Title	マクロ経済の資源配分とボラティリティ
Sub Title	Resource allocation and volatility
Author	千賀, 達朗(Senga, Tatsuro)
Publisher	慶應義塾経済学会
Publication year	2023
Jtitle	三田学会雑誌 (Mita journal of economics). Vol.115, No.4 (2023. 1) ,p.393 (73)- 401 (81)
JaLC DOI	10.14991/001.20230101-0073
Abstract	
Notes	解説
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00234610-20230101-0073

「三田学会雑誌」115 巻 4 号（2023 年 1 月）

解　説

マクロ経済の資源配分とボラティリティ

千賀達朗 *

1　はじめに

近年のマクロ経済研究では個々の経済主体の行動をミクロレベルから積み上げることで一国全体のパフォーマンスを分析する手法がとられることが多い。例えば企業の生産・投資行動を最適化問題の解として導出し，個別企業による生産・投資を集計することで総生産をはじめとするマクロ経済変数を導くというものである。こうした「Micro-to-Macro アプローチ」を紹介することを企図して，本稿ではボラティリティと企業の設備投資を考察し，それを集計することで得られる企業間の資源配分ならびに総生産へのインプリケーションを解説する。この点，これからこうした研究に取り組もうとしている大学学部生および大学院生の手助けになればとの願いから，邦文で平易な解説をする。

本稿でいうボラティリティとは，外生的に与えられた価格，コスト，生産性などの変動の大きさを指す。例えば Abel (1983) では，各時点 t において企業が生産，販売する生産物の価格 p_t が $\frac{\mathrm{d}p_t}{p_t} = \sigma\,\mathrm{d}z$ に従い，$\mathrm{d}z$ は平均 0，単位分散の Winner 過程として，σ がボラティリティの大きさとなる。また，Bloom et al. (2018) では生産性 z_t が $\log z_{t+1} = \rho \log z_t + \sigma\varepsilon_{t+1}$ の自己回帰（AR）過程に従い，ε_{t+1} は平均 0，単位分散で独立同分布である（independent and identically distributed，以下では iid とす

＊　慶應義塾大学経済学部
東京海上各務記念財団ならびに慶應義塾大学学事振興資金の研究援助を受けた。また，匿名の審査員からコメントを頂戴した。記して感謝の意を表したい。残る過誤は筆者に帰するものである。

る)。ここでも σ がボラティリティの大きさである。

以下では，解析的に解の導出が可能となるようできるだけ簡略化したモデルを用いて，ボラティリティが企業行動，企業間資源配分ならびに総生産へ与える影響を検討する。第 2 節ではミクロレベルの分析を，第 3 節では集計レベルの分析がなされる。本稿より難易度が高いが，第 2 節に関連して日本語の文献としては中村(2003)を挙げておきたい。第 3 節で扱う内容は Gourio (2008)にも詳しい。

2　基本モデルのセットアップ

時間は離散的で，生産関数がコブ・ダグラス型で次のように与えられる企業を想定する。

$$y_t = z_t k_t^{\alpha} n_t^{\nu} \tag{1}$$

ここで y_t，z_t，k_t および n_t はそれぞれ時間 t における生産物，生産性，資本ストックならびに労働の雇用量である。また，生産関数は収穫逓減を仮定し，$\alpha + \nu < 1$ とする。次に資本ストックが δ の率で一定に減耗するとし，資本蓄積方程式として次式が成立する。

$$k_{t+1} = (1-\delta)k_t + i_t \tag{2}$$

ここで，i_t は各時点 t における投資である。

各時点 t におけるキャッシュフローは次のように書ける。

$$z_t k_t^{\alpha} n_t^{\nu} - w_t n_t - i_t \tag{3}$$

ここで w_t は企業が所与とする賃金率である。各時点 t において，企業は生産性 z_t を観測し，雇用量 n_t を選択し，投資 i_t を行う。

利子率は時間を通じて一定であると仮定し r とする。各時点 t における企業の問題は次のようになる。

$$\max_{\{n_{t+s},\, i_{t+s}\}_{s=0}^{\infty}} \quad E_t \sum_{s=0}^{\infty} \frac{1}{(1+r)^s} (z_{t+s} k_{t+s}^{\alpha} n_{t+s}^{\nu} - \omega_{t+s} n_{t+s} - i_{t+s}) \tag{4a}$$

$$\text{s.t.} \qquad k_{t+s+1} = (1-\delta)k_{t+s} + i_{t+s} \tag{4b}$$

この問題は k_t を所与として，各時点で企業は労働と投資を最適に選択し，$1+r$ を割引率として用いた企業の現在価値を最大化していると読める。E は期待値オペレータで，ここでは t 期における条件付き期待値を表す。

さて，こうした企業の問題を解くに際して，まずは労働の最適解を見ていく。労働は各期のキャッ

シュフローに影響を及ぼすのみであるという意味で静学的な問題で，次のような最適解が得られる。

$$n_t = \left(\frac{\nu}{\omega} z_t k_t^{\alpha}\right)^{\frac{1}{1-\nu}} \tag{5}$$

得られた労働の最適解を使って，次のようにキャッシュフローを定式化することが可能となる。

$$\begin{aligned} z_{t+s}k_{t+s}^{\alpha}n_{t+s}^{\nu} - \omega_{t+s}n_{t+s} - i_{t+s} &= z_t k_t^{\alpha}\left(\frac{\nu}{\omega} z_t k_t^{\alpha}\right)^{\frac{\nu}{1-\nu}} - \omega\left(\frac{\nu}{\omega} z_t k_t^{\alpha}\right)^{\frac{1}{1-\nu}} \\ &= \left(\frac{\nu}{\omega}\right)^{\frac{\nu}{1-\nu}} z^{\frac{1}{1-\nu}} k_t^{\frac{\alpha}{1-\nu}} - \omega\left(\frac{\nu}{\omega}\right)^{\frac{1}{1-\nu}} z^{\frac{1}{1-\nu}} k_t^{\frac{\alpha}{1-\nu}} \\ &= (1-\nu)\left(\frac{\nu}{\omega}\right)^{\frac{\nu}{1-\nu}} z^{\frac{1}{1-\nu}} k_t^{\frac{\alpha}{1-\nu}} \end{aligned} \tag{6}$$

したがって，もともとの企業の問題も次のように書き換えることができる。

$$\max_{\{i_{t+s}\}_{s=0}^{\infty}} \quad E_t \sum_{s=0}^{\infty} \frac{1}{(1+r)^s}\left[(1-\nu)\left(\frac{\nu}{\omega}\right)^{\frac{\nu}{1-\nu}} z_{t+s}^{\frac{1}{1-\nu}} k_{t+s}^{\frac{\alpha}{1-\nu}} - i_{t+s}\right] \tag{7a}$$

$$\text{s.t.} \qquad k_{t+s+1} = (1-\delta)k_{t+s} + i_{t+s} \tag{7b}$$

ここで k_{t+1} についての最適化条件は以下のようになる。

$$\alpha\left(\frac{\nu}{\omega}\right)^{\frac{\nu}{1-\nu}} E\left[z_{t+1}^{\frac{1}{1-\nu}}\right] k_{t+1}^{\frac{\alpha-(1-\nu)}{1-\nu}} = r + \delta \tag{8}$$

式(8)において，左辺は標準的な投資理論と同様に資本の限界生産物，右辺は資本のユーザーコストである。さらに式(8)を並べ替えて対数をとると，次のようになる。

$$\begin{aligned} \log k_{t+1} =& \frac{\nu}{1-(\alpha+\nu)} \log\left(\frac{\nu}{\omega}\right) + \frac{1-\nu}{1-(\alpha+\nu)} \log E\left[z_{t+1}^{\frac{1}{1-\nu}}\right] \\ &- \frac{1-\nu}{1-(\alpha+\nu)} \log \frac{(r+\delta)}{\alpha} \end{aligned} \tag{9}$$

式(9)からは，生産性の分散が増加すると最適資本ストックも増加することがわかる（$\frac{\partial \log k_{t+1}}{\partial \sigma} > 0$）。ここでは $\nu < 1$ を仮定しているので，1 行目の第 2 項にあるように $z_{t+1}^{\frac{1}{1-\nu}}$ が z の凸関数であることから，$E[z_{t+1}^{\frac{1}{1-\nu}}]$ が σ の増加に伴って増加するからである（Jensen の不等式）。

このように生産性の分散が増加すると企業の最適な資本ストックが増加することは，「Hartman-Abel 効果」と呼ばれるものに似ている。最近では「Oi-Hartman-Abel 効果」と呼ばれることも多いことから（例えば Leahy and Whited (1996)，Bloom (2014)，Bloom et al. (2018)），本稿でも「Oi-Hartman-Abel 効果」と呼ぶことにする。もともと Hartman (1972) と Abel (1983) が投資に伴う調整費用を勘案したモデルにおいて生産物の価格に関する分散の増加が設備投資の増大につながることを示したもので，「Hartman-Abel 効果」と呼ばれていたものである。Hartman (1972) と Abel (1983) では生産物価格のボラティリティと設備投資の関係を見ている。一方本稿では生産性のボラティリティと最適資本ストックの関係を見ている。こうした差は存在するものの，企業のキャッシュ

フローのボラティリティが上昇すると資本ストックを積み増すという意味では，同様のメカニズムといってよい。

ここでの「Oi-Hartman-Abel 効果」は，キャッシュフローのボラティリティを上昇させる要因である生産性について利潤関数が凸性を有していることに起因する。利潤関数の凸性は，Caballero (1991)や Lee and Shin (2000)で議論されているように，各期において資本ストックは前期に決定した水準に固定され調整できない（time-to-build）一方で，労働は自由に調整できることが要因である。最近の「Oi-Hartman-Abel 効果」に関する説明には生産関数について収穫逓減を仮定することが要因と読める説明があるが，生産関数の収穫逓減は本質的ではない。たしかに式(9)からは，$\nu < 1$ だけでなく，$\alpha + \nu < 1$ が重要な役割を果たすように見えるが，これは最適資本ストックの水準についての話であって，実際，上記の問題から労働を捨象したり，労働も当期には調整不可能（例えば Putty-clay を仮定する）とすれば，生産関数の収穫逓減を仮定したとしても「Oi-Hartman-Abel 効果」はなくなる。そもそも，Hartman (1972)と Abel (1983)では収穫一定の生産関数が仮定されている。

生産関数の収穫逓減が重要な役割を果たすのは，ミクロレベルの企業行動を集計してマクロ経済を分析する際である。まず，生産関数の収穫逓減を仮定せずに収穫一定を代わりに仮定した場合は，企業分布が退化する。すなわち，生産性の 1 番高い企業のみに経済全体のリソースが集中的に配分され，そのほかの企業は存在しなくなるので企業分布はただ 1 つの値をとる（degenerate distribution)。このように，生産関数の収穫逓減は企業分布がマクロ経済にどう影響を与えるかという分析には重要な仮定である。

ほかにも，個別企業の生産活動を集計する際に見られる「再配分効果」と呼ばれるメカニズムには，生産関数の収穫逓減が重要な役割を果たす。以下では労働を除くことで生産技術をより簡略化して，「Oi-Hartman-Abel 効果」を除いたうえで「再配分効果」に着目して議論を進める。

3　マクロ経済への集計

生産技術　まず上述の問題より労働を捨象し，生産関数が資本のみで次のように書けるとする。

$$y_t = z_t k_t^{\alpha} \tag{10}$$

各時点 t における企業の問題は次のようになる。

$$\max_{\{i_{t+s}\}_{s=0}^{\infty}} \quad E_t \sum_{s=0}^{\infty} \frac{1}{(1+r)^s} (z_{t+s} k_{t+s}^{\alpha} - i_{t+s}) \tag{11a}$$

$$\text{s.t.} \qquad k_{t+s+1} = (1-\delta) k_{t+s} + i_{t+s} \tag{11b}$$

上述の最適条件(8)は次のように書き換えられる。

$$\alpha E_t[z_{t+1}]k_{t+1}^{\alpha-1} = r + \delta \tag{12}$$

式(8)と同様に左辺は資本の限界生産物，右辺は資本のユーザーコストであるが，式(12)では $E_t[z_{t+1}]$ であるのに対して式(8)では $E_t[z_{t+1}^{\frac{1}{1-\nu}}]$ であり，生産技術から労働を捨象することで限界生産物が生産性について凸関数でなくなる。式(8)と対照的に，生産性の分散の上昇は $E[z_{t+1}^{\frac{1}{1-\nu}}]$ の上昇につながらないことから，前述のような「Oi-Hartman-Abel 効果」は見られないことがわかる。式(12)を対数をとって整理すると次のようになる。

$$\log k_{t+1} = \frac{1}{1-\alpha}\log E[z_{t+1}] - \frac{1}{1-\alpha}\log\left(\frac{r+\delta}{\alpha}\right) \tag{13}$$

式(13)からも生産性の分散が増加しても最適資本ストックは増加しないことがわかる。

生産性　ここからは企業レベルの生産活動を集計してマクロ経済のパフォーマンスを見ていく。具体的には，式(13)を経済全体で集計していくことであるが，これまでは企業が将来の生産性についてどのように期待を形成するか定式化していなかった。ここで企業の生産性を 1 次の自己回帰モデル（AR(1)）に従うとする。

$$\log z_{t+1} = \rho \log z_t + (1-\rho)\mu + \sigma\varepsilon_{t+1} \tag{14}$$

ここで ε_{t+1} については企業間，時間を通じて独立同分布 (iid) に従う標準正規分布を仮定して，$\varepsilon_t \sim N(0,1)$ とする。生産性の確率分布の定常性を担保するため，$|\rho| < 1$ を仮定する。以下では σ がボラティリティの大きさである。

条件付き期待値　ここでは各時点 t における企業の期待値 $E_t[z_{t+1}]$ について，次のように書ける。

$$\varepsilon_{t+1} \mid I_t \sim N(\tilde{\varepsilon}, \tilde{v}) \tag{15}$$

すなわち，それぞれの企業が将来の生産性 ε_{t+1} についてそれぞれ条件付き期待値，分散を ε，$\tilde{v}$ とする条件付き確率分布を想定している。企業の条件付き期待値をフォーマルに記述すると次のようになる。

$$E[z_{t+1} \mid \tilde{\varepsilon}, \tilde{v}] = e^{\tilde{\varepsilon} + \frac{1}{2}\tilde{v}} \tag{16}$$

生産性と資本ストックの分布　生産性は式(14)に従うとしたので，条件付き期待値については $\tilde{\varepsilon} = \rho\log z_t + (1-\rho)\mu$，条件付き分散については $\tilde{v} = \sigma^2$ であり，これらを式(16)に代入して式(13)を書き換えると次のようになる。

$$\log k_{t+1} = \frac{1}{1-\alpha}\Big(\rho\log z_t + (1-\rho)\mu + \frac{\sigma^2}{2}\Big) - \frac{1}{1-\alpha}\log\left(\frac{r+\delta}{\alpha}\right) \tag{17}$$

$\log z_t$ が正規分布 $N(\mu, \frac{\sigma^2}{1-\rho^2})$ に従うことから，式(14)を踏まえると $\log z$ と $\log k$ が同時正規確率分布に従うことがわかる。なお，生産性と資本ストックについて異質な企業がどのように分布するかは，生産性と資本ストックについての同時確率分布 $\mu(z,k)$ で表し，次の式が成立する。

$$1 = \int\int \mu(dz, dk) \tag{18}$$

ここで，以下で個別企業の生産を集計した総生産を算出する際に使用する同時確率分布（Joint Probability Distribution）のモーメントを計算すると次のようにリストアップできる。

$$\begin{aligned}
E(\log z) &= \mu \\
Var(\log z) &= \frac{\sigma^2}{1-\rho^2} \\
E(\log k) &= \frac{1}{1-\alpha}\big(\rho E(\log z_t) + (1-\rho)\mu + \frac{\sigma^2}{2}\big) - \frac{1}{1-\alpha}\log\left(\frac{r+\delta}{\alpha}\right) \\
&= \frac{1}{1-\alpha}\big(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\big) - \frac{1}{1-\alpha}\log\left(\frac{r+\delta}{\alpha}\right) \\
Var(\log k) &= Var(\frac{\rho}{1-\alpha}\log z) \\
&= \big(\frac{\rho}{1-\alpha}\big)^2 Var(\log z) \\
&= \big(\frac{\rho}{1-\alpha}\big)^2 \frac{\sigma^2}{1-\rho^2} \\
Cov(\log z, \log k) &= Cov(\log z_{t+1}, \log k_{t+1}) \\
&= Cov\Big(\rho\log z_t + (1-\rho)\mu + \varepsilon_{t+1}, \frac{1}{1-\alpha}\big(\rho\log z_t + (1-\rho)\mu + \frac{1}{2}\sigma^2\big)\Big) \\
&= \frac{1}{1-\alpha}Var(\rho\log z) \\
&= \frac{\rho^2}{1-\alpha}Var(\log z) \\
&= \frac{\rho^2}{1-\alpha}\frac{\sigma^2}{1-\rho^2}
\end{aligned}$$

集計　次に個別企業の生産を集計することで総生産 Y を対数で記述する。

$$\begin{aligned}
\log Y =& \log\int\int zk^{\alpha}\mu(dz, dk) \\
=& \log E[\exp(\log z + \alpha\log k)] \\
=& E[\log z] + \frac{1}{2}Var[\log z] + \alpha E[\log k] + \frac{\alpha^2}{2}Var[\log k] \\
& + \alpha Cov(\log z, \log k)
\end{aligned} \tag{19}$$

導出済みのモーメント，$E[\log z]$, $E[\log k]$, $Var[\log z]$, $Var[\log k]$, ならびに $Cov(\log z, \log k)$ を式(19)に代入すると次のように整理できる。

$$
\begin{aligned}
\log Y =& \mu + \frac{1}{2}\Big(\frac{\sigma^2}{1-\rho^2}\Big) + \frac{\alpha}{1-\alpha}\Big(\mu + \frac{\sigma^2}{2} - \log\Big(\frac{r+\delta}{\alpha}\Big)\Big) \\
&+ \frac{\alpha^2}{2}\Big(\frac{\rho}{1-\alpha}\Big)^2 \frac{\sigma^2}{1-\rho^2} + \alpha\frac{\rho^2}{1-\alpha}\frac{\sigma^2}{1-\rho^2} \\
\propto& \underbrace{\mu + \frac{1}{2}\Big(\frac{\sigma^2}{1-\rho^2}\Big)}_{\text{(A)}} + \underbrace{\frac{\alpha}{1-\alpha}\Big(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\Big)}_{\text{(B)}} \\
&+ \underbrace{\frac{\rho^2(2-\alpha)\alpha}{2(1-\alpha)^2}\Big(\frac{\sigma^2}{1-\rho^2}\Big)}_{\text{(C)}}
\end{aligned}
\tag{20}
$$

ボラティリティの上昇が総生産に与える影響について，式(20)では3つの効果にわけてみることができる。(A) は $\log E(z)$ で，z が対数正規分布していると仮定しているので，σ にあわせて増加し，経済全体で均した生産性が高まり，すなわち総生産性（TFP）が上昇して総生産量が増加することになる。これを Gourio (2008)にならって「Jensen 効果（TFP）」と呼ぶことにする。[1] (B) は資本ストックの企業間平均であるが，企業間で異なる条件付き期待値 $\log E[z_{t+1}]$ を均したものが反映され，これも z が対数正規分布していると仮定していることから σ にあわせて増加する。平均で見た企業の最適資本ストックが増加し，結果として総生産高が増加する。これを「Jensen 効果（資本ストック）」と呼ぶことにする。(C) は資本ストックの分布の分散が大きいと総生産が大きくなることを示す。これは Gilchrist and Williams (2005)や Gourio (2008)で議論されているように「再配分効果」と呼ばれるものに類似するもので，「再配分効果」は総生産性（TFP）の変化を通じて総生産に影響を与える。以下はこれを詳細に見ていく。

経済全体の資本ストック水準は次のように表せる。

$$
\begin{aligned}
\log K &= \log \int\int k\mu(dz, dk) = \log E[\exp(\log k)] \\
&= E[\log k] + \frac{1}{2}Var[\log k]
\end{aligned}
\tag{21}
$$

しかるに総生産性（TFP）は次のように整理できる。

$$
\begin{aligned}
\log TFP =& \log Y - \alpha \log K \\
=& E[\log z] + \frac{1}{2}Var[\log z] + \frac{\alpha^2-\alpha}{2}Var[\log k] \\
&+ \alpha Cov(\log z, \log k) \\
=& \mu + \frac{1}{2}\Big(\frac{\sigma^2}{1-\rho^2}\Big) + \frac{\alpha^2-\alpha}{2}\Big(\frac{\rho}{1-\alpha}\Big)^2\frac{\sigma^2}{1-\rho^2}
\end{aligned}
$$

(1)　ここでは解析解を直接計算できるように，z を対数正規分布と仮定したが，例えば正規分布を仮定したり，不確実性やボラティリティが平均保存的拡大（mean-preserving-spread）に増加するように μ を調整すれば，分析の結論を変えずに Jensen 効果を除去できる。

$$
\begin{aligned}
&+\alpha\frac{\rho^2}{1-\alpha}\frac{\sigma^2}{1-\rho^2}\\
=&\underbrace{\mu+\frac{1}{2}\Big(\frac{\sigma^2}{1-\rho^2}\Big)}_{(\mathrm{A})}+\underbrace{\frac{\rho^2\alpha}{2(1-\alpha)}\Big(\frac{\sigma^2}{1-\rho^2}\Big)}_{(\mathrm{C}')} \qquad (22)
\end{aligned}
$$

式(21)には，式(20)に見られた「Jensen 効果（TFP）」が引き継がれているほか (A)，「再配分効果」が Gourio (2008)で示されているものと同様に見られる (C′)。他方，式(20)に見られた「Jensen 効果（資本ストック）」はここでは見られない。まとめると，ボラティリティの上昇は「Jensen 効果（TFP）」と「再配分効果」を通じて総生産性（TFP）を上昇させるほか，「Jensen 効果（資本ストック）」を通じて経済全体の資本ストック水準を増加させることで，最終的な総生産の増加につながる。

4　おわりに

本稿で解説したボラティリティがミクロレベルでも集計レベルでも正の効果しかないという結果は，本稿で展開した基本的なセットアップのみを含むモデルにおいてはそうであるが，既存研究ではボラティリティがミクロレベルならびに集計レベルで負の効果をもたらすメカニズムも指摘されている。例えば，企業レベルの投資の不可逆性による「リアルオプション効果」は広く議論されている。Bertola (1998)，Pindyck (1988)，Bertola and Caballero (1994)，Dixit and Pindyck (1994)，Abel and Eberly (1994)，Abel and Eberly (1996)などを参照されたい。集計レベルでも，Bloom (2009) や Bloom et al. (2018)で示されているように，ボラティリティが大きいほどゼロ投資を行う企業が増え，総投資額と総生産額が減少する。こうした研究では確率的ボラティリティの意味での不確実性が設備投資や総生産へ負の効果を及ぼすことを分析しているが，ベイズ的な意味での不確実性を分析する研究もある。例えば Senga (2018)では，ベイズ的な意味での不確実性であれば，「再配分効果」を打ち消す形で追加的に総生産性および総生産へ負の効果が発生することがわかっている。これら不確実性に関する文献は別の機会に紹介していきたい。

参 考 文 献

Abel, A. B. (1983). Optimal investment under uncertainty. *The American Economic Review*, 73:228–233.

Abel, A. B. and Eberly, J. C. (1994). A unified model of investment under uncertainty. *American Economic Review*, 84:1319–1384.

Abel, A. B. and Eberly, J. C. (1996). Optimal investment with costly reversibility. *The Review of Economic Studies*, 63:581–593.

Bertola, G. (1998). Irreversible investment. *Research in Economics*, 52:3–37.

Bertola, G. and Caballero, R. J. (1994). Irreversibility and aggregate investment. *The Review of Economic Studies*, 61:223–246.

Bloom, N. (2009). The impact of uncertainty shocks. *Econometrica*, 77:623–685.

Bloom, N. (2014). Fluctuations in uncertainty. *The Journal of Economic Perspectives*, 28:153–175.

Bloom, N., Floetotto, M., Jaimovich, N., Saporta-Eksten, I., and Terry, S. J. (2018). Really uncertain business cycles. *Econometrica*, 86:1031–1065.

Caballero, R. J. (1991). On the sign of the investment-uncertainty relationship. *The American Economic Review*, 81:279–288.

Dixit, R. K. and Pindyck, R. S. (1994). *Investment under Uncertainty.* Princeton University Press.

Gilchrist, S. and Williams, J. C. (2005). Investment, capacity, and uncertainty: A putty-clay approach. *Review of Economic Dynamics*, 8:1–27.

Gourio (2008). Estimating firm-level risk. *Boston University mimeo.*

Hartman, R. (1972). The effects of price and cost uncertainty on investment. *Journal of Economic Theory*, 5:258–266.

Leahy, J. V. and Whited, T. M. (1996). The effect of uncertainty on investment: Some stylized facts. *Journal of Money, Credit, and Banking*, 28:14–83.

Lee, J. and Shin, K. (2000). The role of a variable input in the relationship between investment and uncertainty. *The American Economic Review*, 90:667–680.

Pindyck, R. S. (1988). Irreversible investment, capacity choice, and the value of the firm. *The American Economic Review*, 78:969–985.

Senga, T. (2018). A new look at uncertainty shocks: Imperfect information and misallocation. *Queen Mary University of London mimeo.*

中村保 (2003)『設備投資行動の理論』 東洋経済新報社。