

(続紙 1)

京都大学	博士（経済学）	氏名	古山 友則
論文題目	J. Stanley Metcalfe による進化的市場分析の再検討 ーR. A. Fisher 「自然選択の基本定理」との関連を中心にー		
(論文内容の要旨)			
J. S. メトカーフは進化的市場分析の有力な草分けの1人であり、市場での競争過程を選択過程として概念化した。メトカーフは主著で、英国の統計学者・生物遺伝学者R. A. フィッシャーが1930年に提出した「自然選択の基本定理」の方法を、自身の理論的核心として応用した旨の言明を与えている。彼はその核心を「フィッシャーの原理」と称したが、具体的な内容については説明がない。フィッシャーの定理とメトカーフの応用は、どのように関連しているのだろうか？ 本論文の課題は、「基本定理」を生物学の枠外で応用しようとする立場から、定理の解釈史を通覧し、定理の方法を特定した上で、メトカーフによるフィッシャー定理の応用を評価することにある。 メトカーフはフィッシャーの方法を、競争的個体群内で形質の変異が構成され、その量的変異（分布）のモーメントの変化を解析することだと自明視し、その立場から市場選択モデルを作成した。しかし、この観念は木村資生の1958年論文に由来する。木村は遺伝子の頻度変化が、純粋な自然選択の作用下に最適性をもつパスにしたがうことを証明した。メトカーフも1産業の孤立市場で「正常価格」を仮定し、木村と同型の結果を与えた。さらにメトカーフは選択の作用をキュムラントの変化で要約できることを示唆し、単純な市場でその定理を与えた。これらの結果は、最小作用の法則という力学的世界観に由来する。したがって、メトカーフと初期の木村は選択を定量化するときの原理を共有していたと特定される。これが本論文の前半の成果である。 他方で、プライスの「基本定理」解釈は正確であったが、定理の有用性を懐疑し、一見して生産的ではなかった。しかし、その真の生産性はプライスを徹底的に研究したフランクによって継承されたという経過が、第3部への伏線になっている。 本論文（第2部）は一般線形次元の形質を扱っているが、これはメトカーフの仮定を緩和したというよりも、対称化の操作をつうじてモデルに内因する不変性を特定するための措置である。市場選択過程は必ずしも任意の形質を改善しない。他方で、この過程は全体として形質のレベルを保存するという意味での効率性を伴い、統計量を用いて定式化できる。さらに、それらの結果はプライスの公式と関連づけることで、体系的に整理できる。 「基本定理」の原理についての解釈は、フランクがフィッシャー情報量（FIM）の概念を媒介に定理を再構成したことで新しい展開を迎える。フランクが示したのは、推測統計学のパラメータ空間（統計多様体）上で、母集団の確率分布を規定するパラメータの変化をつうじて派生するFIMと「基本定理」の言明が形式的にうまく対応することである。この対応の確立にも、プライス公式の派生形が妥当する。しかしこの結果は、プライス公式が因果性の予測に役立たないという側面も同時に伴うので、木			

村 - メトカーフの枠組と、フランクの枠組がどのように関連するかという問いが生じる。

この問いはフリーデンの理論によって統合可能性をもつ。この理論の主眼は、FIMを停留条件に繰り込み、変分方程式の微分方程式解に結びつけることにある。以上の経過は、「基本定理」解釈が多様な曲折を被った理由を伝える。すなわち、定理は最小作用の力学的扱いと、標本 - 母集団の推測統計学的扱いの双方に関連していたのである。メトカーフ理論は木村の遺伝子モデルを応用し、原理的には最小作用の法則に則っていたことが判明したが、「基本定理」と関連する原理の全容を視野に捉えていない。

本論文の構成は以下の通りである。「序」で問題意識を説明した上で、第1部は、「基本定理」(Fisher 1930)が登場し、1958年に木村資生が遺伝子モデルによって定理を数学的に解明し、1972年にG. プライスがフィッシャーのテキストの考証と再構成によって定理を正しく解明した経過を説明している。第1章では、定理の原形を引用し、木村(1988)に依拠して標準的解釈を紹介する。第2章では、木村の1958年論文を要約している。第3章では、プライスの1972年論文を解説し、木村とプライスの検討の比較を与えている。

第2部は、メトカーフの主著(Metcalfe 1998)や代表的論文の成果を要約し、若干の拡張を行っている。第4章では、メトカーフが市場を選択のドメインとして扱うときに用いた概念を説明している。第5章では、メトカーフが市場で「基本定理」を特定した経過を、プライス公式の応用も交えて整理している。第6章では、メトカーフの原モデルを線形次元の形質を伴う個体群に拡張し、形質を対称化したときに成立する命題を導出している。さらに、木村の与えた対立遺伝子相対頻度の最適パスとの対応を扱っている。

第3部は、「基本定理」をフィッシャー情報量の視点から解釈したS. A. フランクの理論を要約し、その矛盾がフリーデンのEPI原理によって解消されうることを論じている。第7章では、フランクの成果を統計モデルから説き起こしている。第8章では、プライスの指摘した「基本定理」の非有用性を、フランクがどのように補ったか説明している。併せてプライスとフランクに因果性を予測する枠組がないことを指摘している。第9章では、主に生物学の領域で扱われてきた「基本定理」を、自然法則過程の観点から捉えたフリーデン理論を概説し、定理の解釈上の変遷がどのように相互に関連しているかを論じている。

(論文審査の結果の要旨)

新古典派の均衡分析は均衡点の近傍で安定分析できるという利点はあるが、均衡からの離脱や不均衡状態を保って推移していく経済の分析には弱点がある。そして、その難点を突破するための試みは多方面で展開されてきた。本論文が目指す生物進化論を基礎とした経済現象の記述もそのひとつである。特に、本論文はそうした課題をその先端的な試みであるところのJ. S. メトカーフの理論の全面的再検討によってなそうとするものである。メトカーフの理論はこの分野におけるほぼ唯一の最先端の研究成果となっているからである。本論文は新古典派(例えばドブリュー)の公理論的経済学の方法論を否定するものではないが、新古典派経済学によって解明された結論と、メトカーフの批判的検討から到達された結論が具体的にどのような違いがあるのかについて検討しようとするものである。

本論文の具体的な貢献として、以下の諸点をあげることができる。

(1) 「自然選択の基本定理」がたどってきた解釈の変遷を1930年～2009年の広い期間にわたって追跡し、とくに原定理とフィッシャー情報量 (FIM) の統合というS. A. フランクの観点を重視して、「伝統的解釈」と「現代的解釈」という対立図式を越えてすすむべき方向を明確に特定していること。その際、メルクマールとなる代表的論文の成果と矛盾を特定し、その矛盾が後続の研究によってどのように解消されたかを説明していること。

(2) 「基本定理」を初めて体系的に市場分析に応用したメトカーフ理論の概要を、簡潔にまとめたこと。井上義郎 (1999, 第2章) という先行研究が存在するが、本論文はキュムラント統計量の応用を強調し、プライスとフランクの各種公式を応用して体系化を志向している点に特徴がある。学位申請者が共訳者の1人として、原著者と密に連絡をとってMetcalf (1998) の翻訳を行ったことも、本論文の記述の信頼性を高めている。

(3) メトカーフの市場選択モデルを、競争主体群が線形次元の形質をもつ空間で表現し、モデルに対称性を入れて、いくつかの不変性を導出したこと。具体的には、競争主体群が選択を受けていく状況で、形質の相対的にすぐれた主体を市場が大域的に支援していく経過を補題1と命題1によって表現し、さらにメトカーフの最速淘汰経路との関連を与えたこと。

(4) (1)と若干重複するが、2009年のフランク論文を木村資生やプライスの「基本定理」解釈と対比し、その画期性を特定したこと。さらに動学的不十分性 (dynamically insufficient) というフランク理論の困難を指摘し、その解決をR. B. フリーデンの理論に求めうるという展望を与えたこと。

(5) フィッシャー「基本定理」が潜在的にかかわりをもつ複数の原理を特定し、とくに変分原理とFIMが、力学系を表現する空間 (計量) の記述にとって重要な柱石をなすという視点から、メトカーフが具体的には言及しなかった「基本定理」の原

理について、その背景をなす構造を特定したこと。

しかしながら、本論文には、いくつかの問題点や限界もある。

第1に、「基本定理」の登場から現在までのレビューであるが、内容理解に苦労する。この定理は多様な解釈と曲解を受けてきたかもしれないが、本論文の叙述も万全を期したとはいいい難く、さらに数学に頼らずもう少し文章的に表現した方が経済学分野の読者には理解しやすかったものと思われる。

第2に、特にメトカーフ理論を検討するという目的からすれば、メトカーフ理論の解釈をめぐる各種の評価についての解説を明確かつ簡潔にして欲しかった。メトカーフ理論検討のために必要となる諸論点が複雑である事を本論文は解明し、したがってそれらの諸論点を深めるべく多方面に論点を広げ、かつそれをひとつひとつ丁寧に検討しきってはいても、その一方でメトカーフ理論自身の評価をさらに深める努力がやや中途に終わっている感がある。たとえば、メトカーフ理論のひとつの特徴である「正常価格」の仮定を「正常価格」という名称で呼ぶことにはスラッフアの「正常価格」との混同などが考えられる。これらもまた論点である。

第3に、この論点とも関わるが、メトカーフ理論が生物進化において対象の外に置く「突然変異」の問題がある。生物進化において「自然淘汰」と同格で問題となる「突然変異」が理論化されずに「進化理論の応用」と述べられるのかといった問題である。この点は著者にも十分認識されているが、しかしそれでもメトカーフ理論の問題点としてもう少し前面に出されてもよかったのではないだろうか。特にこの「突然変異」に対応する経済上の事象が「創造的破壊」たるイノベーションという極めて重要な現象であるからである。

第4に、生物進化の論理を使って経済を説明するには他にも論点がある。たとえば、経済の進化のほうが進歩が速く、生物の進化にはみられない「文化的経路」（獲得形質の遺伝）も発生するという相違の問題である。本論文は、メトカーフ理論だけでなく、フィッシャーの原理、フリーデンのEPI原理等々の再検討を通じてこの問題にアプローチしているが、まだ最終的にどのような方向へと向かっていくのかは定かではない。

ただし、本論文には以上のような問題点もあるが、これらの問題の多くはそもそも検討対象とされたメトカーフ理論に起因し、かつ「突然変異」の理論化などそもそもその課題の禁止的な困難性によっている。また、本論文の持つ研究意図の壮大さ、その目的の基本的達成、極めて優れた数学的展開などの全体的な学術的価値は疑うことができない。よって本論文は、博士（経済学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、2012年1月26日、論文内容とそれに関連する試問を行った結果、合格と認めた。