

単一中心都市における人口減少と交通量変化： 敷地規模可変・固定ケースの比較

米本 清¹

¹正会員 高崎経済大学准教授 地域政策学部（〒370-0801 群馬県高崎市上並榎町1300番地）
E-mail:yonemoto@tcue.ac.jp

本研究は、Alonso型の単一中心都市において人口減少が生じた場合に、各地点で交通量がどのように変化するかを理論的に考察するものである。通常仮定される敷地規模が可変の場合に加え、敷地規模が変化しない場合についても検証する。人口減少のみが起きる場合、敷地規模が可変の場合は全地点で交通量が減少するが、固定的な場合は結果が不定となる。また、人口減少とともに所得の上昇や限界交通費の低下が起きる場合には、両ケースについて中心部で交通量が低下しがちであり、とくに敷地規模が固定の場合は、中心部のみで非連続的に交通量が低下する結果が起こり得る。都市の人口減少は必ずしも都市内全地点の交通量緩和につながるとは限らない。

Key Words : *Commuter Transportation, Population Decline, Durability, Alonso Model*

1. はじめに

わが国の人口は数年前から減少しているが、多くの地方都市においてはもっと以前から人口減少が進み、さまざまな対応に迫られている。都市の人口減少は集積の経済を低下させるなど、衰退を加速させる要素もある反面、交通渋滞の緩和など、一定のポジティブな効果もあるものと考えられる。本研究は、都市の人口減少が各地点の交通量を低下させるかどうかについて、伝統的なAlonso型単一中心都市モデルを応用し、理論的な考察を行うものである。

単一中心都市モデルはvon Thünenのモデルを住民立地に応用したAlonso¹⁾以来、数多くの拡張がなされており、建物の耐久性など都市構造の非可逆性を考慮したモデルには、Fujita²⁾, Amott³⁾, Wheaton⁴⁾, などがある。人口減少や少子高齢化の都市構造への影響に関しては、河野ほか⁵⁾、戸川ほか⁶⁾等のように近年研究が進んでおり、米本・安藤⁷⁾では単一中心モデルを簡略化した2地点モデルを用いて分析を行った。

さらに、Yonemoto⁸⁾では、これらをさらに応用し、人口減少の都市内各地点の交通量への影響を理論的に考察した。本研究は、この研究で取り扱わなかった限界交通費の変化等を考慮し、敷地規模が可変の場合・固定の場合の双方について結果を示すものである。

なお、都市人口減少の交通量への影響は、実際には非

常に複雑なものとなることが予想され、その分析には高度なシミュレーション等が必要となる可能性もあるが、本研究はそれ以前の段階として、広く知られているシンプルな理論モデルを用いることで、基本的な効果の方向性を特徴付けることを目的とする。

以下、第2節においてはモデルの設定を、第3節においては人口減少単独の効果を、第4節では所得上昇や限界交通費低下がある場合の効果を示す。第5節では任意の地点の交通改善について触れる。第6節は結論である。

2. モデル

(1) 基本設定

伝統的なAlonsoモデルの基本設定を踏まえ、以下のようにする。

- 離散的な期間 $t=1, 2, \dots$ を考える。都市は各期において閉鎖的で、 N_t の人口を有す ($N_{t+1} < N_t$)。
- 都市住民は選好・各期の所得 m_t に関して同質であり、全て中心業務地区 (CBD) に通勤する。
- CBDから距離 x の地点には L_x の土地が存在し、農業用地または住宅用地として利用できる。農業地代は r_a である (本研究の大部分においては、 $L_x = L$ すなわち線形都市を仮定する。)
- 住民の効用は合成財の消費量 z と住宅の敷地規模 l に関するコブ=ダグラス関数で表す：

$$u(z, l) = z^\alpha l^\beta \quad (1)$$

・各期における住民の予算制約は以下の通りである。

$$m_t = z + r_{xt}l + \tau_t x \quad (2)$$

ここで、 r_{xt} は当該地点の地代、 τ_t は限界交通費である（本研究では、貯蓄は考えないものとする。）

(2) 一期目の行動

住民は (2) の制約の下で、近視眼的に (1) を最大化するように立地点と各財の消費量を選択する。この解を z_{x1}^* , l_{x1}^* とおく。

地主は不在地主で、住民の付け値が農業地代を上回れば（近視眼的に）土地を転用し貸与する。

(3) 二期目以降の行動

二期目以降に関しては二つの設定を比較する。一つ目は敷地規模が可変的な場合であって、二つ目は固定的な場合である。

a) 敷地規模可変の場合

敷地規模可変の場合、減少した人口以外、すべての条件は一期目と同様になる。すなわち、通常の Alonso モデルにおいて、人口減少の効果を調べる場合の比較静学と同様の分析となる。

b) 敷地規模固定の場合

この場合、既存の住宅地においては l_{x1}^* が固定されたままとする。合成財消費は (2) の残差となり、

$$\tilde{z}_{xt} = m_t - r_{xt} l_{x1}^* - \tau_t x \quad (3)$$

となる。住民は、 l_{x1}^* と (3) から得られる効用 $u(\tilde{z}_{xt}, l_{x1}^*)$

および一期目の都市境界外に新規に住む場合の効用を比較して立地点を決める。なお、既存の住宅地の地主は（農地への再転用ができないため）付け値がゼロ以上であれば土地を貸与する。

(4) 均衡

全住民は同質であるため、各期において同じ効用水準を達成しなければならない：

$$[\bar{u}_t - u_{xt}^*] n_{xt} = 0 \quad (4)$$

全住民が都市内のどこかに居住する：

$$\int_0^\infty n_{xt} dx = N_t \quad (5)$$

一期目および敷地規模が可変的な場合の二期目以降においては、住宅地代が農業地代を超える地点の全ての土地が住宅用に貸し出される：

$$(r_{xt} - r_a)(L_x - n_{xt} l_{xt}^*) = 0 \quad (6)$$

敷地規模が固定的な場合の二期目以降においては、住宅地代が正となる全ての既存住宅に住民が入居する：

$$r_{xt}(n_{xt} l_{xt}^* - n_{xt} l_{xt}^*) = 0,$$

$$r_{xt} = \max\{\psi_{xt}, 0\} \text{ and } (r_{xt} - \psi_{xt}) n_{xt} = 0 \quad (7) \downarrow$$

ここで、 ψ_{xt} は付け値地代で、

$$\psi_{xt} \equiv \frac{m_t - \bar{u}_t \frac{1}{\alpha} l_{x1}^* \frac{\beta}{\alpha} - \tau_t x}{l_{x1}^*} \quad (7)$$

である。さらに、後の分析で用いるため、一戸当たり付け値地代：

$$\Phi_{xt} \equiv \psi_{xt} l_{x1}^* = m_t - \bar{u}_t \frac{1}{\alpha} l_{x1}^* \frac{\beta}{\alpha} - \tau_t x \quad (8)$$

を定義しておく。

3. 人口減少のみの効果

(1) 敷地規模可変の場合

敷地規模可変の場合、地代関数は以下のように求められる。

$$r_{xt} = \gamma_t (m_t - \tau_t x)^{\frac{\alpha+\beta}{\beta}} \quad (9)$$

ここで、 γ_t は正の定数である。さらに、Solow and Vickrey⁹⁾ や Ando and Imabayashi¹⁰⁾ のように、都市が線形である、すなわち $L_x = \bar{L}$ を仮定すると、 γ が陽表的に解け、

$$\gamma_t = m_t^{\frac{\alpha+\beta}{\beta}} \left(\frac{\tau_t}{\bar{L}} N_t + r_a \right) \quad (10)$$

となる。さらに、都市境界は、

$$x_{bt} = \frac{1}{\tau_t} m_t \left[1 - \left(\frac{r_a}{\frac{\tau_t}{\bar{L}} N_t + r_a} \right)^\beta \right] \quad (11)$$

となり、各地点の交通量は、

$$\tilde{N}_{xt} = -\frac{r_a \bar{L}}{\tau_t} + \left(N_t + \frac{r_a \bar{L}}{\tau_t} \right) \left(\frac{m_t - \tau_t x}{m_t} \right)^{\frac{\alpha+\beta}{\beta}} \quad (12)$$

と導出される。本研究では、以降線形都市を仮定する。Yonemoto⁹⁾ が示すように、敷地規模可変の場合（Alonso モデルの比較静学と同様に、）都市人口の減少に応じて、図-1 のように全地点でスムーズに地代・交通

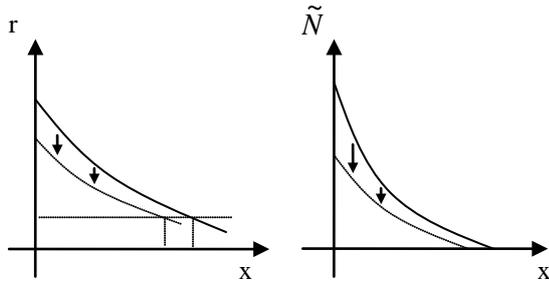


図-1 人口減少（敷地規模可変）

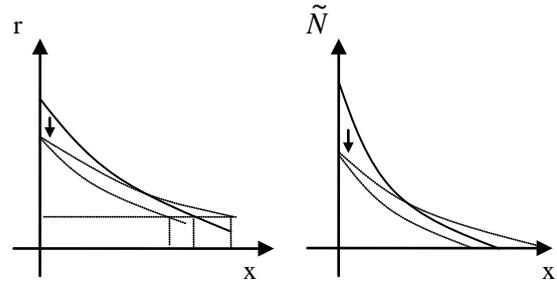


図-2 人口減少と限界交通費低下（敷地規模可変）

量が減少する。交通量の減少は中心部に近いほど大きい。

(2) 敷地規模固定の場合

敷地規模固定の場合は、人口減少が起きますと、必ずどこかで「空き家」が発生する。その地点の住宅地代はゼロとなるから、(8)をゼロとおき、uに関して解くと、

$$u_{xt} = \left(\frac{\beta}{\alpha + \beta} \frac{1}{\gamma_1} \right)^\beta \left(\frac{m_t - \tau_t \hat{x}}{m_1 - \tau_1 \hat{x}} \right)^\alpha \quad (13)$$

となる。m と τ が変化しない場合、(13)は地点を通じて一定となるため、都市内のどの地点に空き家が発生してもおかしくない。また、交通量の変化も不定となる（空き家が生じた地点から内側は、交通量が減少する。）

4. 所得上昇・限界交通費低下が伴う場合の効果

(1) 敷地規模可変の場合

a) 所得上昇

Yonemoto⁸⁾が示すように、敷地規模可変の場合、所得上昇は全地点でスムーズに地代・交通量を増加させる。

b) 限界交通費低下

限界交通費 τ が（全地点で）変化する場合、(10)を考慮しながら(9)を微分すると、

$$\frac{\partial r_{xt}}{\partial \tau_t} = m_t \frac{\alpha + \beta}{\beta} (m_t - \tau_t x)^\alpha \times$$

$$\left[\frac{N_t}{L} (m_t - \tau_t x) - \frac{\alpha + \beta}{\beta} x \left(\frac{N_t}{L} \tau_t + r_a \right) \right] \quad (14)$$

(14)は都市の中心部で正、都市境界付近で負であるから、τの減少時には、地代は中心近くで低下、境界近くで上昇する。また交通量(12)のτに関する偏導関数、τとxに関する交差偏導関数を検討することにより、交通量は全地点で増加し、増加の割合は郊外ほど大きいことが分かる。

c) 人口減少と同時に起きた場合

以上のa)またはb)が人口減少と同時に起きる場合、前

節の結果と混合した効果がみられる。ここでは、とくに人口減少に限界交通費の効果b)が伴う場合について考える。図-2に示すように、地代は中心部近くで下落し、郊外での増減は人口減少と交通費低下のどちらの効果が大きいかによる。交通量の変化も同様で、中心部近くでスムーズに減少し、郊外での増減はケースによる。

(2) 敷地規模固定の場合

a) 所得上昇

所得上昇のみの場合、地代がゼロになることはなく、境界付近を開発した場合の効用を基準として付け値が決定する：

$$\Phi_{xt} = m_t - \tau_t x - \left(\frac{\alpha}{\alpha + \beta} \right) \times \left(\frac{m_t - \tau_t x_b}{m_1 - \tau_1 x_b} \right)^\alpha (m_1 - \tau_1 x) \quad (15)$$

Yonemoto⁸⁾が示すように、(15)は所得が上昇した際に全地点で減少する。また、減少幅は中心部の方が大きい。

b) 限界交通費低下

限界交通費 τ が（全地点で）変化する場合、(15)より、

$$\frac{\partial \Phi_{xt}}{\partial \tau_t} = -x + x_b (m_t - \tau_t x_b)^\beta \times (m_1 - \tau_1 x_b)^{-\frac{\alpha + \beta}{\alpha}} (m_1 - \tau_1 x) \quad (16)$$

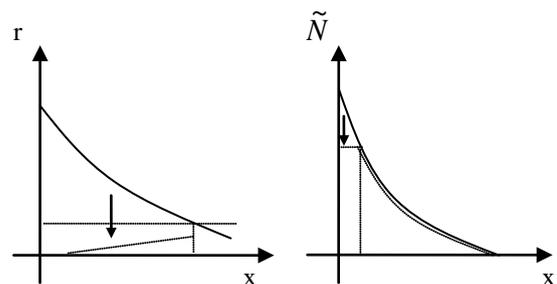


図-3 人口減少と限界交通費低下（敷地規模固定）

となり、 τ の低下に対しては全地点で減少する。

c) 人口減少と同時に起きた場合

a)またはb)が人口減少と同時に起きる場合、とくにb)のケースでは、図-3に示すように、地代は中心部近くでゼロになる。所得効果が大変大きくなり、農地が新規開発されたりしない限りは、交通量は中心部のみで減少し、郊外においては変化しない。

5. 任意の地点の交通改善

前節では全ての地点における交通費低下の効果を検討したが、本研究の発展としては、任意の地点の交通改善の評価などが考えられる。ここでは、その基本的な考え方を紹介したい。

各地点の交通量は(12)式で表され、これに τ を乗じたものがこの地点の通過にかかる総交通費用である。住民の立地が変化しない短期においては、 τ 一単位の変化はちょうど(12)式の値と等しい効果を与える。当然のことながら、この値は中心部に近いほど大きいから、交通改善の効果は中心近くで高くなる。

なお、交通改善の費用も、一般的には中心近くで高いものと考えられる。例として、費用が地代に比例すると考えると、費用便益比率は以下のように(12)を地代で除した値に比例する：

$$\frac{\tilde{N}_{xt}}{r_{xl}} = \frac{(\tau_t N_t + r_a \bar{L}) \left(\frac{m_t - \tau_t x}{m_t} \right)^{\frac{\alpha+\beta}{\beta}} - r_a \bar{L}}{(\tau_t N_t + r_a \bar{L}) \left(\frac{m_t - \tau_t x}{m_t} \right)^{\frac{\alpha+\beta}{\beta}}} \bar{L} \quad (17)$$

(17)は x の減少関数であるから、この仮定の下では、やはり中心近くで改善の効果が高いことになる。また、(17)は N_t の増加関数だから、人口減少によってこの比率は上昇することになる。

6. 結論

本研究では、Alonso型の単一中心都市において人口減少が生じた際、各地点の交通量がどのように変化するかを理論的に考察した。敷地規模可変の場合・固定の場合いずれも、交通量は主として中心部で低下するが、全地点で低下するとは限らない。敷地規模固定の場合、変化は非連続的になりがちである。また最後に、便益評価の方向性に関して触れた。この研究の拡張としては、予見の導入、交通用地の陽表的な考慮、混雑の考慮、住民の異質性の導入、再開発のモデル化、などが挙げられる。

参考文献

- 1) Alonso, W., 1964. Location and Land Use. Cambridge MA: Harvard University Press.
- 2) Fujita, M., 1976. Spatial Patterns of Urban Growth: Optimal and Market. Journal of Urban Economics 3, 209-241.
- 3) Arnott, R. J., 1980. A Simple Urban Growth Model with Durable Housing.
- 4) Wheaton, W. C., 1982. Urban Residential Growth under Perfect Foresight. Journal of Urban Economics 12, 1-21.
- 5) 河野 達仁・小徳 利章・織田澤 利守：人口動態変化が若年層と高齢層の都市内居住分布と厚生に与える影響に関する理論分析，土木学会論文集D, Vol. 63, No. 2, pp.242-254, 2007.
- 6) 戸川卓哉・清水一大・林良嗣・加藤博和：人口減少・少子高齢化に伴う都市部の空き家増加の予測，土木計画学研究講演集, Vol.35(CD-ROM), 2007.
- 7) 米本清・安藤朝夫：人口減少下の世代別立地選択と都市構造：既存都市に何が起きるか？，土木計画学研究・講演集, Vol. 37, 2008.
- 8) Yonemoto, K., 2015. Population Decline, Durability and Traffic Volume, a presented paper at the Fifth Asian Seminar in Regional Science, Harbin.
- 9) Solow, R. M., and W. S. Vickrey, 1971, Land Use in a Long Narrow City, Journal of Economic Theory 3, 430-447.
- 10) 安藤朝夫・今林頭二：交通条件変化と都市形態：ストックの耐久性を考慮した次善問題，土木計画学研究・論文集 5, 179-186, 1987.

(?????.?? 受付)

POPULATION DECLINE AND THE CHANGE IN TRAFFIC VOLUME IN A MONOCENTRIC CITY: VARIABLE AND FIXED LOT SIZE CASES

Kiyoshi YONEMOTO

This study investigates the change in traffic volume in each location of a monocentric city when the city population declines (and income increases or marginal transportation cost decreases,) using an Alonso-type framework. If lot sizes are flexible, traffic volume smoothly decreases in central location. If they are fixed, discontinuous change is to be seen. In both cases, population decline does not always reduce traffic volume in all locations.