

# 交通施設整備が企業の立地選択に与える影響に関する研究\*

## A Study on Effects of Transportation Improvement on Firm's Location Choice\*

黒澤佳代\*\*・内田賢悦\*\*\*・杉木直\*\*\*\*・加賀屋誠一\*\*\*\*\*

By Kayo KUROSAWA\*\*・Ken'etsu UCHIDA\*\*\*・Nao SUGIKI\*\*\*\*・Seiichi KAGAYA\*\*\*\*\*

### 1. はじめに

現在、企業の立地選択に関する研究は、シミュレーションによるものではなく、均衡理論に基づくものが主流となっている。しかし、現実的には考慮されるべき現象でありながら、均衡理論では表現できない要因が多く存在する。例えば、企業間での相互作用や、企業規模の経年的な変化（成長、倒産等）である。実際には、企業は数年後の状況を予測して行動していると考えられるよりも、前年の状況を受けて変化する経済状況および企業規模の推移など、様々な状況の変化を受け、それに応じて行動していると考えられる方が自然である。

一方、交通施設整備と企業の立地選択には密接な関係があると考えられている。多くの場合、どの企業も交通アクセス性の良い立地環境を求め、そのような地域は地価が高いため、立地できる企業は限られると考えられる。しかし、現時点では規模の小さい企業であっても、成長した場合、より良い立地環境を求めて立地地域の変更が起こるものと考えられる。しかしながら、均衡理論ではこうした影響を表現することは困難である。

本研究では、モンテカルロシミュレーションを用いて上記の関係を表現することにより、より現実的な企業の立地選択行動を表現可能な動的モデルの構築を行う。また、簡単な計算例を示し、本研究で提案するモデルの特徴を示す。

### 2. シミュレーションの概要

#### (1) 分析条件

地域設定として、大都市からの距離に応じて地域1、地域2、地域3を想定している。それぞれの地域には、属性

としてアクセス指標、地価、地域内企業数を設定している。また各地域の地価は、アクセス指標と地域内企業数より決定されると仮定する。各地域の効用は、上記のアクセス指標、地価、地域内企業数の関数によって表現されると仮定する。企業の立地選択行動は、効用最大化行動として表現するため、企業の立地選択行動により地域の効用は変化し、その結果は、さらに企業の立地選択行動にも影響を与える。これと併せて企業の成長過程も考慮している。本研究の概念図を図-1に示す。

#### (2) シミュレーションの流れ

企業は業種によって分類され、時点 $t$ における規模、立地地域を属性として有する。各地域は先述したとおり、アクセス指標、地価、地域内企業数によって特徴付けられ、後述する各状況変数を計算し、時点 $t+1$ におけるこれらの指標を更新し、企業の立地選択に関する経年変化を表現する。シミュレーションのフローを図-2に示す。

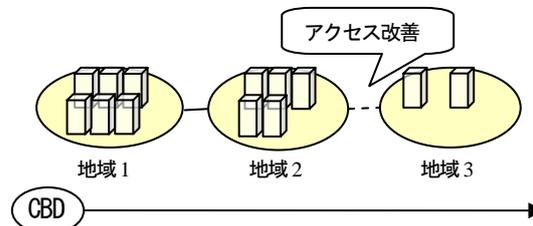


図-1 シミュレーションのイメージ

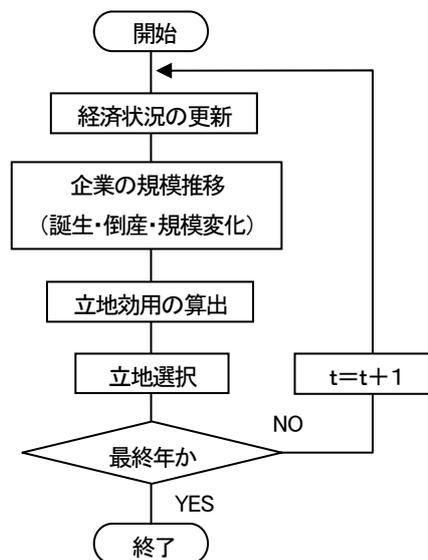


図-2 シミュレーションのフロー

\*キーワード：土地利用、地域計画、都市計画

\*\*学生員、修士課程、北海道大学大学院工学院

(北海道札幌市北区北13条西8丁目 TEL: 011-706-6212、

E-mail: kurosawa@eng.hokudai.ac.jp)

\*\*\*正員、博(工)、北海道大学大学院工学研究科

\*\*\*\*正員、修(工)、株式会社ドーコン

\*\*\*\*\*フェロー、学博、北海道大学大学院工学研究科

### 3. 定式化

#### (1) 記号

$R(|R|)$ : 地域の集合 (数)

$S(|S|)$ : 業種の集合 (数)

$D(|D|)$ : 企業規模の集合 (数)

$g(t)$ : 時点  $t$  の経済状況を示す指標

$\delta g(t)$ : 時点  $t$  の時点  $t-1$  からの経済状況の変化量

$p_u (\geq 0)$ : 経済状況が上昇する平均確率

$\gamma_u (\geq 0), \gamma_d (< 0)$ : 経済状況の上昇係数, 下降係数

$\mathbf{x}^r(t) = (x_1^r(t) \dots x_n^r(t))^T$ : 時点  $t$ 、地域  $r \in R$  に関する属性変数ベクトル

$\boldsymbol{\beta}^s = (\beta_1^s \dots \beta_n^s)^T$ : 業種  $s \in S$  に属する企業の効用関数に関するパラメータベクトル

$u^{r,s}(t) = u(\mathbf{x}^r(t) | \boldsymbol{\beta}^s)$ : 地域  $r \in R$  に立地する業種  $s \in S$  に属する企業の平均効用

$\mathbf{m}_t^s$ : 業種  $s \in S$  に属する企業の  $t$  年目の規模推移確率行列 ( $|D| \times (|D|+2)$ ) であり、その  $i$  行  $j$  列目の要素を  $m_t^s(i, j)$  で表現し、企業規模が  $i$  から  $j$  に推移する平均確率を表わす。

$\mathbf{m}_a^s$ : 業種  $s \in S$  に属する企業に関する規模推移調節確率行列 ( $|D| \times (|D|+2)$ ) であり、経済状況の影響を反映する。その  $i$  行  $j$  列目の要素を  $m_a^s(i, j)$  で表現し、企業規模が  $i$  から  $j$  に推移する平均確率に関する調整項を表わす。

#### (2) 経済状況の推移過程

企業の生産活動に影響を与えるものとして、経済状況が考えられる。そこで、本シミュレーションにおいても、経済状況を毎年更新し、その指標が企業の成長に影響を与えるものと仮定する。経済状況の推移は、式(1)で表現する。

$$g(t) = \begin{cases} g(t-1) + \gamma_u \cdot \varepsilon_u & \text{if } \varepsilon_p < p_u \\ g(t-1) + \gamma_d \cdot \varepsilon_d & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (1)$$

where  $\varepsilon_u, \varepsilon_d, \varepsilon_p \sim \text{Uni}(0,1)$ .

式(1)では、経済状況が上昇するか降下するか、およびそれらの変化率は、定義域が 0 から 1 までの一様乱数 ( $\text{Uni}(0,1)$ ) によって表現されており、経済の上昇確率については、その平均値 ( $p_u (\geq 0)$ ) が外生的に与えられている。

#### (3) 企業規模の推移過程

現実社会において、企業の立地選択は企業規模により異なると推測される。規模の大きな企業は地価が高くてアクセスの良い都心部を選択することができ、規模の

小さい企業はその逆の関係にある。また、規模の小さい企業は大きな企業と比較して規模が成長する確率が高くなることも推測できる。よって、本シミュレーションにおいても、そのメカニズムを取り入れている。

企業規模は数段階で表現し、さらに企業の分裂(誕生)、消滅(倒産)も同時に表現するため、上記以外に誕生および消滅も規模として表現する。

ある企業が分裂に推移した場合、その企業と同じ属性を有する企業が新たに誕生したことを意味する。また、ある企業が消滅に推移した場合、その企業が倒産したことを意味する。規模の推移確率の設定値を表 1-1 に示す。企業が分裂、消滅、あるいは規模の拡大、縮小をする平均確率は、経済状況によって変動するものとする。経済状況が上向きの場合は企業が分裂、規模の拡大をする確率を高め、消滅、規模縮小する確率を低める。経済状況が下向きの場合はその逆の方向にはたらく。業種  $s \in S$  に属する規模  $d \in D$  の企業が翌年に規模  $d' \in D$  に推移する平均確率を式(2)で表現する。

$$m_t^s(d, d') = \frac{m_{t-1}^s(d, d') \cdot (m_a^s(d, d'))^{\delta g(t)}}{\sum_{s' \in S} m_{t-1}^{s'}(d, d') \cdot (m_a^{s'}(d, d'))^{\delta g(t)}} \quad (2)$$

ここで、 $\delta g(t) = g(t) - g(t-1)$  であり、経済状況の変化量を表現している。さらに、業種  $s \in S$  に属する規模  $d \in D$  の企業が翌年に規模  $d' \in D$  に推移する確率を式(3)で与える。

$$M_t^s(d, d') = m_t^s(d, d') + \varepsilon^s \quad (3)$$

where  $\boldsymbol{\varepsilon} = (\varepsilon^1 \dots \varepsilon^{|S|})^T \sim \text{MVN}(\mathbf{0}, \boldsymbol{\Sigma})$ .

ここで  $\text{MVN}(\mathbf{0}, \boldsymbol{\Sigma})$  は、以下に示す平均ベクトル、分散共分散行列 (式(4)) によって表現される多変量正規分布である。

$$\mathbf{0} = (0 \dots 0)^T, \quad \boldsymbol{\Sigma} = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \dots & \sigma_{1,|S|} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{|S|,1} & \dots & \sigma_{|S|}^2 \end{pmatrix}. \quad (4)$$

ここで、業種間の依存関係は、分散共分散行列によって表現される点に注意が必要である。予め規模の推移に関して業種間に相関関係を設定しているため、たとえば、ある業種の企業が成長する場合、その業種と正の相関を持つ業種の企業も成長する傾向があるということが表現可能である。

以上より、業種  $s \in S$  に属する規模  $d \in D$  の企業が翌年に推移する規模  $d^* \in D$  を求める問題は式(5)で与えられる。

$$\text{find } d^* \text{ such that } M_i^s(d, d^*) = \max_{d' \in D} M_i^s(d, d'). \quad (5)$$

(4) 企業の立地選択行動

本研究で扱う地域属性変数は、アクセス指標 ( $x_1^r(t)$ )、地価 ( $x_2^r(t)$ )、地域内企業数 ( $x_3^r(t)$ ) であり、地価は式(6)で与えられるものとする。

$$x_2^r(t) = \alpha_1 \cdot \ln x_1^r(t) + \alpha_2 \cdot \ln x_3^r(t). \quad (6)$$

ここで、 $\alpha_1 (> 0), \alpha_2 (> 0)$  はパラメータであり、アクセス指標、地域内企業数が大きいほど地価は高くなる。

規模  $d \in D$  に属する企業が地域  $r \in R$  に対して感じる平均効用を式(7)で与える。

$$\begin{aligned} u^{r,d}(t) &= (\beta^d)^T \ln \mathbf{x}^r(t) \\ &= \beta_1^d \cdot \ln x_1^r(t) + \beta_2^d \cdot \ln x_2^r(t) + \beta_3^d \cdot \ln x_3^r(t). \end{aligned} \quad (7)$$

ここで、 $\beta_1^d, \beta_3^d (\geq 0), \beta_2^d (< 0)$  はパラメータであり、それらの符号から、アクセス指標・地域内企業数が大きいほど効用は高く、逆に地価が高いほど効用は低くなるということが表現される。

時点  $t$  に地域  $r' \in R$  に立地する業種  $s \in S$  の企業が地域  $r \in R$  に対して感じる効用を式(8)で表現する。

$$U_{r'}^{r,d}(t) = u^{r,d}(t) + du_r + \varepsilon_r, \quad (8)$$

where

$$du_r = \begin{cases} du (> 0) & \text{if } r = r' \\ 0 & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (9)$$

$$\varepsilon_r \sim N(0, \sigma_r^2).$$

ここで  $N(0, \sigma_r^2)$  は、平均 0、分散  $\sigma_r^2$  の正規分布である。一度立地した地域からすぐに他の地域に移動することは考えにくい。式(8)右辺第 2 項は、こうした動きを緩和するために導入しており、移動コストと解釈できる。企業は、効用最大化行動により立地選択を行うことを式(8)は示している。以上より、時点  $t$  に地域  $r' \in R$  に立地する規模  $d \in D$  の企業の立地選択  $r^* \in R$  は、式(10)の通り定式化される。

$$\text{find } r^* \text{ such that } U_{r'}^{r^*,d}(t-1) = \max_{r \in R} U_r^{r^*,d}(t-1) \quad (10)$$

#### 4. 計算例

(1) 設定条件

初期企業数は各業種ともに 100 とする。各パラメータの設定値を以下に示す。

表 - 1 企業規模の推移確率

	分裂	消滅	規模 1	規模 2	規模 3
規模 1	0.10	0.10	0.74	0.05	0.01
規模 2	0.07	0.07	0.05	0.77	0.04
規模 3	0.02	0.02	0.01	0.04	0.91

表 - 2 企業規模の推移調節確率

	分裂	消滅	規模 1	規模 2	規模 3
規模 1	1.10	0.90	0.90	1.10	1.10
規模 2	1.10	0.90	0.90	0.90	1.10
規模 3	1.10	0.90	0.90	0.90	1.10

表 - 3 パラメータ設定 ( $\alpha$ )

アクセス指標	地域内企業数
0.8	0.2

表 - 4 パラメータ設定 ( $\beta$ )

	アクセス指標	地価	地域内企業数
規模 1	0.5	-5.0	0.2
規模 2	0.8	-3.0	0.1
規模 3	1.0	-1.0	0.1

(2) シミュレーション結果

地域 2-地域 3 間に交通施設が整備されない場合(アクセス改善なし)、された場合(アクセス改善あり)の場合の初期設定値をそれぞれ表-5、表-6に、時点  $t=20$  における結果をそれぞれ表-7、表-8に示す。また、結果の値は 50 回試行した平均値である。

表 - 5 アクセス改善なし(初期設定値)

業種	地域	アクセス指標	地価	地域内企業数	規模 1 の企業数	規模 2 の企業数	規模 3 の企業数
1	1	90	4.52	102	17	10	7
	2	20	3.32	99	17	10	6
	3	10	2.76	99	16	10	7
2	1	90	4.52	102	17	10	7
	2	20	3.32	99	17	10	6
	3	10	2.76	99	16	10	7
3	1	90	4.52	102	17	10	7
	2	20	3.32	99	17	10	6
	3	10	2.76	99	16	10	7

表 - 6 アクセス改善あり(初期設定値)

業種	地域	アクセス指標	地価	地域内企業数	規模 1 の企業数	規模 2 の企業数	規模 3 の企業数
1	1	90	4.52	102	17	10	7
	2	40	3.87	99	17	10	6
	3	30	3.64	99	16	10	7
2	1	90	4.52	102	17	10	7
	2	40	3.87	99	17	10	6
	3	30	3.64	99	16	10	7
3	1	90	4.52	102	17	10	7
	2	40	3.87	99	17	10	6
	3	30	3.64	99	16	10	7

表－7 アクセス改善なし (t=20/50 回平均)

業種	地域	アクセス指標	地価	地域内企業数	規模1の企業数	規模2の企業数	規模3の企業数
1	1	90	4.57	126	19	14	12
	2	20	3.34	110	9	11	11
	3	10	2.74	91	13	10	11
2	1	90	4.57	126	21	10	12
	2	20	3.34	110	14	10	19
	3	10	2.74	91	9	2	10
3	1	90	4.57	126	7	15	16
	2	20	3.34	110	20	9	7
	3	10	2.74	91	7	7	22

表－8 アクセス改善あり (t=20/50 回平均)

業種	地域	アクセス指標	地価	地域内企業数	規模1の企業数	規模2の企業数	規模3の企業数
1	1	90	4.53	104	7	10	5
	2	40	3.87	97	14	13	4
	3	30	3.72	149	14	10	14
2	1	90	4.53	104	14	17	10
	2	40	3.87	97	7	10	11
	3	30	3.72	149	28	17	13
3	1	90	4.53	104	18	11	12
	2	40	3.87	97	12	10	16
	3	30	3.72	149	29	5	19

## 5. 考察とまとめ

### (1) 地域別企業数の比較

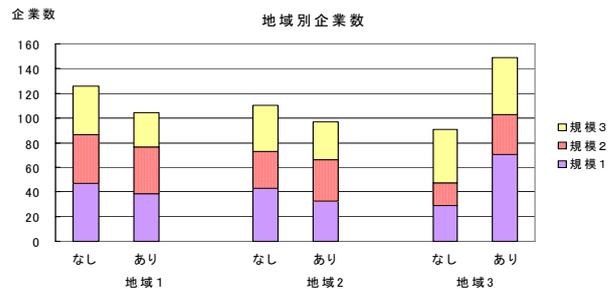
地域別企業数の比較を図-3に示す。アクセス改善ありの場合、地域3に立地する企業数が増えることがわかる。特に、規模1の企業での差異が大きい。これは、規模の小さな企業ほど誕生する確率が大きく、また規模の小さな企業は地価による負荷が大きくなるようパラメータを設定しているため(表-1、表-4)、規模の小さな企業は地価の安い地域を選択することを表現している。

また、規模1、規模2の企業はアクセス改善の影響を受けているが、規模3の企業はほとんど受けていない。これは、アクセス性を重視する大企業にとっては、地域2、地域3のアクセス性が向上しても依然として最もアクセス性の高い地域1を選択したためと考えられる。

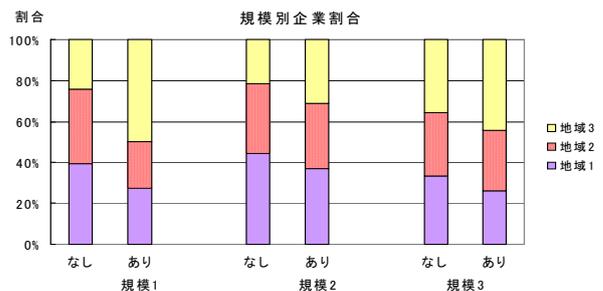
### (2) 規模別企業数の比較

規模別企業割合の比較を図-4に示す。全ての規模の企業において、アクセス改善に伴い、地域1よりも地域3を選択する傾向が強くなるのがわかる。企業数の比較ではあまり差異の見られなかった規模3の企業においても、その傾向が確認できる。

また、規模2、規模3の企業における地域2の選択機会は、アクセス改善の有無に関わらず安定しているが、地域1や地域3の選択機会には差異が見られる。これは、アクセス性を重視する企業があったり、地価を重視する企業があったりと、全てが効用に従い同じ行動をするのではなく、多様な行動の可能性を表現できるシミュレーションの特徴の結果といえる。



図－3 地域別企業数の比較



図－4 規模別企業割合の比較

## 6. おわりに

本研究では、企業の立地選択行動が、何らかの順序に従って行われており、それをシミュレーションにより表現できる可能性を示した。しかし、各地域に対する効用に負の影響を与えるパラメータは地価しか設定されていないなど、パラメータ設定に課題が残されている。現実社会と比較し、より考慮されるべきパラメータを探索していくことが今後必要であると考えられる。

また、本研究では、仮想都市でのシミュレーションに留まっているため、今後、実データを用いてパラメータ推計を行い、その再現性について検討する必要がある。

さらに、従業員の雇用や賃金の関係等から、世帯の行動モデルも加えるなど、より多様な表現が期待できる。

### 参考文献

- 1) S.Kumar and Kara M.Kockelman: Tracking the Size, Location, and Interactions of Businesses 2008
- 2) R.Moeckel : Simulating Firmography 2004
- 3) ILUTE Research Team (Eric. J.Miller, et. al): A LOGIT-BASED LAND ALLOCATION MODEL WITH ENDOGENOUS PRICE SIGNALS
- 4) 武藤慎一ほか：立地変化を考慮した一般均衡モデルによる道路整備の便益評価
- 5) N.Sugiki, et. al. : SPATIO-TEMPORAL AGGREGATION EFFECTS AND PATH-DEPENDENCE IN A LAND-USE MICRO-SIMULATION SYSTEM 2003