

生物の情報処理と規則的行動の合理性

森 田 雅 憲

- I はじめに
- II 蓋然性と擬合理的装置 (進化的認識論の概要)
- III 蓋然性と行動ルール (ハイナー・モデル)
- IV 情報捨象の合理性
- V むすびにかえて

I はじめに

この論文では、制度的アプローチの新しい理論的基礎のひとつとしてしばしば引用される R. Heiner の CD-Gap モデル¹と行動生物学を源流とする進化的認識論とを比較し、両者に共通する視座を手がかりに、Heiner モデルと進化的認識論を総合する可能性を探っている。そして新古典派の合理的経済人に代わりうるこの行動仮説が不確実性の中での情報処理のありように対してもつ理論的なインプリケーションを引きだそうとしている。

ところで、わが国では伝統的な経済人モデルの陰に隠れてあまり言及されることはないが²、Heiner [4] は、H. Simon が提唱してきた「制約された合理性 bounded rationality」の下での行動様式やルールに規定された行動の (新古典派のそれとは違った意味での) 合理性を信頼性条件という形で明示的に理論化したものとして、重要な研究である。そして彼の主張す

1 Heiner [4] ではじめて展開された不確実性下での行動パターンに関する理論。

2 拙稿 [17]、塩沢 [28]、[29] などが例外的。

るルール規定的行動に関する理論は近年盛んに研究が進んでいる新制度学派の(とくに新オーストリック学派の流れを汲む)経済学者から幅広い支持を得てきた。

一方、進化的認識論は、要素還元主義的な方法論を明確に否定しており、制度的アプローチとの親和性という点では社会生物学よりはるかに高いものがあるようだ⁴。しかし、英語圏の制度的アプローチ関連の文献で進化的認識論に正面から言及することは、筆者の知る限りではあまりないようである。一つには進化的認識論は主としてドイツ語圏で展開されたという事情、今一つは英語圏では E.O. Wilson, R. Trivers そして R. Dawkins らの社会生物学が華々しい脚光を浴び、その陰に隠れてしまったという事情があるものと推察される⁵。しかし、社会生物学が個体または遺伝的複製子の利己的(自己維持的)なメカニズムから人間や人間社会の説明を試みるのに対し(したがって、新古典派的な理論との間に類似性が見られる)⁶、進化的認識論は進化の過程そのものをシステム論的にとらえ、多段階のフィードバックを考慮しながら生物界全体の構図を描き出そうとする点で、同じくシステム論と近親性のある制度的アプローチによりなじみやすい理論だと筆者は考えている。また進化論的アプローチを社会現象に適用するとき陥りやすい社会ダーウィニズム的傾向を避けようと思えば、進化的認識論のように動物から人間までを情報処理システムとして一貫して把握する視点が不可欠のように思われる⁷。

このように、Heiner の研究も、進化的認識論もともに新しい経済学の

3 Knudsen [13], Langlois and Csontos [15], Rutherford [24], Venberg [32] など。

4 実際、Hodgson [8] は、社会生物学に対して批判的なスタンスを示している。

5 Wilson [34], Trivers [30], Dawkins [2].

6 たとえば Bekker [1] は社会生物学を経済学に取り込んだ一例である。

7 社会生物学と進化的認識論との異同については、たとえば Wuketits [34], chap.6 を参照されたい。

流れの中で重要な位置を占める可能性を秘めている。そしてこの両者の間に架橋することで、社会生物学とは異なったもうひとつの生物学的視点が経済学に対してもつ意味を明確にできるのではないかと考えている。

Heiner の理論と進化的認識論に共通するもっとも重要な視点は、事象の生起・共在・継起する蓋然性の高さが、動物や経済主体の行動様式を説明する際の決定的要因であるということである。そして動物や人間に見られるルールに縛られた一見合理的でないように思われる行動様式が、じつは合理的推論に基づいてとられるであろうような複雑な行動様式とは違った形の合理性を持つ可能性があることを、そこから示すことができる。これは、従来の合理的経済人モデルが蓋然性ではなく確実性を前提に展開してきた理論であり、主体の意思決定における完全合理性がそのもっとも本質的な部分にあることと比較すれば、非常に対照的である。新古典派経済学では不確実性はいわば攪乱項であって、行動の予測をさまたげる要因でしかなかったが、進化的認識論や Heiner のモデルから引き出される結論は、蓋然性を本質とする不確実な世界が、逆に行動の予測可能性を高める要因となっているのである。

II 蓋然性と擬合理的装置 (進化的認識論の概要)

進化的認識論 evolutionary epistemology は、生命体の外界認識や行動のメカニズムを進化論の視点から研究する領域であり、行動生物学を基礎として発展してきた。この分野が確立した直接的な契機は、K. Lorenz の行動生物学に関する一連の研究であり、その流れを汲んだ R. Riedl, F.M. Wuketits らが70年代から80年代にかけて積極的な展開を試みている。また V.G. Vollmer や K. Popper, D. Campbell らによって認識論一般として射程を広げる試みがなされている。⁸

一見無関係に思える進化的認識論と経済理論であるが、両者は F. von Hayek を起点に細い糸でつながっている。進化的認識論という言葉の生みの親とされる Campbell は、シカゴ大学の助教授時代、道徳科学の教授として赴任してきた Hayek と接触し、彼の『感覚秩序』を読むことで大きな影響を受けたようである。そして「制約された合理性」という広く知られた概念を提唱した Simon は、その著書の中で Campbell から強い影響を受けたと述べており⁹、さらに、この論文でとり上げる Heiner の研究は、Simon の理論の一つの有力な発展と見なされているのである¹¹。

蓋然性の高さが認識の基本にあるという主張の他に、進化的認識論のもう一つの基本的な特徴を言えば、動物が外界を認識する第一次能力は、個体発生的にはアプリオリであり、系統発生的にはアポステオリである、という点にある¹²。つまり、個々をとってみれば、生まれながらにして外界を認識するある程度の能力を有しており、経験による学習がなくても一定の「合理的」行動がとれる。そしてその能力は進化の過程で種として獲得されたものだという主張である。生命の何億年という進化の過程を通じ、生

8 Riedl の進化的認識論の紹介については拙稿 [19] を参照されたい。また進化的認識論全般あるいはそれにたいする批判については入江の一連の論文に詳しい。また進化的認識論の提唱者自身による概説書としては Riedl [23], Wuketits [34] が平易である。

9 上山 [31], p.200。

10 Simon は Campbell の進化的認識論に高い評価を与えて次のように述べている。「心理学者のなかでは、ダーウィン説の進化と行動的な合理性の間のこのような類似性(変異-選択メカニズムと、仮説-検証の間の類似性)を指摘し、発展させるのに、ドナルド・T・キャンベルがもっとも説得力があった。」Simon [25], 訳書, p.44, 括弧内は引用者。

11 さらにつけくわえるなら、周知のように、科学哲学の立場から進化的認識論に強い関心を示す Popper は、Hayek の友人でもあった。

12 進化的認識論者はこれによってカントのアプリオリの問題を超えたと主張する。進化論を純然たる経験科学と位置づけるなら、そうした知識に基づいてカントのアプリオリを超えられるかどうかは大いに疑問のある点であり、多くの批判が出されている。この点についての関心のある読者はたとえば入江 [11], [12] を参照されたい。

存に有利な認識器官や生得的行動パターン（それらを総称して「擬合理的装置 ratiomorphic apparatus」と言う）を獲得した種や個体のみが生き残っているという淘汰の過程が基底にある。そしてこの主張を裏付けるために行動生物学の成果が積極的に用いられている。

このように進化的認識論は、行動生物学と進化論を基礎とした生物学の一分野と見られるが、その射程は単に生物の認識の問題にとどまらない。われわれの日常の認識から科学的認識のあり方まで視野に納めている。われわれが世界を認識する場合、つねになんらかの期待を投げかけている。このことは次のような例でも明らかだろう。たとえば、階段を降りるとき一定の段差があるだろうとわれわれは期待して足を踏み出している。そのような期待を投げかけていること自体は通常意識に上らないが、期待した段差がなかったとき、われわれは無意識のうちに一定の段差の存在を期待して行動していたことを突如思い知らされるはめになる。世界に期待を投げかけ期待通りの帰結が生まれたときその期待は補強され、逆に何度も外れたときには期待は捨てられるか、あるいはそのような誤った期待に固執した個体は淘汰される。このような経験を種と個体のレベルで無数に繰り返して、世界の秩序に見合った認識構造を文字どおり体得していくのである。これと同様のプロセスは科学的な認識にもあてはまる。上の例における「期待」という言葉を「理論仮説」と置き換え、「淘汰」を「反証による仮説の棄却」と読み替えれば、このことは理解されるだろう。このような視点から、Popper は進化的認識論を科学方法論のレベルにまで適用している。¹³

さて、経済主体の意思決定や行動モデルとの関わりでこの進化的認識論

13 進化的認識論を科学方法論にまで適用することには進化的認識論者の間でも意見の分かれるところである。Popper [21], Radinsky and Bartly III [22] などを参照されたい。

を見るとすれば、動物個体における認識や行動のありかたに関する理論がもっとも関連の深い論点として浮かび上がってくる。つまり擬合理的装置と学習過程に関する理論である。この理論は、「真らしきものの仮説」、「比較可能性の仮説」、「原因の仮説」、「目的の仮説」という4つの仮説から構成されている。最後の仮説をのぞく三つの仮説は、基本的には同じ内容を違った角度から述べたものであり、蓋然性の高さが学習と行動の基本にあるという視点がそれら三つの仮説を貫徹している¹⁴。Heiner の理論との関連を検討する前に、以下でそれら三つの仮説を簡単に概説しておく。

「真らしきものの仮説」とは、同じような状況の中で繰り返して起こる事象については、論理的必然性がなくても、世界はそういうものだと期待の中に取り込んでよい、という仮説である。そして生物は、そのような世界が実在するという期待を投げかけて行動する(仮説的実在論)。論理的強制力のあること、つまり確定的なことを期待に取り込むのではなく、蓋然性の高い事象を期待にとりこみつつ事象と期待の照合によるエラー修正を通じて漸進的に環境に適合していくプロセスである。それは、生命を促進する条件を構造的に模写することであり、しかもそれは、その条件が常に同一であり続けるか、絶えず繰り返されるという〈期待〉のもとで行われる¹⁵。その期待なしには何事も学習できないのである。特定の事象の論理的必然性の証明は期待を100% 確実なものにはするが、生存にとって必要なことは、完全に確定的でなくともまずは確実らしき(真らしき)世界を期待できる、ということである。

次に、「比較可能性の仮説」とは、「事物を知覚する際には、非相等なもの、互いに相殺してもよく、また同一のものではなくとも類似した物な

14 最後の仮説は、新古典派経済学の目的論あるいは還元主義的性格を批判する際に有効な視座を与えてくれるように思われるが、その点についての十分な検討は他日を期したい。

15 Reidl [23], 訳書, p.71.

らば、たとえまた実際には知覚されていない性質に関しても、相互に比較(相等化)可能であると見てよい¹⁶という仮説である。つまり、生命体が遭遇する諸事象のうち、類似しているものとそうでないものを弁別する能力に関わる仮説である。個体にとっての当面の目的(多くの場合は生存)からみて非本質的な特性を捨象して、本質的な特性だけで類似性を比較する能力は、生存にとって重要な意味をもっている。たとえば、酪酸臭と摂氏37度前後の温度は、同時にその付近に哺乳動物が存在することのほとんど外れることのない指標である。そしてダニはこの二つの条件が揃ったとき、対象に跳びつき吸血行動に入る。つまりダニは<哺乳動物>と<酪酸臭+摂氏37度前後の温度>とを相等化している。もちろんこうした抽象が可能になるためには、これら三つの事象の共在の蓋然性が高くなくてはならない。共在の経験を無数に積み重ねる中で、その経験が擬合理的装置に組み込まれ、個体にとってアプリアリナ判断を可能にしていく。

「原因の仮説」は、「類似した事象や状態は同じ原因に由来し、同じ作用を及ぼすであろう¹⁷」と期待してよい、という仮説である。これは、比較可能性の仮説を時間軸の中に置き換えたものと言ってよい。比較可能性の仮説の場合は、諸事象の同時的な発生に関するものであった。しかし、時間的に見て同時には存在しないが、事象Aが生起すれば事象Bが高い蓋然性で生起する、という形で時間を通じて諸事象が一定の順序を保って継起することはいくらかでもある。そしてそのような事象が無数に繰り返されると、BがあたかもAの原因であるかのような形で事象間の時間秩序が、神経回路の連合を引き起こしたり自然淘汰によって遺伝情報の中に織り込まれていく。なぜなら「何かが同じ順序で反復して起きると我々はそこに必然的な因果関係があるのではないかと期待するが、これは種維持にとっ

16 Reidl [23], 訳書, p.172.

17 Reidl [23], 訳書, p.246.

て大きな利点になっているに違いない¹⁸」からである。ここでも事象の継起の蓋然性の高さが期待の形成にとって重要になってくることは言うまでもない。

以上、生物の生得的な認識機構である擬合理的装置の発生に関する三つの仮説を概説した。繰り返せば、諸事象の発生・共在・継起の蓋然性の高さを頼りに行動が選択され、そしてその結果に基づいて、神経回路の連合や反省的理性などを通じて個体の学習が行われ、進化の過程を通じて擬合理的装置が徐々にできあがっていく、ということである。¹⁹

そのようなプロセスが学習であるかぎりには誤りはつきものであり、必ずしも「最適」なものあるいは完全に「合理的」なものとは限らない。しかし、最適な行動でなくとも、生存という目的にとってはさしあたり役立つのである。なぜなら、進化の過程で獲得された擬合理的装置は外界の蓋然性の高さに応じて設計されているため、外界の構造的な安定性が、不完全な認識能力の作用の結果を保証しているのである。生物は、進化の現段階での種固有の認識能力つまり生得的な情報処理能力と蓋然性の高さのバランスをとりながら行動しているのである。

このような生物一般の擬合理的装置に教導された行動様式が、反省的理性に基づいて意思決定をしているとされる人間の行動の説明にどこまで有効かは、議論の分かれるところであろう。しかし、人間も進化の産物であり、また不完全な情報処理能力のもとで意思決定を行いながら生存していかなければならない条件の下におかれている。だとすれば、ある特定の意思決定に思考能力を十分に活用して、できるだけ最適な意思決定を行おうと思えば、希少資源の一つである思考能力を節約するために、当面の問題

18 Reidl [23], 訳書, p.239.

19 仮説につけられた「真らしき」、「比較」、「原因」という表現はメタファーにすぎない。言うまでもないことだが、生物がそういったシンボル操作をしていると主張したいのではない。

に関わりないその他の意思決定については、思考能力を節約できるような方法を採用しなければならない。このような状況におかれた主体は、通常、経験から帰納的に学習された慣習的な行動を選ぶ。つまり、経験から学んだ法則性を未来に機械的に投射して行動する。このもっともありふれたわれわれの行動様式は、基本的には、おかれた環境における事象の発生・共在・継起の蓋然性の高さを頼りに学習することと等価である。この点で、人間行動の説明に際しても進化的認識論の視点は有効になってくる。以下では、そのような行動様式が主体に利得をもたらし、ある場合には生存価値を高めることを Heiner の理論に基づきながら明らかにしてみたい。

Ⅲ：蓋然性と行動ルール (ハイナー・モデル)

人間であれ、動物であれ、それらの行動はつねにながしかの不確実性にさらされている。不確実性とは端的に言えば、将来に生起することがあらかじめ意思決定を行う主体に確定的に分からないこと、と定義してよいだろう。そしてそのような状況はいくつかのことになった性格のものに分類できる。

まず第1は、将来の出来事が確率的に発生し、その事象の種類とおおのの発生確率を事前に知ることができる場合である。このケースは、さらに、客観確率が分かる場合と主観的に確率が割り振られる場合に分けられよう。前者の典型的な例は理想的に作られたサイコロを振ってある特定の目が出る確率である。また後者の例としては明日の天気を予想する場合がそれに該当するだろう。いずれも主体の行動とは独立な確率空間の存在が前提になっている。そしてしかもそれが安定的であることが必要である。つまり「どれが起こるか分からない」状況である。Dosi and Egidi の用語

を用いて、これらを“weak substantive uncertainty”と呼んでおく²⁰。期待效用理論でとりあげられるのは、この種の不確実性である。

第2のタイプは、確率空間そのものが変動し、それについての事前の情報に欠如しているか不完全なために、十分な確信をもって確率計算をすることができないようなケースである。さらにこのケースには確率空間の変動が主体の行動とは独立に生じる場合と、主体の行動そのものが確率空間に影響を与えてしまうケースとがある。前者の例としては、予期せぬ突然の災害などでビジネスの環境が激変してしまったケースが考えられる。また後者の例としては、画期的な技術開発をしてその結果産業構造が思わぬ方向に変化したようなケースが考えられる。つまり「なにが起るかわからない」ケースと言えよう。これを“strong substantive uncertainty”と呼んでおこう²¹。通常 J.M. Keynes や F. Knight, あるいは G.L.S. Shackle の名とともに語られるたぐいの不確実性がこれである。

これら二つの不確実性は確率を付与すべき事象の集合があらかじめ与えられているかいないかという点では異なっているが、大なり小なり情報の欠如という原因をなんらかの形で含んでいる。たとえばサイコロの目は、初期条件の微小な変化に敏感に反応するが、その微小な条件そのものに関する情報や、サイコロの運動を正確に記述する方程式が与えられれば、予測の精度を上げることは可能である²²。また天気予報にしても同じことが言えるだろう。第2の確率空間自体が変化するケースでも、変化の仕方についての情報が不十分であったり欠如したりしているために、結果の確実な予測が不可能になっている。つまり、これらの不確実性は、主体に十分な情

21 Dosi and Egidi [3], p.148.

22 運動が初期条件に敏感なカオスであっても、正確な運動方程式が与えられ、また完璧なアナログ・シミュレーションが可能であれば、将来予測は少なくとも原理的には可能である。しかしシミュレーションをしたという事実が、観察対象としている状況になんらかの影響を及ぼすようなシステムではふたたびカオスの初期条件敏感性が働くので、不確実性原理と同じようなジレンマにでくわす。

報処理能力があり、しかも情報を完全に与えることが仮に可能であれば解決できる種類のものである。

将来の出来事が正確に予測できない第3の原因は、解くべき問題の複雑性に比べて主体の情報処理能力が不足していることに求めることができる。たとえば初級者にとっての詰め碁や詰め将棋がこの場合に相当する。この場合、問題を解くために必要な情報は盤面にすべて存在しているが、主体の情報能力が不足しているために、正しい手順の選択に失敗し、問題が解けないのである。また新古典派経済学で前提にされる合理的経済人の意思決定をとりあげると、たかだか数十種類程度の財の購入を考慮して効用最大化を図ろうとするだけでも天文学的な計算量になり、事実上計算不可能になってしまうことが指摘されている²³。このようなケースを Dosi and Egidi に倣って“procedural uncertainty”と呼んでおこう²⁴。

weak substantive uncertainty は新古典派によって、strong substantive uncertainty は主にポスト・ケインズ派によってこれまで精力的に研究されてきたが、第3の意味での不確実性の分析は Simon などの研究をのぞけば、比較的最近に至るまで低調であった。1980年代に入ってから、この方向での研究が盛んになったが、その一つの成果が以下に取り上げる Heiner のモデルである。

Heiner は、上の procedural uncertainty に直面している主体の行動における合理性を研究し、ある特定の行動を選択可能な行動レパートリーとして保有することから利得が生じる条件を、信頼性条件という形で定式化した。その条件とは、次のようである。

g : ある行動 z をその行動をとるにふさわしい状況 R が発生したとき

23. 塩沢 [27]。

24. Dosi and Egidi [3], p.150. あるいは情報の欠落による不確実性と区別して、このケースを「複雑性 complexity」と呼ぶことも多い。

に選択したことから得られる利得,

l : z をその行動をとることがふさわしくない状況 W が発生しているときに選択したことから被る得失,

$p(R)$: R が発生する客観確率 (環境条件),

$p(W)$: W が発生する客観確率 (g),

$p(z|R)$: R が発生しているときに z を選択する条件付き確率,

$p(z|W)$: W が発生しているときに z を選択する条件付き確率,

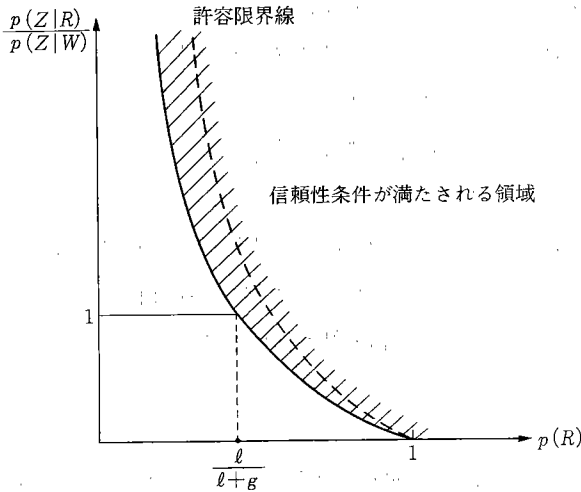
と記号の意味を与えておくと, 信頼性条件は次式で示される。

$$\frac{p(z|R)}{p(z|W)} > \frac{l}{g} \frac{1-p(R)}{p(R)} \quad (1)$$

この不等式を信頼性条件 reliability condition と呼んでいる。また左辺を信頼率 reliability ratio, 右辺を許容限界 tolerance limit と呼ぶ。情報処理能力が高いということは言い換えれば, 正しい判断がより高い確率でできるということに他ならない。つまり情報処理能力の高い主体は, より大きな値の信頼率をもつと考えられるのである。以下主体の信頼率は, その主体の情報処理能力の高さを示すパラメーターとする。情報処理能力が全くなければ $p(z|R)$ と $p(z|W)$ は五分五分と考えて良い。したがって, 信頼率の下限は一般に 1 と見なしてよい。²⁵

この条件を図示すると第 1 図のようになる。縦軸は信頼率であり, 横軸は正しい事象の発生する客観確率である。図に描かれた右下がりの曲線は, ある与えられた $\frac{l}{g}$ の値に対応した許容限界を示している。破線で描かれた曲線は, より小さな $\frac{l}{g}$ に対応した許容限界線である。曲線の上の領域が信頼性条件を満たすことは言うまでもない。この図から, 次のような命題が導ける。

25 信頼率が 1 より低い場合, 主体の判断を逆転させれば 1 以上の信頼率を達成できるからである。



第1図

- (1) 情報処理能力が低い場合、より客観確率の高い事象に適合した行動を選びとることが、主体に利得を与える。逆に、情報処理能力が十分高い場合、より客観確率が低い事象に適合した行動であっても、主体に利益を与える。
- (2) 利得に比べて損失の大きな行動が利得を生むには、より高い情報処理能力が要求される。逆に、損失よりも利得が十分大きな場合、より低い情報処理能力であっても、利得が発生する。
- (3) $l/(l+g)$ 以上の確率で正しい状況が発生する場合、ランダムな選択であっても利得を生み出す。²⁶

いずれも直感的に理解可能な命題である。しかしこれらの当然とも言える命題は、新古典派経済学の基本公理と抵触してしまう。以下、この条件の意味を具体例をとりあげて説明してみよう。

次のような場合を考えてみよう。通勤にマイカーを使うか地下鉄を使う

26 信頼率を1とおいたときの許容限界の値から導出できる。

かを毎朝ニュースで流される交通情報を聞いて決める人がいたとする。人間の情報処理能力は完全なものでないから、交通情報を聞いて下すその人の判断は正しい場合もあるし、誤っている場合もあるのが通常である。もし渋滞が発生しマイカーの利用が結果的に誤りであった場合は地下鉄より長く通勤時間がかかり、正しかった場合は地下鉄より速く職場に着けるものとする。通勤の所要時間を次のように与えよう。

マイカー利用が正しいときの所要時間 G

地下鉄利用の場合の所要時間 H

マイカー利用が適当でないときの所用時間 L

もちろんマイカーと地下鉄がオルタナティブになるためには大小関係は $G < H < L$ でなければならない。渋滞は確率 $p(W)$ で発生するとし、逆に $p(R)$ の確率で渋滞は発生しないものとする。したがって、 W は渋滞という事象を意味し、 R は渋滞がない事象を意味する。渋滞は「発生する」か「しない」かしかないとする $p(W) + p(R) \equiv 1$ である。そしてこの人が交通情報を正しくプロセスして交通渋滞が発生しないときにマイカーを選択する条件付き確率を $p(z|R)$ で表し、渋滞の時にマイカーを選択してしまう条件付き確率を $p(z|W)$ と表そう。このとき、毎朝交通情報を聞いて、どちらの手段にするかを選択するという行為をとることが、その人に利益を平均してもたすためには、つまりたとえば地下鉄ばかりを利用すると決めてかかることより有利になるのは、通勤に要する平均的な時間が地下鉄利用に比べて短い場合である。通勤時間で示された利得表は次のようであるから、

	マイカー	地下鉄
渋滞なし	G	H
渋滞	L	H

この人の通勤に要する確率的期待値としての平均時間は次の式で与えられることになる。

$$Gp(R)p(z|R) + Lp(W)p(z|W) + Hp(R)\{1-p(z|R)\} + Hp(W)\{1-p(z|W)\} \quad (2)$$

第1項は、渋滞がないときのマイカー利用、第2項は渋滞が起こったときのマイカー利用、第3項は渋滞がないときの地下鉄利用、第4項は渋滞のときの地下鉄利用に、それぞれ対応している。²⁷そしてこの行動パターンが毎日地下鉄を利用する場合に有利な行動パターンであるためには、それが地下鉄ばかりを利用する場合の平均時間 H より小さな値をとらなければならない。そのための条件は $p(R) + p(W) \equiv 1$ であることを考慮すると、

$$(G-H)p(R)p(z|R) + (L-H)p(W)p(z|W) < 0 \quad (3)$$

で与えられる。ここで $-(G-H)$ は適切なマイカー利用によって短縮できる時間であり、また $(L-H)$ は適切でないマイカー利用によって被る時間のロスである。それらをそれぞれ g と l で示すことにしよう。もちろん $g > 0, l > 0$ である。²⁸このとき、上式は

$$gp(R)p(z|R) - lp(W)p(z|W) > 0 \quad (4)$$

となるが、この式を整理すると Heiner の信頼性条件と同じ式が得られる。²⁹つまりこの例では信頼性条件が満たされていない場合、毎朝のニュースから交通情報を得てマイカーにするか地下鉄にするかを決めるという行動様式は、交通渋滞が起こるか起こらないかにかかわらず常に地下鉄を利用す

27 通勤にはマイカーか地下鉄のいずれかを必ず選択すると想定しているので、 $1-p(z|R)$ はマイカーに乗ることが正しい状況にもかかわらず地下鉄を選択する確率である。同様に $1-p(z|W)$ は渋滞が発生するときに地下鉄を首尾よく選択する確率である。

28 g と l の大小関係は不定である。

29 以上の導出過程は逆にもたどれるので、信頼性条件とは必要十分の関係にある。

る行動様式より劣ったパフォーマンスしかもたらないのである。このようなどきにはむしろ地下鉄ばかりを利用するというルール規定的な行動のほうが合理的と言える。

実際、(4)式が満たされている状況で、主体が適宜マイカーと地下鉄を使い分けしているとすると事後的に利得が発生することは、ベイズの定理を使えば直ちに確認できる。ベイズの定理はここでの記号を使えば次の式で与えられる。

$$p(R|z) = \frac{p(z|R)p(R)}{p(z|R)p(R) + p(z|W)p(W)} \quad (5)$$

$$p(W|z) = \frac{p(z|W)p(W)}{p(z|R)p(R) + p(z|W)p(W)} \quad (6)$$

この式を信頼性条件に代入すると、

$$gp(R|z) - lp(W|z) > 0 \quad \text{or} \quad Gp(R|z) + Lp(W|z) < H \quad (7)$$

となる。この式は、当該主体のマイカーに乗るという行為が、事後的に平均して地下鉄利用よりも短い通勤時間となっていることを示している³⁰。ここで注意しなければならないのは、この式はマイカーに乗ることが誰にとっても利得を生むこと意味しないことである。誰にとってもマイカーを使うことが地下鉄利用よりも短い通勤時間を保証するかどうかは、 $Gp(R) + Lp(W)$ と H の大小関係で決まってくるからである。(4)式はあくまで、マイカーを利用するかしないかを行動レパートリーに保有し、自らの判断でどちらを選択するかを決定するという行動が事後的に利得を生むかどうかの条件である。したがって、信頼性条件というときの信頼性は、この例

30 環境が定常的でない場合、実現する事後確率は、意思決定段階での確率からベイズの定理を経て得られる事後確率と異なる可能性がある。しかし進化の過程を通じて環境の構造的模写がなされるためには、その十分な定常性が前提になっていることはいうまでもない。このような見地から、ここでは二つの確率を同じものとして議論をしている。

の場合、マイカーに乗ることが通勤時間を短縮するかどうかについての信頼性ではなく、交通情報を聞いて正しい意思決定ができるかどうかについての信頼性を意味しているのである。

信頼性条件は、このように不確実な環境で情報処理を誤る可能性が高い場合、つまり $p(z|R)$ と $p(z|W)$ の比率で与えられる信頼率が一定の許容限界を下回っている場合、そのような行動様式を採用することは合理的ではないことを示す。解くべき問題の複雑さに比べ、主体の情報処理能力が見合わない場合、誤った選択をする確率は相対的に高くなるが、これは信頼率の低下に他ならない。このような場合には、むしろルール規定的行動が採用される可能性がある。不確実性や複雑性はルール規定的なつまり観察者から見て予測がより容易な行動パターンを生み出すのである。Heinerの貢献はこの点を信頼性条件という形で明示的に示したところにある。

許容限界の式を見るとわかるとおり、信頼率が高くても、正しい状況の発生する客観確率 $p(R)$ がそれ以上に低い場合は、やはり信頼率が満たされない可能性が出てくる。だが、新古典派の世界ではそのようなことは起こらない。新古典派の期待効用理論では主体の情報処理能力と問題の複雑性の間にはギャップがないから常に正しい選択が可能である。つまり $p(z|R)=1, p(z|W)=0$ であるから信頼率は無限大であり、いかなる場合にも信頼性条件は満たされてしまう。つまり、あらゆる行動について情報を取り入れそれをプロセスして最適な行動を選択することが、確実に行為のパフォーマンスの向上に役立つことになるのである。実際、上の例で言えば通勤時間は $Gp(R)+Hp(W)$ となり、交通渋滞の発生する客観確率がいくらであろうとも、平均して地下鉄だけの利用より短い時間しかからないことが明らかである。³¹したがって、新古典派経済学で公理とされる経済主体

31 期待効用理論に忠実であるうとすれば、 G や H は効用水準で評価しなければならぬ。しかしそのこと自体はここでの議論にとって本質的ではない。

は、ある日にはマイカーそして別の日には地下鉄といったように、観察される行動がより複雑になる。極端な表現をすれば、たとえ渋滞のない日が10年に1度の頻度でしか起こらなかったとしても、マイカーに乗るか乗らないかを毎朝考えているような主体なのである。

ところで、われわれがとらなければならないすべての行動に対してつねに最適な選択をしようと思えば、どれほど膨大な思考資源を使わなければならないかは、少し考えてみれば分かることである。何時に起床しようか、朝食はなにをとるべきか、背広を着ようかそれともカジュアルな服装にすべきか、通勤にはマイカーがいいだろうかそれとも地下鉄だろうか、etc…そうした行為の一つ一つに最適性を求めればわれわれはなにも行動できなくなるだろう。そうした行為を慣習にまかせて思考資源を節約するからこそ、もっとも重要な意思決定に大きなエネルギーを注ぐことができるのである。しかしそれさえもしばしば完全というにはほど遠いのが現実である。

新古典派経済学がこういったメタ・レベルでの合理性を度外視するのは、思考能力が無限に存在して、完璧な情報処理を行える主体を想定しているからである。希少性がその根幹にあるにもかかわらず、思考能力だけは希少性の制約を受けない自由「財」とされる。また、新古典派経済学で言われる不確実性とは事象が確率的に生起する（あるいは主観確率を付与する）という意味であって、主体の情報処理能力の不足からくる意思決定上のミスは存在しない。それに対して、Heinerのモデルでとりあげられる不確実性とは、あくまで主体の情報処理能力の不完全性に関わったものであり、この点で根本的に異なる理論となっている。

ところで、この信頼性条件が前節でその概要を簡単に紹介した進化的認識論の基本的な主張ときわめて類似していることが以上の分析から分かる。先に見たように、擬合理的装置はおかれた環境の中で事象が生起・共

在・継起する蓋然性の高さを頼りに設計されている。蓋然性の低い事象については個体と種のレベルでの学習がなされず、擬合理的装置の仕様には組み込まれない、つまり一貫して無視される。むしろ学習によって擬合理的装置は漸進的に情報処理能力を高めていくから、それぞれの進化の段階にある生物は固有の情報処理能力とそれぞれがおかれた環境の蓋然性の高さに見合った行動様式を選択することになる。このような主張は、Heinerの信頼性条件と合致している。

進化的認識論でしばしばとりあげられる擬合理的装置の実例の多くは、Heinerの信頼性条件によって説明できる；なかでも恰好の例といえるのが、Lorenzによってその存在が明らかにされた「すり込み行動」である³²。すり込み行動のよく知られた例は、雛鳥が孵化して十数時間の間であれば、最初に目にした動くものを「親」と認知するという現象である。それは必ずしも親鳥である必要はない。このような現象は雛は孵化してから十数時間は観察されるが、その後急速にすり込みは行われなくなる。この種として学習された個体の情報処理方式の合理性は、Heinerのモデルで明確に説明できる。

孵化して間もない間は、(1)雛の外界認識能力は低い、(2)雛が巣の中またはその近くにいる確率はきわめて高い（巣から離れたところで雛がかえるような状況は自然状態ではまず考えられないであろう）、という二つの状況があると考えてよい。このような条件の下で、自分に餌をくれる親を探し当てる合理的方法は、最初に目にした動く物体を親と認知することである。というのは、孵化するときに巣の付近に親鳥以外の動くものが存在する確率は親鳥のそれにくらべてずっと低いからである。また、その動くものが親かどうかをいちいち確かめて行動することは、低い認知能力しかない雛にとっては誤りの多いものであろう。したがって、動くものは親と

32 この例はHeiner自身もとりあげている。Heiner [4] 参照。

決めつけて行動するというルールが合理的になる。もちろん不幸なケースもときにはあるだろうが、その戦略を種に放棄させるほど頻繁に起こることではないのである。

ところが、時間が経過するにつれ、このすり込みは急速に行われなくなる。これは時間が経過するとともに雛の外界を認識する個体としての能力が向上することと、また孵化して十数時間以上も経過してから巢の近くにはじめて現れた動くものが、親鳥である確率は低いと考えられるからである。つまり孵化してから最初の十数時間は、すり込み行動をとることが信頼性条件を満たすような個体的および環境的条件が整っているが、それが時間の経過とともに破られてしまうため、すり込みというルールが行動オプションから捨てられ、別の行動パターンに移り変わっていくのである。

すり込みによる行動は、時として危険なものであるかもしれない。獲物をねらう猛禽に自ら近づいていく自殺行為かもしれない。しかし、蓋然性の十分な高さが、そのような最適ではない行動であっても種として淘汰に生き残れる可能性を保証しているのである。

IV 情報捨象の合理性

蓋然性の高さをたよりに発動される動物行動のいまひとつの特徴は、比較可能性の仮説で述べられているように、非本質的な情報の捨象ということである。言い換えれば、利用可能な情報の多くが「意図的」に無視されているのである。このような行動様式は、Heiner 自身によるモデルの拡張によって説明できる³³。比較可能性の仮説のところでもとりあげた酪酸臭と37度前後の温度に反応するダニの行動を例にとり、説明を試みてみよう。

33 Heiner [5], [6], [7], 森田 [20]などを参照。

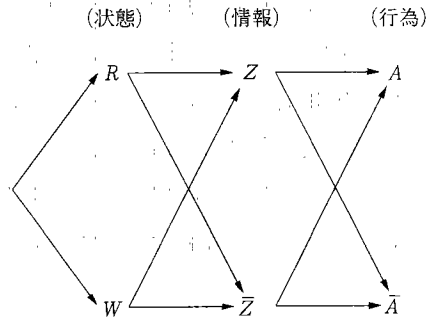
哺乳動物（以下、哺乳動物が出現している状況を R と表す）は、酪酸臭と 37 度前後の体温（以下、この情報を Z と表す）の他にも体毛や四肢やマーキングの臭いなどの特徴がある（以下、ダニが哺乳動物を待ち受けている状況で発生するであろう Z 以外のすべての情報を \bar{Z} と表す）さらに Z という情報を発するものは、哺乳動物以外にもあるだろう。たとえば搾乳場に入出入りするトラックはその条件を満たしているかも知れない。また状況 R があるにもかかわらず、風向き次第ではダニに Z なる情報が届かないケースも考えられる。したがって、状況 R は情報 Z を必ずしも 100% の確率で発生させる必然性はないし、また哺乳動物以外のもの（以下、哺乳動物以外のものが出現している状況を W で表す）が、情報 Z を発生させる可能性も同時にある。

上に述べた状況を記号で整理すれば、第 2 図のようになるだろう。ただし A は吸血行動に入る場合、 \bar{A} は、それ以外の行動を意味する。

哺乳動物が出現しているときに吸血行動をとる確率 $p(A|R)$ は、第 2 図から

$$p(A|R) = p(Z|R)p(A|Z) + \{1 - p(Z|R)\}p(A|\bar{Z}) \quad (8)$$

である。また吸血行動に出てはいけない状況で吸血行動に出る確率 $p(A|W)$ は、同じく第 2 図より、



第 2 図

$$p(A|W) = p(Z|W)p(A|Z) + \{1 - p(Z|W)\}p(A|\bar{Z}) \quad (9)$$

となる。この例のように情報そのものが事象と1対1の対応をしていない場合、行為の信頼率 $p(A|W)/p(A|W)$ は、上の2式の右辺の比で与えられる。すなわち

$$\frac{p(A|W)}{p(A|W)} = \frac{p(Z|W)(\sigma_z - 1) + 1}{p(Z|W)(\sigma_z - 1) + 1} \quad (10)$$

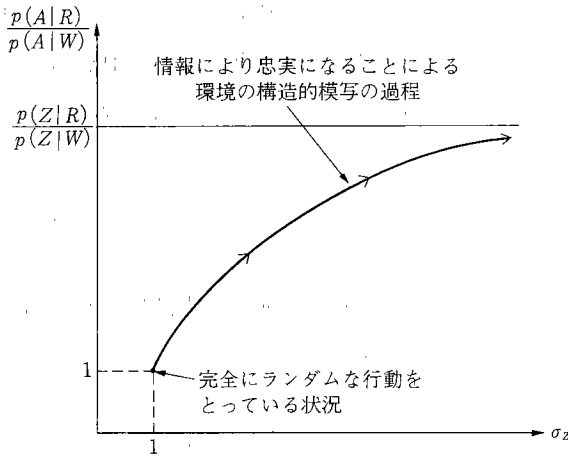
である。ただし上式で σ_z は、ダニが受け取った情報 Z から行動 A をとる信頼率であり、次の式で与えられる。

$$\sigma_z = \frac{p(A|Z)}{p(A|\bar{Z})} \quad (11)$$

ところで、哺乳動物が出現したときに酪酸臭と37度前後の温度が共存する確率は、哺乳動物以外のものが出現したときに酪酸臭と37度前後の温度が共存する確率よりはるかに大きいと考えてよいだろう。したがって $p(Z|W)$ に比べて十分大きな $p(Z|R)$ は、(10)式の右辺の値を大きくするので、行為の信頼率を引き上げることに貢献する。さらに(10)式を σ_z について微分すると、

$$\frac{\partial p(A|W)/p(A|W)}{\partial \sigma_z} = \frac{p(Z|R) - p(Z|W)}{\{p(Z|W)(\sigma_z - 1) + 1\}^2} \quad (12)$$

となる。適切なきに相対的に高い確率で正しい情報を発する事象については $p(Z|R) > p(Z|W)$ と仮定してよい。このとき、(12)式の符号は正になるので、 σ_z を引き上げることで、信頼率を高めることができる。つまり受け取った情報に対してより忠実に反応することが主体により高い平均利得を事後的にもたらすことを意味する。実際刺激に対して常に正確に反応するとき、 $\sigma_z \rightarrow \infty$ だから、信頼率は $p(Z|R)$ と $p(Z|W)$ の比に、つまり環境の確率的な構造に一致してしまう(第3図参照)。このことによって、情報処理能力の低い個体であっても、環境が許す範囲でもっとも高い信頼



第3図

率を達成することができるのである。このことが生存価を高める効果をもつならば、そのような行動傾向をより強く示す個体が種の中でより大きなウェイトを占め、やがて種の擬合理的装置に組み込まれ、環境の構造的模写に成功する。³⁴

一般に、接近しつつあるものが哺乳動物かどうかを確定的に知ろうとすれば、酪酸臭や37度前後の温度という情報だけは不十分であろう。体毛はあるかどうか、四肢で移動しているかどうかなどなど、より多くの情報を収集すればするほどそれが哺乳動物であるかどうかの見極めは確実になっていく。しかし肝要なことは、その情報を的確に処理できる能力が伴っていない場合、より多くの情報が正しい行動を選び取る確率を引き上げることに貢献しないということである。主体の情報処理能力を上回る情報を与えれば、その処理に過大な負荷がかかる結果、意思決定の信頼度は落ちるだろう。そうであれば、なおさら、より高い蓋然性で発生する情報だけに反応をロックして、その他の情報を捨象することで、より確実な行動を

34 Heiner [6], p.34を参照。

とれる可能性が高まるのである。

ではある特定の事象が生存という目的にとって十分高い蓋然性をもって
いることを、動物はどのようにして知るのだろうか。一つは個体による学
習の結果としての神経回路の連合であり、もう一つは種による学習すなわ
ち系統発生の帰結としての生得的教導機構の形成である。

V むすびにかえて

以上、進化的認識論と Heiner モデルに共通する特徴をさぐることで、
両者の間に架橋を試みた。その中で、生物は、自らの情報処理能力と事象
の蓋然性の高さに応じて行動し、そしてそのような行動様式が個体の生存
に有利に働く（あるいはそのような個体を多く含む種が淘汰に生き残る蓋
然性を高める）ことを Heiner のモデルを用いて示した。だが、小論にな
にがしかのオリジナルな論点があるとしたら、それは、進化的認識論と
Heiner モデルというすでに認知された二つの理論を相互比較し、両者が
きわめて高い親和性をもっていることを示した点につきる。両者の総合に
むけては今後さらに細部の整合性の検討など緻密な研究が必要であろう。
最後に、2~3の残された論点に触れて結びにかえたい。

（要素還元論か）

新古典派の経済人モデルも Heiner のモデルも、個人の意思決定行動の
内部を抽象的に定式化し、それによって人間行動や社会現象を説明しよう
としているという点では、共通している。この点だけで判断すれば、両者
はともに要素還元論であるように思われる。だが、両者の間には重大な違
いがある。新古典派の経済人は、理論のハードコアにあって、それ自体へ
の批判を受け付けない、いかえれば究極の理論的根拠と位置付けられて

いる。つまり、すべては効用を最大にする経済人の行動で説明されるのであって、効用を最大にするという目的自体はなにによっても説明されない。そのようなコアをもつ理論で現実世界を説明することはテレオロジーの一種と言えるだろう。

一方、Heiner モデルは、本稿で試みたように、進化的認識論との共通性を指摘することで、進化論によって基礎づけることが可能である。Heiner 自身はその点を強調しないが、進化という選別過程の中を生き延びてきた主体であれば、どのような情報処理のスタイルをとっているのか、といういわば後知恵的発想から導くことができる理論なのである。その意味ではテレオノミー（進化の過程の中から目的が設定されるという論理）としての行動理論になっており、これを要素還元論ということは正確ではないだろう。環境と主体の相互作用のなかから徐々に学習されたものという意味では、行動様式は被説明項であり、進化的認識論というシステム論的パラダイムの一部を構成する理論だと言えるだろう。本稿ではこれらの問題にはまったく触れなかったが、Reidl らが主張する進化システム論という枠組みの中で、いっそう立ち入った検討が必要であると考えている。

(人間の認識活動への適用)

本稿では、主として動物の行動を例にとりながら、擬合理的装置や個体学習による主体内部での情報処理のありようを Heiner モデルをもちいて説明した。これらのモデルは人間行動の多くの局面の説明に役立つであろうが、それでも文化や慣習といった制度に縛られた中で反省的理性を用いてとられる行動全般にそのまま適用することには限度がある。つまり動物と人間に共通する情報処理の様式ではなく、人間固有の情報処理様式への道筋をつける作業が残されている。

これまでホモ・ルーデンス、ホモ・ファーベルなどといったように、さ

まざまな切り口から人間の本質がとらえてきたが、60年代以降の記号論の展開によってシンボルとりわけ言語の使用が人間を他の動物から隔てるもっとも基本的な特徴として浮かび上がってきた。つまりアニマル・シンボリックあるいはホモ・ロクエンスとしての人間像が幅広い支持を得るようになってきた。そのような人間の定義に立脚して進化論的視点から人間の外界認知と行動の様式を研究するとすれば、シンボル性の情報処理様式を進化的認識論とどう接合するかというテーマが浮かび上がってくる。

ところで、ソシュール流の記号論によれば、記号(シーニュ)は、その内部(シニフィエ)では非本質的差異が消滅し、他の記号との境界面(シニフィアン)では差異性が浮かび上がる、というメカニズムをもっている。したがって、シンボルによる外界の認識は、リリーサーに典型的に見られるように、非本質的な差異が捨象され本質的な差異が顕著化されるといういわゆる「様式化 ritualization」のメカニズムと通底するものがある。これらは吉田民人が言うように、シグナル性かシンボル性かあるいは生得性か習得性かの違いはあるが、ともに個体にそなわる「般化-分化能力」の作用として一般的にとらえることができる(さらにいえば、生物の情報処理そのものを可能にしているニューロンの発火パターンにさえ類似している。)

また、アヴェロンの野生児の事例で良く知られているように、ランゲージという種固有の生得的能力が発現してラングが生成されるためには、生まれて間もない時期に人間社会にさらされるということが必須条件になっているが、これも一種の擬合理的装置の教導によるものと考えられないこともない。さらに、特定のラングがそれが使用される社会に生まれ落ちた個々人にとってはいわばアプリオリとして教え込まれるのに対し、ラング自体は歴史の過程でアポストオリに生成されたものであるが、この点は、擬合理的装置が個体にとってはアプリオリで、種にとってアポストオ

りであるという関係に対応している。

こうしたことを考えあわせると、人間のシンボル操作も進化という視点から生物の情報処理一般として整序できるように思われる。実際、こうした方向ではたとえば吉田民人のきわめて緻密で一般的な記号進化論をわれわれはすでに有している。本稿ではほとんど言及できなかったが、こうした研究を手がかりに、進化的認識論からシンボルによる情報処理の研究を経て制度分析を「外側」から基礎づける道が開けるのではないだろうか。

参考文献

- [1] Bekker G.S., Altruism, Egoism, and Genetic Fitness: Economics and Sociobiology, *Journal of Economic Literature*, Vol.XIV, No.3, 1976, pp.817-826.
- [2] Dawkins, R., *The Selfish Gene*, Oxford University Press, 1976 [日高敏隆他訳『利己的な遺伝子』紀伊国屋書店, 1991].
- [3] Dosi, G. and M. Egidi, Substantive and Procedural Uncertainty, *Journal of Evolutionary Economics*, Vol.1, 1991, pp.145-168.
- [4] Heiner, R., The Origine of Predictable Behavior, *American Economic Review*, Vol.73, No.4, 1983, pp.560-595.
- [5] _____, Uncertainty, Signal-Detection Experiments, and Modeling Behavior, in Langlois [14], 1986, pp.59-115.
- [6] _____, Imperfect Decisions in Organizations-Toward a Theory of Internal Structure-, *Journal of Economic Behavior and Organization*, Vol.9, 1988, pp.25-44.
- [7] _____, The Necessity of Imperfect Decisions, *Journal of Economic Behavior and Organization*, Vol.10, 1988, pp.29-55.
- [8] Hodgson, G., *Economics and Evolution-Bringing Life Back into Economics* -, Polity Press, 1993.
- [9] 入江重吉「進化的認識論の背景とその認識構成説」『熊本短大論集』第36巻第2号, 1985年, 23-55ページ。
- [10] _____「進化的認識論の新しいパラダイム」『熊本短大論集』第36巻第3号, 1986年, 35-53ページ。
- [11] _____「進化的認識論をめぐる論争について-(1) 進化的認識論は如何に批判されるか-」『松山大学論集』第2巻第2号, 1990年, 655-697ページ。

- [12] _____: 「進化論と認識論のカップリングは如何にして可能か—進化的認識論をめぐる論争について—」『松山大学論集』第4巻第1号, 1992年, 26-61 ページ。
- [13] Knudsen, C., *Equilibrium, Perfect Rationality and the Problem of Self-Reference in Economics*, in Mäki, Gustafsson and Knudsen [16], pp.133-170.
- [14] Langlois, R. (ed.), *Economics as a Process*, Cambridge University Press, 1986.
- [15] Langlois, R. and L. Csontos, *Optimization, Rule-Following, and the Methodology of Situational Analysis*, in Mäki, Gustafsson and Knudsen [16], pp.113-132.
- [16] Mäki, U., B. Gustafsson and C. Knudsen (eds.), *Rationality, Institutions and Economic Methodology*, Routledge, 1993.
- [17] 森田雅憲 「不確実性と行動の合理性—ハイナー・モデルの検討—」『同志社商学』第38巻第4号, 1986年, 115-140 ページ。
- [18] _____ 「経済人」角村正博編著『経済学の方法論と基礎概念』日本経済評論社, 1990年, 151-170 ページ。
- [19] _____ 「R. リードル『認識の生物学—理性の系統発生史的基礎—』をめぐって」『同志社商学』第43巻第6号, 1992年, 25-54 ページ。
- [20] _____ 「品質情報と価格形成—市場メカニズムと品質—」(岩下正弘編著『市場・商品開発・企業競争』同文館, 1994年), 73-99 ページ。
- [21] Popper, K., *Objective Knowledge*, Clarendon Press/Oxford, 1972 [森博訳『客観的知識』木澤社, 1974年]。
- [22] Radnizky G. and W.W. Bartley III, *Evolutionary Epistemology, Rationality, and the Sociology of Knowledge*, La Salle, 1987.
- [23] Reidl, R., *Biologie der Erkenntnis*, Verlag Paul Parey, 1981 [鈴木達也他訳『認識の生物学』思索社, 1990年]。
- [24] Rutherford, M., *Institutions in Economics*, Cambridge University Press, 1994.
- [25] Simon, H., *Reason in Human Affairs*, Stanford University Press, 1983 [佐々木恒夫・吉原正彦訳『人間の理性と行動』文真堂, 1984年]。
- [26] _____, *From Substantive to Procedural Rationality, Method and Appraisal in Economics*, ed. by S.J. Latosis, Cambridge University Press, 1976.
- [27] 塩沢由典 [1985] 「『計算量』の理論と『合理性』の限界」『理想』, No.623, 1985年, 77-94 ページ。
- [28] _____ 「市場の秩序学」筑摩書房, 1990年。
- [29] _____ 「人はなぜ習慣的に行動するのか」(松岡正剛他著『複雑性の海へ』NTT出版, 1994年), 236-261 ページ。

- [30] Trivers, R., *Social Evolution*, Benjamin/Cummings, 1985. [中嶋康裕他訳『生物の社会進化』産業図書, 1991年].
- [31] 上山隆大「進化論の視点から—ハイエクとホパー—」(『講座・社会科学の方法Ⅱ 20世紀社会科学のパラダイム』岩波書店, 1993年), 185-220ページ。
- [32] Venberg, V., *Rational Choice, Rule-following and Institutions: An Evolutionary Perspective*, Mäki, Gustafsson and Knudsen [16], pp.171-200.
- [33] Wilson, E.O., *Sociobiology: The New Synthesis*, Harverd University Press, 1975 [伊藤嘉昭訳『社会生物学』全5巻, 思索社, 1983年].
- [34] Wuketits, F.M., *Evolutionary Epistemology and Its Implications for Humankind*, State University of New York Press, 1990 [入江重吉訳『進化と認識』法政出版, 1994年].
- [35] 吉田民人『自己組織性の情報科学—エヴォルーションシヨニストのウィーナー的自然観』新曜社, 1990年。