

量子ロシアルーレット

Quantum Russian Roulette

榛葉 豊*

Yutaka SHINBA

Abstract : Recently, it has been discussed that Gedankenexperiment of Quantum Russian Roulette may work as a crucial experiment about the Many Worlds Interpretation of Quantum Mechanics. We examine this idea under the conception of effect of selection by the observation.

1. はじめに

量子力学の解釈問題は、現在でも統一的な見解ができていない、世界観に係わる基本的な難問である。量子力学成立後、1930年代にはいわゆる伝統解釈とかコペンハーゲン解釈と呼ばれる難解な解釈が、ボーアの強力な指導力のもとに成立した。それを受け入れていけば、通常科学としての原子物理学をはじめとする、素粒子論、物性論に始まり化学、生物物理学、電子工学などのミクロの世界を記述する研究活動に何の支障もなくやって来ることができた。しかし、宇宙論を量子力学的に扱おうと、コペンハーゲン解釈ではうまくいかない点があり、イギリスの宇宙論者達を主たる嚆矢として、多世界解釈を採用する研究者が多くなっていった。現在では、日本でこそまだ奇異の目で見られることがあるが、世界的に見れば、多世界解釈は市民権を得ている普通の解釈の一つ言って良いであろう。コペンハーゲン解釈の特権的地位は既に失われているのである。

多世界解釈にもいろいろのヴァリエーションがあるが、まともな解釈ならば、量子力学の理論的予測と矛盾してはならないわけであるから、解釈の優劣、当否の判別は難しい。解釈の単純さ、優美さなどが、どの解釈を採用するかという場合の基準になっているともいえる。

しかし、まったく同じ物理的予測をする解釈の間で、決定実験のようなことが出来るという主張がされたことがある。たとえば、量子コンピュータがうまく作動すれば、多世界解釈の信憑性が高まると言ったのは、量子コンピュータ研究の提唱者であった、ドイッチュであった。

21世紀に入るところから、量子ロシアルーレットとか量子自殺という思考実験が取りざたされ、それが多世界解

釈の決定実験になっているという主張がなされている。それは観測選択効果とベイズ推論を組み合わせたものであるが、量子ロシアルーレットが成功することが、多世界解釈の蓋然性を高めるのかどうかを考えたい。

2. 多世界解釈¹⁻⁴⁾

多世界解釈は、宇宙全体の量子論のために、観測者無しの観測理論として、エヴェレット三世の相対状態解釈として生まれたものである。現在ではいろいろなヴァリエーションがあるが、その中から、デ・ウィットなどの主流派の解釈⁴⁾を概観しよう。

多世界解釈では、観測に当たる相互作用が行われたとき、世界はその観測量のそれぞれの固有値に対応する固有関数で記述されるそれぞれの世界に分岐していく、と言う解釈である。従って波動関数の収縮と言うことは最初から理論に存在しない。重ね合わせ状態が、たくさんの、それぞれの固有状態で表現される世界に分岐するのである。

世界の一部である観測者は、分岐したどの世界にも一人ずついるのだが、その固有値の値を認識している観測者の分身はその世界の観測者だけで、他の分岐した世界との相互作用はない。

ボルンの確率公理はコペンハーゲン解釈のように、外から与えられた公理ではなくて、多世界解釈においては定理として解釈の形式自身から導かれる。問題にする物理系の多数のコピーからなる集団を考え、その集団全体として分岐した無数の世界の中で、ボルンの確率解釈に合うコピーの固有値分布をしている世界の数が圧倒的に多数派になる。

2012年3月21日受理

* 総合情報学部 人間情報デザイン学科

多世界解釈の難点は、どのような相互作用の時に世界が分岐するのかという問題や、推古方向にも分岐するのかという問題などいろいろあり、それらを巡っているいろいろな変種解釈が存在する。

3. 量子ロシアンルーレット

3.1 シュレディンガーの猫

有名な思考実験である、シュレディンガーの猫を思い出して頂きたい。

猫を箱に閉じ込める。その箱の中には放射性物質とガイガーカウンターがあって、ガイガーカウンターが作動すると、連動して青酸ガスの入った瓶が割られる。この箱を量子力学的に取り扱おうとどうなるであろうか。放射性物質が崩壊するかどうかは、観測する前には量子力学的に重ね合わせとして変化する。ガイガーカウンターの状態、瓶が割れるか割れないか、そして猫の生と死の状態までも重ね合わせ状態だと言うことになる。

箱を開いて猫の生死を観測するまでは、猫の状態は生の状態でも死の状態でも無い、重ね合わせである。死んでいる状態と生きている状態の確率的な混合では無い、というあれである。

シュレディンガーの主旨がどこにあったかは議論があるところであるが、現在、この思考実験はいろいろなところで使われている。

猫の代わりに、観察記憶、報告能力ととりわけ自意識がある人間を観測装置にしたバージョンもあって、ウィグナーの友人の思考実験と呼ばれている。ただし、友人が青酸ガスで殺されるのではなくて、友人はガイガーカウンターを観測して、電話でウィグナーに報告する役目であった。

波動関数が収縮するのはウィグナーが報告を聞いた時点で、それ以前には友人の状態は重ね合わせなのだろうか。それとも、友人は内省能力を持った存在なのであるから、ウィグナーに報告しなくても、ガイガーカウンターを見れば、その時点で波動関数は収縮しているのでは無いだろうか。

ここで観測装置代わりにするのを、ウィグナーの友人というような、意識を持ってはいるが、観測者にとっては他者だというのではなくて、観測者自身を検出装置にしてみよう。すると、コペンハーゲン解釈と多世界解釈の決定実験が出来るという主張が、量子ロシアンルーレットの思考実験である。

3.2 量子ロシアンルーレット

「シュレディンガーの猫」の、猫の代わりに観測者自身を入れるという設定にしてみる。放射性物質の時間発展は重ね合わせで進み、そして、どこかの段階で観測過程に当たる相互作用が起こって、その結果、起きてしまった現象

として崩壊が起これば（確認されれば）あなたは死ぬ。これが量子ロシアンルーレットまたは量子自殺と呼ばれる思考実験の設定である。1987年にハンス・モラヴェック⁵⁾が言い出したとされるが、その後多くの論者が取り上げ、特にマックス・テグマーク⁶⁾が発展させた問題である。

ロシアンルーレットという呼び名は、その思考実験の要件として、死すべきイベントが起こった場合に、死ぬことが分かってから段々と死ぬのではなくて、何も分からないうちに即死することが必要だからである。

それでは、この思考実験を三浦に従って提示してみよう⁷⁾。

「あなたは、量子力学的観測過程の結果として50%の確率で弾が出るピストルをこめかみに当てている。量子力学的引き金をひいて、もし弾が出ればあなたは即死する。引き金を100回引いてみよう。その結果、あなたはまだ生きていたとする。何が結論されるのだろうか」

多世界解釈によれば、量子力学的な引き金を引くたびに世界は「弾が出てあなたが死んだ世界」と「弾は出ず、あなたは生きている世界」の2つに分裂する。100回繰り返してみよう。弾は発射されず、あなたは生きていたとしよう。このことは、多世界説を支持するだろうか。

4. 観測選択効果

通常確率の計算によって、あなたが死ぬ確率はほぼ1であり、あなたが生き残っている確率は約 $1/2^{100}$ である。

この計算によれば、あなたが生きているということにたいしては、奇跡が起こったか、もしくはルーレットは不正である可能性が高いという説明がされるだろう。確かに箱の外の観測者に対比される、量子ロシアンルーレット決定実験を見守る立会人達から見ればそうであろう。

しかし、今回は観測装置であるあなた自身が観測者なのである。あなたの視点、もっと言えばあなたの意識から見れば事態はどういうことになるであろうか。

あなたは、「自分は100回引き金を引いたが、まだ自分はこうして生きている。なぜだろう。考えがたい幸運が起こったのだろうか」、と考えているのである。もしあなたが、100回の試行のうちのどこかで死んでいれば、そのようにして奇跡に思いを巡らしているあなたはこの世には存在しないのである。即死することが設定であるから、「アア弾が出ちゃうんだ。もうすぐ死ななくては成らない」とか、「痛い、痛いよう。馬鹿なことしちゃったよう」と考える暇、状態は無いのである。

多世界説で考えれば、殆どの分岐世界において生きていて考え感じているあなたは存在しない。ただ一つの世界であなたは生きており、そこでは、あなたが奇跡だと思っているのである。あなたが生き残っていて、奇跡が起こったなどと思うと言う事態は、観測選択効果によれば、必ず起

ることである。

あなたという観測者の立場を考えれば、そのような事態は必然的にあなたが生き残った世界で観測される。一方その他の殆どの世界には、観測者であるあなたは存在せず（あなたの無惨な死体は存在するが）、ロシアンルーレットの成功についての考察などなされないのである。ロシアンルーレットの成功について議論・考察がされていると言うこと自体が、成功を含意しているのである。

この説明の仕方は、宇宙のファインチューニング（われわれの宇宙は、あまりにも奇跡的な物理定数の「調整」の上に成り立っている。もしちょっとでもずれていたら、高等生物は存在できなかったろうし、そもそも地球や太陽系などと言う系や安定な物質も生成されることは不可能だった。このことをどう説明するのかという問題）に対する人間原理による説明^{8,9)}と同じである。

もし1回量子引き金を引くたびに 2^n 倍の配当金を受け取れる賭として量子ロシアンルーレットに臨めば、あなたは必ず生き残って莫大な賭け金を受け取れるというのである。

とにかく、あなたは生きていて自分を発見するだろうし、試行回数が多ければ多いほど、その結果としてあなたが生きていくという観測事実は、バイズ主義的に言って、多世界仮説の信憑性を増大させるのだ、という筋書きになるわけである。つまり、量子ロシアンルーレットをあなたが行って、生きていたら、多世界解釈の信憑度が上がるというわけである。

他方、量子ロシアンルーレットに臨むあなたを観察している立会人達にとっては、あなたはほぼ確実に死ぬことを見ることになる。したがって、多世界説を立会人に納得させることは出来ない。

もしコペンハーゲン解釈を信奉していたらどうなるであろうか。コペンハーゲン解釈に従うなら、世界は常に一つである。観測過程で増えていくことは無い。観測のたびに、どれかの観測前は潜在的であった固有状態に対応した世界が生成されるのである。観測者の立場は、必ず量子力学的な系の外に置かなければならないのが、最も普通のコペンハーゲン解釈であるから、そもそも観測者自身を量子過程に入れてしまう量子ロシアンルーレットの思考実験とはなじまないともいえる。

しかし、強いて言えば、世界は一つで、その上での量子力学的に確率が決まるような確率過程で記述されるという描像であろうから、殆ど確実にあなたは死ぬ。あなたが生きていたら、それは非常に珍しい奇跡的と言って良いことが起きただけだ、というだけである。

5. 転送機問題^{5, 10-12)}との類似点と相違点:「必ず即死しなくては思考実験が成立しない」をめぐって

ここで、転送機問題と言われる人格の同一性についての

思考実験との類似点を指摘しておこう。

転送機問題とは、アメリカのTVシリーズ「スタートレック」などで取り上げられはじめた宇宙空間移動の方法である。そのメカニズムの説明は別にして、人格の同一性や権利義務の問題としての思考実験¹¹⁾は次のようなものである。

「私は転送機の中に入る。私は起こると言われていたことを思い出す。私がボタンを押すと、私は意識を失い、そして目を覚ますが、ほんの瞬間の事とを感じるだろう。装置は私の身体に関する全ての細胞情報をスキャンし記録しながら、細胞を破壊していく。その情報は別の惑星に電波で伝えられる。別の惑星の装置はこの情報に基づき、私の身体を完全な複製をつくる。別の惑星で目覚めた私は地球でボタンを押す瞬間までの記憶をもっている。これは、私が瞬時に地球から別の惑星に移動したのだと考えられるだろう。なぜなら、地球にいた私と別の惑星で生成された私は記憶がまったく同じであり心理的な連続性が保たれているからであるからである。そして地球にいた私はもういないのである。」

この思考実験は、転送途中での事故で、転送元と転送先の両方に「まったく同じ」人物が出来てしまったとき、どちらがその人なのだろうか、などという問を巡るものである。人格の記憶説と物理的連続説を対比させて考えさせるのである。いろいろな設定をして、考察を深めるのであるが、そのなかに次のような物がある。

「転送の際、あなたの肉体は瞬時に消滅するはずでしたが、手違いで、しばらくの間、あなたは消去されませんでした」

この設定で、もうすぐ消去される転送元の「あなた」の絶望と、そして転送先の物質で新に構成された「あなた」の地位はなにか等を議論するのである。

ここまでくると、量子ロシアンルーレットとの類似点が理解できる。転送問題では、単純にうまくいっている転送過程では、転送元の「あなた」は、いわば即死である。量子ロシアンルーレットでも、弾が出る場合はあなたは何も分からないうちに即死しなくてはならない。

どちらの思考実験でも、即死で無い場合には、問題が複雑になるのである。

量子ロシアンルーレットでは、観測選択効果が発動してこそ必ず成功するという事になるのだから、死ぬときは即死で無いと奇跡が必然的に起こると言う事ができなくなる。弾が出てしまった分岐世界で、即死でなく苦しんでいるあなたも、量子ロシアンルーレットに参加してしまったことを悔やんでいるであろう。この問題での、「量子ロシアンルーレットについて考えている人」という参照集団は、

奇跡の世界の 1 人と残りの莫大な数の世界で苦しんで居るあなたの分身をあわせたものである。即死で無いと、奇跡の確率は本当に奇跡的に小さくなってしまふ。

一方、転送機問題では、転送機が宇宙空間での移動手段として役に立たないことになる。というのは、転送元のあなたと転送先のあなたの、どちらが（あるいは両方が）あなたなのかという問題が発生するのであった。転送元のあなたは、直前まであなたと全く同じ人格であって、今も同じ記憶と、性癖、能力などを共有している転送先の分身のことを「自分」とは思えないであろう。分身があなたの代わりに生き続けてくれると感じて、肅然と死んでいくことは出来ないだろう。

2つの思考実験の間の違いは、量子ロシアルーレットでは多世界解釈での沢山の並行した相互作用の無い分岐世界間での問題であるのに対し、転送機問題では、一つの現実世界の中での 2 人（転送元のあなたと転送先のあなた）の間の問題で、原理的には 2 人は相互作用することが出来るということである。

2つの思考実験の間で共通するのは、分岐したあなたの片方は即死で無いと、複雑な問題が起こってしまうことであり、そして、むしろその複雑な困難の中にこそ、人格の同一性問題や多世界解釈の理解につながる種が有るのである。

6. 遍在転生世界観

渡辺恒夫は「遍在転生世界観¹³¹⁾」を標榜して「いま、ここ問題」とか「くわたくし>の問題」とよばれる、意識の超難問に取り組んでいる。それは、なぜ私はかけがえのないくわたくし>なのだろうか、なぜ私の肉体の眼球を通して世界は開けているのだろうか、他の肉体（例えば転送問題での転送先の私）をつねっても、私は痛くも何ともないのはなぜであろうか、なぜ「今」は 2012 年であって、紀元元年とか 2090 年では無いのだろうか等を問う問題である。

それに対して、転生世界観では（いろいろなバージョンがあるが）、同時代の人類全ては私（私であったかも知れない）なのだとするのである。もちろん記憶の連続も、性格や能力の類似も無いとする。これは、生まれ変わりなどと言う宗教的思想でも同じであろう。生まれ変わると基本的には前世のことは忘れると言うのが通常の設定であろう。

つまり、私であったかも知れない人類のうち、これこれの割合で、ある事象が起こるなどと言う確率評価の基礎になるのである。この場合、犬やバクテリアは、自分とは何かなどと言うことを考えないであろうから、私であったかも知れない候補にはなり得ない。同じ人類であっても、知的程度によっては、私であったかも知れない候補にはなり得ない場合もある。

こうしてみると転生世界観は、通常確率論における、

参照集団としての可能世界集合を、人格の立場で規定しているのだといえそうである。そうだとすると、やはり私であったかも知れない人格を、私であるといつて良いのかと言う基本的問題に戻ってしまうのでは無いだろうか。

7. 量子ロシアルーレット思考実験の難点

量子ロシアルーレットの思考実験は、人間原理の宇宙論と同様の観測選択効果の考え、それと量子力学の多世界解釈を結合すれば、必ずあなたは生き残ると言う主張である。そして、もし実際に決定実験をしてみたらあなたが生き残れば、（観測選択効果を認めるならば）その事実が多世界解釈の信憑性をベイズ改訂して高めるのだという主張である。そして、あなたとは何なのかという問題も含んでいるのである。

しかし、この思考実験には大きな難点がある。まず「量子」といいながら、それが関与するのは、「観測過程で世界が固有状態に対応する複数の世界に分岐する」という多世界解釈の要請の部分だけである。そのほかには量子力学的干渉の効果は用いられていないことである。

多世界解釈自身についても、ここで用いられている「観測の時」という概念は、じつは大きな難点なのである。どういふときに世界が分岐するかという判定条件に、「観測過程」という判断基準が曖昧な条件が含まれている。観測過程は固有状態へのスペクトル分解と、不可逆的な非干渉化の過程が含まれる。このうちスペクトル分解は明確に定義し判断できるが、非干渉化こそが、観測過程の核心なのである。

またスペクトル分解は一意では無く、いろいろな分解が出来る。どのスペクトル分解かは観測装置が、測定する量に関与して明確に構成されていれば、分かりやすいが、自然界では必ずしもそうは成っていないであろう。非干渉化が完全では無い、波動関数の不完全収縮と言う事例も知られているのである。

このような多世界解釈自体が持つ難点を量子ロシアルーレットも持っているといえるだろう。そして、量子引き金を引くとき、その結果が得られるまでは状態は重ね合わせであるという、量子力学の本質的性質が直接的には考察されていない。このことが不満に思われる。また、多世界解釈も、他の解釈の多くと同様、時間対称性を破っている難点がある。つまり過去へ向かっては世界は分岐しない（逆に言えば多世界は観測過程によって融合して 1 つの世界になることは無い）というのが通常多世界解釈の立場である。このことも整合性を保持して考えなければならぬ。

筆者はこれらの問題をさらに取り上げていこうと考えている。2006 年公開の映画「プレステージ」は、人格や人生そのものについて考えさせる、対立する 2 人のマジシャンを主人公とする映画であった。その中の一つの題材として、まさに転送機を取り上げている。その設定は「マジ

ックの舞台での転送の結果、人物は2人に別れるが、一方は水槽に落ちておぼれ死ぬ」というものである。分岐した2人のうち死ななかつた方はマジシャンとしての名声を、その舞台を繰り返すごとに、どんどん得ていくようになっている。つまり、即死しない不完全な量子ロシアンルーレットなのである(必ずしも引き金は量子力学的では無いようにも見えるが)。この映画についての考察はあまりされていないようである。

筆者は、映画「プレステージ」の哲学的分析と、ここでは割愛したが「量子不死」と言う思考実験も含め、量子ロシアンルーレットという重大な複数の要素を絡み合わせて持つ問題の分析を進める途上である。脳の中の過程は量子力学的な要素が重大かも知れないということも考え合わせると、日常の眠って起きると言う行為なども、考察の範囲に含まれてくるはずである。

『自我体験と独我論的世界観』、北大路書房、(2009年)

参考文献

- 1) 榛葉豊、『定理としての確率解釈』、静岡理科大学紀要9(2001年)
- 2) 和田純夫、「量子力学の多世界解釈」、『現代物理学最前線6』共立出版(2002年)
- 3) H. Everett III: ““Relative State” Formulation of Quantum Mechanics”, *Rev. Mod. Phys.*, **29**, 454(1957)
- 4) B. DeWitt and N. Graham ed. ,”*The Many-Worlds Interpretation of Quantum Mechanics*”, Princeton U.P.(1973)
- 5) H. Moravec, “*Mind Children* “, Harvard(1988)
邦訳:「*電脳生物*」岩波(1988)
- 6) M. Tegmark, “*The Interpretation of Quantum Mechanics: Many Worlds or Many Words?*”,(1997) arXiv.org/abs/quant-ph/9709032/
- 7) 三浦俊彦、『観念的世界観の物理主義的基礎』、日本科学哲学会2011年度年会、於日本大学文理学部
- 8) 榛葉豊、『平凡の原理と主観確率 — 多世界・意識・参照集団 — 』、静岡理科大学紀要16,(2008年)
- 9) 榛葉豊、『人間中心原理と確率の本性 — 確率過程量子化のために — 』、静岡理科大学紀要12,(2004年)
- 10) 榛葉豊、仮題『歴史に残る思考実験』、2012年6月出版予定
- 11) D. Perfit, “*Reasons and Person*”, Oxford(1984)
邦訳:『理由と人格』、勁草書房(1998年)
- 12) D. Denett et. al. ed.,”*Minds Eye*”,
邦訳:『マインズ・アイ』、TBSブリタニカ(1992年)
- 13) 渡辺恒夫、『輪廻転生世界観』、第3~5回人文死生学研究会(2004~2007)、於明治大学駿河台校舎