本文組見本

現象

小 柴 昌 俊
Koshiba, Masatoshi
1926–

ニュートリノ天文学の開拓

日本の物理学者．1987 年，カミオカンデで史上初めて自然に発生したニュートリノの観測に成功したことにより，2002 年にノーベル物理学賞を受賞した．

経　　歴　小柴は 1926 年愛知県豊橋市に生まれた．東京明治工業専門学校 (現・明治大学理工学部)，旧制第一高等学校 (現・東京大学教養学部)，東京大学理学部物理学科を経て，1951 年に東京大学大学院理学系研究科に進学した．1953 年 9 月にはアメリカのロチェスター大学に留学．1955 年，ロチェスター大学で Ph.D. を取
得した．1962 年に帰国し，東京大学原子核
研究所助教授に就任し，翌 1963 年には
京大学理学部物理学科助教授となる．
年，東京大学理学博士．論文の題は
エネルギー現象の統一的解釈」．1
は東京大学理学部教授となる．1
京大学理学部内に高エネルギ
施設 (現・東京大学素粒子
ンター) を設立し施設
める．自らを「変
ビリで卒業し
主義の

マゼラン星雲内で起きた超新星 SN1987A からのニュートリノをカミオカンデが捉えた．この功績により，2002 年小柴は，ノーベル物理学賞を受賞した．

日本学士院会員．1997 年，文化勲章，2003 年勲一等旭日大授章受章．

ニュートリノ　ニュートリノは，素粒子のうちの中性レプトンの名称．中性微子とも呼ぶ．電子ニュートリノ，ミューニュートリノ，タウニュートリノの 3 種類もしくはそれぞれの反粒子をあわせた 6 種類あると考えられてい
子の β 崩
保存
提

こ
，大
スー
子崩壊の
質量が 0 で
ては質量が 0
ない．しかし，
しかしないことも
観測できず，質量を持
一般的であった．
坂田昌一*・牧二郎・中川昌美
トリノが質量を持ち，ニュートリノが電子，ミュー，タウの型の間で変化するニュートリノ振動を予測した．この現象について，1998 年にスーパーカミオカンデ共同実験グループは，宇宙線が大気と衝突する際に発生する大気ニュートリノの観測から，ニュートリノ振動の証拠を 99%の確度で確認した．また，2001 年には，太陽からくる太陽ニュートリノの観察からも強い証拠を得た．ニュートリノ振動からは型の異なるニュートリノの質量差が測定されるのみで，質量の値はわからない．1987 年小柴らによる大マゼラン雲の超新星 SN 1987A からの電子ニュートリノの観測時刻が光学観測との間で理論的に有意な差を観測できなかったことから，極めて小さな質
年，質量があることを確実なも
した．

戸 塚 洋 二　小柴らのニュートリノ実験において，戸塚洋二 (1942–2008) は中心的役割を果たした．

戸塚は 1965 年，東京大学理学部物理学科卒業．1972 年，東京大学大学院理学系研究科博士課程修了．指導教授は小柴であった．その後，東京大学理学部教授，東京大学宇宙線研究所教授を経て 1995 年には神岡宇宙素粒子研究施設長に就任，1997 年からは東京大学宇宙線研究所長．翌 1998 年，梶田隆章 (1959–) らとともに，スーパーカミオカンデでニュートリノ振動を確認しニュートリノの質量が 0 でないことを世界で初めて示した．2001 年に起きたスーパーカミオカンデの光電子増倍管の 70%を損失する大規模破損事故の責任をとり，東京大学を辞職した．翌 2002 年には高エネルギー加速器研究機構素粒子原子核研究所教授，2003 年より 2006 年まで同機構長．2008 年，病気のため死去．

戸塚はスーパーカミオカンデで，ニュートリノに質量があることを発見し，小柴に次ぐノーベル賞候補と期待されていた．小柴は戸塚の告別式での弔辞で「あと少し，君が長生きしていれば，国民みんなが喜んだでしょう」と，ノーベル賞受賞を期待されながらの死去を惜しんだ．

戸塚の仕事を継承した梶田は，ニュートリノに質量があることの発見により，2015 年のノーベル物理学賞を受賞した．

小柴（2002年）・梶田（2015年）のノーベル物理学賞受賞を生んだニュートリノ研究

本文組見本

ファン・デル・ワールス，ヨハネス・ディーデリク
van der Waals, Johannes Diderik
1837–1923
実在気体の状態方程式

人　　物　オランダの物理学者．分子の大きさと分子間引力を考慮した「ファン・デル・ワールスの状態方程式」を発見．1910 年「気体および液体の状態方程式に関する研究」に対して，オランダ人として三人目のノーベル物理学賞を受賞．

1873 年「液体と気体の連続性について」と題する博士論文をオランダ語で発表した．この論文で従来の理想気体の状態方程式では表せなかった，気相–液相間の相転移という現象を解析的に記述できる状態方程式を提案した．J. C. マクスウェル*は *Nature* 誌でこの論文を以下のように激賞したといわれている．「ファン・デル・ワールスの名はまもなく分子科学の最先端に記されるあろう．また，この論文はオランダ語を勉強しようという気運を起こさせるであろう」

ファン・デル・ワールスの状態方程式　理想気体の状態方程式は，

$$pV = RT \quad (1)$$

ここで，p は圧力，V は気体 1 モルの体積 (モル体積)，T は絶対温度，R は気体定数である．この状態方程式は，室温以上で多

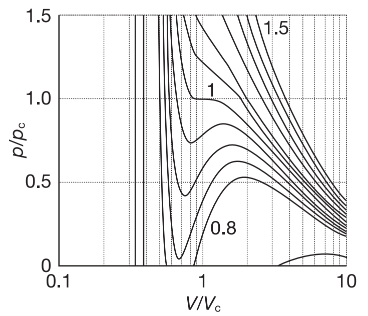


図 1　ファン・デル・ワールスの状態方程式の等温曲線

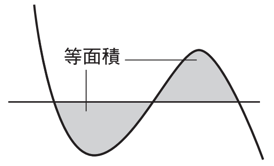


図 2　等面積の法則

ここで，a が分子間の引力の効果を，b が分子の大きさによる体積排除効果を表す．

(2) 式を圧力を横軸，体積を縦軸にした等温線群において，ある温度 (臨界温度) T_c より低温では，等温線は全て振動的な振舞を示し，極小に続いて極大をとる．これらの極値は $T \to T_c$ につれて収斂し，$T = T_c$ で一致する．この臨界点では曲線は平らな変曲点になる．変曲点では，1 階と 2 階の導関数が共に 0 になるので，(2) 式からこ

読者対象　●高校生以上，物理学の専門学生・研究者から一般読者まで
●高校・大学図書館　●公共図書館

［2015年11月刊］

きりとり線

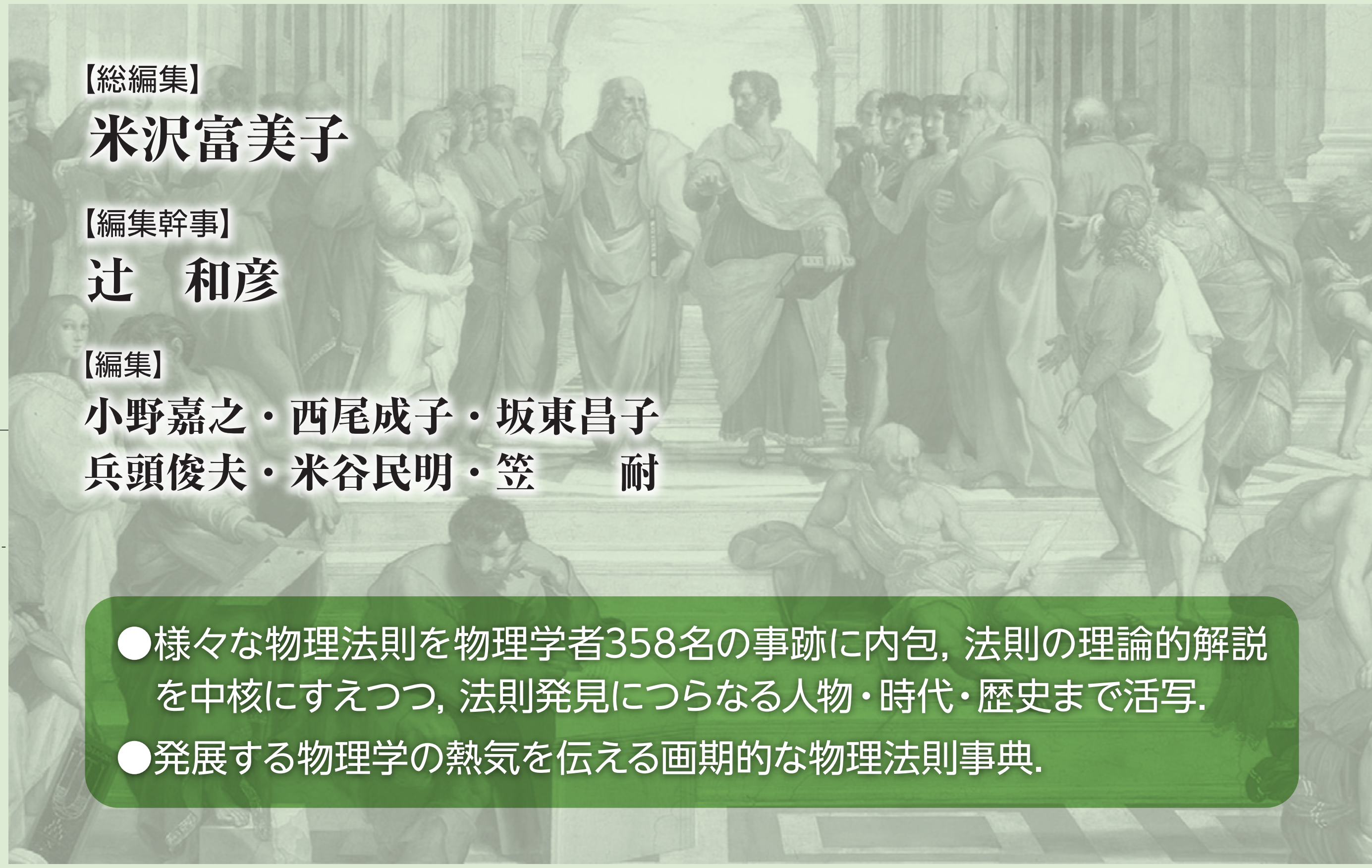
【お申し込み書】この申し込み書にご記入のうえ，最寄りの書店でご注文下さい．

人物でよむ 物理法則の事典 A5判　544頁　定価（本体8,800円+税） ISBN 978-4-254-13116-1 C3542 冊	取扱書店
●お名前　□公費／□私費	
●ご住所（〒　　　　　）TEL	

朝倉書店
〒162-8707 東京都新宿区新小川町6-29／振替00160-9-8673
電話 03-3260-7631／FAX 03-3260-0180
http://www.asakura.co.jp　eigyo@asakura.co.jp

物理学者の息づかいまで描き出す物理法則の事典！

人物でよむ 物理法則の事典



【総編集】
米沢富美子

【編集幹事】
辻　和彦

【編集】
小野嘉之・西尾成子・坂東昌子
兵頭俊夫・米谷民明・笠　　耐

●様々な物理法則を物理学者358名の事跡に内包，法則の理論的解説を中核にすえつつ，法則発見につらなる人物・時代・歴史まで活写．
●発展する物理学の熱気を伝える画期的な物理法則事典．

A5判　544頁　定価（本体8,800円+税）
ISBN 978-4-254-13116-1 C3542

朝倉書店

「自分が高校生のときに，
こんな本があればよかったなと思いながら書きました．」

（著者の脱稿時コメントより）

様々な物理法則の理論とその物理学史上における位置づけ，研究者の師弟・交友関係に基づく影響，法則発見時のエピソードなど，数式表現の背景に広がる豊かな世界を「人物」を切り口に活写．物理法則の深く豊かな理解を導く．

◆ 物理学を深く理解する「理系のための人名事典」

- 紀元前～現代の物理学者358名の事跡を各1～3ページで紹介．
- 物理法則の発見につながる人物・時代・歴史を包括的に理解．
- 国内では無名の人物や女性を多数含むユニークな項目選定．
- 充実した人名索引により見出し以外の物理学者も多数検索可能．

◆ 信頼性の高い「物理法則・物理現象の事典」

- 中学／高校物理で学ぶ法則を網羅．大学物理の主要範囲をカバー．
- 第一線の物理学者による執筆／編集．物理法則の事典として最高の信頼性．

◆ 若い学生への贈り物として無二の書

- “リケ男／リケ女”を志す高校生への贈り物として，中学・高校図書館の開架図書として，中学／高校の理科教師の授業のタネ本として利用してほしい一冊．

総編集者

米沢富美子　慶應義塾大学名誉教授

編集幹事

辻　和彦　慶應義塾大学名誉教授

編集者

小野　嘉之　東邦大学名誉教授
西尾　成子　日本大学名誉教授
坂東　昌子　愛知大学名誉教授
兵頭　俊夫　高エネルギー加速器研究機構特定教授
米谷　民明　東京大学名誉教授
笠　耐　前 上智大学

執筆者（五十音順）

右近　修治　東京都市大学
海老澤丕道　東北大学名誉教授
江里口良治　東京大学名誉教授
岡　朋治　慶應義塾大学
小川眞里子　三重大学名誉教授
小野　嘉之　東邦大学名誉教授
尾又　一実　国立国際医療研究センター
加賀山朋子　大阪大学
川合　眞紀　東京大学
川島　慶子　名古屋工業大学
川村　光　大阪大学
川村　嘉春　信州大学
小出　常晴　前 高エネルギー加速器研究機構
今野　宏之　別府大学名誉教授
佐々田博之　慶應義塾大学
清水　清孝　上智大学名誉教授
多尾　清子　前 関西医科大学
高安美佐子　東京工業大学
高山　健　高エネルギー加速器研究機構
田島　節子　大阪大学
田中美栄子　鳥取大学
辻　和彦　慶應義塾大学名誉教授
冨永　靖徳　お茶の水女子大学名誉教授
長尾　辰哉　群馬大学
永平　幸雄　大阪経済法科大学
並木　雅俊　高千穂大学
西尾　成子　日本大学名誉教授
坂東　昌子　愛知大学名誉教授
兵頭　俊夫　高エネルギー加速器研究機構
藤原　進　京都工芸繊維大学
細谷　暁夫　東京工業大学名誉教授
松尾由賀利　法政大学
森　弘之　首都大学東京
結城千代子　物理教育著作家
米沢富美子　慶應義塾大学名誉教授
米谷　民明　東京大学名誉教授
笠　耐　前 上智大学

収録項目一覧

アインシュタイン／アヴォガドロ／アッベ／アニェージ／アマガ／アリストテレス／アルヴェーン／アルキメデス／アレニウス／アレン／アワーバック／CDアンダーソン／PWアンダーソン／アンペール／飯島澄男／石原純／ウー／ヴァン・ヴレック／ヴァン・デ・グラーフ／ウィグナー／ウィーデマン／ウィーナー／Kウィルソン／Cウィルソン／Rウィルソン／ウィーン／ヴェネツィアーノ／ウェーバー／ヴォルタ／内山龍雄／ウーレンベック／エアトン／江崎玲於奈／エディソン／エディントン／エトヴェシュ／エバルト／エルステッド／エルミート／エーレンフェスト／オイラー／岡崎恒子／オテルマ／オーム／オングストローム／オンサーガー／カー／ガイガー／ガイスラー／ガウス／郭守敬／カシミール／カピッツァ／ガボール／カマリング=オネス／ガモフ／ガリレイ／ガルヴァーニ／カルノー／カルマン／川崎恭治／菊池正士／ギブズ／キャヴェンディッシュ／キャノン／Pキュリー／Mキュリー／キルヒホッフ／ギンツブルク／クイン／グース／久保亮五／クラウジウス／クラマース／グリーン／グレイ／グロス／黒田チカ／クーロン／クント／ゲイ=リュサック／ゲッパート=メイヤー／ケプラー／ケルヴィン卿／ゲルマン／コーエン=タヌジ／コーシー／小柴昌俊／コッククロフト／小林誠／コペルニクス／コリオリ／コワレフスカヤ／近藤淳／コンプトン／坂田昌一／佐藤勝彦／サハ／サマヴィル／猿橋勝子／シェヒトマン／ジェルマン／シーグバーン／志筑忠雄／シーベルト／ジーメンス／シャノン／シュタルク／シュテファン／シュミット／ジュール／シュレーディンガー／Jシュワルツ／Mシュワルツ／ジョセフソン／ショックレー／Iジョリオ=キュリー／Fジョリオ=キュリー／白川英樹／ステヴィン／ストークス／スネル／スレイター／関孝和／セグレ／ゼーベック／ゼーマン／セルシウス／ゾンマーフェルト／ダイソン／タウンズ／タウンゼント／高橋秀俊／タッケ／ダランベール／丹下ウメ／チェレンコフ／チャドウィック／チャンドラセカール／デイヴィソン／ディッケ／テイラー／ディラック／ティンダル／デカルト／テスラ／デバイ／デモクリトス／デュ・シャトレ／デュロン／デュワー／寺田寅彦／デルブリュック／ド・ジェンヌ／ド・ジッター／戸田盛和／ドップラー／外村彰／ド・ハース／トフーフト／ド・ブロイ／GPトムソン／JJトムソン／朝永振一郎／トリチェリ／ドルーデ／ドルトン／ナイチンゲール／長岡半太郎／中村修二／中谷宇吉郎／南部陽一郎／西澤潤一／西島和彦／仁科芳雄／ニュートン／ネーター／ネール／ネルンスト／ノイマン／パイエルス／ハイサム／ハイゼンベルク／ハイトラー／パウリ／ハーシェル／パスカル／パーセル／バッシ／バッシェン／ハッブル／バーディーン／ハートリー／バーネル／バーバー／ハバード／バービッジ／ハミルトン／林忠四郎／バルマー／ビオ／ヒグス／ピタゴラス／ヒューイッシュ／ヒュパティア／平賀源内／平田森三／ヒルベルト／ファインマン／ファラデー／ファン・デル・ワールス／フィゾー／フェルミ／フォック／フォン・クリッツィング／フォン・ノイマン／福井謙一／フーコー／ブタハ／フック／プトレマイオス／ブラウン／フラウンホーファー／ブラーエ／ブラケット卿／ブラッグ／プラトン／フラム／プランク／Bフランクリン／Rフランクリン／フーリエ／プリゴジン／ブリッジマン／フリードマン／ブリユアン／ブルーノ／フレネル／Wフレミング／JAフレミング／フレンケル／プロジェット／ブロッホ／ブンゼン／フント／ヘヴィサイド／ベクレル／ヘス／ベッセル／ベーテ／ベトノルツ／ペラン／ベリー／ベル／GLヘルツ／HRヘルツ／ペルティエ／ベルヌイ／ヘルムホルツ／ペレー／ヘンリー／ペンローズ／ボーア／ポアソン／ボアンカレ／ホイートストン／ホイヘンス／ホイーラー／ホイル／ボイル／ポインティング／ホーキング／ボゴリューボフ／ホジキン／ボース／ボッケルス／ホッパー／ホフスタッター／ボーム／ポリャコフ／ポーリング／ホール／ボルツマン／ボルン／本多光太郎／マイケルソン／マイトナー／毛河光／マクスウェル／マクミラン／益川敏英／増本量／マーセット／マッハ／松原武生／マーデルング／マヨラナ／マルコーニ／マルダセナ／マンデルブロ／ミッチェル／ミラー／ミリカン／ミンコフスキー／メスバウアー／メンデレーエフ／モット／八木秀次／保井コノ／ヤン／ヤング／湯浅年子／湯川秀樹／ユークリッド／米沢富美子／ライネス／ライプニッツ／ライマン／ラウエ／Aラヴォアジエ／Mラヴォアジエ／ラグランジュ／ラザフォード／ラプラス／ラフリン／ラマン／ラム／ラムザウアー／ラーモア／ランジュヴァン／ランダウ／ランドール／リー／リスコフ／OWリチャードソン／LFリチャードソン／リヒター／リービット／リフシッツ／リーマン／リュードベリ／レイノルズ／レイリー卿／レオナルド・ダ・ヴィンチ／レッジェ／レーナルト／レンツ／レントゲン／ロビンソン／ローラー／ローレンス／ローレンツ／ロンズデール／ワイス／ワイル／ワインバーグ／ワインランド／ワット

本文組見本

人物の経歴や他の物理学者との関係などを紹介．物理学史上の位置づけを明確に．

法則

484

ケプラー，ヨハネス
Kepler, Johannes
1571–1630

惑星の運動を明らかに

ドイツの天文学者．惑星運動に関する「ケプラーの法則」を発見．

経　歴　ドイツの居酒屋の子に生まれる．生涯病弱で，貧困と宗教戦争などの社会不安にさらされる．17 歳で父が戦傷死．その年ケプラーは，大学の給費生に合格する．教養課程での天文学の講義でコペルニクス*の宇宙論の虜になる．大学卒業後は，高校の数学教師をする傍ら，市長の委託で占星歴を編纂する．最初の著書『宇宙の神秘』で，地球を含む六つの惑星の並び方に関する思弁的な宇宙構造を提案．この著書によって，G. ガリレイ*やデンマークの天文学者 T. ブラーエ*にも認められ，手紙で議論するようになる．

ケプラーの法則　28 歳でプラハに移住し，そこでブラーエの助手になる．ブラーエは望遠鏡発明以前の肉眼による最高精度の (40 年にわたる) 天文観測記録を残した．ブラーエの観測記録がケプラーの手に移る経緯については諸説があるが，いずれにせよケプラーはそれを受け継ぎ，8 年をかけて観測データを細かに解析して，惑星運動に関する第 1 および第 2 法則を発見 (1609 年)．さらに 10 年の忍耐強い解析を経て，第 3 法則を発見する (1619 年)．

［第 1 法則］惑星は太陽を一つの焦点とする楕円軌道を描く．

［第 2 法則］惑星の動径ベクトルの描く面積速度は一定である．

［第 3 法則］各惑星の公転周期 T の 2 乗は太陽からの平均距離 a の 3 乗に比例する．

第 1 法則と第 2 法則の発見　まず第 1 法則は，それまでの全ての宇宙像に共通の「円軌道」ではなく「楕円軌道」であることを見つけた点が画期的である．古代ギリシャのプラトン*やアリストテレス*の頃から二千年近く，「天体は円運動をする」と当然のように信じられてきた．地動説を唱えたコペルニクスでさえ，「円軌道」の枠内で議論を進めた．そういう状況でのケプラーの「楕円軌道」の発見は，「従来の価値観を転換させた」という意味ではコペルニクスの地動説にも匹敵する．

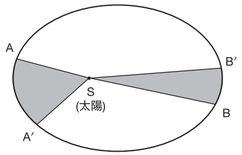


図 1　面積速度一定の法則 (説明図)

後のニュートン力学では，中心力の作用する 2 体問題の解として束縛運動があるならば，楕円運動になることが示される．

第 2 法則は「面積速度一定の法則」ともよばれる．惑星は，速度そのものが一定なのではなく，図 1 で模式的に示されるように，「扇形 SAA′ と SBB′ の面積が等しくなる」速度で運動する．

この法則は，ニュートン力学における「角運動量保存の法則」に相当する．

第 3 法則の発見　任意の惑星の公転周期と平均距離をそれぞれ $T_{惑星}$ と $a_{惑星}$ とし，地球に対しては $T_{地球}$ と $a_{地球}$ と書くと，第 3 法則は次のように表せる．

$$\frac{T^2_{惑星}}{a^3_{惑星}} = \frac{T^2_{地球}}{a^3_{地球}} \qquad (1)$$

各惑星に対する $T_{惑星}$ と $a_{惑星}$ (地球に対する値で規格化されたもの) 及び $T^2_{惑星}/a^3_{惑星}$ を表 1 に与える．最後のコラムの値から明らかなように，水星から土星までの五つの惑星に対しては，(1) 式で表現される第 3 法則が有効数字 4 桁の精度で証明され，さら

図や数式を用いた物理法則・物理現象の解説．