (1993): A Dynamic Urban Population Model Incorporating Variety of Urban Functions, The 13th. Pacific Regional Science Conference, Whistler, Canada
- 7) 札幌商工会議所(1987): 札幌市民消費動向調査