

大阪市立大学の研究者の世界

# ACADEMIC CAFE

2020 1.27 Mon  
16:00~17:45

申込  
不要

場所：大阪市立大学杉本キャンパス  
学術情報総合センター10階 大会議室

## テーマ：同時性と現在

### Episode1. 相対論における同時性と現在



中尾 憲一  
理学研究科 教授

一般相対論は特殊相対論と無矛盾な重力の理論であり、数々の実験や観測によって検証されてきた。この理論は宇宙の様々な物理現象を説明するだけでなく、GPSの位置決定精度を実用的なレベルまで高めることに役立っている(そのおかげで方向音痴の私でも容易に目的地にたどり着ける)。相対論では時間と空間をまとめて時空と捉える。そして一般相対論では時空それ自身が変化しうると考え、重力を時空の曲がり引き起こす見かけの力として説明する。この理論における同時性と現在について論じる。

### Episode2. 形而上学における同時性と現在

特殊相対性理論(STR)によれば、遠くの出来事の時同時性は採用される座標系と相対的にのみ決まる。

このことから、「ともに存在する(=現在である)」ことによって規定される絶対的時同時性がSTRによって否定されたと考えられるべきだろうか。本発表では、絶対的時同時性が物理学(physics)をこえる形而上学(metaphysics)の問題となるのはどうしてかについて論じる。



佐金 武  
文学研究科 准教授



ファシリテーター  
橋本 文彦  
副学長

「時間」という、あまりにも日常的な対象について、古来から人間は自らの(生命としての)限られた時間の中でさまざまな研究を行ってきた。長い歴史の中で、研究分野によって異なる「時間」へのアプローチが行われてきたために、現在ではそれぞれの分野で扱っている「時間」とりわけ「同時性」ということで刺している内容を互いに了解することが困難なまになっているように思われる。

今回のアカデミックカフェでは、「同時性」について一見大きく異なる分野の研究者による議論をきっかけとして改めて全体像としての「時間」の問題を浮き上がらせたい。

## NEXT▶ 次回のアカデミックカフェ

テーマ：動物にこころはあるか？ ファシリテーター 橋本文彦 副学長

話題1：魚にもこころはあるか？ 理学研究科 幸田 正典 教授

話題2：ハトは他者に協力できるのか？ 文学研究科 佐伯 大輔 准教授

日 時：2020年7月9日(木) 13:10~15:10

All religions, arts and sciences are branches of the same tree. Albert Einstein

われわれは、すべてのものを包括する統一  
的な知識を求めようとする熱望を、先祖代々  
受け継いできました。学問の最高の殿堂に  
与えられた総合大学(university)の名  
は、古代から幾世紀もの時代を通じて、総  
合的な姿こそ、十全の信頼を与えられるべき  
唯一のものであったことを、われわれの心  
に銘記させます。しかし、過ぎる100余年の  
間に、学問の多種多様な分枝は、その広さ  
においても、またその深さにおいてもますます  
拡がり、われわれは奇妙な矛盾に直面す  
るに至りました。われわれは、今までに知ら  
れてきたことの総和を結び合わせて一つの  
全一的なものにするに足る信頼できる素材が、  
今ようやく獲得されはじめたばかりである  
ことを、はっきりと感じます。ところが一方  
では、ただ一人の人間の頭脳が、学問全体  
の中の一つの小さな専門領域以上のものを  
十分に支配することは、ほとんど不可能に  
近くなってしまったのです。

この矛盾を切り抜けるには(われわれの真  
の目的が永久に失われてしまわないように  
するためには)、われわれの中の誰かが、  
諸々の事実や理論を総合する仕事に思い  
きって手を着けるより他には道がないと思  
います。

シュレーディンガー：岡小天；鎮目恭夫 訳。  
「生命とは何か-物理的にみた生細胞」  
まえがきより抜粋

知の  
SEEDS  
大阪市立大学

## 形而上学における同時性と現在

文学研究科 哲学教室 佐金 武

### 1. 導入：形而上学とは何か

- Metaphysics(形而上学) = Meta (～についての) + Physics (物理学)
- 物理学についての研究(形而上学)は必ずしも物理学の対象ではなく、物理学の方法では決着をつけられないかもしれない。哲学とはこうした厄介な問題を、その問いが有意味である限りとことんまで考える試み。
- 本発表の目標は、現在(存在)をめぐる物理学をこえた形而上学の問題があることを示すこと。

### 2. 特殊相対性理論と同時性の相対性

- 特殊相対性理論(STR)の二つの原理：(i) 光速一定の原理と (ii) 特殊相対性原理
- 光による「遠くの同時性」の定義： $\frac{1}{2}(t_A + t'_A) = t_B$
- 同時性の相対性 (e.g. 光時計の思考実験)
- ミンコフスキー時空：不変的な部分領域(図1)と同時性の相対性(図2)

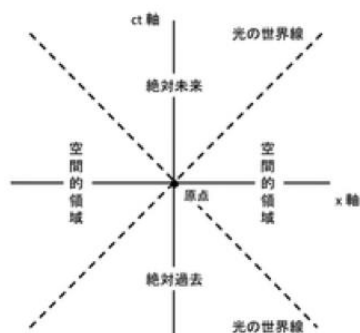


図1: ミンコフスキー時空  
光的領域、時間的領域(絶対過去と絶対未来)そして空間的領域の分類は、慣性系に相対的ではない。

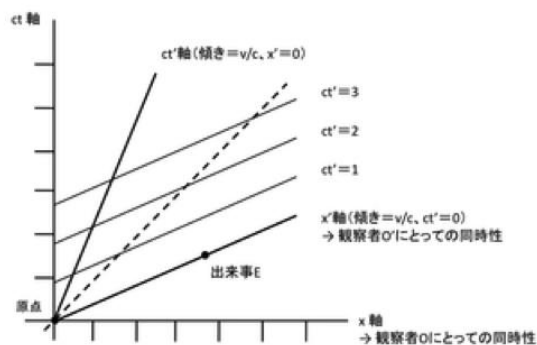
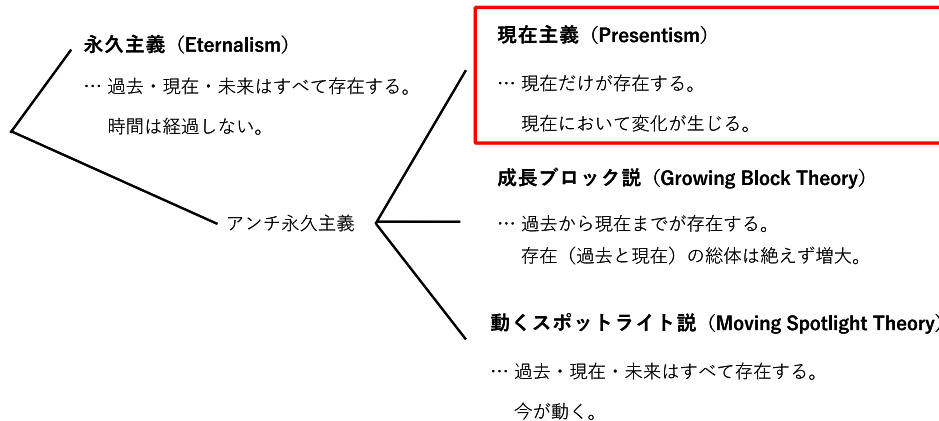


図2: 同時の相対性  
各々の慣性経路に対して光による同時性の定義を適用すると、時空の三次元領域への異なる分割(業層構造)が得られる。

### 3. 現在主義と絶対的同時性

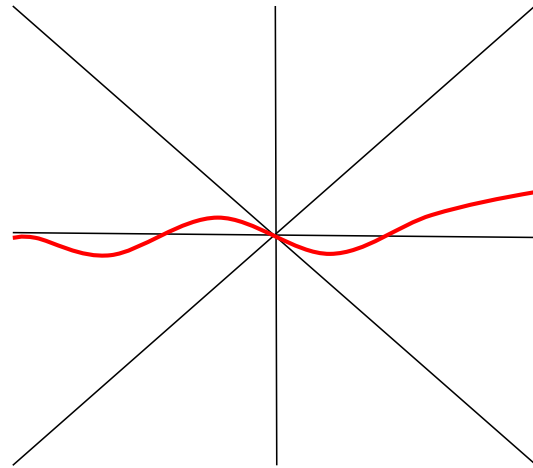
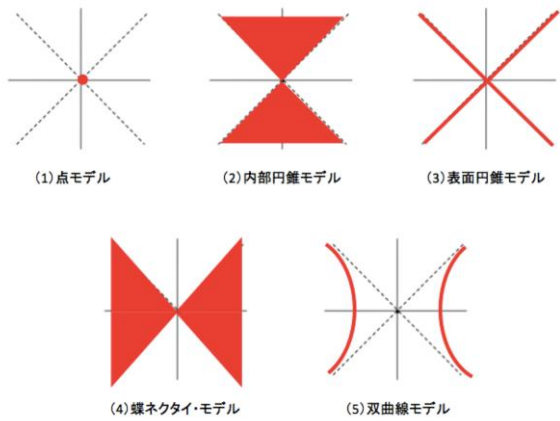
- 現代時間論のバトルライン



- 現在主義のテーゼ：存在とは現在である [Tallant 2014]。
- 現在主義と絶対的同時性
  1. 何かが存在することは絶対的な事柄。 (存在の絶対性)
  2. 存在とは現在である。 (現在主義のテーゼ)
  3. X と Y が同時 =<sub>df.</sub> X が現在であり (存在し)、かつ Y が現在である (存在する)  
→ この同時性は絶対的な概念

#### 4. 現在主義と特殊相対性理論の両立 (不) 可能性

- 特殊相対性理論にもとづく現在主義の論駁
  1. 特殊相対性理論は正しい。 ✓
  2. 特殊相対性理論が正しいならば、絶対的同時性は成り立たない。 ?
  3. 絶対的同時性が成り立たないならば、絶対的現在も成り立たない。 ✓
  4. 絶対的現在が成り立たないならば、現在主義は間違っている。 ✓
  5. よって、現在主義は間違っている。
- 特殊相対性理論は絶対的同時性を排除するか
  - 現在 (存在) は物理学の関心事ではない。 [Prior 1970]
  - 科学はどのようなものが存在するか (What kinds of things are there?) を明らかにするが、何が存在するか (What are there?) は科学理論からの帰結ではない。
  - 科学理論の埒外の問題として存在の問いが認められるなら、特殊相対性理論の埒外の問題として絶対的同時性の問いが成り立つはず。
- 絶対的同時性の領域は特定可能か ?



→ どのモデルも観測者が位置する原点が、存在の中心として扱われてしまう。

● 絶対的同時性を支持する論証

1. 今ここにいる私は（絶対的に）存在する。
2. 存在するものは私だけではない。
3. 存在とは現在である。
4. 私を含む複数のものが現在である。
5. 私は複数のものと絶対的に同時である。

6. 中尾先生への質問

● 物理学者にとって、時間や時空は単に道具的な存在者か

「空間と時間、そして時空は我々が住む世界がもつ性質ではなく、古典的な出来事の組織化を促すために我々が発明した概念である」 [Mermin 2009]

● 時間が存在しないことの物理的意味

最近のポピュラー・サイエンスにおいて、実在の「無時間性」はファッショナブルなキーワードとなりつつあるが…。

● 物理学と形而上学

本発表を受けて、みなさんはどのような印象をもつか。

- A. 問題は十分に理解可能であり、現在主義に共感をおぼえる。
- B. 問題は理解可能だが、現在主義には共感をおぼえない。
- C. そもそもこのような形而上学の問題はまったく理解不可能だ。

ネタ本

- [1] 佐金武 (2015) 『時間にとって十全なこの世界』, 勁草書房, 2015年.
- [2] 森田邦久 (2019) 『〈現在〉という謎』, 勁草書房, 2019年.

引用文献

- [1] Mermin, D. (2009) "What's Bad about This Habit", *Physics Today* 62: 2009: 8–9.
- [2] Prior, A. N. (1970) "The Notion of the Present", *Studium Generale* 23: 245–8.

[3] Tallant, J. (2014) “Defining Existence Presentism”, *Erkenntnis* 79: 479–501.



## 相対論における同時性と現在

理学研究科 教授 中尾 憲一

**概要** 一般相対論は特殊相対論と無矛盾な重力の理論であり、数々の実験や観測によって検証されてきた。この理論は宇宙の様々な物理現象を説明するだけでなく、Global Positioning System (GPS) の位置決定精度を実用的なレベルまで高めることに役立っている。相対論では時間と空間をまとめて時空と捉える。そして一般相対論では時空それ自身が変化しうるものと考え、重力を時空の曲がり引き起こす見かけの力として説明する。この理論における同時性と現在について考察する。

**キーワード** 相対論、同時性、過去・現在・未来



会場の様子

### 1. 時刻と場所、時間と位置

社会生活を営む上で、時刻と場所という概念はとても大切です。時間割表とキャンパスマップ、教室配置図を持っている学生は、望みの授業を受けることができます。日常生活だけでなく、遠い宇宙で起きる出来事を理解する上でも、時間と空間という概念は極めて重要な役割を担います。

ガリレイやニュートンの世界観では、時間は一様に流れており、各時刻に3次元空間が付随しているイメージです。

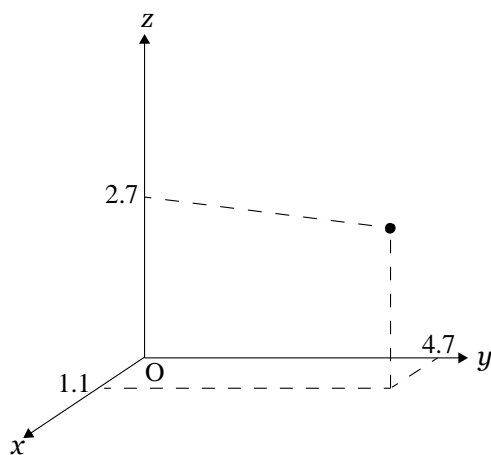


図1 3次元空間と座標系

3次元空間における位置は、そこに張られた座標系  $(x, y, z)$  で指定することができます。例えば「 $x=1.1, y=4.7, z=2.7$  の点」という具合に3次元空間の位置を指定することができます(図1参照)。より即物的に言うと、自分のいる位置を原点  $O$ 、自分の向いている向きを  $x$  軸方向として、そこから前方に1.1、左に4.7、上方に2.7移動して辿り着くことのできる場所ということです。ちなみに3次元の「3」は位置を指定するのに  $x$  座標、 $y$  座標、 $z$  座標という3つの座標が必要だということです。この世界観では各時刻に付随する3次元空間の全ての点を、それぞれ同時刻と見做すことができます。

座標系の選び方は無数にあります。中学の理科で「力の働いていない物体は、同じ方向に同じ運動をする(=等速直線運動をする)」と学んだことを覚えているでしょうか。これは慣性の法則と呼ばれています。この法則はどんな座標系でも成り立つわけではなく、慣性系と呼ばれる特別な種類の座標系でのみ成り立ちます。慣性系に対して一定の速度で移動する座標系でも慣性の法則が成り立つので、その座標系もやはり慣性系です。この一定の速度の選び方は、1m/s, 12m/s, 83m/s,...と

無数にあるので、慣性系も無数に存在します。どの慣性系でも、慣性の法則だけでなく、すべての物理法則が同様に成り立ちます。これは相対性原理と呼ばれます。

アインシュタイン以降の世界観では、時間と空間をまとめて時空と捉えます。アインシュタインは先に述べた相対性原理に加えて、**光の速さ（光速）はどんな慣性系でも等しい**という原理を導入しました。これが特殊相対論です。光速不変の原理は一見すると「えっ？」となる主張です。私たちの経験では、地上に静止している電柱を走行中の電車から見ると、電柱は運動しています。そして、電車の速さが変われば電車の中から見た電柱の速さも異なって見えます。物体の速さは慣性系によって異なるのです。しかし、電気と磁気を統一的に説明するマクスウェル理論は光速だけは慣性系に依らないことを予言します。マクスウェル理論において光速  $c$  は真空の誘電率  $\epsilon_0$  と真空の透磁率  $\mu_0$  という 2 つの物理定数を用いて  $c = 1/\sqrt{\epsilon_0\mu_0} = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$  と表されます。光速は物理定数なのです。相対性原理により物理定数はどんな慣性系でも等しいので、光速は不変という結論が得られます。さらに、これまで行われた全ての実験結果は、光速不変の原理と無矛盾です。光速で運動するモノはどんな慣性系で観測しても光速で運動します。そして、この光速不変の原理から、**異なる慣性系では同時刻の 3 次元空間が異なるという結果が導かれます**[1, 2]。こうなると、時間と空間をまとめて、時空と考えることが必要になります。4次元時空です。

特殊相対論によれば、ある慣性系で一瞬でも静止して見える物体は、どのような慣性系で見てもその速さは光速を超えません。それゆえ、**物理的な影響の伝播する速さは光速以下**と仮定します。ちなみに、もし光速より速く伝播するモノ（タキオン粒子と呼ばれることがあります）が存在するならば、それを用いて現在から過去に情報を送ることができます。この仮定は、それはできないという要請です。この仮定も私たちの経験と無矛盾です。

特殊相対論はマクスウェル理論を正しく理解するために導入された理論です。一方、重力の理論であるニュートンの万有引力の法則は、特殊相対論と相性が悪く、特殊相対論が提案されてから、多くの研究者が特殊相対論と無矛盾な重力理論を

模索しました。アインシュタインは特殊相対論を発表してから 10 年後の 1915 年に、特殊相対論と無矛盾な重力理論を発表しました。その理論は一般相対論と名付けられ、今日まで数多くの実験的検証に耐えてきました。特に 2015 年にアメリカの研究グループが成し遂げた史上初の重力波直接検出と 2019 年の巨大ブラックホール極近傍の撮像は、強い重力における一般相対論の予言を、今までに無いレベルで確認した画期的な出来事です。この一般相対論は重力を、**時空が曲がっていることによって生じる見かけの力**として説明します。

特殊相対論では座標系と言えば、特別な理由がない限り慣性系を採用します。しかし、重力が存在する状況、すなわち曲がった時空には慣性系は存在しません。それゆえ一般相対論では座標系の選び方はもっと自由で、特殊相対論より一層強い意味で**普遍的な同時性という概念は存在しません**。目的に応じて同時性を決めて良いのです。

ちなみに、時空が曲がっていても、その曲率半径よりもずっと小さな領域に注目すると、そこでは時空の曲がりは無視できて[3]、近似的な慣性系を設定できます。この座標を局所慣性系と呼んでいます。曲がった時空でも局所的には特殊相対論が成り立っているのです。ちなみに一般相対論によれば、我々の生活している地球とその近傍では、時空の曲率半径は 2~3 億 km です。地球の半径は 6.4 千 km くらいで、時空の曲率半径はその 3 万倍程度の長さなので、地球と同じくらいのサイズの領域内では、時空をほぼ平坦と見做すことができます。わずかに曲がっている効果が万有引力として観測されるのですが、万有引力は時間の曲がりだけが見えている現象です。しかし一般相対論は 3 次元空間も曲がっていることを予言します。私たちが日頃お世話になっている **Global Positioning System (GPS)** の精度を実用に足るレベルまで上げるために、この空間の曲がりやが考慮されています。空間の曲がりやを考慮せずに設計された GPS は精度が悪くて、私たちは目的地にたどり着くことができません。一般相対論も我々の生活で重要な役割を担っています。



## 2. 過去・現在・未来

特殊相対論と一般相対論をまとめて相対論と呼ぶことにします。相対論では時空図と呼ばれる絵を描いて議論を行うことがしばしばあります。図2は縦軸が時間  $t$  に光速  $c$  をかけた  $ct$ 、そして水

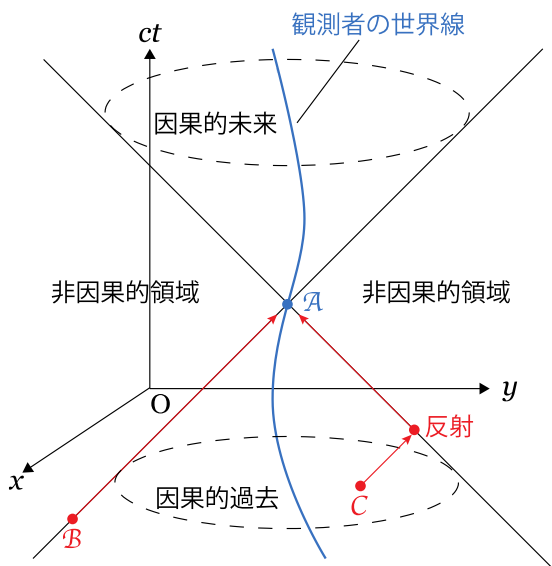


図2 時空図

平方方向に  $x$  軸と  $y$  軸を描いたものです（これら3本の軸に直交する  $z$  軸は、この図には描けないので省略しました）。この図では、光は時間軸から  $45^\circ$  傾いた直線に沿って移動します[4]。光は過去から未来（この図では下方から上方）に伝播します。光が伝播する向きが時間の進む向きを決めています。まだ説明していませんでしたが、質量が正の物体は光速未満の速さで移動します。光速で移動できるのは質量がゼロの場合だけです。それゆえ、質量が正の物体は、図2中の  $t$  軸となす角度が  $45^\circ$  より小さい曲線に沿って時空の中を移動します。時空中の物体の軌跡を**世界線**と呼んでいます。図2に描かれている青い曲線は、ある一人の観測者の世界線です。

相対論における独特な言葉使いですが、時空の点を**事象**と呼びます。別に何か出来事が起こってなくてもそう呼ぶのです。ここで、観測者の世界線上の事象Aに注目しましょう。既に述べたとおり、物理的な影響が伝播する速さは光速を超えないので、事象Aから影響が及ぶ領域は、図2中の事象Aを頂点とする上に開いた円錐の中だけです。この円錐は事象Aから放射される光の世界線からなるので、**光円錐**と呼ばれます。特に上に開いたものを**未来の光円錐**と呼び、それとその内部

を**事象Aの因果的未来**と呼んでいます。一方、事象Aに対して物理的な影響を与えうる領域は下に開いた円錐（事象Aに到達する光の世界線からなり、過去の光円錐と呼ばれる）上とその内部だけです。この領域を**事象Aの因果的過去**と呼んでいます。それ以外の領域は事象Aにとっての**非因果的領域**と呼びます。

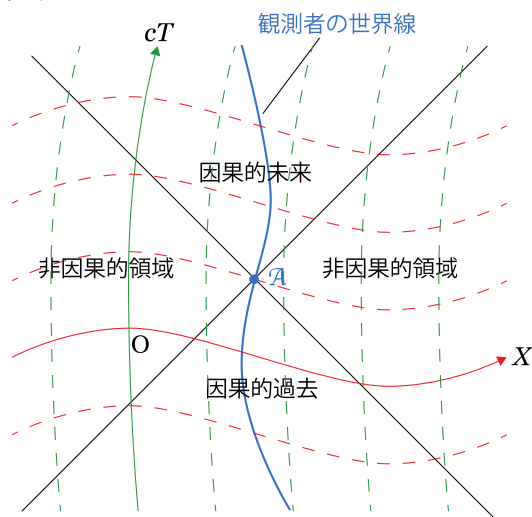


図3 他の座標の例

時間座標という観点からは、事象Aの非因果的領域内のどの事象も、事象Aと同時刻の関係にあると見做すことができます。図3は図2とは異なる時間座標  $T$  と空間座標  $X$  の例です（見やすいように、他の2つの空間座標は省略しました）。 $T$  軸と  $X$  軸が曲線ということに驚かれるかもしれませんが、一般相対論の研究では普通のことです。赤の曲線が同一時刻（ $T$  が一定）の空間を表し、緑の曲線では  $X$  が一定の値をとります。他にも無数に時間座標の選び方（同一時刻の空間の選び方）があります。これが先ほど述べた、一般相対論には普遍的な同時性が存在しないという意味です。しかしながら、これは座標の選び方の問題です。

日常生活で私たちが、2つの出来事が同時刻に起きたと見做すのはどんなときかということ、それらの出来事が同時に観測されたときではないでしょうか。ここでは光で観測することにしましょう。この観点から「同時刻」を定義すると、図2中の観測者が事象Aと同時刻に起きたと見做すのは、事象Aを頂点とする過去の光円錐上で起きた出来事です。例えば、図2では過去の光円錐上の事象Bから放射された光（矢印付きの赤い直線）は事象Aで観測者に届きますから、事象Bは事象Aと同時刻と見做されます。また、ある事象から放射



された光が反射されて事象 A に届いたときも、その出来事はやはり事象 A と同時刻と見做されるでしょう（図 2 の事象 C）。そうすると過去の光円錐とその内部、すなわち事象 A の因果的過去で起きた出来事は事象 A と同時刻ということになります。しかし、この主張に納得できる人は、どれだけいるのでしょうか。

### 3. 共通の「現在」という感覚

アカデミックカフェではお話しなかった内容を少し付け加えさせていただきます。

私たちの日常感覚では、「現在」という同時刻の瞬間があって、その「現在」を境にして過去と未来があります。一方、これまで説明してきたように、相対論では同時刻には任意性があるので、日常感覚の現在・過去・未来は、普遍的な意味を持ちません。相対論に基づいて考えると、現在・過去・未来という捉え方がなぜ生まれるのかが、むしろ非自明です。アメリカの物理学者 Hartle がこの問題について論じています[5]。前節では、一人の観測者にとって同時刻と見做すことのできる領域について述べましたが、ここでは「現在」という感覚を共有できるための必要条件について考えてみましょう。

遠い未来には人類が太陽系の外の進出し、銀河系全体に人類社会が広がっていると想像してみましょう。その頃には、銀河系の中心近くに地球と似たような環境の惑星 A が見つかると、そこに入植した人類が社会生活を営んでいるかもしれません。地球と惑星 A の距離はほぼ 3 万光年（光が到達するのに 3 万年かかる距離）です。惑星 A でもしばしば地震が起きます。それゆえ、ある場所で地震が発生したことを惑星 A 全体に光速で連絡するシステムが構築されています。その連絡を受けた人々すべてが、地震が起きたことをほぼリアルタイムで知ることができ、震源からある程度の距離にいる場合は、地震波が到来する前に何らかの対処ができます。また、連絡を受けた人々は惑星 A 上の他の人々に地震が起きたことを、やはりほぼ一瞬にして伝えることができます。このように、惑星 A では地震が起きた「現在」という感覚を共有できます。一方、惑星 A で起きた地震の情報を受け取った地球人たちは心配して、惑星 A の住人に被害状況を尋ねるでしょう。しかし、その安否確認の連絡を惑星 A の住人が受け取るのは、地震

発生から約 6 万年後です。銀河系全体で「現在」という感覚を共有するのは絶望的です。

この思考実験は、「現在」という感覚を共有できる領域のサイズには上限があることを示唆しています。厳密に言うところのサイズは、連絡を取り合う人々の運動状態や時空の曲率にも依存するのですが、問題の本質を理解しやすいように、ここではそれらの効果を見捨てた大雑把な話をします。ある領域のサイズを  $L$  と記しましょう。その領域内のもっとも遠い 2 点間では、最速の光速で連絡を取り合うのに  $2L/c$  程度の時間がかかります。そうすると、共有される「現在」という感覚には  $2L/c$  程度の時間幅が存在すると言って良いでしょう。人々が感じることのできる最小の時間間隔に比べてこの時間幅  $2L/c$  が大きい場合は、共有される現在が「瞬間」とは見做せなくなります。例えば、地球は半周の長さが 2 万 km ですから、それを  $L$  とすると、 $2L/c$  は 0.13 秒です。地球上で共有される現在は、私たちの日常感覚では瞬間と言って良いでしょう。月は地球から 38 万キロ離れており、 $2L/c$  は 2.5 秒なので、この場合の共有される現在を瞬間と言えるのかどうかは微妙です。火星に至っては地球から 7.5 千万 km 以上離れているから、 $2L/c$  は 500 秒（6 分 20 秒）を超えます。この共有される現在を私たちは瞬間と見做すことができるのでしょうか。地球と火星を含む領域において「現在」という感覚を共有することは、難しいと思います。

上述の議論は Hartle の論文に書かれている内容の一部を参考にしたのですが、Hartle はこのような議論だけでなく、様々な観点から「現在」を論じていますから、興味のある方は参考文献[5]をご覧ください。

### 4. 最後に

現在主義[1]において「存在とは現在である」と定義される「現在」は、ここで紹介した物理学に基づいた「現在」とは異なると思います。しかし、現在主義の「現在」に対応する概念が、物理学の枠組みにおいて何を意味するのかは、興味深い問題だと思います。

このアカデミック・カフェでは、日頃接する機会のない哲学者の佐金先生と議論する機会を得て、改めて「時間」と「現在」について考えることができたことはとても有意義でした。このような機

会を与えてくださった木下勇先生（URA センター特任教授）と鳥生先生（大学教育研究センターおよびURA センター特任教授）に感謝します。また、当日の司会をご担当くださった橋本文彦副学長の明快な導入とまとめは、このアカデミックカフェを学術的により意義あるものにしていただきました。澤田弥生氏と武藤多美子氏のサポートには心から感謝します。そして、Hartle の論文を通して、このテーマをより深く考える手助けをくださった佐藤文隆先生（京都大学名誉教授）に感謝します。

## 参考文献

- [1] 佐金武(2020) “形而上学における同時性と現在”, アカデミックカフェ抄録.
- [2] Schutz, B.F. 著, 江里口良治・二間瀬敏治 共訳(2010)『相対論入門』, 丸善株式会社.
- [3] R=300 とか R=500 と書かれている道路標識があります。この数値は道路の曲率半径を表しています。曲率半径は道路の曲がり具合を表す幾何学量で、例えば、R=500 の道路からはみ出さずに走るためには、半径 500m の円の上を走るときと同じだけハンドルを切る必要があるという意味です。この道路をハンドルを全く切らずに進むと、そのうち道路から飛び出てしまいますが、10m 進んだときに道路の中心からどれだけずれるかを計算してみると、10cm 程度だということがわかります。10m 以下の区間を運転するだけなら道路はほぼ真っ直ぐとみなしても大して問題になりません。それと同じ考え方です。
- [4] 時空が曲がっている場合、この座標系は慣性系ではありません。このように光が伝播するように見える座標を選んだと考えてください。注目している領域が大き過ぎなければ、このような座標は存在します。
- [5] Hartle, J.B. (2005) “Physics of now”, *American Journal of Physics* 73, 101-109.

## 発表者紹介

大阪市立大学大学院理学研究科教授。広島大学大学院理学研究科博士課程後期修了。理学博士。専門は理論物理学、特に強い重力場における物理現象（宇宙論、ブラックホール、時空特異点など）の研究を行っている。

2020.1.27 開催  
第2回アカデミックカフェ

## 形而上学における同時性と現在

文学研究科 准教授 佐金 武

**概要** 特殊相対性理論 (STR) によれば、遠くの出来事の同時性は採用される座標系と相対的にしか決まらない。このことから、「ともに存在する (現在である)」ことによって規定される絶対的同時性が STR によって否定されたと考えるべきだろうか。本発表では、絶対的同時性が物理学 (physics) をこえる形而上学 (metaphysics) の問題となるのはどうしてかについて考察する。

**キーワード** 特殊相対性理論 (STR)、同時性の相対性、現在主義、絶対的同時性、物理学、形而上学



会場の様子

### 1. 物理学と形而上学

ことばの成り立ちから考えるとき、**形而上学 (metaphysics)** とは、物理学 (physics) について (meta) の学問である。事実、形而上学の問いのなかには、「物理学は実在の世界を正確に記述するか」や、「物理学の探求に原理的な限界はあるか」といった、文字どおり物理学に関するものがある。他方、物理学には直接関わらないが、「物理的世界の基本構造とは何か」や、「そもそも何が存在するとはどういうことか」、あるいは「時間とは何か」といった、物理的世界のあり方そのものに関する純粋に形而上学的な問いもある。

科学者と哲学者のなかには、物理的世界のすべては物理学によって明らかになるはずであり、形而上学 (あるいは、その種の哲学的探求) に与えられた役割はもはや存在しないと考える論者もいる。本発表において私は、**特殊相対性理論 (Special Theory of Relativity; 以下 STR)** における**同時性の相対性**を軸に、現在 (存在) をめぐる物理学をこえた形而上学の問題があることを論じる。

### 2. 特殊相対性理論における同時性の相対性

「光速度一定の原理」と「特殊相対性原理」(すべての物理法則は慣性系から別の慣性系の変換に関して不変) にもとづく STR からの、重要な帰結の一つは、同時性は観察者の運動状態 (慣性系) に相対的であるということだ。ごく大雑把に

いえば、STR によると、観察者 A にとって同時なものは、別の観察者 B にとっては同時ではないということが起こりうるのである。

このことを「ミンコフスキー時空」を用いて表現しよう。図 1 において、横軸は空間を 1 次元に捨象した場合の二つの方向を表しており、縦軸は時間に光の速度をかけ合わせた時間的な方向を表す。STR において同時性が相対的だからといって、ミンコフスキー時空上のすべてが相対的というわけではない。まず、同じ時空点にあるものは、どの観察者から見ても同時である。また、傾き ±1 の点線で示される「光の世界線」を境に、上側の三角部分を「絶対未来」、下側を「絶対過去」、そして、左右を「空間的領域」と呼ぶことがあるが、これらの区分も慣性系に相対的ではない。

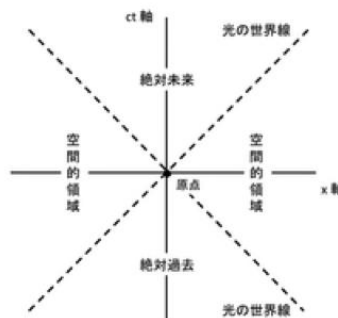


図1:ミンコフスキー時空  
光的領域、時間的領域(絶対過去と絶対未来)そして空間的領域の分類は、慣性系に相対的ではない。



他方、光によって定義される同時性（「光学的同時性」）は、それぞれの慣性系に相対的である。たとえば、原点に位置する私（観察者 O）の目の前を、あなた（観察者 O'）が猛スピードで通り抜けていく場面を思い浮かべてほしい（図 2）。

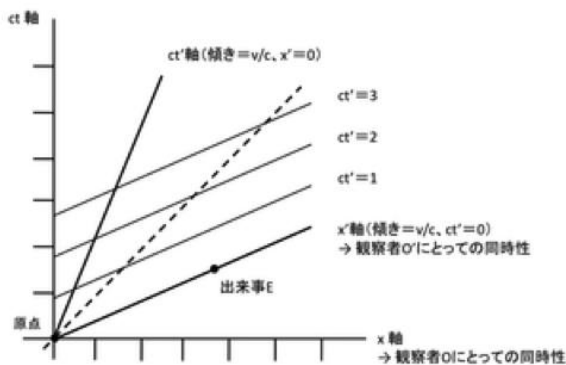


図2: 同時の相対性  
各々の慣性経路に対して光による同時性の定義を適用すると、  
時空の三次元領域への異なる分割(業層構造)が得られる。

あなたが私の前を通り過ぎるその瞬間、我々は原点において一致するので、互いに（絶対的に）同時である。他方、空間的領域にあるどの出来事が自分にとって同時かは、私とあなたの間で異なる。あなたにとっては光学的に同時でありながら、私にとっては光学的に同時ではないような遠くの出来事が考えられるのである。

### 3. 現在主義と絶対的同時性

現代の哲学的時間論において、**現在主義**と呼ばれる形而上学の立場がある。この現在主義のテーゼは、「現在のみが存在する」や、「すべては現在にある」など様々な形で定式化されるが、ここではタラント [Tallant 2014] にならって、**存在とは現在である**という主張としてそれを理解する。さて、STR における同時性の相対性に反して、現在主義が正しいとすれば、観察者やその運動状態と相対的ではない、絶対的な意味での同時性が定義できてしまう。

まず、存在に関する一般的な考えとして、**何かが存在することは絶対的な事柄**であり、相対的な事柄ではないだろう。また現在主義によれば、存在とは現在である。そうすると、この存在（現在の概念をもとに、次のような同時性が定義可能となる。

- X と Y が**絶対的に同時**である  
= df. X が現在であり（存在し）、かつ Y が現在である（存在する）

存在が絶対的である限り、ここで定義された同時性（「絶対的同時性」）は相対的ではありえない。

さて、絶対的同時性を導く現在主義はしばしば、STR と両立不可能であると批判される。マルコジアン [Markosian: sec.73] は、そうした批判の骨子を次のように整理している。

- (1) STR は正しい。
- (2) STR が正しいならば、絶対的同時性は成り立たない。
- (3) 絶対的同時性が成り立たないならば、絶対的な現在も成り立たない。
- (4) 絶対的な現在が成り立たないならば、現在主義は間違っている。
- (5) よって、現在主義は間違っている。

STR は十分に確証された理論であり、その限りにおいて (1) を否定することはむずかしい。また、すでに見たように、絶対的同時性は絶対的な存在（現在）によって定義された関係であるから、(3) も正しい。（絶対的な存在（現在）が成り立つならば、それにより絶対的同時性が定義可能である。）さらに、現在主義は絶対的な存在を現在とみなすのであるから、(4) にもおかしなところはない。（現在主義が正しいならば、絶対的な存在（現在）が成り立つはずである。）したがって、残る (2) が検討すべき前提である。STR ははたして、存在（現在）によって定義される絶対的同時性が不可能であることを含意するだろうか。

私自身を含め、多くの現在主義者は (2) の妥当性を疑っている。たしかに、STR は光学的同時性にもとづく理論であり、そこでは現在（存在）によって定義される絶対的同時性は意味をなさない。しかし、このことは絶対的同時性が否定されたことを意味しない。プライア [1970: 248] も指摘するように、アインシュタイン以前にも、科学はそもそも端的な存在を扱うことを意図していないのであり、だとすれば、物理学において存在と直結する現在の問題が埒外とされることは驚くべきことではなく、科学の不完全性を示すものでもない。

ここで注意しなければならないのは、**どのようなものが存在するか**という問いと、**何が存在するか**という問いはまったく異なるということである。前者はすぐれて科学の対象である。たとえば、フォトンやニュートリノのようなものは存在するが、（古典的な意味での）エーテルは存在しないことを科学は教えてくれる。他方、何がいくつ存在するかというような問いは科学の対象ではない。たとえば、私やあなたが存在しかなかったとしても、



あるいは、星々の数が現実とは異なったとしても、科学理論そのものは不変でありうる。何が存在するかは、予測のための前提条件もしくは観測データにすぎず、理論からの直接の帰結ではない。科学的探究の埒外だが、絶対的同時性にとって決定的に重要な問題は、何が存在するかである。

#### 4. 絶対的同時性を支持する論証

絶対的同時性の領域はおそらく、科学的に意味のある仕方で特定することはできない。ここからは形而上学の出番だ。私はおよそ次のように考えている。まず、今の自分は間違いなく存在する。しかし、自分以外の多くのものも存在するだろう。存在するものはともに現在であり、これが絶対的同時性をなす。私を原点にとるミンコフスキー時空上にこれを表現するなら、次頁の図3のようになるだろう。（絶対的同時性が連続的ではない場合、波線を実線ではなく破線で表現する必要があるかもしれない。）この絶対的同時性を検証することはできない。STRが示すように、光の速さを超えて情報を伝達する手段がないとすれば、遠くの絶対的同時性は検証不可能である。

さらに厳密に考えるならば、絶対的同時性を支持する論証は次のように提示することもできる。

- (1) 今ここにいる私は（絶対的に）存在する。
- (2) 存在するものは私だけではない。
- (3) 存在とは現在である。
- (4) 私を含む複数のものがともに現在である。
- (5) 私は複数のものと絶対的に同時である。

この論証の各前提はどのように正当化されるか。

(4) は (1) から (3) の論理的帰結であり、(5) は (4) と絶対的同時性の定義から導かれる。したがって、検討すべきは最初の三つの前提である。まず、(1) は自らの存在を通じて、存在の絶対性を導く。私は誰かからみて存在するが、他の誰かからみると存在しないというようなことはないはずだ。それゆえ、我々は少なくとも何か**絶対的に存在する**ことを確信することができる。これに対して、何も存在しないと、すべては相対的にしか存在しないという主張は、我々の直観に大きく反する。ただし、これは自分を特別視することではない。というのも、(1) は私以外の絶対的な存在を排除しないからだ。

実際、(2) で表明されるように、私しか存在しない（このような考えを哲学では「独我論」とい

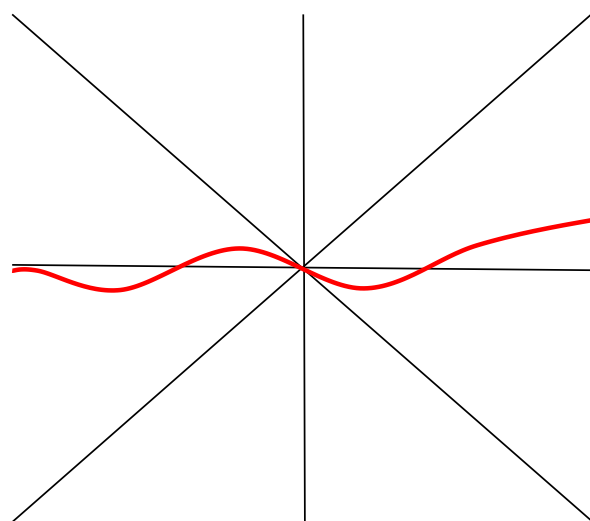


図3:現在主義における絶対的同時性

\* 鳥生隆氏(大学教育研究センター特任教授)による作図。

う) と考えるよりも、**自分と同等のものは複数存在する**と考える方がもっともらしい。この世界のすべてが私の見ている夢でない限り（夢でないことの証明はむずかしいが）、(2) は十分にもっともらしい前提だといえる。しかし、仮に (2) が誤りであるとしても、絶対的同時性は棄却されない。その場合には、ミンコフスキー時空上の一点（原点）に位置するもののみが存在し、それは自分自身とのみ絶対的に同時ということになる。

(3) は現在主義のテーゼそのものであり、大いに議論の余地のある前提である。だが、絶対的同時性を一貫して「ともに存在する」という関係とみなし続ける限り、現在主義の否定は必ずしも絶対的同時性の否定につながる。たとえば、現在だけでなく過去も存在すると考えるならば、

(図3とは異なる形で) 絶対的同時性を考えることになるだろう。あるいは、時空上のすべてのものが存在すると考えるならば、すべては絶対的に同時ということもできる。

時間に関してどのような存在論を採用するにせよ、そこから帰結する**絶対的同時性は物理学の範疇をこえる**。ここから二つのことが示唆される。第一に、どの形而上学の立場も科学を超える存在の問題に関わることになるため、STRにもとづく現在主義に対する批判はやはり疑わしい。そして第二に、時間と存在をめぐる形而上学の問題に対して、科学は中立であるように思われる。本節でとりあげた絶対的同時性を支持する論証それ自体は、科学的な考察にまったく依拠していない。絶対的同時性が問題になるとすれば、それはおそらく物理学をこえる形而上学の探求課題である。

## 5. 後記

科学が時間の驚くべき本性を明らかにしつつある現代、それを無視して時間を論じることが馬鹿げている。しかし、科学を超える形而上学の問題も、たしかに存在すると私は考えている。絶対的同時性をめぐる問題はの一つである。私が正しいとすれば、この問題は哲学の考察対象であり、科学のみで決着がつくものではない。とはいえ、同じ物理的世界を扱う限り、科学者にも一度は考えていただきたいテーマである。（ご関心の向きは、拙著〔佐金 2015 and 森田 2019〕もご笑覧いただければ幸いである。）

今回のアカデミック・カフェでは、相対論の専門家である中尾憲一先生（理学研究科教授）の胸を借りる形で、私自身は好きなことを自由に語らせていただいた。このテーマに関する私の議論は、物理学と哲学の融合というよりはむしろ分離に傾きがちで、科学者にとってあまり生産的な対話にならなかったかもしれない。しかし、イベント後の私信を含め、中尾先生との交流は私にとって大いに刺激となった。さらにまた、物理的世界観という大きな文脈では、物理学と形而上学のより緊密でクリエイティブな関係も可能であるように思う。引き続き、中尾先生の教えを乞う次第である。

加えて、橋本文彦副学長は、アカデミック・カフェ当日のファシリテーターをご担当くださった。橋本先生の分かりやすい導入と適切な議論の整理は、多くの聴衆だけでなく、我々提題者にとってこの上なく有益なものだった。また、本抄録にも掲載の図 3 を作図してくださった鳥生隆先生（大学教育研究センターおよび URA センター特任教授）と、日頃から研究やプロジェクトに関して示唆に富むアドバイスを与えてくださる木下勇先生（URA センター特任教授）には、この場を借りて改めてお礼を申し上げたい。さらに、研究支援課の澤田弥生氏と武藤多美子氏は、イベント開催のずいぶん前から今日にいたるまで、力強くサポートしてくださった。最後に、ここには名前を挙げるができない関係者のみなさまと、当日ご参加くださった多くの方々に対して、もう一度深く感謝の意を表したい。

## 引用文献

- [1] Markosian, N. (2004) “A Defense of Presentism”, in D. W. Zimmerman (ed.), *Oxford Studies in Metaphysics*, Vol. 1, Oxford: Clarendon Press, 47-82.
- [2] Prior, A. N. (1970) “The Notion of the Present”, *Studia Generale* 23: 245-8.

- [3] Tallant, J. (2014) “Defining Existence Presentism”, *Erkenntnis* 79: 479-501.
- [4] 佐金武 (2015) 『時間にとって十全なこの世界』, 勁草書房.
- [5] 森田邦久 (2019) 『〈現在〉という謎』, 勁草書房.

## 発表者紹介

大阪市立大学大学院文学研究科准教授。京都大学大学院文学研究科博士課程修了。博士（文学）。専門は分析哲学、とくに形而上学および心の哲学。近年の主な業績として、“Time without Rate”(2016), *Philosophical Papers* 45: 471-496、「永遠について」(2019), 『現代思想』 12月号: 175-187、『ユーモア解体新書』編著（2020 年度刊行予定）、大阪市立大学大学院文学研究科叢書第 11 巻など。