

# 災害リスクを考慮した上での企業立地に関する研究

芝浦工業大学デザイン工学部 デザイン工学科 ユーザーエクスペリエンスデザイン研究室  
木村 由理佳 (Kimura Yumika)

## 概要

近年、災害に対するリスクマネジメントに関心が集まっており、災害リスクを考慮した上で本社移転を行うという志向が定着しつつある。よって、本研究では、企業の立地における地震リスクの影響を可視化することを目的とした。具体的には、災害リスクの中の地震リスクのみを扱うものとし、地震リスクを考慮した上での企業の本社立地シミュレーションを行った。そのアプローチとして、①地震リスクと企業の損失費用の関係を定量化、②地震リスクを想定した際の企業移転状況の観察、③今後の1つのケースとして、企業が集積する市町村の予測を行った。

先行研究のモデルに地震リスクという要素を加え、街区の変数に地震に対する安全対策費  $C$ 、地震発生時の利潤減少率  $\alpha$  を加え、企業エージェント（以下、企業  $Agt$ ）の変数に、企業規模  $size$ 、業種に応じた集客力  $\beta$ 、企業の安全対策への意思決定を表す  $cautious$  を加えた。そして、地震が発生した場合（以下、発生モデル）と地震が発生していない場合（以下、安定モデル）の2種類のシミュレーションモデルを作成し、分析を行い、結果を比較した。

①発生モデルにおいて各企業  $Agt$  に  $cautious=0$ （安全対策をしない）もしくは1（安全対策をする）を約半数の割合でランダムに与えた場合では横浜市への移転が減少しており、相模原市、厚木市、平塚市、千葉市、松戸市、柏市、市川市、豊島区などへの移転が増加しているのに対して、②発生モデルにおいて全企業  $Agt$  に  $cautious=0$ （全企業が安全対策をしない）を与えた場合では顕著に横浜市への移転が増加傾向にある。③各企業  $Agt$  に  $cautious=0$  もしくは1を約半数の割合でランダムに与えた場合（以下、③の場合）と④安定モデルにおいて全企業  $Agt$  に  $cautious=0$  を与えた場合（以下、④の場合）の結果を比較すると、③の場合に対し④の場合では、川崎市と港区への移転が増加傾向にある一方で、千代田区への移転は減少傾向にある。

結果として、相模原市、厚木市、平塚市、千葉市、松戸市、柏市、市川市、豊島区が今後主要な企業集積地としてさらに発展していく事が予測できた。一方で、都心5区および本研究で扱った23区の中の練馬区、豊島区、板橋区、北区における企業の集積は今後も続く事が予測できた。

## 1. 背景および目的

中央防災会議は、M7クラスの首都直下型地震が30年以内に起きる確率は70%に上ると予想しており、発生時の最悪のケースとして112兆円という甚大な経済被害が出る可能性を指摘している[1]。その中、2011年度下期には東日本大震災をうけ、耐震性や安全性などBCP(事業継続計画)見直しを主目的とした上場企業の移転が急増した[2]。

加えて、近年、災害に対するリスクマネジメントに関心が集まっており、災害リスクを考慮した上で本社移転を行うという志向は定着しつつある。本研究では、災害リスクの中の地震リスクのみを扱うものとする。具体的には、①地震リスクと企業の損失費用の関係を定量化し、②地震リスクを考慮した上での企業の本社立地シミュレーション

を行う事を目的とする。

## 2. 研究方法

切迫性が高いとされている東京湾北部地震(M7.3)が発生した場合[3]を想定し、東京都心5区(千代田区、中央区、港区、新宿区、渋谷区)、練馬区、豊島区、板橋区、北区及び東京に近接している埼玉、神奈川、千葉の主要市町村における企業の本社立地シミュレーションを行った。実データによると、ほとんどの企業が都心5区に立地している。そのため、企業の移転先候補として1)生産活動を行う上で有利である企業集積性、2)それに付随した人口集積性を得やすいと考えられる都心5区に近接している地域が選ばれることを想定する。また、本研究では、シミュレーションソフト「artisoc academic 3.0」を用いて研究を行った。

## 3. 研究内容

### 3-1 先行研究

高野(2012)の研究[4]では、企業の立地行動を街区での企業エージェント(以下、 $Agt$ )の行動で表現している。企業が立地している各街区はアクセシビリティ、企業集積性、人口集積性、賃貸料、許容量(街区にあつて何社企業が立地出来るかを示した値)を変数として持つ。企業  $Agt$  はそれぞれの街区のパラメータ値を元に、各街区に移転することで街区から得られる利潤を算出し、確率的に最大の利潤が得られる街区へ立地するというモデルである。先行研究では、東京における昼夜間人口差減少のための政策提案を行う事を目的としてモデルが構築された。

また、以下の仮定のもとでシミュレーションを行っている。①企業は利潤を最大化することを目的として生産活動を行っている②都市は閉鎖都市であり、対象地域外に関する移動は扱わない③静学的モデルであり、一時点データを基に立地先を決めている④開発行為は行われない⑤業種毎の差異を考慮した、一人あたりの利益、賃貸料などとして便益を算出している⑥完全なデータが完備できていないため、街区に初期立地企業数+1の許容量を設定している⑦企業集積の地域ごとの変化を確認する為、企業の立地点の一致を再現する事を目的としていない事から、企業の立地選択を確率的に決定する⑧街区単位でシミュレーションを行う⑨対象地域は都心5区としている。これは対象企業の90%がそれら地域に立地しているためなどである。

### 3-2 シミュレーションモデル概要

本研究では、先行研究のモデルに地震リスクという要素を加え、街区の変数に地震に対する安全対策費  $C$ 、地震発生時の利潤減少率  $\alpha$  を加えた。また、企業  $Agt$  の変数に、

表1: 変数一覧

	パラメータ	説明	値
街区 $Agt$	Fa	企業集積度	表5参照
	Pa	人口集積度	表5参照
	Re	賃貸料	表5参照
	$\alpha$	地震発生時の利潤減少率	表5参照
	k	許容量	表5参照
	$\pi$	利潤	計算式により算出
	C	地震に対する安全対策費(円)	5500000
企業 $Agt$	size	企業規模	1, 2, 3
	$\beta$	業種に応じた集客力	1, 2, 3
	cautious	「Cをかける/かけない」の企業の意思決定	0, 1

企業規模 size、業種に応じた集客力  $\beta$ 、企業の安全対策への意思決定を表す cautious を加えた。

また、本研究では、地震が発生した場合（以下、発生モデル）と地震が発生していない場合（以下、安定モデル）の2種類のシミュレーションモデルを作成し、分析を行い、結果を比較した。

先行研究と異なる点を以下に述べる。

- ①都心5区は既に過密状態にあるため、企業の許容量が限界に近いと仮定し、初期立地企業数+1の許容量を初期値として設定する。他の街区に関しては初期立地企業数の2倍で設定する。
- ②地震発生時の各街区の利潤減少率  $\alpha$  を予想地震震度の大きさに比例するように設定する。
- ③企業の利潤減少率は街区の利潤減少率と安全維持費への投資の有無から決まる。
- ④安全維持費への投資を行った企業は地震発生時の利潤の減少の割合が半分になる。

### 3-3 企業利潤算出式

企業利潤=(街区1㎡あたりから得られる利潤)-(街区1㎡あたりにかかる費用)で表現している。

発生モデル:  $\pi = (Fa \times \beta + Pa \times size) \times (1 - \alpha) \times 2^{\text{cautious}} - (Re + C \times \text{cautious}) \times size \times Y$

安定モデル:  $\pi = (Fa \times \beta + Pa \times size) - (Re + C \times \text{cautious}) \times size \times Y$

Y: パラメータ

Y=0.1^3とした。これは、利潤と費用の値の単位をそろえる事を目的としている。

### 3-4 立地選択式

企業は各街区の利潤を算出し、その利潤から導き出された立地の望ましさ(移動確率)が最大となる街区へ移動する。また、移動確率を以下のように定める

企業の移動確率 =  $\exp(\omega \times \pi(i)) / \sum_{k=i, n} \exp(\omega \times \pi(i))$

$\pi(i)$ =街区iでの利潤  $\omega$ : パラメータ

$\omega = 0.1^4$ とする。

移動確率は街区の利潤に比例する。

### 3-5 シナリオ設定

人口集積性、企業集積性が高く、企業数の多い東京、埼玉、神奈川、千葉における44の主要区市町村を街区とし、44の主要区市町村に立地している企業2092社を企業Agtとした。各街区に立地している企業の業種を11種類に分類し、人口集積性との関連性から以下のように $\beta$ の値を定めた。また、各街区に立地している企業の上場市場の規模からsizeを定めた。

以下に街区初期設定一例を示す。

表2:  $\beta$ 一覧

$\beta$	業種	人口集積性との関連
1	1, 2, 4, 6	小
2	3, 9, 11	中
3	5, 7, 8, 10	大

表4: size一覧

size	上場市場	企業規模
1	東証一部	大
2	東証二部またはJASDAQ-S	中
3	JASDAQ-G	小

表3: 業種一覧

業種	番号
農林漁業	1
鉱業・工業	2
建設業	3
製造業	4
電気・ガス・水道・鉄道業	5
情報通信業	6
運輸・郵便業	7
卸売・小売業	8
金融・保険業	9
不動産・物品賃貸業	10
サービス業	11

表5: 街区初期設定一例[5-7]

ID	街区	震度	$\alpha$	事業所数	居住人口	面積(m <sup>2</sup> )	平均賃料(円/㎡)	許容量	Fa=事業所数/面積(m <sup>2</sup> )	Pa=居住人口/面積(m <sup>2</sup> )
0	川口市	6	0.5	22062	568327	81.97	480294.1178	20	356.01	9138.73
1	さいたま市	6	0.5	43737	1244492	217.49	444838.0292	64	201.10	5722.07
2	上野市	6	0.5	6789	225029	45.55	117280	10	149.26	4940.26
3	新座市	6	0.5	5285	161413	22.8	441000	2	231.80	7079.52
4	朝霞市	6.4	0.75	4018	131896	18.38	324857.1429	4	218.61	7176.06
5	蕨市	6	0.5	3101	71401	5.1	443000	4	608.04	14000.2

## 4. シミュレーション結果と考察

本研究では、発生モデルと安定モデルについて、2種類のシミュレーションモデルを作成し、①発生モデル・安定モデルの両モデルにおいて各企業に cautious=0(安全対策をしない)もしくは1(安全対策をする)を約半数の割合でランダムに与えた場合②発生モデル・安定モデルの両モデルにおいて全 company に cautious=0(全企業が安全対策をしない)を与えた場合においてシミュレーション分析を行い、結果を比較した。

全企業が、移動するか否かの意思決定を行い、移動を実行した場合、全街区の許容量の値を算出し直すという一連の流れを1ステップとする。

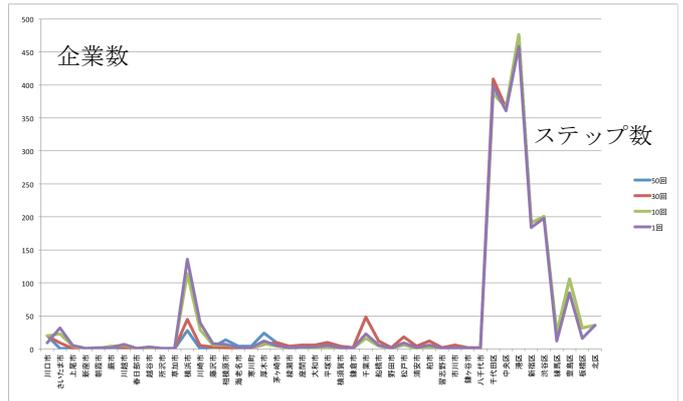


図1: 発生モデルにおいて各企業Agtに cautious=0もしくは1を約半数の割合でランダムに与えた場合

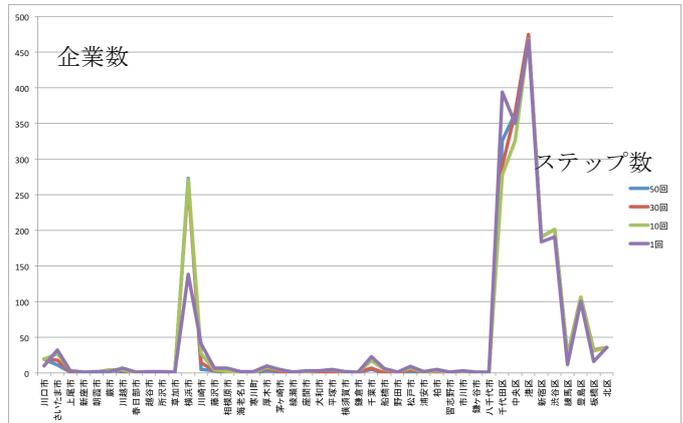


図2: 発生モデルにおいて全企業Agtに cautious=0を与えた場合

図1と図2を比較すると、図1では横浜市への移転が減少しており、相模原市、厚木市、平塚市、千葉市、松戸市、柏市、市川市、豊島区への移転が増加傾向にある。図2では顕著に横浜市への移転が増加傾向にある。

このような結果が得られたのは、安全対策を行うという意思決定を行った企業が、横浜市における安全対策費に対するコストを削減するために、厚木市、平塚市、千葉市、松戸市、柏市、市川市、豊島区といった他の街区に移転したためであると推測できる。また、街区から得られる利潤が平均並であるのに加え、地震が起こった際の利潤減少率が低く、賃貸料や安全対策費が安いことから相模原市への移転が増加したと推測できる。

安定モデルについても、発生モデルと同様の図を作成し、考察を行った。

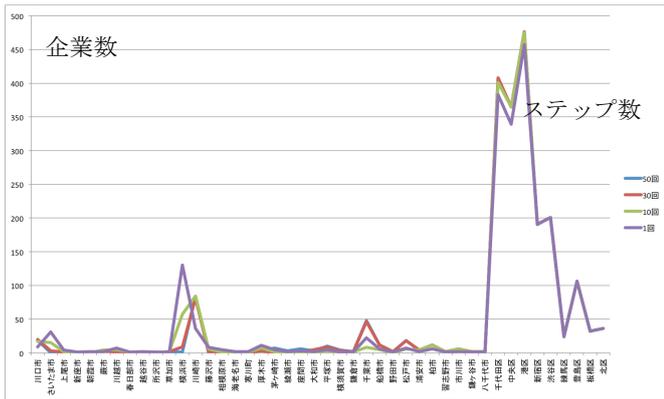


図 3：安定モデルにおいて各企業 Agt に cautious=0 もしくは 1 を約半数の割合でランダムに与えた場合

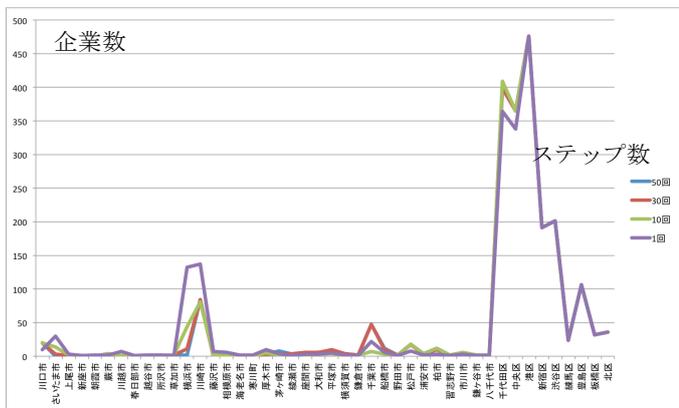


図 4：安定モデルにおいて全企業 Agt に cautious=0 を与えた場合

図 3 と図 4 を比較すると、1 回のステップを実行した際に変化が見られた。図 3 に対し図 4 では、川崎市と港区への移転が増加傾向にある一方で、千代田区への移転は減少傾向にある。

このような結果が得られたのは、安全対策を行うという意思決定を行った企業が、街区から得られる利潤が比較的高く、千代田区よりも安全対策費が大幅に抑えられる川崎市と港区へ移転したためであると推測できる。

## 5. 結論と今後の展望

本研究では、地震リスクと企業の損失費用の関係を定量化し、地震リスクを考慮した上での企業の本社立地モデルを構築した。このモデルにより、地震リスクを想定した際の企業の移転状況の観察および今後の企業の立地状況の 1 つのケースとして、企業が集積する市町村を予測する事が可能となった。シミュレーションにより、相模原市、厚木市、平塚市、千葉市、松戸市、柏市、市川市、豊島区が今後主要な企業集積地としてさらに発展していく事が予測される。一方で、都心 5 区および本研究で扱った 23 区の中の練馬区、豊島区、板橋区、北区における企業の集積は今後も続く事が予測されるため、政府はリスク分散を目的とした企業立地分散政策の提案を行う必要があると言える。

今後の展望として、本研究で構築したモデルは、リスク分散を目的とした東京 23 区から他街区への企業の立地分散政策の提案の評価を行う際に用いる事ができる。

## 6. 参考文献

- [1] 2011/9/26 日本経済新聞朝刊「事業継続へ災害リスクの戦略的分散を」
- [2] 不動産トピックスみずほ信託銀行 (2012/12)  
[http://www.tmri.co.jp/report\\_topics/pdf/1212.pdf](http://www.tmri.co.jp/report_topics/pdf/1212.pdf) (アクセス 2014.1.15)
- [3] 首都直下地震の被害想定(概要) [http://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/pdf/higai\\_gaiyou.pdf](http://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/pdf/higai_gaiyou.pdf) (アクセス 2014.1.15)
- [4] 高野正太郎：グローバルシティの空間構成-東京 23 区におけるオフィス立地分析を中心に-、2012 年度芝浦工業大学大学院 修士論文
- [5] eol 日本の企業 100 万社データベース
- [6] 平成 21 年経済センサス
- [7] 平成 21 年国土数値情報ダウンロードサービス