

書評

Simon Saunders, Jonathan Barrett, Adrian Kent, and David Wallace (eds.)
Many worlds?: Everett, quantum theory, and reality (Oxford, 2010)

物理学と哲学は伝統的に密接に関連しており、その伝統をくんで物理学の哲学は一つの分野を形成している。なかでも量子力学の哲学は物理学の哲学の大きな分野の一つである。例えば量子力学における実在論と理論の完全性がテーマの一つであり、1930年代のアインシュタインとボーアとの論争以来、現在でも議論が行われている。また、量子力学の描像を巡る議論もありこれを解釈問題と呼ぶ。量子力学の解釈には、例えば、コペンハーゲン解釈、隠れた変数解釈、多世界解釈がある。解釈問題も実在論を巡る議論とは無関係ではなく、むしろこの伝統的な議論と密接に関わりながら発展してきたと言える。解釈問題に関する伝統的な選択肢の一つであるコペンハーゲン解釈では実在論が否定され不可知論の立場を取り、隠れた変数解釈では実在論を取るが現状の量子力学の理論が不完全だとされてしまう。多世界解釈は、量子力学における実在論と理論の完全性を支持する。そのため提示される描像が不自然であるとはいえ支持する人は少なくない、例えば哲学的・物理学的に多世界解釈を支持するオックスフォード学団が形成されている。もちろん難点もある。量子力学をヒルベルト空間論で記述した場合、物理系の状態は状態ベクトルによって表される。多世界解釈においては、状態ベクトルで表現される可能な状態に、この世界は分岐しそれぞれの世界が実在する。このとき基底を変えれば自由に実在する世界を変更できることになってしまう。これを選好基底問題と呼び、多世界解釈では量子力学の問題である存在論と観測問題の一部として扱う。また、確率に関しても多世界解釈は問題を抱えている。一般に量子力学の確率は客観的に解釈され、この世界の解釈は本質的に確率的であると言われる。一方で多世界解釈では状態ベクトルによって表される可能な世界は全て実在しているので、それぞれの可能な結果に対して確率 1 を割り当てなければならない。しかしこの主張は、量子力学の確率を与えるボルン規則では確率の総和は 1 という標準的な議論と矛盾する。オックスフォード学団は選好基底問題をデコヒーレンスという現象を用いて存在論の問題として扱い、確率解釈については主観的確率解釈による解決を目指している。現在の多世界解釈の議論をリードしているのはこの学団であり、中でも本書の編者にも名を連ねている Simon Saunders と David Wallace は学団の中心メンバーである。2007年、このオックスフォード学団の面々を中心に多世界解

積の端緒となった Hugh Everett の “‘Relative state’ formulation of quantum mechanics” の提出 50 周年を記念して多世界解釈に関する会議がオックスフォードとウォータールーで行われた。本書はそこでの発表や議論を収録した論文集であり、量子力学の哲学一般というよりはむしろ、多世界解釈を巡る現在の議論の見本市のような役割を果たしていると言えるだろう。本稿では、本書の構成について言及した後、存在論、確率解釈、実在論的量子情報理論について本書で行われている議論を概観する。

本論の構成を内容に言及しつつ説明する。本書の目次は以下の通りである。

Many worlds? An introduction. Simon Saunders

1. WHY MANY WORLDS?

Chap.1 Decoherence and ontology. David Wallace

Chap.2 Quasiclassical realms. Jim Hartle

Chap.3 Macroscopic superpositions, decoherent histories, and the emergence of hydrodynamic behaviour. Jonathan Halliwell

2. PROBLEMS WITH ONTOLOGY

Chap.4 Can the world be only wavefunction? Tim Maudlin

Chap.5 A metaphysician looks at the Everett interpretation. John Hawthorne

Com. Reply to Hawthorne: Physics before metaphysics. James Ladyman

Transcript Ontology

3. PROBABILITY IN THE EVERETT INTERPRETATION

Chap.6 Chance in the Everett interpretation. Simon Saunders

Chap.7 A fair deal for Everettians. David Papineau

Chap.8 How to prove the Born rule. David Wallace

Chap.9 Everett and evidence. Hilary Greaves and Wayne Myrvold

4. CRITICAL REPLIES

Chap.10 One world versus many: The inadequacy of Everettian accounts of evolution, Probability, and scientific confirmation. Adrian Kent

Chap.11 Probability in the Everett picture. David Albert

Chap.12 Decisions, decisions, decisions: Can Savage salvage Everettian probability? Huw Price

Transcript Probability

5. ALTERNATIVES TO MANY WORLDS

Chap.13 Quantum jumps, Born’s rule, and objective reality. Wojciech Hubert Zurek

Chap.14 Two dogmas about quantum mechanics. Jeffrey Bub and Itamar

Pitowsky/ Rabid dogma? Comments on Bub and Pitowsky. Christopher Timpson

Chap.15 The principal principle and probability in the many-worlds interpretation. Rüdinger Schack

Chap.16 De Broglie-Bohm pilot-wave theory: Many worlds in denial? Antony Valentini/ Reply to Valentini. Harvey Brown

6. NOT ONLY MANY WORLDS

Chap.17 Everett and Wheeler, the untold story. Peter Byrne

Chap.18 Apart from universes. David Deutsch

Chap.19 Many worlds in context. Max Tegmark

Chap.20 Time symmetry and the many-worlds interpretation. Lev Vaidman
Transcript Not (only) many worlds?

最初の論文である“Many worlds?An introduction”は全体の Introduction として、多世界解釈における問題を概観している。上述の6つの Part は次のように構成されている。Part1 では多世界解釈における存在論の議論の中でも、環境との相互作用で干渉効果を無視できるほどにして重ね合わせを無視できるようにするデコヒーレンスを踏まえた議論が軸になる。Part 2 では、Part 1 の議論を批判するものや科学的実在論に関する議論が紹介される。Part 3 では確率解釈を扱う議論が紹介されている。ここではオックスフォード学団の中心人物である Saunders と Wallace さらにこの学団に属さないイギリスの科学哲学者 Papineau らが主観的確率解釈を肯定する方向で確率について論じている。Part 4 は多世界全体の批判というよりオックスフォード学団の確率解釈を批判した上で、それぞれの立場を明らかにする論文が並んでいる。Part 5 は多世界解釈に対する反論が提示されている。ここで提示される他の選択肢は無節操に選ばれているのではなく、実在論を支持することなど幾つかの条件が課されている。Part 6 は、上述の議論に留まらない様々な論文が提示されている。それぞれの Part は3つから6つの論文からなり、番号のついていない論文を含めると全23本の論文から本書はなっている。さらに存在論の議論の一つの区切りである Part 2 の後ろには“Transcript: Ontology”が含まれている。同様に Part 4 には“Transcript: Probability” Part 6 には“Transcript: Not (only) many worlds”として、上述の会議でのやり取りが掲載されている。

続いて三つのテーマのうちの一つである存在論の議論が行われている Part 1 と Part 2 を概観しよう。ここでは特に Wallace の議論を見る。Wallace は“Decoherence and ontology”において、多世界解釈に基づいた存在論を扱い、量子力学によると分岐

が実在すると主張し多世界解釈を強く支持している (p. 54). しかし、この解釈でも選好基底問題が残り、観測問題を解決することを保証するものではない。そこで Wallace はまずデコヒーレンスによってこの世界を疑似古典的世界として扱うことができるとし、量子力学における存在論を展開する。しかし概念的理由を一つ、物理学的理由を二つ挙げ、デコヒーレンス単独では観測問題の解決にはいたらないことを指摘して、デコヒーレンスを多世界解釈と共に用いることで十分な存在論が構築できると主張する (pp. 62–63). これによると多世界解釈では世界を量子状態から導かれる力学的構造とみなすことができ、この世界はデコヒーレンスによって説明できる。そして多世界解釈は量子力学の形式から必然的に導かれるものとして提示されている。また Wallace はこの世界を構造的に見るアイディアいわゆる構造実在論を採用する。構造実在論の説明は本書の論旨から逸れるので省略するが、構造実在論の中でも存在についての階層性を重視している点がポイントである。

Part 2 に掲載されている Wallace に対する反論と、反論に対する応答を見る。John Hawthorne は、量子力学の描像からどのようにしてマクロな世界の描像に到達可能なのかという反論を提示している。さらにこれを受けて、構造実在論の代表的な論者である James Ladyman が Hawthorne に対して再反論を加えている。Ladyman は、多世界解釈以外に量子力学が古典的な世界を回復する解釈がほかにないと論じて、構造実在論に基づく多世界解釈の存在論を支持する。

続いて、Part 3 と Part 4 のテーマである確率解釈について論じているが、ここでは Part 3 におけるオックスフォード学団の主張を見て行く。編者である Wallace そして Saunders は共に主観的確率解釈を取っており、ボルン規則を満たす確率解釈からは、量子力学以外の確率解釈全体も導くことができるとしている (p. 16, pp. 23–24). Saunders は現実世界つまり日常的な古典的世界において、確率の果たす役割は三つあるとしていて、多世界解釈ではこの役割を分岐の振幅が担うとしている。三つの役割とは (1) 偶然 (chance) は統計的に測定される (2) 偶然は信念の主観的な度合と量的に関連している (3) 偶然は不確定性に関わる、という以上三点である (p. 181). この三つの役割は全て分岐の振幅のノルムの二乗が担うことを Saunders は形式的に示している (pp. 185–189). Wallace 同様、Saunders の議論の背景にあるのはデコヒーレンスに基づく量子力学である。また、この主張は Part 4 で様々な形で批判される。

Part 5 以降は Part 4 までとは異なり多世界解釈をより広範なテーマで論じているもので構成されているが、ここでは実在論的量子情報理論 (以下 RQIT と略す。また量子情報解釈と呼ばれることもあるがここでは同様に RQIT とする) に絞って議論を紹介

する。RQITの説明は本稿の目的ではない。しかし、簡単に説明すると情報が実体として実在する考え方であり、情報によって現象を説明することが可能であるとする理論と言える。解釈問題の観点から言えば、多世界解釈が持つ最も不自然な「無限に分岐する世界」を回避して実在論的な量子力学を展開できていて、また、技術的観点から言えば量子コンピューターにまでつながるというメリットを提供している。では具体的に本書での議論を概観しよう。“Two dogmas about quantum mechanics”で、Jeffrey BubとItamar Pitowskyらは量子力学における二つのドグマを提示して、RQITを擁護する。後述するChristopher TimpsonによるとBubらの量子力学のドグマとは、(D1)観測を基礎として導入してはならず、それぞれの観測結果について常に分析出来るべきで(D2)量子状態は実在を表象する役割を担っていて、古典的世界との対比から真値を割り当てることが出来るようなものだとする2点である(p. 461)。そしてこのドグマが、RQITによって否定され、RQITによって多世界解釈では解決できない観測問題が克服できると論じられている。

続いてRQITに対する反論を見よう。RQITに対して前述のTimpsonはそもそも彼らの解釈がRQITと呼べるものではなく、またドグマと呼ばれているものはドグマではないと主張する。そもそもBubらがRQITを主張する根拠は(a)情報理論と同様に、Bubらの解釈が確率について十分に関心を持っている点、(b)この解釈は、情報理論の原則的な理論と関連づいた構造的な理論である点の二点である(p. 465)。ここでの情報理論とは、RQITではなく古典的な情報理論である(p. 465)。(a)は、情報理論と解釈の間には疑似的な関係しかないと反論される。さらに、(b)については、この古典的な情報理論について構造理論であると明確には主張できないことが指摘されている。そして、二つのドグマ(D1)(D2)に対しても以下のように3つの批判を加えている。まず、(D1)(D2)がともに基礎的な公理やドグマではなく、主張は実在論や基礎物理学によって正当化がなされるようなものである点。次にBubらが(D1)をBellの議論の内に見出しているが、これがそもそも誤りである点。最後に、(D1)を主張するにはone-worldであることを前提しなければならないが、one-worldであることは量子力学の必然的帰結ではない点。この3点から、Bubらが指摘するドグマがそもそもドグマではないと論じる(p. 464)。

以上で、本書における議論の内容を概観してきた。ここで繰り返されている議論は多世界解釈に偏っており、さらに言えばオックスフォード学団の議論が中心になっている。しかし、本書で現在の多世界解釈の議論が概観できるのは間違いない。多世界解釈にはどのような問題があり、どのように議論が行われ、どのような解決策や反

論が提示されているのかを包括的に一冊の本の中に収めている点に本書の価値はある。どのような立場であれ、多世界解釈を論じるに際しては本書の議論を踏まえる必要がある。それほど多世界解釈にとっては重要な本だと言えるだろう。

(森田紘平, 京都大学大学院文学研究科)