

平成 21 年 5 月 13 日現在

研究種目：基盤研究（A）
 研究期間：2005～2008
 課題番号：17204002
 研究課題名（和文）多変数保型形式と代数的・幾何的不変量についての明示的研究

研究課題名（英文）Explicit Study of Automorphic Forms of Several Variables and Algebraic and Geometric Invariants.

研究代表者

伊吹山 知義（IBUKIYAMA TOMOYOSHI）

大阪大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：60011722

研究成果の概要：整数論の研究では、素数の性質などを反映する各種のゼータ関数の研究が基本的であり、このゼータ関数を生み出す重要な対象が保型形式である。これは異分野の多くの数学的对象とも関係する。本研究の成果は、保型形式に関わる様々な量（次元公式、多様体の成分数、微分作用素の具体形、ゼータ関数の値など）を具体的に求め、更にこれを用いて一見全く異なる数学的对象の間の新しく精妙な関係を記述したことにある。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	4,700,000	1,410,000	6,110,000
2006年度	4,400,000	1,320,000	5,720,000
2007年度	3,900,000	1,170,000	5,070,000
2008年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
年度			
総計	17,500,000	5,250,000	22,750,000

研究分野：数物系科学（整数論）

科研費の分科・細目：数学・代数学

キーワード：整数論、保型形式、ゼータ関数、跡公式、2次形式、アーベル多様体

1. 研究開始当初の背景

この研究にはおよそ3つの背景があった。ひとつは、研究代表者の保型形式の次元公式に関する長い間の研究の積み重ねである。関連して、代表者は1変数の整数ウェイトおよび半整数ウェイトの間の志村型対応を2次ジークル保型形式に拡張した予想を近年提唱して来ており、これを支える傍証として、知られていた次元公式の一致があった。これはもっと以前に代表者の提唱した、シンプレクティック群のコンパクト実形どうしの保型形式の対応でも同様であった。もうひとつは、アーベル多様体のモジュライとジークル

保型形式のかかわりである。保型形式環に関するいくつかの具体的な結果や、4元数的エルミート形式と超特異アーベル多様体との関係、外国人研究者のCM点に関する研究、などを当時意識していた。最後に、代表者は保型形式上の、領域の制限について保型性を保つ正則線形偏微分作用素の多重調和多項式による特徴づけを与えており、この方面では特殊関数的研究および、その応用が期待されていた。以上の一見異なる数学的对象は内的なつながりがあり、これを総合的にしかも具体的に研究することが期待される状況にあった。

2. 研究の目的

当初の研究目的は、有界対称領域にかかわる代数的・幾何的不変量と正則保型形式についての研究を、異なる分野からの動機をも意識して統合して行うことであつた。詳しくは

- (1) 保型形式とアーベル多様体のモジュライの統合的な研究。
 - (2) 保型形式論固有の問題とその代数的・幾何的不変量の研究。
 - (3) 代数学、解析学の周辺分野と保型形式論の統合的研究。
- の3つを多分野ということ視野に入れて目標に設定していた。

3. 研究の方法

今回の研究では、簡単な数式処理ソフトと既設の計算機などを除けば、特別な器機等は不用で、必要だったのは、既知の結果の学習、および頭脳で考える日常的な理論的研究と、さまざまな関連する専門家との不断の深い討論につきる。このため、研究代表者は本研究機関中に国内出張を38回程度、国外出張を18回程度行い、外国在住研究者をのべ14回程度招聘して、膨大な研究打ち合わせのための討論や成果発表を行い、多くの知見を取り入れた進歩に極力努めた。とりわけ次の3種類の研究集会を主催し、幅広い国際的な討論を行った。

(1) The 4-th Spring conference on modular forms and related topics, "Siegel Modular Forms and Abelian Varieties", February 5-9, 2007, Hotel Curraec, Hamana Lake, Hamamatsu, Japan. (参加者52名)

(2) Oberwolfach Conference, Modul Formen, (Winfried Kohlen and S. Boecherer と共催) October 29 to November 2, 2007. (参加者24名)

(3) The 11-th Autumn Workshop on Number Theory, 2008年9月11日から15日、(池田保と共催)、(参加者37名)

このうち、(1)は255ページの英文報告集を発行し、また(2)の報告はOberwolfach Reportなる本の一部として、European Mathematical Societyより発刊された。

4. 研究成果

主として研究代表者自身の直接の研究成果について述べる。

(1) 任意の素数レベルのパラホリック型の離散群に関する2次ジーゲル保型形式について、ウェイト3の明示的次元公式を初めて与えた。ウェイトが5以上の2次ジーゲル保型形式の次元公式を求める一般的な方法として、セルバーグの跡公式とリーマン・ロッホ・レフシェッツの定理という手段が(実際の実行が複雑で困難と言うことは別にしても)知られていた。しかし、ウェイト3では

核関数の発散、およびコホモロジーの障害の非消滅という2つの困難があつて、一般論は現在でも存在しない。ここではパラホリック型に限り障害の消滅をベクトル値のウェイト1の保型形式の非存在に帰着することで公式を求め、20年来の懸案を解決した。この結果は早速 Poor Yuen により志村谷山予想の高次元版に応用され、また次項の幾何学的应用などがあるなど非常に重要な進歩である。さらに一般のウェイトのヘッケ作用素の跡の計算で、べき単元の寄与をかなりの程度計算し、跡公式の明示公式に向けて確かな一歩を踏み出した。また、2次シンプレクティック群のコンパクト実形の保型形式どうしのラングランズ型の対応予想の根拠を適用限界まで述べ、さらにベクトル値パラモジュラー群でも次元の一致を示した。次元公式に関連して、素数レベルのウェイト2について、ジーゲルの境界作用素の像を決定し、レベル1のベクトル値ジーゲル保型形式について高いウェイトで Witt 作用素が全射であることを示した。(一部若槻聡と共同)

(2) 主偏極アーベル曲面のモジュライ内での、超特異アーベル曲面の軌跡について、その既約成分の個数とウェイト3のパラモジュラー群のジーゲル保型形式の次元の一致、その算術種数と岩堀型離散群のウェイト3の原始形式の次元の一致を明らかにし、これらの幾何的別証明という新しい問題提起を行った。さらに一般次元で主偏極超特異アーベル多様体の軌跡の既約成分で素体上定義される個数と4元数的エルミート群のタイプ数および類数との関係を明らかにし、曲面では数値を具体的に与えた。また軌跡の構造を記述する予想を与え、その一部を証明して F. Oort と高次元の研究を開始するに至った。

(3) 領域の制限について保型性を保つ保型形式上の微分作用素について、一般次元のジーゲル上半空間を対角に制限する場合、および偶数次元のジーゲル上半空間を2つの半分のサイズの対角ブロックに制限する場合について研究した。前者では、微分作用素を特徴付ける2種類の標準的多変数多項式の基底の具体的構築、漸化式、母級数の研究などを行い、後者では、その解空間の次元が正確にわかる、複素パラメーターを2つ持つ、単純に書き下せる一般次元のホロノミー系を構築した。(D. Zagier, 落合啓之、葛巻孝子と共同)。さらに、Bloch-Kato 予想の帰結から想定される2次ジーゲル保型形式の標準 L 関数の特殊値に現れる素数についての Dummigan の予想を、桂田が Pullback の手法で確認するために、上記のようなベクトル値の微分作用素が必要であつたが、これを複雑な計算の結果具体的に与え、これを用いて予想通りであることが検証された。

(4) 一般レベルの Saito-Kurokawa リフト

の構造を明らかにし、この構成に必要なレベルつきの指数1のヤコービ形式の実際的な求め方を提唱し、小さいレベルについて、その構造を決定した。一般次数のヤコービ形式について、そのテーラー展開を保型形式上の微分作用素を用いて記述した。関連して、特に次数2指数1段1のヤコービ形式は2次元ベクトル値ジーゲル保型形式で決定できることを示し、その構造を具体的に与えた。

各分担者、ないしは連携研究者も、以下の業績リストに見るように、実解析的保型形式、保型形式の合同、保型形式の周期、保型形式のリフティング、代数的組合せ論、リー環論、量子群、岩澤不変量、アデル幾何などで多くの業績を上げ、これら全体として、本研究にかかわる総合的な研究成果をあげた。

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38件)

- (1) T. Ibukiyama and S. Wakatsuki, Siegel modular forms of small weight and the Witt operator. Accepted for publication in Contemporary Math. Proc. Chile Conference, AMS 査読有
- (2) M. Hirano and T. Oda, Calculus of principal series Whittaker functions on $GL(3, C)$, J. Funct. Analysis 256 (2009), 2222-2267. 査読有
- (3) T. Kikuta and S. Nagaoka, On a correspondence between p-adic Siegel-Eisenstein Series and genus theta series, Acta Arithmetica, 査読有, 134 巻(2008), 111-126.
- (4) Bannai, Eiichi; Bannai, Etsuko; Bannai, Hideo: Uniqueness of certain association schemes, Europ. J. Combinatorics, 29 (2008), 1379--1395. 査読有
- (5) E. Bannai, S. Y. Song, H. Yamada, Character tables of the association schemes coming from the action of $G_2(q)$ on hyperplanes of type $O_6^{\epsilon}(q)$, J. Appl. Math and Computing. 26 (2008), 125--131. 査読有
- (6) H. Katsurada, Congruence of Siegel modular forms and special values of their standard zeta functions, Math. Z. 259(2008), 97-111 査読有
- (7) H. Katsurada and H. Kawamura, A certain Dirichlet series of Rankin-Selberg type associated with the Ikeda lifting, J. Number Theory 128(2008), 査読有
- (8) T. Ikeda, On the lifting of Hermitian modular forms. Compos. Math. 144 (2008), 1107--1154. 査読有

- (9) K. Hiraga, A. Ichino, and T. Ikeda, Formal degrees and adjoint gamma-factors J. Amer. Math. Soc. 21 (2008), 283-304. 査読有
- (10) Ichino, T. Ikeda, On Maass lifts and the central critical values of triple product L-functions Amer. J. of Math., 130, (2008), 75-114. 査読有
- (11) K. Saito and A. Takahashi, From Primitive Forms to Frobenius Manifolds, Proceedings of Symposia in Pure Mathematics, Vol 78, (2008), pp 31-48. 査読有
- (12) K. Saito, Towards categorical construction of Lie algebra, Algebraic Geometry East Asia--Hanoi 2005, Advanced Study in Pure Mathematics 50(2008), pp.101-175. 査読有
- (13) K. Saito, Growth functions associated with Artin monoids of finite type, Proc. of the Japan Acad., vol 84, Ser. A, No.10 (2008), 179-183. 査読有
- (14) T. Oda and K. Hiroe, Hecke-Siegel's pull-back formula for the Epstein zeta function with harmonic polynomial, J. Number Theory 128, (2008), 835--857. 査読有
- (15) J. Murakami and K. Nagatomo, Logarithmic knot invariants arising from restricted quantum groups. Internat. J. Math. 19 (2008), no. 10, 1203--1213. 査読有
- (16) T. Ibukiyama and N.-P. Skoruppa, A vanishing theorem of Siegel modular forms of weight one, Abhand. Math. Sem. Univ. Hamburg No. 77(2007), 229-235. 査読有
- (17) S. Boecherer, S. Nagaoka, On mod p properties of Siegel modular forms, Math. Annalen, 査読有, 338 巻(2007), 421-433.
- (18) Bannai, Eiichi, Bannai, Etsuko, D. Suprijanto, On the strong non-rigidity of certain tight Euclidean designs, Europ. J. Combinatorics 28 (2007), 1662-1680. 査読有
- (19) A. Murase and T. Sugano, On the Fourier-Jacobi expansion of the unitary Kudla lift, Compositio Math. 143 (2007), 1 - 46. 査読有
- (20) H. Kajiura, K. Saito, and A. Takahashi Matrix Factorizations and Representations of Quivers, Advances in Mathematics, 211 (2007), 327-362. 査読有
- (21) K. Saito, Principal Gamma-cones for a tree, Advances in Mathematics, 217 (2007), 645-668. 査読有

- (22) T. Oda, M. Hirano and T. Ishii, Whittaker functions for P_J principal series representations of $Sp(3, R)$, Adv. in Math. 215 (2007), 734–765. 査読有
- (23) T. Fukuda, K. Komatsu and .Yamagata, Iwasawa lambda-invariants and Mordell-Weil ranks of abelian varieties with complex multiplication, Acta Arith., 査読有 vol.127, 193–203, (2007)
- (24) T. Itoh and K. Komatsu, On the group of modular units and the ideal class group, J. Number Theory, 査読有 Vol 123, (2007) 193–203 pp.
- (25) T. Ibukiyama and S. Hayashida, Siegel modular forms of half integral weight and a lifting conjecture, (with S. Hayashida), J. Math. Kyoto Univ. Vol. 45 No. 3 (2006), 489–530. 査読有
- (26) T. Munemoto, S. Nagaoka, Note on p-adic Hermitian Eisenstein series, Abhandlungen aus dem Mathematischen Seminar Universitaet Hamburg, 査読有, 76 卷(2006), 247–260.
- (27) S. Nagaoka, On p-adic Hermitian Eisenstein series, Proceedings of the American Mathematical Society, 査読有, 134 卷(2006), 2533–2540.
- (28) T. Watanabe, Minkowski’s second theorem over a simple algebra, Monatshefte fur Mathematik 149 No.2 (2006) 155 – 172. 査読有
- (29) T. Watanabe, On the best bound of the minimal twisted height of linear subspaces, Archiv der Mathematik 87 No. 4 (2006) 320 – 329. 査読有
- (30) R. Coulangenon and T. Watanabe, Hermite constant and Voronoi theory over a quaternion skew field, Osaka Journal of Mathematics 43 (2006) 517 – 556. 査読有
- (31) T. Ikeda, Pullback of the lifting of elliptic cusp forms and Miyawaki’s conjecture. Duke Math. J. 131 (2006), 469–497. 査読有
- (32) T. Oda, M. Hirano and T. Ishii, Confluence from Siegel Whittaker functions to Whittaker functions on $Sp(2, R)$, Math. Proc. Camb. Phil. Soc., 141 (2006), 15–31. 査読有
- (33) T. Fukuda, N. Kanayama and K. Komatsu, Prime divisors of special values of theta functions in the ray class field of a certain quartic field modulo n-th power of 2, Math. Proc. Camb. Phil. Soc. 141 (2006) 1–13 査読有
- (34) T. Ibukiyama Positivity of eta products --- a certain case of K. Saito’s conjecture, Publication RIMS Vol. 41 No. 3(2005), 683--693. 査読有
- (35) S. Nagaoka, Note on mod p Siegel modular forms II, Math. Zeitschrift, 査読有, 251 卷(2005), 821–826.
- (36) H. Katsurada, Special values of the standard zeta functions for elliptic modular forms, Experiment. Math. 14(2005) 27–45 査読有
- (37) T. Fukuda and K. Komatsu, On the Iwasawa Lambda-invariant of the cyclotomic Z_2 -extension, Tokyo J. Math. 査読有, vol.128, 259–264, (2005)
- (38) K. Nagatomo and A. Tsuchiya, Conformal field theories associated to regular chiral vertex operator algebras. I. Theories over the projective line. Duke Math. J. 128 (2005), 393--471. 査読有
[学会発表] (計 3 1 件)
- (1) T. Ibukiyama, Supersingular abelian varieties and modular forms, March 7, 2009, HRI International Conference in Mathematics, Harish Chandra Research Institute, Allahabad, India.
- (2) T. Watanabe, 8次元 Hermite -Rankin 定数の値, 日本数学会年会(東京大学) 2009年3月27日.
- (3) E. Bannai and T. Miezeki, Toy models for D. H. Lehmer’s conjecture, 6th Korea Japan workshop on Algebra and Combinatorics, Pusan National University, Pusan, Korea, Feb. 10, 2009.
- (4) T. Ikeda, On lifting of modular forms, PANT 2009, 2009年1月8日, POSTECH, Korea.
- (5) T. Oda, Explicit formulae for archimedean Whittaker functions on classical groups and related problems, Workshop Representation theory of reductive groups -- local and global aspect, Erwin Schroedinger Internat. Inst. for Math. Physics, ウィーン, 2009年1月
- (6) T. Ibukiyama, Type numbers of quaternion hermitian lattices, quinary quadratic forms and supersingular abelian varieties, 京都大学数理解析研究所研究集会「代数的整数論とその周辺」Dec. 11, 2008
- (7) T. Ibukiyama, Saito-Kurokawa lifting and Jacobi forms of level N, Sep. 12, 2008, The 11-th Autumn Workshop on Number Theory, Hakuba Highmount hotel.
- (8) T. Ibukiyama, Towards explicit trace formulas, Sep. 6, 2008, Explicit Structures in Modular Forms and Number Theory, Kinki Univ.
- (9) T. Ibukiyama, Differential operators on Siegel modular forms and holonomic system, Conference on Codes, Invariants and Modular Forms, Max Planck Institut

fuer Mathematik, July 10, 2008.

(10) T. Ibukiyama, Dimensions of Siegel Modular Forms, The 22-th Annual Workshop on Automorphic Forms and Related Topics, March 10, 2008, Texas A & M Univ.

(11) 菊田俊幸、長岡昇勇, 「Modular 形式のある合同関係について」, 日本数学会秋季総合分科会、2008年9月27日、東京工業大学.

(12) 菊田俊幸、長岡昇勇, 「Some p-adic properties of Siegel-Eisenstein series」, 京都大学数理解析研究所研究集会「保型表現・保型形式とL関数の周辺」、2008年1月25日、京都大学数理解析研究所.

(13) M. Furusawa and K. Maritin, New relative trace formula for the central critical values of the spinor L-functions for $GSp(4)$, International symposium on automorphic forms, L-functions, and Shimura varieties, 2008年11月27日 Inha Univ. Korea.

(14) 池田保, DII lifting over a totally real field, I, II, 第11回整数論オタクワークショップ、2008年9月14日、白馬ハイマウントホテル

(15) E. Bannai, Invariants of finite groups and modular forms---a survey from a personal viewpoint, "Codes, Invariants and Modular forms", Max-Planck Institute of Mathematics, Germany, July 10, 2008.

(16) 小松啓一、福田隆, Weber の類数問題について、日本数学会、2008年9月26日 東京工業大学

(17) T. Ibukiyama, Siegel modular forms of small weight and Witt operators, International Conference on The Algebraic and Arithmetic Theory of Quadratic Forms 2007, December 13, 2007, Lake Llanquihue, Chile.

(18) 伊吹山知義, 「不変調和多項式からなる多変数直交多項式系の母関数およびホロノミー系 (副題: ゲーゲンバウア多項式の新しい多変数版の理論)」2007年10月8日 「アクセサリパラメーター研究会 (その2)」熊本大学

(19) T. Ibukiyama, Siegel modular forms of weight three and super-singular abelian surfaces, Modular forms and Moduli spaces, Satellite Meeting for Festival dedicated to 300-th birthday of Leonhard EULER, July 9, 2007, St. Petersburg, Russia.

(20) T. Ibukiyama, Taylor expansion of Jacobi forms of general degree, Conference "Formes de Jacobi et applications" in CIRM Luminy France, May 8, 2007.

(21) T. Ibukiyama, Dimension of Siegel modular forms of weight three and

super-singular abelian surfaces, February 6, 2007, The 4-th spring conference on modular forms and related topics, "Siegel modular forms and abelian varieties" 浜名湖カリアック

(22) T. Watanabe, A bound of the number of reduced Arakelov divisors of an algebraic number field, International Conference on The Algebraic and Arithmetic Theory of Quadratic Forms 2007 Lake Llanquihue, Chile 2007年12月19日.

(23) H. Katsurada, On Ikeda's conjecture on the period of the Ikeda lift (with H. Kawamura) Conference on Jacobi Forms and Applications 2007, 5.7, Luminy, France

(24) H. Katsurada, Period and congruence of the Ikeda lift, Conference on Modular Forms 2007, 11.1, Oberwolfach, Germany

(25) T. Ibukiyama, Paramodular Forms and Compact Twist: Dimensions and Traces, The 9-th Autumn Workshop on Number Theory, Hakuba highmount hotel, November 10, 2006.

(26) T. Ibukiyama, Siegel modular forms of half-integral weight and conjectures on Shimura type correspondence and liftings, October 9, 2006, Conference "Modular Forms" Schiermonnikoog, The Netherland.

(27) T. Ibukiyama and N.-P. Skoruppa, Jacobi forms of weight 1 and applications to Siegel modular forms of critical weight 京都大学数理解析研究所研究集会「保型形式・L関数・周期の研究」2006年1月24日

(28) M. Furusawa, The Kloosterman sum and the Macdonald polynomial, KIAS Number Theory Conference, 2006年6月20日, Korea Institute for Advanced Study, Seoul, Korea

(29) T. Oda, Secondary spherical functions and the associated Eisenstein-Poincare series, Intern. Conf. on representations of real reductive groups, Tata Institute for Fundamental Research, 2006年1月

(30) 伊吹山知義, 保型形式の次元公式、森田康夫先生還暦記念研究集会、東北大学、2005年11月22日

(31) T. Ibukiyama, Siegel modular forms of small weights and conjectural correspondence of Shimura or Langlands type, Sep. 8 2006, INdAM Rome Univ. Workshop on Modular Forms, Automorphic Forms and Related Moduli Spaces

[図書] (計13件)

(1) T. Ibukiyama, Conjecture on a Shimura type correspondence for Siegel modular forms, and Harder's conjecture on congruences, "Modular Forms on Schiermonnikoog" Ed. by B. Edixhoven et al.,

Cambridge University Press (2008), 107-144. 査読有

(2) S. Boecherer, H. Katsurada R. Schluze-Pillot, On the basis problem of Siegel modular forms with level, Modular Forms on Schiermonnikoog, Cambridge U.P. (2008), 13-28. 査読有

(3) T. Ikeda, On liftings of holomorphic modular forms. Representation theory and automorphic forms, 29--44, Progr. Math., 255, Birkhaeuser Boston, Boston, MA, 2008. 査読有

(4) T. Ibukiyama, Siegel Modular Forms of Weight Three and Conjectural Correspondence of Shimura Type and Langlands Type, The conference on L -functions, ed. by L. Weng and M. Kaneko, World Scientific (2007), 55-69, 査読有

(5) T. Ibukiyama, Dimension formulas of Siegel modular forms of weight 3 and supersingular abelian varieties, Proceedings of the 4-th Spring Conference on modular forms and related topics, "Siegel Modular Forms and Abelian Varieties" (2007), 39--60. 査読無

(6) T. Ibukiyama 編 Proceedings of the 4-th Spring Conference on Modular Forms and Related Topics, "Siegel Modular Forms and Abelian Varieties" (2007) 255 pp+xi (科研費による報告集) 査読無

(7) T. Ibukiyama, Paramodular forms and compact twist, Automorphic Forms on $GS(4)$, Proceedings of the 9-th Autumn Workshop on Number Theory, (2007), 37-48. 査読無

(8) T. Ibukiyama and H. Katurada Koecher-Maass Series for Real Analytic Siegel Eisenstein Series, in "Automorphic Forms and Zeta Functions", World Scientific (2006) 170-197. 査読有

(9) S. Boecherer, T. Ibukiyama, M. Kaneko, F. Sato 編, Automorphic Forms and Zeta Functions, World Scientific (2006), 388 pp +x. 査読有

(10) H. Katsurada and R. Schluze-Pillot, Genus theta series, Hecke operators and the basis problem for Eisenstein series, Automorphic Forms And Zeta Functions, World Scientific (2006) 234-261 査読有

(11) A. Murase and T. Sugano, Inner product formula for Kudla lift, in "Automorphic forms and zeta functions", World Scientific, 2006, 280 - 313. 査読有

(12) T. Ibukiyama, Higher Spherical polynomials and functions, The proceedings of Second COE Workshop on Sphere Packings, (2005), 95--101. 査読無

(13) T. Ibukiyama, K. Saito's conjecture

on positivity of eta products and "extremal pair" of lattices, Oberwolfach Report Vol.2 Issue 1/2005 European Math. Soc. Publishing House (2005), 54-55. 査読無

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊吹山 知義 (IBUKIYAMA TOMOYOSHI)
大阪大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号：60011722

(2) 研究分担者

(以下は2007年度までのみ)

齋藤恭司 (SAITO KYOJI)
東京大学・数物連携宇宙研究機構・特任教授
研究者番号：20012445

坂内英一 (BANNAI EIICHI)
九州大学・数理学研究院・教授
研究者番号：10011652

渡部隆夫 (WATANEBE TAKAO)
大阪大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号：30201198

永友清和 (NAGATOMO KIYOKAZU)
大阪大学・大学院情報科学研究科・准教授
研究者番号：90172543

織田孝幸 (ODA TAKAYUKI)
東京大学・大学院数理科学研究科・教授
研究者番号：10109415

長岡昇勇 (NAGAOKA SHOYU)
近畿大学・理工学部・教授
研究者番号：20164402

小松啓一 (KOMATSU KEIICHI)
早稲田大学・理工学術院・教授
研究者番号：80092550

菅野孝史 (SUGANO TAKASHI)
金沢大学・数物科学系・教授
研究者番号：30183841

池田保 (IKEDA TAMOTSU)
京都大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号：20211716

古澤昌秋 (FURUSAWA MASAOKI)
大阪市立大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号：50294525

桂田英典 (KATSURADA HIDENORI)
室蘭工業大学・工学部・教授
研究者番号：80133792

(以下2006年度までのみ)

梅垣敦紀 (UMEGAKI ATSUKI)
研究者番号：60329109
早稲田大学・高等研究所・客員准教授

(3) 連携研究者

(2) で記述した研究分担者は、梅垣敦紀を除き、2008年度は連携研究者であった。(科研費の制度変更に伴う変更。)