

IV—6

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 ——

北海道大学大学院環境科学研究科

山口 宗吾

同 上 正員 宮田 譲

同 上 正員 山村 悦夫

1. はじめに

北海道における社会経済環境は、近年その深刻の度合を深めている。金融機能、情報機能、国際機能といった中枢管理機能が東京圏へ一極集中する一方、北海道の基幹産業である農業、水産業、鉄鋼、石炭などは国内需要の低迷から極めて厳しい状況におかれている。そのため北海道という一地域の内部でも、地方部では雇用機会の減少が深刻化し、雇用を求めて札幌あるいは道外へと人口が流出しつつあるのが現状である。

本研究では、こうした地域間の不均衡を考えていくうえで特に地域人口分布に注目し、地域の魅力度の差異による都市間の競合、雇用の促進、新たな都市機能の発生、といった地域人口分布の自己組織化要因を取り入れたモデルを構築する。そして地域の基盤整備がどのような秩序形成を生み、それが地域間不均衡の改善にどのように寄与するのかを検討するものである。

2. 地域人口分布の自己組織化モデル

本研究のモデルは、Prigogineの散逸構造理論を基本としている。^{1), 2)} 彼は自己組織現象の法則性を明らかにしたが、その際、秩序形成のパターンをエントロピーの観点で区分した開放系・非平衡系を散逸構造と呼んだ。その構造における自己組織化の過程では、ある大きさを越える「ゆらぎ」を与えさえすれば、その系内の個は発散するか、リミット・サイクルに入るか、

もしくは次の定常状態に向かって収束するのである。

Allen等はこの自己組織化のプロセスを取り入れた地域人口分布形成モデル^{3), 4)}を提唱しているが、本研究においても彼らのモデルを踏まえて、以下のモデルを構築した。

$$\frac{dx_i}{dt} = b_i x_i (J_i + \sum_k J_{ij}^k - x_i) - m_i x_i + \tau \left\{ \sum_{j \neq i} x_j^2 \exp(-\beta d_{ij}) - x_i^2 \sum_{j \neq i} \exp(-\beta d_{ij}) \right\} \quad (1)$$

$$\frac{dJ_i^k}{dt} = \alpha J_i^k (M_i^k - J_i^k) \quad (2)$$

$$M_i^k = \lambda_i^k D_i^k \quad (3)$$

$$D_i^k = \sum_j \frac{x_j \varepsilon^k}{(P_i + \phi^k d_{ij})^\alpha} \frac{A_{ij}^k}{\sum_n A_{in}^k} \quad (4)$$

$$A_{ij}^k = \eta_i^k \frac{\left[\gamma - \frac{1}{\delta + \rho^k (x_i - x_k^{th})} \right]^I}{(P_i + \phi^k d_{ij})^I} \quad (5)$$

ここで、 t :時間変数、 x_i : i -ブロックの人口、 b_i :出生率及び転入率、 m_i :死亡率及び転出率、 J_i^k : i -ブロックの基礎雇用可能数、 d_{ij} : i - j ブロック間の時間距離、 x_k^{th} :都市機能- k を持つための人口閾値、 J_i^k :都市機能- k による雇用可能数、 M_i^k :都市機能- k への D_i^k に対応する雇用需要量、 D_i^k :都市機能- k に対する潜在需要、 A_{ij}^k :

A Study on Self-Organization Model of Regional Population Distribution

— The Case of Hokkaido — by Sogo YAMAGUCHI, Yuzuru MIYATA, and Etsuo YAMAMURA.

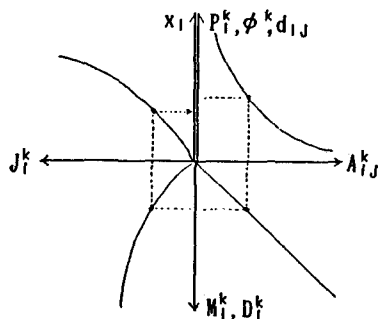


図1 モデルの概念図

J から見た i の都市機能- k に対する魅力度、 P_i^k :都市機能サービス- k の価格、 ε^k :一人当りの都市機能サービス- k の需要量、 ϕ^k : i - j ブロック間の交通コスト、 $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \lambda, \rho^k, \eta^k, e, l$:定数。

(1) 自己組織化モデルの概念図

以下に、このモデルにおける各変数の決定過程を図式化した概念図を示す(図1)。

$t=0$ における各 i -ブロックの人口が(5)式で与えられれば、

そこで A_{ij}^k が得られ、順次(4)式では D_i^k 、(3)式では M_i^k 、(2)式では J_i^k の増分が、そして(1)式によって $t=1$ における各 i -ブロックの人口が導き出せるわけである。

(2) パラメータの設定

ブロック- i の設定においては、北海道の14支庁区分を採用した。そしてこのモデルの運用するには、まず外生的に与えるパラメータを設定しなければならない。そこで1975年から1980年までの人口の実績データ(表1)を用いて(1)~(5)のパラメータの推定を行った。しかしこれらの方程式はほとんどが非線形であり、(5)は不連続関数を含んでいること、さらに統計的に収集が困難な変数も含まれていることなどから、推定はキャリブレーションを用いた。その結果は以下の通りである。

$$\begin{aligned} b_i &= 0.14, m_i = 0.06, P_i^k = 1 \text{ (for all } i\text{'s and } k\text{'s)} \\ \alpha &= 0.01, \beta = 1.5, \gamma = 1.1, \delta = 1, \lambda = 1, \tau = 1 \\ \varepsilon^1 &= 0.25, \varepsilon^2 = 0.15, \varepsilon^3 = 0.1, \varepsilon^4 = 0.01 \\ \rho^1 &= 1, \rho^2 = 0.2, \rho^3 = 0.1, \rho^4 = 0.01 \\ \phi^1 &= 1, \phi^2 = 0.15, \phi^3 = 0.1, \phi^4 = 0.01 \\ l &= 10, e = 1 \end{aligned}$$

なお人口閾値は、14支庁の産業構造を参考に、

$$x_4^h = 100, x_3^h = 50, x_2^h = 30, x_1^h = 10$$

と設定した。2都市間の距離 d_{ij} には最短の時間距離を用い、表2・表3にまとめておく。これらの設定値における再現の結果は表4に示されているとおりである。

表1 北海道14支庁の人口の実績値

支庁	中心都市	1975	1980	1985	'80/'75	'85/'80
1 石狩支庁	札幌市	142.9 (26.80)	164.1 (29.53)	182.1 (32.14)	2.81	2.10
2 釧路支庁	釧路市	49.9 (9.36)	51.3 (9.23)	50.9 (9.98)	0.55	0.16
3 根室支庁	根室市	8.1 (1.52)	7.6 (1.37)	7.1 (1.25)	-1.27	-1.35
4 釧路支庁	小樽市	33.7 (6.32)	32.7 (5.88)	31.1 (5.49)	-0.60	-1.00
5 空知支庁	岩見沢市	52.4 (9.83)	50.1 (9.01)	47.4 (8.37)	-0.89	-1.10
6 上川支庁	旭川市	56.5 (10.59)	58.2 (10.47)	58.3 (10.29)	0.59	0.03
7 留萌支庁	留萌市	9.7 (1.82)	9.1 (1.64)	8.5 (1.60)	-1.27	-1.35
8 宗谷支庁	稚内市	11.3 (2.12)	10.7 (1.93)	10.2 (1.80)	-1.09	-0.95
9 網走支庁	北見市	37.4 (7.01)	37.1 (6.68)	36.6 (6.46)	-0.16	-0.27
10 胆振支庁	苫小牧市	46.7 (8.76)	48.5 (8.73)	47.7 (8.42)	0.76	-0.33
11 日高支庁	清水町	10.6 (1.99)	10.3 (1.85)	9.9 (1.45)	-0.57	-0.79
12 十勝支庁	帯広市	34.7 (6.51)	35.5 (6.39)	36.2 (6.39)	0.46	0.39
13 釧路支庁	釧路市	29.7 (5.57)	30.7 (5.52)	30.8 (5.44)	0.66	0.07
14 根室支庁	根室市	9.7 (1.82)	9.9 (1.78)	9.7 (1.71)	0.41	-0.41
合計		533.3 (100.00)	555.8 (100.00)	566.5 (100.00)	0.83	0.38

注1: 括弧外の数字は人口実績(単位:万人)と増加率(単位:%)
注2: 括弧内の数字は占有率(単位:%)

■ 1975 ■ 1980 ■ 1985

表2 2都市間の最短時間距離(1975-1980)

		(単位:時間)													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	支庁庁舎	0.0	6.8	5.1	1.2	1.2	3.7	3.0	6.4	7.2	1.7	3.4	6.2	8.2	10.5
2	石狩支庁	6.8	0.0	1.6	5.3	6.8	9.2	8.6	12.0	12.8	5.6	7.3	9.6	12.1	14.4
3	渡島支庁	5.1	1.6	0.0	4.9	6.2	8.7	8.1	11.5	12.3	5.0	6.7	8.9	11.4	13.7
4	松山支庁	1.2	5.3	4.9	0.0	2.4	4.8	3.1	6.5	8.3	2.9	4.6	7.4	9.3	11.6
5	後志支庁	1.2	6.8	6.3	2.4	0.0	2.4	2.9	6.4	6.0	1.6	3.1	5.0	7.9	9.5
6	上川支庁	3.7	9.2	8.7	4.8	2.4	0.0	1.8	5.1	3.6	4.0	4.3	4.2	6.0	7.0
7	上川支庁	3.0	8.6	8.1	3.1	2.9	1.8	0.0	3.4	3.4	4.1	5.8	5.1	7.9	8.9
8	網走支庁	6.4	12.0	11.5	6.5	6.4	3.1	3.4	0.0	6.8	8.1	9.4	9.0	9.5	9.5
9	網走支庁	7.2	12.8	12.3	6.3	6.0	3.6	3.4	6.8	0.0	7.4	7.0	3.5	3.2	3.2
10	胆振支庁	1.6	5.6	5.0	2.8	1.6	4.0	4.1	8.1	7.4	0.0	1.7	3.9	6.4	8.7
11	十勝支庁	3.4	7.3	6.7	4.6	3.1	4.3	3.8	9.4	7.0	1.7	0.0	3.1	5.6	7.9
12	十勝支庁	6.2	9.6	8.9	7.4	5.0	4.2	5.1	9.0	3.5	3.9	3.1	0.0	2.5	4.8
13	釧路支庁	8.2	12.1	11.4	9.3	7.9	6.0	7.9	9.5	3.2	6.4	5.6	2.5	0.0	2.3
14	根室支庁	10.5	14.4	13.7	11.6	9.5	7.0	8.9	9.5	3.2	8.7	7.9	4.8	2.3	0.0

表3 2都市間の最短時間距離(1980-1985)

		(単位:時間)													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	支庁	0.0	6.8	5.1	1.1	1.2	3.7	3.0	6.4	7.2	1.6	3.3	6.1	8.1	10.5
2	支庁	6.8	0.0	1.6	5.3	6.8	9.2	8.6	12.0	12.8	5.6	7.3	9.6	12.1	14.4
3	支庁	5.1	1.6	0.0	4.9	6.2	8.7	8.1	11.5	12.3	5.0	6.7	8.9	11.4	13.7
4	支庁	1.1	5.3	4.9	0.0	2.3	4.7	3.1	6.5	8.2	2.8	4.6	7.3	9.2	11.5
5	支庁	1.2	6.8	6.3	2.3	0.0	2.4	2.9	6.4	6.0	1.6	3.1	5.0	7.9	9.5
6	支庁	3.7	9.2	8.7	4.7	2.4	0.0	1.8	5.1	3.5	4.0	4.3	4.2	6.0	7.0
7	支庁	3.0	8.6	8.1	3.1	2.9	1.8	0.0	3.4	3.4	4.1	5.8	5.1	7.9	8.9
8	支庁	6.4	12.0	11.5	6.5	6.4	3.1	3.4	0.0	6.8	8.1	9.4	9.0	9.5	9.5
9	支庁	7.2	12.8	12.3	6.3	6.0	3.6	3.4	6.8	0.0	7.4	7.0	3.5	3.2	3.2
10	支庁	1.6	5.6	5.0	2.8	1.6	4.0	4.1	8.1	7.4	0.0	1.7	3.9	6.4	8.7
11	支庁	3.4	7.3	6.7	4.6	3.1	4.3	3.8	9.4	7.0	1.7	0.0	3.1	5.6	7.9
12	支庁	6.1	9.6	8.9	7.3	5.0	4.2	5.1	9.0	3.5	3.9	3.1	0.0	2.5	4.8
13	支庁	8.1	12.1	11.4	9.3	7.9	6.0	7.9	9.5	3.2	6.4	5.6	2.5	0.0	2.3
14	支庁	10.5	14.4	13.7	11.5	9.5	7.0	8.9	9.5	3.2	8.7	7.9	4.8	2.3	0.0

表4 北海道14支庁の人口の再現値

			(単位:万人)		
1	支庁	中心都市	1975	1980	1985
1	石狩支庁	札幌市	142.9	164.16300	181.63300
2	渡島支庁	函館市	49.9	51.37140	50.84410
3	松山支庁	江差町	8.1	7.44789	7.08251
4	後志支庁	小樽市	33.7	32.33160	31.21000
5	上川支庁	喜望峯市	52.4	50.22120	47.12120
6	十勝支庁	旭川市	56.5	58.31190	58.32420
7	上川支庁	留萌市	9.7	9.00184	8.41620
8	網走支庁	雄勝町	11.3	10.72990	10.27220
9	網走支庁	北見市	37.4	37.06060	36.61510
10	胆振支庁	苫小牧市	46.7	48.38760	47.81170
11	十勝支庁	清水町	10.6	10.27280	9.87870
12	十勝支庁	帯広市	34.7	35.75180	36.14550
13	釧路支庁	釧路市	29.7	30.53820	30.81830
14	根室支庁	根室市	9.7	9.78448	9.73541
計			533.3	555.37421	565.90812

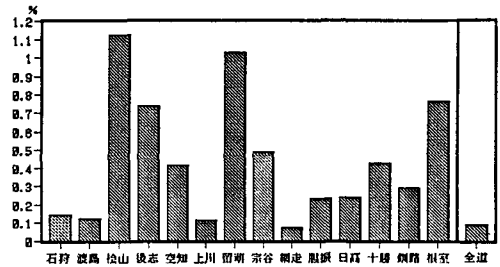


図2 絶対平均誤差 (MAPE)

(3) モデルの有効性

モデルの有効性を確認するために、これらの設定値のもとで1975年から1985年までの支庁別人口を5年毎に再現するテストを行った。推定誤差を次の絶対平均誤差(MAPE)によって見てみよう。

$$MAPE_i = \frac{1}{n+1} \sum_{t=0}^n \left| \frac{x_i(t) - \hat{x}_i(t)}{x_i(t)} \right| \times 100 \quad (\%)$$

図2からもわかるように、全道で0.09%、最も誤差の大きな松山支庁でも1.12%であり、人口増減の方向も実績値と極めて符合していることから、良好な再現結果と言える。なお以下ではこの再現シミュレーションを標準ケースと呼び、議論を進める。

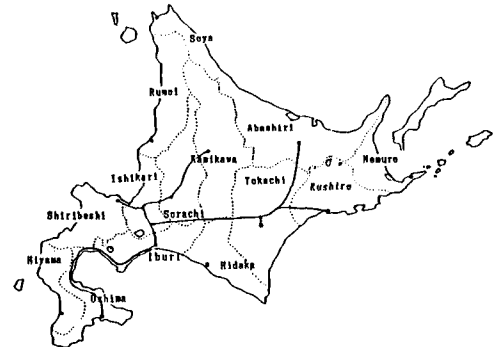


図3 北海道縦貫・横断高速道路の計画

表5 ケース設定(A)

高速道	ル	ート	ケース	1	2	3	4	5	6
横断(東)	札幌	~	清水				○	○	○
	清水	~	北見				○	○	○
横断(西)	札幌	~	小樽	○	○	○	○	○	○
縦断(南)	札幌	~	苫小牧	○	○	○	○	○	○
	苫小牧	~	釧路		○	○	○	○	○
縦断(北)	札幌	~	旭川	○	○	○			○

注: ○は高速道の完成・供用を表す

3. ケース別シミュレーション

ここでは前節で推定したパラメータを基準にし、なおかつ各地域に対する条件を変えることによって、人口分布がどう変化するかを見ることとする。

(1) 交通条件の改善

地域の人口変化要因には、生活環境、交通条件、所得水準など様々なものが考えられるが、本研究のモデルにおいては地域間の交通条件 d_{ij} の改善が最も直接的で現実的な政策と考えられ、それらをタイプAとし

て北海道縦貫自動車道および北海道横断自動車道の建設を想定した6つの下位ケースを設定した。現在計画されている路線は図3に示されているとおりであり、ケース設定は表5に示されている。なおシミュレーションの期間は1975年から1985年までの10年間とし、想定ルートは1975年から1980年の間に開業するものとする。

タイプAの結果は、共に1985年において、標準ケースとの差を図4～図9に示しておく。

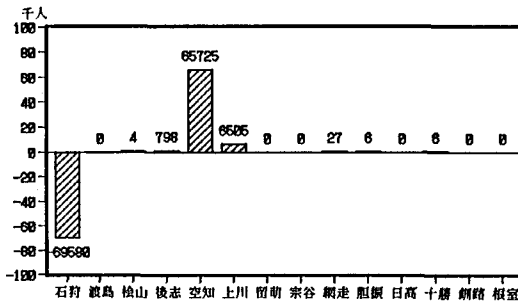


図4 シミュレーション結果 (ケース A-1)

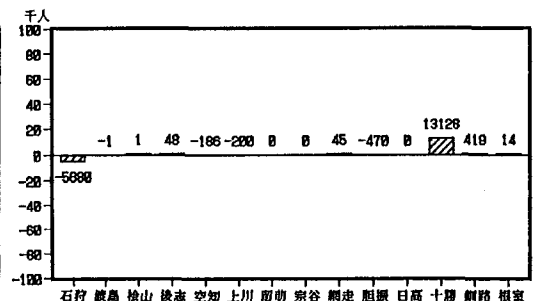


図7 シミュレーション結果 (ケース A-4)

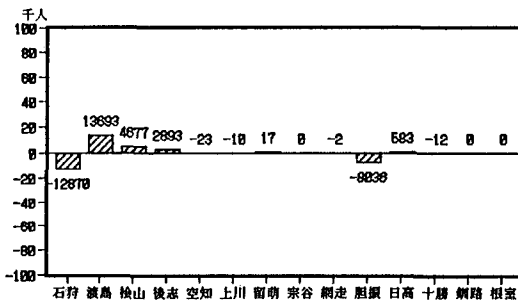


図5 シミュレーション結果 (ケース A-2)

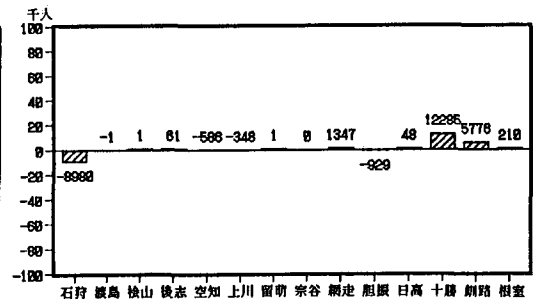


図8 シミュレーション結果 (ケース A-5)

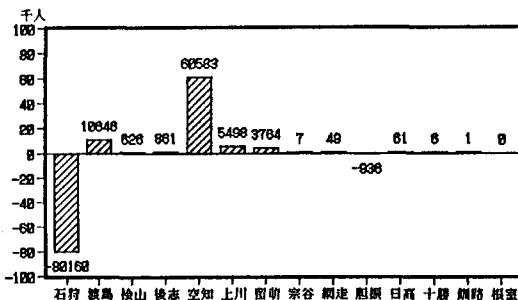


図6 シミュレーション結果 (ケース A-3)

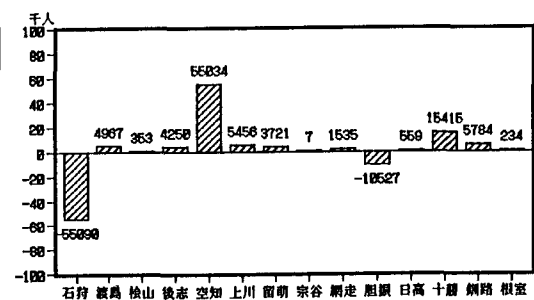


図9 シミュレーション結果 (ケース A-6)

ケースA-1では北海道縦貫道が北に延び、1980年には札幌～旭川間が高速道路で結ばれることを想定している。空知支庁と上川支庁でプラスの効果が顕著であり、後志支庁にも若干の効果が認められる。その反面石狩支庁ではマイナスの効果が大きく、総合的に札幌圏が拡大したと解釈できよう。

ケースA-2では北海道縦貫道が南に延び、1980年には札幌～函館間が高速道路で結ばれることを想定している。渡島支庁と桧山支庁でプラスの効果となるものの、石狩支庁と渡島支庁にはさまれる胆振支庁ではマイナスの効果となり、幹線道路の中間地域としてのデメリットが現れるものと解釈される。しかしケースA-1に比べると増減の幅は小さく、効果の薄いものであることも同時に示されている。

ケースA-3では北海道縦貫道が南北両方向に延び、1980年には旭川～札幌～函館間が高速道路で結ばれることを想定している。効果はケースA-1とケースA-2を合わせたものにほぼ一致するが、人口の分散傾向は道南地域より道北地域の方が大きいことがここからもわかる。

ケースA-4は北海道横断道が東に延び、1980年には札幌～清水間が高速道路で結ばれることを想定している。石狩支庁でマイナスの効果、十勝支庁でプラスの効果がそれぞれ現れるが、増減の幅は小さく、効果の大きさもケースA-2と同程度であると言える。

ケースA-5は北海道横断道がさらに東に延び、1980年には札幌～北見・釧路間が高速道路で結ばれることを想定している。石狩支庁のマイナス効果はケースA-4より拡大され、網走支庁、十勝支庁、釧路支庁のプラス効果においてもケースA-4に比べて大きくなっているのは網走支庁と釧路支庁であり、十勝支庁ではケースA-2における胆振支庁と同様、通過地域のデメリットが現れた結果、効果が半減したと解釈できる。

ケースA-6はケースA-3とケースA-5を同時に実施したケースである。つまり北海道縦貫・横断の両高速道路が完成、開業することを想定している。空知支庁でプラスの効果が最も大きく、石狩支庁ではマイナスの効果が最も大きい。渡島支庁や桧山支庁といった道南

地域はプラスの効果はあるものの、やはりケースA-3より小さく、胆振支庁のマイナス効果の増大は渡島支庁、十勝支庁の人口吸引力によるものであろう。また網走支庁、十勝支庁、釧路支庁といった道東地域ではプラスの効果がケースA-5より一様に大きくなっている。

(2) 魅力度の向上

地域の人口変化要因のうち、本研究のモデルにおいて最もよく地域の表情を表している η_i^k に関するシミュレーションを行う。 η_i^k はその都市の魅力係数とも言えるべきパラメータである。ここではタイプBとして、北海道新長期総合計画で記述されている5つの重点地域と最も早期に開業するであろう北海道縦貫道の札幌～旭川間の組合せで4つの下位ケースを設定した(表6)。なおシミュレーションの期間は1975年から1985年までの10年間とし、想定ルートは1975年から1980年の間に開業し、魅力度の向上も同じ期間に図られたとする。

表6 ケース設定(B)

	支庁	市	中心市	1	2	3	4
1	石狩支庁	札幌市	札幌市		〇	A	A
2	渡島支庁	函館市	函館市	A		A	A
6	上川支庁	旭川市	旭川市	A	A	A	A
9	網走支庁	北見市	北見市			A	A
12	十勝支庁	釧路市	釧路市			A	A

注：〇は高速道の完成供用を、Aは魅力度の向上を表す

タイプBの結果も、共に1985年において、標準ケースとの差を図10～図13に示しておく。

ケースB-1では石狩支庁を南北にはさむ渡島支庁と上川支庁の魅力係数を1.5倍に引き上げる。これらの2支庁でプラスの効果が生じるのは当然の結果であるが、石狩支庁では人口を吸収される形となるためマイナスの効果が出た。その他の支庁においても若干のプラス効果が認められ、北海道全体への人口分散傾向が現れている。

ケースB-2は、ケースB-1とともに札幌～旭川間の高速道路の開業を想定するケースA-1を同時に行うものである。結果的に二つのケースの効果がそのまま加算された形になり、道南・道北の拠点開発及び札幌圏の拡大が同時に達成されることを示している。

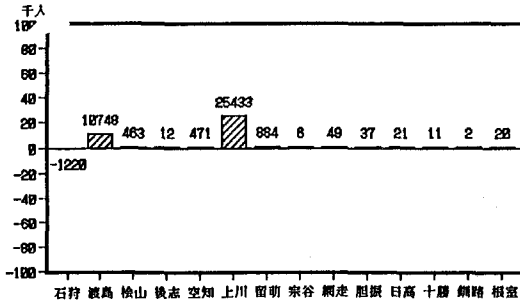


図10 シミュレーション結果 (ケース B-1)

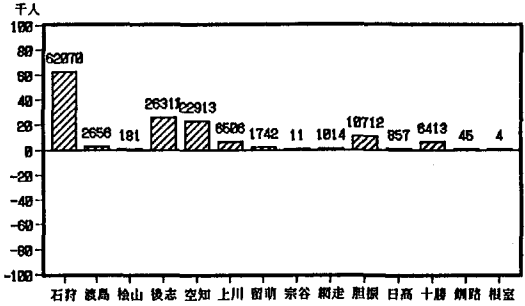


図12 シミュレーション結果 (ケース B-3)

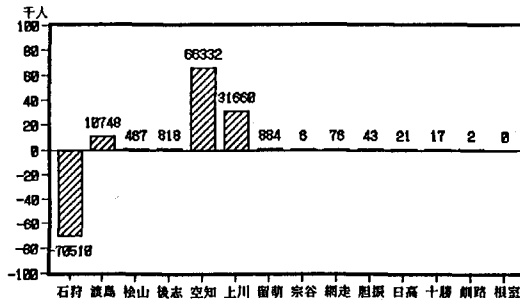


図11 シミュレーション結果 (ケース B-2)

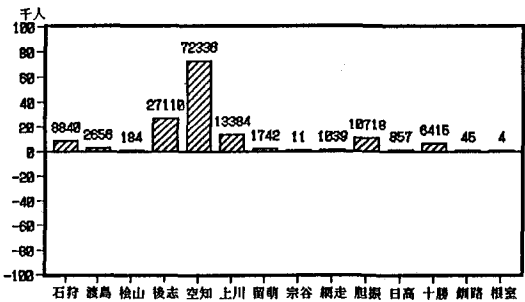


図13 シミュレーション結果 (ケース B-4)

ケースB-3は石狩支庁、渡島支庁、上川支庁、網走支庁、十勝支庁といった善導の拠点地域の魅力係数をそれぞれ1.5倍（石狩支庁は1.1倍）に向上させるものである。これらの5支庁にプラスの効果が見れるのは当然の結果であるが、その他の支庁についてもケースB-1より大きな波及効果が及んでいることが特徴である。このケースは道央複合都市圏を中心とした全道的発展の可能性が示唆されている。

最後に、ケースB-4ではケースB-3に加え、ケースA-1を同時に行うものである。ケースB-3と異なり、石狩支庁への影響は微増にとどまり、空知支庁への効果が最も大きくなっている。石狩支庁の人口増加率をそのままに、その他の周辺支庁の拠点開発にプラスの効果を望むならば、極めて良好な結果と言えよう。

4. おわりに

本研究は地域発展の人口分布形成という側面に自己組織化の概念を用いたモデルを導入し、その適合性を確かめつつ、北海道が抱える地域間不均衡に対する地域振興策の検討を行ったものである。その結果、地域

の人口分布に対する本研究のモデルの有効性が実証され、様々な地域政策の評価を行える可能性が示された。

北海道が完成を目指している北海道縦断・横断高速道は、人口を指標とした地域の均衡発展に大きく貢献し、特に北側の縦断道の滝川～旭川の完成は大きな波及効果をもたらすことが期待できる。また、地域の魅力度の向上に関しては、道東、道南といったブロックごとの拠点に対し、その魅力を向上させることが効率よく、しかも隣接する支庁に対しても効果をもたらすことになる。

なお検討すべき課題も少なくなく、刻々と変化する都市機能や経済状態へのパラメータ上の対応や、魅力度の構成方法などについては、今後の研究へ残すところである。

参考文献

- 1) Glandorff, P. and Prigogine, I. (1971): Thermodynamic Theory of Structure, Stability and Fluctuations, Wiley-Interscience
- 2) Prigogine, I. (1984): From Being to Becoming, W.H. Freeman and Company
- 3) Allen, P. M. and Sanglier, M. (1981): Urban Evaluation, Self-Organization, and Decisionmaking, Environment and Planning A, Vol.13 pp.187-183
- 4) Allen, P. M. and Sanglier, M. (1981): A Dynamic Model of a Central Place System -II, Geographical Analysis, Vol.13, No.2, pp.149-184