

C@R@e

NEWSLETTER



創刊号

2021
Spring

科学研究費助成事業 学術変革領域研究(B) 2020-2022年度

組合せ遷移の展開に向けた計算機科学・工学・数学によるアプローチの融合

組合せ遷移アルゴリズムの 共通基盤化を目指して

領域代表 伊藤 健洋

東北大学 大学院情報科学研究科 教授



私が国内外の仲間と共に「組合せ遷移」の理論フレームワークを立ち上げたのは2008年のことでした。他分野の方の何気ない質問から始まった単独プロジェクトだったはずのものが、数々の出会いが重なり、今では世界的に研究されるアルゴリズム理論の新潮流にまで成長しました。

そして今回、2020年度に新設された科研費・学術変革領域研究(B)に採択して頂き、より多くの仲間と体系的・戦略的に研究するチャンスを頂きました。組合せ遷移は、まだ「若い」理論です。今回の研究領域は、その若い理論を10年後、20年後に向けて発展・成熟させるための土台作りであると位置付けています。それには分野をまたぐ協働が必須なのですが、やはり分野融合は一筋縄ではいきません。ただ、そこには苦労だけでなく、新規開拓のワクワクが常にあります。

分野融合の鍵は、やはり「いかに人と人を繋げられるか」に尽きます。有難いことに、各分野を代表する新進気鋭の若手研究者が、この領域研究に参画してくれました。本領域の研究者は、平均36.5歳と非常に若いのが特徴です(申請時)。これは、本研究領域の終了後も組合せ遷移の研究を継続し、各自の背景分野へフィードバックをもたらすことを期待する布陣です。「組合せ遷移」を鍵として、いかにメンバーを繋げられるかが私の役割であり、そして私自身が最も楽しみにしているところです。

しかしながら、コロナ禍の影響は大きく、もどかしい思いをしているのも事実です。複数分野の研究者が「集まる」ことが本研究領域の肝であるのに、当然ではありますが、コロナ禍では「集まらない」のです。一方で、本研究領域のメンバーは全国11大学に散らばっていますが、オンラインでは頻りに集まる事が出来ています。対面での打合せには及ばないところもあるものの、これはオンラインならではの利点です。実際に会える日を心待ちにしながら、精力的に研究を開始しています。

2021年3月

Profile

2006年3月東北大学にて博士(情報科学)を取得。同年より東北大学大学院情報科学研究科の助手、助教、准教授を経て、2020年5月より現職。広くは理論計算機科学の研究に従事し、特にグラフアルゴリズムの研究に取り組む。2018年度科学技術分野の文部科学大臣表彰若手科学者賞、船井情報科学振興財団第17回(2017年度)船井学術賞、国際会議ISAAC 2008 Best Paper Award等、受賞。2020-2022年度東北大学ディスティングイッシュトリサーチャー。

科学研究費助成事業 一科研費一 「学術変革領域研究(B)」について

「学術変革領域研究(B)」は、次代の学術の担い手となる研究者による少数・小規模の研究グループ(3~4グループ程度)が提案する研究領域において、より挑戦的かつ萌芽的な研究に取り組むことで、これまでの学術の体系や方向を大きく変革・転換させることを先導するとともに、我が国の学術水準の向上・強化につながる研究領域の創成を目指し、将来の学術変革領域研究(A)への展開などが期待される研究です。(文部科学省 Web サイトより抜粋)

組合せ遷移とは

組合せ遷移の最も身近な例はパズルであろう。15パズルは、1から15までの数字の駒が配置された盤面が与えられたとき、1駒分の空きを利用して駒をスライドさせ、目標盤面に到達させるパズルである。15パズルには、空きの位置も考慮して16!通り(約10¹³通り)の盤面が存在する。すなわち15パズルは、約10¹³通りの盤面からなる状態空間において、初期盤面から目標盤面へと遷移させるスライドの操作手順を求めめるパズルとみなせる。このような「状態空間上での遷り変り」を対象とするアルゴリズム理論が「組合せ遷移」である。



組合せ遷移は産業にも現れ、電力の配電制御をはじめとする「常時稼働型システム」への応用が特に挙げられる。配電網は事故時の停電区間を小さく抑え込むため、複数の経路から電力が供給できるように構成されている。例えば、配電網の日本標準モデル(ベンチマークデータ)には、約10⁵⁸通りという膨大な供給経路の選択肢が存在する。この中から、最適な供給経路を算出するだけでも十分難しい。しかし、たとえ最適な供給経路が算出できても、常時稼働型システム特有の課題も生じる。すなわち、最適なものへ切り替えるためとはいえ、その切替途中でも停電を起こすわけにはいかないのである。したがって、配電制御では、約10⁵⁸通りの供給経路からなる状態空間において、現在の供給経路から最適なものへと、停電を起こすことなく遷移させる切替の操作手順を求めめることが要求される。実際、組合せ遷移のアルゴリズム技術を、配電制御システムへ応用した事例もある。



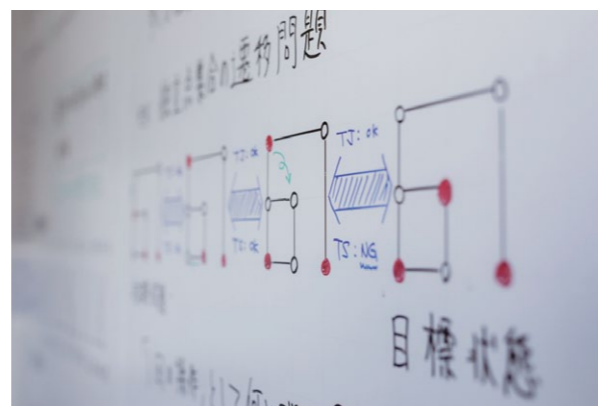
組合せ遷移の現状と課題

組合せ遷移は、研究・実務の広範な分野に現れ、実際に分野をまたがる成功事例も出てきた。しかしながら現在、組合せ遷移の技術は、それを研究する専門家のみが有するものであり、他分野の研究者や実務家は、専門家にアクセスする必要がある。これは新たな学際的研究の好機ともいえるが、適切な専門家に辿り着く機会は限られ、時間も要する。

一方で、例えば機械学習の技術は、分野、理論・応用を問わず急速に浸透し、利活用されている。ここまで広範な領域で技術が浸透したのは、専門家の活躍はもちろんだが、Pythonの充実したライブラリ等ソフトウェアによって研究開発の共通基盤が整備されたことも大きい。他にも、数式処理ならばMathematica、組合せ問題ならばSATソルバーやIPソルバーというように、共通のソフトウェアが整備されることで、非専門家が最先端の技術に容易にアクセスできるようになり、自領域内での問題解決が可能となっている。しかし、組合せ遷移に関していえば、まだそのような共通基盤は整備されておらず、技術利用のハードルは高い。

本研究領域の目的

本研究領域の大目標は、研究でも実務でも障壁なく、組合せ遷移のアルゴリズム技術を利活用するための共通基盤を構築することである。その実現に向け、計算機科学・工学・数学の三分野から集まった研究者が協働し、組合せ遷移のアルゴリズム基盤、実装技術基盤、数学基盤の構築を目指す。そして、組合せ遷移のソフトウェア開発・整備に必要な基礎理論を固めていく。



研究体制

group A01

計算機科学アプローチによる組合せ遷移の展開

アルゴリズムの自動生成に向けて



members

代表 伊藤 健洋 : 東北大学
小林 靖明 : 京都大学
大館 陽太 : 名古屋大学
和佐 州洋 : 豊橋技術科学大学
山内 由紀子 : 九州大学

A01班では、組合せ遷移に対する「アルゴリズムのメタ定理」を構築することにより、組合せ遷移アルゴリズムの自動生成を目指す。個々の問題に対してアルゴリズム開発を行っている、時に「よく似た」アルゴリズムに辿り着くことがある。すると反対に「どういう問題であれば、このアルゴリズム手法は有効なのか?」という問いが生まれる。これがアルゴリズム的メタ定理の研究である。これは、事例研究の積み重ねから、アルゴリズム手法を「統一された設計技法」へと昇華する研究といえる。A01班では、組合せ遷移の未解決問題に挑戦することで事例研究を積み重ねながら、組合せ遷移に対するアルゴリズム的メタ定理の構築を目指して研究を進めていく。

総括班

代表 伊藤 健洋 : 東北大学
川原 純 : 京都大学
岡本 吉央 : 電気通信大学
鈴木 顕 : 東北大学

group B01

工学アプローチによる組合せ遷移の展開

配電切替を足がかりとして汎用ソルバーへ



members

代表 川原 純 : 京都大学
飯岡 大輔 : 東北大学
宋 剛秀 : 神戸大学
鈴木 顕 : 東北大学
照山 順一 : 兵庫県立大学
戸田 貴久 : 電気通信大学

B01班では、組合せ遷移に対する「実装技術」を構築することにより、理論研究と産業応用の共通のコミュニケーション基盤となるソフトウェア開発を目指す。組合せ最適化の分野では、SATソルバー等の汎用ソルバーの開発が長年進められ、非専門家であっても様々な実用規模の問題を解くことができている。しかし現状では、組合せ遷移の汎用ソルバーやその実装技術は確立されているとはいえない。一方で、配電制御における供給経路の切替など少数の具体例に対しては、組合せ遷移のアルゴリズム技術を活用して、実用規模の問題を解くことに成功している。B01班では、この成功事例を足がかりとし、組合せ遷移の実装技術の確立を目指して研究を進めていく。

group C01

数学アプローチによる組合せ遷移の展開

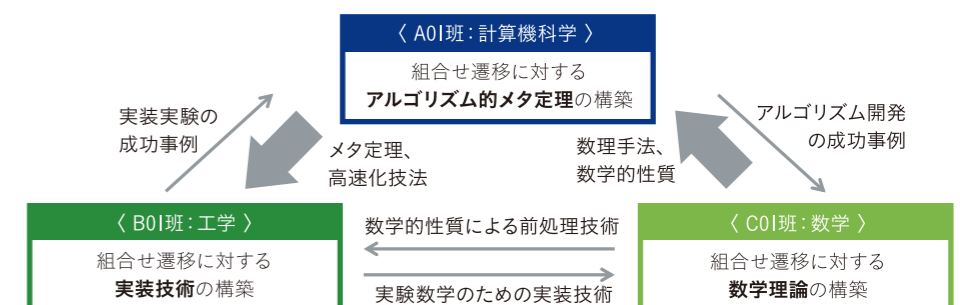
活用事例を手がかりとして新解法へ



members

代表 岡本 吉央 : 電気通信大学
岩政 勇仁 : 京都大学
垣村 尚徳 : 慶應義塾大学
神山 直之 : 九州大学
小林 佑輔 : 京都大学
野崎 雄太 : 広島大学
小関 健太 : 横浜国立大学

C01班では、組合せ遷移に対する「数学理論」を構築することにより、組合せ遷移に有効な新しい数理手法の提案を目指す。15パズルをはじめ、組合せ遷移の問題を解決するために、これまでも数学の諸概念が利用されてきた。しかし、そのような例は散発的に存在しているだけであり、それらを統一的に理解する数学的な枠組みは未だ見ることができない。C01班では、数学と組合せ遷移に橋をかける諸例に共通する数理を抽出することで昇華し、理論体系として「組合せ遷移の数学理論」を構築することを目指す。最終的には、組合せ遷移の問題に対する新たな解法を提案し、研究者や実務家が数学を有用な道具として利用できることを目指して研究を進めていく。





キックオフミーティング、第1回領域会議

2020年10月30日(金)に、本研究領域のキックオフミーティングをオンライン開催しました。採択から約1ヶ月での開催でしたが、75名のご参加を頂きました。領域代表・各計画研究班代表から本研究領域の目標と計画を説明しました。併せて、第1回領域会議を開催しました。

セミナー・勉強会

本研究領域では、セミナー・勉強会を継続して開催しています。組合せ遷移に直接関係する研究に限らず、様々な講演・討論を通して、互いの分野を理解することを目的としています。

回	開催日	講演者	講演題目
1	2020.11.20	伊藤 健洋 (東北大学, A01班)	組合せ遷移のアルゴリズムー計算困難性の証明ー
2	2020.12.11	伊藤 健洋 (東北大学, A01班)	組合せ遷移のアルゴリズムーアルゴリズム手法ー
3	2020.12.18	大館 陽太 (名古屋大学, A01班)	独立集合の遷移について
4	2020.12.25	岡本 吉央 (電気通信大学, C01班)	組合せ遷移と離散構造
5	2021.1.22	戸田 貴久 (電気通信大学, B01班)	有界モデル検査、SATプランニング、ネットワークアップデート
6	2021.2.12	小関 健太 (横浜国立大学, C01班)	3-正則グラフにおける3-辺彩色のケンベ鎖による遷移
7	2021.2.19	川原 純 (京都大学, B01班)	ZDDを用いた部分グラフ列挙



電気通信大学主催の産学官連携イベントに登壇

2020年11月25日(水)に開催された電気通信大学主催の産学官連携イベントに、岡本吉央(C01班代表)が登壇し、「組合せ遷移アルゴリズムの産業応用に向けて」という演題で、本研究領域について解説しました。

EVENTS

公開シンポジウム 第2回領域会議

2021年3月23日(火)

本研究領域の公開シンポジウムおよび第2回領域会議を開催します。

招待講演: 宇野 裕之 先生(大阪府立大学)

Gourds: a sliding-block puzzle with turning (ISAAC2020 Best Paper Award)

国際Workshop

2021年7月12日(月)

国際会議The 48th International Colloquium on Automata, Languages, and Programming (ICALP 2021)にて、組合せ遷移に関するサテライトワークショップを企画・開催します。オンラインでの開催が決まっています。

セミナー・勉強会

未定

2021年度も、本研究領域のセミナー・勉強会を開催します。セミナー情報用メーリングリストとSlackも運用しています。スケジュールや参加方法など、詳しくは本研究領域のWebサイトをご覧ください。

受賞

2020年10月 藤原洋数理科学賞奨励賞

小林 佑輔 (京都大学, C01班)

「離散最適化問題に対する効率的アルゴリズムの研究」

Webサイトリニューアルのお知らせ

2021年3月に、本研究領域のWebサイトをリニューアルします。これまでの仮Webサイトから、URLも変更になります。

<https://core.dais.is.tohoku.ac.jp/>

