

災害リスクを有する国における 建設産業の最適規模

瀬木 俊輔¹

¹正会員 工博 神戸大学准教授 大学院工学研究科市民工学専攻 (〒 657-0013 神戸市灘区六甲台町 1)
E-mail: segi@people.kobe-u.ac.jp

建設産業の保有する資本（建設機械などの設備や、労働者が持つ知識・技能などの人的資本）は、災害後の復興事業の実施において不可欠の役割を果たす。これらの建設資本、とりわけ人的資本は、その水準を短期的に増やすことが困難である。よって、復興事業が円滑に実施されるためには、建設資本に対して、平時から適切な水準の投資が行われる必要がある。一方で、建設資本に対する投資は、将来の社会資本の投資水準から決定的な影響を受ける。したがって、国土強靱化のためには、災害リスクの大きさと建設資本の水準を考慮に入れた、長期的な社会資本投資計画が必要になると言える。本研究は、動学的マクロ経済モデルを応用することにより、このような計画の有効性について理論的な分析を行う。

Key Words : disaster, construction sector, resilience, human capital

1. はじめに

建設産業の保有する資本は、災害後の復興事業の実施において不可欠の役割を果たす。例えば、2011年の東北地方太平洋沖地震の発災後に、地元建設業者と東北地方整備局が連携して行った「くしの歯作戦」では、緊急輸送車の通行を確保するための交通ルートが短期間のうちに啓開された。この活動に参加した地元建設業者へのアンケート調査¹⁾によると、迅速な対応を可能にした要因として、建設機械やオペレータを自社で保有していることが挙げられている。この事例が示すように、建設産業は、建設機械や人的資本の活用によって、短期的な復旧に貢献する。これは広く認識されている事実であると考えられる。

さらに、建設資本が災害後に果たす重要な役割として、破壊された社会資本や民間の住宅・建築物を供給することにより、「中長期的な復興」に貢献することが挙げられる。本研究では、建設資本が有する、この中長期的な役割に着目する。建設資本は、その水準を短期的に増やす（蓄積する）ことが困難である。とりわけ、建設産業で働く労働者の人的資本の蓄積のためには、現場における経験や、熟練労働者から若手労働者への技能の継承など、中長期的な教育（投資）が必要になるため、たとえ災害の後に建設産業に対する大きい需要が発生したとしても、その水準が短期的に増加することはない。よって、復興事業が円滑に実施されるためには、建設資本に対して、平時から適切かつ安定した水準の投資が行われる必要がある。

しかし、近年に生じた災害の被災地においては、工事現場を担う技能労働者の不足による入札不調や、工事業者の不足による住宅再建の遅れなどが指摘されている^{2),3)}。今後、首都直下地震や南海トラフ地震など、社会資本や建築物の集積する地域に被害をもたらす災害の発生が確実視されていることを踏まえると、国土強靱化という視点から、建設資本の水準や投資の最適性について分析を行う必要があると言える。しかし、このような観点から分析を行った研究は乏しいのが現状である。

以上の背景を踏まえ、本研究は、建設産業とその資本の役割を明示的に考慮した動学的マクロ経済モデルの定式化と分析を行い、国土の災害リスクと、建設資本の最適な水準や投資との関係を明らかにすることを目的とする。

2. 既往研究のレビューと本研究の特徴

(1) 既往研究のレビュー

災害発生後の短期的な復旧活動における、建設産業の保有する機械や労働者の技能の役割に着目した研究は、数多く存在する。高橋⁴⁾は、建設産業が保有する重機や労働者の技能を活用した、災害応急対応システムの構築の可能性について分析を行っている。皆川ら⁵⁾は、地元建設業者が保有する重機数に着目し、東海地震を想定してがれき撤去にかかる日数のシミュレーションを行っている。田中ら⁶⁾は、九州地方を対象として、建設機械の賦存量および災害対応のための必要

量を調査している。その他の類似した文脈の研究事例として、井上・中野⁷⁾、平山ら⁸⁾、皆川ら⁹⁾が挙げられる。このように、災害発生後の短期的な復旧活動における建設産業の役割に関しては、アンケート調査や個別の事例分析を中心として、様々な研究が行われている。

しかし、以上の研究は、被災後の一国の長期的な経済復興に対して、建設産業が果たす役割を分析したものとはなっていない。国土の中長期的な復興という視点から、人的資本を含めた建設資本の水準や投資に関する分析を行った研究は、極めて乏しいのが現状である。

(2) 本研究の特徴

本研究は、人的資本の蓄積には中長期的な投資が必要であることなど、投資の基本的な特性を踏まえたうえで、マクロ・長期的スケールの分析を行う点に独自性がある。

マクロ経済学の分野においては、資本の蓄積過程や水準の最適性を分析する研究の系譜があり、膨大な研究が蓄積している¹⁰⁾。ただし、それらの研究の中で、災害を扱ったものは限られている。瀬木ら¹¹⁾は、災害リスクを軽減させる効果を有する防災資本に着目し、その蓄積過程や水準の最適性について分析を行っている。この研究では、確率的に生じる災害という現象を取り扱うために、確率的動学的一般均衡 (Dynamic Stochastic General Equilibrium, DSGE) モデルを応用している。

しかし、マクロ経済学において一般的に用いられているモデルでは、社会資本や住宅・建築物などの供給を担う建設産業の存在は捨棄されている。そこで本研究は、建設産業の役割を明示的に考慮することにより、国土の災害リスクと、建設資本の最適な水準や投資との関係を分析可能な、DSGE モデルを定式化する。このようなモデルは、マクロ経済学の分野においても、筆者らの知る限り見当たらない。

3. モデル

他地域との交易が存在しない閉鎖された一国の経済を想定し、モデルを定式化する。国内の人口と技術水準は通時的に一定であるとする¹⁾。

時間を $t = 0, 1, 2, \dots$ のように離散的に表現する。この国の家計を、無限期間生存する代表的家計として表

現する。家計の時点 τ における期待生涯効用を

$$V_\tau = E_\tau \left[\sum_{t=\tau}^{\infty} \beta^t \frac{C_t^{1-\rho} - 1}{1-\rho} \right] \quad (1)$$

と表す。ここで、 E_τ は、時点 τ の期首に得られる情報を用いて期待値を取る操作を表す。 C_t は時点 t における家計の消費財の消費量を表す変数である。 $0 < \beta < 1$ は効用の割引因子を表す定数である。 $\rho > 0$ は家計の相対的リスク回避度を表す定数である。時点 τ において、家計は式 (1) で定義される V_τ を最大化するように意思決定を行う。

経済には、消費財を生産する産業 (消費財産業) C 、機械設備を生産する産業 (機械設備産業) E 、建物と社会資本を生産する産業 (建設産業) S の、三つの産業が存在する。各産業は、機械資本、建物資本、人的資本、労働力を投入して財を生産する。中間財の投入は考えない。各産業の生産性は、国内の社会資本ストックから正の影響を受ける。以上の関係をコブ・ダグラス型の生産関数によって表現する。

$$Y_{X,t} = A_X K_{X,t}^{\alpha_{KX}} B_{X,t}^{\alpha_{BX}} H_{X,t}^{\alpha_{HX}} L_{X,t}^{\alpha_{LX}} G_t^{\alpha_{GX}} \quad (X \in \{C, E, S\}) \quad (2)$$

ここで、 $K_{X,t}$ 、 $B_{X,t}$ 、 $H_{X,t}$ はそれぞれ、時点 t の期首において産業 X が保有する機械資本ストック、建物資本ストック、人的資本ストックを表す変数である。 $L_{X,t}$ は時点 t において産業 X が雇用する労働力を表す変数である。 G_t は時点 t の期首における国内の社会資本ストックを表す変数である。社会資本ストックは全ての産業の生産性に寄与する。 A_X は産業 X の全要素生産性を表す定数である。 α_{KX} 、 α_{BX} 、 α_{HX} 、 α_{LX} 、 α_{GX} はそれぞれ、産業 X の生産活動における、機械資本、建物資本、人的資本、労働力、社会資本の寄与の強さを決定する正のパラメータである。

各産業の生産した財は異なる用途に用いられる。消費財産業の生産した財は全て、消費財として家計に消費される。

$$C_t = Y_{C,t} \quad (3)$$

消費財には、自家用車を利用した余暇活動や、住宅内の余暇活動なども含まれると解釈できる。なぜなら、消費財の生産関数である式 (2) には、機械資本ストックや建物ストックが含まれており、自家用車は機械資本ストックに、住宅は後者に含まれると見なせるからである。式 (1) から確認できるように、 C_t の増加は家計の効用を増加させる。

機械設備産業の生産した財は、各産業の機械設備投資に用いられる。この関係を、以下の変形の弾力性一定の生産関数として表現する。

$$\left(E_{C,t}^\psi + E_{E,t}^\psi + E_{S,t}^\psi \right)^{\frac{1}{\psi}} = Y_{E,t} \quad (4)$$

¹⁾ 人口と技術水準が一定の成長率で変化し続ける環境においても、GDP などの変数を、一人当たり・技術レベル当たりの数値に基準化すれば、人口と技術水準が一定である場合と同様の定性的な結果が得られることが知られている¹⁰⁾。よって、この仮定はモデルの分析を制約するものではない。

ここで、 $E_{X,t}$ ($X \in \{C, E, S\}$) は時点 t において産業 X が新たに設ける機械設備の量を表す変数である。 $\psi \geq 1$ は異なる種類の機械設備の間の変形の弾力性を決定する定数である。 ψ が大きいことは、ある産業を対象に製造された機械設備を、他産業が利用することは困難であることを意味する。 $\psi = 1$ は、特定の産業に特化した機械設備が存在しない状況を表しており、このときに式 (4) の左辺は単純な線形の関数とる。

本研究が式 (4) のような変形の弾力性一定の生産関数を採用する理由は、投資の非負制約 $E_{X,t} \geq 0$ を暗黙的に考慮するためである。 $\psi = 1$ のときには、 $E_{X,t} \geq 0$ を明示的に考慮しないと、最適成長経路上で $E_{X,t} < 0$ となることが起こり得る。しかし、非負制約の明示的な考慮は計算コストが大きく困難である。一方、 $\psi > 1$ の場合には、最適成長経路上で $E_{X,t} > 0$ となることが常に保証される。本研究では、式 (4) の左辺がほぼ線形である状況を想定し、 $\psi = 1.1$ を常に用いる。

建設産業の生産した財は、各産業の建物投資、および、国の社会資本投資に用いられる。この関係を、以下の変形の弾力性一定の生産関数として表現する。

$$\left(S_{C,t}^\psi + S_{E,t}^\psi + S_{S,t}^\psi + S_{G,t}^\psi \right)^{\frac{1}{\psi}} = Y_{S,t} \quad (5)$$

ここで、 $S_{X,t}$ ($X \in \{C, E, S\}$) は時点 t において産業 X が新たに設ける建物の量を表す変数である。 $S_{G,t}$ は時点 t において国が新たに設ける社会資本の量を表す変数である。 $\psi \geq 1$ は異なる種類の建物・社会資本の間の変形の弾力性を決定する定数である。機械設備の場合と同様に、 $\psi = 1.1$ を常に用いる。

国内の労働力は通時的に一定であり、その水準を \bar{L} で表す。労働力は三つの産業のいずれかに雇用される。

$$L_{C,t} + L_{E,t} + L_{S,t} = \bar{L} \quad (6)$$

労働者（家計）は労働の供給を通じて技能を向上させる（Learning-by-doing）¹²。本研究では、このように蓄積される技能を人的資本と呼ぶ²。各産業の人的資本は、当該産業に固有のものであり、他の産業の生産性の増加には寄与しない。各産業の人的資本は、以下の式に従い蓄積される。

$$Q_{X,t} = A_H L_{X,t}^\gamma H_{X,t}^{1-\gamma} \quad (X \in \{C, E, S\}) \quad (7)$$

$$H_{X,t+1} = (1 - \delta_H) H_{X,t} + Q_{X,t} \quad (X \in \{C, E, S\}) \quad (8)$$

$Q_{X,t}$ は時点 t において新たに生産される、産業 X の人的資本を表す変数である。式 (7) の右辺は産業 X の人的資本の生産関数となっており、当該産業の現在の労働

者数 $L_{X,t}$ と、過去に蓄積された人的資本の水準 $H_{X,t}$ に応じて、人的資本の生産量が決まることを表している。 $H_{X,t}$ が大きいほど $Q_{X,t}$ が増加するのは、熟練労働者から非熟練労働者への技能の継承が行われやすいことを表している。 $0 < \gamma \leq 1$ は、人的資本の生産活動における、雇用される労働者数の寄与の強さを決定するパラメータである。

式 (8) は新たに生産された人的資本により、人的資本の蓄積が進むことを表している。 $\delta_H > 0$ は人的資本の減耗率を表す定数であり、熟練労働者の退職などにより、蓄積された人的資本の一部が失われることを表している。

なお、本研究では、式 (2) から確認できるように、産業 X で雇用される労働者数 $L_{X,t}$ が短期的に変動しても、産業 X で投入される人的資本 $H_{X,t}$ は変動しないという仮定を置いている。これは分析の単純化のために置かれる仮定であるが、高い技能を有する熟練労働者は、他産業に移動しにくいと考えられることから、強い仮定ではないと考えられる。

人的資本以外の資本である、機械資本、建物資本、社会資本の蓄積過程は、全て同様の数式により表現される。

$$\hat{K}_{X,t} = (1 - \delta_K) K_{X,t} + E_{X,t} \quad (X \in \{C, E, S\}) \quad (9)$$

$$\hat{B}_{X,t} = (1 - \delta_B) B_{X,t} + S_{X,t} \quad (X \in \{C, E, S\}) \quad (10)$$

$$\hat{G}_t = (1 - \delta_G) G_t + S_{G,t} \quad (11)$$

$$K_{X,t+1} = (1 - \phi_K z_t) \hat{K}_{X,t} \quad (X \in \{C, E, S\}) \quad (12)$$

$$B_{X,t+1} = (1 - \phi_B z_t) \hat{B}_{X,t} \quad (X \in \{C, E, S\}) \quad (13)$$

$$G_{t+1} = (1 - \phi_G z_t) \hat{G}_t \quad (14)$$

式 (9)–(11) は、時点 t において新たに設けられる機械設備や建物、社会資本により、資本の蓄積が進むことを表している。 $\delta_K, \delta_B, \delta_G$ はそれぞれ、機械資本、建物資本、社会資本の減耗率を表す正の定数である。

各時点の期末には、災害が発生する可能性がある。この確率的な現象を、0 もしくは 1 の値を取る確率変数 z_t により表現する。 $z_t = 1$ は時点 t における災害の発生を表し、 $z_t = 0$ は時点 t において災害が発生しないことを表す。各時点において、 z_t は i.i.d. の確率分布に従い、その確率関数は

$$\Pr[z_t = z] = \begin{cases} \pi & (z = 1) \\ 1 - \pi & (z = 0) \end{cases} \quad (15)$$

と表される。 $0 \leq \pi \leq 1$ は 1 時点当たりの災害の発生確率を表す定数である。

時点 t の期末に災害が生じた場合には、資本ストックの一部が破壊される。式 (12)–(14) は、災害による資本

² 人的資本の蓄積過程を表現する方法には、Learning-by-doing の他にも、個人が労働時間外の時間に受ける教育や職業訓練により蓄積が進むと考えるモデルがある^{13), 14)}。本研究では、建設産業における熟練労働者の技能の研鑽は、主として業務の中で行われることから、Learning-by-doing のモデルを採用した。

ストックの破壊を表現している。Hat 記号付きの資本ストックの変数は、時点 t における災害の発生 (z_t の値) が判明する直前のタイミングにおける、資本ストックを表している。 ϕ_K, ϕ_B, ϕ_G はそれぞれ、災害発生時に破壊される機械資本ストック、建物資本ストック、社会資本ストックの割合を表す非負の定数である。時点 t に災害が起きない ($z_t = 0$) 場合には、式 (9)–(11) の標準的な資本ストックの遷移式に従い、時点 $t+1$ の資本ストックが決定される。

式 (8) の遷移式から確認できるように、人的資本については、災害による破壊は生じない (災害は人的被害はもたらさない) と考える。

以上の前提の下で、本研究は、以下の確率的動的最適化問題の解として表される、最適成長経路を分析する。

$$\max V_t \quad (16)$$

$$\text{s.t. (1) – (15)}$$

$$\text{Given : } \{K_{X,t}, B_{X,t}, H_{X,t}\}_{X \in \{C, E, S\}}, G_t$$

この最適成長経路は、財・労働力・資本の市場が完全競争的であり、家計・企業が完全予見であり、政府が一括税により最適な社会資本投資を行うとき、分権的に実現することが知られている¹⁰⁾。

4. モデルの分析

(1) モデルの解法

3. で定式化したモデルの解析的な分析は困難であるため、数値的な分析を行う。本研究では、災害により、大きい割合の資本ストックが破壊される現象を扱う。そのため、DSGE モデルの解法として一般的である摂動法¹⁵⁾ (モデルの定常状態の近傍に限定した近似解を求める手法) は望ましくない。そこで本研究では、Stochastic extended path (SEP)¹⁶⁾ と呼ばれる手法を採用する。この手法は、無限期間のモデルを適当な長さの有限期間のモデルに置き換えたうえで、非線形連立方程式の一般的な解法を適用し、解を求めるものである。将来の不確実性を全て考慮すると、連立方程式の本数が膨大になるため、近い未来の不確実性のみが考慮される。この手法は、状態変数が定常状態から離れても解の精度が落ちにくいという利点がある。

本研究では、無限期間の問題を 200 時点の問題に置き換え、将来の不確実性は 1 時点先まで考慮することにより、SEP を適用した。すなわち、時点 t の家計は、時点 t の期末に災害が生じ得る ($z_t = 1$ になり得る) ことは認識しているものの、時点 $t+1$ 以降の確率変数 z_t の値は確実に π になるという、誤った想定の下に意思決定を行う。この意思決定は 200 時点分の非線形連立

表-1 パラメータの設定値

パラメータ	値
\bar{L}	1
$A_X (X \in \{C, E, S\})$	1
A_H	0.1
β	$(1/1.04)^{1/4}$
ρ	2
δ_K	0.025
δ_B	0.01
δ_G	0.005
δ_H	0.01
ϕ_K	0.2
ϕ_B	0.2
ϕ_G	0.2
γ	0.76
α_{KC}	0.105
α_{BC}	0.1125
$\alpha_{HC} + \alpha_{LC}$	0.65
α_{GC}	0.0875
α_{KE}	0.1575
α_{BE}	0.0675
$\alpha_{HE} + \alpha_{LE}$	0.67
α_{GE}	0.0825
α_{KS}	0.0975
α_{BS}	0.0375
$\alpha_{HS} + \alpha_{LS}$	0.79
α_{GS}	0.0525

方程式を解くことにより求められる。時点 $t+1$ が訪れると、家計は $z_{t+1} = 1$ になり得ることに気が付き、新たに意思決定を行う。このように、時点を 1 つ進める度に、200 時点分の非線形連立方程式を解くことを繰り返して、シミュレーションを実行する。

(2) パラメータの設定

本研究のモデルは多数のパラメータを含むため、その全てについて感度分析を行うことは困難である。そこで、本研究の分析において重要なもの以外のパラメータには、文献を参照することにより、現実的な値を設定し、その値を固定する。固定的に設定されるパラメータの値を表-1 に示す。

\bar{L}, A_X, A_H の設定は、数値の単位を変えるような効果を持つものであり、モデルの定性的な分析結果に影響を与えない。そこで、これらの値は 1 などの適当な値に設定する。

モデルの 1 期間の長さは 1 四半期に相当すると考え、

効用の割引因子 β は、 $\beta^4 = 1/1.04$ になるように設定する。これは、経済が定常状態にあるとき、家計の割引率が 4% になることを意味する¹⁵⁾。相対的リスク回避度 ρ には 2 を用いる。本研究では、災害という、所得や消費を大きく変動させるリスクを扱うことから、家計のリスク回避性向が強い状況を考える。そのため、多くの研究で用いられる¹⁵⁾ $\rho = 1$ という設定値よりも高い設定値を用いる。

資本減耗率には、一般的な資本の耐用年数を参考に設定する。機械資本の耐用年数は 10 年、建物資本の耐用年数は 25 年、社会資本の耐用年数は 50 年と考え、 δ_K , δ_B , δ_G はそれぞれ、これらの数値の逆数に設定する（1 期間は 1 四半期であることに注意）。人的資本の減耗率は、労働者が技能を蓄積した熟練労働者になってから引退するまでの期間が 25 年であると考え、 $\delta_H = 0.01$ に設定する。

災害発生時に破壊される資本の割合である ϕ_K , ϕ_B , ϕ_G には一律で 20% を設定する。

人的資本の生産活動における、雇用される労働者数の寄与の強さを決定するパラメータ γ には、Vasilev¹⁷⁾ を参考に 0.76 を設定する。

生産活動における、機械資本、建物資本、人的資本、労働力、社会資本の寄与の強さを決定するパラメータ α_{KX} , α_{BX} , α_{HX} , α_{LX} , α_{GX} は、以下のように設定する。これらのパラメータは、企業の利潤最大化行動の下では、産業 X において生産される付加価値の総額に占める、各生産要素に対する支払額のシェアに一致することが知られている。Valentinyi and Herrendorf¹⁸⁾ はアメリカ合衆国を対象にして、大きい分類の産業部門ごとに、各生産要素への対価の支払い額のシェアを算出している。本研究は、Valentinyi and Herrendorf の算出したシェアを基に、 α_{KX} などのパラメータを設定する。産業 C のパラメータの設定には、“Consumption”（消費財）部門のシェアを、産業 E のパラメータの設定には、“Equipment investment”（機械設備投資）部門のシェアを、産業 S のパラメータの設定には、“Construction investment”（建設投資）部門のシェアを、それぞれ用いる。

$\alpha_{HX} + \alpha_{LX}$ には、産業 X の労働者に対する支払額のシェアを用いる。労働者への対価には、労働力への対価と人的資本への対価が含まれるため、 α_{HX} と α_{LX} の個別のパラメータの値はわからない。そこで、後の分析において、これらの比を変更する感度分析を行う。

本研究のモデルは、社会資本の存在を考慮している。一般に、社会資本は生産活動に寄与するものの、それに対する対価は支払われない（もしくは過小にしか支払われない）。この、社会資本が受け取るはずだった余剰（レント）は、企業の利潤となり、民間資本の所有

者に配分される。そのため、社会資本の存在を考慮する場合には、現実に支払われている民間資本の対価から、社会資本が受け取るはずだった余剰の分を差し引いたうえで、 α_{KX} , α_{BX} を設定する必要がある。本研究では、現実に支払われている民間資本の対価のうちの 1/3 は、社会資本が受け取るはずだった余剰だと考え、 α_{KX} , α_{BX} を設定する。そのため、表-1 に掲載されている α_{KX} , α_{BX} の値は、Valentinyi and Herrendorf の算出した値の 2/3 倍になっている。

α_{GX} は、現実に支払われている民間資本（機械設備・建物・土地）の対価のシェアの 1/3 として設定する。その結果、 α_{GX} の値は部門により異なるが、0.05–0.09 の範囲の値となる。これは日本を対象に社会資本ストックの生産性への寄与を推定した塚井ら¹⁹⁾ の推定値と比べて大きくない数値であり、過剰な値ではないと考えられる³⁾。

なお、本研究のモデルは土地の存在を考慮していないが、 α_{KX} などの設定には、土地への対価を考慮している Valentinyi and Herrendorf の算出結果を用いている。そのため、各産業について、表-1 に掲載されている α_{KX} , α_{BX} , α_{HX} , α_{LX} , α_{GX} の合計値を求めると 1 より小さくなる。これは分析上特に問題は無く、パラメータ A_X に土地の生産性の効果が含まれていると考えれば、解釈上の問題も無い。

以下の分析では、二つのパラメータに関する感度分析を行う。一つ目のパラメータは、災害の 1 期間当たりの発生確率 π である。本研究では、この値を 0.01 もしくは 0 に設定して分析を行う。 $\pi = 0.01$ の設定は、25 年に 1 度の頻度で大規模な災害が生じることを意味する。 $\pi = 0$ の設定は、災害の生じない国土の想定を意味する。よって、この二つの設定の下での分析結果を比較することにより、災害リスクの存在が最適な建設産業の規模に与える影響を明らかにする。

二つ目のパラメータは、 α_{HX} と α_{LX} の比 α_{HX}/α_{LX} である。 $\alpha_{HX} + \alpha_{LX}$ の値は表-1 に示したように設定されているので、 α_{HX}/α_{LX} を定めれば、 α_{HX} と α_{LX} の値が定まる。本研究では、 α_{HX}/α_{LX} の値として、0 と 0.5 の二つを考える。 $\alpha_{HX}/\alpha_{LX} = 0$ は、人的資本が生産性に寄与しない、あるいは、人的資本が存在しない社会を意味する。 $\alpha_{HX}/\alpha_{LX} = 0.5$ は、労働力への対価の総額のうち 1/3 が労働者の技能に対する対価であることを意味しており、熟練労働者と非熟練労働者の賃金を踏まえると、現実に即した設定であると考えられる。これらの二つの α_{HX}/α_{LX} の設定の下での分析結果を比較することにより、人的資本の存在が最適な建設産業の規模に与える影響を明らかにする。

³⁾ 塚井らの研究では、集計化された GRP を対象に、民間資本・労働力・社会資本の生産性への寄与が推定されており、 α_{GX} に相当する値としては、0.083–0.112 の推定値が得られている。

表-2 $\alpha_{HX}/\alpha_{LX} = 0$ のときの π の影響

変数	$\pi = 0$	$\pi = 0.01$	比
L_C	0.82569	0.81045	0.982
L_E	0.07866	0.08025	1.020
L_S	0.09565	0.10930	1.143
Y_C	1.78958	1.68735	0.943
Y_E	0.22986	0.22430	0.976
Y_S	0.17140	0.18867	1.101
E_C	0.19083	0.18362	0.962
E_E	0.03166	0.03148	0.994
E_S	0.02105	0.02314	1.099
S_C	0.10684	0.11160	1.045
S_E	0.00771	0.00831	1.079
S_S	0.00464	0.00553	1.191
S_G	0.06662	0.07938	1.192

表-3 $\alpha_{HX}/\alpha_{LX} = 0.5$ のときの π の影響

変数	$\pi = 0$	$\pi = 0.01$	比
L_C	0.82569	0.81038	0.981
L_E	0.07866	0.08029	1.021
L_S	0.09565	0.10933	1.143
Y_C	4.65247	4.38539	0.943
Y_E	0.61115	0.59663	0.976
Y_S	0.45739	0.50356	1.101
E_C	0.50738	0.48836	0.963
E_E	0.08418	0.08375	0.995
E_S	0.05598	0.06162	1.101
S_C	0.28509	0.29783	1.045
S_E	0.02056	0.02219	1.079
S_S	0.01239	0.01478	1.193
S_G	0.17778	0.21190	1.192

(3) 分析結果

本研究のモデルには災害という確率的なショックが存在するため、定常状態は存在しないが、マルコフ定常分布は定義できる。そ災害リスクの存在が最適な建設産業の規模に与える影響を分析するために、マルコフ定常分布における変数の期待値に注目する。

$\alpha_{HX}/\alpha_{LX} = 0$ の場合と $\alpha_{HX}/\alpha_{LX} = 0.5$ の場合のそれぞれについて、 π を 0 から 0.01 に変化させたときの、定常分布における変数の期待値の変化を、表-2、表-3 に示す。“ $\pi = 0$ ”の列は $\pi = 0$ のときの定常状態⁴における変数の値を表す。“ $\pi = 0.01$ ”の列は $\pi = 0.01$

⁴ $\pi = 0$ のときは不確実性が無いため、定常分布は定常状態となる。

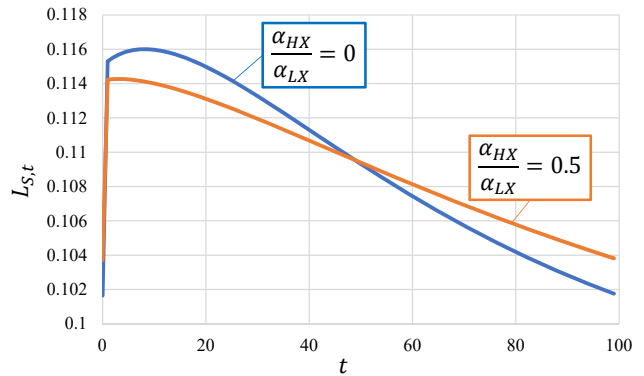


図-1 α_{HX}/α_{LX} の値に応じた被災後の L_S の推移

のときの定常分布における変数の期待値を表す。“比”の列は“ $\pi = 0$ ”の列と“ $\pi = 0.01$ ”の列の値の比を表しており、1 より大きければ（小さければ）、 π の増加が当該変数を増加（減少）させることを意味している。

表-2、表-3 より、以下のことが読み取れる。 π の増加が定常分布における変数の期待値に与える影響は、増加率（比）で見ると限りにおいて、人的資本の存在の影響をほとんど受けない。

災害リスクの存在は、建設産業の最適な規模を増加させる。より具体的に述べれば、 π の増加により、建設産業に雇用される労働力 L_S 、建設産業の生産量 Y_S 、建設産業への設備投資 E_S 、 S_S の最適値が増加する。

災害リスクの存在は、建物資本と社会資本への最適な投資量 S_C 、 S_E 、 S_S 、 S_G を増加させる。特に、社会資本への投資量 S_G は増加率・増加量ともに大きい。

表-2、表-3 より、 α_{HX}/α_{LX} の値は、定常分布における L_S の期待値にほとんど影響を与えないことがわかる。しかし、 α_{HX}/α_{LX} の値は、定常状態における L_S の分散に影響を与える。これは図-1 より確認できる。この図は、 $\alpha_{HX}/\alpha_{LX} = 0$ の場合と、 $\alpha_{HX}/\alpha_{LX} = 0.5$ の場合のそれぞれについて、 $t = 0$ において災害のショックを与えたときの L_S の推移をグラフ化したものである。 $\alpha_{HX}/\alpha_{LX} = 0$ の場合には、被災直後に建設産業の労働者を多く雇用し、復興が進むのに伴い、建設産業の労働者を大きく減らすことが最適になる。一方、 $\alpha_{HX}/\alpha_{LX} = 0.5$ の場合には、このように建設産業の雇用する労働者数を大きく変化させることは最適ではない。被災直後も復興が進んだ後も、定常分布における L_S の期待値に近い労働者を、建設産業が雇用することが最適となる。

これは、長い間、大規模な災害に見舞われていない平常時においても、建設産業における人的資本の水準を保つために、一定水準の労働者を建設産業が雇用しなければいけないことを示唆している。

参考文献

- 1) 国土交通省東北地方整備局: 震災直後から, 迅速に地元建設企業が活動を開始, 2012,
https://www.thr.mlit.go.jp/bumon/kisya/kisyah/images/42180_1.pdf, (2022/9/30 最終アクセス).
- 2) 国土交通省: 被災地における入札不調案件の契約状況等について, 2013,
<https://www.mlit.go.jp/common/000988233.pdf>, (2022/9/30 最終アクセス).
- 3) 多田忠義: 東日本大震災被災県における建築関連の労働需給実態, 金融市場 2013 年 6 月号, 農林中金総合研究所, 2013.
- 4) 高橋和雄: 建設業の災害予防・災害応急対策への活用に関する研究, 土木学会論文集 F6, Vol.67, No.2, pp.29-34, 2011.
- 5) 皆川勝, 渡邊祐介, 草柳満: 災害初期の啓開における地域間連携の有効性の検討, 土木学会論文集 F4, Vol.68, No.3, pp.57-67, 2012.
- 6) 田中徹政, 加知範康, 塚原健一: 地域の被災後の応急復旧力に着目した九州地方における建設機械の賦存量に関する考察, 土木学会論文集 F4, Vol.89, No.4, pp.291-301, 2013.
- 7) 井上惣介, 中野晋: 2016 年熊本地震における地元建設企業の災害対応に関するインタビュー調査, 土木学会論文集 F6, Vol.73, No.2, pp.27-34, 2017.
- 8) 平山修久, 永田尚人, 上村俊一, 河田恵昭: 南海トラフ巨大地震時における災害廃棄物処理に係る災害対応リソース, 地域安全学会論文集, Vol.33, pp.157-164, 2018.
- 9) 皆川勝, 三枝大祐, 飛田雅紀: 被災物撤去の効率性に及ぼすリース業者保有数を含む建設重機分布の影響, 土木学会論文集 F4, Vol.71, No.4, pp.85-95, 2015.
- 10) Romer, D.: *Advanced Macroeconomics*, 5th ed. McGraw-Hill College, 2018.
- 11) 瀬木俊輔, 石倉智樹, 横松宗太: 動学的確率的マクロ経済モデルの長期的な防災投資計画への応用, 土木学会論文集 D3, Vol.68, No.3, pp.129-143, 2012.
- 12) Chang, Y., Gomes, J.F., Schorfheide, F.: Learning-by-Doing as a Propagation Mechanism, *The American Economic Review*, Vol.92, No.5, pp. 1498-1520, 2002.
- 13) Ben-Porath, Y.: The production of human capital and the life cycle of earnings, *Journal of Political Economy*, Vol.75, No.4, pp.352-365, 1964.
- 14) Trostel, P.: The effect of taxation on human capital, *Journal of Political Economy*, Vol.101, No.2, pp.327-350, 1993.
- 15) Heer, B. and Maussner, A.: *Dynamic General Equilibrium Modeling: Computational Methods and Applications*, 2nd ed, Springer, 2009.
- 16) Adjemian, S. and Juillard, M.: The stochastic extended path approach, 2016,
<https://stephane-adjemian.fr/dynare/slides/sep.pdf>, (2022/9/30 最終アクセス).
- 17) Vasilev, A.: A real-business-cycle model with human capital accumulation: lessons for Bulgaria (1999-2018), *Macroeconomics and Finance in Emerging Market Economies*, pp.1-15, 2021.
- 18) Valentinyi, A. and Herrendorf, B.: Measuring factor income shares at the sectoral level, *Review of Economic Dynamics*, Vol.11, pp.820-835, 2008.
- 19) 塚井誠人, 江尻良, 奥村誠, 小林潔司: 社会資本の生産性とスピルオーバー効果, 土木学会論文集, No.716, IV-57, pp.53-67, 2002.

ON THE OPTIMAL SIZE OF CONSTRUCTION SECTOR UNDER DISASTER RISK

Shunsuke SEGI

Abstract.