『経済研究』（明治学院大学）第 138 号　2007 年

マークアップ率の概念整理と長期調整費用増大仮説の検証方法

白　井　誠　人

1. はじめに

本稿の目標は，Nishimura and Shirai（2003）で開発されたモデルにある種の長期調整[1]関数を導入した一般化モデルを用いて，次の 2 点を考察することである。第 1 に，短期限界費用，短期平均可変費用，短期平均費用，それぞれの費用概念を用いて定義されたマークアップ率（それぞれの費用概念と財価格との比率）の相互関係を分析する。第 2 に，各費用概念で定義されたマークアップ率の相互関係は本稿で定式化した長期調整関数に依存しているため，長期調整関数の関数型を特定化して実際に推計可能な回帰式を示し，本稿でのモデルが妥当であるかどうかを検証する方法論を提示することである。また，推計にあたり，失われた 90 年代と形容される日本経済の低成長問題の要因仮説のひとつと考えられる長期調整費用増大仮説（IT 化進展が引き起こした大規模な陳腐化のために短期固定要素の背景にある生産組織や体制を調整するための費用が 90 年代に増加し稼働率（関数）に悪影響を与えたとの仮説）を検証する方法も提示した。

技術進歩率やマークアップ率（価格と限界費用の比率）を計測する場合，既存文献では先験的にすべての生産要素が今期に調整可能な可変要素であると仮定することがある（例えば Hall（1990）や最近の研究では Stiroh（2001））。しかし，Nishimura and Shirai（2003）では，どの要素が可変要素か，どの要素が短期固定要素かは，アプリオリ（先験的）に決められるものではなく，データに基づいて決める問題であるとの意識に基づき，可変要素と短期固定要素を推定するモデルを提示した。また，白井（2005）は，Bonferroni Joint Tests を用いて Nishimura and Shirai（2003）で示された可変要素と短期固定要素の推定結果が未検定である問題を処理した。

本稿では，Nishimura and Shirai（2003）および白井（2005）で開発された可変要素と短期固定要素を推定するモデルの枠組みに，稼働率関数の同次次数に今期では状態変数である短期固定要素の変化率の関数と仮定した長期調整関数を導入することで，Nishimura and Shirai（2003）で得られた推計結果（可変要素と短期固定要素の推定結果）をそのまま利用することが可能なマークアップ率について

（1）　本稿では短期固定要素の長期調整（推計期間の問題もありモデルや回帰式では 1 期間前までに調整と仮定）により調整費用が発生すると想定しているため長期調整とした。

の分析モデル，および，マークアップ率の相互関係を決定している長期調整関数を検証するための回帰式，さらに，90 年代の日本経済低成長問題の要因仮説を提示している。

以下，2 節では具体的なモデルを提示し，Nishimura and Shirai（2003）および白井（2005）での方法論が本稿でも利用可能であることを示す。3 節では，論文の自己完結性のため，白井（2005）で示した可変費用関数の必要条件である単調性（可変要素価格に対して非減少関数）と凹性（可変要素価格に対して Concave）を検証する Bonferroni Joint Tests を提示する。4 節では，各費用概念を用いたマークアップ率の定義と相互関係を明らかにする。5 節で，稼働率関数の同次次数が短期固定要素の変化率の関数であるか否か，および，長期調整費用増大仮説（90 年代の IT 化進展が稼働率（関数）に悪影響を与えたとの仮説）を検証するための回帰式を導出する。6 節で結語と Nishimura and Shirai（2003）の推計結果を利用した長期調整費用増大仮説の予備考察を示す。

2. モデル

2.1 生産関数と生産能力関数，稼働率関数および長期調整関数

本節では Nishimura and Shirai（2003）で開発されたモデルに長期調整関数を導入した一般化モデルを提示する。t 期の生産関数を一般的な形で表すと

$$\begin{aligned} Y_t &= F(x_{1,t}, \ldots, x_{i,t}, \ldots, x_{n,t}; z_{1,t-1}, \ldots, z_{j,t-1}, \ldots, z_{m,t-1}; \varDelta\zeta_{1,t-1}, \ldots, \varDelta\zeta_{j,t-1}, \ldots, \varDelta\zeta_{m,t-1}; A_t) \\ &= F(x_t'; z_{t-1}'; \varDelta\zeta_{t-1}'; A_t) \end{aligned}$$

と表現される。ここで $x_{i,t}$ は t 期の第 i 番目の可変要素（$i = 1, \ldots n$），$z_{j,t-1}$ は t 期(2) の第 j 番目の短期固定要素（$j = 1, \ldots m$）で t 期では固定され変更不可とし，$\varDelta\zeta_{j,t-1}$ は t 期の第 j 番目の短期固定要素の変化率で $\varDelta\zeta_{j,t-1} \equiv \varDelta z_{j,t-1}/z_{j,t-2} \equiv (z_{j,t-1}-z_{j,t-2})/z_{j,t-2}$ と定義する。A_t は t 期の生産技術水準を表すパラメータである。また，表記の簡潔性から，列ベクトルの転置表記

$$\begin{aligned} x_t' &= (x_{1,t}, \ldots, x_{i,t}, \ldots, x_{n,t}) \\ z_{t-1}' &= (z_{1,t-1}, \ldots, z_{j,t-1}, \ldots, z_{m,t-1}) \\ \varDelta\zeta_{t-1}' &= (\varDelta\zeta_{1,t-1}, \ldots, \varDelta\zeta_{j,t-1}, \ldots, \varDelta\zeta_{m,t-1}) \end{aligned}$$

も使用し，文脈から明らかな場合には転置表記と明記しないので注意されたい。

上記の生産関数は Nishimura and Shirai (2003) で仮定した生産関数に短期固定要素の変化率 $\varDelta\zeta_{t-1}'$ を導入したより一般的な生産関数となっている。

この一般的な生産関数に二つの仮定を設ける。第 1 に生産関数は「生産能力関数」と「稼働率関数」との積で表されるという仮定を設ける。

（2） 仮定 3 で短期固定要素は生産の 1 期前において決定されると仮定しているため，t 期の第 j 番目の短期固定要素を $z_{j,t-1}$ と表記した。

仮定 1

$$\begin{aligned} Y_t &= F(x'_t; z'_{t-1}; \varDelta\zeta'_{t-1}; A_t) \\ &= G(x'_t; \varDelta\zeta'_{t-1}; A_t) S(z'_{t-1}; \varDelta\zeta'_{t-1}; A_t) \end{aligned}$$

ここで $S(z'_{t-1}; \varDelta\zeta'_{t-1}; A_t)$ は短期的には固定的である生産要素と短期固定要素の変化率から構成される生産能力関数であり，$G(x'_t; \varDelta\zeta'_{t-1}; A_t)$ は可変要素を投入要素とする稼働率関数であり短期固定要素の変化率の関数とも想定する。

稼働率関数と生産能力関数がどのように解釈可能であるか具体例をあげて見てみよう。例として石油精製企業を考えることにする。石油精製能力は土地や建物，設備など石油精製プラントの規模を規定する生産要素に依存するはずであり，これらの生産要素は短期的には変更が困難であることが予想される。つまり，短期的に固定的な要素は，生産活動において生産規模の上限を規定する生産能力関数への投入要素として考えることができる。

一方，短期においてはそのような短期固定要素の投入量を所与（つまり生産能力を一定）として，利潤最大化行動のもと，原油や輸送トラックサービス，その他の流動的設備，現場の労働者などの生産要素を投入して実際に原油精製量を決定することになる。この場合，可変要素は生産能力のうちどの程度を実際に稼働させるのかを規定すると考えることができ，可変要素を投入インプットとする部分を稼働率関数と定義することができる。

以上に加え，本稿では生産能力関数および稼働率関数は短期固定要素の変化率の関数でもあると仮定している。この仮定は，短期固定要素を変化させることは生産組織や管理体制自体の調整をも必要としていることを想定している。石油精製プラントの例では，短期固定要素と考えられるプラント規模を変更調整することに伴い，それを管理するメンテナンス部門や経営チームの体制や組織自体も変更する必要があり，人員や設備等の配置転換コストや新規に必要となる教育コスト，変化に対応するための学習コストの存在等から，短期固定要素の変更に調整コストが生じることで稼働率関数や生産能力関数に影響が生じることを想定している。

さらにより詳細な分析を可能とするために，次の仮定を考える。

仮定 2 a

稼働率関数 G は k 次同次関数，生産能力関数 S は $1-k$ 次同次関数とし（$k, 1-k$ はある正の定数），稼働率関数 G, 生産能力関数 S ともに短期固定要素の変化率 $\varDelta\zeta'_{t-1}$ を独立変数として含まず $\varDelta\zeta'_{t-1}$ の値とは無関係に決定される。

仮定 2 b

k を短期固定要素の変化率 $\varDelta\zeta'_{t-1}$ の関数 $k(\varDelta\zeta'_{t-1})$ とする。稼働率関数 G は $k(\varDelta\zeta'_{t-1})$ 次同次関数

$$G(x'_t; \varDelta\zeta'_{t-1}; A_t) = g(x'_t; k(\varDelta\zeta'_{t-1}); A_t)$$

とし，$\varDelta\zeta'_{t-1}$ は同次次数 k 以外には稼働率関数 G に影響を与えないと仮定する。

仮定2aはNishimura and Shirai（2003）で採用された仮定（同p. 91, Assumption 2（homogeneity））と同一で，生産能力関数，稼働率関数はともにある定数 $1-k$ と k の同次関数であり，その積である生産関数は規模に関して収穫一定であると想定している。これは長期においては短期固定要素も可変的になると考えられるので，長期の生産関数は1次同次関数と想定しているためである[3]。

仮定2bは仮定2aを一般化したもので，稼働率関数 G の同次次数が短期固定要素の変化率 $\varDelta\zeta'_{t-1}$ の関数 $k(\varDelta\zeta'_{t-1})$ であることを仮定している。こうした関数の具体例は，例えば，一次同次のCES関数 $\{x^{\rho}_{1,t}+x^{\rho}_{2,t}\}^{1/\rho}$ を $k(\varDelta\zeta'_{t-1})$ 乗した $[A_t\{x^{\rho}_{1,t}+x^{\rho}_{2,t}\}^{1/\rho}]^{k(\varDelta\zeta'_{t-1})}$ である。本稿では生産能力関数 S について明示的な分析は行わないため，生産能力関数 S には明確な仮定を設定しないことにする。

また，Nishimura and Shirai（2003）と同様に，

仮定3

t期の短期固定要素 z'_{t-1}，および，t期の短期固定要素の変化率 $\varDelta\zeta'_{t-1}$ はt－1期[4]に決定され，最適解が存在している

と仮定する（短期固定要素の決定はA　附録およびNishimura and Shirai（2003）を参照されたい）。仮定3は以下に示す通り可変要素を推定する場合には必要でないが，可変要素が推定できれば短期固定要素も推定できるため，短期固定要素の変化率 $\varDelta\zeta'_{t-1}$ を明示的に考慮しない仮定2aと仮定3の企業の最適化行動（2期モデル）を想定すると技術進歩率も容易に計測することができる（詳細はNishimura and Shirai（2003）を参照されたい）。

2.2　可変費用関数の導出

総可変費用に占める特定の可変要素への支出シェアを可変コストシェアと定義する。前節の仮定1，仮定2aまたは2bのもとでは，この可変コストシェアが生産能力や生産量水準，同次次数とは独立していることを示す。つまり，短期固定要素によって決定される生産能力水準や同次次数に関する情報なしで可変コストシェアを用いて回帰分析し検定を実施することが可能となる。尚，以下では，表記の簡潔性から，t期であることが明確である場合にはtの添字を省略し，同次次数も仮定2aまたは2b共通に議論できる場合には単に k と表記するので注意されたい。

（3）　Basu and Fernald（1997）では，アメリカの製造業の長期における生産技術を表すのに規模に関して収穫一定の仮定は妥当であることを指摘している。

（4）　短期固定要素の変化率の定義は $\varDelta\zeta_{j,t-1}\equiv\varDelta z_{j,t-1}/z_{j,t-2}\equiv(z_{j,t-1}-z_{j,t-2})/z_{j,t-2}$ で与えられており，t－2期の変数 $z_{j,t-2}$ も含んでいる。

生産関数 F に対応する（t 期の）可変費用関数は

$$C_V(p_1, \ldots, p_i, \ldots, p_n, Y, S, k; A) = \min_{x_1, \ldots, x_n} \sum_{i=1}^{n} p_i x_i \quad \text{s.t.} \quad Y = GS$$

と定義される（ここで p_i は第 i 番目の可変要素価格（$i = 1, \ldots n$）とする）。仮定 1 から短期固定要素 z'_{t-1} は生産能力関数 S のみの独立変数であり，仮定 3 から t 期の短期固定要素 z'_{t-1} は t−1 期に，短期固定要素の変化率 $\varDelta\zeta'_{t-1}$ は t−1 期までに決定され t 期には固定され変更不可の状態変数であるため，t 期の費用最小化の際には z'_{t-1}，$\varDelta\zeta'_{t-1}$ はともに所与の変数となり，t 期の費用最小化問題は単に生産量が同次生産関数に等しくなることを制約条件とする標準的な可変費用の最小化問題となることに注意されたい。若干の数式展開（詳細は Kurokawa et al.（2004）参照）を行うと可変費用関数は生産量，生産能力に関する項と可変要素価格と技術水準のみに依存する項との積で表される。

$$C_V(p_1, \ldots, p_n, Y, S, k; A) = c_v(p_1, \ldots, p_n; A)\left(\frac{Y}{S}\right)^{1/k} \tag{1}$$

ここで c_v は可変要素価格（$p_1, \ldots, p_n$）に関して 1 次同次関数である。Shepard's lemma を用いると可変コストシェアは

$$\frac{p_i x_i}{C_V} = \frac{p_i}{c_v(p_1, \ldots, p_n; A)} \frac{\partial c_v(p_1, \ldots, p_n; A)}{\partial p_i} = \frac{\partial \log c_v(p_1, \ldots, p_n; A)}{\partial \log p_i} \tag{2}$$

となり生産量の水準 Y や生産能力水準 S，同次次数 k には依存しない。

3. 可変要素の推計方法

本節では，2 節で提示したモデルを用いて実際に可変要素を推定する方法を述べる。尚，本節は白井（2005）で提示された内容と同一で，論文の自己完結性のために記載している。また，以下では，表記の簡潔性から，t 期であることが明確である場合 t の添字を省略している。

3.1 トランスログ型費用関数

推計を実施するためには，2 節のモデルにより具体的な関数型を与える必要がある。本稿では費用関数分析で最もポピュラーなトランスログ費用関数を用いることにする。具体的には仮定 1，2 a または 2 b から導出された可変費用関数（1）式について，可変要素の数を n とし

$$\log c_v(p_1, \ldots, p_n; A) = \alpha(A) + \sum_{i=1}^{n} \beta_i(A) \log p_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \gamma_{ij}(A) \log p_i \log p_j$$

と仮定する。ここで可変費用関数 C_V が費用関数であるためには c_v が，

（C 1）1 次同次性（c_v は可変要素価格（$p_1, \ldots, p_n$）に対して 1 次同次）

（C 2）単調性　（c_v は可変要素価格（$p_1, \ldots, p_n$）に対して非減少関数）

（C 3）凹性　（c_v は可変要素価格（$p_1, \ldots, p_n$）に対して Concave）

の 3 条件を満たす必要がある。（C 1）の 1 次同次性は c_v のパラメータについて

$$\sum_{i=1}^{n} \beta_i(A) = 1,\ \sum_{i=1}^{n} \gamma_{ij}(A) = 0,\ \sum_{j=1}^{n} \gamma_{ij}(A) = 0$$

を満たすことを意味する。トランスログ費用関数を用いた実証分析では，通常，上記のパラメータ制約を仮定して推計を実施する。そこで本稿でも（C 1）の 1 次同次性を仮定し，また，可変コストシェアと可変費用関数の可変価格弾力性の同等性を示す(2)式を用いることで次のコストシェア関数を導出することができる。

$$\frac{p_i x_i}{C_V} = \beta_i(A) + \sum_{j=2}^{n} \gamma_{ij}(A)(\log p_j - \log p_1)$$

ここで $i = 2, \ldots n$ である。可変要素の推定ではこのコストシェア関数を各可変コストシェアと各可変要素価格を用いて回帰する。また，回帰から得た係数の推計値とデータを用いて（C 2）単調性と（C 3）凹性の条件を検定することで可変要素の推定を行う。

3. 2　可変要素の推計方法

生産要素の組合せすべてが可変要素である場合，3.1 節で述べた費用関数の必要条件である（C 2）単調性と（C 3）凹性の条件を満たさなければならない。本稿ではこの 2 条件を有意に満たす生産要素の組合せを可変要素の組合せと定義する。

実際の推計では推計の省力化や簡便性から（C 2）単調性と（C 3）凹性の条件を以下の定式化で分析する。

（C 2）単調性

可変費用関数 C_V が可変要素価格（$p_1, \ldots, p_n$）に対して非減少関数であることは，価格と費用の非負性および Shepard’s lemma からコストシェア関数が非負であることと同等である。コストシェア関数の独立変数は対数であるため，任意の推定パラメータに対してコストシェア関数の値が負となる価格水準が必ず存在する。このため，単調性の検証では通常，利用可能なデータにおいて有意にコストシェア関数が非負であることが検定できればよいとされており本稿でもそれに従うことにする。

（C 3）凹性の条件

可変費用関数 C_V が可変要素価格（$p_1, \ldots, p_n$）に対して凹関数であることは，ヘッシアン $H \equiv (\partial^2 C_V / \partial p_i \partial p_j)$ が negative semidefinite ならば（価格データに依存して局所的に）凹関数であることを用いる[(5)]。実際の推計では，推計プログラムの省力化・簡便性からヘッシアン H が（局所的に）凹関数で

（5） $n \times n$ の係数行列（γ_{ij}）が negative semidefinite ならば価格データとは独立に大域的に凹関数となる（詳細は中村（2000）を参照されたい）。実際の推計ではアレン宇沢の代替の弾力性行列（η_{ij}）が negative semidefinite を満たす推計値を得ることの方が容易であるため，本稿ではアレン宇沢の代替の弾力性行列（η_{ij}）を用いて凹性をチェックしている。

ある条件は，アレン宇沢の代替の弾力性行列（η_{ij}）

$$\eta_{ij}=\frac{C_V\cdot\dfrac{\partial^2 C_V}{\partial p_i\partial p_j}}{\dfrac{\partial C_V}{\partial p_i}\dfrac{\partial C_V}{\partial p_j}}$$

が negative semidefinite であることと同等であること[(6)]を利用し（η_{ij}）が negative semidefinite であることを検定している（詳細は A　附録参照）。

3.3　Bonferroni Joint Tests

（C 2）単調性と（C 3）凹性の検定は，非線形不等号制約の複合検定であるため，等号制約検定の標準手法は利用できない。そのため本稿では，Bonferroni 不等式を利用した Bonferroni Joint Tests[(7)]を用いる。一般に A_i を事象，A_i^C をその補集合とすると Bonferroni 不等式は

$$P\left(\bigcap_i A_i\right)\geq 1-\sum_i P(A_i^C)$$

で与えられる。実際の推計では各事象 A_i に対して（C 2）単調性と（C 3）凹性の各不等号条件が成立する不等号制約をそれぞれ指定し，その共通部分である $\bigcap_i A_i$ が成立する確率の下限を $P(A_i^C)$ の値に p-Value を用いることで求める。各 p-Value の値は，パラメータの非線形関数の統計量を求める標準手法の Delta Method を利用して推計する。

3.4　可変要素推計の具体例

以上の方法を用いて白井（2005）では，Nishimura and Shirai（2003）で可変要素の種類が 3 種類となった 7 産業（食料，繊維，金属製品，一般機械（90 年代），電気機械，精密機械，サービス, 推計期間 1980–98 年）のうち 5 産業（食料，繊維，金属製品，精密機械，サービス）に Bonferroni Joint Tests を実施し，検定を実施した 5 産業については 90 年代の可変要素の推計結果は妥当であることを示している。詳細は白井（2005）を参照されたい。

4.　マークアップ率の概念整理

本節では，2 節のモデルを用いて，短期限界費用 MC, 短期平均可変費用 AVC, 短期平均費用 AC, それぞれの費用概念を用いて定義されたマークアップ率（それぞれの費用概念と財価格との比率）の相互関係を考察する。尚，以下では，稼働率関数 G の同次次数について仮定 2 a または 2 b 共通に議論できる場合には単に k と表記するので注意されたい。

（6）　証明は例えば Hayashi（2000）を参照されたい。
（7）　詳細は例えば Mittelhammer（1999）を参照されたい。

4.1 短期固定費用の定義

まず t 期の短期固定費用 FC_t の定義を与える。2 節のモデルおよび 3 節の方法論から t 期の可変要素 x_t' が推計できるため，可変要素 x_t' 以外の生産要素は短期固定要素 z_{t-1}' に区分される。本稿では t 期の短期固定費用 FC_t を

$$FC_t \equiv z_{t-1}' q_{t-1} = \sum_{j=1}^{m} z_{j,t-1} q_{j,t-1}$$

と定義する。ここで $q_{t-1}' = (q_{1,t-1}, \ldots, q_{j,t-1}, \ldots, q_{m,t-1})$ は短期固定要素 z_{t-1}' の t−1 期要素価格列ベクトルである。

Nishimura and Shirai（2003）では，実際に可変要素を推計することで短期固定要素を推計している。日本の産業レベルで短期固定要素として区分される生産要素の代表例は，資本財 5 系列（構造物，建物，輸送機械，機械・工具，IT 資本ストック）のうち構造物，建物であり，労働投入 4 系列（若年低学歴，若年高学歴，熟年低学歴，熟年高学歴）では熟年低学歴（40 才以上の高卒）労働者である。その他の生産要素，例えば若年高学歴等については，可変要素と短期固定要素の区分は産業一律ではなく産業別に差異が見られた。また，西村（2004），白井（2005）では以上の定義に基づいて実際に日本経済の産業別短期固定費用の値を推計し，失われた 90 年代と形容される 1990 年代の日本経済の低成長問題と短期固定費用の関係を考察している。

4.2 マークアップ率の概念整理

2.2 節で導出した可変費用関数（1）式 C_V から，t 期の短期限界費用 MC_t は

$$MC_t = \frac{1}{k} \times \frac{C_V}{Y_t}$$

t 期の短期平均可変費用 AVC_t は，可変費用関数（1）式 C_V を t 期の生産量 Y_t で割った関数

$$AVC_t \equiv \frac{C_V}{Y_t} = k \times MC_t$$

である。t 期の総費用 TC_t を可変費用関数（1）式 C_V と短期固定費用 FC_t の和

$$TC_t = C_V + FC_t$$

とすると，t 期の短期平均費用 AC_t は

$$AC_t \equiv \frac{TC_t}{Y_t} = \frac{C_V + FC_t}{Y_t} = k \times MC_t + AFC_t$$

である。ただし $AFC_t \equiv FC_t / Y_t$ とする。

P_{Y_t} を t 期の財価格，t 期の短期限界費用 MC_t，短期平均可変費用 AVC_t，短期平均費用 AC_t それぞれの費用概念を用いたマークアップ率を

$$\mu_t^{MC} \equiv \frac{P_{Y_t}}{MC_t}$$
$$\mu_t^{AVC} \equiv \frac{P_{Y_t}}{AVC_t}$$
$$\mu_t^{AC} \equiv \frac{P_{Y_t}}{AC_t}$$

と定義すると以下の補題を得る。

補題

$$\mu_t^{MC} = k \times \mu_t^{AVC}$$
$$\mu_t^{MC} = k \times \left(\frac{1}{\mu_t^{AC}} - \frac{AFC_t}{P_{Y_t}}\right)^{-1} = k \times \left(\frac{1}{\mu_t^{AC}} - \frac{FC_t}{P_{Y_t} Y_t}\right)^{-1}$$

ここで k は稼働率関数 G の（t 期の）同次次数である。以上の議論は仮定 2 a, 2 b いずれを想定しても適用可能であるため，仮定 2 b を想定した場合，短期固定要素の変化率 $\Delta\zeta'_{t-1}$ の値によって同次次数 k が各期で変化するため，μ_t^{MC}, μ_t^{AVC}, μ_t^{AC} それぞれのマークアップ率の関係も短期固定要素の変化率 $\Delta\zeta'_{t-1}$ の値によって各期で変化する可能性がある。次節では，同次次数 k が実際に短期固定要素の変化率 $\Delta\zeta'_{t-1}$ の関数であるかどうかを検証する方法論を提示する。

5. 長期調整費用関数の回帰式と長期調整費用増大仮説

本節では，2 節のモデルおよび 3 節の方法論を用いることで，同次次数 k が短期固定要素の変化率 $\Delta\zeta'_{t-1}$ の関数であるか否かを検定するための回帰式を提示する。また，併せて，失われた 90 年代と形容される 90 年代の日本経済低成長問題の原因の一つと推定される長期調整費用増大仮説（IT 化進展が引き起こした大規模な陳腐化のために短期固定要素の背景にある生産組織や体制を調整するための費用が 90 年代に増加し稼働率（関数）に悪影響を与えたとの仮説）について考察する。

長期調整費用の回帰式を導出するには，短期限界費用が 1) 可変費用関数（1）式 C_V の今期生産量に関する規模の弾力性と 2) 産出価格と短期限界費用ベースのマークアップ率 μ_t^{MC} の比率を用いて二通りに表現できることを利用する。

可変費用関数（1）式 C_V の今期生産量 Y_t に関する規模の弾力性は

$$\frac{Y_t}{C_V} MC_t = \frac{Y_t}{C_V}\frac{\partial C_V}{\partial Y_t} = \frac{\partial \log C_V}{\partial \log Y_t} = \frac{1}{k}$$

で与えられる。一方，t 期の財価格 P_{Y_t} と短期限界費用ベースのマークアップ率 μ_t^{MC} から t 期の短期限界費用 MC_t は

$$MC_t = \frac{P_{Y_t}}{\mu_t^{MC}}$$

以上から

$$\frac{P_{Y_t}Y_t}{C_V}=\frac{\mu_t^{MC}}{k}$$

両辺の対数を取り，可変費用関数(1)式 C_V の値は短期可変要素支払 $x_t' p_t=\sum_{i=1}^{n} x_{i,t}p_{i,t}$ に等しいことを用いると

$$\log\frac{P_{Y_t}Y_t}{x_t' p_t}=\log\mu_t^{MC}-\log k \tag{3}$$

を得る。回帰を可能とするために(8)稼働率関数 G の同次次数 k に次の仮定を導入する。

仮定4

稼働率関数 G の同次次数 k の関数型を

$$k(\Delta\zeta_{t-1}')=\exp\left\{-\phi_0-\sum_{j=1}^{m}(\Psi_j+\delta_j\times 90sDummy)\times(\Delta\zeta_{j,t-1})^2\right\}$$

と仮定する(9)。ただし ϕ_0は定数，$\Psi'=(\Psi_1,\ldots,\Psi_j,\ldots,\Psi_m)$，$\delta'=(\delta_1,\ldots,\delta_j,\ldots,\delta_m)$ はそれぞれ係数列ベクトルとダミー係数列ベクトルとする。$90sDummy$ は1990年以降が1，1989年以前が0となる期間ダミー変数である。

仮定4は，短期固定要素の変更には生産組織や体制を調整する必要があり，配置転換コストや教育，学習コスト等の調整コストの存在が稼働率（関数）に影響を与えることを短期固定要素の変化率 $\Delta\zeta_{t-1}'$ の2次形式で表現できるとする仮定である。2次形式を採用している理由は短期固定要素を増加させても減少させても同じく調整コストが発生することを想定しているためである。

また $90sDummy$ は，以下の長期調整費用増大仮説を検証するための期間ダミーである。90年代のIT化の進展は管理，企画，運営等のホワイトカラー的な仕事の方法に劇的な構造変化を引き起こし，IT化進展以前には重要であった現場感覚の学習などに代表される暗黙の技術・知識・関係などの企業・労働者固有ノウハウ・熟練等を陳腐化させた（具体的なヒアリング調査を実施した中馬（2001）では，旅行会社の海外旅行の企画造成では急速なIT化により全く仕事の方法が変化したことが報告されている)(10)。こうした事態に，多くの企業は，失敗する可能性がある「抜本的な」変革を実施せずに，組織

(8) 現時点で利用可能なデータの推計期間が1981-98の18年間であるため，線形化の仮定を想定した。

(9) 仮定4の $k(\Delta\zeta_{t-1}')$ の関数形を2次形式で表記すれば$k(\Delta\zeta_{t-1}')=\exp(-\phi_0-\Delta\zeta_{t-1}'\Omega\Delta\zeta_{t-1})$ となる。$\Omega=(\omega_{i,j})$ は対角行列で対角成分 $\omega_{j,j}=\Psi_j+\delta_j\times 90sDummy$ それ以外の成分はすべて0である。

(10) 中馬（2001）では旅行会社へのヒアリング調査の結果，海外旅行の企画造成では以下の変化が生じたことが報告されている。海外旅行の企画造成は，コンピュータ・システムがまだ導入されていない頃は，担当者が営業で培ってきた経験則や勘に頼らざるをえなかった。しかしながら，価格競争激化とIT化の進展により，コンピュータによるデータ分析によって論理的に自社製品の弱点を解析しつつより魅力ある旅行素材を組み合わせた商品を迅速に提供していける人材への需要が増大した。その結果，1）情報技術の発達が膨大なデータベースの蓄積・分析のコストを飛躍的に減少させ，2）観光地理や旅行素材に関する深い知識と顧客の購買行動に関する現場感覚を保有していた社員の希少価値を急速に低下させた。

内で合意しやすく「今後」の企業内訓練・教育を維持するためにも長期雇用のコミットメントを守ることを選択し大量の「企業内失業」を容認した。そして長期雇用の枠組みを守りながら陳腐化した「人的資本」を自然減と希望退職を通じて減少させ，それに応じて陳腐化した資本設備の廃棄と置き換えを進める「痩せ我慢」型の長期調整が 90 年代に実施された。こうした「痩せ我慢」型の長期調整のために現況に合わせて対応する調整力が低下し稼働率が悪化，つまり，調整コストが 80 年代よりも増加し稼働率に悪影響を与えた。IT 化進展が引き起こした大規模な陳腐化のために短期固定要素の背景にある生産組織や体制を調整するための費用が 90 年代に増加し稼働率（関数）に悪影響を与えたとの仮説が長期調整費用増大仮説である。これは失われた 90 年代と形容される日本経済の低成長問題の要因仮説のひとつと考えられる。

仮定 4 を(3)式に適用すると回帰式

$$\log \frac{P_{Y_t} Y_t}{x_t' p_t} = const + \sum_{j=1}^{m} (\Psi_j + \delta_j \times 90sDummy) \times (\Delta\zeta_{j,t-1})^2 \tag{4}$$

を得る。ここで $const = (\log \mu_t^{MC}) + \phi_0$ とし μ_t^{MC} は各期で一定の定数 $\bar{\mu}^{MC}$ になると仮定する。回帰式(4)の推計に必要なデータは，前節までのモデルと方法論を用いることで揃えることが可能である。係数列ベクトル Ψ' とダミー係数列ベクトル δ' を検定することで，稼働率関数 G の同次次数 k が短期固定要素の変化率 $\Delta\zeta_{t-1}'$ の関数になっており，また，IT 化進展が 90 年代に稼働率に悪影響を与えたとの仮説（長期調整費用増大仮説）を実際に検証することが可能である。

6. 結語と予備検証

本稿では，Nishimura and Shirai（2003）で開発されたモデルに短期固定要素の変化率を独立変数とする長期調整関数を導入したより一般的なモデルを提示し，以下の 2 点を考察した。第 1 に，短期限界費用，短期平均可変費用，短期平均費用，それぞれの費用概念を用いて定義されたマークアップ率の概念整理を行いそれぞれの関係を明らかにした。第 2 に，各費用概念で定義されたマークアップ率の相互関係は長期調整関数に依存しているため，長期調整関数の関数型を特定化し実際に短期固定要素の変化率が稼働率関数に影響を与えているかどうか検証可能な回帰式を開発した。また，IT 化進展が引き起こした大規模な陳腐化のために短期固定要素の背景にある生産組織や体制を調整する費用が 90 年代に増加し稼働率（関数）に悪影響を与えたとの仮説（長期調整費用増大仮説）を提示し，実際に検証するための方法も提示した。

以下では，5 節で提示した回帰式（4）を推計するための準備考察として，Nishimura and Shirai（2003）において仮定 2 a のもとで推計された稼働率関数 G の同次次数 k の推計値を用いて，同次次数 k が実際に 90 年代に低下しているかどうかを予備検証してみよう。以下で提示する方法論は Nishimura and Shirai（2003）のそれを流用したものである。尚，本節での考察はあくまでも予備検証であり，最

終的な結果は 5 節で提示した回帰式（4）を実際に推計する必要があることに注意されたい。

仮定 2 a および仮定 1, 仮定 3 を想定すると稼働率関数 G の同次次数 k は，不確実性のない定常状態での定常総費用 TC^L（＝定常可変費用 C_V^L ＋定常短期固定費用 C_S^L）に占める定常可変費用 C_V^L の比率として推計可能である。

実際，仮定 2 a のもとでは稼働率関数 G, 生産能力関数 S ともに短期固定要素の変化率を独立変数として含まないため生産関数は

$$(5)\quad \begin{aligned} Y &= F(x_1, \ldots, x_j, \ldots, x_n; z_1, \ldots, z_j, \ldots, z_m, A) \\ &= G(x_1, \ldots, x_i, \ldots, x_n, A) S(z_1, \ldots, z_j, \ldots, z_m, A) \end{aligned}$$

である。

ここで不確実性のない定常状態での定常総費用 TC^L を

$$TC^L(p_1, \ldots, p_n, q_{-1,1}, \ldots, q_{-1,m}, Y, A) = \min_{x_1,\ldots,x_n,z_1,\ldots,z_m} \sum_{i=1}^{n} p_i x_i + \sum_{j=1}^{m} q_{-1,j} z_j \quad \text{s.t.}\ (5)$$

と定義する。定常産出量 Y^L は

$$\max_{Y_L} p_y(Y^L; \Theta) Y^L - TC^L(p_1, \ldots, p_n, q_{-1,1}, \ldots, q_{-1,m}, Y^L, A)$$

によって決定される。定常状態での総費用最小化は

$$p_i = \lambda^L \frac{\partial G}{\partial x_i} S$$

$$q_{-1,j} = \lambda^L G \frac{\partial S}{\partial z_j}$$

を意味し，定常可変費用 C_V^L, 定常短期固定費用 C_S^L をそれぞれ

$$C_V^L = \sum_{i=1}^{n} p_i x_i^L = \lambda^L k Y^L$$

$$C_S^L = \sum_{j=1}^{m} q_{-1,j} z_j^L = \lambda^L (1-k) Y^L$$

とすれば稼働率関数 G の同次次数 k は

$$(6)\quad k = \frac{C_V^L}{C_V^L + C_S^L} = \frac{C_V^L}{TC^L}$$

として推計可能である。

以上の方法論を用いて，推計期間（1981–98 年）について日本の 15 産業（製造業 11 業種, 非製造業 4 業種）別に稼働率関数 G の同次次数 k の推計値を示したのが以下のグラフと表である。グラフと表では，稼働率関数 G の同次次数 k を，各期の可変費用，短期固定費用を用いて推計した各期の総費用（＝各期の可変費用＋各期の短期固定費用）に占める各期の可変費用の比率についての 80 年代（1981–89）

と90年代（1990-98）それぞれの期間平均値で推計している。

15産業のうち，一般機械を除く14産業が90年代に同次次数kが80年代よりも低下している。尚，一般機械は，90年代に高学歴若年層が短期固定要素から可変要素に変化したため，唯一同次次数kが90年代に上昇した。上記の表のデータを用いてOLS回帰を行うと

サンプル数30＝15産業×2期間（81-89, 90-98）OLS

$$k = \textit{Steady state}\ \text{variable cost share}\ \frac{C_V^L}{C_V^L + C_S^L} = \underset{(14.26)}{0.318} - \underset{(1.774)}{0.056^*} \times 90sDummy$$

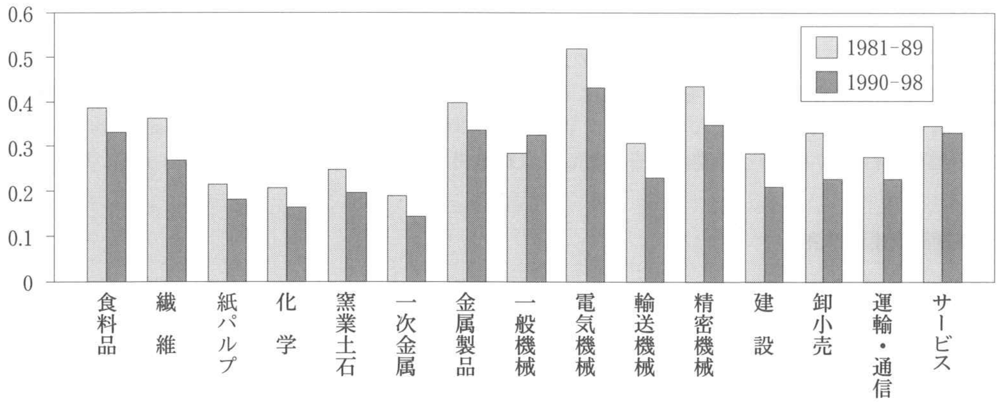
となり，90年代の次数kの80年代のそれとの比率は

$$\frac{k_{90s}}{k_{80s}} = \frac{0.318 - 0.056}{0.318} = \frac{0.262}{0.318} \cong 82.4\%$$

と（両側検定10％有意で）低下する傾向が観察される。よって仮定2aを想定した予備考察ではあるが，90年代に稼働率関数Gの同次次数kが低下した可能性が示唆された。

今後，本稿で提示した仮定2bを想定したモデルと回帰式を用いてより精緻な分析を行うことが次の課題である。

稼働率関数Gの同次次数k



期　間	食料品	繊　維	紙パルプ	化　学	窯業土石
1981-89	0.383	0.360	0.215	0.207	0.247
1990-98	0.329	0.265	0.180	0.162	0.193
	一次金属	金属製品	一般機械	電気機械	輸送機械
1981-89	0.190	0.397	0.284	0.515	0.307
1990-98	0.143	0.334	0.322	0.430	0.229
	精密機械	建　設	卸小売	運輸・通信	サービス
1981-89	0.432	0.284	0.331	0.274	0.344
1990-98	0.348	0.210	0.228	0.228	0.330

注）出典：Nishimura and Shirai（2003）Table 7

A　附録

A.1　凹性の検定方法

以下は，白井（2005）と同一の内容である。論文の自己完結性のため記載した。

可変費用関数は可変価格について 1 次同次なので，ヘッシアン $H \equiv (\partial^2 C_V / \partial p_i \partial p_j)$ 全体は 1 次従属となり，ヘッシアン H 全体の行列式は 0 となる。よって可変要素の数が n でヘッシアン H が n 次行列の場合，ヘッシアン H が negative semidefinite であることを検定するには $n-1$ 次までの k 次首座小行列式 $H_k (k=1, \ldots, n-1)$ について $(-1)^k \times H_k > 0$ の符号条件を満たすことを検定すればよい。

本文 3.2 節に記述したとおり，ヘッシアン H が（局所的に）凹関数である条件は，アレン宇沢の代替の弾力性行列 (η_{ij})

$$\eta_{ij} = \frac{C_V \cdot \dfrac{\partial^2 C_V}{\partial p_i \partial p_j}}{\dfrac{\partial C_V}{\partial p_i} \dfrac{\partial C_V}{\partial p_j}}$$

が negative semidefinite であることと同等であるため，アレン宇沢の代替の弾力性行列 (η_{ij}) が negative semidefinite であることを検定することで凹性を検定する。

トランスログ費用関数を仮定するとアレン宇沢の代替の弾力性 η_{ij} は

$$\eta_{ij} = \frac{\gamma_{ij} + s_i s_j}{s_i s_j} \quad (i \neq j)$$

$$= \frac{\gamma_{ii} + s_i^2 - s_i}{s_i^2} \quad (i = j)$$

となる（ここで $s_i \equiv p_i x_i / C_V$ とする）。ヘッシアン H の実際の推計値を計測することは困難であるが，アレン宇沢の代替の弾力性 η_{ij} は実際の推計値を計測することが可能であり，かつ，凹性のチェックとともに代替補完の情報も計測でき推計の省力化が可能になる。アレン宇沢の代替の弾力性行列 (η_{ij}) が negative semidefinite であることはその首座小行列式 $|(\eta_{ij})|_k$ の推計値を計測し可変費用関数の単調性と共に Bonferroni Joint Tests により検定した。

A. 2　短期固定要素の決定

本節では短期固定要素の決定モデルを分析する。

仮定 2 a を想定する場合は，Nishimura and Shirai（2003）のそれを流用可能である。自己完結性のために記載すると，t 期の利潤最大化問題は

$$\max_{Y} \pi_{gross} = p_Y(Y; \Theta) Y - c_v(p_1, \ldots, p_n; A) \left\{ \frac{Y}{S} \right\}^{1/k}$$

となる（t 期を示す t の添字は省略している）。ここで p_Y は財価格，Θ は該当産業の競争状態を示す変数とする。最適化条件は $p_Y = \mu MC$，ここで

$$MC \equiv c_v \left(\frac{1}{S} \right)^{1/k} \frac{1}{k} (Y)^{(1/k)-1}$$

$$\mu = \mu(\Theta) \equiv \left(1 + \frac{Y}{p_Y} \frac{\partial p_Y}{\partial Y} \right)^{-1}.$$

であり，μ は短期限界費用で定義されたマークアップ率とする。このとき粗利潤は

$$\pi_{gross} = \pi_{gross}(S) \equiv \{(\mu k)^k - 1\} \left(\frac{k}{\mu} \right)^{\frac{1}{1-k}} p_Y^{\frac{1}{1-k}} c_v^{\frac{k}{1-k}} S^{\frac{1}{1-k}}$$

で与えられる。仮定 3 より短期固定要素は t−1 期に決定されるため，短期固定要素の決定は次の最大化問題で与えられる。

$$\max_{z_1,\dots,z_m} E_{-1}\ net\ profit \equiv E_{-1}\left[\pi_{gross}(S(z_1,\dots,z_j,\dots,z_m;A))-\sum_{j-1}^{m} q_{-1,j}z_j\right]$$

ここで $q_{-1,j}$ は t−1 期の短期固定要素価格であり期待値 E_{-1} は t−1 期までの情報に基づいて計算される。

以上の定式化を用いて，短期固定要素の決定は次の 2 段階により決定される。まず第 1 段階は，生産能力の費用最小化である。生産能力 S を所与として生産能力費用 C_S は

$$C_S(q_{-1,1},\dots,q_{-1,j},\dots,q_{-1,m},S;A)=\mathrm{Min}\sum_{j=1}^{m} q_{-1,j}z_j \quad \text{s.t.} \quad S=S(z_1,\dots,z_j,\dots,z_m;A)$$

である。最適化条件は

$$q_{-1,j}=\rho\frac{\partial S}{\partial z_j} \quad \text{for} \quad j=1,\dots,m,$$

$$\rho=\frac{\partial C_S}{\partial S},$$

であり，

$$C_S(q_{-1,1},\dots,q_{-1,j},\dots,q_{-1,m},S;A)=c_s(q_{-1,1},\dots,q_{-1,m};A)S^{1/(1-k)}$$

となる。第 2 段階は，生産能力費用 C_S を用いて生産能力 S を決定する利潤最大化問題

$$\max_{S} E_{-1}\ net\ profit \equiv E_{-1}[\pi_{gross}(S)-c_s(q_{-1,1},\dots,q_{-1,m};A)S^{1/(1-k)}].$$

を解けばよい。最適な生産能力 S が決定されれば短期固定要素も決定できる。

本稿で提示された仮定 2 b を想定する場合は，稼働率関数 G の同次次数 k も t−1, t−2 期の短期固定要素の関数となるため，上述した 2 段階アプローチを用いることができない。このため本稿では短期固定要素およびその変化率について最適解が存在することを仮定している（仮定 3)。最適解が存在するための十分条件の検討は今後の課題としたい。

参考文献

白井誠人（2005)「可変要素の推定 ── Bonferroni Approach による単調性と凹性の検定 ──」明治学院大学産業経済研究所年報（第 22 号）

中馬宏之（2001)「ホワイトカラー職場における IT 化のインパクト」尾高煌之助・都留康（編)『デジタル化時代の組織革新』第 7 章，有斐閣

中村愼一朗（2000)「Excel で学ぶ産業連関表分析」エコノミスト社

西村清彦（2004)「日本経済　見えざる構造転換」日本経済新聞社

Basu,S. and Fernald, J. G. (1997) "Returns to Scale in U.S. Production: Estimation and Implications," *Journal of Political Economy,* 105, 249–283.

Hall, R. E. (1990) "Invariance Properties of Solow's Productivity Residual," in P. Diamond (ed.), *Growth/Productivity/Unemployment,* Cambridge: MIT Press, 71–112.

Hayashi, F. (2000) *Econometrics,* Princeton University Press.

Kurokawa, F., K. Minetaki, K. G. Nishimura, and M. Shirai (2004) "Effects of Information Technology and Ageing Workforce on Labor Demand and Technological Progress in Japanese Industries: 1980-1998," in P. Onofri(ed.), *The Economics of an Ageing Population: Macroeconomic Issues,* Boston: Kluwer Publishing.

Mittelhammer, R. (1999) *Mathematical Statistics for Economics and Business,* Springer-Verlag.

Nishimura, K. G. and M. Shirai (2003) "Can Information and Communication Technology Solve Japan's Productivity-Slowdown Problem?" *Asian Economic Papers,* 2(1), 85–136.

Stiroh, K. J. (2001) "Are ICT Spillovers Driving the New Economy?" *Review of Income and Wealth,* 48(1), 33–58.

（2006 年 11 月 13 日経済学会受理）