

機関番号：12601

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2006～2009

課題番号：18200019

研究課題名（和文）計算代数統計学の展開

研究課題名（英文）Developments of computational algebraic statistics

研究代表者

竹村 彰通（TAKEMURA AKIMICHI）

東京大学・大学院情報理工学系研究科・教授

研究者番号：10171670

研究成果の概要（和文）：計算代数統計、特にマルコフ基底や実験計画法に関して、多くの研究成果を得て、国際学術雑誌に刊行した。分担者の論文を含め本研究課題からの刊行論文は60編を超えており、非常に多くの研究成果が得られた。

研究成果の概要（英文）： In this project we had many original results in particular on Markov bases and experimental design and published them in international academic journals. We had over 60 published papers from this project and the project was extremely fruitful.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	9,700,000	2,910,000	12,610,000
2007年度	9,000,000	2,700,000	11,700,000
2008年度	8,400,000	2,520,000	10,920,000
2009年度	8,400,000	2,520,000	10,920,000
年度			
総計	35,500,000	10,650,000	46,150,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・統計科学

キーワード：マルコフ連鎖モンテカルロ法・トリークイダル・グレブナー基底・条件つき検定

1. 研究開始当初の背景

「計算代数統計学」(computational algebraic statistics) の研究を我が国でも強力に推し進めることは重要な課題であった。計算代数統計学は、統計科学と代数学、さらには代数生物学とも密接な接点を持ち、これらの異分野間の交流の中で今後大きな学問的成果が期待される分野である。この背景としては最近になって代数学が「実際に計算できる分野」へ変貌をとげつつあるという事実があった。

2. 研究の目的

本研究では、近年急速に進展しつつある「計

算代数統計学」(computational algebraic statistics) の研究を、我が国でも強力に推し進めることを目的とした。本研究では、代数的方法に詳しい数理統計学の研究者を中心とし、我が国代数学の代表的な研究者や代数生物学の専門家を加えたプロジェクトを構成することにより、我が国においてこの分野の研究を国際的なレベルでおこなうことをめざした。計算代数統計学の現状は2005年秋に刊行の Lior Pachter and Bernd Sturmfels, "Algebraic Statistics for Computational Biology", Cambridge University Press, に概観されている。そこに見られるように、この分野は統計的モデリ

ングを中心として、計算可換代数学とバイオインフォマティクスが結び付いており、これらの分野から若い研究者が参入して来ている。我が国でこのような異なる分野の研究者が交流する形の学際的研究を目的とした。

3. 研究の方法

定期的に本研究課題に関する研究集会を開催し、研究をおこなった。

「統計モデルの数理と実際」2006年11月27日～28日 場所:統計数理研究所

「統計的離散モデリング」2007年1月12日～13日 場所:金沢大学サテライトプラザ

「計算代数統計学の展開」2007年6月22日～23日 場所:東京大学 本郷キャンパス 工学部6号館

「計算代数統計学の展開」2007年10月25日～27日 場所:愛知県豊橋市 ホテル日航豊橋

「統計的モデリングの方法と理論」2007年11月26日～28日 場所:一橋大学佐野書院(国立キャンパス南)

「計算代数統計学の展開」2008年6月27日～6月28日 場所:東京大学本郷キャンパス6号館

国際研究集会 「Computational Algebraic Statistics, Theories and Applications」(CASTA2008)
日時:2008年12月10日～12月11日 場所:京都大学 京大会館(京都府京都市)

この国際研究集会に基づき、Annals of the Institute of Statistical Mathematics に以下の特集の編集を行った。Featured section on "Algebraic Methods in Computational Statistics". この特集は Vol. 62(2010), No. 4(August) として発行された。

「統計科学の数理と応用」2009年10月7日～8日 場所:岡山国際交流センター

「計算代数統計学の展開」2009年11月26日～11月28日 場所:統計数理研究所(東京都立川市)

4. 研究成果

本研究の一つの大きな成果としては、2008年12月の京都における国際集会の成果を Annals of the Institute of Statistical

Mathematics 誌の特集号として刊行したことがあげられる。この特集号には以下のような論文が掲載された。

Annals of the Institute of Statistical Mathematics No.4 August 2010 Special Issue: Algebraic Methods in Computational Statistics

Preface Akimichi Takemura (62, 601-602)
Multivariate Gaussians, semidefinite matrix completion, and convex algebraic geometry Bernd Sturmfels and Caroline Uhler (62, 603-638)

Non-very ample configurations arising from contingency tables Hidefumi Ohsugi and Takayuki Hibi (62, 639-644)

Graph presentations for moments of noncentral Wishart distributions and their applications Satoshi Kuriki and Yasuhide Numata (62, 645-672)

Minimal average degree aberration and the state polytope for experimental designs Yael Berstein, Hugo Maruri-Aguilar, Shmuel Onn, Eva Riccomagno and Henry Wynn (62, 673-698)

Some optimal criteria of model-robustness for two-level on-regular fractional factorial designs Satoshi Aoki (62, 699-716)

Normal binary graph models Seth Sullivant (62, 717-726)

Decompositions of binomial ideals Thomas Kahle (62, 727-745)

A universal algebraic approach for conditional independence Jinfang Wang (62, 747-773)

Finiteness of small factor analysis models athias Drton and Han Xiao (62, 775-783)

Markov bases and subbases for bounded contingency tables abio Rapallo and Ruriko Yoshida (62, 785-805)

About the maximal rank of 3-tensors over the real and the complex number field oshio Sumi, Mitsuhiro Miyazaki and Toshio Sakata (62, 807-822)

この特集号の論文リストからも明らかなように、本研究課題は Bernd Sturmfels, Henry Wynn などの計算代数統計学のパイオニア達からも注目され、国際的な研究交流の意味でも大きな成果をあげた。

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 63 件)

1) Hidefumi Ohsugi and Takayuki Hibi. (2010). Non-very ample configurations arising from contingency tables. *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, to appear. 査読有

2) Hidefumi Ohsugi and Takayuki Hibi. (2010). Toric rings and ideals of nested configurations. *Journal of Commutative Algebra*, to appear. 査読有

3) Satoshi Kuriki and Yasuhide Numata. (2010). Graph presentations for moments of noncentral Wishart distributions and their applications. *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, to appear. 査読有

4) Hidehiko Kamiya, A. Takemura and Hiroaki Terao. (2010). Privity of non-central integral arrangements modulo positive integers. *Annals of Combinatorics*, to appear. 査読有

5) Juergen Herzog, Takayuki Hibi, Freyja Hreinsdottir, Thomas Kahle, Johannes Rauh. (2010). Binomial edge ideals and conditional independence statements. *Advances in Applied Mathematics*, in press 査読有.

6) Hara, A. Takemura and Ruriko Yoshida. (2010). On connectivity of fibers with positive marginals in multiple logistic regression. *Journal of Multivariate Analysis*, 101, 909-925. 査読有

7) Satoshi Aoki, Takayuki Hibi, Hidefumi Ohsugi and A. Takemura. (2010). Markov basis and Grobner basis of Segre-Veronese configuration for testing independence in group-wise selections. *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, 62, 299-321. 査読有

8) Satoshi Aoki and A. Takemura. (2010). Markov chain Monte Carlo tests for designed experiments. *Journal of Statistical Planning and Inference*, 140, 817-830. 査読有

9) Hirokazu Anai and Katsuhisa Horimoto (eds) (2009). *Symbolic Computation in Biology*, *Math. Comput. Sci.*, 2, 399-556. 査読有

10) Satoshi Aoki and A. Takemura. (2009). Some characterizations of affinely full-dimensional factorial designs. *Journal of Statistical Planning and Inference*, 139, No.10, 3525-3532. 査読有

11) Satoshi Aoki and A. Takemura. (2009). Markov basis for design of experiments with three-level factors. in *Algebraic and Geometric Methods in Statistics*, dedicated to Professor Giovanni Pistone (P. Gibilisco, E. Riccomagno, M.P. Rogantin and H.P. Wynn, eds.), Cambridge University Press, pp.225-238. 査読有

12) Satoshi Aoki and A. Takemura. (2009). Statistics and Groebner bases - the origin and development of computational algebraic statistics. in *Selected Papers on Probability and Statistics*, American Mathematical Society Translations, Series 2, 227, 125-145. 査読有

13) Yushi Endo and A. Takemura. (2009). Iterative proportional scaling via decomposable submodels for contingency tables. *Computational Statistics and Data Analysis*, 53, 966-978. 査読有

14) Hisayuki Hara, A. Takemura and Ruriko Yoshida. (2009). Markov bases for two-way subtable sum problems. *Journal of Pure and Applied Algebra*, 213, 1507-1521. 査読有

15) Hisayuki Hara, A. Takemura and Ruriko Yoshida. (2009). A Markov basis for conditional test of common diagonal effect in quasi-independence model for square contingency tables. *Computational Statistics and Data Analysis*, 53, 1006-1014. 査読有

16) Raymond Hemmecke, A. Takemura and Ruriko Yoshida. (2009). Computing holes in semi-groups and its applications to transportation problems. *Contributions to Discrete Mathematics*, 4, No.1, 81-91. 査読有

17) Nobuaki Hoshino. (2009). The quasi-multinomial distribution as a tool for disclosure risk assessment. *Journal of Official Statistics*, 25, 269-291. 査読有

有

18) Satoshi Kuriki and Akimichi Takemura (2009). Volume of tubes and the distribution of the maximum of a Gaussian random field. Selected Papers on Probability and Statistics, American Mathematical Society Translations Series 2, 227 (2), 25-48. 査読有

19) Hidefumi Ohsugi and Takayuki Hibi. (2009). Two way subtable sum problems and quadratic Groebner bases. Proceedings of the AMS, 137, no. 5, 1539-1542. 査読有

20) Tomonari Sei, Satoshi Aoki and A. Takemura. (2009). Perturbation method for determining the group of invariance of hierarchical models. Advances in Applied Mathematics, 43, 375-389. 査読有

21) Toshio Sumi, Mitsuhiro Miyazaki and Toshio Sakata. (2009). Rank of 3-tensors with 2 slices and Kronecker canonical forms. Linear Algebra and its Application, 431, 1858-1868. 査読有

22) 竹村彰通. (2009). 計算代数統計の最近の話題について. 日本統計学会誌, 39, 1-23. 査読有

23) Satoshi Aoki and A. Takemura. (2008). Minimal invariant Markov basis for sampling contingency tables with fixed marginals. Annals of the Institute of Statistical Mathematics, 60, 229-256. 査読有

24) Satoshi Aoki and A. Takemura. (2008). The largest group of invariance for Markov bases and toric ideals. Journal of Symbolic Computation, 43, 342-358. 査読有

25) Satoshi Aoki, A. Takemura and Ruriko Yoshida. (2008). Indispensable monomials of toric ideals and Markov bases. Journal of Symbolic Computation, 43, 490-507. 査読有

26) Satoshi Kuriki and Akimichi Takemura (2008). The tube method for the moment index in projection pursuit. Journal of Statistical Planning and Inference, 138, 2749-2762. 査読有

27) Satoshi Kuriki and Akimichi Takemura

(2008). Euler characteristic heuristic for approximating the distribution of the largest eigenvalue of an orthogonally invariant random matrix. Journal of Statistical Planning and Inference, 138, 3357-3378. 査読有

28) Hidehiko Kamiya and A. Takemura. (2008). Hierarchical orbital decompositions and extended decomposable distributions. Journal of Multivariate Analysis, 99, 339-357. 査読有

29) Hidehiko Kamiya, Akimichi Takemura and Satoshi Kuriki (2008). Star-shaped distributions and their generalizations. Journal of Statistical Planning and Inference, 138, 3429-3447. 査読有

30) Hidehiko Kamiya, A. Takemura and Hiroaki Terao. (2008). Periodicity of hyperplane arrangements with integral coefficients modulo positive integers. Journal of Algebraic Combinatorics, 27, 317-330. 査読有

31) A. Takemura and Ruriko Yoshida. (2008). A generalization of the integer linear infeasibility problem. Discrete Optimization, 5, No.1, 36-52. doi:10.1016/j.disopt.2007.10.004. 査読有

32) 栗木 哲, 竹村 彰通. (2008). チューブの体積と正規確率場の最大値の分布. 数学, 60, No.2, 134-155. 査読有

33) Sachiyo Aburatani, Fung Sun, Shigeru Saito, Masao Honda, Shuichi Kaneko and Katsuhisa Horimoto. (2007). Gene systems network inferred from expression profiles in hepatocellular carcinogenesis by graphical Gaussian model. EURASIP J. Bioinfo. Systems Biol., 2007, 47214. 査読有

34) Hirokazu Anai, Katsuhisa Horimoto and Temure Kutsia. (eds) (2007). Algebraic Biology. Lecture Notes in Computer Science 4545, Springer, Heidelberg. 査読有

35) Hisayuki Hara and A. Takemura. (2007). Improving on the maximum likelihood estimators of the means in Poisson decomposable graphical models. Journal of Multivariate Analysis, 98, 410-434. 査読有

36) A. Takemura and Hisayuki Hara. (2007). Conditions for swappability of records in a microdata set when somemarginals are fixed. Computational Statistics, 22, 73-185. 査読有

37) 青木 敏, 竹村 彰通. (2007). 統計学とグレブナー基底 - 計算代数統計の発端と展開 -, 数学, 59, No. 3, 283-302. 査読有

38) 紙屋英彦. (2007). 順序付き高位ボロノイ図の領域. 日本統計学会誌, 37, 85-99. 査読有

39) Sachiyo Aburatani, Shigeru Saito, Hiroyuki Toh and Katsuhisa Horimoto. (2006). A Graphical Chain Model for Inferring Regulatory System Networks from Gene Expression Profiles. Statistical Methodology, 3, 17-28. 査読有

40) Wei Gao and Satoshi Kuriki (2006). Testing marginal homogeneity against stochastically ordered marginals for contingency tables. Journal of Multivariate Analysis, 97 (6), 1330-1341. 査読有

41) Hisayuki Hara and A. Takemura. (2006). Simultaneous estimation of the means in some Poisson log linear models. Journal of the Japan Statistical Society, 36, 17-36. 査読有

42) Nobuaki Hoshino. (2006). discrete multivariate distribution resulting from the law of small numbers. Journal of Applied Probability, 43, 852-866. 査読有

43) Hidehiko Kamiya, Peter Orlik, A. Takemura and Hiroaki Terao. (2006). Arrangements and ranking patterns. Annals of Combinatorics, 10, 219-235. 査読有

44) Toshio Sakata and Ryuei Nishii. (2006). Algebraic Rank Analysis of Tensor Data through Groebner Basis, The Proceedings in COMPSTAT2006, 751-758. 査読有

45) 佐井至道, (2006). ペナルティー関数を利用した母集団寸法指標のノンパラメトリック推定. 岡山商大論叢, 42, 1-21 査読有

[学会発表] (計 43)

1) Review of works of Tokyo group on game-theoretic probability and some thoughts on basing probability theory on perfect information games. University of London (London, England). Jun 21, 2010

2) Hierarchical subspace models for contingency tables. Spring Southeastern Sectional Meeting of American Mathematical Society. University of Kentucky (Kentucky, America). March 28, 2010

3) Properties of Ehrhart quasi-polynomials for hyperplane arrangements with integral coefficients. Workshop Random Fields and Stochastic Geometry. Banff International Research Station. February 25, 2009

4) 管状近傍定理と Ehrhart 多項式の周辺. 北海道大学数学連携研究センターシンポジウム「応用特異点論の現状と展望」. 北海道大学. 2009年3月16日

5) 計算代数統計の成果と展望. 研究集会「計算代数統計学の展開」. 統計数理研究所. 2009/11/26

6) 分割表のグラフィカルモデルとその周辺. 応用統計学会特別講演. 筑波大学学生会館. 2008/6/7.

[図書] (計 1 件)

竹村 彰通、統計 第2版、共立出版、2007、183.

[その他]

ホームページ等

http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/atstat/at hp/projects_links.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

竹村 彰通 (TAKEMURA AKIMICHI)

東京大学・大学院情報理工学系研究科・教授
研究者番号：10171670

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

青木 敏 (AOKI SATOSHI)

鹿児島大学・理工学研究科数理情報科学専攻・准教授

研究者番号：90332618

穴井 宏和 (ANAI HIROKAZU)
株式会社富士通研究所・IT コア研究所・研究員
研究者番号：20417520

大杉、英史 (OOSUGI HIDEFUMI)
立教大学・理学部・助教授
研究者番号：80350289

紙屋 英彦 (KAMIYA HIDEHIKO)
岡山大学・文化科学研究科・助教授
研究者番号：500300687

栗木 哲 (KURIKI SATOSHI)
情報・システム研究機構 統計数理研究所・教授
研究者番号 90195545

佐井 至道 (SAI SHIDOU)
岡山商科大・経済学部・教授
研究者番号：30186910

坂田 年男 (SAKATA TOSHIO)
九州大学・大学院芸術工学研究院・教授
研究者番号：20117352

渋谷 政昭 (SHIBUYA MASA AKI)
慶應義塾大学・名誉教授
研究者番号：20146723

仁木 直人 (NIKI NAOTO)
東京理科大学・工学部・教授
研究者番号：10000209

日比 孝之 (HIBI TAKAYUKI)
大阪大学・情報科学研究科・教授
研究者番号：80181113

星野 伸明 (HOSHINO NOBUAKI)
金沢大学・経済学部・准教授
研究者番号：00313627

堀本 勝久 (HORIMOTO KATSUHISA)
産業技術総合研究所・生命情報工学研究センター・研究チーム長
研究者番号：40238803

本田 敏雄 (HONDA TOSHIO)
一橋大学・経済学研究科・教授
研究者番号：30261754