

平成 21 年 5 月 29 日現在

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2005～2008

課題番号：17540115

研究課題名（和文） イプシロン代入法に関する研究

研究課題名（英文） Investigation on epsilon substitution methods

研究代表者

新井 敏康 (ARAI TOSHIYASU)

神戸大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：40193049

研究成果の概要：イプシロン代入法に関しては、帰納的マーロ順序数と弱コンパクト基数の帰納的類似物について研究を行った。

その他、証明論全般についての考察や計算量理論と関連する研究も行った。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2005 年度	900,000	0	900,000
2006 年度	800,000	0	800,000
2007 年度	800,000	240,000	1,040,000
2008 年度	0	0	0
年度			
総計	2,500,000	240,000	2,740,000

研究分野：数学基礎論

科研費の分科・細目：数学一般

キーワード：証明論

1. 研究開始当初の背景

イプシロン代入法(epsilon substitution method)は D. Hilbert が提案し、J. von Neumann, W. Ackermann らが研究を開始し、G. Kreisel, W. Tait, C. Spector らが発展させ、最近では G. Mints, W. Buchholz, J. Avigad, S. Tupailo, H. Towsner, 新井によって研究が深められていた。

2. 研究の目的

イプシロン代入法により、これまでにこの方法で無矛盾性証明が与えられていない強い形式的体系の無矛盾性証明を与える。

3. 研究の方法

Ackermann の方法をそのまま 2 階の自然数論や非可述的な述語を含んだ理論には適用できない。

それにはまずもってこのような理論に対するイプシロン代入とは、何に何を代入することなのか明らかにしないと行けない。

自然数上の繰り返しのない単調帰納的定義についての理論 に対しては、この問題は、帰納的に定義される集合族に対し、原子論理式を代入されるものを選び、その値としてブール値を取ることで解決された。つまり、形式的証明に現れる「超限的なもの」として原子論理式を、それに対応する「有限的なもの」としてブール値を取った訳である。これを述語とみなして、それに自然数の部分集合を代入する代案(G. Mints)もあり得るが、我々の方法のほうが技術的に明瞭である。

4. 研究成果

イプシロン代入法に関しては、帰納的マール順序数と弱コンパクト基数の帰納的類似物について研究を行った。その他、証明論全般についての考察や計算量理論と関連する研究も行った。また証明の長さや順序数解析についての考察も行った。

5. 主な発表論文等

(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 11 件)

[1] T. Arai and N. Eguchi, A new function algebra of EXPTIME functions by safe nested recursion, to appear in ACM Transactions on Computational Logic(ToCL). 査読有

[2] T. Arai, Intuitionistic fixed point theories over Heyting arithmetic, to appear in a volume of Mintsfest. 査読有

[3] T. Arai, Iterating the recursively Mahlo operations, to appear in the proceedings of Logic Methodology, Philosophy of Science, Beijing, 2007. 査読有

[4] T. Arai, Non-elementary speed-ups in logic calculi, Mathematical Logic Quarterly vol. 6(2008), pp. 629-640. 査読有

[5] A. Nozaki, T. Arai and N.H. Arai, Polynomial-size Frege proofs of Bollobás' theorem on the trace of sets, Proceedings of the Japan Academy, Ser. A, vol. 84, no. 8(2008), pp. 159-161. 査読有

[6] 新井 敏康, 無矛盾性証明について, 科学基礎論研究 第107号 2007年, 43-51頁. 査読有

[7] T. Arai, Epsilon substitution method for $\forall\Pi^{\{0\}_2}$ -FIX, Journal of Symbolic Logic vol. 71(2006), pp. 1155-1188. 査読有

[8] T. Arai and G. Moser, Proofs of Termination of Rewrite Systems for Polytime Functions, Lecture Notes in Computer Science vol. 3821(2005), pp.529-540. 査読有

[9] T. Arai, Epsilon substitution method for $[\forall\Pi^{\{0\}_1}, \forall\Pi^{\{0\}_1}]$ -FIX, Archive for Mathematical Logic vol. 44 (2005), pp. 1009-1043. 査読有

[10] T. Arai, Ideas in the epsilon substitution method for $\forall\Pi^{\{0\}_1}$ -FIX, Annals of Pure and Applied Logic vol. 136(2005), pp. 3-21. 査読有

[11] 新井 敏康, Hilbert の第2問題に関する証明論の展開, 数学 第57巻 2005年, 113-126頁. 査読有

[学会発表] (計 21 件)

[1] 新井 敏康, Intuitionistic fixed point theories, 日本数学会年会 (東京大学, 2009 年 3 月 26 日)

[2] 野崎 昭弘, 新井 敏康, 新井 紀子, Polysize Frege proofs of Bollobás' theorem, 日本数学会年会 (東京大学, 2009 年 3 月 26 日)

[3] T. Arai, Proofs and sets, An Invited talk at the International Workshop on Constructivism: Logic and Mathematics, May 28, 2008

[4] 新井 敏康, 計算による実数の分類, (神戸大学, 計算による数理科学の展開 2008 (研究集会), 2008 年 1 月 11 日)

[5] A. Nozaki, T. Arai and N. H. Arai, Polynomial-size Frege proofs of Bollobás' theorem on the trace of sets, (JAIST, ALセミナー, 2007 年 9 月 14 日)

[6] T. Arai, Iterating the recursively Mahlo operations, An Invited talk at the special session of Logic Methodology, Philosophy of Science, Beijing, Aug. 14, 2007

[7] T. Arai, Resolving the reflecting universes, 日本数学会年会 (埼玉大学, 2007 年 3 月 27 日)

[8] 新井 敏康, Non-elementary speed-ups in logic calculi, 本橋信義先生退職記念会, 2007 年 3 月 26 日

[9] 新井 敏康, 無矛盾性証明について, 科学基礎論学会 2006 年度秋の研究例会, 慶應大学, 2006 年 11 月 25 日

[10] T. Arai and N. Eguchi, Safe nested recursion を使った EXPTIME 関数の特徴づけ, 日本数学会秋季総合分科会 (大阪市立大学, 2006 年 9 月 22 日)

[11] T. Arai, Exact bounds on ϵ process, 日本数学会秋季総合分科会 (大阪市立大学, 2006 年 9 月 22 日)

[12] T. Arai, Limit existence and lexicographic orderings, 日本数学会秋季総合分科会 (大阪市立大学, 2006 年 9 月 22 日)

[13] T. Arai, Resolving the reflecting universes, Berkeley Logic Colloquium, University of California, Berkeley, Feb. 17, 2006.

[14] T. Arai, Resolving the reflecting universes, Stanford University, Feb. 21, 2006.

[15] T. Arai and G. Moser, A path ordering POP, (NII, 2005 年 12 月 12 日)

[16] T. Arai, Some results on ϵ calculi, 日本数学会秋季総合分科会 (岡山大学, 2005 年 9 月 19 日)

[17] T. Arai and G. Moser, A path order POP and its applications, 日本数学会秋季総合分科会 (岡山大学, 2005 年 9 月 19 日)

[18] T. Arai and G. Moser, A path order POP and its applications, (JAIST, ALセミナー, 2005 年 9 月 6 日)

[19] T. Arai, An expository survey on epsilon substitution method, An Invited talk at the special session of Logic and Computing, AMC, Singapore, 2005

[20] 新井 敏康, 証明論入門一步前, 神戸大学理学部数学科談話会 (2005 年 7 月 14 日)

[21] T. Arai and G. Moser, Tierd recursion and strategies, 5th International Workshop on Reduction Strategies in Rewriting and Programming (WRS05), Nara, Apr., 2005.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

新井 敏康 (ARAI TOSHIYASU)
神戸大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：40193049

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者