

# 高速道路無料化がもたらす人口移動に関する研究

Study on a straw effects by the free charge of express way

室蘭工業大学工学部建設システム工学科 ○学生員 村井 博 (Hiroshi Murai)  
 室蘭市役所 正員 塚田 建人 (Tatehito Tsukada)  
 室蘭工業大学工学部建築社会基盤系学科 フェロー 田村 亨 (Tohru Tamura)

## 1. はじめに

我が国は 2005 年に戦後初めての人口減少を迎え、2007 年には自然減少となり、本格的な人口減少の時代を迎えている。人口減少は今後加速していく見通しで、合わせて道内では札幌圏と地方都市の人口格差も拡大している。札幌やその近郊都市で人口が増加した一方、釧路や室蘭といった地方都市の人口流出が著しく、現在札幌都市圏には北海道全体の 40%以上の人口が集中している。

北海道は広域分散型社会と言われており、高速道路による面的連携を考慮して社会基盤整備が行われてきた。しかしながら、それが結果として時間距離的に地域間を近接させ、今日の一極集中現象を引き起こしたといえる。

このような状況の下、高速道路無料化についての議論が高まっている。物流コストの低下などの効果が見込まれる一方で、ストロー効果により地方を疲弊させるといった懸念もある。このため、高速道路無料化実施の際には、その正負の効果についての予測・評価を十分に行い、対策を講じつつ慎重に進めていく必要がある。

なお、過去の研究<sup>1)</sup>では、空間相互作用を取り込んだ都市成長モデルである P.Allen のモデルを基に、北海道横断自動車道がもたらすストロー効果について 14 支庁単位の人口推移予測を行っている。

そこで本研究では、P.Allen のモデルを基に高速道路無料化が実現した場合の北海道の人口推移についてシミュレーションを行い、これにより高速道路無料開放がもたらす影響について予測することを目的とする。

## 2. 問題の所在

### 2.1 北海道の人口動態

北海道総人口の推移を住民基本台帳の 3 月末の値で見ると、平成 10 年に 569 万人で最多となった後減少に転じ、平成 21 年 3 月末時点では 554 万人と、約 10 年で 15 万人減少している。全国と比べて、概ね 7 年早く減少に転じたことになる。国立社会保障・人口問題研究所による将来推計の減少率を見ても、北海道は 2035 年時点で 5.8%の減少であり、全国平均の 3.9%を上回っている。

北海道内においては、札幌圏への人口集中が著しい。支庁別に人口推移を見ると、石狩支庁が大幅に人口を増加させているのに対し、石狩以外の支庁は全て減少している (図-1)。

以上のことから、今後道内の地方都市の人口減少は加速していくものと予想され、更に過疎化が進行し医療等の都市機能維持が困難となれば、住民生活への影響は甚大となる。地域ごとに適切な施策を実施するためには、

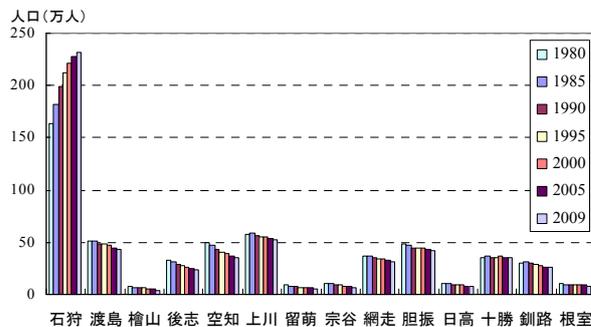


図-1 14 支庁別人口推移

人口減少量の予測とともに、道路整備によるストロー効果など、その要因についても把握する必要がある。

### 2.2 道路事情の変化

北海道においては、増大する自動車交通需要に対応するため、昭和 50 年代から都市部のバイパス化、山間部の不通区間の解消などの道路整備が進められてきた。現在、北海道内の一般国道舗装率は 99.9%、改良率は 100%で、道道の舗装率、改良率も 90%を超えるに至っている。また、並行して高規格道路の整備も進んでおり、これにより市町村間の移動に要する所要時間が年々短縮され、住民の広域的な移動の利便性はここ数十年で格段に向上している (表-1)。

しかし、一般に高規格道路の開通はストロー効果を伴う可能性があると言われる。高規格道路のみに限らず、道路整備により地域間の時間距離が短縮されることは、交通行動範囲が拡大することを意味し、地方部の住民にとっては、都市機能の充実した都市圏へアクセスしやすい環境が作られていくことになる。通勤・通学や購買行動等の広域化が進行するにつれ、地域の中心都市に対する需要が高まり、更に都市機能が拡充される。このような循環作用が人口集中の要因となる。

高速道路が無料で利用可能となった場合、利用に関するコストを無視することができ、都市間の移動に関する関係は大きく変化する。北海道においては、高速道路が未整備の地域もあり、その効果は地域間ごとに異なることが予想される。本研究では、この地域別に現れる効果と、2011 年全線開通予定の北海道横断自動車道 (札幌一帯広間) がもたらす影響に着目点を置き、研究を進める。

表-1 札幌市からの所要時間

	1968年	2009年	短縮時間
函館市	5.7時間	4.4時間	1.3時間
稚内市	8.0時間	5.3時間	2.7時間
網走市	7.8時間	5.3時間	2.5時間
根室市	10.5時間	8.0時間	2.5時間

### 3. 都市の自己組織化モデル

地域と地域内の都市の成長は、都市全体の成長と、社会移動に代表される都市間の関係によって決定される。また、地域の成長により都市間の社会移動に変化が生じる。こうした都市の相互関係を考慮し、本研究では、自己組織化モデルの採用が適当であると判断した。

#### 3.1 P.Allen モデル

本研究では、P.Allen の自己組織化モデルを採用した。このモデルの最大の特徴は、多地域の動学モデルでありながらモデル構造が簡単なことである。都市機能と都市間距離の空間的变化が都市の雇用量に影響を与え、これが人口の社会増減を生む、という構造となっており、時間距離や交通コストの変化によるモデルへの影響を評価しやすい。その構造は以下のように表現される。

$$\frac{dx_i}{dt} = bx_i \left( J_i^0 + \sum_{k=1}^4 J_i^k - x_i \right) - m_i x_i + \tau \left\{ \sum_{i \neq j} x_j^2 \exp(-\beta d_{ij}) - x_i^2 \sum_{i \neq j} \exp(-\beta d_{ij}) \right\} \quad (1)$$

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

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

$$D_i^k = \sum_{j=1}^n \frac{x_j \varepsilon^k}{(P_i^k + \phi^k d_{ij})^e} \cdot \frac{A_{ij}^k}{\sum_{r=1}^n A_{ij}^k} \quad (4)$$

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

$t$ : 時間変数

$x_i$ :  $i$ 都市人口

$b_i$ : 出生および転入による人口増加を表すパラメータ

$m_i$ : 死亡および転入による人口減少を表すパラメータ

$J_i^0$ :  $i$ 都市基礎雇用可能量

$d_{ij}$ :  $i, j$ 都市間時間距離

$x_k^{th}$ : 都市機能 $k$ を持つための人口閾値

$J_i^k$ :  $i$ 都市の都市機能 $k$ による雇用可能量

$M_i^k$ :  $i$ 都市の都市機能 $k$ に対する潜在需要に対応する雇用需要量

$D_i^k$ :  $i$ 都市の都市機能 $k$ に対する潜在需要

$A_{ij}^k$ :  $j$ 都市から見た $i$ 都市の都市機能 $k$ の魅力度

$P_i^k$ :  $i$ 都市の都市機能サービス $k$ の価値

$\varepsilon^k$ : 人口1人あたりの都市機能サービス $k$ の需要量

$\phi^k$ :  $i, j$ 都市間の距離に関する交通コスト

$\lambda^k$ :  $i$ 都市への都市機能サービス $k$ の単位需要量に対応する都市機能 $k$ への潜在雇用量

$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \rho^k$ : パラメータ

人口が与えられると、都市の魅力度が算出され、都市機能を形成する((5)式)。そしてその都市機能に対する需要が発生し((4)式)、雇用が誘発され((3)式)、雇用量的変化が起こる((2)式)。雇用量的変化は都市の人口の変化(自然増減・地域間移動)を引き起こす((1)式)。P.Allen のモデルはこのプロセスを繰り返すことにより、多地域間の人口動態をシミュレートしているモデルであると解釈できる(図-2)。

都市機能 $k$ については、 $k=1,2,3,4$ で低次から高次の都市機能を表し、都市人口が人口閾値 $x_k^{th}$ 以下のときは( $k-1$ )番目までの都市機能しか持たず、人口閾値 $x_k^{th}$ を超えたとき新たに $k$ 番目の都市機能が整備されるものとして、不連続的に発現するようモデルに組み込まれている。

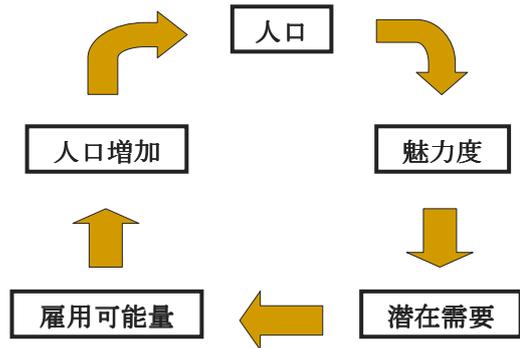


図-2 P.Allen モデルの構造

#### 3.2 中心都市一極集中に対応したモデルの改良

既存のP.Allenモデルの(1)式第3項は、人口圧力と距離から人口の社会移動を算出するものであるが、式の構造上、人口が多い都市からは常に人口が流出し、少ない都市には常に人口が流入するようにできている。しかし、現実には北海道最大の人口密度を持つ札幌市であっても集積の不経済による人口流出は発生しておらず、これまで人口は増加し続けてきた。

過去の研究<sup>2)</sup>では、この点を改善し、より現実に即した挙動を示すモデルを構築すべく、(1)式に改良を加えている。本研究においてもこの改良された式を採用した。改良後の式は次のとおりである。

$$\frac{dx_i}{dt} = bx_i \left( J_i^0 + \sum_{k=1}^4 J_i^k - x_i \right) - m_i x_i + \tau \left\{ x_i^2 \sum_{i \neq j} \exp(-\beta d_{ij}) - \sum_{i \neq j} x_j^2 \exp(-\beta d_{ij}) \right\} \quad (1')$$

なお、高速道路無料化による交通コストの減少に関しても式に改良を加えるが、便宜上5.1節にて説明する。

### 4. 人口推移の再現

改良した式を用いて1980年から2010年までの北海道の人口を5年おきに再現し、モデルの有効性を確認した。

#### 4.1 モデル適用の前提

本研究では、分析の単位を14支庁とする。これによりP.Allenモデルの特徴である簡便性を損なわず、地域間で発生するスロー効果の有無を検討できる。

都市機能 $k$ が発現する人口閾値は10万人、30万人、50万人、100万人の4段階で設定し、支庁間の時間距離は高規格道路整備前の状況も考慮し、5年毎に設定した。

パラメータは過去の研究<sup>1)</sup>において、1989年頃の日高自動車道整備がもたらしたと考えられる人口のストロー効果(図-3)を基に、仮想数値シミュレーションを行い、パラメータ変化に対するモデルの変化を調べたのち、パラメータを繰り返し計算で求めたものを用いる。その結果得られたパラメータ値は以下のとおりである。

$$\begin{aligned}
 b_i &= 0.003 & m_i &= 0.006 \\
 \alpha &= 0.028 & \beta &= 2.3 & \gamma &= 1.1 \\
 \delta &= 10 & \tau &= 1 & P_i^k &= 1 \\
 \varepsilon^1 &= 0.25 & \varepsilon^2 &= 0.15 & \varepsilon^3 &= 0.1 & \varepsilon^4 &= 0.01 \\
 \rho^1 &= 1 & \rho^2 &= 0.2 & \rho^3 &= 0.1 & \rho^4 &= 0.01 \\
 \phi^1 &= 1 & \phi^2 &= 0.15 & \phi^3 &= 0.1 & \phi^4 &= 0.01 \\
 I &= 10 & e &= 1
 \end{aligned}$$

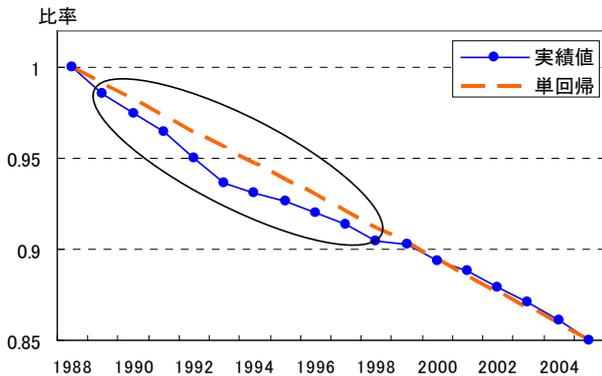


図-3 日高支庁における人口の伸び率

#### 4.2 再現結果

以上の条件でモデルを適用し、人口を再現した。北海道全体の再現結果を図-4に示す。

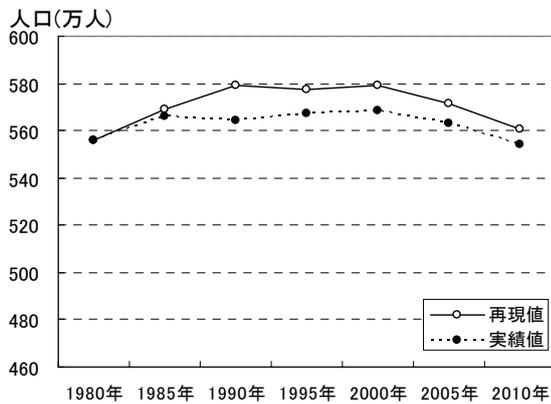


図-4 北海道全体の人口の再現値

1990年において20万人弱の誤差を生じてはいるものの、全体的な人口動態としては概ね良好な挙動を示しているといえる。支庁別に見ても、全ての支庁で増減の逆転が起こっている箇所はない。また、1995年に十勝清水IC-池田IC、1999年に千歳恵庭JCT-夕張ICが開通しており、その後根室支庁と釧路支庁の減少幅が増大したといった変化も見られた(図-5)。

以上から、人口増減の精度に関する課題は残したものの、支庁ごとの人口増減傾向や、時間距離の変化に対する挙動は有効性が確認できた。

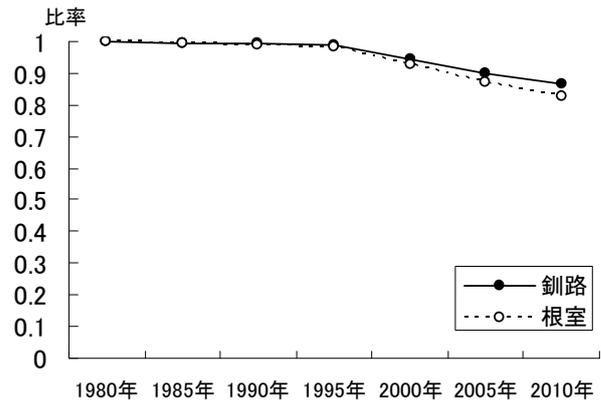


図-5 1980年の人口を1とした場合の人口推移

#### 5. 人口推移のシミュレーション

2010年から2040年の人口推移について、現状の高速道路有料時と、無料時の2通りのシミュレーションを行い、両者の差異を比較する。

##### 5.1 高速道路無料化に対応したモデルの改良

P.Allenのモデルにおける人口の変動は都市の魅力度に対応する自然増減と、各都市の空間的關係による社会移動からなる。この内、都市の魅力度を決定する要因は人口、都市機能サービスの価格、移動に伴うコストの3つであり、交通コストの低減は魅力度の評価値を向上させる。

高速道路が無料化された場合、前述のとおり現在の北海道の高規格道路整備状況を鑑みれば、その影響は地域ごとに差が生じるものと予想される。そこで本研究では、自動車での移動に伴う交通コストを燃料費と高速道路利用料金の2つに分け、後者を無視した場合の交通コストの減少割合を算出することで、支庁間ごとの交通コストに変化を与え、無料時の分析を進めることとした。このため、(4)式、(5)式を以下のように改良した。

$$D_i^k = \sum_{j=1}^n \frac{x_j \varepsilon^k}{(P_i^k + c_{ij} \phi^k d_{ij})^e} \cdot \frac{A_{ij}^k}{\sum_{r=1}^n A_{rj}^k} \quad (4')$$

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

$c_{ij}$ :  $i, j$  都市間の交通コスト減少率

交通コスト減少割合は、燃料費のみで算出した交通コストを、高速道路利用料金も含めたコストで除して求めた。本来燃料費は走行速度によって変化し、高速道路利用料金は通減料金であるが、両者とも距離に比例するものと仮定し、ガソリン乗用車の10・15モード燃費平均値の推移や、小売物価統計調査の値、高速道路利用料金表を参考に、燃料費は8円/km、高速道路利用料金は30円/kmとして設定した。なお、日高自動車道等の無料で利用可能な高規格道路は対象外として計算している。

計算結果の一部を表-2 に示す。経路のほぼ全てで高速道路を利用可能な石狩-胆振間では、利用可能区間の短い網走-留萌間よりも減少率が高い。高速道路の利用がない釧路-根室間では交通コストの変化はない。以上より地域間による交通コスト減少の違いを表現できた。

表-2 都市間交通コスト減少率  $c_{ij}$  の計算値

	有料時(円)	無料時(円)	比( $c_{ij}$ )
石狩-胆振	4,790	1,040	0.217
網走-留萌	3,938	2,408	0.611
釧路-根室	992	992	1.000

### 5.2 シミュレーション結果

現在、北海道の高規格道路整備状況は図-6 に示すとおりである。本研究では、2010年に夕張-トマム間、2015年に落部-七飯間、2020年に士別-剣淵-名寄間、上川天幕-遠軽間が供用されるものとし、改良したP.Allenモデルを用い高速道路料金が無料化された場合と、無料化されない場合の2040年までの人口を予測した。

高速道路利用料金が有料の場合と無料の場合についての推計結果を図-7 に示す。



図-6 高規格道路網と1時間圏

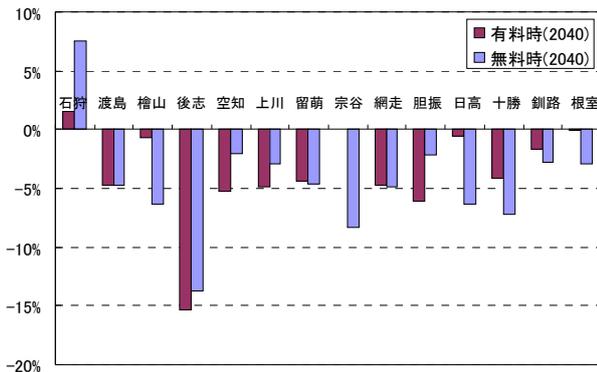


図-7 14支庁別人口増減率(2010年~2040年)

まず、人口増加を示したのは石狩支庁のみで、無料時の方が人口増加率は大きくなっている。石狩支庁周辺で、1時間圏(図-6)にあたる後志・空知・胆振支庁において、後志が極端な人口減少を示した理由については明示できないが、3支庁とも無料時の方が人口は安定する傾向にある。石狩支庁から2時間圏を超える支庁について

は、初期人口が大きい上川支庁が安定傾向を示したのを除いて、全て無料時の方が減少率が高い。特に、根室・檜山・宗谷・日高といった初期人口の小さい支庁は、無料化後における減少率の増大が顕著である。

十勝支庁の例を図-8 に示す。十勝支庁では、石狩支庁がより大きな人口増加を示していることから、交通コストの低減によりストロー効果が発生していることが分かる。また、有料、無料の如何を問わず十勝支庁は釧路支庁や根室支庁と比べて大きな減少傾向を示している。これは北海道横断自動車道開通による時間距離の短縮率の違いによるものとの推測ができる。

なお、北海道全体の人口は有料の場合 2040年までの30年間で約13万人減少し541.6万人、無料の場合約2万人増加し556.5万人となった。どちらも概ね横這いの傾向にあり、この点について課題を残した。

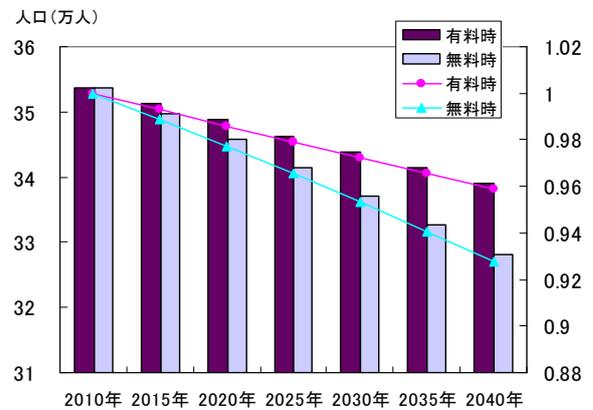


図-8 十勝支庁の人口予測

### 6. おわりに

本研究は、高規格道路整備と高速道路無料化がもたらすストロー効果を計量経済モデルにより検証したものであり、その成果を以下にまとめる。

- 1) 高速道路無料化により、札幌都市圏から2時間圏を超える地域においては人口減少が加速すること、札幌都市圏周辺地域の人口は安定傾向で推移することが確認された
- 2) 十勝支庁は北海道横断自動車道開通の影響を強く受けること、無料化によりその影響がより強力となることを確認した

今後の研究課題としては、以下の事項が考えられる。

- 1) 人口減少期という社会条件に対応したモデルの作成
- 2) 人口減少が進む地域に対し、人口誘導をもたらす施策の導入が可能なモデルの構築
- 3) 高速道路無料化により発生する、自動車交通以外の変化も考慮した地域変容のモデリング

### 参考文献

- 1) 塚崎宗司：北海道横断自動車道がもたらす人口のストロー効果に関する研究、室蘭工業大学卒業論文、1999.
- 2) 塚田建人：人口減少下における地域変容の動学化、室蘭工業大学修士学位論文、2002.