

人口減少下における地域変容の動学化

Building a Dynamic Model for Population Reduction in Local Area

室蘭工業大学 ○学生員 塚田建人 (Tatehito Tsukada)
 函館工業高等専門学校 正 員 佐々木恵一 (Keiichi Sasaki)
 室蘭工業大学 正 員 田村亨 (Tohru Tamura)

1. はじめに

現在の北海道の人口は、札幌市を中心とする石狩支庁に約40%が集中する一極集中の状態にある(図-1)。札幌市は都市化の進展に伴い人口の伸びを示しているが、人口の過密、中心部の空洞化、都市の再開発といった問題が生じつつある。一方地方部では、人口の流出だけでなく急激な高齢化が生じており、地域社会の維持が困難になる可能性が生じてきた。

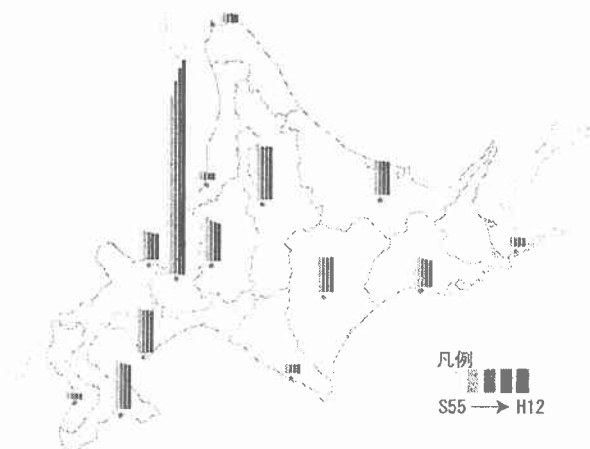


図-1 支庁別人口推移

地域社会の維持はシビルミニマムを達成し居住地選択の自由を保障するためだけでなく、国土保全の面からも必要である。そのためには何らかの対策を講じる必要があるが、現在その手段の有効性を検討するためのモデルは見当たらない。

そこで本研究では、先行研究¹⁾により北海道の人口の動学的再現に優れた成果をあげた P.Allen の自己組織化モデルをもとに、都市の衰退期における人口変化を予測し、人口減少を防ぐための対策の有効性を検討するためのモデルの構築の可能性を探ることを目的とする。

2. P.Allen の自己組織化モデル^{2,3)}

2.1 モデル式

P.Allen の自己組織化モデルの特徴は、ヴェアフルストの人口モデルを基に、集積の外部経済の発生による都市機能の創発、集積の外部不経済、都市機能の階層性を取り入れ、多地点間の人口移動を考慮し、中心地理論を動学的に表現した点にある。

モデル式は以下の5式で構成される。

$$\frac{dx_i}{dt} = bx_i \left(n_i + \sum_{k=1}^h S_i^k - x_i \right) - mx_i - \sum_j e^{-\alpha d_{ij}} (x_i^2 - x_j^2) \quad (1)$$

$$\frac{dS_i^k}{dt} = \alpha S_i^k (E_i^k - S_i^k) \quad (2)$$

$$E_i^k = \rho^k D_i^k \quad (3)$$

$$D_i^k = \sum_j \frac{x_j \varepsilon^k}{(p_i^k + \phi^k d_{ij})^\beta} \sum_l \frac{A_{jl}^k}{A_{ij}^k} \quad (4)$$

$$A_{ij}^k = \frac{\left(\delta - \frac{1}{\eta + e^k (x_i - x_{thk})} \right)^\gamma}{(p_i^k + \phi^k d_{ij})^\gamma} \quad (5)$$

ここで、

- x_i : 都市*i*の人口
- b : 出生と人口流入に関するパラメータ
- m : 死亡と人口流出に関するパラメータ
- n_i : 都市*i*の基礎人口限界
- S_i^k : 都市*i*の都市機能*k*による雇用可能数
- ϕ^k : 移動コスト
- E_i^k : 都市*i*の都市機能*k*による雇用需要量
- ρ^k : 都市機能*k*の単位生産あたりの雇用数
- D_i^k : 都市*i*の都市機能*k*の潜在需要
- ε^k : 単位価格あたりの都市機能*k*の需要量
- A_{ij}^k : 都市*j*の居住者の都市*i*の都市機能*k*に対して感じる魅力度
- x_{thk} : 都市機能*k*の閾値
- p_i^k : 都市*i*における都市機能*k*の価格
- d_{ij} : 都市*i*と都市*j*間の距離
- $\alpha, \beta, \varepsilon, \delta, \eta, \gamma$: パラメータ

2.2 モデル式の内容

式(1)では、人口の変化量が出生数、死亡数、人口移動の和で表されている。出生数は現在の人口だけでなく都市の人口限界と現在の人口の差にも比例する。死亡数は人口に比例し、都市間の人口移動は人口圧力の差によって生じる。都市の人口限界は、都市が自然に持っている人口の限界(以下基礎人口限界という)と、都市の活動による限界の増分の和である。式(2)、(3)、(4)、(5)で都市の活動による人口限界の増分を求めている。人口限界の増分は、人口の集積により新たな財・サービスが生じ、その財・サービスを生産するための雇用が顕在化したために生じる。式(2)より、雇用は現在の雇用可能数と雇用需要量と雇用可能数の差の両者に比例して変化する。式(3)から雇用需要は都市機能の潜在需要に比例する。式(4)から都市*i*の都市機能*k*に対す

る需要は都市 j の居住者が都市 i の都市機能 k を選択する割合に比例し、都市 i で生産された都市機能による財・サービスの都市 j での価格に反比例する。式 (5) から都市 i の人口が閾値を上回った場合、新たな都市機能が生まれることを表している。

以上、式 (2) から式 (5) および式 (1) の右边第 1 項、第 2 項により人口の集積による正のフィードバックを表し、式 (1) の右边第 3 項により負のフィードバックを表している。

3. 都市の衰退期に対する適用

P.Allen の自己組織化モデルを用いて、都市経済の衰退による人口減少を表せるかを検討する。

モデル適用対象地域において都市 i の都市活動が衰退し人口減少が著しくなった場合、都市 i の人口は対象地域において相対的に人口が少ない状態にある。この場合都市 i の人口圧力は相対的に小さく、人口流入の状態にある。つまり、式 (1) の第 3 項は正であると考えられる。

次に式 (1) の右边第 1 項および第 2 項について考える。式 (1) を

$$\frac{dx_i}{dt} = bx_i(N - x_i) - mx_i \quad (1')$$

と書き換えると、定常状態において人口の変化は無いので、 $dx_i/dt=0$ から人口は $x=N-b/m$ で収束する事がわかる。

b, m は定数なので人口は N に依存している。

いま、 $N=n_i + \sum S_i^k$ なので S_i^k の変化を調べれば、人口が都市の活動の衰退により基礎人口限界を下回るかどうかかわかる。

式 (2) はロジスティックモデルなので、 $S_i^1=E_i^1$ で定常状態になり、都市機能による人口限界の増加は E_i に依存していることがわかる。式 (2) を $t=0$ で $S=S_0(S_0>0)$ として積分すると、

$$S_i^k = \frac{S_0 E_i e^{\alpha E_i t}}{(e^{\alpha E_i t} - 1) S_0 + E_i} \quad (6)$$

となる。ここで、パラメータ α が変化した場合の S_i^k の値をグラフに表す(図-2)。(ただし、 $0 < t < 15$, $S_0=5.0$, $E_i=30.0$ とする。)

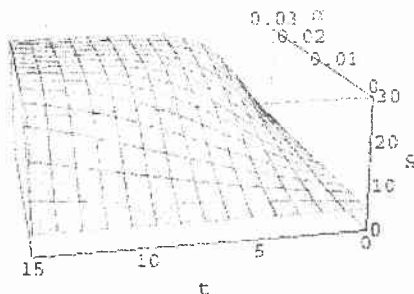


図-2 $0 < \alpha < 0.03$

次に E_i が変化した場合の S_i^k の値をグラフに表す(図-3)。(ただし、 $0 < t < 50$, $S_0=5.0$, $\alpha=0.01$ とする。) $E_i < 0$ の時 $t \rightarrow \infty$ で $e^{\alpha E_i t} \rightarrow 0$ なので $S_i^k \rightarrow 0$ となり、図-3からも $S_i^k \geq 0$ であることがわかる。

以上から $S_0 > 0$ であるなら、他の変数の正負によらず常

に $N \geq n_i$ であることがわかる。

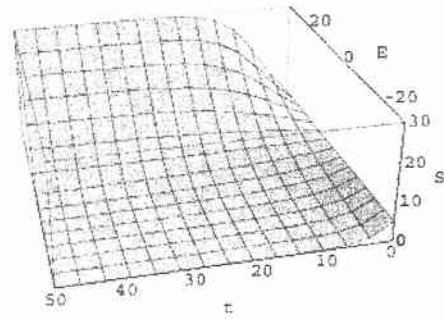


図-3 $-30.0 < E_i < 30.0$

4. 結論

以上から、都市の機能が衰退しても、それにより基礎人口限界を都市の活動を含めた人口限界が下回ることは無いことがわかる。都市の活動の発現による都市の人口限界の増分が存在する場合には、増分の減少に伴い都市の人口減少を記述できるが、人口が基礎人口限界より少ない場合、基礎人口限界に漸近するまで増加し続ける。

しかし、モデルの挙動とは違い、現在の実際の生活様式を考えると都市の機能が無い状態、つまり自給自足に近い状態では地域の人口が増加するとは考えにくい。

ある時点まで人口減少が進むと、もはや成長関数は支配的ではなくなり、生存関数に支配されるものと考えられる。

5. 今後の課題

P.Allen の自己組織化モデルは中心地理論を動学的に表現したモデルであり、都市の消滅・生成は考慮されていない。都市が成長してきた過去から衰退が始まっている現在、そして人口の集中と過疎に 2 極化するであろう将来を予測するために、都市が成長から衰退へ転換する要因を取り入れたモデルへの修正が必要となる。

加えて、過疎地の人口問題として、都市の衰退による生産人口の流出による人口減少、ならびに急速な高齢化が挙げられる。そのため、人口の変化だけでなく、人口構成比の変化を記述できるモデルの内生化が必要である。

参考文献

- 1) 山口宗吾、宮田譲、山村悦夫：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 平成元年度、pp.475-480、1988.
- 2) P.M.Allen and M.Sanglier : A Dynamic Model of Growth in a Central Place System, Geographical Analysis Vol.11, pp.256-272, 1979.
- 3) P.M.Allen and M.Sanglier : A Dynamic Model of Central Place System- II , Geographic Analysis Vol.13, pp.149-164, 1981.
- 4) 宮田譲：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 平成元年度、pp.469-474、1998.
- 5) R.ハバーマン：生態系の微分方程式、現代数学社、1992.