Putty-Clay投資関数について

朱, 保華

https://doi.org/10.15017/2920767

出版情報：経済論究. 77, pp.55-71, 1990-07-27. 九州大学大学院経済学会

Putty-Clay 投資関数について

朱　　　保　　華

投資理論の実証分析は六十年代から七十年代にかけて，主に二つの理論によって支えられてきた。一つは加速度原理およびその修正された原理（これを加速度原理とよんでおく）であり，他は D. W. Jorgenson 一派の新古典派投資理論である。両学派の投資のメカニズムについての論争は結局，生産水準と相対価格が投資水準に与える影響の見方に帰着している。加速度原理派においては，相対価格よりむしろ生産水準のほうが投資に与える影響が大きいということから，投資関数に相対価格の要因が導入されなくてもよいのではないかという主張がある。これに対して，新古典派は生産水準と相対価格の両方は投資水準に影響を与えると考えるので，積極的に投資関数に相対価格の要因を入れる。しかしながら，新古典派の投資理論の中には，相対価格・生産水準が資本ストックの短期調整に異なる影響を与えるようなメカニズムはなにも含まれていない。Jogenson の新古典派投資理論においては，資本財据付けの前と後で，生産要素間の代替可能性が自由であるという，いわゆる Putty-Putty 技術が仮定される。これに対して，資本財据付け後の要素間代替可能性はそれ以前に比べると，低くなるとする Putty-Clay 技術もある。現実には，Putty-Clay 技術は Putty-Putty 技術より，もっとわれわれの現実感覚に近いとおもわれる。また，Putty-Clay 技術による投資関数は Putty-Putty のそれとちがうので，投資関数の実証分析において，Putty-Clay 仮説の検証もわれわれの一つの課題と考えられる。本論において，この視点から，C. W. Bischoff の研究結果をふまえて，日本のデータを利用し，Putty-Clay 仮説の現実性を検証したい。

I モデルの説明

まず，われわれのモデルでは，相対価格，資本コストなどは生産設備のレンタル（rent）に集約される，と仮定される。長期的に，企業の設備需要はこの設備レンタルの関数であると考えられる。また，この設備レンタルは，実際設備の提供するサービスの料金とも考えられる。

Putty-Clay モデルの場合，企業が投資決定を行なうとき，生産要素比率の問題を考えなければならない。生産要素比率が資本・産出比率に関係しており，生産要素比率が決まると，資本・産出比率も決まる。企業が投資計画を立てるとき，将来の産出量と資本・産出比率を予測し，これらにもとづいて，投資額を決める。以下は，この考えに沿って，モデルを定式化していくことにする。

われわれは，ある期の設備需要はその期の望ましい生産能力（capacity）の変化分と生産能力の更新需要の和である，と仮定する。設備レンタルに含まれる要因の変化は，もちろん企業の投資にも影響を与える。しかしながら，レンタルの変化が投資に影響を与える時間的ラグ構造は生産能力の変化と異なると思われる。つまり，ここでは，レンタルに相対価格が含まれるので，相対価格の変化が投資に与える影響の時間的ラグ構造は企業の望ましい生産能力の変化が投資に与える影響のそれと違う，とするのである。

企業は t 期に $t+\eta$ 期の投資を決定し，発注しなければならない。しかも，t 期に注文した設備を入手してから，直ちに生産過程に使うことができ，設備の据付け時間を無視することは差し支えない，と仮定する。一定の時点では，企業は手元に一定量の設備をもつ。これらの設備の年齢構成は普通いろいろ異なるものである。いま，設備の年齢構成にも関わらず，ある時点で，これらの設備はある固定の資本・労働比率で労働と結び付き，一定の産出量を生み出すと仮定される。すなわち，ここでは，事前（ex ante）の生産要素間の代替性は認めるが，事後（ex post）の生産要素間の代替性は認めないことにする。通常，それぞれの設備は一定の労働と結合してから，はじめて一定の産出量を

生み出す。ここで，設備の産出量は設備の生産能力と定義される。新投資がない t 期において，設備生産能力の合計を Q_t とする。

事後の生産要素間の代替性が認められないので，資本・労働比率は，既存の設備構成が変わらない限り，変化することができないと仮定する。このとき，企業は固定的生産要素比率のもとで，生産のコストを最小化するように努力する。この場合，企業にとって二つの問題がある。一つは $t+\eta$ 期の生産に対応する生産能力の増加分の決定である。一つは増加する生産能力に応じる新しい生産要素比率（資本・労働比率）の決定である。通常，この二つの意志決定は同時に行われるわけであるが，ここでは，モデルの特定化が簡単になるように，二つの意志決定は別々に行われると仮定する。

まず，生産能力の増加が決まったとき，最適生産要素の比率の決定問題を考えてみる。設備が据付けられてから，生産過程を退出するまでの期間において，相対価格が絶えず変化しても，企業は，すぐそれに応じる最適な生産要素比率を選択して，実際の生産過程に移すのはほとんど不可能である。生産要素比率の選択問題を簡単化するために，われわれが設備の準レンタルは指数的に逓減すると仮定する。この仮定は設備生産能力の物理的減耗，賃金水準の変動，産出物の価格の変動などによるものである。設備の最初レンタルは $c(0)$ であり，指数的に逓減すると仮定しよう。数式で表わすと，

$$c(t)=c(0)exp(-\delta t) \tag{1}$$

設備の経済寿命において，レンタルの流れの割引後の現在値は次式で表現できる。

$$\int_0^t exp(-rt)c(0)exp(-\delta t)dt \tag{2}$$

ここで，δ は資本の減価償却費，r は割引率である。いま，新資本財の現在価格は q であるとすると，資本財による資本サービスのレンタル流列の割引現在値の合計が新資本財の価格 q と等しくなるように，最適資本のレンタル $c^*(0)$ がつぎの式で決まる。

$$\int_0^\infty exp(-rt)c^*(0)exp(-\delta t)dt=q \tag{3}$$

上式を計算すると，次式を得る。

$$c^*(0)=q(\delta+r) \tag{4}$$

産出高と生産技術との関係をよりいっそう明確に表すために，生産関数が存在する，と仮定する。いま，生産関数のなかで，よく使われる Cobb-Douglas 生産関数を用いて，生産技術と産出高の関係を表わすことにする。周知の Cobb-Douglas 生産関数はつぎのようなものである。

$$Q_t=AL_t^{\alpha}K_t^{\beta} \tag{5}$$

ここで，Q は産出高であり，K は資本投入であり，L は労働投入である。いま，問題を簡単化するために，資本財が据え付けられ，生産能力になってから，生産能力がなくなるまでのあいだに相対価格が変化しない，と仮定する。資本財の生産能力変化は資本コストによって，表わされる。企業が一定の生産技術のもとで，生産コストを最小化するから，生産要素の単位サービス価格がわかれば，企業がある生産関数のもとでの生産コストを最小化する問題は次のように定式化することができる。

$$cost=c_tK_t+w_tL_t+\lambda(Q_t-AL_t^{\alpha}K_t^{\beta}) \tag{6}$$

最適化の一階必要条件から，それぞれ資本財について，

$$c_t=\lambda\beta\frac{Q_t}{K_t} \tag{7}$$

労働について，

$$w_t=\lambda\alpha\frac{Q_t}{L_t} \tag{8}$$

が成立する。ここで，w は賃金率であり，λ は Lagrangian 乗数である。

上の二つの式から，生産要素の投入量とサービス価格の間には，次の関係が成り立つことがわかる。

$$\frac{L_t}{K_t}=\frac{\alpha c_t}{\beta w_t} \tag{9}$$

上式によれば，生産要素の比率が各生産要素の分配率にかかわるから，各生産要素の分配率が定まらないと，生産要素比率も決まらない。結局，生産要素の分配率の変化径路がわからなければ，生産要素比率の変化径路もわからない。もちろん，各生産要素の分配率が同じ変化径路をたどった場合，生産要素

比率は変化しない，と推測できる。また，各生産要素の測定にあたって，生産要素の測定単位も問題になる。たとえば，労働投入を測るとき，単位は単なる人時であるか，あるいは教育水準調整済み人時であるか。これらの厄介な問題を避けるために，いくつかの仮定を設けることができる。しかしながら，モデルにより一般性をもたせるように，できるだけ，仮定を少なくしたほうがよいとおもわれる。ここでは，仮定を減らすために，Lagrangian 乗数の経済解釈を用いることにする。実際には，Lagrangian 乗数は企業の平均生産コストに関係がある。

いま，企業の生産コストを考えることにする。

$$cost=c_tK_t+w_tL_t \tag{10}$$

最適化の条件から，サービス価格の関係式を(10)式に代入すると，

$$\begin{aligned}cost&=\lambda\beta Q_t+\lambda\alpha Q_t\\&=\lambda(\alpha+\beta)Q_t\end{aligned} \tag{11}$$

規模に関する収穫不変という仮定（$\alpha+\beta=1$）のもとで，

$$cost=\lambda Q_t \tag{12}$$

となり，結局，λ は平均生産コストになる。

不完全競争の場合において，企業は定価政策を mark-up 政策にとる可能性が十分ありうる。いま，mark-up 率を m とすると，企業の生産物価格は次のように決まる。

$$p_t=\lambda m \tag{13}$$

生産物価格 p_t と mark up 率 m との関係を用いると，資本財と生産能力の比率は次のように書ける。いま，

$$\frac{K_t}{Q_t}=\frac{\lambda\beta}{c_t} \tag{14}$$

これからの叙述を簡単化するために，t 期の生産関数による資本財と生産能力の比率をつぎのように定義することにする。

$$\frac{K_t}{Q_t}\equiv V_t \tag{15}$$

(13)式を(14)式に代入すると，次式を得る。

$$V_t=\frac{\beta p}{cm} \tag{16}$$

しかしながら，現実において，価格が変化しないことはあり得ないだろう。価格の変化する現実においては，この変わりつつある資本・生産能力の比率をもって，企業の資本財の変化を予測するのは適切であろう。企業は変わりつつある資本・生産能力比率を追って，そのつど投資を行うわけにはいかない。企業はやはりある規則に基づいて，固定的資本・生産能力比率に沿って，投資額を決めるであろう。この場合，資本・生産能力比率を決める簡単な規準として，企業は今までの資本・生産能力比率に基づいて，将来の資本・生産能力比率を予測すると考える。予測関数として，将来の資本・生産能力の比率 V^* は過去の資本・生産能力比率の加重関数である，と考えられる。そうすれば，つぎの式が得られる。

$$V^*=\sum_{k=0}^{\infty}\chi_k V_{t-k} \tag{17}$$

ここでは，加重係数 χ_k の和を一とする仮定がおかれる理由はないのではないかと考える。もちろん，これは現実世界を大いに簡単化した結果である。望ましいことは利子率，資本財の価格等の変化を明示的にモデルに入れて，資本・生産能力比率の関数を導き出すことであるが，もしそうすれば，モデルは複雑すぎて，簡単に操作できないから，これを実証分析に応用できないおそれがある。

いま，企業の $t+\eta$ 期においての生産能力の粗増加を考える。ここでは，生産能力の粗増加ということは，企業の生産能力の更新分と純増加分の和を指している。まず，企業の生産能力の更新分をさておいて，生産能力の純増加を考えることにする。$t+\eta$ 期の企業の生産能力の純増加は，企業が $t+\eta-1$ 期の望ましい生産能力と $t+\eta$ 期の望ましい生産能力の差である，とされる。いま，$t+\eta$ 期の企業の望ましい生産能力 QK^* はだいたいその期の計画産出量 Q^* と比例すると仮定される。すなわち，望ましい生産能力はつぎのように定式化される。

$$QK^*_{t+\eta}=\zeta^*Q^*_{t+\eta} \tag{18}$$

ここでは，ξ^* は一より大である。いま，計画産出量は過去の産出量の加重関数であると考えられるから，$t+\eta$ 期の計画産出量は，

$$Q^*_{t+\eta}=\sum_{i=0}^{\infty}\xi_i Q_{t-i} \tag{19}$$

となる。これに対応して，望ましい生産能力の変化は，

$$QK^*_{t+\eta}-QK^*_{t+\eta-1}=\zeta^*\sum_{i=0}^{\infty}\xi_i[Q_{t-i}-Q_{t-i-1}] \tag{20}$$

となる。企業にとって，異なる設備は注文から入手までそれぞれ異なる時間がかかるので，時間的遅れ η もこれに対応して異なる。マクロレベルのモデルを導出するとき，実際の生産能力の純増加を過去各期の望ましい生産能力の純増加の加重関数として考えることは適当である。そうなると，実際の生産能力の純増加は，

$$QK_t-QK_{t-1}=\zeta^*\sum_{i=0}^{\infty}\sum_{j=0}^{\infty}\xi_i\varphi_j(Q_{t-i-j}-Q_{t-i-j-1}) \tag{21}$$

と表わされる。ここでは，係数 ϕ_j の和が一である，と仮定される。ϕ_j は t 期に注文し，$t+j$ 期に実際生産過程に投入した割合である。この式はもう一回書き直すと，

$$QK_t-QK_{t-1}=\zeta^*\sum_{k=0}^{\infty}\phi_k[Q_{t-k}-Q_{t-k-1}] \tag{22}$$

となる。この式を QK_t の差分方程式に直せば，次のような解が得られる。

$$QK_t=\zeta^*\sum_{i=0}^{\infty}\phi_k Q_{t-k}+Constant \tag{23}$$

上の式における *Constant* は任意の定数であり，実際生産能力の望ましい生産能力に等しい均衡状態においては，ゼロである。上式は，時系列の相関がない理想の状態では，現在の生産能力は過去の産出水準の関数で近似することができる，ということを意味する。マクロレベルの望ましい生産能力は過去の産出水準の関数であることが考えられる。

更新投資について，これまでの研究によれば，生産能力の更新投資が現在の

生産能力の一定割合δで行われるという仮定は妥当なもののようである。生産能力の粗増加 I_{QK} は生産能力の純増加と更新の和で，次のように定式化することができる。

$$I_{QK}=QK_t-QK_{t-1}+\delta QK_{t-1} \tag{24}$$

(23)を利用して，次のような式を得る。

$$I_{QK}=\zeta_*\sum_{k=0}^{\infty}\phi_k[Q_{t-k}-Q_{t-k-1}]+\delta\zeta^*\sum_{k=0}^{\infty}\phi_k Q_{t-k-1} \tag{25}$$

ここの概念上の生産能力 QK は普通投資関数で用いられる生産能力と同じである。しかしながら，この更新投資の取り扱いによって，生産能力更新の投資額は過去の投資額に依存するわけではなく，相対価格に依存するようになる。

企業の投資財需要は生産能力の増加に対応している。生産能力の粗増加がわかれば，資本・生産能力比率を用いることにより，投資関数を導き出すことができる。投資財の需要を決定するとき，どのような資本・生産能力比率を用いるかは重要な問題である。投資計画を立てるとき，われわれは V^* を最適資本・生産能力比率とみなし，それに望ましい生産能力の粗増加を乗じて，投資関数を導き出す。いま，望ましい生産能力の純増加は(20)式で与えられる。生産能力の更新は前期の望ましい生産能力の一定の割合δで行われれば，$t+\eta$ 期の望ましい生産能力の粗増加は，

$$\begin{aligned}I^*_{QK}&=\zeta^*\sum_{i=0}^{\infty}\xi_i(Q_{t-i}-Q_{t-i-1})+\delta\zeta^*\sum_{i=0}^{\infty}\xi_i Q_{t-i-1}\\&=\zeta^*\sum_{i=0}^{\infty}\xi_i[Q_{t-i}-(1-\delta)Q_{t-i-1}]\end{aligned} \tag{26}$$

これに対応して，$t+\eta$ 期の計画投資支出 $I^*_{t+\eta}$は，

$$I^*_{t+\eta}=\zeta^*\sum_{k=0}^{\infty}x_k V_{t-k}\sum_{i=0}^{\infty}\xi_i[Q_{t-i}-(1-\delta)Q_{t-i-1}] \tag{27}$$

と表わされる。

実際の投資支出と計画の投資支出のあいだには，Lag 構造が導入されると，実際の投資支出は過去の産出水準と相対価格の関数になる。

$$I_t=\zeta^*\sum_{j=0}^{\infty}\sum_{k=0}^{\infty}\sum_{i=0}^{\infty}\varphi_j\chi_k\xi_i V_{t-k-j}[Q_{t-i-j}-(1-\delta)Q_{t-i-j-1}] \tag{28}$$

この式は次のような式,

$$I_t=\zeta^*\sum_{j=0}^{\infty}\sum_{i=0}^{\infty}\beta_{ij}V_{t-i}Q_{t-j} \tag{29}$$

で表わす一般型の特殊例として考えられる。

この場合，β_{ij} ともとの方程式における係数 φ，χ，ξ との関数は次のようになる。

$$\beta_{ij}=\sum_{k=0}^{\min[i,j]}\varphi_k\chi_{i-k}[\xi_{j-k}-(1-\delta)\xi_{j-k-1}] \tag{30}$$

(29)式における β_{ij} は理論上無限的に産出高と相対価格にかかわるものであるが，実際無制約の行列の推定は不可能かつ望ましくない。

(29)式に対する一般的解釈は，設備投資の支出が複雑な産出高，相対価格水準の相互的に作用する時間的遅れ構造の複合体である，ということである。もし産出高，相対価格の水準が毎期ごとに激しく変動しない限り，式(29)は次のように近似できる。

$$I_t=\zeta^*\left[\sum_{i=0}^{n}\lambda_i V_{t-i}\tilde{Q}_t+\sum_{j=0}^{n}\mu_j Q_{t-j}\tilde{V}_t\right] \tag{31}$$

すなわち，$\tilde{Q}_t$ と $\tilde{V}_t$ のところで，漸近展開が行われる。ここでは，$\tilde{Q}_t$ と $\tilde{V}_t$ はそれぞれ $t-n$ 期から t 期までにおける産出高と相対価格の水準である。この解釈のもとに，次のような式も成り立つ。

$$\lambda_i\approx\sum_{j=0}^{n}\beta_{ij}$$

$$=\sum_{k=0}^{i}\delta\varphi_k\chi_{i-k} \tag{32}$$

$$\mu_j\approx\sum_{i=0}^{n}\beta_{ij}$$

$$=\sum_{k=0}^{j}\varphi_k[\xi_{j-k}-(1-\delta)\xi_{j-k-1}] \tag{33}$$

つまり，λ と μ はそれぞれ行列 β_{ij} の行和と列和である。すべての χ と φ の符号は正であると仮定されるので，λ もプラスであると考えられる。しかしながら，μ については，最初の μ_i はプラスであろうと思われるが，その他の μ の符号は不定である。ふつう，はじめの μ はプラスであり，そのあとの μ はマイナスになる可能性も有り得る。すなわち，μ の符号は，最近の産出高は投資支出にプラス影響を与えるが，かなり前の産出高は投資支出にマイナス影響を与える可能性が有り得る，ということを意味する。ある産出高のもとに，過去の産出水準が高ければ高いほど，今の産出増加が小さいから，投資額も小さくなる。λ の符号は，相対価格が投資支出に与えるプラス影響を示すものである。λ と μ がこのような符号パターンをもつのはこのモデルで，事後の生産要素の代替性がないからである。このモデルにおいては，投資財の需要は産出高だけではなく，相対価格水準にも影響される。相対価格については，加速度効果がないわけである。

いま，われわれは仮定の ξ，χ，φ 数値のもとにして，行列 β_{ij} の数値例をあげることにする。δ は0.12にするが，ξ，χ，φ の仮定値は次のとおりである。

$$[\xi_0, \xi_1, \xi_2, \xi_3] = [0.4, 0.3, 0.2, 0.15]$$

$$[x_0, x_1, x_2, x_3] = [0.4, 0.3, 0.2, 0.1]$$

$$[\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3] = [0.2, 0.3, 0.2, 0.2]$$

このとき，行列 β_{ij} の数値は次のとおりである。

βij	0	1	2	3	4	5	λj
0	0.032	−0.004	−0.005	−0.002	−0.011	−0.000	0.010
1	0.024	0.045	−0.010	−0.009	−0.011	−0.016	0.023
2	0.016	0.034	0.041	−0.013	−0.015	−0.015	0.047
3	0.008	0.023	0.032	0.023	−0.014	−0.015	0.056
4	0.000	0.012	0.022	0.019	−0.008	−0.009	0.036
5	0.000	0.000	0.012	0.014	−0.004	−0.003	0.019
6	0.000	0.000	0.000	0.008	−0.001	−0.001	0.006
μi	0.080	0.110	0.092	0.040	−0.064	−0.060	0.197

以上のモデルの定式化が標準新古典派投資理論に応用される場合，Putty-Putty という新古典派の理論仮定は配慮されなければならない。新古典派の場

合に，生産要素比率がいつも最適なものである，という仮定が立てられる。

新古典派投資理論の場合，投資計画の決定と投資計画実施とのあいだに，時間的遅れがあることは認められているが，このモデルにおいて，投資計画の決定について Lag がないという仮定はおかれている。このとき，静学的な期待の仮定のもとに，次のような解釈が成り立つ。

$$Q^*_{t+\eta}=Q_t \tag{34}$$

$$V^*_t=V_t \tag{35}$$

t 期の望ましい資本ストック水準 K^*_t は，

$$K^*_t=V^*_tQ^*_{t+\eta}=V_tQ_t \tag{36}$$

望ましい資本ストック水準と実際資本ストック水準との調整過程に，時間的遅れが導入されると，実際資本ストック水準の変化は，

$$K_t-K_{t-1}=\sum_{j=0}^{\infty}\varphi_j[V_{t-j}Q_{t-j}-V_{t-j-1}Q_{t-j-1}] \tag{37}$$

である。これに対応して，t 期の実際資本ストック水準は，

$$K_t=\sum_{j=0}^{\infty}\varphi_jV_{t-j}Q_{t-j} \tag{38}$$

である。更新投資が資本ストック水準の一定割合 δ で行われる仮定のもとに，t 期の粗投資は，

$$I_t=\sum_{j=0}^{\infty}\varphi_j[V_{t-j}Q_{t-j}-V_{t-j-1}Q_{t-j-1}]+\delta K_{t-1} \tag{39}$$

であり，(38)式を(39)式に代入すれば，

$$\begin{aligned}I_t&=\sum_{j=0}^{\infty}\varphi_j[V_{t-j}Q_{t-j}-V_{t-j-1}Q_{t-j-1}]+\delta\sum_{j=0}^{\infty}\varphi_jV_{t-j-1}Q_{t-j-1}\\&=\sum_{j=0}^{\infty}\varphi_j[V_{t-j}Q_{t-j}-(1-\delta)V_{t-j-1}Q_{t-j-1}]\end{aligned} \tag{40}$$

が得られる。しかしながら，この特定化において，係数 δ と φ_j の関係を考えてみると，(40)式における設備投資の平均 Lag の長さは $\frac{1}{\delta}$ であり，現実性を

欠く。これは，生産要素の事後代替性と静学的な期待の仮説とをいっしょに用いているからである。もちろん，この二つの仮説をいっしょにモデルに入れ込む理由はないであろう。いま，相対価格と産出高が異なる Lag 構造をもつように，静学的な期待仮説を外す必要性がある。さらに，静学的な期待仮説は実際にどのくらい現実に合うかという問題もある。それで，われわれは新古典派モデルをくむとき，静学的な期待仮説を用いないことにする。静学的な期待仮説のかわりに，われわれは次の仮説を使うことにする。

$$Q^*_{t+\eta}=\sum_{i=0}^{\infty}\xi_i Q_{t-i}Q_{t-i} \tag{41}$$

$$V^*_t=\sum_{k=0}^{\infty}\chi_k V_{t-k} \tag{42}$$

前と同じく，次のような式は導出できる。

$$I_t=\sum_{j=0}^{\infty}\sum_{k=0}^{\infty}\sum_{i=0}^{\infty}\varphi_j\chi_k\xi_i[V_{t-k-j}Q_{t-i-j}-(1-\delta)V_{t-k-j-1}Q_{t-i-j-1}] \tag{43}$$

この式は次のような式，

$$I_t=\zeta^*\sum_{j=0}^{\infty}\sum_{i=0}^{\infty}\beta_{ij}V_{t-i}Q_{t-j}$$

の特殊例として考えられる。ここで，係数 β_{ij} は，

$$\beta_{ij}=\sum_{k=0}^{\min[i,j]}\varphi_k[\chi_{i-k}\xi_{j-k}-(1-\delta)\chi_{i-k-1}\xi_{j-k-1}] \tag{44}$$

ように定義される。この場合，$\chi_{k+1}\geqq(1-\delta)\chi_k$ である特殊例以外に，行列 β_{ij} の行和 λ_j は，Putty-Clay と同じ符号パターンをもたなくなる。いま，前とおなじ δ，ξ，χ，φ の仮定値をもとにして，新古典派場合の β_{ij} の数値は次のとおりである。

βij	0	1	2	3	4	5	λj
0	0.032	0.024	0.016	0.012	0.000	0.000	0.084
1	0.024	0.038	0.027	0.019	0.007	0.000	0.115
2	0.016	0.027	0.025	0.018	0.008	0.002	0.096
3	0.008	0.016	0.016	0.001	−0.002	−0.003	0.035
4	0.000	0.005	0.007	−0.003	−0.031	−0.024	−0.046
5	0.000	0.000	0.001	−0.004	−0.024	−0.018	−0.045
6	0.000	0.000	0.000	−0.003	−0.016	−0.012	−0.030
μi	0.080	0.110	0.092	0.040	−0.057	−0.055	0.210

以上の討論から，われわれは次のことがわかる。すなわち，新古典派のPutty-Puttyの場合において，VとQの期待値が過去のV_tとQ_t観測値をもとに形成されており，行和と列和の符号は，はじめはプラスから，後でマイナスにかわる。これは一般的Putty-Clayの場合の状況と対照的である。

Ⅱ　モデルの推定と分析結果

モデルを推定する前に，実証分析に使うデータについて，必要な説明を行う。相対価格要素について，モデルにおいては，次のように定義されるが，

$$V=\frac{\beta p}{cm}$$

実際実証分析のとき，生産要素の分配率とmark-up率データの入手可能性の問題を考えてみると，そのまま定義のとおり，相対価格要素は実証分析に使われない。われわれは，データ入手可能性の制約のもとに，実証分析を進めていくことしかできない。ここでは，われわれが検証したい投資関数におけるPutty-PuttyとPutty-Clayの問題をもう一度考えてみると，問題のつまるところはβ_{ij}行列の行和λと列和μの符号を検証することである。いま，生産要素の分配率とmark-up率が両方ともにプラスであることもわかっているので，生産要素の分配率とmark-up率が相対価格要因の定義から外されても，数値の大きさには多少影響を与えるが，λとμ符号にはほとんど影響を及ぼさないのである。結局，相対価格要因は次のように定義しなおされても，さしつ

かえないであろう。

$$V=\frac{p}{c} \tag{45}$$

理論上，Putty-Clay 仮説を検証するとき，すべての β_{ij} を推定することができれば，いちばんいいのであるが，実際には，分析手法およびデータの制約なので，一部の β_{ij} を推定することしかできない。この論文においては，われわれは，検証したいのが行列 β_{ij} の行和と列和であることを意識し，行列の各行と各列から，いくつかの係数を推定することにする。この場合では，推定しない係数 β_{ij} の情報がある程度推定する係数に集中すると考えられる。このとき，一つの方法は行列 β_{ij} の対角線周辺の β_{i-1i}，β_{ii}，β_{i+1i} を推定することである。そうすると，推定値 λ_i と μ_j はつぎのように計算できる。

$$\lambda_i=\beta_{i\,i-1}+\beta_{i\,i}+\beta_{i\,i+1} \tag{46}$$

$$\mu_j=\beta_{j-1\,j}+\beta_{j\,j}+\beta_{j+1\,j} \tag{47}$$

ここには，もう一つの問題，すなわち，最大ラグ数の決定が残っている。いま，最大 Lag の数は十二とする。つまり，企業が過去三年間の状況のもとに，投資決定を行うということである。推定する方程式は，

$$I_t=\sum_{i=1}^{12}\beta_{i-1\,i}V_{t-i+1}Q_{t-i}+\sum_{i=0}^{12}\beta_{i\,i}V_{t-i}Q_{t-i}+\sum_{i=0}^{11}\beta_{i\,i+1}V_{t-i}Q_{t-i-1}+\nu_t \tag{48}$$

である。上式における ν_t は誤差項である。これらの係数を推定するとき，式のままで推定すると，多重共線性問題が出てくる。これをある程度回避するように，これらの係数を実際推定するとき，適当に工夫する必要性がある。ここでは，適当な多項式で Lag 分布係数を近似する Almon の Lag 係数推定法を用いることにする。

計測に用いたデータは，『国民経済計算』，『法人企業統計季報』，『経済統計月報』等にもとづくもので，期間は原則として1965年の第１四半期から，1987年の第２四半期までの110期である。具体的に，データは次のような形で，原資料を加工，調整したものである。

投資額 I_t　：『国民経済計算』中の取付ベースの季節調整済み全産業新設

投資額

産出額 Q_t　：『国民経済計算』中の季節調整済み国内総生産

産出価格 p_t　：『国民経済計算』中の国内総支出のデフレーター

投資財価格 q_t：『国民経済計算』中の国内総資本形成のデフレーター

減価償却費 δ：『法人企業統計季報』中の全産業の その他 有形固定資産減価償却費とその他有形固定資産期末残高により，算出されたもの

利子率 r　：『経済統計月報』中の全国銀行貸出約定平均金利

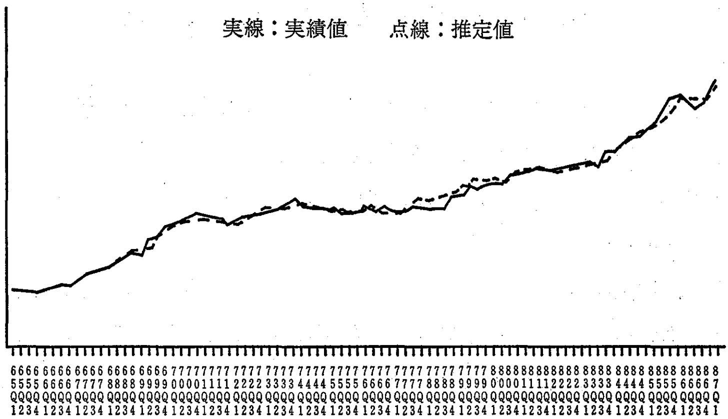
誤差項について，最初は時系列無相関の想定のもとで，推定を行なったが，Dubin-Watson 比を見た後，時系列無相関の仮定を外す，一回系列相関

$$\nu_t=\rho\nu_{t-1}+\varepsilon_t \tag{49}$$

を想定し，推定を行なうことにした。モデルをあてはめるとき，回帰式(48)の決定係数と推定値の T 値をみながら，試行錯誤法で，最後に三つの二次多項式を用いて，それぞれ β_{i-1i}，β_{ij}，β_{ii+1} に近似することにする。推定結果は次のとおりである。

	βi−1i		βii		βii+1	
	推定値	標準誤差	推定値	標準誤差	推定値	標準誤差
0			0.0254	0.0092	−0.0254	0.0092
1	−0.0202	0.0089	0.0644	0.0255	−0.0438	0.0166
2	−0.0376	0.0163	0.0963	0.0389	−0.0584	0.0227
3	−0.0516	0.0223	0.1211	0.0494	−0.0693	0.0272
4	−0.0621	0.0267	0.1387	0.0569	−0.0765	0.0303
5	−0.0691	0.0297	0.1492	0.0614	−0.0800	0.0318
6	−0.0728	0.0312	0.1526	0.0629	−0.0797	0.0318
7	−0.0729	0.0312	0.1488	0.0614	−0.0757	0.0303
8	−0.0697	0.0297	0.1379	0.0569	−0.0680	0.0272
9	−0.0630	0.0267	0.1199	0.0494	−0.0566	0.0227
10	−0.0528	0.0223	0.0947	0.0389	−0.0414	0.0166
11	−0.0392	0.0164	0.0624	0.0254	−0.0226	0.0090
12	−0.0222	0.0091	0.0230	0.0092		
	$\bar{R}^2=0.9743$　$\rho=-0.8268$					

β_{ij}の推定値と標準誤差をみると，すべての推定値は5％の有意水準で，ゼロ仮説が棄却される。われわれが興味をもたらすのは，たんに β_{ij} の推定値ではなく，これらによって，算出される λ_i と μ_j である。いま，以上の β_{ij} 推定値にもとづいて，行和 λ_jと列和 μ_i の推定値は次のとおりである。



	行和 λj	列和 μi
0	0.0000	0.0052
1	0.0004	0.0014
2	0.0003	0.0009
3	0.0002	0.0006
4	0.0001	0.0003
5	0.0001	−0.0001
6	0.0001	−0.0003
7	0.0002	−0.0006
8	0.0002	−0.0008
9	0.0003	−0.0009
10	0.0005	−0.0011
11	0.0006	−0.0012
12	0.0008	0.0004

推定結果からみると，λ_j の数値がそれほど大きくないけれども，これらの 符号はすべてプラスであり，Putty-Clay 技術場合のλの符号パターンと一致する。μ_i については，最後の μ_{12} を除くと，プラスからマイナスに変わるとするわれわれの予想にだいたいあっている。結局，日本のデータを用いると Putty-Clay 仮説はだいたい成立する。

Ⅲ　む　す　び

本論において，われわれは Putty-Clay 技術にもとづく投資関数を構築し，日本経済の実証分析を行なった。日本経済のマクロ・モデルでは一応 Putty-Clay 技術があてはまる結論に達した。しかしながら，われわれのモデルは調整費用のない静学的なものである。調整費用を取り入れた動学的モデルにおいて，Putty-Putty 技術と Putty-Clay 技術は識別されないことを示している。今後，調整費用を取り入れた Putty-Putty 技術と Putty-Clay 技術が識別される実証分析モデルの構築を研究課題としたい。

参考文献

〔1〕 Abel, A. B., "Dynamic Adjustment in a Putty-Putty Model: Implications for Testing the Putty-Clay Hypothesis", *International Economic Review*, 22 (Feb., 1981).

〔2〕 Almon, S., "The Distributed Lag between Capital Appropriations and Expenditure", *Econometrica*, 33 (Jan., 1965)

〔3〕 Bischoff, C. W. "The Effect of Alternative Lag Distribution", in G. Fromm, ed., *Tax Incentives and Capital Spending* (Washington, D.C.: the Brookings Institution, 1971)

〔4〕 Eisner, R. and Nadiri, M. I., "Investment Behavior and Neoclassical Theory", *Review of Economics and Statistics*, 52 (Feb., 1968)

〔5〕 Johansen, L., "Substitution versus Fixed Production Coefficients in the Theory of Economic Growth: A Synthesis", *Econometrica*, 27 (April, 1959)

〔6〕 Jorgenson, D. W., "The Theory of Investment Behavior", in R. Ferber ed., *Determinants of Investment Behavior*, (New York: Columbia University Press, 1967)

〔7〕 佐藤和夫『マクロ経済学専科』日本経済評論社，1989年。

〔8〕 吉川　洋『マクロ経済学研究』東京大学出版会，1984年。