



相対性理論

について調べる



★ 関連キーワード

- 光速不変の原理
- 相対性原理
- 時空

「Paste (ぱすて)」とは？

ぱっと分かって、すっと頭に入る、テーマ別調べ方ガイドです。みなさんの学習をサポートする、総合図書館ラーニング・サポーター（LS）による作成です。レポート作成の際などにお役立てください

1. イントロダクション

1-1. 「相対性理論」とは？

相対性理論とは物理学者アインシュタインによって構築された、時間と空間を統一的に記述する理論です。相対性理論は、物理法則は観測に用いる座標系に依らないという「相対性原理」、光の速さは観測者に依らず一定であるという「光速度不変の原理」、重力と加速度によってあたえられる力は区別できないとする「等価原理」を基盤に構築されました。相対性理論のうち、等速直線運動する座標系(慣性系)を扱うものを「特殊相対性理論」、加速度運動する座標系においても適用できるものを「一般相対性理論」と呼びます。相対性理論の帰結として、質量とエネルギーの等価性、ブラックホールや重力波といった非常に興味深い物理が現れます。相対性理論は素粒子物理学から宇宙論まで幅広いスケールの物理の不可欠な基盤となっています。

1-2. 学習するにあたってのポイント

相対性理論は「特殊」と「一般」に分かれています。名前だけ見ると特殊相対性理論の方が難しそうに感じますが、実際は一般相対性理論の方が難解です。一般相対性理論は特殊相対性理論の適用範囲を拡張した理論になるので、特殊相対性理論の知識を前提としています。そのため、まずは特殊相対性理論の理解を固めることが重要です。

特殊相対性理論は「特殊相対性原理」と「光速度不変の原理」という2つの原理に基づいており、学習にあたってはこれらを理解することが重要です。「光速度不変の原理」は「運動する観測者から見ても光の速度が変わらない」という点で我々の直観に反していますが、観測実験により確立された重要な原理です。これを受け入れることで「質量とエネルギーの等価性」や「時間の遅れ」など、相対性理論の興味深い帰結を理解することができます。「特殊相対性原理」は、「物理法則は慣性系(等速直線運動する座標系)に依存しない」というものです。これまで数学や理科で扱ってきた「座標」というものは、現象を理解しやすくするために恣意的に導入されたものであるので、自然界で起こる現象とは独立しているはずで、このような直観を持って学習を進めることで、特殊相対性理論の概観を理解することができます。

一般相対性理論における計算手法を理解するためには幅広い数学の知識が必要となります。一般相対性理論において、物理量は「テンソル」と呼ばれるベクトルを拡張した量で与えられ、その物理量が従う物理法則を理解するためにはテンソルの微分や座標変換などの解析手法に慣れる必要があります。テンソルの解析手法に慣れるためには、線形代数の基礎を固めておくことが重要です。(パスファインダー「[線形代数](#)」もご参照ください。)特に、一般相対性理論では曲がった時空で座標系を設定することになり、そのような座標系における微分は、基底ベクトルの微分も評価しなくてはならず、非常に難解です。曲がった時空の微分を深く理解するためには「微分幾何学」と呼ばれる数学を学習する必要がありますが、まずは「共変微分」と呼ばれる、曲がった時空における微分の規則をざっくりと理解すると良いでしょう。

1-3. 一般向けに書かれた資料・読み物

■ [相対性理論入門 / 内山龍雄著](#)

大阪大学名誉教授の内山氏が執筆された入門書です。難しい数式をほとんど使わずに特殊相対性理論と一般相対性理論の考え方を解説しています。

【書誌 ID= 2003041142】総合図-A 棟 4 階 学習用図書 421.2||UCH

■ [ホーキング、宇宙を語る：ビッグバンからブラックホールまで / S・W・ホーキング著；林一訳](#)

一般相対性理論と量子力学から明らかにされた宇宙の姿を物理学者ホーキングが数式を使わずに平易な言葉と図で説明します。

【書誌 ID= 2002353362】総合図-A 棟 4 階 学習用図書 440.4||HAW

■ [ブラックホールと時空の方程式：15 歳からの一般相対論 / 小林晋平著](#)

中学 3 年生～高校 1 年生の数学の知識を前提に書かれた本ですが、難解な計算も含まれています。しかし、概念的な部分は非常にわかりやすい解説が施されているので、数式を飛ばして読んでも分かりやすい一冊です。

【書誌 ID= 2002353362】総合図-A 棟 4 階 学習用図書 421.2||KOB

■ [文系のためのめっちゃやさしい相対性理論 / 吉田直紀監修](#)

相対性理論の基盤である「相対性原理」や「光速度不変の原理」から現代の素粒子物理学までを、数式を一切使わずに解説しています。

【書誌 ID=2004573655】総合図-A 棟 4 階 学習用図書 421.2||YOS

● [アインシュタインの謎を解く：誰もがわかる相対性理論 / 三田誠広著](#)

相対性理論を軸に、人間と物理学の関係を論じた読み物です。相対性理論の概要だけでなく、「知性とは何か」という問いに対して人間学的な側面からも論じており、興味深い一冊です。

【書誌 ID= 2003716884】総合図-A 棟 4 階 学習用図書 421||MIT

2. 学習用資料

2-1. 事典・ハンドブック 類

■ [相対性理論 / 内山龍雄著](#)

特殊相対性理論と一般相対性理論の両方が非常にコンパクトにまとめられています。「もし本書を読んでも、これが理解できないようなら、もはや相対性理論を学ぶことはあきらめるべきであろう」という前書きが有名です。他にも分かりやすい教科書があるので、本書を全部読んで分からなかったとしてもあきらめないでください。

【書誌 ID= 2002063950】総合図-A 棟 4 階 学習用図書 420.8||BUT||8

■ [理論物理学のための幾何学とトポロジー](#) / 中原幹夫著；中原幹夫, 佐久間一浩訳

物理学で用いる様々な数学が収録・解説されています。2巻組の上巻には一般相対性理論で登場する数学的手法が収録されており、手元にあると便利です。

【書誌 ID= 2004465269】 総合図-A 棟 4 階 学習用図書 421.5||NAK

2-2. 最初に読むべき資料：教科書・古典

■ [相対性理論](#) / 河辺哲次著

特殊相対性理論についてよくまとめられた教科書です。相対性理論の基盤となる原理から丁寧に解説されています。行間が狭く、計算のフォローがしやすいです。

【書誌 ID= 2004574865】 総合図-A 棟 4 階 学習用図書 421.2||KAW

■ [一般相対論入門](#) / 須藤靖著

一般相対性理論についてよくまとめられた教科書です。タイトルに「入門」とありますが、内容は難しめです。特に、相対論的宇宙モデルの章は素粒子論的宇宙論を学習したい方におすすめです。（「[素粒子論的宇宙論](#)」のパスファインダーもご参照ください。）

【書誌 ID= 2003652893】 総合図-A 棟 4 階 学習用図書 421.2||SUT

■ [相対性理論の考え方](#) / 砂川重信著

相対性理論では時間と空間は観測者に依存する相対的な概念で、例えばあなたの「時間」はわたしの「時間」と「空間」が混ざったものです。このために物体が収縮して見えたり、時間が遅れたりします。本書はこの考え方を初学者向けに簡単な数式を使いながら説明しています。

【書誌 ID= 2003052348】 総合図-A 棟 4 階 学習用図書 420.8||SUN||5

■ [相対性理論](#) / 江沢洋著

特殊相対性理論を丁寧に説いている教科書です。章末問題に取り組むことで基礎を固めることが出来ます。出版社の裳華房のサイト(下記)には正誤表があります。

<https://www.shokabo.co.jp/mybooks/ISBN978-4-7853-2139-0.htm> (2026年5月22日閲覧)

【書誌 ID= 2004100529】 総合図-A 棟 4 階 学習用図書 420.8||KIS||27

■ [一般相対性理論入門：ブラックホール探査](#) / エドウィン・F・テイラー, ジョン・アーチボルド・ホイラー著；牧野伸義訳

一般相対性理論では「計量」を用いて時空のゆがみを記述しますが、本書はこの「計量」の概念を、単純な数式を使って非常に分かりやすく説明しており、一驚に値します。一般相対性理論の面倒なテンソル計算に惑わされることなく、自分で手を動かしながらブラックホールの物理を楽しめること間違いなしです。[原著](#)に挑戦することもお勧めです。

【書誌 ID= 2003661106】 総合図-A 棟 4 階 学習用図書 421.2||TAY

2-3. 最新情報が確認できる資料：主要雑誌・年鑑・Web ページ

■ arXiv <https://arxiv.org/>

「アーカイブ」と発音します。1991年以降の物理の論文のほとんどはこのサイトで見る事が出来ます(無料)。平日には毎日新しい論文が投稿されており、世界中の研究者がこのサイトを通じて迅速な情報交換をしています。論文だけでなく講義ノートなどもありますので、いろいろと検索してみることをお勧めします。相対性理論が関係する分野は素粒子現象論(hep-ph)、格子ゲージ理論(hep-lat)、素粒子理論(hep-th)、重力理論(gr-qc)、宇宙物理(astro-ph)などがあります。

■ INSPIRE <https://inspirehep.net/>

素粒子・宇宙などの高エネルギー物理学の論文検索に特化したサイトです。引用に必要な BibTeX コードもダウンロードできます。文献検索をする際は、例えばアインシュタインの1905年の論文を検索する場合は、“a Einstein and d 1905”のように検索バーに入力します。他にも検索のテクニックがあるので、トップページからアクセスできる“How to search?”のページを参照してください。

2-4. その他専門書・学術論文等で注目すべきもの

■ A. Einstein, “Zur Elektrodynamik bewegter Körper” *Annalen Phys.* **322** (1905) 10, pp.891–921 【DOI: <https://doi.org/10.1002/andp.19053221004>】

- A. Einstein, “Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?”
Annalen Phys. **322** (1905) 13, pp.639–641
【DOI: <https://doi.org/10.1002/andp.19053231314>】

特殊相対性理論の原論文です。1本目の論文では運動する座標系における運動学や同時性を定義し、電磁気学へ応用することで電子の従う運動方程式を再構成しました。2本目の論文では1本目の論文で得られた帰結から、「エネルギーと質量の等価性」を表す有名な数式である $E = mc^2$ を導出しています。

■ A. Einstein, “Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie” *Annalen Phys.* **354** (1916) 7, pp. 769–822 【DOI: <https://doi.org/10.1002/andp.19163540702>】

一般相対性理論の原論文です。重力を「計量」と呼ばれるテンソルで表される場として定義し、重力場と物質を結びつける方程式であるアインシュタイン方程式を構築しました。本論文では重力場によって光の軌道が曲がることが予言されていますが、この現象は本論文の発表から3年後の1919年に初めて観測されました。

■ [重力理論 : gravitation—古典力学から相対性理論まで, 時空の幾何学から宇宙の構造へ / Charles W. Misner, Kip S. Thorne, John Archibald Wheeler 著 ; 若野省己訳](#)

1970年代までの一般相対性理論の知識の集大成ともいべき大著です。古典であるため、近年における進展については記述に乏しいですが、今なお参考になる箇所が多く存在します。[原著](#)では初学者は読み飛ばしてよい場所が明記されており、学習の助けになります。

【書誌 ID= 2004211584】総合図-A 棟 4 階 学習用図書 423.6||MIS

■ [ブラックホールと時空の歪み : アインシュタインのとんでもない遺産 / キップ・S・ソーン著 ; 林一, 塚原周信訳](#)

著者のキップ・S・ソーンは重力波研究の業績で2017年にノーベル物理学賞を受賞しています。一般相対性理論がどのように発展してきたのかを氏の研究人生と交えて詳しく解説しています。

【書誌 ID= 2004479693】総合図-A 棟 4 階 学習用図書 443.5||THO

■ [Relativity / A. Einstein 著・R. W. Lawson 訳](#)

相対性理論を構築したアインシュタイン本人による解説書です。少ない数式でコンパクトにまとめられています。一般の方向けにもおすすめです。

【書誌 ID= 2004206249】総合図-A 棟 4 階 学習用図書 421.2||EIN

2-5. 有用なナビゲートツール: ブックガイド・リンク集

■ EMAN の物理学 <https://eman-physics.net/>

物理の様々な分野を初学者・中級者目線で丁寧に説明しています。他の本でつまづきやすい所や説明が簡素になってしまっている部分をサイト運営者自身の経験も踏まえつつ解説しており、知識のギャップを埋めてくれます。

■ 物理のかぎしっぽ <http://hooktail.sub.jp/>

物理・数学の話がいくつか載っています。また、TeX の使い方に困ったときにはこのサイトが助けになるかもしれません。

■ David Tong: Lectures on Theoretical Physics <https://davidtong.org/teaching/>

英ケンブリッジ大学の理論物理学教授 David Tong 氏の講義ノートを見ることが出来ます。相対性理論に限らず理論物理学の様々な分野のノートがあり、学習の助けになります。相対性理論は“Dynamics and Relativity” 7 章(特殊相対性理論)と“General Relativity”(一般相対性理論)にまとめられています。

3. レポート・論文執筆用資料

3-1. 有用な検索キーワード

- ◆ 主要キーワード: 特殊相対性理論/一般相対性理論/special relativity/general relativity
- ◆ 関連キーワード: 光速度不変の原理/相対性原理/時空/共変性/ローレンツ変換/光円錐/等価原理/計量/アインシュタイン方程式/ブラックホール/重力波
- ◆ 補助キーワード: リーマン多様体/接続/共変微分/曲率/平行移動/テンソル/マイケルソン・モーリーの実験

3-2. レポート・論文の書き方、学び方、引用・参考文献の書き方

■ [LATEX2ε 美文書作成入門 / 奥村晴彦, 黒木裕介著 \(改訂第9版\)](#)

理系のレポートは数式や図を沢山使いますが、LaTeX を使うと思いの通りの見た目のレポートを書くことができます。この本は初心者にも分かりやすく書かれています。

【書誌 ID= 2004576458】 総合図-A 棟 2 階 アカデミック・スキル・コーナー 021.49||OKU

本文中で紹介している図書・雑誌について

図書名・雑誌名の後ろに「書誌 ID」(10桁の数字)の記載があるものは大阪大学で所蔵しています。この10桁の数字で大阪大学 OPAC(蔵書検索システム)が検索できます。

