

戦略的創造研究推進事業 CREST
研究領域「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」
研究課題「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」

研究終了報告書

研究期間 平成20年10月～平成26年3月

研究代表者

日比 孝之

(大阪大学大学院情報科学研究科、教授)

§ 1 研究実施の概要

(1) 実施概要

日比チームは、理論系、応用系、計算系のグループから構成される「グレブナー基底の仮想研究所」であり、純粋数学におけるグレブナー基底の理論を先端科学技術に応用するための、第4のブレークスルー (§ 2 (1) 第3、4段落参照)を誕生させることを究極的な目的とする。その掲げるキャッチフレーズは

多項式環と微分作用素環のグレブナー基底の理論と計算を飛躍的に深化させ、純粋数学の範疇において、統計学の根幹に劇的な変革を導く。その変革は、大規模な計算を可能にするアルゴリズムの進化と相俟って、統計学を不可欠とする産業社会と先端科学の諸分野に広範な影響を及ぼす。

である。チームミーティング、グレブナースクール、研究集会、国際会議などを開催するとともに、著書の出版等の啓蒙活動を展開し、更に、若手研究者育成事業を遂行している。

チームミーティングは、国際会議、研究集会とともに、著書の出版の企画等を相談する会議であり、公開研究集会を付随させ、理論系、応用系、計算系の交流を促進した。グレブナースクールは、神戸大学理学部に於いて、2009年9月と2012年2月に開催した。国際会議 The Second CREST-SBM International Conference “Harmony of Gröbner Bases and the Modern Industrial Society”は、ホテル阪急エキスポパーク(大阪府吹田市)に於いて、2010年6月28日～7月2日の日程で開催され、海外からの参加者は11ヶ国から34名と、国際色豊かな盛会であった。会議の報告集は、2012年4月、World Scientific 社から出版され、本プロジェクト研究の研究成果を継承する役割を担う。JST CREST 日比チーム(編)のテキスト『グレブナー道場』は、2011年9月、共立出版から出版された。出版からわずか5ヶ月で初刷が完売し、目下、第3刷が販売されている。価格が5,000円を越えるにもかかわらず、好調に販売されていることは、本プロジェクト研究の反響の大きさの客観的指標となるだろう。その他、『数学セミナー』(2012年2月号)において、特集「グレブナー基底の新天地」が企画され、チームのメンバーが本プロジェクト研究の研究の紹介記事を執筆している。チームの人件費を使い、ポスドク、特任助教等を7名雇用したが、既に、6名がパーマネントの職に就いており、若手研究者育成事業は成功したと断言できる。

理論系と応用系の共同研究の土壌である計算代数統計は、分割表と実験計画のマルコフ基底に関する応用系の具象的研究から飛躍的な発展を遂げ、理論系が推進するトリークイデアルのグレブナー基底の代数的探究と相俟って、入れ子配置の概念が提唱されるとともに、“素手”で探すグレブナー基底の「辞書」作成のツールを得ることに成功した。「辞書」(ver. 1)は、既に、公開されている。「辞書」の充実は、計算系が担うRisa/Asirの進化とともに、代数統計パッケージの開発に不可欠である。

グレブナー神戸スクール(2009年9月)におけるD加群の理論の解説に触発され、応用系は計算系との共同研究を提案した。その共同研究では、指数型分布族の基準化定数、最尤推定量の計算のための、全く新しい汎用的な方法(ホロミック勾配降下法と命名)を得ることに成功した。更に、微分作用素環のグレブナー基底の高速計算の実装の下、球面上の Fisher-Bingham 分布など空間統計学で重要なパラメータ次元の高い分布でも、ホロミック勾配降下法が適用可能であることを実証した。

ホロミック勾配法は、統計学上の永年にわたる懸案の難問の研究に突破口をもたらす劇的な研究成果も育む。ウィシャート分布に従う対称行列の最大固有値の分布を決める行列変数超幾何関数 ${}_1F_1$ は、ゾーナル多項式によって無限級数展開される。この級数は、収束が遅く、その数値計算は、古典的な難問として知られていた。応用系と計算系は、 ${}_1F_1$ の満たす微分方程式をホロミック系の観点から再考察し、ホロミック勾配法を駆使し、 10×10 行列までの高精度計算に成功した。

理論系と応用系と計算系の研究の集大成の一つとして挙げられるのは、従来の発想を転換し、順序凸多面体と呼ばれる、数学的構造が周知である凸多面体から、ホロミック勾配法が効果的に適用可能である、全く新しいA超幾何分布を提唱したことである。その分布は、パフィアン系の階数が多項式的に増大する系列を持ち、それゆえ、ホロミック勾配法が効果的に適用可能であることが判明している。組合せ論、超幾何関数、統計学の奏でる三重奏の幕開けと呼べる研究成果である。

ホロミック勾配(降下)法の誕生は、本プロジェクト研究の開始時点では予期していなかった驚くべき斬新な展開であり、D加群のグレブナー基底と積分アルゴリズムが、統計学に応用できることが判明し、第4のブレークスルーとなる可能性を秘めている。ホロミック勾配法に関連する幾つかのアルゴリズムは、統計システム R のパッケージ、あるいは、C 言語による試験実装として公開されている。

(2) 顕著な成果

＜優れた基礎研究としての成果＞

- H. Ohsugi and T. Hibi, Toric rings and ideals of nested configurations, *Journal of Commutative Algebra* 2 (2010), 187--208.
概要: Segre--Veronese 配置の一般化である「入れ子配置」に付随するトーリック環の正規性とトーリックイデアルのグレブナー基底の研究を展開した。もとの配置のグレブナー基底から「入れ子配置」のグレブナー基底を構成する一般的な方法を発見し、更に、もとの配置のトーリック環がすべて正規であるならば「入れ子配置」のトーリック環が正規であることの証明に成功した。これらの結果の応用の一つとして、懸案の 3×3 輸送多面体のトーリックイデアルの二次のグレブナー基底に関する顕著な結果が得られた。
- H. Nakayama, K. Nishiyama, M. Noro, K. Ohara, T. Sei, N. Takayama and A. Takemura, Holonomic gradient descent and its application to the Fisher--Bingham integral, *Advances in Applied Mathematics* 47 (2011), 639--658.
概要: ホロノミック関数の局所最大値、最小値を求める一般的なアルゴリズムを与え、それを n 次元球面の上の Fisher--Bingham 積分に付随する尤度関数に適用し、有効性を示した。Fisher--Bingham 積分は方向統計学における最も基本的な確率分布の正規化定数である。この手法はホロノミック勾配降下法と呼ばれ、D加群の理論とグレブナー基底を利用したアルゴリズムを積分に適用し、局所最大化、最小化問題を数値解析の問題に変換する、数式数値融合アルゴリズムである。D加群の理論の統計学への応用という、きわめて独創的な研究であり、歴史に残る論文である。
- H. Hashiguchi, Y. Numata, N. Takayama and A. Takemura, Holonomic gradient method for the distribution function of the largest root of a Wishart matrix, *Journal of Multivariate Analysis* 117 (2013), 296--312.
概要: ホロノミック勾配法をウィシャート分布の最大固有根の累積分布関数の計算に応用した。この累積分布関数は行列変数の超幾何関数 ${}_1F_1$ を使って表示され、ゾーナル多項式によって無限級数展開される。ゾーナル多項式は数学的に美しい性質を持つが、その数値計算は事実上不可能である。本論文では ${}_1F_1$ の満たす微分方程式をホロノミック系の観点から再考察し、更に、ホロノミック勾配法を駆使し、10 次元までならば ${}_1F_1$ の精度の優れた数値計算が実用的な時間内で実行可能であることを示した。この結果は永年にわたる統計学上の懸案の難問の研究に突破口をもたらす劇的な研究成果である。

＜科学技術イノベーションに大きく寄与する成果＞

- ホロノミック勾配(降下)法のパッケージの提供
概要: ホロノミック勾配(降下)法は、統計における標準ソフトウェアである R システムのパッケージ **hgm** として公開している。現状では、 $SO(3)$ のフィッシャー分布、ウィシャート分布に付随する行列引数 ${}_1F_1$ の計算がパッケージ化されている。他の成果については C 言語による試験実装段階であるが、アルゴリズムの細部を仕上げ次第、順次 R のパッケージとして公開予定である。

§ 2. 研究構想

(1) 当初の研究構想

高度に発展した純粋数学の理論と現代の産業社会における先端科学技術との調和を探ることは、社会的な難問の解決に向けての数学の積極的な貢献をもたらす。本プロジェクト研究では、現代数学の潮流の一つを成すグレブナー基底の探究に携わる代数学者、計算機科学者、統計学者らから構成される共同研究組織(仮想研究所)を作り、グレブナー基底と先端科学技術との調和を議論する。具体的には、臨床試験、実験計画などの統計数学に有効なソフトを創出するために要求されるグレブナー基底の理論と計算機代数システムを、代数統計パッケージとして商品化をする可能性とともに、暗号理論などの周辺分野への応用も視野に入れながら、飛躍的に発展させる。現実の社会への積極的な貢献を念頭に置いた理論と計算機代数システムの相補的な展開

は、従来の純粋数学の枠組では到達することが不可能であった純粋理論としての斬新な視点を育み、加えて、我が国のソフトウェア開発の能力の飛躍的な向上を促進する。

グレブナー基底の概念は Macaulay の仕事にその源を持つ。1960 年代、Buchberger が彼の学位論文でグレブナー基底を計算するアルゴリズムを発表し、それがいわゆる計算代数と呼ばれる肥沃な分野の誕生となった。グレブナー基底とは、多項式環のイデアルの生成系のなかの優れたものの一つであり、その理論は、標語的に言えば、多項式環のイデアル論を単項式の組合せ論で操る魔術である。可換代数、代数幾何、凸多面体の代数的組合せ論などの純粋数学における理論的な有効性は既に樹立されているが、統計数学を始め、整数計画、暗号理論、符号理論などの応用数学の発展にも多大なる寄与をしている。

グレブナー基底の探究の第1のブレークスルーは、1980 年代後半の可換代数と代数幾何への応用である。Macaulay あるいは CoCoA などの計算ソフトが開発され、計算可換代数と計算代数幾何は劇的な発展を遂げた。第2のブレークスルーは、1990 年代前半の凸多面体の三角形分割の理論への応用である。正則三角形分割の理論は、計算幾何の著しい推進の原動力となり、三角形分割を列挙する計算ソフトの開発が促進され、凸多面体の構造が解明された。第3のブレークスルーは、Diaconis と Sturmfels の共著論文(1998 年)に端を発する統計数学への応用であり、計算代数統計と呼ばれる斬新な研究分野が誕生した。しかし、第3のブレークスルーは画期的であったとは言うものの、残念ながら、1990 年代後半では、効率までを考慮に入れた社会への貢献は視野には入っていなかった。グレブナー基底が計算できる統計モデルの類には2元表など主要な類も含まれてはいたが、けれども、社会における要請度の高い現実的な統計モデルを含んでいるとは言えない状況であった。

本プロジェクト研究は、第4のブレークスルー、すなわち、グレブナー基底の理論と計算機代数ソフトの発展を、両者の相互関係を深化させながら、現代の産業社会への貢献を目指すものである。将来的には、たとえば、代数統計パッケージとして商品化することも視野に入れながら研究を展開するが、知的財産権の取得に十分に配慮しつつも、結果的には社会的な貢献になると判断されるときには、オープン化などの機動的な対応を検討する。自然界の現象、社会的な現象の解析は、現実に沿った十分な大きさの多項式を生成系とするイデアルのグレブナー基底が計算できれば著しい発展を遂げる。しかし、現実の社会で遭遇する統計の問題などでは、膨大なデータの処理を必要とし、グレブナー基底が計算できれば劇的に解決できるとしても、代数的な構造が十分には解明されていないことから、計算量の問題が克服できず、現状では、その実用化が困難である。その困難を打破するための柱となる理論の構築に加え、現在の汎用システムである Mathematica、Singular、Risa/Asir などを越える高性能な数式処理システムの開発にも着手する。

グレブナー基底の研究プロジェクトは、京都大学数理解析研究所 2006 年度プロジェクト研究「グレブナー基底の理論的有効性と実践的有効性」などを含め、欧米諸国でも類似のプロジェクト研究が実施されている。たとえば、米国の SAMSI (Statistical and Applied Mathematical Sciences Institute) の 2008 年 9 月から始まるプロジェクト Algebraic Methods in Systems Biology and Statistics などがある。従来の研究は「可換代数(理論)」「数学ソフトウェア(計算)」「統計学(応用)」のグループ内で遂行されている研究成果を、お互いが理解しようという段階のものがほとんどである。そのような目的からすると、京都大学数理解析研究所のプロジェクト研究は、限られた研究期間と限られた予算からすれば、十分な成果が挙げられている。欧米諸国の他のプロジェクト研究においても、それなりの研究成果は得られているものの、決定的な第4のブレークスルーにはなり得ない。換言すると、社会からの要請に十分答えられているとは言えない状況である。本プロジェクト研究は、理論、計算、応用の3つの分野に加え、その境界分野の研究者たちが有機的に連携して組織的に取り組む大型プロジェクト研究であり、我が国から第4のブレークスルーを世界に発信し、我が国が国際競争に圧勝するための、緊急性を持つ研究である。

数学ソフトウェアの開発を担う次世代の養成は危機的な状況にある。その理由として、任期制の導入などにより、とりあえず若い時代は論文を執筆できる仕事をしなければならないという世界的な風潮が強まっており、数学ソフトウェアなどの論文の執筆が困難な分野では若手がほとんど存在しないという状況が起きている。本プロジェクト研究では、その解決策として、理論研究者と若手の数学ソフトウェア開発者の共同作業、特に、共著論文の作成を推進し、援助する。このことは、次世代の研究者育成という意味のみに留まらず、理論と数学ソフトウェアのより緊密な連携を実現していくためにもきわめて重要である。

なお、本プロジェクト研究では、研究期間終了時に到達可能である顕著な成果として、グレブナー基底の科学技術と社会への貢献に主要な力点を置きつつも、20年、30年という長期的な観点から眺めるならば、純粋数学の推進を担う若手数学者の育成が不可欠であるとの思いを堅持しつつ、事業を推進する。

以下、全体研究計画書(2010年10月)に掲げられている、本プロジェクト研究の具体的な戦略を列挙する。

(戦略a)マルコフ基底に関する従来の研究を踏襲し、特に、分割表に関しては、一般の階層モデルのマルコフ基底の構造を探究する。代数的な理論からマルコフ基底の候補を絞り込み、その後、計算機によって、マルコフ基底を決定する、というのが計算の効率化を促進し、臨床試験などに実用化への道を切り開く有効な方法である。加えて、トーリック環の正規性についての従来の研究を踏襲し、正規でない場合、穴が有限個となる(いわゆる **very ample**)か否かを判定する効果的な方法を探し、穴が有限個のとき、すべての穴を列挙するアルゴリズムを開拓する。穴が無限個のときも、極小な穴を列挙する方法を模索する。極小な穴の列挙は **sequential importance sampling** を遂行する際、決定的に重要であるから、極小な穴の列挙問題を理論と計算の両面から探究する。その他、マルコフ連鎖モンテカルロ法と **sequential importance sampling** の有効性の比較問題は、原理的にはトーリックイデアルとトーリック環の範疇で議論することが可能であるが、全くの未開な状況であり、その解明に向けての研究を推進する。

統計的実験計画法の分野でも、グレブナー基底は斬新な展開をもたらしている。周知の如く、実験計画法は我が国では統計的品質管理の中核的な手法として位置付けられ、我が国の戦後の産業の発展に大きな役割を担った。最近、実験計画の設計が0次元の代数多様体を定義することと数学的に同値であることが示され、従って、実験計画における別名関係などの計算がグレブナー基底の計算に帰着する。加えて、従来の理論では扱ってもできなかった一部実施計画の設計などもグレブナー基底の計算を経由することから可能となる。0次元のイデアルの普遍グレブナー基底は多項式時間で計算できることなど、従来から有益な情報が得られているが、それらを現実の実験計画に使う試みは、ほとんど研究されていない。そのような研究を積極的に推進することは今後の重要な課題である。

(戦略b)大学入試センター試験の科目選択問題の議論にその源を有する、いわゆる **Segre-Veronese** 配置に関する従来の研究では、選択に制約がある場合の独立性の検定が実行可能であることを示し、大学入試センターのデータの解析例を示した。しかし、この解析は公開されたデータのみに基づいており、公開されたデータには同時選択の結果に関する情報が含まれていないため、統計的な観点からは十分な解析とは言えないものであった。今後、大学入試センターの協力の下、入試データのより詳しい統計的解析を進める。大学入試センター試験の科目選択は、高等学校と予備校の進路指導の影響の下、幾つかのパターンからなると予想され、独立性からはかなり離れたものになっていることが予想される。そのような分析結果は、嘗て、大きな社会問題となった、世界史未履修問題などの統計学的な把握にも有益であり、高等学校の教育問題を議論する際の重要な資料となる。

(戦略c)暗号理論については、公開鍵暗号として、最近では多変数多項式の求解という **NP** 完全問題に安全性の根拠を置く多変数公開鍵暗号が盛んに研究されており、現在実用的に用いられている **RSA** 暗号や楕円暗号よりも安全性が高いと期待されている。暗号の安全性の検証には、グレブナー基底計算に基づく攻撃法の研究が不可欠である。従って、より安全な暗号を開拓するという社会的な重要性から、グレブナー基底計算に基づく攻撃の研究は、緊急性を持つ重要な仕事であり、代数学者、暗号研究者の共同研究を遂行する。

(戦略d)高速なグレブナー基底演算のプログラムを **Risa/Asir** に組み込む形での開発は、近年、多面体の幾何の手法も取り入れたグレブナー基底の高速計算を可能にしており、本プロジェクト研究では、0次元多様体の理論的な研究などとの連携を深めながら、ソフトウェア開発を実行する。多面体の手法はトロピカル多様体の計算などとも直結する手法である。トロピカル多様体と生物統計学との相互関係は、欧米諸国の研究グループが盛んに研究しており、本プロジェクト研究でも、システム面からの寄与を行う。

(戦略e)微分作用素についてのグレブナー基底の計算アルゴリズムを使い、**D**加群のさまざまな関手を計算するアルゴリズムとその応用の研究を踏襲する。近年、統計的学習モデルの解析のためには、積分の漸近展開の解析が本質的であることが示されており、**D**加群と超幾何積分解析のアルゴリズムを使って学習モデルの解析をソフトウェアとして実現することを試みる。学習アルゴリズムは最適化問題などとも関係し、学習アルゴリズムの理論的な研究と実装は、当該 **CREST** の研究計画の重点項目の一つである。

(戦略f)トーリックイデアルのグレブナー基底計算では **4ti2** などのソフトウェアが極限までの最適化を行っている。しかし、**GPL** で広く使われている統計処理システム **R** 等との連携利用のシステム開発は未開拓であり、今後、使い易さを追求するため、その開発を促進する。他方、統計数学においては結果の視覚化が重要である。システム **R** にはすでに多くの視覚化機能が組み込まれているが、本プロジェクト研究では、微分幾何方面で開発されてきた視覚化の高度な技術を **R** の統計システムへ移植し、統計ソフトウェアを発展させる。

(戦略g)グレブナー基底は計算機で計算しなくても人間が“素手”で計算できる場合もある。非可換のグレブナー基底を計算する際、アルゴリズムを停止させる一般論が樹立されていないことから、計算機を使わず計算し、量子群と付随する特殊関数の研究に応用されている。他方、統計数学でもやはり“素手”による計算で、マルコフ基底についての幾つかの結果が得られている。これらの計算例から、数理論理の手法と Buchberger アルゴリズムを効果的に融合することにより、計算機でグレブナー基底を計算できる範囲が広がり、高速化も著しく促進されると期待される。理論と計算の両面の展開から、グレブナー基底の計算の高速化を促進することは、本プロジェクト研究の重要な哲学である。

(2) 新たに追加・修正など変更した研究構想

① 中間評価で受けた指摘や助言、それを踏まえて対応した結果について

中間評価で受けた指摘は、主として、チームの再編成と数居の低いパッケージの提供である。それを踏まえ、主たる共同研究者を11名から6名に減らした。更に、ホロミック勾配(降下)法に関連する幾つかのアルゴリズムを、統計システム R のパッケージ、あるいは、C 言語による試験実装として公開している。

② 上記①以外で生まれた新たな展開について

ホロミック勾配法の発明、すなわち、D加群の理論の統計学への応用は、研究構想の作成段階では、全く視野に含まれていなかった斬新な展開であり、本プロジェクト研究が誇る、もっとも顕著な研究成果の一つとなっている。

§ 3 研究実施体制

(1) 研究チームの体制について

① 理論系グループ

氏名	所属	役職	参加時期
日比 孝之	大阪大学	教授	H20.10～ H26.3
鍋島 克輔	大阪大学	特任助教	H21.4～H22.3
木村 杏子	大阪大学	特任助教	H21.4～H22.9
岡崎 亮太	大阪大学	特任助教	H23.4～H25.3
西山 絢太	大阪大学	特任研究員	H23.4～H24.3
西山 絢太	大阪大学	特任助教	H24.4～H25.3
坂根 由昌	大阪大学	特任教授	H21.4～H26.3
谷本 龍二	大阪大学	特任研究員	H20.10～ H21.3
松井 鉄史	大阪大学	特任研究員	H21.9～H22.3
有家 雄介	大阪大学	特任研究員	H23.4～H24.3
吉田 夏海	大阪大学	特任研究員	H25.4～H26.3
岡崎 亮太	大阪大学	JST - RA	H21.4～H22.3
長野 泰志	大阪大学	RA	H21.4～H22.3
村上 健太	大阪大学	RA	H22.4～H23.3
吉田 夏海	大阪大学	RA	H22.4～H23.3
篠原 英裕	大阪大学	RA	H23.4～H24.3
清水 由理子	大阪大学	技術補佐員	H21.4～H22.3
長澤 佑宜	大阪大学	M2	H22.4～H23.3
東谷 章弘	大阪大学	M2	H22.4～H23.3
山形 浩一	大阪大学	M2	H20.10～ H21.9

西山 絢太	静岡県立大学	助教	H25.4～H26.3
Jürgen Herzog	Universität Essen	客員教授	H21.4～H26.3
大杉 英史	立教大学	教授	H20.10～ H26.3
渋谷 敬史	立教大学	PD	H21.4～H25.3
松田 一徳	立教大学	PD	H25.4～H26.3
佐藤 宏平	首都大学東京	RA	H21.9～H22.8
佐藤 宏平	首都大学東京	RA	H24.4～H26.3
柴田 和樹	立教大学	D2	H24.4～H26.3
渋谷 敬史	九州大学	助教	H25.4～H26.3

研究項目

- 先端科学技術に現れるグレブナー基底の代数的理論の探究」

② 応用系グループ

氏名	所属	役職	参加時期
竹村 彰通	東京大学	教授	H20.10～ H26.3
沼田 泰英	東京大学	特任研究員	H21.4～H25.3
松井 宗也	東京大学	特任研究員	H22.1～H23.3
杉下 理恵子	東京大学	技術補佐員	H20.10～ H26.3
清 智也	慶應義塾大学	専任講師	H20.10～ H26.3
原 尚幸	新潟大学	准教授	H20.10～ H26.3
公文 雅之	電気通信大学	非常勤講師	H20.10～ H22.3
鈴木 大慈	東京大学	助教	H20.10～ H26.3
廣瀬 善大	東京大学	助教	H20.10～ H26.3
紙屋 英彦	名古屋大学	教授	H21.4～H26.3
栗木 哲	統計数理研究所	教授	H20.10～ H26.3
大津 起夫	大学入試センター	教授	H20.10～ H26.3
只木 孝太郎	中央大学研究開発機構	機構准教授	H20.10～ H26.3
坂田 年男	九州大学	教授	H21.4～H26.3
高橋 勇人	統計数理研究所	技術補佐員	H20.10～ H22.3
青木 敏	鹿児島大学	准教授	H20.10～ H26.3

研究項目

- グレブナー基底の先端科学技術への実践的応用の探究」

③ 計算系グループ

氏名	所属	役職	参加時期
高山 信毅	神戸大学	教授	H20.10～

			H26.3
野呂 正行	神戸大学	教授	H20.10～ H26.3
野海 正俊	神戸大学	教授	H20.10～ H26.3
中山 洋将	神戸大学	学術推進研究員	H21.1～H26.3
西山 絢太	神戸大学	JST - RA	H21.4～H22.3
西山 絢太	神戸大学	D3	H22.4～H23.3
増田 恭穂	神戸大学	D3	H21.4～H24.3
小山 民雄	神戸大学	D1	H23.4～H26.3
西谷 圭祐	神戸大学	M2	H23.4～H24.3
小原 功任	金沢大学	准教授	H21.4～H26.3
大阿久 俊則	東京女子大学	教授	H21.4～H26.3
齋藤 睦	北海道大学	教授	H21.4～H26.3
岸岡 広幸	神戸大学	D3	H21.4～H22.3
梶原 健	横浜国立大学	准教授	H21.4～H22.3
竹縄 知之	東京海洋大学	准教授	H21.4～H22.3
前野 俊昭	京都大学	講師	H21.4～H22.3
倉田 陽介	神戸大学	D3	H20.10～ H21.3
篠原 直行	九州大学	D3	H20.10～ H21.3
Francisco Castro-Jimenez	Sevilla 大学	教授	H22.4～H24.3
Francisco Castro-Jimenez	Sevilla 大学	教授	H25.4～H26.3
濱田 龍義	福岡大学	助教	H20.10～ H26.3
中川 義行	京都産業大学	非常勤講師	H22.4～H26.3
横田 博史	東芝インフォメーションシ ステムズ	CAEスペシャリス ト	H22.4～H26.3

研究項目

- グレブナー基底の計算の高速化とソフトウェアの開発

(2) 国内外の研究者や産業界等との連携によるネットワーク形成の状況

欧米諸国のグレブナー基底の研究者とのネットワークを形成し、国際会議、国際研究集会等の立案に参画している。

§ 4 研究実施内容及び成果

(戦略a) 分割表などのマルコフ基底の具象的研究(応用系、理論系、計算系)

グレブナー基底に関する第3のブレークスルーは、Persi Diaconis と Bernd Sturmfels の記念碑的な論文 [P. Diaconis and B. Sturmfels, Algebraic algorithms for sampling from conditional distributions, Annals of Statistics 26 (1998), 363--397] に端を発する統計数学への応用であり、この論文によって計算代数統計と呼ばれる斬新な研究分野が誕生した。彼らは、分割表の階層モデルなど応用上重要な統計モデルの正確検定のために、統計モデルに対応するトリークイデアルを定義し、そのグレブナー基底を求めることによって、マルコフ連鎖法を用いて正確検定が実行できることを示した。この基本的な結果により、トリークイデアルの

グレブナー基底を統計学に応用することが可能となったばかりでなく、統計学への応用の要請から代数学にも多くの新たな課題が提供され、代数学と統計学というそれまで比較的關係の薄かった二つの分野にまたがる新たな研究が発展することとなった。マルコフ連鎖を構成するための基底という意味で、計算代数統計の分野ではトリークイデアルの生成系を「マルコフ基底」とよび、基底の元を **move** と呼んでいる。トリークイデアルの生成系がマルコフ連鎖の連結性を保証するという数学的な事実が重要であり、この事実をマルコフ基底の基本定理とよぶ。また、計算の観点からも、大規模な統計モデルへの実際の応用のためには、グレブナー基底計算を高速に実行する必要がある、グレブナー基底計算アルゴリズムの進展の原動力にもなっている。

このようにマルコフ基底に関する研究は計算代数統計の中心的な課題であり、本プロジェクトの全期間に渡って研究を遂行した。

理論系グループの日比、大杉、及び、応用系グループの竹村、青木らは、マルコフ基底に関する共同研究の中から、統計学および代数学双方の観点から見て重要な多くの研究成果を得ている。共同研究の方法としては、一つの方法は、応用上重要な統計モデルに対応するトリークイデアルを設定し、これを理論的な観点から研究することによって、グレブナー基底の理論においても重要な研究成果を得ることである。他方、発想を逆転すると、グレブナー基底に関する既知の結果を統計モデルの観点から解釈することによって、既知のグレブナー基底を応用できるように統計モデルを定式化する方法も非常に有効であり、これが新たな統計モデルの開発に繋がる。前者の一つの例としては、2元分割表の部分表の頻度を固定する部分和问题に関する研究成果があげられる。他方、後者の例としては、Segre-Veronese 配置に関する既知のグレブナー基底の結果を統計モデルの観点から解釈することにより、大学入試センター試験の科目選択問題など、選択に制約のある分割表のモデルの開発につながった成果が挙げられる。この成果は、入れ子配置と呼ばれるより一般的な配置の研究に発展していった。大学入試センター試験データの解析については以下の(戦略b)、入れ子配置については以下の(戦略g)に関する記述においてそれぞれ詳しく述べる。

以上述べたように、代数と統計という異なる角度から一つの問題を考察することにより、それぞれ単独では発想できないような研究の進展をもたらすことができる。

具体的な統計的問題のマルコフ基底については継続的な研究を進めており、以下で紹介する論文に示されたような多くの成果を得た。

(1) 2変数ロジスティック回帰モデルのマルコフ基底

([H. Hara, A. Takemura and R. Yoshida, On connectivity of fibers with positive marginals in multiple logistic regression, J. Multivariate Analysis 101 (2010), 909--925])

ロジスティック回帰モデルとは、たとえば特定の病気になるかならないかの確率を、年齢やその他の説明変数で説明するための基本的なモデルである。標本のサイズが小さく漸近理論の近似が悪い時には、マルコフ基底を用いた正確検定をおこなうことが必要となる。1変数ロジスティック回帰モデルのマルコフ基底は、すでに文献で Veronese 配置の Lawrence lifting の形で与えられることが知られていたが、2変数のロジスティック回帰モデルのマルコフ基底は複雑でありその具体的な形は知られていなかった。われわれは、2つの説明変数の各組合せに対する周辺頻度がすべて正である場合は、2次の **move** のみを用いて連結なマルコフ連鎖を構成できることを示し、典型的な応用例を用いてマルコフ基底の有用性を確認した。但し、3変数以上の説明変数を持つ場合は今後の課題である。

(2) セルの頻度が0か1に制約された分割表のためのマルコフ基底

([H. Hara and A. Takemura, Connecting tables with zero-one entries by a subset of a Markov basis, Contemp. Math., vol. 516, Amer. Math. Soc., Providence, RI, 2010, pp. 199--213])

分割表のセルは通常は非負整数であること以外の制約はないが、幾つかの応用においてはセルの頻度が0か1に制約される。たとえば教育統計 (item response theory などの近年のテスト理論)において基本的な Rasch モデルは、2元表の独立モデルにおいて、各セルの頻度が0か1に制限された分割表とみなすことができる。N 人の受験者が M 問の設問にそれぞれ解答し、正答(1)ないし誤答(0)の何れかが観測されるとする。Rasch モデルでは、各問 i にはその問題の難易度を表す正定数 a_i が付随し、受験者 j には学力を表す正定数 b_j が付随しているとし、受験者 j が問題 i に正答する確率と誤答する確率の比が $b_j : a_i$ の形で表されるとモデル化する。従って、このモデルでは、受験者の学力 b_j が高いほど正答の確率が高くなり、問題の難しさ a_i が大きいほど誤答の確率が高くなる。Rasch モデルが成り立つ場合には、たとえばオンラインのテストにおいて、受験者の能力に応じた難易度の問題を提示することによって、受験者の学力を短時間で測ることができるという利点がある。以上の基

本的な Rasch モデルの統計的検定は、既に、文献で 0, 1 制約のない通常の2元分割表と同様に2次の move で連結なマルコフ連鎖が構成されることが知られていたが、われわれは、より一般の設定で Graver 基底が常に 0, 1 制約を持つ分割表における連結性を保証すること、更に、ある十分条件の下で2次の move が連結性を保証することを示し、Rasch モデルの一般化などの例に応用した。

(3) 応答変数が離散的な場合の一部実施要因実験のマルコフ基底

([S. Aoki and A. Takemura, Markov chain Monte Carlo tests for designed experiments, Journal of Statistical Planning and Inference 140 (2010), 817--830])

実験計画法を用いた品質管理の手法が、我が国の戦後の工業化の過程において品質改善のために大きな役割を果たしたことはよく知られている。現状で、標準的な実験計画の手法は企業研修等で広く教育される一方で、組合せ数学の一分野としての実験計画法は特殊な design の発見などに特化しており、両者に有効な交流が見られない状況がある。標準的な手法においては、応答変量は正規分布に従う連続変量であると仮定され、正規分布理論を用いて要因効果の推定や検定が行われている。しかし、実際には、たとえば不良品の個数のように、応答変数が離散的な場合も少なくない。このように応答変数が離散の場合には、正規近似を用いず、マルコフ基底を用いて要因効果の推定と検定を行うことが望ましい。われわれは典型的な一部実施要因計画実験において、応答変数が離散である場合について、分割表解析と同様の方法でマルコフ基底を求め、応用例を用いて有用性を示した。次の(4)に述べる実験の設計と並んで、マルコフ基底の実験計画法への応用は、実験計画法の新たな展開を齎すものであると考えている。

(4) 一部実施要因計画における non-regular design の新クラスの提案

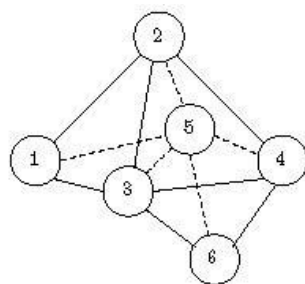
([S. Aoki and A. Takemura, Some Characterizations of affinely full-dimensional factorial designs, Journal of Statistical Planning and Inference 139 (2009), 3525--3532])

一部実施要因計画の標準的な理論は、2水準系の実験の場合であれば、実験回数が完全実施計画の $1/2$, $1/4$ 等、 $1/2^k$ の場合 (regular design) については十分に整備されているが、それ以外の一般の実験回数の場合 (non-regular design) に関する結果は非常に少ないのが現状である。われわれは non-regular design のクラスとして、どんな regular design にも含まれないような design に注目して、要因効果の推定可能性などに関する結果を得た。更に、実験回数を 8 で割った余りが 5, 6, 7 のケースでは、数値的に最適な一部実施要因計画がこのクラスに属するという予想を得た。

(5) 分割表の階層モデルの線型部分モデルのマルコフ基底

([H. Hara, T. Sei and A. Takemura, Hierarchical subspace models for contingency tables, Journal of Multivariate Analysis 103 (2012), 19--34])

分割表の階層モデルはマルコフ基底の観点からも最も重要なモデルである。一般の階層モデル(数学的には単体的複体)に関するマルコフ基底の結果としては、単体的複体が divider とよばれる部分集合によって分解できる場合には、マルコフ基底も divider によって分解されるという Dobra と Sullivant による結果(2004年)が知られていた。われわれは divider の概念を一般化し、この結果を階層モデルの線型部分モデルに一般化した。これにより、高次の交互作用項に特殊な仮定を入れたようなモデルに対しても、マルコフ基底が求められるクラスを定義し、数値例によって有用性を確認した。以下の図は、アメリカの高校生の数学履修のデータに対する6変数(1.数学履修の有無、2.性別、3.高校のタイプ、4.将来の職業希望、5.好きな科目、6.進学希望の有無)のモデルの単体的複体の例を示しており、点線部分が部分モデルに対応している。2と6が単体的複体上で離れていることから、性別と進学希望の有無に条件つき独立性があることがわかる。



(6) D加群の積分アルゴリズムの統計学への応用

([Holonomic gradient descent and its application to the Fisher-Bingham integral, *Advances in Applied Mathematics* 47 (2011), 639--658]; 他数編)

以下の(戦略e)において詳しく触れるように、2009年の9月の“グレブナースクール”における計算系からのD加群の理論の解説の中から、この手法が統計学に現れる広い範囲の積分に対して一般的に適用可能であることが判明した。これはプロジェクト開始段階では全く予想もしていなかった新展開であり、古典的な統計学の多変量解析の問題から最近の統計的機械学習理論に現れる問題に至るまで、現在、その応用について鋭意研究中であり多くの結果が得られている。

(7) 条件つき独立性の推論の方法の開発

([T. Kashimura, T. Sei, A. Takemura and K. Tanaka, Cones of elementary imsets and supermodular functions: a review and some new results, “Harmony of Gröbner Bases and the Modern Industrial Society”(T. Hibi, Ed.), World Scientific, Singapore, 2012, pp. 117—152; T. Kashimura, T. Sei, A. Takemura and K. Tanaka, Properties of semi-elementary imsets as sums of elementary imsets, *Journal of Algebraic Statistics* 2 (2011), 14--35])

条件つき独立性の概念は統計的分析において重要な役割を果たす概念である。2つの変数の独立性を確率で表す時には $p(x,y)=p_x(x)p_y(y)$ のように同時確率 $p(x,y)$ を右辺の周辺確率の積 $p_x(x)p_y(y)$ で表すことが基本であるが、これを

$$p(x,y)p(x',y') - p(x,y')p(x',y)=0$$

の形の二項式で表すこともできる。一つの変数が2水準である場合は、binomial edge ideal と呼ばれる二項式イデアルが、条件つき独立性を表すモデルに対応する([J. Herzog, T. Hibi, F. Hreinsdottir, T. Kahle and J. Rauh, Binomial edge ideals and conditional independence statements, *Adv. Appl. Math.* 45 (2010), 317--333])。

一般の条件つき独立性を扱う方法としては、[M. Studeny, “Probabilistic Conditional Independence Structures,” Springer-Verlag, 2005]によって導入された imset の方法が有効であることがわかってきた。これは2010年6月の本プロジェクト研究の国際研究集会における Studeny の講演とその際の議論から明らかになったことである。数学的には、imset を有限集合のベキ集合上の supermodular function の成す多面錐の双対錐の extreme ray として理解するのが簡明である。いま、 $N = \{1, 2, \dots, n\}$ を有限集合とし 2^N を N のベキ集合とする。集合 2^N から実数への関数 g のうち supermodular な関数の全体は $2^{|N|}$ 次元空間の中の多面錐を成す。この錐 $K(N)$ を supermodular cone と呼ぶ。 $K(N)$ の双対錐を $K(N)^*$ と置き、 $K(N)^*$ の中の整数点を imset と呼ぶ。また、 $K(N)^*$ の extreme ray を elementary imset と呼ぶ。実は、elementary imset の全体を配置とするトーリックイデアルの生成系は、条件つき独立性の同値性の推論に基本的な役割を果たすことがわかる。このことにより、マルコフ基底の概念が、マルコフ連鎖の生成のみならず、条件つき独立性の判定というより論理的な操作のための基本的な道具としても有用であることがわかった。これはマルコフ基底の応用としては全く新しい応用であり、elementary imset の成すトーリックイデアルについて幾つかの重要な結果を得た。

(8) マルコフ連鎖の定常性の検定のためのマルコフ基底

([A. Takemura and H. Hara, Markov chain Monte Carlo test of toric homogeneous Markov chains, *Statistical Methodology* 9 (2012), 392--406; H. Hara and A. Takemura, A Markov basis for two-state toric homogeneous Markov chain model without initial parameters, *Journal of Japan Statistical Society* 41 (2011), 33--49])

有限状態空間のマルコフ連鎖モデルは、多くの分野で用いられるモデルである。マルコフ連鎖モデルをデータ解析に用いる際のモデルの適合度の検定として、定常性の検定、すなわち推移確率が時点に依存しないという仮説の検定をおこなうことが望ましい。推移確率が時点に依存してもよいモデルは分割表の分解可能モデルに対応し、そのトーリックイデアルは単純であるが、推移確率が時点に依存しないモデルのトーリックイデアルは、状態数や時点数の増加とともに非常に複雑となる。また初期確率をパラメータとして含むかどうかでもトーリックイデアルが異なるものとなる。この問題に関して状態数が2の場合、あるいは時点数が3の場合について、初期確率を含む場合と含まない場合の双方についてマルコフ基底を求めた。

(9) 2元分割表の複数ブロック効果モデルに対するマルコフ基底

([M. Ogawa and A. Takemura, Markov bases for typical block effect models of two-way contingency tables, *Journal of Multivariate Analysis* 112 (2012), 219--229])

2元分割表において独立モデルは最も基本的なものであり、2 次の move からなるマルコフ基底もよく知られているが、独立モデルに特定の交互作用項を導入したモデルのマルコフ基底もモデルの適合度検定のため重要である。行和・列和のほか部分表の頻度の和を固定するモデルをさらに拡張して、複数の部分表の和を固定するモデルについてマルコフ基底を導出した。特に部分表が入れ子構造をしている場合には、2 次の move がマルコフ基底をなすことを示した。

(10) 応答変数が離散的な場合の 2 水準計画と切断イデアルの関係

([S. Aoki, T. Hibi and H. Ohsugi, Markov chain Monte Carlo methods for the regular two-level fractional factorial designs and cut ideals, *Journal of Statistical Planning and Inference* 143 (2013), 1791--1806])

応答変数が離散的な一部実施計画データに対して、正規近似を用いずにマルコフ基底を用いて要因効果の検定を行う手法は、論文[S. Aoki and A. Takemura, Markov chain Monte Carlo tests for designed experiments, *Journal of Statistical Planning and Inference* 140 (2010), 817--830]で提案された。この手法では、検証したい統計モデルに対して、そのモデル行列の転置を配置行列とするトーリックイデアルの生成系がマルコフ基底となる。従って、性質が既知のトーリックイデアルに対応する一部実施計画と統計モデルの特徴付けが、興味ある課題となる。本研究では、連結な無向グラフに付随して定義されるイデアル(切断イデアル)が、レギュラーな 2 水準一部実施計画に対する主効果モデルのサブクラスに対応することを示した。切断イデアルは、トーリックイデアルの理論研究において比較的最近に提案された概念であり、無向グラフの性質と、対応するイデアルの生成系(グレブナー基底)の性質の関係の解明が主要な研究対象である。重要な既知の結果には、例えば、無向グラフが K_4 をマイナーに持たないとき、またその時に限り、切断イデアルは 2 次生成となる、というものがある。これと本研究で示した対応から、1/2-実施計画に対する主効果モデルの検定のためのマルコフ基底は、2 次生成であることが示される。さらにこれを拡張し、1/4-実施計画に対する主効果モデルのためのマルコフ基底も、同様に 2 次生成であることが示される。これらの結果を用いることにより、対応する無向グラフが存在するレギュラーな 2 水準計画に対しては、その切断イデアルの生成系(あるいはグレブナー基底)をマルコフ基底とするマルコフ連鎖モンテカルロ法により、モデルの当てはまりを検証することができる。

(11) ランダムグラフのベータモデルに対するグレーバー基底

([M. Ogawa, H. Hara and A. Takemura, Graver basis for an undirected graph and its application to testing the beta model of random graphs, *Annals of the Institute of Statistical Mathematics* 65 (2013), 191--212])

ランダムグラフのモデルはインターネット上のリンク構造の解析などさまざまな分野で用いられているが、その中でもベータモデルは、各頂点の次数が十分統計量となるようなモデルであり自然なトーリックモデルである。このモデルの当てはまりを評価する際に、通常は、辺はあるかないの2値であり、頻度が0か1に制約されたファイバーの連結性を保証しなければならない。そのためにはグレーバー基底が得られていれば十分である。ここではランダムグラフのベータモデルに対するグレーバー基底の要素の特徴づけを与え、グレーバー基底の要素をランダムに生成するアルゴリズムを示した。

(12) 3元分割表の無3因子交互作用モデルのグレーバー基底の複雑度

([T. Kudo and A. Takemura, A lower bound for the Graver complexity of the incidence matrix of a complete bipartite graph, *Journal of Combinatorics* 3 (2012), 695--708])

3元分割表の無3因子交互作用モデルは、2つの因子の水準を固定して一つ因子の水準のみを増加させた場合には、マルコフ基底の次数の上限が存在するという意味での有限性の結果が知られているが、3個の水準をすべて増加させたときには、次数の上限は指数的に上昇すると予想されている。この現象を調べるには、マルコフ基底よりも、グレーバー基底の次数に関する既知のバウンドを用いるほうが調べやすい。ここでは3個の水準をすべて増加させた場合にグレーバー基底の複雑度を下から評価することに成功し、グレーバー基底の要素の次数が指数的に増加することを示した。

(13) パーコフモデルのマルコフ基底の3次生成性の証明

([Takashi Yamaguchi, Mitsunori Ogawa, Akimichi Takemura, Markov degree of the Birkhoff

model, Journal of Algebraic Combinatorics, to appear])

バーコフモデルのマルコフ基底が3次生成であるという予想([Diaconis, Eriksson, “Markov bases for noncommutative Fourier analysis of ranked data, Journal of Symbolic Computation, 2006])はこれまでしばらく証明されていなかったが、この証明を与えた。トーリックイデアルが3次生成であることを示すのは2次生成の場合と比較してかなり困難に思われるが、今回トーリックイデアルの一つの自然な無限族に対して3次生成が示されたため、今後類似の性質を持つトーリックイデアルの研究の発端になると考えられる。

(戦略b) 大学入試センター試験の科目選択問題の統計学的検証(応用系、理論系)

グレブナー基底に関する既知の結果に注目して対応する統計モデルを考察することにより、新たな統計モデルを開発するという試みは、本プロジェクトの中心的な課題の一つである。論文[S. Aoki, T. Hibi, H. Ohsugi and A. Takemura, Markov basis and Groebner basis of Segre-Veronese configuration for testing independence in group-wise selections, Annals of the Institute of Statistical Mathematics 62 (2010), 299--321]では、選択に階層的な制約がある状況において得られた選択者の頻度データに対する様々な独立モデルが、Segre-Veronese 型配置とよばれる構造に対応することに注目し、Segre-Veronese 型配置のグレブナー基底を利用したマルコフ連鎖モンテカルロ法により効率的にモデルの検定が行えることを、大学入試センター試験の科目選択データ、及び、遺伝子型頻度データのデータ解析を通して示した。この成果は、代数系の理論の研究としては、論文[S. Aoki, T. Hibi, H. Ohsugi and A. Takemura, Gröbner bases of nested configurations, Journal of Algebra 320 (2008), 2583--2593]において、入れ子配置というより一般化された配置の研究へと繋がった。しかし一方で、このデータ解析を応用統計学的な観点から眺めると、いくつかの問題点があり、十分な解析とはいえないものであった。特に、大学入試センター試験の科目選択データのデータ解析は、公開されたデータのみに基づいたものであり、複数科目(たとえば理科と社会など)の組合せの選択パターンに関する選択者数の情報が含まれず、モデルの当てはまり具合の検証が不可能であるという重要な問題点を含んでいた。(戦略b)では、応用系グループの天津(大学入試センター)を介した大学入試センターの協力の下、2006年の大学入試センター試験の選択科目別受験者数データに対し、より詳細な統計解析を行った。

解析対象のデータは、大学入試センターの協力の下に入手した、2006年実施の大学入試センター試験の選択科目別受験者数のデータであり、受験者ごとの選択科目、前期日程での出願大学と学部、性別、高校の情報からなるものである。2006年センター試験は、平成11年度改定の指導要領にもとづく最初のセンター試験であり、英語のリスニングテストが初めて実施された試験である。この試験を全国で約50万人が受験している。解析では、まず、このデータから、志願者が1名以上の高校から志願者数で重み付けをして500校を抽出し、139,899名の志願者データを作成した。さらに、外的な要因の影響を明確にするために、分析対象を大学の志願学部が「医学部」「法学部」の者に限定した。対象としてこの2学部を選んだのは、他の学部(例えば工学部)は学部名の多様性が大きく抽出が困難であるという理由による。分析対象データを表に示す。この表において、首都圏は埼玉、千葉、東京、神奈川の4県、関西圏は京都、大阪、奈良、兵庫の3府県、その他は残りの39道県からなる。

	首都圏		関西圏		その他		合計	
	男子	女子	男子	女子	男子	女子	男子	女子
医学部	1,008	420	741	629	2,575	2,288	4,324	3,337
法学部	135	46	323	176	921	468	1,379	690

このデータに対し、「地域と科目選択傾向」「性別と科目選択傾向」の2種類の関連解析を行った。なお、2006年のセンター試験は、新旧両課程の受験者に対応するために科目名が多岐に渡っていたため、類似科目(例えば世界史Aと世界史B、理科総合Bと総合理科など)をまとめ、理科は3教科6科目(理科①={理科総合B, 生物}、理科②={理科総合A, 化学}、理科③={物理, 地学})、社会は2教科6科目(地理歴史={世界史, 日本史, 地理}、公民={現代社会, 倫理, 政経})とし、理科、社会のそれぞれの科目を1科目以上選択している者を対象として解析を行った。数学も複数の科目を含むが、今回は、数学①と数学②を両方選択している者を解析対象とした(対象は医学部の98.7%、法学部の96.3%である)。受験生は、理科、社会のすべての科目を選択するとは限らないため、例えば理科①は{理科総合B, 生物, 非選択}の3水準となる。これに地域の3水準を加え、全体を

3(地域)×3(理科①)×3(理科②)×3(理科③)×4(地理歴史)×4(公民)

の6元分割表としてまとめたものを、地域と科目選択傾向の関連解析の対象データとした。このような高次の分割表に対して、そのまま対数線形モデルを当てはめても、なかなか意味のある結論を導くのは難しいことが知られている。本研究では、地域差の影響を2段階(選択科目数への影響と、選択科目数の組み合わせで層別した後の地域差の影響)に分けて分析することにより、いくつかの興味深い知見を得た。一方、性別と科目選択傾向の関連解析では、特に性別の影響が顕著と予想された物理と生物の科目選択の性別の影響(女子は生物選択者が多く物理選択者が少ない)を検証するために、理科の科目選択に絞って解析を行った。この際、高校における開講科目の影響も大きいと、志願学部だけでなく、高校でも層別をすることがあることから、抽出された500校の法学部志願者のうち、男子と女子がともに1名以上含まれる高校137校を再抽出し、全体を

2(性別)×2(理科①)×2(理科②)×3(理科③)×137(高校)

の5元分割表としてまとめたものを解析対象とした。(ここでは、理科①、理科②については、生物選択 or 非選択、化学選択 or 非選択の2水準とした。)この場合、セルの総数が多くスパースな分割表となるため、対数線形モデルを当てはめた際の母数の推定も、通常の方法では困難である。本研究では母数の推定を条件付尤度の最大化により行った。以下、本研究で得られた結果の一部を紹介する。詳細は、論文[青木敏, 大津起夫, 竹村彰通, 沼田泰英,「大学入試センター試験科目データの統計解析」応用統計学、第39巻、第2 & 3号、(2010)、71--100]に記載されている。

なお、当初の研究計画書では、(戦略b)の研究実施期間は2009年度から2011年度までの3年間となっていたが、上記論文が出版された2010年の段階で、(戦略b)の当初計画の目標は完全に達成されたため、研究期間は2009年度から2010年度の2年間に短縮された。以下は本研究で得られた成果の抜粋である。

地域差が科目選択に与える影響は、「科目選択数への影響」「科目選択数で層別したデータについて、選択科目への影響」の2段階に分けて分析を行った。

科目選択数への影響としては、医学部受験者について、「地域×理科選択科目数×社会選択科目数」の3因子交互作用が検出された。これは、法学部受験者では「地域ごとの、理科選択科目数と社会選択科目数の条件付独立モデル」の当てはまりがよかったことと対照的である。したがって、法学部受験者については、「首都圏は理科の選択科目数が少ない」「関西圏は社会の選択科目数が少ない」「その他地域では理科、社会ともに選択科目数が多い」という具合の説明が可能であるが、医学部における傾向はより複雑であることが分かった。

科目選択数ごとの影響としては、通常対数線形モデルに、少数の特定のセルの効果を加えた非階層モデルの当てはまりを検討することにより、地域ごとの選択科目に関していくつかの傾向が分かった。主なものを以下に列挙する。

- 医学部:理科3科目、社会2科目受験者
首都圏は現社が選択されにくく政経が選択されやすい。逆に、関西圏は政経が選択されにくく、その他地域は現社が選択されやすい。首都圏では{日本史,現社}の組み合わせは特に選択されにくい。世界史選択者は現社より倫理を、地理選択者は倫理より政経を、日本史選択者は政経より現社を、選択する傾向がある。
- 医学部:理科3科目、社会1科目受験者
首都圏は公民科目が選択されやすく、日本史は特に少ない。関西圏は逆に地理歴史科目が選択されやすい。
- 医学部:理科2科目、社会2科目受験者
首都圏と関西圏で政経が選択されやすく、逆にその他地域では選択されにくい。首都圏では{物理、化学、世界史、現社}の組み合わせが特に少ない。地理選択者は物理化学の選択が多く、生物化学の選択が少ない。
- 医学部:理科2科目、社会1科目受験者
首都圏では地理歴史科目より公民科目が選択されやすい。関西圏では現社が少なく{物理、化学}の選択が多いが、{物理、化学、政経}の組み合わせは少ない。その他地域では政経より日本史が選択されやすく、{物理、化学、政経}の組み合わせは特に選択されにくい。首都圏と関西圏の{物理、化学}選択者は現社より政経を選択する傾向がある。
- 法学部:理科2科目、社会2科目受験者
{生物、総合 A}の組み合わせと、その他地域における{物理、化学、地理、現社}の組み合わせが選択されやすい。

- 法学部:理科1科目、社会2科目受験者

首都圏は、生物、化学よりも地学、物理、地理より世界史、現社より政経を選択しやすく、{生物、世界史、現社}が少なく{地学、地理、現社}が多い。関西圏は地学が少なく、地理、現社が多い。その他地域は物理が少なく現社が多い。また、その他地域の{化学、日本史、政経}は少なく、{物理、地理、現社}、{物理、世界史、倫理}、{地学、世界史、政経}が多い。

他方、性別の影響に関しては、性別と生物選択、性別と物理選択の顕著な交互作用効果が検出された。つまり、志願先、志望校の効果を考慮しても、女子は物理を選択しにくく、生物を選択しやすい、と結論付けられる。

本研究は、モデルの当てはめ(モデル選択)が主目的であるが、マルコフ連鎖モンテカルロ法による有意確率の評価も有効であることが確認された。たとえば、その他地域との差の影響解析において考察した特定のセルの効果を含めたモデルは、各セルにおける残差の大きさをモデル選択の手がかりとしたが、その、標準化された残差の絶対値の最大値を検定統計量とした有意確率、また、性別の影響解析における、「各高校において性別と科目選択が条件付き独立」というモデルの有意確率、などは、いずれもマルコフ連鎖モンテカルロ法により容易に計算できることが確認された。

本研究において、受験生が選択した科目の中には実際には入試に使われないものが含まれる可能性があることは無視できない問題である。つまり、受験生は自由に科目を選択して受験できるため、たとえば実際には入試に必要な理科科目は1科目だけであっても、「とりあえず複数科目を受験しておく」という者もいる。今回のような、成績の情報が含まれないデータからは、このことによる影響を完全に考慮することは困難であり、妥当性のある結論を導くために解決すべき大きな問題点の一つであった。本研究では、地域差の科目選択への影響を、選択科目数への影響と、選択科目数を固定したうえでの影響に分解して解析したが、これは、分離が困難な「とりあえずの受験」の影響を、選択科目数に応じて固有なものとして考え、少なくとも選択科目が少ない層の解析において取り除くことを意図したものである。たとえば、理科2科目選択者と理科1科目選択者を別々に解析することにより、前者に含まれる可能性がある「本来は1科目しか必要でない受験者」の影響を、1科目選択者の解析から分離している。一方で、2科目選択者の解析においては、理科科目の主効果や低次の交互作用効果であっても、その解釈には注意が必要となるが、本研究で得られたモデルには、極端に不自然な傾向や、「とりあえずの受験」の効果を示唆するものではなく、層別による解析が有効であったと考えられる。

本研究は、はじめに述べたように、当初は Segre-Veronese 型配置という代数的な性質が既知である配置に対応する統計モデルの探究が出发点であったが、最終的には、対数線形モデルに少数の特定のセルの効果を加えた非階層モデルの当てはまりの評価が主眼となった。このような非階層モデルを扱う一般的な方法論は十分に整備されてはおらず、解析事例も少ないため、本研究は頻度データ解析の応用研究として価値がある。さらに、実際の応用の現場において、高次の分割表の解析手法がほとんど漸近論に限定されているという背景に注目すれば、複雑なモデルであってもマルコフ基底(あるいはグレブナー基底)さえ計算可能であれば一定の評価ができる本研究の手法は、データ解析の新たな主流となり得るものである。一方、応用統計学的な視点からは、本研究は、センター試験における科目選択と外的な要因の関係についての、初めての詳細な分析である。大学入試センターの科目選択は、高等学校と予備校の進路指導の影響の下、独立性とはかなり離れたものになっていることが予想されていたが、実際、上に述べたような複雑な幾つかのパターンが発見され、特に、首都圏とそれ以外では科目選択の傾向に大きな差がある、等の、興味深い知見を得た。これらの分析結果は、嘗て、大きな社会問題となった、世界史未履修問題などの統計学的な把握にも有益であり、高等学校の教育問題を議論する際の重要な資料となることが期待される。

(戦略d) Risa/Asir の進化とグレブナー基底の高速計算(計算系、理論系)

本プロジェクト研究は、グレブナー基底の理論を先端科学技術に応用し、現実を生ずる問題を解決するための理論およびアルゴリズムの研究開発を目標とした。特に、代数統計パッケージの開発は重要な目標の一つであり、この目標のためには、通常が多項式環のみならず、微分作用素環におけるグレブナー基底計算の高速化を始めとして、それを応用する種々の演算(イデアルの共通部分、イデアル商、根基、付属素イデアル、準素分解、加群の syzygy など)の高速化が必要となる。これらの演算の高速化のためには、実装上の工夫、既存アルゴリズムの改良だけでなく、場合によっては、新アルゴリズムの開発も必要となる。(戦略d)では、Risa/Asir に既に実装されている種々の機能をもとに、他の戦略で必要となる機能の追加と高速化を、理論と実装の両面から遂行し、Risa/Asir におけるグレブナー基底関連機能の総合的な性能向上を目指すことを目標とした。

ここで、全体研究計画書に述べた、グレブナー基底の計算の高速化とソフトウェア開発の推進に関してコメント

しておく。具体的には、多面体の幾何、トロピカル多様体の計算および0次元多様体の理論の成果を取り入れたグレブナー基底の計算の高速化を構想していた。しかし、その後のプロジェクト内外の情勢の著しい急激な変化により、(戦略d)では **Risa/Asir** におけるグレブナー基底関連機能の総合的な性能向上を目指す方向に向かうこととなった。そのような研究の方向に沿って **Risa/Asir** の性能を向上させることは、本プロジェクト研究の最大のハイライトである、グレブナー基底の第4のブレイクスルーの発祥には不可欠であり、従って、緊急の課題でもあったからである。他方、トロピカル多様体の計算は、消去法による多項式の導出には有効であるが、その後の詳細な調査の結果、一般のグレブナー基底計算への応用の可能性は、現時点では不透明であること、及び、トロピカル計算による高速化は、第4のブレイクスルーの発祥にかかわる研究には有益であるとは考えられない、ということが判明した。以上の背景から、(戦略d)の全体研究計画書に記載されている、トロピカル多様体の計算そのものについては、戦略から除外し、最終的には以下の3つの項目について研究開発を行った。

(1) 加群に関する機能、特に syzygy 計算

D加群に関する機能として、Weyl 代数の演算および左イデアルのグレブナー基底計算がすでに実装されているが、研究開始(2008 年 10 月)時点では、多項式環、及び、Weyl 代数上の自由加群における高速なグレブナー基底計算と syzygy 計算はまだ実装されていなかった。加群のグレブナー基底の計算そのものは、**Risa/Asir** に既に実装されている単項式のデータ表現を拡張することで実装できる。syzygy 計算については、既存アルゴリズムの調査を行った結果、2通りのアルゴリズムが知られており、それぞれ **Macaulay2**, **Singular**, **CoCoA** などに実装されていることが分かった。これらを **Risa/Asir** に実装し、その性能を比較した結果を下に、実装面およびアルゴリズム面からの改良、効率化を行った。

(2) イデアルの準素分解

グレブナー基底に関する実装の総合的な性能向上を目指して、イデアルの準素分解を新たに実装した。これは以下の理由による。イデアル諸演算は、グレブナー基底計算を1回行っただけで計算できるものもあれば、多数繰り返す必要があるものもある。準素分解はこれらの演算の集大成とも言える計算で、イデアルを連立方程式と考えた場合の解の分解を表し、また、**Diaconis** らによる、分割表の空間の、moveのある集合 (adjacent 2×2 moves) による connectivity の判定にも用いられるなど理論上も重要である。準素分解アルゴリズムの高速な実装を目指すことは、その下位アルゴリズムについても高速な実装が必要となる。また、これらを単独で起動する場合より、より広い範囲の入力で下位アルゴリズム実装が起動されることになり、特定の入力でしか高速性を発揮できない偏った実装を避けることができる。加えて、下位アルゴリズムのテスト用としても有効である。結果として全体の性能の向上が期待できる。

(3) パフィアン系に関連する計算

(戦略e)において急速に発展しつつあるホロノミック勾配降下法において、パフィアン系およびそれに関連する計算の効率化が必要であることがわかってきた。パフィアン系の計算は本質的には有理式係数の微分作用素に関する計算である。これに関し、(戦略 d)では **Risa/Asir** における有理式演算自体の効率化を目指すこととした。有理式は基本データ型としてサポートされているが、たとえば約分はユーザーに任されているなど多項式係数の場合に比べて効率的計算を行うにはユーザーの関与が多く必要となる。**Risa/Asir** には有理式係数の微分作用素の計算を行う **yang.rr** パッケージが既にあるが、特定の問題に対してはその問題固有の効率化の方法がありうる。現在ターゲットとなっているいくつかの具体的問題 (**Fisher-Bingham** 分布, **Wishart** 分布など) に対する計算を詳しく調べ、それぞれ効率化できる部分を探し効率化を目指した。

以下、研究成果を列挙する。

(1) Syzygy 計算

既存の syzygy 計算アルゴリズムを、ベンチマーク用のイデアルの生成系に対して適用してみると、**Risa/Asir** を含めたどのシステム上でも効率よく計算できるとは言いがたい。その理由を調べると、計算途中における係数膨張が一つの大きな原因であったため、多項式環で効果が実証されている有限体上の計算によるショートカットと斉次化の組み合わせの応用を試みた。結果として、既存の2通りのアルゴリズムともに、元のアルゴリズムより高速に syzygy が計算できることが可換多項式環、ワイル代数双方の場合に幾つかの例で実証された。この成果を **CASC2009** で発表 [M. Noro, Modular Algorithms for Computing a Generating Set of the Syzygy Module, Proceedings of

CASC2009, LNCS 7543, Springer, 2009, pp. 259--268]し、Risa/Asir に `noru_module_syz.rr` パッケージとして実装した。

(2) 準素分解

準素分解アルゴリズムは、Gianni--Trager--Zacharias (1988), Eisenbud--Hunecke--Vasconcelos (1992), Shimoyama--Yokoyama (1996)らのアルゴリズムがよく知られ、特に最後のもの(SY アルゴリズム)は Risa/Asir を初めとして広く実装されているが、たとえば上で述べた **adjacent moves** に対応するイデアル(**adjacent minors** イデアル)の分解を行うと、冗長因子が多数現れて計算不能になる場合がある。これについて、イデアル商を用いたアルゴリズムを構成すべく研究を行った。これは入力イデアルを I 、既に得られた準素成分全部の共通部分を Q とするとき、イデアル商 $I:Q$ に含まれる情報を用いて残りの準素成分を求めるという着想に基づく。準素分解の新アルゴリズム開発の試みは、 $I:Q$ がもつ情報をどのように利用するかが鍵となる。われわれは、 $I:Q$ に含まれるイデアル J で、 $I = Q \cap (I+J)$ を満たすものを **separating ideal** と定義した。これは、分解ツールと呼ばれる等式の拡張である。この $I+J$ をなるべく集合として大きく取ることで、 $I+J$ から冗長成分が出にくくなると期待した。まず、 $I:Q$ の生成系のなるべく小さいベキを、なるべくたくさん含むようなイデアルをインクリメンタルに生成するアルゴリズムを考案した。結果として、既存アルゴリズムでは計算に大変時間がかかるか、事実上計算不可能と思われる **adjacent minors** イデアルの系列を、ある程度の大きさのものまで分解できた。特筆すべきは冗長成分の少なさで、冗長成分が全くない場合も観測された。この成果は ICMS2010 で発表 [M. Noro, New Algorithms for Computing Primary Decomposition of Polynomial Ideals, Proceedings of ICMS2010, LNCS 6327, Springer (2010), 233--244]し、Risa/Asir に `noru_pd.rr` (旧版)として実装した。

この研究で得られた準素分解の新アルゴリズムは一応満足すべきものではあったが、実用上は改善すべき点がある。まず、**separating ideal** J をどう選べば冗長成分が生じないか、であるが、これは実験により、 J が $I:Q$ の生成系のベキを全て含めば冗長成分が生じないことが分かってきた。これが実際に正しいことを示した。すなわち、 $I = Q \cap (I+J)$ かつ $I:Q$ と $I+J$ の根基が等しいようなイデアル J を **saturated separating ideal** と定義する。すると、**saturated separating ideal** を用いて分解を進めていくと、結果として冗長が現れない分解、すなわち最短準素分解が得られることが証明できた。更に、各ステップで得られる準素成分の付随素イデアルは、付随素イデアル全体の集合から、それまでに得られたものを除いた集合のなかで極小になっているもの全体となることも示された。また、中間分解を導入することで、**saturated separating ideal** の計算が、唯一つの未知準素成分の場合に限定されるようにアルゴリズムを変形できた。この形にすることで、**separating ideal** の計算時間が大幅に短縮できた。これらの結果として得られた準素分解アルゴリズム(SYCI アルゴリズム)は、改良前のアルゴリズムの性能を遥かに超え、準素成分の個数が数百に及ぶイデアルも効率よく分解できるようになった。

	$A_{2,3,5}$	$A_{2,3,6}$	$A_{2,3,7}$	$A_{2,3,8}$	$A_{2,3,10}$	$A_{2,4,4}$	$A_{2,4,5}$	$A_{2,4,6}$	$A_{2,5,5}$
Singular SY (primdecSY)	11h	---	---	---	---	>3h	---	---	---
Asir 2010 (改良前)	5s	130s	1h	146h	---	31s	3.5h	---	---
Asir 2011 (SYCI アルゴリズム)	1s	5.4s	33s	220s	3.8h	3.8s	100s	1.8h	10.5h

上の表は、Singular 上に実装された Shimoyama--Yokoyama アルゴリズム、Asir 上に実装された 2010 時点での新アルゴリズムおよび SYCI アルゴリズムの計算時間を **adjacent minors** イデアルで比較したものである。ここで $A_{2,m,n}$ は、 $m \times n$ 行列の隣接 2×2 小行列式で生成されるイデアルである。特に、このアルゴリズムは汎用の準素分解アルゴリズムにもかかわらず、Eisenbud と Sturmfels による二項式イデアル専用の分解アルゴリズムの Macaulay2 上での実装より高速にさまざまな二項式イデアルを分解できる。二項式イデアルには、**adjacent minors** イデアル以外にも、**conditional independence** に付随するイデアルなど、その準素分解が統計学において重要な意味をもつ対象が幾つかもあり、今後の応用が十分に期待できる。この研究成果は [T. Kawazoe, M. Noro,

Algorithms for computing a primary ideal decomposition without producing intermediate redundant components, Journal of Symbolic Computation 46 (2011), 1158--1172] として発表した。また、`noro_pd.rr` の実装は、SYCI アルゴリズムに置き換えられた。

`noro_pd.rr` は、全体として準素分解アルゴリズムを実装しているが、単独で用いることができる幾つかのイデアル操作関数も実装している。その中でイデアルの根基の素イデアル分解を計算する関数は一般に有用である。イデアルの共通零点集合を求める場合、イデアルの分解成分はもとのイデアルの零点の分解を与えるが、零点の分解を求めたいだけなら、イデアルの根基の素イデアル分解を求めれば十分である。これを計算できる関数を高速化することは、実用上極めて重要である。`noro_pd.rr` に実装した素イデアル分解は、Laplagne のアルゴリズムに0次元化後の最小多項式計算に関する計算の工夫や、generic coordinate change に至らぬようにする工夫などを取り入れた。この他の諸機能についても、計算が滞らないようにする種々の工夫を取り入れてはいるが、予期せぬ入力により、グレブナー基底計算で行き詰まる場合もまだ多い。このような状況を少しでも少なくするには、常に複数の設定(たとえば斉次化あり/なし、複数の項順序、項順序変換あり/なし、など)でグレブナー基底を行なうようにするのが、安直ではあるが安全な方法である。このようなこと、すなわち分散並列計算を行なう機能は既に Risa/Asir に備えてあり、`noro_pd.rr` においてもいくつかの計算では実際に応用されているが、このような方法をユーザーがより容易に行なえるような機能を提供していくことも重要な今後の課題である。

(3) パフィアン系に関する計算

Wishart 分布に関連して、行列変数 $\mathbf{F}$ と呼ばれる関数の満たす微分方程式系に対するホロノミック勾配法が [H. Hashiguchi, Y. Numata, N. Takayama and A. Takemura, Holonomic gradient method for the distribution function of the largest root of a Wishart matrix, Journal of Multivariate Analysis 117 (2013), 296--312] により与えられている。そこでは、変数の値がすべて相異なる場合のパフィアン系に対する効率よい計算法が与えられているが、いくつかの変数の値が等しい場合(以下退化した関数と呼ぶ)はパフィアン系の特異点となるため、退化した関数が満たす微分方程式を求める必要がある。原理的には $\mathbf{D}$ 加群における制限アルゴリズムで求めることができるが、実際には計算の大変さから、4変数までが限界であった。これについて、上記論文で例示されているロピタル則を応用して、有理式係数の微分作用素環における FGLM アルゴリズムの類似とよぶべきアルゴリズムを考案し、退化した関数の満たす微分方程式を、8変数の場合まで、すべての退化パターンに対して求めることができた。この計算を行うため、有理式係数の微分作用素の新たな表現形式およびその演算を試作し、問題の特殊性を取り入れた約分の効率化も行った。変数の個数が9以上の場合には、有理式計算がなおボトルネックとなり計算できておらず、また、この新しいアルゴリズムは必ずしも退化した関数が満たすすべての方程式を与えるとは限らないが、 $\mathbf{D}$ 加群における制限アルゴリズムが適用できない場合にも制限に相当する方程式系を求める方法として有用である。まだ発見的な方法をいくつか含んでおり未完成であるが、今後の研究および有理式計算の効率化により、更に実用性を高めていきたい。

(戦略 e) $\mathbf{D}$ 加群の積分アルゴリズムの実装とその応用(応用系、理論系、計算系)

統計学の基本問題の一つに、 Θ をパラメータとする非正規化確率分布関数 $f(\Theta, t)$ に対してその正規化定数

$$Z(\Theta) = \int_{\Omega} f(\Theta, t) dt$$

と累積確率密度関数

$$\frac{1}{Z(\Theta)} \int_T f(\Theta, t) dt$$

(但し、 $T \subset \Omega$)、及び、その微分を計算することが挙げられる。

われわれはこの問題に対して微分作用素環のグレブナー基底を用いた汎用的手法、ホロノミック勾配法

(holonomic gradient method, HGM)を提案した。

この方法は分布関数 $f(\Theta, t)$ がホロノミック関数ならば常に適用可能である(Zeilberger, 1990 の結果を適用)。 $f(\Theta, t)$ の満たすホロノミック系 I に対して I の積分イデアル(あるいは、A超幾何方程式系などの制限イデアル)をグレブナー基底などで計算することにより $Z(\Theta)$ の満たす微分方程式系が導出できる。積分、制限イデアルのグレブナー基底による計算アルゴリズムは大阿久が一般論としての完成形を与えている(1990年代後半)。積分イデアルを一階連立系である Pfaffian 系にグレブナー基底で変換することにより、数値解析が容易に適用できる形になり、級数展開や数値積分などによる正規化定数とその微分の計算値を初期値とすることにより、正規化定数や累積確率密度関数が幅広いパラメータについて近似計算できる。これが HGM の概要である。

この方法は統計学(推定と検定)および計算代数(特に計算D加群)に広がる新展開であり、この立場で考察できる問題が無尽蔵にある。この方法の一般論、及び、Fisher-Bingham 分布の最尤推定についての応用(holonomic gradient descent, HGD)を論じた論文が[H. Nakayama, K. Nishiyama, M. Noro, K. Ohara, T. Sei, N. Takayama and A. Takemura, Holonomic Gradient Descent and its Application to the Fisher-Bingham Integral, Advances in Applied Mathematics 47 (2011), 639--658]である。我々はこれを第4のブレークスルーとすべく位置づけた。

この時点で状況は(戦略a)及び(戦略g)のマルコフ基底と正確検定の Diaconis-Sturmfels (1998)の論文発表時と似た状況になったといえよう。2011 年のわれわれの上記論文は“最も基本的なアルゴリズム”を提示したのみで、効率的な方法まで考慮には入れていなかった。統計学で意味あるサイズの問題を解くには中山らの世界最高速の積分イデアル計算 Risa/Asir パッケージを用いてもグレブナー基底の計算量が大きくまだ攻略不能であった。

その後(戦略a)及び(戦略g)と同様に二つの方向に研究が進むことになった。一つの方法は、制限イデアルの計算を汎用的にやるのではなく、HGM を適用できる程度に部分的にやることにより高速化を図ろうとするものである。野呂らは Wishart 分布に対する Muirhead の方程式系に対してこのアルゴリズムを開発し、成果を得つつある。これは(戦略g)における $4ti2$ 等の出現と将来対比されると期待している。

もう一つの方法は、理論的洞察を駆使して統計的に重要な分布に対して必要なグレブナー基底を決定してしまおうという方向である(いわゆる“素手”によるグレブナー基底の計算)。これは(戦略a)及び(戦略g)におけるグレブナー基底の具象的研究、グレブナー基底の辞書作成戦略と同じ方向である。以下、この方向の幾つかの主要結果を紹介する。なお、すべての結果に対して対応するアルゴリズムを統計システム R のパッケージかまたは C 言語による試験実装として公開している。

以下、研究成果を列挙する。

(1) d次元 Fisher-Bingham 分布に対する正規化定数の計算と最尤推定

d次元球面上の Gauss 分布の類似が Fisher-Bingham 分布である。我々は正規化定数のみならずホロノミック系を導出しさらに効率的な数値計算に適した factored form のランク $2d+2$ の Pfaffian 系に変換した。初期値を計算するための級数展開も導出した。これらは数編の論文の積み重ねとして得られた結果であるが、最終形は [T. Koyama, H. Nakayama, K. Nishiyama and N. Takayama, Holonomic Gradient Descent for the Fisher-Bingham Distribution on the n-dimensional Sphere, arxiv:1201.3239] にまとめられている。

(2) SO(3) 上の Fisher 分布に対する正規化定数の計算と最尤推定

([T. Sei, H. Shibata, A. Takemura, K. Ohara and N. Takayama, Properties and applications of Fisher distribution on the rotation group, Journal of Multivariate Analysis 116 (2013), 440--455])

この分布に対するランク 4 のホロノミック系および級数展開を導出し、更に対角制限に対して Muirhead の方程式系の半分のランクのホロノミック系を発見した。

(3) Wishart 分布に従う $m \times m$ 対称行列の最大固有値の分布を決める行列引数超幾何関数 ${}_1F_1$ の HGM による計算

([H. Hashiguchi, Y. Numata, N. Takayama and A. Takemura, The holonomic gradient method for the distribution function of the largest root of a Wishart matrix, Journal of Multivariate Analysis 117 (2013), 296--312])

この問題は級数の収束が遅く古典的な難問として知られていた。しかし、Muirhead 方程式系を疎なランク 2^m の Pfaffian 系に変換することに成功し、 10×10 行列までの高精度計算に成功した。

(4) Orthant probability の計算

([T. Koyama and A. Takemura, Calculation of orthant probabilities by the holonomic gradient method, arxiv:1211.6822])

古典的な問題の一つに、 m 変数正規分布に対する累積確率密度函数相当のものを計算することが挙げられる。われわれは第一ステップとして orthant probability の計算問題をランク 2^m の Pfaffian 系を構成することにより解いた。平均ベクトルが 0 の時は従来の方法を大きく超えるサイズの問題を解けることを示した。なお HGM のような基本的手法はその萌芽が当然過去の研究にもあって然るべきであるがこの仕事を通じて Schlaefli (1858), Plackett (1954), Gassmann (2003) により orthant probability に対して HGM 相当の考察が部分的になされていることを発見した。無論、その汎用性、明快さ、アルゴリズム的完成度においてこれらの萌芽の研究とは HGM は一線を画している。

(5) 順序凸多面体に対するA分布のクラスの提案

([T. Hibi, K. Nishiyama and N. Takayama, Pfaffian Systems of A-Hypergeometric Equations, arxiv:1212.6103])

これは発想を逆転し数学的構造が比較的良好にわかっているものから新しい統計分布を提案する試みである。順序凸多面体に付随するA分布は Pfaffian 系のランクが多項式的に増大する系列を持ち、HGM を効率的に適用可能であるクラスであることを示した。更に、この Pfaffian 系の基底、及び、対応するねじれコホモロジー群の基底の効率的導出アルゴリズムを与えることに成功した。

(戦略g) 素手で計算できるグレブナー基底の「辞書」の作成 (理論系)

グレブナー基底の理論を先端科学技術へ応用する際、解決すべき重要な課題として、グレブナー基底の計算にかかるコストが挙げられる。通常、グレブナー基底は、与えられたイデアルの生成系に対して Buchberger アルゴリズム (実は、ユークリッド互除法、及び、ガウスの掃き出し法の一般化となっている) と呼ばれるアルゴリズムを適用することによって得られるが、多くの場合、その計算量は膨大となる。また、応用上重要なトリックイデアルの場合、そもそも生成系が明示されておらず、最も基本的なアルゴリズムでは、変数を追加した別のイデアルを準備し、消去順序でグレブナー基底を計算することによって変数消去を行い、生成系・グレブナー基底を計算する。しかし、この“最も基本的なアルゴリズム”はきわめて非効率的であり、計算時間が無駄に費やされるばかりで、実用性は皆無である。計算代数統計と呼ばれる斬新な研究分野を誕生させた記念碑的な論文 [P.

Diaconis and B. Sturmfels, Algebraic algorithms for sampling from conditional distributions, Annals of Statistics 26 (1998), 363--397] においても、この“最も基本的なアルゴリズム”が掲載されているだけで、残念ながらその当時は、効率までを考慮に入れた社会的貢献は視野には入っていなかった。その後、イデアル商を使ったアルゴリズム、あるいは、4ti2 などの計算代数ソフトウェアの劇的な発達により、嘗ては全く計算できなかった規模の問題に対するグレブナー基底が計算できるようになりつつある。しかしながら、たとえば、3元分割表に限っても、十分な規模の問題に対応するグレブナー基底が計算できる水準までは到達してはいない。

以上の背景から、グレブナー基底の計算の高速化を推進することは、最も重要な課題の一つである。それに加え、先端科学技術への応用に必要なグレブナー基底を豊富に蓄積し、「辞書」を作成しておけば、現実の問題にグレブナー基底を使う際、グレブナー基底の計算を省略することが可能であるか、あるいは、計算するにしても、既知なグレブナー基底を組合せることなどから、必要なグレブナー基底を計算するための計算時間が著しく短縮できることが期待される。(戦略g)においては、そのような「辞書」を作成し、新たなブレイクスルーを誕生させるための理論的な側面を固めることを目標とした。

理論系グループの日比、大杉、渋谷を中心に、応用系グループの竹村、青木と共同で研究を行った。「辞書」の充実のため、幾つかの配置を組合せることによって、より大きな配置を構成し、元の配置のグレブナー基底から新しい配置のグレブナー基底を構成することを目指した。これは、複雑な問題をより小規模な問題に分割することを目指すものであり、「辞書」作成のツールを得ることを目標としている。お手本となるのは、過去の研究で得られた Segre-Veronese 配置の代数的基礎理論である。

これまでに得られた結果を含め、主要なトリックイデアルのグレブナー基底の情報を網羅した、グレブナー基底の辞書 [H. Ohsugi, A dictionary of Gröbner bases of toric ideals, in “Harmony of Gröbner Bases and the Modern Industrial Society” (T. Hibi, Ed.), World Scientific, Singapore, 2012, pp. 253--281] を公表した。辞書の改訂作業は永続的に継続されており、改訂版は、定期的に公表する予定である。

以下、これまでの研究で得られた「辞書」作成のツールの主要部分を紹介する。

(1) 入れ子(nested)配置の理論

応用系グループとの共同研究により提唱した、入れ子配置(Segre-Veronese 配置の一般化)について、そのグレブナー基底の基礎理論を樹立し、トーリックイデアルの次数に依存しない一般的理論を得るとともに、入れ子配置の正規性と元の配置の正規性の関係を詳細に解明することに成功した([H. Ohsugi and T. Hibi, Toric rings and ideals of nested configurations, Journal of Commutative Algebra 2 (2010), 187-208])。一般次数の入れ子配置の理論が展開できることから、複雑な group-wise 選択問題についても、グレブナー基底を使った統計的分析を実行するための「辞書」作成のツールを得たことになる。Segre-Veronese 配置は、大学入試センター試験の科目選択の分析等に対応しているが、入れ子配置は、以下のような統計学の問題の分析に対応している。

[例1]代数、幾何、統計の3科目の試験があり、それぞれの科目は5問の問題から構成されている。受験者は、代数、幾何、統計の中から2科目を選び、選んだ科目の5題の問題から3問を選ぶ。具体的なデータが与えられたとき、それぞれの問題は、「同じ科目内の他の問題の選択」あるいは「他の科目の選択」とは独立に、それぞれの魅力によって選択されているかどうかを調査する。

入れ子配置 $A(B_1, \dots, B_d)$ は、配置 A (例1における、科目の選択に対応)、配置 $B_1, \dots, B_d$ (上記の例1における、問題の選択に対応) に対して定義されるが、われわれは、以下のような二項式から成るグレブナー基底の構成に成功した。

- 配置 A のトーリックイデアルのグレブナー基底から生じる二項式
 - 配置 B_i のトーリックイデアルのグレブナー基底から生じる二項式
 - ソーティングに対応する二項式(Segre-Veronese 配置のトーリックイデアルの二項式)
- 他方、グレブナー基底から計算されるイニシャルイデアル、あるいは、関連する環論的性質に関しては、元の配置から、以下の性質が入れ子配置に遺伝する。
- トーリック環の正規性
 - スクエアフリーなイニシャルイデアルの存在
 - 次数 2 のイニシャルイデアルの存在
 - 次数 $n (\geq 2)$ 以下のイニシャルイデアルの存在
 - トーリックイデアルが二次二項式で生成される
 - トーリックイデアルが n 次以下の二項式で生成される。

(2) 単項式写像の収縮イデアルのグレブナー基底

渋谷は、単項式写像の収縮イデアルのグレブナー基底について考察し、次数などの結果を得た([T. Shibuta, Gröbner bases of contraction ideals, Journal of Algebraic Combinatorics 36 (2012), 1-19])。これは入れ子配置の理論を著しく一般化したものであり、懸案であった、グループ間に共通部分がある group-wise 選択問題に対しても、適用可能な理論が構築されたことになる。具体的にどのように一般化できたかを説明するため、以下の問題を考える。

[例2]各顧客には何軒かの店で通用する、2枚の(同じ)割引券が渡されている。割引券を1枚使用すると、1軒の店で2つの商品(同じ商品2個も可)を割引価格で購入できる。具体的なデータが与えられたとき、それぞれの商品は、「同じ店内の他の商品の選択」あるいは「他の店の選択」とは独立に、それぞれの魅力によって選択されているかどうかを調査する。

例2は、入れ子配置の理論が適用できる問題であるが、入れ子配置の理論が適用可能となるためには「異なる店は同じ商品を取り扱っていない」という制約条件が必要となる。渋谷の理論であれば、この制約条件を撤廃しても適用可能であることが画期的である。加えて、渋谷の理論は、ある条件の下では、Sullivant により提唱されたトーリックファイバー積の一般化にもなっているという点でも特筆すべきである。

(3) 中心対称配置

([H. Ohsugi and T. Hibi, Centrally symmetric configurations of integer matrices, Nagoya Mathematical Journal, to appear])

全体研究計画書の計画では、主に Segre-Veronese 配置の一般化を目指していたが、入れ子配置、トーリックファイバー積とは全く異なる配置の新しい構成法として、整数行列 A に対して、中心対称(centrally symmetric)配置 $A^\pm$ を

$$A^{\pm} = \left(\begin{array}{c|cc} 0 & & \\ \vdots & A & -A \\ 0 & & \\ \hline 1 & 1 & \cdots & 1 & 1 & \cdots & 1 \end{array} \right)$$

と定義した。特に、 $d \times n$ 整数行列 A の階数が d であり、単模行列 (すなわち、任意の非零な $d \times d$ 小行列式が同じ絶対値を持つ行列) の場合、以下の事実が $A^{\pm}$ に対して成立することを証明した。

- (a) イニシャルイデアルがスクエアフリーとなるような逆辞書式順序が存在する
- (b) 特に、トーリック環は正規である
- (c) 更に、トーリック環は Gorenstein 環である

その他、無向グラフと有向グラフの隣接行列の中心対称配置のグレブナー基底を理論的に構成すること (辞書作成) に成功し、グレブナー基底に纏わる環論的諸性質についての研究を遂行した。その詳細を列挙する。

(4) 無向グラフの隣接行列の中心対称配置

無向グラフ G の隣接行列の配置 A_G の中心対称配置 $A_G^{\pm}$ について、以下の 4 条件が同値であることを示した。

- (i) $A_G^{\pm}$ のトーリック環は正規である
- (ii) $A_G^{\pm}$ のトーリックイデアルに対してスクエアフリーなイニシャルイデアルが存在する
- (iii) A_G は単模行列である
- (iv) G の任意の 2 つの奇サイクルは頂点を共有する

上記の条件を満たすとき、 $A_G^{\pm}$ のトーリック環は Gorenstein 環であるが、逆に、Gorenstein 環ならば A_G が単模であることが予想されている。更に、 G が二部グラフの場合、 $A_G^{\pm}$ のトーリックイデアルに対して、二次のグレブナー基底が存在するための必要十分条件を求め、グレブナー基底を理論的かつ具体的に構成した。

(5) 有向グラフの隣接行列の中心対称配置

([H. Ohsugi and K. Shibata, Smooth Fano polytopes whose Ehrhart polynomial has a root with large real part, Disc. Comput. Geom. 47 (2012), 624-628])

有向グラフ G の隣接行列は、単模行列であることが知られている。従って、その中心対称配置のトーリック環は、上記の結果から、正規な Gorenstein 環である。特に、その凸閉包を考えれば、ミラー対称性に関連して重要となる Gorenstein ファノ凸多面体を構成することが可能である。

柴田 (立教大学大学院理学研究科大学院生) と大杉の共同研究により、有限グラフ G が有向サイクルの場合、 G の隣接行列の中心対称配置のグレブナー基底を理論的に構成することに成功した。更に、このグレブナー基底を使って対応する Gorenstein ファノ凸多面体のエルハート多項式を計算することができたが、これらのエルハート多項式の根を詳細に調べたところ、頂点数が十分大きい場合には、

[予想] (Beck, De Loera, Develin, Pfeifle, Stanley)

次元 d の凸多面体のエルハート多項式の根の実部は $-d$ 以上 $d-1$ 以下である。

の反例となっていることを発見した。Gorenstein ファノ凸多面体のエルハート多項式の根は、複素平面上で直線 $z = -1/2$ に関して対称に分布している。更に、頂点数が奇数の有向サイクルの場合は対応するファノ凸多面体は非特異である。このような貴重な凸多面体で上記予想の反例が得られたことは驚嘆に値する。

(6) 無向グラフの隣接行列に付随する配置のトーリックイデアル

(戦略 a) でも触れられているように、無向グラフの隣接行列に付随する配置のトーリックイデアルは、ランダムグラフのベータモデルに対応する重要な対象である。トーリック環の Koszul 性に関連し、二次

生成なトーリックイデアル、二次のグレブナー基底の存在がよく研究されているが、このトーリックイデアルに関しては、既に、2 次生成であるための組合せ論的必要十分条件に加えて、二次生成だが Koszul ではないグラフの例が知られていた ([H. Ohsugi and T. Hibi, Toric ideals generated by quadratic binomials, *Journal of Algebra* 218 (1999), 509--527]). われわれの研究では、計算実験をもとに、上記の例を一般化し、同じ性質を持つグラフの非自明な無限系列を構成した ([T. Hibi, K. Nishiyama, H. Ohsugi and A. Shikama, Many toric ideals generated by quadratic binomials possess no quadratic Gröbner bases, *Journal of Algebra*, to appear]). 他方、無向グラフに付随するトーリックイデアルが、スクエアフリーな項を持つサーキットで生成されるための必要十分条件を有限グラフの言葉で記述することに成功した ([H. Ohsugi and T. Hibi, Toric ideals and their circuits, *Journal of Commutative Algebra* 5 (2013), 309--322]).

§ 5 成果発表等

(1) 原著論文発表 (国内(和文)誌 7 件、国際(欧文)誌 127 件)

- [1] K. Tadaki, Fixed point theorems on partial randomness, *Logical Foundations of Computer Science: International Symposium, LFCS 2009, Deerfield Beach, FL, USA, January 2009, Proceedings* (S. Artemov and A. Nerode, Eds), *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 5407, Springer-Verlag, 2009, pp. 422--440.
- [2] 竹村彰通, 計算代数統計の最近の話題について, *日本統計学会誌, シリーズJ*, 第 31 巻, 第 1 号, 2009, 137--159.
- [3] 青木敏, 竹村彰通, 実験計画法とグレブナー基底, *日本数式処理学会誌*, 第 16 巻, 第 2 号, 2009, 15--22.
- [4] S. Aoki and A. Takemura, Some Characterizations of affinely full-dimensional factorial designs, *Journal of Statistical Planning and Inference* 139 (2009), 3525--3532.
- [5] Y. Komori, M. Noumi and J. Shiraishi, Kernel functions for difference operators of Ruijsenaars type and their applications, *SIGMA* 5-054 (2009), 40 pages.
- [6] T. Hamada and K. Shiohama, Complete real hypersurfaces in compact rank one symmetric spaces, *Proc. Amer. Math. Soc.* 137 (2009), 3905--3910.
- [7] K. Tadaki, Chaitin Ω numbers and halting problems, *Mathematical Theory and Computational Practice: 5th Conference on Computability in Europe, CiE 2009, Heidelberg, Germany, July 2009, Proceedings* (K. Ambos-Spies, B. Löwe, and W. Merkle, Eds), *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 5635, Springer-Verlag, 2009, pp. 447--456.
- [8] K. Tadaki, Partial randomness and dimension of recursively enumerable reals, *Mathematical Foundations of Computer Science 2009: 34th International Symposium, MFCS 2009, Nový Smokovec, High Tatras, Slovakia, August 2009, Proceedings* (R. Kráľovič and D. Niwiński, Eds), *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 5734, Springer-Verlag, 2009, pp. 687--699.
- [9] M. Noro, Modular Algorithms for Computing a Generating Set of the Syzygy Module, *Proceedings of CASC2009, Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 7543, Springer-Verlag, 2009, pp. 259--268.
- [10] S. Aoki and A. Takemura, Markov basis for design of experiments with three-level factors, *Algebraic and Geometric Methods in Statistics, dedicated to Professor Giovanni Pistone on the occasion of his sixty-fifth birthday* (P. Gibilisco, E. Riccomagno, M. P. Rogantin and H. P. Wynn, Eds.), *Cambridge University Press*, 2009, pp. 225--238.
- [11] S. Tsujii, K. Tadaki, R. Fujita, M. Gotaishi, and T. Kaneko, Security enhancement of various MPKCs by 2-layer nonlinear piece in hand method, *IEICE Trans. Fundamentals, Special Section on Information Theory and Its Applications*, Vol. E92-A, 2009, pp. 2438--2446.
- [12] H. Hara, A. Takemura and R. Yoshida, On connectivity of fibers with positive marginals in multiple logistic regression, *J. Multivariate Analysis* 101 (2010), 909--925.
- [13] K. Tadaki, T. Yamakami, and J. C. H. Lin, Theory of one-tape linear-time Turing machines,

- Theoret. Comput. Sci. 411 (2010), 22--43.
- [14] K. Tadaki, A statistical mechanical interpretation of algorithmic information theory: Total statistical mechanical interpretation based on physical argument, Proceedings of Kyoto RIMS workshop: "Mathematical Aspects of Generalized Entropies and their Applications," J. Phys.: Conf. Ser. 201 (2010), 012006 (10pp).
 - [15] S. Aoki and A. Takemura, Markov chain Monte Carlo tests for designed experiments, Journal of Statistical Planning and Inference 140 (2010), 817--830.
 - [16] T. Hamada and J. Inoguchi, Ruled real hypersurfaces of complex space forms, Kodai Mathematical Journal 33 (2010), 123--134.
 - [17] T. Hibi, K. Kimura and S. Murai, Betti numbers of chordal graphs and f-vectors of simplicial complexes, J. Algebra 323 (2010), 1678--1689.
 - [18] H. Hara and A. Takemura, Connecting tables with zero-one entries by a subset of a Markov basis, in Algebraic Methods in Statistics and Probability II, Contemporary Mathematics, Vol. 516, Amer. Math. Soc., Providence, RI, 2010, pp. 199--213.
 - [19] K. Nishiyama and M. Noro, Stratification associated with local b-functions, J. Symbolic. Comput. 45 (2010), 462--480.
 - [20] J. Herzog, T. Hibi, F. Hreinsdottir, T. Kahle and J. Rauh, Binomial edge ideals and conditional independence statements, Adv. Appl. Math. 45 (2010), 317--333.
 - [21] H. Ohsugi, Normality of cut polytopes of graphs is a minor closed property, Discrete Mathematics 310 (2010), 1160--1166.
 - [22] S. Tsujii, M. Gotaishi, K. Tadaki, and R. Fujita, Proposal of a signature scheme based on STS trapdoor, Post-Quantum Cryptography: Third International Workshop, PQCrypto 2010, Darmstadt, Germany, May 2010, Proceedings (N. Sendrier, Ed), Lecture Notes in Computer Science, Vol. 6061, Springer--Verlag, 2010, pp. 201--217.
 - [23] Jong-Taek Cho, T. Hamada, and J. Inoguchi, On three dimensional real hypersurface in complex space form, Tokyo Journal of Mathematics 33 (2010), 31--47.
 - [24] M. Gotaishi, K. Tadaki, R. Fujita, and S. Tsujii, Dually-perturbed Matsumoto-Imai signature (DPMS) scheme, IEICE Trans. Fundamentals, Special Section on Discrete Mathematics and Its Applications, Vol. E93-A, 2010, pp. 1078--1085.
 - [25] K. Tadaki and S. Tsuji, Key-generation algorithms for linear Piece In Hand matrix method, IEICE Trans. Fundamentals, Special Section on Discrete Mathematics and Its Applications, Vol. E93-A, 2010, pp. 1102--1110.
 - [26] K. Tadaki, A new representation of Chaitin Ω number based on compressible strings, Unconventional Computation, 9th International Conference, UC 2010, Tokyo, Japan, June 2010, Proceedings (C. S. Calude, M. Hagiya, K. Morita, G. Rozenberg, J. Timmis, Eds), Lecture Notes in Computer Science, Vol. 6079, Springer--Verlag, 2010, pp. 127--139.
 - [27] S. Aoki, Some optimal criteria of model-robustness for two-level non-regular fractional factorial designs, Annals of the Institute of Statistical Mathematics 62 (2010), 699--716.
 - [28] S. Kuriki and Y. Numata, Graph presentations for moments of noncentral Wishart distributions and their applications, Ann. Inst. Statist. Math. 62 (2010), 645--672.
 - [29] H. Ohsugi and T. Hibi, Non-very ample configurations arising from contingency tables, Annals of the Institute of Statistical Mathematics 62 (2010), 639--644.
 - [30] H. Ohsugi and T. Hibi, Toric rings and ideals of nested configurations, Journal of Commutative Algebra 2 (2010), 187--208.
 - [31] 青木敏, 大津起夫, 竹村彰通, 沼田泰英, 大学入試センター試験科目選択データの統計解析, 応用統計学, 第 39 卷, 第 2 & 3 号, 2010, 71--100.
 - [32] H. Nakayama and K. Nishiyama, An algorithm of computing inhomogeneous differential equations for definite integrals, Mathematical Software -- ICMS2010 (K. Fukuda, J. van der Hoeven, M. Joswig, N. Takayama, Eds.), Lecture Notes in Computer Science, Vol. 6327, Springer--Verlag, Berlin, 2010, pp. 221--232.
 - [33] M. Noro, New algorithms for computing primary decomposition of polynomial ideals, Proceedings of ICMS 2010, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 6327, Springer--Verlag,

- 2010, pp. 233--244.
- [34] T. Hibi, A. Higashitani and Y. Nagazawa, Ehrhart polynomials of convex polytopes with small volumes, *European J. Combinatorics* 32 (2011), 226--232.
 - [35] 只木孝太郎, 辻井重男, ランク攻撃の厳密解析 I, *日本応用数理学会論文誌*, 第 21 巻, 第 1 号, 2011, 89--102.
 - [36] T. Shibuta, One-dimensional rings of finite F-representation type, *J. Algebra* 332 (2011), 434--441.
 - [37] T. Hibi, and A. Higashitani, Smooth Fano polytopes arising from finite partially ordered sets, *Discrete Comput. Geom.* 45 (2011), 449--461.
 - [38] K. Kimura, Arithmetical rank of Cohen--Macaulay squarefree monomial ideals of height two, *Journal of Commutative Algebra* 3 (2011), 31--46.
 - [39] K. Kimura, N. Terai and K. Yoshida, Schmitt--Vogel type lemma for reductions, *Archiv der Mathematik* 96 (2011), 535--545.
 - [40] 大津起夫, 橋本貴充, 非線形因子分析によるセンター試験英語問題の難易度比較, *日本テスト学会誌*, 第 7 巻, 2011, 1--14.
 - [41] H. Kamiya, A. Takemura and H. Terao, Ranking patterns of unfolding models of codimension one, *Advances in Applied Mathematics* 47 (2011), 379--400.
 - [42] R. Okazaki and K. Yanagawa, Alexander duality and Stanley depth of multigraded modules, *J. Algebra* 340 (2011), 35--52.
 - [43] H. Nakayama, K. Nishiyama, M. Noro, K. Ohara, T. Sei, N. Takayama and A. Takemura, Holonomic gradient descent and its application to Fisher--Bingham integral, *Advances in Applied Mathematics* 47 (2011), 639--658.
 - [44] H. Kamiya, A. Takemura and H. Terao, Periodicity of non-central integral arrangements modulo positive integers, *Annals Combinatorics* 15 (2011), 449--464.
 - [45] T. Kawazoe and M. Noro, Algorithms for computing a primary ideal decomposition without producing intermediate redundant components, *J. Symbolic Computation* 46 (2011), 1158--1172.
 - [46] H. Hara and A. Takemura, A Markov basis for two-state toric homogeneous Markov chain model without initial parameters, *Journal of Japan Statistical Society* 41 (2011), 33--49.
 - [47] T. Kashimura, T. Sei, A. Takemura and K. Tanaka, Properties of semi-elementary imsets as sums of elementary imsets, *Journal of Algebraic Statistics* 2 (2011), 14--35.
 - [48] T. Hibi, A. Higashitani, H. Ohsugi, Roots of Ehrhart polynomials of Gorenstein Fano polytopes, *Proc. Amer. Math. Soc.* 139 (2011), 3727--3734.
 - [49] T. Hibi, A. Higashitani, K. Kimura and A. B. O'Keefe, Depth of edge rings arising from finite graphs, *Proc. Amer. Math. Soc.* 139 (2011), 3807--3813.
 - [50] J. Herzog, T. Hibi and H. Ohsugi, Powers of componentwise linear ideals, "Combinatorial Aspects of Commutative Algebra and Algebraic Geometry" (G. Floystad et.al., Eds.), *Abel Symposia* 6, Springer--Verlag, 2011, pp. 49--60.
 - [51] K. Nuida, T. Abe, S. Kaji, T. Maeno and Y. Numata, A mathematical problem for security analysis of hash functions and pseudorandom generators, "Advances in Information and Computer Security" (T. Iwata and M. Nishigaki, Eds.), *Lecture Notes in Computer Science* 7038, Springer--Verlag, 2011, pp. 144--160.
 - [52] J. Gotoh and A. Takeda, On the role of norm constraints in portfolio selection, *Computational Management Science* 8 (2011), 323--353.
 - [53] T. Matsui, A. Higashitani, Y. Nagazawa, H. Ohsugi and T. Hibi, Roots of Ehrhart polynomials arising from graphs, *J. Algebraic Combinatorics* 34 (2011), 721--749.
 - [54] T. Shibuta, Algorithms for computing multiplier ideals, *J. Pure and Appl. Algebra* 215 (2011), 2829--2842.
 - [55] 大津起夫, Prolog を用いた XML パーザによる統計情報の分析と表示, *応用統計学* 40 (2011), 173--191.
 - [56] Y. Kawano, T. Ohtsuka and T. Hibi, Nilpotency of a finitely iterated polynomial map,

- International Journal of Algebra 5 (2011), 1475--1479.
- [57] H. Hara, T. Sei and A. Takemura, Hierarchical subspace models for contingency tables, *Journal of Multivariate Analysis* 103 (2012), 19--34.
 - [58] T. Kanamori and A. Takeda, Worst-case violation of sampled convex programs for optimization with uncertainty, *J. Optimization Theory and Applications* 152 (2012), 171--197.
 - [59] T. Abe and Y. Numata, Exponents of 2-multiarrangements and multiplicity lattices, *J. Algebraic Combinatorics* 35 (2012), 1--17.
 - [60] K. Tadaki, A Chaitin Ω number based on compressible strings, *Natural Computing* 11 (2012), 117--128.
 - [61] K. Tadaki, Phase transition between unidirectionality and bidirectionality, "Computation, Physics and Beyond" (M. J. Dinneen et al., Eds.), *Lecture Notes in Computer Science Festschrifts Series* 7160, Springer-Verlag, 2012, pp. 203--223.
 - [62] J. Gotoh and A. Takeda, Minimizing loss probability bounds for portfolio selection, *European J. Operational Research* 217 (2012), 371--380.
 - [63] H. Ohsugi and K. Shibata, Smooth Fano polytopes whose Ehrhart polynomial has a root with large real part, *Discrete Comput. Geom.* 47 (2012), 624--628.
 - [64] A. Takemura and H. Hara, Markov chain Monte Carlo test of toric homogeneous Markov chains, *Statistical Methodology* 9 (2012), 392--406.
 - [65] T. Hamada and KNOPPIX/Math committers, KNOPPIX/Math: a live system for mathematics, "Harmony of Gröbner Bases and the Modern Industrial Society" (T. Hibi, Ed.), World Scientific, Singapore, 2012, pp. 41--44.
 - [66] H. Hara, S. Aoki and A. Takemura, Running Markov chain without Markov basis, "Harmony of Gröbner Bases and the Modern Industrial Society" (T. Hibi, Ed.), World Scientific, Singapore, 2012, pp. 45--62.
 - [67] T. Kashimura, T. Sei, A. Takemura and K. Tanaka, Cones of elementary imsets and supermodular functions: a review and some new results, "Harmony of Gröbner Bases and the Modern Industrial Society" (T. Hibi, Ed.), World Scientific, Singapore, 2012, pp. 117--152.
 - [68] K. Kimura, Non-vanishingness of Betti numbers of edge ideals, "Harmony of Gröbner Bases and the Modern Industrial Society" (T. Hibi, Ed.), World Scientific, Singapore, 2012, pp. 153--168.
 - [69] S. Kuriki, T. Miwa and A. Hayter, Abstract tubes associated with perturbed polyhedra with applications to multidimensional normal probability computations, "Harmony of Gröbner Bases and the Modern Industrial Society" (T. Hibi, Ed.), World Scientific, Singapore, 2012, pp. 169--183.
 - [70] H. Nakayama, An Algorithm of Computing Difference Equations for a Definite Sum, "Harmony of Gröbner Bases and the Modern Industrial Society" (T. Hibi, Ed.), World Scientific, Singapore, 2012, pp. 184--192.
 - [71] K. Nishiyama and N. Takayama, Incomplete A-Hypergeometric Systems, "Harmony of Gröbner Bases and the Modern Industrial Society" (T. Hibi, Ed.), World Scientific, Singapore, 2012, pp. 193--212.
 - [72] M. Noro, Implementation of a primary decomposition package, "Harmony of Gröbner Bases and the Modern Industrial Society" (T. Hibi, Ed.), World Scientific, Singapore, 2012, pp. 213--227.
 - [73] Y. Numata and A. Takemura, On computation of the characteristic polynomials of the discriminantal arrangements and the arrangements generated by generic points, "Harmony of Gröbner Bases and the Modern Industrial Society" (T. Hibi, Ed.), World Scientific, Singapore, 2012, pp. 228--252.
 - [74] H. Ohsugi, A dictionary of Gröbner bases of toric ideals, "Harmony of Gröbner Bases and

- the Modern Industrial Society”(T. Hibi, Ed.), World Scientific, Singapore, 2012, pp. 253--281.
- [75] T. Shibuta, On irreducibility of algebroid curves over the complex number field, “Harmony of Gröbner Bases and the Modern Industrial Society”(T. Hibi, Ed.), World Scientific, Singapore, 2012, 336--345.
 - [76] K. Tadaki, Fixed point theorems on partial randomness, *Annals Pure and Applied Logic* 163 (2012), 763--774.
 - [77] S. Aoki and A. Takemura, Design and analysis of fractional factorial experiments from the viewpoint of computational algebraic statistics, *Journal of Statistical Theory and Practice* 6 (2012), 147--161.
 - [78] T. Hamada, Y. Hoshikawa and H. Tamaru, Curvatures properties of Lie hypersurfaces in the complex hyperbolic space, *Journal of Geometry* 103 (2012), 247--261.
 - [79] T. Shibuta, Gröbner bases of contraction ideals, *J. Algebraic Combinatorics* 36 (2012), 1--19.
 - [80] F. Descouens, H. Morita and Y. Numata, On a bijective proof of a factorization formula for Macdonald polynomials, *European J. Combin.* 33 (2012), 1257--1264.
 - [81] K. Kimura, G. Rinaldo and N. Terai, Arithmetical rank of squarefree monomial ideals generated by five elements or with arithmetic degree four, *Communications in Algebra* 40 (2012), 4147--4170.
 - [82] K. Tadaki, A statistical mechanical interpretation of algorithmic information theory III: Composite systems and fixed points, *Mathematical Structures in Computer Science* 22 (2012), 752--770.
 - [83] M. Ogawa and A. Takemura, Markov bases for typical block effect models of two-way contingency tables, *Journal of Multivariate Analysis* 112 (2012), 219--229.
 - [84] J. Herzog and T. Hibi, Finite lattices and Gröbner bases, *Math. Nachr.* 285 (2012), 1969--1973.
 - [85] H. Kamiya, A. Takemura and N. Tokushige, Application of arrangement theory to unfolding models, *Advanced Studies in Pure Mathematics* 62 (2012), 399--415.
 - [86] H. Kamiya, A. Takemura and H. Terao, Arrangements stable under the Coxeter groups, “Configuration Spaces: Geometry, Combinatorics and Topology” (A. Björner, et al., Eds.), *Scuola Normale Superiore Pisa*, 2012, pp. 327--354.
 - [87] H. Koizumi, Y. Numata and A. Takemura, On intersection lattices of hyperplane arrangements generated by generic points, *Annals of Combinatorics* 16 (2012), 789--813.
 - [88] T. Kudo and A. Takemura, A lower bound for the Graver complexity of the incidence matrix of a complete bipartite graph, *Journal of Combinatorics* 3 (2012), 695--708.
 - [89] J. Herzog and T. Hibi, Ideals generated by adjacent 2-minors, *Journal of Commutative Algebra* 4 (2012), 525--549.
 - [90] T. Kashimura, Y. Numata and A. Takemura, Separation of integer points by a hyperplane under some weak notions of discrete convexity, *Discrete Mathematics* 313 (2013), 8--18.
 - [91] T. Hibi, N. Li and Y. X. Zhang, Separating hyperplanes of edge polytopes, *Journal of Combinatorial Theory, Series A*, 120 (2013), 218--231.
 - [92] T. Shibuta, Irreducibility criterion for algebroid curves, *Mathematics of Computation* 82 (2013), 531--554.
 - [93] M. Ogawa, H. Hara and A. Takemura, Graver basis for an undirected graph and its application to testing the beta model of random graphs, *Annals of the Institute of Statistical Mathematics* 65 (2013), 191--212.
 - [94] V. Ene, J. Herzog, T. Hibi and F. Mohammadi, Determinantal facet ideals, *Michigan Mathematical Journal* 62 (2013), 39--57.
 - [95] N. Kato and S. Kuriki, Likelihood ratio tests for positivity in polynomial regressions, *Journal of Multivariate Analysis* 115 (2013), 334--346.
 - [96] T. Sei, H. Shibata, A. Takemura, K. Ohara and N. Takayama, Properties and applications

- of Fisher distribution on the rotation group, *Journal of Multivariate Analysis* 116 (2013), 440--455.
- [97] H. Hashiguchi, Y. Numata, N. Takayama and A. Takemura, The holonomic gradient method for the distribution function of the largest root of a Wishart matrix, *Journal of Multivariate Analysis* 117 (2013), 296--312.
 - [98] K. Kimura and N. Terai, Binomial arithmetical rank of edge ideals of forests, *Proc. Amer. Math. Soc.* 141 (2013), 1925--1932.
 - [99] H. Nakayama and N. Takayama, Computing differential equations for integrals associated to smooth Fano polytope, *Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics* 30 (2013), 307--319.
 - [100] V. Ene and R. Okazaki, On the radical of multigraded modules, *J. Algebra* 388 (2013), 10--21.
 - [101] V. Ene and T. Hibi, The join-meet ideals of a finite lattice, *Journal of Commutative Algebra* 5 (2013), 209--230.
 - [102] H. Ohsugi and T. Hibi, Toric ideals and their circuits, *Journal of Commutative Algebra* 5 (2013), 309--322.
 - [103] R. Okazaki and K. Yanagawa, Alternative polarizations of Borel fixed ideals, Eliahou-Kervaire type resolution and discrete Morse theory, *J. Algebraic Combinatorics* 38 (2013), 407--436.
 - [104] K. Kimura, N. Terai and K. Yoshida, Licci squarefree monomial ideals generated in degree two or with deviation two, *J. Algebra* 390 (2013), 264--289.
 - [105] S. Aoki, T. Hibi and H. Ohsugi, Markov chain Monte Carlo methods for the regular two-level fractional factorial designs and cut ideals, *Journal of Statistical Planning and Inference* 143 (2013), 1791--1806.
 - [106] H. Ohsugi and K. Shibata, Roots of the Ehrhart polynomial of hypersimplices, *Comment. Math. Univ. St. Pauli* 62 (2013), 125--142.
 - [107] C. Siriteanu, S.D. Blostein, A. Takemura, H. Shin, S. Yousefi and S. Kuriki, Exact MIMO zero-forcing detection analysis for transmit-correlated Rician fading. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 13 (2014), 1514--1527.
 - [108] D. Haws, A.M. del Campo, A. Takemura and R. Yoshida, Markov degree of the three-state toric homogeneous Markov chain model. *Beiträge zur Algebra und Geometrie*, 55 (2014), 161--188.
 - [109] H. Ohsugi, Gorenstein cut polytopes, *European Journal of Combinatorics* 38 (2014) 122--129.
 - [110] T. Hibi, A. Higashitani, K. Kimura, Kyouko and A. O'keefe, Depth of Initial Ideals of Normal Edge Rings, *Comm. Algebra* 42 (2014), 2908--2922.
 - [111] T. Hibi, A. Higashitani, L. Katthän and R. Okazaki, Normal cyclic polytopes and cyclic polytopes that are not very ample, *J. Aust. Math. Soc.* 96 (2014), 61--77.
 - [112] S. Bandari, J. Herzog and T. Hibi, Monomial ideals whose depth function has any given number of strict local maxima, *Ark. Mat.* 52 (2014), 11--19.
 - [113] V. Ene, J. Herzog, T. Hibi and A. Qureshi, The binomial edge ideal of a pair of graphs, *Nagoya Mathematical Journal* 213 (2014), 105--125.
 - [114] 加藤直広, 栗木哲, 2次多項式回帰曲線の正値性検定, 応用統計学, 印刷中.
 - [115] T. Hibi and L. Katthän, Edge rings satisfying Serre's condition R_1 , *Proc. Amer. Math. Soc.*, in press.
 - [116] T. Hibi, K. Nishiyama, H. Ohsugi and A. Shikama, Many toric ideals generated by quadratic binomials possess no quadratic Gröbner bases, *J. Algebra*, in press.
 - [117] H. Ohsugi and T. Hibi, Toric ideals of finite graphs and adjacent 2-minors, *Mathematica Scandinavica*, in press.
 - [118] R. Hattori, N. Takayama, The singular locus of Lauricella's F_c , *Journal of Mathematical Society of Japan*, to appear.
 - [119] H. Ohsugi and T. Hibi, Centrally symmetric configurations of integer matrices, *Nagoya*

Mathematical Journal, to appear.

- [120] K. Nishiyama, Incomplete hypergeometric systems associated to 1 -simplex $\times$ $(n-1)$ -simplex, Rocky Mountain Journal of Mathematics, to appear.
- [121] F. Castro-Jimenez, M. C. Fernandez-Fernandez, T. Koike and N. Takayama, Irregularity of Modified A_n -Hypergeometric Systems, Trans. Amer. Math. Soc., to appear.
- [122] H. Nakayama, Gröbner basis and singular locus of Lauricella's hypergeometric equations, Kyushu Journal of Mathematics, to appear.
- [123] T. Hamada, Some real hypersurfaces of complex projective space, Proceedings of the workshop on Differential Geometry of Submanifolds and its related topics, World Scientific, 2013, to appear.
- [124] T. Hibi, A. Higashitani, L. Katthän and R. Okazaki, Toric rings arising from cyclic polytopes, Communications in Algebra, to appear.
- [125] S. Kuriki, Y. Harushima, H. Fujisawa, and N. Kurata, Approximate tail probabilities of the maximum of a chi-square field on multi-dimensional lattice points and their applications to detection of loci interactions, Annals of the Institute of Statistical Mathematics, to appear.
- [126] T. Yamaguchi, M. Ogawa and A. Takemura, Markov degree of the Birkhoff model, Journal of Algebraic Combinatorics, to appear.
- [127] T. Kashimura and A. Takemura, Standard imsets for undirected and chain graphical models, Bernoulli, to appear.
- [128] S. Aoki, Minimal Markov basis for tests of main effect models for $2^{\{p-1\}}$ fractional factorial designs of resolution p , Communications in Statistics -- Simulation and Computation, to appear.
- [129] S. Aoki and M. Miyakawa, Statistical testing procedure for the interaction effects of several controllable factors in two-valued input-output systems, Journal of Statistical Theory and Practice, to appear.
- [130] T. Koyama, H. Nakayama, K. Nishiyama and N. Takayama, Holonomic Gradient Descent for the Fisher-Bingham Distribution on the n -dimensional Sphere, Computational Statistics, to appear.
- [131] T. Koyama, H. Nakayama, K. Nishiyama and N. Takayama, Holonomic Rank of the Fisher-Bingham System of Differential Equations, Journal of Pure and Applied Algebra, to appear.
- [132] J. Herzog, T. Hibi and A. Qureshi, Polarization of Koszul cycles with applications to powers of edge ideals of whisker graphs, Proc. Amer. Math. Soc., to appear.
- [133] T. Hibi, K. Matsuda and H. Ohsugi, Strongly Koszul edge rings, Acta Math. Vietnamica, to appear.
- [134] T. Hibi and N. Li, Unimodular equivalence of order and chain polytopes, Math. Scand., to appear.

(2) その他の著作物(総説、書籍など)

- [1] 大杉英史, グレブナー基底, 数学セミナー 2008 年 12 月号, 日本評論社.
- [2] K. Tadaki, Equivalent characterizations of partial randomness for a recursively enumerable real, RIMS 共同研究: 証明論と論理・計算の構造, 京都大学数理解析研究所講究録 1635 (2009), 103--120.
- [3] K. Tadaki, Chaitin's halting probability Ω and halting problems, 理論計算機科学の深化と応用, 京都大学数理解析研究所講究録 1649 (2009), 113--120.
- [4] 木村杏子, A new upper bound for the arithmetical rank of monomial ideals, 代数系アルゴリズムと言語および計算理論, 京都大学数理解析研究所講究録 1655 (2009), 5--10.
- [5] K. Tadaki, Fixed points on partial randomness and composition of systems, Proceedings of the 11th Asian Logic Conference (ALC2009), National University of Singapore, Singapore, June 22--27, 2009, p. 29.
- [6] K. Tadaki, A statistical mechanical interpretation of algorithmic information theory, Conference Booklet of the 4th Conference on Logic, Computability and Randomness, CIRM

- (International Center for Mathematical Meetings), Marseilles, France, June 29--July 3, 2009, 16--21.
- [7] T. Abe, K. Nuida and Y. Numata, An Edge-Signed Generalization of Chordal Graphs, Free Multiplicities on Braid Arrangements, and Their Characterizations, FPSAC 2009, Hagenberg, Austria, DMTCS proc. AK, 2009, 1--12.
 - [8] 岸岡広幸, 野海正俊, Mellin 変換と接続問題, 京都大学数理解析研究所講究録 1662 (2009), 231--260.
 - [9] K. Tadaki, Fixed points on partial randomness, Proceedings of the 6th Workshop on Fixed Points in Computer Science (FICS 2009), Coimbra, Portugal, September 12--13, 2009, 100--107,
 - [10] 西山純太, 野呂正行, 局所 b 関数に付随する stratification アルゴリズムの実装および応用, 京都大学数理解析研究所講究録 1666 (2009), 106--116.
 - [11] K. Tadaki, A statistical mechanical interpretation of algorithmic information theory III: Composite systems and fixed points, Proceedings of the 2009 IEEE Information Theory Workshop (ITW 2009), Taormina, Sicily, Italy, October 11--16, 2009, 354--358.
 - [12] M. Noumi, E. M. Rains, H. Rosengren and V. P. Spiridonov (Eds.), Proceedings of the Workshop "Elliptic Integrable Systems, Isomonodromy Problems, and Hypergeometric Functions," SIGMA 5, 2009.
 - [13] 野呂正行, 高山信毅, Risa/Asir の QUOTE 型 (解説記事), Risa/Asir Journal 3, 2009, 1--16.
 - [14] 沼田泰英, On an edge-signed generalization of chordal graphs and free multiplicities on braid arrangements, 表現論と組合せ論, 京都大学数理解析研究所講究録 1689 (2010), 78--88.
 - [15] K. Tadaki, Chaitin Ω and halting problems II, アルゴリズムと計算機科学の数理的基盤とその応用, 京都大学数理解析研究所講究録 1691 (2010), 120--126.
 - [16] K. Tadaki, The Hausdorff dimension of the halting self-similar sets of T-universal prefix-free machines, Proceedings of the 2010 IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT 2010), Austin, Texas, USA, June 13-18, 2010, 1287--1291.
 - [17] Y. Numata, S. Kuriki, On formulas for moments of the Wishart distributions as weighted generating functions of matchings, DMTCS Proceedings, 22nd International Conference on Formal Power Series and Algebraic Combinatorics (FPSAC 2010), 953--964.
 - [18] 日比孝之, グレブナー基底の 50 年, 応用数理 20 (2010), 53--56.
 - [19] K. Tadaki, Properties of optimal prefix-free machines as instantaneous codes, Proceedings of the 2010 IEEE Information Theory Workshop (ITW 2010 Dublin), Dublin, Ireland, August 30-September 3, 2010.
 - [20] A. Takeda, J. Gotoh and M. Sugiyama, Support vector regression as conditional value-at-risk minimization with application to Financial Time-series Analysis, Proceedings of 2010 IEEE International Workshop on Machine Learning for Signal Processing (MLSP 2010), 2010.
 - [21] 濱田龍義, 数学ソフトウェアあれこれ ― オープンソースというひとつの流れ ―, 数学セミナー 2010 年 9 月号, 日本評論社.
 - [22] M. Joswig, K. Fukuda, J. Van der Hoeven and N. Takayama (Eds.), Mathematical Software --- ICMS 2010 Third International Congress on Mathematica Software, Kobe, Japan, September 13--17, 2010, Preceedings, Springer Lecture Notes in Computer Science 6327, 2010.
 - [23] 木村杏子, Arithmetical rank of squarefree monomial ideals of height two whose quotient rings are Cohen--Macaulay, 代数と言語のアルゴリズムと計算理論, 京都大学数理解析研究所講究録 1721 (2010), 88--94.
 - [24] 野呂正行, 代数幾何, 代数解析に使えるソフトウェア, 数学セミナー 2010 年 9 月号, 日本評論社.
 - [25] K. Kobayashi, K. Tadaki, M. Kasahara, and S. Tsujii, A knapsack cryptosystem based on multiple knapsacks, Proceedings of 2010 International Symposium on Information Theory and its Applications (ISITA2010), Taichung, Taiwan, October 17--20, 2010, pp. 428--432.
 - [26] K. Tadaki and S. Tsujii, Two-sided multiplications are reduced to one-sided multiplication

- in linear Piece In Hand matrix methods, Proceedings of 2010 International Symposium on Information Theory and its Applications (ISITA2010), Taichung, Taiwan, October 17--20, 2010, pp. 900--904.
- [27] K. Tadaki and S. Tsujii, Clarifying the specification of linear Piece In Hand matrix method, Proceedings of 2010 International Symposium on Information Theory and its Applications (ISITA2010), Taichung, Taiwan, October 17--20, 2010, pp. 905--910.
 - [28] 大杉英史, トーリックイデアルの 20 年, 第 55 回代数学シンポジウム報告集, 2010, 1--15.
 - [29] 野呂正行, グレブナー基底計算の高速化とその応用, 第 55 回代数学シンポジウム報告集, 2010, 16--28.
 - [30] J. Herzog and T. Hibi, "Monomial Ideals," GTM 260, Springer-Verlag, 2010.
 - [31] 濱田龍義, ICM 報告記/ハイデラバードの暑い夏, 数学セミナー 2011 年 1 月号, 日本評論社.
 - [32] K. Tadaki, A Chaitin Ω number based on compressible strings, Abstract Booklet of the International Conferences on Computability & Complexity in Analysis (CCA 2011) and Computability, Complexity & Randomness (CCR 2011), Cape Town, South Africa, January 31--February 4, 2011, pp. 24--25.
 - [33] K. Tadaki, Properties of fibers of optimal prefix-free machines, Abstract Booklet of the International Conferences on Computability & Complexity in Analysis (CCA 2011) and Computability, Complexity & Randomness (CCR 2011), Cape Town, South Africa, January 31--February 4, 2011, p. 25.
 - [34] 只木孝太郎, アルゴリズム的情報理論の統計力学的解釈, 数学セミナー 2011 年 2 月号, 日本評論社.
 - [35] 大津起夫, 大学入試センター試験における科目別得点の非線形因子分析による比較, 大学入試センター研究紀要, 第 40 巻, 2011, 1--23.
 - [36] 只木孝太郎, アルゴリズム的情報理論入門, 大学院数学レクチャーノートシリーズ, TML26, 東北大学大学院理学研究科, 2011 年.
 - [37] 栗木哲, 沼田泰英, On moments of the noncentral Wishart distributions and weighted generating functions of matchings, 組合せ論的表現論とその応用, 京都大学数理解析研究所講究録 1738 (2011), 142--154.
 - [38] 武田朗子, 最適化におけるロバストネス, システム/制御/情報, 第 55 巻, 第 4 号, 2011, 129--134.
 - [39] K. Tadaki, A computational complexity-theoretic elaboration of weak truth-table reducibility, arXiv:1107.3746.
 - [40] T. Maeno and Y. Numata, Sperner property and finite-dimensional Gorenstein algebras associated to matroids, arXiv:1107.5094.
 - [41] 中山洋将, 西山絢太, 積分の満たす非斉次微分方程式系を与えるアルゴリズム, 京都大学数理解析研究所講究録 1759 (2011), 43--62.
 - [42] 濱田龍義, USB 起動 KNOPPIX/Math/2010 について, 数式処理研究の新たな発展, 京都大学数理解析研究所講究録 1759 (2011), 74--80.
 - [43] JST CREST 日比チーム(編)「グレブナー道場」(共立出版)2011 年 9 月.
 - [44] 青木敏, 竹村彰通 (分担執筆), マルコフ基底と実験計画法, グレブナー道場, 共立出版, 2011 年 9 月.
 - [45] 濱田龍義 (分担執筆), ソフトウェア受身稽古, グレブナー道場, 共立出版, 2011 年 9 月.
 - [46] 日比孝之 (分担執筆), グレブナー基底の伊呂波, グレブナー道場, 共立出版, 2011 年 9 月.
 - [47] 中山洋将, 西山絢太 (分担執筆), 例題と解答, グレブナー道場, 共立出版, 2011 年 9 月.
 - [48] 野呂正行 (分担執筆), グレブナー基底の計算法, グレブナー道場, 共立出版, 2011 年 9 月.
 - [49] 大杉英史 (分担執筆), 凸多面体とグレブナー基底, グレブナー道場, 共立出版, 2011 年 9 月.
 - [50] 高山信毅 (分担執筆), 微分作用素環のグレブナー基底とその応用, グレブナー道場, 共立出版, 2011 年 9 月.
 - [51] 日比孝之, 東谷章弘, 木村杏子, A. B. O'Keefe, On the depth of edge rings, 代数と言語のアルゴリズムと計算理論, 京都大学数理解析研究所講究録 1769 (2011), 83--89.
 - [52] K. Tadaki, Robustness of statistical mechanical interpretation of algorithmic information

- theory, Proceedings of the 2011 IEEE Information Theory Workshop (ITW 2011), Paraty, Brazil, October 16-20, 2011, 237--241.
- [53] 濱田龍義, 数学ソフトウェア実行環境の将来について, 数式処理 18 (2011), 12--15.
 - [54] A. Takeda, M. Niranjana, J. Gotoh and Y. Kawahara, Simultaneous Pursuit of Out-of-Sample Performance and Sparsity in Index Tracking Portfolios, optimization online: 2011-12-3300.
 - [55] K. Tadaki, Robustness of statistical mechanical interpretation of algorithmic information theory, Abstract Booklet of the Twelfth Asian Logic Conference (ALC 2011), p.29, Victoria University of Wellington, Wellington, New Zealand, December 15 -- 20, 2011.
 - [56] K. Tadaki and N. Doi, Instantiating the random oracle using a random real, Proceedings of the 29th Symposium on Cryptography and Information Security (SCIS2012), 2A3-4, Kanazawa, Japan, January 30 -- February 2, 2012.
 - [57] 青木敏, 計算代数統計の展開(その2)/実験計画法とグレブナー基底, 数学セミナー2012年2月号, 日本評論社.
 - [58] 日比孝之, グレブナー基底の潮流を探る, 数学セミナー2012年2月号, 日本評論社.
 - [59] 日比孝之, 『グレブナー道場』入門, 数学セミナー2012年2月号, 日本評論社.
 - [60] 野呂正行, グレブナー基底計算ソフトの開発秘話, 数学セミナー2012年2月号, 日本評論社.
 - [61] 大杉英史, “素手”で計算するグレブナー基底, 数学セミナー2012年2月号, 日本評論社.
 - [62] 高山信毅, D加群の積分アルゴリズムと推定理論, 数学セミナー2012年2月号, 日本評論社.
 - [63] 竹村彰通, 計算代数統計の展開(その1)/代数と統計に架かる虹の架け橋, 数学セミナー2012年2月号, 日本評論社.
 - [64] J. S. Huang, X. Dou, S. Kuriki and G. D. Lin, Dependence structure of bivariate order statistics from bivariate distributions with applications, ISM Research Memorandum, No. 1156, 2012.
 - [65] 辻井重男, 只木孝太郎, 五太子政史, 藤田亮, 素因数分解の困難性に依拠した TSK 型多変数公開鍵暗号の構成法, 信学技報, vol. 111, no. 455, ISEC2011-97, 149--155, 2012年3月.
 - [66] S. Aoki, H. Hara and A. Takemura, "Markov Bases in Algebraic Statistics," Springer-Verlag, 2012.
 - [67] 中山洋将, D加群の積分アルゴリズムと近似零化イデアル, 京都大学数理解析研究所講究録 1793 (2012), 22--29.
 - [68] 濱田龍義, KNOPPIX/Math/2011 について, 京都大学数理解析研究所講究録 1793 (2012), 46--49.
 - [69] K. Nuida, T. Abe, S. Kaji, T. Maeno and Y. Numata, A mathematical problem for security analysis of Hash functions and Pseudorandom Generators, arXiv:1206.0069.
 - [70] T. Hibi and N. Li, Chain polytopes and algebras with straightening laws, arXiv:1207.2538.
 - [71] 中山洋将, 西山絢太, 積分の満たす非斉次微分方程式系を与えるアルゴリズム, 京都大学数理解析研究所講究録 1815 (2012), 112--123.
 - [72] 濱田龍義, 数学ソフトと歩く曲線の世界, 数学通信, 第 17 巻, 第 3 号, 2012 年, pp. 14--22.
 - [73] 日比孝之, 統計学とグレブナー基底, 第 57 回代数学シンポジウム報告集, 2012 年, pp. 47--57.
 - [74] T. Koyama and A. Takemura, Calculation of orthant probabilities by the holonomic gradient method, arXiv:1211.6822.
 - [75] T. Hibi, K. Nishiyama and N. Takayama, Pfaffian systems of A-hypergeometric equations, arxiv:1212.6103.
 - [76] T. Maeno and Y. Numata, On the Sperner property and Gorenstein algebras associated to matroids, Proceedings of the 24th International Conference on Formal Power Series and Algebraic Combinatorics, 2012, pp. 157--168.
 - [77] T. Hamada, Live exhibitions in the classroom with mathematical software, Proceedings of the Korean Society of Mathematical Education, Fall Meeting, Cheongju, Korea, 2012, pp. 13--16.
 - [78] R. Okazaki and K. Yanagawa, On CW complex supporting Eliahou-Kervaire type

- resolution of Borel fixed ideals, arXiv:1304.4257.
- [79] K. Kimura, Non-vanishingness of Betti numbers of edge ideals and complete bipartite subgraphs, arXiv:1306.1333.
 - [80] 中山洋将, Lauricella 超幾何微分方程式系のグレブナー基底について, 数理解析講究録 1843 (2013), 114--118, 2013 年 7 月.
 - [81] 濱田 龍義, MathLibre: distributable and customizable desktop environment for mathematics, COE Lecture Note Vol. 49, 62--67: Kyushu University, マス・フォア・インダストリ研究所共同利用研究集会 II「数式処理研究と産学連携の新たな発展」, 2013 年 8 月.
 - [82] T. Hibi, A. Mori, H. Ohsugi and A. Shikama, The number of edges of the edge polytope of a finite simple graph, arXiv:1308.3530.
 - [83] T. Hibi, A. Higashitani, K. Kimura and A. B. O'Keefe, Algebraic study on Cameron-Walker graphs, arXiv:1308.4765.
 - [84] J. Herzog and Takayuki Hibi, Bounding the socles of powers of squarefree monomial ideals, arXiv:1308.5400.
 - [85] 中山洋将, Gröbner basis of Lauricella's hypergeometric equations and its applications, COE Lecture Note Vol. 49: Kyushu University, マス・フォア・インダストリ研究所共同利用研究集会 II「数式処理研究と産学連携の新たな発展」, 2013 年 8 月.
 - [86] T. Hibi, N. Li and H. Ohsugi, The face vector of a half-open hypersimplex, arXiv:1309.5155.
 - [87] V. Ene, J. Herzog and Takayuki Hibi, Koszul binomial edge ideals, arXiv:1310.6426.
 - [88] 日比孝之, 現代産業社会とグレブナー基底の調和, 数学 65 (2013), 303--308.
 - [89] 佐藤洋祐・大杉英史(分担執筆), 多項式イデアルの発展した算法と応用, 応用数理解ハンドブック(日本応用数理解学会監修, 薩摩順吉・大石進一・杉原正顕編), 朝倉書店, 2013 年 11 月.
 - [90] V. Ene, J. Herzog and Takayuki Hibi, Linear flags and Koszul filtrations, arXiv:1312.2190.
 - [91] T. Hibi, A. Qureshi and A. Shikama, A Koszul filtration for the second squarefree Veronese subring, arXiv:1312.3076.
 - [92] T. Hibi, A. Higashitani, A. Tsuchiya and K. Yoshida, Ehrhart polynomials with negative coefficients, arXiv:1312.7049.
 - [93] T. Hibi, Ed., "Gröbner Bases: Statistics and Software Systems," Springer, 2014.
 - [94] K. Matsuda and H. Ohsugi, Reverse lexicographic Gröbner bases and strongly Koszul toric rings, arXiv:1402.3532.
 - [95] T. Hibi and N. Li, Cutting convex polytopes by hyperplanes, arXiv:1402.3805.
 - [96] C. Siriteanu, A. Takemura and S. Kuriki MIMO, Zero-Forcing Detection Performance Evaluation by Holonomic Gradient Method, arXiv:1403.3788.
 - [97] V. Ene, J. Herzog and T. Hibi, Linearly related polyominoes, arXiv:1403.4349.

(3) 国際学会発表及び主要な国内学会発表

① 招待講演 (国内会議 171 件、国際会議 109 件)

<国際学会>

1. 竹村彰通, Hierarchical models for contingency tables from the viewpoint of abstract simplicial complex, Computational Algebraic Statistics, Theories and Applications (CASTA2008), 京大会館, 京都, 2008.12.10.
2. 日比孝之, Normal configurations arising in algebraic statistics, Computational Algebraic Statistics, Theories and Applications (CASTA2008), 京大会館, 京都, 2008.12.10.
3. 栗木哲, Testing superiority in polynomial regressions, Computational Algebraic Statistics, Theories and Applications (CASTA2008), 京大会館, 京都, 2008.12.10.
4. 青木敏, Some characterization of affinely full-dimensional factorial design, Computational Algebraic Statistics, Theories and Applications (CASTA2008), 京大会館, 京都, 2008.12.11.
5. A. Takemura, Perturbation method for determining group of invariance of hierarchical models, Workshop on Algebraic Statistics, MSRI, Berkeley, USA, 2008.12.16.
6. R. Tanimoto, On the Dixmier operator, Conference on Affine Algebraic Geometry, Fireflies

Intercultural Centre, Bangalore, India, 2008.12.22.

7. A. Takemura, Minimality Properties of Markov Bases and Normality of Semigroups, Algebraic Statistical Models Workshop, SAMSI, North Carolina, Raleigh, USA, 2009.1.16.
8. T. Hibi, Ehrhart polynomials of convex polytopes with small volumes, Commutative Algebra Seminar, Essen, Germany, 2009.2.10.
9. H. Ohsugi, Nested configurations, Commutative Algebra Seminar, Essen, Germany, 2009.2.10.
10. A. Takemura, Properties of Ehrhart quasi-polynomials for hyperplane arrangements with integral coefficients, BIRS Workshop 09w5040 Random Fields and Stochastic Geometry, Banff, Canada, 2009.2.25.
11. S. Kuriki, Multiplicity Adjustments in Detecting Reproductive Barriers caused by Loci Interactions, BIRS Workshop 09w5040 Random Fields and Stochastic Geometry, Banff, Canada, 2009.2.26.
12. T. Hibi, Old and new results on Ehrhart polynomials of convex polytopes, MIT Combinatorics Seminar, MIT, Cambridge, USA, 2009.3.11.
13. K. Tadaki, A statistical mechanical interpretation of algorithmic information theory, Theory Group Seminar, Department of Computer Science, The University of Auckland, Auckland, New Zealand, 2009.3.17.
14. K. Tadaki, Chaitin Ω numbers and halting problems, Theory Group Seminar, Department of Computer Science, The University of Auckland, Auckland, New Zealand, 2009.3.18.
15. A. Takemura, Some results on connectivity of fibers with a subset of a Markov basis, Algebraic Methods in Statistics and Probability, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, USA, 2009.3.28.
16. M. Noumi, Some determinantal identities for generalized hypergeometric functions, Workshop: Geometric Aspects of Discrete and Ultra-Discrete Integrable Systems, University of Glasgow, Glasgow, UK, 2009.4.2.
17. H. Ohsugi, Toric ideals of nested configurations, Special session on Algebra & Number Theory with Polyhedra, Western Section AMS Meeting, San Francisco State University, San Francisco, USA, 2009.4.26.
18. H. Ohsugi, Edge polytopes and some examples, Combinatorial challenges in toric varieties, American Institute of Mathematics, Palo Alto, USA, 2009.4.29.
19. M. Noumi, The elliptic Painlevé equation, I, II, III (Invited Lectures), Discrete Integrable Systems Seminar, Isaac Newton Institute for Mathematical Sciences, Cambridge, UK, 2009.6.2, 6.3, 6.15.
20. M. Noumi, Darboux transformations for elliptic Hirota-Miwa equations (joint work with Jonathan Nimmo), Integrable Systems and Mathematical Physics Seminar, University of Glasgow, Glasgow, UK, 2009.6.9.
21. T. Hibi, Combinatorial Techniques in Commutative Algebra, Summer School on Computer Algebra and Syzygies, Sophus Lie Conference Center, Nordfjordeid, Norway, 2009.6.15--19.
22. H. Hara and A. Takemura, On connectivity of fibers with positive marginals in multiple logistic regression, The 1st Institute of Mathematical Statistics Asia Pacific Rim Meeting, Seoul, Korea, 2009.6.30.
23. M. Noro, Algorithms for computing b-functions and their efficient implementation, PRIMA (Pacific Rim Mathematical Association) Congress 2009, The University of New South Wales, Sydney, Australia, 2009.7.9.
24. K. Tadaki, A statistical mechanical interpretation of algorithmic information theory, Physics and Computation 2009, Ponta Delgada, Azores (Portugal), 2009.9.10.
25. T. Hamada, Knoppix/Math technical talk, The 11th International Workshop on Computer Algebra in Scientific Computing, Kobe University, Kobe, 2009.9.13.
26. M. Noumi, Kernel functions for van Diejen's q-difference operators, CTQM/QGM Workshop: q-Representation Theory, Aarhus University, Denmark, 2009.12.9.
27. T. Shibuta, One dimensional rings of finite F-representation type, the 5th Japan-Vietnam Joint Seminar on Commutative Algebra in Hanoi, Vietnam Academy of Sciences and

- Technology, Vietnam, 2010.1.5.
28. M. Noumi, Some remarks on τ -functions for the elliptic difference Painlevé equation, China-Japan Joint Workshop on Integrable Systems on the occasion of Prof. Hirota's 77th Birthday, January 7--10, 2010, Shiaoxing University, Shiaoxing, China, 2010.1.9.
 29. T. Hibi, Roots of Ehrhart polynomials of Gorenstein Fano polytopes, MIT Combinatorics Seminar, MIT, USA, 2010.3.19.
 30. K. Tadaki, One-wayness and two-wayness in algorithmic randomness, 5th Conference on Logic, Computability and Randomness, University of Notre Dame, Notre Dame, Indiana, USA, 2010.5.26.
 31. T. Sei, N. Takayama, A. Takemura, H. Nakayama, K. Nishiyama, M. Noro and K. Ohara, Holonomic Gradient Descent and its Application to Fisher-Bingham Integral, Harmony of Gröbner Bases and the Modern Industrial Society, Hotel Hankyu Expo Park, Osaka, Japan, 2010.6.29.
 32. H. Nakayama and K. Nishiyama, An algorithm of computing inhomogeneous differential equations for definite integrals, Harmony of Gröbner Bases and the Modern Industrial Society, Hotel Hankyu Expo Park, Osaka, Japan, 2010.6.29.
 33. K. Nishiyama and N. Takayama, Incomplete A-Hypergeometric Systems, Harmony of Gröbner Bases and the Modern Industrial Society, Hotel Hankyu Expo Park, Osaka, Japan, 2010.6.29.
 34. M. Noro, A new algorithm for computing primary decomposition of polynomial ideals, Harmony of Gröbner Bases and the Modern Industrial Society, Hotel Hankyu Expo Park, Osaka, Japan, 2010.6.29.
 35. T. Hamada, KNOPPIX/Math: a live system for mathematics, Harmony of Gröbner Bases and the Modern Industrial Society, Hotel Hankyu Expo Park, Osaka, Japan, 2010.6.29.
 36. A. Takemura, Recent developments from applied mathematics group of Hibi project, Harmony of Gröbner Bases and the Modern Industrial Society, Hotel Hankyu Expo Park, Osaka, Japan, 2010.6.29.
 37. S. Aoki, Some optimal criteria of model-robustness for two-level non-regular fractional factorial designs, Harmony of Gröbner Bases and the Modern Industrial Society, Hotel Hankyu Expo Park, Osaka, Japan, 2010.6.29.
 38. T. Otsu, Conditional log-linear model estimation for large scale education data, Harmony of Gröbner Bases and the Modern Industrial Society, Hotel Hankyu Expo Park, Osaka, Japan, 2010.6.29.
 39. S. Kuriki and Y. Numata, On the moment formulas for the noncentral Wishart distributions, Harmony of Gröbner Bases and the Modern Industrial Society, Hotel Hankyu Expo Park, Osaka, Japan, 2010.6.29.
 40. K. Tadaki, Linear Piece In Hand matrix method and plus method, Harmony of Gröbner Bases and the Modern Industrial Society, Hotel Hankyu Expo Park, Osaka, Japan, 2010.6.29.
 41. Y. Numata, On the hyperplane arrangement generated by generic points, Harmony of Gröbner Bases and the Modern Industrial Society, Hotel Hankyu Expo Park, Osaka, Japan, 2010.6.29.
 42. K. Kimura, On the projective dimension of edge ideals of chordal graphs, Harmony of Gröbner Bases and the Modern Industrial Society, Hotel Hankyu Expo Park, Osaka, Japan, 2010.6.29.
 43. T. Matsui, A. Higashitani, Y. Nagazawa, H. Ohsugi and T. Hibi, Roots of Ehrhart polynomials arising from graphs and posets, Harmony of Gröbner Bases and the Modern Industrial Society, Hotel Hankyu Expo Park, Osaka, Japan, 2010.6.29.
 44. T. Shibuta, Tropisms and irreducibility of algebroid curves, Harmony of Gröbner Bases and the Modern Industrial Society, Hotel Hankyu Expo Park, Osaka, Japan, 2010.6.29.
 45. H. Ohsugi and T. Hibi, Non-very ample configurations arising from contingency tables, Harmony of Gröbner Bases and the Modern Industrial Society, Hotel Hankyu Expo Park, Osaka, Japan, 2010.6.29.
 46. M. Noumi, Affine Hecke algebra approach to Koornwinder polynomials and van Diejen's q -difference operators, Algebra, Geometry and Integrable Systems Colloquium, School of

- Mathematics, University of Leeds, UK, 2010.7.16.
47. M. Noumi, Affine Weyl groups and Painlevé equations, Guest Lecture at Summer School on “Classical and Quantum Integrable Models”(London Mathematical Society and EPSRC Short Instructional Course, July 19--23, 2010) SMSAS, University of Kent, UK, 2010.7.22.
 48. A. Takemura, Some nonstandard distributions and asymptotics for multivariate analysis, The 7th Conference on Multivariate Distributions with Applications, Maresias, Brazil, 2010.8.10.
 49. M. Noumi, Discrete Painlevé equations and special functions, “Integrable Systems and Geometry,” ICM 2010 Satellite Conference, August 12--17, 2010, Pondicherry University, Puducherry, India, 2010.8.12.
 50. A. Takemura, Hierarchical subspace models for contingency tables, IME-USP, University of Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil, 2010.8.16.
 51. A. Takeda, Global optimization algorithm for nonconvex SVM, Research Seminars, Max Planck Institute for Biological Cybernetics, Tuebingen, Germany, 2010.8.24.
 52. 高山信毅, Risa/Asir, ICMS 2010, 神戸大学, 神戸, 2010.9.13.
 53. 濱田龍義, ICMS-DVD, ICMS 2010, 神戸大学, 神戸, 2010.9.13.
 54. 野呂正行, A new algorithm for computing primary decomposition of polynomial ideals, ICMS 2010, 神戸大学, 神戸, 2010.9.14.
 55. 中山洋将, 西山絢太, An algorithm of computing inhomogeneous differential equations for definite integrals, ICMS 2010, 神戸大学, 神戸, 2010.9.15.
 56. A. Takeda, Support vector machine as conditional value-at-risk minimization, Research Seminars, University of Southampton, Southampton, UK, 2010.10.1.
 57. 栗木哲, Tube method --- An integral-geometric approach to statistical distribution theory, 談話会, 東北師範大学, 長春, 中国, 2010.10.20.
 58. T. Hibi, Roots of Ehrhart polynomials of Gorenstein Fano polytopes, Commutative Algebra and its Interactions with Algebraic Geometry, CIRM, Marseille, France, 2010.11.5.
 59. M. Noumi, Some remarks on elliptic Schur functions, International workshop on Analysis, Geometry and Group Representations for Homogeneous Spaces, November 22--26, 2010, Lorentz Center, Leiden, The Netherlands, 2010.11.26.
 60. 栗木哲, Likelihood Ratio Test for the Nonnegative Polynomial Cone Alternative, 中央研究院統計科学研究所, 台北, 台湾, 2010.12.6.
 61. A. Takemura and S. Kuriki, Tube formula approach to testing multivariate normality and testing uniformity on the sphere, 3rd International Conference of the ERCIM WG on COMPUTING & STATISTICS (ERCIM '10), Senate House, University of London, UK, 2010.12.10--12.
 62. M. Noumi, Birational Weyl group action on the space of matrices and a discrete integrable system, International workshop on Algebraic and geometric aspects of discrete integrable systems: integrable systems and cluster algebras, December 14--17, Graduate School of Mathematical Sciences, University of Tokyo, Tokyo, Japan, 2010.12.14.
 63. A. Takemura, Ranking patterns of unfolding models of codimension one, Workshop on Statistics Frontiers 2010 ISS, Activity Center, Academia Sinica, Taiwan, 2010.12.15.
 64. Y. Numata, On a moments formula of the Wishart distributions, Integrable Systems, Random Matrices, Algebraic Geometry and Geometric Invariants, Kyoto University, Kyoto, Japan, 2010.12.16.
 65. A. Takemura, T. Sei, N. Takayama, H. Nakayama, K. Nishiyama, M. Noro and K. Ohara, Holonomic Gradient Descent Method For Evaluation of Maximum Likelihood Estimate of an Exponential Family and Its Application to Directional Statistics, The 2010 Annual Meeting of Chinese Statistical Society and International Statistical Conference, Jhongli, Taiwan, 2010.12.16--17.
 66. Y. Numata, On combinatorial formulas for moments of the Wishart distributions, Workshop on Integrable Systems, Random Matrices, Algebraic Geometry and Geometric Invariants, Steklov Mathematical Institute, Moscow, Russia, 2011.2.8.
 67. Y. Numata, KNOPPIX/Math --- a DVD-bootable Linux with mathematical software and

- documents, Seminar at the HSE, Higher school of economics, Moscow, Russia, 2011.2.9.
68. A. Takeda, Applying Robust Optimization to Binary Classification, Research Seminars, Universidad Autonoma de Madrid, Madrid, Spain, 2011.3.10.
 69. T. Hibi, Roots of Ehrhart polynomials of Gorenstein Fano polytopes, Discrete Geometry and Combinatorics Seminar, Cornell University, Ithaca, USA, 2011.3.14.
 70. H. Ohsugi and T. Hibi, Toric rings and ideals of nested configurations arising in algebraic statistics, The 17th International Conference on Applications of Computer Algebra, The Hilton Southwest Hotel, Houston, Texas, USA, 2011.6.28.
 71. A. Takemura, Some recent results on ranking patterns and arrangements, Hyperplane Arrangements and Applications, University of British Columbia Vancouver, Canada, 2011.8.8.
 72. A. Takemura, A review of conditional independence inferences based on imsets, Hyperplane Arrangements and Applications, University of British Columbia Vancouver, Canada, 2011.8.9.
 73. Y. Numata, On an edge-signed generalization of chordal graphs and free multiplicities on braid arrangements, Hyperplane arrangements and applications, Vancouver, Canada, 2011.8.12.
 74. S. Kuriki, Volume of tubes and the largest eigenvalue of a Wishart matrix, CIMPA-MICINN-UNESCO RESEARCH SCHOOL ANALYTICAL AND ALGEBRAIC TOOLS IN STATISTICS AND GRAPHICAL MODELS, Hammamet, Tunisia, 2011.9.7.
 75. N. Takayama, A-hypergeometric equations, "Topics in the Theory of Weyl Groups and Root Systems," in honor of Professor Jiro Sekiguchi on his 60th birthday, University of Tokyo, Tokyo, Japan, 2011.9.20.
 76. H. Ohsugi, Gröbner bases of toric ideals of nested configurations arising in algebraic statistics, BiWO2011 (Introduction of Symbolic Computation: Toward its Application to Biological Sciences), AIST Tokyo Waterfront Bio-IT Research Building, Tokyo, Japan, 2012.1.27.
 77. T. Hibi, Edge polytopes and edge rings of finite graphs, GASC Seminar, Northeastern University, Boston, MA, USA, 2012.3.19.
 78. T. Hibi, Normal cyclic polytopes, MIT Combinatorics Seminar, MIT, Cambridge, MA, USA, 2012.3.21.
 79. S. Kuriki, Integral geometric approach to statistical distribution theory with application to testing positivity of polynomial, ISM Symposium Statistical Modeling and its Applications for Risk Analysis -- Joint International Symposium with Statistical Researchers from Prague, Czech --, Tokyo, Japan, 2012.3.24.
 80. T. Hamada, Mathematical software for research, education, and exhibition, Special Session Tools and Techniques in Math Research and Education, Spring meeting of the Korean Mathematical Society, Sookmyung Women's University, Seoul, Korea, 2012.4.28.
 81. M. Noro, Primary decomposition of polynomial ideals and its efficient implementation, SCA2012, RWTH Aachen, Germany, 2012.5.18.
 82. T. Hibi, An introduction to holonomic gradient descent, Algebraic Statistics in the Alleghenies, The Pennsylvania State University, State College, PA, USA, 2012.6.14.
 83. K. Nishiyama, Holonomic gradient descent for the Fisher-Bingham distribution on the n -dimensional sphere, Algebraic Statistics in the Alleghenies, The Pennsylvania State University, State College, PA, USA, 2012.6.14.
 84. H. Ohsugi, The normality of cut polytopes, Algebraic Statistics in the Alleghenies, The Pennsylvania State University, State College, PA, USA, 2012.6.15.
 85. S. Aoki, Configurations and ideals arising in designed experiments, The 2nd Institute of Mathematical Statistics Asia Pacific Rim Meeting, The 2nd Institute of Mathematical Statistics Asia Pacific Rim Meeting, Epochal Tsukuba, Tsukuba, Japan, 2012.7.3.
 86. N. Takayama, Holonomic gradient descent and its application to Fisher-Bingham integral, The 2nd Institute of Mathematical Statistics Asia Pacific Rim Meeting, Epochal Tsukuba, Tsukuba, Japan, 2012.7.3.
 87. H. Ohsugi, Toric rings and ideals of nested configurations, The 2nd Institute of Mathematical Statistics Asia Pacific Rim Meeting, Epochal Tsukuba, Tsukuba, Japan, 2012.7.3.
 88. S. Kuriki and Y. Numata, On formulas for moments of the noncentral Wishart distributions as

- generating functions of matchings, The 2nd Institute of Mathematical Statistics Asia Pacific Rim Meeting, Epochal Tsukuba, Tsukuba, Japan, 2012.7.3.
89. T. Shibuta, Gröbner bases of contraction ideals, The 2nd Institute of Mathematical Statistics Asia Pacific Rim Meeting, Epochal Tsukuba, Tsukuba, Japan, 2012.7.3.
 90. A. Takemura, Holonomic gradient method for the distribution function of the largest root of a Wishart matrix, Satellite meeting of ims-aprm2012, University of Tokyo, Tokyo, Japan, 2012.7.6.
 91. A. Takemura, Cones of elementary imsets and supermodular functions, Workshop on Convex Polytopes, RIMS, Kyoto University, Kyoto, Japan, 2012.7.23.
 92. N. Takayama, Umbrellas of sets of points and divergent hypergeometric series, Workshop on Convex Polytopes, RIMS, Kyoto University, Kyoto, Japan, 2012.7.23.
 93. H. Ohsugi, Centrally symmetric configurations of integer matrices, Workshop on Convex polytopes, RIMS, Kyoto University, Kyoto, Japan, 2012.7.26.
 94. A. Takemura, An introduction to holonomic gradient method in statistics, Machine Learning Summer School 2012, Kyoto University, Kyoto, Japan, 2012.9.5.
 95. R. Okazaki, Construction of minimal free resolutions of some monomial ideals by algebraic discrete Morse theory, The 20th National School on Algebra “Discrete Invariants in Commutative Algebra and in Algebraic Geometry,” Constanta, Romania, 2012.9.6.
 96. A. Takemura, An introduction to holonomic gradient method in statistics, Colloquium talk, Department of Statistics, Chicago University, Chicago, IL, USA, 2012.10.22.
 97. T. Hamada, Live exhibitions in the class room with mathematical software, Fall meeting of the Korean Society of Mathematical Education, Korea National University of Education, Cheongju, Korea, 2012.11.3.
 98. H. Ohsugi, Cut ideals and their application to regular designs in statistics, Combinatorial Commutative Algebra and Applications, MSRI, Berkeley, CA, USA, 2012.12.4.
 99. S. Aoki, Markov chain Monte Carlo tests for regular fractional factorial designs and cut ideals, International Conference on Advances in Interdisciplinary Statistics and Combinatorics (AISC2012), The University of North Carolina, Greensboro, NC, USA, 2012.12.7.
 100. T. Hibi, Normality of dilated polytopes, MIT Combinatorics Seminar, MIT, Cambridge, MA, USA, 2013.3.13.
 101. A. Takemura, Introduction to the Holonomic Gradient Method in Statistics, Asian Mathematical Conference 2013, Busan, Korea, 2013.7.1.
 102. A. Takemura, Holonomic Gradient Method for Multivariate Normal Distribution Theory, SIAM Conference on Applied Algebraic Geometry 2013, Colorado State University, CO, 2013.8.2.
 103. K. Nishiyama, T. Hibi and N. Takayama, A-Hypergeometric Systems and Estimation Problems in Statistics, SIAM Conference on Applied Algebraic Geometry, Colorado State University, Fort Collins, CO, 2013.8.2.
 104. T. Hamada, Mathematics and Open Source, City-issues theme at Osaka City University International Symposium, Osaka City University Media Center, Osaka, Japan, 2013.9.19.
 105. T. Hibi, Cameron-Walker graphs, International conference on Commutative Algebra and its Interaction to Algebraic Geometry and Combinatorics, Hanoi, Vietnam, 2013.12.16.
 106. H. Ohsugi, Toric rings and ideals of cut polytopes of graphs, International conference on Commutative Algebra and its Interaction to Algebraic Geometry and Combinatorics, Hanoi, Vietnam, 2013.12.19.
 107. S. Aoki, Sampling fractional factorial designs by Markov basis, Computational Algebraic Statistics, Theories and Applications (CASTA 2014), Kyoto Terrsa, Kyoto, Japan, 2014.1.21.
 108. H. Ohsugi and T. Hibi, A survey of toric rings and ideals arising from contingency tables, Computational Algebraic Statistics, Theories and Applications, Kyoto Terrsa, Kyoto, Japan, 2014.1.21.
 109. Nobuki Takayama, Introduction and recent progress of the holonomic gradient method, Computational Algebraic Statistics, Theories and Applications (CASTA 2014), Kyoto Terrsa, Kyoto, Japan, 2014.1.22.

<国内学会>

1. 高山信毅, Logarithmic cohomology 群の計算アルゴリズム, 表現論セミナー, 北海道大学, 札幌, 2008.10.23.
2. 竹村彰通, 分割表のモデルと計算代数統計, 大阪大学数学教室談話会, 大阪大学, 大阪, 2008.10.27.
3. 西山絢太, 局所b関数に付随する stratification アルゴリズムの実装および応用, Computer Algebra -- Design of Algorithms, Implementations and Applications, 京都大学数理解析研究所, 京都, 2008.11.26.
4. 岸岡広幸, 野海正俊, 常微分方程式の解の接続問題について, 超幾何方程式研究会 2009, 神戸大学, 神戸, 2009.1.5.
5. 高山信毅, 計算コホモロジー論と関連の話題, 計算による数理科学の展開, 神戸大学, 神戸, 2009.1.8.
6. 只木孝太郎, Chaitin's halting probability Ω and halting problems, LA シンポジウム, 京都大学数理解析研究所, 京都, 2009.2.3.
7. 西山絢太, 不完全 A 超幾何関数 --- a first step, CREST 公開研究集会, 鹿児島大学, 鹿児島, 2009.2.18.
8. 野呂正行, nd パッケージへの加群計算機能の実装, CREST 公開研究集会, 鹿児島大学, 鹿児島, 2009.2.18.
9. 濱田龍義, KNOPPIX/Math 2009 プレビュー, CREST 公開研究集会, 鹿児島大学, 鹿児島, 2009.2.18.
10. 谷本龍二, グレブナー基底と不変式環, CREST 公開研究集会, 鹿児島大学, 鹿児島, 2009.2.18.
11. 只木孝太郎, 多変数公開鍵暗号を強化する持駒方式とグレブナー基底計算, CREST 公開研究集会, 鹿児島大学, 鹿児島, 2009.2.18.
12. 中山洋将, Asir-contrib ライブラリへの制限, 積分アルゴリズムの実装, CREST 公開研究集会, 鹿児島大学, 鹿児島, 2009.2.19.
13. 大杉英史, Theoretical and abstract technique for Gröbner bases of toric ideals, CREST 公開研究集会, 鹿児島大学, 鹿児島, 2009.2.19.
14. 野海正俊, Mellin 変換と接続問題, Workshop on Accessory Parameters at Kumamoto, 熊本大学, 熊本, 2009.2.22.
15. 野海正俊, (常)微分方程式の双対性と双線型恒等式, Workshop on Accessory Parameters at Kumamoto, 熊本大学, 熊本, 2009.2.23.
16. 中山洋将, Asir-contrib ライブラリへの制限, 積分アルゴリズムの実装, 神戸オープンセミナー, 神戸大学, 神戸, 2009.3.9.
17. 高山信毅, oxmgraph と asir への mtg.plot3d, mtp.parametric_plot3d の実装, Risa/Asir Conference 2009, 神戸大学, 神戸, 2009.3.16.
18. 竹村彰通, 管状近傍定理と Ehrhart 多項式の周辺, 応用特異点論の現状と展望, 北海道大学, 札幌, 2009.3.16.
19. 西山絢太, 高山信毅, 不完全 A-超幾何積分, Risa/Asir Conference 2009, 神戸大学, 神戸, 2009.3.17.
20. 野呂正行, nd パッケージへの加群計算機能の実装, Risa/Asir Conference 2009, 神戸大学, 神戸, 2009.3.18.
21. 沼田泰英, 2 種類の辺を持つ graph への Chordal graph の拡張と多重超平面配置の自由性の特徴付け, JST CREST Workshop, 大阪大学, 大阪, 2009.5.14.
22. 渋谷敬史, 単項式写像によるグレブナー基底の引き戻しについて, JST CREST Workshop, 大阪大学, 大阪, 2009.5.14.
23. 木村杏子, 平方自由な単項式イデアルの算術階数を巡って, JST CREST Workshop, 大阪大学, 大阪, 2009.5.14.
24. 鍋島克輔, 双対性を用いた零次元ヤコビイデアルのスタンダード基底の計算法とグレブナー基底の応用, JST CREST Workshop, 大阪大学, 大阪, 2009.5.14.
25. 武田朗子, 数理最適化から機械学習へのアプローチ, 第 3 回 NEC データマイニングセミナー, 2009.5.18.

26. 沼田泰英, Signed eliminable graphs の特徴付けとその応用について, 稚内数学・数理科学談話会, 稚内北星学園大学, 稚内, 2009.6.12.
27. 武田朗子, CVaR 最小化に基づくサポートベクターマシン, 日本オペレーションズ・リサーチ学会, 研究部会「若手によるOR横断研究」, 2009.6.20.
28. 竹村彰通, 最近の統計学における代数的諸問題, 代数的組合せ論シンポジウム, 山形大学, 山形, 2009.6.24.
29. 西山絢太, 高山信毅, Incomplete A-hypergeometric systems, Workshop with Professor Bernd Sturmfels, 東京大学, 東京, 2009.7.6.
30. 竹村 彰通, 原 尚幸, Markov basis for testing homogeneity of Markov chains, Workshop with Professor Bernd Sturmfels, 東京大学, 東京, 2009.7.6.
31. 渋谷敬史, Gröbner bases of contractions of ideals, Workshop with Professor Bernd Sturmfels, 東京大学, 東京, 2009.7.6.
32. 青木敏, 竹村彰通, Some characterizations of affinely full-dimensional factorial designs, Workshop with Professor Bernd Sturmfels, 東京大学, 東京, 2009.7.7.
33. 竹村彰通, Arrangements and statistics, Arrangements of Hyperplanes, 北海道大学, 札幌, 2009.8.4-5.
34. 只木孝太郎, Chaitin Ω numbers and halting problems, 仙台ロジックセミナー, 東北大学, 仙台, 2009.9.3.
35. 大杉英史, 日比孝之, (準備1)「理論的な観点からの導入」, 第 1 回 CREST グレブナー神戸スクール, 神戸大学, 神戸, 2009.9.14.
36. 野呂正行, 濱田龍義, (準備2)「計算機を使う観点からの導入」, 第 1 回 CREST グレブナー神戸スクール, 神戸大学, 神戸, 2009.9.14.
37. 竹村彰通, 青木敏, (講義1)「マルコフ基底と実験計画」, 第 1 回 CREST グレブナー神戸スクール, 神戸大学, 神戸, 2009.9.15.
38. 中山洋将, 西山絢太, (演習1)「マルコフ基底と実験計画」, 第 1 回 CREST グレブナー神戸スクール, 神戸大学, 神戸, 2009.9.15.
39. 高山信毅, (講義2)「D-加群とグレブナー基底」, 第 1 回 CREST グレブナー神戸スクール, 神戸大学, 神戸, 2009.9.16.
40. 中山洋将, 西山絢太, (演習2)「D-加群とグレブナー基底」, 第 1 回 CREST グレブナー神戸スクール, 神戸大学, 神戸, 2009.9.16.
41. 大杉英史, 日比孝之, (講義3)「凸多面体とグレブナー基底」, 第 1 回 CREST グレブナー神戸スクール, 神戸大学, 神戸, 2009.9.17.
42. 中山洋将, 西山絢太, (演習3)「凸多面体とグレブナー基底」, 第 1 回 CREST グレブナー神戸スクール, 神戸大学, 神戸, 2009.9.17.
43. 大津起夫, 層別データの統計分析と記号推論, 第 1 回 CREST グレブナー神戸スクール, 神戸大学, 神戸, 2009.9.18.
44. 栗木哲, 沼田泰英, 非心ウィシャート分布のモーメントのグラフ表現とその応用, 第 1 回 CREST グレブナー神戸スクール, 神戸大学, 神戸, 2009.9.18.
45. 武田朗子, 役に立つ(かもしれない)最適化法, 第 1 回 CREST グレブナー神戸スクール, 神戸大学, 神戸, 2009.9.18.
46. 只木孝太郎, 多変数公開鍵暗号とグレブナー基底, 第 1 回 CREST グレブナー神戸スクール, 神戸大学, 神戸, 2009.9.18.
47. 野海政俊, 微分環と差分環の話題から, 第 1 回 CREST グレブナー神戸スクール, 神戸大学, 神戸, 2009.9.18.
48. 日比孝之, グレブナー基底の50年, 日本応用数理学会年会「総合講演」, 大阪大学, 大阪, 2009.9.30.
49. 栗木哲, 非心ウィシャート分布のモーメントのグラフ表現とその応用, データ科学特別セミナー, 大阪大学, 大阪, 2009.10.28.
50. 栗木哲, 遺伝子座間の相互作用による生殖的隔離障壁の検出と多重性調整, データ科学特別セミナー, 大阪大学, 大阪, 2009.10.28.

51. 武田朗子, 最適化におけるロバストネス, 第 52 回自動制御連合講演会, 大阪大学, 大阪, 2009.11.21.
52. 竹村彰通, 計算代数統計の成果と展望, 計算代数統計学の展開, 統計数理研究所, 立川, 2009.11.26.
53. 高山信毅, 統計学に現れるパラメータつき積分のためのD加群理論入門, 計算代数統計学の展開, 統計数理研究所, 立川, 2009.11.27.
54. 西山絢太, Sturmfels' Tokyo Problems 解答集, 計算代数統計学の展開, 統計数理研究所, 立川, 2009.11.27.
55. 大杉英史, Nested configurations in algebraic statistics, 計算代数統計学の展開, 統計数理研究所, 2009.11.28.
56. 青木敏, 実験計画とマルコフ基底, 計算代数統計学の展開, 統計数理研究所, 2009.11.28.
57. 武田朗子, 西野寿一, On Measuring the Inefficiency with the Inner-Product Norm in Data Envelopment Analysis, OR 学会「評価の OR」研究部会, 東京, 2009.12.19.
58. 野呂正行, 高山信毅, “計算代数における消去計算とトロピカル幾何”の勉強報告, トロピカル幾何と計算代数, 神戸大学, 神戸, 2010.1.4.
59. 鍋島克輔, イデアルの安定性とパラメトリック・グレブナー基底, 近畿大学数学講演会, 近畿大学, 東大阪, 2010.1.18.
60. 沼田泰英, Wishart 分布のモーメントと α -determinant, α -Hafnian, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」若手研究集会, 大阪大学, 大阪, 2010.1.21.
61. 中山洋将, D-加群の積分アルゴリズム, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」若手研究集会, 大阪大学, 大阪, 2010.1.21.
62. 西山絢太, 不完全 A-超幾何系とグレブナー基底, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」若手研究集会, 大阪大学, 大阪, 2010.1.21.
63. 木村杏子, 算術階数の研究の手法, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」若手研究集会, 大阪大学, 大阪, 2010.1.22.
64. 鍋島克輔, イデアルの安定性とパラメトリック・グレブナー基底, パラメータ付き多項式の数式処理を用いた応用研究への考察, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」若手研究集会, 大阪大学, 大阪, 2010.1.22.
65. 渋田敬史, トーリック代数の Veronese 部分環のグレブナー基底について, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」若手研究集会, 大阪大学, 大阪, 2010.1.23.
66. 大杉英史, The toric ring and the toric ideal arising from a contingency table, Jürgen Herzog を囲む可換代数の集い, 大阪大学, 大阪, 2010.1.29.
67. 野海正俊, Padé 補間と超幾何級数, 数理解析の諸問題とその展望 — 宮川鉄朗先生を追悼して —, 金沢大学サテライト・プラザ, 金沢, 2010.2.20.
68. 只木孝太郎, One-wayness in algorithmic randomness, 2009 年度証明論研究集会, ホテルリステル猪苗代, 猪苗代町, 福島, 2010.2.22.
69. 栗木哲, 沼田泰英, マッチングの重みつき母関数と Wishart 分布のモーメントについて, 第 15 回代数学若手研究会, 名古屋大学, 名古屋, 2010.3.4.
70. 大杉英史, トーリックイデアルのグレブナー基底とその応用, トロピカル幾何と超離散系の新展開, 京都大学, 京都, 2010.3.10.
71. 高山信毅, Gröbner fan とトロピカル幾何, トロピカル幾何と超離散系の新展開, 京都大学, 京都, 2010.3.10.
72. 野海正俊, トロピカル RSK 対応, トロピカル幾何と超離散系の展開, 京都大学, 京都, 2010.3.11.
73. 竹村彰通, 初期の TeX で書いた Ph.D.論文の話, 数学ソフトウェアとフリードキュメント X, 慶應義塾大学, 横浜, 2010.3.23.
74. 野海正俊, 可換差分作用素と核関数, 日本数学会 2010 年度年会・特別講演, 慶應義塾大学, 横浜, 2010.3.26.
75. 只木孝太郎, アルゴリズム的情報理論の統計力学的解釈, 東北大学談話会, 東北大学大学院理学研究科数学専攻, 仙台, 2010.7.12.
76. 竹村彰通, ゲーム論的確率論の最近の発展について, 数理統計学の新たな展開, 大宮ソニックシティ, 大宮, 2010.7.24.

77. 大杉英史, トーリックイデアルの20年, 第 55 回代数学シンポジウム, 北海道大学, 札幌, 2010.8.9.
78. 野呂正行, グレブナー基底計算の高速化とその応用, 第 55 回代数学シンポジウム, 北海道大学, 札幌, 2010.8.9.
79. 濱田龍義, Lie hypersurfaces in the complex hyperbolic space, 第 57 回幾何学シンポジウム, 神戸大学, 神戸, 2010.8.9.
80. 野海正俊, BC_m 型 Ruijsenaars 差分作用素と積分変換から生じる固有函数, BC 系と AGT 予想の周辺, 東京大学, 東京, 2010.9.11.
81. 野海正俊, 楯田 Schur 函数, BC 系と AGT 予想の周辺, 東京大学, 東京, 2010.9.12.
82. 只木孝太郎, A new representation of Chaitin Ω number based on compressible strings, 形式体系と計算理論, 京都大学数理解析研究所, 京都, 2010.9.15.
83. 只木孝太郎, Properties of optimal prefix-free machines as instantaneous codes, 形式体系と計算理論, 京都大学数理解析研究所, 京都, 2010.9.15.
84. 濱田龍義, KNOPPIX/Math ハイデラバードの夏, 数学ソフトウェアとフリードキュメント XI, 名古屋大学, 名古屋, 2010.9.21.
85. 沼田泰英, Generic な点配置で定義される超平面配置に係わる数え上げ問題について, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」グレブナー若手研究集会 ---グレブナー基底の周辺---, 神戸大学, 神戸, 2010.10.9.
86. 渋谷敬史, 形式冪級数環の1次元イデアルの素イデアル判定法, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」グレブナー若手研究集会 ---グレブナー基底の周辺---, 神戸大学, 神戸, 2010.10.9.
87. 木村杏子, あるグラフのトーリック環について, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」グレブナー若手研究集会 ---グレブナー基底の周辺---, 神戸大学, 神戸, 2010.10.10.
88. 中山洋将, path algebra のグレブナー基底, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」グレブナー若手研究集会 ---グレブナー基底の周辺---, 神戸大学, 神戸, 2010.10.11.
89. 西山絢太, パラメータ付き定積分の満たす微分方程式を計算するアルゴリズム I, II, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」グレブナー若手研究集会---グレブナー基底の周辺---, 神戸大学, 神戸, 2010.10.11.
90. 青木敏, 一部実施計画の代数的な解析, 計算代数学と数理統計学の新たな展開, 大宮ソニックシティ, 大宮, 2010.11.15.
91. 加藤直広, 栗木哲, 非負多項式錐を対立仮説とする尤度比検定, 計算代数学と数理統計学の新たな展開, 大宮ソニックシティ, 大宮, 2010.11.16.
92. 紙屋英彦, 竹村彰通, 寺尾宏明, Ranking patterns of unfolding models of codimension one, 計算代数学と数理統計学の新たな展開, 大宮ソニックシティ, 大宮, 2010.11.16.
93. 日比孝之, Ideals generated by adjacent 2-minors, 計算代数学と数理統計学の新たな展開, 大宮ソニックシティ, 大宮, 2010.11.16.
94. 野海正俊, 不確定特異点の局所理論概説 I, II, III, Workshop on Accessory Parameters, 東京大学玉原国際セミナーハウス, 沼田, 2010.12.10--12.
95. 高山信毅, ホロミック系と統計, 計算による数理科学の展開, 神戸大学理学部, 神戸, 2011.1.7.
96. 大杉英史, 連立方程式とグレブナー基底, 信州大学数理科学談話会, 信州大学, 松本, 2011.1.18.
97. 濱田龍義, 数学とオープンソース, 第 3 回大阪市立大学理学研究科 FD 研修会, 大阪市立大学学術情報総合センター, 大阪, 2011.1.20.
98. 濱田龍義, 数学ソフトウェア実行環境の将来について, 第 3 回日本数式処理学会システム分科会研究会, 福岡大学, 福岡, 2011.1.22.
99. 沼田泰英, Poset の Sperner 性と可換環の Lefschetz 性について, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」若手集会, 山口大学, 山口, 2011.2.16.
100. 中山洋将, ホロミック関数の勾配降下法, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」若手集会, 山口大学, 山口, 2011.2.16.
101. 木村杏子, 生成元の個数が小さい単項式イデアルの算術階数, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」若手集会, 山口大学, 山口, 2011.2.18.

102. 只木孝太郎, A computational complexity-theoretic elaboration of weak truth-table reducibility, Workshop on Proof Theory and Computability Theory, Akiu Spa Hotel Iwanumaya, Sendai, Miyagi, Japan, 2011.2.22.
103. 只木孝太郎, アルゴリズムの情報理論の統計力学的解釈, 数学基礎論および歴史分科会特別講演, 日本数学会 2011 年度年会, 早稲田大学, 東京, 2011.3.23.
104. 高山信毅, ホロミック勾配降下(hgd)法入門, ホロミック勾配法と統計的推定問題, 神戸大学, 神戸, 2011.5.31.
105. 竹村彰通, ホロミック勾配法の統計と確率分布への応用の可能性, ホロミック勾配法と統計的推定問題, 神戸大学, 神戸, 2011.5.31.
106. 西山絢太, 差分版ホロミック勾配降下法, ホロミック勾配法と統計的推定問題, 神戸大学, 神戸, 2011.6.1.
107. 木村杏子, Non-vanishingness of Betti numbers of edge ideals, Jürgen Herzog を囲む可換代数の集い, 大阪大学, 大阪, 2011.6.14.
108. 大杉英史, Centrally symmetric configurations of integer matrices, Jürgen Herzog を囲む可換代数の集い, 大阪大学, 大阪, 2011.6.14.
109. 武田朗子, 不確実性を考慮した最適化手法:ロバスト最適化法, システム制御情報チュートリアル講座 2011, 常翔学園 大阪センター, 大阪, 2011.6.23.
110. 沼田泰英, Matroid から決まる Gorenstein 環とその universal Gröbner bases について, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」グレブナー若手集会, 徳島大学, 徳島, 2011.7.16.
111. 渋谷敬史, 解析的既約な代数曲線の Value-semigroup の計算法, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」グレブナー若手集会, 徳島大学, 徳島, 2011.7.16.
112. 中山洋将, 局所環のグレブナー基底と局所 b 関数の計算, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」グレブナー若手集会, 徳島大学, 徳島, 2011.7.17.
113. 西山絢太, 不完全 $\Delta_1 \times \Delta_{\{n-1\}}$ -超幾何関数とホロミック勾配降下法, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」グレブナー若手集会, 徳島大学, 徳島, 2011.7.17.
114. 岡崎亮太, Stanley depth 入門, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」グレブナー若手集会, 徳島大学, 徳島, 2011.7.18.
115. 只木孝太郎, アルゴリズムの情報理論の統計力学的解釈, 複雑系セミナー, 北海道大学大学院理学研究院数学部門, 札幌, 2011.8.1.
116. 濱田龍義, 複素空間形内の実超曲面に関する話題について, 第 58 回幾何学シンポジウム, 山口大学, 山口, 2011.8.27.
117. 濱田龍義, KNOPPIX/Mathに見る数学ソフトウェアの世界, 計算機代数システムの進展, 九州大学, 福岡, 2011.8.30.
118. 紙屋英彦, 竹村彰通, 徳重典英, Application of arrangement theory to unfolding models, 統計関連学会連合大会企画セッション・計算代数統計学の展開, 九州大学, 福岡, 2011.9.4.
119. 清智也, 高山信毅, 竹村彰通, 中山洋将, 西山絢太, 野呂正行, 小原功任, ホロミック勾配法による Fisher-Bingham 分布族の最尤推定, 統計関連学会連合大会企画セッション・計算代数統計学の展開, 九州大学, 福岡, 2011.9.5.
120. 日比孝之, 現代の産業社会とグレブナー基底の調和, 越境する数学, アキバプラザ, 東京, 2011.9.7.
121. 竹村彰通, 応用系のこれまでの研究成果, CREST 公開研究集会「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」, 東京大学, 東京, 2011.9.8.
122. 竹村彰通, 清智也, 田中研太郎, imset にともなう多面錐と toric ideal の性質, CREST 公開研究集会「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」, 東京大学, 東京, 2011.9.8.
123. 青木敏, 実験計画法におけるイデアルの性質について, CREST 公開研究集会「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」, 東京大学, 東京, 2011.9.8.
124. 只木孝太郎, 精度保証付きグレブナー基底計算;精度保証付き数値計算の限界, CREST 公開研究集会「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」, 東京大学, 東京, 2011.9.8.
125. 只木孝太郎, ランク攻撃の厳密解析, CREST 公開研究集会「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」, 東京大学, 東京, 2011.9.8.

126. 大津起夫, 多層多重分割表の条件付き分布に基づく構造分析, CREST 公開研究集会「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」, 東京大学, 東京, 2011.9.8.
127. 高山信毅, ホロノミック勾配法による MAP 推定, CREST 公開研究集会「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」, 東京大学, 東京, 2011.9.8.
128. 中山洋将, D加群の積分アルゴリズムとその応用, CREST 公開研究集会「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」, 東京大学, 東京, 2011.9.8.
129. 西山絢太, 差分版ホロノミック勾配降下法による不完全 $\Delta_1 \times \Delta_{\{n-1\}}$ -超幾何関数のパラメータ推定, CREST 公開研究集会「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」, 東京大学, 東京, 2011.9.8.
130. 大杉英史, 日比孝之, Centrally symmetric configurations of integer matrices, CREST 公開研究集会「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」, 東京大学, 東京, 2011.9.9.
131. 岡崎亮太, On Stanley depth, CREST 公開研究集会「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」, 東京大学, 東京, 2011.9.9.
132. 木村杏子, Arithmetical rank of squarefree monomial ideals whose Alexander dual ideals have 2-linear resolutions, CREST 公開研究集会「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」, 東京大学, 東京, 2011.9.9.
133. 洪田敬史, 解析的既約曲線に付随する半群の計算アルゴリズム, CREST 公開研究集会「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」, 東京大学, 東京, 2011.9.9.
134. 沼田泰英, Matroid から決まるある0次元 Gorenstein 環について, CREST 公開研究集会「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」, 東京大学, 東京, 2011.9.9.
135. 野呂正行, 数式処理の理論概説, 第 20 回日本数式処理学会大会, 神戸大学理学部, 神戸, 2011.9.10.
136. 只木孝太郎, アルゴリズム的情報理論の統計力学的解釈, 数学基礎論および歴史分科会 特別講演, 日本数学会 2011 年度秋季総合分科会, 信州大学理学部, 松本, 2011.9.29.
137. 武田朗子, ロバスト最適化法の機械学習への適用, 平成 23 年度 数学・数理科学と諸科学・産業との連携研究ワークショップ, 九大伊都キャンパス, 福岡, 2011.10.13.
138. 武田朗子, ロバスト最適化法の機械学習への適用, 第 23 回 RAMP シンポジウム, 関西大学 千里山キャンパス百周年記念会館ホール, 大阪, 2011.10.25.
139. 武田朗子, 不確実な最適化問題に対するロバスト最適化, 第 14 回情報論的学習理論ワークショップ (IBIS2011), 奈良女子大学, 奈良, 2011.11.11.
140. 中山洋将, 微分作用素環のグレブナー基底の応用(パラメータつき和, 積分の満たす差分方程式, 微分方程式の計算), 徳島大学数学談話会, 徳島大学, 徳島, 2011.12.16.
141. 竹村彰通, ウィンシャート分布に現れる行列変数の超幾何関数に対するホロノミック勾配法, 超幾何方程式研究会, 神戸大学瀧川記念学術交流会館, 神戸, 2012.1.6.
142. 岡崎亮太, Stanley depth and Intervals, 組合せ数学セミナー, 東京大学大学院総合文化研究科・教養学部, 東京, 2012.1.27.
143. 沼田泰英, 多重直線配置に付随する対数的ベクトル場のなす加群の基底を求めるアルゴリズム, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」グレブナー若手集会, 静岡大学理学部, 静岡, 2012.2.16.
144. 中山洋将, グレブナー基底, マルコフ基底によるパズルの解法, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」グレブナー若手集会, 静岡大学理学部, 静岡, 2012.2.16.
145. 西山絢太, ツイストを用いた非斉次 Pfaffian 系の計算, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」グレブナー若手集会, 静岡大学理学部, 静岡, 2012.2.16.
146. 洪田敬史, 完全交差トーリックイデアルの乗数イデアルについて, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」グレブナー若手集会, 静岡大学, 静岡, 2012.2.17.
147. 岡崎亮太, Koszul 代数について, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」グレブナー若手集会, 静岡大学理学部, 静岡, 2012.2.18.
148. 濱田龍義, 数学とオープンソース, 数電機シンポジウム, 首都大学東京, 八王子, 2012.2.19.
149. 木村杏子, Stanley-Reisner 環入門, 第 10 回大和郡山セミナー, 奈良工業高等専門学校, 大和郡山, 2012.3.10.

150. 岡崎亮太, 代数的離散モース理論と Eliahou-Kervaire 自由分解について, 第 10 回大和郡山セミナー, 奈良工業高等専門学校, 大和郡山, 2012.3.10.
151. 木村杏子, Licci である単項式イデアルの分類, 第 10 回大和郡山セミナー, 奈良工業高等専門学校, 大和郡山, 2012.3.11.
152. 岡崎亮太, Discrete Morse theory and combinatorial commutative algebra I, (非)可換代数とトポロジー, 信州大学理学部, 松本, 2012.3.14.
153. 武田朗子, 太陽光発電システム導入に対するロバスト最適化の適用, シンポジウム「数理最適化の 40 年と今後の展開」, 東京工業大学, 東京, 2012.3.24.
154. 濱田龍義, GeoGebra が成功している 15 の理由を検証, 日本数式処理学会教育分科会, 東京理科大学, 東京, 2012.3.26.
155. 高山信毅, 微分方程式によるパラメトリック推定, 日本オペレーションズリサーチ学会, 数理的方法の展開と応用, 金沢学院大学, 金沢, 2012.5.26.
156. 日比孝之, An introduction to holonomic gradient descent, 第 29 回応用数学連携フォーラム, 東北大学, 仙台, 2012.7.10.
157. 大杉英史, トーリックイデアルと統計学, 第 29 回応用数学連携フォーラム, 東北大学, 仙台, 2012.7.10.
158. 沼田泰英, On bijections between phylogenetic trees and perfect matching, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」グレブナー若手集会, 慶應義塾大学, 横浜, 2012.7.14.
159. 西山絢太, ホロミック勾配降下法への誘い, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」グレブナー若手集会, 慶應義塾大学, 横浜, 2012.7.14.
160. 木村杏子, 2 つの面上の錐をとったときの算術階数の変化, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」グレブナー若手集会, 慶應義塾大学, 横浜, 2012.7.15.
161. 渋谷敬史, 1次元の有限 F 表現型の環について, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」グレブナー若手集会, 慶應義塾大学, 横浜, 2012.7.15.
162. 岡崎亮太, Eliahou-Kervaire type resolution and its supporting CW complex, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」グレブナー若手集会, 慶應義塾大学, 横浜, 2012.7.15.
163. 中山洋将, 多項式, 微分作用素の Mora の割り算アルゴリズム, JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」グレブナー若手集会, 慶應義塾大学, 横浜, 2012.7.16.
164. 日比孝之, 統計学とグレブナー基底, 第 57 回代数学シンポジウム, 京都大学数理解析研究所, 京都, 2012.8.20.
165. 大杉英史, トーリックイデアルと統計学, トーリックイデアルに付随する統計モデルの探究, 京都大学数理解析研究所, 京都, 2012.9.12.
166. 竹村彰通, マルコフ基底およびグレーバー基底に関するいくつかの話題, トーリックイデアルに付随する統計モデルの探究, 京都大学数理解析研究所, 京都, 2012.9.14.
167. 青木敏, 一部実施計画に対する MCMC 法とカットイデアルの関係, トーリックイデアルに付随する統計モデルの探究, 京都大学数理解析研究所, 京都, 2012.9.14.
168. 青木敏, 大杉英史, 日比孝之, 2 水準実験に対する MCMC 法と切断イデアル, JST CREST 公開研究集会「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」, 東京大学, 東京, 2013.5.11.
169. 大杉英史, 二次グレブナー基底を持たない二次生成トーリックイデアルの無限系列, JST CREST 公開研究集会「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」, 東京大学, 東京, 2013.5.11.
170. 濱田龍義, 数学とオープンソース, 平成25年度大阪市立大学国際シンポジウム「都市の再創造」, 大阪市立大学, 大阪, 2013.9.19.
171. 竹村彰通, 計算代数統計の最近の展開について, 日本数学会 2014 年度年会企画特別講演, 学習院大学, 東京, 2014.3.15.

② 口頭発表 (国内会議 266 件、国際会議 40 件)

<国際学会>

1. S. Aoki, A. Takemura, Markov bases for configurations arising from balanced incomplete block designs, IMS Asia Pacific Rim Meeting, Seoul, Korea, 2009.6.30.
2. T. Hamada, The toy box of mathematics: KNOPPIX/Math, Computer Algebra and Dynamic

- Geometry Systems in Mathematics Education, RISC, Hagenberg, Austria, 2009.7.13.
3. T. Hamada, The harmony of mathematical software and free documents on KNOPPIX/Math, GeoGebra Conference 2009, RISC, Hagenberg, Austria, 2009.7.15.
4. 野呂正行, Modular Algorithms for Computing a Generating Set of the Syzygy Module, CASC 2009, 神戸大学, 2009.7.16.
5. T. Otsu, Classifying statistically equivalent graphical models by using a logic programming Language, International Meeting of the Psychometric Society (IMPS 2009), St. John's College, Cambridge, UK, 2009.7.22.
6. X. Dou, S. Kuriki, A. Maeno and T. Shiroishi, Influence Analysis in QTL Detection, The 57th Session of the International Statistical Institute, International Convention Centre, Durban, South Africa, 2009.8.21.
7. A. Takeda and M. Sugiyama, Non-convex Optimization of Extended nu-Support Vector Machine, The 20th International Symposium of Mathematical Programming (ISMP2009), Gleacher Center and Chicago Marriott Downtown Magnificent Mile, Chicago, USA, 2009.8.24.
8. S. Kuriki, Tube method (An integral-geometric approach to statistical distribution theory), Geometry, Topology, Algebra and Number Theory, Applications, dedicated to the 120th anniversary of Boris Delone, Steklov Mathematical Institute of RAS, Moscow, Russia, 2010.8.16.
9. T. Hamada, KNOPPIX/Math: Open source desktop environment for mathematics, Mathematical Software, Short Communication, ICM 2010, Hyderabad, India, 2010.8.25.
10. A. Takeda, J. Gotoh and M. Sugiyama, Support Vector Regression as Conditional Value-at-Risk Minimization with Application to Financial Time-series Analysis, 2010 IEEE International Workshop on Machine Learning for Signal Processing (MLSP 2010), Levi Summit Conference and Exhibition Centre, Kittila, Finland, 2010.8.31.
11. 栗木哲, 沼田泰英, On the moment formulas for the noncentral Wishart distribution, The 10th China--Japan Symposium on Statistics, 西南财经大学, 成都, 中国, 2010.10.17.
12. 渋谷敬史, Irreducibility criterion for algebroid curves, The 6th Japan--Vietnam Joint Seminar on Commutative Algebra, IPC 生産性国際交流センター, 神奈川県三浦郡葉山町, 神奈川, 2010.12.13.
13. 木村杏子, On the Betti numbers of edge ideals of chordal graphs, The 6th Japan--Vietnam Joint Seminar on Commutative Algebra, IPC 生産性国際交流センター, 神奈川県三浦郡葉山町, 神奈川, 2010.12.13.
14. T. Ikeda, H. Naruse and Y. Numata, Bumping algorithm for set-valued shifted tableaux, The 23rd International Conference on Formal Power Series and Algebraic Combinatorics (FPSAC 2011), Reykjavik, Iceland, 2011.6.14.
15. H. Nakayama, K. Nishiyama, An algorithm of computing inhomogeneous differential equations for denite integrals, Foundations of Computational Mathematics 2011, Budapest, Hungary, 2011.7.12.
16. S. Okido and A. Takeda, Robust Optimization Model for Installing Photovoltaic System, 19th Triennial Conference of the International Federation of Operational Research Societies (IFORS 2011), Melbourne Convention and Exhibition Centre, Melbourne, Australia, 2011.7.14.
17. A. Takeda and H. Mitsugi, A Unified Classification Model Based on Robust Optimization, 19th Triennial Conference of the International Federation of Operational Research Societies (IFORS 2011), Melbourne Convention and Exhibition Centre, Melbourne, Australia, 2011.7.14.
18. T. Otsu and T. Hashimoto, Comparing test difficulties of NCT English examinations using non-linear factor analysis, The 17th International Meeting of the Psychometric Society (IMPS2011), The Hong Kong Institute of Education, Tai-po, Hong Kong, 2011.7.19.
19. M. Noumi, Padé interpolation and hypergeometric series, Geometry Seminar, University of Sydney, Australia, 2011.8.23.

20. N. Kato and S. Kuriki, Likelihood ratio test for the nonnegative polynomial cone hypotheses and associated confidence bands, the 58th World Statistics Congress of the International Statistical Institute (ISI2011), Dublin, Ireland, 2011.8.24.
21. M. Noumi, Elliptic Schur functions, Integrable Systems Seminar, University of Sydney, Australia, 2011.8.24.
22. Y. Numata, On a system of partial differential equations for hypergeometric functions of matrix argument, Workshop “Integrable Systems Random Matrices, Algebraic Geometry and Geometric Invariants,” Kyoto University, Japan, 2011.10.21.
23. R. Okazaki, Alternative polarization of Borel fixed ideals, Eliahou-Kervaire type resolution, and discrete Morse theory, International School on Computational Commutative Algebra and Algebraic Geometry, Villa Pace, Messina, Italy, 2011.10.29.
24. T. Shibuta, On computation of value-semigroups of irreducible algebroid curves, International School on Computational Commutative Algebra and Algebraic Geometry, Messina, Italy, 2011.10.29.
25. K. Nuida, T. Abe, S. Kaji, T. Maeno and Y. Numata, A mathematical problem for security analysis of hash functions and pseudorandom generators, The 6th International Workshop on Security (IWSEC 2011), Tokyo, Japan, 2011.11.9.
26. T. Shibuta, On local tropical variety, The 7th Japan-Vietnam Joint Seminar on Commutative Algebra, Quy Nhon, Vietnam, 2011.12.12.
27. S. Kuriki, Abstract tube associated with a perturbed polyhedron and multidimensional normal probability calculation, Joint2011, Taipei, Taiwan, 2011.12.16.
28. S. Aoki, Minimal Markov basis for tests of main effects model for 2^{p-1} fractional factorial designs, International Conference on Advances in Probability and Statistics -- Theory and Applications: A Celebration of N. Balakrishnan's 30 years of Contributions to Statistics, Hong Kong SAR, China, 2011.12.31.
29. Y. Numata, On holonomic gradient method for hypergeometric functions of matrix argument, Kazaryan-Lando Sminar at Higher School of Economics, Higher School of Economics, Moscow, Russia, 2012.2.9.
30. A. Takeda, A Unified Classification Model Based on Robust Optimization, INFORMS Optimization Society Conference 2012, Coral Gables, FL, USA, 2012.2.25.
31. T. Hamada, Introduction to the Open Source Mathematical Software Project “MathLibre Live system,” Korea University, Seoul, Korea, 2012.2.27–29.
32. A. Takeda, A Unified Classification Model Based on Robust Optimization, Risk Management and Financial Engineering Lab Seminar, Gainesville, FL, USA, 2012.2.28.
33. T. Hamada, Math software in Japan, DG 10: New Challenges in Developing Dynamic Software for Teaching and Learning Mathematics, ICME-12, COEX, Seoul, Korea, 2012.7.14.
34. H. Ohsugi, Toric ideals and statistics, Forum on Probability, Statistics, Algebra and Combinatorics, Nagoya University, Nagoya, Japan, 2012.7.28.
35. Y. Numata, Enumerative combinatorics of perfect matchings, Forum on Probability, Statistics, Algebra and Combinatorics, Nagoya University, Nagoya, Japan, 2012.7.29.
36. T. Hamada, Pedagogical practice cases of some trajectories with dynamic geometry software, Mathematical software and education, RIMS, Kyoto University, Kyoto, Japan, 2012.8.22.
37. T. Hamada, MathLibre: portable computer environment for mathematics, The 139th Colloquium, Korea National University of Education, Cheongju, Korea, 2012.11.1.
38. T. Hamada, Distributable and variable computer environment for mathematical research and educations, The Asian Mathematical Conference 2013, BEXCO, 釜山, 大韓民國, 2013.7.1.
39. S. Aoki, T. Hibi and H. Ohsugi, Markov chain Monte Carlo methods for the regular two-level fractional factorial designs and cut ideals, “Designs, Codes, Graphs and Related Areas,” RIMS, Kyoto University, Kyoto, Japan, 2013.7.2.
40. T. Hamada, MathLibre: distributable and customizable desktop environment for mathematics, Developments in Computer Algebra Research and Collaboration with Industry 2013, Kyushu University, Fukuoka, Japan, 2013.8.22.

<国内学会>

1. 只木孝太郎, Equivalent characterizations of partial randomness for a recursively enumerable real, 情報理論とその応用シンポジウム(SITA2008), あさやホテル, 栃木県日光市鬼怒川温泉滝 813 番地, 2008.10.7.
2. 只木孝太郎, A statistical mechanical interpretation of algorithmic information theory II: Fixed point theorems on partial randomness, 情報理論とその応用シンポジウム(SITA2008), あさやホテル, 栃木県日光市鬼怒川温泉滝 813 番地, 2008.10.8.
3. 青木敏, regular でない一部実施計画のあるクラスの性質, 日本計算機統計学会シンポジウム, 臨床研究情報センター, 神戸, 2008.11.6.
4. 只木孝太郎, Chaitin's halting probability Ω and halting problems, 数学基礎論若手の会, 国立オリンピック記念青少年総合センター, 東京, 2008.11.29.
5. 只木孝太郎, Equivalent characterizations of partial randomness for a recursively enumerable real, エルゴード理論とその周辺, 日本大学, 東京, 2008.12.1.
6. 濱田龍義, KNOPPIX/Math は数学のおもちゃ箱, オープンソースカンファレンス2008福岡, 福岡大学, 福岡, 2008.12.13.
7. 栗木哲, Distributions of the largest singular values of skew-symmetric random matrices and their applications to paired comparisons, Recent Advances in Statistical Inference --- in Honor of Professor Masafumi Akahira, 筑波大学, つくば, 2008.12.16.
8. 只木孝太郎, A statistical mechanical interpretation of algorithmic information theory: Fixed point theorems on partial randomness, 確率論シンポジウム, 東京工業大学, 東京, 2008.12.17.
9. 武田朗子, Support Vector Machine の汎化能力について, 計算による数理科学の展開, 神戸大学, 神戸, 2009.1.8.
10. 只木孝太郎, ランク攻撃の厳密解析 I, 2009 年暗号と情報セキュリティシンポジウム(SCIS2009), 大津プリンスホテル, 大津, 2009.1.21
11. 辻井重男, 只木孝太郎, 藤田亮, 五太子政史, 金子敏信, 多変数公開鍵暗号の2層式非線形持駒方式による安全性向上, 2009 年暗号と情報セキュリティシンポジウム(SCIS2009), 大津プリンスホテル, 大津, 2009.1.21.
12. 只木孝太郎, An Exact Analysis of Rank Attacks, Scope Workshop on Post Quantum Cryptography in Tokyo, Workshop on Recent Developments of Multivariate Public Key Cryptosystems, 中央大学後楽園キャンパス, 東京, 2009.2.19.
13. 濱田龍義, KNOPPIX/Math は数学のおもちゃ箱, オープンソースカンファレンス2009 大分, ソフトパーク第2ソフィアプラザビル, 大分, 2009.3.13.
14. 谷本龍二, 多項式環における三角微分の lfhd への拡張について, アフィン代数幾何学研究集会, 関西学院大学梅田キャンパス, 大阪, 2009.3.16.
15. 武田朗子, 機械学習で使われる最適化手法の紹介, 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会, 筑波大学, つくば, 2009.3.18.
16. 只木孝太郎, Chaitin Ω numbers and halting problems, 日本数学会 2009 年度年会, 東京大学駒場キャンパス, 東京都目黒区, 2009.3.26.
17. 谷本龍二, 擬鏡映群による不変式環の多項式性について, 日本数学会 2009 年度年会, 東京大学駒場キャンパス, 東京, 2009.3.29.
18. 大杉英史, Unmixed bipartite graphs and sublattices of the Boolean lattices, 日本数学会 2009 年度年会, 東京大学駒場キャンパス, 東京, 2009.3.29.
19. 洪田敬史, Some examples of rings with finite F-representation type, 特異点論月曜セミナー, 日本大学, 2009.4.13.
20. 濱田龍義, KNOPPIX/Math は数学のおもちゃ箱, オープンソースカンファレンス 2009 島根, 松江テルサ, 島根, 2009.5.16.
21. 鍋島克輔, 中村弥生, 田島慎一, 零次元代数的局所コホモロジーを用いた標準基底・グレブナー基底・メンバーシップ問題の実装, 第18回日本数式処理学会大会, 龍谷大学, 京都, 2009.6.12.
22. 濱田龍義, KNOPPIX/Math/2009 上の全文検索システムについて, 日本数式処理学会第18回大会,

- 龍谷大学, 滋賀, 2009.6.13.
23. 青木敏, ある種のロバストな 2 水準計画の設計について, 第 65 回テクノメトリクス研究会, 日科技連本部, 東京, 2009.6.20.
 24. 辻井重男, 只木孝太郎, 五太子政史, 藤田亮, 笠原正雄, 統合型多変数公開鍵暗号 PPS 方式の提案～PMI 方式及び 2 層式持駒方式によって強化された STS 方式～, 電子情報通信学会, 情報セキュリティ研究会, 秋田大学, 2009.7.3.
 25. 只木孝太郎, A statistical mechanical interpretation of algorithmic information theory, Mathematical Aspects of Generalized Entropies and their Applications, Kyoto RIMS Workshop, Kyoto, Japan, 2009.7.8.
 26. 大津起夫, 制約論理プログラミングによる条件付き離散分布の導出, 日本行動計量学会第 37 回大会, 大分大学医学部, 大分, 2009.8.6.
 27. 洪田敬史, Frobenius splitting and Koszul algebra, 第 6 回可換環論サマースクール, 立教大学, 2009.8.26.
 28. 濱田龍義, 大学初年級における GeoGebra の教育利用, 数式処理と教育, 京都大学数理解析研究所, 京都, 2009.8.26.
 29. 沼田泰英, On an edge-signed generalization of chordal graphs and free multiplicities on braid arrangements, 表現論と組合せ論, 北海道大学, 2009.8.27.
 30. 清智也, 青木敏, 竹村彰通, 多元分割表階層モデルに対する不変群の導出, 統計関連学会連合大会, 同志社大学, 2009.9.7.
 31. 青木敏, ロバストな non-regular design の設計, 統計関連学会連合大会, 同志社大学, 2009.9.7.
 32. 青木敏, 竹村彰通, Affinely full-dimensional factorial design の性質, 統計関連学会連合大会, 同志社大学, 2009.9.7.
 33. 原尚幸, 竹村彰通, ロジスティック回帰モデルの正確検定とマルコフ基底, 統計関連学会連合大会, 同志社大学, 2009.9.8.
 34. 栗木哲, 沼田泰英, 非心ウィシャート分布のモーメントのグラフ表現とその応用, 統計関連学会連合大会, 同志社大学, 2009.9.8.
 35. 青木敏, 宮川雅巳, 2値入出力系に対する多因子要因効果の検定, 品質工学(タグチメソッド)の理論と応用に関する学術的研究, 成蹊大学, 2009.9.19.
 36. 沼田泰英, Differential poset における Robinson 対応について, 第 2 回シューベルト・カルキュラスとその周辺, 倉敷シーサイドホテル, 倉敷, 2009.9.21.
 37. 只木孝太郎, Statistical mechanical interpretation of algorithmic information theory: composite systems and fixed points, 日本数学会 2009 年度秋季総合分科会, 大阪大学, 大阪, 2009.9.24.
 38. 中山洋将, 高山信毅, Fano 多面体に付随する積分の満たす超幾何微分方程式系の計算, 日本数学会 2009 年度秋期総合分科会, 大阪大学, 大阪, 2009.9.24.
 39. 西山絢太, 高山信毅, 不完全 A-超幾何系, 日本数学会 2009 年度秋季総合分科会, 大阪大学, 大阪, 2009.9.24.
 40. 濱田龍義, KNOPPIX/Math は数学のおもちゃ箱, オープンソースカンファレンス 2009 沖縄, 沖縄コンベンションセンター, 沖縄, 2009.9.26.
 41. 木村杏子, 寺井直樹, 吉田健一, イデアルが節減となるための十分条件について, 日本数学会 2009 年度秋季総合分科会, 大阪大学, 大阪, 2009.9.27.
 42. 大杉英史, 日比孝之, Normality of toric rings arising from nested configurations, 日本数学会 2009 年度秋季総合分科会, 大阪大学, 大阪, 2009.9.27.
 43. 大杉英史, 日比孝之, Gröbner bases of nested configurations II, 日本数学会 2009 年度秋季総合分科会, 大阪大学, 大阪, 2009.9.27.
 44. 原尚幸, 清智也, 竹村彰通, Hierarchical subspace models for contingency tables, 日本数学会 2009 年度秋季総合分科会, 大阪大学, 大阪, 2009.9.27.
 45. 洪田敬史, 制限イデアルのグレブナー基底, 日本数学会 2009 年度秋季総合分科会, 大阪大学, 大阪, 2009.9.27.

46. 鍋島克輔, PGB:A package for computing parametric polynomial systems, 第2回日本数式処理学会システム分科会, 丸亀市民会館, 丸亀, 2009.10.5.
47. 濱田龍義, KNOPPIX/Math/2010 にむけて, 数式処理学会第2回システム分科会, 丸亀市民会館, 香川, 2009.10.5.
48. 栗木哲, 沼田泰英, 非心ウィシャート分布のモーメントのグラフ表現とその応用, 統計科学の数理と応用, 岡山国際交流センター, 岡山, 2009.10.7.
49. 渋谷敬史, One-dimensional rings of finite F-representation type, 明治大学可換環論セミナー, 明治大学生田キャンパス, 神奈川県, 2009.10.24.
50. 濱田龍義, Lie hypersurfaces in the complex hyperbolic space, 部分多様体幾何学とリー群論, 大阪市立大学, 大阪, 2009.10.30.
51. 鍋島克輔, 中村弥生, 田島慎一, パラメータ付き零次元代数的局所コホモロジーを用いたパラメトリック・スタンダード基底計算, Computer Algebra --- Design of Algorithms, Implementations and Applications, 京都大学数理解析研究所, 京都, 2009.11.4.
52. 辻井重男, 五太子政史, 只木孝太郎, 多変数公開鍵暗号 STS による署名方式の提案, 電子情報通信学会 情報セキュリティ研究会 (ISEC), 岐阜大学, 岐阜, 2009.11.13.
53. 五太子政史, 只木孝太郎, 藤田亮, 辻井重男, 双擾乱松本今井署名の提案 ~新しい修飾方式2案~, 電子情報通信学会, 情報セキュリティ研究会 (ISEC), 岐阜大学, 岐阜, 2009.11.13.
54. 濱田龍義, 数学のおもちゃ箱 KNOPPIX/Math, オープンソースカンファレンス 2009 高知, 高知市文化プラザかるぽーと, 高知, 2009.11.14.
55. 木村杏子, Arithmetical rank of Cohen-Macaulay squarefree monomial ideals of height two, 第31回可換環論シンポジウム, ホテルアウイーナ大阪, 大阪, 2009.11.24.
56. 渋谷敬史, Gröbner bases of contraction ideals, 第31回可換環論シンポジウム, ホテルアウイーナ大阪, 大阪, 2009.11.25.
57. 大杉英史, The toric ring and the toric ideal arising from a nested configuration, 第31回可換環論シンポジウム, ホテルアウイーナ大阪, 大阪, 2009.11.25.
58. 只木孝太郎, 講演1: Chaitin Ω numbers and halting problems, 講演2: A statistical mechanical interpretation of algorithmic information theory III (Composite systems and fixed points), 講演3: The Hausdorff dimension of the halting self-similar sets of T-universal prefix-free machines, The 32nd Symposium on Information Theory and its Applications (SITA2009), Yuda-Onsen, Yamaguchi, Japan, 2009.12.2.
59. 只木孝太郎, 辻井重男, Key-generation algorithms for Piece In Hand matrix methods, The 32nd Symposium on Information Theory and its Applications (SITA2009), Yuda-Onsen, Yamaguchi, Japan, 2009.12.2.
60. 濱田龍義, KNOPPIX/Mathは数学のおもちゃ箱, オープンソースカンファレンス2009 福岡, 九州産業大学, 福岡, 2009.12.5.
61. 只木孝太郎, Separating notions of partial randomness for thermodynamic quantities in algorithmic information theory, 2009 年度確率論シンポジウム, 愛媛大学総合情報メディアセンター, 2009.12.16.
62. 沼田泰英, Wishart 分布のモーメントとマッチングの数え上げについて, 組合せ数学セミナー (COMA ゼミ), 東京大学駒場キャンパス, 東京, 2010.1.20.
63. 只木孝太郎, 辻井重男, On the specification of linear Piece In Hand matrix method, 2010 年暗号と情報セキュリティシンポジウム (SCIS2010), 高松, 香川, 2010.1.21.
64. 辻井重男, 五太子政史, 只木孝太郎, 藤田亮, 多変数公開鍵暗号 STS による署名方式の提案 (第2報), 強化型 STS 署名方式の一般型, 2010 年暗号と情報セキュリティシンポジウム (SCIS2010), 高松, 香川, 2010.1.21.
65. 濱田龍義, 数学ソフトウェア実行環境の将来について, 数式処理学会第3回システム分科会, 福岡大学, 福岡, 2010.1.22.
66. 渋谷敬史, One-dimensional rings of finite F-representation type, 代数幾何学セミナー, 九州大学, 2010.1.26.

67. 只木孝太郎, Chaitin Ω numbers and halting problems II, 2009 年度冬の LA シンポジウム, 京都大学大学院理学研究科, 京都, 2010.2.3.
68. 木村杏子, 高さ 2 の Cohen-Macaulay squarefree monomial ideal の算術階数について, 第 22 回可換環論セミナー, 松本市中央公民館 (M ウイング), 松本, 2010.2.3.
69. 木村杏子, Arithmetical rank of squarefree monomial ideals of height two whose quotient rings are Cohen-Macaulay, 代数と言語のアルゴリズムと計算理論, 京都大学数理解析研究所, 京都, 2010.2.18.
70. 只木孝太郎, A new representation of Chaitin Ω numbers, ゲーム論的確率論と関連分野に関するワークショップ, 東京大学工学部, 東京, 2010.3.1.
71. 中山洋将, 西山絢太, 講演1: 多項式環におけるグレブナ基底, 講演2: 微分作用素環におけるグレブナ基底, 講演3: D-加群における積分アルゴリズム, 研究集会「Association scheme と数式処理」, 東京大学, 2010.3.11-13.
72. 西山絢太, 中山洋将, nk_restriction パッケージの新機能について --制限, 積分イデアルの非斉次部分の計算--, Risa/Asir Conference 2010, 神戸大学, 神戸, 2010.3.17.
73. 濱田龍義, KNOPPIX/Math/2010, Risa/Asir Conference 2010, 神戸大学滝川学術記念学術交流会館, 神戸, 2010.3.18.
74. 大杉英史, 日比孝之, 分割表に付随するトーリック環の very ample 性, 日本数学会 2010 年度年会, 慶應義塾大学, 横浜, 2010.3.24.
75. 鍋島克輔, 中村弥生, 田島慎一, 代数的局所コホモロジーを利用したパラメータ付スタンダード基底計算について, 日本数学会 2010 年度年会, 慶應義塾大学, 横浜, 2010.3.24.
76. 木村杏子, 商環が Cohen-Macaulay である高さ 2 の単項式イデアルの算術階数, 日本数学会 2010 年度年会, 慶應義塾大学, 横浜, 2010.3.24.
77. 日比孝之, 木村杏子, 村井聡, 弦グラフのエッジイデアルのベッチ列と単体的複体の f 列について, 日本数学会 2010 年度年会, 慶應義塾大学, 横浜, 2010.3.24.
78. 中山洋将, 西山絢太, 積分の満たす非斉次微分方程式系を与えるアルゴリズム, 日本数学会 2010 年度年会, 慶應義塾大学, 横浜, 2010.3.24.
79. 渋谷敬史, Veronese 部分環の定義イデアルのグレブナー基底について, 日本数学会 2010 年度年会, 慶應義塾大学, 横浜, 2010.3.25.
80. 池田岳, 成瀬弘, 沼田泰英, Schur Q -関数の K -理論的類似とその Pieri 型公式, 日本数学会 2010 年度年会, 慶應義塾大学, 横浜, 2010.3.27.
81. 青木敏, 大津起夫, 竹村彰通, 沼田泰英, 大学入試センター試験科目選択データの統計解析, 応用統計学会 2010 年度年会, 統計数理研究所, 2010.5.20.
82. 渋谷敬史, Tropism と algebroid curve の既約性, 明治大学可換環論セミナー, 明治大学, 2010.5.22.
83. 濱田龍義, KNOPPIX/Math は数学のおもちゃ箱, オープンソースカンファレンス 2010 仙台, 東北電子専門学校, 仙台, 2010.5.22.
84. 沼田泰英, 非心ウィシャート分布のモーメントと α -Hafnian について, 北海道大学表現論セミナー, 北海道大学, 札幌, 2010.5.27.
85. 沼田泰英, Determinant の analogue と Wishart 分布のモーメントについて, 稚内数学・数理科学セミナー, 稚内北星学園大学, 稚内, 2010.5.29.
86. 野呂正行, A new algorithm for computing primary decomposition of polynomial ideals, 第 19 回日本数式処理学会大会, 名古屋大学, 名古屋, 2010.6.11.
87. 濱田龍義, KNOPPIX/Math のタベ, 数学勉強会@札幌, 札幌エルプラザ, 札幌, 2010.6.25.
88. 濱田龍義, KNOPPIX/Math は数学のおもちゃ箱, オープンソースカンファレンス 2010 北海道, 札幌市産業振興センター, 札幌, 2010.6.26.
89. 濱田龍義, USB 起動 KNOPPIX/Math/2010 について, 数式処理研究の新たな発展, 京都大学数理解析研究所, 京都, 2010.7.8.
90. 中山洋将, 西山絢太, 積分の満たす非斉次微分方程式系を与えるアルゴリズム, 数式処理研究の新たな発展, 数理解析研究所, 京都, 2010.7.8.

91. 濱田龍義, KNOPPIX/Math は数学のおもちゃ箱, オープンソースカンファレンス 2010 京都, 京都コンピュータ学院京都駅前校, 京都, 2010.7.10
92. 只木孝太郎, A new representation of Chaitin Ω number based on compressible strings, 夏のLA シンポジウム, 九殿浜温泉ひみのはな, 氷見市, 2010.7.22.
93. 渋谷敬史, Applications and properties of Cox rings, factoriality of Cox rings, 第7回可換環論サマースクール, 立教大学, 東京, 2010.8.26.
94. 大津起夫, 橋本貴充, 非線形因子分析による入学試験問題の難易度比較, 日本テスト学会, 多摩大学, 多摩, 2010.8.31.
95. 紙屋英彦, 竹村彰通, 寺尾宏明, Ranking patterns of unfolding models of codimension one, 統計関連連合学会, 早稲田大学, 2010.9.5--8.
96. 原尚幸, 竹村彰通, マルコフ連鎖の homogeneity の正確検定について, 統計関連連合学会, 早稲田大学, 2010.9.5.
97. 栗木哲, 沼田泰英, ウィンシャート分布のモーメント公式と多変量非心ガンマ分布の無限分解可能性, 統計関連学会連合大会, 早稲田大学, 2010.9.7.
98. 加藤直広, 栗木哲, 正多項式錐の構造と多項式回帰モデルにおける優越性の検定, 統計関連学会連合大会, 早稲田大学, 2010.9.8.
99. 濱田龍義, KNOPPIX/Math は数学のおもちゃ箱, オープンソースカンファレンス 2010 東京, 明星大学, 東京, 2010.9.10.
100. 沼田泰英, 1 の巾根での Macdonald 多項式の分解公式の組合せ論的証明について, BC 系と AGT 予想の周辺, 東京大学, 2010.9.12.
101. 木村杏子, 弦グラフのエッジイデアルの射影次元の特徴付け, 日本数学会 2010 年度秋季総合分科会, 名古屋大学, 名古屋, 2010.9.23.
102. 栗木哲, 沼田泰英, マッチングの重みつき母関数と Wishart 分布のモーメントについて, 日本数学会 2010 年度秋季総合分科会, 名古屋大学, 名古屋, 2010.9.23.
103. 栗木哲, 沼田泰英, On moments of the noncentral Wishart distributions and weighted generating functions of matchings, 組合せ論的表現論とその応用, 京都大学数理解析研究所, 京都, 2010.10.21.
104. 竹村彰通, 有限集合の部分集合族上の確率分布とマルコフ連鎖, 官庁統計データの公開における諸問題の研究と他分野への応用, 統計数理研究所, 立川, 2010.10.29.
105. 栗木哲, 沼田泰英, 非心 Wishart 分布のモーメントと α -determinant, α -Hafnian について, 表現論シンポジウム 2010, おおとり荘, 静岡県伊豆の国市, 伊豆, 2010.11.9.
106. 只木孝太郎, Properties of optimal prefix-free machines as instantaneous codes, Information Theory and its Applications (SITA2010), Matsushiro, Nagano, Japan, 2010.12.1.
107. 只木孝太郎, Robustness of statistical mechanical interpretation of algorithmic information theory, Information Theory and its Applications (SITA2010), Matsushiro, Nagano, Japan, 2010.12.1.
108. 只木孝太郎, Phase transition between one-wayness and two-wayness, Information Theory and its Applications (SITA2010), Matsushiro, Nagano, Japan, 2010.12.1.
109. 只木孝太郎, A new representation of Chaitin Ω number based on compressible strings, Information Theory and its Applications (SITA2010), Matsushiro, Nagano, Japan, 2010.12.1.
110. 中山洋将, 西山絢太, 積分の満たす非斉次微分方程式系を与えるアルゴリズム, CA-ALIAS'10, 京都大学数理解析研究所, 京都, 2010.12.2.
111. 渋谷敬史, An algorithm for deciding the primeness of one-dimensional ideals of formal power series rings, Computer Algebra (Design of Algorithms, Implementations and Applications), 京都大学数理解析研究所, 京都, 2010.12.2.
112. 木村杏子, 講演1: 単項式イデアルの算術階数と Schmitt-Vogel の補題, 講演2: 行列式を用いた算術階数の研究, 第8回静岡代数学セミナー, 静岡大学, 2010.12.3--4.
113. 濱田龍義, KNOPPIX/Math は数学のおもちゃ箱, オープンソースカンファレンス 2010 福岡, 福岡工業大学, 福岡, 2010.12.11.

114. 只木孝太郎, Phase transition between one-wayness and two-wayness, 平成 22 年度確率論シンポジウム, 京都大学数理解析研究所, 京都, 2010.12.22.
115. 渋田敬史, 乗法イデアルの計算アルゴリズム, 平成 22 年度多変数関数論冬セミナー, 京都大学, 京都, 2010.12.24.
116. 西山絢太, 不完全 $\Delta_1 \times \Delta_{\{n-1\}}$ 超幾何系, 超幾何方程式研究会 2011, 神戸大学, 神戸, 2011.1.6.
117. 木村杏子, 弦グラフのエッジイデアルのベッチ数について, 第 23 回可換環論セミナー, 山口県総合保険会館, 山口, 2011.2.1.
118. 青木敏, Gröbner bases theory in designed experiments, The 6th Kagoshima Algebra-Analysis-Geometry Seminar, 鹿児島大学, 鹿児島, 2011.2.14.
119. 日比孝之, 東谷章弘, 木村杏子, Augustine B. O'Keefe, On the depth of edge rings, 代数と言語のアルゴリズムと計算理論, 京都大学数理解析研究所, 京都, 2011.2.22.
120. 東谷章弘, 木村杏子, 有限グラフに付随するエッジ環およびそのトーリックイデアルのイニシャルイデアルの深度, 第 16 回代数学若手研究会, 筑波大学, つくば, 2011.3.8.
121. 木村杏子, エッジイデアルのベッチ数の非消滅性について, 第 16 回代数学若手研究会, 筑波大学, つくば, 2011.3.8.
122. 西山絢太, 不完全 $\Delta_1 \times \Delta_{\{n-1\}}$ 超幾何系, 日本数学会 2011 年度年会, 早稲田大学, 東京, 2011.3.20.
123. 只木孝太郎, Phase transition between one-wayness and two-wayness, 日本数学会 2011 年度年会, 早稲田大学, 東京, 2011.3.20--3.23.
124. 東谷章弘, 日比孝之, 木村杏子, Augustine B. O'Keefe, 有限グラフに付随するエッジ環の深度, 日本数学会 2011 年度年会, 早稲田大学, 東京, 2011.3.22.
125. 東谷章弘, 日比孝之, 木村杏子, Augustine B. O'Keefe, 有限グラフに付随する正規エッジ環のトーリックイデアルのイニシャルイデアルの深度, 日本数学会 2011 年度年会, 早稲田大学, 東京, 2011.3.22.
126. 野呂正行, Risa/Asir 2010-2011 (新しい準素分解アルゴリズムとその実装について), Risa/Asir Conference 2011, 第 3 回六甲博多計算代数会議, 神戸大学, 神戸, 2011.3.22.
127. 高山信毅, Holonomic Gradient Descent and its Application to the Fisher-Bingham Integral, Risa/Asir Conference 2011, 第 3 回六甲博多計算代数会議, 神戸大学, 神戸, 2011.3.22.
128. 濱田龍義, KNOPPIX/Math 2011 について, Risa/Asir Conference 2011, 第 3 回六甲博多計算代数会議, 神戸大学, 神戸, 2011.3.22.
129. 中山洋将, Asir から 4ti2, gfan を使うプログラム asir_4ti2.rr, asir_gfan.rr の紹介, Risa/Asir Conference 2011, 第 3 回六甲博多計算代数会議, 神戸大学, 神戸, 2011.3.23.
130. 濱田龍義, KNOPPIX/Math は数学のおもちゃ箱, オープンソースカンファレンス 2011 関西/神戸, 神戸市産業振興センター, 神戸, 2011.4.16.
131. 渋田敬史, Algorithms for computing value semigroups of irreducible analytic curves, 特異点論月曜セミナー, 日本大学, 2011.5.16.
132. 濱田龍義, Live Linux のすすめ ~数学ソフトウェアいろいろ~, オープンソースカンファレンス 2011 仙台, 東北電子専門学校, 仙台, 2011.5.21.
133. 小川光紀, 原尚幸, 竹村彰通, 無向グラフに対する Graver 基底とそのランダムグラフの検定への応用, 応用統計学会 2011 年度年会, 大阪大学, 大阪, 2011.6.4.
134. 渋田敬史, 解析的既約曲線に付随する半群の計算アルゴリズム, RIMS 共同研究「数式処理研究の新たな発展」, 京都大学数理解析研究所, 京都, 2011.7.6.
135. 中山洋将, 近似零化イデアルと積分アルゴリズム, RIMS 共同研究「数式処理研究の新たな発展」, 京都大学数理解析研究所, 京都, 2011.7.6.
136. 中山洋将, D 加群の積分アルゴリズムと近似零化イデアル, RIMS 共同研究「数式処理研究の新たな発展」, 数理解析研究所, 京都, 2011.7.6.
137. 濱田龍義, KNOPPIX/Math 2011 について, RIMS 共同研究「数式処理研究の新たな発展」, 京都大学数理解析研究所, 京都, 2011.7.8.
138. 栗木哲, 空間疫学の p 値計算のための逐次計算, 「数理統計学の新たな展開」, 科学研究費「計算代数

- 手法に基づく数理統計学の展開」基盤研究 (A) 22240029(研究代表者:竹村彰通)による研究集会, つくば, 2011.7.8.
139. 大杉英史, Centrally symmetric configurations of integer matrices, 数理統計学の新たな展開, つくば国際会議場, 茨城, 2011.7.9.
 140. 渋谷敬史, An algorithm for computing the value-semigroup of an irreducible algebroid curve, 明治大学可換環論セミナー, 明治大学, 2011.7.23.
 141. 沼田泰英, 半順序集合の Sperner 性について, 稚内数学・数理科学セミナー, 稚内北星学園大学, 2011.7.30.
 142. 渋谷敬史, An algorithm for computing the value-semigroup of an irreducible algebroid curve, 九州大学代数幾何セミナー, 九州大学, 福岡, 2011.8.1.
 143. 渋谷敬史, 解析的既約曲線に付随する半群の計算アルゴリズム, 研究集会「計算機代数システムの進展」, 九州大学, 福岡, 2011.8.30.
 144. 小川光紀, 原尚幸, 竹村彰通, 無向グラフに対するマルコフ基底の構造とその応用, 統計関連学会連合大会, 九州大学, 福岡, 2011.9.5.
 145. 青木敏, “実験計画法とグレブナー基底”, 2011 年度統計関連学会連合大会(一般講演), 九州大学, 2011.9.5.
 146. 濱田龍義, 数理科学特講 I, 現代数学特講 II, 大阪教育大学集中講義, 大阪教育大学, 柏原, 2011.9.5--9.
 147. 田中研太郎, 柏村拓哉, 清智也, 竹村彰通, 条件付き独立性の代数的表現における諸性質について, 統計関連学会連合大会, 九州大学, 福岡, 2011.9.6.
 148. 濱田龍義, KNOPPIX/Math/2011dojo について, 日本数式処理学会, 神戸大学, 神戸, 2011.9.10.
 149. 濱田龍義, 幾何学特論 III, 数理構造特論 II, 島根大学集中講義, 島根大学, 松江, 2011.9.12—16.
 150. 只木孝太郎, Robustness of statistical mechanical interpretation of algorithmic information theory, 2011 年 証明論と計算論研究集会, 首都大学東京 国際交流会館, 東京, 2011.9.12.
 151. 大津起夫, 条件付き尤度による層別多重分割表の分析, 日本行動計量学会, 岡山理科大学, 岡山, 2011.9.13.
 152. 岡崎亮太, 柳川浩二, Alternative polarizations of Borel fixed ideals, and Eliahou-Kervaire type resolution, 第 44 回環論及び表現論シンポジウム, 2011.9.27.
 153. 大杉英史, 日比孝之, Centrally symmetric configurations of integer matrices, 日本数学会 2011 年度秋季総合分科会, 信州大学, 松本, 2011.9.28.
 154. 岡崎亮太, On Stanley depth of monomial ideals, 日本数学会 2011 年度秋季総合分科会, 信州大学, 松本, 2011.9.28.
 155. 只木孝太郎, Phase transition between one-wayness and two-wayness, 日本数学会 2011 年度秋季総合分科会, 信州大学理学部, 松本, 2011.9.29.
 156. 沼田泰英, Matroid から決まるある 0 次元 Gorenstein 環について, 組合せ論サマースクール 2011(COS11), ホテル瑞鳳, 仙台, 2011.10.5.
 157. 岡崎亮太, Stanley 予想と Partitionability 予想, 組合せ論サマースクール 2011(COS11), ホテル瑞鳳, ホテル瑞鳳, 仙台, 2011.10.5.
 158. 武田朗子, 数理最適化の視点から機械学習へのアプローチ, 最適化理論の産業・諸科学への応用, 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所, 福岡, 2011.10.13.
 159. 青木敏, 大津起夫, 竹村彰通, 沼田泰英, “大学入試センター試験科目選択データの統計解析”, 応用統計学会・大学入試センター「学力試験データの統計解析」特集号ワークショップ, 成蹊大学, 東京, 2011.10.15.
 160. 縫田光司, 阿部拓郎, 鍛冶静雄, 沼田泰英, 前野俊昭, パラメータ固定ハッシュ関数の理論的安全性評価に関する一考察— 関数の近似可能性の観点から —, コンピュータセキュリティシンポジウム 2011(CSS2011), 朱鷺メッセ:新潟コンベンションセンター, 新潟, 2011.10.20.
 161. 竹村彰通, 有限集合の部分集合族上の確率分布とマルコフ連鎖について, 官庁統計データの公開における諸問題の研究と他分野への応用, 統計数理研究所, 東京, 2011.10.20.
 162. 木村杏子, 寺井直樹, 吉田健一, Licci monomial ideals, 第 33 回可換環論シンポジウム, 浜名湖カリ

- アック, 浜松, 2011.11.7.
163. 渋田敬史, An algorithm for computing the value-semigroup of an irreducible algebroid curve, 第 33 回可換環論シンポジウム, 浜名湖カリアック, 浜松, 2011.11.9.
 164. 岡崎亮太, 柳川浩二, Alternative polarizations of Borel fixed ideals, and Eliahou-Kervaire type resolution, 第 33 回可換環論シンポジウム, 浜名湖カリアック, 浜松, 2011.11.10.
 165. 野海正俊, 超幾何関数の楕円化とその周辺, 第 10 回岡シンポジウム, 奈良女子大学, 奈良, 2011.12.4.
 166. 中山洋将, 和の満たす非斉次差分方程式系を与えるアルゴリズム, RIMS 研究集会 “Computer Algebra”, 数理解析研究所, 京都, 2011.12.9.
 167. 武田朗子, 数理解析最適化による代数方程式系解法的高速化, 慶應義塾大学理工学部 12 月統合数理解析研究会, 慶應義塾大学理工学部, 横浜, 2011.12.16.
 168. 只木孝太郎, 情報理論における情報源符号化の統計力学的解釈, 基礎物理学研究所研究会「物理と情報の階層構造 ---情報を接点とした諸階層の制御と創発---», 京都大学 基礎物理学研究所 湯川記念館, 京都, 2012.1.5.
 169. 濱田龍義, 数学オープンソースソフトウェアの世界と KNOPPIX/Math, 大阪市立大学数学科談話会, 大阪市立大学理学部, 大阪, 2012.1.9.
 170. 濱田龍義, 動的数学ソフトウェア GeoGebra 入門, 平成 23 年度大阪市立大学数学科・数物系特別講義, 大阪市立大学理学部, 大阪, 2012.1.10.
 171. 青木敏, 大杉英史, 柴田和樹, 日比孝之, “中心対称配置に関連する統計モデルと MCMC”, 科研費研究集会, つくば国際会議場, つくば, 2012.1.20.
 172. 栗木哲, 摂動多面体のアブストラクトチューブと多次元正規確率計算, 「数理統計学と代数統計の新たな展開」, 科学研究費「計算代数手法に基づく数理統計学の展開」基盤研究 (A) 22240029(研究代表者: 竹村彰通)による研究集会, つくば, 2012.1.20.
 173. 濱田龍義, 動的数学ソフトウェア GeoGebra の最新機能, 日本数式処理学会基礎理論分科会システム分科会合同研究会, 仙台青葉カルチャーセンター, 仙台, 2012.1.21.
 174. 竹村彰通, ウィンシャート分布に現れる行列変数の超幾何関数に対するホロノミック勾配法, 科学研究費研究集会「数理統計学と代数統計の新たな展開」, つくば国際会議場エポカルつくば, 茨城, 2012.1.21.
 175. 木村杏子, 寺井直樹, 木のエッジイデアルの算術階数, 第 24 回可換環論セミナー, 霧島市市民サービスセンター, 霧島, 2012.1.31.
 176. 木村杏子, 与えられた次元と深度を持つエッジ環の構成, 第 24 回可換環論セミナー, 霧島市市民サービスセンター, 霧島, 2012.1.31.
 177. 日比孝之, グレブナー基底の伊呂波, 第 2 回 JST CREST グレブナー神戸スクール, 神戸大学理学部, 神戸, 2012.2.20.
 178. 濱田龍義, 数学ソフトウェア受身稽古, 第 2 回 JST CREST グレブナー神戸スクール, 神戸大学理学部, 神戸, 2012.2.21.
 179. 野呂正行, グレブナー基底の計算法, 第 2 回 JST CREST グレブナー神戸スクール, 神戸大学理学部, 神戸, 2012.2.21.
 180. 青木敏, 竹村彰通, “マルコフ基底と実験計画法”, 第 2 回 JST CREST グレブナー神戸スクール, 神戸大学理学部, 神戸, 2012.2.22.
 181. 中山洋将, 西山絢太, 演習: マルコフ基底と実験計画法, 演習: 凸多面体とグレブナー基底, 演習: 微分作用素環のグレブナー基底とその応用, 第 2 回 JST CREST グレブナー神戸スクール, 神戸大学理学部, 神戸, 2012.2.22—24.
 182. 大杉英史, 凸多面体とグレブナー基底, 第 2 回 JST CREST グレブナー神戸スクール, 神戸大学理学部, 神戸, 2012.2.23.
 183. 高山信毅, 微分作用素環のグレブナー基底とその応用, 第 2 回 JST CREST グレブナー神戸スクール, 神戸大学理学部, 神戸, 2012.2.24.
 184. 沼田泰英, Matroid から決まるある 0 次元 Gorenstein 環について, 第 17 回代数学若手研究会, 静岡大学理学部, 静岡, 2012.3.3.
 185. 岡崎亮太, Alternative polarization, Eliahou-Kervaire type resolution, and discrete Morse theory, 第 17 回代数学若手研究会, 静岡大学理学部, 静岡, 2012.3.3.

186. 上原早霧, 赤坂拓哉, 小川光紀, 竹村彰通, 沼田泰英, 茂木隼, MCMC 法に基づく球種の選択の考察, スポーツと統計科学の融合シンポジウム I 第 1 回スポーツデータ解析コンペティション報告会, 統計数理研究所, 立川, 2012.3.5.
187. 沼田泰英, Sperner property and finite-dimensional Gorenstein algebras associated to matroids I, 第 11 回可換環論と競映群の表現論研究集会(渡辺純三先生定年記念研究集会), 東海大学理学部, 平塚, 2012.3.7.
188. 濱田龍義, 動的数学ソフトウェア GeoGebra のすすめ, オープンソースカンファレンス 2012 Ehime, 愛媛大学総合情報メディアセンター, 松山, 2012.3.24.
189. 濱田龍義, 動的数学ソフトウェア GeoGebra について, 数学ソフトウェアとフリードキュメント XIV, 東京理科大学, 東京, 2012.3.25.
190. 只木孝太郎, 暗号理論におけるランダムオラクルのランダム実数による具現化, 日本数学会 2012 年度年会, 東京理科大学神楽坂キャンパス, 東京, 2012.3.26.
191. 大杉英史, 日比孝之, Toric ideals of finite graphs and adjacent 2-minors, 日本数学会 2012 年度年会, 東京理科大学, 東京, 2012.3.27.
192. 柴田和樹, 大杉英史, Smooth Fano polytopes whose Ehrhart polynomial has a root with large real part, 日本数学会 2012 年度年会, 東京理科大学, 東京, 2012.3.27.
193. 濱田龍義, Sage Days 韓国訪問記, Sage Days 39, 九州大学, 福岡, 2012.5.26.
194. 渋田敬史, 有限 F 表現型の環について, 第 11 回大和郡山セミナー, 奈良工業高等専門学校, 大和郡山, 2012.5.26.
195. 竹村彰通, 高山信毅, 沼田泰英, 橋口博樹, ウィンシャート分布に現れる行列変数の超幾何関数に対するホロノミック勾配法, 統計学とグレブナー基底, 東京大学, 東京, 2012.6.1.
196. 西山絢太, 小山民雄, 中山洋将, 高山信毅, Fisher-Bingham 微分方程式系のホロノミックランク, 統計学とグレブナー基底, 東京大学, 東京, 2012.6.1.
197. 中山洋将, 小山民雄, 西山絢太, 高山信毅, n次元 Fisher-Bingham 分布の最尤推定, 統計学とグレブナー基底, 東京大学, 2012.6.1.
198. 濱田龍義, KNOPPIX/Math から MathLibre へ, 第 21 回日本数式処理学会大会, 山口大学, 山口, 2012.6.8.
199. 沼田泰英, Matroid から決まるある 0 次元 Gorenstein 環について, 組合せ数学セミナー, 東京大学, 東京, 2012.6.22.
200. 濱田龍義, 数学ソフトウェア使ってますか?, 大統一 Debian 勉強会, 京都大学, 京都, 2012.6.23.
201. 沼田泰英, ホロノミック関数の数値計算法とその行列変数の超幾何関数への応用について, 北海道大学表現論セミナー, 北海道大学, 札幌市, 2012.6.27.
202. 横山俊一, 沼田泰英, Sage Days in Japan, 数式処理研究の新たな発展, 京都大学数理解析研究所, 京都, 2012.7.5.
203. 濱田龍義, 数学ソフトウェア再考, 数式処理研究の新たな発展, 京都大学数理解析研究所, 京都, 2012.7.5.
204. 中山洋将, 小山民雄, 西山絢太, 高山信毅, n次元 Fisher-Bingham 分布に対する勾配降下法の実装, 数式処理研究の新たな発展, 京都大学数理解析研究所, 京都, 2012.7.6.
205. 大杉英史, グレブナー基底とトーリックイデアル, 大阪組合せ論セミナー, 大阪市立大学サテライトキャンパス, 大阪, 2012.8.25.
206. 青木敏, Algebraic methods for design of experiments, 統計関連学会連合大会, JSS-KSS-CSA International Session III, 北海道大学, 札幌, 2012.9.11.
207. 濱田龍義, Prezi は黒板の代わりになるか, 数学ソフトウェアとフリードキュメント, 九州大学, 福岡, 2012.9.17.
208. 小山民雄, 中山洋将, 西山絢太, 高山信毅, Fisher-Bingham 微分方程式系のホロノミックランク, 日本数学会 2012 年度秋季総合分科会, 九州大学, 福岡, 2012.9.18.
209. 中山洋将, 小山民雄, 西山絢太, 高山信毅, n次元 Fisher-Bingham 分布のホロノミック勾配降下法による最尤推定, 日本数学会 2012 年度秋季総合分科会, 九州大学, 福岡, 2012.9.18.
210. 高山信毅, Wishart 行列の最大固有値の分布関数のホロノミック勾配法による計算, 日本数学会 2012

- 年度秋季総合分科会, 九州大学, 福岡, 2012.9.19.
211. 岡崎亮太, 柳川浩二, On a minimal free resolution of a Borel fixed ideal and its supporting CW complex, 日本数学会 2012 年度秋季総合分科会, 九州大学, 福岡, 2012.9.21.
 212. 渋田敬史, On the dual F-signatures of toric rings, 可換環論名古屋セミナー, 名古屋大学, 名古屋, 2012.10.11.
 213. 濱田龍義, 動的数学ソフトウェア GeoGebra で作るスピログラフ, オープンソースカンファレンス, ソフィアホール, 大分, 2012.10.27.
 214. 青木敏, MCMC による一部実施計画の解析とカットイデアル, 数理統計学の沃野, 慶應義塾大学, 横浜, 2012.11.23.
 215. 渋田敬史, The multiplier ideals of complete intersection binomial ideals, 第 34 回可換環論シンポジウム, IPC 生産性国際交流センター, 神奈川県三浦郡, 2012.11.24.
 216. 青木敏, 大杉英史, 日比孝之, MCMC による一部実施計画の解析とカットイデアル, 第 78 回テクノメトリクス研究会, 日科技連本部, 東京, 2012.12.8.
 217. 野呂正行, 横山和弘, グレブナー基底候補の正当性検証について, CALLING 2012, 京都大学数理解析研究所, 京都, 2012.12.25.
 218. 中山洋将, Lauricella 超幾何関数の満たす微分方程式系のグレブナー基底とその応用, 数式処理---その研究と目指すもの, 京都大学数理解析研究所, 京都, 2012.12.26.
 219. 野呂正行, Modular 計算の応用によるイデアル緒演算の計算法と検証法について, 計算による数理科学の展開, 神戸大学理学部, 神戸, 2012.12.27.
 220. 高山信毅, A-超幾何方程式の Gevrey 解, 超幾何方程式研究会, 神戸大学, 神戸, 2013.1.5.
 221. 中山洋将, Lauricella 超幾何関数の満たす微分方程式系のグレブナー基底とその応用, 超幾何方程式研究会, 神戸大学, 神戸, 2013.1.6.
 222. 西山純太, 小山民雄, 中山洋将, 高山信毅, Fisher-Bingham 微分方程式系のホロミックランク, 超幾何方程式研究会, 神戸大学, 神戸, 2013.1.6.
 223. 岡崎亮太, 多重次数付き加群の根基について, 第 25 回可換環論セミナー, 奈良県新公会堂, 奈良, 2013.1.30.
 224. 木村杏子, Lyubeznik resolution とエッジイデアルのベッチ数の非消滅性, 第 25 回可換環論セミナー, 奈良県新公会堂, 奈良, 2013.1.31.
 225. 木村杏子, 二部グラフのエッジイデアルのベッチ数の特徴付けに向けて, グレブナー若手集会, 立教大学, 東京, 2013.2.21.
 226. 岡崎亮太, $\mathbb{Z}^n$ -次数付き加群の根基, グレブナー若手集会, 立教大学, 東京, 2013.2.21.
 227. 西山純太, グラフに付随するトーリックイデアルの二次生成性と二次グレブナー基底, グレブナー若手集会, 立教大学, 東京, 2013.2.21.
 228. 中山洋将, Lauricella 超幾何関数の満たす微分方程式系のグレブナー基底とその応用, グレブナー若手集会, 立教大学, 東京, 2013.2.22.
 229. 濱田龍義, 数学ソフトウェアで作るぐるぐる定規, オープンソースカンファレンス 2013 徳島, とくぎんトモニプラザ, 徳島, 2013.3.9.
 230. 濱田龍義, MathLibre の構築とカスタマイズについて, Risa/Asir Conference 2013 + 第 5 回六甲博多計算代数会議, 神戸大学, 神戸, 2013.3.16.
 231. 野呂正行, matrix $1_F 1$ が対角領域でみたす微分方程式系について, Risa/Asir Conference, 神戸大学理学部, 神戸, 2013.3.17.
 232. 木村杏子, 3-disjoint な完全二部部分グラフとエッジイデアルのベッチ数, 第 18 回代数学若手研究会, 大阪大学, 大阪, 2013.3.17.
 233. 西山純太, 日比孝之, 大杉英史, 鹿間章宏, グラフに付随するトーリックイデアルの二次生成判定法の実装, 第 5 回六甲博多計算代数会議, 神戸大学, 神戸, 2013.3.18.
 234. 中山洋将, Lauricella 超幾何微分方程式系のグレブナー基底, Risa/Asir Conference 2013 + 第 5 回六甲博多計算代数会議, 神戸大学, 神戸, 2013.3.18.
 235. 濱田龍義, GitHub と Debian Live による MathLibre の構築, 数学ソフトウェアとフリードキュメント XVI, 京都大学, 京都, 2013.3.19.

236. 高山信毅, 日比孝之, 西山絢太, A-超幾何方程式系の Pfaffian 系, 日本数学会 2013 年度年会, 京都大学, 京都, 2013.3.20.
237. 中山洋将, Lauricella 超幾何関数の満たす微分方程式系のグレブナー基底とその応用, 日本数学会 2013 年度年会, 京都大学, 京都, 2013.3.20.
238. 大杉英史, 日比孝之, トーリックイデアルとサーキット, 日本数学会 2013 年度年会, 京都大学, 京都, 2013.3.20.
239. 青木敏, 大杉英史, 日比孝之, 2 水準実験に対するマルコフ連鎖モンテカルロ法と切断イデアル, 日本数学会 2013 年度年会, 京都大学, 京都, 2013.3.21.
240. 木村杏子, エッジイデアルのベッチ数の非消滅性と完全二部グラフ, 日本数学会 2013 年度年会, 京都大学, 京都, 2013.3.22.
241. H. Nakayama, Gröbner basis and singular locus of Lauricella's hypergeometric differential equations, Weekend Workshop on Computational Approaches to D-modules and Hypergeometric Systems, 神戸大学, 神戸, 2013.4.19.
242. 青木敏, 計算代数手法の実験計画法への応用, 筑波大学数学談話会, 筑波大学, つくば, 2013.5.16.
243. 岡崎亮太, 多項式環上の有限生成多重次数付き加群の(必ずしも極小とは限らない)次数付き自由分解の構成, 福岡・山口可換環論セミナー, 山口大学, 山口, 2013.5.25.
244. 濱田龍義, MathLibre 2013 について, 第 22 回日本数式処理学会大会, 防衛大学校, 横須賀, 2013.6.7.
245. 中山洋将, Lauricella 超幾何微分方程式系のグレブナー基底とその応用, 第 22 回日本数式処理学会大会, 防衛大学校, 神奈川, 2013.6.8.
246. 岡崎亮太, Borel 固定イデアルの自由分解に付随する CW 複体について, グレブナー若手集会, 信州大学, 松本, 2013.7.14.
247. 中山洋将, Lauricella 超幾何関数のグレブナー基底と Pfaff 系, グレブナー若手集会, 信州大学, 松本, 2013.7.15.
248. 岡崎亮太, Eliahou--Kervaire 型自由分解に付随する CW 複体について, 組合せ論と可換代数サマーセミナー, 下関市生涯学習プラザ, 下関, 2013.8.9.
249. 木村杏子, エッジ環が(S_2)を満たすための必要条件, 組合せ論と可換代数サマーセミナー, 下関市生涯学習プラザ, 下関, 2013.8.10.
250. 青木敏, 大杉英史, 日比孝之, Markov chain Monte Carlo methods for the regular two-level fractional factorial designs and cut ideals, IMI 研究集会「数式処理研究と産学連携の新たな発展」, 九州大学, 福岡, 2013.8.21.
251. 中山洋将, Lauricella 超幾何微分方程式系のグレブナー基底, IMI 研究集会「数式処理研究と産学連携の新たな発展」, 九州大学, 福岡, 2013.8.21.
252. 濱田龍義, MathLibre: distributable and customizable desktop environment for mathematics, IMI 研究集会「数式処理研究と産学連携の新たな発展」, 九州大学, 福岡, 2013.8.22.
253. 木村杏子, Schmitt--Vogel の補題, 線型代数的手法と算術階数, 組合せ論サマースクール 2013, ホテル大観, 盛岡, 2013.9.4.
254. 青木敏, 大杉英史, 日比孝之, 2 水準実験に対するマルコフ連鎖モンテカルロ法と切断イデアル, 2013 年度統計関連学会連合大会(一般講演), 大阪大学, 大阪, 2013.9.10.
255. 大杉英史, 鹿間章宏, 西山絢太, 日比孝之, グラフの二次トーリックイデアルと二次グレブナー基底, 日本数学会 2013 年度秋季総合分科会, 愛媛大学, 愛媛, 2013.9.25.
256. 木村杏子, 寺井直樹, 高さ 3 の Gorenstein squarefree monomial ideal の算術階数, 日本数学会 2013 年度秋季総合分科会, 愛媛大学, 愛媛, 2013.9.25.
257. 濱田龍義, ベクトル解析における GeoGebra の利用, 統計数理研究所共同研究集会「GeoGebra の数学, 数学教育, および統計教育での利用」, 統計数理研究所, 東京, 2013.10.26.
258. 濱田龍義, 描いて動かして楽しむ数学, 高等学校・大阪市立大学連携数学協議会第 9 回シンポジウム, 大阪市立大学, 大阪, 2013.11.23.
259. 中山洋将, Kampff de Fries の 2 変数超幾何微分方程式系のグレブナー基底, グレブナー若手集会, 九州大学, 福岡, 2014.2.15.

260. 中山洋将, $Kamp\mathfrak{V}\{e\}$ de $\mathfrak{F}\mathfrak{V}\{e\}$ riet の 2 変数超幾何微分方程式系のグレブナー基底, Risa/Asir Conference 2014, 神戸大学, 兵庫, 2014.3.4.
261. 濱田龍義, Raspberry Pi でできること, Risa/Asir Conference 2014, 神戸大学, 神戸, 2014.3.5.
262. 濱田龍義, Raspberry Pi と数学ソフトウェア, 数学ソフトウェアとフリードキュメント XVIII, 学習院大学, 東京, 2014.3.14.
263. 大杉英史, 鹿間章宏, 日比孝之, 森亜貴, 辺凸多面体の辺の個数の最大値, 日本数学会 2014 年度年会, 学習院大学, 東京, 2014.3.15.
264. 日比孝之, 松田一徳, 大杉英史, 有限グラフに付随する edge ring が強 Koszul となるための必要十分条件, 日本数学会 2014 年度年会, 学習院大学, 東京, 2014.3.16.
265. 中山洋将, HGD 用ライブラリについて, 代数統計学とソフトウェア, 城崎市民センター, 兵庫, 2014.3.19.
266. 濱田龍義, MathLibre の到達点と展望, 代数統計学とソフトウェア, 城崎市民センター, 兵庫, 2014.3.20.

③ ポスター発表 (国内会議 7 件、国際会議 6 件)

<国際学会>

1. T. Abe, K. Nuida and Y. Numata, An edge-signed generalization of chordal graphs, free multiplicities on braid arrangements, and their characterizations, 21st International Conference on Formal Power Series & Algebraic Combinatorics (FPSAC '09), the Research Institute for Symbolic Computation, Hagenberg, Austria, 2009.7.20.
2. Y. Numata and S. Kuriki, On formulas for moments of the Wishart distributions as weighted generating functions of matchings, The 22th International Conference on Formal Power Series & Algebraic Combinatorics (FPSAC '10), San Francisco State University, San Francisco, USA, 2010.8.3.
3. T. Hamada and MathLibre committers, MathLibre KNOPPIX 2011 dojo, PRGC2011Osaka, Osaka, JAPAN, 2011.12.1—5.
4. T. Hamada and MathLibre committers, MathLibre KNOPPIX 2011 dojo, PRGC2011Fukuoka, Fukuoka, JAPAN, 2011.12.7--9.
5. H. Hashiguchi, Y. Numata, N. Takayama and A. Takemura, On holonomic gradient method for the distribution function of the largest root of a Wishart matrix, Algebraic Statistics 2012, The Pennsylvania State University, State College, PA, USA, 2012.6.12.
6. T. Maeno and Y. Numata, On the Sperner property and Gorenstein algebras associated to matroids, The 24th International Conference on Formal Power Series and Algebraic Combinatorics, Nagoya University, Nagoya, Japan, 2012.7.31.

<国内学会>

1. 栗木哲, 沼田泰英, マッチングの重みつき母関数と Wishart 分布のモーメントについて, 組合せ論サマースクール 2009, 稚内北星学園大学, 稚内, 2009.9.2.
2. 栗木哲, 沼田泰英, マッチングの重みつき母関数と Wishart 分布のモーメントについて, 暗号及び情報セキュリティと数学の関連ワークショップ, 秋葉原ダイビル 5 階 5B, 東京, 2010.2.24.
3. 大城戸慎平, 武田朗子, 太陽光発電システム導入計画に対するロバスト最適化モデル, 電気学会, 電力・エネルギー部門大会, 九州大学, 福岡, 2010.9.1.
4. 大津起夫, 多層多重分割表の条件付き尤度による分析, 日本心理学会第 74 回大会, 大阪大学, 大阪, 2010.9.20.
5. 小川光紀, 原尚幸, 竹村彰通, 無向グラフに対する Graver 基底とそのランダムグラフの検定への応用, 日本統計学会春季集会, 立教大学, 東京, 2011.3.6.
6. 沼田泰英, 計算代数統計の進展—本プロジェクト研究応用系の研究成果, 第 2 回 領域シンポジウム「越境する数学」CREST 研究報告会, アキバプラザ, 東京, 2011.9.7.
7. 濱田龍義, KNOPPIX/Math Project, アジアビッグマーケット 2012, 福岡国際センター, 福岡, 2012.2.15—16.

(4) 知財出願

- ① 国内出願 (0件)
- ② 海外出願 (0件)
- ③ その他の知的財産権
特記事項なし。

(5) 受賞・報道等

- ① 受賞
特記事項なし。
- ② マスコミ(新聞・TV等)報道
特記事項なし。
- ③ その他
特記事項なし。

(6) 成果展開事例

- ① 実用化に向けての展開
 - グレブナー基底のユーザーのための指南書『グレブナー道場』(共立出版、2011年9月)を出版し、チームの研究成果の一部も紹介している。
 - ホロミック勾配(降下)法に関連する幾つかのアルゴリズムは、統計システム R のパッケージ、あるいは、C 言語による試験実装として公開されている。
- ② 社会還元的な展開活動
 - 『数学セミナー』(2012年2月号)において、特集「グレブナー基底の新天地」が企画され、チームのメンバーが本プロジェクト研究の研究の紹介記事を執筆している。

§ 6 研究期間中の活動

(6.1) 主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

年月日	名称	場所	参加人数	概要
平成20年 12月13日	オープンソースカン ファレンス 2008 Fukuoka	福岡大学	450名	オープンソースソフトウェアに関する恒例 のカンファレンスである。
平成21年 1月5日～ 7日	超幾何方程式研究 会 2009	神戸大学	40名	超幾何関数についての様々な角度から の研究発表をし、情報交換を促進した。
平成21年 1月8日 ～9日	計算による数理科 学の展開 2009	神戸大学	30名	計算を共通のパラダイムとしての様々な 数学研究の発表をした。
平成21年 2月18日 ～19日	CREST 公開研究 集会「現代の産業 社会とグレブナー基 底の調和」	鹿児島大 学	40名	共同研究者及び若手の研究協力者によ る講演を実施し、理論系、応用系、計算 系の研究の現状を把握するとともに、情 報交換等を促進した。
平成21年 2月24日	暗号及び情報セキ ュリティと数学の相 関ワークショップ	秋葉原ダ イビル	30名	数学と暗号・情報セキュリティ分野の研究 的交流、および両分野間の研究連携の 推進を目的としたワークショップである。

平成21年 3月2日	Applications of Statistics and Operations Research in Business and the Social Science	統計数理 研究所	20名	ケーススタディを中心に、統計的手法の 現実問題への適用について議論した。
平成21年 3月16日 ～18日	Risa/Asir Conference 2009	神戸大学	30名	Risa/Asir を中心とした、計算代数のアル ゴリズム、応用、実装の研究発表。
平成21年 3月24日 ～27日	6 th International Conference on Multiple Comparison Procedures (MCP2009)	東京理科 大学	50名	多重比較法の研究発表講演を実施した。 招待講演者として D. Q. Naiman 教授(ジョンホプキンス大)を招待し、講 演の依頼をするとともに、情報交換を行 った。
平成21年 3月25日	数学ソフトウェアとフ リードキュメント VIII	東京大学	50名	数学ソフトウェアとフリードキュメントに関 する恒例のワークショップである。
平成21年 7月6日 ～7日	Workshop with Professor Bernd Sturmfels	東京大学	25名	計算代数統計の創始者の一人であり、グ レブナー基底の研究においても世界的 な権威者である Sturmfels 教授(U.C. Berkeley)を招聘し、本 CREST プロジ ェクトメンバーとワークショップを実施し、 研究の現状報告と情報交換を行った。計 算代数統計に関しても、竹村彰通がマル コフ連鎖に対応するトーリックイデアルの 性質に関する講演、青木敏が実験計画 に関する講演を行い、Sturmfels 教授より 有益な示唆を得た。
平成21年 9月14日 ～18日	第1回 CREST グレ ブナー神戸スクー ル	神戸大学	40名	大学院生を主たる対象とし、グレブナー 基底とその周辺の話題についての理解 を深めるとともに、KNOPPIX/Mathのユ ーザーになることを目標とした。午前は講 義、午後は演習の形式を採用し、講義は CREST に所属する研究者(研究代表 者と共同研究者)が、演習は CREST に所属するポスドクと JST-RA が担当し た。配布資料はホームページに掲載し、 公開している。本スクールの講演原稿と 演習問題に加筆し、JST CREST 日比 チーム(編)『グレブナー道場』(共立出 版、2011年9月)が出版された。

平成21年 9月23日	数学ソフトウェアとフ リードキュメント IX	大阪大学	40名	日本数学会会員を主たる対象とし、数学 ソフトウェアの最新事情と、開発環境を含 む、周辺の話題についての情報共有を 目的とする。 講演者は Jacques Garrigue(名古屋大 学)、石井政伸(山口大学)、木村欣司 (京都大学)、田中勝(福岡大学)、横田 博史(東芝インフォメーションシステム ズ)。
平成21年 11月26日～2 8日	計算代数統計学の 展開	統計数理 研究所	30名	科学研究費基盤研究A(研究代表者:竹 村彰通)「計算代数統計学の展開」の補 助も受けた研究集会。代数統計の最近 の話題、分割表、個表データの解析、離 散数学、最適化、D加群理論による数値 積分、実験計画など11件の講演が行わ れた。
平成21年 12月5日	OSC2009 Fukuoka	九州産業 大学	430名	オープンソースカンファレンス 2009 福岡 は、オープンソースのコミュニティと協賛 企業によるセミナーやプロダクト展示を伴 う会合である。 日本国内の各都市で開催されており、大 学研究機関と各地域の産業界との交流 の場としても機能している。本 CREST 研 究チームからは、濱田龍義が展示・講 演を行った。
平成21年 12月14日～1 7日	ASCM-MACIS 2009 (the 9 th Asian Symposium on Computer Mathematics (ASCM2009) 及び the 3 rd Mathematical Aspects of Computer and Information Sciences (MACIS 2009)	JAL リゾ ートシー ホークホ テル福岡	100名	数式処理、計算機代数、数値・数式ハイ ブリッド計算、ソフトウェア開発等、様々 な分野に関連する国際的な研究交流を 目的とする。招待講演者は、 Markus Rosenkranz (RISC-Linz)、 大阿久俊則(東京女子大学)、杉原厚吉 (明治大学)、 Lihong Zhi (Academy of Mathematics and System Sciences, China)。 本 CREST 研究チームからは 鍋島克輔 (大阪大学)、小原功任(金沢大学)が講 演を行った。
平成22年 1月4日 ～5日	トロピカル幾何と計 算代数	神戸大学	15名	トロピカル多様体のグレブナー基底によ る計算アルゴリズムとトロピカル幾何を 用いた高速な消去アルゴリズムおよび周 辺の数学的課題についての研究集会であ る。
平成22年 1月21日 ～23日	JST CREST「現代 の産業社会とグレブ ナー基底の調和」 若手研究集会	大阪大学	8名	本 CREST 研究チームの理論、応用、 計算各系の若手研究者が中心となり、分 野横断的な研究交流を目的とした研究 集会を自主的に開催した。

平成22年 1月28日 ～29日	Workshop with Jürgen Herzog	大阪大学	25名	グレブナー基底の理論を可換代数に応用する研究の推進者の第一人者である Herzog 教授を招聘し、CREST の理論系のメンバーおよび国内の可換代数の研究者とのワークショップを実施し、計算可換代数の情報交換をするとともに、可換代数の統計数学、確率論への応用についての議論も深めた。
平成22年 3月2日	第2回若手会セミナー	名古屋大学	25名	代数学を研究する大学院生・若手研究者を中心とした研究集会である。その場で質疑応答や議論をするセミナー形式の勉強会として企画され、若手研究者の交流を目的とする。
平成22年 3月3日 ～5日	第15回代数学若手研究会	名古屋大学	55名	大学院生・若手研究者を中心とした研究集会であり、代数学の様々な分野の研究交流を目的とする。本 CREST 研究チームからは沼田泰英(東京大学)が講演を行った。
平成22年 3月23日	数学ソフトウェアとフリードキュメント X	慶應義塾大学	60名	日本数学会会員を主たる対象とし、数学ソフトウェアの最新事情と、開発環境を含む、周辺の話題についての情報共有を目的とする。 講演者は、阿部紀行、奥山真吾、木村欣司、鈴木晃、竹村彰通。
平成22年 6月26日	Wishart 分布に関するセミナー	統計数理研究所	15名	CREST 国際会議のために来日していた Helene Massam (York Univ.) が“A review of prior distributions for covariance/precision matrices”の講演をし、伊師英之(名古屋大学)、今野良彦(日本女子大学)、栗木哲(統計数理研)、竹村彰通(東京大学)らが話題提供した。
平成22年 6月28日 ～7月2日	The Second CREST-SBM International Conference “Harmony of Gröbner bases and the modern industrial society”	ホテル阪急エキスポパーク (大阪府吹田市)	75名	本国際会議は、日比チームのメンバーと欧米諸国の研究者との情報交換を、開催目的として実施された。海外参加者は11ヶ国から34名と、国際色豊かな盛会であった。海外からの講演者による招待講演は30個あり、著名な研究者とともに、若手研究者、ポスドクも招待講演者に含まれており、若手から大御所までの幅広い世代から海外招待講演者を厳選した。すべての講演はビデオ撮影しており、チームのホームページで公開している。国際会議の報告集は、平成24年4月、World Scientific 出版社から出版され、本プロジェクト研究の研究成果の産業社会への公表と、研究成果の将来への継承を円滑に推進する。

平成22年 7月23日～ 24日	研究集会「数理統計学の新たな展開」	大宮ソニックスティ	24名	第1回科学研究費基盤A(研究代表者: 竹村 彰通)による「計算代数手法に基づく数理統計学の展開」についての研究集会。数理統計学の広汎な話題に関する講演が行われた。
平成22年 9月13日 ～17日	The Third International Congress on Mathematical Software	神戸大学	110名	数学ソフトウェアシステム開発に関する国際会議 (General Chair: 高山信毅 (神戸大学)、 Local organization chair: 野呂正行 (神戸大学))。 セッション「Gröbner Bases and Applications」 において、大杉英史 (立教大学) が A. Fruehbis-Krueger とともに Session organizer を務めた。
平成22年 9月21日	数学ソフトウェアとフリードキュメント XI	名古屋大学	20名	数学ソフトウェア、およびフリードキュメントに関連するワークショップ (主催者は濱田、野呂、高山)
平成22年 10月9日 ～11日	JST CREST「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」若手研究集会 ---グレブナー基底の周辺---	神戸大学	11名	この研究集会は互いの研究交流を目的とし、プロジェクトのポスドクが自主的に企画運営した。様々な環でのグレブナー基底をテーマとした講演が行われ、日比チームのメンバーではない参加者も含め活発な議論が行われた。
平成22年 11月15日～1 6日	研究集会「計算代数と数理統計学の新たな展開」	大宮ソニックスティ	28名	第2回科学研究費基盤A(研究代表者: 竹村 彰通)による「計算代数手法に基づく数理統計学の展開」についての研究集会。特にグラフィカルモデルやホロミック勾配法に関する代数統計学の最近の発展の講演が行われた。
平成22年 12月3日 ～4日	第8回静岡代数学セミナー	静岡大学	30名	静岡大学理学部の代数学を専門とする研究者が主催したセミナーである。
平成22年 12月11日	オープンソースカンファレンス福岡 2010	福岡工業大学	520名	オープンソースソフトウェアに関連する情報交流を目的とするカンファレンス (主催はオープンソースカンファレンス実行委員会、濱田は実行委員の一人として参加)
平成22年 12月27日	第2回 暗号及び情報セキュリティと数学の関連ワークショップ	東京大学	41名	数学と暗号・情報セキュリティ分野の研究的交流、および両分野間の研究連携の推進を目的としたワークショップ。
平成23年 1月22日 ～23日	第3回日本数式処理学会システム分科会研究会	福岡大学	9名	数式処理システムの開発、利用、および維持に関する研究情報の交換を行う研究集会 (主催: 数式処理学会システム分科会、濱田は分科会運営委員会委員長)

平成23年 2月16日 ～18日	JST CREST「現代 の産業社会とグレブ ナー基底の調和」 若手集会	山口大学	9名	互いの研究交流を目的とし、プロジェクト のポスドクラが中心となって企画した。
平成23年 5月27日 ～28日	第9回静岡代数学 セミナー	静岡大学	54名	静岡大学理学部の代数学を専門とする 研究者が主催したセミナーである。
平成23年 5月31日 ～6月1日	ホロノミック勾配法と 統計的推定問題	神戸大学	20名	ホロノミック勾配法(hgd)の現状と将来の 課題についての研究発表と議論を行っ た。具体的には、 $SO(3)$ での Fisher 分 布に対する hgd, Fisher-Bingham 方 程式系のホロノミック予想の解答、一次 元超幾何積分の差分版 hgd など。その 他、今後解決すべき諸問題が提示され た。
平成23年 6月14日 ～15日	Workshop with Jürgen Herzog	大阪大学	19名	グレブナー基底の理論を可換代数に応 用する研究の推進者の第一人者である Herzog 教授を招聘し、CREST の理論 系のメンバーおよび国内の可換代数の 研究者とのワークショップを実施し、計算 可換代数の情報交換をするとともに、可 換代数の統計数学、確率論への応用に ついての議論も深めた。
平成23年 7月8日 ～9日	研究集会「数理統 計学の新たな展開」	つくば国 際会議場	35名	第3回科学研究費基盤A(研究代表研究 者:竹村彰通)による「計算代数手法に基 づく数理統計学の展開」についての研究 集会。特に、系統樹の代数統計的モデル に関する講演、スキャン統計量の確率 計算に関する講演が行われた。
平成23年 7月16日 ～18日	JST CREST「現代 の産業社会とグレブ ナー基底の調和」 グレブナー若手集 会	徳島大学	13名	本 CREST 研究チームの理論、応用、 計算各系の若手研究者が中心となり、分 野横断的な研究交流を目的とした研究 集会を自主的に開催した。
平成23年 9月8日 ～9日	CREST 公開研究 集会「現代の産業 社会とグレブナー基 底の調和」	東京大学	30名	共同研究者、及び、若手の研究協力者 による講演を実施し、日比チームの中間 評価までの研究成果を確認し、今後の研 究の展望を具体的に探る。
平成23年 9月27日	数学ソフトウェアとフ リードキュメント XIII	信州大学	25名	日本数学会会員を主たる対象とし、数学 ソフトウェアの最新事情と、開発環境を含 む、周辺の話題についての情報共有を 目的とする。
平成23年 12月2日 ～4日	第10回静岡代数学 セミナー	静岡大学	49名	静岡大学理学部の代数学を専門とする 研究者が主催したセミナーである。
平成23年 12月3日	オープンソースカン ファレンス 2011	筑紫女学 園大学	420名	主催者であるオープンソースカンファレン ス実行委員会のメンバーとして参加。オ

	Fukuoka			オープンソースソフトウェアに関する地域密着型イベント。
平成24年 1月21日 ～22日	日本数式処理学会 基礎理論分科会シ ステム分科会合同 研究会	仙 台 青 葉 カ ル チ ャ ー セ ン タ ー	35 名	数式処理の理論とシステム開発に関する研究会。
平成24年 2月16日 ～18日	JST CREST「現代 の産業社会とグレブ ナー基底の調和」 グレブナー若手集 会	静岡大学	15 名	プロジェクトのポスドクらが中心となって企画したもので、互いの研究交流を目的とし、日比チームのメンバーではない参加者も招き入れ、忌憚の無い議論が活発に行われた。
平成24年 2月20日 ～24日	第2回 CREST グレ ブナー神戸スケー ル	神戸大学	70 名	CREST 単行本「グレブナー道場」(平成23年9月出版)をテキストとし、大学院生を主たる対象とし、グレブナー基底とその周辺の話題についての理解を深めるとともに、KNOPPIX/Math のユーザーになることを目標とした。 午前は講義、午後は演習の形式を採用し、講義は CREST に所属する研究者(研究代表者と共同研究者)が、演習は CREST に所属するポスドクが担当した。すべての講義はビデオに録画し、チームのホームページで公開する。
平成24年 3月2日	第4回若手会セミナー	静岡大学	27 名	代数学を専門とする若手研究者の交流を目的とする。宮原大樹(山梨大学)、大溪正浩(名古屋大学)による各分野の入門的講演が行われた。
平成24年 3月3日 ～5日	第17回代数学若手 研究会	静岡大学	44 名	大学院生・若手研究者を中心とした研究集会であり、代数学の様々な分野の研究交流を目的とする。
平成24年 3月25日	数学ソフトウェアとフ リードキュメント XIV	東京理科大学	35 名	様々な数学ソフトウェアについての紹介。
平成24年 5月26日 ～27日	Sage Days 39	九州大学	32 人	数式処理システム Sage のデモとチュートリアル等を実施。
平成24年 7月2日 ～4日	The Second Institute of Mathematical Statistics Asia Pacific Rim Meeting	筑波国際 会議場	500 名	統計学全般に関する大規模な国際会議。日比チームは、代数学統計の分科会を企画し、チームのメンバーが講演し、成果を発表した。
平成24年 7月4日 ～6日	数式処理研究の新 たな発展	京都大学 数理解析 研究所	25 人	数式処理の算法とシステム開発等の研究者による最新の実装状況などを報告。
平成24年 7月6日 ～7日	第11回静岡代数学 セミナー	静岡大学	27 名	静岡大学理学部の代数学を専門とする研究者が主催したセミナーである。
平成24年	グレブナー	慶應義塾	15 人	チームのポスドク等の情報交換と交流を

7月16日 ～18日	若手集会	大学		促進。
平成24年 7月23日 ～27日	Workshop on Convex Polytope	京都大学 数理解析 研究所	87 名	凸多面体論の大御所と若手研究者 21 名を欧米諸国から招聘し、凸多面体論の最近の潮流を探った。
平成24年 7月28日 ～29日	Forum on Probability, Statistics, Algebra and Combinatorics	名古屋大 学	15 名	代数学と組合せ論、確率論と統計学の相互関係を探究した。
平成24年 8年28日 ～31日	組合せ論サマース クール 2012	夕景湖畔 すいてん かく(松江 宍道湖温 泉)	25 名	組合せ論を専門とする大学院生と若手研究者を対象とするサマースクール。
平成24年 9月3日 ～7日	情報セキュリティ基 盤の数理解析と安 全性解析	九州大学	15 名	情報セキュリティ基盤の理論的安全性評価とその数理的構造に関する研究会。
平成24年 9月12日 ～14日	トーリックイデアルに 付随する統計モデ ルの探究	京都大学 数理解析 研究所	18 名	可換代数の研究者と統計学者が連携し、トーリックイデアルに付随する有益な統計モデルを探索し、今後の具体的な研究テーマを議論した。
平成24年 9月17日	数学ソフトウェアとフ リードキュメント XV	九州大学	30 名	様々な数学ソフトウェアを紹介する数学会前日の恒例行事。
平成24年 12月8日	オープンソースカン ファレンス 2012 福 岡	KCS 福岡 情報専門 学校	550 名	オープンソースソフトウェアに関する地域密着型イベント。オープンソースカンファレンス実行委員会のメンバーとして濱田龍義が参加。
平成24年 12月14日 ～15日	第12回静岡代数学 セミナー	静岡大学	30 名	静岡大学理学部の代数学を専門とする研究者が主催したセミナーである。
平成24年 12月26日～2 7日	計算による数理科 学の展開	神戸大学	20 名	計算に関連する様々な数学の概説講演を通し、計算による数理学の展開の将来を探索した。
平成25年 1月5日 ～7日	超幾何方程式研究 会	神戸大学	50 名	一変数及び多変数の超幾何方程式の最新の数学的研究の発表会である。
平成25年 2月20日 ～22日	グレブナー 若手集会	立教大学	20 名	チームのポスドク等の情報交換と交流を促進。
平成25年 3月16日 ～18日	Risa/Asir Conference	神戸大学	25 名	Risa/Asir のユーザーの情報交換と交流を促進する例会。
平成25年 3月19日	数学ソフトウェアとフ リードキュメント XVI	京都大学	30 名	様々な数学ソフトウェアを紹介する数学会前日の恒例行事。

平成25年 5月11日	CREST 公開研究 集会「現代の産業 社会とグレブナー基 底の調和」	東京大学	30 名	共同研究者、及び、若手の研究協力者 による講演を実施し、日比チームと周辺 の研究者の交流を促進。
平成25年 7月13日 ～15日	グレブナー 若手集会	信州大学	20 名	チームのポスドク等、若手研究者を中心 とした情報交換と交流を促進。
平成25年 7月25日	統計数理研究所公 開講座「F. 動的幾 何学ソフトウェア GeoGebra の使い 方と数学教育にお ける活用」	統計数理 研究所	30 名	統計数理研究所の丸山直昌准教授との 共同実施。動的数学ソフトウェア GeoGebra についての入門的講座。数 学ソフトウェア環境 MathLibre について も紹介。
平成25年 8月21日 ～23日	IMI 研究集会「数式 処理研究と産学連 携の新たな発展」	九州大学	30 名	計算代数・数式処理の産学連携を見据え た研究・開発に関する研究集会。研究代表 者:照井彰(筑波大学)組織委員として濱田 龍義が参加。
平成25年 9月23日	数学ソフトウェアとフリ ードキュメント XVII	愛媛大学	30 名 (予定)	様々な数学ソフトウェアを紹介する数学 会前日の恒例行事。
平成25年 11月16日	オープンソースカン ファレンス福岡	福岡ソフト リサーチパー ク センター ビル	400 名 (予定)	オープンソースソフトウェアに関する地域 密着型イベント。オープンソースカンファ レンス実行委員会のメンバーとして濱田 龍義が参加。
平成26年 1月21日～ 24日	Computational Algebraic Statistics, Theories and Applications	京都テル サ	60 名	計算代数統計の最近の発展に関する国 際研究集会。
平成26年 3月14日	数学ソフトウェアとフリ ードキュメント XVIII	学習院大 学	40 名	様々な数学ソフトウェアを紹介する数学 会前日の恒例行事。

§ 7 最後に

本プロジェクト研究は、「仮想研究所」としての機能が十分に発揮され、当初の達成目標を遥かに越える諸般の成果が得られ、研究代表者の自己評価は、「十分に成功」である。