

領域略称名：計算限界解明
領域番号：2405

平成26年度科学研究費補助金「新学術領域研究
(研究領域提案型)」に係る中間評価報告書

「多面的アプローチの統合による計算限界の解明」

(領域設定期間)

平成24年度～平成28年度

平成26年5月

領域代表者 (東京工業大学・大学院情報理工学研究科・教授・渡辺治)

目 次

研究領域全体に係る事項

1. 研究領域の目的及び概要	2
2. 研究組織（公募研究を含む）と各研究項目の連携状況	4
3. 研究の進展状況	6
4. 若手研究者の育成に関する取組状況	9
5. 研究費の使用状況（設備の有効活用、研究費の効果的使用を含む）	10
6. 総括班評価者による評価	11
7. 主な研究成果（発明及び特許を含む）	14
8. 研究成果の公表の状況（主な論文等一覧、ホームページ、公開発表等）	18
9. 今後の研究領域の推進方策	45

研究領域全体に係る事項

1. 研究領域の目的及び概要（2 ページ程度）

研究領域の研究目的及び全体構想について、応募時に記述した内容を簡潔に記述してください。どのような点が「我が国の学術水準の向上・強化につながる研究領域」であるか、研究の学術的背景（応募領域の着想に至った経緯、これまでの研究成果を進展させる場合にはその内容等）を中心に記述してください。

数理学における 21 世紀の 7 大未解決問題である $P \neq NP$ 予想は、計算の限界に関する予想である。本領域では、この予想解決への新たなステップとなる**強力な計算限界解析手法**を構築し、解決へ向う**研究の道筋**を提唱することを目指す。それは情報科学技術の核となるアルゴリズム設計に欠かせない「計算の理解」の基礎理論となるものである。

「計算」とアルゴリズム設計の重要性

今やコンピュータは、科学技術から日常生活まで、人々にとって欠かせない道具である。これは情報科学技術の飛躍的な発展の賜物であるが、その根底には「計算」の汎用性と高い記述性という特性がある。その特性のために、「情報」という多様で捉えどころのないものが、コンピュータ上の「計算」によって形を持ち、人が見たり、分析したりできるようになったのである。シミュレーションによって、台風の気流を見ることができるようになる。データマイニングにより、莫大な遺伝子データから、ある病気に関連する遺伝子の候補を見出すことが可能となる。このように計算として表現され、計算によって分析されることで、様々な情報が形を持ち、見えるようになる。計算を使うことで、人類史上初めて、人が情報を統一的に見る術を得たのである。

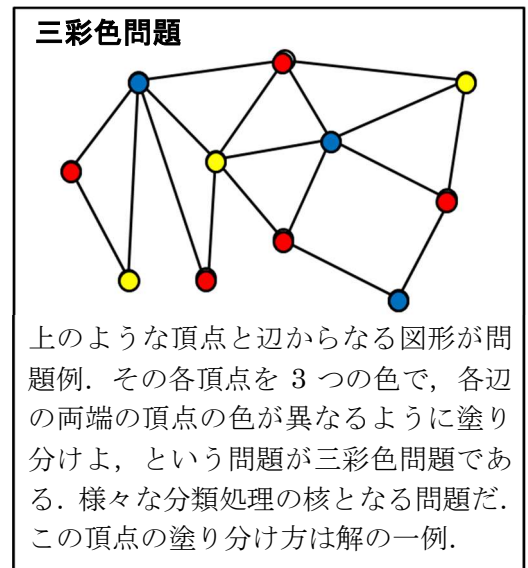
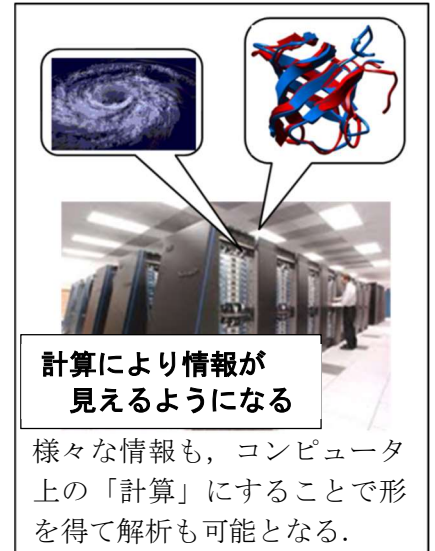
コンピュータ上の計算により情報を処理する際、3つの重要なステップがある。(i) 処理したいことを「計算問題」として定式化する。(ii) その計算問題を解く手順（アルゴリズム）を設計する。(iii) そのアルゴリズムに基づいてプログラムを作成する。このうち、(ii) アルゴリズム設計が、コンピュータの高性能化に伴って非常に重要になってきている。コンピュータの高性能化により、大量データの処理が可能となり、アルゴリズムの効率差が顕著になってきたからである。Google は、たった 1 つのアルゴリズムから始まったと言っても誇張ではない。こうした良質のアルゴリズムの設計には次に述べる「計算の理解」が必須である。

$P \neq NP$ 予想とは？「計算の理解」とは？

「計算問題」とは、与えられた問題例に対する解を求める問題である。実用上重要な計算問題の中で、非自明な計算限界が分かっているものは少ない。すなわち、革新的アルゴリズムが発見される余地が十分にある。しかし、その開拓には様々な「計算の理解」が必須となる。その代表が $P \neq NP$ 予想の解明である。

「NP 問題」とは、問題例に対する解（の候補）の正否が簡単に判定できるような計算問題の総称である。たとえば右図のような三彩色問題や、「64523 を 2 つの 2 以上の数の積で表わせ」という問題である。両者とも、解（の候補）が与えられたとき、それが問題の条件を満たすか否かを判定することは比較的容易だ。たとえば、先の問題例に対し「答えは 113×571 」と示された場合の検算はたやすい。このような問い（つまり NP 問題）は、日常生活から科学技術まで様々な分野で基本的な計算問題として現れる。

NP 問題では、すべての解の候補を調べてみれば解は求まる。しかし、それは非常に効率が悪い。三彩色問題では、すべての解の候補（頂点の塗り分け方）を試してみようとする、頂点数が 50 個のグラフでは、スーパーコンピュータでも 100 年以上かかってしまうのである。もちろん、NP 問題の中には、効率の良い解法を持つ問題もある（それらは多項式時間計算可能 polynomial-time computable な問題、という意味で「P 問題」と呼ばれる）。しかし、「良い解法を持たない NP 問題も存在する」というのが、 $P \neq NP$ 予想である。三彩色問題は、計算困難な NP 問題の典型例である。つまり、三彩色問題を解くには



「原則的に、頂点の塗り方をすべて試してみるしか手はない」というのが我々の直観である。この直観に厳密な理由付けが与えられたとき、それが「計算の理解」となる。

$P \neq NP$ 予想に関する直観は最も基本的なものだが、その他にも $P \neq NP$ 予想に関連する無数の直観がある。その各々に対して、証明（厳密な理由付け）が与えられると、それが「計算の理解」になる。その理解は、アルゴリズム設計の基礎となる。たとえば公開鍵暗号の基本アルゴリズムは、計算の一方向性の理解から生まれてきた。NP 問題は、情報をコンピュータにより処理・分析しようとする場合に核となる計算問題として登場することが非常に多い。 $P \neq NP$ ならば、NP 問題に対する万能薬の処方箋は存在しない。けれども、NP の個々の問題ごとに見れば対処法はあり得る。完全には解けないかもしれないが、多くの問題例を十分効率的に処理するアルゴリズムが存在する場合もあるからだ。たとえば三彩色問題にしても、すべての問題例を効率的に解くアルゴリズムは存在しないだろう。しかし、ある種の問題例ならば効率的に解くアルゴリズムを作ることは十分可能である。その際、どのような問題例ならばよいのか？そして、どのようなアルゴリズムを設計すればよいのか？そこには無数の選択肢がある。その中から、**正しい選択をするためには、様々な直観に対する「計算の理解」が不可欠**なのである。

なぜ今？何を指すのか？そして、どのような手段で？

1990 年代になって計算限界の解析手法が大きく進化した。アルゴリズムの効率化の手法の一つとして使われるようになったランダムネスを利用した乱択法が、計算の特徴付けにも導入されたことがきっかけである。それにより、離散的な計算を連続量としても解析できるようになり、フーリエ解析やスペクトラル解析など、様々な数学の道具が適用できるようになってきた。この状況は、解析学や代数幾何学が数論を大きく進化させた状況にも似ている。その勢いは 2000 年に入ってから弱まることなく、様々な解析技法が究極まで研ぎ澄まされてきている。それにもかかわらず、2000 年以降の研究で、「 $P \neq NP$ 予想へと近づいた」という実感は（専門家にも）薄い。これは、何を明確にすべきかのシナリオが不明確なまま、解析技法の数学的な高度化に力が注がれてしまったためである。**いま、 $P \neq NP$ 予想へ向けての本格的な研究シナリオを作る時期**に来ている。また、その準備も整ってきた。

将来を見通した強力なシナリオを作ること自体、大変難しい。しかし、**強力な解析手法を構築し、重要な道筋を示すことは可能**である。そのためには**「計算の理解」という目標に立ち戻った研究**が重要である。先鋭化された計算限界解析技法を用い、実用上重要な計算問題に関する我々の直観を明らかにし、具体的な意味を持った計算限界を数多く導き出す研究である。その中から解析技法の意味付けや解析技法間の関連付けが得られ、より強力な解析技法を生む組合せも見えてくる。たとえば、Williams が 2012 年に、20 年以上未解決であった回路計算量の基本的な下界を得るのに成功したのも、3 つの解析技法（垂井らの回路解析技法、NEXP の PCP 性解析、ランダムネスの計算論的解釈）を巧妙に組み合わせた結果である。そのような強力な解析技法を生み出す解析技法の統合化手法が、「計算の理解」を目指した解析から得られる可能性が高い。そして、それが強力な解析手法の構築につながるのである。

$P \neq NP$ 予想の解明が難しいのは、計算機構や計算技法に何ら制約の無い中での計算限界を解明しなければならないからである。現状では、このような無制約下での計算限界の解析を試みても行き先を見失うだけである。その反対に適切な制約下での計算限界解明は、我々の「計算の理解」を深め、研究の方向性を見出すのに有効である。現在の計算量理論では、(1) 特定の計算技法に限ったときの限界解析、(2) 制限付き計算機構下での計算限界解析、の 2 つが $P \neq NP$ 予想への主な研究の流れである。本領域でも、この 2 つを主要な研究テーマとする。その上に、(3) 情報欠損を想定した計算問題に対する計算限界の解析も研究テーマに加える。情報欠損の下では限界の議論がしやすく、限界解析技法の開拓に適したテーマだからである。この各々において、計算に関する直観の証明（もしくは反証）を得ること、つまり「計算の理解」を得ることが、我々の技術目標である。その研究を通じて、強力な計算限界解析手法やその基礎理論を築く。このためには、分野が少し異なる多数の専門家の世界的な協働が必要である。本領域では、日本の強みを生かし、かつ世界の研究交流の拠点となることで、大きな研究の流れを作り、その中から**日本発の $P \neq NP$ 予想への研究の道筋**を創出して行く。物質の本質についての謎の追求による学問深化が、分子論、熱力学、電磁気学、量子論などを産み出し、それが新たな産業を創出し、理工学による社会の変革を生んだように、計算における同様の学問深化が情報科学による社会の変革を生む。その中核を担うことができるか否かが、我が国の情報科学技術の盛衰を左右する。アルゴリズム設計の根幹に位置する $P \neq NP$ 予想へ向けての研究を通して得られる「計算の理解」から、社会に大きな変革をもたらすようなアルゴリズムを生み出す計算の基礎理論を築くことが本領域の目指すところである。

2. 研究組織（公募研究を含む）と各研究項目の連携状況（2 ページ程度）

領域内の計画研究及び公募研究を含んだ研究組織と領域において設定している各研究項目との関係を記述し、研究組織間の連携状況について組織図や図表などを用いて具体的かつ明確に記述してください。

本領域の研究戦略とそれに基づく計画研究班の構成

本領域では、先鋭化されてきた計算限界の解析技法を様々な「計算の理解」のために用いることで、革新的な解析技法の発見を導く研究を行う。P≠NP 予想は「計算量理論」という分野の予想だが、革新的な解析を進めるには、数理学の様々な関連分野から学問背景の異なる研究者の共同研究が必須であり、そのためには適切な研究戦略に基づく組織作りが鍵となる。実験設備等が不要で、人の連携が最重要である本領域では、研究テーマで計画研究班を構成するのではなく、解析技法とその背景となる**学問分野ごと、研究の流儀ごとの人の集まりとしての計画研究班を組織**する。また、学問分野や研究流儀の選択では、日本の強みを最大限に活かし、様々な学問背景の研究者が参画できる体制にする。以上の方針のもと、以下のA, B, Cの研究推進策を立て、その各々を3つの計画研究班で実施する組織構成としている(下表参照)。

A. 計算限界研究のフロンティア開拓

計算限界解析の中で現在研究が加速しており、さらに日本の研究者集団が世界をリードしているものを選び、その研究を深く推進させる。A01では、数理論理学から計算対象や計算モデルの解析を行う。その応用や他問題への関連付けを2つの公募班が補う。A02は、最先端の符号理論・情報理論、そして組合せ論を用いた解析を行う。また、暗号への応用を公募班が補う。この2つの解析に加え、これまでの計算限界解析では深く追求されてこなかった限界研究として、省メモリ計算における計算限界の研究を、新たな研究フロンティアとして取り上げる(A03)。これは実用上においても重要なテーマである。この省メモリ計算に関連の深い分野である分散計算との関連研究を公募班で補う。

B. アルゴリズム効率化手法（とくに最適化理論）からの計算限界（そして、その逆も）

計算限界の研究は、計算不可能性を示す研究であるが、解析には高度なアルゴリズムが使われることが多く、その効率化が解析の精密化の鍵となる場合が多い。その効率化技法を導き出すのが最適化理論である。日本は最適化理論の世界的な研究拠点の1つであり、研究者層も厚い。その優位性を活かし、最適化理論からの計算限界解明の精密化を目指す(B01)。また、最適化理論では、ニュートン法の時代から、最適化手法にうまく当てはまるような問題の特徴付けが深く研究されてきた。その考え方から計算限界に対する新たな解釈を与える(B01, B02)。実アルゴリズムへの応用研究を公募班が補う。

計算限界解析で開発された高度なアルゴリズムは、「計算」のある側面を特徴付けているものが多い。したがって、その「計算」が実際問題に適用できれば、革新的アルゴリズムになる可能性もある。これまで、そうした可能性についての研究は、ほとんど行われてこなかったが、本領域では、その追求も試みる(B03)。とくに、近年、大規模データ解析での必要性から注目されている列挙アルゴリズムやデータ解析アルゴリズムへの適用を目指す。公募班では、その成果の具体的な問題への応用を目指す。

C. 境界領域からの計算限界新解釈

計算限界と密接に関連している境界領域から、その分野の背景をもとに、計算限界解析に新たな解釈をもたらす研究を行う。その中でも、日本が世界をリードしている統計力学の情報科学への応用、量子計算ならびに計算論的学習理論からの研究を進める(C01, C02, C03)。具体的には、統計力学や量子計算での

研究課題名	解析手法の背景分野
A01: 数理論理学からの計算限界解析	数理論理学, 組合せ論
A02: 情報理論・符号理論からの計算限界研究	情報理論, 組合せ論
A03: 記憶領域制限シナリオにおける計算限界の解明	組合せ論
B01: 最適化技法との融合による計算限界解析法の深化	最適化理論
B02: 大規模数理計画による計算限界解析法の展開	最適化理論
B03: 計算限界解析法から革新的データ構造化技術への展開	(複合)
C01: 統計力学からの計算限界解明へのアプローチ	確率論, 統計力学
C02: 量子力学からの計算限界解明へのアプローチ	量子力学
C03: 学習理論からの計算限界解明へのアプローチ	(複合)

表: 計画研究班と解析手法の学問分野背景

知見を生かして、計算限界の解析技法に新たな流れを作る研究 (C01, C02) と、学習アルゴリズムやデータマイニングへの応用から、これまで考えられてこなかった新たな計算モデル・計算問題を提案し、その特徴付けを通して、計算限界への新たな解釈をもたらす研究 (C03) を進める。公募班は、得られた理論の応用に関する研究を補う。

共通の研究テーマ設定と各計画研究の対応

多様な解釈を得るために、多くの計画研究からなる組織を構成しているが、一方で、主要な研究テーマを以下の 3 つに絞り込み、複数の計画研究の研究者が同じテーマを異なる角度から研究できるようにした。(各計画研究が対応する研究テーマについては下図参照。)

$P \neq NP$ 予想は、計算についての制約が何もない中で計算限界を予想したものだが、現状では、適切な制約下での限界を研究するのが妥当な戦略である。本領域でも、最も基本的な次の 2 つの制約下での計算限界の解析を研究テーマとする。

研究テーマ (1) 特定の計算技法に対する限界解析：

計算技法を限定すると計算限界を議論しやすい。その技法の適用可能性に焦点が絞られるからである。代表的な NP 問題、とくに充足可能性問題、ならびに NP 完全と呼ばれる問題群に対し、主要な計算手法に基づく最先端の計算技法の計算限界を示す。

研究テーマ (2) 制限付き計算機構の下での計算限界解析：

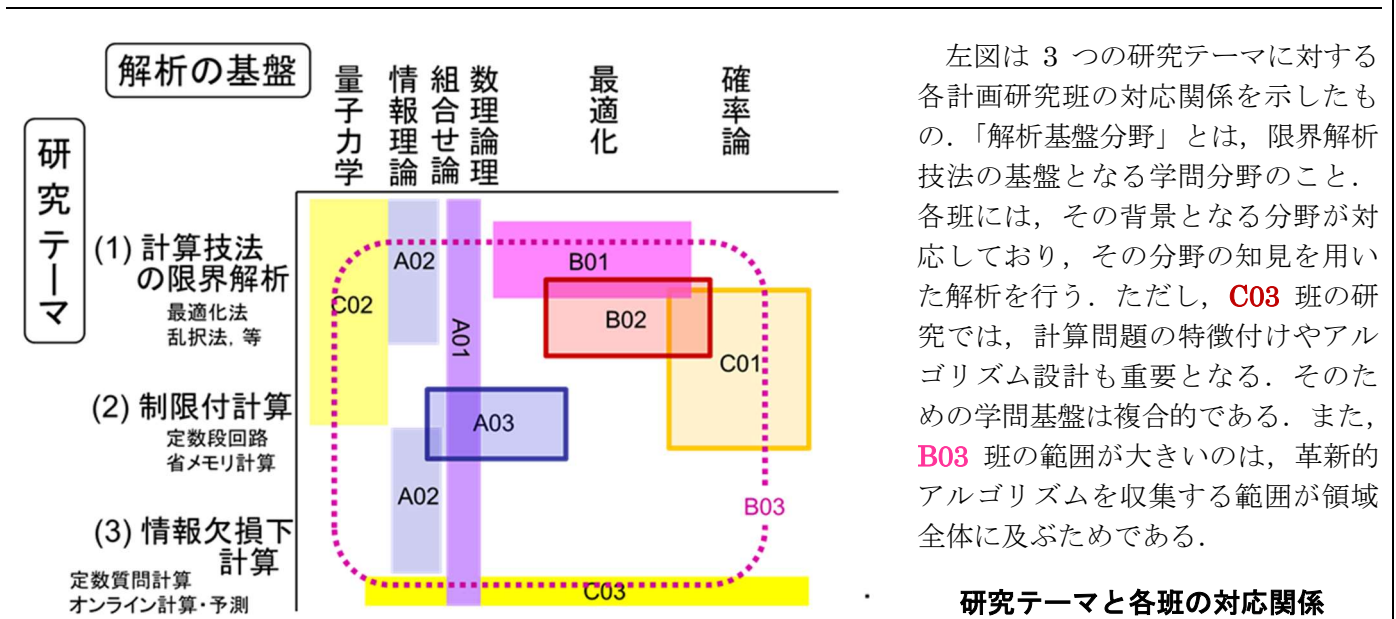
計算機構を限定した上で、その計算限界を解析する手法は、計算量理論の主流をなす研究手法である。本領域では、制限付き計算機構下の計算問題として代表的な「経路探索問題」(説明は p.6 参照) を対象に、より具体的な計算限界を示す。その中で、既存の解析技法の問題点を追及し、これまでの研究を転換させるような新たな解析技法の構築を目指す。

上記の 2 つの研究テーマは主に NP 問題を対象にしたものだが、新たな計算限界技法の開拓を目指し、それに適した計算問題を対象とする次の計算限界解析を 3 つ目の研究テーマとする。

研究テーマ (3) 情報欠損を仮定した計算問題に対する計算限界解析：

情報処理の過程では、完全な情報が得られないまま処理を進めねばならない場合がある。たとえば、超巨大なデータを限られた時間内に処理する場合、すべてのデータを見ることは不可能である。したがって、限られたデータに基づき計算を進めねばならない。あるいは、ネットワーク上の処理では、すべてのデータが揃う前に(ある程度の)計算結果を出さねばならない場面が少なからずある。つまり、情報が欠けた状態での処理を想定した計算問題である。情報欠損下では「不可能」がむしろ自然であり、どの程度の不可能性を打破できるかを示すことが計算限界の解明につながる。

以上は、いずれも「計算の理解」のための解析が目標となるが、解析によって得られた知見や新たな理論が革新的アルゴリズムの発見につながる可能性もある。本領域ではそうした可能性の追求も行う。とくに B03 は、それを主な研究目標とする。

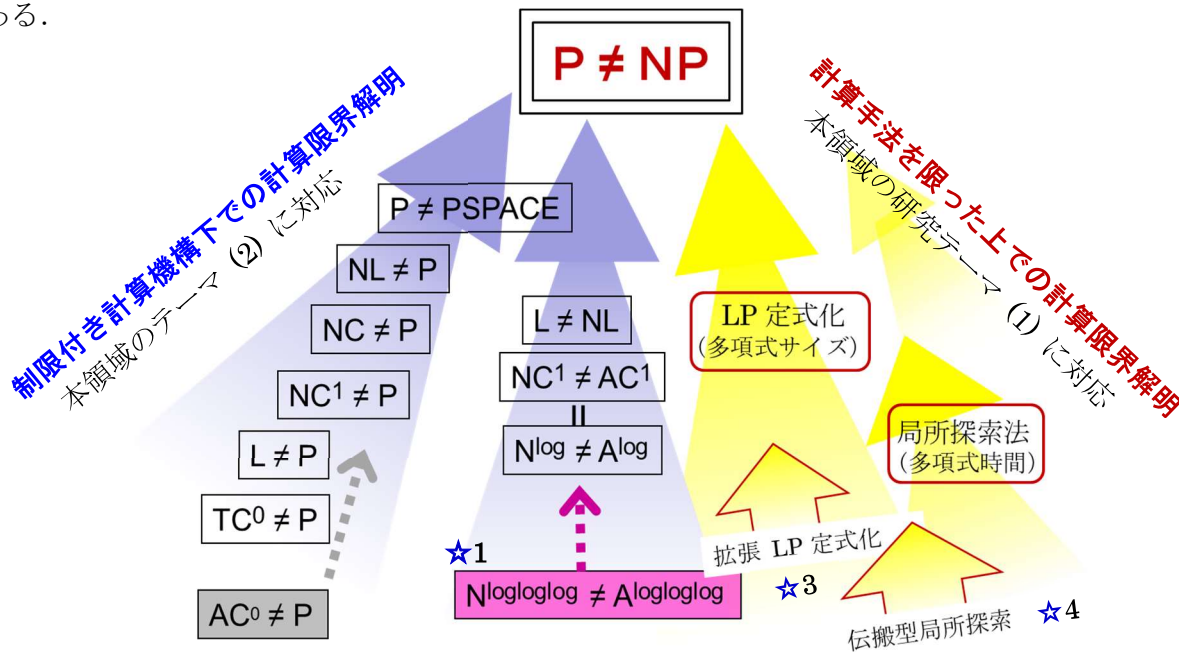


3. 研究の進展状況 [設定目的に照らし、研究項目又は計画研究毎に整理する] (3 ページ程度)

研究期間内に何をどこまで明らかにしようとし、現在どこまで研究が進展しているのか記述してください。また、応募時に研究領域として設定した研究の対象に照らして、どのように発展したかについて研究項目又は計画研究毎に記述してください。

図 1 : P≠NP 予想への研究の道のり

P≠NP 予想の解決へ向けての道のりを示す。P≠NP 予想へは 2 つの道 (水色と黄色) がある。これらは、本領域の研究テーマ (1), (2) にも対応する。☆は、以下で説明するこれまでの主要結果である。



※ □ はマイルストーンとなる予想。各記号の説明は省略する。なお、 $AC^0 \neq P$ は解決済。

P≠NP 予想解決までの道のりは長く、計算限界に関する様々な予測を解明する必要がある (図 1)。しかも、現時点では、その道筋も不明確である。この状況を打破するため、具体的な計算問題において「計算の理解」を探究し、その中から研究の具体的な道筋を示すのが本領域の目標である。その目標に向かって新たな流れの第一歩と言えるような研究成果も得ている。以下では、まず、顕著な成果を 2 つ紹介し、続いて各研究テーマの進捗状況について述べる。(以下の説明中の文献参照番号は事項 8 の論文リストの番号)

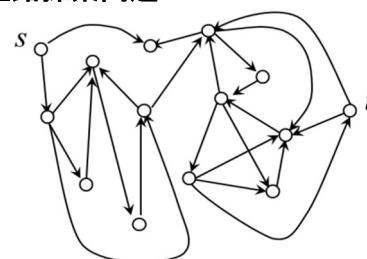
I. 本領域で現在までに得られた顕著な結果

☆1: 深さ限定回路の解析 (研究テーマ (2))

計算での途中結果の再利用は、計算の効率化の基本的な技法である。しかし、「再利用は効率化にとって必須」という直観が、回路計算の上で、実用的な問題に対して証明された例はなく、その解明は $L \neq NL$ 予想 (P≠NP 予想のメモリ量限定版) にも結び付く重要な未解決問題である。

ロスマン (A01) は、深さ限定回路 (正確には、深さ $\log\log\log n$ 段限定回路) という制限下の計算ではあるが、「経路探索問題」と呼ばれる基本的な問題に対する計算では、この直観が成り立つことを証明した [A01-6]。

経路探索問題



有向グラフと出発点 s 、目的点 t に対し、 s から t への道のりを求める問題。カーナビソフトの核となる問題でもある。

この結果により、深さ限定という制限下ではあるが、「再利用は効率化にとって必須」という直観に、**計算量理論 50 年ほどの歴史の中で初めて** 厳密な証明を与えたのである。その意味で画期的であるが、それにも増して重要なのは、解析の中で開拓した新たな限界解析技法である。

1985 年に得られた深さ限定回路の計算能力の限界 (図 1 の $AC^0 \neq P$ の結果) の証明は、計算量理論に大きな進展をもたらした。その解析のために強力な技法が開拓されたからである。今では「スイッチング理論」と呼ばれ、暗号や学習など、様々な計算の解析の基礎となっている。今回発見された解析技法もそのような理論に成長する可能性が高い。それを築いて行くのが今後の重要な課題である。

「計算の理解」の中には直接 $P \neq NP$ 予想に関係のないように見えるものもある。しかし、その理解から新たな計算の見方が得られ、それが強力な解析技法を導き出す場合も少なくない。さらには、それが革新的アルゴリズムの基礎となる場合もある。その典型例が次の結果である。

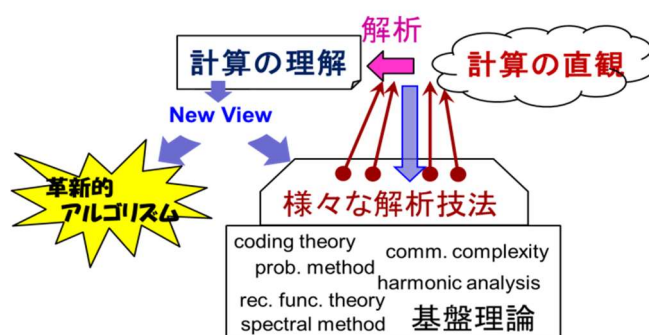
★2：定数回質問検査の特徴付け (研究テーマ (3))

定数個のデータを見るだけで性質が成り立つか否かを判定する「定数回質問検査法」は、1990年代に、NPの特徴付けの研究の中から発見された。以来、様々な性質に対する定数回質問検査が最先端の研究として強力に進められてきたが、線形性など線形代数的性質の定数回質問検査の特徴付けが未解決だった。それに対し吉田 (A02) が明解な特徴付けを与え、**20年近くの未解決問題の完全解決**を得た [A02-12]。

定数回質問での性質検査

与えられたデータが、ある性質 P を満たしているか、あるいは、性質 P から大きく逸脱しているかを判定する計算問題を性質検査という。この検査を、与えられたデータの量にかかわらず、定数個のデータを見るだけで行う計算法を「定数回質問検査法」という。

この研究では、組合せ理論の重要な知見の1つである「分解定理」(セメレディのアーベル賞受賞理由)が使われた。この計算版を開発し、それをを用いて、定数回質問検査可能な性質の特徴付けを得たのである。今後は、このアプローチを進め、分解定理に関する正則化補題の計算版を作ることで、より**多くの解析に適用できる強力な解析手法へと発展**させる。さらに、対象の規模によらず、定数回の検査や実験で判定できる、という驚異的な性質は、革新的アルゴリズムにもつながる可能性がある。実際、その実用化の検討を **B03** が進めている [B03-3, B03-30]。



計算の理解→新たな見方→新解析技法，という研究も重要。★2, 5, 6の研究がその範疇に入る。

図2：計算の新たな見方を導く研究

II. 研究テーマ別の主な目標と進捗状況

※計算量理論での計算複雑さの程度を示す標準的な言い方を、次のように略記する：多項式= n^k 以下となる関数のこと(ただし、 k は適当な定数)。以下、同様に、超多項式=多項式におさまらない関数、弱指数= 2^{cn} 以下(c は1未満の適当な定数)、強指数= 2^{dn} 以上(d は1以上の適当な定数)のこととする。

★3：LP定式化の枠組みの下でのNPの困難さの解明 (研究テーマ (1))

線形計画法(略称LP)は、最適化問題に対する強力な解法であり、NP問題に対しても有効である。NP問題の問題例を線形計画問題として定式化(LP定式化)すれば、LPを解く強力なアルゴリズムを用いて解を求められる。この際LP定式化のサイズ(線形制約式の数)が重要で、この定式化サイズが容易さ・困難さの指標となる。ただし、無制限のLP定式化での定式化サイズの超多項式下界は、ただちに $P \neq NP$ を導く(ので、その下界を得るのは難しい)。現時点では、何らかの制限下でのLP定式化の限界を議論するのが妥当である。**B02**では、LP定式化の中でも標準的な手法である「拡張定式化」に限定し、NP問題に対する、拡張定式化の限界、つまり、拡張定式化サイズが超多項式になるか否かの解析、ならびにその意味付けを技術目標とした。Fiorini (**B02**研究協力者)等が示した巡回セールスマン問題(NP問題の1つ)の拡張定式化サイズの超多項式下界[Fiorini他, 2012]が出発点である。この技術目標のため、エイビス(**B02**)等は、Fiorini等の結果を用い、NP問題に対して拡張定式化サイズの超多項式下界を示す**強力な解析技法を開発**した[B02-6]。それをを用いて、多くのNP問題の拡張定式化サイズの超多項式下界を証明した。その結果は**拡張定式化サイズの下界に関する研究の世界的な流れを作り**、それが新たな発見(多項式時間計算可能でも拡張定式化サイズが強指数になる問題の発見[Rothvoss, 2013])を導いた。この発見により、拡張定式化サイズでは多項式時間計算可能性の特徴付けとして不十分であることが明確になったため、**B01, B02**が共同で、拡張定式化の不十分な点を明らかにし、新たに妥当なLP定式化を見出す研究へと進んでいる。その中で**B01**はRothvossと対称的な結果も得ている[B01-1]。

★4：拡張3LIN問題に対する伝搬法の平均時計算限界の解析 (研究テーマ (1))

連立方程式のように複数の式のすべてを満たす解を求める問題を総称して制約充足問題という。この種の問題の中でも、NPを代表する計算困難さを保ちながら最も単純な構造を持つ3SAT問題が重要視され

ている。この 3SAT の平均時の計算困難さについて、統計力学的手法での研究が近年、非常に進んでいる。3SAT に対しては、様々な局所探索法が提案されているが、中でも伝搬法とその拡張版が良い性能を発揮することが実験的に示されている。統計力学では、制約式数をパラメータとし、伝搬法やその拡張版による解探索が不可能となる限界点「解探索困難さの相転移点」を、近似解析・実験解析により明らかにしている。こうした統計力学的直観を厳密化することを **C01** では目標とする。ただし、対象を 3SAT 問題から、暗号への応用から注目を集めている拡張 3LIN 問題に変えて、伝搬法やその拡張版の計算限界の厳密解明を目指す。伝搬法だけに限った場合ではあるが、森 (**C01 PD**) を中心とした **C01** の研究で、これまでに相転移点の厳密な確定に成功している [C01-2]。この解析過程で、伝搬法が行き詰まるような構造を発見したが、実は、それは、**ある種の LP 定式化の不可能性の特徴付けでもある** ことも判明した。つまり、この研究で得られたのは、伝搬法の限界解析手法だけでなく、LP 定式化の限界解析手法でもあったのである。したがって、LP 定式化という枠組みで考えれば、**B01, C01** が、**共通の計算問題と計算手法を、まったく異なる解析技法で分析する土俵**を得たことになる。今後、この両者の関係を追求することで、強力な統合解析技法を開拓することを目指す。

★5：行列積の計算に関する Coppersmith-Winograd 法 (CW 法) の限界解析 (研究テーマ (1))

行列積の研究から、計算限界の新たな研究シナリオの試みが始まった。ここでの行列積とは、経路探索問題や MAX-2SAT にも応用できる一般化行列積計算である。この計算の効率改善は、1969 年に $O(n^{2.81})$ 時間の巧妙な行列積アルゴリズムが示されて以来、盛んに行われてきた。その多くが、CW 法に従って導き出されている。この手法には、計算の高速化を決めるパラメータがある。良いパラメータを用いれば、より高速なアルゴリズムを導くことができる。ルガル (**C02**) は、量子計算の解析手法を用いて、このパラメータを解析し、このパラメータの改良計算自体を多項式時間で行うアルゴリズムを発見した。実際、それにより**世界最速の行列積計算アルゴリズム**を得ることに成功した [C02-18]。

この研究は、新たな研究シナリオになる可能性がある。ある計算手法 X に基づくアルゴリズム群の性能をパラメータで表わすことができ、良いパラメータを求める式が定義できれば、その式を解析することで、手法 X の計算限界を一気に確定できる。3SAT 問題に対しては、次々と効率の良い弱指数時間アルゴリズムが提案されているが (現在のところ本領域の **A01, A02, C01** の共同研究の中から発見されたアルゴリズムが**決定性では世界最速**)、ルガルの研究に触発され、3SAT に対する (局所探索法による) 弱指数関数アルゴリズムの改良の仕組みをパラメータ化する研究を **A01, A02, C01, C02** が共同で始めている。

★6：省メモリ計算の限界解明 (研究テーマ (2))

従来の常識を覆す事実を見出すことは、新たな研究の切り口を見つけるのに重要である。本領域でも、省メモリ計算の限界解明において、それに近い成果が得られている。「計算結果の再利用の効果」は、**★1**でも議論したが、使用できる作業記憶領域の量 (メモリ量) を制限した計算モデル上でも検討可能である。メモリ量削減の影響を経路探索問題において調べる。とくに、メモリ量をこれ以上絞ると多項式時間計算が不可能となる限界「メモリ量限界」の解明が重要である。NNJAG という計算モデルの上では、メモリ量を、たとえば $O(n^{0.99})$ ビットに制限すると多項式時間計算不可能となることが知られている [Poon 他, 1999]。そのモデルの妥当性の調査研究を浅野 (**A03**) 等が始めたが、それに **C01** が加わり、平面グラフに対しては多項式時間計算の範囲内でメモリ量を $O(\sqrt{n})$ にまで削減できることを証明した [A03-1]。これは **NNJAG での理解を大きく改めねばならない**ことを示唆する結果である。今後、この結果から NNJAG モデルを改良し、妥当な計算モデルの上でメモリ量限界を議論する。

★6：オンライン計算可能性の特徴付け (研究テーマ (3))

「オンライン計算」とは情報が逐次的に来る中で、それまでの情報のみで判断結果を出さねばならない状況をモデル化した計算問題の総称である。この種の計算は、学習の場面などに登場する。オンライン計算では、すべての情報が与えられた時と同じ性能が得られれば最適である。つまり、そのようなアルゴリズムを得ることが限界の解明につながる。牧野 (**A01**) 等は、オンラインナップサック問題に対する**最適性を達成するアルゴリズム**を発見し、この問題に対する計算限界を確定した [A01-29]。瀧本・畑埜 (**C03**) は、オンライン予測の技法として、最適化理論で用いられているメタラウンディングをオンライン予測で利用する技法を開拓し、**オンライン予測の近似最適アルゴリズム**を得た [C03-1]。この両者は異なる問題に見えるが、オンライン型の情報欠損に対処する技法が鍵になるという点は共通である。この 2 つを比較することで、オンライン計算のための、強力で見通しの良いアルゴリズム設計手法を得ることを目指す。

4. 若手研究者の育成に係る取組状況（1ページ程度）

領域内の若手研究者の育成に係る取組状況について記述してください。

1. 学生～若手研究者に対する啓蒙・教育活動

本領域では、学生や若手研究者の育成のために次のような事業を行った。

※以下で用いられている ELC は、本領域の簡易英語名称 Exploring the Limit of Computations の略語。また、CELC は、東工大の田町キャンパスのオフィス Center for ELC の略である。

- ・ 学生セミナー（H25 年度前期，H26 年度前期）：有志学生が PD（脊戸，森）の指導のもと、計算限界解明の少し高度な研究に関するセミナーを CELC にて週 1 回のペースで行った（H26 年度は進行中）。群馬大，東工大，東大の学生が参加し、テレビ会議システムを通して京大の学生も加わった。
- ・ 国際会議派遣＋報告会（H25 年度 2 回）：本領域に参画している教員に師事する博士課程の学生ならびに若手研究者を、理論計算機科学における最も重要な国際会議に派遣し、研究動向を調査・報告させる事業を H25 年度に 2 回行った（IEEE FOCS 派遣，SIAM SODA 派遣）。

さらに、より広く情報系の学生を対象に、計算限界解明の基礎を中心に、計算の理論に関する教育・啓蒙活動を以下のように行ってきた。**新学術でこそ可能な、わが国の情報科学技術に対する貢献**であると考えたからである。

- ・ 秋学校（計 4 回），ELC チュートリアル講演（計 5 回）：アルゴリズム設計に関する基礎理論の合宿形式の講習会－ELC 秋学校－を H24 年度，H25 年度の 2 回行った。本事業は、主要なテーマを選び、本領域の研究者を中心に、そのテーマの専門家 4 名を講師として招き 3 日間の合宿形式で講義・演習を行う講習会である。計算限界解析技法の重要な応用分野である暗号理論についても、同様の講習会を 2 回主催した。各講習会すべてで、40 名程度（内、2/3 程度が学生）の参加があった。また、電子情報通信学会コンピュテーション研究会で、ELC チュートリアル講演シリーズとして、計算限界解析の入門講義を H24 年度から H25 年度にかけて、合計で 5 回行った。
- ・ 数学セミナーでの紹介サイエンスカフェ

数学セミナー（2013 年 11 月号，日本評論社）にて計算限界解明（とくに $P \neq NP$ 予想）の紹介特集を企画・執筆した。また、その出版に合わせてサイエンスカフェを行い、約 60 名弱（うち 40 名以上が高校生）の参加者に $P \neq NP$ 予想とその関連研究の話をした（東工大博物館，H25 年 11 月）。

2. 博士研究員 PD の育成

本領域では、博士研究員 PD のポストを、A01 班 1 名，A02 班 1 名，B01 班 1 名，C01 班 2 名の合計 5 名用意している。本領域では、PD の管理・育成を担当する PD 選考委員会を設け、関連する計画研究の代表者と連携を取りながら、PD の管理・育成を行っている。とくに、H25 年度からは **PD プロジェクト**（PD が提案したプロジェクトを審査し、妥当ならば支援する事業）を総括班の経費を用いて行った。この制度を利用し、脊戸 PD と森 PD が、各々、海外の研究拠点を中長期間訪問した。また年度末には、ホスト教員抜きで、各 PD と個別に面談し、研究の進捗状況だけでなく、研究環境から日常生活に至るまで、問題の有無を確認している。こうした育成の成果は着実に出ていく。これまでに**雇用した 6 名の PD のうち、すでに 1 名が助教として、1 名が NII の特任研究員として、1 名がドイツ学術交流博士研究員として栄転**している。

3. 若手研究者の受賞

若手の育成は彼らの受賞などで効果を表わし始めており、本領域の学生や若手研究者は、以下のような実績を出している。

若手研究者：H24 年度 4 名，H25 年度 6 名，H26 年度 3 名。

（例）船井研究奨励賞（H24，25 年度各 1 名），井上研究奨励賞（H24 年度 1 名）

領域雇用の PD：1 名が国際会議で発表賞を受賞。また、3 名が学会での招待講演を行った。Lampis PD は、国際的に著名な学会誌（ACM SIGACT News）で招待論文として解説論文を発表した。

学生（主に博士課程の学生）：H24 年度 4 名，H25 年度 5 名，H26 年度 2 名。

5. 研究費の使用状況（設備の有効活用、研究費の効果的使用を含む）（1ページ程度）

領域研究を行う上で設備等（研究領域内で共有する設備・装置の購入・開発・運用・実験資料・資材の提供など）の活用状況や研究費の効果的使用について総括班研究課題の活動状況と併せて記述してください。

研究費の使用内訳（概要は右図、以下は、その内訳）

事務局経費：補佐員，田町オフィス借料

イベント：

H24 Tokyo Complexity Workshop

H25 国際会議 ELC ICSG (C01)

Kyoto Workshop (B01,B02)

H26 領域成果発表公開シンポジウム

教育事業：

H24 秋学校，暗号学校

H25 秋学校，暗号学校，国際会議派遣
サイエンスカフェ

招聘：（イベント招聘以外，総括班予算による招聘）

H24 短期 5名，H25 短期 7名，長期 1名

研究費の活用状況

(1) 田町オフィス CELC（Center for ELC），遠隔テレビ会議システム（Polycom）

田町の東工大キャンパスイノベーションセンターに本領域の拠点オフィスを H24 年度 10 月より設けた。事務職員，PD，招聘研究者用オフィス 3 部屋とセミナー室 1 室から構成される（セミナー室の使用は H25 年度後期より）。うち，3 部屋は東工大より無償提供である。この CELC には，事務補佐員 1 名と東京地区雇用の PD1～3 名が駐在している他，総括班・計画研究班で招聘した研究者のオフィスとして使用している。セミナー室は各種研究打ち合わせ，勉強会（年間平均週 1/2 回），学生勉強会（年間平均週 1 回），セミナー等（H25 年度 10 回）に活用されている。本領域の研究者も頻繁に利用している。セミナー室には遠隔テレビ会議システムを設置し，東北大，埼玉大，電通大，京大，九大と結び，セミナーや勉強会に活用している。

(2) イベントと招聘

イベント経費は，ほとんどが招待講演者の招聘である。H24 年度 3 月に本領域が主催したキックオフイベント「Tokyo Complexity Workshop」に，世界のトップ研究者 19 名を招聘し，150 名以上の参加者とともに，本領域の計画にかかわる課題と研究アプローチについて，4 日間に渡り熱のこもった議論を行った。その成果として，招聘者との共同研究がいくつか始まり，研究のために再度訪れる研究者も出ている。**この会議により，本領域のスタートが世界の研究者に認識された。**また，ワークショップ後の K. Mulmuley, J. Grochow による集中講習会から，本領域と日本の数学者との GCT（代数幾何的計算複雑さ理論）の共同研究が始まった。

H25 年度は，計画研究班が主催した 2 つのワークショップを共催した。C01 班主催ワークショップ ELC ICSG は，4 年に 1 度開催される統計力学の世界大会 STATPHYS の第 25 回大会（ソウル）の公式サテライトワークショップに採択された。また，発表論文を元に査読を行い，23 件の論文からなる論文集を Journal of Physics, Conference Series の 1 巻として 2013 年 12 月に刊行した。B01,B02 班主催の Kyoto Workshop on Polyhedral Approaches では，拡張 LP 定式化についての徹底討議が行われ，それが拡張 LP 定式化に関する本領域の重要な成果につながった。

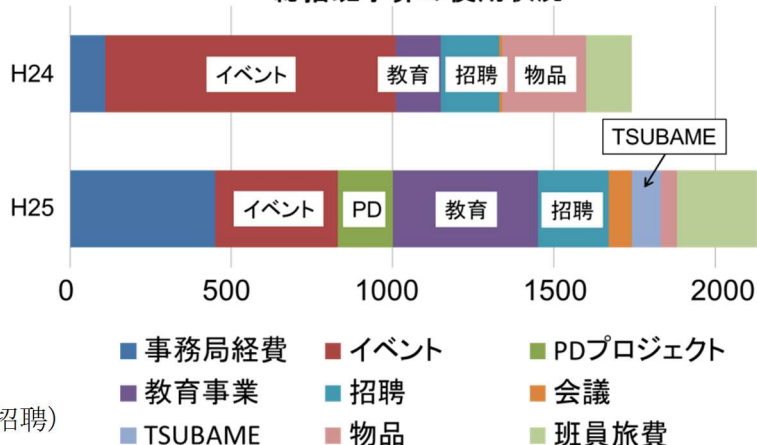
以上を含め，総括班経費で**招聘した研究者は 2 年間で 48 名**であり，セミナー，ミニワークショップ（一部は計画研究班と共催）の実施回数は，36 回である。こうした交流は研究のためだけでなく，本領域のメンバーの世界でのプレゼンス向上に役立っている。たとえば，理論計算機科学の主要国際会議が H26 年度以降，立て続けに日本で開催されることが決定している。（その大会委員長は本領域関係者）

(3) PD プロジェクト，教育事業については，項目 4 で説明したので，ここでは説明を省く。

(4) TSUBAME プロジェクト

東工大のスパコン TSUBAME を使い，暗号に使われる関数の強度測定 [B02-5] や，開発したアルゴリズムの評価を行った。**世界初の分散 QBF-SAT 解探索ソフト**の開発にも成功した [A01-59]。

総括班予算の使用状況



6. 総括班評価者による評価（2ページ程度）

総括班評価者による評価体制や研究領域に対する評価コメントを記述してください。

評価体制 本研究領域の総括班での評価体制を以下に述べる。

	氏名	所属	職	専門分野	役割分担
連携研究者	茨木 俊秀	京都情報大学院大学	学長	最適化アルゴリズム	領域運営評価
連携研究者	丸岡 章	石巻専修大学	教授	計算の理論	領域研究評価
連携研究者	湊 真一	北海道大学	教授	アルゴリズム理論	領域研究評価
連携研究者	浅野 孝夫	中央大学	教授	アルゴリズム理論	公募研究評価
連携研究者	今井 浩	東京大学	教授	量子情報科学	公募研究評価
研究協力者	S. Arora	Princeton 大学	教授	計算の理論	国際連携
研究協力者	L. Fortnow	Northwestern 大学	教授	計算複雑さの理論	国際連携

なお、国際連携を役割とする Arora 氏と Fortnow 氏は国際的な立場から本領域の評価を行う。

公開シンポジウムでの外部評価 2014年3月14日に本研究領域の研究活動ならびに成果を一般の方に公開する新学術領域「計算限界解明」シンポジウムを開催した。この際、岩間一雄（京都大学）、中島秀之（はこだて未来大学）、宮野悟（東京大学）、安浦寛人（九州大学）の4名を外部評価委員としてお招きし、本研究領域に対する忌憚のないご意見を伺った。

評価コメント

領域運営（茨木俊秀）：本研究領域では、計算理論に現れる種々の問題やモデルの計算限界を解明することによって、PとNP問題に代表されるような未解決問題の解決へ向けて、理論を深化させることを目指している。この目的を達成するには、過去の研究の延長だけでは十分でなく、何らかのブレークスルーが必要である。どのようにすればブレークスルーを実現できるかは予見できるものではないが、研究領域の運営にあたっては、その実現のために好ましい環境を構築することが肝要である。次の諸点が重要ではないかと考えている。

1. 数学における重要な発見の多くは若い研究者の新鮮な頭脳から生まれていることに鑑み、有能な若手を多数育成し、彼らの自由な研究活動を保証すること。
2. 新しい発見は、固定した専門分野からではなく、一見異なる分野からの刺激によって生まれることが多い。そのため、対象とする分野を広く取り、それら関連分野の共同研究を推進すること。
3. 得られた成果を国際会議において速やかに発表し、また諸外国における研究動向を知ること。国際的な研究協力体制を構築すること。

以上の観点から、本研究領域の研究組織を見ると、9班からなる計画研究班と新しく加わった公募班は幅広い研究分野を包摂しており、研究班間の交流も盛んである。また構成員には若手が多数含まれていて、元気に研究活動を行っているようである。このことはこれまでに開催された多数の研究会議と領域会議における発表と活発な議論、また会議の自由時間における研究者の交流から見て取れ、すでに興味深い研究成果が次々と生まれていることから立証されている。これらの会議には、海外の第一線の研究者が多数招聘されていて、最新の研究成果の交流がなされている。また、ポスドクや招聘研究者として、若手研究者や外国人研究者を中長期的に任用しているのも好ましい効果を上げていると思われる。

まだ領域研究が開始されて日が浅いため、最終的な結論を出すことはできないが、これまでのところ、全体構成は理念どおり実現され、それらの運営にも大きな問題はないと判断している。この態勢を保って、最終的にPとNP問題の解決につながるような、時代を画す成果が得られるよう期待したい。

領域研究（丸岡章）：これまでの科学・技術の歴史を振り返るまでもなく、新しい科学・技術の分野はいったん形成されると、次第に成長し、やがてはその成長も鈍り成熟するということが繰り返されてきた。この成長と成熟のサイクルはあたかも自動的必然的に起こるという印象すらある。言うまでもなく、これを可能とするのは研究を進めるための知的枠組みである。P≠NP問題にかかわる研究の歴史においても、大きく成長し豊富な研究成果が蓄積された時期に続き、現在その成長も鈍り一段落していると思われる。コンピュータの計算が次世代を切り開くキーテクノロジーとなった現状を踏まえ、新しい研究の発展の原動

力となる成果がもとめられている。

本新学術領域研究では、 $P \neq NP$ 問題の解明という究極の目標を念頭においた上で、計算資源の制約のもとでの「計算の理解」という具体的な目標を設定し、この目標テーマを解明するとともに、この分野の発展を加速する知的枠組みをつくりあげることを目指している。これまでの2年間という短い研究期間にもかかわらず、この分野を再び発展させ得る研究成果をあげている。

$P \neq NP$ 問題にかかわる研究の歴史は、1970年代にカナダとロシアの才能、Stephen Cook と Leonid Levin により独立にえられた Cook-Levin の定理にさかのぼる。当初は、研究者個人のひらめきでこの問題は解決できると信じられていた時代もあったが、現在は、「計算に対する深い理解」無しではこの問題の解決は難しいと信じている研究者が多い。本領域研究では、このような経緯を踏まえ、「計算の理解」を深めるという指針のもと、関連する研究手法を総動員してこれまでの知見を研究の枠組みとして整理し、この分野に参入する若い研究者でもすぐに最先端の研究に取り組めるような基盤を整備している。

次に、本領域研究でこの2年間に得られた世界をリードする成果で、知的枠組みをつくるのにつながると思われるものをいくつか挙げる。Rossman (A01) は、論理式と論理回路に計算で必要となる深さの違いがあることを証明した。これは、この分野で40年以上に渡り未解決だった問題で画期的な成果である。Coppersmith-Winograd 法は行列積を求める、計算効率をぎりぎりまで追い込んだ巧妙なアルゴリズムとして知られたものであるが、C02 では、このアルゴリズムをしのぐ世界最速の行列積計算アルゴリズムを導く手法を開発した。NP 問題は線形計画問題 (LP) として定式化できることが知られているが、Fiorini (B02 研究協力者) 等は、この定式化では線形制約式の個数が膨大になるはずという20年以上未解決のままだった予想を証明することに成功した。

領域研究 (湊真一): 本研究領域は、日本の主要な理論計算機科学者の大多数が参加し、渡辺治研究代表の下で組織的に研究を進めているものである。2013年3月に開催されたキックオフ国際ワークショップでは、世界各地から理論計算機科学の第一線で活躍中の著名研究者17名が東京都内の会場に一堂に会して講演を行い、本研究組織への期待を述べていた。招待されたとはいえ、これだけの人数の著名研究者が多忙な中で日程を調整して、同じ日に日本に集まったというのは驚きであり、いかにこの研究領域が国際的に注目され期待されているかということを示すものである。

理論分野には大型科研費は不要と思われがちであるが、実は理論計算機科学の振興には大型科研費は非常に効果的である。狭いコミュニティに閉じこもりがちで理論研究者を大型科研費により組織化することができる。さらに異分野の評価者にも成果を理解してもらうために、メンバーが集まって知恵を絞ることになる。このようなプロセスが新しい刺激を生み、応用技術との連携をもたらすだけでなく、基礎理論そのものの進展にもつながると考えられる。実際、本研究領域では9つの班が互いに切磋琢磨しながら有機的に結合し合って、革新的な研究成果を産み出しつつある。さらに関連する2つの ERATO プロジェクト (河原林巨大グラフ、湊離散構造処理系) との連携による相乗効果も見られる。

理論分野の大型科研費は、実験科学に比べれば少ない研究費で実施可能であるが、その価値は研究費総額でランク付けされるべきではなく、国家的プロジェクトとして看板を掲げていることが重要であると考えられる。それによって優秀な人材が集まり、互いに刺激し合うコミュニティが形成可能になる。本研究領域は現在そのような組織化に成功している状態にあり、今後もこれを維持継続して一層の研究成果を産み出すことを期待したい。

公募研究 (浅野孝夫, 今井浩): 本新学術領域研究においては、公募により9件の課題が採択され、これまでに1年強の研究を進めてきた。この間、3回の領域会議と公開シンポジウム、Mini Workshop 等の活動に参加をし、領域全体の理解も深め、共同研究を含め種々の新規研究活動開拓に取り組んで、すでに成果も創出されている。これも本計算限界解明に関する研究テーマが、少数精鋭の公募研究申請を招き寄せたことを初めとして、公募研究を適切な計画班に配置し、それとともに班を横断する連携研究を奨励し、計画班の従来研究に加えて公募研究を有機的に連携して研究分野拡張を可能にしたことによる。これらのことは、領域代表者のリーダーシップによるところが大である。

公募研究者の観点からは、採択されることによって新たな課題・側面での取り組めており、本新学術研究への参画によって公募研究者自らも新展開をもたらせている。これは、採択された公募研究者が、従来研究を継続するだけのアプローチを取ることなく、どの研究者も何点かの本新学術領域分野参加によって可能となる点に着目し、そこを突破口として新規展開していることによる。顕著な点を以下列挙する。(1) ある理論研究者の場合、ELC プロジェクトで重点的に使用可能となる東京工業大学スパコンの Tsubame

の開発者と議論・連携してそれをフルに得られることが、高い計算量クラスでの論理問題 QBF に対して世界唯一の並列ソルバ開発を可能としたこと。(2) 通常世界・日本で共同研究できるよりさらに密接な領域で異なる専門性をもつ研究者と交流を開始して、共同研究につなげることができる本新学術研究の環境を活用したこと、(3) 分散計算というモデル化と計算解析限界の両面をもつ研究者が、従来のモデル化を深める方向のみに進んで行き詰まっていたところを、計算解析限界の観点から分散計算に新たな視点をもたらし、世界の時流となる新展開をもたらしたこと、(4) 現実問題からモデル化したトークン動作問題で世界をリードする研究を計画班との連携の中で実現していること、(5) 日本発の離散凸解析等に基づく最適化アプローチによる計算限界解明と多様な応用分野での深い方法論の展開をみせつつあること、などである。

以上をまとめるに、領域代表者の強いリーダーシップの下、公募研究を触媒として領域全体がさらなる拡大をし、参加した公募研究者にとっても得難いくらい有意義な環境での新研究成果創出ができており、新学術領域研究の中でも横断的連携による成果創出でトップクラスの公募研究活用・推進に成功している領域であるといえる。

海外評価 (Arora): 計算複雑さの理論のリサーチマップ、とくに、 $P \neq NP$ への研究シナリオを作るという試みは崇高ではあるが、とても難しいと思う。研究テーマを深め、現在できることをやり、その中から、新しい理論を導いていくのが無難ではないか？ 本プロジェクトの各研究テーマの選択は、戦略的であり、また、魅力的でもあるので、それらを丁寧に議論するだけでも、十分素晴らしいと思う。(2013年5月訪問時)

海外評価 (Fortnow): 計算の意味の理解に立ち戻って、様々な研究を見直し、新たな視点を築くのはよいことである。我々人類は $P = NP$ の世界を何とか実現しようとして頑張っているのだと思う。もちろん、 $P \neq NP$ であり、完全には不可能であるし、万能薬があるわけでもない。だからこそ、計算限界の理解が必要だ、と訴えるべきだと思う。(2012年11月訪問時)

外部評価 (岩間一雄): 領域が始まり約2年間に画期的な素晴らしい成果が出ている。計算量の概念や成果は情報化社会の根本をなし重要であるが、近年は、ビッグデータの名のもとに統計・学習などが重視される傾向にある。このあたりの関係や計算量の重要性を情報分野以外の一般の方に分かるようにどうアピールするかが重要である。最近米国で動き出した計算機科学分野の Simon Inst. プロジェクトでは一箇所に多くの研究者集めている。このように一か所に研究者が集まることは、研究者間で有機的な反応があり、非常によいと思われる。本プロジェクトでは、メンバーが各大学に所属しているのでそのようなことは難しいが、電子会議などを利用して、できるだけ多くの人が定期的に研究会をすることがよいのではないかとと思われる。

外部評価 (中島秀之): 情報分野における根幹問題に正面から取り組んでいる本研究領域に大きな期待を寄せている。また、シンポジウムの説明においては「 $P \neq NP$ の意味は、解を見つけるのは、解の検証より難しいということである」というような意味付けを述べられていたことが非常に良かった。C03 班の学習の説明も良かった。ただ、一般のひとに理解してもらうためには「脱乱化」「マトロイド」などの専門用語をより分かりやすく説明を試みる必要がある。

外部評価 (宮野悟): 統合・連携し研究を推進しており非常によい。特に若手の研究者が活発で本領域の意義を垣間みることができる。分野外の研究者、あるいは、一般人からの視点で、「計算限界を解明する」ことに何の意味があるのか、情報分野の意味ばかりではなく、社会において、もしくは、人類の歴史においての重要性を分かりやすく説明する努力が必要だ。得られた成果の歴史的な意義付けも行ったほうがよいと思われる。また、新学術領域を「創成」という方向で本研究領域の成果を説明するのもよいが、「深化」という側面を前面に出す方がよいのではないかと。

外部評価 (安浦寛人): 渡辺領域代表を中心に、焦点を絞ったチーム編成を行い、計算理論の本質を解明する戦略的な研究が行われている印象を強く受けた。70年代から NP vs P やその周辺の研究がスタートし、現在も盛んに研究が行われているのであるが、対象領域の地図を一般の方にも分かりやすく見せることが必要である。その地図上で、各班がどの方向から攻撃し、どの程度の進展したのかを示すのがよいと思う。本領域の人類史的な意義、重要性をもっと述べた方がよい。情報は社会のインフラという認識でフロンティアではない、と言う人もいるが、実際は、もっとも重要な産業のひとつであり知のフロンティアであることをはっきり理解してもらう必要がある。

7. 主な研究成果（発明及び特許を含む）[研究項目毎に計画研究・公募研究の順に整理する]

（3 ページ程度）

現在実施している新学術領域研究（公募研究含む）の研究課題を元に発表した研究成果（発明及び特許を含む）について、現在から順に発表年次をさかのぼり、図表などを用いて研究項目毎に計画研究・公募研究の順に整理し、具体的に記述してください。なお、領域内の共同研究等による研究成果についてはその旨を記述してください。

事項3では、研究の目標とそれに向けての進捗状況を説明するために、成果等も数を絞って説明した。ここでは、計画研究の組織（含：関連する公募研究）ごとに、主な研究成果を網羅的に紹介する。ただし、研究テーマとの関連を示すための補足を右欄に掲載する。なお、公表はされているが、査読中であり項目8に記載されていない成果については、事項3で取り上げたもののみ、現段階の公表情報を記載した。

※研究テーマ番号は事項1や2で説明したもの。ただし、領域成果の応用を目指した研究は研究テーマ(X)とした。

説明中の文献番号は項目8の論文表の論文番号。本領域と関連のない著者については(他)とした。

共同研究は最初の研究班で記述した。

事項3で
紹介した研究



A01（計画研究）

- ・ロスマン：経路探索問題に対する論理式と回路の能力差 [A01-6]

「計算の再利用」の有効性は回路計算では論理式と回路の能力差で表わされる。その差を**計算複雑さの研究の歴史の中で初めて証明**した結果である。

- ・河村，他：滑らかな微分方程式の計算困難さの特徴付け [A01-12]
計算量の概念を実数など連続量の数学的諸現象にも適用する研究の1つ。最も基本的な常微分方程式の計算困難さの特徴付けには滑らかさだけでなく、Gevrey 階層での高さなど別の性質が必要であることを明らかにした。

- ・牧野，他：オンラインナップサック問題に対する最適アルゴリズム [A01-26]
キャンセルコスト付き・重み無しオンラインナップサック問題に対し、オフライン計算と同等の性能を持つ最適アルゴリズムを発見することで、この問題の計算限界を明らかにした。

- ・牧野，玉置 A02，山本 C01：制約充足問題の一つ 3SAT に対する**決定性世界最速アルゴリズム**の導出 [A01-16]

3SAT に対する乱択アルゴリズム（乱数を利用したアルゴリズム）の乱数の特質を明らかにし、乱数を置き換える計算を示し、決定性（＝乱数を利用しない）アルゴリズムを導いた。

（公募研究）

- ・Jordan：**世界初の分散型 QBF-SAT 解探索ソフト**の開発 [A01-59]

A02（計画研究）

- ・河原林：対数メモリ量計算での定数種数グラフの埋め込み [A02-2]

平面グラフの拡張として定数種数グラフの埋め込みを考え、平面グラフと同様、対数メモリ量で計算可能であることを示すアルゴリズムを発見した。

- ・吉田：アフィン変換に閉じた性質で定数回質問検査可能性 [A02-12]
1995 年以来、多くの研究者が精力的に研究し、それでも明らかにできなかった特徴付けに関する未解決問題の完全解決を得た。

- ・脊戸，玉置：線形サイズ論理式の充足性問題に対する決定性弱指数時間アルゴリズムの導出 [A02-42]

線形サイズ論理式の充足性問題の弱指数時間計算可能性を最大限にも一般化させた結果、**国際会議 CCC2012 で Top5** に選ばれた著者らの発表の完成版。

A03（計画研究）

- ・浅野，渡辺 C01，他：経路探索問題に対するメモリ量 $O(\sqrt{n})$ かつ多項式時間のアルゴリズム [A03-1]

平面グラフ上に限ってはあながち、多項式時間範囲内で経路探索問題を解くのに必要なメモリ量を $O(\sqrt{n})$ まで削減できることを示した。

研究テーマ (2) ⇒ 事項 3

◀ 研究テーマ (1) :
連続量計算の計算限界

研究テーマ (3) ⇒ 事項 3

研究テーマ (1) ⇒ 事項 3

◀ 研究テーマ (X)
限界解析技法の実践応用へ

◀ 研究テーマ (2)

研究テーマ (3) ⇒ 事項 3

◀ 研究テーマ (1) :
論理式の制約充足性問題
の最も一般的な形

研究テーマ (2) ⇒ 事項 3

・浅野, 他: 最近直近要素発見問題についてメモリ量と時間計算量の間のトレードオフ [A03-13]

メモリ量×時間計算量が一定という性質を示した.

・浅野, 他: ソート問題に対するメモリ量と時間計算量の間のトレードオフ [A03-12]

メモリ量×時間計算量が一定という性質を示した.

・浅野, 他: メモリ量調整可能アルゴリズムの開発 [A03-11]

多角形内部における幾何的最短経路発見問題に対して, メモリ量がパラメータ化されたアルゴリズムを開発した.

(公募研究)

・泉: 信制限下での全域木検証問題の計算時間限界 [A03-46]

単位時間あたりの通信ビット数が制限される計算機ネットワークモデルにおける全域木検証問題に対して, 新たな計算時間限界を得た.

B01 (計画研究)

・岩田, 神山, 加藤, 来嶋, 岡本: 疎性マトロイドに対する拡張定式化 [B01-1]

Rothvoss の結果である拡張 LP 定式化が指数サイズとなるマトロイド多面体の具体的な形を明らかにする研究. その第一歩として疎性マトロイド多面体の拡張 LP 定式化を解析し, 疎性マトロイドであれば拡張 LP 定式化が多項式サイズになることを証明した.

・岡本, 他: 強指数時間仮説の検証のための帰着サイズ効率化 ([B01-44] を大幅に改訂した論文版)

強指数時間仮説 (制約充足問題の一つ SAT が弱指数時間で解けないという仮説) の影響を調べるために帰着長を極限まで効率化した還元を開発した. 今後の NP の構造研究の重要な武器になることが期待できる.

(公募研究)

・塩浦: 劣モジュラ最小化問題の最急降下法の限界証明 [B01-58]

離散凸解析理論に基づき劣モジュラ最小化問題の最急降下アルゴリズムの適用可能性を明確にした.

B02 (計画研究)

・青野: スパコン TSUBAME を利用した最短ベクトル問題解法 [B02-5]

東工大のスパコン TSUBAME を利用し, 格子の最短ベクトル問題を全数探索しようとしたときの探索木の枝刈り法の計算限界を数値的に証明. それに基づき既存手法の効率を大幅に改善する枝刈り法の使い方 (アルゴリズムレシピ) を作成した.

・上野: NC1 と NP の分離を示す LP 定式化 [B02-8]

計算限界の重要な問題の一つである NC1 と NP の差を LP 定式化し, 原理的には LP 問題として議論できることを示した.

・天野: クリークと安定集合問題の非決定性通信計算量 [B02-4]

既存の結果を大幅に更新する解析手法を与えた. 拡張 LP 定式化の下界だけでなく, 様々な計算限界の解析の基盤として利用できる.

・Avis, 他: 拡張 LP 定式化サイズの下界の強力な解析技法 [B02-6]

拡張 LP 定式化の指数サイズ下界を多くの NP 問題に対して証明する解析技法の開発. **拡張 LP 定式化の世界的な研究の流れを作る契機**となった.

(公募研究)

・森山, 他: 線形回の反復で解ける線形相補性問題の行列クラス [B02-13]

線形相補性問題を線形回反復で解ける K 行列以外の行列の存在を示した.

◀ この 2 件に示されているトレードオフ関係はメモリ削減の計算効率への影響の

◀ **最も厳密な評価**である. 研究テーマ (2)

◀ 研究テーマ (2): 分散計算の計算限界解明 (省メモリ計算と関連)

研究テーマ (1) ⇒ 事項 3

◀ 研究テーマ (1): **新しいタイプの強力還元**

◀ 研究テーマ (1): 最急降下法の限界証明

◀ 研究テーマ (1): スパコンによる限界解析とその応用

◀ 研究テーマ (1): この原理の実現は大進展にも成り得る

研究テーマ (1) ⇒ 事項 3

◀ 研究テーマ (1): 線形相補完性問題 NP ∩ co-NP の解明

B03 (計画研究)

- ・宇野, 他: 列挙アルゴリズムの先鋭化とその実問題への適用 [B03-3], ならびに, 宇野他, 情報処理学会アルゴリズム研 (2014年1月) 制約充足問題等を表現する論理関数の双対化に関して, 計算論的手法を活用して, 実用的なアルゴリズム設計を行った. 列挙解を減らす手法として「研磨」という新たな概念を提唱し, 実際にグラフ上の列挙問題において計算効率を革新的に向上できることを示した.
- ・定兼, 渋谷, 他: グラフ構造から特徴抽出のための新データ構造 [B03-16] グラフ構造から特徴構造 (モチーフ構造) を抽出するための新しいデータ構造として, スーパーバブルという高度な構造を提案し, それらを高速に列挙するアルゴリズムを開発し, ゲノム解析での有用性を示した.
- ・徳山, 他: 画像探索の自動アノテーション [B03-10] 画像探索のアノテーション (テキストデータへの対応付け) を自動的に行うアルゴリズムを, 計算論的な技法 (数理モデル化, 計算学習理論, 確率分布のクラスタリング) を用いて開発した.

(公募研究)

- ・伊藤, 小野 A03, 上原 A03, 山中, 他: 解の段階的遷移の計算の固定パラメータ計算解析 [B03-39] グラフの独立点集合を段階的に遷移させる問題に対し, 独立点集合のサイズのみをパラメータとすると $W[1]$ 困難であり, 一方で, 独立点集合のサイズとグラフの最大次数の 2 つをパラメータとすると, FPT アルゴリズムが存在することを示した.

C01 (計画研究)

- ・森, 小柴, 渡辺, 山本: 拡張 3LIN の平均的な計算複雑さの解析 [C01-2] 拡張 3LIN の伝搬法を用いた解探索計算技法をの可能・不可能を分ける式数比 (変数の数に対する比) を確定した. 計算不可能性の特徴となる式構造 (LP 定式化可能性の特徴でもある) の存在を示す解析技法を開発した.
- ・渡辺: MAX-3LIN の平均的な計算複雑さの解析 [C01-10] MAX-3LIN の伝搬法を用いた解探索計算技法をの可能・不可能を分ける式数比 (変数の数に対する比) を漸近的に確定した. (上記へ発展).
- ・渡辺, 他: SAT の解空間の構造の解析 [C01-1] 統計力学的に予想されている解空間の構造が, 一般の SAT でも解が多数ある場合には現れることを証明した. SAT の強指数時間仮説の研究の基礎にもなると思われる.
- ・渡辺, 他: Valiant の isolation 補題の限界解明 [C01-11] 様々な計算限界解析で用いられている isolation 補題の性能限界を構造的に証明した. 国際会議 CCC2012 で Top5 に選ばれた発表の完成版.

C02 (計画研究)

- ・小林, ルガル, 西村: 量子対話型証明系におけるエンタングルメントの解析 [C02-16] 量子対話型証明系の計算の解明を目指し, 通信におけるエンタングルメントの量と計算能力の関係について解析し, 定数個の EPR 状態の送付で十分であることを示した. この成果は, この分野の 10 年来の未解決問題に大きな進展を与えたとして高く評価されている.

◀ 研究テーマ (X)
計算限界解析手法の
実践的応用

◀ 研究テーマ (X)
計算限界解析手法の
実践的応用

◀ 研究テーマ (X)
計算限界解析手法の
実践的応用

◀ 研究テーマ (1) :
固定パラメータ解析

研究テーマ (1) ⇒ 事項 3

**B02 と合同の研究へ発展
させる予定**

◀ 研究テーマ (1) :
問題 SAT の容易さ・困難さ
強指数時間仮説

◀ 研究テーマ (1) :
解の同定法に関する解析技法
の限界解明

◀ 研究テーマ (3) :
量子計算上での情報伝達法
の限界解析

・ルガル：行列積の Coppersmith-Winograd 法の限界解析 [C02-8]

この枠組みで良いアルゴリズムを得るためのパラメータの解析が、量子情報での解析に類似していることを発見し、量子の解析手法を用いて分析した結果、**世界最速の行列積計算アルゴリズム**を発見した。パラメータ解析を行うこと自体に、高速アルゴリズムを提案したことが重要。

・谷，他：定数深さ量子回路の計算能力の解明 [C02-21]

TC0 に含まれる関数にも適用できる計算技法で、論理和関数を計算する定数深さ多項式サイズの量子回路の存在性を証明した。

・中西：量子プッシュダウンオートマトンの能力の解析 [C02-5]

可逆性の制約を緩和することにより自由に **pop** 操作ができる量子プッシュダウンオートマトンのモデルを提案し、量子モデルが古典モデルよりも真に能力が高くなることを示した。

C03 (計画研究)

・瀧本，畑埜，他：離散構造クラスのオンライン予測 [C03-15]

オンライン予測において最適アルゴリズムを得る手法を研究し、最適化理論で用いられているメタラウンディングが、実は学習理論のアルゴリズム技法のブースティングであると解釈できることを発見し、オンライン予測の最適アルゴリズムの設計法を得ることに成功した。

・内沢，他：回路パターン数の数え上げ計算の解析 [C03-27]

回路の複雑さの指標として内沢らが提案した回路パターン数を数え上げる計算自体の解析。一般の論理回路において、多項式時間計算可能な場合と、**#P** 完全となる場合の条件を明らかにする二分定理を与えた。神山 **B01** との共同研究も実施中。

・正代，他：木縮約パターン発見問題の複雑さ [C03-16]

木縮約パターンの探索問題の NP 困難性の証明。これまでにないタイプの計算問題の複雑さの解明である点が評価され、**IIAI-AAI2013** で論文賞を受賞。

研究テーマ (1) ⇒ 事項 3

◀ これと次の 2 件は、どちらも量子計算モデルの計算能力に関する解析。

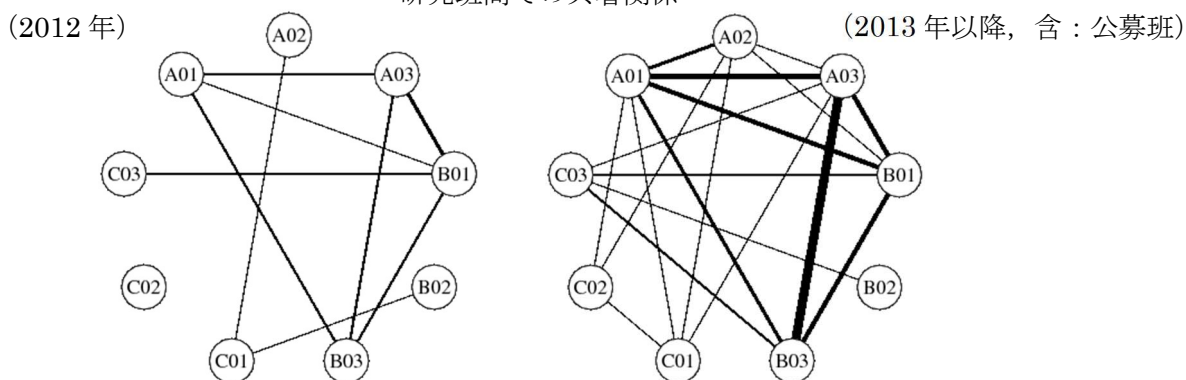
研究テーマ (3) ⇒ 事項 3

◀ 研究テーマ (2) : 制約付き計算機構の解析手法の研究

領域内共同研究について

本領域は理論分野でもあるため、共著関係を厳密に考え、たとえば証明のある部分の問題を解決するなどの貢献がないと共著には加わらない・加えない、という考え方の研究者が多い。そのような中でも、かなりの共著論文数がある。とくに領域発足から、その数は大きく増加した。たとえば、事項 8 に挙げた論文リストの中で、チーム間の共著論文数を調査すると、2012 年 **12 件** → 2013 年 **38 件**、と 3 倍以上になっている。採択が決まっていな論文を合わせると、さらにその数は増える。さらに、下図からもわかるように連携の組合せが多様になっている。これは領域が発足したことにより共同研究が本格的に推進されたからだと言える。

研究班間での共著関係



2 チーム間の共著関係 (3 チームが関わっていた場合にはすべての対で辺を引いた) 辺の太さは共著論文の件数に比例

8. 研究成果の公表の状況（主な論文等一覧、ホームページ、公開発表等）（5 ページ程度）

現在実施している新学術領域研究（公募研究含む）の研究課題を元に発表した研究成果（主な論文、書籍、ホームページ、主催シンポジウム等の状況）について具体的に記述してください。論文の場合、現在から順に発表年次をさかのぼり、計画研究・公募研究毎に順に記載し、研究代表者には二重下線、研究分担者には一重下線、連携研究者には点線の下線を付し、corresponding author には左に*印を付してください。また、一般向けのアウトリーチ活動を行った場合はその内容についても記述してください。

ホームページ：本領域では、<http://www.alics.saitama-u.ac.jp/elc/>にホームページを開設し、年次の研究報告書や開催したシンポジウムや研究集会などの情報を掲載している。また、領域内のコミュニケーションの活性化や領域外への情報発信としてニューズレターに四半期に1回を目安に発行している。

受賞：4.若手研究者の育成に係る取組状況でも一部述べたが、日本学術振興会賞、日本学士院学術奨励賞、船井情報科学振興財団 船井研究奨励賞、井上科学振興財団 井上研究奨励賞、国際会議 ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms での Best Paper Award をはじめとする様々な賞を受けた。シニア（40歳以上研究者）3件、若手（40歳未満の研究者）16件、学生11件の総計30件受賞した。なお、そのリストは本節の最後に掲載する。

発表書籍：書籍の発表（1~4）、ハンドブックなどへの発表（5,6）、会議録の編集（7,8）を行った。

1. 河原林健一，田井中麻都佳，これも数学だった!?: カーナビ，路線図，SNS（丸善ライブラリー），丸善出版，2013.
2. 上原隆平，はじめてのアルゴリズム，近代科学社，2013.
3. 室田一雄，塩浦昭義，離散凸解析と最適化アルゴリズム，朝倉書店，2013.
4. 渡辺治，今度こそわかる $P \neq NP$ 予想，講談社，2014.
5. N. Katoh, A. Takizawa, Emerging Pattern Based Analysis of Crime Spots and Rental Price, G. Dong, J. Bailey (Eds.), Contrast Data Mining: Concepts, Algorithms and Applications, Chapman & Hall/CRC, 2012.
6. N. Katoh, A. Shioura, T. Ibaraki, Resource Allocation Problems, P.M. Pardalos, D.-Z. Du, R.L. Graham (Eds.), Handbook of Combinatorial Optimization (2nd Ed.), Springer, 2013.
7. T. Shibuya, H. Kashima, J. Sese, and S. Ahmad (Eds), Pattern Recognition in Bioinformatics - 7th IAPR International Conference, (PRIB 2012), LNCS 7632, Springer, 2012.
8. S.P. Pal, K. Sadakane (Eds), Algorithms and Computation - 8th International Workshop (WALCOM 2014), LNCS 8344, Springer, 2014.

学術雑誌特集号の刊行：本研究領域に関連する話題のサーベイ論文を集めた Interdisciplinary Information Sciences 誌の特集号「Reviews and Lectures: Exploring the Limits of Computation」第一号（2014年3月）を刊行した。なお、第二号は、2014年6月に刊行予定である。

主催シンポジウム等：以下の5つの国際ワークショップなどを主催した。

1. ELC Complexity Workshop, 2013年3月14日~17日，品川.
2. ELC Workshop on Randomness and Probability Through Computability, 2013年5月14日~15日，東京大学.
3. ELC Workshop on Polyhedral Approaches: Extension complexity and pivoting lower bounds, 2013年6月14日~19日，京都.
4. ELC International Meeting on Inference, Computation, and Spin Glasses (ICSG2013), 2013年7月28日~30日，札幌.
5. ELC Workshop on Inapproximability, 2014年1月25日~26日，電気通信大学.

また、学生のためのシンポジウムを開催した。

6. 電子情報通信学会 2014年総合大会 COMP-ELC 学生シンポジウム，2014年3月19日，新潟大学.
それ以外にも国際会議 SSS2013 や量子情報の新展開への支援を行った。

一般向けアウトリーチ活動：本研究領域で行ったアウトリーチ活動のまとめを記す。なお、そのリストは本節の最後に掲載する。

I. 解説記事：数学に関する一般向け雑誌「数学セミナー」における本研究領域の特集 $P \neq NP$ 予想最前線（2013年12月号）など国内を中心とした学会誌などに解説記事を17件発表し、本研究領域の研究分野なら

びに成果を報告した。

II. 公開講座：本研究領域と東京工業大学の共催のサイエンスカフェ「計算の限界って？」などをふくめ、中高校生、および、教員などを含む一般向けの公開講座や出張講座を 17 件行った。

III. チュートリアル講演：国内外のシンポジウム、学会、研究会などでの本研究領域に関連した研究課題の重要性や研究成果に関して 32 件のチュートリアル講演を実施した。特筆すべき点としては、電子情報通信学会コンピューテーション研究専門委員会においてチュートリアル講演シリーズとして「計算複雑さへの招待」を 5 回にわたり行った。

IV. 大学生、大学院生への教育：本研究領域に関連する計算量理論と暗号理論の学校を 4 回開催し、情報、工学、理学などの分野の学生、大学院生にこれらの話題の基礎から応用までの教育を行った。

V. その他：国本研究領域に関連するプログラムコンテストの問題作成や審判などを通じて本領域の重要性を広く周知した。また、計算限界の面白い例であるパズルなどに関するギャラリー (JAIST ギャラリー) 立ち上げた。

発表論文：以下の表に各班(公募班を含む)の論文総数 (学術論文ならびに査読付き国際会議録) を記す。なお、論文リストは本節の最後に掲載する。

A01 班 62 編	B01 班 57 編	C01 班 36 編
A02 班 65 編	B02 班 12 編	C02 班 35 編
A03 班 46 編	B03 班 41 編	C03 班 36 編

受賞リスト

[シニア]

1. N. Katoh, Outstanding Presentation Award, International Conference on Simulation Technology 2013, 2013 年 9 月.
2. K. Kawarabayashi, Best Paper Awards, ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms, 2013 (co-author: Martin Grohe, Bruce Reed), 2013 年 1 月.
3. 河原林健一, 日本学士院学術奨励賞, 2013 年 1 月.
4. 河原林健一, 日本学術振興会賞, 2012 年 12 月.
5. 徳山豪, 電子情報通信学会 フェロー, 2012 年 9 月.

[若手]

1. A. Kawachi, B. Rossman, O. Watanabe, The 9th International Computer Science Symposium in Russia, Best Paper Award, 2014 年 6 月.
2. 河村彰星, LA/EATCS 発表論文賞 (欧州理論情報学協会 (EATCS) 日本支部), 2014 年 7 月.
3. 河村彰星, 平成 25 年度船井研究奨励賞 (船井情報科学振興財団), 2014 年 4 月.
4. 中原孝信, 経営科学系研究部会連合協議会 平成 25 年度データ解析コンペティション スキャンパネル一般部門 最優秀賞, 2014 年 3 月 (北島聡, 羽室行信, 宇野毅明との共著).
5. 伊藤健洋, 財団法人 電気通信工学振興会 平成 25 年度(第 3 回) RIEC Award 東北大学研究者賞, 2013 年 11 月.
6. Y. Okamoto, T. Shoudai, The Best Paper Award, IIAI International Conference on Advanced Applied Informatics (IIAI AAI 2013), 2013 年 9 月.
7. 村上啓介, 人工知能学会 研究会優秀賞, 2013 年 6 月 (宇野毅明との共著).
8. 吉田悠一, 井上科学振興財団 井上研究奨励賞, 2013 年 4 月.
9. 吉田悠一, 船井情報科学振興財団 船井研究奨励賞, 2013 年 4 月.
10. 寺師玄記, 日本薬学会構造活性相関部会第 40 回構造活性相関シンポジウム 優秀発表賞, 2012 年 11 月 (渋谷哲朗, 竹田・志鷹真由子との共著).
11. スッパキットパイサーン ウォラポン, タイ日国際学会 論文発表賞, 2012 年 10 月.
12. 岡本吉央, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 第 2 回研究賞奨励賞. 2012 年 9 月.
13. 小林佑輔, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 研究賞奨励賞, 2012 年 9 月.

[学生]

1. 秋葉拓哉, 岩田陽一, 吉田悠一, DEIM フォーラム 2014 最優秀論文賞, 2014 年 5 月.
2. 大坂直人, 秋葉拓哉, 吉田悠一, 河原林健一, DEIM フォーラム 2014 優秀論文賞, 2014 年 5 月.
3. 河瀬康志, 電子情報通信学会 総合大会 COMP-ELC 学生シンポジウム (2014 年), 最優秀論文賞, 2014 年 3 月.
4. 重田真那実, LA/EATCS 学生発表論文賞, 2014 年 1 月 (天野との共著).
5. 今井達也, FIT2013 第 12 回情報科学技術フォーラム, FIT 奨励賞, 2013 年.
6. X. Han, Y. Kawase, K. Makino, Best Paper Candidate, 7th International Frontiers of Algorithmics Workshop and the 9th International Conference on Algorithmic Aspects of Information and Management, July 2013.
7. 和佐州洋, 人工知能学会 研究会優秀賞, 2013 年 6 月 (有村博紀, 宇野毅明, 平田耕一との共著).
8. 木村慧, 電子情報通信学会 総合大会 COMP 学生シンポジウム (2013 年) 最優秀論文賞, 2013 年 3 月 (牧野との共著).
9. 土中哲秀, 情報処理学会九州支部 2012 年度火の国情報シンポジウム 奨励賞, 2013 年 3 月 (小野廣隆との共著).
10. 太田浩行, LA/EATCS 学生発表論文賞, 2013 年 1 月. (河村との共著).
11. 河瀬康志, 日本オペレーションズ・リサーチ学会「最適化の理論と応用」研究部会 SOTA 最優秀発表賞, 2012 年 7 月 (韓, 牧野との共著).

一般向けアウトリーチ活動リスト

I. 解説記事:

1. 横尾真, 岩崎敦, 櫻井祐子, 岡本吉央, 計算機科学者のためのゲーム理論入門 非協力ゲーム (発展編), コンピュータ ソフトウェア, 29, 3, 2012.
2. 横尾真, 岩崎敦, 櫻井祐子, 岡本吉央, 計算機科学者のためのゲーム理論入門メカニズムデザイン (基礎編), コンピュータ ソフトウェア, 29, 4, 2012.
3. 上原隆平, 3通りの箱が折れる展開図, 数学セミナー, 2012 年 11 月, 日本評論社, 2013.
4. 岡本吉央, エレガントな解答を求め (出題), 数学セミナー, 2013 年 2 月号, 日本評論社, 2013.
5. 岡本吉央, グラフを通じたパズル・ゲームの一般化, オペレーションズ・リサーチ, 58(3), 161-166, 2013
6. 徳山豪, 計算下界の解明—その意義とシナリオ (前編), 情報処理学会誌, 2013 年 4 月号, 2013.
7. 徳山豪, 計算下界の解明—その意義とシナリオ (後編), 情報処理学会誌, 2013 年 5 月号, 2013.
8. 岡本吉央, エレガントな解答を求め (解答), 数学セミナー, 2013 年 5 月号, 日本評論社, 2013.
9. 横尾真, 岩崎敦, 櫻井祐子, 岡本吉央, 計算機科学者のためのゲーム理論入門 メカニズムデザイン (応用編), コンピュータ ソフトウェア, 30, 1, 2013.
10. 今井桂子, 徳山豪, 上野賢哉, 内沢啓, 玉置卓, 小特集 計算限界の解明への多面的アプローチ —P vs NP に向けた最前線—, 電子情報通信学会誌, 2013 年 9 月号, 2013.
11. 渡辺治, 遠藤敏雄, スーパーコンピューティング・コンテスト (SuperCon13), 数学セミナー No.12, 日本評論社, 2013.
12. 岡本吉央, 近似アルゴリズムと数理計画法: 最近の進展, 数学セミナー, 2013 年 12 月, 日本評論社, 2013.
13. 渡辺治, L. Fortnow, 西村治道, R. de Wolf, 垂井淳, K. Mulmuley, 瀧本英二, R. Servedio, 岡本吉央, R. O'Donnell, 吉田悠一, 上原隆平, 特集 $P \neq NP$ 予想最前線, 数学セミナー 2013 年 12 月号, 日本評論社, 2013.
14. M. Lampis, The elusive inapproximability of the TSP, ACM SIGACT news, Complexity Theory Column, vol. 45, no. 1, 2014.
15. 徳山豪, 数学を利用する感覚 (リレー連載: 数学的な感覚の探究 —思考法の源を探る第 15 回), 数理科学 No. 610, 2014 年 4 月号, 2014.
16. 永田賢二, 中西(大野)義典, 岡田真人, 画像からのハイパーパラメータの分布推定, 日本医用画像工学会誌, 特集号, 掲載決定済, 2014.
17. 永田賢二, 佐々木岳彦, 岡田真人, 実験データからピークの数を推定するには? —スペクトル分解とベイズ統計—, 日本物理学会誌, 掲載決定済, 2014.

II. 公開講座：

1. 小林佑輔, ネットワークにおける最適化, 東京大学 父母のためのオープンキャンパス (東京大学), 2012年7月14日.
2. 渡辺治, 講演: 情報科学入門「計算の神秘を探る」, 松戸市教育委員会, 2012年7月30日.
3. 神山直之, 離散最適化入門, 平成24年度九州大学オープンキャンパス理学部学科企画, 2012年8月4日.
4. 小野廣隆, 九州大学経済学部オープンキャンパス・模擬講義(研究紹介), 2012年8月5日.
5. 牧野和久, 楽しく計算するにはー計算を科学する, 高校生のための数理工学見学会 (東京大学), 2012年8月10日.
6. 徳山豪, 理論計算機科学への招待, 科学者の卵プロジェクト (スクール講演), 2012年9月8日.
7. T. Horiyama, Edge unfoldings of Platonic solids never overlap, Polyhedral Computation: Theory, Practice and Applications in Engineering and Science, International Courses in Communications and Computer Engineering, Kyoto University, 2012年12月.
8. 天野一幸, 出張講義「計算の科学」, 埼玉県立与野高等学校, 2012年12月17日.
9. 清見礼, 横浜市立サイエンスフロンティア高校出張授業 アルゴリズムについて, 2013年.
10. 渡辺治, 情報科学が開く世界, 藤沢藤嶺高等学校, 2013年9月14日.
11. 渡辺治, 講演: 情報科学とは, 藤嶺学園藤沢中・高等学校, 2012年9月15日.
12. 徳山豪, 理論計算機科学への招待, 科学者の卵プロジェクト (スクール講演), 2013年10月19日.
13. 小野廣隆, 福岡県立東筑高等学校・模擬講義, 2013年11月1日.
14. 上原隆平, 岡本吉央, 河村彰星, 堀山貴史, 山中克久, 河内亮周, サイエンスカフェ 2013 vol.1 計算の限界って?, 東京工業大学博物館・百年記念館, 2013年11月12日.
15. 清見礼, 横浜市立大市民講座 整数計画問題への招待, 2013年11月16日.
16. 岡本吉央, 決め方の決め方, 東京ジュニア科学塾, 2014年1月12日.
17. 森山園子, 放送大学科目「コンピューティングー原理とその展開ー」ラジオ出演 8.計算量, 2013年10月15日 (2015年から放送予定).

III. チュートリアル講演：

1. T. Uno, Deep of enumeration algorithms: theory and practice, Enumeration Algorithms & Exact Methods For Exponential Problems in Computational Biology, 招待チュートリアル講演, 2012年9月25日, 26日.
2. 畑埜晃平, 基多面体の上のオンライン予測, 文科省 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「離散構造と最適化: 展開と連携」, 2012年11月29日~30日.
3. 渡辺治, 計算複雑さへの招待 (1) 基本+平均時計算複雑さ, 電子情報通信学会コンピューテーション研究専門委員会 チュートリアル講演シリーズ, 2012年12月10日.
4. 上原隆平, The graph isomorphism problem on geometric graph classes, バルセロナ UPC, 2013年1月16日.
5. 上原隆平, Common developments of two or more polyhedra, ブリュッセル ULB, 2013年1月30日.
6. 上野賢哉, 異分野融合ワークショップ「科学の限界に舞う小さな青い鳥ー人文・社会・自然科学を含む全ての学術領域のために」(講演・討論), 2013年3月11日.
7. 徳山豪, 計算理論の意義と影響力: 情報社会における役割 (フェロー記念講演), 電子情報通信学会 コンピューテーション研究会, 2013年3月18日.
8. 河内亮周, 計算複雑さへの招待 (2) アルゴリズムから攻める計算複雑さの下界証明, 電子情報通信学会コンピューテーション研究専門委員会 チュートリアル講演シリーズ, 2013年3月18日.
9. 瀧本英二, オンラインアルゴリズムとストリームアルゴリズム, 計測自動制御学会ニューラルネットワークフォーラム 2013, 2013年3月29日.
10. T. Uno, Data oriented approach for pattern miningーtoward a paradigm shiftー (Invited talk), Colloque sur l'Optimisation et les Systemes d'Information, 2013年6月11日.
11. 渡辺治, 計算限界への挑戦: $P=NP$ の世界を目指して, E-サイエンスに向けた革新的アルゴリズム基盤第4回シンポジウム, 京都大学, 2013年6月12日.
12. 徳山豪, データ圧縮と構造化: 理論革新とその未来, E-サイエンスに向けた革新的アルゴリズム基盤第

4回シンポジウム, 2013年6月12日.

13. T. Uno, Frequent string mining from large scale noisy data (Invited talk), COSI2013 workshop, Data mining day, 2013年6月12日.
14. 上野賢哉, 計算複雑さへの招待 (3) 数理計画法から攻める計算限界, 電子情報通信学会コンピュータ研究専門委員会 チュートリアル講演シリーズ, 2013年6月24日.
15. 宇野毅明, ゲノム類似検索とこれからの基礎情報処理について (招待講演), 日本学術振興会光ネットワーク第171研究会 7月研究会, 2013年7月19日.
16. E. Takimoto, Combinatorial online prediction by continuous relaxation, The Sixth Workshop on Information Theoretic Methods in Science and Engineering (WITMSE 2013), 2013年8月27日.
17. 畑埜晃平, オンライン予測理論とその応用, FIT2013 企画セッション「ビッグデータ時代のオンライン学習アルゴリズム」, 2013年9月4日.
18. 渡辺治, 基礎理論が導く最先端技: 計算限界解明への取り組みと超高速アルゴリズム開発, 第12回情報科学技術フォーラム (FIT 2013) イベント企画, 2013年9月6日.
19. 畑埜晃平, オンライン離散最適化, 日本応用数学会年会 オーガナイズドセッション「機械学習」, 2013年9月11日.
20. 宇野毅明, データ粒子化による次世代マイニング技術と多様性を網羅する人間行動データの解析 (招待講演), 日本オペレーションズ・リサーチ学会中部支部シンポジウム, 2013年9月20日.
21. 玉置卓, 計算複雑さへの招待 (4) 計算限界証明における障壁, 電子情報通信学会コンピュータ研究専門委員会 チュートリアル講演シリーズ, 2013年10月18日.
22. 宇野毅明, ネットワークデータに対する高速列挙型解析手法 (招待講演), 化学と情報学の融合: 13C-NMR 化学シフト・分子構造予測システム CAST/CNMR の開発と展開, 2013年11月8日.
23. T. Tokuyama, Balancing location of points on boundary (招待チュートリアル講演), National Chung Hsing University, 2013年11月12日.
24. 畑埜晃平, 離散構造のオンライン予測, IBIS2013 企画セッション「学習理論」, 2013年11月13日.
25. 宇野毅明, ビッグデータ, 光 NW への期待 (招待講演), 次世代フォトニクススイッチング・フォーラム, 2013年11月21日.
26. 渡辺治, 計算複雑さの理論とその進展, 東北大数学教室談話会, 東北大学, 2013年12月9日.
27. 宇野毅明, 多様性の獲得に向けた次世代マイニング技術 (招待講演), 文部科学省 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「グラフビッグデータ」, 2013年12月6日.
28. E. Takimoto, Lower bounds for linear decision trees via an energy complexity argument, CSpecial Lecture at Technion, Israel, 2013年12月16日.
29. K. Hatano, Combinatorial online prediction via metarounding, TCE Guest Lecture at Technion, Israel, 2013年12月16日.
30. 脊戸和寿, 計算複雑さへの招待 (5) 回路から迫る P vs. NP, 電子情報通信学会コンピュータ研究専門委員会 チュートリアル講演シリーズ, 2013年12月20日.
31. 宇野毅明, 生態学におけるビッグデータの利用法, その勘所 (招待講演), 第61回日本生態学会大会, 2014年3月15日.
32. T. Tokuyama, Focusing on close interactions and tackling theoretical computer science, JST Asia Science and Technology Portal, 2014年3月27日.

IV. 大学生, 大学院生への教育:

1. 2012年度「計算量理論」秋学校, 講師 渡辺治, 天野一幸, 垂井淳, 2012年9月24日~9月26日.
2. 2012年度「暗号理論」秋学校, 講師 草川恵太, 西巻陵, 安永憲司, 2012年9月24日~9月27日.
3. 2013年度「計算量理論」秋学校, 講師 津田宏治, 森前智行, 神山直之, 河村彰星, 2013年9月24日~26日.
4. 2013年度「暗号理論」秋学校, 講師 河内 亮周, 安永 憲司, 草川恵太, 松田隆宏, 2013年9月24日~27日.

V. その他:

1. 渡辺治, 課題作成: スーパーコンピューティングコンテスト2012 (高校生・高専生対象), 東京工業大学, 大阪大学, 2012年8月20日~24日.

2. 上原隆平, JAIST ギャラリー立ち上げ, 2012年9月.
3. 吉田悠一, ACM-ICPC 東京大会実行委員会 審判, 2012年11月17日~19日.
4. 渡辺治, スーパーコンピューティング・コンテスト (SuperCon13), 本選課題作成委員, 東京工業大学, 2013年8月19日~23日.
5. 伊藤大雄, ビッグデータ時代の高速アルゴリズムと計算限界の理論, 情報オリンピック夏季セミナー, 2013年8月27日.
6. 渡辺治, プログラミングコンテストと情報教育, 国際科学オリンピック課題等の活用による学習指導を目的とした教員研修, 埼玉県立総合教育センター, 2014年2月22日.

発表論文リスト: 各研究項目の計画研究と公募研究について, 発表時期の順で, 研究代表者, 分担者, 本領域経費で雇用のPD, 連携研究者の発表論文で, 査読されたもののみを挙げる. なお, リスト中, 番号 A03-1, B01-1, B02-5, C01-1, C01-2 はテクニカルレポート, B02-13 は査読なし国内会議発表で, 査読付き国際会議・論文誌に投稿準備中であるが, 事項3, 事項7で説明に用いるために, 本リストに組み込んだ.

研究代表者に黒の二重下線, 研究分担者に黒の一重下線, 連携研究者に黒の点線の下線, 研究協力者(PDを含む)に黒の2点鎖線の下線を付す. 他班との連携状況を表すため, 他班の研究代表者と研究分担者には赤の一重下線, 他班の連携研究者には赤の点線の下線, 他班の研究協力者は赤の2点鎖線の下線を付す. corresponding author には左に*印を付す.

なお, 理論計算機科学分野において下記のことを注意されたい.

- I. 多くの場合, 著者順としてアルファベット順を用いる.
- II. Corresponding author を特に重視することはなく, 単に, 論文を投稿した者になることが多い.
- III. 本リストにおける国際会議録はすべて査読付きであり, 国際会議録の採択率は, 1/3~1/5 程度の難しさである. また, 会議録における論文は, 概ね 10 ページ程度で, 他分野の国際会議録と異なる傾向をもつ.

A01 班 (62 件)

計画班

- A01-1. *M. Lampis, K. Makino, V. Mitsou, Y. Uno: Parameterized edge Hamiltonicity, In Proc. of the 40th International Workshop on Graph-Theoretic Concepts in Computer Science (WG), 掲載決定済, 2014.
- A01-2. X. Han, *Y. Kawase, K. Makino, H. Guo: Online removable knapsack problem under convex function, Theoretical Computer Science, 掲載決定済, 2014.
- A01-3. A. Kawamura, F. Steinberg, *H. Thies: Analytic functions in iRRAM, In Proc. of the 11th International Conference on Computability and Complexity in Analysis (CCA), 掲載決定済, 2014.
- A01-4. A. Kawamura, *K. Yamamoto: On the computational power of algorithmically random constants in Blum-Shub-Smale machines, In Proc. of the 11th International Conference on Computability and Complexity in Analysis (CCA), 掲載決定済, 2014.
- A01-5. A. Kawamura, *A. Pauly: Function spaces for second-order polynomial time, In Proc. of Computability in Europe (CiE) 2014, LNCS, 掲載決定済, 2014.
- A01-6. *B. Rossman: Formulas vs. circuits for small distance connectivity, In Proc. of the 46th ACM Symposium on Theory of Computing (STOC 2014), 掲載決定済, 2014.
- A01-7. A. Kawachi, *B. Rossman, O. Watanabe: The query complexity of witness finding, In Proc. of the 9th International Computer Science Symposium in Russia, 掲載決定済, 2014.
- A01-8. J.-F. Baffier, *V. Suppakitpaisarn, H. Hiraishi, H. Imai: Parametric multiroute flow and its application to robust network with k edge failures, In Proc. of the 3rd International Symposium on Combinatorial Optimization (ISCO 2014), LNCS, 掲載決定済, 2014.
- A01-9. *M. Lampis: Improved inapproximability for TSP, Theory of Computing, 掲載決定済, 2014.
- A01-10. *M. Lampis: Model checking lower bounds for simple graphs, Logical Methods in Computer Science, 掲載決定済, 2014.
- A01-11. L. Barba, O. Cheong, J.-L. De Carufel, M.G. Dobbins, R. Fleischer, A. Kawamura, M. Korman, *Y. Okamoto, J. Pach, Y. Tang, T. Tokuyama, S. Verdonschot, T. Wang: Weight balancing on

- boundaries and skeletons, In Proc. of the 30th Annual Symposium on Computational Geometry (SoCG), 掲載決定済, 2014.
- A01-12. *A. Kawamura, H. Ota, C. Rösnick, M. Ziegler: Computational complexity of smooth differential equations, Logical Methods in Computer Science, 10(1), 6, 2014.
- A01-13. A. Bernáth, *Y. Kobayashi: The generalized terminal backup problem, In Proc. of the 25th Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA 2014), 1678-1686, 2014.
- A01-14. M. Lampis, *V. Mitsou: The computational complexity of the game of set and its theoretical applications, In Proc. of the 11th Latin American Theoretical Informatics Symposium (LATIN 2014), LNCS 8392, 24-34, 2014.
- A01-15. *M. Lampis: The elusive inapproximability of the TSP, Newsletter, ACM SIGACT News, 45(1), 48-65, 2014.
- A01-16. K. Makino, S. Tamaki, *M. Yamamoto: Derandomizing the HSSW Algorithm for 3-SAT, Algorithmica, 67, 112-124, 2013.
- A01-17. E. Boros, *K. M. Elbassioni, V. Gurvich, K. Makino: On discounted approximations of undiscounted stochastic games and Markov decision processes with limited randomness, Operations Research Letters, 41, 357-362, 2013.
- A01-18. K. M. Elbassioni, *K. Makino, K. Mehlhorn, F. Ramezani: On randomized fictitious play for approximating saddle points over convex sets, In Proc. of the 19th International Conference on Computing and Combinatorics (COCOON), LNCS 7936, 65-76, 2013.
- A01-19. E. Boros, K. M. Elbassioni, V. Gurvich, *K. Makino: A pseudo-polynomial algorithm for mean payoff stochastic games with perfect information and a few random positions, In Proc. of the 40th International Colloquium (ICALP), LNCS 7965, 220-231, 2013.
- A01-20. E. Boros, *K. Elbassioni, V. Gurvich, K. Makino: On canonical forms for zero-sum stochastic mean payoff games, dynamic games and applications, 3, 128-161, 2013.
- A01-21. *N. Kakimura, K. Makino: Robust independence systems, SIAM Journal on Discrete Mathematics, 27, 1257-1273, 2013.
- A01-22. *H. Sumita, N. Kakimura, K. Makino: Sparse linear complementarity problems, In Proc. of the 8th Japanese-Hungarian Symposium on Discrete Mathematics and Its Applications, 453-462, 2013.
- A01-23. *H. Sumita, N. Kakimura, K. Makino: Sparse linear complementarity problems, In Proc. of the 8th International Conference on Algorithms and Complexity (CIAC 2013), LNCS 7878, 358-369, 2013.
- A01-24. R. Fujita, *Y. Kobayashi, K. Makino: Robust matchings and matroid intersections, SIAM Journal on Discrete Mathematics, 27, 1234-1256, 2013.
- A01-25. *Y. Kawase, K. Makino: Nash equilibria with minimum potential in undirected broadcast games, Theoretical Computer Science, 482, 33-47, 2013.
- A01-26. X. Han, *Y. Kawase, K. Makino: Online unweighted knapsack problem with removal cost, Algorithmica, 1-16, 2013.
- A01-27. X. Han, *Y. Kawase, K. Makino: Online unweighted knapsack problem with removal cost, In Proc. of the 8th Japanese-Hungarian Symposium on Discrete Mathematics and Its Applications, 191-200, 2013.
- A01-28. X. Han, *Y. Kawase, K. Makino: Randomized algorithms for removable online knapsack problems, In Proc. of the 7th International Frontiers of Algorithmics Workshop and the 9th International Conference on Algorithmic Aspects of Information and Management, LNCS 7924, 60-71, 2013.
- A01-29. *Y. Kawase, X. Han and K. Makino: Unit cost buyback problem, In Proc. of the 24th International Symposium on Algorithms and Computing, LNCS 8283, 435-445, 2013.
- A01-30. *K. Kimura, K. Makino: A complexity index for integer linear systems based on their sign patterns, In Proc. of the 8th Japanese-Hungarian Symposium on Discrete Mathematics and Its Applications, 333-337, 2013.

- A01-31. R. Fraser, M. He, *A. Kawamura, A. López-Ortiz, J. I. Munro, P. K. Nicholson: The distance 4-sector of two points is unique, In Proc. of the 24th International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC), LNCS 8283, 612-622, 2013.
- A01-32. *N. Kakimura, K. Kawarabayashi: Half-integral packing of odd cycles through prescribed vertices, *Combinatorica*, 35, 549-572, 2013.
- A01-33. *N. Kakimura, K. Kawarabayashi: Packing edge-disjoint K_5 -immersions in 4-edge-connected graphs, In Proc. of the 8th Japanese-Hungarian Symposium on Discrete Mathematics and Its Applications, 291-299, 2013.
- A01-34. *Y. Kobayashi: Triangle-free 2-matchings and M-concave functions on jump systems, In Proc. of the 8th Japanese-Hungarian Symposium on Discrete Mathematics and Its Applications, 383-386, 2013.
- A01-35. K. Kawarabayashi, *Y. Kobayashi: All-or-nothing multicommodity flow problem with bounded fractionality in planar graphs, In Proc. of the 54th Annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science (FOCS 2013), 187-196, 2013.
- A01-36. A. Gragera Aguaza, J.-F. Baffier, and *V. Suppakitpaisarn: A bounds-driven analysis of “skull and roses” cards game, *ゲームプログラミングワークショップ 2013 論文集*, IPSJ, 102-105, 2013.
- A01-37. J.-F. Baffier, *V. Suppakitpaisarn: A $(k+1)$ -approximation robust network flow algorithm and a tighter heuristic method using iterative multiroute flow, In Proc. of the 8th International Workshop on Algorithms and Computation (WALCOM 2014), LNCS 8344, 68-79, 2013.
- A01-38. M. Karpinski, *M. Lampis, R. Schmied: New inapproximability bounds for TSP, In Proc. of the 24th International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC), LNCS 8283, 568-578, 2013.
- A01-39. *J. Gajarsky, M. Lampis, and S. Ordyniak: Parameterized algorithms for modular-width, In Proc. of the 8th International Symposium on Parameterized and Exact Computation (IPEC 2013), 163-176, 2013.
- A01-40. *M. Lampis: Model checking lower bounds for simple graphs, In Proc. of the 40th International Colloquium on Automata, Languages and Programming (ICALP 2013), 673-683, 2013.
- A01-41. *N. Kakimura, K. Makino, K. Seimi: Computing knapsack solutions with cardinality robustness, *Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics*, 29, 469-483, 2012.
- A01-42. X. Han, *Y. Kawase, K. Makino: Online knapsack problem with removal cost, In Proc. of the 18th Annual International Conference, COCOON 2012, LNCS 7434, 61-73, 2012.
- A01-43. K. Makino, *H. Ono: Deductive inference for the interiors and exteriors of Horn theories, *ACM Transactions on Computational Logic*, 13, 23, 2012.
- A01-44. *M. Chrobak, G. J. Woeginger, K. Makino, H. Xu: Caching is hard - even in the fault model, *Algorithmica*, 63, 781-794, 2012.
- A01-45. *K. Makino: Source location problems with flow requirements, In Proc. of the 3rd International Conference on Networking and Computing, 404-406, 2012.
- A01-46. *A. Kawamura, Y. Kobayashi: Fence patrolling by mobile agents with distinct speeds, In Proc. the 23rd International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC 2012), LNCS 7676, 598-608, 2012.
- A01-47. R. Dorrigiv, *R. Fraser, M. He, S. Kamali, A. Kawamura, A. López-Ortiz, D. Seco: On minimum- and maximum-weight minimum spanning trees with neighborhoods, Tenth Workshop on Approximation and Online Algorithms (WAOA) 2012, LNCS 7846, 93-105, 2012.
- A01-48. *B. Rossman: A tight upper bound on the number of variables for average-case k -clique on ordered graphs, In Proc. of the 19th Workshop on Logic, Language, Information and Computation (WoLLIC), 282-290, 2012.

公募研究：宇野 裕之

- A01-49. *T. Horiyama, M. Kiyomi, Y. Okamoto, R. Uehara, T. Uno, Y. Uno, Y. Yamauchi: Sankaku-Tori: An old Western-Japanese game played on a point set, In Proc. of the 7th International

Conference on Fun with Algorithms (FUN), 掲載決定済, 2014.

- A01-50. *T. Ishii, H. Ono, Y. Uno: Subexponential fixed-parameter algorithms for partial vector domination, In Proc. of the 3rd International Symposium on Combinatorial Optimization (ISCO), 掲載決定済, 2014.
- A01-51. E. D. Demaine, M. L. Demaine, N. J. A. Harvey, R. Uehara, T. Uno, *Y. Uno: UNO is hard, even for a single player, Theoretical Computer Science, 521, 51-61, 2014.
- A01-52. *T. Ishii, H. Ono, Y. Uno: (Total) vector domination for graphs with bounded branchwidth, In Proc. of the 11th Latin American Symposium on Theoretical Informatics (LATIN), LNCS 8392, 238-249, 2014.
- A01-53. T. Hasunuma, T. Ishii, *H. Ono, Y. Uno: A linear time algorithm for $L(2,1)$ -labeling of trees, Algorithmica, 66 (3), 654-681, 2013.
- A01-54. H. Fukui, Y. Otachi, *R. Uehara, T. Uno, Y. Uno: On complexity of flooding games on graphs with interval representations, In Proc. of Thailand-Japan Joint Conference on Computational Geometry and Graphs (TJJCCGG), LNCS 8296, 72-84, 2013.
- A01-55. E. D. Demaine, Y. Okamoto, *R. Uehara, Y. Uno: Computational complexity and an integer programming model of Shakashaka, In Proc. of the 25th Canadian Conference on Computational Geometry (CCCG), 31-36, 2013.
- A01-56. A. Kawamura, T. Okamoto, Y. Tatsu, *Y. Uno, M. Yamato: Morpion Solitaire 5D: a new upper bound of 121 on the maximum score, In Proc. of the 25th Canadian Conference on Computational Geometry (CCCG), 25-29, 2013.
- A01-57. Y. Okamoto, Y. Tatsu, *Y. Uno: Exact and fixed-parameter algorithms for metro-line crossing minimization problems, In Proc. of the 21th International Symposium on Graph Drawing (GD), LNCS 8242, 281-282, 2013.
- A01-58. *Y. Uno, F. Oguri: Contracted webgraphs — scale-freeness and structure mining —, IEICE Transactions on Information and Network Science (Special Section on Progress in Information Network Science), E96-B (11), 2766-2773, 2013.

公募研究 : Charles Jordan

- A01-59. *C. Jordan, L. Kaiser, F. Lonsing, M. Seidl: MPIDepQBF: Towards parallel QBF solving without knowledge sharing, In Proc. of Theory and Applications of Satisfiability Testing, 17th International Conference (SAT 2014), 掲載決定済, 2014.
- A01-60. *C. Jordan, L. Kaiser: Experiments with reduction finding, In Proc. of Theory and Applications of Satisfiability Testing (SAT 2013), LNCS 7962, 192-207, 2013.
- A01-61. *C. Jordan, L. Kaiser: Learning programs as logical queries, In ICALP 2013 Satellite Workshop on Learning Theory and Complexity (LTC 2013), 2013.
- A01-62. *C. Jordan, L. Kaiser: Benchmarks from reduction finding, International Workshop on Quantified Boolean Formulas (QBF 2013), Informal Workshop Report, 40-43, 2013.

A02 班 (65 件)

計画班

- A02-1. *K. Kawarabayashi, Y. Kobayashi, S. Kreutzer: An excluded half-integral grid theorem for digraphs and the directed disjoint paths problem, In Proc. of the 46th ACM Symposium on the Theory of Computing (STOC), 掲載決定済, 2014.
- A02-2. M. Elberfeld, *K. Kawarabayashi: Embedding and canonizing graphs of bounded genus in logspace, In Proc. of the 46th ACM Symposium on the Theory of Computing (STOC), 掲載決定済, 2014.
- A02-3. *S. Fujita, K. Kawarabayashi: A connected subgraph maintaining high connectivity, European Journal of Combinatorics, 35(1), 245-255, 2014.
- A02-4. M. Lülkesmann, *K. Kawarabayashi: Sub-exponential graph coloring algorithm for stencil-based Jacobian computations, Journal of Computational Science, 5(1), 1-11, 2014.

- A02-5. *K. Kawarabayashi, S. Kreutzer: An excluded grid theorem for digraphs with forbidden minors, In Proc. of the 25th Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA) , 72-81, 2014.
- A02-6. *T. Akiba, Y. Iwata, K. Kawarabayashi, Y. Kawata: Fast shortest-path distance queries on road networks by pruned highway labeling, In Proc. of the 16th Workshop on Algorithm Engineering and Experiments (ALENEX), 147-154, 2014.
- A02-7. S. Tamaki, *Y. Yoshida: A query efficient non-adaptive long code test with perfect completeness, Random Structures & Algorithms, 掲載決定済, 2014.
- A02-8. T. Sakai, *K. Seto, S. Tamaki: Solving sparse instances of max sat via width reduction and greedy restriction, In Proc. of the 17th International Conference on Theory and Applications of Satisfiability Testing (SAT), 掲載決定済, 2014.
- A02-9. *M. Kusumoto, Y. Yoshida: Testing forest-isomorphism in adjacency list model, In Proc. of the 41st International Colloquium on Automata, Languages, and Programming (ICALP),掲載決定済, 2014.
- A02-10. *Y. Yoshida: Almost linear-time algorithms for adaptive betweenness centrality using hypergraph sketches. In Proc. of the 20th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD), 掲載決定済, 2014.
- A02-11. *Y. Yoshida: Testing list H-homomorphisms, Computational Complexity, 2014.
- A02-12. *Y. Yoshida : A characterization of locally testable affine-invariant properties via decomposition theorems, In Proc. of the 46th ACM Symposium on the Theory of Computing (STOC), 掲載決定済, 2014.
- A02-13. *T. Akiba, Y. Iwata, Y. Yoshida: Dynamic and historical shortest-path distance queries on large evolving networks by pruned landmark labeling, In Proc. of the 23rd International World Wide Web Conference (WWW), 掲載決定済, 2014.
- A02-14. S. Fujishige, *S. Tanigawa, Y. Yoshida : Generalized skew bisubmodularity: a characterization and a min-max theorem, Discrete Optimization, 掲載決定済, 2014.
- A02-15. S. Tanigawa, *Y. Yoshida : Testing supermodular-cut condition, Algorithmica, 掲載決定済, 2014.
- A02-16. *Y. Yoshida, Y. Zhou: Approximation schemes via Sherali-Adams hierarchy for dense constraint satisfaction problems and assignment problems, In Proc. of the 5th Innovations in Theoretical Computer Science (ITCS), 423-438, 2014.
- A02-17. K. Iwama, *Y. Yoshida: Parameterized testability, In Proc. of the 5th Innovations in Theoretical Computer Science (ITCS), 507-516, 2014.
- A02-18. *Y. Iwata, K. Oka, Y. Yoshida: Linear time fpt algorithms via network flow, In Proc. of the 25th Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA) , 1749-1761, 2014.
- A02-19. A. Nagao, K. Seto, *J. Teruyama: Efficient algorithms for sorting k-sets in bins, In Proc. of the 8th International Workshop on Algorithms and Computation (WALCOM), LNCS 8344, 225--236, 2014.
- A02-20. *N. Kakimura, K. Kawarabayashi: Half-integral packing of odd cycles through prescribed vertices, Combinatorica, 33(5), 549-572, 2013.
- A02-21. *K. Eickmeyer, K. Kawarabayashi: Approximating multi commodity network design on graphs of bounded pathwidth and bounded degree, In Proc. of the 6th International Symposium on Algorithmic Game Theory (SAGT) , 134-145, 2013.
- A02-22. K. Kawarabayashi, *Y. Kobayashi: All-or-nothing multicommodity flow problem with bounded fractionality in planar Graphs, In Proc. of the 54th Annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science (FOCS), 187-196, 2013.
- A02-23. *D. Bollegala, M. Kusumoto, Y. Yoshida, K. Kawarabayashi: Mining for analogous tuples from an entity-relation graph, In Proc. of International Joint Conferences on Artificial Intelligence (IJCAD), 2013.
- A02-24. *R. Hoshino, K. Kawarabayashi: Balancing the traveling tournament problem for weekday and

- weekend games, In Proc. of the 25th Innovative Applications of Artificial Intelligence Conference (IAAD), 2013.
- A02-25. K. Kawarabayashi, *Y. Yoshida: Testing subdivision-freeness: --- property testing meets structural graph theory ---, In Proc. of the 45th ACM Symposium on the Theory of Computing (STOC), 437-446, 2013.
- A02-26. K. Kawarabayashi, *K. Ozeki: A simpler proof for the two disjoint odd cycles theorem, Journal of Combinatorial Theory, Series B, 103(3), 313-319, 2013.
- A02-27. K. Kawarabayashi, *G. Yu: Connectivities for k -knitted graphs and for minimal counterexamples to Hadwiger's conjecture, Journal of Combinatorial Theory, Series B, 103(3), 320-326, 2013.
- A02-28. *K. Eickmeyer, K. Kawarabayashi, S. Kreutzer: Model checking for successor-invariant first-order logic on minor-closed graph classes, In Proc. of the 28th Annual ACM/IEEE Symposium on Logic in Computer Science (LICS), 134-142, 2013.
- A02-29. K. Kawarabayashi, *Y. Kobayashi: An $O(\log n)$ -approximation algorithm for the edge-disjoint paths problem in Eulerian planar graphs, ACM Transactions on Algorithms, 9(2), 16, 2013.
- A02-30. K. Kawarabayashi, *C. Sommer, M. Thorup: More compact oracles for approximate distances in undirected planar graphs, In Proc. of ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA), 550-563, 2013.
- A02-31. *Z. Dvorak, K. Kawarabayashi: List-coloring embedded graphs, In Proc. of ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA), 1004-1012, 2013.
- A02-32. M. Grohe, *K. Kawarabayashi, B. Reed: A simple algorithm for the graph minor decomposition - logic meets structural graph theory, In Proc. of ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA), 414-431, 2013.
- A02-33. K. Kawarabayashi, *K. Ozeki: 4-connected projective-planar graphs are hamiltonian-connected, In Proc. of ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA), 378-395, 2013.
- A02-34. *K. Kawarabayashi: Totally odd subdivisions and parity subdivisions: structures and coloring, In Proc. of ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA), 1013-1029, 2013.
- A02-35. *K. Kawarabayashi, M. Král, D. Král, S. Kreutzer: Packing directed cycles through a specified vertex set, In Proc. of ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA), 365-377, 2013.
- A02-36. *K. Kawarabayashi: 5-coloring $K_{\{3,k\}}$ -minor-free graphs: beyond Thomassen, In Proc. of ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA), 985-1003, 2013.
- A02-37. S. Z. Fazekas, H. Ito, Y. Okuno, *S. Seki, K. Taneishi: On computational complexity of graph inference from counting, Natural Computing, 12(4), 589-603, 2013.
- A02-38. *M. Kusumoto, Y. Yoshida, H. Ito: Constant-time approximation algorithms for the optimum branching problem on sparse graphs, International Journal of Networking and Computing, 3(2), 205-216, 2013
- A02-39. J. Cardinal, *H. Ito, M. Korman, S. Langerman: Helly numbers of polyominoes, Graphs and Combinatorics, 29(5), 1221-1234, 2013.
- A02-40. *H. Ito: How to generalize janken -- rock--paper--scissors--king—flea, Computational Geometry and Graphs, LNCS 8296, 85-94, 2013.
- A02-41. K. Makino, S. Tamaki, *M. Yamamoto: Derandomizing the HSSW algorithm for 3-SAT, Algorithmica, 67(2), 112-124, 2013.
- A02-42. K. Seto, *S. Tamaki: A satisfiability algorithm and average-case hardness for formulas over the full binary basis, Computational Complexity (Selected papers from the 27th Annual IEEE Conference on Computational Complexity), 22(2), 245-274, 2013.
- A02-43. *F. Le Gall, Y. Yoshida: Property testing for cyclic groups and beyond, Journal of Combinatorial Optimization, 26(4), 636-654, 2013.
- A02-44. *T. Akiba, Y. Iwata, Y. Yoshida: Linear-time enumeration of maximal k -edge-connected subgraphs in large networks by random contraction, In Proc. of the 22nd ACM International

Conference on Information and Knowledge Management (CIKM), 909-918, 2013.

- A02-45. *Y. Yano, T. Akiba, Y. Iwata, Y. Yoshida: Fast and scalable reachability queries on graphs by pruned labeling with landmarks and paths, In Proc. of the 22nd ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM), 1601-1606, 2013.
- A02-46. E. Blais, A. Weinstein, *Y. Yoshida: Semi-strong coloring of intersecting hypergraphs, *Combinatorics Probability and Computing*, 1-7, 2013.
- A02-47. A. Bhattacharyya, *Y. Yoshida: An algebraic characterization of testable CSPs, In Proc. of the 40th International Colloquium on Automata, Languages and Programming (ICALP), 123-134, 2013.
- A02-48. K. Wimmer, *Y. Yoshida: Testing linear-invariant function isomorphism, In Proc. of the 40th International Colloquium on Automata, Languages and Programming (ICALP), 840-850, 2013.
- A02-49. *T. Akiba, Y. Iwata, Y. Yoshida: Fast exact shortest-path distance queries on large networks by pruned landmark labeling, In Proc. of the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data (SIGMOD), 349-360, 2013.
- A02-50. *Y. Iwata, Y. Yoshida: Exact and approximation algorithms for the constraint satisfaction problem over the point algebra, Proc. of the 30th Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science (STACS), 127-138, 2013.
- A02-51. R. Diestel, *K. Kawarabayashi, T. Müller, P. Wollan: On the excluded minor structure theorem for graphs of large tree-width, *Journal of Combinatorial Theory, Series B*, 102(6), 1189-1210, 2012.
- A02-52. K. Kawarabayashi, *M. Thorup: Combinatorial coloring of 3-colorable graphs, In Proc. of the 53rd Annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science (FOCS), 68-75, 2012.
- A02-53. K. Kawarabayashi, *J. Maharry: Minors in large almost-5-connected non-planar graphs, *Journal of Graph Theory*, 71(2), 128-141, 2012.
- A02-54. *R. Hoshino, K. Kawarabayashi: Generating approximate solutions to the TTP using a linear distance relaxation, *Journal of Artificial Intelligence Research*, 45, 257-286, 2012.
- A02-55. *M. Kusumoto, Y. Yoshida, H. Ito: Constant-time approximation algorithms for the optimum branching problem on sparse graphs, In Proc. of the 3rd International Conference on Networking and Computing (ICNC), 69, 1-6, 2012.
- A02-56. *Y. Yoshida, M. Yamamoto, H. Ito: Improved constant-time approximation algorithms for maximum matchings and other optimization problems, *SIAM Journal on Computing*, 41(4), 1074-1093, 2012.
- A02-57. H. Ito, S. Tanigawa, *Y. Yoshida: Constant-time algorithms for sparsity matroids, In Proc. of the 40th International Colloquium on Automata, Languages and Programming (ICALP), 498-509, 2012.
- A02-58. S. Tamaki, *Y. Yoshida: Approximation guarantees for the minimum linear arrangement problem by higher eigenvalues, In Proc. of the 15th International Workshop on Approximation Algorithms for Combinatorial Optimization Problems (APPROX), LNCS 6842, 313-324, 2012.
- A02-59. E. Blais, A. Weinstein, *Y. Yoshida: Partially symmetric functions are efficiently isomorphism-testable, In Proc. of the 53rd Annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science (FOCS), 556-560, 2012.

公募研究：安永憲司

- A02-60. *K. Yasunaga: Correction of samplable additive errors, In Proc. of the 2014 IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT), 掲載決定済, 2014
- A02-61. H. Namiki, K. Tanaka, *K. Yasunaga: Randomness leakage in the KEM/DEM framework, *IEICE Transactions on Fundamentals*, E97-A(1), 191-199, 2014.
- A02-62. H. Higo, K. Tanaka, *K. Yasunaga: Game-theoretic security for bit commitment, In Proc. of the 8th International Workshop on Security (IWSEC), LNCS 8231, 303-318, 2013.
- A02-63. *H. Takahashi, K. Yasunaga, M. Mambo, K. Kim, H. Y. Youm: Preventing abuse of cookies

stolen by XSS, In Proc. of the 8th Asia Joint Conference on Information Security (AsiaJCIS), 85-89, 2013.

- A02-64. *M. H. Nguyen, K. Yasunaga, K. Tanaka: Leakage-resilience of stateless/stateful public-key encryption from hash proofs, IEICE Transactions on Fundamentals, E96-A(6), 1100-1111, 2013.
- A02-65. *K. Yasunaga: List decoding of Reed-Muller codes based on a generalized Plotkin construction, IEICE Transactions on Fundamentals, E96-A(6), 1662-1666, 2013.

A03 班 (46 件+テクニカルレポート 1 件)

計画班

- A03-1. T. Asano, D. Kirkpatrick, K. Nakagawa, *O. Watanabe: $O(\sqrt{n})$ -space and polynomial-time algorithm for the planar directed graph reachability problem, ECCO TR14-071, 2014. テクニカルレポート
- A03-2. E.D. Demaine, M.L. Demaine, N.J.A. Harvey, R. Uehara, T. Uno, *Y. Uno: UNO is hard, even for a single player, Theoretical Computer Science, 521, 51-61, 2014.
- A03-3. J. Chun, T. Horiyama, T. Ito, N. Kaothanthong, H. Ono, *Y. Otachi, T. Tokuyama, R. Uehara, T. Uno: Base-object location problems for base-monotone regions, Theoretical Computer Science, 掲載決定済, 2014.
- A03-4. T. Ishii, *H. Ono, Y. Uno: (Total) vector domination for graphs with bounded branchwidth, In Proc. of the 11th Latin American Theoretical Informatics Symposium (LATIN 2014), LNCS 8392, 238-249, 2014.
- A03-5. *T. Ito, M. Kaminski, H. Ono, A. Suzuki, R. Uehara, K. Yamanaka: On the parameterized complexity for token jumping on graphs, In Proc. of the 11th Annual Conference on Theory and Applications of Models of Computation (TAMC 2014), LNCS 8402, 341-351, 2014.
- A03-6. *Y. Otachi, T. Saitoh, K. Yamanaka, S. Kijima, Y. Okamoto, H. Ono, Y. Uno, K. Yamazaki: Approximating the path-distance-width for AT-free graphs and graphs in related classes, Discrete Applied Mathematics, 168, 69-77, 2014.
- A03-7. K. Kozawa, *Y. Otachi, K. Yamazaki: Lower bounds for treewidth of product graphs, Discrete Applied Mathematics, 162, 251-258, 2014.
- A03-8. M. Li, *Y. Otachi, T. Tokuyama: Efficient algorithms for network localization using cores of underlying graphs, Theoretical Computer Science, 掲載決定済, 2014.
- A03-9. *T. Asano, R. Kumar: A small-space algorithm for removing small connected components from a binary image, IEICE Trans. EA, Special Section on Discrete Mathematics and Its Applications, IEICE Transactions 96-A(6), 1044-1050, 2013.
- A03-10. *M. Konagaya, T. Asano: Reporting all segment intersections using an arbitrary sized work space, IEICE Trans. EA, Special Section on Discrete Mathematics and Its Applications, IEICE Transactions 96-A(6), 1066-1071, 2013.
- A03-11. *T. Asano, K. Buchin, M. Buchin, M. Korman, W. Mulzer, G. Rote, A. Schulz: Memory-constrained algorithms for simple polygons, Comput. Geom., 46(8), 959-969, 2013.
- A03-12. T. Asano, A. Elmasry, *J. Katajainen: Priority queues and sorting for read-only data, In Proc. of the 10th Annual Conference on Theory and Applications of Models of Computation, 32-41, 2013.
- A03-13. *T. Asano, D.G. Kirkpatrick: Time-space tradeoffs for all-nearest-larger-neighbors problems, In Proc. of the Algorithms and Data Structures Symposium, 61-72, 2013.
- A03-14. S. Nakano, *R. Uehara, T. Uno: Efficient algorithms for a simple network design problem, Networks, 62, 95-104, 2013.
- A03-15. *R. Uehara: Tractabilities and intractabilities on geometric intersection graphs, Algorithms, 6(1), 60-83, 2013.
- A03-16. T. Shirakawa, *R. Uehara: Common developments of three incongruent orthogonal boxes, International Journal of Computational Geometry and Applications, 23(1), 65-71, 2013.
- A03-17. T. Uno, *R. Uehara, S. Nakano: Bounding the number of reduced trees, cographs, and

- series-parallel graphs by compression, *Discrete Mathematics, Algorithms and Applications*, 5(2), 1360001-1350014, 2013.
- A03-18. B. Ballinger, N. Benbernou, P. Bose, *M. Damian, E.D. Demaine, V. Dujmovic, R. Flatland, F. Hurtado, J. Iacono, A. Lubiw, P. Morin, V. Sacristan, D. Souvaine, R. Uehara: Coverage with k -transmitters in the presence of obstacles, *Journal of Combinatorial Optimization*, 25(2), 208-233, 2013.
- A03-19. *T. Ito, Y. Miyamoto, H. Ono, H. Tamaki, R. Uehara: Route-enabling graph orientation problems, *Algorithmica*, 65, 317-338, 2013.
- A03-20. *M. Kiyomi, T. Saitoh, R. Uehara: Reconstruction algorithms for permutation graphs and distance-hereditary graphs, *IEICE Trans. Inf. & Syst.*, E96-D (3), 426-432, 2013.
- A03-21. E.D. Demaine, M.L. Demaine, *S. Eisenstat, T.D. Morgan, R. Uehara: Variations on instant insanity, *Conference on Space Efficient Data Structures, Streams and Algorithms*, LNCS 8066, 33-47, 2013.
- A03-22. E.D. Demaine, Y. Okamoto, *R. Uehara, Y. Uno: Computational complexity and an integer programming model of Shakashaka, *The 25th Canadian Conference on Computational Geometry (CCCG 2013)*, 31-36, 2013.
- A03-23. E.D. Demaine, M. Demaine, *R. Uehara: Zipper unfoldability of domes and prismoids, *The 25th Canadian Conference on Computational Geometry (CCCG 2013)*, 43-48, 2013.
- A03-24. O. Aichholzer, J. Cardinal, T. Hackl, F. Hurtado, M. Korman, *A. Pilz, R. Silveira, R. Uehara, B. Vogtenhuber, E. Welzl: Cell-paths in monoand bichromatic line arrangements in the plane, *The 25th Canadian Conference on Computational Geometry (CCCG 2013)*, 169-174, 2013.
- A03-25. Z. Abel, E.D. Demaine, M.L. Demaine, T. Horiyama, *R. Uehara: Computational complexity of piano-hinged dissections, In *Proc. of the European Workshop on Computational Geometry (EuroCG 2013)*, 2013.
- A03-26. T. Hasunuma, T. Ishii, *H. Ono, Y. Uno: A linear time algorithm for $L(2, 1)$ -labeling of trees, *Algorithmica*, 66(3), 654-681, 2013.
- A03-27. Y. Asahiro, E. Miyano, T. Murata, *H. Ono: Optimal approximability of bookmark assignments, *Discrete Applied Mathematics*, 161(16-17), 2361-2366, 2013.
- A03-28. C. Cooper, R. Elsasser, H. Ono, *T. Radzik: Coalescing random walks and voting on connected graphs, *SIAM Journal on Discrete Mathematics*, 27(4), 1748-1758, 2013.
- A03-29. *H. Ono: Recent advances on distance constrained labeling problems, In *Proc. of the First International Symposium on Computing and Networking (CANDAR)*, 26-29, 2013.
- A03-30. *Y. Otachi: The path-distance-width of hypercubes, *Discussiones Mathematicae Graph Theory*, 33, 467-470, 2013.
- A03-31. *Y. Otachi, P. Schweitzer: Isomorphism on subgraph-closed graph classes: a complexity dichotomy and interediate graph classes, In *Proc. of the 24th International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC 2013)*, LNCS 8283, 111-118, 2013.
- A03-32. M. Balko, *P. Klavik, Y. Otachi: Bounded representations of interval and proper interval graphs, In *Proc. of the 24th International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC 2013)*, LNCS 8283, 535-546, 2013.
- A03-33. *T. Asano: In-place Algorithm for erasing a connected component in a binary image, *Theory of Computing Systems*, 50(1), 111-123, 2012.
- A03-34. *T. Asano, S. Bereg: A new framework for connected components labeling of binary images, In *Proc. of the 15th International Workshop on Combinatorial Image Analysis*, 90-102, 2012.
- A03-35. *T. Asano, S. Bereg, L. Buzer: Small work space algorithms for some basic problems on binary images, In *Proc. of the 15th International Workshop on Combinatorial Image Analysis*, 103-114, 2012.
- A03-36. *M. Kiyomi, T. Saitoh, R. Uehara: Bipartite permutation graphs are reconstructible, *Discrete Mathematics, Algorithms and Applications*, 4(3), 1250039:1-14, 2012.
- A03-37. Y. Okamoto, *Y. Otachi, R. Uehara: On bipartite powers of bigraphs, *Discrete Mathematics and*

Theoretical Computer Science, 14(2), 11-20, 2012.

- A03-38. Y. Okayama, M. Kiyomi, *R. Uehara: On covering of any point configuration by disjoint unit disks, Geombinatorics, XXII(1), 14-23, 2012.
- A03-39. T. Umesato, T. Saitoh, *R. Uehara, H. Ito, Y. Okamoto: The complexity of the stamp folding problem, Theoretical Computer Science, 497, 13-19, 2013.
- A03-40. G. Aloupis, R. Hearn, H. Iwasawa, *R. Uehara: Covering points with disjoint unit disks, In Proc. of the 24th Canadian Conference on Computational Geometry (CCCG 2012), 49-54, 2012.
- A03-41. *T. Horiyama, T. Ito, K. Nakatsuka, A. Suzuki, R. Uehara: Packing trominoes is NP-complete, #P-hard and ASP-complete, In Proc. of the 24th Canadian Conference on Computational Geometry (CCCG 2012), 219-224, 2012.
- A03-42. *T. Ito, S. Nakano, Y. Okamoto, Y. Otachi, R. Uehara, T. Uno, Y. Uno: A polynomial-time approximation scheme for the geometric unique coverage problem on unit squares, In Proc. of the 13th Scandinavian Symposium and Workshops on Algorithm Theory (SWAT 2012), LNCS 7357, 24-35, 2012.
- A03-43. T. Ito, S. Nakano, *Y. Okamoto, Y. Otachi, R. Uehara, T. Uno, Y. Uno: A 4.31-approximation for the geometric unique coverage problem on unit disks, In Proc. of the 23rd Annual International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC 2012), LNCS 7676, 372-381, 2012.
- A03-44. T. Shirakawa, *R. Uehara: Common developments of three different orthogonal boxes, In Proc. of the 24th Canadian Conference on Computational Geometry (CCCG 2012), 19-23, 2012.
- A03-45. R. Mizoguchi, H. Ono, *S. Kijima, M. Yamashita: On space complexity of self-stabilizing leader election in mediated population protocol, Distributed Computing, 25(6), 451-460, 2012.

公募研究 : 泉 泰介

- A03-46. *T. Izumi: Randomized lower bound for distributed spanning-tree verification, In Proc. of the 21th International Colloquium on Structural Information and Communication Complexity, 掲載決定済, 2014.
- A03-47. *T. Izumi, H. Kanzaki: Scalable estimation of network average degree, In Proc. of the 15th International Symposium on Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems (SSS2013), LNCS 8255, 367-369, 2013. (Brief Announcement)

B01 班 (57 件+テクニカルレポート 1 件)

計画班

- B01-1. S. Iwata, N. Kamiyama, N. Katoh, S. Kijima, *Y. Okamoto: Extended formulations for sparsity matroids, arXiv:1403.7272 [math.CO], 2014. テクニカルレポート
- B01-2. Y. Higashikawa, J. Augustine, S. W. Cheng, M. J. Golin, *N. Katoh, G. Ni, B. Su, Y. Xu: Minimax regret 1-sink location problem in dynamic path networks, Theoretical Computer Science, 掲載決定済, 2014.
- B01-3. Y. Higashikawa, *N. Katoh, S. Langerman, S. Tanigawa: Online graph exploration algorithms for cycles and trees by multiple searchers, Journal of Combinatorial Optimization, 掲載決定済, 2014.
- B01-4. Y. Higashikawa, M. J. Golin, *N. Katoh: Minimax regret sink location problem in dynamic tree networks with uniform capacity, In Proc. of the 8th International Workshop on Algorithms and Computation (WALCOM2014), LNCS 8344, 125-137, 2014.
- B01-5. S. Iwata, *T. Jordan: Orientations and detachments of graphs with prescribed degrees and connectivity, Discrete Optimization, 12, 121-128, 2014.
- B01-6. M. Kobayashi, *Y. Okamoto: Submodularity of minimum-cost spanning tree games, Networks, 63(3), 231-238, 2014.
- B01-7. *Y. Otachi, T. Saitoh, K. Yamanaka, S. Kijima, Y. Okamoto, H. Ono, Y. Uno, K. Yamazaki: Approximating the path-distance-width for AT-free graphs and graphs in related classes, Discrete Applied Mathematics, 168, 69-77, 2014.

- B01-8. T. Ito, S. Nakano, *Y. Okamoto, Y. Otachi, R. Uehara, T. Uno, Y. Uno: A 4.31-approximation for the geometric unique coverage problem on unit disks. *Theoretical Computer Science*, 掲載決定済, 2014.
- B01-9. E. D. Demaine, Y. Okamoto, *R. Uehara, Y. Uno: Computational complexity and an integer programming model of Shakashaka, *IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences*, 掲載決定済, 2014.
- B01-10. L. Barth, S. I. Fabrikant, S. G. Kobourov, A. Lubiw, M. Nollenburg, *Y. Okamoto, S. Pupyrev, C. Squarcella, T. Ueckerdt, A. Wolff: Semantic word cloud representations: hardness and approximation algorithms, In Proc. of the 11th Latin American Theoretical Informatics Symposium (LATIN 2014), LNCS 8392, 514-525, 2014.
- B01-11. S. W. Bae, M. Korman, *Y. Okamoto, H. Wang: Computing the L_1 geodesic diameter and center of a simple polygon in linear time, In Proc. of the 11th Latin American Theoretical Informatics Symposium (LATIN 2014), LNCS 8392, 120-131, 2014.
- B01-12. L. Barba, O. Cheong, J.-L. De Carufel, M. G. Dobbins, R. Fleischer, A. Kawamura, M. Korman, *Y. Okamoto, J. Pach, Y. Tang, T. Tokuyama, S. Verdonschot, T. Wang: Weight balancing on boundaries and skeletons, In Proc. of the 30th Annual Symposium on Computational Geometry (SoCG 2014), 掲載決定済, 2014.
- B01-13. Z. Abel, R. Connelly, S. Eisenstat, R. Fulek, F. Moric, *Y. Okamoto, T. Szabo, C. Toth: Free edge lengths in plane graphs, In Proc. of the 30th Annual Symposium on Computational Geometry (SoCG 2014), 掲載決定済, 2014.
- B01-14. *T. Horiyama, M. Kiyomi, Y. Okamoto, R. Uehara, T. Uno, Y. Uno, Y. Yamauchi: Sankaku-tori: an old western-Japanese game played on a point set, In Proc. of the 7th International conference on Fun with Algorithms (FUN 2014), 掲載決定済, 2014.
- B01-15. *K. Yamanaka, E. D. Demaine, T. Ito, J. Kawahara, M. Kiyomi, Y. Okamoto, T. Saitoh, A. Suzuki, K. Uchizawa, T. Uno: Swapping labeled tokens on graphs, In Proc. of the 7th International Conference on Fun with Algorithms (FUN 2014), 掲載決定済, 2014.
- B01-16. *N. Kamiyama: Arborescence problems: theorems and algorithms, *Interdisciplinary Information Sciences*, 20(1), 51-70, 2014.
- B01-17. *R. Belmonte, P. Heggernes, P. van 't Hof, A. Rafiey, R. Saei: Graph classes and Ramsey numbers, *Discrete Applied Mathematics*, 173, 16-27, 2014.
- B01-18. *S.-H. Hong, P. Eades, N. Katoh, G. Liotta, P. Schweitzer, Y. Suzuki: A linear time algorithm for testing maximal 1-planarity of graphs with a rotation system, *Theoretical Computer Science*, 513(18), 65-76, 2013.
- B01-19. N. Katoh, *S. Tanigawa: Rooted-tree decompositions with matroid constraints and the infinitesimal rigidity of frameworks with boundaries, *SIAM Journal on Discrete Mathematics*, 27(1), 155-185, 2013.
- B01-20. Y. Higashikawa, *N. Katoh: Online vertex exploration problems in a simple polygon, *IEICE Transaction on Fundamentals*, 96-D(3), 489-497, 2013.
- B01-21. S. Bereg, S.-H. Hong, *N. Katoh, S.-H. Poon, S. Tanigawa: On the edge crossing properties of Euclidean minimum weight Laman graphs, In Proc. of the 24th International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC 2013), LNCS 8283, 33-43, 2013.
- B01-22. S. Boyd, S. Iwata, *K. Takazawa: Finding 2-factors closer to TSP tours in cubic graphs, *SIAM Journal on Discrete Mathematics*, 27, 918-939, 2013.
- B01-23. S. Iwata, *R. Ravi: Approximating max-min weighted T-joins, *Operations Research Letters*, 41, 321-324, 2013.
- B01-24. S. Iwata, *M. Takamatsu: Computing the maximum degree of minors in mixed polynomial matrices via combinatorial relaxation, *Algorithmica*, 66, 346-368, 2013.
- B01-25. T. Umesato, T. Saitoh, *R. Uehara, H. Ito, Y. Okamoto: The complexity of the stamp folding problem, *Theoretical Computer Science*, 497, 13-19, 2013.
- B01-26. *S. W. Bae, M. Korman, Y. Okamoto: The geodesic diameter of polygonal domains, *Discrete &*

- Computational Geometry, 50, 306-329, 2013.
- B01-27. Y. Okamoto, Y. Tatsu, *Y. Uno: Exact and fixed-parameter algorithms for metro-line crossing minimization problems, In Proc. of the 21st International Symposium on Graph Drawing (GD 2013), LNCS 8242, 520-521, 2013. (ポスター)
- B01-28. E. D. Demaine, Y. Okamoto, *R. Uehara, Y. Uno: Computational complexity and an integer programming model of Shakashaka, In Proc. of the 25th Canadian Conference on Computational Geometry (CCCG 2013), 4 pages, 2013.
- B01-29. *S. Kijima: Randomness in algorithm design, Journal of Physics: Conference Series, 473, 012014, 2013.
- B01-30. T. Sasaki, *Y. Yamauchi, S. Kijima, M. Yamashita: Mobile Byzantine agreement on arbitrary network, In Proc. of the 17th International Conference on Principles of Distributed Systems (OPODIS 2013), LNCS 8304, 236-250, 2013.
- B01-31. X. Xu, Y. Yamauchi, *S. Kijima, M. Yamashita: Space complexity of self-stabilizing leader election in population protocol based on k-interaction, In Proc. of the 15th International Symposium on Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems (SSS 2013), LNCS 8255, 86-97, 2013.
- B01-32. *N. Kamiyama: The fault-tolerant facility location problem with submodular penalties, MI Preprint Series (Kyushu University), 2013-15, 2013.
- B01-33. *N. Kamiyama: On counting output patterns of logic circuits, MI Preprint Series (Kyushu University), 2013-4, 2013.
- B01-34. M. X. Goemans, S. Iwata, *R. Zenklusen: A flow model based on polylinking systems, Mathematical Programming, 135(1-2), 1-23, 2012.
- B01-35. T. Itoko, *S. Iwata: Computational geometric approach to submodular function minimization for multiclass queueing systems, Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics, 29, 453-468, 2012.
- B01-36. *M. F. Balcan, F. Constantin, S. Iwata, L. Wang: Learning valuation functions, In Proc. of the 25th Conference on Learning Theory (COLT 2012), 4-24, 2012.
- B01-37. S. Iwata, P. Tetali, *P. Tripathi: Approximating minimum linear ordering problems, In Proc. of the 15th International Workshop on Approximation Algorithms for Combinatorial Optimization Problems (APPROX 2012), LNCS 7408, 206-217, 2012.
- B01-38. *S. W. Bae, Y. Okamoto: Querying two boundary points for shortest paths in a polygonal domain, Computational Geometry: Theory and Applications, 45, 284-293, 2012.
- B01-39. W. Didimo, M. Kaufmann, G. Liotta, Y. Okamoto, *A. Spillner: Vertex angle and crossing angle resolution of leveled tree drawings, Information Processing Letters, 112, 630-635, 2012.
- B01-40. M. Hoffmann, J. Matousek, *Y. Okamoto, P. Zumstein: Minimum and maximum against k lies, Chicago Journal of Theoretical Computer Science, Article 2, 1-10, 2012.
- B01-41. *H. Toyozumi, S. Tani, N. Miyoshi, Y. Okamoto: Reverse preferential spread in complex networks, Physical Review E, 86(2), 021103, 2012.
- B01-42. Y. Okamoto, *Y. Otachi, R. Uehara: On bipartite powers of bigraphs, Discrete Mathematics & Theoretical Computer Science, 14(2), 11-20, 2012.
- B01-43. *T. Ito, S. Nakano, Y. Okamoto, Y. Otachi, R. Uehara, T. Uno, Y. Uno: A polynomial-time approximation scheme for the geometric unique coverage problem on unit squares, In Proc. of the 13th Scandinavian Symposium and Workshops on Algorithm Theory (SWAT 2012), LNCS 7357, 24-35, 2012.
- B01-44. M. Cygan, H. Dell, D. Lokshtanov, D. Marx, J. Nederlof, *Y. Okamoto, R. Paturi, S. Saurabh, M. Wahlstrom: On problems as hard as CNF-SAT, In Proc. of the 27th IEEE Conference on Computational Complexity (CCC 2012), 74-84, 2012.
- B01-45. T. Ito, S. Nakano, *Y. Okamoto, Y. Otachi, R. Uehara, T. Uno, Y. Uno: A 4.31-approximation for the geometric unique coverage problem on unit disks, In Proc. of the 23rd International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC 2012), LNCS 7676, 372-381, 2012.

- B01-46. P. Angelini, C. Binucci, W. Evans, F. Hurtado, G. Liotta, T. Mchedlidze, H. Meijer, *Y. Okamoto: Universal point subsets for planar graphs, In Proc. of the 23rd International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC 2012), LNCS 7676, 423-432, 2012.
- B01-47. S. W. Bae, *Y. Okamoto, C. Shin: Area bounds of rectilinear polygons realized by angle sequences, In Proc. of the 23rd International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC 2012), LNCS 7676, 629-638, 2012.
- B01-48. R. Mizoguchi, H. Ono, *S. Kijima, M. Yamashita: On space complexity of self-stabilizing leader election in mediated population protocol, Distributed Computing, 25(6), 451-460, 2012.
- B01-49. S. Kijima, Y. Otachi, *T. Saitoh, T. Uno: Subgraph isomorphism in graph classes, Discrete Mathematics, 312(21), 3164-3173, 2012.
- B01-50. S. Kijima, *S. Tanigawa: Sparsity and connectivity of medial graphs: concerning two edge-disjoint Hamiltonian paths in planar rigidity circuits, Discrete Mathematics, 312(16), 2466-2472, 2012.
- B01-51. N. Fujinaga, *Y. Yamauchi, S. Kijima, M. Yamashita: Asynchronous pattern formation by anonymous oblivious mobile robots, In Proc. of the 26th International Symposium on Distributed Computing (DISC 2012), LNCS 7611, 312-325, 2012.
- B01-52. *Y. Yamauchi, S. Tixeuil, S. Kijima, M. Yamashita: Brief announcement: probabilistic stabilization under probabilistic schedulers, In Proc. of the 26th International Symposium on Distributed Computing (DISC 2012), LNCS 7611, 413-414, 2012. (brief announcement)
- B01-53. D. Suehiro, *K. Hatano, S. Kijima, E. Takimoto, K. Nagano: Online prediction under submodular constraints, In Proc. of the 23rd International Conference on Algorithmic Learning Theory (ALT 2012), LNCS 7568, 260-274, 2012.
- B01-54. *N. Kamiyama: A note on the quasi-additive bound for Boolean functions, Journal of Math-for-Industry, 4-B, 119-122, 2012.

公募研究：塩浦昭義

- B01-55. K. Murota, *A. Shioura: Dijkstra's algorithm and L-concave function maximization, Mathematical Programming, 掲載決定済, 2014.
- B01-56. J. Chun, *A. Shioura, T. M. Tien, T. Tokuyama: A unified view to greedy geometric routing algorithms in ad hoc networks, IEICE Transactions on Fundamentals, 掲載決定済, 2014.
- B01-57. N. V. Shakhlevich, *A. Shioura, V. A. Strusevich: A submodular optimization approach to bicriteria scheduling problems with controllable processing times on parallel machines, SIAM Journal on Discrete Mathematics, 27(1), 186-204, 2013.
- B01-58. K. Murota, *A. Shioura, Z. Yang: Computing a Walrasian equilibrium in iterative auctions with multiple differentiated items, In Proc. of the 24th International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC 2013), LNCS 8283, 468-478, 2013.

B02 班 (12 件+テクニカルレポート等 2 件)

計画班

- B02-1. *D. Avis, K. Iwama, D. Paku: Reputation games for undirected graphs, Discrete Applied Mathematics 166, 1-13, 2014.
- B02-2. *M. Cuturi, D. Avis: Ground metric learning, Journal of Machine Learning Research, 掲載決定済, 2014.
- B02-3. *K. Amano: On extremal k-CNF formulas, European, Journal of Combinatorics 35, 39-50, 2014.
- B02-4. *K. Amano: Some improved bounds on communication complexity via new decomposition of cliques, Discrete Applied Mathematics 16, 249-254, 2014.
- B02-5. *Y. Aono: A faster method for computing Gama-Nguyen-Regev's extreme pruning coefficients arXiv: <http://arxiv.org/abs/1406.0342>, 2014. テクニカルレポート.
- B02-6. D. Avis, *H. Tiwary: On the extension complexity of combinatorial polytopes, In Proc. of the

40th International Colloquium on Automata, Languages and Programming (ICALP 2013), LNCS 7965, 57-68, 2013.

- B02-7. *D. Avis, G. Roumanis: A portable parallel implementation of the lrs vertex enumeration code, In Proc. of the 7th Annual International Conference on Combinatorial Optimization and Applications (COCOA 2013), LNCS 8287, 414-429, 2013.
- B02-8. *K. Ueno: Breaking the rectangle bound barrier against formula size lower bounds, International Journal of Foundations of Computer Science 24(8), 1339-1354, 2013.
- B02-9. *Y. Aono: Minkowski sum based lattice construction for multivariate simultaneous Coppersmith's technique and applications to RSA, In Proc. of the 18th Australasian Conference on Information Security and Privacy (ACISP 2013), LNCS 7959, 88-103, 2013.
- B02-10. Y. Aono, X. Boyen, *L. Phong, L. Wang: Key-private proxy re-encryption under LWE, In Proc. of the 14th International Conference on Cryptology in India (INDOCRYPT 2013), LNCS 8250, 1-18, 2013.
- B02-11. Y. Aoshima, *D. Avis, T. Deering, Y. Matsumoto, S. Moriyama: On the existence of Hamiltonian paths for history based pivot rules on acyclic unique sink orientations of hypercubes, Discrete Applied Mathematics 160 (15), 2104-2115, 2012.
- B02-12. *K. Ueno: Formula complexity of ternary majorities, In Proc. of the 18th Annual International Computing and Combinatorics Conference (COCOON 2012), LNCS 7434, 433-444, 2012.

公募研究：森山園子

- B02-13. *福田俊, Bernd Gaertner, 森山園子, 宮田洋行, Lorenz Klaus: P 行列線形相補性問題における局所一様向き付けについて, FIT 2014. (査読なし)
- B02-14. D. Avis, H. Miyata, *S. Moriyama: Families of polytopal digraphs that do not satisfy the shelling property, Computational Geometry 46(3), 382-393, 2013

B03 班 (41 件)

計画班

- B03-1. J. Chun, T. Horiyama, T. Ito, N. Kaothanthong, H. Ono, *Y. Otachi, T. Tokuyama, R. Uehara, T. Uno: Base-object location problems for base-monotone regions, Theoretical Computer Science, 掲載決定済, 2014.
- B03-2. J. Kim, P. Eades, R. Fleischer, S.-H. Hong, C. S. Iliopoulos, *K. Park, S. J. Puglisi, T. Tokuyama: Order preserving matching, Theoretical Computer Science, 525, 68-79, 2014.
- B03-3. K. Murakami, *T. Uno: Efficient algorithms for dualizing large-scale hypergraphs, Discrete Applied Mathematics, 掲載決定済, 2014.
- B03-4. E. D. Demaine, M. L. Demaine, N. J. A. Harvey, R. Uehara, T. Uno, *Y. Uno: UNO is hard, even for a single player, Theoretical Computer Science, 521, 51-61, 2014.
- B03-5. *T. Horiyama, M. Kiyomi, Y. Okamoto, R. Uehara, T. Uno, Y. Uno, Y. Yamauchi: Sankaku-tori: An old western-Japanese game played on a point set, In Proc. of the 7th International Conference on FUN with Algorithms, LNCS, 掲載決定済, 2014.
- B03-6. Z. Abel, E. D. Demaine, M. L. Demaine, T. Horiyama, *R. Uehara: Computational complexity of piano-hinged dissections, IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, 掲載決定済, 2014.
- B03-7. J. Chun, R. Gonzalo, *T. Tokuyama: Space-efficient and data-sensitive polygon reconstruction algorithms from visibility angle information, In Proc. of the 24th International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC 2013), LNCS 8283, 22-32, 2013.
- B03-8. H.-K. Ahn, S. W. Bae, O. Cheong, J. Gudmundsson, T. Tokuyama, *A. Vigneron: A generalization of the convex Kakeya problem, Algorithmica, doi:10.1007/ s00453-013-983, 2013.
- B03-9. J. Chun, *N. Kaothanthong, T. Tokuyama: Classified-distance based shape descriptor for application to image retrieval, In Proc. of Computer Analysis of Images and Patterns (CAIP),

(2), 1-8, 2013.

- B03-10. *C.-T. Nguyen, N. Kaothanthong, T. Tokuyama, X. H. Phan: A feature-word-topic model for image annotation and retrieval, *ACM Transaction on WEB*, 7(3): 12, 2013.
- B03-11. J. Chun, T. Horiyama, T. Ito, N. Kaothanthong, H. Ono, *Y. Otachi, T. Tokuyama, R. Uehara, T. Uno: Base location problems for base-monotone regions, In Proc. of the 7th International Workshop on Algorithms and Computation (WALCOM 2013), LNCS 7748, 53-64, 2013.
- B03-12. M. M. Kante, V. Limouzy, A. Mary, L. Nourine, *T. Uno: On the enumeration and counting of minimal dominating sets in interval and permutation graphs, In Proc. of the 24th International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC 2013), LNCS 8283, 339-349, 2013.
- B03-13. S. Nakano, *R. Uehara, T. Uno: Efficient algorithms for a simple network design problem, *Networks*, 62(2), 95-104, 2013.
- B03-14. *T. Uno, R. Uehara, S. Nakano: Bounding the number of reduced trees, cographs, and series-parallel graphs by compression, *Discrete Mathematics, Algorithms and Applications*, 5(2), 1360001-1350014, 2013.
- B03-15. *T. Onodera, T. Shibuya: The gapped spectrum kernel for support vector machines, In Proc. of Machine Learning and Data Mining (MLDM 2013), LNCS 7988, 1-15, 2013.
- B03-16. *T. Onodera, K. Sadakane, T. Shibuya: Detecting superbubbles in assembly graphs, In Proc. of the 13th International Workshop Algorithms in Bioinformatics (WABI 2013), LNCS 8126, 338-348, 2013
- B03-17. *T. Horiyama, W. Shoji: The number of different unfoldings of polyhedra, In Proc. of the 24th International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC 2013), LNCS 8283, 623-633, 2013
- B03-18. *A. Takizawa, Y. Takechi, A. Ohta, N. Katoh, T. Inoue, T. Horiyama, J. Kawahara, S. Minato: Enumeration of region partitioning for evacuation planning based on ZDD, In Proc. of the 11th International Symposium on Operations Research and its Applications in engineering, technology and management (ISORA 2013), 64-71, 2013.
- B03-19. Z. Abel, E. D. Demaine, M. L. Demaine, T. Horiyama, *R. Uehara: Computational complexity of piano-hinged dissections, In Proc. of the 29th European Workshop on Computational Geometry (EuroCG 2013), 147-150, 2013.
- B03-20. *T. Horiyama, W. Shoji: The number of different unfoldings of polyhedra, In Proc. of the 29th European Workshop on Computational Geometry, (EuroCG 2013), 143-146, 2013.
- B03-21. L. Barba, *M. Korman, S. Langerman, R. I. Silveira, K. Sadakane: Space-time trade-offs for stack-based algorithms, In Proc. of the 30th Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science (STACS 2013), LIPIcs20, 281-292, 2013.
- B03-22. J. Chun, A. Shioura, T. M. Tien, *T. Tokuyama: A unified view to greedy geometric routing algorithms in ad hoc networks, In Proc. of the 8th International Symposium on Algorithms for Sensor Systems, Wireless Ad Hoc Networks and Autonomous Mobile Entities (ALGOSENSORS 2012), LNCS 7718, 54-65, 2012.
- B03-23. H.-K. Ahn, S. W. Bae, O. Cheong, J. Gudmundsson, T. Tokuyama, *A. Vigneron: A generalization of the convex Kakeya problem, In Proc. of Latin American Symposium on Theoretical Informatics (LATIN 2012), LNCS 7256, 1-12, 2012.
- B03-24. J. Chun, N. Kaothanthong, R. Kasai, M. Korman, M. Nollenburg, *T. Tokuyama: Algorithms for computing the maximum weight region decomposable into elementary shapes, *Computer Vision and Image Understanding*, 116 (7), 803-814, 2012.
- B03-25. *A. Kawamura, J. Matousek, T. Tokuyama: Zone diagrams in Euclidean spaces and in other normed spaces, *Mathematische Annalen*, 354-4, 1201-1221, 2012.
- B03-26. *T. Ito, S. Nakano, Y. Okamoto, Y. Otachi, R. Uehara, T. Uno, Y. Uno: A polynomial-time approximation scheme for the geometric unique coverage problem on unit squares, In Proc. of the 13th Scandinavian Symposium and Workshops on Algorithm Theory (SWAT 2012), 24-35,

2012.

- B03-27. T. Ito, S. Nakano, *Y. Okamoto, Y. Otachi, R. Uehara, T. Uno, Y. Uno: A 4.31-approximation for the geometric unique coverage problem on unit disks, In Proc. of the 23rd Annual International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC 2012), LNCS 7676, 372-381, 2012.
- B03-28. *T. Uno: Efficient computation of power indices for weighted majority games, In Proc. of the 23rd Annual International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC 2012), LNCS 7676, 679-689, 2012.
- B03-29. S. Kijima, Y. Otachi, *T. Saitoh, T. Uno: Subgraph isomorphism in graph classes, Discrete Mathematics, 312 (21), 3164-3173, 2012.
- B03-30. *T. Uno: Deep of enumeration algorithm: theory and practice, Enumeration Algorithms & Exact Methods, 2012, 招待講演.
- B03-31. *K. Wasa, Y. Kaneta, T. Uno, H. Arimura: Constant time enumeration of bounded-size subtrees in trees and its application, In Proc. of the 18th Annual International Computing and Combinatorics Conference (COCOON 2012), 347-359, 2012.
- B03-32. *G. Terashi, T. Shibuya, M. Takeda-Shitaka: LB3D: a protein 3D substructure search program based on the lower bound of a RMSD value, Journal of Computational Biology, 19 (5), 493-503, 2012.
- B03-33. *X. Man, T. Horiyama, S. Kimura: Automatic multi-stage clock gating optimization using ILP formulation, IEICE Transactions on Fundamentals, E95-A (8), 1347-1358, 2012.
- B03-34. *T. Horiyama, T. Ito, K. Nakatsuka, A. Suzuki, R. Uehara: Packing trominoes is NP-complete, #P-hard and ASP-complete, In Proc. of the 24th Canadian Conference on Computational Geometry (CCCG 2012), 219-224, 2012.
- B03-35. G. Navarro, *K. Sadakane: Fully-functional static and dynamic succinct trees, ACM Transactions on Algorithms, 2012.

公募研究：山中克久

- B03-36. *K. Yamanaka, S. Nakano: Efficient enumeration of all ladder lotteries with k bars, IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, 掲載決定済, 2014.
- B03-37. *K. Yamanaka, E. D. Demaine, T. Ito, J. Kawahara, M. Kiyomi, Y. Okamoto, T. Saitoh, A. Suzuki, K. Uchizawa, T. Uno: Swapping labeled tokens on graphs, In Proc. of the 7th International Conference on FUN with Algorithms, LNCS, 掲載決定済, 2014.

公募研究：伊藤健洋

- B03-38. *K. Uchizawa, T. Aoki, T. Ito, X. Zhou: Generalized rainbow connectivity of graphs, Theoretical Computer Science, 掲載決定済, 2014.
- B03-39. *T. Ito, M. Kaminski, H. Ono, A. Suzuki, R. Uehara, K. Yamanaka: On the parameterized complexity for token jumping on graphs, In Proc. of the 11th Annual Conference on Theory and Applications of Models of Computation (TAMC 2014), LNCS 8402, 341-351, 2014.
- B03-40. T. Okada, A. Suzuki, *T. Ito, X. Zhou: On the minimum caterpillar problem in digraphs, IEICE Trans. on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, E97-A (3), 848-857, 2014.
- B03-41. Y. Asahiro, *H. Eto, T. Ito, E. Miyano: Complexity of finding maximum regular induced subgraphs with prescribed degree, In Proc. of the 19th International Symposium on Fundamentals of Computation Theory (FCT 2013), LNCS 8070, 28-39, 2013.

C01 班 (36 件+テクニカルレポート 2 件)

計画班

- C01-1. D. Kane, *O. Watanabe: A short implicant of CNFs with relatively many satisfying assignments, ECCC TR13-176 (revised), 2014. テクニカルレポート

- C01-2. R. Mori, T. Koshiha, O. Watanabe, M. Yamamoto: Linear programming relaxations for Goldreich's generators over non-binary alphabets, arXiv: <http://arxiv.org/abs/1406.0373>, 2014. テクニカルレポート.
- C01-3. A. Kawachi, *B. Rossman, O. Watanabe: The query complexity of witness finding, In Proc. of the 9th International Computer Science Symposium in Russia (CSR 2014), LNCS, 掲載決定済, 2014.
- C01-4. *M. Yasuda, T. Shiomyama, J. Kogure, K. Yokoyama, T. Koshiha: On the exact decryption range for Gentry-Halevi's implementation of fully homomorphic encryption, Journal of Mathematical Cryptology, 掲載決定済, 2014.
- C01-5. *M. Yasuda, T. Shiomyama, J. Kogure, K. Yokoyama, T. Koshiha: Privacy-preserving wildcards pattern matching using symmetric somewhat homomorphic encryption, In Proc. of the 19th Australasian Conference on Information Security and Privacy (ACISP 2014), LNCS 8544, 338-353, 2014.
- C01-6. *M. Yasuda, T. Shiomyama, J. Kogure, K. Yokoyama, T. Koshiha: Practical packing method in somewhat homomorphic encryption, In Proc. of the 8th International Workshop on Data Privacy Management (DPM 2013), LNCS 8247, 34-50, 2014.
- C01-7. *E. Ando: #P-hardness of computing high order derivative and its logarithm, IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, 掲載決定済, 2014.
- C01-8. *S. Watanabe, Y. Kabashima: Cavity-based robustness analysis of interdependent networks: Influences of intranetwork and internetwork degree-degree correlations, Physical Review E, 89, 012808 (11 pages), 2014.
- C01-9. *R. Mori, T. Tanaka: Source and channel polarization over finite fields and Reed-Solomon matrices, IEEE Transactions on Information Theory, 60(5), 2720-2736, 2014.
- C01-10. *O. Watanabe: Message passing algorithms for MLS-3LIN problem, Algorithmica, 66(4), 848-868, 2013.
- C01-11. H. Dell, V. Kabanets, D. van Melkebeek, *O. Watanabe: Is Valiant-Vazirani's isolation probability improvable?, Computational Complexity, 22(2), 345-383, 2013.
- C01-12. T. Imai, K. Nakagawa, A. Pavan, N. V. Vinodchandran, *O. Watanabe: An $O(n^{1/2+\epsilon})$ -space and polynomial-time algorithm for directed planar reachability, In Proc. of the 28th Conference on Computational Complexity (CCC'13), 277-286, 2013.
- C01-13. *O. Watanabe: On most-likely solution problems and their average-case complexity, Workshop on Logic and Complexity, 2013, 招待講演.
- C01-14. *M. Yasuda, T. Shiomyama, J. Kogure, K. Yokoyama, T. Koshiha: Secure pattern matching using somewhat homomorphic encryption, In Proc. of the 2013 ACM Workshop on Cloud Computing Security (CCSW 2013), 65-76, 2013.
- C01-15. *M. Yasuda, T. Shiomyama, J. Kogure, K. Yokoyama, T. Koshiha: Packed homomorphic encryption based on ideal lattices and its application to biometrics, In Proc. of the 2nd International Workshop on Modern Cryptography and Security Engineering (MoCrySEn 2013), LNCS 8128, 55-74, 2013.
- C01-16. T. Sueki, *T. Koshiha, T. Morimae: Ancilla-driven universal blind quantum computation, Physical Review A, 87, 060301 (5 pages, Rapid Communication), 2013.
- C01-17. *T. Koshiha: Composable security of blind computation, Quantum Science Symposium Asia 2013 (QSS-ASIA 2013), 2013, 招待講演.
- C01-18. K. Makino, S. Tamaki, *M. Yamamoto: Derandomizing the HSSW algorithm for 3-SAT, Algorithmica, 67(2), 112-124, 2013.
- C01-19. *M. Yamamoto: A combinatorial analysis for the critical clause tree, Theory of Computing Systems, 52(2), 271-284, 2013.
- C01-20. *H. Huang, K. Y. Michael Wong, Y. Kabashima: Entropy landscape of solutions in the binary perceptron problem, Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical, 46, 375002 (18

pages), 2013.

- C01-21. *K. Takeda, Y. Kabashima: Reconstruction algorithm in compressed sensing based on maximum a posteriori estimation, *Journal of Physics: Conference Series*, 473, 012003 (11 pages), 2013.
- C01-22. *A. Sakata, Y. Kabashima: Statistical mechanics of dictionary learning, *Europhysics Letters*, 103, 28008 (6 pages), 2013.
- C01-23. *H. Huang, Y. Kabashima: Adaptive Thouless-Anderson-Palmer approach to inverse Ising problems with quenched random fields, *Physical Review E*, 87, 062129 (6 pages), 2013.
- C01-24. *K. Hukushima, Y. Sakai: An irreversible Markov-chain Monte Carlo method with skew detailed balance conditions, *Journal of Physics: Conference Series*, 473, 012012 (9 pages), 2013.
- C01-25. *Y. Sakai, K. Hukushima: Dynamics of one-dimensional Ising model without detailed balance condition, *Journal of the Physical Society of Japan*, 82, 064003 (8 pages), 2013.
- C01-26. *M. Sasaki, K. Hukushima: A list referring Monte-Carlo method for lattice glass models, *Journal of the Physical Society of Japan*, 82, 094003 (15 Pages), 2013.
- C01-27. *R. Mori: Introduction to polar codes, *Workshop on Modern Error Correcting Codes (MECC)*, 2013, 招待講演.
- C01-28. *S. Muller: Polylogarithmic cuts in models of V^0 , *Logical Methods in Computer Science* 9(1), 1-16, 2013.
- C01-29. *K. Nakagawa, H. Yamaguchi: The first eigenvalue of (c, d)-regular graph, *IEICE Transactions on Information and Systems*, E96-D(3), 433-442, 2013.
- C01-30. *Y. Aono, M. Agrawal, T. Satoh, O. Watanabe: On the optimality of lattices for the Coppersmith technique, In *Proc. of the 17th Australasian Conference on Information Security and Privacy (ACISP 2012)*, LNCS 7372, 376-389, 2012.
- C01-31. J. Köbler, S. Kuhnert, *O. Watanabe: Interval graph representation with given interval and intersection lengths, In *Proc. of the 23rd International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC 2012)*, LNCS 7676, 517-526, 2012.
- C01-32. A. Coja-Oghlan, M. Onsjö, *O. Watanabe: Propagation connectivity of random hypergraphs, *The Electronic Journal of Combinatorics*, 19(P17), 1-25, 2012.
- C01-33. *T. Koshiba: Quantum oblivious transfer and quantum one-way functions, *Japan-Singapore Workshop on Multi-User Quantum Network*, 2012, 招待講演.
- C01-34. *Y. Yoshida, M. Yamamoto, H. Ito: Improved constant-time approximation algorithms for maximum matchings and other optimization problems, *SIAM Journal on Computing*, 41(4), 1074-1093, 2012.
- C01-35. *A. Sakata, K. Hukushima, K. Kaneko: Replica symmetry breaking in an adiabatic spin-glass model of adaptive evolution, *Europhysics Letters*, 99, 68004 (6 pages), 2012.
- C01-36. *T. Goto, Y. Kabashima, H. Takamura: Mechanical analysis of semantic orientations on lexical network, In *Proc. of the 24th International Conference on Computational Linguistics (COLING 2012)*, 977-994, 2012.

公募研究：永田賢二

- C01-37. Y. Nakanishi-Ohno, K. Nagata, H. Shouno, *M. Okada: Distribution estimation of hyperparameters in Markov random field models, *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 掲載決定済, 2014.
- C01-38. S. Tokuda, K. Nagata, *M. Okada: A numerical analysis of learning coefficient in radial basis function network, *IPSJ Transactions on Mathematical Modeling and Its Applications*, 6(3), 117-123, 2013.

C02 班 (35 件)

計画班

- C02-1. *N. A. B. Adnan, S. Yamashita, S. Hiratsuka, S. Devitt, K. Nemoto: 2D qubit layout

- optimization for topological quantum computation, In Proc. of the 6th Conference on Reversible Computation, 掲載決定済, 2014.
- C02-2. A. Kawachi, *B. Rossman, O. Watanabe: The query complexity of witness finding, In Proc. of the 9th International Computer Science Symposium in Russia, 掲載決定済, 2014.
- C02-3. *A. Kawachi: Proving circuit lower bounds in high uniform classes, Interdisciplinary Information Sciences, 20(1), 1-26, 2014.
- C02-4. *A. Kawachi: Derandomization and circuit lower bounds, Computability Theory and Foundations of Mathematics, 2014. 招待講演
- C02-5. *M. Nakanishi: Quantum pushdown automata with garbage space, 17th Conference on Quantum Information Processing, 2014, ポスター.
- C02-6. M. Matsuyama, Y. Yokoo, *M. Nakanishi: A hardware quantum circuit simulator architecture based on register reordering, 17th Conference on Quantum Information Processing, 2014, ポスター.
- C02-7. *F. Le Gall, H. Nishimura: Quantum algorithms for matrix products over semirings, In Proc. of the 14th Scandinavian Symposium and Workshops on Algorithm Theory, 掲載決定済, 2014.
- C02-8. *F. Le Gall: Powers of tensors and fast matrix multiplication, In Proc. of the 39th International Symposium on Symbolic and Algebraic Computation, 掲載決定済, 2014.
- C02-9. F. Le Gall, H. Nishimura, *S. Tani: Quantum algorithms for finding constant sized sub-hypergraphs, In Proc. of the 20th Annual International Computing and Combinatorics Conference, 掲載決定済, 2014.
- C02-10. *Y. Nakata, M. Koashi, M. Muraō: Generating a state t-design by diagonal quantum circuits, New Journal of Physics, 16, 053043, 2014.
- C02-11. *A. Soeda, S. Akibue, M. Muraō: Two-party LOCC convertibility of quadripartite states and Kraus-Cirac number of two-qubit unitaries, Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical, Special Issue: 50 years of Bell's theorem, 掲載決定済, 2014.
- C02-12. *S. Yamashita, S. Hiratsuka, S. Devitt, K. Nemoto: Qubit arrangement problems for topological quantum computation, In Proc. of Asian Quantum Information Science Conference, 2013, ポスター.
- C02-13. *M. Villagra, M. Nakanishi, S. Yamashita, Y. Nakashima: Tensor rank and strong quantum nondeterminism in multiparty communication, IEICE Transactions on Information and Systems, E96-D (1), 1–8, 2013.
- C02-14. *A. Kawachi: Circuit lower bounds from learning-theoretic approaches, Satellite Workshop of ICALP 2013 on Learning Theory and Complexity, 2013. 招待講演
- C02-15. A. Bogdanov, *A. Kawachi, H. Tanaka: Hard functions for low-degree polynomials over prime fields, ACM Transactions on Computation Theory, 5(2), 5, 2013.
- C02-16. *H. Kobayashi, F. Le Gall, H. Nishimura: Stronger methods of making quantum interactive proofs perfectly complete, In Proc. of the 2013 ACM Conference on Innovations in Theoretical Computer Science, 329–352, 2013.
- C02-17. K. Iwama, *H. Nishimura: Recovering strings in oracles: quantum and classic, International Journal of Foundations of Computer Science, 24, 979-993, 2013. 招待論文
- C02-18. *F. Le Gall: Quantum complexity of matrix multiplication, Satellite Workshop of ICALP 2013 on Quantum and Classical Complexity, 2013. 招待講演
- C02-19. *F. Le Gall: Quantum algorithms for matrix multiplication, The 13th Asian Quantum Information Science Conference, 2013. 招待講演
- C02-20. *H. Nishimura: Quantum network coding – How can network coding be applied to quantum information?, The 2013 IEEE International Symposium on Network Coding, 2013. 招待講演
- C02-21. *Y. Takahashi, S. Tani: Collapse of the hierarchy of constant-depth exact quantum circuits, In Proc. of IEEE Conference on Computational Complexity, 168-178, 2013.
- C02-22. *K. Fujii, Y. Nakata, M. Ohzeki, M. Muraō: Measurement-based quantum computation on symmetry breaking thermal states, Physical Review Letters, 110 (12), 120502, 2013.

- C02-23. *Y. Nakata, M. Muraō: Diagonal-unitary 2-designs and their implementations by quantum circuit, *International Journal of Quantum Information*, 11 (7), 1350062, 2013.
- C02-24. *A. J. P. Garner, O. C. O. Dahlsten, Y. Nakata, M. Muraō, V. Vedral: A framework for phase and interference in generalized probabilistic theories, *New Journal of Physics*, 15, 093044, 2013.
- C02-25. *S. Yamashita, S. Hiratsuka, S. Devitt, K. Nemoto: Circuit optimization by clique finding for topological quantum computation, In Proc. of Asian Quantum Information Science Conference, 2012, ポスター.
- C02-26. *S. Yamashita: An optimization problem for topological quantum computation, In Proc. of the 21st IEEE Asian Test Symposium, 61-66, 2012. 招待講演
- C02-27. *A. Kawachi, H. Takebe, K. Tanaka: Symmetric-key encryption scheme with multi-ciphertext non-malleability, Proc. of the 7th International Workshop on Security, LNCS 7631, 123–137, 2012.
- C02-28. *F. Le Gall: Faster algorithms for rectangular matrix multiplication, In Proc. of the 53rd Annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science, 514–523, 2012.
- C02-29. *F. Le Gall: Time-efficient output-sensitive quantum algorithms for Boolean matrix multiplication, In Proc. of the 23rd International Symposium on Algorithms and Computation, LNCS 7676, 639–648, 2012
- C02-30. *T. Satoh, F. Le Gall, H. Imai: Quantum network coding for quantum repeaters, *Physical Review A*, 83, 032331, 2012
- C02-31. *F. Le Gall: Quantum private information retrieval with sublinear communication complexity, *Theory of Computing*, 8, 369–374, 2012.
- C02-32. R. Cleve, K. Iwama, F. Le Gall, H. Nishimura, S. Tani, *J. Teruyama, S. Yamashita: Reconstructing strings from substrings with quantum queries, In Proc. of the 13th Scandinavian Symposium and Workshops on Algorithm Theory, LNCS 7537, 388–397, 2012.
- C02-33. F. Le Gall, S. Nakagawa, *H. Nishimura: On QMA protocols with two short quantum proofs, *Quantum Information and Computation*, 12(7&8), 589–600, 2012.
- C02-34. *S. J. Devitt, K. Nemoto: Programming a topological quantum computer, In Proc. of the 21st IEEE Asian Test Symposium, 55–60, 2012.
- C02-35. *A. Paler, S. J. Devitt, K. Nemoto, I. Polian: Synthesis of topological quantum circuits, In Proc. of 2012 IEEE/ACM International Symposium on Nanoscale Architectures, 181–187, 2012.

C03 班 (36 件)

計画班

- C03-1. K. Teraoka, *K. Hatano, E. Takimoto: Efficient sampling method for Monte Carlo tree search, *IEICE Transactions on Information and Systems*, E97-D(3), 392-398, 2014.
- C03-2. *末廣大貴, 畑埜晃平, 坂内英夫, 瀧本英二, 竹田正幸: SVM による 2 部ランキング学習を用いたコンピュータ将棋における評価関数の学習, *電子情報通信学会論文誌*, J97-D(3), 593-600, 2014.
- C03-3. Y. Okamoto, *T. Shoudai, Hard optimization problems in learning tree contraction patterns, *Applied Computing and Information Technology, Studies in Computational Intelligence*, 553, 77-90, 2014.
- C03-4. Y. Okamoto, K. Koyanagi, *T. Shoudai, O. Maruyama: Discovery of tree structured patterns using Markov chain Monte Carlo method, In Proc. of the 7th IADIS International Conference on Information Systems (ICIS2014), 95-102, 2014.
- C03-5. *K. Ueno, S. Shimozono, K. Narisawa, A. Shinohara: On the hardness of approximating the minimum consistent DFA from prex samples, In Proc. of the Learning Theory and Complexity, 掲載決定済, 2014.
- C03-6. *T. Komatsu, R. Okuta, K. Narisawa, A. Shinohara: Bounded occurrence edit distance: A new metric for string similarity joins with edit distance constraints, In Proc. of the 40th International Conference on Current Trends in Theory and Practice of Computer Science (SOFSEM 2014), LNCS 8327, 363-374, 2014.

- C03-7. *K. Oguni, K. Narisawa, A. Shinohara: Reducing sample complexity in reinforcement learning by transferring transition and reward probabilities, In Proc. of the 6th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART 2014), 632-638, 2014.
- C03-8. *K. Uchizawa: Lower bounds for threshold circuits of bounded energy, Interdisciplinary Information Sciences, 20(1), 27-50, 2014.
- C03-9. *K. Yamanaka, E. D. Demaine, T. Ito, J. Kawahara, M. Kiyomi, Y. Okamoto, T. Saitoh, A. Suzuki, K. Uchizawa, T. Uno: Swapping labeled tokens on graphs, In Proc. of the 7th International Conference on FUN with Algorithms (FUN 2014), 掲載決定済, 2014.
- C03-10. *M. Kanazawa, G. M. Kobele, J. Michaelis, S. Salvati, R. Yoshinaka: The failure of the strong pumping lemma for multiple context-free languages, Theory of Computing Systems, 掲載決定済, 2014.
- C03-11. *C. Shibata, R. Yoshinaka: A comparison of collapsed Bayesian methods for probabilistic finite automata, Machine Learning, 掲載決定済, 2014.
- C03-12. *A. Clark, R. Yoshinaka: Distributional learning of parallel multiple context-free grammars, Machine Learning, 掲載決定済, 2014.
- C03-13. T. Inoue, K. Takano, T. Watanabe, J. Kawahara, R. Yoshinaka, A. Kishimoto, *K. Tsuda, S. Minato, Y. Hayashi: Distribution loss minimization with guaranteed error bound, IEEE Transactions on Smart Grid, 5(1), 102-111, 2014.
- C03-14. *E. Takimoto, K. Hatano: Efficient algorithms for combinatorial online prediction, In Proc. of the 24th International Conference on Algorithmic Learning Theory (ALT 2013), LNAI, 8139, 22-32, 2013.
- C03-15. T. Fujita, *K. Hatano, E. Takimoto: Combinatorial online prediction via metarounding, In Proc. of the 24th International Conference on Algorithmic Learning Theory (ALT2013), LNAI, 8139, 68-82, 2013.
- C03-16. Y. Okamoto, *T. Shoudai: Hardness of learning unordered tree contraction patterns, In Proc. of the 2nd IIAI International Conference on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI 2013), 141-146, 2013.
- C03-17. H. Tsuruta, *T. Shoudai: Structure-based data mining and screening for network traffic Data, In Proc. of the 2nd International Conference on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI2013), 152-157, 2013.
- C03-18. Y. Yoshimura, *T. Shoudai: Learning unordered tree contraction patterns in polynomial time, In Proc. of the 22nd International Conference on Inductive Logic Programming (ILP 2012), LNAI 7842, 257-272, 2013.
- C03-19. A. Okamoto, *T. Shoudai: Mining first-come-first-served frequent time sequence patterns in streaming data, In Proc. of the IADIS International Conference e-Society 2013, 283-290, 2013.
- C03-20. *T. I, W. Matsubara, K. Shimohira, S. Inenaga, H. Bannai, M. Takeda, K. Narisawa, A. Shinohara: Detecting regularities on grammar-compressed strings, In Proc. of the 38th International Symposium on Mathematical Foundations of Computer Science (MFCS 2013), LNCS 8087, 571-582, 2013.
- C03-21. K. Kusano, K. Narisawa, *A. Shinohara: On morphisms generating run-rich strings, In Proc. of the Prague Stringology Conference (PSC 2013), 35-47, 2013.
- C03-22. *T. Katsura, K. Narisawa, A. Shinohara, H. Bannai, S. Inenaga: Permuted pattern matching on multi-track strings, In Proc. of the 39th International Conference on Current Trends in Theory and Practice of Computer Science (SOFSEM 2013), LNCS 7741, 280-291, 2013.
- C03-23. *A. Suzuki, K. Uchizawa, X. Zhou: Energy-efficient threshold circuits detecting global pattern in 1-dimensional arrays, In Proc. of the 10th International Conference on Theory and Applications of Models of Computation (TAMC 2013), LNCS 7876, 248-259, 2013.
- C03-24. *A. Suzuki, K. Uchizawa, X. Zhou: Energy and fan-in of logic circuits computing symmetric Boolean functions, Theoretical Computer Science, 505, 74-80, 2013.
- C03-25. *K. Uchizawa, T. Aoki, T. Ito, A. Suzuki, X. Zhou: On the rainbow connectivity of graphs:

- complexity and FPT algorithms, *Algorithmica*, 67(2), 161-179, 2013.
- C03-26. *A. Suzuki, K. Uchizawa, X. Zhou: Energy-efficient threshold circuits computing mod functions, *International Journal of Foundations of Computer Science*, 24(1), 15–29, 2013.
- C03-27. *K. Uchizawa, Z. Wang, H. Morizumi, X. Zhou: Complexity of counting output patterns of logic circuits, In Proc. of the 19th Computing: the Australasian Theory Symposium (CATS 2013), CRIPT 141, 37–42, 2013.
- C03-28. *K. Uchizawa, T. Aoki, T. Ito, X. Zhou: Generalized rainbow connectivity of graphs, In Proc. of the 7th International Workshop on Algorithms and Computation (WALCOM 2013), LNCS 7748, 233–244, 2013.
- C03-29. C. Shibata, *R. Yoshinaka: PAC Learning of some subclasses of context-free grammars with basic distributional properties, In Proc. of the 24th International Conference on Algorithmic Learning Theory (ALT 2013), LNAI, 8139, 143-157, 2013.
- C03-30. D. Suehiro, *K. Hatano, S. Kijima, E. Takimoto, K. Nagano: Online prediction under submodular constraints, In Proc. of the 23rd Conference on Algorithmic Learning Theory (ALT 2012), LNAI, 7568, 260–274, 2012.
- C03-31. S. Yasutake, *K. Hatano, E. Takimoto, M. Takeda: Online rank aggregation, In Proc. of the 4th Conference on Asian Conference on Machine Learning, JMLR Workshop and Conference Proceedings, 25, 539–553, 2012.
- C03-32. *K. Kusano, K. Narisawa, A. Shinohara: Computing maximum number of runs in strings, In Proc. of the 19th International Symposium on String Processing and Information Retrieval (SPIRE 2012), LNCS 7608, 318-329, 2012.
- C03-33. *R. Yoshinaka, J. Kawahara, S. Denzumi, H. Arimura, S. Minato: Counterexamples to the long-standing conjecture on the complexity of BDD binary operations, *Information Processing Letters*, 112(16), 636-640, 2012.
- C03-34. *A. Clark, R. Yoshinaka: Beyond semilinearity: distributional learning of parallel multiple context-free grammars, In Proc. of the 11th International Conference on Grammatical Inference (ICGI 2012), JMLR Workshop and Conference Proceedings, 21, 84–96, 2012.
- C03-35. *C. Shibata, R. Yoshinaka: Marginalizing out transition probabilities for several subclasses of PFAs, In Proc. of the 11th International Conference on Grammatical Inference (ICGI 2012), JMLR Workshop and Conference Proceedings, 21, 259-263, 2012.
- C03-36. *R. Yoshinaka: An attempt towards learning semantics: Distributional learning of IO context-free tree grammars, In Proc. of the 11th International Workshop on Tree Adjoining Grammars and Related Formalisms (TAG+11), 90-98, 2012.

9. 今後の研究領域の推進方策（2 ページ程度）

今後どのように領域研究を推進していく予定であるか、研究領域の推進方策について記述してください。また、領域研究を推進する上での問題点がある場合は、その問題点と今後の対応策についても記述してください。また、目標達成に向け、不足していると考えているスキルを有する研究者の公募班での重点的な補充や国内外の研究者との連携による組織の強化についても記述してください。

1. 領域研究の進め方

本領域では、これまで述べてきたように、歴史的とも言える成果を含め、様々な成果があがっている。これは、「計算の理解」に立ち返って、再度、重要な課題を見つめ直し議論してきた結果である。今後もこの方針に沿って領域全体の研究を進めて行く。以下では、具体的な計画について、各研究テーマ別に説明する。また、本領域の研究期間後半の計画として、新たな研究計画を2つ提案する。なお、各計画研究（含：関連の公募研究）の計画については、各計画研究に関わる事項で別途述べられているので、ここでは複数の計画研究・公募研究が関与する領域横断的な研究に焦点を合わせて述べる。

研究テーマ (1)：計算手法を限った上での計算限界解明

LP 定式化サイズに基づく NP の困難性：これまでの研究（事項3参照）から、NP 問題の困難性を、LP 定式化サイズにより議論する枠組みで、**B01** と **C01** で個別に研究してきた限界解明技法を同じ視点で見ることができることがわかった。その利点を生かし、2つの解析技法の意味付けや比較を行い、今までにない強力な解析技法の構築を目指す。

制約充足問題 SAT の解明：命題論理式に対する制約充足問題（とくに、3SAT や一般 CNF-SAT）の計算複雑さについて、これまでに得られた特徴付けを[A02-42, B01-44]を元に、**A02, B01, C01, C02** が共同で、最先端の計算技法の限界を明確にする。事項3で述べたように、ある種の計算手法に従う 3SAT の弱指数関数時間アルゴリズムを適切にパラメータ化し、そのパラメータを最適化することで計算限界を示す手法を試みる。強指数時間仮説の妥当性についても検証する。

研究テーマ (2)：制限付き計算機構下での計算限界解明（事項3で述べた課題に加えて）

新たな制限付き計算機構の解析：これまでは、計算機構の制限として代表的な、段数制限回路 (**A01**) とメモリ制限 (**A03**) を研究してきた。一方、学習理論 (**C03**) や実地的なアルゴリズムの立場から (**B03**)、ユニークな計算上の制限が見出されている。たとえば、神経回路の計算に係る発火パターンに対する制限、大規模データを列挙する際のデータ構造に関する制限、分散計算 (**A03** 公募) 上の制限などである。こうした制限下の計算も、段数制限回路や省メモリ計算に密接に関係している。そこで、これまでの解析技法の適用可能性を探る。その解析の中で、解析技法のさらなる強化を目指す。

研究テーマ (3)：情報欠損下での計算限界解明

最適化困難性のオンライン予測への影響：**C03** で進められてきたオンライン予測と最適化計算の関係の理解をさらに深めるため、**B01** と協力し、そもそも情報欠損が無い場合でも最適解探索が難しいとされているような最適化問題に対してのオンライン予測を考える。そのとき、最適化問題の計算困難性がオンライン予測可能性にどのように影響してくるのかを解析する。同様の解析を **A01** で対象としたオンライン最適化問題に対しても行う。

▶ **新たな研究テーマ (4) の設定：強力な研究手法、確かな道筋の構築のための研究**

本領域も後半にさしかかり、これまでの研究成果から、計算限界解明の研究シナリオ作りの基盤を構築する段階に来ている。実際、事項3にも述べたように、本領域では、非常に強力かつ画期的な計算限界解析技法が、すでに複数得られている。そこで、これらを徹底研究し、 $P \neq NP$ 解決への新たな道筋を得るための研究を行う。本領域で発見した解析技法を含め、現在知られている計算限界解析技法の核となる仕組みを検討し、その拡張可能性や適用可能性、さらには限界も明らかにする。これには多くの班の協働が必要であり、新たな研究グループの参画も必要となる。具体的には、次のようなサブテーマを考える。

高度な数学技法の利用研究：定数回質問検査可能性を特徴付ける吉田の結果 [A02-12]で、分解定理が鍵となったように、現代の高等数学の知見が解析技法の深化には欠かせない。その中でも、高度な確率解析に必要な調和解析や Geometric Complexity Theory の展開に必要な代数幾何学などに対し、どのような数学技法が必要で、それらをどのように活用するかを検討する。

段数制限回路の解析技法の徹底研究：ロスマン[A01-6]が開拓した解析技法は、回路の計算を上下から解

析する画期的な技法である。これを適切に一般化すれば、今後の段数制限回路計算の解析、さらには、関連する命題論理式充足性問題に対するアルゴリズム設計などで重要な役割を果たすものと思われる。そのような応用を念頭に、ロスマンの解析の核を明確にし、一般化、さらには理論化して行く。

どのような解析技法が必要かの検討：たとえば、 $P \neq NP$ 予想の解決には、どのような解析技法が必要なのかの研究。これまでも、相対化の限界、自然な証明の限界、代数的証明の限界、などの枠組みの中で、強力な解析技法の持つべき性質が議論されてきたが、より詳細な議論に基づく分析を行う。

▶ 計算限界解析技法を利用した革新的アルゴリズムを目指した領域全体ワークショップ&プロジェクト

B03 では、計算限界解析技法、もしくは「計算の理解」に基づいた効率の良いアルゴリズムの開発が進んでいる [B03-3, B03-30]。一方、本領域でも非常に良い計算限界解析技法や、新たな「計算の理解」が得られつつある。その中には、革新的アルゴリズムにつながる可能性を感じさせるものもある。そこで、本領域全体で解析技法をアルゴリズム設計に応用することを目指したワークショップを行い、可能性のありそうな解析技法や計算の特徴についての情報を集約させ、それを元に **B03** を中心に領域で興味を持つ研究者も参加し、革新的アルゴリズム設計のプロジェクトを始動させる。

2. 事業について

今後の領域主体の事業について項目別に計画を述べる。

(1) 活動拠点としての Center for ELC

今後も引き続き田町の東工大キャンパスインキュベーションセンターのオフィス 3 室、セミナー室 1 室を借り（うち、3 室は東工大から無償提供）、本領域の拠点として、事務局運営、博士研究員や招聘研究者居室、各種セミナーや勉強会の実施に利用する。

(2) 公募研究

現在の公募研究が H26 年度で終了するのを受けて、H27 年度から 2 年間の公募研究を募集し、審査、採択を決める。公募の時期より十分前に学会等で啓蒙活動を行い、多くの優秀な研究者の参加を勧誘する。とくに、上に述べた研究計画にもあるように、純粋数学の専門家の領域への参加が今後重要になってくることを考え、純粋数学分野から計算限界を研究する提案も募集する。

(3) 国際会議

IEEE Conference on Computational Complexity (略称 CCC) は、本領域の主分野である **計算量理論のフラッグシップ会議である。この会議を、本領域最終年度の 2016 年度に招致** する（開催地は東京を予定）。さらに、それに合わせて、本領域の成果を示すためのワークショップを CCC 本会議終了後にポストワークショップとして行う。

本領域の研究者の成果を示す場として重要な国際会議の開催支援を行う。このような支援は、本領域が世界的な計算理論研究者の交流拠点であることをアピールする意味でも重要である。以下、現在、協賛を計画している会議の略称（簡単な説明）を示す（詳しい説明は、各計画研究に係る事項の総括班を参照）。

- ・ H26 年度, SoCG (計算幾何の旗艦会議), AQIS (量子計算), Swiss-Japan Workshop (最適化理論)
- ・ H27 年度, ICALP (ヨーロッパの理論計算機科学全体の旗艦会議), DISC (分散計算の重要会議)

(4) 教育事業, 啓蒙活動

- ・ 秋学校等の各種学校：毎年 2 回以上は実施する。
- ・ Simons Institute の企画への参加：Simons Institute は、米国カリフォルニア大バークレー校に 2012 年に設立された理論計算機科学の拠点である。様々なプログラムに対して、世界中からトップの研究者が常時、100 名以上滞在し、活発に活動を行っている。計算量理論も最重要分野の 1 つである。この Simons Institute が企画する計算量理論に関するプログラムに、本領域から、若手研究者と学生を派遣する。最先端の研究動向を調査すると同時に、本領域の成果等についての報告を行う。
- ・ PD プロジェクト：H25 年度と同様、領域で雇用されている博士研究員からのプロジェクト申請を審査し、1 件当たり 50 万円程度の研究費支援を行う。
- ・ 東北大の研究雑誌 IIS における ELC シリーズ（本領域の成果を解説するシリーズ）の続巻を編集・発行する。