

## 0.2.5 中高数学を勉強するための環境整備

[【目次へのリンク】](#)

### 目次

0.2.5.1	概要	96
0.2.5.2	Wolframalpha	97
0.2.5.3	それなりに近いツールやシステム	97
0.2.5.4	プログラミング言語: 大事なのは数式処理ライブラリ	98
0.2.5.5	SymPy の情報源	99
0.2.5.6	Python やライブラリのインストール	99
0.2.5.7	その他数値計算	100
0.2.5.8	Google Colaboratory	100
0.2.5.9	勉強のための具体的なネタ	101
0.2.5.10	中高数学と Python	101
0.2.5.11	統計・機械学習の实地訓練サイト	102
0.2.5.12	アンケート	102
0.2.5.13	節終了	102

#### 0.2.5.1 概要

ここでは次の視点から数学を勉強するための環境整備に関して説明します。

- Web サービスの紹介やプログラムの環境整備について。
- 楽なのは Wolframalpha.

- Python と数式処理ライブラリ, 特に SymPy.
- 機械学習は Kaggle.

### 0.2.5.2 Wolframalpha

このサイトはプログラムをよく知らなくても使えます. 式を入れると図を描いてくれたりもするので, そういう意味でもかなり使えます.

- [本家サイト](#)
- [サンプル](#)
- [高校数学の問題回答例](#)

最後のリンクは Wolframalpha の公式が文部科学省の高等学校学習指導要領に沿った内容の問題を大学入学試験・大学入試センター試験・高等学校卒業程度認定試験等, 過去に出題されたものを参考にしてまとめた例題集として公開しています. ぜひ参考に使ってください.

実際の利用例として, [このリンク先](#)を見てください. これは三次元図形の方程式  $z = x^2 - y^2$  を入力した例です. 三次元でのプロット, 二次元への適当な射影, 因数分解, 実根, 偶奇性, さらには導関数や陰関数微分まで計算してくれています. これだけでもかなり使えるイメージが持てるのではないのでしょうか.

図がほしいとき, 例えば問題集で問題を解いていて図がほしい場合, 2-3 次元の図だったら Wolframalpha で描いてもらおうと楽です. いちいちプログラムを書かなくていい利点があります. 中高生の頃, まさにこういうツールやサービスがほしかったので, いまの中高生は本当にうらやましいです.

### 0.2.5.3 それなりに近いツールやシステム

Mathematica など汎用的なシステムもあります: むしろ Wolframalpha の計算エンジンは Mathematica なのです. [Raspberry Pi](#) だと [Mathemat-](#)

ica が無料で使えるので、もし身の回りに詳しい人がいたら、Raspberry PI について聞いてみるといいでしょう。下手なスペックのパソコンよりも安く手に入るので、余裕があるなら勉強用に買っていてもいいと思います。

他には Python による SageMath があり、これははフリーで使えます。ただし Windows だとインストールが面倒なのが難点です。その場合、CoCalc というクラウドプラットフォームもあるので、これを使うのも一手です。

GeoGebra もクラウドプラットフォームあるソフトです。計算機代数システム Risa/Asir のような特殊用途に特化したシステムもあります。探すだけではなく開発に参加することもできます。プログラミングに興味があるなら、こういうところから勉強を進めてみるのも楽しいかもしれません。

#### 0.2.5.4 プログラミング言語: 大事なものは数式処理ライブラリ

一部プログラミングも使っている講座も作っていますし、プログラミングに興味がある方もいらっしゃるようです。あなたもそうかもしれません。その場合の勉強の方向性についても少し書いておきます。

はじめに書いておくと、お勧めは Python です。いま流行りの統計学や機械学習に関しても強いので、その手の用途には本当にお勧めです。

よほど得意な言語があってもそれで何としてでもやってみせる、という強い要望があるのでもない限り、一通りライブラリが揃っている言語を使うべきです。中高で一番ネックになるのは数値計算よりも数式処理です: 例えば代数方程式の解を求める場合です。  $1/3 = 0.3333\dots$  くらいならまだしも、  $\sqrt{2}/2 = 0.70710678118$  と書かれても、実数では判定しきれないので、厳密に  $\sqrt{2}/2$  という解を出してくれるソフト・ライブラリが必要です。

Scheme や Haskell は有理数の型 (rational, Rational) を持っています。しかし実数を小数に変換しないでシンボリックに扱えないと上で書いたような問題が起きて面倒です。そこまで考えて言語やライブラリを選ぶ必要があります。

微分積分に関してもいろいろあります。定積分もシンボリックにやっても

raitai shizuo wa yoku arimasu: 例えは円の面積を求めようとするると計算結果に円周率  $\pi$  が出てくるので、これを変に実数にしないで記号として  $\pi$  にしてもらいたいのです。不定積分も  $\int e^x \cos x dx = \frac{e^x}{2} \sin x + \frac{e^x}{2} \cos x$  のように、関数として書いてほしいですし、導関数がほしいときに微分係数だけ出されても困ります。

やはりお勧めは Python です。数式処理に関しては **SymPy** があります。数値計算に関しては NumPy, SciPy があります。一番のお勧め理由は世間的な認知と、そこから来る情報の豊富さです。統計学や機械学習との相性の良さもあり、Google の TensorFlow や PyTorch などいろいろなライブラリがあります。最終的に機械学習・統計まわりに興味があるなら、Python に慣れておくのが楽でしょう。

### 0.2.5.5 SymPy の情報源

次のような情報源を使うのがお勧めです。

- **オンラインシェル**
- **公式のランダムサンプル集**
- **コードサンプル集**
  - **nbviewer 版**
  - **mathcodes nbviewer**
  - **アニメーションサンプル (ただし GitHub 上では動かない)**
- **解説**

### 0.2.5.6 Python やライブラリのインストール

**Anaconda** を使うのが楽です。先程紹介した SymPy, NumPy, SciPy, matplotlib, pandas, scikit-learn などをもとめてポンとインストールできます。

ただし私が調べたときには TensorFlow を入れるときは Anaconda 非推奨のようでした。ゴリゴリに機械学習やるなら個別のライブラリを pip で入れた方がいいかもしれません。そのあたりはここではサポートしきれません。ぜひ詳しい方に相談してみてください。

### 0.2.5.7 その他数値計算

私はまだ試しきれていないのですが、2019 年時点で純粋に数値計算に興味があるなら Julia が高速な上で書きやすいと評判です。もちろん完全に最適化した C には及ばないものの、ちょっと書いたサンプル同士での比較なら、C 言語を越える速度を叩き出すこともあるようです。

Julia は Python のライブラリが呼び出せ、いいところを組み合わせることもできるようなので、Python を勉強していても損になることはありません。

- [参考リンク](#).

### 0.2.5.8 Google Colaboratory

Python をオンラインで自由に使えるすごいサービスです。自分のマシンにインストールできなかつたり、インストールがそもそもよくわからない場合はこれを使ってみてください。

- [URL](#)

Jupyter Notebook の形式でクラウドでの Python 実行環境が提供されています。使えるマシンスペックもけっこういいので、ネットワークの問題もあるとはいえ、下手に自分のマシンで動かすよりもいいかもしれません。GPU (Tesla K80 GPU) も無料で使えます。

### 0.2.5.9 勉強のための具体的なネタ

純粋な数学以外にもゲーム制作、物理などいくつか方向があります。ただし調べてみた限り既存の書籍やコンテンツは何かしらの意味でハードルが高いコンテンツばかりです。現実的なモノほど加速度的に難易度が跳ね上がるという欠点があるので、よほど強い興味がない限り、中高数学あたりでまったり遊ぶのが楽だとは思いますが。

既存コンテンツのハードルの高さには次のような要因があります。

- 使っているプログラミング言語の問題: インストールもプログラミングも難しい C++ を使っているとか。
- ゲーム関係: ゲームに関する話をいろいろ知らないといけない。それは物理などの知識も含む。
- 物理シミュレーション: 物理を知らないと話にならない。
- データ分析: 統計学を知らないといけないか、同時進行で勉強しないといけない。

ただ興味があることをやっている、これらのハードルも越えやすいですし、ネット上には情報ややっている人、助言をくれる人もたくさんいます。そうした伝手を辿っていくのも大事です。

### 0.2.5.10 中高数学と Python

改めてこのテーマでお勧めコンテンツを紹介しておきます。

- 特におすすめ: [Python によって始める数学入門](#)
- 大学に片足を突っ込んでいる: [Mathematics and Python Programming](#)
- Python と大学受験問題: 「[2015 年センター試験数学 IA を全てプログラム \(Python\) で解く](#)」など。

最初の本が一番取り組みやすいと思います。数学の勉強としてもちょうどいいレベルでしょう。

#### 0.2.5.11 統計・機械学習の実地訓練サイト

これについては [Kaggle](#) がお勧めです。Competition は企業や政府がコンペ形式で課題を提示し、賞金と引き換えに最も制度の高い分析モデルを買い取る形になっています。これにいきなり取り組めというわけではありません。実は解決済みの課題についても活発な議論の後が残っていますし、その解説がまとまっているサイトもあります。機械学習の勉強用資料もあるので、勉強用にも十分使えるサイト・サービスです。お金を出して買い取っているほどに実応用と結びついているので、数学が実際に役に立っている場面を見てみたいなら、特にお勧めです。

#### 0.2.5.12 アンケート

毎回アンケートを取っています。質問や要望がある場合もこちらにどうぞ。

- [アンケートへのリンク](#)

アンケートは匿名なので気軽にコメントしてください。直接返事してほしいことがあれば、メールなど適切な手段で連絡してください。返事は確約できませんが、適切な手段でコンテンツに反映させます。

#### 0.2.5.13 節終了

## 参考文献

- [1] 明出伊類似, 尾畑伸明. 『量子確率論の基礎』. 牧野書店, 9 2003.
- [2] Robert A. Adams and John J.F. Fournier. *Sobolev Spaces*. Academic Press, 10 2012.
- [3] L. V. Ahlfors, 乾吉笠原. 『複素解析』. 現代数学社, 3 1982.
- [4] M. Aigner and G. Ziegler. 『天書の証明』. 丸善出版, 9 2012.
- [5] 赤池弘次. エントロピーとモデルの尤度. 日本物理學會誌, Vol. 35, No. 7, pp. 608–614, 1980.
- [6] 赤池弘次. 統計的推論のパラダイムの変遷について. 統計数理研究所彙報, Vol. 27, No. 1, pp. 5–12, 1980.
- [7] 秋月康夫. 『晩近代数学の展望』. 筑摩書房, 12 2009.
- [8] Herbert Alexander and John Wermer. *Several Complex Variables and Banach Algebras*. Springer, 10 2013.
- [9] F. J. Almgren and E. Lieb. *Symmetric decreasing rearrangement is sometimes continuous*, Vol. 2. 2 1989.
- [10] Allen Altman and Steven Kleiman. *A Term of Commutative Algebra*. Worldwide center of mathematics, 4 2013.
- [11] 青木貴史, 山崎晋, 片岡清臣. 『超関数・FBI変換・無限階擬微分作用素』. 共立出版, 6 2004.
- [12] 青柳碧人. 『浜村渚の計算ノート』. 講談社, 6 2011.
- [13] 青柳碧人. 『浜村渚の計算ノート (1)』. 講談社, 11 2013.



- [14] A. Arai and M. Hirokawa. On the existence and uniqueness of ground states of generalized spin-boson model. *J. Funct. Anal.*, Vol. 151, pp. 455–503, 1997.
- [15] Asao Arai. Infinite dimensional analysis and analytic number theory. *Acta Applicandae Mathematica*, Vol. 63, pp. 41–78, 9 2000.
- [16] 新井朝雄, 江沢洋. 『場の量子論と統計力学』. 日本評論社, 6 1988.
- [17] 新井朝雄, 江沢洋. 『量子力学の数学的構造 II』. 朝倉書店, 7 1999.
- [18] 新井朝雄, 江沢洋. 『量子力学の数学的構造 I』. 朝倉書店, 7 1999.
- [19] 新井朝雄. 『フォック空間と量子場 上』. 数理物理シリーズ. 日本評論社, 8 2000.
- [20] 新井朝雄. 『フォック空間と量子場 下』. 数理物理シリーズ. 日本評論社, 8 2000.
- [21] 新井朝雄. 『量子現象の数理』. 朝倉物理学体系. 朝倉書店, 2 2006.
- [22] 新井朝雄. 『物理の中の対称性—現代数理物理学の観点から』. 日本評論社, 1 2008.
- [23] 新井朝雄. 『量子統計力学の数理』. 共立出版, 7 2008.
- [24] 新井朝雄. 『量子数理物理学における汎関数積分法』. 共立出版, 8 2010.
- [25] 新井朝雄. 『ヒルベルト空間と量子力学 改訂増補版』. 共立出版, 7 2014.
- [26] AraiAsao and HirokawaMasao. Ground states of a general class of quantum field hamiltonians. *Reviews in Mathematical Physics*, Vol. 12, pp. 1085–1135, 2000.
- [27] H. Araki and E. J. Woods. Representations of the canonical commutation relations describing a nonrelativistic infinite free bose gas. *J. Math. Phys.*, Vol. 4, pp. 637–662, 1963.
- [28] 荒木不二洋. 『量子場の数理』, 岩波講座 現代の物理学. 岩波書店, 1 1993.
- [29] Thierry Aubin. *Some Nonlinear Problems in Riemannian Geome-*

- 
- try. Springer, 6 1998.
- [30] Steve Awodey. *Category Theory*. Oxford Univ Pr, 8 2010.
- [31] 東野圭吾. 『探偵ガリレオ』. 文藝春秋, 2 2002.
- [32] 東野圭吾. 『容疑者 X の献身』. 文藝春秋, 8 2008.
- [33] 東野圭吾. 『容疑者 x の献身 スタンダード・エディション [dvd]』, 3 2009.
- [34] V. Bach, J.Fröhlich, I. M. Sigal. Quantum electrodynamics of confined nonrelativistic particles. *Adv. Math*, Vol. 137, pp. 299–395, 1998.
- [35] Augustin Banyaga and David Hurtubise. *Lectures on Morse Homology*. Springer, 10 2004.
- [36] H. Baumgartel. *Operator Algebraic Methods in Quantum Field Theory*. Vch Pub, 10 1995.
- [37] Vladimir Berkovich. *Spectral Theory and Analytic Geometry over Non-Archimedean Fields*. American Mathematical Society, 8 2012.
- [38] B. Blackadar. *K-Theory for Operator Algebras*. Cambridge University Press, 9 1998.
- [39] Vladimir I. Bogachev. *Measure Theory*. Springer, 11 2006.
- [40] Hans Jürgen Borchers. Quantum field theory as dynamical system. *LQP archive*, pp. 1–19, 2002.
- [41] Hans Jürgen Borchers. *Translation Group and Particle Representations in Quantum Field Theory*. Springer, 4 2014.
- [42] O. Bratteli and D. Robinson. *Operator Algebras and Quantum Statistical Mechanics*, Vol. 1 of *Theoretical and Mathematical Physics*. Springer Berlin Heidelberg, 11 2010.
- [43] O. Bratteli and D. Robinson. *Operator Algebras and Quantum Statistical Mechanics*, Vol. 2 of *Theoretical and Mathematical Physics*. Springer Berlin Heidelberg, 7 2013.
- [44] H. Brezis. *Functional Analysis, Sobolev Spaces and Partial Differ-*

- ential Equations*. Springer, 11 2011.
- [45] H. Brezis, 宏藤田, 芳雄小西. 『関数解析-その理論と応用に向けて』 . 産業図書, 10 1988.
- [46] J. Brothers and W. P. Ziemmer. Minimal rearrangements of sobolev functions. *J. Reine Angew. Math.*, Vol. 384, pp. 153–179, 1988.
- [47] D. Buchholz and H. Grundling. Quantum systems and resolvent algebras. *arXiv:13060860*, pp. 1–15, 6 2013.
- [48] Sebastiano Carpi, Robin Hillier, Yasuyuki Kawahigashi, and Roberto Longo. Spectral triples and the super-virasoro algebra. *Commun. Math. Phys.*, Vol. 295, pp. 71–97, 2010.
- [49] Sebastiano Carpi, Yasuyuki Kawahigashi, Roberto Longo, and Mihaly Weiner. From vertex operator algebras to conformal nets and back. *Mem. Amer. Math. Soc.*, Vol. to appear, pp. 1–46, 2015.
- [50] Henri Cartan. *Elementary Theory of Analytic Functions of One or Several Complex Variables*. Dover, 7 1995.
- [51] 遅塚忠躬. 『フランス革命 歴史における劇薬』 . 岩波書店, 12 1997.
- [52] S C Coutinho. *A Primer of Algebraic D-Modules*. Cambridge University Press, 5 1995.
- [53] David A. Cox, John Little, and Donal O’shea. *Ideals, Varieties, and Algorithms: An Introduction to Computational Algebraic Geometry and Commutative Algebra*. Springer, 11 2010.
- [54] Michael G. Crandall, Hitoshi Ishii, and Pierre-Louis Lions. User’s guide to viscosity solutions of second order partial differential equations. *Bull. Amer. Math. Soc.*, Vol. 27, pp. 1–67, 1992.
- [55] Keenan Crane, Fernando de Goes, Mathieu Desbrun, and Peter Schroder. Digital geometry processing with discrete exterior calculus. p. 145, 2 2018.
- [56] Georges de Rham. *Differentiable Manifolds: Forms, Currents, Harmonic Forms*. Spinger-Verlag, 10 2011.

- 
- [57] Amir Dembo and Ofer Zeitouni. *Large Deviations Techniques and Applications*. Springer, 2009.
- [58] J. Dereziński. Introduction to representations of the canonical commutation and anticommutation relations. *arXiv:math-ph/0511030v2*, pp. 1–79, 2005.
- [59] J. Dereziński and V. Jakšić. Spectral theory of pauli-fierz operators. *J. Func. Anal.*, pp. 243–327, 2001.
- [60] J. Dereziński, V. Jakšić, and A. Pillet. Perturbation theory of  $w^*$ -dynamics, liouvilleans and kms-states. *Rev. Math. Phys.*, Vol. 15, pp. 447–489, 2003.
- [61] Jared Diamond. 『銃・病原菌・鉄 (上) 1万3000年にわたる人類史の謎』. 草思社, 2012.
- [62] Diamond Jared. 『銃・病原菌・鉄 (下) 1万3000年にわたる人類史の謎』. 草思社, 2012.
- [63] Paul M. Dirac, 洋江沢. 『一般相対性理論』. 筑摩書房, 12 2005.
- [64] Simon Donaldson. *Riemann Surfaces*. Oxford University Press, 5 2011.
- [65] W. Dunham, 重雄一樂, 敏實川. 『微積分名作ギャラリー—ニュートンからルベーグまで』. 日本評論社, 11 2009.
- [66] W. Dybalski. Spectral theory of automorphism groups and particle structures in quantum field theory. *arxiv:0901.3127v1*, 2009.
- [67] A. Einstein. Zur elektrodynamik bewegter körper. *Annalen der Physik*, Vol. 322, pp. 891–921, 7 1905.
- [68] David Eisenbud and Joe Harris. *The Geometry of Schemes*. Springer, 12 1999.
- [69] Richard Ellis. *Entropy, Large Deviations, and Statistical Mechanics*. Springer Berlin Heidelberg, 11 2005.
- [70] Lawrence C. Evans. *Partial Differential Equations*. American Mathematical Society, 4 2010.

- [71] 江沢洋. 『力学—高校生・大学生のために』. 日本評論社, 2 2005.
- [72] 江沢洋. 『だれが原子をみたか』. 岩波書店, 1 2013.
- [73] Otto Forster. *Lectures on Riemann Surfaces*. Springer, 10 2013.
- [74] Theodore Frankel. *The Geometry of Physics: An Introduction*. Cambridge University Press, 11 2003.
- [75] 藤岡敦. 『具体例から学ぶ多様体』. 裳華房, 3 2017.
- [76] 藤原正彦. 『天才の栄光と挫折—数学者列伝』. 文藝春秋, 9 2008.
- [77] 深谷賢治. 『数学者の視点』. 岩波書店, 1 1996.
- [78] 深谷賢治. 『電磁場とベクトル解析』. 岩波書店, 1 2004.
- [79] 舟木直久. 『確率論』. 朝倉書店, 11 2004.
- [80] 学研教育出版. 『中 1 英語・数学・国語・理科・社会 (セシルマクビー スタディコレクション)』. 学研マーケティング, 8 2015.
- [81] 学研教育出版. 『中 2 英語・数学・国語・理科・社会 (セシルマクビー スタディコレクション)』. 学研マーケティング, 8 2015.
- [82] 学研教育出版. 『中 3 高校入試 英語・数学・国語・理科・社会 (セシルマクビー スタディコレクション)』. 学研マーケティング, 8 2015.
- [83] B. Gelbaum and J. Olmsted. *Counterexamples in Analysis*. Dover, 6 2003.
- [84] Howard Georgi. 『物理学におけるリー代数アイソスピンから統一理論へ』. 吉岡書店, 10 2010.
- [85] David Gilbarg and Neil S. Trudinger. *Elliptic Partial Differential Equations of Second Order*. Springer, 4 2013.
- [86] Robert C. Gunning. *Lectures on Riemann Surfaces, Jacobi Varieties*. Princeton University Press, 3 2015.
- [87] Rudolf Haag. *Local Quantum Physics: Fields, Particles, Algebras*. Springer, 1996.
- [88] 芳賀和夫. 『オリガミクス 幾何図形折り紙』, 第 1 巻. 日本評論社, 10 1999.
- [89] Richard Hamilton. The inverse function theorem of Nash and

- moser. *Bull. Amer. Math. Soc.*, Vol. 7, pp. 65–222, 1982.
- [90] 田崎晴明, 原隆. 『相転移と臨界現象の数理』. 共立出版, 6 2015.
- [91] G. Hardy and J. Littlewood. 『不等式』. シュプリンガーフェアラーク東京, 8 2012.
- [92] Robin Hartshorne. *Algebraic Geometry*. Springer, 4 1997.
- [93] 長谷川浩司. 『線型代数』. 日本評論社, 3 2015.
- [94] 服部哲弥. 『Amazon ランキングの謎を解く確率的な順位付けが教える売上の構造』. 化学同人, 5 2011.
- [95] Friedrich W. Hehl and Yuri N. Obukhov. *Foundations of Classical Electrodynamics: Charge, Flux, and Metric*. Springer, 8 2003.
- [96] Lester L. Helms. *Potential Theory*. Springer, 6 2009.
- [97] 日合文雄, 柳研二郎. 『ヒルベルト空間と線型作用素』. 牧野書店, 7 1995.
- [98] 平井武. 『線形代数と群の表現 II』. 朝倉書店, 11 2001.
- [99] 平井武. 『線形代数と群の表現 I』. 朝倉書店, 11 2001.
- [100] Morris W. Hirsch, Stephen Smale, and Robert L. Devaney. *Differential Equations, Dynamical Systems, and an Introduction to Chaos*. Academic Press, 3 2012.
- [101] 堀畑和弘, 長谷川浩司. 『常微分方程式の新しい教科書』. 朝倉書店, 2016.
- [102] 堀田昌寛. 『入門 現代の量子力学量子情報・量子測定を中心として』. 講談社, 7 2021.
- [103] 堀田良之. 『加群十話—代数学入門』. 朝倉書店, 10 1988.
- [104] Lars Hörmander. A history of existence theorems for the cauchy-riemann complex in  $l^2$  spaces. *Journal of Geometric Analysis*, Vol. 13, No. 2, pp. 329–357, 2 2003.
- [105] 一樂重雄. 『集合と位相 そのまま使える答えの書き方』. 講談社サイエンティフィック, 4 2001.
- [106] 伊原康隆. 『志学数学 研究の諸段階 発表の工夫』. 丸善出版, 7 2012.

- [107] 磯崎洋. 『多体シュレーディンガー方程式』. 丸善出版, 2012.
- [108] 伊藤清三. 『ルベーク積分入門』. 裳華房, 4 1963.
- [109] 岩永恭雄, 佐藤眞久. 『環と加群のホモロジー代数的理論』. 日本評論社, 10 2002.
- [110] M. Kac, 陽一郎高橋, 眞澄中嶋. 『Kac 統計的独立性』. 数学書房, 4 2011.
- [111] Mark Kac. Can one hear the shape of a drum? *American Mathematical Monthly*, Vol. 73, pp. 1–23, 1966.
- [112] 嘉田勝. 『論理と集合から始める数学の基礎』. 日本評論社, 12 2008.
- [113] R. Kadison and J. Ringrose. *Fundamentals of the Theory of Operator Algebras*. American Mathematical Society, 7 1997.
- [114] R. Kadison and J. Ringrose. *Fundamentals of the Theory of Operator Algebras: Advanced Theory*. American Mathematical Society, 7 1997.
- [115] 金谷健一. 『これなら分かる応用数学教室-最小二乗法からウェーブレットまで』. 共立出版, 6 2003.
- [116] Ioannis Karatzas and Steven Shreve. *Brownian Motion and Stochastic Calculus*. Springer, 8 1991.
- [117] 笠原乾吉. 『複素解析 1 変数解析関数』. 筑摩書房, 8 2016.
- [118] 柏原正樹, 河合隆裕, 木村達雄. 『代数解析学の基礎』. 紀伊国屋, 11 2008.
- [119] 柏原正樹. 『代数解析概論』. 岩波書店, 3 2008.
- [120] 桂利行. 『代数幾何入門』. 共立出版, 10 1998.
- [121] 桂利行. 『代数学 II 環上の加群』. 東京大学出版会, 3 2007.
- [122] 川北稔. 『砂糖の世界史』, 岩波ジュニア新書. 岩波書店, 7 1996.
- [123] 川村みゆき. 『多面体の折紙正多面体・準正多面体およびその双対』. 日本評論社, 11 1995.
- [124] 川添愛. 『白と黒のとびらオートマトンと形式言語をめぐる冒険』. 東京大学出版会, 4 2013.

- 
- [125] 圏論の歩き方委員会. 『圏論の歩き方』. 日本評論社, 9 2015.
- [126] S. Khaleelulla. *Counterexamples in Topological Vector Spaces*. Springer Berlin Heidelberg, 7 1982.
- [127] 金成煥, 山本昌宏. 『熱方程式で学ぶ逆問題 Fourier 解析関数解析から数値解析まで』. サイエンス社, 3 2008.
- [128] 木村達雄. 『佐藤幹夫の数学』. 日本評論社, 9 2014.
- [129] 北原晴夫, 河上肇. 『調和積分論』. 近代科学社, 9 1991.
- [130] Shoshichi None Kobaashi and Katsumi None Nomizu. *Foundations of Differential Geometry I*. Wiley, 2 1996.
- [131] 小林昭七. 『複素幾何』. 岩波書店, 9 2005.
- [132] 小林昭七. 『顔をなくした数学者-数学つれづれ』. 岩波書店, 7 2013.
- [133] 小林俊行, 大島利雄. 『リー群と表現論』. 岩波書店, 4 2005.
- [134] 小平邦彦. 『新・数学の学び方』. 岩波書店, 1 2015.
- [135] 小平邦彦. 『複素多様体論』. 岩波書店, 1 2015.
- [136] 国立天文台. 『理科年表 平成 25 年版 机上版』. 丸善出版, 11 2013.
- [137] A. N. Kolmogorov and S. V. Fomin. *Introductory Real Analysis*. Dover, 6 1975.
- [138] 小松彦三郎. 『佐藤超函数論入門』. 数理解析研究所講究録, pp. 1-174, 10 1973.
- [139] 今野浩. 『カーマーカー特許とソフトウェア-数学は特許になるか』. 中央公論社, 12 1995.
- [140] 今野宏. 『微分幾何学』. 東京大学出版会, 10 2013.
- [141] ことりん. 『偏微分方程式のお話 解の存在について』. 関西すうがく徒のつどい, pp. 1-25, 3 2012.
- [142] Amy Langville, Carl Meyer, 和生岩野, 利明黒川, 洋黒川. 『Google PageRank の数理-最強検索エンジンのランキング手法を求めて-』. 共立出版, 10 2009.
- [143] F. William Lawvere and Robert Rosebrugh. *Sets for Mathematics*. Cambridge University Press, 4 2003.



- [144] Tom Leinster. Rethinking set theory. p. 8, 2012.
- [145] Ulf None Leonhardt and Thomas G. Philbin. Transformation optics and the geometry of light. *arxiv*, p. 72, 7 2008.
- [146] E. H. Lieb and M. Loss. *Analysis*. Amer. Math. Soc., 4 2001.
- [147] E. H. Lieb and R. Seiringer. *The Stability of Matter in Quantum Mechanics*. Cambridge University Press, 11 2009.
- [148] E. H. Lieb, R. Seiringer, J. Solovej, and J. Yngvason. *The Mathematics of the Bose Gas and its Condensation (Oberwolfach Seminars)*. Birkhaeuser Basel, 7 2005.
- [149] E. H. Lieb and B. Simon. Thomas-fermi theory of atoms, molecules and solids. *Adv. in Math.*, Vol. 23, pp. 22–116, 1977.
- [150] E. H. Lieb and J. Yngvason. The physics and mathematics of the second law of thermodynamics. *arXiv:cond-mat/9708200*, p. 101, 8 1997.
- [151] E. H. Lieb and J. Yngvason. The entropy concept for non-equilibrium states. *arxiv:1305.3912*, pp. 1–23, 2013.
- [152] Elliot H. Lieb. The stability of matter: from atoms to stars. *Bull. Amer. Math. Soc.*, Vol. 22, No. 1, pp. 1–49, 1990.
- [153] Elliot H. Lieb. *Quantum Mechanics, The Stability of Matter and Quantum Electrodynamics*. arXiv, 1 2004.
- [154] J.Lörinczi, F. Hiroshima, V. Betz. *Feynman-Kac-Type Theorems and Gibbs Measures on Path Space: With Applications to Rigorous Quantum Field Theory*. Walter De Gruyter, 6 2011.
- [155] J.Lörinczi, R. A. Minlos, Herbert Sphon. Infrared regular representation of the three-dimensional massless nelson model. *Lett. Math. Phys.*, Vol. 59, pp. 189–198, 3 2002.
- [156] 松本幸夫. 『多様体の基礎』. 岩波書店, 9 1988.
- [157] 松島与三. 『多様体入門』. 裳華房, 4 2017.
- [158] 松坂和夫. 『集合・位相入門』. 岩波書店, 6 1968.

- 
- [159] John Milnor. *Morse Theory*. Princeton University Press, 1963.
- [160] John Willard Milnor. *Topology from the Differentiable Viewpoint*. Princeton Univ Pr, 11 1997.
- [161] 三ツ矢和弘. 『やさしい理系数学』. 河合出版, 7 2013.
- [162] 宮島静雄. 『ソボレフ空間の基礎と応用』. 共立出版, 8 2006.
- [163] 持橋大地, 大羽成征. 『ガウス過程と機械学習』. 機械学習プロフェッショナルシリーズ. 講談社, 3 2019.
- [164] 森本光生. 『復刊 佐藤超関数入門』. 共立出版, 9 2000.
- [165] 森田茂之. 『微分形式の幾何学』. 岩波書店, 10 2016.
- [166] Mohammad Sal Moslehian. The counterexamples in functional analysis. *On the internet*, 2002.
- [167] 向井湘吾. 『お任せ! 数学屋さん 2』. ポプラ社, 10 2014.
- [168] 向井湘吾. 『お任せ! 数学屋さん 3』. ポプラ社, 10 2015.
- [169] 向井湘吾. 『お任せ! 数学屋さん』. ポプラ社, 4 2015.
- [170] 肖鋒, 長崎孝夫. 『数値流体解析の基礎 Visual C++ と gnuplot による圧縮性・非圧縮性流体解析』. コロナ社, 1 2020.
- [171] Mikio Nakahara. *Geometry, Topology and Physics*. CRC Press, 6 2003.
- [172] 中村周. 『量子力学のスペクトル理論』. 共立出版, 7 2012.
- [173] 夏目利一, 森吉仁志. 『作用素環と幾何学』. 数学メモワール, 6 2001.
- [174] Michael A. Nielsen and Issac L. Chuang. *Quantum Computation and Quantum Information*. Cambridge University Press, 12 2010.
- [175] 西川青季. 『幾何学的変分問題』. 岩波書店, 4 2006.
- [176] 西野利雄. 『多変数関数論』. 東京大学出版会, 11 1996.
- [177] 登坂宣好, 大西和栄, 山本昌宏. 『逆問題の数理と解法-偏微分方程式の逆解析』. 東京大学出版会, 12 1999.
- [178] 野口潤次郎. 『多変数解析関数論学部生へおくる岡の連接定理』. 朝倉書店, 4 2013.
- [179] Katsumi Nomizu and Hideki Ozeki. The existence of complete

- riemannian metrics. *Proceedings of the American Mathematical Society*, Vol. 12, No. 6, pp. 889–891, 12 1961.
- [180] 小田忠雄. 『数学の常識・非常識—由緒正しい  $\text{T}_\text{E}\text{X}$  入力法』, 第 4 巻. 日本数学会, 5 1999.
- [181] 緒方芳子, 小澤登高. 『東大数理ビデオアーカイブス』, 12 2009.
- [182] 小川洋子. 『博士の愛した数式』. 新潮社, 11 2005.
- [183] 小川洋子, くりた陸. 『博士の愛した数式 (BE · LOVE コミックス)』. 講談社, 2 2006.
- [184] 小川洋子. 『博士の愛した数式 [DVD]』. 角川エンタテインメント, 7 2006.
- [185] Takeo Ohsawa.  *$L^2$  Approaches in Several Complex Variables: Development of Oka-Cartan Theory by  $L^2$  Estimates for the  $\bar{\partial}$  Operator*. Springer, 2015.
- [186] 小嶋泉. 『量子場とミクロ・マクロ双対性』. 丸善出版, 7 2013.
- [187] 王城夕紀. 『青の数学』. 新潮社, 7 2016.
- [188] D’Angelo J. P. *Several Complex Variables and the Geometry of Real Hypersurfaces*. CRC Press, 1 1993.
- [189] Scott Pakin. The comprehensive latex symbol list. p. 331, 11 2015.
- [190] Lev Pontryagin. 連続群論 上. 岩波書店, 10 1957.
- [191] Lev Pontryagin. 連続群論 下. 岩波書店, 5 1958.
- [192] Bott Raoul and Tu W. Loring. *Differential Forms in Algebraic Topology*. Springer, 5 1995.
- [193] M. Reed and B. Simon. *Functional Analysis*. Methods of Modern Mathematical Physics. Academic Press, 4 1981.
- [194] Miles. None Reid. *Undergraduate Algebraic Geometry*. Cambridge University Press, 12 1988.
- [195] Lars H ÖRmander. *An Introduction to Complex Analysis in Several Variables*. North-Holland Mathematical Library, 1 1990.
- [196] John Roe. *Elliptic Operators, Topology, and Asymptotic Methods*,

- 
- Second Edition*. Chapman and Hall/CRC, 1 1999.
- [197] Walter Rudin. *Real and Complex Analysis*. McGraw-Hill Publishing Company, 8 2005.
- [198] 齋藤元樹, 松本尚浩. Clarkson の不等式の幾つかの証明について. 数理解析研究所講究録, No. 1399, pp. 51–70, 11 2004.
- [199] 齋藤毅. 『集合と位相』. 東京大学出版会, 9 2009.
- [200] 齋藤正彦. 『線型代数入門』. 東京大学出版会, 3 1966.
- [201] Shoichiro Sakai.  *$C^*$ -Algebras and  $W^*$ -Algebras*. Springer, 12 1997.
- [202] Takashi None Sakai. *Riemannian Geometry*. American Mathematical Society, 5 1996.
- [203] 坂井秀隆. 『常微分方程式』. 東京大学出版会, 8 2015.
- [204] 酒井隆, 小林治, 芥川和雄, 西川青季, 小林亮一. 『幾何学百科 II 幾何解析』. 朝倉書店, 11 2018.
- [205] 酒井高司. 『tex 入門』, 2013.
- [206] 佐武一郎. 『線型代数学 (新装版)』. 裳華房, 6 2015.
- [207] Mikio Sato. Theory of hyperfunctions i. *Journal of the Faculty of Science, University of Tokyo. Sect. 1, Mathematics, astronomy, physics, chemistry,*, pp. 139–193, 8 1959.
- [208] Mikio Sato. Theory of hyperfunctions ii. *Journal of the Faculty of Science, University of Tokyo. Sect. 1, Mathematics, astronomy, physics, chemistry,*, pp. 387–437, 8 1960.
- [209] 佐藤健太郎. 『炭素文明論 「元素の王者」が歴史を動かす』. 新潮社, 7 2013.
- [210] M. Schwarz. *Morse Homology*. Springer, 10 1993.
- [211] 赤攝也. 『実数論講義』. 日本評論社, 6 2014.
- [212] Y. Sekine. Magnetism and infrared divergence in a hubbard-phonon interacting system. *arxiv:10082056*, pp. 1–9, 8 2010.
- [213] 関根良紹. 『現代数学探険隊』. 相転移プロダクション, 2017.
- [214] Jean Pierre Serre. *Géométrie algébrique et géométrie analytique*.

- Annales de l'institut Fourier*, Vol. 6, pp. 1–42, 6 1956.
- [215] 志賀浩二. 『無限からの光芒 ポーランド学派の数学者たち』. 日本評論社, 4 1988.
- [216] 島内剛一. 『数学の基礎』. 日本評論社, 1 1971.
- [217] 清水明. 『量子論の基礎-その本質のやさしい理解のために』. サイエンス社, 4 2004.
- [218] 清水明. 『熱力学の基礎』. 東京大学出版会, 3 2007.
- [219] シンサイモン. 『フェルマーの最終定理』. 新潮社, 5 2006.
- [220] シンサイモン. 『暗号解説 上』. 新潮社, 6 2007.
- [221] シンサイモン. 『暗号解説 下』. 新潮社, 6 2007.
- [222] シンガー I., ソープ J. 『トポロジーと幾何学入門』. 9 1995.
- [223] Alan D. Socal. A really simple elementary proof of the uniform boundedness theorem. *The American Mathematical Monthly*, Vol. 118, No. 5, pp. 450–452, 5 2010.
- [224] 相転移 P. 『よくわからない数学 色々な反例で遊ぼう』, 10 2013.
- [225] 相転移 P. *Math textbook*. phasetr production, 2014.
- [226] 相転移 P. 『現代数学観光ツアー-物理のための関数解析探訪』. 相転移プロダクション, 8 2016.
- [227] 相転移 P. 『独学のすゝめ 大学受験勉強法あなたが大学受験で失敗・後悔しないために私はなぜあなたにいい大学・難関大に入ってほしいのか』. 相転移プロダクション, 6 2015.
- [228] Jordan Stoyanov. *Counterexamples in Probability: Third Edition*. Dover Publications, 9 2013.
- [229] R. Streater and A. Wightman. *PCT, Spin and Statistics, and All That*. Princeton Univ. Pr., 12 2000.
- [230] 杉浦光夫. 『解析入門 I』. 東京大学出版会, 3 1980.
- [231] 杉浦光夫. 『解析入門 II』. 東京大学出版会, 4 1985.
- [232] 数学のたのしみ編集部. 『数学まなびはじめ 第 1 集』. 日本評論社, 1 2006.

- 
- [233] 数学のたのしみ編集部. 『数学まなびはじめ 第 2 集』. 日本評論社, 1 2006.
- [234] 数学のたのしみ編集部. 『数学まなびはじめ 第 3 集』. 日本評論社, 7 2015.
- [235] 数理科学編集部. 『物理の道しるべ-研究者の道とは何か』. サイエンス社, 5 2011.
- [236] George G. Szpiro. 『ケプラー予想』. 新潮社, 4 2005.
- [237] 高木貞治. 『定本 解析概論』. 岩波書店, 9 2010.
- [238] 高瀬幸一. 『群の表現論序説』. 岩波書店, 5 2013.
- [239] 高瀬正仁. 『岡潔—数学の詩人』. 岩波書店, 10 2008.
- [240] 高瀬正仁. 『無限解析のはじまり—わたしのオイラー』. 筑摩書房, 7 2009.
- [241] 高瀬正仁. 『ガウスの数論 わたしのガウス』. 筑摩書房, 3 2011.
- [242] 高瀬正仁. 『近代数学史の成立 解析篇オイラーから岡潔まで』. 東京図書, 6 2014.
- [243] 高瀬正仁. 『微分積分学の史的展開ライブニッツから高木貞治まで』. 講談社, 1 2015.
- [244] 高瀬正仁. 『微分積分学の誕生デカルト『幾何学』からオイラー『無限解析序説』まで』. SB クリエイティブ, 7 2015.
- [245] Masamichi Takesaki. *Theory of Operator Algebras I*. Springer, 2002.
- [246] 竹内外史. 『層・圏・トポス—現代的集合像を求めて』. 日本評論社, 1 1978.
- [247] 田中尚夫. 『選択公理と数学』. 遊星社, 10 2005.
- [248] H. Tasaki. From nagaoka's ferromagnetism to flat-band ferromagnetism and beyond -an introduction to ferromagnetism in the hubbard model. *Progr. Theor. Phys.*, pp. 489–548, 1998.
- [249] 田崎清明. 『数学:物理を学び楽しむために』. On the internet, 2013.
- [250] 田崎清明. 『熱力学—現代的な視点から』. 培風館, 4 2000.

- [251] 寺澤順. 『トポロジーへの招待』. 日本評論社, 4 2012.
- [252] Gerald Teschl. *Mathematical Methods in Quantum Mechanics With Applications to Schrödinger Operators*. American Mathematical Society, 11 2014.
- [253] 東京大学工学部計数工学科数理情報工学コース. 『数理工学への誘い』. 日本評論社, 9 2002.
- [254] 豊田秀樹. 『基礎からのベイズ統計学ハミルトニアンモンテカルロ法による実践的入門』. 朝倉書店, 6 2015.
- [255] 坪井俊. 『幾何学 I 多様体入門』. 東京大学出版会, 4 2005.
- [256] 土基善文. 『 $x$  の  $x$  乗の話』. 日本評論社, 7 2002.
- [257] 内村直之. 『古都がはぐくむ現代数学: 京大数理解析研につどう人びと』. 日本評論社, 11 2013.
- [258] 植村信子. 『たかが数学, されど数学』. 山形大学, 10 2005.
- [259] 梅村浩. 楕円関数論 増補新装版 楕円曲線の解析学. 東京大学出版会, 5 2020.
- [260] J. v. Neumann, 徹広重, 健井上, 敏彦恒藤. 『量子力学の数学的基礎』. みすず書房, 11 1957.
- [261] John von Neumann. 『ノイマン・コレクション 数理物理学の方法』. ちくま学芸文庫. 筑摩書房, 12 2013.
- [262] John von Neumann. 『ノイマン・コレクション 作用素環の数理』. ちくま学芸文庫. 筑摩書房, 1 2015.
- [263] Frank W. Warner. *Foundations of Differentiable Manifolds and Lie Groups*. Springer, 11 1983.
- [264] 渡辺澄夫. 『データ学習アルゴリズム』. 共立出版, 7 2001.
- [265] 渡辺澄夫. 『代数幾何と学習理論』. 知能情報科学シリーズ. 森北出版株式会社, 4 2006.
- [266] 渡辺澄夫. 『ベイズ統計の理論と方法』. コロナ社, 3 2012.
- [267] Hermann Weyl. *The Theory of Groups and Quantum Mechanics*. Dover Publications, 6 1950.

- 
- [268] Hermann Weyl. 『リーマン面』. 岩波書店, 5 2003.
- [269] Hermann Weyl. 『空間・時間・物質 上』. ちくま学芸文庫. 筑摩書房, 4 2007.
- [270] Hermann Weyl. 『空間・時間・物質 下』. ちくま学芸文庫. 筑摩書房, 4 2007.
- [271] Hermann Weyl. 『古典群 不変式と表現』. シュプリンガー数学クラシックス. 丸善出版, 7 2012.
- [272] D. Williams, 次郎赤堀, 啓介原, 俊雄山田. 『マルチンゲールによる確率論』. 培風館, 2 2004.
- [273] Pauli Wolfgang. *Theory of Relativity*. Dover Publications, 7 1981.
- [274] 山本昌宏. 『逆問題入門』. 岩波書店, 1 2002.
- [275] 山本義隆, 中村孔一. 『解析力学 I』. 朝倉書店, 9 1998.
- [276] 山本義隆, 中村孔一. 『解析力学 II』. 朝倉書店, 9 1998.
- [277] 山内恭彦, 杉浦光夫. 『連続群論入門』. 培風館, 8 2010.
- [278] 山崎隆雄. 『初等整数論 数論幾何への誘い』. 共立出版, 5 2015.
- [279] 安田まさえ. 『数学女子 1』. 竹書房, 9 2010.
- [280] 保江邦夫. 『量子の道草-方程式のある風景』. 日本評論社, 1 2009.
- [281] 吉田伸生. 『ルベグ積分入門—使うための理論と演習』. 遊星社, 5 2006.
- [282] 吉田武. 『素数夜曲 女王陛下の LISP』. 東海大学出版会, 6 2012.
- [283] 吉田洋一. 『ルベグ積分入門』. 筑摩書房, 8 2015.
- [284] 吉永正彦. 『周期と実数の 0-認識問題 Kontsevich-Zagier の予想』. 数学書房, 2 2016.
- [285] K. Yosida. *Functional Analysis*. Springer Berlin Heidelberg, 8 1996.
- [286] Laurence Chisholm Young. *Lectures on the calculus of variations and optimal control theory*. Amer Mathematical Society, 8 2000.
- [287] 結城浩. 『数学ガール』. ソフトバンククリエイティブ, 6 2007.
- [288] 結城浩, 茉崎ミュキ. 『数学ガール ゲーデルの不完全性定理 1』. メディアファクトリー, 4 2011.



- [289] 結城浩. 『数学ガールの秘密ノート/ 式とグラフ』. SB クリエイティブ, 7 2013.
- [290] Max Zorn. Characterization of analytic functions in banach spaces. *Annals of Mathematics*, Vol. 46, No. 4, pp. 585–593, 10 1945.
- [291] Max Zorn. Derivatives and fréchet differentials. *Bull. Amer. Math. Soc.*, Vol. 52, pp. 133–137, 1946.
- [292] アインシュタインアルベルト, 内山龍雄. 『相対性理論』. 岩波書店, 11 1988.
- [293] キースデブリン, ゲーリーローデン. 『数学で犯罪を解決する』. ダイヤモンド社, 4 2008.
- [294] ロンハワード. 『ビューティフル・マインド』, 9 2012.
- [295] エドワードフレンケル. 『数学の大統一に挑む』. 文藝春秋, 7 2015.
- [296] ダンブラウン. 『ダ・ヴィンチ・コード (1 枚組) [dvd]』, 12 2015.
- [297] ダンブラウン, 敏弥越前. 『ダ・ヴィンチ・コード 上・中・下巻 3 冊セット』. 角川書店, 3 2006.
- [298] ロブ モロー (主演). 『ナンバーズ 天才数学者の事件ファイル シーズン 1 コンプリート dvd-box (4 枚組)』, 6 2009.
- [299] 数理科学編集部. 『数学の道しるべ-研究者の道とは何か』. サイエンス社, 5 2011.
- [300] Paul Busch(著), Pekka Lahti, Juha-PekkaPellonpää, Kari Ylinen. *Quantum Measurement*. Springer, 8 2016.

# 索引

functional calculus, → 作用素解析

p 値, 1934

$I$ -不変, 8609

アインシュタイン計量, 8422

アインシュタイン多様体, 8422

アインシュタインの縮約, 5432

亜群, 2537

値, 2230

アダマールの不等式, 5411, 6749

アトム, 5622

アトラス, 8018

極大-, 8019

アフィン空間, 5523, 8021

アフィン写像, 8041

アフィン変換, 8042

アフィン変換群, 8042

粗い, → 位相が弱い

関係が-, 2201

アルキメデスの付値, 4284

アルティン環, 7780

ある点の近傍で正則, 4699

アーベル群, → 可換群

アーベル微分, 8794

アーンショーの定理, 5307

イェンゼンの不等式, 3590

移行原理, 6248

位数, 2539, 4698, 7671

位相, 2736

密着-, 2740

離散-, 2740

位相が強い, 2740

位相が弱い, 2740

位相空間, 2736

位相構造, 8019

位相線型空間, → 線型位相空間

位相多様体, 5455, 8018

位相同型, → 同相

位相の, → 基底

位相ベクトル空間, → 線型位相空間

イソトピー, 8042

一意分解整域, 7752

一径数局所群, 8134

一径数部分群, 8209

一径数変換群, 8129

一径数ユニタリ群, 4974

一次独立, → 線型独立

1 の分解, → スペクトル族, 単位の分解

1 の分割, → 単位の分割

一様可積分, 5965

一様収束位相, 2851

一様凸性, 3637

一様分布, 1879, 5949

一様有界, 5098

一様有界性の原理, 4294

一様連続, 3165

一致の定理, 4740

一点コンパクト化, 3188, 3235

一般解, 5087

一般化されたヘルダーの不等式, 3613

一般線型群, 4458, 5588, 8213

一般線型リ一環, 7452

一般二項係数, 3641

一般二項定理, 3642

一般二項展開, → 一般二項定理

- 一般分配関数, 1904  
 イデアル, 2547, 7691  
 伊藤-シーガル-ウィーナー分解, 6197  
 伊藤積分, → 確率積分  
 陰関数, 5386  
 因子, 8865  
   関数の-, 8866  
 因子群, 8865  
 ウィック積, 6159, 6168  
 ウィック多項式, 6160, 6166  
 ウィーナー過程, → ブラウン運動  
 ウィーナー測度, 5831  
 ウェイト, 7512, 8903  
 ウェイトの基本系, 7520  
 ウェイトの系列, 7516  
 ウェッジ積, 5478  
 上正則化, 7926  
 上に有界, 2593, 4935  
 動く特異点, 5116  
 宇宙, 6233, 6236  
 埋め込み, 2234, 2771  
   位相空間の-, 8096  
   微分多様体の-, 8097  
 ウリゾーンの距離づけ定理, 3339  
 上向き横断回数, 6087  
 運動, 8145, 9788  
 運動エネルギー, 5256  
 運動群, 8145  
 SNAG 定理, 4982  
 $S(\mathbb{R}^d)$  の  $L^p$  稠密性定理, 4076  
 エタール空間, 7954, 7968  
 $n$  ステップ遷移確率, 6119  
 $n$ -粒子空間, 4600  
 エネルギー  
   曲線の-, 8482  
   写像の-, 8529  
 エピ, 8000  
 エルゴード性, 6128  
 エルミート, 4328  
 エルミート共役, 4465  
 エルミート行列, 4468  
 エルミート計量, 8191, 8385  
 エルミート作用素, 4415  
 エルミート多項式, 4362  
 エルミート多様体, 8191  
 エルミートベクトル束, 8386  
 $L^1_{\text{loc}}(\Omega)$  の超関数への埋め込み定理, 4141  
 演算, 6240  
 円周率, 4128, 4760  
 エンタングルメント・ビット, 6772  
 エントロピー, 1909  
 遠標準点, 6299  
 オイラー記述, 9759  
 オイラー形式, 8588  
 オイラー座標, 9763  
 オイラーの公式, 4124, 4756  
 オイラー表現, 9763  
 オイラー標数, 8480  
 オイラー類, 8588  
 横断的に交わる, 8335  
 応力, 9792  
 押し出し, 2276, 5503, 8080, 8263  
 同じホモトピー型, 8245  
 音楽同型, 8404, 9056  
 解, 5087  
   因子の-, 8920  
   ミッタク-レフラー分布の-, 8905  
 階位関数, 9237  
 開埋め込み, 2805  
 開核, 2794  
 回帰的, 4282  
 開球, 2632, 2842, 3237  
 開近傍, 2633, 2737, 2794  
 開近傍の基本系, 2802, 3331  
 解空間, 5139  
 開区間, 2596  
 開写像, 2805  
 開集合, 2633, 2737  
 階数, 3953, 6234, 6236  
   たようたいかんのしゃぞうの-  
   多様体間の写像の-, 8083  
   半単純リー環の-, 7478  
 解析接続, 8762, 9208  
   -が極大, 8762  
   道に沿った-, 8759  
 解析接続の原理, 7961  
 解析多様体, 8019  
 解析的, 4689, 9071  
 解析的円板族, 9128  
 回転, 5434, 5435, 6994  
 回転数, 4660, 4725  
 解の延長, 5088  
 解の基本系, 8824  
 解の正則性, 5305  
 開被覆, 2803  
 開部分空間, 2744

- 開部分多様体, 8024  
 開リーマン面, 8020  
 下界, 2593  
 可解, 9193  
 可換, 5020  
 可換環, 2543  
 可換群, 2539  
 可換り一環, 7453  
 過学習, 7352  
 下極限, 3281, 3482  
 可逆, 2277, 7750  
 核, 4300, 7989  
   線型作用素の-, 4390  
 角運動量, 6975  
 拡散率, 7023  
 拡大環, 7788  
 拡大実数, 2597  
 拡大体, 7718  
 確定特異点, 8829  
 各点収束, 2889  
 確率過程, 1925, 6065, 6176  
 確率行列, 1924, 6112  
 確率空間, 3462  
 確率収束, 5628, 5958, 6027  
 確率積分, 5916  
 確率測度, 3462  
 確率超過程, 6186  
 確率変数, 3508, 5939  
 確率ベクトル, 1924, 5939, 6112  
 確率密度関数, 1857  
 確率モデル, 1907  
 確率連続, 6149  
 加群, 2550, 3238, 7726  
   射影-, 7741  
 かけ算作用素, 4425  
 下限, 2593  
 加工硬化, 9781  
 可算集合, 1261, 2466  
 可縮, 8246  
 仮説検定, 1933, 7310  
 可測, 3804  
 可測関数, 3492, 3501, 6313  
 可測空間, 3436  
 可測集合, 6313  
 数え上げ作用素, 7640  
 数え上げ測度, 3466  
 形作用素, 8430  
 括弧積, → 交換子積  
 仮定, 2116  
 かなめ, 3952  
 下半連続, 3069, 3992  
 可分, 3332  
 加法過程, 6147  
 加法群, → 可換群  
 加法族, 3436  
 加法的, 3460  
 加法的集合関数, → 複素数値測度  
 加法的に保型, 8809  
 可約, 7807  
 可約表現, 7510  
 可予測過程, 6069  
 カルキン環, 4501  
 カルタン行列, 7506  
 カルタン行列の同型, 7507  
 カルタン数, 7516  
 カルタン整数, 7494  
 カルタン部分環, 7477  
 カルバック-ライブラ情報量, 7282, 7360  
 関係, 6239  
 還元, 8571  
 関数, 2236  
   原始, 4675  
   指数-, 4111  
   シュワルツの超-, 1186  
   凸-, 5596  
 関数環, 4532  
 関数行列式, 8035  
 関数体, 7832  
 関数の全変動, 4948  
 関数の台, 2544  
 完全, 7737, 8000  
 完全加法族, 3436  
 完全形式, 5509, 8797  
 完全正規直交系, 4343  
 完全積分可能, 8222  
 完全代表系, 2374  
 完全不連結, 3018  
 完全べき等, 7751  
 完全ラインハルト領域, 9067  
 完備, 3285, 3395, 8455  
    $n$ -ベクトル場, 8131  
 完備化, 3296  
 完備化ヒルベルト空間, 4354  
 完備性  
   前層の, 7973  
   測度空間の-, 3822

- 芽, 7967
- 外延的記法, 2158
- 開核, → 内部
- 概収束, 5628, 5958
- 外積, 4590
- 外積代数, 5476
- 外測度, 3800
- 外的な元, 6252
- 外転, 2794
- 外微分, 8067
- 外微分作用素, 5506
- 概複素構造, 7622, 8187, 8201, 8597, 8607
- 概複素多様体, 8187, 8201, 8607
- 外部, 2794
- 外部正則, 3465
- 外部積, 6773
- 外法線ベクトル, 5554, 5555, 6979
- 外力, 5083
- ガウシアン, → 熱核
- ガウス過程, 1937
- ガウス型確率過程, 6190
- ガウス型確率変数, 5953
- ガウス型確率ベクトル, 6155
- ガウス曲率, 8436
- ガウス整数, → 複素整数
- ガウス超過程, 6190
- ガウスの方程式, 8433
- ガウス分布, 5953
- ガウス-ボネの定理, 8475
- 合併, → 和集合
- ガトー微分, → 方向微分, 3996, 5353
- ガロア被覆, 8320, 8773
- 含意, 2114
- ガンマ関数, 6945
- 幾何環, 7816
- 幾何学的多重度, 6385
- 規格化, 4329
- 棄却, 7310
- 奇置換, 4582
- 基底, 9225
  - 開集合の-, 2802, 3331, 8163
- 基底エネルギー, 4848, 5256
- 基底関数, 1936
- 基底状態, 5256
- 軌道, 8129
- 帰納的, 2508
- 基本ウェイト, 7520
- 基本解, 7029
- 基本既約表現, 7521
- 基本近傍系, 2802, 3331
- 基本群, 8256
- 基本形式, 7631
- 基本対称関数, 8767
- 基本ベクトル場, 8217
- 基本列, → コーシー列
- 基本論理式, 6236
- 帰無仮説, 1933
- 既約, 6128, 7807
- 既約元, 7695, 7752
- 既約成分, 7811
- 既約表現, 7510
- 既約分解
  - 代数多様体の-, 7811
- 急減少関数の空間, 4073
- 求心加速度, 6975
- 強圧性, 4846
- 強圧的, 4910
- 強位相, 4302
- 境界, 2794, 5542
- 境界条件, 5086, 5133, 6123
- 境界値問題, 5086
- 境界つき多様体, 5542
- 強可換, 5021
- 狭義正值, 5860
- 狭義対称減少, 6340
- 共形的に同値, 7630
- 強作用素位相, 4457
- 強三角不等式, 4284
- 共終, 6278
- 強収束, 3992, 4302, 4457, 5628
- 強多重劣調関数, 9116
- 共通部分, 1249, 2149, 2313
- 共変外微分, 8366
- 共変微分, 8362
- 共変余微分作用素, 8511
- 強マルコフ性, 6120
- 共鳴現象, 6620
- 共役元, 8177
- 共役子, 6204
- 共役指数, 3611
- 共役事前分布, 7373
- 共役な行列, 4465
- 共役レフシェッツ作用素, 7637
- 強連続一径数半群, 5807
- 極, 4698, 8731, 8792, 9015, 9190
- 極限, 2599, 2638, 2658

- 極座標, 6451
- 極小, 5371
- 極小埋め込み, 8540
- 極小曲面, 8436
- 極小元, 2508
- 極小はめ込み, 8540
- 極小部分多様体, 8540
- 局所化, 7827
- 局所解, 5088
- 局所可積分関数, 4025
- 局所環, 7773
- 局所径数, 5536
- 局所弧状連結, 3020, 8270
- 局所コンパクト, 3188, 3235, 8163
- 局所コンパクト可換群, 4067
- 局所座標, 5455, 5536, 8018
- 局所座標系, 5455, 5536, 8018
- 局所座標に対するヤコビアン, 5549
- 局所自明化, 8341
- 局所正則自明化, 8600
- 局所双正則, 9206
- 局所単連結, 8298
- 局所定数関数, 2766
- 局所凸, 4219
- 局所同相, → 局所同相写像
- 局所半単連結, 8303
- 局所標構, 8060
- 局所変換, 8134
- 局所有限, 3465, 5201, 7982, 8157
- 局所リプシッツ連続, 3957
- 局所劣調和, 8949
- 局所連結, 3020, 8270
- 曲線, 2763, 4650, 5532, 8240
  - 微分可能な-, 8043
- 曲線座標系, 8021
- 曲線の曲率, 6964
- 曲線の長さ, 4657, 8393
- 極大, 5371
- 極大元, 2508
- 極大単調作用素, 4441
- 極大フィルター, 3140
- 極値, 5371
- 極値点, 5371
- 極分解, 4499
- 曲面, 5532
- 曲率, 8367
  - 主束の-, 8561
- 虚数単位, 2533
- 虚部, 2533, 3902, 6205
- 距離, → 距離関数, 2841
- 距離関数, 2631
- 距離空間, 2842
- 距離づけ可能, 3337
- 距離の公理, 2842
- キリング形式, 7471
- キリングの微分方程式, 8150
- キリングベクトル場, 8150, 8521
- 近似単位元, 4027
- 近似点スペクトル, 4824
- 近標準点, 6299
- 近傍, 2633, 2737, 2794
- 緊密, 6029
- 擬凸
  - $C$ -, 9132
- 擬凸集合, 9130
  - $L$ -, 9126
  - $O$ -, 9128
  - $D$ -, 9126
  - $P$ -, 9127
- 逆, 2116
- 逆温度, 1907
- 逆格子ベクトル, 6735
- 逆写像, 1260, 2277
- 逆写像定理
  - 正則関数の-, 7891
- 逆像, 1260, 2346
- 逆向きの曲線, 4651
- 共役線型作用素, → 反線型作用素
- 行列, 4464
  - 正方-, 453
  - 単位-, 453
- 行列環, 2545, 3888
- 行列式, 3945
- 行列の基本変形, 3951
- 行列の成分, 4464
- 行列の掃き出し, 3952
- 行列の左基本変形, 3951
- 行列の標準形, 3952
- 行列の右基本変形, 3951
- 行列表示, 4467
- 擬リーマン多様体, → 準リーマン多様体
- 空間, 2596
  - 試験関数の-, 1185
  - ノルム-, 2850, 3239
- 空間座標, 9788
- 空間的, 7614

- 空集合, 1246, 2149, 9294  
 区間塊, 3831  
 茎, 7838  
 クザン第一分布, 9191  
 クザン第一分布の解, 9191  
 クザン第二分布, 9193  
 クザン第二分布の解, 9194  
 区分行列, → ブロック行列  
 区分的に滑らかな曲線, 8043  
 区分的に連続, 4653  
 区分的に連続微分可能, 4654  
 クリストッフエル記号, 8399  
 クリフォード束, 8653  
 クリフォード代数, 8653  
 クレイン-ミルマンの端点定理, 4528  
 クロス積, → ベクトル積  
 クロネッカーの近似定理, 8101  
 クロネッカーのデルタ, 2202  
 クーロンエネルギー, 6401  
 クーロンゲージ, 5886  
 クーロンポテンシャル, 6400  
 偶置換, 4582  
 グラディエント, → 勾配  
 グラフ, 2201, 2230, 2265, 4300, 4390  
 グラム-シュミットの直交化, 4345  
 グラム行列, 6753  
 グリーソンの定理, 3201  
 グリーン関数, 5144, 7031  
 グリーン作用素, → レゾルベント, 7596  
 グリーンの公式, 8504  
 グロウンウォールの不等式, 5106  
 グロウンウォールの補題, 5105  
 群, 2539, 7671  
   可換-, 7671  
   有限-, 7671  
 系, 2119  
 茎  
   前層の-, 7967  
   層の-, 7954  
 経験エントロピー, 1909  
 経験誤差関数, 1905  
 経験損失, 1905, 1910  
 経験対数損失関数, 1902  
 形式  
   曲率 2-, 8060  
   接続-, 8060  
 形式化, 2147  
 形式的共役, 8719  
 形式的逆写像, 1260, 2346  
 係数環, 2550, 3238  
 係数体, 2550, 3238  
 径数多様体, 5535  
 径数つき多様体, 5532  
 結合分布, → 同時分布, 1858, 5940  
 結合分布関数, 5950  
 結論, 2116  
 ケーラー-アインシュタイン計量, 8644  
 ケーラー-アインシュタイン多様体, 8644  
 ケーラー・アインシュタイン多様体, 8422  
 ケーラー形式, 8621  
 ケーラー計量, 8193, 8621  
 ケーラー多様体, 8193, 8621  
 ケーラーポテンシャル, 8639  
 ケーリー変換, 4968, 4970, 8472  
 (集合の) 元, 1244  
 元, → 要素  
 現座標, 9788  
 原始関数, 8804  
 原始的, 7644, 7705  
 原始ベクトル, 7526  
 現状態, 9788  
 限定論理式, 6237  
 ゲージ, 5885  
 ゲージ変換, 8387  
 ゲージ変換群, 8370, 8387  
 光円錐, 7614  
 交換子, 5020, 8117, 8118  
 交換子積, 7452  
 広義一様収束, 4736  
 広義正值, 5860  
 広義リーマン可積分, 3923  
 降鎖律, 7780  
 格子, 8029, 8931  
 構造群, 8550  
 交代化作用素, → 反対称化作用素  
 交代群, 7680  
 広大化定理, 6272  
 恒等写像, 2234  
 勾配, 3958, 5434, 6993, 9754  
 勾配ベクトル場, 8502  
 勾配流, 9057  
 コサイクル, → 余輪体, 7995, 9185, 9188  
 コサイクル条件, → 余輪体条件, 7995, 8343  
 弧状連結, 3000, 3228, 3391, 8251  
 弧状連結成分, 3020  
 小平-中野の消滅定理, 8641

- コダッチの方程式, 8433  
 コチェイン, → 余鎖, 7994, 9185, 9188  
 コチェイン群, 7994  
 固定部分群, 8218  
 古典型半単純リー環, 7477  
 古典的極限, 5880  
 古典的限界, 5880  
 古典的分配関数, 5880  
 コバウンダリ, → 余境界, 7995, 9000, 9185, 9188  
 コバウンダリ作用素, 7994  
 コホモロジー群, 7995, 9001  
 コホモログ, 7995  
 細かい, → 位相が強い  
     関係が-, 2201  
 固有関数, → 固有ベクトル  
 固有空間, 4824  
 固有写像, 8314  
 固有多項式, 5592  
 固有値, 4823  
 固有値の縮退, 4824  
 固有ベクトル, 4823  
 コリオリの加速度, 6602  
 孤立点, 2741  
 孤立特異点, 4693  
 コルモゴロフの  $\sigma$ -加法族, 3700  
 コルモゴロフの 0-1 法則, 5999  
 コルート, 7488  
 コルート系, 7488  
 コルートの基本系, 7505  
 根基, 7772  
 根源事象, → 標本  
 コンパクト, 3061  
 コンパクト化, 3188, 3235  
 コンパクト開位相, 4767  
 コンパクト空間, 3061  
 コンパクト作用素, 4501, 4994  
 コンパクト台の連続関数環, 3989  
 コーシー応力, 9788  
 コーシー-シュワルツの不等式, 3617, 4330  
 コーシーの積分表示式, 4734, 7939  
 コーシーの評価式, → コーシーの不等式  
 コーシーの不等式, 4691  
 コーシー分布, 5950  
 コーシー-リーマンの方程式, 9072  
 合成写像, 2274  
 合成積, → たたみ込み  
 合同関係, 2203  
 ゴルディングの不等式, 8675  
 ゴールデン-トンプソン不等式, 5881  
 再帰的, 6141  
 サイクル, 4656, 8923  
 最高ウェイト, 7518  
 最小化元, 5252  
 最小元, 2509  
 最大延長解, 5088  
 最大元, 2508  
 最頻値, 7299  
 細分, 5202, 7982, 8157  
 最尤推定法, → 最尤法  
 最尤法, 1884, 7368  
 差集合, 2156  
 差積, 4583  
 鎖則, 5341  
 差分作用素, 6122  
 作用  
     効果的な-, 8218  
     自由な-, 8218  
 作用素  
     可閉-, 4393  
     共役-, 4395  
     コンパクト-, 4408  
     閉-, 4390  
 作用素解析, 4886, 4891, 4922, 4955  
 作用素多項式, 4877  
 作用素の拡大, 4089, 4386  
 作用素の拡張, → 作用素の拡大  
 作用素の制限, 4387  
 作用素のテンソル積, 4608  
 作用素のユニタリ同値, 4840  
 作用素ノルム, 3634, 3861, 4233  
 三角関数の加法定理, 4125, 4757  
 三角多項式, 4940  
 三角不等式, 2842, 2850, 3239  
 参照状態, 9788  
 サンプル, 1906, 7285  
 サードの定理, 8089  
 座標環, 7816  
 座標関数, 5364  
 座標基底, → ホロノミック基底  
 座標近傍, 5455, 5536, 8018  
     ベクトル束の-, 8056, 8341  
 座標近傍系, 5456, 8018  
 座標変換, 5456, 8018  
 ザリスキ位相, 7809, 7813  
 $\sigma$ -加法族, 3436



- $\sigma$ -コンパクト, 3332, 8163
- $\sigma$ -有限, 3462
- シグモイド関数, 1490
- 試験関数の空間, 4137
- 四元数, 7533
- 指数, 9052
  - 行列の-, 8071
  - 正則臨界点の-, 8073
- 指数関数, 4066, 4117, 4749
- 指数型分布族, 7373
- 指数写像, 8131, 8448
- 指数分布, 5949
- 沈め込み, 8097
- 自然基底, → 標準基底
- 自然数, 2113
- 自然対数の底, 4122, 4754
- 自然直線束, 8606
- 自然な情報系, 6067
- 下に有界, 2593, 4848, 4934
- 始点, 8240
- 支配的な形式, 7519
- 指標, 4067
- 射影, 2237, 4335, 7954
  - ベクトル束の-, 8056, 8341
- 射影空間, 2912
  - 複素-, 8195
- 射影系, 5699
- 射影作用素, 4469
- 射影変換, 8042
- 射影変換群, 8042
- 斜交リー環, → シンプレクティックリー環
- 写像, 1258, 2230, 2265
  - 微分可能な-, 8040
- 写像の拡張, 2235
- 写像の制限, 2235
- 写像の直積, 2238, 2318, 2321
- 写像の分解, 2274
- シャッテンクラス, 5018
- シャッテン形式, 4995
- シャッテンノルム, 5018
- 主因子, 8867
- 終域, 1258, 2230
- 終位相, 7963
- 周期
  - 微分形式の-, 8808
- 周期格子, 8933
- 周期準同型, 8808
- 終空間, 4497
- 終結式, 6750
- 集合, 1244
- 集合族, 1264, 2312
- 終射影, 4497
- 集積
  - 集合族の-, 3135
- 集積する, 3133
- 集積点, 3252
- 収束, 2599, 2638, 2854
  - 距離空間での-, 2967
  - 集合族の-, 3135
  - 超関数列の-, 1186
  - $\mathcal{D}(\Omega)$  での-, 1185
  - ネットの-, 3133
- 収束域, 4762
- 収束円, 4114, 4745
- 収束半径, 4114
- 収束半径, 4745
- 終点, 8240
- 周辺確率, 1840
- 周辺分布, 1881
- 周辺尤度, 1908
- 主応力, 9777
- 縮小, 8571
- 縮小作用素, 4802
- 縮小写像, 3357
- 縮小写像の原理, 3358
- 縮退度, 4824
- 縮約, 8354
- 種数, 8856, 9034
- 主束, 8550
- 主定理, 2119
- 主表象, 8710
- 主法線, 6964
- 主要部, 4697
- シュレディンガー作用素, 5819
- シュレディンガー半群, 5819
- Schwartz 空間, → 急減少関数の空間
- シュワルツ空間, → 急減少関数の空間
- シュワルツの公式, 7917
- シュワルツの超関数, 4138
- シュワルツの提灯, 6979
- 商位相, 2909
- 障害, 8953
- 小行列式, 5391
- 商空間, 2909
- 昇鎖律, 7779
- 商写像, 2372

- 商集合, 1255, 2372  
 商束, 8349  
 商ノルム, 4243  
 商バナッハ空間, 4243  
 消滅作用素, 4603  
 初期空間, 4497  
 初期射影, 4497  
 初期条件, 5086  
 初期値, 5805  
 初期値問題, 5086, 5805  
 初期分布, 6114  
 触点, 2794  
 シルベスタ行列式, 6750  
 シルベスタの慣性法則, 8071  
 芯, 4393  
 真空, 4600  
 シングルトン, 9296  
 真性スペクトル, 4859  
 真性特異点, 4698, 8792  
 真の分布, 1907  
 真の分布に対して最適なパラメータの集合, 1903  
 真部分集合, 2111  
 シンプレクティックリー環, 7464  
 信頼区間, 7312  
 $C^r$ -級同値, 5535  
 $C^r$ -級微分同相, 5535  
 $C^\infty$ -級写像, 8040  
 $C^r$ -級関数, 8032  
 $C_c(\Omega)$  の  $L^p$  稠密性定理, 3965  
 $C^*$ -環, 3887  
 シートの数, 8284  
 C. ノイマンの定理, 4803  
 時間依存のないシュレディンガー方程式, 5254  
 時間的, 7614  
 時間並進対称性, 5855  
 次元, 4246  
 次元解析, 5246  
 自己共役元, 3887  
 自己共役作用素, 4415, 4468  
 自己共役な汎関数, 3902  
 自己共役半群, 5807  
 自己同型, 8119  
 事後分布, 1908  
 事象, 5936  
 次章, 3508  
 じすう次数, 8867  
 事前分布, 1907  
 実数, 2113, 2588  
 実数値測度, 3725  
 じっすうち測度の正の部分, 3730  
 実数値測度の正変動, → 実数値測度の正の部分  
 実数値測度の絶対値, 3730  
 実数値測度の全変動, → 実数値測度の全変動  
 実数値測度の負の部分, 3730  
 実数値測度の負変動, → 実数値測度の負の部分  
 実  
   微分形式が-, 8909  
   実解析多様体, 5458  
   実カルタン部分環, 7497  
   実四元数, 7538  
   実射影空間, 8022  
   実性保存作用素, 5860  
   実表現領域, 9067  
   実部, 2533, 3902, 6205  
     微分 1-形式の-, 8909  
   自明束, 8348  
   自明な表現, 7510  
   弱位相, 2889, 4302  
   弱  $L^p$  空間, 6397  
   弱解, 8683  
     因子の-, 8920  
   弱可測, 4569  
   弱コンパクト, 4306  
   弱作用素位相, 4457  
   弱収束, 3992, 4302, 4457, 5628, 6020  
   弱\*収束, → 汎弱収束  
   弱零点定理, 7798  
   弱点列コンパクト, 4309  
   弱微分, 4142  
   従法線, 6964  
   充滿, 6185  
   述語, 1229, 2120  
   巡回加群, 7732  
   巡回行列式, 6741  
   準基, 2822  
   純虚四元数, 7538  
   準コンパクト, 3061  
   順序, 1254, 2203  
   順序関係, 1254  
   順序群, 7861  
   順序写像, 1255, 2221  
   順序対, 2161

- 順序閉集合, 2509
- 純粋に非有界, 4384
- 準素イデアル, 7844
- 準双線型形式, 4328, 4355
- 準双線型形式のノルム, 4356
- 準素分解, 7847
- 準同型, 7466
- 準同型写像, 7726, 8208
  - 層の-, 7977
  - リー群の-, 8209
- 準リーマン計量, 8051
- 準リーマン多様体, 8051
- 自由エネルギー, 1904, 1909
- 自由加群, 7731
- 自由ハミルトニアン, 5254, 5819
- 自由変項, 6237
- 自由変数, 1229, 2120
- 自由ホモトピック, 8296
- 自由ホモトピー類, 8489
- 上界, 2508, 2593
- 上極限, 3281, 3482
- 条件, 1231, 2120
  - 強い-, 2146
  - 弱い-, 2146
- 条件つき確率, 5993
- 条件付き確率, 1842
- 条件つき期待値, 5993
- 上限, 2593
- 上限ノルム, 2851
- 状態, 1924, 6112
- 状態空間, 1924, 6112
- 上半空間, 5542, 8472
- 上半連続, 3069, 7923
- 常微分方程式, 5082
- 上部構造, → 宇宙
- 情報系, 6066, 6098
- 乗法的に保型, 9027
- 乗法的付値, 4284
- 剰余項, 5367
- 剰余スペクトル, 4824
- 剰余体, 7704
- 除外近傍, 4647, 4693
- 除去可能特異点, 4698, 8792
- ジョルダン曲線, → 単純曲線
- ジョルダン標準形, 5595
- ジョルダン分解, 4890
- ジングの定理, 8489
- G-加群, 9000
- G-局所自明化, 9002
- G-擬凸, 9234
- G-擬凸開集合, 9156
- 垂直部分空間, 8557
- 推定量, 1947
- 水平曲線, 8573
- 水平部分空間, 8557
- 水平持ち上げ, 8561, 8567
- 酔歩, → ランダムウォーク
- 数域, 4848
- 数体, 7792
- スカラー, 2550, 3238
- スカラー曲率, 8421
- スカラー三重積, 6730
- スカラー場, 5433, 6993
- スカラーポテンシャル, 6978
- スタイン多様体, 8196, 9232
- スター記法, 2354
- \*-準同型, 4465
- \*-同型, 4466
- \*-有限和, 6264
- スターリングの公式, 7280
- スツルム-リウビル作用素, 5135
- スツルム-リウビルの境界値問題, 5133
- スティルチェス積分, 4949
- ストーンの公式, 5022
- ストーンの定理, 4980
- スペクトル, 4823, 7764
- スペクトル写像定理, 4887, 4960
- スペクトル積分, 4922, 4951, 4987, 4989
- スペクトル測度, 4918, 5056
- スペクトル測度の台, 4919, 5057
- スペクトル族, 4934
- スペクトル族の台, 4935
- スペクトル半径, 4880
- スペクトル分解, 4931
- スペクトル理論, 4791
- スライス, 8106
- スレーター行列式, 8508
- 随伴素イデアル, 7839
- 随伴表現, 7466, 7470, 8216
- (正則直線束が) 正, 8641
- 整, 7789
- 整域, 7685, 7750
- 星雲, 6260
- 整関数, 4737
- 正規, 7792
- 正規化, 7792

- 正規化群, 7675  
 正規化された自由エネルギー, 1904  
 正規化された分配関数, 1904  
 正規型確率変数, 5953  
 正規型常微分方程式, 5084  
 正規空間, 2975, 3223  
 正規作用素, 4468  
 正規座標, 8450  
 正規収束, → 広義一様収束  
 正規族, 7898  
 正規直交系, 4343  
 正規被覆, → ガロア被覆  
 正規付値, 4285  
 正規部分群, 7675  
 正規分布, 1880, 5949, 5953  
 整級数, → ベキ級数  
 星形, 4682  
 正型関数, 6042  
 整形式, 7516  
 正型汎関数, 6176  
 正弦関数, 4125, 4757  
 制限写像, 2239  
   前層の-, 7965  
 制限ホロノミー群, 8570  
 整合的, 3709, 7630  
 正作用素, 4415, 4469  
 斉次座標, 2912  
 斉次座標系, 8022  
 斉次方程式, 5138  
 整従属関係式, 7788  
 正準交換関係, 4424  
 正常値, 8069, 8087  
 正常点, 8069, 8087  
 せいすい正錐, 2221  
 整数, 2113, 2529  
 整数環, 7792  
 生成系, 3438, 4245  
 生成元, 4561, 7731  
 生成作用素, 4605, 4975, 8130  
   一径数局所群の-, 8135  
 生成される位相, 2822  
 生成される加法族, 3438  
 生成子, → 生成作用素  
 正則, 4649, 8184, 8952, 9073  
   各変数ごとに-, 7939  
 正則開集合, 9101  
 正則拡大, 9098, 9208  
 正則化列, 4027  
 正則関数, 8183, 8186, 8728  
 正則関数族に対する正則包, 9208  
 正則化列, 3968  
 正則型, 8200  
 正則座標近傍, 8183  
 正則座標近傍系, 8183  
 正則写像, 7941, 8183, 8186, 8729  
   非自明な-, 8729  
 正則接束, 8596  
 正則切断, 8602  
 正則凸, 9103, 9223  
 正則凸包, 9102, 9216  
 正則同型, 7904, 8729  
 正則な行列, 3949  
 正則な作用素, 4458  
 正則な測度, 3465  
 正則な部分多様体, 8098  
 正則濃度, 6279  
 正則被覆, → ガロア被覆  
 正則変換, 8147  
 正則ベクトル束, 8599  
 正則包, 9101  
 正則余接束, 8597, 9011  
 正則領域, 9101, 9209, 9214  
 正則臨界点, 8070  
 正則稜場, 8600  
 正值, 4328, 5860  
 正值性改良作用素, 5860  
 正值性保存作用素, 5860  
 正值超関数, 4167  
 正值汎関数, 3902  
 正定値, 4328  
 正定値性  
   連続拡張した-, 6047  
 成分, 3943  
   ベクトル場の-, 8111  
 整閉, 7792  
 整閉包, 7792  
 正方向行列, 3943  
 整列集合, 2509  
 積  
   集合の-, 1251  
 跡, 5532  
 積位相, 2879, 2886  
 積空間, 2880, 2886  
 積集合, 1265  
 積測度, 3684  
 積多様体, 8025

- 積分核, 5038, 5148
- 積分可能, 8608
- 積分曲線, 8127
- 積分に対する平均値の定理, 3572, 3574
- 積閉集合, 7697
- 接線応力, 9775
- 接線方向, 7602
- 接空間, 5499, 5523, 5544, 8044
- 接束, 8058, 8347
- 接続, 8060, 8359, 8362
  - 主束上の-, 8556
- 接続形式, 8363, 8399, 8557
- 接続係数, 8399
- 切断, 2913, 7956, 8341, 9010
  - 大域-, 7957
- 切断がなす前層, 7966
- 接ベクトル, 5544, 5567, 8044, 8049
  - の成分, 8048
  - 曲線の-, 8049
- セミノルム, 4267
- セル分割, 8328
- 遷移核, 1926
- 遷移行列, 1925, 6114
- 線型
  - 包, 4347
- 線型位相, 4219
- 線型回帰モデル, 1937
- 線型空間, 2550, 3238
- 線型空間の基底, 4244
- 線型空間の向き, 5485
- 線型作用素, 3860, 4232
- 線型写像, → 線型作用素, 3860, 4232
- 線型従属, 4344
- 線型独立, 4244, 4344, 7709
- 線型汎関数, 3860, 4233
- 線型リー群, 8213
- 線積分, 4657, 6978
- 線束, 9008
- 選択公理, 2319
- 絶対収束, 4113, 4745
- 絶対値, 4495
- 絶対連続, 3736, 3760
- 絶対連続型, 5948
- 絶対連続スベクトル, 4860
- 絶対連続部分空間, 4860
- 零因子, 7750
- 零行列, 3943
- 零集合, 3462, 8088
- 零切断, 7957
- 全エネルギー, 5256
- 全確率の公式, 1843
- 全空間, 8056, 8341
- 全射, 1259, 2407
- 全称命題, 1233, 2121
- 全称量子化子, 1235, 2117
- 前正錐, 2220
- 前層, 7965
- 全体集合, 2146
- 全単射, 2277, 2407
- 全チャーン類, 8582
- 全微分可能性, 5336
- 全フォック空間, 4600
- 全分岐次数, 8888
- 全変動ノルム, 3885, 6131
- 全有界, 3290, 6029
- く関数, 9579
- 層, 7954
- 双曲空間, 8468
- 双曲計量, 8468
- 双曲的非ユークリッド空間, 8052
- 相空間限界, 5880
- 双正則, 8187, 8729
- 双正則写像, 7941, 8186
- 双線型形式, 4327
- 相対位相, 2743
- 相対限界, 5792
- 相対コンパクト, 3188, 3235, 4041, 6029
- 相対的に有界, 5792
- 双対基底, 5471
- 双対空間, 3634, 4233
- 双対群, 4067
- 双対計量, 8404
- 双対性内積, 4231
- 双対接続, 8376
- 双対微分, 8083
- 双対ベクトル束, 8351
- 双対空間, 3860
- 相対的に有限な分散を持つ, 1903
- 相等関係, 2202
- 層の準同型, 7988
- 添字集合, 2311
- 疎行列, 5669
- 束写像, 8060
- 測地線, 8446
- 測地的完備, 8455
- 測度, 3461

- 測度空間, 3461  
 測度空間の完備化, 5618  
 測度収束, 5628  
 測度のジョルダン分解, 3732, 3759  
 測度の同値, 3736, 3760  
 測度のハーン分解, 3734  
 束縛変項, 6237  
 束縛変数, 2121  
 素元, 7695, 7752  
 疎集合, 3361  
 ソボレフ-ガリヤルド-ニーレンバークの不等式, 5213  
 ソボレフ空間, 4146, 9158  
 ソボレフの表示公式, 5226  
 ソルゲンフライ直線, 3445  
 存在域, 5088  
 存在命題, 1234, 2121  
 存在量量子, 1235, 2117  
 像, 2230  
 像位相, 2744, 2916  
 増加過程, 6070  
 増加情報系, → 情報系  
 像加法族, 3504  
 像測度, 1858  
 増分, 6147  
 属する, 2109  
 体, 2548  
 大域解, 5088  
 大域的に生成, 8891  
 対角写像, 2234, 2321  
 対角集合, 2202, 2234  
 対偶, 2117  
 滞在時間, 5990, 6137  
 対称核, 5148  
 対称化作用素, 4590  
 対称群, 3947  
 対称減少再配分, 6339  
 対称差, 2210  
 対称再配分, 6338  
 対称作用素, 4415  
 対称性  
   接続の-, 7169, 8402  
 対称テンソル積, 4590  
 対蹠的, 7541  
 対数凸なラインハルト領域, 9067  
 大数の強法則, 6004  
 大数の弱法則, 6004  
 対数微分, 8921  
 対数尤度関数, 1884  
 体積, 5560  
   リーマン多様体の-, 8398  
 体積形式, 5560, 7579  
 体積積分, 6980  
 体積要素, 5486, 8398  
 対等, 2485  
 対立仮説, 1933  
 高々可算, 1261, 2466  
 互いに素, 2149, 2316  
   集合が-, 1249  
 多項式環, 4035  
 多項式関数, 7715  
 多重円板, 9066  
 多重指数, 4032, 4073  
 多重度, → 縮退度, 8272, 8736  
 多重劣調和関数, 9115  
 たたみ込み, 3964, 4017  
 多様体, 5536  
   微分-, 8019  
 多様体の向き, 5547  
 単位行列, 3943  
 単一連結, 4663  
 単位的環, 2543, 3887, 7749  
 単位の分解, 4934  
 単位の分割, 8159  
 単位の分割に従属する開被覆, 5184  
 単位ベクトル, 4329  
 単位法ベクトル, 5551  
 単関数, 3526, 6313  
 短完全系列, 8000  
 短完全列, 7737  
 単元, 7750  
 単射, 1259, 2407  
 単純曲線, 4651, 7007  
 単純群, 7675  
 単純固有値, 4824  
 単純収束, 2889  
 単純閉曲線の向き, 4652  
 単純ランダムウォーク, 6144  
 単純リー環, 7474  
 単純ルート, 7502  
 単調減少, 3473  
 単調減少な実数値測度, 3727  
 単調作用素, 4440  
 単調増加な実数値測度, 3727  
 単調増加列, 3473  
 単調な測度, 3727

- 端点, 4523  
 単独方程式, 5083  
 単葉, 7901, 9207  
 単連結, 8287  
 台, 3408, 7836  
   因子の-, 8921  
   可測関数の-, 4022  
   微分形式の-, 8812  
 第一可算, 3332  
 第一基本形式, 8429  
 第一類, 4296  
 第一種ゲージ変換, 5885  
 代数, 2554, 7788, 8113  
 代数-幾何対応, 4288  
 代数関数, 8776  
 代数学の基本定理, 4738  
 代数-幾何対応, 3990  
 代数的, 7719  
 代数的多重度, 6385  
 代数的テンソル積, 4561, 4606  
 代数的に独立, 7794  
 第二可算, 3332  
 だいにかさんこうり第二可算公理, 8163  
 第二基本形式, 8429, 8535  
 第二種ゲージ変換, 5885  
 第二双対空間, 4282  
 第二類, 4296  
 ダイバージェンス, → 発散  
 大偏差原理, 1791  
 第 $\lambda$ 成分, 2316  
 楕円型, 8710  
 楕円型正則性, 5311  
 ダフィン方程式, 6638  
 ダランベールの微分方程式, 5122  
 弾性, 9780  
 弾性体, 9787  
 断面, → 切断  
 断面曲率, 8421  
 値域, 1258, 2230, 4300, 4390, 6272  
 チェイン, 4655, 8923  
 チェザロ和, 6958  
 置換の符号, 4582  
 値群, 7862  
 チャップマン-コルモゴロフの等式, 6149  
 チャート, 5180, 5455, 8018  
 チャーン形式, 8370, 8582  
 チャーン類, 8370, 8582  
 中間体, 7718  
 抽象的熱方程式, 5804  
 中心  
   群の-, 7675  
 中心化群, 7675  
 中心化モーメント, 5951  
 中心力, 7002  
 中心力場, 6654  
 忠実, 7727  
 柱状集合, → 筒集合  
 柱状領域, 9225  
 中線定理, 4331  
 稠密, 2795  
 稠密に定義された有界な線型作用素の定理,  
   4090, 4387  
 超越的, 7719  
 超関数, 8966  
 超関数に対する微分積分学の基本定理, 4152  
 超関数微分, 4142  
 超関数列の収束, 4138  
 超曲面, 5532, 8428  
 超自然数, 6259  
 超実数, 6259  
 超弱作用素位相, 4457  
 超整数, 6259  
 超楕円的, 8889  
 超導関数, 4142  
 超フィルター, 3140, 6270  
 重複度, → 縮退度  
 超ベキ, 6233, 6270  
 調和関数, 5290, 7912, 8797  
 調和級数, 9575  
 調和形式, 7591, 8637, 8911  
 調和写像, 8532  
 調和振動, 6613  
 調和振動子, 6613  
 直既約, 7850  
 直積, → 積, 1251, 2162  
 直線, 2596  
   枝分かれた-, 1631  
 直和, 7465, 7731  
 直和位相, 2918  
 直和線型空間, 4299  
 直和内積空間, 4300  
 直和の普遍性, 2322  
 直和ノルム空間, 4299  
 直和バナッハ空間, 4300  
 直和ヒルベルト空間, 4300  
 直径, 2843, 8487

- 直交, 4329  
 直交行列, 5588  
 直交群, 5588, 8214  
 直交系, 4343  
 直交射影, → 射影  
 直交補空間, 4337  
 直交リー環, 7463  
 対, → 順序対  
 対合, 3887  
 対ごとに素, 2150, 2315  
 対ごとに独立, 5982  
 ツォルンの補題, 1266  
 筒集合族, 3700  
 提案分布, 1930  
 定義域, 1258, 2230, 4300, 6271  
 定義関数, 2159, 2236  
 底空間, 7954, 8056, 8341  
   被覆空間の-, 8272  
 停止時刻, → マルコフ時刻  
 定常分布, 6131  
 定常マルコフ連鎖, 6138  
 定数写像, → 定値写像  
 定数層, 7956  
 定値写像, 2235  
 定点, 4935  
 テイラー展開, 4689  
 テイラーの公式, 8142  
 定理, 2119  
    $C_c^\infty(\Omega)$  の  $L^p$  稠密性-, 4031  
 適合性, 6066  
 点, 2109  
 テンション場, 8531  
 点スペクトル, 4824  
 テンソル, 5469  
 テンソル積, 4564, 4565, 5469  
 テンソル代数, 5469  
 転置行列, 4464  
 点列, 2317, 2638  
 点列コンパクト, 3259  
 点列の収束, 3252  
 ディラック作用素, 8654  
 ディラック測度, →  $\delta$  測度  
 ディラックの  $\delta$  関数, →  $\delta$  関数  
 ディラックの  $\delta$  超関数, →  $\delta$  関数  
 ディラックのブラケット, 4995  
 ディラック複体, 8691  
 ディリクレ関数, 3921  
 ディリクレ境界条件, 5133  
 ディリクレ条件, 4911  
 ディリクレ問題, 8943  
 ディンキン族, 3476  
 $d$ -系, 3476  
 $\bar{\partial}$ -問題の弱解, 9157  
 デカルト座標系, 6451  
 デカルト分解, 4471  
 デッキ変換, → 被覆変換, 8309  
 デッキ変換群, 8309  
 デデキントの切断, 2588  
 デュボア-レイモンの補題, 4006  
 $\delta$  測度, 3469  
 $\delta$  超関数, → デルタ関数  
 等温座標系, 9035  
 等距離作用素, 4469  
 等距離写像, 2853, 4249, 8145, 8393  
 等距離的, 8393  
 等距離同型, 4249  
 等距離変換, 8393  
 等距離変換群, 8393  
 統計的推測, 1827  
 統計的学習, → 統計的推測  
 統計的推測, 1907  
 到達確率, 6122  
 到達時刻, 6074, 6101  
 等長埋め込み, 8108  
 等長写像, → 等距離写像  
 特異, 3737, 3760  
 特異解, 5087  
 特異型, 5948  
 特異作用素, 4458  
 特異スペクトル, 4860  
 特異単体, 5513  
 特異チェイン, 5513  
 特異部分空間, 4860  
 特殊解, 5087  
 特殊線型群, 5588  
 特殊線型リー環, 7463  
 特殊直交群, 5588, 8214  
 特殊ユニタリ群, 5588, 8215  
 特性関数, 3713, 6033  
 特徴ベクトル, 1936  
 凸関数, 3589  
 凸集合, 4219, 4335  
 凸集合の台, → フェイス  
 凸包, 4523  
 トレース, 4613, 5017, 7721  
 トレースクラス, 5018



- トレースノルム, 5018  
 トロッター-加藤の積公式, 5798  
 トロッターの積公式, 5797  
 トーラス, 2885, 8025  
 ドゥーブの不等式, 6081  
 導関数, 4649, 5336  
 同型, 7466  
   層の-, 7977  
   被覆空間の-, 8307  
   ベクトル束の-, 8348  
 同型写像  
   ベクトル束の, 8348  
 同次, → 斉次  
 同時分布, 1858, 1881  
 同相, → 同相写像, 2768  
 同相写像, 2768  
   局所-, 2783  
 同値, 2201, 6207  
   アトラスの-, 8019  
   因子が-, 8867  
   距離が定める位相の-, 2842, 3237  
   条件が-, 2147  
 同値関係, 1254, 2201  
 同値類, 2202  
 同等連続, 5098  
 同変, 8551  
 ドゥーブ分解, 6070  
 独立, 3509, 5978, 5979, 5981, 5982  
 独立同試行, 5989  
 ド-モアブルの公式, 4757  
 公式  
   ド-モアブルの公式, 4125  
   ド・モルガンの法則, 2158  
 ドルボーコホモロジー群, 8599  
 ドルボー作用素, 8601  
 ドルボーの補題, 7942, 7945  
 内挿不等式, 5215  
 内的な元, 6252  
 内的な論理式, 6256  
 内点, 2794  
 内部, 2794  
 内部正則, 3465  
 内部積, 7548  
 内部微分, 9000  
 内包的記法, 2158, 2348  
 内容, 7705  
 流れ, 9768  
 ナブラ, 6992  
 軟化作用素, 8679  
 軟化子, 3968, 4027  
 二項関係, 1253, 2200  
 二項分布, 1877, 5940  
 二進有理数, 3171  
 二次変動, → 二次変分  
 二次変分, 6095, 6106  
 二重周期関数, 8740  
 二重双対空間, → 第二双対空間  
 二重否定, 2157  
 ネイピア数, → 自然対数の底, 4122  
 ねじれテンソル, 8399  
 ネット, 3133  
 熱核, 4081, 5820  
 熱作用素, 5807  
 熱積作用素, 5826  
 熱半群, 5807  
 熱方程式, 7023  
 熱力学的極限, 6061  
 ネーター加群, 7783  
 ネーター環, 7780  
 ネーター性  
   位相空間の-, 7810  
 ノイマン関数, 8836  
 ノイマン境界条件, 5133  
 濃度, 2466  
 ノルム, 2850, 3239  
 ノルム位相, 4456  
 ノルム収束, 4456  
 ハイゼンベルグリー環, 7461  
 排他的論理和, 1237, 2115  
 排中律, 2157  
 背理法, 2157  
 ハウスドルフ空間, 2965  
 波数空間, → 運動量空間  
 発散, 5292, 5434, 6993, 8503  
 発散定理, 8504  
 波動関数, 5255  
 はめ込み, 8097  
   等距離的-, 8535  
 半開区間, 2596  
 汎化誤差, 7285, 7360  
 汎化損失, 1905, 1910  
 汎関数ノルム, 3634, 4233  
 半群, 2537  
 反交換子, 5020  
 反射的, → 回帰的  
 反自己双対接続, 8544

- 反磁性不等式, 6373  
 汎弱位相, 4303  
 汎弱コンパクト, 4306  
 汎弱収束, 4303  
 汎弱点列コンパクト, 4309  
 半順序, 1254  
 反正則  
   微分形式が-, 8910  
 反正則型, 8200  
 反正則接束, 8596  
 反正則余接束, 8597  
 半正定値内積, 4328  
 反線型作用素, 4216, 4232  
 半線型汎関数, 4267  
 半双線型関数, → 準双線型形式  
 反対称化作用素, 4590  
 反対称集合, 4532  
 反対称テンソル積, 4590, 5476  
 半単純リー環, 7474  
 判別式, 7876  
 半有界, 4848  
 ハーンバナッハの拡張定理, 4271  
 漠収束, 6021  
 バナッハ-アラオグルの定理, → アラオグルの定理  
   バナッハ-アラオグルの定理, 4306  
   バナッハ環, 3886  
   バナッハ-シュタインハウスの定理, → 一様有界性の原理  
   バナッハ  $*$ -環, 3887  
   バナッハ代数, → バナッハ環  
   バークホルダーの不等式, 6095  
    $\pi$ -系, 3476, 3674  
   パウリの排他律, 4592  
   パラコンパクト, 5202, 7982, 8157  
   パラメーター表示, 2348  
   パーセバルの等式, 4087, 4092, 4348, 4635, 5048  
 非アルキメデスの付値, 4284  
 非拡大作用素, 4802  
 非可算, 1261  
 光的, 7614  
 引き起こされる可逆写像, 2377  
 引き戻し, 2276, 2743, 5451, 5504, 8040, 8799  
 非結合的代数, 8113  
 非再帰的, 6141  
 非周期性, 6128  
 非縮退, 9052  
 非真性特異点, 9190  
 歪み, 9778  
 非斉次座標系, 8023  
 非斉次方程式, 5138  
 非退化  
   キリング形式が-, 7474  
 左イデアル, 2546  
 ひだりいである左イデアル, 7464  
 左移動, 8207  
 左開区間, 3442, 3830, 3831  
 左極限, 2683  
 左逆写像, 2277  
 左手系, 5485, 6578  
 左不変ベクトル場, 8207  
 否定, 2117  
 等しい  
   集合が, 2112  
   集合が, 1245  
 非負, 6113  
 被覆, 2314  
 被覆空間, 8272  
   正則な-, 8309  
 被覆写像, 8272  
 被覆に対する基本対称関数, 8767  
 被覆変換, → デッキ変換  
 非負作用素, 4415, 4468  
 被約, 7769  
 非有界線型作用素, 4384  
 評価写像, 2240  
 表現, 4584, 6207, 8215  
 表現行列, 3943  
 表現空間, 4584, 7510  
 表現の次元, 4585  
 表現の次数, → 表現の次元, 7510  
 表現の直和, 7511  
 標構, 8060  
 標準因子, 8867  
 標準  $m$ -単体, 5513  
 標準  $m$ -立方体, 5513  
 標準化写像, 6262  
 標準基底, 5354  
 標準元, 6251  
 標準正規分布, 5949  
 標準接続, 8603  
 標準束, 8600, 9011  
 標準的, 8272  
 標準的な向き, 4652

- 標準内積, 2630  
 標準部分, 6262  
 標準分解, 2376  
 標本, → サンプル, 1827, 5936  
 標本空間, 3508, 5936  
 標本経路, 6176  
 標本点, 3508  
 ヒルベルト基底, 1147, 1854  
 ヒルベルト空間の次元, 4352  
 ヒルベルト空間論の基本定理, 4347  
 ヒルベルト-シュミット型積分作用素, 5038  
 ヒルベルト-シュミットクラス, 5019  
 ヒルベルト-シュミットノルム, 5019  
 ヒルベルトの基底定理, 7785  
 比例限界, 9780  
 ヒレ-吉田の定理, 4441  
 非連結, 3000, 3228, 3391  
 ビアスキの恒等式, 8380, 8563  
 微細構造定数, 9707  
 ビショップの定理, 4533  
 微分, 5364, 5501, 8067, 8787, 9000  
   写像の-, 8080  
   左-, 5599  
   方向-, 8045  
   右-, 5599  
 微分可能, 5335  
 微分形式, 5500, 5546, 8790  
 微分係数, 4649, 5336  
 微分構造, 5457  
 微分作用素, 5336, 8113  
 微分多様体, 5457  
 微分同相, 3959  
 微分同相写像, 8041  
 微分に対して閉じている, 9216  
 微分表現, 8215  
 ビアソンの  $\chi^2$  統計量, 7337  
 ビオラ-キルヒホッフ応力, 9788  
 ビカル群, 8936  
 ビカールの小定理, 7890  
 ピタゴラスの定理, 4329  
 ビューズ-級数, 8782  
 $p$  進付値, 4285  
 $p$  次平均収束, 5958  
 $p$  次変分, 6093  
 $P$ -準素イデアル, 7845  
 $p$  値, 7310  
 $\phi$  関係, 8121, 8122  
 $\phi$  射影, 8122  
 ファイバー, 2346, 7954, 8056, 8308, 8341  
 ファイバー計量, 8384  
 ファイバー束, 8055  
 ファインマン-カット-伊藤の公式, 5929  
 ファインマン-カットの公式, 5843  
 フィッシャー情報量, 7399  
 フィッシャーの非心超幾何分布, 7334  
 フィルター, 3137, 6270  
 フィルター基底, 3148  
 フェイェールの定理, 6957  
 フェイス, 4522  
 フェルミオン, 4592  
 フェルミオンフォック空間, 4601  
 フェルミ-ディラック統計, 4592  
 フォック, 4600  
 フォン・ノイマン-シャッテンクラス, →  
   シャッテンクラス  
 フォン・ノイマン-シャッテン積, 4995  
 不確定特異点, 9190  
 複素化, 6204, 7624, 8177  
 複素解析, → 関数論  
 複素共役, 2533, 8909  
 複素共役子, → 共役子  
 複素局所座標系, 8184  
 複素構造, 8199, 8609  
   実線型空間に対する-, 8177  
 複素数, 2113  
 複素数値測度, 3725  
 複素整数, 2529  
 複素線積分, 4658  
 複素多様体, 8019, 8020, 8179, 8183  
 複素トーラス, 8194  
 複素微分可能微分, 4649  
 複素部分多様体, 8195  
 複素ベクトル場, 8203  
 複体  
   CW-, 8329  
   セル-, 8328  
 含まれる, → 属する, 1245  
 符号, 3948  
 符号数, 8071  
 付値, 7862  
 付値環, 7856, 7861  
 縁付け行列式, 6741  
 フックの法則, 9779  
 不動点, 3357  
 不動点定理, 3358  
 負の二項分布, 5941

- フビニ-スタディ計量, 8621  
 不分岐, 8745  
 普遍集合, 2146  
 不偏推定量, 1815  
 不変多項式, 8577  
 普遍被覆空間, 8287  
 不変部分空間, 5012, 7510  
 不変分布, 6131  
 フリードリクスの軟化作用素, 8678  
 フレッシュ空間, 8973  
 フレッシュ-コルモゴロフの定理, 4041  
 フレッシュ微分, 5336  
 フレッシュフィルター, 3147, 6270  
 フレドホルム作用素, 4502  
 フレドホルム指数, 4502  
 フレドホルムのこうたい定理, → フレドホルムの択一定理  
 フレドホルムの択一定理, 5004  
 フレドホルムの第一種積分方程式, 5148  
 フレドホルムの第二種積分方程式, 5148  
 フレネル積分, 4707  
 不連続, 4966  
 不連続型, 5948  
 フロー, 8042, 8129  
 フーリエ逆変換, 4094  
 フーリエ逆変換, 4069  
 フーリエ変換, 4068, 4093  
 物質座標, 9787  
 ぶっしつりゅうし物質粒子, 9760  
 部分位相空間, 2744  
 部分加群, 7726  
 部分環, 2543  
 部分群, 2539, 7671  
 部分集合, 1245, 2111  
 部分集合族, 2114, 2312  
 部分束, 8571  
 部分体, 7718  
 部分多様体, 8098  
 部分等距離作用素, 4469  
 部分ベクトル束, 8059, 8348  
 部分リー環, 7453  
 部分列, 3259  
 ブラウン運動, 5831, 6150  
 ブラウン橋, 5872  
 ブロック行列, 5586  
 ブロック対角行列, 5586  
 ブローアップ, 8028  
 分割, 2316  
 分割表, 7327  
 分岐次数, 8888  
 分岐点, 8745  
 分数環, 7821  
 分数積分作用素, 6346  
 分配関数, 1904, 1908, 5874  
 分布, 1858, 3513, 5939, 8222  
 分布関数, 1874, 3510, 5943  
 分布収束, 5628, 5959  
 分母のイデアル, 7864  
 分裂完全列, 7738  
 ブランシュレルの定理, 4097  
 閉埋め込み, 2806  
 閉曲線, 4651  
 平均曲率, 8436  
 平均曲率ベクトル場, 8540  
 平均誤差関数, 1905  
 平均対数損失関数, 1902  
 平均対数尤度, 7368  
 平均値不等式, 5311  
 閉区間, 2596  
 閉形式, 5509, 8797  
 平行移動, 8041, 8383  
 平行  $2m$  面体, 5490  
 閉写像, 2805  
 閉集合, 2633, 2794  
 閉多様体, 8098  
 平坦, 8368  
 閉凸包, 4523  
 閉部分多様体, 8098  
 閉包, 2794  
     作用素の-, 4394  
 平方根, 4495  
 平面, 2596  
 閉リーマン面, 8020  
 閉論理式, 6237  
 ヘッシアン, 5319, 8070, 9051  
 ヘルダー空間, 5222  
 ヘルダーの不等式, 3612  
 ヘルダー連続, 5223  
 変位, 9778  
 変位ベクトル, 6588, 9763  
 変位レトラクション, → 変形レトラクション  
 へんかんかんすう, 8552  
 変換関数, 8341  
 偏極恒等式, 4088, 4331  
 変形, 6207  
 変形レトラクト, 8334

- 偏導関数, 5355  
 偏微分, 5355  
 偏微分係数, 5355  
 変分  
   曲線の-, 8482  
   写像の-, 8530  
 変分ベクトル場  
   曲線に対する-, 8482  
 変分法, 5251  
 変分法の基本補題, 4006  
 ベイズ自由エネルギー, 7387  
 ベキ級数, 4113, 4745  
 ベキ級数展開, 4689  
 べき集合, 1262, 2159  
 べき零, 7750  
 べき零根基, 7769  
 べき等, 7750  
 ベクトル空間, → 線型空間  
 ベクトル三重積, 6732  
 ベクトル積, 5447, 5487  
 ベクトル束, 8056, 8340, 9007  
   同伴する-, 8552  
 ベクトル場, 5433, 5499, 5545, 5567,  
   6993, 8058, 8111, 8347  
 ベッセル関数, 8835  
 ベッセルの等式, 4348, 4635, 5048  
 ベッセルの不等式, 4346  
 ベッチ数, 8917  
 ベルヌーイ試行, 1875  
 ベルヌーイ分布, 1876  
 ベータ関数, 6945  
 ベータ分布, 1880  
 ベール集合, 3464  
 ベール集合族, 3464  
 ベール測度, 3464  
 ペロン類, 8952  
 ホイットニー和, 8352  
 包含写像, 2234  
 方向微分, 5353, 5369  
 方向余弦, 6581  
 包合的, 8222  
 法線, 5551  
 法線応力, 9775  
 法線方向, 7602  
 法則, 3513, 5940  
 法則収束, 5628, 5959, 6020  
 方程式系, 5083  
 法として合同, 2203  
 法ベクトル, 5551  
 法ベクトル空間, 5551  
 訪問階数, 6137  
 保型因子, 8809, 8824, 9001  
 補集合, 1250, 2156  
 保存力場, 6978  
 補題, 2119  
 ホッジ作用素, 7576  
 ホッジ双対指数, 7576  
 ホッジ分解, 8638  
 ホッジリーマン対, 7651  
 ホップ多様体, 8194, 8639  
 ほとんどいたるところ, 3462  
 ほとんど確実に, 5937  
 ホモトピック, 8240  
   0に, 8254  
   道として-, 8253  
 ホモトピー, 8241  
 ホモトピー逆写像, 8245  
 ホモトープ, → ホモトピック  
 ホモログス, 8923  
 ホモロジー群, 8923  
 ホモローグ, 4662  
 補有限フィルター, 3147  
 ホロノミック基底, 7094  
 ホロノミー群, 8570  
 ホロノミー部分束, 8574  
 本質的自己共役作用素, 4415  
 本質的上限, 3555  
 本質的値域, 4830  
 本質的に有界, 3555  
 母集団, 1827  
 ボソン, 4592  
 ボソンフォック空間, 4601  
 ボルテラの第一種積分方程式, 5147  
 ボルテラの第二種積分方程式, 5148  
 ボレル可測関数, 3494, 5623  
 ボレル可測空間, 3440  
 ボレル可測集合, 3440  
 ボレル関数, 3494  
 ボレル関数カルキュラス, → 作用素解析  
 ボレル-カンテリの第一補題, 6005  
 ボレル-カンテリの第二補題, 6005  
 ボレル集合族, 3439  
 ボレル測度, 3464  
 ボース-アインシュタイン統計, 4592  
 ポアソン核, 6358, 8944  
 ポアソン過程, 6152

- ボアソン効果, 9780  
 ボアソン積分, 8944  
 ボアソン点過程, 6062  
 ボアソンの公式, 7917  
 ボアソン比, 9781  
 ボアソン分布, 5948  
 ボアソンのウィルティンガーの不等式, 5234  
 ボアソンの補題, 5509  
 ポテンシャル, 5255  
 ポテンシャルエネルギー, 5256  
 ポントリヤーギン形式, 8587  
 ポントリヤーギン双対性, 4103  
 ポントリヤーギン類, 8587  
 ポーランド空間, 3341  
 埋蔵固有値, 4859  
 末尾加法族, 5998  
 摩天楼層, 8869  
 マルコフ時刻, 6072  
 マルコフ時刻までの情報量, 6075, 6102  
 マルコフ性, 6117  
 マルコフ連鎖, 1925, 1926, 6114  
 マルコフ連鎖モンテカルロ法, 1929  
 マルチンゲール, 6066, 6099  
 マルチンゲール変換, 6084  
 右イデアル, 2547  
 右移動, 8207, 8217  
 右極限, 2683  
 右逆写像, 2277  
 右作用, 8217, 8389  
 右手系, 5485, 6578  
 右連続  
   確率過程が-, 6098  
   情報系が-, 6098  
 道, 8250  
 道リフト性, 8281  
 ミッタク-レフラー分布, 8877, 8897  
 密度関数, 5948  
 見本, → 標本  
 見本平均, → 標本平均  
 ミルマンの定理, 4529  
 ミンコフスキー時空, 7613  
 ミンコフスキーの不等式, 3613  
 ミンコフスキー汎関数, 4278  
 無縁和, 2151, 2316  
 向きづけ可能, 5547, 8588  
 向きと整合的, 5485  
 向きを保つ写像, 5548, 5556  
 無限遠点, 3188, 3235  
 無限遠で消える, 5263, 6338  
 無限遠で消える連続関数環, 3986  
 無限集合, 1261, 2464  
 無限小, 5792  
 無限小近傍, 6299  
 無限小数, 6260  
 無限小生成子, → 生成作用素  
 無限次元, 4246  
 無限大数, 6259  
 無限直和ヒルベルト空間, 4573  
 無限に近い, 6260  
 命題, 1229, 2119, 2120  
 メビウス変換, 4968  
 面積分, 6979  
 面素, 5560  
 目標分布, 1929  
 モジュライ空間, 8545  
 持ち上げ, 8276  
 モナド, 6260, 6299  
 モノ, 8000  
 モノイド, 2537  
 モレイの定理, 5218  
 モレラの定理, 4701  
 モンスター, 7676  
 モンテルの定理, 7897  
 モース関数, 9052  
 モースの定理, 8076  
 モーメント, 5951, 6975  
 ヤコビアン, 3956  
 ヤコビ行列, 3956  
 ヤコビ恒等式, 7454, 8117  
 ヤコビ多様体, 8936  
 ヤコビ場, 8492  
 ヤコビ方程式, 8492  
 矢印記法, 2355  
 ヤングの不等式, 3611, 4020  
 ヤング率, 9780  
 ヤン-ミルズ接続, 8543  
 ヤン-ミルズ汎関数, 8541  
 有界, 2508, 2593, 2633, 2638, 2843, 3252, 4935  
 有界作用素, 3861  
 有界な準双線型形式, 4356, 4460  
 有界変動, 4948  
 有界領域上での多項式環の  $L^p$  稠密性定理, 4035  
 有限階作用素, 4499, 4994

- 有限加法族, 3435
- 有限加法的, 3460
- 有限共起性, 6272
- 有限群, 2539
- 有限集合, 1261, 2464
- 有限次元, 4246
- 有限次元分布, 6207
- 有限数, 6260
- 有限生成, 7731, 7788, 7794
- 有限測度, 3462
- 有限表示, 7731
- 有限粒子線型空間, 4600
- 有限粒子ベクトル, 4600
- 優対角行列, 5675
- 優調和関数, 5290
- 尤度, 7286
- 誘導位相, 2891
- 誘導された向き, 5555
- 尤度関数, 1884, 7368
- 優マルチンゲール, 6067, 6099
- 有理型関数, 8731, 9190
- 有理型切断, 9015
- 有理数, 2113
- 有理数体, 2531
- 有理整数環, 2529
- 湯川ポテンシャル, 4183
- ユニタリ行列, 5588
- ユニタリ群, 8215
- ユニタリ作用素, 4091, 4469
- ユニタリ表現, 4585, 4974
- ユニタリ不変性, 4840
- ユニタリ不変特性, 4840
- ユニタリ不変量, 4840
- ユニタリ変換, → ユニタリ作用素, 4469
- ユークリッド位相, 2740
- ユークリッド空間, 2596, 2631, 8051
- ユークリッド計量, 8428
- ユークリッド内積, → 標準内積, 2630
- ユークリッドノルム, 2631
- 余因子, 5409
- 余因子展開, 5410
- 要素, → (集合の) 元, 2109
- 要素の族, 2316
- 余核, 7737
- 余弦関数, 4125, 4757
- 余次元, 5404
- 余接空間, 5364, 5500, 8052, 8787
- 予測誤差, 7283
- 予測分布, 1908, 7285
- 余像, 2377
- 余微分作用素, 7584
- 四平方恒等式, 6863
- ライプニッツ則, 5345, 8044
  - ベクトル場の-, 8113
- ラグランジュ記述, 9758
- ラグランジュ座標, 9762, 9787
- ラグランジュ乗数, 5407
- ラグランジュ表現, 9762
- ラゲール多項式, 4362
- ラッセルのパラドクス, 2173
- LASSO 正則化法, 7351
- ラドン測度, 3465
- ラドン-ニコディム微分, 3767
- ラブラシアン, 7590, 7912, 8613
  - 一般化された-, 8718
- ラプラス作用素, → ラブラシアン
- ラベル座標, 9761
- $\lambda$ -系, →  $d$ -系
- ランク, → 階数
- ランダウの記号, 4648, 5335
- ランダムウォーク, 6140
- 乱歩, → ランダムウォーク
- リウビルの定理, 4738, 8739
- 離散距離, 2844
- 離散固有値, 4859, 6385
- 離散スペクトル, 4859, 6385
- 離散的
  - 写像が, 8309
- 離散付値, 7855
- 離散付値環, 7856
- リッチ曲率, 8421
- リッチ形式, 8627
- リプシッツ定数, 3957
- リプシッツノルム, 3957
- リプシッツ連続, 3957, 5095
- 粒子の統計, 4592
- 留数, 4700, 8792
  - ミッター-レフラー分布の-, 8877
- 留数定理, 4701
- 流体粒子, 9761
- 領域, 3001
- 量化記号, → 量量子
- 量量子, 2117
- 両側イデアル, 2547
- 両立, 5456, 8018
- 両立性

- 接続の, 7169  
 接続の-, 8402  
 理論  
   スペクトル-, 2755  
 臨界値, 8069, 8087  
 臨界点, 8069, 8087, 9051  
 リンデレーフ空間, 8163  
 リー括弧積, → 交換子積, 8208  
 リー環, 7453, 8119, 8208  
   リー群の-, 8209  
 リー環の表現, 7470, 7510  
 リー環の表現の同値性, 7510  
 リー群, 8207  
 リース-フィッシャーの等式, 4348, 4635, 5048  
 リースの表現定理, 4341  
 リー微分, 7552, 7560, 7563  
 リーマン可積分, 3919  
 リーマン球面, 8194  
 リーマン曲率テンソル, 8410  
 リーマン計量, 8050, 8392  
 リーマン多様体, 8050  
 リーマン-フルビッツの等式, 8888  
 リーマン面, 8020, 8727  
 リーマン-ルベークの補題, 4071  
 累積分布関数, → 分布関数  
 類別, 2374  
 ルジャンドル多項式, 4362  
 ルベーク-ウィーナー測度, 5853  
 ルベーク可測関数, 5623  
 ルベーク可測集合, 3839  
 ルベーク外測度, 3837  
 ルベーク空間, 3557  
 ルベーク-スティルチェス積分, 4949  
 ルベーク測度, 3467, 3839  
 ルベークの意味で  $p$  乗絶対可積分な関数の空間, 3557  
 ルレイ被覆, 8841  
 ルンゲ, 8960  
 ルンゲ対, 9176  
 ルート, 7479  
 ルート系, 7482  
 ルートの基本系, 7499  
 ルートの系列, 7493  
 ルート分解, 7483  
 ループ, 8250  
 零因子, 7836  
 零化イデアル, 7836  
 零環, 2543  
 振形式, 8221  
 零集合, 3810  
 零点, 4739, 8069  
 零点の位数, 4739  
 レイヤークーキ表現, 3689  
 レゾルベント, 4798  
 レゾルベント集合, 4798  
 劣調和, 7926, 8949  
 劣調和関数, 5289  
 劣調和不等式, 7929  
 劣マルチンゲール, 6066, 6099  
 レトラクション, 2771  
   強変形-, 8334  
   変形-, 8333  
 レナード=ジョーンズポテンシャル, 5257  
 レビ形式, 9116  
 レビ-チビタ接続, 8402  
 レビの問題, 9132  
 レフシェッツ作用素, 7636  
 レフシェッツ分解, 7645  
 レベル集合, 4830  
 レリッヒ-コンドラショフの定理, 5232  
 連結, 3000, 3228, 3391  
 連結準同型, 8004  
 連結成分, 3018  
 連鎖律, → 鎖則  
 連続, 2658  
   上半-, 2824  
   右半-, 2824  
 連続関数, → 連続写像, 2658  
 連続関数カルキュラス, → 作用素解析  
 連続写像, 2658, 2762  
 連続スペクトル, 4824  
 連続体, 9757  
 連続体濃度, 2492  
 連続代表元, 5174  
 連続な確率過程, 6207  
 連続の方程式, 7022  
 連続版, 6207  
 連立方程式, 5084  
 レヴィの反転公式, 6035  
 レート関数, 1791  
 ロルニックノルム, 6385  
 ロルニックポテンシャル, 6385  
 ロンスキアン, 5136, 8900  
 論理式, 6236  
 論理積, 1237, 2117



- 論理和, 1237, 2117  
ローテーション, → 回転  
ローブ可測集合, 6320  
ローラン級数, 4695  
ローラン級数体, 8781  
ローラン展開, 4695  
ローレンツ計量, 7613, 8466  
ローレンツ変換, 7616  
ワイエルシュトラス点, 8902  
ワイエルシュトラスの多項式近似定理, 4537  
ワイツェンベックの公式, 8516  
粹束, 8556, 8572  
粹場, 8345  
和集合, 1249, 2151, 2313  
崑, 6130  
ヴァンデルモンドの行列式, 6741  
コーシー列, 3284, 3394  
シャノン情報量, 7360  
ストーン-チェックのコンパクト化, 3204  
リーマン多様体, 8392  
ルベグ-スティルチェス測度, 5944  
ルートの系列, 7493  
ヴェイユ準同型写像, 8578  
ヴィタリの定理, 7901  
分布, 5939  
分数体, 7750  
単位の分割, 5184  
実現可能, 1902  
引き戻し, 8355  
部分ネット, 3134  
除去可能特異点, 9190