

研究の芽  
フィールドワーク  
時を巡る思考の散策

脇本 佑紀

 <https://orcid.org/0000-0001-6455-8642>

ニュートンワークス株式会社  
〒 104-0031 東京都中央区京橋 1-16-10 オークビル京橋 6F

2018 年 9 月 9 日原稿受付

Citation :

脇本 佑紀 (2018). 時を巡る思考の散策<sup>フィールドワーク</sup>. *Journal of Science and Philosophy*, 1(1), 42–67.

## 1 概要

この文書は時に関する歴史散策／思考を筆の随に遊ばせる、エッセイのようなものであり、随筆であり、試みである。主に物理学を、副に哲学を軸とする。詩と神話にも触れる。随所に稚拙な理解／散漫な論理展開が見られるが、アカデミック・ソフィスティケーションの萌芽として、ご指導ご鞭撻のほどを賜りたく猥じるものである。

本文書は次のような内容からなる。

1. はじめに
2. 時間のない世界 —万葉集における時間—
3. 時間のある世界 —物理学における時間—
4. おわりに

古事記は [1] を、万葉集は [2] を参照している。ニュートンの見解は [6, 7],

カントは [8]、アインシュタインは [9, 10] から引用した。日本神話、ギリシャ神話については [3] および [4] を参考にしている。

## 2 はじめに

かつて次のように述べたことがあった [15]。

時間はおそらく人間に属するものだ。欠けた月に満月を思い重ねたとき僕の心は少し変質してそしてその変質をこう言い表す——時が経った——と。それは事実の描写ではなく、一つの小さな詩である。

フュシスは物理学の語源で「自然」を意味し、ポイエーシスは詩の語源で創造や詩作を意味するギリシャ語である。ここで表したかったのは時間の発生の機微であり、科学の科学となる以前の芸術と強く交錯する姿であった。心の変質を言い表す、それはまさに小さな詩の萌芽ではないか。単なる観察事実の描写=科学の原型であるこれを詩の原型とも言えるのならば、私が時間について問うとき、そこではなぜこのような科学=詩が成立しうるのか、を問いたいのである。

本題に入る前に、問うということをもう少し掘り下げてみたい。

### 2.1 なぜ問うのか

私という河を遡上してみれば、「時間」へと至る源流が見られる。そのことについてここで語るのはよそう。変化や忘却への抵抗心を持ち、読み書きを好み、気持ちや知識の持ち様によって世界の見え方が変わることに関心のある若者であったと語ったところで、意味はないだろう。様々な偶然が時間というテーマに収斂したにすぎない。問いの起源やテーマの必然性を述べても、「なぜ問うのか」に答えたことにはならない。

最終的に科学の形式にしたいと思っていることは確かである。すなわち時間の発生を数式化するということである。それは物質世界の境界の、科学とすう

るその限界に挑むことだと言ったら大げさだろうか。時間の発生はおそらく意識の発生や言語の発生と密接に結びついた事象である。この文脈で語られる時間は心理的時間とでも呼ぶべきものであろうが、心理的時間と物理的時間を易く分断してしまつてはそれぞれの根を失うと感じ、この探求もやがて科学に繋がるものと信じ、あえて科学的ではない側面からのアプローチを試みているわけである。またこの目標は同時に生命の問題をも解くと信ずる。生命は本質的に時間性を内包するからである。言語の問題もまた然り。言語は語の定義と使用の間を揺れ動きながら宿命的に変化する。

だが、先ほどと同様に、答えに期待することを述べても、やはり「なぜ問うのか」への返答にはならない。私はもっと私の深層へ降りていかなければならない。

——ここで、私がある愚を犯していることをひとは看破するであろう。それは問いに答えようとする愚である。問いが答えを伴うと考えるのは自然なことだが、必ずしもすべての問いが答えを期すものだとは限らない。例としてかつて私は「時間という河の流れ着く先の海はどのようなところだろうか」という問いを考えてみたことがあったのだ。それは人の思考の個性を押し量り、時間についてのイメージーションを拡張しようとせん問いであった。疑問が擬問であつては答えようもあるはずがない。

問い以前を正直に振り返ろう..... 私は時間について問うこの歩みを、読み手[あなた]と共にするにあたって、いくばくか心づもりの共有をしたかつたわけだ。それが可能ならば「なぜ問うのか」に答える必要はすでにない..... 問いはしばしば答えを伴わずして“解決”する。私が時間に興味を示す最も単純な理由は、それが最も能くかつ普遍的に人の心を変質せしめるからである。[あなた]もまたそうであれば、道を共にするかもしれないし、しないかもしれない。その意思に介入する無粋な真似はやめることにしよう。

代わりに、私が問いと向き合う際の傾向を明文化しておく。

1. 結論にたどり着くことを第一目的とはしない
2. あえて否定する必要のないものは放っておく

3. 積極的に肯定しようとはしない
4. 説明力の強すぎる仮定は避ける
5. 正しさ、には従わない

この世界は黄金の胎 <sup>ヒラニア・ガルバ</sup> 児の見ている夢であると言ってしまうばすべて解決するわけであるが、4. によってこれを避けるのである。もちろん五十六億七千万年後に超越者が現れてあらゆる道のりが空しく粉塵と化す可能性もまた無ではない。2. によってこれを否定しない。それがそうであれそれと私がこうして考えていることとは別のことである。生命が生命であるとは、めぐりめぐる時に生涯を浮かべ流浪の民として止むことのない旅を余儀なくされることである。辿り着くことは旅の本質ではなく、むしろそれは旅を続ける <sup>モチーフ</sup> 動機の一つに過ぎないと気づけば、1. も何ら逆説的ではない。問い、答える物語の後にも人生は続く。むしろ問いと答えがそこにどのような翳を落とすかが重要である。

3. は認知バイアスの餌食となることを避けるために設定される。肯定も否定もできずただ認めざるを得ないところに何か考察に足る対象があるようにも思われる。

「正しさ」は必ず何らかの信仰に準拠しており、盲目的な思考停止を避けるのが4. の方針である。生命は壊れながら自他を作り続けるものであり、思考もまたしかり。「正しさ」によって停止することはできない。またいかにも正しそうな推定/断定を避ける目的もある。まずは思考と感性を温めるため時間のない世界を覗いてみたい。

### 3 時間のない世界 —万葉集における時間—

予め定められた時に厳密に従って行動することを強られる現代社会に馴染む我々にとって時計の同期は至上命題であって、生活を支配する強固な時の存在を意識せざるを得ず、またそれによっていかなる矛盾/問題に直面することも無い。従って時間のない世界を想像するにも多少の困難を伴うかもしれない。だが古来の日本人にとっては馴染み深い概念であった。時間のない世界

とはすなわち常世のことである。

思索に形を与える依代とするために古文を参照してみることにする。以下、〈万・漢数字〉は万葉集内の歌番号を意味する。奈良時代に成立した古事記や万葉集を参照するのは、それがまだ哲学に汚染されていない素朴な感性を反映しており、かつ、中国との活発な交流の影響か哲学的思索の萌芽が感じられる稀有な時期だからである。

古事記には橘の起源神話があり、それは次のようなものである。

また天皇<sup>みやけのむらじら</sup>、三宅連等の祖、名は多遲摩毛理<sup>たぢまもり</sup>を常世<sup>とこよ</sup>の國に遣はして、  
非時<sup>ときじく</sup>の香<sup>かく</sup>の木實<sup>の</sup>を求めたまひき。故、多遲摩毛理、遂にその國に到りて、その木實<sup>かげやかげ</sup>を取りて縵八縵<sup>ほこやほこ</sup>、矛八矛<sup>も</sup>を將ち来たりし間に、天皇すでに崩りましき。ここに多遲摩毛理、縵四縵<sup>かげよかげ</sup>、矛四矛<sup>ほこよほこ</sup>を分けて、大后に獻り、縵四縵、矛四矛を天皇の御陵の戸に獻り置きて、その木實<sup>の</sup>を捧げて、叫び哭きて白しく、「常世國の非時の香りの木の実を持ちて参上りて侍ふ。」とまをして、遂に叫び哭きて死にき。その非時の香の木實<sup>の</sup>は、これ今の橘なり。

時じ、とは時に否定の助動詞じが付いた形で、常、すなわち変わらないということである。非時の香の木實とは「いつもよい香りのする木の実」ということで、また例えば「時じくそ雪は降りける」〈万・三一七〉とは「常に雪が降っている」ということである。「時なくそ雪は降りける」〈万・二五〉という言い方もあった。また万葉集に上の物語を詠んだ歌もある〈万・四一一一、四一一二〉。

かけまくも、あやに恐し<sup>かしこ</sup> 皇神祖<sup>すめろぎ</sup>の神の大御代<sup>おほみよ</sup>に 田道間守<sup>たぢまもり</sup> 常世<sup>とこよ</sup>に渡り  
八矛<sup>やほこ</sup>持ち 参出来<sup>まみでこ</sup>し時 時じく<sup>の</sup> 香<sup>ひこえ</sup>の木の実<sup>を</sup>を 恐くも 遣したまへれ 国  
も狭に 生い立ち榮え 春されば 孫枝<sup>ひこえ</sup>萌いつつ ほととぎす 鳴く<sup>さつき</sup> 五月には  
初花<sup>はつはな</sup>を 枝に手折<sup>た</sup>りて 少女ら<sup>をとめ</sup>につとにも遣りみ 白たへの 袖にも扱入れ  
かぐはしみ 置きて 枯らしみ あゆる実<sup>は</sup>は 玉に貫きつつ 手に巻きて 見れ  
ども飽かず 秋づけば 時雨<sup>しぐれ</sup>の雨降り あしひきの 山<sup>こぬれ</sup>の木末<sup>くれなぬ</sup>は 紅<sup>こき</sup>ににほ  
ひ散れども 橘の 成れるその身は 直照<sup>ひたて</sup>りに いや身が欲しくみ 雪降る 冬

に到れば 霜置けども その葉も枯れず 常磐<sup>ときは</sup>なす いや栄映<sup>さかは</sup>えに 然れこ  
そ 神の御代より 宜しなへ この橘を 時じくの 香の木の実と 名付けけら  
しも

反歌

橘は花にも実にも見つれども いや時じくになほし見が欲し

常磐とは永久不変の象徴としての石のことで、常葉として常緑樹のことも指すという。ポケットモンスターに登場する街トキワシティの紹介掲示板で

ここはトキワシティ  
トキワは みどり えいえんのいろ

と表示される所以である [5]。また反歌「時じくになほし見が欲し」は「いつでも見ていたい」ということである。「いつ」は何時とも書き、「何時でも」は anytime =  $\forall$ time ということで、「時に依らず」が「時じ=非時」で表現されている。

上の例では慣用的に「時じ」を常の意で用いているが、時そのものへの意識を感じさせる歌もある。上の橘の歌も併せて、いずれも大友家持の作である〈万・四四八三、四四八四、四四八五〉。

移り行く時見るごとに心いたく昔の人し思ほゆるかも  
咲く花は移ろふ時ありあしひきの山菅<sup>やますが</sup>の根し長くはありけり  
時の花いやめづらしもかくしこそ見し明ら<sup>め</sup>め<sup>あきら</sup>め秋立つごとに

三つめの「時の花」は「彼は一躍時の人となった」の「時の」であり、三者とも現代においてなお一般的な時の用法である。この「時の」は説明が難しい。ある期間や季節の象徴的表象とでもいえようか。あえて曲解して何か抽象的で神秘的な花と解釈してみたくもなる。「時々の花」で四季折々の花を指すことは現代人にも理解し易い〈万・四三二三〉。

時々の花は咲けどもなにすれそ母とふ花の咲き出できけむ

時の雨、といったばあい、すなわちこれは時雨である。この漢字表記は江戸時代以降の用法のようだが、しぐれの語はすでに万葉集にある〈万・一五五一〉。

時待ちてふりし時雨の雨止みぬ明けむ朝か山のもみたむ

「もみた(む)」は「もみつ」の終止形で、「もみ」は紅葉の「もみ」……すなわち紅葉するということである。「時待ちて」は「機が熟す」に近く、時雨の「時」は、降ったり止んだりする、まさしく「時じ=常」ではないものとしての、「時」である。また先ほどと同様に「季節の象徴的表象」としての意味あいもあろう。「時機」や「時折」と言うように、日本語の「時」は「機」や「折」に通じることを考えると自然である。「機」と「時」の繋がりは機織りを思い起こさせる。機織りは古代日本で聖職とされていた。機織りとは時を織り出す行為であろうか。糸が織り込まれて布地をなしていく様は、新たな秩序の誕生であり、時の発展を思わせる。暦[日読み]ということとアマテラスが機織りであったことを考えるとあながち巫山戯た連想ではないかもしれない。機に通じる時の用法として次のようなものもある〈万・九五八〉。

時つ風吹くべくなりぬ<sup>かしひかたしほひ</sup>香椎瀉潮干の浦に玉藻刈りてな

時つ風とは干満の時の風のことだそうだ。つを津とする所以でもあろう。時が満ちる、という表現はここから派生したのかもしれない。「時の花」の用法と繋げて考えると、その状<sup>シチュエーション</sup>況において、あるべくしてある、あつてふさわしい風といった意味あいを感じることもできる。「時じ」は不変性、恒常性を表すが、「時」それ自体は必ずしも変化や移ろいではない。「移ろふ時」の用法がそれを示している。

ともかく、人の世はこうした「時」に満ちている——常世に対する人の世を現世という。人の死や季節の移ろい——私は時を渡季と書きたい——と常世から齎されたという時じき橋を対比する、この感性がすでに奈良時代の古事記や万葉集に見られるということは、それでも人類史からいえばつい最近のこ

ととはいえ、<sup>レセプター</sup>渡季あるいは常なるものを想像する認知機構や望郷の如く時の彼方を思う感受性が人間に何らかの形で備わっていることを意味しているように思われる。

だが、この渡季は季を前提に置いていることに注意せねばならない。季がなければ渡季もなく、事実、時間概念を用いずに生活を営むアモンダワ族の存在が明らかになったこともあった。また、我々が直覚する事象を「時」概念を用いずに理解することもおそらく可能である。ウォーフの言語相対仮説に基づくホーピ語的自然観がその可能性を提示した。特定のパースペクティブや思考のフレームワークの無自覚な濫用を避けなければ、おそらく「とき」の機微を捉えることはできない。

西洋では時が積極的に対象化された。洋の東から西へと移ることにする。

## 4 時間のある世界 —物理学における時間—

ここでは主に物理学における時間について振り返ることにする。哲学についても触れる。私の目標「時間の発生の数式化」が達成された場合、以下に述べる時間がそこから再現されなければならない。

### 4.1 ニュートン力学における時間

ニュートン力学は物体の運動を分析する体系である。物体そのものには言及せず、その運動の軌跡のみを対象とするところに特徴がある。ここではニュートン自身が語る時間については後回しにして、先にその数学的に洗練/敷衍された形式であるラグランジュ力学的な時間について述べることにする。

現実に運動する物体の位置はその重心を示す三つの変数  $x, y, z$  で与えられる。それゆえに数学者はまず三次元の空間を用意するかもしれない。しかしまだ空間は要らない。物体が二つあれば六つの変数  $x_1, y_1, z_1, x_2, y_2, z_2$  が必要である。片方の端点が固定された棒の運動は、その偏角を示す二つの角度変数  $\theta, \phi$  で与えられる。棒の運動はその重心と偏角を合わせて五つの



変数  $x, y, z, \theta, \phi$  で与えられる。このように運動する物体の運動学的状態を示す変数の組を一般化座標と呼び、変数記号が孕む日常的意味を捨象して  $q = (q_0, q_1, \dots, q_n)$  などと書く。 $q$  が取りうる値すべての集合に空間的性質を加味したものを配位空間と呼ぶ。この“空間”は概ね  $\mathbb{R}^n$  の部分空間であろう。空間的性質を加味する、とは、集合に対して適当なクラスの同相性を考えるということである。

物体の運動は、それがいくつであれ、配位空間  $M$  上の点の連続的な軌道を示す。この軌道を軸として力学を展開するのがラグランジュ力学である。そしてこの軌道に付された“ラベル”  $t$  ——軌道上の点をその運動の順序に従って指定する数——がこの文脈における時間となる。ラベルの集合を  $\mathbb{R}$  に取るならば、点の軌道とは

$$q : \mathbb{R} \rightarrow M; t \mapsto q(t) \tag{1}$$

なる写像のことである。物体が生成消滅しない以上は物体の運動をいくらでも外延することができ、また今力学において物体の生成消滅は考慮しない。“時間”を実数全体  $\mathbb{R}$  に取る所以である。

この極めて形式的な体系からも時間についての洞察が得られる。

まず、配位空間の性質上、軌道写像  $q$  は多価にならない。配位空間はその点によって系の状態を一意に特定できるように構成されるからである。だからこそ時間変数  $t$  が well-defined に導入される。配位空間の構成可能性は時間の well-definedness と関係している。運動を状態の系列と理解したとき、そのパースペクティブが崩壊するのはどのような状況だろうか。それは軌道の像  $q(t)$  が順序を失うということである。 $q$  の数学的クラスとして連続性などなんらかの公理が欠落する状況だ。あるいは配位空間の非自明な幾何学がそれを齎すかもしれない。整列可能定理、もとい選択公理との関連も想起させられる。量子力学はこのような状況にはない。量子場の理論はもしかしたら相互作用によってそのような状況を提供するかもしれない。このことについては後に述べる。

軌道  $q$  の微分  $dq$  が速度である。 $q, dq$  は配位空間  $M$  の接束  $TM$  に対す

る写像

$$(\mathbf{q}, d\mathbf{q}) : T\mathbb{R} \rightarrow TM; (t; \partial/\partial t) \mapsto (\mathbf{q}(t); \dot{\mathbf{q}}(t) \cdot \partial/\partial \mathbf{q}) \quad (2)$$

を与える。ラグランジュ力学といえば通常、 $TM$  上で軌道  $\mathbf{q}$  の構成を行う(一方、余接束  $T^*M$  でそれを行うのがハミルトン力学である)。速度は一般に位置  $\mathbf{q}(t)$  の時間微分  $d\mathbf{q}(t)/dt$  として意識される。ところでこの定式化において、速度の定義は時間  $t$  には依らないでなされる。従ってこの時間微分という点において、ニュートン記法  $\dot{\mathbf{q}}$  は実態に即しており、ライプニッツ記法  $d\mathbf{q}(t)/dt$  はそうではない。記法と銘打たれているが両者は明確に異なる意味を持つ。

とはいえ、 $t$  が全く意味を持たないということではない。ラグランジュ力学では運動エネルギー項

$$K(t)dt = \frac{1}{2}m \frac{d\mathbf{q}(t)}{dt} \cdot \frac{d\mathbf{q}(t)}{dt} dt \quad (3)$$

を考える。この項は  $t$  の reparametrization の元で不変ではない。 $t = \alpha s$  とすると、

$$K(\alpha s)ds = \frac{1}{2} \frac{m}{\alpha^2} \frac{d\mathbf{q}(\alpha s)}{ds} \cdot \frac{d\mathbf{q}(\alpha s)}{ds} ds \quad (4)$$

となり、質量  $m$  が  $m' = m/\alpha^2$  への変更を受ける。しかし質量  $m$  には我々が測定した値を用いるので、必然的に時間  $t$  が選択され、速度は  $\dot{\mathbf{q}}(t) = d\mathbf{q}(t)/dt$  である:この等号は恒等ではない。力学が運動という観点における物体の抽象化である以上、数式上の等価性は物理的実態の等価性を意味しない。ホログラフィー原理等数学的等価性は空間の運動学的性質を明らかにするものである。時空の創発や空間そのものへの理解を目指すならば数学的等価性だけでは足りないように思われる。それは弾性体と粘弾性体の対応原理に似ている。対応原理によって互いを置き換え計算が可能だからと言って、粘弾性体は弾性体なのとは言わない。数学的等価性はそれ自体興味深い現象ではあるものの、数学に過度な意味の重荷を背負わせることには慎重を期す必要がある。

ところで、ベルクソンによる問いとしていわゆる「空間化された時間」がある [11]。

時間と空間との類比は実にまったく外的であり表面的である。それは、時間を計り記号で表すのに空間が用いられることに由来している。それゆえ、空間を目当てに進み、時間に空間と同じような特徴をさがしにいくなれば、止まる場所は空間、すなわち時間をおおい隠し時間を我々の目に便利に表すところの空間である。時間そのものまではいきつかないであろう。

上記の  $\mathbb{R}$  は「空間化された時間」であろうか。  $q$  によって写像されたそれは、例えば秒針の軌道であり、まさしく「空間化された時間」である。  $q$  が「空間化」を担うなら、  $q$  の定義域である  $\mathbb{R}$  は時間そのものである。一方で  $\mathbb{R}$  は数学的空間でもある。この数理構造から次のような返答が可能だろうか。興味の対象はむしろ、「なぜ時間に空間と同じような特徴をさがしにいきうのか?」「なぜ空間で時間を便利に表しうるのか?」である。それは時間が潜在的に持つ特徴に依る。すなわち「時間を空間化できるということは、時間はそれ自体空間性を内在しているのである」。時間の問題に深く切り込むならば、ベルクソンの推察から、むしろ時間が空間性を潜在するという観点を持ち、その由を問わねばならない。

工学では、解析は時間列で行うものの、結果の分析には時間を用いないことが多いように思われる。時間の絶対的な値に意味がないからである。例えば振動減衰装置の特性を調査する場合を考える。このとき、装置は振幅  $x_0$ 、角振動数  $\omega$  の正弦波  $x(t) = x_0 \sin(\omega t)$  で加振され、その応答として力  $F(t)$  が測定される。関心の対象となるのは  $x(t)$ 、 $F(t)$  の時間変動そのものではなく、変位-力面に描かれるリサージュ曲線  $(x(t), F(t))_{0 < t \leq T}$  である。ここで  $T = 2\pi/\omega$  は周期。たとえば 1 周期あたりの損失エネルギーは閉曲線の面積  $\delta W = \oint F dx$  で与えられ、時間は参照されないといった具合である。ところで、工学では変位  $x$  とその変位をもたらす力  $F$  とを共役とした議論が展開されるが、物理学では変位  $x$  の共役量は運動量  $p$  である。周期現象がボーア=ゾンマーフェルトの量子化条件ないしはアインシュタイン=ブリルアン=ケラー量子化条件  $J = \oint p dx = nh$  で量子化されるのは興味深い現象である。このよう

な事情は振動現象ないしは周期現象の特徴である。そして振動/周期現象は時間との関連が深い。

第一に、多くの場合時間は振動や周期現象を通じて測られる。振動を通じて測られる時間はすなわちその回数である。振動現象を通じた時間の測定はペアノの公理の物理的具現でもある。上で整列可能定理に言及した繋がりがここにもある。

第二に、変位と時間とが一對一に対応しない振動/周期現象は、時間と相性が悪い。その代わりに振動/周期現象の解析には周波数領域が用いられる。フーリエ・ラプラス変換によって時間領域と周波数領域は互いに交換される。上記の振動減衰装置においても、その動特性は周波数応答関数  $H(\omega) = \hat{F}(\omega)/\hat{x}(\omega)$  を用いて調査される。興味深いのはスイープ加振によって周波数応答関数を測定する場合である。このとき、加振周波数を  $\omega = \alpha t + \omega_0$  ないしは  $\omega = \omega_0 2^{\alpha t}$  で増加させるため、時間と周波数との間に一對一の対応がある。ところで、角振動数  $\omega$  はプランク定数  $\hbar$  を乗することでエネルギーの次元を持つ。エネルギーは時間の正準共役量であり、時間変化に対して系が不変な場合の保存量として特徴づけられる。時間の問題を語るうえでエネルギーの問題も避けては通れない。エネルギーの語源は en+ergon (動きを齎すもの) であり、人が時間について問うとき、しばしば en+ergon について問うている。

同様にして時間との関連が深そうなのがエントロピーである。エントロピーはしばしば時間性を象徴する何かとして漠然とした期待を抱かれる。熱力学におけるエントロピーは準静的断熱過程における保存量である。従って、この場合エントロピーは形式的にはエネルギーの特殊な例と理解することができる。実際、エントロピーはこの過程を表す時間変化  $t \rightarrow t + \eta \hbar \beta$  に対するネーター不変量である。これが示されたのは近年のことであった [14]。ここで  $\eta$  は微小量、 $\beta$  は逆温度  $1/k_B T$  である。前述の  $J = \oint p dx$  はこの議論アナロジーの類似から断熱不変量と呼ばれる。 $J$  は周期系における系の変換——系の振動よりも十分に緩慢な——に対する近似的な保存量となっているからであ

る。entropy という語じたい意識的に en+ergon になぞらえて造られた語であり、entropy=en+trope, trope = transformation である。いうなれば「流転を齎すもの」となるであろうか。なお物理学において、断熱不変量といった語はその数学的機能/構造を示すために用いられ、単語自体の語義は屡々失われている。

振動現象と対をなすことで興味をそそる現象に緩和がある。振動と緩和は複素数  $z = \omega + i\alpha$  に対して  $e^{izt} = e^{i\omega t} e^{-\alpha t}$  の 2 項がそれぞれ振動と緩和を表すという意味で対である。時定数  $\tau = 1/\alpha$  は時間の次元を持つ数少ない量で周期  $T = 2\pi/\omega = 1/\nu$  と対である。量子場の理論スケールの“粒子”は“物質波”としての周期と時定数で表現される寿命とを共に持つ。粒子が有質量で静止している場合  $E = mc^2 = h\nu = \hbar\omega$  であり、周期の逆数は質量そのものである。寿命と質量とは不確定性の関係を持つ。粒子の崩壊は確率的事象であり、この確率の意味はよく分からない(頻度確率でもベイズ確率でもないように思われる)。しかし、この確率が粒子寿命という時間概念と関連していることは確かである。

周期  $T$  と緩和時間(時定数)  $\tau$  は系の時間スケールとして参照されることもある。時間スケールは時間概念が系の分析において本質的に重要となる例の一つである。現象が(時間に限らず)スケールの大きく異なる二つの系に分けられるとき、それらは互いにほぼ独立な現象として分析できると期待されるからである。

彷徨は一旦区切りニュートン力学における時間を振り返る。ニュートン自身はその著書「プリンシピア」において次のように述べている [6]。

時間, 空間, 場所, および運動などには, 万人周知のものとして, その定義を与えることはしない。

とはいえ、その後、絶対的時間 *Tempus absolutum* の説明を試みている。そこで絶対的時間とは

別の名では持続と呼ばれる。

と説明される。ラテン語近縁のフランス語を参考にすれば、時間 *temps* の説明として

*Durée Globale.*

とあるので [13]、やはり *duratio/durée* は *tempus/temps* とほぼ同義ということ以上でもそれ以下でもない。*duratio* の語源 *duro* には「固くする」「耐える」という意味がある。このイメージは面白い。ニュートンは

物の存在の持続性あるいは耐久性は、運動が速くあれ、遅くあれ、あるいは皆無であれ、いつまでも同一である。

*Eadem est duratio seu perseverantia existentiaerum, sive motus sint celeres, sive tardi, sive nulli;*

と述べている。*duratio* に並置されている語 *perseverantia* は忍耐力や不動性、とどのつまりは持続性ということである。*duratio* の語源を考えると、むしろこちらのほうが「耐久性」であろう。持続は文字通り「続く」ということであり、これが時間の別名とすれば、万葉集との好対照をなしている。万葉集は時の否定「時じ」で不変性（～持続性）を表すのであった。ここでは持続性（～不変性）がすなわち時間である。形あるものはやがて壊れるかもしれないが、究極の完全（いわば、神）は永久に持続する——時間とはそういうものであるというイメージがあつたかもしれない。

そしてニュートンは時間に絶対的なものと相対的なものとの区別を与える。

絶対的な、真の、そして数学的な時間は、おのずから、またそれ自身の本性から、他の何物にもかかわりなく、一様に流れるもので、別の名では持続と呼ばれる。相対的な、見かけ上の、そして通常の時間は、運動というものによって測られる持続の、ある感覚的な、また外的な（正確であれ、あるいは不均一なものであれ）測度であり、普通には真の時間の代わりに用いられる。

物の存在の持続性あるいは耐久性は(中略)いつまでも同一である。そしてそれゆえに、この持続時間は、単にその感覚的な尺度にすぎないようなものとは区別されねばならない。そしてそのことから、天文学上の式によってそれを演繹するのである。

ニュートンの問題意識は、時間の測定と計算による補正、という極めて常識的な日常経験に基づいている。補正行為が成立する背景にはその極限としての理想時間があるというわけである。時間の知覚者がそこに想定されている。

時間の知覚という観点に立ったとき、思い起こされるのはカントである。「純粹理性批判」におけるカントの時間に関する主張は我々の興味からは次のように要約できる。

時間とは先験的<sup>ア・プリオリ</sup>に根底に存するものであり、絶対的先験的実在性を有すものではなく、経験的実在性を持つものである。時間が先験的に与えられていなければ時間表象も、変化の表象もまったく現れないような認識を生じうる。

なお参照したのは以下の部分である [8]。

1. 時間は、(一) 何らかの経験から抽象された経験的概念ではない。時間表象がア・プリオリに根底に存しないならば、同時的存在もまた継時的存在も、知覚されることすら不可能であろう。
2. 私は、時間に経験的実在性を認めながら、絶対的先験的実在性を拒むという私の理論に対して、学者の側から一斉に非難の声のあがるのを聞いた(後略)
3. 感性というこの主観的条件を度外視して私を直感し得るとすれば、我々がいま自分自身の変化として表象しているところのこの同じ規定はある種の認識——すなわちそこでは時間表象も、したがってまた変化の表彰もまったく現れないような認識を生じることになるだろう。

「時間表象も、したがってまた変化の表象もまったく現れないような認識」

としてホーピ語的自然観がそれに相当するだろうか。カント自身がそうした可能性を明示しているのが興味深い。認識の背後にそれを成立させているものが a priori にあるというカントの主張はとても健全である。とすれば、私が物理学に期待するのは次のことである。

時間表象として理解し得ない現象で以て、時間の経験的実在性を分析する。

もちろん、そのような現象はいまのところ見つかっていない。しかし自然界を信用することもできない。またそのような現象が存在しないことを証明することもできない。もちろん、そのような現象が存在したとして、我々は「同時的存在もまた継時的存在も、知覚」するのであって、私の期待はカントの哲学に対する批判に向けられたものではない。むしろ私の期待は、カントがあまり語っていないように思われること——感性の拡張、それも科学による——にある。科学的/詩的探求には感性や認識を拡張し新たな知覚を生じさせる力がある。量子論に対応する知覚でさえ、観測技術の向上や従来の反動的議論からの脱却を経て、徐々に形成されつつあるように思われる。時間についても同様のことが可能だと私は直感している。そのための形式が必要であり、探している。

カントの立場を取ったとき、ニュートンの主張はどのように見えるだろうか。すなわち、計算による時計の補正ということである。時間そのものは経験的実在性を持つものとして、その表象にどのような操作が可能であるかは、全く非自明である。ニュートンの絶対時間も相対時間も共に時間表象であるが、そこにそのような峻別が可能なのは、カントの理論からは導かれないように思われる。カントの議論は時間そのものに関する議論ではないからである。言語表現の問題を考えると事態は一層複雑になる。人は、少なくとも本人にとって時間表象ではない表象に対して、慣習から時間表象を思わせる表現を用いるかもしれない。逆もまた然り。神といった言葉についても同様である。神を用いた文章が、異なる慣習の下では、まったく同じ内容を表すのに、まったく異なった概念で構成されるかもしれない。議論の構造的な枠組みや語の“機能”が重要である。そしてそういった構造/機能の中にはどのような認識において



も普遍的に通用するものがあるだろう。

絶対/相対の峻別が時間表象特有のものなのか、あるいは「時間表象も、したがってまた変化の表象もまったく現れないような認識」を含めた任意の認識の下でも生じる峻別なのか、が重要である。それによって議論は分岐する。後者の場合、その峻別は経験的実在を超えていると言わざるを得ない——どのような認知/経験の仕方にも依存しないからである(だからといって、絶対的先験的実在性を持っていると結論できるわけでもない)。時間を認識する問題と、認識した時間を測定できる問題は独立のものである。「時間表象も、したがってまた変化の表象もまったく現れないような認識」の下でも、ひとは何かを測定するとすれば、その定量性自体はア・プリオリに根底に存するものに依らない。したがってニュートンの論述とカントの論述とはねじれの位置にある2本の直線の如きものに思われる。

## 4.2 相対性理論における時間

アインシュタインはカント哲学の隷属者に対して

哲学者たちは、ある種の基本的な概念を、それを制御しうる経験領域から、“先験的必然”という捉えがたい高所へ運ぶことによって、科学的思考の進歩に対して1つの有害な影響を与えたと私は信じる。(中略)物理学者たちは、これらを修理し、ふたたび使用可能な状態におくために、これらを“先験的必然”の神殿からひきずり下ろすことを、事実によって余儀なくされてきたのである。

と仮借ない批判を加えている [10]。

時間に関して特殊相対性から帰結されるのは以下の事実である。まず「時間の相対性」である。観測者  $O_0$  が  $\Delta t_0$  の時間を測定する現象を、観測者  $O_0$  から見て一定の速さ  $v$  で運動する観測者  $O_v$  はこれを  $\Delta t_v$ 、ただし

$$\Delta t_0 = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \Delta t_v = \gamma \Delta t_v \quad (5)$$

で測定する。 $\Delta t$ として例えば素粒子の平均寿命 $\tau$ が挙げられる。この“粒子”がある観測者 $O_0$ から見て速さ $v$ で運動しているとする。そしてこの粒子と共に速さ $v$ で運動する観測者 $O_v$ を考える。 $O_v$ にはこの粒子は止まって見え、寿命は $\Delta t_v = \tau$ で観測される。一方で $O_0$ にはその寿命が $\Delta t_0 = \gamma \Delta t_v = \gamma \tau$ で観測される。寿命が伸びて見えるということである。次に「同時の相対性」がある。 $O_0$ と $O_v$ にとってそれぞれが把握する(時間, 空間)座標値をそれぞれ $(t, x)$ ,  $(t', x')$ と書くことにする。これらの間には次の関係がある。

$$ct = \frac{ct' + (v/c)x'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad x = \frac{vt' + x'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (6)$$

いわゆるローレンツ変換の式である。 $t = t' = \text{const.}$ がそれぞれの観測者における同時刻空間面を定義する。それらが互いに異なることは式から明らかである。これが「同時の相対性」ということである。 $O_0$ にとって同時に起こっていても、 $O_v$ にとってはこの限りではない。 $O_v$ を $O_0$ に取り直してみれば、 $O_0$ のほうが $O_v$ に見える。上記の議論はこれらをすべて置換しても成立する。物理学者はこれを「観測される寿命や同時か否かは座標に依る」などと表現する。座標に依る議論として最も有名なのはおそらく天動説/地動説の議論である。天動か地動かは座標の取り方に依存し、先述のラグランジュ力学ではこれを座標に依存しない形式で表現、今日ではこの議論はコペルニクスの転回も<sup>ケルケロス</sup>とも相対性の奈落に投げ込まれた。

一般相対性からは次の現象が帰結する。ここでは例としてシュヴァルツシルトの時空を挙げる。ニュートンの重力理論を非相対論的極限として包摂し、<sup>アストロフィジクス</sup>天体現象スケールでの実験的検証に適っている重力解である。重力源に対して静止している観測者を、重力源中心から半径 $r$ の地点および無限遠点 $r_\infty$ 、すなわち重力の及ばぬ十分遠方との2点において考える。それぞれの位置において測定される時間をそれぞれ $\Delta t$ ,  $\Delta t_\infty$ とおくと、次の関係が成立する。

$$\Delta t = \frac{\Delta t_\infty}{\sqrt{1 - r^M/r}} = \frac{\Delta t_\infty}{\sqrt{g_{00}}} \quad (7)$$

ここで $r^M$ はシュヴァルツシルト半径と呼ばれ、重力源となる物体の質量 $M$

で決まる定数である。いま  $r > r^M$  を仮定することにする。 $\sqrt{g_{00}} < 1$  である。

先ほどと同様に粒子崩壊の例を考えよう。重力源から十分遠方  $r_\infty$  の地点でこの粒子の平均寿命が  $\Delta t_\infty = \tau$  で観測されるとする。距離  $r$  の地点では  $\Delta t = \Delta t_\infty / \sqrt{g_{00}} = \tau / \sqrt{g_{00}}$  である。 $\tau < \tau / \sqrt{g_{00}}$  であるから、「寿命が伸び」、 $r$  の地点では「時間の進みが遅くなっている」と表現される。

重力が時間的に変化する——例えば重力波——の場合、同一地点でも「時間の進み」が変化することとなる。

$r \rightarrow r^M$  で  $\tau / \sqrt{g_{00}} \rightarrow \infty$  であり、これはいわば「時間が止まった」状態である。ただしこれは重力源に対して静止している観測者にとってのことであり、例えば重力源に対して落下している観測者にとってはその限りではない。

アインシュタインは時間に対し次のように述べている [9]。

ところで、我々の判断のうち、そこで時間が役割をになう場合には、そのような判断はすべて、いくつかの出来事が同時刻に起きたか否かに対する判断であるということを念頭におかねばならない。(中略) すなわち、ひとつの事件の発生の“時刻”とはその事件の起きた場所に静かに置かれている時計の針が、事件発生の瞬間に示す数値のことである。

中略した箇所アインシュタインは異なる地点の二人の観測者  $A, B$  に対するそれぞれの時間“ $A$  時間”および“ $B$  時間”を定義し、

$A, B$  に共通な時間は、次のようにして定義される。すなわち、光が  $A$  から  $B$  に到達するのに要する“時間”は、逆に  $B$  から  $A$  に立ち戻るのに必要な“時間”に等しいという要請を定義として前提におくことである。(中略) なおここで、経験に従って ( $A, B$  の間の距離を  $\overline{AB}$  と書くとき)、

$$\frac{2\overline{AB}}{t'_A - t_A} = c$$

という量が、ひとつの普遍定数 (真空中の光の速さ) であると仮定しよう。

と議論を展開する。なおここで  $t_A$  は“ $A$  時間”で光が  $A$  を出発した時刻、 $t'_A$  は  $A$  に立ち戻った時刻である。ところで、出来事の同時性、という観点は万葉集の「時待ちてふりし時雨」を思い起こさせる。「時が来た」は、「しぐれるに適った環境の到来」のことであると、そう考える観点ということである。するとアインシュタインの視点から「時」が「機」に通じる所以も納得できる。

“普遍定数” universelle Konstante  $c$  の導入がニュートン力学に対する特殊相対性力学の要衝である。物体の運動が光速度に比べて十分小さい場合、すなわち  $v \ll c$  あるいは  $c \rightarrow \infty$  の極限で特殊相対性力学はニュートン力学に帰着する。極限操作の下で数学的命題の真偽が保存されるかは自明に非自明である。哲学的議論の結果についてもおそらく同様である。微小操作と有限操作における例がソライティーズ・パラドックスである。

ニュートンの時間を環照しよう。

絶対的な、真の、そして数学的な時間は、おのずから、またそれ自身の本性から、他の何物にもかかわりなく、一様に流れるもので、別の名では持続と呼ばれる。相対的な、見かけ上の、そして通常の間は、運動というものによって測られる持続の、ある感覚的な、また外的な(正確であれ、あるいは不均一なものであれ)測度であり、普通には真の時間の代わりに用いられる。

アインシュタインは時刻を時計の針で定義する。アインシュタインの時間は、ニュートンの意味での絶対的時間だろうか、それとも相対的時間だろうか。一見すると相対的時間のように思われるが、すでに絶対的時間そのものとみなして構わない数学的理想の時計を想定しているように思われる。であるから、アインシュタインの時間は、その理論が相対性理論と呼ばれるものであれ、ニュートンの意味での絶対的時間である。

とすると、ニュートンが仮定した絶対的時間の性質「他の何物にもかかわりなく、一様に流れる」は一般相対性理論によって否定されたといえる。「絶対的時間は『他の何物かとかかわり、その流れは一様でない』」。すなわち、ニュートンの絶対的/相対的のパースペクティブは否定されていない。絶対

的時間の性質を修正することで存続する。それは物質の時間計量への影響を無視できる極限に対応する。むろん現代の物理学者はもはやわざわざニュートンの意味での絶対的/相対的の区別はしないけれども、それはニュートンの肩の上に乗るからである。

では、カントはどうだろうか。カントが論じているのは認識の問題である。時間の相対性や一般相対性理論的運動性はまさしく時間表象である。そして「時間表象も、したがってまた変化の表象もまったく現れないような認識」の下であっても、人はそこから何らかの現象を知覚するであろう。であるから、カントの主張もアインシュタインの主張も、互いに土俵を異にし、互いに両立している。スティーブン・ジェイ・グールドの言葉を借りれば、マジステリウムが異なるといえる。

先ほど私は自らの期待として

時間表象として理解し得ない現象で以て、時間の経験的実在性を分析する。

と述べた。相対論的量子場の理論は仄かにその期待を抱かせる。この理論で記述される現象は主に量子の散乱および崩壊である。係る散乱断面積や崩壊率が理論のモデルから計算される。そこで物理学の実態として扱われるのは  $t = -\infty$  の始状態と  $t = \infty$  の終状態のみである。

$$\left\langle \alpha_1^{k_1}, \alpha_2^{k_2}, \dots, \alpha_n^{k_n} \left| \omega_1^{p_1}, \omega_2^{p_2}, \dots, \omega_\ell^{p_\ell} \right. \right\rangle_{t=\infty} \quad (8)$$

ここで  $\alpha_i, \omega_j$  は何らかの量子、 $k_i, p_j$  はその運動量である。崩壊現象の場合  $n = 1$  である。いずれにせよ、相互作用の坩堝にあるその途中「経過」の物理学の実態は考察されない。ただ観測される<sup>アルファ</sup>始めと<sup>オメガ</sup>終わりのみがある。類似の世界観は古典力学および量子力学にも見いだされる。古典力学の場合モーペルテュイの原理がそれに相当する。そこで軌道はアプリアリに定められたその<sup>アルファ</sup>始めと<sup>オメガ</sup>終わりを繋ぐものとして決定される。量子力学の場合経路積分形式がそれに相当する。大要はモーペルテュイの原理と同様だが、古典的には不可能な軌道も総て考慮される。ただしいずれの場合にあってもその形式

は、時間発展を辿る別の形式と等価である。そして相互作用を含む相対論的量子場の理論は私の知る限りではそのような形式を持たない。

量子場の理論的世界を一つのスローガンで表すならば、次のようなものになろう。

What can happen will happen.

ただし何が起こりうるか?——事象——は保存則や対称性によって規定されており、どれくらい起こりうるか?——確率——は相互作用の強さによって定められる。於いて起こりうることは起こる、於いて起こりうるものが規定される、その於いてあるところのものを「場」の一語に担わせることとして、それを一般化してみる試みは興味深いものである。少なくとも「場」において時間の意味するところは不明である。

またその期待を抱かせるもう一つ議論が一般相対性理論に基づく宇宙論にある。宇宙の成長を遡ることで到る、いわゆる初期特異点の問題である。この問題は「時間表象も、したがってまた変化の表象もまったく現れないような認識」の下であっても生じるであろうか。それは他の観察と比べて自明ではないように思われる。現状、天体の運動や宇宙マイクロ波背景放射から導かれた物語に過ぎないからである。とはいえ、この物語は相当のところまで通用するだろう。重力の量子論はその限界を推し進めるのに寄与するだろうが、本質には至れないであろう。そこから先は、全く異なった認識の下で、全く異なった物語が紡がれうる。

## 5 おわりに

はじめに触れた古事記・万葉集の「時」は、その後言及した科学や哲学の時間とはいずれとも似ていない。その「時」は定量化の対象ではないし、先述した通り「持続」でもない。持続はむしろ「非時」に近いものであった。詩歌人の鋭敏な感性は、たとえ「時」なる語も概念もない認識の下であっても、何かしらの風景を詠むだろう。詩は一切の哲学的議論を超越して普遍で

ある——素朴でかつ洗練された、という条件が付くかもしれないにせよ。そうした詩が可能な背景には、同時に科学を科学たらしめるものが横たわっている。アインシュタインは次のように言う [10]。

われわれは違った個人に共通の感覚、したがって多少とも超個人的な感覚を現実のものと見なすのが普通である。自然科学、そしてとくに、そのうちで最も基本的な物理学は、このような感覚を取り扱う。

この「感覚」の語は通常理解されるより重要な意味を持っているように思われる。詩は感覚の表現であり、認識の表現ではない——記された言葉が認識に基づくように見えるとしても。一方で詩は便宜/習慣上の表現様式や装飾の上に成り立たざるをえない。哲学はそのような装飾に惑わされない。それを払い落とし詩人の眼差しを厳しく検分する。本邦で哲学ほど誤解されている行為は存在しない。それは端的には存在と認識をめぐる知的遊戯である。人生相談を受ける類のものではない。本邦人の「哲学的」の感想は極めて浅薄である。それは「思弁的<sup>クール</sup>で難解」程度の意味で用いられる。哲学は実利とかけ離れているように見えるからこそ、どこまでも厳しく、徹底することができる。同時に討論や論述の力を育むのに最適である。これは数学にもいえる事情である。この哲学の厳しさは科学にもある程度備わっている。詩と哲学とは何か相補的な関係を持っている。そして科学は双方の性質を備えて自然を見つめている。

神話にも興味深い点がある。ギリシャ神話では、まずカオスがあり、それからガイアとエロースが生まれる。それらの機能を簡潔に類推するならば、カオスは存在/非存在の二項対立を超越した相であり、ガイアは一切の存在の基盤、そして存在に変化を、特に生育をもたらすのがエロースである。一方で日本神話では、原初の混沌からアメノミナカヌシ、タカミムスヒ、カミムスヒが顕われた。アメノミナカヌシはやはり一切の存在の基盤であろう。タカミムスヒは木が高く生育することの神格化であり、生育をもたらすものである。カミムスヒは、人間に禍福をもたらす、自然と人間のインターフェースとしてのカミ(人は祝祭でカミに呼びかける)の、焼き畑によって土地が食物の生育力を取り戻す

といった、死=生としての転輪の神格化、またその作用に思われる。エロースが性愛の神の名でもあることを考えると、エロースは動物性のムスヒであり、ムスヒは植物性のエロースである。そして共に時間の起源を与える。ムスヒ=エロースは en+ergon そのものである。同時に、en+trope に逆らった、組織化をもたらすものというニュアンス——ネゲントロピーの摂取——もある。

ところで、日本神話ではもう一つ段階がある。イザナギが黄泉巡りの後、禊を行うに当たって誕生したカミに、ミチノナガチハおよびトキハカシのカミがいる。ミチノナガチハのカミは道の長=距離の測定を、トキハカシのカミは時量=時間の測定を表すという。すなわち計量概念の誕生である。それ以前は気楽に黄泉へ訪れられるような、位相的な相だったともいえる。こうした位相的な相は物理学でも考察しうる。既存の位相的場の理論はその実現ではないようである。計量概念を用いずにエロース=ムスヒを定式化する——それは一つのステップである。

一方で人はしばしば「永遠」を知覚する。であるからこそ、次のような詩が成立する [12]。

Elle est retrouvée !	見つけた!
Quoi ? L'éternité.	何を? 永遠。
C'est la mer mêlée	太陽と融け合った海を。
Au soleil.	

いくつかの観点から、人間が永遠を知覚するという考えは自然にも思われる。神話がおしなべて人の有限性を説明する理由もここにある。事情がなければ無限であり、有限性には事情が伴うという前提がそこには敷かれている。ともすれば人はむしろ「裏切られた永遠」を「時」として知覚しているのかもしれない。何か尋常ならざる風景に、「太陽と融け合った海」に心打たれるとき、その風景は超時間的である。泰然と流れゆく雲、風にたなびく草原、雲の落とす陰に満ち引きを繰り返す光、..... 物理学ならば時間で読み解くような風景であっても、私の精神はそれを一個の対象として捉える。一個の対象として捉えられたそれは、もはや時間表象ではない——超時間的な一個とし



て「永遠」なのである。意識や知覚の問題との関わりがここにある。万葉集の「時」は必ずしも変化や移ろいではないのであった。それはむしろ永遠としての一瞬そのものである。この意味で時間とはまさしく、「『時』と『時』との間」である。そして時刻は時によって刻まれるものだ…… 時を刻むのではない。ラグランジュ力学においてはこう言えよう。 $q$  およびその変化  $dq$  の値それぞれ自体が「時」であり、時間パラメタ  $t \in \mathbb{R}$  はそれらによって刻まれる。「時間」を「時」として現象に織り込むことは、ニュートン力学から一般相対性理論への進展をも思わせる。そこには時間計量と物質との相互作用があった。さらには、時間に関わる思惟を量子場の理論のその先へと誘ってくれるかもしれない。量子場の理論における時間の意味は不明なものの、量子の寿命が——現象に織り込まれた時間が——その道を微かに照らしてくれている。

時をめぐる私の<sup>ストラグル</sup>ものがきははまだ散漫としているけども、そこに一つの方向性が見出されるのならば、そしてそれが Journal of Science and Philosophy の目指すところに何かしらの寄与を果たすことができるのならば、幸いである。このフィールドワーク散策が新たな知見に繋がっていくことを願いひとまず筆を置くことにする。

## 参考文献

- [1] 倉野憲司 (2014), 『古事記』, 岩波文庫.
- [2] 中西進 (2010) 『万葉集全訳注原文付 (一, 二, 三, 四, 別巻)』, 講談社文庫.
- [3] 吉田敦彦, 古川のり子 (2012), 『日本の神話伝説』, 青土社.
- [4] フェリックス・ギラン (2011), 『ギリシャ神話』, 青土社.
- [5] GAME FREAK INC., 『ポケットモンスター ピカチュウ』, 任天堂.
- [6] 中野猿人 訳 (1977) 『プリンシピア』, 講談社.
- [7] Newton, I., *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*, Project Gutenberg
- [8] 篠田英雄 訳 (1961) 『純粹理性批判』, 岩波文庫.
- [9] 内山達夫 訳 (1988) 『相対性理論』, 岩波文庫.
- [10] 矢野健太郎 訳 (1958) 『相対論の意味』, 岩波文庫.

- [11] 鈴木力衛 他 訳 (2001) 『ベルクソン全集 第3巻』, 白泉社.
- [12] Rimbaud, A., (1999) *Poésies. Une saison en enfer. Illuminations*, NRF Poésie (GALLIMARD)
- [13] *Le Nouveau Petit Robert de la langue française*, 2008 nouvelle édition
- [14] Sasa, S., & Yokokura, Y., (2016), *Phys. Rev. Lett.* **116**, 140601
- [15] 脇本佑紀 (2016), 『双対性とは何か』, unpublished

This work is licensed under a Creative Commons  
“Attribution 4.0 International” license.



© 2018 Journal of Science and Philosophy 編集委員会