１次元市場における企業の立地と撤退の空間分析*

Spatial Analysis of Firm Location and Delocation in a Linear Market*

安藤朝夫**
By Asao ANDO**

1. はじめに

少子高齢化は第一義的には世代間の分配上の不均衡を引き起こすが，結果として生じる人口減少は既存の財やサービスの供給体制の維持を不可能にする。1つの解決策は，狭い地域に人口を集中させて一定の人口密度を維持することだが，短期的には不可能に近く，実際には供給地点数の削減，或いは価格の上昇が不可欠となる。たとえば郵政事業の民営化に際して，全国2万局余の直営郵便局数は維持されたものの，集配局数は4696から3618へ23%，うち時間外窓口を持つ局は1088へ77%の削減となり，サービス水準低下が懸念される(2006年6月のプレス発表)。本研究は簡単な立地論の枠組みを用いて，人口が減少する場合の財・サービスの供給体制のあり方を論じようとするものである。

立地論のモデルは，対象を 1 次元空間に限定しても，企業立地が分権的か集権的か，立地競争か価格競争か，需要が弾力的か非弾力的か，人口が移動可能か不可能か，空間が有界か非有界か等，少なくとも 5 つの軸で分類が可能であり，これだけで 32 通りの枠組みを得るが，基本的には与えられた人口分布の下で，生産・供給拠点の静学的な空間立地を論じるものである。しかし人口減少下では，拠点の再配置や撤退を含む「逆立地モデル」が必要となる。すなわち既存拠点の維持は不可能となるが，拠点設置の固定費用が無視できない場合には，新しい人口分布に応じて拠点を再配置することは合理性を欠く。郵便局のようなユニバーサル型サービスでは，すべての地点で等しいサービス水準を保証する必要があるが，既存拠点の集約化を図る場合には，サービスや価格の空間的偏りは避けられない。

本稿では，有界の線分上に人口が均等に分布し，かつ財需要が非弾力的である場合について，個別企業が分権的・空間独占的に行動する場合の拠点数と立地を求め，人口が減少する場合の結果と比較する。人口が減少する場合に，均等分布の条件を維持したままで既存拠点の存廃を選択的に決定する場合(セカンドベスト)には，サービス水準の空間分布と，その偏りを是正するための補助金政策が重要となるが，本稿では拠点の再配置が可能となるファーストベストの性質について検討する。

2. 基本モデル

本稿で用いる基本仮定は以下の通りである。

a) 固定された人口Nが長さ2ℓの単位幅の線分上に均等に分布している。(閉じた有界な地域)

b) 企業数nは内生だが，その限界生産費cは有界であり，固定費用Fがある。

c) 家計は一定の所得Wを持ち，価格＋輸送費が最も安い供給者から購入する。

d) 初期状態では企業の参入・退出は自由で，空間独占的競争を行う。

e) 企業数nが整数でなければならないことから，企業利潤πは完全にはゼロに一致しないが，利潤と地代収入の再分配は考慮しない。

線分上の企業の立地に関する古典的モデルとしては，Hotelling[1]が有名であるが，需要が非弾力で企業数が 2 の場合以外では安定的な解が得られないので，Lösch 型の空間需要モデル [2]が現実的である。しかしその場合も，問題とする財以外，特に土地とレントの問題の考慮が必要である。ただし人口の均等分布を前提としているから，人口密度は$N/2\ell$，1 人当たりの面積は$s=2\ell/N$となる。いま効用関数が，単純な Cobb-Douglas 関数：$U=z^{\alpha}s^{\beta}$で与えられるとすれば，zが一定であることが効用均等化の条件となることは自明だから，2 財の世界で弾力的な財需要を考えるためには，人口の均等分布を仮定できないことに注意する必要がある。本稿では，(空間に関して)非弾力的な財需要を考えるが，この場合，zを効用水準と同一視することができる。

企業が空間独占的に競争する場合，Lösch のモデルと同様に，利潤$\pi \geq 0$となる範囲で最大の企業数(densest packing)が実現するはずである。企業の供給半径を$\bar{r}$とし，簡単のためにℓが$2\bar{r}$の整数倍であると仮定しよう。全て企業は同じ技術構造を持つから，すべての企業の供給半径$\bar{r}$と f.o.b.価格pは等しい。供給

*キーワーズ：計画基礎論，産業立地，人口分布

**正員，Ph.D.，東北大学大学院情報科学研究科
(仙台市青葉区荒巻字青葉6-3，ando@mb.is.tohoku.ac.jp)

点を x，限界輸送費を m とすると地点 r の付け値地代は，

$$\Psi(r,z)=\frac{W-(p+m|r-x|)z}{2\ell/N} \tag{1}$$

と書けるから，$\bar{r}$ は(1)式を 0 とおいて，

$$\bar{r}=(W-pz)/mz \tag{2}$$

である。企業利潤はゼロでなければならないから，

$$\pi=2\bar{r}(p-c)(N/2\ell)z-F=0 \tag{3}$$

これに(2)式を代入すると，p に関する 2 次方程式

$$zp^2-(W+cz)p+(Wc+(m\ell/N)F)=0 \tag{4}$$

を得るから，これを解けば

$$p=\frac{W+cz\pm\sqrt{(W+cz)^2-4z(Wc+(m\ell/N)F)}}{2z} \tag{5}$$

$$\bar{r}=\frac{W-cz\mp\sqrt{(W+cz)^2-4z(Wc+(m\ell/N)F)}}{2mz} \tag{6}$$

を得る。この時，$n=2\ell/2\bar{r}=\ell/\bar{r}$ が偶数ならば n=2k として，供給点は $x_{\pm i}=\pm(2i-1)\bar{r}$，奇数ならば n=2k+1 として，$x_0=0, x_{\pm i}=\pm 2i\bar{r}\ (i=1,\ldots,k)$ と表される。

なお(5)式に含まれる複号を下添字で表すと，$p_+>p_-\Leftrightarrow \bar{r}_+<\bar{r}_-$ より，低い価格に付随する供給半径は大きくなることが確かめられるが，特に片方の符号を「不適」とする条件はない。

3. 丁度分割でない市場

一般に n が整数であることは期待できないので，利潤 $\pi\geq 0$ に注意すれば，企業数はガウス記号を用いて $n=[\ell/\bar{r}]$，同様に $k=[n/2]$ と定義すれば，供給半径は $r^*=\ell/n=\ell/2k$ (偶) or $\ell/(2k+1)$ (奇) と書ける。

$r^*\geq\bar{r}$ であるから，丁度分割でない場合には供給範囲の拡大が必要となるが，ここでは 2 つの場合を考える。

① 丁度分割の場合の z を固定し，供給価格 p を下げる。

② 丁度分割の場合の p を固定し，需要量 z を下げる。

その概要を図 1, 2 に各々まとめる。図の上半は輸送費を含んだ配達価格（x_0 の供給範囲では $p+m|r-x_0|$），下半は付け値地代 $\Psi(z,r)$ を示す。

①では新しい供給半径に応じた利潤は，$\pi=(N/n)(p-c)z-F$ と書けるから，$\pi=0$ より供給価格 $p^*=c+(n/N)(F/z)$ となる。ここに $p^*>p$ であるが，これを解析的に示すことは難しい。供給点における付け値地代は $\Psi(z,x_0)<\Psi^*(z,x_0)$ となることは明らかであり，丁度分割の場合と同じ傾きを持つが，市場境界における値は $\Psi^*(z,x_0\pm r^*)>0$ となる。

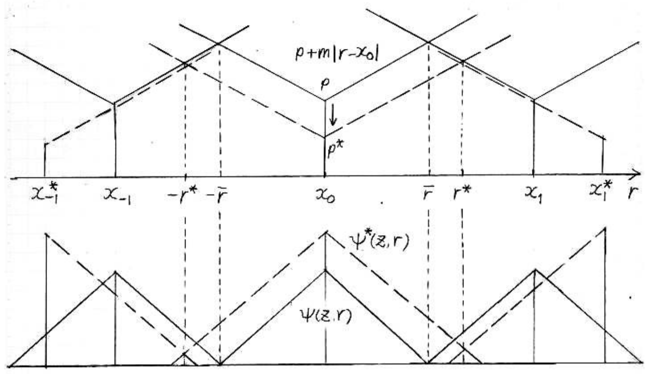

図１　需要量zを固定し供給価格pを下げる場合

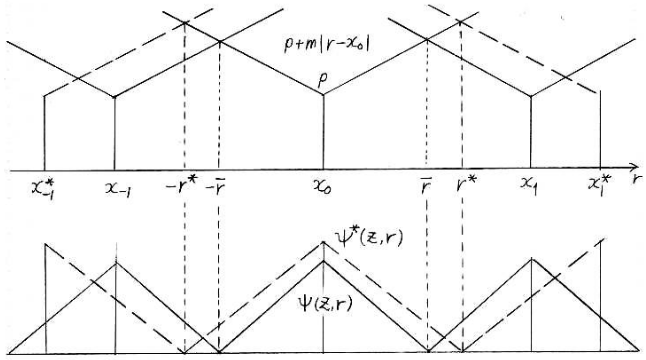

図２　供給価格pを固定し需要量zを下げる場合

②では逆に与えられた p の下で，市場境界における付け値が $\Psi^*(z^*,x_0\pm r^*)=0$ となるように，$z^*<z$ を定めればよい。すなわち $z^*=W/(p+m\ell/n)$ であるが，この時も供給点における付け値地代は上昇するが，付け値曲線の傾きは z の減少の結果，緩やかになる。またこの場合，供給企業の利潤 $\pi^*>0$ となることにも注意が必要である。

4. 人口減少の数値解析

前節で定式化した問題に関して数値解析を試みる。ではこの問題に関して数値解析を行い，ファーストベストの場合の人口減少の影響について検討するが，(5)，(6)式の複号に関しては(+)側を選択した結果を示す。

モデルに含まれる外生変数･パラメータ(以下，単にパラメータと呼ぶ)のうち，線分長 $2\ell=1000$ と効用水準の代理指標である 1 人当たり財需要量 $z=1$ を固定し，他の 5 変数については表 1 に示す各々4 種の代替的な値を用いる。さらに前節の① ②の計算を行うため，全体の計算ケース数は $2\times 4^5=2048$ となる。

しかし全てのケースに解が存在する訳ではない。典型的には，(4)の 2 次方程式の判別式が

表１　パラメータの設定値

所得W	10	20	50	100
総人口N	100	200	500	1000
限界生産費c	1	2	5	10
限界輸送費m	0.1	0.2	0.5	1
固定費F	100	200	500	1000

$$D = (W + cz)^2 - 4z(Wc + (m\ell / N)F) < 0$$

となって実解が得られない場合と，必要とされる固定費用が地域の総所得を上回る場合（$nF > WN$）がある。後者の場合には，$p < 0$ または$\bar{r} < 0$ となって解が意味を持たない。なお丁度分割の結果は，① ②の計算で共通であるから，解が得られるケースは共通であって，表１の設定では各523ケース(51.1%)であるが，Wが小さくFが大きい場合には，解が得られない場合が多くなることは容易に想像できる。

今回の試算では(5)式の(+)側を選択したため，供給半径は小さく，従って企業数の多い解が選択される。実際企業数の度数分布は以下のようであり，固定費用過大という意味で社会的効率が良くない。

表２　企業数の度数分布

～10	～20	～50	～100	～200	～500	500～
29	56	148	124	62	88	16

nの平均値は143.85，従ってr^*の平均値は3.476である。ここで総人口Nが減少が内生変数に与える影響を見るために，上の解のうちNが丁度半分になる組み合わせ(N=200と100，N=1000と500)について，２項確率による統計的比較静学[3]を適用する。

本稿のモデルの内生変数には，①の設定では，$n, p^*, r^*, \Psi^*(0), \Psi^*(z, r^*)$ 等，②の設定では，$n, z^*, r^*, \pi^*, \Psi^*(0)$ 等が挙げられる。たとえば，r^* をパラメータの関数と見れば，

$$r^*(W, N = high, c, m, F) > r^*(W, N = low, c, m, F) \quad (7)$$

となる確率は，Nがr^* と無関係である時に$\rho_0 = 0.5$ となるはずなので，これを帰無仮説として検定が可能である。(7)式の不等号の観測回数を$\hat{f}$，その確率を$\hat{\rho} = \hat{f} / f$ と表せば，

$$\zeta = \frac{\hat{\rho} - \rho_0}{\sqrt{\rho_0 (1 - \rho_0) / f}} \underset{asym}{\sim} N(0,1) \quad (8)$$

が検定統計量を与える。[4]その結果を表３にまとめる。

(7)式のような比較が可能であるためには，Nを除いた残りのパラメータが等しい組み合わせが，両方とも計算可能でなければならない。そのような組み合わせは238組存在したから，計算可能な523ケースのうち47ケースについてはペアが成立しなかったことになる。また全てのケースが計算可能であったとすれば，全部で512ペアになるから，実際に比較可能なケースは全体の半数に満たない(46,5%)ことが分る。

観察数238の場合，(8)式の分母は0.032410となるから，ζ=±15.427は観察された確率が100%であったことを示し，＋はNの変化と内生変数の変化方向が一致すること，－は逆方向であることを示す。N＝highの行にはN＝1000または200の場合の，lowの行にはN＝500または100の場合の当該内生変数の平均値を記載している。たとえば，人口の減少は100%の確率で企業数を減少させ，１企業あたりの供給半径を拡大させる。

①のケースでは，人口減少はほぼ確実に供給価格の引き下げを招くが，生産に関する収穫逓増を考慮すれば，結論が変化する可能性がある。供給点の地代はそれに応じて上昇する確率が高いが，これは供給範囲が拡大に伴う輸送費の増加が，供給点の相対的魅力を高めるためである。図１で見たように，市場境界では正の地代が残るが，その値は人口減少に伴って低下する可能性が高いが，1/4程度は上昇する場合もあることが読み取れる。他方②のケースでは，人口減少は財需要量の減少に通じる可能性が高いが，独占力の強化によって企業利潤は大幅に増加する可能性がある。供給点の地代は確実に増加すると言える。TRRは総地代収入(Total Rent Revenue)であって，人口減少は両方のケースで地代収入を確実に増加させることが読み取れる。

本稿の計算はファーストベストに限定されているた

表３　人口変化の統計分析

	共通		①　z固定のケース				②　p固定のケース			
	n	r^*	p^*	$\Psi^*(z,0)$	$\Psi^*(z,r^*)$	TRR	z^*	π^*	$\Psi^*(z^*,0)$	TRR
N=high	207.66	7.5524	68.323	1.2118	0.19484	508.46	0.9996	4.4176	1.0163	508.16
N=low	101.42	17.785	65.443	1.3408	0.17332	583.72	0.9969	8.9505	1.1609	580.43
ζ値	15.427	-15.427	15.298	-12.705	8.1674	-15.427	11.538	-9.7231	-15.427	-15.427
	100%	100%	99.58%	91.18%	76.47%	100%	87.49%	81.51%	100%	100%

め，当初均等に配置された供給点を取捨選択することによって，空間的な歪みを生じる可能性はない。しかしセカンドベストの状況を考える場合には，②の場合の企業利潤πやTRRの再分配が，歪みの解消に重要な役割を果たすことになる。

５．今後の研究方針

（1）セカンドベスト問題

上の議論から，第一に取り組むべき課題は既存のn個の供給点から人口減少に対応する供給点n^*を選ぶ方法である。固定費用が無視できない場合には，既存の土地利用パターンが新しい状態に適応するには長い時間を要するから，短期的にはファーストベストの状態に移行すると考えることには無理があるからである。

数値計算上は，単純に${}_nC_{n^*}$の組み合わせを総当りして，①についてはΔTRRが最大となる組み合わせを選べばよい。①のケースでは家計の効用z及び企業利潤π＝０は固定されているから，地代収入だけが社会的厚生変化を表すからである。しかし②のケースはもっと複雑であって，TRRの増加に加えて，家計の効用z減少の犠牲の上に企業利潤πが増加するという分配上の問題が生じるからである。しかし金銭評価が可能な$\Delta TRR+(n^*\pi^*-n\pi)$を最大とする組み合わせを選ぶことが有力な案であることには変わりがない。

結果的に供給点の配置は不均等になるので，居住点による価格ないし需要量の不均衡が生じて，家計の効用に不均等が生じることになる。それをたとえば所得補助金の形で補填・平準化することが可能かどうか，その原資として上のΔTRRは十分かどうかを調べることは，ユニバーサル型サービスの維持可能性を検討する上で重要な意味を持つと言える。（むろん地主に対して100%課税する場合は，TRRの全額を原資に回すことも可能であるが，Pareto効率性が保証されなくなるので，windfall taxの形を取るべきであろう。）

（2）弾力的な需要と人口移動

本来のLöschの空間需要は，弾力的な需要$z(\bullet)$を想定している。たとえばxに立地する企業の価格戦略は，

$$\max_p \pi(p,x)=(p-c)Q(p,x)-F \qquad (9)$$
$$s.t.\quad Q(p,x)=\int_{r_-}^{r_+}\frac{z(p+m\,|\,r-x\,|)}{s(r)}dr$$

で与えられる。２節で述べたように，この場合家計の宅地面積$s(r)$も弾力的であり，効用最大化から定まる。

$$\max_{z,s}\quad u(z,s)=z^{\alpha}s^{1-\alpha} \qquad (10)$$
$$s.t.\quad (p+m\,|\,r-x\,|)z+R(r)s=W$$

この場合も簡単のため，企業は土地を使用しないものとする。家計は企業の立地パターンに伴う利便性を考慮して，最初から不均等に立地する。

人口が減少する場合，上と同様に企業は既存拠点を取捨選択するものと考えてよいが，それに対応した家計の扱いは問題となる。土地を使用しない企業は新規立地点に移動できないが，土地を使用する家計は宅地面積を自由に変化させられるという仮定は奇異に感じられるからである。もしも家計についても5)のように宅地面積を変更できず，既存の住宅ストックに住み替えることのみが許容されるとするなら，市場の歪みはより大きなものとなることが予想されるが，逆に企業の撤退した町からは住民も逃げ出してゴーストタウン化するので，社会的費用が節約できる可能性がある。（ユニバーサル型サービスの放棄と集住促進を意味するが，これは国土計画上の重いテーマである。）

(9)式の定式化は企業について，Bertrand-Nash型空間価格競争を前提としている。しかし逆に，与えられた価格pの下で立地点xを選ぶ問題としても解釈可能である。このタイプの問題をCournot-Nash型空間立地競争と呼ぶが，この双方のアプローチを比較する必要がある。しかしpとxを同時決定するような均衡は，不可分性(固定費用)と輸送費がある場合には存在しないこと(空間不可能性定理)が知られている。[6]

参考文献

1）Hotelling, H., Stability in Competition, Economic Journal, vol.39, pp.41-57, 1929.

2) Lösch, A., The Economics of Location, Yale, 1954 (original German edition, G. Fischer, 1940).

3) 安藤朝夫，隣接自治体によるNIMBY施設の個別整備と都市形状，都市計画論文集，no.40-3, pp.151-156, 2005.11.

4) SAS Institute, The FREQ Procedure, SAS/STAT User's Guide, ver.9.1, 2003.

5) 安藤朝夫・今林顕二，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, no.5, pp.179-186, 1987.11.

6) Starrett, D., Market Allocations of Location Choice in a Model with Free Mobility, Journal of Economic Theory, vol.17, pp.21-37, 1978.