

反証主義方法論から見た確率効用モデルの意義と可能性*

On Random Utility Model from the Methodological Viewpoint of Falsificationism*

角 知憲**

By Tomonori SUMI**

1. はじめに

反証主義とは、経験科学の方法論（科学哲学）の一つの立場である¹⁾。

経験科学とは、実世界において人間が経験する事象に関する知識、とくに現象の初期条件（あるいは独立変数と呼ばれる）と結果（従属変数）の関係（これが因果関係である。）を説明する体系のことである。反証主義科学方法論では、科学の研究とは、この知識を前進させること、すなわちより精度よく、より広範に実世界における経験を因果的に説明可能とする活動を意味する。

社会現象を取り扱う分野（社会科学）においても、反証主義に基づく特有の方法論が提示されている。確率効用モデルに代表される交通行動の予測モデルは、その方法論に沿う性質を強く持っているが、必ずしも経験科学として高度に進歩した体系に至っているとは言えないと考えられる。

本稿は、交通計画の分野で用いられている交通行動予測モデルを用いて、交通行動の経験科学的知識を蓄積し進歩させる可能性を論じるものである。

2. 反証主義科学方法論

(1) 反証主義の性格

反証主義の性格経験科学の方法論において反証主義は唯一のものではないが、もっとも有力な方法論のひとつである。それは、Einstein の相対論が Newton の力学に対して修正を迫ったことを契機として提起された考え方で、非正当主義、合理的批判主義などと呼ばれ、その特徴は、「真理」についての相対主義であるとされる。ただし、反証主義は、究極の真理の存在については否定したが、「知識が進歩すること」自体は認めている。

1970年代に現れたパラダイム論は、反証主義が認めた進歩という概念そのものを否定するに至り²⁾、さまざま議論の末、現在では進歩信仰をも放棄する方向が

*キーワード：計画基礎論，交通行動分析，科学方法論

**正員，工博，九州大学工学研究院環境都市部門

(福岡市西区元岡744,

TEL:092-802-3405, E-mail: sumi@doc.kyushu-u.ac.jp)

主流になっている。しかし、その方法論においても科学的研究のある時点における「問題移動 problem shift」という進歩に類似する概念（「進歩」にかわるきわめて控え目な表現であるが、局所的には進歩に近い見かたであろう。）は残されており³⁾、その方法ないしルールとして、反証主義方法論はいまだに実務的な有用性を保っているといえよう⁴⁾。

反証主義科学方法論⁵⁾は、次のような考え方である。経験科学の理論（「法則」，「モデル」も同じ意味。反証主義ではいずれの語も「いまだ反証されない仮説」と解するので、「仮説」も同じ意味を持つ。）は、特定に事実に関する言明（単称言明 singular statement と呼ばれる。事実に関する言明を全体的に呼ぶときには存在言明 existential statement という。）と一緒に合わせる（代入する）ことによって、もう一つの事実に関する言明を導くものである。初めの存在言明を初期条件 initial condition と呼び、次の存在言明を予測 prediction と呼ぶ。「理論」は、一般性のある言明であって「普遍言明 universal statement」と呼ばれる。実際に初期条件を与えて結果を測定し、予測と比較することが理論のテストであり、「実験」である。かつては確固たる存在であった Newton の法則が Einstein によって改訂されたように、理論あるいは法則もいつか改訂される可能性を常にはらむ。その意味で、理論は暫定的に承認され、「いまだ反証されない仮説」と位置づけられる。したがって、理論はテストによって実証 (verify) されるのではなく、確からしさを増すのであってこの意味で corroboration (検証) という語を用いる。

テストが容易であればある程、たくさんのテストを経験すればするほど、理論は優れている。一方、テストによって理論が反証される (falsified or refuted) と理論は否定される。しかし、いったん否定された理論を改訂して、元の理論をいったんは反証したテストにも耐えることができれば、それが理論の進歩なのである。

この間、反証主義は理論/モデルがどうやってテストされたかを問うのであって、どうやって見出されたか、どんな形式をもつのかを問うことはない。これが非正当主義 non-justificationism とも呼ばれる所以である。

(2) 反証主義の社会科学方法論

科学方法論として反証主義を唱えたカール・ポパーは、社会現象の経験科学の方法論として、

①方法論的個人主義 Methodological Individualism

②状況の論理 Logic of Situation

③ゼロ方法 Zero Method

というアプローチを提案している⁹⁾。

①は、社会現象を個々人の行動の集積であるとみなし、個々人の行動を説明するというアプローチの提案であり、②、③は、人は、与えられた状況のもとでその人にとって最適な行動を採るものと仮定してモデルを構成し、さらに人の行動にはばらつきがあって数学的に厳密な最適行動から外れることが避けられない事実を鑑み、最適行動を座標原点（ゼロ点）とし、それからの偏倚としてこのばらつきを表現するという提案である。

この①~③の方針のもとで、とりあえず与えられた初期条件とその結果を対比して理論/モデルをテストする。テスト、すなわち実験が初期条件（独立変数）と結果（従属変数）の関係を測定して理論と対比するものであることはすでに述べたが、実際にはテストしようとしている独立変数以外にも従属変数に影響する要因はあり得る。一般には、独立変数以外の要因（境界条件）が観測結果を変化させると理論のテストが不正確になるので、その影響を局限することが必要である。このための手順を「境界条件の統制 Control of Boundary Condition」あるいは「孤立化 Isolation」という。ポパーは、かつて天文学が望遠鏡の観測以外にアプローチの方法を持たなかった時代にも比較的成熟した知識体系を得ることができた理由は、宇宙空間では環境条件の統制がたまたま実現されていたため（自然的孤立化 natural isolation）であったことを指摘したうえで、自然科学においても境界条件の統制は厳密には行いえず、それが満足すべき程度であるか否かは、テストが成功したかどうかとともに、最終的にはそれを評価する研究者の見方によることを強調して（それゆえ、反証主義は「相互主観主義 Inter-Subjectivism」とも呼ばれる。）、環境条件の統制が十分であったかどうかは結果論でしかないという見解に立つ。それに基づいて、社会現象についても、たまたま環境条件の統制が実現することがあり得ることを期待して、そのための人為的な手順を軽視し、実社会における独立変数と従属変数を試行錯誤的に対比することを提案した。この態度を指して漸次的社会工学あるいは彌縫的社会工学 Piecemeal Social Engineering と呼ぶ。

3. 確率効用モデルの可能性

(1) 確率効用モデルの方法論的意義

確率効用モデルは、交通計画における需要予測のた

めの標準的な手法の一つとして普及している。このモデルは、交通行動を一連の選択行動の結果であるとみなして、選択肢の各々について非効用を定義し、非効用最小の選択肢を人が採用することを仮定する。さらに、非効用に確率変動項を追加して厳密な最適化行動とのずれを許すことで人の行動のばらつきを表している。

このモデルの構成方法は、個人の選択行動を取り扱う（方法論的個人主義）、非効用最小の選択肢を選ぶ（状況の論理）、最適化行動とのずれを与える（ゼロ方法）という点で、ポパーの提案した社会科学の方法論に従ったものになっているといえる。したがって、このモデルに彌縫的社会工学を適用して交通行動に関する経験科学的知見を得ることを期待してもよさそうである。

1980年代には、いくつかの都市の調査データに基づいて作成された確率効用モデルに移転可能性 Transferability が期待されたことがあったが、移転可能性とはポパーに意味におけるテストの成功の別の表現であったであろう。現在のところ、移転可能性が十分に確かめられたモデルは見当たらない。交通需要予測は、対象とすべき都市・地域における交通調査の結果に基づいて、確率効用モデルをはじめとするさまざまな予測モデルをその都度作成するという方法で行われている。これは、ある意味で反証主義的なテストを放棄する態度にほかならない。ポパーは社会科学における予測を「予言 prophecy」と「工学的予測 technological prediction」に区別しているが、この種の予測には言及していない。

この予測は、いくつかの種類の観測値の間に見られる統計的な関係を見出し、ある観測値に基づいて別の観測値を推定するもので、「統計的内挿/外挿 interpolation/extrapolation」と呼ぶべきものである。この時、いくつかの観測値を推定地と対照していくという意味では、反証主義におけるテストと内挿/外挿のための数値処理とで数値の扱い方に本質的に異なることはない。異なるのは、科学的な仮説として反証しようという意思と反証のために必要な手順を極力的確に踏もうとする態度の有無である。この意味で、反証主義は決意主義 decisionism であるといわれる。

確率効用モデルを統計的内挿/外挿の手段として利用することは、実務的にはもちろん有用である。同時に、交通行動に関する経験科学的知見を見出す手段として用いることも大いに考慮に値する。ここでは、経験科学の研究として次のような態度をとる必要が生じる⁹⁾。

「方法論的規則は、ここでは約束とみなされる。それらは、経験科学のゲームのルールといえよう…

[1] 科学のゲームは、原則上、終わりが無い。いつか、科学的言明をもうこれ以上テストする必要がないと決定し、それらの言明を究極的に実証されたものとみなせる

と決定する人は、ゲームから退くのだ。

[2] ひとたび仮説が提示され、テストされ、その耐力の証しを立てたならば、「正当な理由」(good reason)がなくてそれを退去させることは許されない。「正当な理由」には、たとえば、その仮説をよりよくテスト可能な他の仮説によって置き換えること、あるいはその仮説の帰結の一つを反証することなどがある。」

“ Methodological rules are here regarded as conventions. They might be described as the rules of the game of empirical science.

.....

(1) The game of science is, in principle, without end. He who decides one day that scientific statements do not call for any further test, and that they can be regarded as finally verified, retires from the game.

(2) Once a hypothesis has been proposed and tested, and has proved its mettle, it may not be allowed to drop out without 'good reason'. A 'good reason' may be, for instance: replacement of the hypothesis by another which is better testable; or the falsification of one of the consequences of the hypothesis.“

(2) モデルの構造と社会実験の意味

確率効用モデルを経験科学のモデルとして取り扱うとしたら、選択肢集合を入力(独立変数あるいは初期条件といってもよい)とし、選択結果を出力(従属変数あるいは予測)とする伝達関数であるとみなすことになる。ここで、選択肢集合なるものは実存在であり選択結果も実際に観測可能な事実であるが、「効用」はそうではない。これは、従属変数を独立変数とテスト可能な形で結びつけるための便宜的な概念であって、「構成概念 constructive concept」と呼ばれる。物理的な刺激に対する人の弁別能力を測定しようとする精神物理学の分野では、同じように物理的刺激的のセットと弁別結果を結びつけるために人間の感覚軸(心理学的連続体 psychological continuum)なる概念を用いるが⁹⁾、これも構成概念のひとつである。さらにいえば、Newtonの法則において力と加速度を人間が認識できる基本的な実体(原始概念 primitive concept)とみなせば、「質量」なるものが構成概念であるといわれる。反証主義によれば、どのような構成概念を用いようともその妥当性を論じる必要はない。ただその伝達特性の妥当性、つまりテストの成否を論じれば足りるのである。このような観点からすると、ポパーの提示した社会科学方法論、すなわち方法論的個人主義・状況の論理・ゼロ方法を採用することには本質的な意味はないことになる。

ポパーの社会科学的方法論の下敷きとなったのは、

1930年代以降成熟を見せていた計量経済学であったといわれる。L. R. クラインは、「わたくしは、構造モデルをアップデートし改良するための手段として予測を規範とした検証を継続的にこなすことを提唱したい。したがってわたくしは、構造推定と理論検証と予測とのあいだの区別を、あえておこなわない。」と述べているが¹⁰⁾、これはポパーの示唆するところと類似のものであるとともに、この時代までの計量経済学者の自信を表わしている。(しかし逆説的にいえば、わざわざ構造推定と理論検証と予測を「あえて区別しない」

[therefore I shall draw no distinction among structural estimation, theory testing, and prediction.]と述べていることは、反面では差があり得ることを認識しているとするとも許すであろう。)

その後の計量経済学の進歩は、クラインやポパーの期待からは不満足なものにとどまっているといえよう¹¹⁾。その理由としては、現実世界で経済的な事象が生起する時には、ポパーが指摘するとおりに、「…あまりにも多くのことが一度になされるために、どの特定の方策が諸結果のうちのどれに責任があるのか、という判定がつかなくなる。」(“Since so much is done at a time, it is impossible to say which particular measure is responsible for any of the results”)が挙げられるであろう¹²⁾。現実の世界は、試行錯誤方式の社会実験が成功しないほど錯綜した因果関係の下にあるのである。

実社会で観測者が経験科学の仮説をテストするために、恣意的に環境条件の制御をおこなうことは至難である。したがって実験の手順のうち、「環境条件の統制」は現実の社会現象について実行することが極めて困難であり、やむを得ず軽視されてきた。しかし、ポパーのいうように自然科学においても環境条件の統制が十分であったかどうかは結果論であったとしても、自然科学が、それを実行可能な限り追求してきた(人為的孤立化 artificial isolation)ことが充実した成果をもたらしたことも確かである。たいていの場合、自然現象に勝るとも劣らないほど諸要因の効果が錯綜した環境にある社会現象については、自然現象におとらぬ環境条件の統制が求められて当然であるという言い方もできるのである。

社会実験において比較的現実的な環境条件の統制の方法は、「自然的孤立化が成立している環境を人為的に見出す」ことである。この表現は紛らわしいが、一般に自然科学においても現場実験に際しては、しばしば採用され、自然的実験 natural experimentation という表現が用いられる。自然的実験においては、次のような方針をとることになる。

①ある現象にかかわる独立変数を想定する。

②想定した独立変数以外の要因の影響を極限できると観

測者が信じる環境を探索する。

③その環境において仮説を構成する。ここで「仮説」というのは、モデルの形式のみではなく、推定されたパラメータの数値も含んでいる。

④その仮説をテストすべき環境を、上記②と同様に探索し、テストする。この時、環境条件の統制が自然的に達成されるまではテストを控えて、「正当な理由なくして退かせしめない」という姿勢を継続的に保持しつづけ、任意の環境においてテストすることは行わない。

ところで、上記④においては 2 種類のテストがあり得ることに留意すべきである。その一つは、文字通り仮説を「検証」するテストであり、もう一つは仮説を「反証」するテストである。そして、「反証」においても、①～④の方針を維持するのである。すでに述べたとおり、反証は仮説を改訂して発展させるためのステップでもあり、ここでも観測者の仮説改訂の意図に沿った環境条件の統制が求められるのである。無原則的なテストの抑制と、明示的ではないにせよ意図的な反証を組み合わせることは、のちに提出された方法論、「研究プログラム」論と重なるものである¹⁹⁾。

自然的実験の実際的方法は、おそらく 2 つある。その一つは、「たまたま実現した孤立化」を実社会の局所のなかを探ることである。ここでは、観測者の求める孤立化が実現したかどうかについて、相互主観的な見解の一致が得られにくく（他の研究者が異を唱える余地が大きい）、諸研究の相互刺激効果が減退する傾向を生じる恐れがある。もう一つは、独立変数の変化により生じた従属変数の変化のみを観測して両者を対照することである。ここでは、独立変数の変化の間他の要因の効果が一定であることを期待するのであるが、独立変数の変化とその効果の発現が即応するものでなければ、やはり孤立化の程度について議論の余地が生じることとなる。

仮説のテストについては次のような問題も起きる。一度はテストされた仮説であっても、次にテストされるべき場面が見出せるまでテストを控えるとすると、これは、テスト可能かどうかは、研究者の恣意的な判断に委ねるということになる。そこでもし適当なテストの機会が見出されていないと判断し続ければ、仮説を拡張し発展させる機会を見出せず、経験科学としての発展を逃してしまうという結果になる。逆に不十分な統制しか見いだせない環境においてテストと改訂を繰り返せば、誤った仮説の拡張に至る可能性もある。仮説のテストと反証・拡張を控えるということは研究を放棄することになるので、研究者としては、不十分な環境条件の統制のために誤った仮説の改訂に至る危険を冒しても、テストを試みるという姿勢を採ることになる。したがって、仮説

の拡張に失敗してやり直しという事態を覚悟せざるを得ない。すなわち、試行錯誤である。ポパーの言う試行錯誤との違いは、研究者の姿勢として「環境条件の統制を重視する」点にあることになる。

(3) 状況の論理

「状況の論理」は、ある状況に置かれた人が、その人にとって最適な行動をとるものと仮定することを意味する。そこで、どのような状況を想定するか、あるいは最適化とは何か、そのリアリティを論じる余地が生じる。

経験科学において仮説のリアリティを出発点とする立場は存在し、「規約主義 conventionalism」と呼ばれ、時に「構成主義 constructivism」と呼ばれる。この立場では、人の行動に関する仮定が現実的であるとして認められたなら、それから論理的に演繹される結果は実在するはずであって、観測されないことがあってもそれはただ隠されているに過ぎないことになる。それは、演繹という手順は論理的に真であって疑うべくもないことであるからである。これは、基本的な仮定から出発して、興味深い結論を得る数学の論理展開と同じ方法である。

反証主義にとっては、仮説は現象の因果関係を説明する便宜のために用いられるのであって、仮説がいかんにして構成されたかを問うことはなく、それがいかんしてテストされたかだけを問うものであるはずである。したがって、「状況の論理」がいかなるものであるか自体、リアリティを有するか否かを議論する必要はない。

それでは、ポパーが示したこの方法論の意義はどこにあるのか。私見では、この方法論を採る意義は研究者が仮説を構想する便宜のためというところにある。

反証主義が仮説のリアリティを問うことはしないといても、その仮説が論理的矛盾を含むことは許されない。論理的矛盾を生まない理論の構造を設計するうえで、この方法論は研究者にとって有用な方法である。もっとも、論理的矛盾を生まないこと自体は比較的容易に実現できる。たとえば、確率効用モデルのうちロジット・モデルについて、いわゆる「赤バス・青バス問題」といわれる問題が議論されることがあるが、経験科学の見地からは簡単に回避できる。それには、「バスの色は人の行動に無関係である」という補助仮説を追加すれば十分であり、この種の補助仮説は必要に応じて導入可能である。もちろん、バスの色が人の行動に影響する事実を見いだして取り上げようとするなら、そのように仮説を構成するまでのことである。

研究者が仮説を構成する便宜とは、研究者が想定する初期条件と結果との対応関係、いわば伝達関数のパフォーマンスを設計する手段として、便利に用いることができるという意味である。論理的矛盾の有無も仮説のパフォーマンスの一部であるが、主たる便宜は、ひとたび

テストされた仮説をさらに改訂する場合どのような改訂を予想するか、その構想における便宜である。実際、仮説がひとたび以上のテストを経て生き残っているとしたら、そのテストの範囲内では十分なパフォーマンスを持つことは確かであろう。仮説の改訂は、それまでのテストの範囲の外側に向かって構想されることがふつうである。ただ、ここで付言しておかねばならないことは、仮説の改訂は多かれ少なかれ早い段階から予想されているものの、明確に具体的に判明していることは少ない。ほとんどは、あいまいで漠然とした予想の状態であって、その状態で仮説の構造を定めることは、研究者の直観に依存する。したがって、ここでも試行錯誤を免れないという結果に繋がる。

3. おわりに

本稿では、交通需要予測の手法としてもっとも代表的なもののひとつである確率効用モデルを念頭に、経験科学的知見を蓄積するための手段として利用する可能性を検討した。本稿で論じたことは、実は確率効用モデルのみならず広く一般に適用し得るものであるが、確率効用モデルを取り上げた理由は、それがよく知られているということのほか、経験科学的適用においても常套的であるとみなし得る典型的な構造を持っているからである。

本稿で論じたことは、概略次のとおりまとめることができる。

- 1) 確率効用モデルの構造は、社会科学について反証主義科学方法論として提案された方法に沿ったものである。しかし、もともと反証主義がモデル（すなわち仮説）を正当化する立場を採らない以上、その構造を採用することも便宜的な方法であると解することになる。
- 2) その便宜は、研究者がモデルの独立変数と従属変数をつなぐ伝達関数の性質、すなわちモデルのパフォーマンスを設計するための便宜である。
- 3) モデルをテストし改訂するための社会実験を無原則的に、試行錯誤的に行うことにはほぼ期待できない。「実験」の主要な手順の一つである「環境条件の統制」をいっそう重視する必要がある。「環境条件の統制」のために仮説をテストする場面を選ぶことは、「自然的実験」の本質的な手順である。
- 4) 「環境条件の統制」は仮説の改訂においても行われるべきである。したがって、自然的実験においては、テストの抑制と反証を組み合わせる研究プログラムが必要

となる。

- 5) モデルのテストと改訂を彌縫的に継続するうちに、そのモデルを放棄し別のものに替える可能性は常に存在する。モデルの構成と改訂においてこそ試行錯誤が必要である。

参考文献

- 1) ELISABETH STRO(E)KER : EINFU(E)HRUNG IN DIE WISSENSCHAFTSTHEORIE, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1973), WISSENSCHAFTSGESCHICHTE ALS HERAUSFORDERUNG, Vittorio Klostermann, 1976. [E. シュトレカー (常俊宗三郎. 西谷 敬; 訳) : 科学哲学の根本問題, 晃洋書房, 1977]
- 2) Thomas S. Kuhn: THE STRUCTURE OF SCIENTIFIC REVOLUTIONS, Chicago, University of Chicago Press, 1962, 1970. [T. クーン: (中山 茂; 訳) : 科学革命の構造, みず書房, 1971.]
- 3) Lakatos, I.: Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes, (ed. by J. Worrall and G. Currie), pp8-101, Cambridge University Press, New York, 1978..
- 4) Walter B. Weimer: Notes on the Methodology of Scientific Research, Lawlence Erlbaum Associates, 1979.
- 5) Karl R. Popper: The Logic of Scientific Discovery, Hutchinson, 1959. [カール. R. ポパー(大内義一, 森 博; 訳) : 科学的発見の論理, 恒星社厚生閣, 1971, 1972.]
- 6) KARL R. POPPER: The Poverty of Historicism, Routledge & Kegan Paul, London, 1957(first), 1960(revised edit.) [K. ポパー (久野 収, 市井三郎; 訳) : 歴史主義の貧困, 中央公論社, 1961.]
- 7) 文献6), p139. [訳書p210.]
- 8) 文献6), pp53-54 [訳書pp64-65.]
- 9) 田中良久: 心理学的測定法, p19, 東大出版, 1977.
- 10) L. R. Klein : AN ESSAY ON THE THEORY OF ECONOMIC PREDICTION , p12, Markham Publishing, 1971. [L. R. クライン(佐和隆光; 訳) : 経済予測の理論, p7, 筑摩書房, 1973]
- 11) 佐和隆光: 5 経済学への影響, pp91-100, パラダイム再考 (中山 茂: 編著) ミネルヴァ書房, 1984.
- 12) 文献6), pp88-89. [訳書p138.]
- 13) 文献3), pp31-47.