

科学研究費助成事業（基盤研究（S））公表用資料  
〔平成30年度研究進捗評価用〕

平成27年度採択分  
平成30年3月9日現在

離散構造処理系の基盤アルゴリズムの研究  
Research on Core Algorithms for  
Discrete Structure Manipulation Systems

課題番号：15H05711

湊 真一 (MINATO SHIN-ICHI)

北海道大学・大学院情報科学研究科・教授



研究の概要

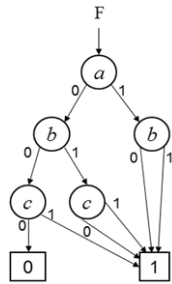
論理関数や組合せ集合などの離散構造を効率よく行う技法は、計算機科学の様々な応用分野に共通する基盤技術として非常に重要であり、社会に対する大きな波及効果を持つ。本研究では、論理や集合を始めとして、より高次の離散構造モデルに関する演算処理体系を構築し、それらを実装した高性能な基盤ソフトウェアを開発して種々の応用分野の研究者や産業界の技術者に提供して行く。

研究分野：情報学

キーワード：離散構造処理系、アルゴリズム技術

1. 研究開始当初の背景

論理関数や組合せ集合などの離散構造を効率よく行う技法は、計算機科学の様々な応用分野に共通する基盤技術として非常に重要であり、社会に対する大きな波及効果を持つ。代表者は過去5年間に渡りJST ERATOプロジェクトの研究総括を務め、ZDDをベースとした離散構造処理系の研究開発とその応用に取り組んできた。その結果として、列挙・圧縮・索引化の技法と融合させた超高速・大規模な離散構造の演算処理は、世界的にも先駆的であり、実用レベルでも十分通用する性能を有するということが明らかとなりつつあった。



ZDD の例

2. 研究の目的

本基盤研究では、離散構造処理系のコアとなる部分に研究者が集まる「場」を継続的に提供し、競争力の源泉となるアイデアを醸成し続けることとする。「論理」や「集合」を始めとして、より高次の離散構造モデルに関わる基盤アルゴリズムを構築し、それらの演算処理体系を実装した高性能な基盤ソフトウェアを開発して種々の応用分野の研究者や産業界の技術者に提供していく。ひいては情報科学全体への貢献、および計算機を用いるあらゆる科学技術への貢献を目指す。

3. 研究の方法

本研究では、まず基本的成果として ZDD をそのま

ま適用可能な応用先に適用する一方で、それと並行して、整数値・文字列・順列・ツリーといった高次の離散構造モデルに関わる基盤アルゴリズムを構築し、それらの演算処理体系を実装した高性能な基盤ソフトウェアを開発して種々の応用分野の研究者や産業界の技術者に提供していく。具体的には、1) 離散構造処理系の基盤アルゴリズム技術の確立とソフトウェアの整備、2) 離散構造処理系による効果的な組合せ探索法および列挙索引化法の開発、3) ERATO 研究者コミュニティの維持発展および他の国家プロジェクトとの連携に取り組む。

4. これまでの成果

初年度はERATOプロジェクトのソフトランディング期間と重複していたため、基盤(S)プロジェクトの予算規模は最小限度として、離散構造処理系のコアとなる基盤技術の研究推進、および他の大型研究プロジェクトとの連携研究拠点の開設準備を行った。H28年度以降はERATOプロジェクトが完全に終結し、基盤(S)プロジェクト単独での研究活動を本格的に開始した。



神田サテライトラボの  
キックオフミーティングの様子

H28年5月には東京神田に連携研究拠点(神田サテライトラボ)を開設し,そのキックオフミーティングを開催した。理研 AIP センター所長に内定していた杉山将教授を始め,河原林 ERATO およびビッグデータ CREST/さきがけの代表者・関係者が多数集まり,研究拠点の開設を祝った。神田ラボはその後も現在に至るまで,情報系の研究プロジェクトの連携拠点として有効に機能している。

研究代表者が所属する北大の研究拠点では,H28年度より,NTT 研究所の石島正和研究員を特任助教として雇用した(特任助教の給与相当分を北大から NTT に補てんする出向契約を締結)。石島氏は,基盤(S)プロジェクト専任のフルタイム研究員として,H28~29年度の2年間に渡って本研究課題遂行の中心的役割を果たした。その他に,北大の博士課程学生を中心に,毎年10名前後の研究補助員および支援員を雇用し,ほぼ毎週,定期的に研究セミナーを開催して,本研究課題に関する議論を深めた。さらに本研究課題の特徴的な取り組みとして,国内外の若手を中心に年間25名程度の研究者を北大拠点に招き,セミナー講演を依頼するとともに,1~2週間滞在してもらって北大メンバとの議論を深め,新しい研究の芽を見出す活動を行った。また,春秋の年2回,「基盤(S)ワークショップ」を北大または北海道内で開催し,毎回50名規模の参加が夜遅くまで活発な議論を展開することも本研究課題の恒例行事となっている。これらの活動記録は「基盤(S)プロジェクト講究録」として年度単位で冊子およびCD-ROMにまとめ出版を行っている。

以上のような,組織や分野を横断するオープンで幅広い活動の中から,難関のトップ国際会議に採択されるような研究業績が多数



講究録の冊子とCD-ROM

生まれている。例えば,前原氏が北大滞在中に行った共同研究の成果として,ネットワーク上での影響拡散の確率的な振る舞いを,ZDDを用いて厳密に解析するアルゴリズムが新規に考案され,国際会議WWW2017に採択された。BDD/ZDDに関連する技術がインターネット系のトップ会議であるWWWに採択されたのは初めてのことで,本研究課題の取り組みにより,新しい異分野横断の研究が生まれた好例と言える。その他にも,全国都道府県の隣接ブロック組合せの総数(約1098億通り)を初めて明らかにし,報道発表を行うとともに,(独)統計センターから国民に成果を公開するなど,これまでにない分野での研究成果が多数得られている。

## 5. 今後の計画

平成30年4月1日付で,研究代表者の湊が京都大学情報学研究科に異動することが内定して

いる。残り期間で中心拠点を北大から京大に移転して新たなオフィスを立ち上げ直すのはオーバヘッドが大きいと思われるので,現在の北大拠点はそのまま残し,本研究課題の中心的な研究活動は北大拠点で継続的に行うことを計画している。具体的には,北大の研究分担者を1名追加することと,短期滞在者招へいプログラムを変更し,毎月特定の1週間を指定して,2~4人程度の研究者をまとめて招へいし,「短期滞在集中セミナー週間」と称して,集中的にセミナー発表をすることにすれば,活発な議論が期待でき,短期滞在の効果が十分得られると考えている。

## 6. これまでの発表論文等(受賞等も含む) (ジャーナル論文)

- Yuji Takenobu, Norihito Yasuda, Shunsuke Kawano, Yasuhiro Hayashi, and Shin-ichi Minato: "Evaluation of Annual Energy Loss Reduction Based on Reconfiguration Scheduling", IEEE Trans. Smart Grid, DOI1109/TSG.2016.2604922. (H29/09) 他30件

## (査読付き国際会議論文)

- Takanori Maehara, Hirofumi Suzuki, Masakazu Ishihata: "Exact Computation of Influence Spread by Binary Decision Diagrams", The 2017 World Wide Web conference (WWW-2017), pp. 947-956, Perth Australia, 2017.4.1-4.3. (H29/04)

- Junpei Komiyama, Masakazu Ishihata, Hiroki Arimura, Takashi Nishibayashi, Shin-ichi Minato: "Statistical Emerging Pattern Mining with Multiple Testing Correction", The 23rd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD-2017), Research Track, Halifax, Nova Scotia, Canada. (H29/08) 他40件

## (書籍)

- 湊 真一(監修): "2016年度 科研費 基盤(S)「離散構造処理系の基盤アルゴリズムの研究」講究録", 基盤(S)離散構造処理系プロジェクト, 391p, ISSN 2186-1846. (H29/06)

## (報道発表)

- 「全国都道府県の組合せ隣接ブロックの数え上げ・索引化に成功 — 明治以降の都道府県設置以来,初めての結果 —」, 北海道大学, 奈良先端科学技術大学院大学, 岡山大学, (独)統計センター. (H28/09/02)



東京新聞 紙面(H28年9月2日 朝刊)

ホームページ等

<http://www-erato.ist.hokudai.ac.jp/>