

生産設備の取替えとマクロ動学，インフラの役割に関する一考察^{*}

Replacement of Production Facilities, Macrodynamics and Roles of Infrastructure^{*}

横松宗太^{**}・上田孝行^{***}

by Muneta YOKOMATSU^{**} and Taka UEDA^{***}

1. はじめに

動学的最適化問題から設備投資関数を導き出す研究は、Jorgensonによる新古典派投資理論に始まる。しかし新古典派モデルには、最適な資本ストック水準は求められても、そこに至るための最適な動学的投資過程を得ることができないという「Haavelmoの問題」や投資が近視眼的意思決定によって行われるという問題が介在する。それに対して調整費用モデルやヴィンテージモデルは上記の問題を克服するための簡便な定式化を提供し、広く利用されてきた。しかし企業が、インフラストラクチャーとしての生産技術に依存して生産を行う場合、生産技術の変化やそれに伴う時間的・金銭的調整がもたらす影響を従来の調整費用関数を用いて分析するには限界がある。本研究ではショックとして発生する技術の変化に近視眼的に対応していくことがマクロ経済の循環を引き起こす可能性を指摘することを目的とする。

2. 技術の変化と調整費用

設備投資理論の分野において、調整費用モデルを用いた研究には膨大な蓄積がある。調整費用モデルは資本財を準固定(quasi-fixed)生産要素として扱う。すなわちここでは資本購入費用以外に、早期引渡しのためのプレミアムのような、調整速度に依存した余分な費用がかかると想定する。それによって、生産主体が各期の投資をことさらに大きくすることはできないという構造になっている。広く利用されている Uzawa(1969)や Hayashi(1982)の調整費用関数

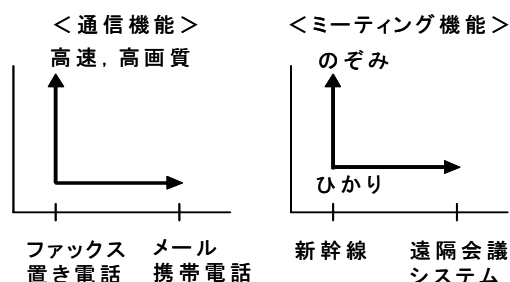


図-1 技術の質に関する2方向の進歩

では、調整費用が既設の資本ストックの減少関数になっている。それによって、ゆっくりと資本を蓄積し、高い資本ストックのうえで次の投資を行ったほうがトータルで調整費用を減らせるという理由により、投資の速度が抑制される原理になっている。ここでは労働者の learning-by-doing によって据付技術が向上することが想定されている。以上のような、設備管理過程では、生産設備の拡充と、労働者の稼働技術の向上が同時に進行する。すなわち設備の性能が向上すると、企業はそれまでの蓄積の上で性能向上の便益を享受することができる。

しかしながら、企業が長期間に亘って操業していく中で、種々の生産環境が従前とは一変するような、技術のドラスティックな進歩が訪れることがある。いま、技術の進歩を図-1.のように表現しよう。図-1.は生産設備の質の変化の方向を模式的に表現している。例に挙げた2つの設備は、生産のインフラストラクチャーに該当する基本的な技術である。「垂直方向の変化」と比較して、「水平方向の変化」は設備や機器の物理的形態が大きく変わっているだけではない。「水平方向の変化」は、1)単なる効用の増加ではなく、他の新しい行動(生産)機会を結合生産する。一方、2)新しい設備を稼働するための技術の学習に時間を要する。3)過去の設備やその設備を稼働するための技術やノウハウがほとんど価値をもたなくなる。本研

^{*}キーワード：計画基礎論，除却，インフラストラクチャー

^{**}正会員 京都大学防災研究所 巨大災害研究センター

(〒611-0011 宇治市五ヶ庄

TEL 0774-38-4279, FAX 0774- 31-8294)

^{***}正会員 東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻

(〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1

TEL/FAX 03-5841-6116)

究では、「水平方向」の技術進歩が内包する2)3)を最も簡単なかたちでモデル化し、それがマクロ経済に循環を引き起こす可能性があることを示す。

技術変化が経済循環を引き起こす問題は、実物的景気循環理論の分野を中心に研究されてきている。実物的景気循環理論は、経済に訪れるショックを生産技術のさまざまな外生的変化に求める点において、財の需要側のショックを強調するマネタリストやケインズ派とは異なる。そこでの伝統的枠組みは動学的な新古典派最適成長理論の応用であり、景気循環の原因は消費の異時点間代替のメカニズムにある。すなわちショックに対応して消費を極端な形で変化させることを避けて徐々に調整を行うことが景気循環を引き起こす原因となっている。同様の数学的構造により、労働供給（余暇）の異時点間代替や調整費用など、モデルになんらかの凸性を導入すれば循環を記述することはできる。例えば、Kydland and Prescott (1982)は建設に要する時間(time-to-build)の存在が経済変動を説明する上で重要な要素となることを示している。それに対して、本研究では、新古典派理論に基づかない線形の枠組みを用いて、施設の除却の段階の存在が循環の原因となりえる構造を示すことを目的とする。

3. モデル

(1) モデルの仮定

無限に亘る離散的な期間を考える。対象とする経済社会には、研究開発セクター（以下、「R&D企業」）と生産セクター（以下、「生産企業」）が存在すると仮定する。また社会には2単位の空間が存在し、全ての空間は企業の生産設備の設置に充てられているものとする。一つの生産設備は1単位の空間を必要とする。

R&D企業は新しいアイデアに基づいて生産設備と、それを稼動するための基盤システムを開発する。基盤システムにはオペレーションシステムの類が該当し、個々の設備を稼動させる企業にとっては外的な使用環境であるものとする。R&D企業は生産設備を市場で売却すると同時に、古い設備を稼動するための基盤システムを撤去する。また、R&D企業は各 t 期において、 $(t-1)$ 期と t 期に開発した2種類の

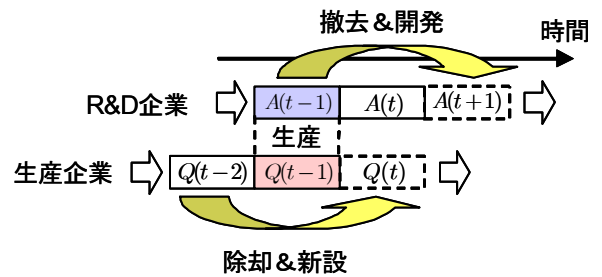


図-2 t 期の生産と設備の取替え

設備を稼動できる状態にするものと仮定する。アイデアの獲得と基盤システムの整備や撤去に費用はかからないものと仮定する。R&D企業は生産企業に新しい設備を購入させ続けるために、古い基盤システムを撤去して使えないようにする戦略をもつ。

一方、生産企業はR&D企業から生産設備を購入し、それに基づいて生産を行う。ただし生産企業は新しい設備の稼動技術を学習するのに1期間を要するものとする。よって生産企業は、R&D企業が $(t-1)$ 期に開発した設備を t 期に稼動させて生産する。なお新しい設備を購入して設置する際には、古い設備を除却して空間を確保する必要が生じる。設備の購入と除却には費用がかかるものとする。図-2.に t 期の生産と除却、新設の関係を示す。

各期のイベントの順序は以下の通りとする。 t 期の期初において、R&D企業に確率的ショックとしてアイデア $A(t)$ が到着する（時点a）。 $A(t)$ は確率変数であり、「水平方向」の質を表し、数量的な意味をもたないものとする。R&D企業は、アイデア $A(t)$ に対応した設備 $Q(t)$ を生産する（時点b）。 $Q(t)$ は「垂直方向」の質を表し、生産能力を表すスカラーであるとする。次いで生産企業は $A(t)$ を学習する（時点c）。学習には1期間を要する。期末に生産企業は設備 $Q(t-2)$ を除却して、 $Q(t)$ を購入し、設置する（時点d）。また t 期を通じて設備 $Q(t-1)$ によって生産が行われる。 t 期末にR&D企業は技術 $(A(t-1), Q(t-1))$ の基盤システムを撤去する（時点e）。

以上のプロセスは以下の方程式体系で表される。

$$Y(t) = C(t) + I(t) + R(t) \quad (1a)$$

$$Y(t) = \alpha Q(t-1) + L, \quad L, \alpha > 0 \quad (1b)$$

$$C(t) = \gamma Y(t), \quad 0 < \gamma < 1 \quad (1c)$$

$$I(t) = Q(t) \quad (1d)$$

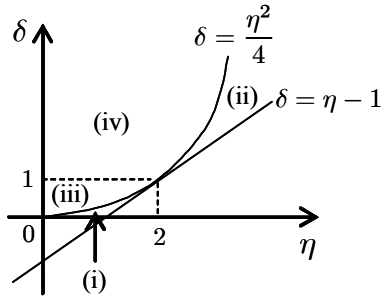


図-3 経済環境の場合分け

$$R(t) = \delta Q(t-2), \quad \delta > 0 \quad (1e)$$

$Y(t)$ は産出, $C(t)$ は消費, $I(t)$ は投資, $R(t)$ は除却を意味する. 式(1a)は t 期の総生産の支出面の関係を表している. また, 式(1b)の右辺は生産関数を表している. L は生産設備の質とは独立に得られる産出を表し, 一定であると仮定する. 式(12b)は, 経済は毎期生産の一定の割合を消費することを意味している. γ は消費性向を表し, $0 < \gamma < 1$ の定数である. 式(1d)は, 投資がR&D企業が設備を生産する費用, かつ生産企業がそれを購入する費用に一致することを意味する. 式(1e)は $(t-2)$ 期に設置した設備の除却費用を表している. $L, \alpha, \gamma, \delta$ は一定であるとする. いま, 定常状態における正の産出を保証するために以下の関係を仮定する.

$$\delta > \alpha(1-\gamma) - 1 = \eta - 1 \quad (2)$$

ただし $\eta \equiv \alpha(1-\gamma)$ とおく.

(2) 動学過程

方程式体系(1a)-(1e)を整理すると以下の2階線形差分方程式を得る.

$$Y(t+1) - \eta Y(t) + \delta Y(t-1) - (1+\delta)L = 0 \quad (3)$$

非同次方程式の特殊解として以下の Y^* を得る.

$$Y^* = \frac{(1+\delta)L}{(1+\delta) - \eta} \quad (4)$$

Y^* はマクロ動学の定常解に相当する. $y_t \equiv Y(t) - Y^*$ とおくと, 式(3)は以下の同次方程式に変換される.

$$y_{t+1} - \eta y_t + \delta y_{t-1} = 0 \quad (5)$$

特性方程式と特性根は以下のように導かれる.

$$\lambda^2 - \eta\lambda + \delta = 0 \quad (6a)$$

$$\lambda_{1,2} = \frac{\eta \pm \sqrt{\eta^2 - 4\delta}}{2} \quad (\lambda_1 \geq \lambda_2 > 0) \quad (6b)$$

経済の動学は以下のように分類される. はじめに, 仮定(2)かつ $\delta < \eta^2/4$ のとき, λ_1, λ_2 は実数となり,

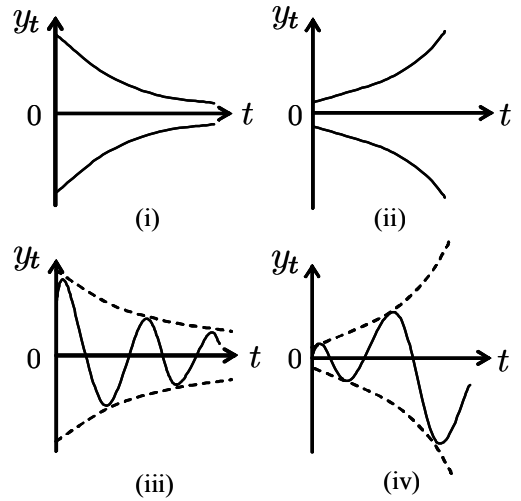


図-4 経済の動学

解は次式を満足する.

$$y_t = B_1 \lambda_1^t + B_2 \lambda_2^t \quad (7)$$

B_1, B_2 は, 境界条件として2時点の y_t の値を代入することにより決定する. このケースの解の性格は λ_1 の値によって支配される. $0 < \lambda_1 < 1$ の場合, すなわちパラメータ (η, δ) が図-3.の(i)の領域にあるとき, 図-4.(i)に示すように, 経済は $y_t = 0$ すなわち $Y(t) = Y^*$ に向かって収束する. 一方, $\lambda_1 > 1$ の場合, すなわち図-3.の(ii)の領域において, 図-4.(ii)に示すように, y_t は発散する. 次に, $\delta = \eta^2/4$ のとき, 特性根は $\lambda_1 = \lambda_2 = \eta/2$ の重根となり, 解は次式で表される.

$$y_t = (B_3 + tB_4) \left(\frac{\eta}{2}\right)^t \quad (8)$$

したがって, $\eta < 2$ の場合, 図-4.(i)と同様に経済は収束し, $\eta > 2$ の場合, 図-4.(ii)と同様に発散することになる. 最後に, $\delta > \eta^2/4$ のとき, 解は次式で表される.

$$y_t = B_5 \delta^{\frac{t}{2}} \cos(\theta t + \varepsilon) \quad (9)$$

ただし $\tan \theta = \sqrt{(4\delta/\eta^2) - 1}$ であり, B_5, ε は境界条件より決まる. したがって, $\delta < 1$ の場合, すなわちパラメータ (η, δ) が図-3.の(iii)の領域にあるとき, 図-4.(iii)に示すように, 経済は循環しながら収束する. そして, $\delta = 1$ の場合, 経済は一定の振幅で循環し, $\delta > 1$ の場合, すなわち図-3.の(iv)の領域においては, 図-4.(iv)に示すように, 経済は循環しながら発散することになる.

(3) 考察

パラメータ $\eta = \alpha(1 - \gamma)$ は、取り替えられる生産設備の生産性 α が大きいほど、消費性向 γ が小さいほど、換言すると貯蓄性向 $(1 - \gamma)$ が大きいほど大きい。図-3、図-4より、 η が大きいとき、初期の y_t が正の場合には、経済は単調に成長する。それに対して、除却コスト δ が η と比較して大きいときには、経済は循環することがわかる。

比較のため、除却コストがかからない場合を考えよう。 $\delta = 0$ のとき、方程式体系(1a)-(1e)は次式に集約される。

$$Y(t+1) - \eta Y(t) - L = 0 \quad (10)$$

定常解 Y_0^* と、 $y_{0t} \equiv Y(t) - Y_0^*$ の動学は以下のよう
に与えられる。

$$Y_0^* = \frac{L}{1 - \eta} \quad (11a)$$

$$y_{0t} = \eta^t y_{00} \quad (11b)$$

$Y_0^* > 0$ を保証するためには $0 < \eta < 1$ を仮定する必要があり、このとき式(11b)より経済は Y_0^* に収束することになる。また $\eta > 0$ なので経済が循環することはない。

以上より、 $(t - 2)$ 期に設置した設備を t 期に費用をかけて除却するプロセスが、経済の循環を作り出すことがわかる。未開拓な土地が十分に残された社会では、使われなくなった設備は放置しておくことも可能である。しかしながら、都市部のように、空間が飽和状態に近づき、古い設備を処分しなければ新しい設備を導入することができないようになってくると、経済が循環を起こす可能性が生まれる。それに対して、除却コストの低減は経済の安定に寄与することになる。

4. バッファシステムとしてのインフラストラクチャー

R&D企業が提供する技術と基盤システムは社会におけるインフラである。本モデルではR&D企業が利潤追求の行動原理をもつと仮定して、每期、古い基盤システムを撤去すると仮定した。一方、社会を安定化するためのインフラも存在する。そのようなインフラ整備は主として政府の役割と考えられる。

いま、 $(t - 2)$ 期に設置され、 $(t - 1)$ 期末に撤去されようとしている基盤システムを、政府が企業から買

い取って $(t + 1)$ 期にも運営する場合を考えよう。このとき生産企業は時点 d において、 t 期に、 $Q(t - 2)$ を撤去して $Q(t)$ を購入するか、 $Q(t - 2)$ を残して $(t + 1)$ 期にも $Q(t - 2)$ によって生産を行うかの選択をすることができる。生産企業の問題は以下のように表される。

$$\alpha Q(t) \geq \alpha' Q(t - 2) \text{ のとき}$$

$$I(t) = Q(t), \quad R(t) = \delta Q(t - 2) \quad (12a)$$

$$\alpha Q(t) < \alpha' Q(t - 2) \text{ のとき}$$

$$I(t) = 0, \quad R(t) = 0 \quad (12b)$$

ただし α' は政府が基盤システム $A(t - 2)$ を運営したときの $Q(t - 2)$ の生産性を表す。

また、政府が常に一定の生産を保証するようなインフラストラクチャー G を整備することも考えられる。この場合、生産企業の生産は $Y_{\min}(t) = G + L$ が保証され、 $\alpha Q(t) > G$ のときのみR&D企業が提供する設備に投資することになる。以上のような政策的介入を通じて経済の循環を緩和することができる。分析結果については講演時に発表する。

5. おわりに

本研究では、新しい技術の学習に時間を要し、古い設備の撤去に費用が発生する場合に経済が不安定になる可能性について指摘した。前章では生産企業の選択問題に関する大まかなアイデアについて記したが、今後は企業の視野の長さ等、より厳密なミクロ的基礎について検討する必要がある。また、2階差分方程式のみならず、他の形態のモデル化を行っても類似の帰結が得られるかどうかについても検討する必要がある。また、実証的観点からも研究の着眼点やモデルの有用性を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 朱保華：投資関数の理論，九州大学出版会，1995。
- 2) Uzawa, H.: Time Preference and the Penrose Effect in a Two-Class Model of Economic Growth, *Journal of Political Economy*, Vol.77, pp.628-652, 1969.
- 3) Hayashi, F.: Tobin's marginal q and average q; A neoclassical interpretation, *Econometrica*, Vol.50, pp.213-224, 1982.
- 4) Kydland, F.E. and Prescott, E.C.: Time to Build and Aggregate Fluctuations, *Econometrica*, Vol.50, No.6, pp.1345-1370, 1982.
- 5) 大瀧雅之：景気循環の理論，東京大学出版会，1994。