様式 C-7-2

自己評価報告書

平成２３年５月１５日現在

機関番号：１０１０１
研究種目：基盤研究（C）
研究期間：2008 ～ 2012
課題番号：２０５２０００２
研究課題名（和文） 量子揺動の論理—圏論による記述：時空の起源からの考察

研究課題名（英文） Logic of Quantum Fluctuation Described in Terms of Category Theory: Investigation of the Origin of Space-Time

研究代表者
中戸川　孝治　（NAKATOGAWA KOJI）
北海道大学・大学院文学研究科・教授
研究者番号：２０２３７３１６

研究分野：哲学・論理学
科研費の分科・細目：哲学・　哲学・倫理学
キーワード：哲学　部分構造論理　圏論　時空　宇宙論　量子力学の基礎　量子論理　国際研究者交流

１．研究計画の概要

（１）古典論理以外の非標準論理、とりわけ、部分構造論理の法則が適用されるような領域は、われわれの活動のおよぶ範囲に、実際にあるのだろうか。これが当該科研の基本問題意識である。そのような領域があるとしたら、どのような意味で、部分構造論理の法則がその領域に応用されている、といえるのか。本研究の遂行において、論理学、哲学、計算機数理、量子力学の基礎、宇宙物理の研究者がそれぞれの分野の最先端の知見をもとに、密接な討議によりこれらの問いへの答えを探究する。

（２）上述の問題意識をもとに、探究する研究課題の概要は以下のものである。宇宙方程式の特殊解（デーデル解）の観測データによる否定とゲーデル実在論の関係（羽部朝男、中戸川孝治）。指数関数的解の端緒となる段階の累層的構造と量子揺動の論理（田中一）。古典論と量子論の関係が示唆する累層性と、不完全性定理から導かれる階層性のあいだの類似性（長田博泰、中戸川孝治、田中一）。C*代数、作用素環、非可換幾何(新井朝雄、白旗優)、Residuated Lattice, Monoidal Category, the Derived Categories of Coherent Sheaves (白旗、中戸川)

２．研究の進捗状況

（１）Philosophy、科学哲学。物理学に基本概念については、定期的に開催されたセミナー・研究討議（元始の会）等により、科研メンバー間での理解が深められた。宇宙方程式のゲーデル解が観測データで否定されることの詳細な分析、また、経験からの観測データでゲーデル哲学の実在論の立場が影響されるかについても考察が進展し、科学基礎論学会での報告へと進捗しつつある。素朴集合論をメタ言語として用いるタスルキー意味論と、圏論をメタ言語として用いるローベアー意味論とが、科学方法論の観点から見ることにより、相違点を明確にするとができた。

（２）Physics 物理学。量子論と古典論の関係について、田中一により与えられた命題 0906 と、ゲーデル不完全性定理との間の類似関係について解明が進み、国際学会（第１４回論理学・科学方法および科学哲学のための国際コンファレンスで報告が採択済）学会でのワークショップ開催へと進捗している。

（３）Logic 論理学。 部分構造論理（とりわけ、Full Lambeck）の代数構造は residuated lattice であること、quantale はその一例となること、その圏論解釈が monoidal category となることが再確認された。宇宙方程式の指数関数的解については、その端緒として想定される領域の累層構造に着目し、量子揺動の論理への手掛かりの一環として、巴構造が提起され（田中一）、それについての考察が進んでいる。

（４）圏論と論理と量子計算の圏論的基礎について、Oxford University Computing Centre より、Ross Duncan を、京大数理解析研究所の小林グループと連携して北大へも招聘し、講演ビデオをネット上で公開した。さらに、圏論と論理と量子力学の圏論的基礎について、Oxford University Computing Centre より Andreas Doering を、京大基礎物理研究所の小嶋泉グループ、名大小沢正直グループと連携して、北大へも招聘し、講演ビデオを作成した。（今年度前半にはネット上に公開予定）

３．現在までの達成度
②おおむね順調に進展している。
（理由）
哲学（科学哲学、科学基礎論）、論理学（圏論をふくむ）については、部分的には当初の計画を上回って進展しているところがある。しかし、経験データと論理法則の関係について、研究を進める手掛かりを求めていたLHCの実験に、当初の計画より遅延が生じている。このため、当該科研のこの面での進捗状況については若干の遅れがみられる。

４．今後の研究の推進方策
（１）平成２３年度前半は、認知的部分構造論理と量子情報、T0906 命題と不完全性定理について、それぞれ、国際学会で報告採択済。原始宇宙について、国内学会で、ワークショップ開催決定済。年度を通して、非可換幾何学、作用素代数についてセミナー・研究会を開催する。内外の研究者を招聘し、講演ビデオのネット閲覧を一層促進する。
（２）元始宇宙の進化と巴構造について、招聘研究者をふくめての研究セミナーの開催。Monoidal Category, Derived Category の物理学への適用についての研究討議。量子情報の研究者から専門知識の提供をうける。

５．　代表的な研究成果
（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）
〔雑誌論文〕（計 18 件）
① Yutaka Komiya, Asao Habe, Takuma Suda, Masayuki Y.Fujimoto, Formation History of Metal-poor Halo Stars with the Hierarchical Model and the Effect of Interstellar Matter Accretion on the Most Metal-poor Stars, The Astrophysical Journal, vol. 717, pp542-561, 2010.　有
② 藤本忠，ランベルトの学的認識について－『新オルガノン』を中心に」，『龍谷大学論集』，　第 474・475 合併号，pp.251～271 頁,2010.　無
③ Asao Arai, Necessary and sufficient conditions for a Hamiltonian with discrete eigenvalues to have time operator, Letters in Mathematical Physics, vol.87, pp.67 - 80, 2009. 有
④ 田中一，量子揺動の論理－量子力学と元始量子論，素粒子論研究，vol.117, pp.3 - 19, 2009. 無
⑤ Michael Beaney, Chen Bo, Koji Nakatogawa, Frege, his logic and his Philosophy, Journal of the Graduate School of Letters, vol.5, pp.1-25, 2009.　有

〔学会発表〕（計 21 件）
① 山澤大輔,羽部朝男,小笹隆司,野沢貴也,平下博之，ダストのサイズ分布進化を考慮した初代銀河形成モデルと宇宙再電離過程，日本天文学会 2010 年秋期年会，2010 年 9 月 22 日～24 日，金沢大学.
② 白旗優,Toward a categorical NCI, CSCAT 2010, Workshop on Computer Science and Category Theory, 2010 年 3 月 19 日、キャンパスプラザ京都。
③ 藤本忠，時空を中心とした元始宇宙の考察―哲学的・数学的側面から、元始の会夏期研究会，2009 年 7 月 31 日，北大.
④ 中戸川孝治,圏論の応用と哲学:研究の現状の概要と方法論的反省,科学基礎論学会（ワークショップ・オーガナイザー),2009 年 6 月 14 日，大阪市立大学.
⑤ Koji Nakatogawa, On Some Philosophical Problems in the Foundations of Logic: Clues obtained from Substructural Logics, Invited lecture at the philosophpy department of Peking University, 2009 March 18, 北京大学哲学系招待講演、北京、中国.
⑥ 新井朝雄,準交換関係の非ヴァイル型表現と時間作用素の理論,日本数学会秋季分科会，函数解析分科会，特別講演,2008 年 9 月 24 日,東京工業大学,東京.

〔図書〕（計 7 件）
① 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，2010 年，411 頁.
② 藤本忠,『人間・科学・宗教 ORC 研究叢書 9　核の時代における宗教 と平和　科学技術のゆくえ』,「自然科学的世界観と宗教的世界観の間―物理学の理論をめぐる哲学的解釈を軸に―」，（武田龍精・編)、法蔵館、2010 年、351～369.
③ 長田博泰，中戸川孝治，羽部朝男，田中一，他,『インフレーション過程の誕生はどの程度ドラスティックか:平成 21 年度元始の会夏期研究会報告集』,北海道大学大学院文学研究科西洋哲学・倫理学研究室，2009，131 頁.
④ 新井朝雄,『物理の中の対称性』，日本評論社、2008 年，308 頁.
⑤ 新井朝雄,『量子統計力学の数理』，共立出版，2008 年，366 頁.

〔その他〕
研究会記録：
http://philosophy.let.hokudai.ac.jp/pae/index.php?%B8%A6%B5%E6%B2%F1
海外からの招聘者の講演ビデオ記録：
http://logic.let.hokudai.ac.jp/~koji/duncantalk2010/201002091015.wmv