

経済と経営 26-2 (1995. 9)

〈研究ノート〉

蓋然性論の新展開に関する一考察
— 「部分的確信の論理学」の復位 —

原 田 明 信

1. は じ め に

非決定論 (indeterminism) の立場に立って、事物の成行きを論理的に推論しようとする¹⁾とき、我々は、蓋然性 (probability) を思考の柱に据える。帰納的論証 (inductive arguments) を可能にするには、論証の基礎である蓋然性が客観的な概念でなくてはならない。このためには、前提として、蓋然性にある一定の意味が付与され、かつ蓋然性を知覚する方法が存在してなくてはならない。

つまり、蓋然性を基礎とした帰納的論証においては、蓋然性は、意味論的 (semantic) な規定性と、それに対する知覚可能性 (perceptibility) —— これは、帰納的論証の結論について部分的確信 (partial belief) をどの程度持てるかに関する拠り所となる —— という二重の制約²⁾を受けることになる。例えば、頻度論 (theory of frequency) の立場に立った帰納的論証においては、そこでの蓋然性は、相対頻度の極限值という意味論的規定性と、頻度指定のための事象数の計算可能性 (countability) という知覚可能性、の二重の制約を持っていることになる。

蓋然性論 (theory of probability) が帰納的論証の有効性を論ずる理論であるとするならば、筆者は、蓋然性論の歴史とは、蓋然性に関する二重規定

の任意性 (arbitrariness) によって引き起こされた、蓋然性概念そのものの枝分かれの過程 (branching process) であると考え³⁾。

筆者の問題関心は、蓋然性論の根本問題⁴⁾である。筆者は、これを解くためには、蓋然性論の基礎に関する理論史の理解が不可欠であると考えているが、筆者の理論史的接近法においては、蓋然性についての客観説 (objective theory) 及び主観説 (subjective theory) の主源流を成す、20 世紀前半のケンブリッジ学派 (The Cambridge School) における蓋然性論⁵⁾が、比較分析のための基準として据えられている。

本稿は、蓋然性論に関する具体的な新展開に着目する。本稿の目的は、現代社会において現実に進行している一動向から、蓋然性論の行方について展望してみることである。

2. 蓋然性論の新展開に関する一動向

高度情報化時代と言われる現代では、観察されたデータ群は、適当なツールを用いれば、情報処理や情報通信によって一瞬にして統計情報として流通可能となる。我々は、日々情報環境を考慮に入れながらその統計情報を、リスクを感じつつも「生活の指標」(B. Butler) あるいは意思決定の手がかりとして利用している。

そして、機械もまた統計情報を受容し自己学習する。現代では、機械もまたそれなりに推論することが可能となってきているのである。

日進月歩の現代科学の一部面においては、蓋然性論が、工学的推論のための基礎理論として捉えられている。その部面とは、言うまでもなく、人工知能 (Artificial Intelligence) の研究分野であり、特に「エキスパート・システム」(expert system) の構築問題にそれが応用されている。人工知能では、知的主体がもつ外部世界に関する知識の内容は、データベースにおいて、「確信」(beliefs) と呼ばれる第一次文 (first-order sentences) の集合によって

表現される。それに付随して、Ellis[1979]においては、「確信の体系」(belief systems) が取り込まれ、Genesereth & Nilsson [1987] の研究においては、人間の脳の働きの一部である帰納 (induction) や推論 (reasonings) の機構が取り込まれている。

Ramsay [1988] は、「確信の構造」(belief structures) に言及するが、最近では、Franklin [1995] のように「人工精神」(artificial minds) まで言われてきている。これらはすべて、情報化に向けた理工学の基礎理論によってもたらされた結果である。

このように、高度情報化社会においては、本来哲学的・数学的なものであった蓋然性論が、人間の脳の一部の機能を擬製するための参照理論として用いられるようになってきている。この動向は、技術的水準の問題があるにせよ、部分的確信の概念によって、今や、人間の帰納的論証と機械の人工知能に対して、部分的に、互いに共役する (conjugate) ことが可能であることを示唆するものである。

部分的確信の概念が人間と機械との間で共役可能であるということは、人間が蓋然性を知覚することが可能であることを意味する。筆者には、この動向により、蓋然性イコール部分的確信の程度とした蓋然性論は二重の制約に耐え、依然としてその正当性を保持しているように思われる。

3. 「部分的確信の論理学」の復位

前節においては、蓋然性論の新展開の一動向として、高度な情報化が人工知能に及ぼす現代的な効果について述べた。ここでは、高度な情報化が人間の推論に及ぼす現代的な効果について考えてみる。

この場合、諸個人のもつ確信の様相は著しく多様化するであろう。客観的な確信の分布の測定は諸個人の確信の分布の平均化により求められるとしても、諸個人の確信の分布が時空的に相当変化しているはずであるから、客観

的な確信の分布は、中心集中的ではなくむしろ大分散と高変動性をもつ分布になるであろう。

この客観的な確信の分布の多様性——すなわち蓋然性分布の多様性——を測定する方法として、現在、ベイズ統計学者である Kyburg, Jr. [1993] による「確率密度関数族」⁶⁾ (family of probability density functions) が知られている。この方法は、「ベイズの定理」を基本としている。

蓋然性についての二重の規定である、客観的な部分的確信の実体とその測定可能性とに関する一つの現代的解釈は、以上の通りである。P(*) なる確率測度を心理学的な方法——確率を主観的な効用 (utility) に結びつけて算出する方法——で実践的に確定できれば、この解釈は、筆者には、正に Ramsey [1926] が以下のように主張した「部分的確信の論理学」⁷⁾ の復活を意味するものであると考える。

我々の研究課題は部分的確信の論理学であるが、しかし部分的確信の実体とそれがどのように測定可能なのかについてのおおよその知識とをもっていなければ、その論理学を活用することはできない。

4. 結 論

イギリス哲学史において、帰納推理の原形式ともいえる事例枚挙による帰納法が、蓋然性概念に依拠した帰納的論証に発展するのは、概ね 19 世紀中葉になってからである。蓋然性概念の定義こそ異なるが、Ellis [1843], Boole [1854], Venn [1866], さらに Jevons [1873] らがそうである。しかし、その新しい帰納的論証を支える論理的基礎に関して言えば、Ellis や Venn は Mill [1843] が前提していた「自然の一様性」を無批判に受容していたのである。

自然の一様性仮説は、一言で言えば、事象変化に関する過去と未来との間

の類似性の仮定である。この仮説は、仮に「相対頻度の安定性」と読んでも同じ事であるが、本質的には経験知の結果であり、経験に基づく推論を論理的に正当化しないばかりか推論をかえって循環論証 (circular reasoning) にしてしまうものである。

一見新しく見えた帰納的論証の内部は、実は殆どが循環論証で無限後退であったと言っても過言ではない。不完全なこの帰納的論証の非論理性に気づくのは、20世紀に入ってからである。

今世紀、英語圏において、蓋然性の論理的基礎を主要課題にして体系的に議論した最初の研究者は、J.M. Keynes である。J. Venn の著作後、実に55年目である。この著作を契機としてその後、Keynes [1921] の「帰納的確率」 (= 論理確率) の議論の前提となる「蓋然性関係」 (probability-relation) の知覚可能性をめぐる、様々な批判⁸⁾ がなされる。

ここで、20世紀前半のケンブリッジ蓋然性論の代表的なイデオログである Keynes [1921] の「蓋然性の論理学」の主要な特徴と問題点について概観しておこう。Keynes [1921] は、帰納推理形式における論理的関係を、必然的關係から蓋然的関係 (= 「蓋然性関係」) へ拡張することで、形而上学、科学、行為一般のように、直接的ではなく論証でもって知識を推論する形式にその論理的基礎を与えようとする。この推論形式は、以下のように、当然、演繹法 (*1) ではなく帰納法 (*2) である。

$$\{H \wedge (H \supset C)\} \supset C \quad (*1)$$

(H : 仮説 / C : 結論 / "H ⊃ C" : 必然的關係)

$$\{H \wedge PR(C/(Hx))\} \rightarrow p C \quad (*2)$$

(x : 証拠事実 / PR (C/(Hx)) : 「蓋然性関係」で PR = p)

このように、論理的関係の基礎が、必然的關係よりも広い概念である蓋然的關係に拡張されている所に一つの特徴がある。

では、Keynes の分析の問題点はどこにあるだろうか。記号 (または文) と他の記号との関係、すなわち Keynes の分析法の統語論的 (syntactical) 側面而言えば、蓋然性と「蓋然性関係」との関係把握しようとするれば、後者の知覚可能性とその数量化可能性が問題になる。この問題に対しては、Keynes の分析法の統語論的側面では不明確なので、論理測度は発見されにくい。これは、Keynes の分析法での消極面を示す。

他方、Keynes の分析法の意味論的側面はどうであろうか。すなわち、蓋然性と「合理的確信の程度」との関係把握しようとするれば、後者の個人的確信の合理化の可能性とその数量化可能性が問題になる。この問題に対しては、Keynes の分析法の意味論的側面では明確で、合理的確信は容易に指定される。これは、Keynes の分析法での積極面を示す。

最後に、蓋然性論の行方について展望してみると、第 2 節で述べたように、人工知能の推論原理の要素として「確信」が使われているというトレンドは、意味論的分析への傾向性を示していると思われる。それゆえ、筆者は、人工知能研究に見られる蓋然性に関する現在の一動向は、20 世紀前半のケンブリッジ蓋然性論の特徴と積極面を、Ramsey [1926] の意味で、継承しているように思えてならない。

注

- 1) 最近の傾向として、Krüger, Daston & Heidelberger (eds.) [1987] のように、統計的規則性を科学法則として認知しようとする「蓋然性論主義」(Probabilism) の復活があげられる。この科学思想は、元々は、20 世紀前半の理論物理学における決定論的法則をめぐる、Eddington [1928], Einstein [1920], Born [1949] らの見解に端を発しているように思われるが、筆者は、決定論の呪縛からの脱却には、斉一的な (uniform) 自然現象の因果性を前提することを止め、多様な (various) 自然現象の統計的規則性に着目してこそ可能であると考え。これに関連して、近年、経済学研究の一つの動向として、経済学方法論に対する問題関心が高まってきている。それは、経済学における帰納主義 (inductivism) に関する議論であり、特に、Pheby [1985/88],

Gillies [1988/93], Redman [1991] らが展開する, 経済学方法論への科学哲学的アプローチは顕著である。

- 2) 蓋然性の意味論的分析の立場からすれば, 概念の側のみを一方的に議論の対象とすれば, 蓋然性論の概念としての「論理的関係とは抽象である」という哲学の論議の世界に迷い込み, 実践的・具体的な応用問題が必ずしも常に解決可能とはならなくなり, またその指示対象の側のみを一方的に議論の対象とすれば, 蓋然性論の指示対象としての「部分的確信とは可変的な感覚である」という心理学の世界—— Carnap [1950] はこれを「心理主義」(psychologism) として批判する——に迷い込んでしまい, 理論的な問題(例えば, 蓋然性に基づく推論の体系の整合性や一貫性に関する問題)が必ずしも常に解決可能とはならなくなってしまうであろう。このジレンマから脱却するためには, 少なくとも蓋然性概念とその指示対象との間の対応関係——ある意味では, 記号と心理的知覚形成モデルとの対応関係——をより柔軟な関係に再構築する必要があるのではないかと, 筆者は考える。二重の制約はこのためにあるのである。くどいようだが, 蓋然性概念と論理的関係性との対応関係を追究すれば, それは一種の統語論的分析となるが, この場合の蓋然性概念は, 論理測度のように実体のない純粹論理形式になってしまう。しかも純粹論理測度を一義的に創設するのは困難である。統計的推論や決定理論という具体的行為に際しては, Chuaqui [1991] が提起しているように, 蓋然性概念をその対象である非決定論的モデルとの間の関係性でもって解釈し, それに適した測度(状況依存的測度)の発見を目指すというのが妥当であると思われる。
- 3) 従って, ポスト蓋然性論(post-theory of probability)の科学哲学に関する一つの議論としては, 分散化の傾向にある蓋然性概念の枝分かれ現象に対して, なんらかの問題点の指摘がなされるべきではないかと筆者は考える。
- 4) これを推測統計学の課題として読み換えれば, 筆者は, <統計的知識の帰納的構造>であると考えている。
- 5) 原田 [1995] を参照のこと。
- 6) いま, H_i を仮説群 ($i \in [1, m]$) とし, O_j を観察結果 ($j \in [1, n]$) とする。また, $P(HO)$ を初期同時確率分布族とすれば, $P(HO) = \{Q(H_i O_j) \mid Q \in P\}$ となる。これらから, 以下のことが導出される。

(i) 仮説に対する事前確率分布族: $P(H)$

$$P(H) = \{P(H_i) \mid P(H_i) = \sum_j Q(H_i O_j), Q \in P\}$$

(ii) 仮説に対する事後確率分布族: $P(H \mid O)$

$$\begin{aligned}
 P(H | O) &= \{P(H_i | O_j) \mid P \in \mathcal{P}, P(O_j) \neq 0\} \\
 &= \{P(H_i) P(O_j | H_i) / \{\sum_i P(H_i) P(O_j | H_i)\} \mid P \in \mathcal{P}, P(O_j) \\
 &\quad \neq 0\} \\
 &= \{P(H_i O_j) / P(O_j) \mid P \in \mathcal{P}, P(O_j) \neq 0\} \\
 &= \{Q(H_i O_j) / P(O_j) \mid Q \in \mathcal{P}, P(O_j) \neq 0\}
 \end{aligned}$$

従って、次のような結論を得る。すなわち、 $P(O_j)$ が既知であるとき、初期同時確率分布族 $P(HO)$ を知ることができれば、 $P(H)$ から仮説に対する新しい事後確率分布族 $P(H | O)$ が推論可能となる。これは、「ベイズの定理」(Bayes theorem) の拡張に貢献するものである。

7) Ramsey, F.P. [1926], p. 62.

8) 特に、前節で指摘した哲学者・数学者である Ramsey による主観主義的批判はその代表的なものである。Ramsey により、Keynes [1921] の言う「蓋然性の論理学」(蓋然性関係でもって推測的知識を記述する論理学) から「部分的確信の論理学」(構造・言語体系 (モデル) でもって推測的知識を記述する論理学) への道が開かれる。1930 年代、Ramsey とは独立にイタリアの数学者 de Finetti [1937] によってもほぼ同じアイデアが展開された。この二人によって、蓋然性の主観説が開花され、現代ベイズニズム——合理的人間の行動現場での最適意思決定に関する理論——へと発展するのである。

参考文献

- Boole, G. [1854] : *An Investigation of the Laws of Thought*. Dover Publications, Inc.
- Born, M. [1949] : *Natural Philosophy of Cause and Chance*. Oxford.
- Carnap, R. [1950] : *Logical Foundations of Probability*. The University of Chicago Press.
- Chuaqui, R. [1991] : *Truth, possibility, and probability*. North-Holland Mathematics Studies 166.
- De Finetti, B. [1937] : "La Prevision : ses Lois Logiques, ses Sources Subjectives". *Ann. Inst. H. Poincaré* 7. Reprinted in 1980 as "Foresight ; its Logical Laws, its Subjective Sources" in *Studies in Subjective Probability* (H.E. Kyburg & H.E. Smokler, eds.). Dover.
- Eddington, A.S. [1928] : *The Nature of the Physical World*. Macmillan.
- Einstein, A. [1920] : *Relativity*. Methuen & Co. Ltd.

- Ellis, B. [1979] : *Rational Belief Systems*. Basil Blackwell.
- Ellis, R.L. [1843] : "On the Foundations of the Theory of Probabilities", *Transactions of the Cambridge Philosophical Society*, vol. 8, part 1.
- Franklin, S.[1995] : *Artificial Minds*. MIT Press.
- Genesereth, M.R. & Nilsson, N.J.[1987] : *Logical Foundations of Artificial Intelligence*. Morgan Kaufman Publishers, Inc.
- Gillies, D. [1988] : "Keynes as a Methodologist", *Brit. J. Phil. Sci.* 39.
- [1993] : *Philosophy of Science in the Twentieth Century*. Blackwell.
- 原田明信 [1995] : 「20世紀前半のケンブリッジ蓋然性論」. 札幌大学『経済と経営』. 第26巻, 第1号.
- Jevons, W.S. [1873] : *The Principles of Science*. Dover Publications, Inc.
- Keynes, J.M. [1921] : *A Treatise on Probability*. The Collected Writings of John Mynard Keynes. vol. VIII. Macmillan. 1973.
- Krüger, L., Daston, L.J. & Heidelberger, M.(eds.) [1987] : *The Probabilistic Revolution/ Volume 1 Ideas in History*. MIT Press. 近他訳『確率革命—社会認識と確率—』, 梓出版社. 1991.
- Kyburg, Jr. H. [1993] : "The Scope of Bayesian Reasoning". *The Philosophy of Science Association*, vol. 2.
- Mill, J.S. [1843] : *A System of Logic : Rationative and Inductive*. Longmans.
- Pheby, J. [1985] : "Are Popperian Criticisms of Keynes Justified ?", Lawson, T. & Pesaran, H. (eds.) : *Keynes' Economics*. Routledge.
- [1988] : *Methodology and Economics : A Critical Introduction*. Macmillan.
- Ramsay, A. [1988] : *Formal Methods in Artificial Intelligence*. Cambridge University Press.
- Ramsey, F.P. [1926] : "Truth and Probability", *Moral Sciences Club*, Cambridge.
- Redman, D.A. [1991] : *Economics and the Philosophy of Science*. Oxford University Press.
- Venn, J. [1866] : *Logic of Chance*. Chelsea Publishing Company.
- Von Plato, J. [1994] : *Creating Modern Probability*. Cambridge University Press.
- Whittle, P. [1992] : *Probability via Expectation*. Third Edition. Springer-Verlag.

Résumé

A Study of the New Development
in the Theory of Probability
— A Resurrection of *Logic of Partial Belief* —

Akinobu Harada

When we want to logically infer the course of things from the point of view of indeterminism, we always think about it by means of probability concept. Probability concept, which is a foundation of the inductive arguments, must be objective in order to inductively demonstrate. Probability concept must correspond to a certain meaning, and must be concretely perceived from data.

As a semantic regulation and its perceptibility restrict probability concept, I think that the history of the theory of probability is the branching process caused by double regulations to probability concept.

The object of this note is to have a view of the post-theory of probability through paying attention to new development for probability concept. We came to the conclusion that the new development represented resurrection of Ramsey's *Logic of Partial Belief*, and we have the expectation that the minds of Cambridge theory of probability will be succeeded to the future.