

参考文献

2006年6月23日 川村 嘉春

各話題に関して、優れた解説書、入門書、テキストが数多く出版されている。各自の好みに合わせて、選ぶのがよいと思う。HPなどを検索して見ると、解説書やテキストに関する批評や感想が記載されている場合がある。書く人の主観が多少入っていて、読者の平均的な考え方と少し異なる場合もあると思う。実際に、図書館などで実物を手にとってみるのが、好ましい（果たして、本書がどのような評価を受けるのだろうか？期待と不安が入り混じった複雑な心境になる。ここで、本書を批評される方々へお願いをしておこう。「デビュー作であることを考慮に入れて、お手柔らかにお願い致します。」）。というような文章を書いている私自身も極端に偏った参考文献の紹介にならないように注意しなければと思う（文章を書いているとつい夢中になって、余計なことを書いてしまうきらいがあるからである）。

最初は解説書、入門書、テキストを読んで学習するのがよいと思う。さらに興味のある読者は、原論文に当たってください。先駆的な研究に関する代表的な論文をいくつか列挙しました。その当時の物理に関する歴史的な背景知識を踏まえて読むと、より味わい深いものになると思う。

素粒子物理学に関して

優れた解説書や入門書が数多く出版されている。例えば、

南部陽一郎、「クォーク」第2版 素粒子物理はどこまで進んできたか（講談社、1998）。

西島和彦、「素粒子の統一理論に向かって」（岩波書店、1995）。

益川敏英、「いま、もう一つの素粒子論入門」（丸善、1998）。

トーフフト（訳：松木孝幸）、「未知なる宇宙物質を求めて」（森北出版、1999）。

M. Veltman, “Facts and Mysteries in Elementary Particle Physics”, (World Scientific, 2003).

初めて学習される方に最適と思われるテキストとしては、

武田暁、「素粒子」（裳華房、1986）。

坂井典佑、「素粒子物理学」（培風館、1993）。

牧二郎・林浩一、「素粒子物理」（丸善、1995）。

原康夫・稲見武夫・青木健一郎、「素粒子物理学」（朝倉書店、2000）。

戸塚洋二、「素粒子物理」（岩波書店、2000）。

渡邊靖志、「素粒子物理入門」（培風館、2002）。

ハルツェン・マーチン（訳：小林 郎・広瀬立成）、「クォークとレプトン」（培風館、1986）。

エイチスン・ヘイ（訳：藤井昭彦）、「ゲージ理論入門I, II」第2版（講談社、1992）。

J. J. Sakurai, “Advanced Quantum Mechanics” (Addison Wesley, 1967) .

さらに詳しいことを，学習したい方は，

長島順清，「素粒子物理学の基礎 I，II」(朝倉書店，1998)；「素粒子標準理論と実験的基礎」(朝倉書店，1999)；「高エネルギー物理学の発展」(朝倉書店，1999)。

T.-P. Cheng and L.-F. Li, “Gauge theory of elementary particle physics” (Oxford university press, 1984) .

H. Georgi, “Weak Interactions and Modern Particle Theory”, (Benjamin, 1984) .

K. Huang, “Quarks, Leptons & Gauge Fields”, 第2版 (World Scientific, 1992) .

R. E. Marshak, “Conceptual Foundations of Modern Particle Physics” (World Scientific, 1993) .

T. Morii, C. S. Lim and S. N. Mukherjee, “The Physics of the Standard Model and Beyond” (World Scientific, 2004) .

インターネット上で閲覧可能な文献について

素粒子の性質および実験データについては，Particle Date Group により定期的に（偶数年に）刊行されるデータブックが極めて有用である．その最新版は

Particle Date Group, “Review of Particle Physics” (Phys. Lett. **B592**, 2004) .

本書に記載した素粒子に関するデータの多くはこの文献のものを使った．また，このデータに関しては WWW 上の <http://pdg.lbl.gov/> で閲覧することができる．

さらに，素粒子物理学に関する最新の研究論文は，e-print archiv <http://arxiv.org/> に収められていて，無料で掲載およびダウンロードできる．

第1章 素粒子物理学

量子論の成立過程に関するテキストとして

朝永振一郎，「量子力学 I，II」(みすず書房，1951) .

朝永振一郎，「スピンはめぐる」(中央公論社，1974) .

残念なことに，現在，絶版とのことである．ただし，英訳版 “The Story of Spin” は購入可能．

高林武彦，「量子論の発展史」(中央公論社，1977) .

現在は，ちくま学芸文庫から単行本として出版されている．

フント，(訳：山崎和夫)「量子論の歴史」(講談社，1978) .

米谷民明，「量子論入門講義」(培風館，1998) .

第2章 場の量子論

場の量子論を初めて学習される方に最適と思われるテキストとしては，

柏太郎, 「演習場の量子論」(サイエンス社, 2001) .
 坂井典佑, 「場の量子論」(裳華房, 2002) .
 L. H. Ryder, “Quantum Field Theory” 第2版 (Cambridge Univ. Press, 1996) .

さらに詳しいことを, 学習したい方は,

J. D. Bjorken and S. D. Drell, “Relativistic Quantum Mechanics”,
 “Relativistic Quantum Field Theory” (McGraw Hill, 1965) .
 中西襄, 「場の量子論」(培風館, 1975) .
 C. Itzykson and J. B. Zuber, “Quantum Field Theory” (McGraw Hill, 1980) .
 九後汰一郎, 「ゲージ場の量子論 I, II」(培風館, 1989) .
 M. Peskin and D. V. Schroeder, “An Introduction to Quantum Field Theory”
 (Perseus Books, 1995) .
 S. Weinberg, “The Quantum Theory of Fields I, II, III”
 (Cambridge 1995, 1996, 2000) . 次の6冊が訳本である .
 ワインバーグ, (訳: 青山秀明・有末宏明) 「粒子と量子場」(吉岡書店, 1997) .
 ワインバーグ, (訳: 青山秀明・有末宏明) 「量子場の理論形式」(吉岡書店, 1997) .
 ワインバーグ, (訳: 青山秀明・有末宏明) 「非可換ゲージ理論」(吉岡書店, 1998) .
 ワインバーグ, (訳: 青山秀明・有末宏明) 「場の量子論の現代的諸相」(吉岡書店, 2000) .
 ワインバーグ, (訳: 青山秀明・有末宏明・杉山勝之) 「超対称性: 非摂動論的効果と
 拡張」(吉岡書店, 2001) .
 ワインバーグ, (訳: 青山秀明・有末宏明・杉山勝之) 「超対称性: 構成と超対称性標
 準模型」(吉岡書店, 2003) .
 大貫義郎, 「場の量子論」(岩波書店, 2001) .

ゲージ場の量子論を中心にした本としては,

藤川和男, 「ゲージ場の理論」(岩波書店, 1996) .
 近藤慶一, 「ゲージ場の量子論入門」(サイエンス社, 2006) .

物性論関連も含めた本としては,

高橋康, 「物性研究者のための場の量子論 I, II」(培風館, 1976) .

ポアンカレ群のユニタリー表現論に関するより詳しいことを知りたい方は,

大貫義郎, 「ポアンカレ群と波動方程式」(岩波書店, 1976) .

“簡便量子化法” に関しては,

- 九後汰一郎, 「ゲージ場の量子論 I」 第5章 (pp.174-175 および演習問題 5.2) .
- ・ 九後汰一郎, 「特異系の Dirac 流正準量子化が変数の選び方に依らない事」
 『素粒子論研究』71 巻 1 号, pp.49-64 (理論物理学刊行会, 1985).

場の解析力学に関する入門書としては,

高橋康・柏太郎「量子場を学ぶための場の解析力学入門」増補第2版（講談社，2005）。

解析力学および場の解析力学に関しては，

早田次郎「現代物理のための解析力学」（サイエンス社，2006）。

スピンと統計性の関係に関する解説については，

朝永振一郎「スピンはめぐる」第8話。

スピンと統計性の関係およびCPT定理に関して，より詳しいことを知りたい方は，

R. F. Sreater and A. S. Wightman, “PCT, Spin and Statistics, and all that”,
(Benjamin Cummings 1964).

第3章 β 崩壊の理論

ベータ崩壊と弱い相互作用の有効理論に関するテキストとしては，

山田勝美・森田正人・藤井昭彦、「ベータ崩壊と弱い相互作用」（培風館，1974）。

弱い相互作用に関する論文集としては，

新編物理学選集 47 「素粒子の弱い相互作用」小沼通二・中川昌美編（日本物理学会，1972）。

弱い相互作用の普遍性に関する先駆的な考察は，

- K. Iwata, S. Ogawa, H. Okonogi, B. Sakita and S. Oneda, “On the Universality of the Weak Boson-Fermion Interaction”, Prog. Theor. Phys. **13**, pp.19-37 (1955).

時間に依存した摂動論，フェルミの黄金律については，量子力学の教科書を参照せよ。

例えば，

J. J. Sakurai, (訳：桜井明夫)「現代の量子力学（下）」（吉岡書店，1989）第5章。

猪木慶治・川合光「量子力学II」（講談社，1994）第9章。

S. Gasiorowicz, (訳：林武美・北門新作)「量子力学II」（丸善，1998）第21章。

第4章 中間子論

中間子論に関する解説書は，

湯川秀樹「最近の物質観」（講談社，1977）。

ハイゼンベルクによる核力を交換力として理解する試みについては，

- 朝永振一郎「スピンはめぐる」第10話。

湯川による中間子の予言に関する論文は，

- H. Yukawa, “On the Interaction of Elementary Particles. I.”, Proc. Phys.-Math. Soc. Japan **17**, pp.48-57 (1935).

ノーベル物理学賞に関する講演については,

湯川秀樹, 「ノーベル賞講演 物理学 6」 pp.181-200, 中村誠太郎・小沼通二編 (講談社, 1978) .

π 中間子の交換によるポテンシャル $U(r)$ の導出については,

J. J. Sakurai, “Advanced Quantum Mechanics”, 第 10 版, pp.264-266 .

4.4 節で述べた力に関する性質 1 と 2 については,

- M. Peskin and D. V. Schroeder, “An Introduction to Quantum Field Theory”, pp.108-126 .
- 原康夫, 「素粒子論とポテンシャル」『数理科学』No.467 特集/物理学とポテンシャル, pp.41-47, (サイエンス社, MAY 2002) .

第 5 章 量子電磁力学

多くの場の量子論のテキストには量子電磁力学に基づいて散乱断面積の計算が記載されている。例えば, 私の学生時代における標準的なテキストである J. D. Bjorken and S. D. Drell あるいは C. Itzykson and J. B. Zuber によるテキストにおいて, 丁寧な解説がなされている。

量子電磁力学に関する包括的なテキストとしては,

W. Greiner and J. Reinhardt, “Quantum Electrodynamics”, 第 3 版 (Springer, 2002) .

摂動計算に関するテキストとして,

日置善郎, 「場の量子論—摂動計算の基礎—」(吉岡書店) .

ファインマン則に関するより詳しい解説については, 例えば,

中西襄, 「場の量子論」4-2 節 .

$e^- + e^+ \rightarrow \mu^- + \mu^+$ に関する詳しい計算については, 例えば,

牧二郎・林浩一, 「素粒子物理」8.5 節 .

コンプトン散乱に関する詳しい計算については, 例えば,

J. D. Bjorken and S. D. Drell, “Relativistic Quantum Mechanics”, 7.7 節 .

ハルツェン・マーチン, 「クォークとレプトン」6.14 節 .

ラザフォード散乱に関する詳しい計算については, 例えば,

J. D. Bjorken and S. D. Drell, “Relativistic Quantum Mechanics”, 7.2, 7.3 節 .

牧二郎，林浩一，「素粒子物理」8.4 節．

真空偏極に関する詳しい計算については，例えば，

J. D. Bjorken and S. D. Drell, “Relativistic Quantum Mechanics”，8.2 節．

異常磁気モーメントに関する詳しい計算については，例えば，

J. D. Bjorken and S. D. Drell, “Relativistic Quantum Mechanics”，8.6 節．

ハルツェン・マーチン，「クォークとレプトン」7.2，7.3 節．

第6章 繰り込み理論

量子電磁力学に関する論文集（えり抜きの34編の論文）として，

J. Schwinger 編, “Selected papers on Quantum Electrodynamics” (Dover, 1958) .

繰り込み理論に関する解説として，

- ・朝永振一郎，「無限大の困難をめぐって」『科学』19 pp.2-13, (岩波書店, Jan. 1949):
『量子物理学の展望上』pp.289-318 江沢洋・恒藤敏彦編 (岩波書店, 1977) .

ノーベル物理学賞に関する講演については，

朝永・シュウィンガー・ファインマン，「ノーベル賞講演 物理学10」pp.79-151 (講談社, 1978) .

6.1 節で扱った繰り込みに関するより詳しい計算については，

J. D. Bjorken and S. D. Drell, “Relativistic Quantum Mechanics”，第8章．

C. Itzykson and J. B. Zuber, “Quantum Field Theory”，第7章．

有効作用に関するより詳しい内容については，例えば，

九後汰一郎，「ゲージ場の量子論 I」4-5 節．

繰り込み群に関するより詳しい内容については，例えば，

九後汰一郎，「ゲージ場の量子論 II」8-2，8-3 節．

ウォード・高橋恒等式に関する論文は，

- ・ Y. Takahashi, “On the Generalized Ward Identity”, *Nuovo Cimento* **6**, pp.371-375 (1957).

ゲルマン・ローの繰り込み群方程式に関する論文は，

- ・ M. Gell-Mann and F. E. Low, “Quantum Electrodynamics at Small Distances”, *Phys. Rev.* **95**, pp.1300-1312 (1954).

ゼロ電荷の問題についての解説としては、

- ・ 青木健一「素粒子の0電荷問題とその解決」『数理科学』No.509 特集/0の発見, pp.37-42, (サイエンス社, Nov. 2005)。

朝永による超多時間理論に関する論文は、

- ・ S. Tomonaga, “On a Relativistically Invariant Formulation of the Quantum Theory of Wave Fields”, Prog. Theor. Phys. **1**, pp.27-42 (1946).

量子電磁力学に関する共変な定式化に関する論文としては、

- ・ Z. Koba, T. Tati and S. Tomonaga, “On a Relativistically Invariant Formulation of the Quantum Theory of Wave Fields. II. – Case of Interacting Electromagnetic and Electron Fields –”, Prog. Theor. Phys. **2**, pp.101-116 (1947).
- ・ J. Schwinger, “Quantum Electrodynamics. I. A Covariant Formulation”, Phys. Rev. **74**, pp.1439-1461 (1948).

ファインマンによる経路積分に関する論文は、

- ・ R. P. Feynman, “Space-Time Approach to Non-Relativistic Quantum Mechanics”, Rev. Mod. Phys. **20**, pp.367-387 (1948).

シュウィンガーによる Action Principle に関する論文は、

- ・ J. Schwinger, “The Theory of Quantized Fields. I”, Phys. Rev. **82**, pp.914-927 (1951).
- ・ J. Schwinger, “The Theory of Quantized Fields. II”, Phys. Rev. **91**, pp.713-728 (1953).

繰り込み可能性に関する一般論についての先駆的な研究は、

- ・ A. Peterman and E. C. G. Stückelberg, “Restriction of Possible Interactions in Quantum Electrodynamics”, Phys. Rev. **82**, pp.548-549 (1951).
- ・ S. Sakata, H. Umezawa and S. Kamefuchi, “On the Structure of the Interaction of the Elementary Particles, I – *The Renormalizability of the Interactions* –”, Prog. Theor. Phys. **7**, pp.377-389 (1952).

第7章 ヤン・ミルズ理論

ゲージ理論の誕生に関する物語を関連論文を交えながら、紹介している本としては、

- L. O’Raifeartaigh, “The Dawning of Gauge Theory”, (Princeton Univ. Press, 1997)。

ゲージ理論に関する論文集としては、

- J. C. Taylor 編, “Gauge Theories in the Twentieth Century”, (Imperial College Press, 2001)。

新編物理学選集 70 「ゲージ場の理論」吉川圭二・細谷暁夫編 (日本物理学会, 1979)。

ヤンとミルズによるアイソスピン対称性に関するゲージ理論の論文は、

- C. N. Yang and R. L. Mills, “Conservation of Isotopic Spin and Isotopic Gauge Invariance”, Phys. Rev. **96**, pp.191-195 (1954).

内山によるゲージ場の一般論を論じた論文は、

- R. Utiyama, “Invariant Theoretical Interpretation of Interaction”, Phys. Rev. **101**, pp1597-1607 (1956).

また、ゲージ場の一般論に関するテキストは、

内山龍雄「一般ゲージ場論序説」(岩波書店, 1987)。

ゲージ理論の歴史的な発展を追った解説については、

- L. O’Raifeartaigh and N. Straumann, “Gauge theory: Historical origins and some modern developments”, Rev. Mod. Phys. **72**, pp.1-23 (2000).
- 九後汰一郎「ゲージ理論をめぐって –Yang-Mills 50年–」『素粒子論研究』110巻3号, pp.C22-C35 (理論物理学刊行会, 2004).

ヤン・ミルズ理論に関する解説としては、

- 佐々木隆「ヤン・ミルズ方程式」『数理科学』No.504 特集/物理法則と方程式, pp.55-61, (サイエンス社, JUNE 2005)。

桜井による ρ 中間子を非可換ゲージ場とみなす試みに関しては、

- J. J. Sakurai, “Theory of Strong Interactions”, Ann. of Phys. **11**, pp.1-48 (1960).
- J. J. Sakurai, “Currents and Mesons”, (The University of Chicago Press, 1969).

KSUF の関係式に関する論文は、

- K. Kawarabayashi and M. Suzuki, “Partially Conserved Axial-vector Current and the Decays of Vector Mesons”, Phys. Rev. Lett. **16**, pp.255-257 (1966).
- Riazuddin and Fayyazuddin, “Algebra of Current Components and Decay Widths of ρ and K^* Mesons”, Phys. Rev. **147**, pp.1071-1073 (1966).

Hidden local symmetry に関する論文および総合報告は、

- E. Cremmer and B. Julia, “The $N = 8$ Supergravity Theory. I. The Lagrangian”, Phys. Lett. **B80**, pp.48-51 (1978).
- M. Bando, T. Kugo, S. Uehara, K. Yamawaki and T. Yanagida, “Is the ρ Meson a Dynamical Gauge Boson of Hidden Local Symmetry?”, Phys. Rev. Lett. **54**, pp.1215-1218 (1985).
- M. Bando, T. Kugo and K. Yamawaki, “Nonlinear Realization and Hidden Local Symmetries”, Phys. Rep. **164**, pp.217-314 (1988).

ゲージ理論の観点に基づく弱い相互作用に関する先駆的な研究としては、

- J. Schwinger, “A Theory of the Fundamental Interactions”, Ann. of Phys. **2**, pp.407-434 (1957).

第8章 ニュートリノの検証

ライネスとコーワンによる反電子ニュートリノの確認については、

- F. Reines and C. L. Cowan, Jr., “Detection of the Free Neutrino”, Phys. Rev. **92**, pp.830-831 (1953).

ノーベル物理学賞に関する講演については、

- F. Reines, “The neutrino: from poltergeist to particle”, Rev. Mod. Phys. **68**, pp.317-327 (1996).

ミューニュートリノの発見に関しては、

- G. Danby, et al, “Observation of High-Energy Neutrino Reactions and the Existence of Two Kinds of Neutrinos”, Phys. Rev. Lett. **9**, pp.36-44 (1962).

ノーベル物理学賞に関する講演については、

- M. Schwartz, “The first high-energy neutrino experiment”, Rev. Mod. Phys. **61**, pp.527-532 (1989).
- J. Steinberger, “Experiments with high-energy neutrino beams”, Rev. Mod. Phys. **61**, pp.533-545 (1989).
- L. M. Lederman, “Observations in particle physics from two neutrinos to the Standard Model”, Rev. Mod. Phys. **61**, pp.547-560 (1989).

ニュートリノ振動に関する先駆的な研究に関しては、

- Z. Maki, M. Nakagawa and S. Sakata, “Remarks on the Unified Model of Elementary Particles”, Prog. Theor. Phys. **28**, pp.870-879 (1962).

ニュートリノ振動に関してある意味で明暗を分けている論文は、

- Y. Katayama, K. Matumoto, S. Tanaka and E. Yamada, “Possible Unified Models of Elementary Particles with Two Neutrinos”, Prog. Theor. Phys. **28**, pp.675-689 (1962).

第9章 パリティの非保存

パリティの非保存などに関する解説としては、

- 『数理科学』No.215 特集/パリティ, (サイエンス社, May 1981).

ノーベル物理学賞に関する講演については，

ヤン・リー，「ノーベル賞講演 物理学 8」pp.91-128（講談社，1980）。

パリティの非保存の可能性を最初に指摘し，それを検証する実験を提案した論文は，

- T. D. Lee and C. N. Yang, “Question of Parity Conservation in Weak Interactions”, Phys. Rev. **104**, pp.254-258 (1958).

$V - A$ 型相互作用を提案した論文は，

- R. P. Feynman and M. Gell-Mann, “Theory of the Fermi Interaction”, Phys. Rev. **109**, pp.193-198 (1958).
- E. C. G. Sudarshan and R. F. Marshak, “Chirality Invariance and the Universal Fermi Interaction”, Phys. Rev. **109**, pp.1860-1862 (1958).

第10章 ハドロンの法則、模型、対称性

ハドロンの法則、模型、対称性に関する解説については，

- 坂田昌一，大貫義郎，「素粒子の統一模型」『科学』**30**, pp.122-126 (岩波書店，1960).
- 並木美喜雄，「素粒子研究の現状 I」『科学』**37**, pp.402-407 (岩波書店，1967).
- 並木美喜雄，「素粒子研究の現状 II」『科学』**37**, pp.613-618 (岩波書店，1967).
- 小川修三，大貫義郎，「坂田模型の提唱と発展」『科学』**40**, pp.450-456 (岩波書店，1970).
- 大貫義郎，「対称性理論事始」『素粒子論研究』82 巻号 6 号, pp.503-547 (理論物理学刊行会，1991).
- 大貫義郎，「対称性理論ことはじめ」『パリティ』**06**, pp.61-66 (丸善，Oct.1991)。

素粒子物理学において，群論やリー代数に関する基本的な知識は必要不可欠である．群論やリー代数に関する多くの優れたテキストが存在する．ここでは，その一部を掲載する．

D. B. Lichtenberg, “Unitary Symmetry and Elementary Particles”, (Academic Press, 1978) ．

ジョージアイ，(訳：九後汰一郎)，「物理学におけるリー代数」(吉岡書店，1990) ．

H. Georgi, “Lie Algebras in Particle Physics –From Isospin to Unified Theories–”，第2版 (Perseus Books, 1999) ．

佐藤光，「群と物理」(丸善，1992) ．

吉川圭二，「群と表現」(岩波書店，1996) ．

群論やリー代数に関する最小限のことを手っ取り早く学習したい方は，例えば，

T.-P. Cheng and L.-F. Li, “Gauge theory of elementary particle physics” ，4章 ．

より高度な内容と公式を網羅した文献としては，

R. Slansky, “Group Theory for Unified Model Building”, Phys. Rep. **79**, pp.1-128 (1981).

中野・西島・ゲルマンの法則に関する論文は,

- T. Nakano and K. Nishijima, “Charge Independence for V -particles”, Prog. Theor. Phys. **10**, pp.581-582 (1953).
- M. Gell-Mann, “Isotopic Spin and New Unstable Particles”, Phys. Rev. **92**, pp.833-834 (1953).

坂田模型に関する論文は,

- S. Sakata, “On a Composite Model for the New Particles”, Prog. Theor. Phys. **16**, pp.686-688 (1956).
- K. Matumoto, “Some Consequences of the Compound Hypothesis for Elementary Particles”, Prog. Theor. Phys. **16**, pp.583-588 (1956).

$U(3)$ 対称性に関する論文は,

- S. Ogawa, “A Possible Symmetry in Sakata’s Composite Model”, Prog. Theor. Phys. **21**, pp.209-211 (1959).
- M. Ikeda, S. Ogawa and Y. Ohnuki, “A Possible Symmetry in Sakata’s Model for Bosons-Baryons System”, Prog. Theor. Phys. **22**, pp.715-724 (1959).
- M. Ikeda, S. Ogawa and Y. Ohnuki, “A Possible Symmetry in Sakata’s Model for Bosons-Baryons System. II”, Prog. Theor. Phys. **23**, pp.1073-1099 (1960).
- Y. Yamaguchi, “A Model of Strong Interactions”, Prog. Theor. Phys. **11**, pp.37-51 (1959).

八道説に関する論文は,

- Y. Ne’eman, “Derivation of Strong Interactions from a Gauge Invariance”, Nucl. Phys. **26**, pp.222-229 (1961).
- M. Gell-Mann, “Symmetries of Baryons and Mesons”, Phys. Rev. **125**, pp.1067-1084 (1962).

ゲルマン・大久保の質量公式に関する論文は,

- M. Gell-Mann, preprint: “A Theory of Strong Interaction Symmetry”, California Institute of Technology No.CTSL-20, March 15, 1961.
- S. Okubo, “Note on Unitary Symmetry in Strong Interactions”, Prog. Theor. Phys. **27**, pp.949-966 (1962).

第 11 章 自発的対称性の破れ

自発的対称性の破れに関しては, たいていの場の量子論のテキストにおいて丁寧な解説がな

されている．ここでは，解説とテキストを追加する．

- ・ 中西襄，「Goldstone の定理と Higgs 機構」『科学』47 pp.274-280, (岩波書店, 1977) .
H. Umezawa, (訳：有光敏彦・有光直子)「場の量子論」(培風館, 1995) .

南部・イオラナシニオ模型に基づく有効ポテンシャルを用いた解析に関しては，例えば，
九後汰一郎，「ゲージ場の量子論 II」6-2 節．

南部による自発的対称性の破れに関する先駆的な研究に関しては，

- ・ Y. Nambu, “Quasi-Particle and Gauge Invariance in the Theory of Superconductivity”,
Phys. Rev. **117**, pp.648-663 (1960).

南部・イオラナシニオ模型に関する論文は，

- ・ Y. Nambu and G. Jona-Lasinio, “Dynamical Model of Elementary Particles Based on
an Analogy with Superconductivity”, Phys. Rev. **122**, pp.345-358 (1961).
- ・ Y. Nambu and G. Jona-Lasinio, “Dynamical Model of Elementary Particles Based on
an Analogy with Superconductivity. II.”, Phys. Rev. **124**, pp.246-254 (1961).

ゴールドストーン模型に関する論文は，

- ・ J. Goldstone, “Field Theories with $\langle\langle$ Superconductor $\rangle\rangle$ Solutions”, Nuovo Cimento **19**
pp.154-164 (1961).

ゴールドストーンの定理に関する論文は，

- ・ J. Goldstone, A. Salam and S. Weinberg, “Broken Symmetries”, Phys. Rev. **127**,
pp.965-970 (1962).

ヒッグス機構に関する論文は，

- ・ F. Englert and R. Brout, “Broken Symmetry and the Mass of Gauge Vector Mesons”,
Phys. Rev. Lett. **13**, pp.321-323 (1964).
- ・ P. W. Higgs, “Broken Symmetries, Massless Particles and Gauge Fields”, Phys. Lett.
12, pp.132-133 (1964).
- ・ P. W. Higgs, “Broken Symmetries and the Masses of Gauge Bosons”, Phys. Rev.
Lett. **16**, pp.508-509 (1964).
- ・ P. W. Higgs, “Spontaneous Symmetry Breakdown without Massless Bosons”, Phys.
Rev. **145**, pp.1156-1163 (1966).
- ・ T. W. B. Kibble, “Symmetry Breaking in Non-Abelian Gauge Theories”, Phys. Rev.
155, pp.1554-1561 (1967).

ハイゼンベルクが中心となって繰り広げたスピノール元論に関する論文と総合報告は，

- ・ W. Heisenberg, “Quantum Theory of Fields and Elementary Particles”, Rev. Mod.
Phys. **29**, pp.269-278 (1957).

W. Heisenberg, “Introduction to the Unified Field Theory of Elementary Particles”, (Interscience Publishers, 1966).

第12章 クォーク模型

クォーク模型に関する優れた解説書は,
南部陽一郎, 「クォーク」第2版(講談社, 1998)。

クォーク模型に関する最初を提案は,

- M. Gell-Mann, “A Schematic Model of Baryons and Mesons”, Phys. Lett. **8**, pp.214-215 (1964).
- G. Zweig, CERN report No. 8182/TH 401.

大久保・ツバイク・飯塚則に関する論文は,

- S. Okubo, “ φ -Meson and Unitary Symmetry Model”, Phys. Lett. **5**, pp.163-168 (1963).
- G. Zweig, CERN report No. 8419/TH 412.
- J. Iizuka, “A Systematic and Phenomenology of Meson Family”, Prog. Theor. Phys. Suppl. **37, 38**, pp.21-34 (1966).

大久保・ツバイク・飯塚則に関する解説は,

矢崎茂夫, 「OZI 則」『物理学最前線 7』 pp.153-204 (共立出版, 1984)。

スピンとフレーバーに関する $SU(6)$ 対称性に関する論文は,

- F. Gürsey and L. A. Radicati, “Spin and Unitary Spin Independence of Strong Interactions”, Phys. Rev. Lett. **13**, pp.173-175 (1964).
- B. Sakita, “Supermultiplets of Elementary Particles”, Phys. Rev. **136**, pp.B1756-B1760 (1964).
- B. Sakita, “Electromagnetic Properties of Baryons in the Supermultiplet Scheme of Elementary Particles”, Phys. Rev. Lett. **13**, pp.643-646 (1964).

クォーク模型に対するパラフェルミ統計の適用に関する論文は,

- O. W. Greenberg, “Spin and Unitary-Spin Independence in a Paraquark Model of Baryons and Mesons”, Phys. Rev. Lett. **13**, pp.598-602 (1964).

ハン・南部模型に関する論文は,

- M. Y. Han and Y. Nambu, “Three-Triplet Model with Double $SU(3)$ Symmetry”, Phys. Rev. **139**, pp.1006-1010 (1965).

ハドロンに関する4番目の基本粒子の存在を予言した論文は,

- Z. Maki, “The “fourth” Baryon, Sakata Model and Modified $B - L$ Symmetry. I”, Prog. Theor. Phys. pp.331-332 (1964).
- Z. Maki, “The “fourth” Baryon, Sakata Model and Modified $B - L$ Symmetry. II”, Prog. Theor. Phys. pp.333-334 (1964).
- Y. Hara, “Unitary Triplets and the Eightfold Way”, Phys. Rev. **134**, pp.701-704 (1964).

J/ψ の発見に関しては,

- J. J. Aubert, et al, “Experimental Observation of a Heavy Particle J ”, Phys. Rev. Lett. **33**, pp.1404-1406.
- J. -E. Augustin, et al, “Discovery of a Narrow Resonance in e^+e^- Annihilation”, Phys. Rev. Lett. **33**, pp.1406-1408.

宇宙線実験における c を含む新粒子の崩壊現象の発見については,

- K. Niu, E. Mikumo and Y. Maeda, “A Possible Decay in Flight of a New Type Particle”, Prog. Theor. Phys. **46**, pp.1644-1646 (1971).

第13章 カイラル対称性とカレント代数

カイラル対称性に関しても,非常に多くの優れた解説が存在する.ここでは,その一部を掲載する.

- S. B. Treiman, R. Jackiw and D. J. Gross, “Lectures on Current Algebra and Its Applications”, (Princeton Univ. Press, 1972).
- V. de Alfaro, S. Fubini, S. Furlan and C. Rossetti, “Current in Hadron Physics”, (North-Holland, 1973).
- 河原林研「カレント代数と素粒子の対称性」『科学』47 pp.27-35, (岩波書店, 1977).
- 河原林研「素粒子のカイラル対称性- $U(1)$ 問題をめぐって」『物理学最前線 5』pp.1-57 (共立出版, 1983).

非線形 σ 模型に関する論文は,

- M. Gell-Mann and M. Levy, “The Axial Vector Current in Beta Decay”, Nuovo Cimento **16**, pp.705-726 (1960).
- J. Schwinger, “Chiral Dynamics”, Phys. Lett. **24B**, pp.473-476 (1967).
- J. A. Cronin, “Phenomenological Model of Strong and Weak Interactions in Chiral $U(3) \times U(3)$ ”, Phys. Rev. **161**, pp.1483-1494 (1967).
- S. Weinberg, “Nonlinear Realization of Chiral Symmetry”, Phys. Rev. **166**, pp.1568-1577 (1968).
- S. Coleman, J. Wess and B. Zumino, “Structure of Phenomenological Lagrangians. I”, Phys. Rev. **177**, pp.2239-2247 (1969).

- C. Callan, S. Coleman, J. Wess and B. Zumino, “Structure of Phenomenological Lagrangians. II”, Phys. Rev. **177**, pp.2247-2250 (1969).

ゴールドバーガー・トライマンの関係式に関する論文は,

- M. L. Goldberger and S. B. Treiman, “Decay of the Pi Meson”, Phys. Rev. **110**, pp.1178-1184 (1958).

アドラー・ワイスバーガーの関係式に関する論文は,

- S. L. Adler, “Sum Rules Giving Tests of the Local Current Commutation Relations in High-Energy Neutrino Reactions”, Phys. Rev. **143**, pp.1144-1155 (1966).
- W. I. Weisberger, “Unsubtracted Dispersion Relations and the Renormalization of the Weak Axial-Vector Coupling Constants”, Phys. Rev. **143**, pp.1302-1309 (1966).

菅原形式に関する論文は,

- H. Sugawara, “A Field Theory of Currents”, Phys. Rev. **170**, pp.1659-1662 (1968).

カイラル対称性の破れおよび中間子の質量公式に関する論文は,

- R. Dashen, “Chiral $SU(3) \times SU(3)$ as a Symmetry of the Strong Interactions”, Phys. Rev. **183**, pp.1245-1260 (1969).
- R. Dashen, “Some Features of Chiral Symmetry Breaking”, Phys. Rev. **D3**, pp.1879-1889 (1971).
- M. Gell-Mann, R. J. Oakes and B. Renner, “Behavior of Current Divergences under $SU_3 \times SU_3$ ”, Phys. Rev. **175**, pp.2195-2199 (1968).
- S. L. Glashow and S. Weinberg, “Breaking Chiral Symmetry”, Phys. Rev. Lett. **20**, pp.224-227 (1968).

第14章 CP不変性の破れ

CP不変性の破れに関する解説書としては,

三田一郎,「CP非保存と時間反転 失われた反世界」(岩波書店, 2001)。

ゲルマンとパイスの理論に関しては,

- M. Gell-Mann and A. Pais, “Behavior of Neutral Particles under Charge Conjugation”, Phys. Rev. **97**, pp.1387-1389 (1955).

リー、エーメ、ヤンによるCP不変性の破れに関する理論については,

- T. D. Lee, R. Oehme and C. N. Yang, “Remarks on Possible Noninvariance under Time Reversal and Charge Conjugation”, Phys. Rev. **106**, pp.340-345 (1957).

CPの破れに関する最初の発見に関しては,

- J. H. Christenson, J. W. Cronin, V. L. Fitch and R. Turlay, “Evidence for the 2π Decay of the K_2^0 Meson”, Phys. Rev. Lett. **27**, pp.138-140 (1964).

ノーベル物理学賞に関する講演については,

- V. L. Fitch, “The discovery of charge-conjugation parity asymmetry”, Rev. Mod. Phys. **53**, pp.367-371 (1981).
- J. W. Cronin, “ CP symmetry violation - the search for its origin”, Rev. Mod. Phys. **53**, pp.373-383 (1981).

物質の非対称性、バリオン生成に関する先駆的な研究は,

- A. D. Sakharov, “Quark-Muonic Currents and Violation of CP Invariance”, JETP Lett. **5**, pp.27-30 (1967).
- M. Yoshimura, “Unified Gauge Theories and the Baryon Number of the Universe”, Phys. Rev. Lett. **41**, pp.281-284 (1978).
- M. Yoshimura, “Origin of Cosmological Baryon Asymmetry”, Phys. Lett. **88B**, pp.294-298 (1979).

第15章 電弱統一理論

電弱統一理論に関しても,非常に多くの優れた解説が存在する.ここでは,その一部を掲載する.

長島順清「ワインバーグ サラム理論」『物理学最前線12』 pp.77-162(共立出版,1985).

ノーベル物理学賞に関する講演については,

- S. Weinberg, “Conceptual foundation of the unified theory of weak and electromagnetic interactions”, Rev. Mod. Phys. **52**, pp.515-523 (1980).
- A. Salam, “Gauge unification of fundamental forces”, Rev. Mod. Phys. **52**, pp.525-538 (1980).
- S. L. Glashow, “Towards a unified theory: Threads in a tapestry”, Rev. Mod. Phys. **52**, pp.539-543 (1980).

電弱統一理論に関する論文集としては,

- “Selected Papers on Gauge Theory of Weak and Electromagnetic Interactions”, edited by C. H. Lai, (World Scientific, 1981).

カビボの理論に関する論文は,

- N. Cabibbo, “Unitary Symmetry and Leptonic Decays”, Phys. Rev. Lett. **12**, pp.531-533 (1963).

電弱統一理論に関する論文は,

- S. L. Glashow, “Partial-symmetries of Weak Interactions”, Nucl. Phys. **22**, pp.579-588 (1961).
- S. Weinberg, “A Model of Leptons”, Phys. Rev. Lett. **21**, pp.1264-1266 (1967).
- A. Salam, “Weak and Electromagnetic Interactions”, in “Elementary Particle Theory”, (Almqvist and Wiksell, 1968).

電弱統一理論における電荷の普遍性の証明に関しては,

- 青木健一, 「Weiberg-Salam 模型の On-Shell くりこみ」『素粒子論研究』59 巻 6 号, pp.383-472 (理論物理学刊行会, 1979).

GIM 機構に関する論文は,

- S. L. Glashow, J. Iliopoulos and L. Maiani, “Weak Interactions with Lepton-Hadron Symmetry”, Phys. Rev. **D2**, pp.1285-1292 (1970).

ウィークボソンの発見に関するノーベル物理学賞の講演については,

- S. van der Meer, “Stochastic cooling and the accumulation of antiprotons”, Rev. Mod. Phys. **57**, pp.689-697 (1985).
- C. Rubbia, “Experimental observation of the intermediate vector bosons W^+ , W^- , and Z_0 ”, Rev. Mod. Phys. **57**, pp.699-722 (1985).

ヤン・ミルズ理論の繰り込みに関する論文としては,

- G. 't Hooft, “Renormalizable Lagrangian for Massless Yang-Mills Fields”, Nucl. Phys. **B33**, pp.173-199 (1971).
- G. 't Hooft, “Renormalizable Lagrangian for Massive Yang-Mills Fields”, Nucl. Phys. **B35**, pp.167-188 (1971).

ヤン・ミルズ理論の繰り込みと正則化に関する論文としては,

- G. 't Hooft and M. Veltman, “Regularization and Renormalization of Gauge Fields”, Nucl. Phys. **B44**, pp.189-213 (1972).
- G. 't Hooft and M. Veltman, “DIAGRAMMAR”, CERN Yellow report **73-9**, (1973).

ノーベル物理学賞に関する講演については,

- G. 't Hooft, “A confrontation with infinity”, Rev. Mod. Phys. **72**, pp.333-339 (2000).
- M. Veltman, “From weak interactions to gravitation”, Rev. Mod. Phys. **72**, pp.341-349 (2000).

第 16 章 量子力学的異常項

量子力学的異常項に関しても,非常に多くの優れたテキストが存在する。ここでは,その一

部を掲載する.

静谷謙一, 「量子異常」『物理学最前線 29』 pp.1-54 (共立出版, 1992).

藤川和男, 「経路積分と対称性の量子的破れ」(岩波書店, 2001).

K. Fujikawa and H. Suzuki, “Path Integrals and Quantum Anomalies”, (Oxford Univ. Press, 2004).

量子力学的異常項に関する解説書としては,

『数理科学』 No.505 特集/量子異常とは何か, (サイエンス社, July 2005).

量子力学的異常項に関する論文集としては,

新編物理学選集 84 「ゲージ場の理論 II」藤川和男・静谷謙一編 (日本物理学会, 1987).

$\pi^0 \rightarrow 2\gamma$ に関する先駆的な研究に関しては,

- H. Fukuda and Y. Miyamoto, “On the γ -Decay of Neutral Meson”, Prog. Theor. Phys. **IV**, pp.347-357 (1949).
- H. Fukuda, Y. Miyamoto, T. Miyazima, S. Tomonaga, S. Oneda, S. Ozaki and S. Sasaki, “Applicability of Pauli’s Regulator to the γ -Decay of Neutrettos”, Prog. Theor.Phys. **IV**, pp.477-484 (1949).
- J. Steinberger, “On the Use of Subtraction Fields and the Lifetimes of Some Types of Meson Decay”, Phys. Rev. **76**, pp.1180-1186 (1949).

軸性異常項の再発見に関する論文は,

- S. L. Adler, “Axial-Vector Vertex in Spinor Electrodynamics”, Phys. Rev. **177**, pp.2426-2438 (1969).
- J. S. Bell and R. Jackiw, “A PCAC Puzzle: $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ in the σ -Model”, Nuovo Cim. **60A**, pp.47-61 (1969).

トーフートの量子力学的異常項の釣り合い条件に関する論文は,

- G. t’Hooft, “Naturalness, Chiral Symmetry and Spontaneous Chiral Symmetry Breaking”, Recent Development in Gauge Theories, edited by G. t’Hooft et al, (Plenum, New York, 1980).

非可換ゲージ異常項に関する論文は,

- W. A. Bardeen, “Anomalous Ward Identities in spinor field theories”, Phys. Rev. **184** pp.1848-1859 (1969).

ヴェス・ズミノの無矛盾性条件に関する論文は,

- J. Wess and B. Zumino, “Consequences of Anoumalous Ward Identities”, Phys. Lett. **37B**, pp.95-97 (1971).

経路積分法における量子力学的異常項の起源と導出に関する論文は，

- K. Fujikawa, “Path-Integral Measure for Gauge-Invariant Fermion Theories”, Phys. Rev. Lett. **42**, pp.1195-1198 (1979).

電弱統一理論における量子力学的異常項の相殺に関する論文は，

- C. Bouchiat, J. Iliopoulos and Ph. Meyer, “An anomal-free version of Weinberg’s model”, Phys. Lett. **38B**, pp.519-523 (1972).
- D. J. Gross and R. Jackiw, “Effect of anomalies on quasi-renormalizable theories”, Phys. Rev. **D6**, pp.477-493 (1972).

重力異常項に関する論文は，

- T. Kimura, “Divergence of Axial-Vector Current in the Gravitational Field”, Prog. Theor. Phys. **42**, pp.1191-1205 (1969).
- L. Alvarez-Gaumé and E. Witten, “Gravitational Anomalies”, Nucl. Phys. **B234**, pp.269-330 (1984).

大局的な $SU(2)$ 異常項に関する論文は，

- E. Witten, “An $SU(2)$ Anomaly”, Phys. Lett. **117B**, pp.324-328 (1982).

第 17 章 双対共鳴模型

弦理論に関しても，非常に多くの優れたテキストや解説が存在する．ここでは，その一部を掲載する．

- M. B. Green, J. H. Schwarz and E. Witten, “Superstring theory I, II”, (Cambridge Univ. Press, 1987) .
- J. Polchinski, “Superstring theory I, II”, (Cambridge Univ. Press, 1998). 次の 2 冊が訳本である .
- ポルチンスキー，(訳：伊藤克司・小竹悟・松尾泰)「ストリング理論」第 1 巻 (シュプリンガー・フェアラク東京，2004) .
- ポルチンスキー，(訳：伊藤克司・小竹悟・松尾泰)「ストリング理論」第 2 巻 (シュプリンガー・フェアラク東京，2005) .
- J. Scherk, “An Introduction to the theory of dual models and strings”, Rev. Mod. Phys. **47**, pp.123-164 (1975).
- 太田信義「超弦理論・ブレイン・M 理論」(シュプリンガー・フェアラク東京，2002) .
- B. Zwiebach, “A First Course in String Theory”, (Cambridge Univ. Press, 2004).
- 別冊・数理科学『スーパーストリング』，(サイエンス社，2005 年 10 月) .

双対性の発見に関する論文は，

- K. Igi and S. Matsuda, “New Sum Rules and Singularities in the Complex J Plane”, Phys. Rev. Lett. **18**, pp.625-627 (1967).
- 松田哲, 「“ひも”の起源-そのルーツと歴史」別冊・数理科学『スーパーストリング』, pp.6-14, 2005.

南部・後藤作用に関する論文は,

- Y. Nambu, “Duality and Hadrodynamics”, Notes prepared for the Copenhagen High Energy Symposium, 1970. (in “Broken Symmetry –Selected Papers of Y. Nambu–” Eds. T. Eguchi and K. Nishijima, World Scientific, 1995).
- T. Goto, “Relativistic Quantum Mechanics of One-Dimensional Mechanical Continuum and Subsidiary Condition of Dual Resonance Model”, Prog. Theor. Phys. **46**, pp.1560-1569 (1971).

ポリャコフの作用に関する論文は,

- A. M. Polyakov, “Quantum geometry of bosonic strings”, Phys. Lett. **103B**, pp.207-210 (1981).

ハゲドロ温度に関する論文は,

- R. Hagedorn, “Statistical Thermodynamics of Strong Interactions at High Energies”, Nuovo Cimento Suppl. **3**, pp.147-186 (1965).
- R. Hagedorn, “On the Hadronic Mass Spectrum”, Nuovo Cimento **52A**, pp.1336-1340 (1967).
- R. Hagedorn, “Statistical Thermodynamics of Strong Interactions at High Energies. III– Heavy-Pair (Quark) Production Rates”, Nuovo Cimento Suppl. **6**, pp.311-354 (1965).
- R. Hagedorn, “Hadronic Matter Near the Boiling Point”, Nuovo Cimento **56A**, pp.1027-1057 (1967).
- K. Huang and S. Weinberg, “Ultimate Temperature and the Early Universe”, Phys. Rev. Lett. **25**, pp.895-897 (1970).

バイローカル場の理論に関する論文は,

- H. Yukawa, “Quantum Theory of Non-Local Fields. Part I. Free Fields”, Phys. Rev. **77**, pp.219-226 (1950).
- H. Yukawa, “Quantum Theory of Non-Local Fields. Part II. Irreducible Fields and their Interaction”, Phys. Rev. **80**, pp.1047-1052 (1950).

靴ひも理論に関する総合報告としては,

- C. F. Chew “S-Matrix Theory of Strong Interaction”, (Benjamin, 1962).

世界面上の超対称性に関する論文は,

- A. Neveu and J. H. Schwarz, “Quark model of dual pions”, Phys. Rev. **D4**, pp.1109-1111 (1971).
- P. Ramond, “Dual theory for free fermions”, Phys. Rev. **D3**, pp.2415-2418 (1971).
- J. L. Gervais and B. Sakita, “Generalizations of dual models”, Nucl. Phys. **B34** pp.477-492 (1971).

弦理論が重力を含む可能性を指摘した論文に関しては ,

- J. Scherk and J. H. Schwarz, “Dual models for non-hadrons”, Nucl. Phys. **B81**, pp.118-144 (1974).
- J. Scherk and J. H. Schwarz, “Dual models and the geometry of space-time”, Phys. Lett. **52B**, pp.347-350 (1974).
- T. Yoneya, “Connection of dual models to electrodynamics and gravodynamics”, Prog. Theor. Phys. **51**, pp.1907-1920 (1974).

光円錐ゲージにおける弦の場の理論に関する論文は ,

- M. Kaku and K. Kikkawa, “Field theory of relativistic strings I. Tree”, Phys. Rev. **D10**, pp.1110-1133 (1974).
- M. Kaku and K. Kikkawa, “Field theory of relativistic strings II. Loops and pomerons”, Phys. Rev. **D10**, pp.1823-1843 (1974).

Dp ブレインに関する論文は ,

- J. Polchinski, “Dirichlet-branes and Ramond-Ramond charges”, Phys. Rev. Lett. **75**, pp.4724-4727 (1995).

M 理論の提案に関しては ,

- E. Witten, “String theory dynamics in various dimensions”, Nucl. Phys. **B443**, pp.85-126 (1995).

M 理論に関する解説としては ,

- 風間洋一, 「M 理論とは何か」『日本物理学会誌』第 56 巻 4 号 pp.242-252 (2001).
『数理科学』No.466 特集/M 理論とは何か, (サイエンス社, 2002 年 4 月).

膜理論の原型に関する論文は ,

- P. A. M. Dirac, “An extensible model of the electron”, Proc. Roy. Soc. **A268** pp.57-67 (1962).

第 18 章 パートン模型

深非弾性散乱に関する実験については ,

- M. Breidenbach, et al, “Observed Behavior of Highly Inelastic Electron-Proton Scattering”, Phys. Rev. Lett. **20**, pp.935-939 (1969).
- A. Bodek, et al, “Experimental studies of the neutron and proton electromagnetic structure functions”, Phys. Rev. **20**, pp.1471-1552 (1979).

ノーベル物理学賞に関する講演については ,

- R. E. Taylor, “Deep inelastic scattering: The early years”, Rev. Mod. Phys. **63**, pp.573-595 (1991).
- H. W. Kendall, “Deep inelastic scattering: Experiments on the proton and the observation of scaling”, Rev. Mod. Phys. **63**, pp.597-614 (1991).
- J. I. Friedman, “Deep inelastic scattering: Comparisons with the quark model”, Rev. Mod. Phys. **63**, pp.615-672 (1991).

ブヨルケンスケーリングに関する論文は ,

- J. D. Bjorken, “Asymptotic Sum Rules at Infinite Momentum”, Phys. Rev. **179**, pp.1547-1553 (1969).

パートン模型に関しては ,

- R. P. Feynman, “Photon-Hadron Interactions”, (Benjamin, 1972).

カラン・グロスの関係式に関する論文は ,

- C. Callan and D. Gross, “High-energy electroproduction and the constitution of the electric current”, Phys. Rev. Lett. **22**, pp.156-159 (1969).

グロス・ローレンスミスの和則に関する論文は ,

- D. G. Gross and C. H. Lewellyn-Smith, “High-energy neutrino-nucleon scattering, current algebra and partons”, Nucl. Phys. **B14**, pp.337-347 (1967).

アドラーの和則に関する論文は ,

- S. L. Adler, “Sum Rules Giving Tests of Local Current Commutation Relations in High-Energy Neutrino Reactions”, Phys. Rev. **143**, pp.1144-1155 (1966).

ゴットフリードの和則に関する論文は ,

- K. Gottfried, “Sum rule for high-energy electron-proton scattering”, Phys. Rev. Lett. **18**, pp.1174-1177 (1967).

ドレル・ヤン過程に関する論文は ,

- S. D. Drell and T. M. Yan, “Partons and Their Applications at High Energies”, Ann. Phys. **66**, pp.578-623 (1971).

第19章 量子色力学

量子色力学に関しても，非常に多くの優れた解説書やテキストが存在する．ここでは，その一部を掲載する．

原康夫，「量子色力学とは何か」(丸善，1986)．

T. Muta, “Foundations of Quantum Chromodynamics”, 第2版 (World Scientific, 1998).

A. Smilga, “Lectures on Quantum Chromodynamics”, (World Scientific, 2001).

W. Greiner, S. Schramm and E. Stein, “Quantum Chromodynamics”, 第2版 (Springer, 2002).

クォークの質量に関する総合報告は，

J. Gasser and H. Leutwyler, “Quark Masses”, Phys. Rep. **87**, pp.78-169 (1982).

カラー荷に基づくゲージ理論の提案に関しては，

- Y. Nambu, “A Systematics of Hadrons in Subnuclear Physics”, pp.133-142, Preludes in Theoretical Physics, eds, A. De-Shalit, H. Feshbach and L. van Hove, (North-Holland, 1966) (in “Broken Symmetry –Selected Papers of Y. Nambu–”, Eds. T. Eguchi and K. Nishijima, World Scientific, 1995).
- S. Hori, “The Fundamental Triplet and Its New Degree of Freedom”, Prog. Theor. Phys. **36**, pp.131-137 (1966).

量子色力学の歴史に関する一見解として，

- S. L. Adler, “Remarks on the History of Quantum Chromodynamics”, hep-ph/0412297.

量子色力学に関する論文は，

- H. Fritzsch, M. Gell-Mann and H. Leutwyler, “Advantages of the Color Octet Gluon Picture”, Phys. Lett. **26**, pp.365-368 (1973).
- S. Weinberg, “Non-Abelian Gauge Theories of the Strong Interactions”, Phys. Rev. Lett. **31**, pp.494-497 (1973).

漸近的自由性に関する論文は，

- D. J. Gross and F. Wilczek, “Ultraviolet Behavior of Non-Abelian Gauge Theories”, Phys. Rev. Lett. **25**, pp.1343-1346 (1973).
- D. J. Gross and F. Wilczek, “Asymptotically Free Gauge Theories. I”, Phys. Rev. **D8**, pp.3633-3653 (1973).
- H. D. Politzer, “Reliable Perturbative Results for Strong Interactions?”, Phys. Rev. Lett. **25**, pp.1346-1349 (1973).

\overline{MS} スキームに関する論文は，

- W. A. Bardeen, A. J. Buras, D. W. Duke and T. Muta, “Deep-inelastic scattering beyond the leading order in asymptotically free gauge theories”, Phys. Rev. **D18**, pp.3998-4017 (1978).

アルタレリ・パリジの発展方程式に関する論文は,

- G. Altarelli and G. Parisi, “Asymptotic Freedom in Parton Language”, Nucl. Phys. **B126**, pp.298-318 (1977).

ニールセン・オルセンの渦糸に関する論文は,

- H. B. Nielsen and P. Olesen, “Vortex-line models for dual strings”, Nucl. Phys. **B61**, pp.45-61 (1973).

マイスナー効果による閉じ込めの提案は,

- Y. Nambu, “Strings, monopoles, and gauge fields”, Phys. Rev. **D10**, pp.4262-4268 (1974).

双対マイスナー効果による閉じ込めに関する論文は,

- G. t’Hooft, Proc. EPS Int. Conf. Palermo 1975, ed. A. Zichichi, (Editrice Compositori, 1976).
- S. Mandelstam, “Vortices and quark confinement in non-abelian gauge theories”, Phys. Rep. **23C**, pp.245-249 (1976).
- G. t’Hooft, “Topology of the gauge condition and new confinement phases in non-abelian gauge theories”, Nucl. Phys. **B190**, pp.455-478 (1981).

双対ギンスブルグ・ランダウ理論に関する論文は,

- T. Suzuki, “A Ginzburg-Landau Type Theory of Quark Confinement”, Prog. Theor. Phys. **80**, pp.929-934 (1988).
- S. Maedan and T. Suzuki, “An Infrared Effective Theory of Quark Confinement based on Monopole Condensation”, Prog. Theor. Phys. **81**, pp.229-240 (1989).

BRS 量子化とクォークの閉じ込めに関する論文および総合報告は,

- T. Kugo and I. Ojima, “Manifestly Covariant Canonical Formulation of Yang-Mills Theories Physical State Subsidiary Conditions and Physical S-Matrix Unitarity”, Phys. Lett. **73B**, pp.459-462 (1978).

T. Kugo and I. Ojima, “Local Covariant Operator Formalism of Nonabelian Gauge Theories and Quark Confinement Problem”, Prog. Theor. Phys. Suppl. **66**, pp.1-130 (1979).

ペンタクォークに関する論文は,

- T. Nakano, “Evidence for a Narrow $S = +1$ Baryon Resonance in Photoproduction from the Neutron”, Phys. Rev. Lett. **91** pp.012002-1 ~ 012002-3 (2003).
- D. Diakonov, V. Petrov and M. Polyakov, “Exotic anti-decuplet of baryons: prediction from chiral solitons”, Z. Phys. **A359**, pp.305-314 (1997).

クォーク・グルーオンプラズマに関する解説としては、例えば、

- 秋葉康之, 浜垣秀樹, 「RHIC での高エネルギー原子核衝突実験の幕開け」『日本物理学会誌』第 59 巻 5 号 pp.291-299 (2005).
- 平野哲文, 浜垣秀樹, 「ジェットで探るクォークグルーオンプラズマ」『日本物理学会誌』第 59 巻 12 号 pp.862-870 (2005).

第 20 章 格子ゲージ理論

格子ゲージ理論や格子上の場の理論に関しても、非常に多くの優れた解説書やテキストが存在する。ここでは、その一部を掲載する。

岩崎洋一, 「格子ゲージ理論」『物理学最前線 11』 pp.83-146 (共立出版, 1985) .

青木慎也, 「格子上のカイラルフェルミオン」『現代物理最前線 7』 pp.1-61 (共立出版, 2002) .

青木慎也, 「格子上の場の理論」(シュプリンガー・フェアラク東京, 2005) .

格子ゲージ理論に関する論文は、

- K. G. Wilson, “Confinement of quarks”, Phys. Rev. **D10**, pp.2445-2459 (1974).

ウィルソンによる繰り込み群の理論については、

- K. G. Wilson, (訳: 阿部龍蔵) 「くりこみ群と臨界現象」『日本物理学会誌』第 39 巻 pp.81-101 (1984).
- K. G. Wilson, “Renormalization Group and Strong Interactions”, Phys. Rev. **D3** pp.1818-1846 (1971).
- K. G. Wilson, “The renormalization group: Critical phenomena and the Kondo problem”, Rev. Mod. Phys. **47** pp.773-840 (1975).

ウィルソンによる繰り込み群の理論を含む繰り込み理論に関する解説としては、

- 青木健一, 「くりこみ理論入門」『数理科学』No.312 特集/場の理論, pp.34-39, (サイエンス社, JUNE 1989) .
- 青木健一, 「くりこみとくりこみ群の意味」『素粒子論研究』80 巻 4 号, pp.D51-D71 (理論物理学刊行会, 1990) .

スカラー粒子の質量に関する「自然さ」については、

- G. t'Hooft, "Naturalness, Chiral Symmetry and Spontaneous Chiral Symmetry Breaking", Recent Development in Gauge Theories, edited by G. t'Hooft et al, (Plenum, New York, 1980).

ディラックの巨大数仮説に関しては,

- P. A. M. Dirac, "A new basis for cosmology", Proc. R. Soc. Lond. **A165**, pp.199-208 (1938).
P. A. M. Dirac, "Directions in Physics", (John Wiley & Sons, 1978) 第5章.
次が訳本である.
ディラック (訳: 有馬朗人・松瀬丈浩) 「ディラック現代物理学講義」(培風館).

ニールセン・二宮の定理に関する論文は,

- H. B. Nielsen and M. Ninomiya, "Absence of Neutrinos on a Lattice I. Proof by Homotopy Theory", Nucl. Phys. **B185**, pp.20-40 (1981).
- H. B. Nielsen and M. Ninomiya, "Absence of Neutrinos on a Lattice II. Intuitive Topology Proof", Nucl. Phys. **B193**, pp.173-194 (1981).

ギンスパーク・ウィルソンの関係式に関する論文は,

- P. H. Ginsparg and K. G. Wilson, "A Remnant of Chiral Symmetry on the Lattice", Phys. Rev. **D25**, pp.2649-2657 (1982).

ミレニアム懸賞問題に関しては,

- <http://www.claymath.org/>

カラー超伝導に関する先駆的な研究に関する総合報告は,

- D. Bailin and A. Love, "Superfluidity and Superconductivity in Relativistic Fermion Systems", Phys. Rep. **107**, pp.325-385 (1984).

QCDの解析に関する $1/N$ 展開に関する論文は,

- G. t'Hooft, "A Planar Diagram Theory for Strong Interactions", Nucl. Phys. **B72**, pp.461-473 (1974).
- G. t'Hooft, "A Two-dimensional Model for Mesons", Nucl. Phys. **B75**, pp.461-470 (1974).

江口・川合模型に関する論文は,

- T. Eguchi and H. Kawai, "Reduction of Dynamical Degrees of Freedom in the Large- N Gauge Theory", Phys. Rev. Lett. **48**, pp.1063-1066 (1982).

第21章 小林・益川理論

小林・益川理論に関しても，非常に多くの優れた解説書や解説が存在する．ここでは，その一部を掲載する．

吉川圭二，「トップ・クォークを求めて」(丸善，1985)．

大場一郎，「小林・益川の理論」『物理学最前線 14』 pp.1-56 (共立出版，1986)．

長島順清，「CPの破れはどうなったか」『現代物理最前線 1』 pp.1-47 (共立出版，2000)．

- C. Jarlskog, “Introduction to CP Violation”, pp.3-40, in “CP Violation”, edited by C. Jarlskog, (World Scientific, 1989).

トップクォークの物理に関する解説は，

- 隅野行成，「次世代 e^+e^- 加速器とトップ・クォークの物理」『日本物理学会誌』第 57 巻 10 号，pp.719-727 (2002).

小林・益川による原論文は，

- M. Kobayashi and T. Maskawa, “CP-Violation in the Renormalizable Theory of Weak Interaction”, Prog. Theor. Phys. **49**, pp.652-657 (1973).

小林・益川行列のヴォルヘンシュタインの表示に関する論文は，

- L. Wolfenstein, “Parametrization of the Kobayashi-Maskawa Matrix”, Phys. Rev. Lett. **51**, pp.1945-1947 (1983).

ガイラードとリーによる CP の破れに関する解析については，

- M. K. Gaillard and B. W. Lee, “Rare decay modes of the K mesons in gauge theories”, Phys. Rev. **D10** pp.897-916 (1974).
- T. Inami and C. S. Lim, “Effects of Superheavy Quarks and Leptons in Low-Energy Weak Processes $K_L \rightarrow \mu\bar{\mu}$, $K^+ \rightarrow \pi^+\nu\bar{\nu}$ and $K^0 \leftrightarrow \bar{K}^0$ ”, Prog. Theor. Phys. **65**, pp.297-314 (1981).

CP の破れに関する必要十分条件に関する論文は，

- C. Jarlskog, “Commutator of the Quark Mass Matrices in the Standard Electroweak Model and a Measure of Maximal CP Nonconservation”, Phys. Rev. Lett. **55**, pp.1039-1042 (1985).

B メソン系に関する CP の破れに関する論文は，

- I. I. Bigi and A. I. Sanda, “Notes on the observability of CP violations in B decays”, Nucl. Phys. **B193**, pp.85-108 (1981).
- A. B. Carter and A. I. Sanda, “CP violations in B -meson decays”, Phys. Rev. **D23**, pp.1567-1579 (1981).

第 22 章 ニュートリノの問題

最近のニュートリノ物理の進展は目覚ましい。その都度、それらに関しても多くの優れた解説書や解説が出版されている。ここでは、その一部を掲載する。

長島順清, 「ニュートリノの謎」(サイエンス社, 1982)。

川崎雅裕, 「謎の粒子-ニュートリノ」(丸善, 1996)。

小柴昌俊, 「ニュートリノ天体物理学入門」(講談社, 2002)。

『数理科学』No.428 特集/素粒子物理学の新展開ニュートリノ：標準理論を超える手掛り (サイエンス社, Feb.1999)。

『パリティ』1月増刊号「ニュートリノノーベル賞で輝く物理の世界」(丸善, 2003)。

『日本物理学会誌』特集「ニュートリノの物理：小柴昌俊氏のノーベル物理学賞受賞を記念して」第58巻, 第5号, pp.313-366 (2003)。

ニュートリノ物理に関するテキストとしては,

M. Fukugita and T. Yanagida, “Physics of Neutrinos and Applications to Astrophysics”, (Springer, Berlin, 2003).

MSW 効果に関する論文は,

- L. Wolfenstein, “Neutrino oscillations in matter”, Phys. Rev. **D17**, pp.2369-2374 (1978).
- L. Wolfenstein, “Neutrino oscillations and stellar collapse”, Phys. Rev. **D20**, pp.2634-2635 (1979).
- S. P. Mikheyev and Y. Yu Smirnov, “Resonance enhancement of oscillations in matter and solar neutrino spectroscopy”, Sov. J. Nucl. Phys. **42**, pp.913-917 (1985).
- S. P. Mikheyev and Y. Yu Smirnov, “Resonant Amplification of ν Oscillations in Matter and Solar-Neutrino Spectroscopy”, Nuovo Cimento **9C**, pp.17-26 (1986).

シーソー機構に関する論文は,

- T. Yanagida, “Horizontal Gauge Symmetry and Masses of Neutrinos”, in Proceedings of Workshop on the Unified Theory and the Baryon Number in the Universe, ed. by O. Sawada and A. Sugamoto (KEK report 79-18) pp.95-98 (1979).
- M. Gell-Mann, P. Ramond and R. Slansky, “Complex Spinors and Unified Theories”, in Supergravity, ed. by P. van Nieuwenhuizen and D. Z. Freedman (North-Holland, Amsterdam) pp.315-321 (1979).

ジー模型に関する論文は,

- A. Zee, “A Theory of Lepton Number Violation and Neutrino Majorana Masses”, Phys. Lett. **93B**, pp.389-393 (1980).

大気ニュートリノ問題に関する論文は,

- K. S. Hirata, et al, “Experimental Study of the Atmospheric Neutrino Flux”, Phys. Lett. **B205**, pp.416-420 (1988).
- Y. Fukuda, et al, “Measurement of a small atmospheric ν_μ/ν_e ratio”, Phys. Lett. **B433**, pp.9-18 (1998).

軽いニュートリノの数の決定などを含む LEP の成果については,

- 竹下徹, 折戸周治, 『 e^+e^- 衝突装置 LEP による統一理論の検証: 初年度の成果』『日本物理学会誌』第 46 巻 pp.643-650 (1991).

超新星ニュートリノに関する論文は,

- K. Hirata, et al, “Observation of a Neutrino Burst from the Supernova SN1987A”, Phys. Rev. Lett. **58**, pp.1490-1493 (1987).
- K. Hirata, et al, “Observation in the Kamiokande-II detector of the neutrino burst from the Supernova SN1987A”, Phys. Rev. **D38**, pp.448-458 (1988).
- R. M. Bionta, et al, “Observation of a Neutrino Burst in Coincidence with Supernova 1987A in the Large Magellanic Cloud”, Phys. Rev. Lett. **58**, pp.1494-1496 (1987).

K2K 実験に関する論文は,

- M. N. Ahn, et al, “Indications of Neutrino Oscillation in a 250 km Long-Baseline Experiment”, Phys. Rev. Lett. **90**, pp.041801-1 ~ 041801-5 (2003).

ジオニュートリノに関する論文は,

- T. Araki, et al, “Experimental investigation of geologically produced antineutrinos with KamLAND”, Nature **436**, pp.499-503 (2005).

第 23 章 標準模型とそれを超えて

標準模型を超えて理論に関するテキストは,

- R. N. Mohapatra, “Unification and Supersymmetry The Frontiers of Quark-Lepton Physics” 第 2 版 (Springer-Verlag, 1992).

大統一理論に関する総合報告およびテキストは,

- P. Langacker, “Grand Unified Theories and Proton Decay”, Phys. Rep. **72**, pp.185-385 (1981).
- G. G. Ross, “Grand Unified Theories” (Addison Wesley, 1984).

超対称性に関するテキストは,

- J. Wess and J. Bagger, “Supersymmetry and Supergravity”, 第 2 版 (Princeton Univ. Press, 1992).

超対称性に基づく模型の構築に関する総合報告およびテキストは，

H. P. Nilles, “Supersymmetry, Supergravity and Particle Physics”, Phys. Rep. **110**, pp.1-162 (1984).

N. Polonsky, “Supersymmetry Structure and Phenomena – Extensions of the Standard Model” (Springer-Verlag, Heidelberg, 2001).

余剰次元の物理に関する解説書および解説は，

坂東昌子，中野博章，「四次元を超える時空と素粒子 – 隠された次元」『現代物理学最前線 5』 pp.1-72 (共立出版，2001)。

- 川村嘉春，「高次元時空の世界から 4 次元時空の世界を眺める」『日本物理学会誌』第 57 巻 9 号，pp.654-661 (2002).

テクニカラー模型に関する論文は，

- S. Weinberg, “Implications of dynamical symmetry breaking”, Phys. Rev. **D13**, pp.974-996 (1976).
- S. Weinberg, “Implications of dynamical symmetry breaking: An addendum”, Phys. Rev. **D19**, pp.1277-1280 (1979).
- L. Susskind, “Dynamics of spontaneous symmetry breaking in the Weinberg-Salam theory”, Phys. Rev. **D20**, pp.2619-2625 (1979).

パチ・サラム模型に関する論文は，

- J. C. Pati and A. Salam, “Lepton number as the fourth “color””, Phys. Rev. **D10**, pp.275-289 (1974).

大統一理論に関する論文は，

- H. Georgi and S. L. Glashow, “Unity of All Elementary-Particle Forces”, Phys. Rev. Lett. **32**, pp.438-441 (1974).
- H. Georgi, H. R. Quinn and S. Weinberg, “Hierarchy of Interactions in Unified Gauge Theories”, Phys. Rev. Lett. **33**, pp.451-454 (1974).

超対称性標準模型における量子補正による $SU(2)_L \times U(1)_Y$ 対称性の破れに関する論文は，

- L. Ibáñez and G. G. Ross, “ $SU(2)_L \times U(1)$ symmetry breaking as a radiative effect of supersymmetry breaking in GUTs”, Phys. Lett. **110B**, pp.215-220 (1982).
- K. Inoue, A. Kakuto, H. Komatsu and S. Takeshita, “Aspects of Grand Unified Models with Softly Broken Supersymmetry”, Prog. Theor. Phys. **68**, pp.927-946 (1982).

超対称性標準模型におけるヒッグス粒子の質量の量子補正に関する論文は，

- Y. Okada, M. Yamaguchi and T. Yanagida, “Upper Bound of the Lightest Higgs Boson Mass in the Minimal Supersymmetric Standard Model”, Prog. Theor. Phys. **85**,

pp.1-5 (1991).

- Y. Okada, M. Yamaguchi and T. Yanagida, “Renormalization-group analysis on the Higgs Mass in the softly-broken Supersymmetric standard model”, Phys. Lett. **B262**, pp.54-58 (1991).
- H. E. Haber and R. Hempfling, “Can the Mass of the Lightest Higgs Boson of the Minimal Supersymmetric Model be Larger than M_Z ?”, Phys. Rev. Lett. **66**, pp.1815-1818 (1991).
- J. Ellis, G. Ridolfi and F. Zwirner, “Radiative corrections to the masses of supersymmetric Higgs bosons”, Phys. Lett. **B257**, pp.83-91 (1991).

超対称性に関する先駆的な試みは ,

- H. Miyazawa, “Baryon Number Changing Currents”, Prog. Theor. Phys. **36**, pp.1266-1276 (1966).
- Y. A. Golfand and E. P. Likhtman, “Extension of the Algebra of Poincaré Group Generators and Violation of P Invariance”, JETP Lett. **13**, pp.323-326 (1971).
- A. Neveu and J. H. Schwarz, “Quark model of dual pions”, Phys. Rev. **D4**, pp.1109-1111 (1971).
- P. Ramond, “Dual theory for free fermions”, Phys. Rev. **D3**, pp.2415-2418 (1971).
- J. L. Gervais and B. Sakita, “Generalizations of dual models”, Nucl. Phys. **B34** pp.477-492 (1971).
- D. V. Volkov and V. P. Akulov, “Is the Neutrino a Goldstone Particle?”, Phys. Lett. **46B**, pp.109-110 (1973).
- J. Wess and B. Zumino, “Supergauge Transformations in Four Dimensions”, Nucl. Phys. **B70**, pp.39-50 (1974).

ゲージ結合定数の統一に関する論文は ,

- C. Giunti, C. W. Kim and U. W. Lee, “Running Coupling Constants and Grand Unification Models”, Mod. Phys. Lett. **A6**, pp.1745-1755 (1991).
- J. Ellis, S. Kelley and D. V. Nanopoulos, “Probing the desert using gauge coupling unification”, Phys. Lett. **260**, pp.131-137 (1991).
- U. Amaldi, W. de Boer and H. Fürstenau, “Comparison of grand unified theories with electroweak and strong coupling constants measured at LEP”, Phys. Lett. **260**, pp.447-455 (1991).
- P. Langacker and M. Luo, “Implications of precision electroweak experiments for m_t , ρ_0 , $\sin^2 \theta_W$, and grand unification”, Phys. Rev. **D44**, pp.817-822 (1991).

スーパーパートナーの質量の統一に関する論文は ,

- Y. Kawamura, H. Murayama and M. Yamaguchi, “Probing the symmetry-breaking pattern using sfermion masses”, Phys. Lett. **324**, pp.52-58 (1994).

- Y. Kawamura, H. Murayama and M. Yamaguchi, “Low-energy effective Lagrangian in unified theories with nonuniversal supersymmetry-breaking terms”, Phys. Rev. **D51**, pp.1337-1352 (1995).

超対称性大統一理論に関する論文は ,

- N. Sakai, “Naturalness in Supersymmetric GUTS”, Z. Phys. **C11**, pp.153-157 (1981).
- S. Dimopoulos and H. Georgi, “Softly Broken Supersymmetry and $SU(5)$ ”, Nucl. Phys. **B193**, pp.150-162 (1981).

超対称性大統一理論の陽子崩壊に関する論文は ,

- S. Weinberg, “Supersymmetry at ordinary energies. Masses and conservation laws”, Phys. Rev. **D26**, pp.287-302 (1982).
- N. Sakai and T. Yanagida, “Proton decay in a class of supersymmetric grand unified models”, Nucl. Phys. **B197**, pp.533-542 (1982).

高次元時空におけるゲージ粒子の一部をヒッグス粒子とみなす提案については ,

- D. B. Fairlie, “Higgs Fields and the Determination of the Weinberg Angle”, Phys. Lett. **82B**, pp.97-100 (1979).
- N. S. Manton, “A New Six-dimensional Approach to the Weinberg-Salam Model”, Nucl. Phys. **B158**, pp.141-153 (1979).

細谷機構に関する論文は ,

- Y. Hosotani, “Dynamical Mass Generation by Compact Extra Dimensions”, Phys. Lett. **126B**, pp.309-313 (1983).
- Y. Hosotani, “Dynamics of Non-integrable Phases and Gauge Symmetry Breaking”, Ann. of Phys. **190**, pp.233-253 (1989).

オービフォールドに基づく超対称性大統一理論に関する論文は ,

- Y. Kawamura, “Triplet-Doublet Splitting, Proton Stability and an Extra Dimension”, Prog. Theor. Phys. **105**, pp.999-1006 (2001).
- L. Hall and Y. Nomura, “Gauge unification in higher dimensions”, Phys. Rev. **D64**, pp.055003-1 ~ 10 (2001).