

時間の定義について

藤井 純一

要旨

現代物理における時間の定義は、光子による電磁相互作用（光速やセシウムの励起）に依存しているが、時間の定義としては十分ではない。4つの仮定のもとで、時間の定義を、「時間＝作用可能なボソン数」と定義することで、時間にまつわる6つの問題を、解決または説明できる。

1つめは、時間の逆行を原理的に否定できることである。2つめは、相対性理論における重力と加速度の等価性をより簡潔に説明できることである。3つめは、重力によって時間が遅れることを、直接的に説明できることである。4つめは、空間の歪みをより簡潔に説明できることである。5つめは、一般相対性理論の、強重力下での計算不可能性に対する提案である。6つめは、一般相対性理論の、量子サイズでの計算不可能性に対する提案である。

1. 緒言

時間は、物理の基本量でありながら、その定義は曖昧である。時間を計測するにはなんらかの物理変化を利用する必要があるが、光速を利用するのが一般的である。しかし、筆者は、現在の時間の物理的振る舞いには奇妙な点があり、その取り扱いには修正が必要であると感じた。主として次の①と②が問題である。また、③は恐らく時間の定義を修正すればある程度解決に近づくことが期待される。

- ① 強重力下や運動中に時間の流れが変化すること。その理由が自明でない。
 - ② 時間の逆行が許されていること。時間 t 変数の自由度が高すぎる。
 - ③ ブラックホールの特異点、ビッグバン的一瞬间、量子物理学での一般相対性理論の破綻。
- ①はアインシュタインの相対性理論から導かれる帰結で、その結果に異論があるわけではない。しかし、重力によって時間が遅れる理由が計算上そうなるから、では十分とはいえない。根本的な説明が必要であると筆者は考える。
- ②は昔からある議論である。ニュートン力学からアインシュタインの相対性理論に至るまで、ほとんどの物理法則は、時間対象性を持ち、時間を遡るような物理計算が許されている。しかし、故ルートヴィヒ・ボルツマン博士の創始したエントロピーの理論では時間は不可逆性である。また、いわゆる「親殺しのパラドックス」が生じることから言っても、時間の流れは一方向性であるべきである。
- ③は、時間の問題と関わるかどうかは不確定である。しかし、筆者としては、時間の定義を変えることで、③にあげた3つのシチュエーションで一般相対性理論を成立させる一助になることを期待している。

2. 論証

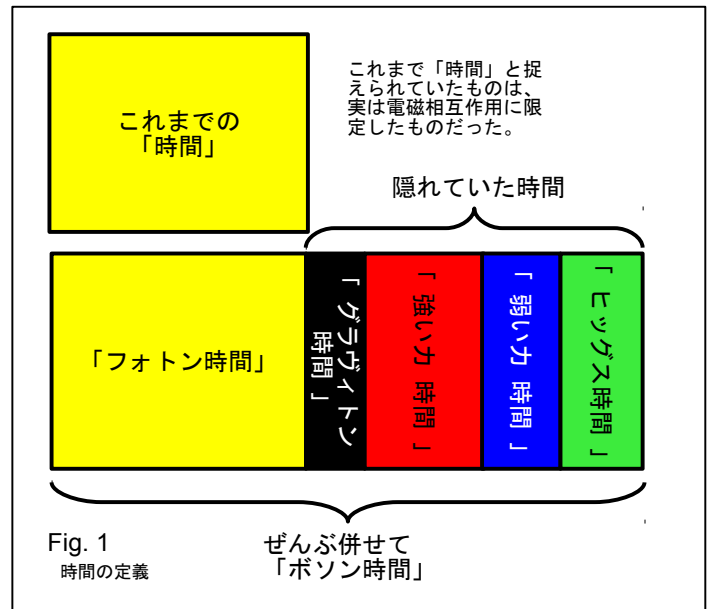
1) 時間の定義

時間を知るためには、何らかの変化が必要である。変化の無いものの時間がどのように流れているか、それを知るすべは無いからである。一般に、化学変化は電磁相互作用であり、光子が媒介する。物体がぶつかりたりする力学的変化も、分子などが持つ力学作用も光子が媒介することになる。もう一つ、地球上で目に見えて働くのは重力だが、重力は未発見のボソンであるグラヴィトンが媒介する。ただし、重力は、電磁相互作用に比べて非常に弱い上、急速に減衰するため、地球上において、地球の及ぼす重力以外はほぼ0である。弱い力と強い力は極めて近傍でしか働かないため、原子内で恒常的に、閉鎖的に働いており、素粒子レベルで考え

ない限りは不変と見ることができる。結局、地球上で時間を定義、計測しようとする、光子相互作用のみに頼ることになる。しかし、時間を定義する上で光子相互作用に限定する理由はないし、後述するように光子相互作用のみに注目する必要も無いと考えられる。

(1). ボソン時間

現在の時間の計時のほとんどは光子相互作用を利用しており、例外は原子時計くらいであろう。ただし、原子時計の一つセシウム時計も、結局は電磁波を計測するので光子に頼っていることは同じである。ここで、時間というものを定義しなおすことにする。本論では、時間の定義を、基本相互作用可能なボソン粒子の個数と定義する。「時間=作用可能なボソン数」である。これを仮に「ボソン時間」と呼ぶことにする(Fig. 1)。これにはいくつかの仮定条件がある。



仮定1: 1つの素粒子に対し、同時に相互作用可能なボソン数 T_n は決まっている。これは1以上の数であるが、0以下にはならないし、上限がある。そして、素粒子1つに最大数のボソンが排他的に作用する瞬間の長さが、プランク時間である。簡便のため T_n を1と仮定すると、一個の光子が電子に作用している間、 $T_n=1$ なのでそれ以上の光子は作用できないため待ち時間が生じる。これがプランク時間であり、物理相互作用はこれ以上時間的に細かく定義できない。

仮定2: 1つの素粒子に対し、相互作用可能なボソンの総数も決まっており、これも T_n である。言い換えれば、ボソンの相互作用は互いに排他的である。例え

ば、グラヴィトンの作用はフォトンの作用を妨害する。

仮定3: 現代において、一般的に時間と呼ばれている概念は、実際には電磁相互作用(フォトン)に限定した概念である。つまり、この宇宙で「時間」と呼べるものは複数あり、ボソンの数だけ時間を定義できる。ボソン時間はこれら個々の時間の合計である。フォトン相互作用で計測される時間がフォトン時間であり、重力相互作用で計測される時間がグラヴィトン時間である。

つまり、

$$T_B = T_p + T_g + T_s + T_w + T_h$$

ただし、 T_B = ボソン時間

T_p = フォトン時間

T_g = グラヴィトン時間

T_s = 強い力時間

T_w = 弱い力時間

T_h = ヒッグス時間

である。

仮定4: 時間の進みが遅れる(遅くなる)という現象は、作用する粒子数が減少することを意味する。時間(フォトン時間)の流れは、相対性理論では光の運動によって遅れたり速くなったりすることが認識される。これを一歩進めて、時間の流れの遅れを、単純に作用する粒子数の減少と定義する。つまり、重力が強い領域では、重力により残りの相互作用が阻害されるということである(Fig. 2)。

我々人類の活動において、基本相互作用のうち「強い力」と「弱い力」は核内に限定されている。そのため、基本的にこの強い力と弱い力による二つの時間は一定であると考えて差し支えない。3つめの基本相互作用「重力」もほとんど一定で地球上では濃度も薄いので、精密計測する場合や、ブラックホールを考えるととき以外は、やはりほぼ一定である。そして、「強い力」と「弱い力」と「重力」は、作用距離が短すぎたり弱すぎるせいで、時間の計時システムに使うには難しいため、ほとんど使われない。結局、我々が時間を計測しようとするとき代謝や化学反応や物理運動として現れる、第四の力「電磁相互作用」にはほぼ限定されるのである。そして、電磁相互作用に縁する時間(フォトン時間)のみに注目してしまうために、一般相対性理論や量子論において、時間が奇妙に振る舞うように、錯覚しているといえる。なお、ヒッグス粒子は現時点でボソンであるとは確認されていないが、重力と同様の作用を示すことから言っても第五の基本相互作用であると考えたほうがすっきりするため、本稿ではヒッグス粒子をボソンとし、ヒッグス時間を定義する。

2) この定義の有用性

以上の定義(ボソン時間)を使うと、一般相対性理論における、時間や光の振る舞いの奇妙な点が明確に説明できる。

(1). 負の時間は許されない

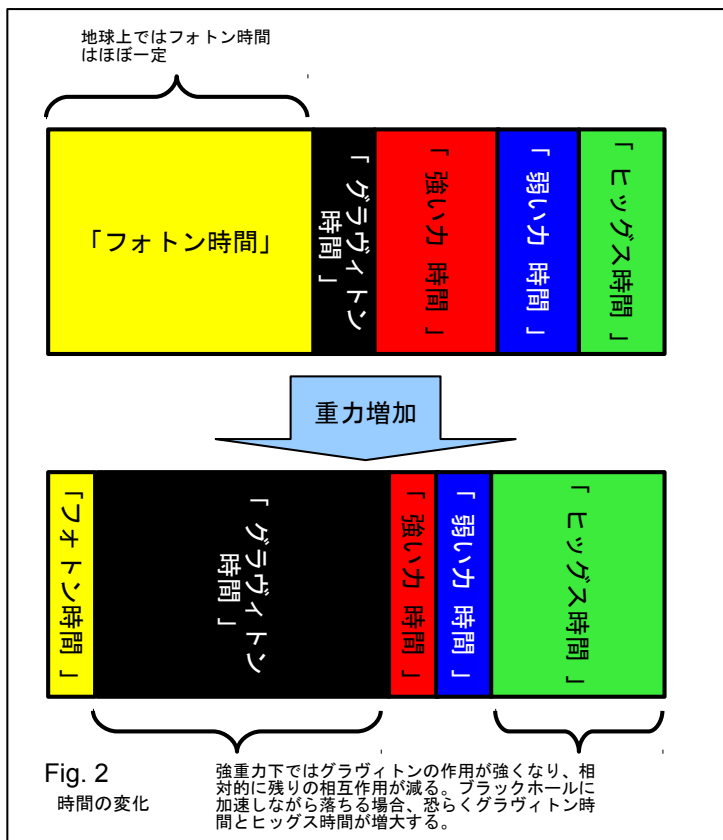
ボソン時間はボソンの個数で定義されるため、実質的に負数にはならない。つまり、時間逆行は必然的に不可である。宇宙を流れる時間の流れは、ボソンを介した物質同士の因果関係の結果であり、時間逆行に伴う各種のジレンマはまったくナンセンスな問いとなる。

(2). 重力と加速度の等価性をより明確に解釈できる

一般相対性理論の重要な着眼点として、重力と加速度の等価性が挙げられている。これは、ボソン時間の定義に従えば、「重力(グラヴィトン相互作用)と加速度(ヒッグス相互作用)は、フォトン時間に与える影響が等しい」となる。つまり、いずれの相互作用も、電磁相互作用(フォトン相互作用)を阻害し、フォトン時間を遅らせるという解釈が成り立つ。

(3). 重力によって時間が遅れることの直接的説明になる

ボソン時間の定義に従えば、強重力下(グラヴィトン濃度が極端に濃い空間)において、時間の進みが遅くなることを具体的に説明できる。我々が時間と呼ん



でいるものは、電磁相互作用に基づいた計時が元になっている(Fig. 3). そのため、無意識のうちにフォトン時間にのみ注目した結果、強重力下でフォトン相互作用が減り、フォトン時間が遅れているという結果になるのである(Fig. 4).

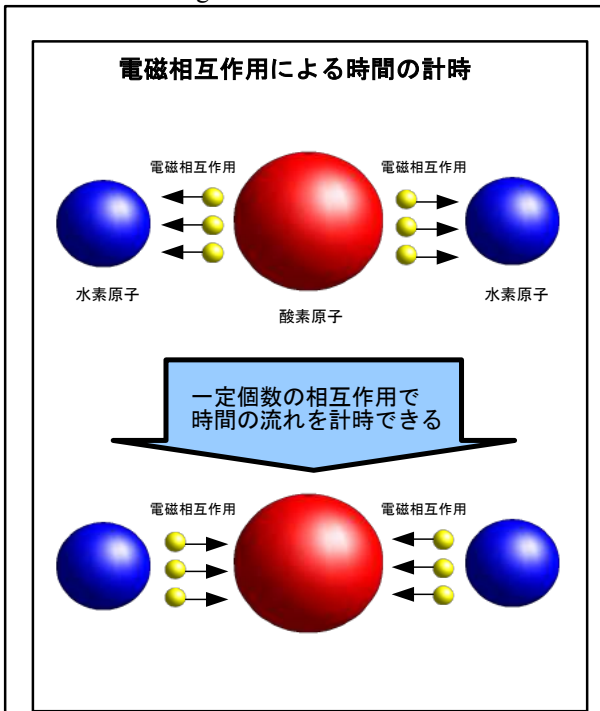


Fig. 3
フォトンによるフォトン時間の計時のイメージ

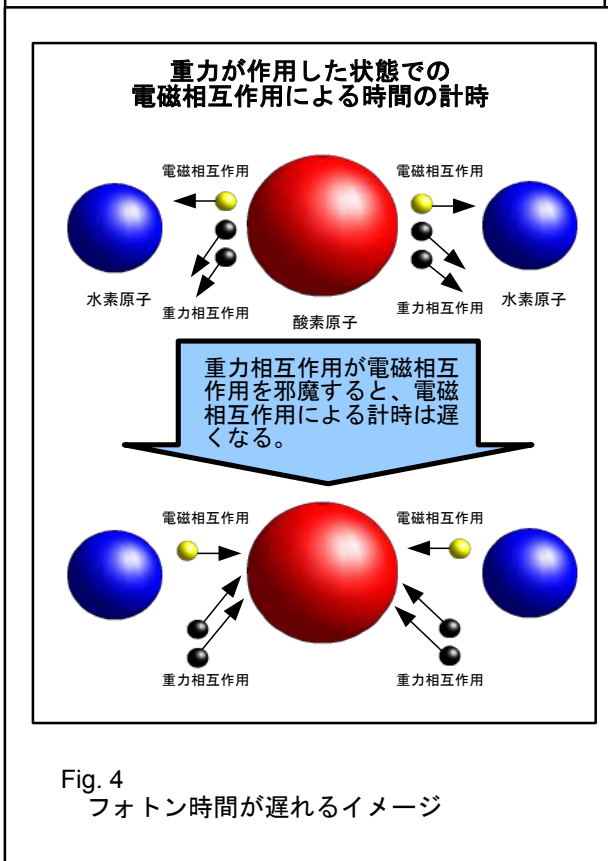


Fig. 4
フォトン時間が遅れるイメージ

(4). 空間のゆがみが理解しやすくなる

時間の遅れとは、相対性理論に基づいて言い換えれば空間の歪みである。時間を5つに分類する場合、当然ながら宇宙空間も5種類の空間の重ねあわせとしてみる必要がある。例えば、2015年9月14日に観測され、2016年2月12日に発表された重力波の観測は、こういいかえることができる。「13億光年離れたブラックホール連星から放出された重力子によって、LIGOの干渉計のフォトン空間が歪み、フォトン時間が引き延ばされた」。時空連続体はよりイメージしやすくなると思われる。

(5). どんな場合でも時間の進みが0にはならない

ボソン時間の定義に従えば、宇宙空間のどこにおいても時間の進みが0になることは無い。ブラックホール等の、フォトン時間が限りなく0に近づいてしまう状況下でも、ボソン時間を計算に使うなら、時間が0になることによる値の発散を防ぐことができると考えられる。

例えば、一般相対性理論のエネルギーと質量の方程式

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

について考えてみる。一般相対

性理論をブラックホールの内部で適用すると、ブラックホールの中では時間(この式の時間tはフォトン時間である)が0になり、速度vが無限に発散してしまい、特異点となってしまふ。tをボソン時間に適切に置き換えるならば、ボソン別に正しい解が得られると考えられる。

(6). 量子領域・宇宙の始まりにおける重力理論を補完する

ボソン時間が正しいならば、「強い力」と「弱い力」が関わってくる量子領域では、粒子のフォトン時間やグラヴィトン時間が変化し、一般相対性理論が適用できないはずである。ボソン時間を考慮して計算する必要があると考えられる。

3. 検証

残念ながら、本理論を検証するためには、現代の科学技術でもってしても膨大なエネルギーもしくは精密計測の限界がネックとなり、簡単には実験できない。極めて難しいが、理論を検証する方法を提案する。

1) 強力な電磁相互作用で重力を阻害する

本論の仮定が正しいければ、電磁相互作用で重力を阻害できる。ただし、検証対象とする物体の重力は極めて弱く、検証には極めて精密な重力の計測か、極めて強力な電磁相互作用のいずれかを準備する必要がある。

2) 強力な電磁相互作用で核力を変化させる

本論の仮定が正しければ、電磁相互作用で核力を阻害できる。こちらはいくらか現実味があり、放射性元素に強力な電磁相互作用を与えることで、半減期を変化させることが可能である。また、宇宙空間では重力が弱いため、同様に半減期が変化すると考えられる。

4. 応用

1) 放射性物質の処理

基本相互作用である5つの相互作用が互いに阻害しあうとすれば、1つの相互作用を弱めるにはそれ以外のいずれかの相互作用を強力に作用させれば良いと考えられる。つまり、強力な電磁場、強力な重力場、強力なヒッグス場においては核力が変化し、放射性物質を積極的に崩壊させ、放射能を失わせることも可能であると考えられる。

2) 重力遮断

基本相互作用である5つの相互作用が互いに阻害しあうとすれば、重力以外の相互作用で重力の遮断が可能である。例えば、高速に円運動させることでヒッグス相互作用を増大すれば、重力を遮断し無重力状態で物体保持ができると考えられる。

5. まとめ

- 1) 現代物理学では、時間がフォトンを使った計時で定義されているが、これは定義として十分でない。
- 2) 時間を、「作用可能なボソンの個数」と定義することができれば、これまで時間と呼ばれていた定義をフォトン時間と定義できる。
- 3) 重力によって時間が遅れるのは、時間と呼んでいるものが実はフォトン時間であるからと説明できる。
- 4) 時間を、「作用可能なボソンの個数」と定義することができれば、時間の逆行可能性は必然的に消滅する。

6. 参考文献

Raymond A. Serway, 科学者と技術者のための物理学
1b, 松村博之 訳, 学術図書出版社, 東京, 2008.

7. ご意見等

ご意見, ご感想, アドバイス等いただけると大変嬉しい
です。以下にご連絡ください。英語はまったくだめなので,
日本語でお願いします。I don't understand english.

件名には「時間の定義について」というフレーズを入れて
ください。このフレーズが無い、知らないメールアドレス
はフィルタリングで消去されるかもしれません。