
セクター理論における分類空間の幾何学的構造

(研究課題番号 15540117)

平成15年度～平成17年度科学研究費補助金

(基盤研究(C))

研究成果報告書

平成18年3月

研究代表者 小嶋 泉

(京都大学数理解析研究所助教授)

京都大学図書



1060666965

附属図書館

はしがき

3年間の科学研究費補助金の支援を得て遂行された当研究計画の内容は、主として量子場に代表される無限自由度量子系の数学的構造に関わるものであるが、その成果は大略次のように要約できる：計画の出発点で目指した初期の目標は、対称性とその破れおよび熱的性質に基づいて無限自由度量子系の量子状態を特徴づけ、「(状態族の)分類空間の幾何構造」の視点からそれらを分類し記述・解釈するための理論的枠組を構成・整備することであったが、本研究を通じてこの目標は大枠で実現されると共に、状態概念に重点を置いた問題設定から大きく踏み出して物理系を記述する代数自体及びそれに働く群作用の決定をも視野に入れ、当初の予想にない射程で問題を論ずる状況となった。

具体的に見ると、状態分類は表現の中心環に属する秩序変数だけで指定可能な「セクター」と「セクター内部」という2つのレベルの区別が重要である。前者については破れのない内部対称性に付随したセクター構造を扱う Doplicher-Haag-Roberts のセクター理論が知られていたが、その一般的本質を “selection criterion” の概念およびそれが果たす「方程式」並びに圏論的 adjunction としての役割に見出し、Galois 理論と密接な関連での接合積の機能に着眼することで、破れた対称性や対称性以外の文脈でのセクター概念の扱いとその普遍的記述の枠組を提起した [論文 1-5]。そこからセクター内部に踏み込むには、中心環を極大可換部分環に置き換え、群・Kac 代数の双対性で重要な Kac-竹崎作用素を導入することが本質的で、これにより観測過程の一般的数学的構成が可能になる [論文 8]。更に状態の同定に必要な観測データのなす数学的構造の情報から、逆にそれを生成するマイクロ量子系の無限次元非可換代数も再構成できることが、接合積に関する竹崎双対定理から分かる。量子場の type III 局所部分環の再現には外部作用で与えられる dynamics が本質的なこともこの文脈で明らかとなり、観測によって動力学を決定するという問題までもが新たな数学的課題となってきた (I.Ojima and M.Takeori, How to observe quantum fields and recover them from observational data? -Takesaki duality as a Micro-Macro duality-, in preparation)。

2006年3月

研究組織

研究代表者 小嶋泉 (京都大学・数理解析研究所 助教授)

研究経費

交付決定額 (配分額) (金額単位：千円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 15 年度	1,100	0	1,100
平成 16 年度	1,000	0	1,000
平成 17 年度	1,000	0	1,000
総計	3,100	0	3,100

研究発表

(1) 学会誌等

1. Non-equilibrium local states in relativistic quantum field theory,
Fundamental Aspects of Quantum Physics, QP-PQ: Quantum Probability
and White Noise Analysis (eds. L. Accardi and S. Tasaki), Vol.17, pp. 48-
67 (2003.05)
2. How to formulate non-equilibrium local states in QFT?
– General characterization and extension to curved spacetime–,
pp. 365-384 in “A Garden of Quanta, Essays in honor of Hiroshi Ezawa”,
World Scientific (2003.08)
3. A unified scheme for generalized sectors based on selection criteria
–Order parameters of symmetries and of thermality and physical meanings of
adjunctions–,
Open Systems and Information Dynamics **10**, 235-279 (2003)
4. Temperature as order parameter of broken scale invariance,
京都大学数理解析研究所講究録 1386 「繰り込み群の数理科学での応用」,
pp. 156-175 (2004.07).
5. Temperature as order parameter of broken scale invariance,
Publ. RIMS (Kyoto University) **40**, No.3, 731-756 (2004.09).
6. Phenomenology of G/H duality –Bidual and holonomy as hysteresis –,
Proc. of Workshop on quantum field theory at Schloss Ringberg
(<http://library.mppmu.mpg.de/webdocs/conf/Ringberg04/Proceedings/ojima.ps>)
(2004.04)
7. p -Nuclearity in a new perspective,
Lett. Math. Phys. **73**, 1-15 (2005) (with C.J. Fewster, Dep. of Math., Univ. of
York and M. Porrmann, II. Institut für Theoretische Physik, Univ. Hamburg)
8. Micro-macro duality in quantum physics,
pp. 143–161 in Proc. Intern. Conf. on Stochastic Analysis: Classical and Quan-
tum (ed. by T. Hida) (2005.11)
9. Generalized sectors and adjunctions to control micro-macro transitions,
to appear in Quantum Information and Computing, QP-PQ: Quantum Prob-
ability and White Noise Analysis Vol.19 (2006)

(2) 口頭発表

1. Algebraic and Categorical aspects in Quantum Physics I & II,
Borel Seminar 2003 (2003.06)
2. Temperature as order parameter of broken scale invariance,
京都大学数理解析研究所研究集会「繰り込み群の数理科学での応用」(2003.09)
3. Generalized sectors and adjunctions to control micro-macro transitions,
Invited talk at International Conference on Quantum Information, 2003
– Mathematical, Physical Engineering and Industrial Aspects –
国際高等研究所 (2003.11)
4. Phenomenology of G/H duality –Bidual and holonomy as hysteresis –,
Workshop on quantum field theory at Schloss Ringberg, Bayern, Germany
(2004.02)
5. Phenomenology of G/H duality –Bidual and holonomy as hysteresis –,
京都大学数理解析研究所研究集会「量子系の数理とその量子コンピュータへの
応用」(2004.02)
6. 流体渦場のゲージ構造と Noether 第二定理,
京都大学数理解析研究所短期共同研究「流体渦場のゲージ構造と変分原理」
(2004.03)
7. Modular structure, group duality, and physics, I, II, III, IV & V,
Mini Course in Troisieme Cycle Swiss Romande de Mathematiques,
(2004.05-06)
8. Micro-macro duality in quantum physics,
Invited talk at International Conference “Stochastic Analysis: Classical and
Quantum”
名城大学理工学部 (2004.11)
9. 量子物理学におけるマイクロ・マクロ双対性,
国際高等研究所研究会「量子情報の数理」(2004.11)
10. ミクロ・マクロ双対性について,
「ホワイトノイズ理論」学会, 名城大学理工学部 (2005.01)
11. Measurement scheme in QFT as group duality,
Invited talk at 26th Conference: “Quantum Probability and Infinite Dimen-
sional Analysis” (Trento, Italy) (2005.02)
12. Micro-macro duality and selection criteria,
早稲田大学理工学部特定領域研究(2) 研究課題名「非線形・非平衡領域にお
けるドレスト状態に関する理論的研究」に基づくワークショップ (2005.03)

13. ミクロ・マクロ双対性と selection criteria,
国際高等研究所研究集会「量子情報の数理」(2005.03)
14. Micro-Macro Duality in Quantum Analysis, I, II, III & IV,
Mini Course in Troisieme Cycle Swiss Romande de Mathematiques (2005.06)
15. ミクロ・マクロ双対性と量子場の再構成を目指して,
京都大学数理解析研究所 RIMS 共同研究「量子解析におけるミクロ・マクロ双対性」(2005.11)
16. ミクロ・マクロ双対性と量子場—量子古典対応への代数的アプローチ—,
お茶の水女子大学理学部素粒子論研究室 (2005.11)
17. 量子情報・量子計算のための作用素環入門,
近畿大学理工学部 (2005.12)
18. How to recover quantum fields from observational data?
名城大学理工学部 (2006.01)
19. Physical and operational meaning of Micro-Macro duality as Fourier-Galois dualities,
Solvay Institute, Universite Libre de Bruxelles (2006.02)
20. Physical and operational meaning of Micro-Macro duality as Fourier-Galois dualities,
Invited talk at Internatinal Conference “White Noise Analysis and Quantum Information”
名城大学理工学部 (2006.02)
21. Physical meaning of Micro-Macro duality formulated mathematically as Fourier-Galois dualities,
国際高等研究所研究会「量子情報の数理」(2006.02)
22. ミクロ・マクロ双対性—量子場をマクロデータから再構成する数学的方法—,
KEK 研究会「量子論の諸問題と今後の発展」での招待講演
高エネルギー加速器研究機構 (2006.03)

(3) 出版

1. "A Garden of Quanta -Essays in Honor of Hiroshi Ezawa" (共編著)
(Editors: J. Arafune, A. Arai, M. Kobayashi, K. Nakamura, I. Ojima, N. Sakai, A. Tonomura, K. Watanabe), World Scientific Publ. Co. Ltd. (2003.08)
2. 「だれが量子場を見たか」,
pp. 65 - 107 in 『だれが量子場をみたか』(数理物理シンポジウム講演集) 江澤洋・中村孔一・渡辺敬二編, 日本評論社 (2004.07)