＜論　説＞

アヴァーチ・ジョンソン効果と技術非効率

鳥　居　昭　夫

アヴァーチ・ジョンソン効果を検証するための方法のうち現在まで一般的であった方法は，生産関数の傾きと投入財の価格比とを比較して，バイアスが発生したかどうかを検証する方法である．しかしながら，それらの方法は生産関数の推計にどれだけ成功するかに大きく依存してしまうという問題を持つことが知られている．したがって，たとえバイアスを観測できたとしても，そのバイアスをアヴァーチ・ジョンソン効果によるものと同定するためには，生産関数の推計誤差の影響を無視できるほどに取り除くことができたということを前提としなければならない．この論文の目的は，生産関数の推計誤差に対して頑健なアヴァーチ・ジョンソン効果の一つの検証方法を提示することにある．ここで紹介される方法は，確率的生産フロンティアを仮定して推計された技術非効率の尺度を媒介とするものである．技術非効率の推計量は生産関数のパラメータの推計量における誤差にそれほど影響されないという性質（Torii 1992a）を用いて，技術非効率の推計量と資本装備比率との相関関係からアヴァーチ・ジョンソン効果の存在を検証する．以下第1節ではこれまでの検証をごく簡単にレビューし，第2節で検証方法を提示し，第3節において日本の製造業において投入財配分非効率の存在を検証する．

1. アヴァーチ・ジョンソン効果

アヴァーチ・ジョンソン効果とは，公正報酬率規制が適用されているとき，規制された企業の行動が資本を過剰に使用する方向にバイアスする傾向をいう（Averch and Johnson 1962）．この効果は，公正報酬率規制のもとでの企業の利潤極大化行動をモデル分析することによって導き出されている．公正報酬率規制の下での条件付き利潤極大化問題：

$$\max_{L,K} R(L,K)-wL-iK$$
$$\text{subject to } R(L,K)=wL-rK$$

K:投下される資本　　L:資本以外の投入
i:K に対するコスト　w:L に対するコスト
r:公正報酬率　　R:収入関数

の解 $R_K/R_L=i/w-\lambda/(1-\lambda)\,(r-i)/w$（$\lambda$：ラグランジェアン）は，効率的な技術が選択された場合の解，$R_K/R_L=i/w$ と比較すると一般的に小さい．この関係は，投入財比率の決定や新規投資をおこなう際の技術の選択にあたって，資本財の限界生産力が過大に評価されることを示している．その結果，資本財の投入も過大になる．さらに，規制される企業が複数の財を産出している場合においてアヴァーチ・ジョンソン効果が存在する場合には，産出が資本使用的な財にかたよることも知られている．したがって，被規制産業で需要にピーク・オフピークの差がある場合にも，資本使用的なピーク時の需要を制限するピークロード価格の導入に消極的になることが懸念される（Wellisz 1963, Bailey 1972 等）．

アヴァーチ・ジョンソンの命題は規制政策の効果に根本的な疑問を投げかけ，多くの研究者の議論と実証研究を喚起した．[1] アヴァーチ・

ジョンソンの原型のモデルは，規制の実態を必ずしも忠実には反映していないものであった．そのため，アヴァーチ・ジョンソンに対する批判は，現実の規制に即した形でモデルの前提を調整していった場合，彼等の命題がどの程度頑健なものであるかということに集中した．たとえば，動学的な規制のラグを考え，今期の制約となるのは今期の報酬率に対する制約ではなく，前期の報酬率を与えられた水準に決定する価格水準であるというモデルや，報酬率の多少の変動によっては価格の変更はおこらないが，ある上限ないしは下限の報酬率を超えると価格の修正が要求されるという，トリガーとなる報酬率の存在を仮定したモデル等がある．また，企業の目的関数を利潤ではなく収入や産出量とした場合や，需要に不確実性を導入した場合などが考察されている．多くの場合に，アヴァーチ・ジョンソンの命題は，前提に大きく依存する命題であり，広く適用されることが可能な命題ではないことが主張されている．

それらの理論的な分析とならんで，多くの実証研究も試みられてきた．Spann (1974) は米国の非水力の発電産業にトランスログ型の生産関数を適用した．彼は，資本に対する支払の総収入に対するシェア関数の推計において，公正報酬率規制の効果が観測されるか否かによって，アヴァーチ・ジョンソン効果を検証した．すなわち，シェア関数を：

$$(iK/PQ)=b_1+b_2\log(K)+b_3\log(F)+b_4\log(L)+\lambda\,(rK/PQ)$$

という形で推計し，仮説 H：$\lambda=0$ を検定した．ただし，ここで F は燃料投入を表している．推計は利潤最大化行動の検定と simultaneous に行われ，アヴァーチ・ジョンソン効果の存在に対し肯定的な結果が報告されている．ただし，利潤最大化については事業所データについてのみ肯定的であるとされている．

Courville (1974) は同じ米国発電産業にコブ・ダグラス型生産関数を適用し，効率的な技術が採用されているか否かを，直接に利潤最大化条件を推計することによって検証した．すなわち，$Q_K/Q_F=i/q$ が満たされているかどうかを検定し，統計的に有意な最適条件からの乖離の存在を検証している．ただし，q は F の投入に対するコストをあらわしている．Nelson and Wohar (1983) はやはり米国非水力発電にトランスログ生産関数を適用し，全要素生産性 (TFP) の変化に規制によるバイアスが観測されるか否かを検定した．全要素生産性の増分を，技術変化と規模効果そして規制によるバイアスをあらわす変数に重回帰分析を行い，規制によるバイアスの発生に対して部分的に肯定する結論を報告している．一方，McKay (1976) は発電産業の事例において，適切な効率性の尺度とフロンティア生産関数の概念を用いるならば，アヴァーチ・ジョンソン効果は観測されないとしている．日本における研究は数少ないが，Tawada, M. and S. Katayama (1990) は日本の電力産業の企業データにコブ・ダグラス型生産関数を適用し，否定的な結論を報告している．

これらの実証研究においてそれぞれの研究者が特に苦心しているのは，投下資本量の推計作業である．Spann は簿価による評価のほかに発電容量を用い，Couville は土地部分を簿価から控除し，Nelson and Woher は税率，償却，投資促進税割戻しなどを調整した Christensen and Jorgenson (1969) による資本指標を用いた．また Tawada and Katayama は稼働率を推計の上で調整している．

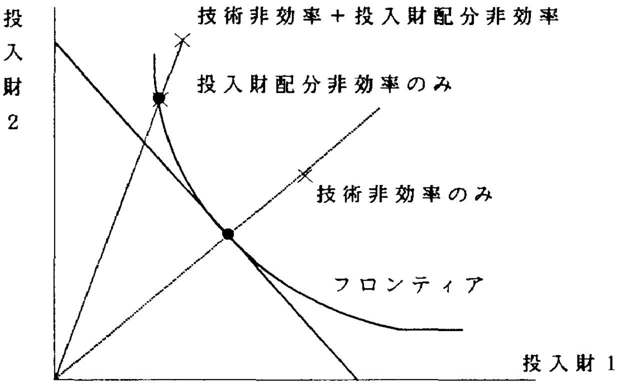
2. 技術非効率とアヴァーチ・ジョンソン効果

前節において概観したように，アヴァーチ・ジョンソン効果の実証研究は，それぞれ細部においては異なった方法をとっているが，どの方法も生産関数の傾きと投入財の価格比とを比較して，バイアスが発生したかどうかを検証していることには違いがない．したがって，たとえバイアスを観測できたとしても，それがはたしてアヴァーチ・ジョンソン効果によるものなのか，それとも生産関数および価格データの推計

に失敗したのかの区別は難しい．多くの分析が採用しているトランスログ型の生産関数は，生産関数としては制約が少なく，一般的であることが知られているが，正確な係数を得るためには要素シェア等の付帯的な情報が必要であり，精度の高い係数を得ることは一般的に難しい．またバイアスの発生を検証できなかったとしても，推計方法に問題があり推計値の分散が大きくなってしまい，単に検定できなかっただけなのかもしれない．他にピーク，オフピークの差が激しい産業では最適化されるべき資本の定義に問題があるかもしれない．

ここでは，資本量や生産関数の推計の精度に大きく依存せずに，アヴァーチ・ジョンソン効果の存在を検証する方法を提示する．ここで紹介する方法では，企業の利潤最大化行動が望ましいものからどの程度乖離しているかを直接測ることはしない．企業自身でさえも各投入財に対する実質的なコストを正確に把握することや生産関数の勾配を認識することは非常に難しいであろう．代わりに技術効率性の概念を用いて，アヴァーチ・ジョンソン効果が存在する場合にどのような現象が観測されるかということを予測・検定することにより，この効果の存在を間接的に検証する方法をとる．

Farrell (1957) による技術非効率の定義は，図1にみられるようなフロンティア生産関数からの乖離によっている．彼は他に所与の投入財の価格比の下で最適な組合せを選択していない時，投入財配分非効率 (Allocative-input Inefficiency) が存在すると定義したが，技術非効率は，それとは異なる概念として提示されている．アヴァーチ・ジョンソン効果の検証をおこなった多くの文献では，この両者の非効率の概念を分別せずに技術非効率と呼んでいることに注意せねばならない．ここでは，両者の区分がアヴァーチ・ジョンソン効果の検証に重要な役割を果たすので，Farrell のオリジナルな定義に沿った用語を採用する．この用法にしたがえば，アヴァーチ・ジョンソン効果とは一つの投入財配分非効率にほかならない．



注：図は所与の産出量を達成するのに必要な二種の投入財の投入量を示している．

図1　技術非効率と投入財配分非効率

生産関数が homothethic である場合，投入財の価格比率が何らかの値に与えられると，生産規模によらず，投入財の最適な投入比率が一意に定まる．ここでもし，投入財配分非効率がなく，技術非効率のみが存在したとした場合には，選択される投入財の投入比率には系統的なバイアスは存在しないだろう．当然，すべての事業所が一定の投入比率を達成できるというわけではなく，経済変動や観測誤差等のノイズによるちらばりを示すであろうが，これらのちらばりは最適な水準のまわりに対称的な分布を示すと思われる．

図2がこの関係を示している．図で縦横両軸は2種の投入財の投入量を示し，閉曲線はフロンティア生産技術が用いられた場合に，所与の生産財の需要曲線及び投入財の価格のもとで，公正報酬率を達成する投入財の組み合わせを示している．どのような非効率も存在しない場合には，投入財の価格比率を示す斜めの直線と閉曲線の交点が選択されるが，技術非効率が存在する場合には，閉曲線の内側に投入財価格比率を示す直線にそって操業レベルが移動する．非効率であるほど投入財の投入量が減少しているが，これは生産量が減少し生産財の供給価格が

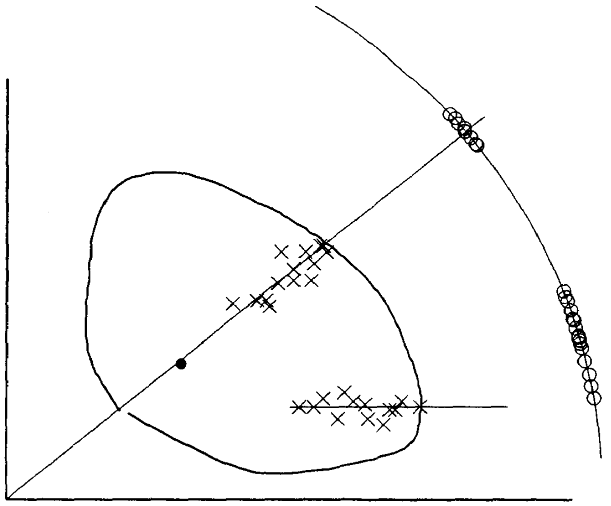


図2　技術非効率の存在と投入財の投入比率

上昇していることに対応している.

ここでアヴァーチ・ジョンソン効果が存在している場合，すなわち企業が図2の閉曲線のもとでもっとも効率的な投入財比率を選択せず，利潤の絶対額を最大化している場合を考える．アヴァーチ・ジョンソンモデルでは現実の資本コストが公正報酬率を下回るため，投下資本量が大きいほど公正報酬率と資本コストとの差額を利潤として実現できる．したがって，図2においては被規制企業は閉曲線上で最も東側に位置する点，すなわち図において閉曲線と水平線との交点を選ぶ．技術非効率が存在している場合には，やはりこの水平線にそって閉曲線の内側に，選択される点が後退する.

アヴァーチ・ジョンソン効果が存在する場合には，図からも明らかなように，技術非効率による効率性のちらばりが新たな投入財配分非効率の原因となる．すなわち，もし同じ水準の技術非効率が存在すると仮定すると，アヴァーチ・ジョンソン効果が存在する場合には，存在しない場合に比べて観測される投入財比率のちらばりは大きくなる．また，技術非効率は半正規分布等の負の歪度を持った分布を持つと考えられるので，観測される投入財の投入比率にも歪みが観測されると予想される.

Torii (1992a) よると日本の製造業には，平均31％程度の技術非効率の存在が観測されている (pp.54-8)．したがって，アヴァーチ・ジョンソン効果が存在する場合には，技術非効率を原因とする投入財配分非効率の存在を期待できる．以上の考察により，次の命題を提示することができよう.

仮説：アヴァーチ・ジョンソン効果が存在する場合には，技術非効率の大きさと資本装備比率のちらばりの大きさの間に正の相関がある．アヴァーチ・ジョンソン効果がなく最適な資本装備比率が平均的に達成されている場合には，相関関係は認められない.

Farrel (1957) に見られるように，技術非効率の概念はフロンティア生産関数にともなって定義されるものである．したがってその水準の推計にあたっては生産関数の推計を避けることはできない．しかし，幸いなことに技術非効率の水準のCOLS (corrected OLS) 推計量は，生産関数のパラメータの推計誤差の影響を受け難く，この意味で頑健な推計量であることが知られている (Torii 1992a, pp. 45−8)．したがって，アヴァーチ・ジョンソン効果の検証にあたって今までの検証方法が持っていた技術的な困難を回避することができる.

この報告の以後の部分では，上記の仮説を検証している．分析は本来であれば，公正報酬率規制を受けている産業において，K/Lの産業内の標準偏差の大きさを推計し，規制されていない産業の平均値と比較し，さらにK/Lの分布の歪度にも差が生じていないか比較するという検定であるべきである．しかしながら，被規制産業においての技術非効率の計測は，いまだ途についたばかりであるので，以下の分析はおもに，アヴァーチ・ジョンソン効果を，なんらかの規制をうけている産業において発生している投入財配分非効率と拡大解釈し，命題を製造業一般において検定している.

3.　製造業の規制と投入財配分非効率

この節では，製造業のうちなんらかの規制を受けている産業について，投入財配分非効率が発生しているか否かが分析されている．図３Aは，規制の存在する産業について，図３Bは，規制の存在しない製造業について，それぞれ技術非効率の水準と投入財の投入比率との相関関係を示している．技術非効率の水準はTorii (1992a) で計測されたσ_u推計量を用い，また規制の有無は独禁懇資料によっている．[2] 図より，規制のない産業でも技術非効率の水準と投入比率との分散の間には弱い正の相関関係が存在すること，しかしながら規制の存在する産業においてこの変数間の正の相関関係が顕著であることが明かである．

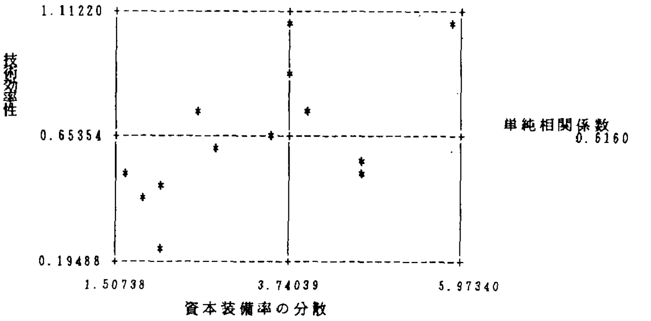


図３A　規制の存在する製造業の技術非効率水準と (K/L) の分散の相関関係

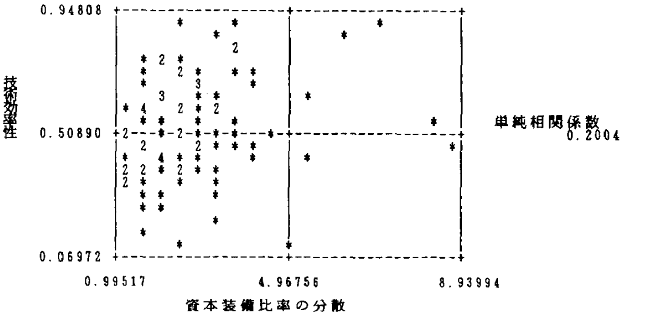


図３B　規制のない製造業の技術非効率水準と (K/L) の分散の相関関係

Torii(1992a, Table 2-11)によれば，次の回帰式で示されるとおり，規制の存在と効率性は負の相関を持っている．

$$\text{技術効率性} = \text{コアモデル} - \underset{(2.42)}{0.049^{b}}\ \text{規制ダミー}$$

$$\bar{R}^2 : 0.374 \quad N : 116$$

$$\text{技術効率性} = \text{コアモデル} - \underset{(2.94)}{0.491^{a}}(\text{関税}+\text{補助金})$$

$$\bar{R}^2 : 0.373 \quad N : 114$$

ただし回帰係数の下の括弧内はt値を示し，添字のaは両側検定で1％有意であることをbは5％有意であることをそれぞれ示している．これらの回帰式から，本来規制の存在する産業では技術非効率による分散が大きいことがわかる．したがって，アヴァーチ・ジョンソン効果が存在すると，規制によって発生した技術非効率が投入財の投入比率の分散をさらに拡大する原因ともなると思われる．以下では仮説を重回帰分析によって検証する．すなわち，投入財の投入比率の分散を回帰式における被説明変数とし，この分散の大きさをアヴァーチ・ジョンソン効果による技術非効率の大きさおよび対称的攪乱の大きさ，さらに規制の有無によって説明を試みている．対称的攪乱項も，アヴァーチ・ジョンソン効果が存在する場合には，技術非効率と同様に投入比率の分散の増大にあらわれる投入財配分非効率を引き起こすものと思われる．検証する仮説は，規制の存在によって技術非効率の水準と投入財の投入比率の分散との相関が強くなるというものである．したがって，技術非効率の大きさと規制ダミーの積によって新たな変数（以下のDSDU）を作り，相関関係の変化を検証することになる．すなわち，規制の存在する産業においての，技術非効率の大きさと投入財配分非効率の大きさの相関関係の増分を推計している．

投入財配分非効率と技術非効率の大きさとの相関に与える規制の役割

注：ASDKL：(K/L)の標準偏差　SDU：技術非効率の大きさ　SDV：対称的攪乱項
DREG：規制ダミー　DSDU：SDU＊DREG　R^2：決定係数
$\bar{R}^2$：自由度調整済み決定係数　N：サンプル数　括弧内はt値

ASDKL＝	1.696	＋5.393 SDV			R^2＝0.0395 $\bar{R}^2$＝0.0303
		(2.068)			N＝106
ASDKL＝	0.713	＋4.429 SDU			R^2＝0.0791 $\bar{R}^2$＝0.0702
		(2.988)			N＝106
ASDKL＝	0.999	＋3.051 SDU	＋3.114 DREG		R^2＝0.2269 $\bar{R}^2$＝0.2119
		(2.180)	(4.438)		N＝106
ASDKL＝	−2.054	＋5.611 SDU	＋7.889 SDV		R^2＝0.1580 $\bar{R}^2$＝0.1416
		(3.807)	(3.106)		N＝106
ASDKL＝	2.504	＋6.311 DSDU			R^2＝0.3376 $\bar{R}^2$＝0.3312
		(7.280)			N＝106
ASDKL＝	1.670	＋6.127 DSDU	＋3.177 SDV		R^2＝0.3510 $\bar{R}^2$＝0.3384
		(7.031)	(1.459)		N＝106
ASDKL＝	−0.968	＋4.054 SDU	＋2.711 DREG	＋5.504 SDV	R^2＝0.2628 $\bar{R}^2$＝0.2412
		(2.805)	(3.809)	(2.229)	N＝106
ASDKL＝	0.221	＋5.513 DSDU	＋2.172 SDU	＋4.365 SDV	R^2＝0.3656 $\bar{R}^2$＝0.3469
		(5.778)	(1.533)	(1.900)	N＝106

これらの回帰式から明らかなように，予測された技術非効率の水準と投入財投入比率の分散との正の相関，対称的攪乱項との間の弱い正の相関が観測される．特に最後の回帰式で示されるように被規制製造業において，技術非効率の水準と投入財比率との相関が高く，投入財配分非効率が存在しないことを排除できない．

次に，もう一つの仮説，すなわち，技術非効率によるちらばりは負の歪度を持つため，技術非効率によって引き起こされる投入比率のちらばりも負の歪度を持つという命題を同様な重回帰分析によって検証する．

資本装備率の分布の歪度と技術非効率の大きさおよび規制ダミーとの関係

注：SKWKL：(K/L) 分布の歪度

SKWKL＝	−0.4728	＋0.173 DREG		R^2＝0.0085 $\bar{R}^2$＝0.0056
		(1.710)		N＝345
SKWKL＝	−0.2498	−0.279 SDU		R^2＝0.0083 $\bar{R}^2$＝0.0014
		(−1.096)		N＝145
SKWKL＝	−0.3503	−0.543 DSDU		R^2＝0.0485 $\bar{R}^2$＝0.0418
		(−2.698)		N＝145
SKWKL＝	−0.2579	−0.204 SDU	−0.234 DREG	R^2＝0.0253 $\bar{R}^2$＝0.0116
		(−0.790)	(−1.573)	N＝145
SKWKL＝	−0.3173	−0.526 DSDU	−0.065 SDU	R^2＝0.0489 $\bar{R}^2$＝0.0355
		(−2.459)	(−0.244)	N＝145

これらの関係は投入財比率の分散との関係ほど頑健なものではないが，第5番目の式が示すように，予測された被規制産業での技術非効率の大きさと投入比率の歪度との負の相関関係を支持している．

4. まとめ

これまでのアヴァーチ・ジョンソン効果の検証は，生産関数が正確に推計されることを前提としていたため，統計的検定に多くの困難が存在した．この報告では，アヴァーチ・ジョンソン効果によって発生する非効率を，一つの投入