

第IV部門 災害リスクと集積の経済性を考慮した交通基盤整備の影響分析及び便益計測に向けた検討

神戸大学工学部 学生員 ○足立 鷹祐
 神戸大学大学院 正会員 織田澤 利守

1. はじめに

集積の経済は、人口やそれに伴う経済活動が特定の地域に集中する要因であり、日本においても三大都市圏に産業が集積する現象がみられる。一方で、わが国は世界的に見ても極めて高い自然災害リスクに曝されている。ひとたび巨大災害が生起すると、被災した地域の人的、物的な直接被害のみならず、企業の生産設備の損壊やサプライチェーン寸断による操業停止、規模の縮小など、間接的な被害が時間的、空間的に日本経済全体へと波及する恐れがある。政府は、東日本大震災から得られた教訓をもとに、大規模自然災害等に備えた国土の全域にわたる強靱な国づくりを推進することを目的として、2013年12月に国土強靱化基本法[1]を施行した。これは、短期的な視点では、災害生起時の被害軽減や早期復旧に資する一方で、長期的な視点では、企業の立地変更を促し、産業立地構造を変える。交通インフラの減災投資が、産業の分散化をもたらすか、さらなる集積を促すかについては定かでない。

伝統的な費用便益分析では、直接効果として、走行時間短縮便益、走行経費減少便益、交通事故減少便益のいわゆる3便益のみを計測していた。しかし、価格体系に歪みの存在する次善経済においては、各市場で生じる死荷重損失の増減を「幅広い」便益（ないしは、不便益）として計上する必要がある。英国政府は、Department for Transport(2005)[2]において従来の事業評価では反映されなかった「幅広い」便益を挙げ、実際にロンドンのクロスレール(Crossrail)のレールスキーム評価において計上した。

本研究では、以上の問題意識のもと、新経済地理学(NEG)をもとにした、工業部門の財の生産に固定資本投入が存在するモデル(Footloose Capital Model)に、災害リスクを明示的に組み込んだ新たなモデルを構築する。その上で、均衡として導出される産業立地構造の性質について分析を行うとともに、社会的厚生の変化の計測を試みる。また、交通インフラの減災施策が産業立地構造に及ぼす影響について分析を行い、「幅広い」便益の計測に関して、理論研究および実務の両面から検討を行う。

2. モデル

(1) モデルの枠組み

Martin and Rogers (1995)[3]に準拠してモデルを構築する。本モデルは、2地域2状態2時点2部門によって特徴づけられる。

いま、交通リンクによって結ばれる2地域が存在する。そのうち、一方は災害リスクに晒されている危険地域 r であり、もう一方は安全地域 s であるとする。地域 r において災害が生起する確率を θ で表す。これより、経済は、災害が生起していない平常状態 $\xi = u$ と地域 r において災害が生起した被災状態 $\xi = d$ の2つの状態をとり得る。また、2つの状態のうち、どちらか一方が確定的に生起した状況を「事後」、どちらが生起するか確率的にしかわからない状況を「事前」と呼んで区別する。資本家は、「事後」の状況を完全に予見した上で「事前」に投資、すなわち企業の立地選択を行う。

経済には、農業部門と工業部門の2部門が存在する。農業部門は、収穫一定の技術により、1単位の労働投入で1単位の同質な財を生産する、完全競争的な部門である。一方、工業部門は、収穫逦増の技術により、広範囲の差別化された財を生産する独占競争的な部門である。状態 ξ において地域 i の企業が差別化財を生産するためには、生産量とは無関係に1単位の資本、 F_i^ξ 単位の固定費用、1単位の労働力が固定的に必要であると仮定する。

(2) 被災状態の設定

本研究で扱うモデルでは、災害発生が企業へ与える影響として、(i)被災地域 r における企業の生産施設の損壊に伴う固定投入要素の発生と(ii)交通施設の損壊に伴う輸送費用の上昇の2つを明示的に考慮する。具体的には、(i)生産施設の損壊に伴う固定費用、すなわち修繕費用 $F_r^d(>0)$ が発生すると仮定する。また、(ii)被災状態における地域間輸送費用を上昇率パラメータ $\zeta(>1)$ を用いて $\tau^d = \zeta \cdot \tau^u$ と表し、 $\psi^d < \psi^u$ の関係が成立するものとする。

被災状態において、生産を継続できなくなった企業は市場からの撤退を余儀なくされる。災害生起後（事後）に企業は立地を変更することはできず、被災に伴う修繕費用の発生によって企業の利潤が修繕費用を下

回った場合、企業は操業を停止し市場から撤退すると想定する。したがって、被災状態 d 、地域 r における資本レント R_r^d は、 $R_r^d = 0$ となる。

(3) 事前の均衡

事前における立地均衡状態を、いずれの企業も他企業の立地選択を与件として選択した地域を変更する誘因をもたない状態、すなわち Nash 均衡であると定義すれば、安定的な立地均衡条件は次のように表される。

$$\Delta E[R(\lambda)] = E[R_r(\lambda)] - E[R_s(\lambda)] = 0, \frac{\partial \Delta E[R(\lambda)]}{\partial \lambda} < 0$$

状態 ξ における、ベンサム型の社会的厚生関数 $SW(\lambda)$ は、以下のように表される。

$$SW^\xi(\lambda) = \sum_{i=r,s} \{L_i \cdot V_i^\xi(\lambda)\}$$

3. 分析結果

(1) 交通インフラ減災投資が立地選択に与える影響

立地条件が成立する下で、地域間交通インフラの減災投資（リダンダンシー投資を含む）によって被災時の地域間交易自由度 ψ^d の変化に対する、地域 r の集積率 λ の変化： $\frac{\partial \lambda}{\partial \psi^d}$ の符号を確認する。被災時に安全地域 s の企業は倒産しない（ $\delta_s = 1$ ）とすると、 $\frac{\partial \lambda}{\partial \psi^d}$ は、

$$\delta_r > \bar{\delta}_r = \frac{\phi_s^d \sqrt{\phi_r^d L_r} - \psi^d \sqrt{\phi_s^d L_s}}{\phi_r^d \sqrt{\phi_s^d L_s} - \psi^d \sqrt{\phi_r^d L_r}} \cdot \frac{1 - \lambda}{\lambda}$$

のとき、正となる。すなわち、(i) ある集積率 $\bar{\lambda}$ のもとで、被災時の生存率がある閾値 $\bar{\delta}_r$ を上回る場合、都市間の交通インフラ投資をしたにもかかわらず、産業立地構造の集積を促す。一方、(ii) 産業集積が加速して集積率 λ が上がるにつれて、生存率の閾値 $\bar{\delta}_r$ が低下する。

(2) 交通インフラ減災投資の便益評価

地域間の交通インフラに減災投資をしたとき、社会的厚生の変化は以下のように表される。

$$\Delta SW = \Delta CS_T + \Delta CS_{\Delta m} + \Delta BV + \Delta TR$$

右辺の各項はそれぞれ、地域間輸送費用の減少による消費者余剰の変化、競争促進効果による消費者余剰の変化、差別化財のバラエティの増加による消費者余剰の変化、総資本レントの変化を表している。ここで、伝統的な費用便益分析において直接効果として計上するのは、地域間輸送費用の減少による消費者余剰の変化と、地域間輸送費用を介した総資本レントの変化（直接的効果）のみであることに注目されたい。また、差別化財のバラエティの増加による消費者余剰の変化は、以下のように表される。

$$\begin{aligned} \Delta BV = & \int_{k^w}^{k^{wo}} \left[\theta \left\{ L_r \frac{\partial \tilde{V}_r^d}{\partial P_r^d} \left(\frac{\partial P_r^d}{\partial \lambda} \cdot \frac{d\lambda}{dk^d} + \frac{\partial P_r^d}{\partial \delta_r} \cdot \frac{d\delta_r}{dk^d} \right) \right. \right. \\ & \left. \left. + L_s \frac{\partial \tilde{V}_s^d}{\partial P_s^d} \left(\frac{\partial P_s^d}{\partial \lambda} \cdot \frac{d\lambda}{dk^d} + \frac{\partial P_s^d}{\partial \delta_r} \cdot \frac{d\delta_r}{dk^d} \right) \right\} \right. \\ & \left. + (1 - \theta) \left\{ L_r \frac{\partial \tilde{V}_r^u}{\partial P_r^u} \cdot \frac{\partial P_r^u}{\partial \lambda} \cdot \frac{d\lambda}{dk^d} + L_s \frac{\partial \tilde{V}_s^u}{\partial P_s^u} \cdot \frac{\partial P_s^u}{\partial \lambda} \cdot \frac{d\lambda}{dk^d} \right\} \right] dk^d \end{aligned}$$

上式では、被災時の企業の倒産率や平常時の企業の立地選択変化の影響も「幅広い」便益として計上される。

4. 本研究の成果と今後の課題

本研究において、被災による企業の撤退を明示的に考慮した産業集積モデルを構築し、均衡における産業立地構造の性質並びに交通インフラの減災施策が及ぼす影響について分析を行った。その結果、(I) すでに危険地域への集積が進んだ状況下において、都市間交通インフラの減災投資によって、企業は倒産リスクが高まるにもかかわらず危険地域に引き寄せられ、その結果、集積が進展する可能性が示された。また、(II) 価格体系に歪みが存在する次善経済においては、直接効果以外の、競争促進効果による消費者余剰の変化や、差別化財のバラエティの増加による消費者余剰の変化、および、集積率やマークアップを介した総資本レントの変化（間接的効果）についても、「幅広い」便益として計上する必要がある。

参考文献

- [1] 国土強靱化推進本部：国土強靱化アクションプラン 2016, 2016.
- [2] Gov.UK: Department for Transport (2005)
- [3] Martin, P. and C.A. Rogers (1995) 「Industrial Location and Public Infrastructure」『Journal of International Economics』 39, 335-351.
- [4] Harberger, A.C. (1964) 「The measurement of waste」『American Economic Review』 54, 58-76.
- [5] 織田澤利守, 中村優太, 鳥尾健太, 小池淳司 (2015) 「産業の過剰集積がもたらす災害脆弱性と交通インフラの減災施策」『土木学会論文集 D3 (土木計画学)』 72(1), P99-112.