E 研究室

素粒子論研究室

棚橋誠治教授

久野純治教授

*棚橋誠治	教授	*Masaharu Tanabashi, Prof.*
久野純治	教授	*Junji Hisano, Prof.*
前川展祐	准教授	*Nobuhiro Maekawa, Assoc. Prof.*
早川雅司	准教授	*Masashi Hayakawa, Assoc. Prof.*
戸部和弘	准教授	*Kazuhiro Tobe, Assoc. Prof.*
酒井忠勝	准教授	*Tadakatsu Sakai, Assoc. Prof.*
重森正樹	G30教授	*Masaki Shigemori, G30 Prof.*
井黒就平	YLC助教	*Syuhei Iguro, YLC Assist. Prof.*
寺田隆広	特任助教	*Takahiro Terada, Assist. Prof.*

素粒子論は，物質の起源，基本的相互作用の起源，さらには時間・空間（時空）そのものの起源など，自然界のもっとも根源的な法則を理論面から追及するものである．素粒子論分野は，湯川秀樹が切り開き，朝永振一郎，坂田昌一，南部陽一郎，益川敏英，小林誠ら日本人の貢献がとくに著しい．このような学問を発展させるためには，独創的な発想に富んだ若い研究者が常に求められている．当研究室の雰囲気を一言で言えば‘自由’であろう．「根源的法則」を究めようとする野心的な若者の個性を最大限引き出すべく，研究室のスタッフはそれぞれ異なる分野の専門家として若者の多様な研究意欲に応えているが，自由な発想を尊重するがゆえに，たとえば研究対象は「素粒子」でなくてさえよい．

当名古屋大学における素粒子論研究は1942年坂田昌一によるE研究室創設に始まる．この80年あまりの間に，ミューオン・ミューニュートリノの導入（「2中間子論」）をはじめとして，クォーク模型の原型となった「坂田模型」などの「複合理論」，牧・中川・坂田（MNS）によるニュートリノ振動の予見とレプトンに対するMNS行列の提唱，トップクォーク・ボトムクォークを予言した小林・益川（KM）のCP対称性の破れの理論（クォークに対するKM行列）など，数多くの革命的業績を挙げてきた．また，多くの優れた人材を世界各地に送り出し，人材の宝庫として稀有の役割を果たしてきた．特に，当研究室出身の益川敏英，小林誠両氏の2008年ノーベル物理学賞受賞は記憶にあたらしいところである．この輝かしい伝統は現在に至るまで着実に受け継がれている．

現在の素粒子論は，「強い相互作用」，「電磁相互作用」，「弱い相互作用」という「力」の起源を担う素粒子（ゲージボソン）に関するゲージ理論と，「物質の起源」を担う素粒子（クォーク・レプトン）に関するMNS行列・KM行列に基づく理論とを柱とする「標準模型」を基盤とし，標準模型を超えるさらに根源的な理論（統一理論）の構築を目指している．宇宙初期のきわめて高温の時点（ビッグバン）では宇宙全体が素粒子の法則に直接支配されていたと考えられ，自然界最大の構造である宇宙の成り立ちの謎もまた，素粒子論研究に深い関連を持っている．さらには時間・空間の起源に迫る量子重力を含む統一理論としての弦理論も活発に研究されている．当研究室ではこれらの理解を目指し様々なアプローチから研究を行っている．

ヒッグスの物理

現代素粒子論において，ヒッグス粒子は素粒子の「質量の起源」を説明するために導入された粒子であり，質量起源の謎や階層性問題を解く上で鍵となる粒子であると考えられている．当研究室では，質量起源の謎や階層性問題の解答をあたえる新物理がヒッグス粒子の性質に与える影響を研究し，LHCなどの加速器実験において得られた実験結果と比較検証することで，標準理論を超える理論の解明を目指している．また，そのような理論が予言する新粒子の直接探索可能性に関する理論研究を進めている．

超対称性と大統一理論

統計性の異なるボゾンとフェルミオンの間の対称性（超対称性）の素粒子模型への導入は階層性問題の解として有望であり，さらにその方向は力の統一である大統一理論（GUT）に繋がる．当研究室では超対称大統一模型を含む超対称性のある素粒子模型の構築を行い，それらの模型に関して，LHC等におけるコライダー物理，B中間子物理・ニュートリノ物理などのフレーバー物理や，宇宙バリオン数非対称性，暗黒物質，インフレーション等の宇宙論的諸問題，さらには超対称性の破れの機構について精力的に研究している．

左から順に，重森G30教授，前川准教授，酒井准教授，戸部准教授

井黒助教、寺田助教とE研の学生達

宇宙暗黒物質とテラ電子ボルト（TeV）スケールの物理

宇宙の暗黒物質は，宇宙が昔熱かったころに作られ今に残った未知の素粒子の可能性がある．現在の宇宙の暗黒物質の存在量からその素粒子の質量はTeVスケールにあることが期待され，また，超対称模型など標準模型を超える理論においてTeVスケールの質量をもつ暗黒物質の候補となる素粒子が予言されている．今後，LHC実験，地上での暗黒物質直接探索，高エネルギー宇宙線探索などにより10年以内に暗黒物質の正体が明らかになるかもしれない．当研究室では，様々な観測，実験結果をもとに，TeVスケールの標準模型を超える理論を多角的に研究し，暗黒物質の正体を明らかにすべく研究を行っている．

余剰次元理論における素粒子現象

超弦理論においては，通常の空間3次元・時間1次元以外の余分な次元が自然に現れる．余剰次元のアイデアはまた，素粒子質量起源に関しての階層性問題を解決する有力な可能性のひとつでもある．当研究室では，余剰次元理論の予言する素粒子現象を，主として低エネルギー理論の立場から精力的に研究している．この研究はまた，素粒子質量の起源を強結合理論の帰結と考える理論との関連も深い．

超弦理論

素粒子が点状ではなく拡がりを持つ「弦」だと仮定する弦理論は，重力まで含む究極の統一理論の最有力候補である．その研究対象は数理的側面から実験に直接関わる現象論的内容まで非常に多岐にわたっている．

なかでも当研究室ではゲージ理論と弦理論の間の双対性に関する研究，特に弦理論を用いた量子色力学（QCD）の解析を精力的に行い，また，対称性の概念を拡張した高次形式対称性等，新しい概念の研究を通して，場の理論と弦理論のより深い理解を目指している．

また，ブラックホールは，重力と量子力学を無矛盾に統一すると考えられる弦理論の重要な研究対象である．ホーキングの情報損失問題など，ブラックホールの量子的物理には多くの未解明問題が残されている．当研究室ではホログラフィー・超重力理論・共形場理論などの様々な弦理論的手法を用いてブラックホールの量子的物理・微視的構造の解明に取り組んでいる．

ゲージ場の量子論的な力学の理解と応用

物質間に働く力は，少なくとも摂動論的な量子場の理論の枠組みにおいて無矛盾に定式化されることを要求すると，ゲージ相互作用と湯川型相互作用の2種類に限られてしまう．このうち，実質的な予言を与えることが可能な対象は，ゲージ相互作用が支配的な諸物理量である．当研究室では，その代表的な例である，電子の異常磁気モーメントに関し，最高精度での計算を遂行している．また，レプトンの諸量に対して強い相互作用（QCD）が及ぼす寄与の計算をはじめ，ゲージ場の量子理論の非摂動的力学に関する研究を進めている．

最近の博士論文

神田　行宏（2024）「SU(N)×U(1)ヒッグス模型における宇宙ひもの古典的安定性と標準模型を超える素粒子模型への応用」
古市　亜門（2024）「ジェットの解剖学・コライダー物理における深層学習の利用と解釈性の向上」
伊藤　善康（2022）「テンソルネットワーク法に基づく2次元Lorentz型Quantum Regge Calculusの解析」
中島　立稀（2022）「高次元アクシオン電気力学の高次群構造の解析」
山田　篤幸（2022）「ゲージ･ヒッグス統合模型におけるヒッグス･ポテンシャルの有限性とその予想に対する反証」
藤原　素子（2021）「電弱相互作用するスピン1暗黒物質の現象論」
井黒　就平（2020）「b→clν過程における素粒子標準模型および新物理模型による現象論」
内田　祥紀（2020）「ヒッグス有効模型の拡張」
居石　直久（2020）「リサージェンスを用いた異なる量子化の手法の統一的な理解」
前海　真志（2020）「AdS/CFT対応を用いたexactly marginal演算子の相関関数の解析」
平賀　祐輝（2020）「ゲージ化された線型シグマ模型を用いたTaub-NUT空間上の弦理論の解析」
松下　康平（2020）「電弱相互作用を行うベクトル暗黒物質模型の構築」

https://www.eken.phys.nagoya-u.ac.jp
*連絡先　tanabash@eken.phys.nagoya-u.ac.jp

教授：3／准教授：4／助教：2／ PD：1／ DC：13／ MC：11