

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

最終報告書





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

最終報告書

2024年3月

領域代表挨拶



伊藤 健洋
(東北大学 大学院情報科学研究科 教授)

「人と人が出会うと、こんなにも新しいものが生まれるのか！」という研究の醍醐味ともいえるゾクゾク感を何度も味わった、そんな贅沢な3年間でした。組合せ遷移は、電力分野の専門家から私への「何気ない質問」をきっかけとして生まれました。新しく人と出会うことで、予想だにしない新しいものが生まれることがあります。私が領域研究に挑戦したかった最大の理由は、ここにあります。異なる分野の最先端を走る研究者らが出会ったら、組合せ遷移はどんな風に進化するのだろうか?と。

プロジェクトの計画・立案では、着実に達成したい目標から欲張りな野望まで、思いっきり詰め込みました。そのとき意識したことは、10年20年先に向けて、組合せ遷移そのものを進化させ、研究展開の土台を確立することです。そうすることで、たとえ限られたプロジェクト期間でも、学術変革に向けた「種蒔き」をしっかり行うことを狙いました。ともすればプロジェクト期間中には、業績という目に見える成果にできない危険性もありました。しかし、本気で学術変革を起こすには、不可欠な挑戦と考えたのです。その大きな目標に向かって、最強のチームを結成できたことは、本当に感謝しています。中には、面識がないままにツテを辿って、研究参画をお願いした方もいらっしゃいましたが、みなさん協力を快諾してくださいました。

交付内定の通知は、2020年10月2日に届きました。将来、この文章を読まれる方は信じられないかもしれません、当時はコロナ禍の真っ只中であり、たった4、5名が集まる打合せでも、(ましてや県外から人が来るとなれば、より厳しく) 大学へ事情説明と共に許可申請が必要でした。当時はそれが仕方ない状況だったとはいえ、本研究領域は、そういう時代の中で融合研究を進めなければならなかったのです。

しかし一方で、コロナ禍に依って、オンラインを活用した共同研究の新しいスタイルが急速に確立されました。どの計画研究班も2、3週間に1回のオンライン打合せを継続して行ってきました。本研究領域の研究参画者らは10を超える大学に散らばっており、オンラインを活用しなければ、(コロナ禍の有無にかかわらず) これほどの打合せ頻度は確保できなかつたでしょう。また、世界中が同じ状況に陥ったことで、我々がオンライン開催した国際ワークショップには、毎回多くの参加者が海外からも集まってくれました。驚くほど著名な研究者が、私たちのワークショップでオンライン講演してくださったこともあります。なんだか複雑な思いがすることも確かですが、コロナ禍を悲観するだけでなく、それを逆手に取ることで、領域研究の新しいスタイルが確立でき、さらには組合せ遷移の国際的な波及が実現できました。

贅沢な、でも嵐のような3年の日々を経て、私たちの前には今、想像を遥かに超える「組合せ遷移」の新しい世界が広がっています。もともとは、領域メンバー内で新しい研究コミュニティを形成し、次代の研究展開に向けた「種蒔き」ができれば、十分な成功といえるほど高い目標を設定していたはずです。それを超えて今では、計画当初は想像もしなかった分野の研究者・学生の方々にまで、国内外を問わず「組合せ遷移」という新たな研究視点を届けることができています。また、研究展開は種蒔きに留まらず、新たな融合研究がそこから既に芽吹き始めています。きっとそれは、たとえ10年の時間をかけても潤沢な予算をかけても、個人研究では得難い「芽」です。

これは研究参画者の方々が、このプロジェクトに積極的に携わってくださったおかげと感謝しています。「何気ない質問」は、何気ないまま流れてしまうことの方が普通です。「組合せ遷移」を鍵として、アンテナを張り巡らせてくださったことが、組合せ遷移の進化と展開に繋がっています。さらには、領域運営にも強力なサポートを頂きました。このような大型プロジェクトは、私には初めてのことでの、大きな不安があったのも正直な気持ちです。そんなとき、キックオフミーティングにて「最初の1年が勝負だ。ここを頑張ろう」と領域メンバーを鼓舞してくださる方がいたり、「海外展開を進めるなら、今すぐ動き始めよう」と企画書を書いてくださる方がいたり。御一人御一人が「やるからには、トコトンやろう！」と、一緒に全力疾走してくださり、それが本研究領域のこれほどの成果・波及へと繋がっています。

今では、たとえば、純粹数学の研究者である野崎雄太さんと、アルゴリズム分野の国際会議や研究会で会うことも珍しくなくなりました。また、私や鈴木顕さんが、電気学会に出かけていくことも増えました。このように「組合せ遷移」をきっかけに、人と出会い、新たなコミュニティが形成され、それがさらに広がっていく…これが、本研究領域の何よりの成果です。あの「何気ない質問」から組合せ遷移の世界が生まれ広がっていったように、この学術変革(B)「組合せ遷移」からまた新しい世界が生まれ広がってくれれば、これ以上の幸せはありません。そのような未来を目指して、この領域研究だからこそ得られた「芽」を、私たちはこれからも大切に育て上げていきます。この3年間、本当に多くの方々からご支援やご助言を頂きましたことに感謝申し上げながら、私たち領域メンバーや「組合せ遷移」の成長を今後も暖かく見守って頂き、応援して頂ければ幸甚に存じます。

2024年3月

contents

領域代表挨拶	02
本研究領域の概要	06
各班紹介	10
産学連携研究	16
研究の様子	18
イベント	20
活動年表	26
業績等の記録	34
イベント等の記録	40

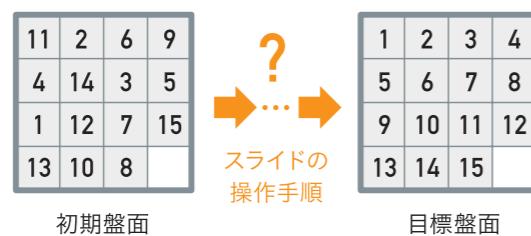


本研究領域の概要

組合せ遷移とは

組合せ遷移とは、「状態空間上での遷り変り」を数理モデル化・解析するアルゴリズム理論です。その概念は、理論から応用まで多種多様な分野に現れます。

組合せ遷移の最も身近な例はパズルでしょう。例えば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す。15パズルには、空きの位置も考慮して16!通り（約 10^{13} 通り）の盤面が存在します。すなわち15パズルは、約 10^{13} 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るパズルとみなせます。



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ます。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ます。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 10^{58} 通りという膨大な供給経路の選択肢が存在します。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問題です。

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ます。すなわち、最適なものへ切り替えるためとはいっても、その切替途中でも停電を起こすわけにはいきません。したがって、配電制御では、約 10^{58} 通りの供給経路からなる状態空間において、現状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ることが要求されます。



このように状況は大きく異なりますが、15パズルであっても配電制御であっても、目標状態に向かうための操作手順を求めたい点は共通しています。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」です。

現在のアルゴリズム理論の研究としては、領域代表の伊藤が中心となり2008年に組合せ遷移の理論フレームワークを提唱しました。それ以来、アルゴリズム研究は盛んに進められ、2015年には組合せ遷移の国際ワークショップも設立されています。本研究領域の提案時2020年までは、21カ国140名以上の研究者が組合せ遷移に関する論文を発表する等、世界的な研究の新潮流となりました。



2017年1月 カナダ・バンフ

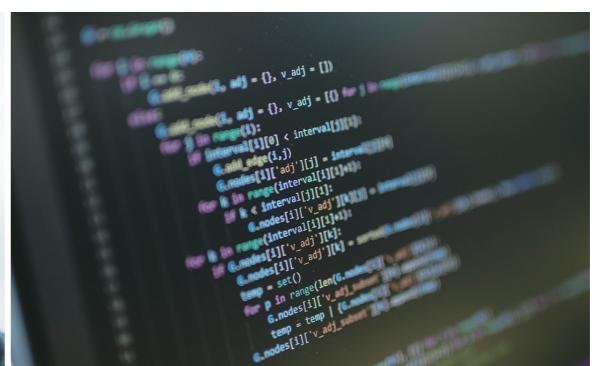
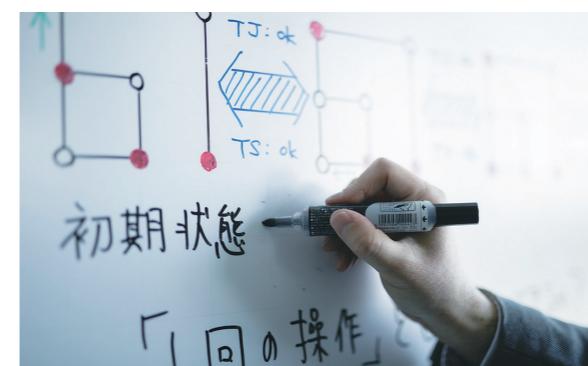


2019年5月 フランス・オッソワ

組合せ遷移の課題

組合せ遷移は研究・実務の広範な分野に現れ、2019年には組合せ遷移のアルゴリズム技術を配電制御へ応用した研究事例も報告されています。しかしながら、2020年当初はまだ、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した。したがって、他分野の研究者や実務家が、組合せ遷移の技術を利活用するためには、その専門家にアクセスする必要がありました。これは新たな学際的研究の好機ともいえますが、適切な専門家に辿り着く機会は限られ、時間も要します。

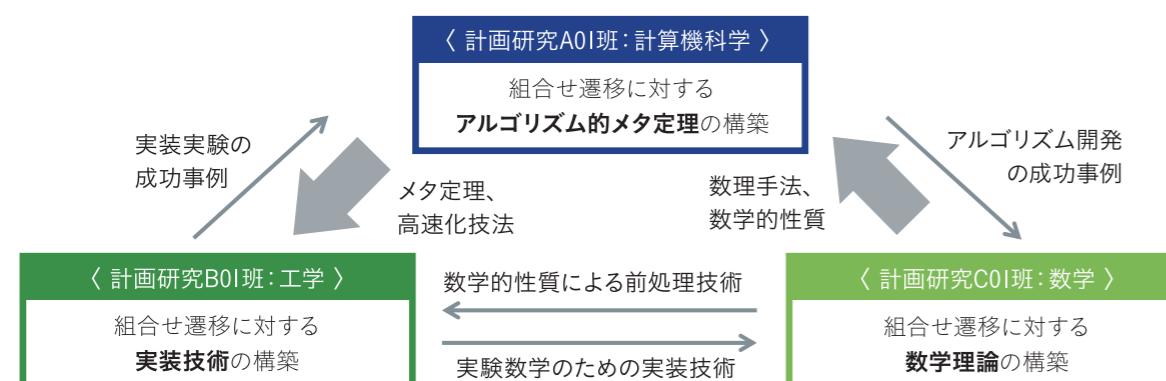
一方で、例えば機械学習の技術は、分野、理論・応用を問わず急速に浸透し、利活用されています。ここまで広範な領域で技術が浸透したのは、専門家の活躍はもちろんですが、Pythonの充実したライブラリ等のソフトウェアによって研究開発の共通基盤が整備されていることも大きな理由でしょう。他にも、数式処理であればMathematica、組合せ問題であればSATソルバーや整数計画ソルバーというように、共通のソフトウェアが整備されることで、非専門家が最先端の技術に容易にアクセスできるようになり、自領域内での問題解決を可能としています。しかし、組合せ遷移に関していえば、まだそのような共通基盤は整備されておらず、技術利用のハードルが高いという課題がありました。



本研究領域の目標

本研究領域では、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を大目標に掲げました。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します。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きます。さらに本研究領域では、組合せ遷移の産業応用にも取り組むこととし、より広範な領域への組合せ遷移の展開に向けたモデルケースを提示することも目指しました。

本研究領域が狙った大きな研究の流れは次の通りです。組合せ遷移のアルゴリズム開発は様々な成功事例が知られており、数学を背景分野とする計画研究C0I班が、それら複数の事例に共通する数理構造や数理的性質を抽出します。そこで得られた知見を基に、計算機科学を背景分野とする計画研究A0I班では、個別のアルゴリズム手法を「統一された設計技法」へと昇華させます。最後に、工学を背景分野とする計画研究B0I班が、組合せ遷移ソルバーとしてアルゴリズム技術を実装し、理論研究と産業応用のコミュニケーション基盤となるソフトウェアを整備します。



B0I班代表
川原 純

A0I班代表
伊藤 健洋

C0I班代表
岡本 吉央

総括班

総括班は、研究領域全体のマネジメントを実施するための組織です。各計画研究班の代表に加え、組合せ遷移の研究に長年取り組んでいる 鈴木 頸 (B0I班) をメンバーに迎えて、研究領域の全体的な研究方針の策定、企画調整、研究支援活動を担当しました。

代表 伊藤 健洋：東北大学

分担 川原 純：京都大学

岡本 吉央：電気通信大学

鈴木 頸：東北大学



鈴木 頸

2013年東北大学にて博士（情報科学）を取得。アルゴリズムの理論研究を基軸に、その産業応用にも取り組む。著書に『機械学習アルゴリズム』がある。

また、3名の先生方にご協力頂き、研究領域の外側から評価・助言等を受ける体制を整えました。大所高所から有益なご助言を頂くことができました。

浅野 哲夫：金沢大学 監事
徳山 豪：関西学院大学 教授
渡辺 治：東京工業大学 理事・副学長

本研究領域の予算規模

本研究領域には、下記の通り直接経費を交付して頂きました。また、研究費の繰越が認められ、2023年度にも研究活動やイベントを行っています。

	直接経費の交付額 (千円)			
	2020年度	2021年度	2022年度	合計
総括班	9,300	6,900	6,900	23,100
計画研究 A0I 班	8,400	11,200	11,200	30,800
計画研究 B0I 班	9,300	12,100	12,100	33,500
計画研究 C0I 班	10,300	13,000	13,000	36,300
合計	37,300	43,200	43,200	123,700

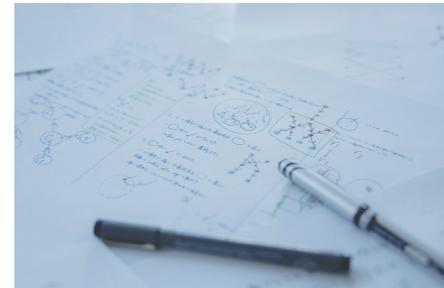
科学研究費助成事業
「学術変革領域研究 (B)」
とは

「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）

計画研究A01班

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



研究代表者

伊藤 健洋

(東北大大学 大学院情報科学研究科 教授)



2006年東北大大学にて博士（情報科学）を取得。グラフアルゴリズムの手法を主として、組合せ遷移の研究に取り組む。2018年度科学技術分野の文部科学大臣表彰若手科学者賞等、16件の受賞がある。2020–2023年度東北大大学ディスティングイッシュドリサーチャー。

研究分担者

大館 陽太：名古屋大学

小林 靖明：北海道大学

山内 由紀子：九州大学（2021年4月から参画）

和佐 州洋：法政大学

所属研究者

江藤 宏（2021年10月–2022年9月 東北大大学 特任助教（研究））

計画研究A01班の目標

組合せ遷移に対する「アルゴリズム的メタ定理」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

組合せ遷移に限らず、個々の問題に対してアルゴリズム開発を行っていると、時に「よく似た」アルゴリズムに辿り着くことがあります。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？」という問い合わせが生まれます。これがアルゴリズム的メタ定理の研究主眼です。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もいえるでしょう。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を構築することを目標としました。

計画研究A01班の研究成果

本研究領域の期間中、A01班の研究参画者らは、査読付き学術雑誌論文32件及び査読付き国際会議論文34件を発表しました。多数の事例研究を進展させただけでなく、目標に掲げたアルゴリズム的メタ定理の構築にも成功しました。さらには、他の計画研究班との共同研究を通して、「非対称な遷移」という新しいタイプの組合せ遷移問題を導入・解析もしました。また、列挙や分散計算といった近接分野へも、組合せ遷移を展開しています。このようにA01班では、組合せ遷移のアルゴリズム理論を深化させ、さらには新しい研究展開を提唱することにも成功しました。

研究成果ピックアップ

組合せ遷移のアルゴリズム的メタ定理を構築

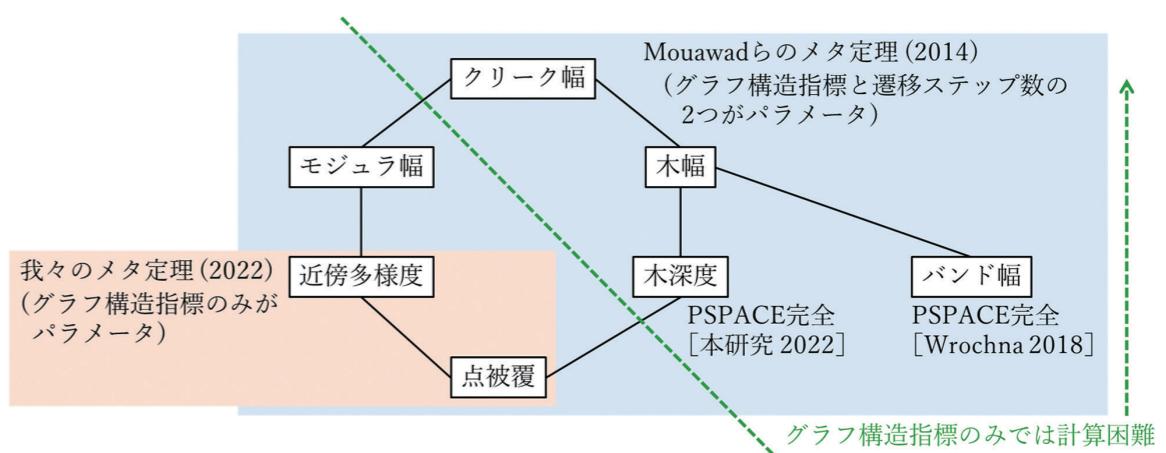
グラフアルゴリズムの開発において、入力グラフの構造をうまく利用するアプローチは、長年研究されてきました。グラフ構造の複雑さを表す指標は、様々知られており、その関係性も解明されています。下図のグラフ構造指標は（同じ値であれば）、下に行くほど限定的なグラフ構造を表現し、上に行くほど複雑なグラフ構造を表現することができます。すなわち、上に行くほど、アルゴリズムの開発は難しくなるといえます。

2014年にMouawad, Nishimura, Raman, Wrochnaは、クリーク幅と遷移ステップ数の2つをパラメータとした組合せ遷移のアルゴリズム的メタ定理を与えました。この定理では、グラフ構造指標であるクリーク幅だけでなく、遷移ステップ数もパラメータです。では、遷移ステップ数を外して、グラフ構造指標のみで高速に計算できないか？というと、その場合は計算困難（PSPACE完全）であることがWrochnaによって証明されています。クリーク幅はとても一般的な指標であり、Wrochnaの計算困難性の結果と合わせ見れば、これ以上のアルゴリズム開発は難しそうです。その一方で、個別の問題に対する事例研究の中には、他のグラフ構造指標に着目し、その指標のみに基づくアルゴリズムが開発された例もありました。

A01班では、「近傍多様度」という指標に着目し、グラフ構造指標のみに基づくアルゴリズム的メタ定理の構築に、世界で初めて成功しました。加えて、計算困難性の解析も進め、我々のメタ定理が（ある観点では）理論的にタイトであることを示しています。我々のメタ定理によって、優に30を超える組合せ遷移問題が、個別にアルゴリズムを設計することなく、解けてしまいます。また、既存の問題だけでなく、今後新たな組合せ遷移問題が生じた場合にも、ある条件を確認するだけで適用できる点も重要です。

発表論文

Tatsuya Gima, Takehiro Ito, Yasuaki Kobayashi, Yota Otachi.
Algorithmic Meta-Theorems for Combinatorial Reconfiguration Revisited,
Proc. of the 30th Annual European Symposium on Algorithms (ESA 2022),
Leibniz International Proceedings in Informatics, vol. 244, pp. 61:I–61:I5 (2022)



B01

計画研究B01班

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



研究代表者

川原 純

(京都大学 大学院情報学研究科 准教授)



2009年京都大学にて博士（情報学）を取得。アルゴリズムやデータ構造（特にゼロサプレス型二分決定グラフ）の理論研究に従事し、その実装と活用にも精力的に取り組む。2019年日本計算機統計学会論文賞、第20回LA/EATCS-Japan発表論文賞等、受賞。

研究分担者

飯岡 大輔：中部大学

鈴木 順：東北大学

宋 剛秀：神戸大学

照山 順一：兵庫県立大学

戸田 貴久：電気通信大学

中畑 裕：奈良先端科学技術大学院大学（2022年4月から参画）

計画研究B01班の目標

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、アルゴリズムの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ます。すなわち、汎用ソルバーによって、利用者が意識することなく、アルゴリズムの最先端技術が社会利用されています。2020年当時、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ませんでした。一方で当時でも、配電制御における経路切替等、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ました。B01班では、この成功事例を足がかりとして、組合せ遷移の実装技術を確立することを目標としました。

計画研究B01班の研究成果

本研究領域の期間中、B01班の研究参画者らは、査読付き学術雑誌論文16件及び査読付き国際会議論文25件を発表しました。加えて、B01班が開発した組合せ遷移ソルバー（3種類4形式）やGUIを一般公開しています。さらには、組合せ遷移ソルバーの活用事例として、実用規模の配電網において、大規模停電の復旧手順を求める成功しました（詳細は16ページ）。このようにB01班では、組合せ遷移の実装技術を構築し、さらには今後の産業応用に向けたモデルケースを示すことにも成功しました。

研究成果ピックアップ

3種類の組合せ遷移ソルバーを開発

これまでB01班の研究参画者らが培ってきたソルバー開発の技術を活用して、3種類の組合せ遷移ソルバーを開発しました。SATソルバーを活用したソルバー、有界モデル検査を活用したソルバー、ゼロサプレス型二分決定グラフZDDを活用したソルバーの3種類です。後者2ソルバーは汎用性が特に高く、多種多様な組合せ遷移問題を解くことができます。例えば、ZDDを活用したソルバーは、すでに208種類もの組合せ遷移問題に適用可能であることがわかっています。さらに、今後新しく生じる組合せ遷移問題であっても、特定の条件さえ満たせば適用可能となります。

本研究領域では「誰でも気軽に、組合せ遷移ソルバーが使える」ようにすることを目指しました。組合せ遷移の概念が、純粹理論の研究にも多く現れていることから、そのためにはプログラムを公開するだけでは不十分と考えました。そこでB01班では、マウス操作で入力できるGUIも開発しています（Windows / Mac / Linuxに対応）。これにより「これが本当に反例になっているか、ちょっと調べてみたい」等の場面で、プログラムをいじることなく気軽に組合せ遷移ソルバーを利用することができます。GUIは、国際プログラミング競技会CoRe Challengeでの入出力形式を採用しており、内部のソルバーエンジンも入れ替え可能です。これら研究用コンテンツは、本研究領域Webサイトからリンクを辿って頂けます。

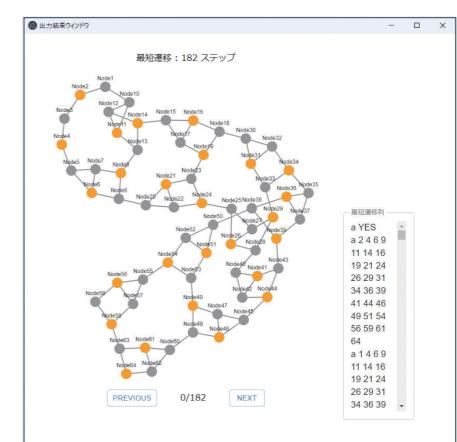
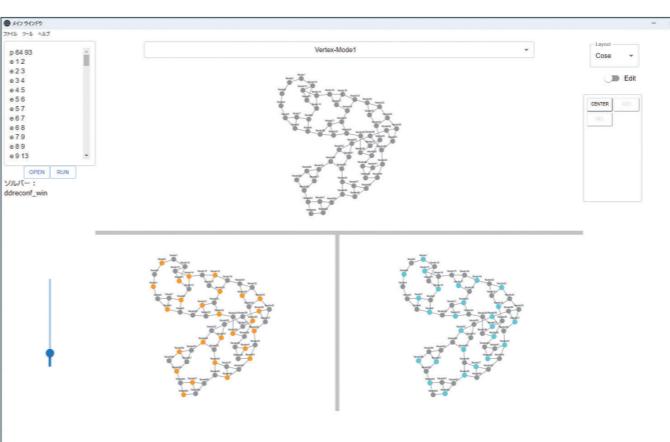
発表論文

Takehiro Ito, Jun Kawahara, Yu Nakahata, Takehide Soh, Akira Suzuki, Junichi Teruyama, Takahisa Toda.

ZDD-Based Algorithmic Framework for Solving Shortest Reconfiguration Problems, Proc. of the 20th International Conference on the Integration of Constraint Programming, Artificial Intelligence, and Operations Research (CPAIOR 2023), Lecture Notes in Computer Science, vol. 13884, pp. 167–183 (2023)

発表論文

Takahisa Toda, Takehiro Ito, Jun Kawahara, Takehide Soh, Akira Suzuki, Junichi Teruyama. Solving Reconfiguration Problems of First-Order Expressible Properties of Graph Vertices with Boolean Satisfiability, Proc. of the 35th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI 2023), pp. 294–302 (2023)



計画研究C01班

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



研究代表者

岡本 吉央

(電気通信大学 大学院情報理工学研究科 教授)



2005年スイス連邦工科大学チューリヒ校にてPh.D.を取得。離散数学、離散アルゴリズム、離散最適化の研究に従事。訳書に『凸多面体の数学』(共訳)、『離散幾何学講義』、『離散体積計算による組合せ数学入門』がある。日本オペレーションズ・リサーチ学会フェロー。

研究分担者

岩政 勇仁：京都大学

小関 健太：横浜国立大学

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：横浜国立大学

前澤 俊一：東京理科大学 (2022年4月から参画)

所属研究者

前澤 俊一 (2021年3月–2022年3月 電気通信大学 特任研究員)

辻 俊輔 (2023年4月–2024年3月 電気通信大学 特任研究員)

計画研究C01班の目標

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、これまで数学の諸概念が利用されてきました。しかし、そのような例は散発的に存在しているだけで、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ていません。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標としました。その後に、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ようにすることを目指しました。

計画研究C01班の研究成果

本研究領域の期間中、C01班の研究参画者らは、査読付き学術雑誌論文45件及び査読付き国際会議論文22件を発表しました。数学の諸分野から研究者が集まつたことが有機的に働き、組合せ遷移に対する複数の数学的アプローチが構築できました。とりわけ鍵となったのは、「離散構造（劣モジュラ性）」「不变量」「トポロジー」という3つのアプローチです。さらには、ゲーム理論（公平割当の理論）へも、組合せ遷移の概念を展開してきました。このようにC01班では、組合せ遷移に対する多彩な数理手法を構築し、さらには組合せ遷移を新しく他分野へ展開することにも成功しました。

研究成果ピックアップ

組合せ遷移を用いたNash-Williamsの定理の新証明

道路網の全ての道路に、一方通行の向き付けをしたいとします。もちろん、どの地点からどの地点へも、少なくとも1通りは辿り着ける経路があるように、向き付けしなければなりません。道路網がどのような条件を満たせば、そのような一方通行の向き付けが存在するでしょうか？

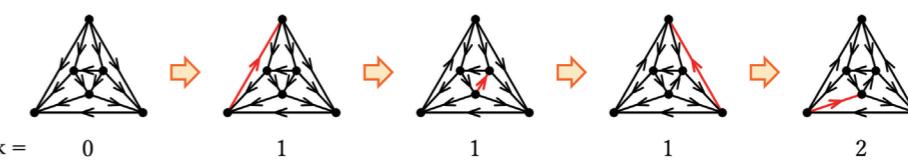
この問い合わせに対し、Herbert E. Robbinsは1939年に、道路網（グラフ）が満たすべき必要十分条件を与えました。その後1960年にCrispin S.J.A. Nash-Williamsは、どの地点からどの地点へも「少なくともk通りの（辺素な）経路」が存在するような向き付けを考え、より一般的な必要十分条件の証明に成功します。これらは、グラフの辺連結度に関する研究として知られ、グラフ理論の重要な基礎を築きました。

C01班では、「向き付けの解空間」という概念を導入することで、Nash-Williamsの定理に新しい証明を与えることに成功しました。この新証明は構成的であり、Nash-Williamsの条件を満たすグラフであれば、どんな向き付けから始めても、k通りの経路が存在するような向き付けに遷移させることができます。しかも、遷移の過程でも経路数が減ることはないような遷移を見つけられます。この証明では、離散構造（劣モジュラ性）が鍵となる働きをしました。このような遷移の過程も考慮するような証明は、組合せ遷移ならではの新しい手法といえ、向き付けの解空間に新たな知見を与えました。

発表論文

Takehiro Ito, Yuni Iwamasa, Naonori Kakimura, Naoyuki Kamiyama, Yusuke Kobayashi, Shun-ichi Maezawa, Yuta Nozaki, Yoshio Okamoto, Kenta Ozeki.

Monotone Edge Flips to an Orientation of Maximum Edge-Connectivity à la Nash-Williams, ACM Transactions on Algorithms, vol. 19, article 6 (2023)



展開の芽

「向き付けの解空間」の概念は興味深く受け入れられ、我々の研究を拡張した論文が下記2件発表されています。前者は、遷移のステップ数を改善しており、それはFukuda, Prodon, Sakumaの定理（2001年）から得られる系にも関連します。後者は、ハイパークラフへの拡張であり、組合せ遷移を用いてFrank, Király, Királyの定理（2003年）に新証明を与えています。

Pierre Hoppenot, Zoltán Szigeti.

On Reversing Arcs to Improve Arc-Connectivity, Information Processing Letters, vol. 184, article 106434 (2024)

Moritz Mühlenthaler, Benjamin Peyrille, Zoltán Szigeti.

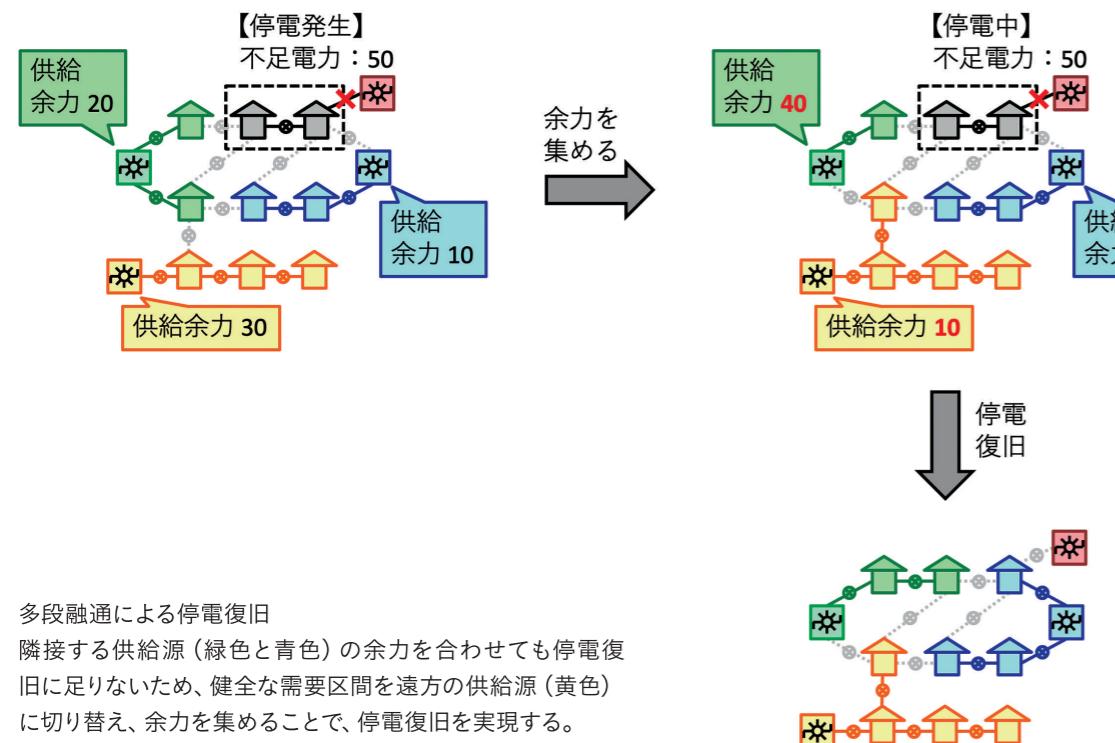
Directed Hypergraph Connectivity Augmentation by Hyperarc Reorientations, arXiv:2304.14868 (2023)

本研究領域では、株式会社明電舎の協力を得て、組合せ遷移の技術を停電復旧に活用する研究に取り組みました。我々の研究は、社会的説明責任を伴う停電復旧のプロセスに、数理的エビデンスを与えることに繋がります。研究成果は電気学会で発表し、さらに特許出願とプレスリリースも行いました。このように、組合せ遷移の技術が実際どのように産業応用できるのかモデルケースを提示することで、今後より広範な領域へ組合せ遷移が展開されていくことを期待しています。

停電復旧の最短手順を算出するアルゴリズムを開発

停電発生時、事故や故障が生じていない停電区間は、周辺の供給余力を用いて早期に停電復旧できることがあります。しかし、隣接する供給源の余力では賄いきれない規模の停電が発生した場合には、遠方の供給源の余力も活用しなければなりません。これは多段融通と呼ばれ、停電が発生していない健全な需要区間にも供給経路の変更が生じる復旧方法です。多段融通では、制御対象となる配電系統は広域となり、加えて健全な需要区間も制御対象となるため、配電運用には困難を伴います。

本研究では、停電復旧の最短手順を算出するアルゴリズムを開発しました。我々のアルゴリズムは、停電復旧に多段融通が必要か否かを判定し、いずれの場合にも、停電復旧を実行するための最短の切替手順を算出します。組合せ遷移のアルゴリズム手法を活用することで、健全な需要区間への電力供給を担保しながら、停電復旧への最短の切替手順を算出することを可能としました。さらに本アルゴリズムを用いることで、多段融通の必要性および切替手順の最短性が理論保証されたため、数理的エビデンスを伴った停電復旧を可能とします。



本研究では、計画研究B01班のゼロサプレス型二分決定グラフZDDを活用した組合せ遷移ソルバーを基とし、さらに配電運用の種々の制約を考慮することで、アルゴリズムを開発しています。また、配電網の日本標準モデル（ベンチマークデータ）に対して、計算機実験に依る提案アルゴリズムの検証も行いました。このベンチマークデータは、約 10^{58} 通りもの供給経路の選択肢が存在する大規模なものです。我々のアルゴリズムは、停電復旧のために6段も遠方の供給源を活用する例であっても、最短の復旧手順を計算することができます。

激甚災害に伴う大規模停電やライフスタイル変容に伴う需要密度の変化など、可用性を担保しながら、より広域な配電系統を制御することが現代社会では求められています。本研究のアルゴリズムは汎用性も高く、そのような要請に応え、系統事故時の自動復旧や系統混雑の解消、設備容量スリム化の計画業務など、より高度な配電運用へ活用されていくことが期待されます。

発表論文
川原 純、山岡 宙太、伊藤 健洋、鈴木 顕、飯岡 大輔、杉村 修平、後藤 誠弥、田邊 隆之
「停電復旧の最短手順を算出するアルゴリズム」令和5年電気学会全国大会、6-I29

報道発表
2022年11月7日（月）東北大大学、京都大学、中部大学、（株）明電舎 共同プレスリリース
「停電復旧の最短手順を算出するアルゴリズムを開発
—多段融通にも対応、より広域な配電運用への活用に期待—」

展開の芽 電気・エネルギーの専門紙である電気新聞に、本研究成果を掲載して頂きました。
2022年11月8日（火）電気新聞（朝刊4面 産業・テクノロジー）
「明電舎、東北大など 復旧最短ルート算出 大規模停電時 系統運用を支援」

プレスリリースをきっかけに、国際会議PHMAP2023のオーガナイズドセッションにて講演の機会を頂きました。Prognostics and Health Management (PHM: 故障予測と正常性の管理) 分野の方々へ、組合せ遷移の理論と応用を知って頂く機会となりました。



Jun Kawahara, Chuta Yamaoka, Takehiro Ito, Akira Suzuki, Daisuke Iioka, Shuhei Sugimura, Seiya Goto, Takayuki Tanabe.
Algorithmic Study for Power Restoration in Electrical Distribution Networks, Organized Session "Autonomous Decision Making Under Complex Conditions or Situations" in the 4th Asia Pacific Conference of the Prognostics and Health Management Society (PHMAP 2023), Tokyo, September 11-14, 2023.

本研究領域の活動は、常にコロナ禍の影響を受けていました。多彩な分野の研究者が「集まる」ことが本研究領域の肝であるのに、コロナ禍に依って「集まれない」状況が続きました。共同研究の進め方を試行錯誤することから、本研究領域はスタートしました。

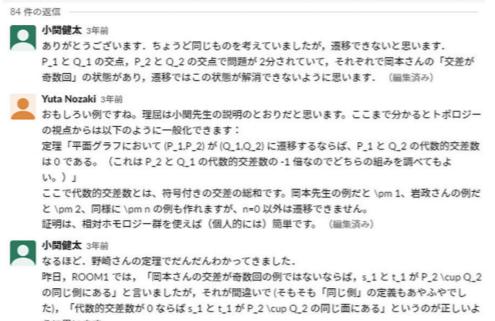
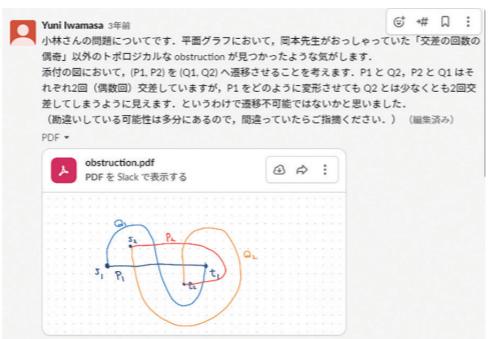
オンラインツールの活用

研究の場は、オンラインが主となりました。どの計画研究班も2、3週間に1回、約2時間のオンライン打合せを継続的に開催しました。ちょっとした相談事は、チームコミュニケーションツール Slack を使って補完していました。本研究領域の参画者らは、10を超える全国の大学に散らばっていますが、オンラインツールの活用に依って打合せの頻度が確保でき、着実に研究を進めることができました。領域代表の伊藤も、ほぼ全ての打合せに同席でき、班間連携の橋渡しもスムーズに進められました。これはオンラインならではの利点といえます。

新型コロナウイルス感染拡大の波を避けながら、計画研究班ごとに小規模の対面打合せも行いました。オンライン打合せの機動性は確かに利点なのですが、実際に会うことで生まれる創造性は、対面ならではの強みです。特に、我々のように異なる背景分野から研究者が集まって協働する場合、研究の全体像を共有できるかどうかは目標達成に向けた大きな鍵であり、そのためには対面打合せが必須でした。対面打合せで研究の全体像を共有し、オンラインを活用してテンポよく議論を進める、という研究スタイルは、今後のチーム研究の標準的なスタイルになるだろうと感じています。

セミナー・勉強会

本研究領域では、約2週間に1回の頻度で、セミナー・勉強会を開催しました。開催回数は35回に及び、講演は全てオンライン開催で一般公開しました。本研究領域の研究参画者だけでなく、外部からの招待講演も1回企画しています。1回約2時間の開催とし、研究の背景から最先端まで、じっくり勉強する場としました。講演者と講演題目は、26ページからの活動年表をご覧ください。



領域会議

領域会議は、領域全体の研究方針の策定や企画調整等を行うために、研究参画者らが定期的に集まる場です。本研究領域では、年2回のペースで開催しました。また、公開イベントを併催することで、本研究領域の活動を広く知って頂く場ともしました。開催プログラム等の詳細は、40ページからの「イベント等の記録」をご覧ください。また、最終報告会（第6回領域会議）の模様は、本研究領域Webサイトにて講演スライドと動画も公開しています。



第1回 2020年10月30日(金) オンライン	第2回 2021年3月23日(火) オンライン	第3回 2021年9月1日(水) オンライン	第4回 2022年3月9日(水) オンライン
--------------------------------	-------------------------------	------------------------------	------------------------------



第5回 2022年9月22日(木) - 23日(金) 札幌+一部オンライン	第6回 2023年2月20日(月) - 21日(火) 仙台+一部オンライン
---	---

展開の芽

第19回セミナー・勉強会（2021年12月16日（木）開催）にて、中山 克久先生（岩手大学）にお話頂いたことをきっかけに、野崎 雄太（C01班）、和佐 州洋（A01班）との共同研究が開始され、数学的な視点から研究の展開へと繋がりました。
Yuta Nozaki, Kunihiro Wasa, Katsuhsia Yamanaka,
Reconfiguration and Enumeration of Optimal Cyclic Ladder Lotteries,
Proc. of the 34th International Workshop on Combinatorial Algorithms (IWOCA 2023),
Lecture Notes in Computer Science, vol. I3889, pp. 331–342 (2023)



第20回セミナー・勉強会（2022年1月6日（木）開催）にて、大坂 直人 氏（株式会社サイバーエージェント）にお話頂いた際、上原 隆平 先生（北陸先端科学技術大学院大学）からのご助言をきっかけに大坂氏の研究結果が改善されました。その成果は、学術雑誌にも掲載され、上原先生はもちろん、本研究領域への謝辞も記載して頂きました。

Naoto Ohsaka.
On Reconfigurability of Target Sets,
Theoretical Computer Science, vol. 942, pp. 253–275 (2023)

本研究領域では、我々自身が組合せ遷移の研究を推進するだけでなく、その先に組合せ遷移が様々な分野へ波及し展開していくことを期待しています。そのきっかけとなるべく、本研究領域では国内外で一般公開イベントを多数開催しました。開催プログラム等の詳細は、44ページからの「イベント等の記録」をご覧ください。

国際会議ICALPでの併設ワークショップ*

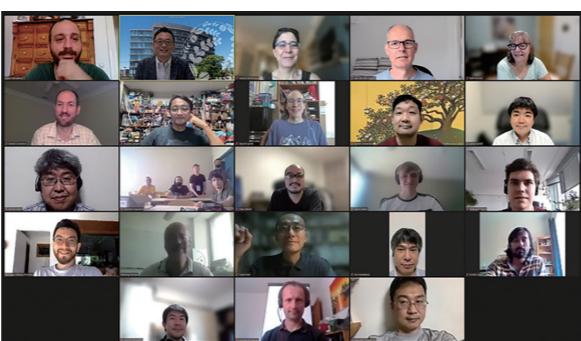
International Colloquium on Automata, Languages, and Programming (ICALP) は、50年以上の歴史を持つ理論計算機科学の国際会議です。ヨーロッパ理論計算機科学協会 (EATCS) の主要会議と位置付けられ、世界的にも非常に高い知名度を誇ります。本研究領域では、国際会議ICALPの併設ワークショップとして企画を申請し、組合せ遷移に関する国際ワークショップを3年連続で開催しました。

ワークショップでは、招待講演だけでなく、一般講演も広く募集しました。一般講演の内容・背景分野は多岐に渡り、また地域も研究機関も多彩な研究者から講演申込がありました。特に、普段は組合せ遷移の研究を行っていない研究者が、「組合せ遷移のコミュニティと未解決問題を共有したい」と発表してくれたのは印象的でした。

開催日	開催形態	一般講演の件数 (著者陣の地域・所属の数)	参加登録数 (海外からの参加登録割合)
2021年7月12日(月)	オンライン	14件 (14カ国・約40研究機関)	18カ国 87名 (約66%)
2022年7月4日(月)	ハイブリッド	11件 (11カ国・約30研究機関)	23カ国 114名 (約65%)
2023年7月10日(月)	現地のみ	7件 (11カ国・約20研究機関)	13カ国 34名 (約82%)



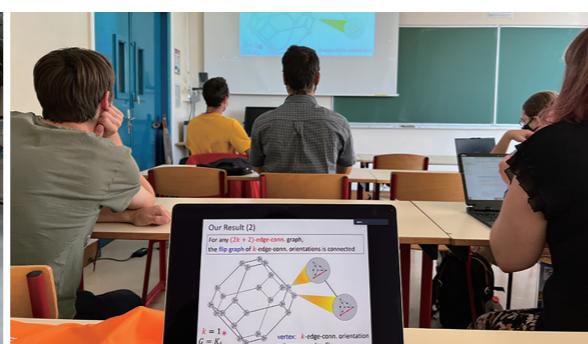
ICALP 2021



ICALP 2022 (オンライン会場)



ICALP 2023 (ドイツ・パーダーボルン)



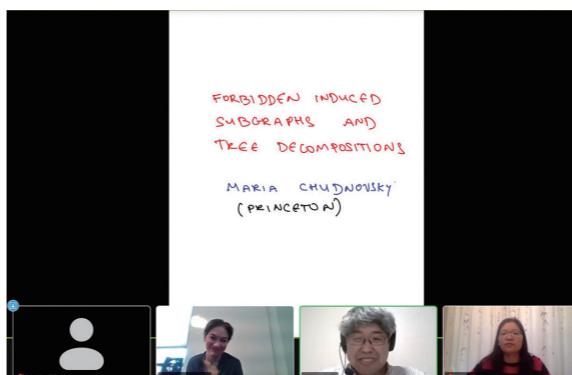
ICALP 2022 (フランス・パリ現地会場)

オンラインOne-Day国際ワークショップ*

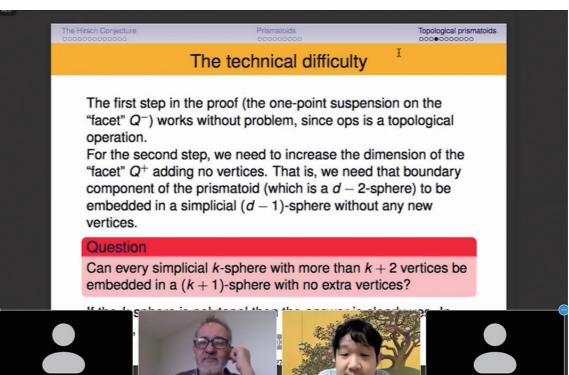
アルゴリズム理論としての「組合せ遷移」が形作られる前から、組合せ遷移の概念は様々な分野に現れ、研究されていました。本研究領域では、それら関連分野の研究を「組合せ遷移」のレンズを通して捉え直すべく、テーマを絞ったオンラインOne-Day国際ワークショップを4回開催しました。

プログラムは全て、当該テーマで活躍する研究者に依る招待講演で構成しました。4回合わせて、13ヵ国23名の研究者から招待講演を頂きました。毎回100名を超える参加登録があり、海外からの参加者も非常に多数ありました。

開催日	テーマ	参加登録数 (海外からの参加登録割合)
2021年8月30日(月)	Combinatorial Reconfiguration in Discrete and Computational Geometry	21ヵ国 107名 (約59%)
2021年11月29日(月)	Graph Theory for Combinatorial Reconfiguration	30ヵ国 199名 (約70%)
2022年9月2日(金)	Polytope Diameter and Related Topics	28ヵ国 139名 (約72%)
2022年12月12日(月)	Combinatorial Reconfiguration and Fixed-Parameter Tractability	29ヵ国 208名 (約80%)



Graph Theory for Combinatorial Reconfiguration



Polytope Diameter and Related Topics

展開の芽

本研究領域では、コロナ禍においてもオンラインを活用することで、海外の研究者らも参加できるイベントを多数開催してきました。組合せ遷移 (Combinatorial Reconfiguration) は、世界的にも広く認知されるようになり、ついには国際会議のCall for Papersにて、主な募集テーマとして名を連ねるようになりました。我々が確認しているだけでも、下記3つの国際会議で挙げられています。

24th International Symposium on Fundamentals of Computation Theory (FCT 2023)

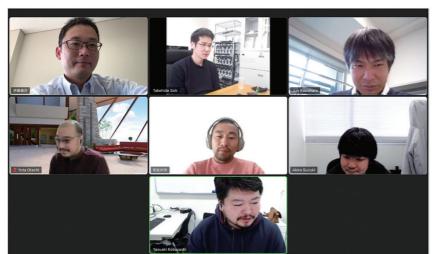
49th International Conference on Current Trends in Theory and Practice of Computer Science (SOFSEM 2024)

18th International Conference and Workshop on Algorithms and Computation (WALCOM 2024)

「組合せ遷移」の国際プログラミング競技会 CoRe Challenge

世界初となる組合せ遷移の国際プログラミング競技会CoRe Challengeを、2022年と2023年の2年連続で企画・開催しました。どちらも独立集合の遷移問題（トークンジャンピング問題）を対象とし、693問のベンチマークデータも公開しています。この中には、計画研究A0I班とB0I班が互いの知見を生かして作成した理論的に難しい構造をもつ入力データも含まれます。

2022年には8カ国10チームの参加があり、2023年には5カ国7チームの参加がありました。学術的にも意義深く、AIプランニングや有界モデル検査等、他分野で長年の研究実績を持つ手法を活用したプログラムもありました。中でも、有界モデル検査の生みの親であるArmin Biere教授らの研究グループからも投稿があったことは大きな意味を持ちます。本競技会で用いられたベンチマークデータ、投稿されたプログラム、競技会の結果は、投稿者了承の下で全てWeb公開しています。また、投稿者が記したソルバー概要を取りまとめて、arXivにも掲載しています。今後はこの競技会を参考して頂ければ、どなたでも自身の開発ソルバーを世界水準で評価できます。



A0I班とB0I班の合同ミーティングで、理論的に難しい構造をもつ入力データを作成

オンライン開催したCoRe Challenge 2022 の表彰式では、多くの好成績を収めたチームPARISのChristian Muise 博士（カナダ・クィーンズ大学）から「Thank you for running and inviting other communities to participate!」とメッセージを頂きました。

展開の芽

国際プログラミング競技会CoRe Challengeにより、組合せ遷移ソルバーの各種手法を性能比較する土台が整いました。実際、CoRe Challenge 2022をきっかけに、次の論文が発表されています。

Remo Christen, Salomé Eriksson, Michael Katz, Christian Muise, Alice Petrov, Florian Pommerening, Jendrik Seipp, Silvan Sievers, David Speck.
PARIS: Planning Algorithms for Reconfiguring Independent Sets,
Proc. of the 26th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI 2023),
Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, vol. 372, pp. 453–460 (2023)

Yuya Yamada, Mutsunori Banbara, Katsumi Inoue, Torsten Schaub.
Recongo: Bounded Combinatorial Reconfiguration with Answer Set Programming,
Proc. of the 18th Edition of the European Conference on Logics in Artificial
Intelligence (JELIA 2023),
Lecture Notes in Computer Science, vol. 14281, pp. 278–286 (2023)

国際プログラミング競技会 CoRe Challenge のGraph部門に触発され、独立集合の解空間を理論解析した論文も発表されました。

Nicolas Bousquet, Bastien Durain, Théo Pierron, Stéphan Thomassé.
Extremal Independent Set Reconfiguration,
The Electronic Journal of Combinatorics, vol. 30, article P3.8 (2023)

「組合せ遷移」の学生シンポジウム

組合せ遷移や、その侧面を持つ研究に取り組む学生が分野を越えて集まり、研究発表や意見交換する場として、2年連続で学生シンポジウムを企画しました。2021年度には14件の発表があり、2022年度には9件の発表があり、議論も活発に行われました。

基礎理論から産学連携研究まで、本研究領域に直接関わる発表だけでなく、数理物理学やオペレーションズ・リサーチ等の分野から、これまで我々が組合せ遷移の視点で捉えたことがなかった研究も発表され、多くの新しい発見がありました。ここでの発表をきっかけに、組合せ遷移の新たな共同研究も始まっています。学生シンポジウムの開催に向け、本研究領域では、組合せ遷移の基礎講座をYouTube公開したり、組合せ遷移ソルバーを先行公開したりしました。



第1回 2022年3月9日（水） オンライン開催



第2回 2023年2月20日（月） 仙台十一部オンライン開催

イ ベ ン ト

出前イベント

本研究領域では、国内外の関連諸学会にて、出前スタイルのイベントも企画しました。我々独自の開催イベントではご案内を届けられない方々にも、「出前」することで、ふらっと立ち寄って頂くことを期待しました。また、我々の研究成果は、国際会議をはじめ研究会等でも発表していますが、それらは個別の研究発表となってしまいます。複数の分野に波及する我々の研究成果を、一つのイベントでダイジェスト的にご紹介することで、融合研究としての組合せ遷移を広くアピールすることを狙いました。



JCCA・離散数学とその応用研究集会

2021年8月19日（木）ミニシンポジウム（慶應義塾大学+オンライン）

2022年8月17日（水）ミニシンポジウム（成蹊大学+オンライン）



日本オペレーションズ・リサーチ学会2022年秋季研究発表会

2022年9月14日（水）オーガナイズドセッション（新潟+オンライン）



国際会議 The 10th International Congress on
Industrial and Applied Mathematics (ICIAM 2023)

2023年8月22日（火）ミニシンポジウム（早稲田大学+オンライン）

活 動 の 記 錄



活動年表

2020-2021年度

2020年度

10月 2日 (金)	学術変革領域研究(B)「組合せ遷移」交付内定
14日 (水)	仮Webサイト開設
30日 (金)	第1回領域会議・キックオフミーティングをオンライン開催
11月 9日 (月)	本研究領域のTwitterアカウント開設
12日 (木)	セミナー・勉強会用のメーリングリストとSlackを運用開始
20日 (金)	第01回セミナー・勉強会をオンライン開催 伊藤 健洋(東北大学、A01班)「組合せ遷移のアルゴリズム－計算困難性の証明－」
25日 (水)	電気通信大学主催 産学官連携イベント「電気通信大学新技術紹介フェア2020秋～今話題の研究テーマを紹介します～」にオンライン登壇 岡本 吉央(電気通信大学、C01班代表)「組合せ遷移アルゴリズムの産業応用に向けて」
12月 11日 (金)	第02回セミナー・勉強会をオンライン開催 伊藤 健洋(東北大学、A01班)「組合せ遷移のアルゴリズム－アルゴリズム手法－」
18日 (金)	第03回セミナー・勉強会をオンライン開催 大館 陽太(名古屋大学、A01班)「独立集合の遷移について」
25日 (金)	第04回セミナー・勉強会をオンライン開催 岡本 吉央(電気通信大学、C01班)「組合せ遷移と離散構造」
2021年 1月 22日 (金)	第05回セミナー・勉強会をオンライン開催 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」
2月 12日 (金)	第06回セミナー・勉強会をオンライン開催 小関 健太(横浜国立大学、C01班)「3-正則グラフにおける3-辺彩色のケンペ鎖による遷移」
19日 (金)	第07回セミナー・勉強会をオンライン開催 川原 純(京都大学、B01班)「ZDDを用いた部分グラフ列挙」
25日 (木)	大容量メモリ搭載計算サーバ CoRe Server 導入・運用開始
3月 1日 (月)	C01班に、前澤 俊一 特任研究員(電気通信大学)が着任
3日 (水)	日本オペレーションズ・リサーチ学会 2021年春季研究発表会にてオンライン講演(2020年度OR学会研究賞受賞の特別講演) 岡本 吉央(電気通信大学、C01班代表)「理論の理論への応用は理論か応用か？」
23日 (火)	第2回領域会議・公開シンポジウムをオンライン開催 宇野 裕之先生(大阪府立大学、招待講演)「Gourds: A Sliding-Block Puzzle with Turning」
24日 (水)	「CoRe Newsletter」創刊号発行
30日 (火)	領域Webサイトをリニューアル

2021年度

4月 1日 (木)	A01班に、山内 由紀子(九州大学)が研究分担者として参画
26日 (月)	第08回セミナー・勉強会をオンライン開催 前澤 俊一(電気通信大学、C01班)「辺着色グラフにおける特定の性質を満たす部分グラフ」
5月 7日 (金)	情報処理学会第183回アルゴリズム研究会にて招待講演(オンライン) 伊藤 健洋(東北大学、領域代表)「学術変革領域(B)「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」の概要と今後の研究活動について」
10日 (月)	第09回セミナー・勉強会をオンライン開催 和佐 州洋(豊橋技術科学大学、A01班)「解グラフに着目した列挙アルゴリズムの構成」
24日 (月)	第10回セミナー・勉強会をオンライン開催 照山 順一(兵庫県立大学、B01班)「比較回数を抑えた整列アルゴリズム」
6月 7日 (月)	第11回セミナー・勉強会をオンライン開催 岩政 勇仁(京都大学、C01班)「制約充足問題に対する代数的アプローチ」
21日 (月)	第12回セミナー・勉強会をオンライン開催 玉置 順一(兵庫県立大学、招待講演)「SATの解空間連結性判定問題の計算複雑性について」
7月 5日 (月)	第13回セミナー・勉強会をオンライン開催 宋 剛秀(神戸大学、B01班)「SATソルバーの最新動向と利用技術」
12日 (月)	国際会議 The 48th International Colloquium on Automata, Languages, and Programming (ICALP 2021) の併設ワークショップとして「Workshop on Combinatorial Reconfiguration, affiliated with ICALP 2021」をオンライン開催
12日 (月)	文部科学省・日本学術振興会 令和2年度「我が国における学術研究課題の最前線(大型研究種目・新規採択課題一覧)」に掲載
26日 (月)	第14回セミナー・勉強会をオンライン開催 野崎 雄太(広島大学、C01班)「トポロジーの視点」
8月 19日 (木)	JCCA-2021・離散数学とその応用研究集会2021にて、組合せ遷移のミニシンポジウムを開催(慶應義塾大学+オンライン)
27日 (金)	「CoRe Newsletter」第2号発行
30日 (月)	One-Day国際ワークショップ「Combinatorial Reconfiguration in Discrete and Computational Geometry」をオンライン開催

活動年表

2021年度

2021年 9月 1日 (水)	第3回領域会議・公開シンポジウムをオンライン開催 池上 敦子先生(成蹊大学、招待講演)「ナースケジューリングにおける解の多様性と類似性」
1日 (水)	組合せ遷移ソルバー(プロトタイプ)を公開
24日 (金)	YouTube「組合せ遷移」チャンネル開設 「組合せ遷移の基礎講座」動画2本公開
27日 (月)	日本オペレーションズ・リサーチ学会「最適化手法とアルゴリズム」研究部会にてオンライン講演 伊藤 健洋(東北大、領域代表)「組合せ遷移への招待」
10月 1日 (金)	A01班に、江藤 宏 特任助教(東北大)が着任
7日 (木)	第15回セミナー・勉強会をオンライン開催 江藤 宏(東北大、A01班)「最大誘導部分グラフ探索問題の計算困難性について」
18日 (月)	YouTube「組合せ遷移」チャンネル、「組合せ遷移の基礎講座」に動画3本を追加公開
21日 (木)	第16回セミナー・勉強会をオンライン開催 中畑 裕先生(奈良先端科学技術大学院大学)「有向グラフ上のトーカンスライディング問題」
11月 11日 (木)	第17回セミナー・勉強会をオンライン開催 小林 佑輔(京都大、C01班)「連結度制約付きグラフ向き付けの遷移」
15日 (月)	システム制御情報学会誌「システム/制御/情報」11月号に、研究活動紹介が掲載 伊藤 健洋(東北大、領域代表)「学術変革領域研究(B)「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」について」
19日 (金)	第33回RAMP数理最適化シンポジウム(RAMP 2021)オーガナイズドセッション「離散最適化の最前線—パラメータ化アルゴリズム設計ー」にてオンライン講演 小林 靖明(京都大、A01班)「疎グラフに対するアルゴリズム的メタ定理」 大館 陽太(名古屋大、A01班)「グラフの幅パラメータを用いたアルゴリズム設計について」
22日 (月)	YouTube「組合せ遷移」チャンネルに、組合せ遷移ソルバー(プロトタイプ)の利用解説動画を公開
22日 (月)	組合せ遷移ソルバー(SATソルバーベース)「SBR: SAT Based Reconfiguration」をWebアプリとして公開
24日 (水)	国際プログラミング競技会 The 1st Combinatorial Reconfiguration Challenge (CoRe Challenge 2022)開始
25日 (木)	第18回セミナー・勉強会をオンライン開催 上原 隆平先生(北陸先端科学技術大学院大学、招待講演)「組合せ遷移問題の視点から見たパズルの歴史」
29日 (月)	One-Day国際ワークショップ「Graph Theory for Combinatorial Reconfiguration」をオンライン開催

12月 6日 (月) -8日 (水)	国際会議 The 32nd International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC 2021)を協賛
16日 (木)	第19回セミナー・勉強会をオンライン開催 山中 克久先生(岩手大、招待講演)「あみだくじの列挙と遷移」
2022年 1月 6日 (木)	第20回セミナー・勉強会をオンライン開催 大坂 直人氏(株式会社サイバーエージェント、招待講演)「標的集合の遷移可能性について」
20日 (木)	第21回セミナー・勉強会をオンライン開催 小林 靖明(京都大、A01班)「組合せ最適化問題に対する多様な最適解の計算について」
28日 (金)	第119回人工知能基本問題研究会にて招待講演(オンライン) 和佐 州洋(豊橋技術科学大、A01班)「難しい列挙問題に対するアプローチ」
2月 1日 (火)	LAシンポジウム会誌 第78号に特集記事「学術変革領域研究(B)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」掲載
3月 1日 (火)	「CoRe Newsletter」第3号発行
5日 (土)	情報処理学会主催 IPSJ-ONE にてオンライン講演 伊藤 健洋(東北大、領域代表)「組合せ遷移のアルゴリズム理論—パズル・ゲームから配電制御まで—」
6日 (日)	電子情報通信学会コンピュテーション研究会にて招待講演(オンライン) 小林 佑輔(京都大、C01班)「Monotone Edge Flips to an Orientation of Maximum Edge-Connectivity à la Nash-Williams」
9日 (水)	第4回領域会議・2021年度「組合せ遷移」の学生シンポジウムをオンライン開催
25日 (金)	国際会議 The 16th International Conference and Workshops on Algorithms and Computation (WALCOM 2022)にて招待講演(インドネシア・ジェンベル+オンライン) 伊藤 健洋(東北大、領域代表)「Invitation to Combinatorial Reconfiguration」

活動年表

2022年度

2022年度

4月 1日 (金)	B01班に、中畠 裕（奈良先端科学技術大学院大学）が研究分担者として参画 前澤 俊一（C01班、特任研究員）が東京理科大学へ栄転し、C01班に研究分担者として参画
11日 (月)	第22回セミナー・勉強会をオンライン開催 鈴木 順（東北大大学、B01班）「遷移最適化を用いた配電網の切替手順の算出」
25日 (月)	第23回セミナー・勉強会をオンライン開催 神山 直之（九州大学、C01班）「パレート安定マッチング」
5月 9日 (月)	国際ワークショップ Combinatorial Reconfiguration Workshop 2022 in Banff にてチュートリアル講演（カナダ・バンフ+オンライン） 伊藤 健洋（東北大大学、領域代表）「Invitation to Combinatorial Reconfiguration」
10日 (火)	国際ワークショップ Combinatorial Reconfiguration Workshop 2022 in Banff にて招待講演（カナダ・バンフ+オンライン） 川原 純（京都大学、B01班代表）「A ZDD-Based Solver for Combinatorial Reconfiguration Problems」
16日 (月)	第24回セミナー・勉強会をオンライン開催 山内 由紀子（九州大学、A01班）「分散計算と遷移問題」
30日 (月)	第25回セミナー・勉強会をオンライン開催 中畠 裕（奈良先端科学技術大学院大学、B01班）「決定グラフを用いた暗黙的部分グラフ列挙」
6月 13日 (月)	第26回セミナー・勉強会をオンライン開催 青木 敏先生（神戸大学、招待講演）「マルコフ連鎖モンテカルロ法のための計算代数」
17日 (金)	人工知能学会 2022年度全国大会 オーガナイズドセッション「AIと制約プログラミング」にて招待講演（京都+オンライン） 伊藤 健洋（東北大大学、領域代表）「組合せ遷移への招待」
29日 (水)	国際会議 The 33rd Annual Symposium on Combinatorial Pattern Matching (CPM 2022) にて招待講演（チエコ・プラハ+オンライン） 伊藤 健洋（東北大大学、領域代表）「Invitation to Combinatorial Reconfiguration」
7月 4日 (月)	国際会議 The 49th International Colloquium on Automata, Languages, and Programming (ICALP 2022) の併設ワークショップとして「Workshop on Combinatorial Reconfiguration, affiliated with ICALP 2022」を開催（フランス・パリ+オンライン）
11日 (月)	第27回セミナー・勉強会をオンライン開催 奥村 圭祐氏（東京工業大学、招待講演）「エージェント群のナビゲーション」
25日 (月)	第28回セミナー・勉強会をオンライン開催 川原 純（京都大学、B01班）「Reconfillion: 組合せ遷移ソルバー」
25日 (月)	組合せ遷移ソルバー（ゼロサプレス型二分決定グラフZDDベース）「Reconfillion」をPython ライブリとして公開

8月 10日 (水)	国際プログラミング競技会 The 1st Combinatorial Reconfiguration Challenge (CoRe Challenge 2022) の結果発表、ソルバー概要集のarXiv掲載
17日 (水)	JCCA-2022・離散数学とその応用研究集会2022にて、組合せ遷移のミニシンポジウムを開催（成蹊大学+オンライン）
9月 2日 (金)	One-Day国際ワークショップ「Polytope Diameter and Related Topics」をオンライン開催
14日 (水)	日本オペレーションズ・リサーチ学会 2022年秋季研究発表会にて、組合せ遷移のオーガナイズドセッションを開催（新潟+オンライン）
21日 (水)	「CoRe Newsletter」第4号発行
22日 (木) -23日 (金)	第5回領域会議・公開シンポジウムを開催（札幌+一部オンライン） 瀬川 悅生先生（横浜国立大学、招待講演）「量子ウォークから誘導される幾つかの組合せ構造」
10月 1日 (土)	江藤 宏（A01班、特任助教）が九州工業大学に栄転
17日 (月)	第29回セミナー・勉強会をオンライン開催 垣村 尚徳（慶應義塾大学、C01班）「制約付きのオンライン二部マッチング」
31日 (月)	第30回セミナー・勉強会をオンライン開催 木村 慧先生（九州大学、招待講演）「遷移可能性制約をもつ彩色遷移問題」
11月 7日 (月)	学術変革領域研究(A)「社会変革の源泉となる革新的アルゴリズム基盤の創出と体系化」（領域代表：濱 真一教授）2022年度第2回領域集会にて招待講演（京都+オンライン） 伊藤 健洋（東北大大学、領域代表）「学変(B)「組合せ遷移」での領域研究について」
7日 (月)	東北大大学、京都大学、中部大学、(株)明電舎による共同プレスリリース 「停電復旧の最短手順を算出するアルゴリズムを開発 一多段融通にも対応、より広域な配電運用への活用に期待！」
8日 (火)	電気新聞（朝刊4面 産業・テクノロジー）に記事掲載 「明電舎、東北大など 復旧最短ルート算出 大規模停電時 系統運用を支援」
14日 (月)	第31回セミナー・勉強会をオンライン開催 荻原 光徳先生（マイアミ大学、招待講演）「離散時間論理型有限力学系の不確定性モデル」
28日 (月)	第32回セミナー・勉強会をオンライン開催 飯岡 大輔（中部大学、B01班）「再生可能エネルギーを主体とする電力システムの構築」
12月 5日 (月)	第33回セミナー・勉強会をオンライン開催 首藤 裕一先生（法政大学、招待講演）「分散計算理論の世界」
7日 (水)	組合せ遷移ソルバー（ゼロサプレス型二分決定グラフZDDベース）「ddreconf」をC++プログラムとして公開
12日 (月)	One-Day国際ワークショップ「Combinatorial Reconfiguration and Fixed-Parameter Tractability」をオンライン開催
14日 (水)	国際プログラミング競技会 The 2nd Combinatorial Reconfiguration Challenge (CoRe Challenge 2023) 開始

活動年表

2022-2023年度

2023年 1月 16日 (月)	第34回セミナー・勉強会をオンライン開催 堀山 貴史 先生（北海道大学、招待講演）「あみだくじと菱形タイリングの列挙」
2月 6日 (月)	第35回セミナー・勉強会をオンライン開催 柳浦 瞳憲 先生（名古屋大学、招待講演）「組合せ最適化問題に対する実践的解法」
20日 (月) -21日 (火)	第6回領域会議（最終報告会）・2022年度「組合せ遷移」の学生シンポジウムを開催（仙台+一部オンライン）
21日 (火)	組合せ遷移ソルバー用GUI「CoReViewer」を公開
3月 2日 (木)	電子情報通信学会コンピュテーション研究会にて招待講演（お茶の水女子大学） 野崎 雄太（広島大学、C01班）「組合せ遷移におけるトポロジーの視点」
20日 (月)	「CoRe Newsletter」第5号発行
20日 (月)	YouTube「組合せ遷移」チャンネルにて、最終報告会の模様を公開 併せて、最終報告会の講演スライドも領域Webサイトへ掲載

2023年度

4月 1日 (土)	C01班に、辻 俊輔 特任研究員（電気通信大学）が着任
7月 1日 (土)	日本オペレーションズ・リサーチ学会機関誌「オペレーションズ・リサーチ」7月号に、特集「組合せ遷移の世界」が掲載
10日 (月)	国際会議 The 50th International Colloquium on Automata, Languages, and Programming (ICALP 2023) の併設ワークショップとして「Workshop on Combinatorial Reconfiguration, affiliated with ICALP 2023」を開催（ドイツ・バーダーポルン）
8月 22日 (火)	国際会議 The 10th International Congress on Industrial and Applied Mathematics (ICIAM 2023) にて、「Minisymposium on Combinatorial Reconfiguration」を開催（早稲田大学+オンライン）
9月 13日 (水)	国際会議 The 4th Asia Pacific Conference of the Prognostics and Health Management Society (PHMAP 2023) オーガナイズドセッション「Autonomous Decision Making Under Complex Conditions or Situations」にて講演（東京+オンライン） 川原 純（京都大学、B01班代表）「Algorithmic Study for Power Restoration in Electrical Distribution Networks」
20日 (水)	組合せ遷移ソルバー(有界モデル検査ベース)「Pygplib: Python First-Order Graph Property Library」をPythonライブラリとして公開
10月 30日 (月)	国際プログラミング競技会 The 2nd Combinatorial Reconfiguration Challenge (CoRe Challenge 2023) の結果発表、ソルバー概要集のarXiv掲載

論文出版数

本研究領域の研究参画者ら22名によって、2020年10月から2023年11月末までに、査読付き学術雑誌論文73件、査読付き国際会議論文59件を発表しています。領域研究の強みを生かし、複数の計画研究班による共同研究も推進しました。下表の数字は、その行と列の計画研究班に所属する研究者らが、共同で出版した論文の件数を表しています。また、3班合同の研究成果の件数も併記しました。

3班合同

A01班	16		3
B01班	3	9	
C01班	10	1	31
	A01班	B01班	C01班

査読付き学術雑誌論文

3班合同

A01班	16		3
B01班	5	16	
C01班	10	1	8
	A01班	B01班	C01班

査読付き国際会議論文

冊子体のみ記事掲載

産学連携研究

特許共同出願

発明の名称：電力融通システム、電力融通方法、電力融通プログラム
 発明者：伊藤 健洋（A01班）、鈴木 順（B01班）、飯岡 大輔（B01班）、川原 純（B01班）、
 山岡 宙太、杉村 修平、田邊 隆之、後藤 誠弥
 出願番号：特願2022-130841
 出願日：2022年8月19日（金）

プレスリリース

2022年11月7日（月）
 東北大、京都大学、中部大学、（株）明電舎による共同プレスリリース
 「停電復旧の最短手順を算出するアルゴリズムを開発
 －多段融通にも対応、より広域な配電運用への活用に期待－」

新聞掲載

2022年11月8日（火）
 電気新聞（朝刊4面 産業・テクノロジー）
 「明電舎、東北大など 復旧最短ルート算出 大規模停電時 系統運用を支援」

2022年11月8日（火）電気新聞（朝刊4面 産業・テクノロジー）
 （転載許可取得済）

研究用コンテンツ

本研究領域で制作した研究用コンテンツは、今後もご利用いただけます。領域Webサイトにリンク集があります。（<https://core.dais.is.tohoku.ac.jp/>）

組合せ遷移の基礎講座（YouTube「組合せ遷移」チャンネル）全5回

アルゴリズム理論の観点から、組合せ遷移の研究を紹介しています。「これから組合せ遷移の研究を始めてみようかな？」とお考えの方へ向けた基礎講座です。

- #01 組合せ遷移問題の定義
- #02 組合せ遷移問題の計算困難性
- #03 組合せ遷移のアルゴリズム手法（1）
- #04 組合せ遷移のアルゴリズム手法（2）
- #05 組合せ遷移のアルゴリズム手法（3）

独立集合の遷移問題（トーケンジャンピング問題）のベンチマークデータ

国際プログラミング競技会 CoRe Challenge で使用されたベンチマークデータ 693 問を開示しています。CoRe Challenge への投稿ソルバーとその結果も、併せて公開中です。

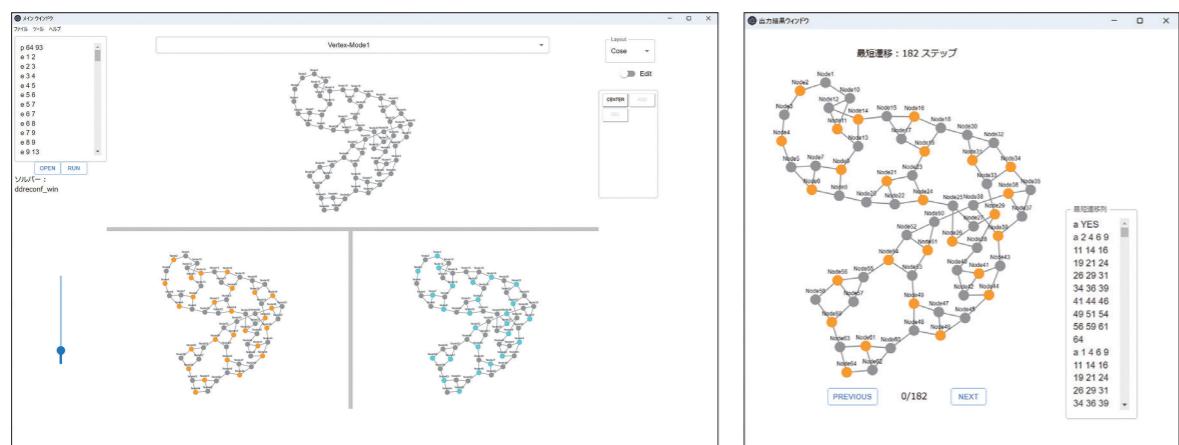
組合せ遷移ソルバー

計画研究 B01 班が開発した組合せ遷移ソルバーは、下記 3 種類 4 形式で公開しています。

- C++ プログラム「ddreconf」（ゼロサプレス型二分決定グラフ ZDD ベース）
- Python ライブラリ「Reconfigillion」（ゼロサプレス型二分決定グラフ ZDD ベース）
- Python ライブラリ「Pygplib : Python First-Order Graph Property Library」（有界モデル検査ベース）
- Web アプリ「SBR: SAT Based Reconfiguration」（SAT ソルバーベース）

組合せ遷移ソルバー用 GUI 「CoReViewer」（Windows / Mac / Linux）

GUI で操作して組合せ遷移問題を解くことができるソフトウェアです。内部のソルバーエンジンは入れ替え可能で、ご自身の作成したソルバーを CoReViewer に組み込むことも可能です。

**研究参画者らの活躍****受賞**

2020年10月
小林 佑輔 (C01班)
藤原洋数理科学賞奨励賞

2021年6月
土中 哲秀、小林 靖明 (A01班)、
栗田 宏、大館 陽太 (A01班)
人工知能学会 2020年度研究会優秀賞

2021年8月
岡本 吉央 (C01班)、伊藤 健洋 (A01班)、
垣村 尚徳 (C01班)、神山 直之 (C01班)、
小林 佑輔 (C01班)
FIT2020 舟井ベストペーパー賞

2022年2月
川原 純 (B01班)
第20回 LA/EATCS-Japan 発表論文賞

2022年6月
岩政 勇仁 (C01班)
日本応用数理学会 第18回若手優秀講演賞

2022年8月
宋 剛秀 (B01班)、Daniel Le Berre、
鍋島 英知、番原 瞳則、田村 直之
国際プログラミング競技会 XCSP3 Competition 2022
Main CSP 部門 2位

2022年9月
岩政 勇仁 (C01班)
日本オペレーションズ・リサーチ学会
第12回研究賞奨励賞

2023年3月
和佐 州洋 (A01班)
情報処理学会 2022年度山下記念研究賞

2023年8月
宋 剛秀 (B01班)、Daniel Le Berre、
鍋島 英知、番原 瞳則、田村 直之
国際プログラミング競技会 XCSP3 Competition 2023
Main CSP 部門 2位

2023年9月
小林 佑輔 (C01班)
日本オペレーションズ・リサーチ学会
第13回研究賞

2023年10月
鈴木 顕 (B01班)
石田實記念財団 2023年度研究奨励賞

2024年1月
岡本 吉央 (C01班)
情報処理学会
2023年度コンピュータサイエンス領域功績賞

昇進

本研究領域の研究参画者ら 22 名を対象に、
2020 年 3 月の応募時から 2023 年 11 月までに、
右の通り昇進がありました。

- | | |
|------------|-----|
| 准教授 → 教授 | 3 名 |
| 講師 → 准教授 | 1 名 |
| 助教 → 准教授 | 2 名 |
| 助教 → 講師 | 2 名 |
| 博士研究員 → 助教 | 3 名 |

業績等の記録

ニュースレター・領域 Web サイト



本研究領域の活動を半年ごとに取りまとめ、ニュースレターとして発行しました。



2021年3月24日（水）創刊号発行



2022年9月21日（水）第4号発行



2021年8月27日（金）第2号発行



2023年3月20日（月）第5号発行



2022年3月1日（火）第3号発行



領域 Web サイト

本研究領域の活動やお知らせは、Web サイトにも掲載し、広くアナウンスしてきました。研究用コンテンツへのリンク等、組合せ遷移の研究にご活用いただける情報も掲載しています。

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



領域会議

第1回 2020年10月30日（金） オンライン

13:00-13:45	本研究領域の概要・計画（伊藤 健洋）
13:45-14:30	計画研究A01班の計画（伊藤 健洋） 計画研究B01班の計画（川原 純） 計画研究C01班の計画（岡本 吉央）



第3回 2021年9月1日（水） オンライン

14:00-15:15	【招待講演】池上 敦子先生（成蹊大学） 「ナーススケジューリングにおける解の多様性と類似性」
15:30-16:30	本研究領域の活動報告・今後の予定



第2回 2021年3月23日（火） オンライン

13:00-14:00	【招待講演】宇野 裕之先生（大阪府立大学） 「Gourds: A Sliding-Block Puzzle with Turning」
14:30-15:00	本研究領域の活動報告・今後の予定
15:00-16:30	計画研究A01班の報告・メンバー自己紹介 計画研究B01班の報告・メンバー自己紹介 計画研究C01班の報告・メンバー自己紹介



第4回 2022年3月9日（水） オンライン

9:25-15:40	2021年度「組合せ遷移」の学生シンポジウム
16:00-17:00	本研究領域の活動について



第5回 2022年9月22日（木）－23日（金） 札幌+一部オンライン

9月22日（木）

10:15-12:00	自由討論 話題提供：小林 靖明（A01班）、照山 順一（B01班）、前澤 俊一（C01班）
13:20-13:30	開会の挨拶、事務連絡
13:30-14:40	計画研究 A01班の活動報告、研究報告 計画研究 A01班の活動報告（伊藤 健洋） Algorithmic Meta-Theorems for Combinatorial Reconfiguration Revisited（大館 陽太）
15:00-16:10	計画研究 B01班の活動報告、研究報告 計画研究 B01班の活動報告（川原 純） CoRe Challenge 2022 の報告（宋 剛秀） ZDDを用いた組合せ遷移ソルバーの計算量解析（照山 順一）
16:30-17:40	計画研究 C01班の活動報告、研究報告 計画研究 C01班の活動報告（岡本 吉央） 点素パスの遷移（小林 佑輔） 球面の三角形分割の彩色遷移（岩政 勇仁）

9月23日（金）

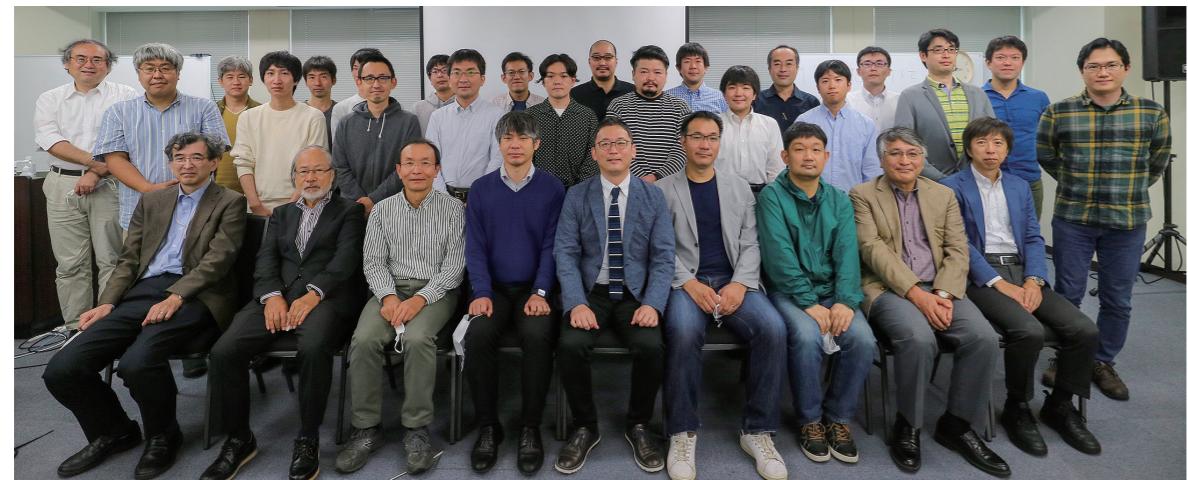
9:30-10:30	【招待講演】瀬川 悅生 先生（横浜国立大学） 「量子ウォークから誘導される幾つかの組合せ構造」
10:50-11:20	この半年間の領域活動の報告
11:20-11:30	集合写真、事務連絡、中締め
13:00-14:45	自由討論

第6回 2023年2月20日（月）－21日（火） 仙台+一部オンライン

2月20日（月）

10:00-16:40	2022年度「組合せ遷移」の学生シンポジウム
2月21日（火）	
9:30- 9:50	本研究領域の目的と計画
9:50-10:40	A-1. 計画研究 A01班の報告（伊藤 健洋） A-2. アルゴリズム基盤：組合せ遷移のアルゴリズム的メタ定理（大館 陽太） A-3. アルゴリズム基盤の隣接分野への展開 A-3.1. 組合せ遷移と列挙（和佐 州洋） A-3.2. 組合せ遷移と分散計算（山内 由紀子）
11:00-11:50	B-1. 計画研究 B01班の報告（川原 純） B-2. 実装技術基盤：組合せ遷移ソルバーとその技術 B-2.1. GUI 実演（川原 純） B-2.2. ZDDベースソルバー（川原 純） B-2.3. BMCベースソルバー（戸田 貴久） B-2.4. SATベースソルバー（宋 剛秀） B-3. 実装技術基盤の配電制御への展開（飯岡 大輔、鈴木 順）
13:10-14:00	C-1. 計画研究 C01班の報告（岡本 吉央） C-2. 数学基盤：組合せ遷移の研究に資する数理手法 C-2.1. 組合せ遷移と離散構造（小林 佑輔） C-2.2. 組合せ遷移と不変量（岩政 勇仁） C-2.3. 組合せ遷移とトポロジー（野崎 雄太） C-3. 数学基盤のアルゴリズム的ゲーム理論への展開（神山 直之）
14:20-15:20	領域全体の報告、外部評価者による講評

2月21日最終報告会の模様は、本研究領域Webサイトにて講演スライドと動画も公開しています。





第1回 2021年7月12日(月) オンライン

参加登録 18カ国 87名 (海外から約66%)

9:00- 9:10	Opening
9:10- 9:50	[Invited Talk] Nicolas Bousquet (CNRS, Université Lyon 1, France) Independent Set Reconfiguration - Which Price for Locality?
9:50-10:50	Kshitij Gajjar, Agastya Vibhuti Jha, Manish Kumar, Abhiruk Lahiri Reconfiguring Shortest Paths in Graphs Tetsuo Asano Finding Multiple Rounds of Transportations That Meet All Demands Vladimir Gurvich, Matjaž Krnc, Martin Milanič, Mikhail Vyalyi Shifting any Path to an Avoidable One
11:10-11:50	[Invited Talk] Torsten Mütze (University of Warwick, United Kingdom) Combinatorial Generation via Permutation Languages
11:50-13:10	Takehiro Ito, Yuni Iwamasa, Naonori Kakimura, Naoyuki Kamiyama, Yusuke Kobayashi, Yuta Nozaki, Yoshio Okamoto, Kenta Ozeki Reconfiguration of Envy-Free Item Allocations Vincent Pilaud Acyclic Reorientation Lattices and Their Lattice Quotients James Watson, Johannes Bausch, Sevag Gharibian Reconfiguration in the Quantum Setting: Translationally Invariant Systems Fedor Fomin, Petr Golovach Reconfiguration by Whitney Switches
14:00-14:40	[Invited Talk] Akira Suzuki (Tohoku University, Japan) Combinatorial Reconfiguration Applied to Power Distribution Systems
14:40-16:00	Marthe Bonamy, Vincent Delecroix, Clément Legrand-Duchesne Kempe Changes on Δ -Colourings Valentin Bartier, Nicolas Bousquet, Carl Feghali, Marc Heinrich, Benjamin Moore, Théo Pierron Some Advances Related to Recoloring Planar Graphs Takehiro Ito, Yuni Iwamasa, Yasuaki Kobayashi, Yu Nakahata, Yota Otachi, Kunihiro Wasa Reconfiguring Directed Trees in a Digraph Hugo Akitaya, Matthew Jones, Matias Korman, Oliver Korten, Christopher Meierfrankenfeld, Michael Munje, Diane Souvaine, Csaba Toth, Michael Thramann Reconfiguration of Connected Graph Partitions: Single Switches and Recombinations

16:20-17:00	[Invited Talk] Anna Lubiw (University of Waterloo, Canada) Geometric Reconfiguration
17:00-18:00	Arturo Merino, Torsten Mütze Efficient Generation of Rectangulations via Permutation Languages Hugo Akitaya, Maarten Löffler, Anika Rounds, Giovanni Viglietta Compaction Games Joshua Ani, Yevhenii Diomidov, Erik D. Demaine, Dylan Hendrickson, Jayson Lynch Reconfiguration in the Gadgets Framework

(時刻表記は中央ヨーロッパ夏時間 CEST)

2021年プログラム委員会

Jan van den Heuvel	(The London School of Economics and Political Science, United Kingdom)
Takehiro Ito	(Tohoku University, Japan) Chair
Jun Kawahara	(Kyoto University, Japan)
Naomi Nishimura	(University of Waterloo, Canada)
Yoshio Okamoto	(The University of Electro-Communications, Japan)



第2回 2022年7月4日（月） フランス・パリ+オンライン

参加登録 23カ国114名（海外から約65%）

9:30-10:30	Henning Fernau, Petra Wolf A Basic Reconfiguration Problem in Automata Theory
	Takehiro Ito, Yuni Iwamasa, Naonori Kakimura, Naoyuki Kamiyama, Yusuke Kobayashi, Shun-ichi Maezawa, Yuta Nozaki, Yoshio Okamoto, Kenta Ozeki Monotone Edge Flips to an Orientation of Maximum Edge-Connectivity à la Nash-Williams
	Volker Turau, Christoph Weyer Sharp Upper Bounds for Reconfiguration Sequences of Independent Sets in Trees
11:00-11:40	Arun Kumar Das, Sandip Das, Guilherme Dias da Fonseca, Yan Gerard, Bastien Rivier Complexity Results on Untangling Red-Blue Matchings
	Mikkel Abrahamsen, Tzvika Geft, Dan Halperin, Yonatan Nakar Tractability Frontiers in Multi-Robot Coordination and Geometric Reconfiguration
11:40-12:30	[Invited Talk] Catherine Greenhill (UNSW Sydney, Australia) Markov Chains for Sampling Graphs with Given Degrees
14:00-15:20	Joshua Ani, Josh Brunner, Lily Chung, Erik D. Demaine, Yevhenii Diomidov, Linus Hamilton, Dylan Hendrickson, Jayson Lynch From Gadgets to Gizmos: Generalizing Reconfiguration in the Gadgets Framework
	Oswin Aichholzer, Brad Ballinger, Therese Biedl, Mirela Damian, Erik D. Demaine, Matias Korman, Anna Lubiw, Jayson Lynch, Josef Tkadlec, Yushi Uno Reconfiguration of Non-Crossing Spanning Trees
	Stijn Cambie, Wouter Cames van Batenburg, Daniel W. Cranston Optimally Reconfiguring List and Correspondence Colourings
	Daniel W. Cranston, Reem Mahmoud Kempe Equivalent List Colorings
15:20-15:30	CoRe Challenge 2022: Results and Award Ceremony
16:00-16:50	[Invited Talk] Amer E. Mouawad (American University of Beirut, Lebanon) Token Sliding is Fixed-Parameter Tractable on Graphs of Bounded Treewidth
16:50-17:30	Hugo A. Akitaya, Andrei Gonczi, Diane L. Souvaine, Csaba D. Tóth, Thomas Weighill Reconfiguration of Polygonal Subdivisions via Recombination
	Rahnuma Islam Nishat, Venkatesh Srinivasan, Sue Whitesides The Hamiltonian Path Graph is Connected for Simple s,t Paths in Rectangular Grid Graphs

(時刻表記は中央ヨーロッパ夏時間CEST)

2022年プログラム委員会

Nicolas Bousquet (CNRS, Université Lyon 1, France)
Takehiro Ito (Tohoku University, Japan) Chair
Jun Kawahara (Kyoto University, Japan)
Naomi Nishimura (University of Waterloo, Canada)
Yoshio Okamoto (The University of Electro-Communications, Japan)
Akira Suzuki (Tohoku University, Japan)



第3回 2023年7月10日（月） ドイツ・パーダーボルン（現地開催のみ）

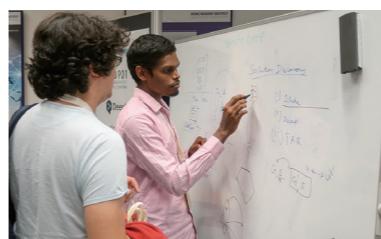
参加登録 13カ国34名（海外から約82%）

9:00-10:00	[Invited Talk] Marthe Bonamy (Université de Bordeaux, France) Exploring the Space of Colourings with Kempe Changes
10:00-10:30	Takehiro Ito, Yuni Iwamasa, Naonori Kakimura, Naoyuki Kamiyama, Yusuke Kobayashi, Shun-ichi Maezawa, Yuta Nozaki, Yoshio Okamoto, Kenta Ozeki Three Open Problems in Combinatorial Reconfiguration
11:00-12:30	Yusuke Kobayashi, Ryoga Mahara, Tamas Schwarcz Reconfiguration of the Union of Arborescences
	Arturo Merino, Torsten Mütze Traversing Combinatorial 0/1-Polytopes via Optimization
	Oswin Aichholzer, Man-Kwun Chiu, Hung P. Hoang, Michael Hoffmann, Jan Kynčl, Yannic Maus, Birgit Vogtenhuber, Alexandra Weinberger Drawings of Complete Multipartite Graphs up to Triangle Flips
14:00-15:00	[Invited Talk] Jun Kawahara (Kyoto University, Japan) A Practical Solver for Combinatorial Reconfiguration Problems and Its Application to Power Distribution Networks
15:00-15:30	Announcement: Takehiro Ito, Yoshio Okamoto, Takehide Soh, Tomoya Tanjo CoRe Challenge 2023 Report
16:00-17:00	Nicolas Bousquet, Kshitij Gajjar, Abhiruk Lahiri, Amer E. Mouawad Parameterized Shortest Path Reconfiguration
	Takehiro Ito, Naonori Kakimura, Naoyuki Kamiyama, Yusuke Kobayashi, Yoshio Okamoto Algorithmic Theory of Quantum Routing
17:00-17:30	Free Discussion

(時刻表記は中央ヨーロッパ夏時間CEST)

2023年プログラム委員会

Nicolas Bousquet (CNRS, Université Lyon 1, France)
Takehiro Ito (Tohoku University, Japan) Chair
Naomi Nishimura (University of Waterloo, Canada)
Yoshio Okamoto (The University of Electro-Communications, Japan)
Akira Suzuki (Tohoku University, Japan)



オンライン One-Day 国際ワークショップ[†]

2021年8月30日（月）

Combinatorial Reconfiguration in Discrete and Computational Geometry

参加登録数 21 カ国 107 名（海外から約 59%）

8:00- 9:00	Dan Halperin (Tel Aviv University, Israel) Geometric Reconfiguration and Assembly Planning
9:10-10:10	Emo Welzl (ETH Zürich, Switzerland) Triangulation Flip Graphs of Planar Point Sets
10:20-11:20	Hugo Parlier (University of Luxembourg, Luxembourg) Curves, Surfaces and Intersection
13:40-14:40	Rodrigo Silveira (Universitat Politècnica de Catalunya, Spain) Flips in Higher Order Delaunay Triangulations
14:50-15:50	Hsien-Chih Chang (Dartmouth College, USA) Morphing Planar Metrics
16:00-17:00	Sándor Fekete (Technische Universität Braunschweig, Germany) Coordinated Reconfiguration for Swarms of Objects

（時刻表記は中央ヨーロッパ夏時間 CEST）

Organizer

Yoshio Okamoto (The University of Electro-Communications, Japan)

2021年11月29日（月）

Graph Theory for Combinatorial Reconfiguration

参加登録数 30 カ国 199 名（海外から約 70%）

8:00- 9:00	Atsuhiro Nakamoto (Yokohama National University, Japan) Flip Distance of Triangulation on Surface
9:10-10:10	Jakub Przybyło (AGH University of Science and Technology, Poland) On the 1-2-3 Conjecture
10:20-11:20	Zdeněk Dvořák (Charles University, Czech Republic) Applications of Sublinear Separator in Graph Coloring
13:00-14:00	Tomáš Kaiser (University of West Bohemia, Czech Republic) Hamiltonicity and Toughness of Graphs
14:10-15:10	Maria Chudnovsky (Princeton University, USA) Induced Subgraphs and Tree Decompositions
15:20-16:20	Zi-Xia Song (University of Central Florida, USA) Hadwiger's Conjecture

（時刻表記は中央ヨーロッパ時間 CET）

Organizers

Shun-ichi Maezawa (The University of Electro-Communications, Japan)
Kenta Ozeki (Yokohama National University, Japan)

2022年9月2日（金）

Polytope Diameter and Related Topics

参加登録数 28 カ国 139 名（海外から約 72%）

8:30- 9:30	Hariharan Narayanan (Tata Institute of Fundamental Research, India) A Spectral Approach to Polytope Diameter
9:45-10:45	Vincent Pilaud (CNRS and École Polytechnique, France) Diameters of Generalizations of the Associahedron
11:00-12:00	Francisco Santos (University of Cantabria, Spain) Small Topological Counter-Examples to the Hirsch Conjecture
14:00-15:00	Daniel Dadush (Centrum Wiskunde & Informatica, the Netherlands) Asymptotic Bounds on the Combinatorial Diameter of Random Polytopes
15:15-16:15	Jean Cardinal (Université Libre de Bruxelles, Belgium) Flip Graphs and Polytopes
16:30-17:30	Jesús De Loera (University of California, Davis, USA) On Polyhedra Parametrizing ALL Pivot Rules for the Simplex Method

（時刻表記は中央ヨーロッパ夏時間 CEST）

Organizer

Yoshio Okamoto (The University of Electro-Communications, Japan)

2022年12月12日（月）

Combinatorial Reconfiguration and Fixed-Parameter Tractability

参加登録数 29 カ国 208 名（海外から約 80%）

9:00-10:00	Eun Jung Kim (Paris-Dauphine University, France) Twin-WIDTH and Its Implications
10:15-11:15	Moritz Mühlenthaler (Université Grenoble Alpes, France) Constraint Satisfaction Reconfiguration
13:00-14:00	Saket Saurabh (The Institute of Mathematical Sciences, India) FPT Approximation Schemes for the Maximum Coverage and MAX-SAT Problem
14:15-15:15	Bart M.P. Jansen (Eindhoven University of Technology, the Netherlands) Search Space Reduction Beyond Kernelization
15:30-16:30	Hans L. Bodlaender (Utrecht University, the Netherlands) Parameterized Complexity of Reconfiguration of Small Independent Sets and Dominating Sets

（時刻表記は中央ヨーロッパ時間 CET）

Organizers

Takehiro Ito (Tohoku University, Japan)
Yoshio Okamoto (The University of Electro-Communications, Japan)
Yota Otachi (Nagoya University, Japan)

「組合せ遷移」の国際プログラミング競技会 CoRe Challenge

2年連続で開催した国際プログラミング競技会 CoRe Challenge では、独立集合の遷移問題（トークンジャンピング問題）を対象とし、Solver 部門と Graph 部門の2部門を設定しました。

Solver 部門では、到達性判定・最短遷移・最長遷移の3つの評価指標を設定しました。到達性判定では、入力される2つの独立集合が遷移可能であるかどうかを判定し、遷移可能である場合にはその遷移系列を一つ出力します。最短遷移では、遷移可能であるときに、できるだけ短い（ステップ数が少ない）遷移系列を出力します。反対に、最長遷移では、遷移可能であるときに、できるだけ長い（ステップ数が多い）遷移系列を出力します。

Graph 部門では、グラフの頂点数のみが指定されます。その頂点数のグラフで、最短の遷移系列ができるだけ長くなるようなトークンジャンピング問題の入力データを作成することが目的です。

CoRe Challenge 2022

参加チーム数 : 10チーム (8カ国の所属機関)

ソルバー概要集 : arXiv:2208.02495 (<https://doi.org/10.48550/arXiv.2208.02495>)

競技会 Web サイト : <https://core-challenge.github.io/2022/>

Solver 部門

評価指標	Single-Engine Solvers		Overall Solvers	
	1位	2位	1位	2位
到達性判定	PARIS single (@haz-single)	recongo (@YuyaYamada-N)	PARIS (@haz)	@telematik-tuhh
最短遷移	recongo (@YuyaYamada-N)	@tigrisg	@telematik-tuhh	PARIS (@haz)
最長遷移	PARIS single (@haz-single)	recongo (@YuyaYamada-N)	PARIS single (@haz-single)	recongo (@YuyaYamada-N)

Graph 部門

頂点数	1位	2位
10頂点	@telematik-tuhh	@tpierron
50頂点	@tpierron	PARIS (@haz)
100頂点	@tpierron	PARIS (@haz)



Graph 部門 (10 頂点) の
優勝インスタンス

CoRe Challenge 2023

参加チーム数 : 7チーム (5カ国の所属機関)

ソルバー概要集 : arXiv:2310.17136 (<https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.17136>)

競技会 Web サイト : <https://core-challenge.github.io/2023/>

Solver 部門 (CPU time)

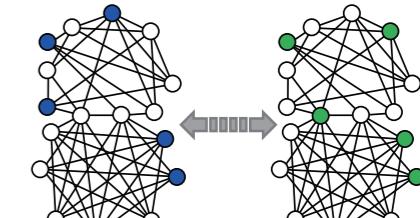
評価指標	Single-Engine Solvers		Overall Solvers	
	1位	2位	1位	2位
到達性判定	PARIS-existent1 (@haz)	NU-ASP-existent1 (@katomasato1202)	PARIS-existent2 (@haz)	NU-ASP-existent2 (@katomasato1202)
最短遷移	NU-ASP-shortest1 (@katomasato1202)	PARIS-shortest1 (@haz)	PARIS-shortest2 (@haz)	NU-ASP-shortest2 (@katomasato1202)
最長遷移	NU-ASP-longest1 (@katomasato1202)	PARIS-longest1 (@haz)	PARIS-longest2 (@haz)	NU-ASP-longest1 (@katomasato1202)

Solver 部門 (wallclock time)

評価指標	Single-Engine Solvers		Overall Solvers	
	1位	2位	1位	2位
到達性判定	PARIS-existent1 (@haz)	NU-ASP-existent1 (@katomasato1202)	PARIS-existent2 (@haz)	NU-ASP-existent3 (@katomasato1202)
最短遷移	NU-ASP-shortest1 (@katomasato1202)	PARIS-shortest1 (@haz)	PARIS-shortest2 (@haz)	NU-ASP-shortest2 (@katomasato1202)
最長遷移	NU-ASP-longest1 (@katomasato1202)	PARIS-longest1 (@haz)	NU-ASP-longest2 (@katomasato1202)	PARIS-longest2 (@haz)

Graph 部門

頂点数	1位	2位
17頂点	piyopiyo (@akkyhowa)	PARIS-graph (@haz)
31頂点	piyopiyo (@akkyhowa)	PARIS-graph (@haz)
59頂点	piyopiyo (@akkyhowa)	PARIS-graph (@haz)



Graph 部門 (17 頂点) の
優勝インスタンス

CoRe Challenge 2022 Organizers

Takehiro Ito (Tohoku University, Japan)

Yoshio Okamoto (The University of Electro-Communications, Japan)

Takehide Soh (Kobe University, Japan)

CoRe Challenge 2023 Organizers

Takehiro Ito (Tohoku University, Japan)

Yoshio Okamoto (The University of Electro-Communications, Japan)

Takehide Soh (Kobe University, Japan)

Tomoya Tanjo (National Institute of Genetics, Japan)

「組合せ遷移」の学生シンポジウム

第1回 2022年3月9日（水）オンライン

9:30-10:30	◎ 岡田 優斗（名古屋大学）、木谷 裕紀（九州大学）、大館 陽太、小野 廣隆（名古屋大学） グラフ上の色付きドロップ順次交換の計算量 ◎ 青池 宿希（横浜市立大学）、清見 礼（成蹊大学）、小林 靖明（京都大学）、大館 陽太（名古屋大学） 置換グラフ上の最大独立集合遷移問題の多項式時間解法 ◎ 前田 陽平、川原 純（京都大学） 制約を緩和したトークンスライディング問題
10:40-12:00	◎ 柳澤 佑介、鈴木 顕、田村 祐馬、周 晓（東北大学） グラフ彩色の最適化遷移問題について ◎ 市野 達也、川原 純、湊 真一（京都大学） 彩色遷移ソルバーの実装と性能 ◎ 小西 岳志、川原 純（京都大学）、戸田 貴久（電気通信大学） 有界モデル検査による全域木遷移ソルバ実装手法の提案と評価 ◎ 萩野 優太、池辺 淑子、鮎川 矢義（東京理科大学） 船の到着時刻の不確実性を考慮したコンテナ整列問題
13:00-14:20	土井 義耀（酒田市立第二中学校）、今野 紀雄（横浜国立大学）、中上川 友樹（湘南工科大学）、 佐久間 雅（山形大学）、瀬川 悅生（横浜国立大学）、篠原 英裕（所属なし）、田村 駿也（横浜国 立大学）、◎田中 優帆（東北大学）、豊田 晃典（山形大学） サイクルの二乗グラフ上の乱歩における期待到達時間の解析 ◎ 檜 拓磨、仲田 研登（岡山大学） グレイシャー対応の一般化について ◎ 伊藤 大修、山中 克久、平山 貴司（岩手大学）、小林 靖明（京都大学） 線形拡張の遷移問題に関する研究 ◎ 堤 幸太郎、佐野 良夫、久野 誉人（筑波大学） Hom-Complexの連結性判定問題に対する組合せ遷移
14:40-15:40	◎ 重信 賢直、神山 直之、木村 慧（九州大学） 多項式時間可解な Horn ILS 及び TVPI ILS における遷移問題の拡張に関する研究 ◎ 鎌田 斗南、上原 隆平（JAIST） 多面体の間の再折り遷移問題の研究 ◎ 平林 可意、藤原 洋志、山本 博章（信州大学） ピンパッキング問題の遷移問題に関する研究

◎は講演学生を表し、共著者には学生以外が入っても構わない



第2回 2023年2月20日（月）仙台十一部オンライン

10:30-12:00	岩政 勇仁、川原 純、◎ 前田 陽平、湊 真一（京都大学） 独立集合遷移の隣接回数最小化問題 ◎ 木村 春社（豊橋技術科学大学）、和佐 州洋（法政大学）、藤戸 敏弘（豊橋技術科学大学） 連結頂点被覆遷移問題に関する研究 ◎ 斎藤 凜（東北大）、江藤 宏（九州工業大学）、伊藤 健洋（東北大）、上原 隆平（JAIST） 点素最短パス遷移問題に対するアルゴリズム
13:20-14:50	◎ 村松 秀晃、金子 祐輔、前田 隼佑（早稲田大学）、Yukihiro Murakami（デルフト工科大学）、 早水 桃子（早稲田大学） Tree-Childな有向系統ネットワークを作るための無向グラフの向きづけについて ◎ 飯田 礼美子、藤田 慎也（横浜市立大学）、前澤 俊一（東京理科大学） Orientations for Properly Ordered Coloring in Vertex-Weighted Trees ◎ 檜 拓磨、仲田 研登（岡山大学） Chip-Cofiringが強い Polygon Property を満たすための条件について
15:10-16:40	◎ 平林 可意、藤原 洋志（信州大学）、川原 純（京都大学）、山本 博章（信州大学） ピンパッキングの遷移におけるバッファ最小化問題 ◎ 市野 達也、川原 純、湊 真一（京都大学）、堀田 敬介（文教大学） 多分決定グラフを用いた変更の少ない選挙区割の列挙 ◎ 山岡 宙太、川原 純（京都大学）、伊藤 健洋、鈴木 顕（東北大）、飯岡 大輔（中部大学）、 杉村 修平、後藤 誠弥、田邊 隆之（株式会社明電舎） ZDDを用いた停電復旧の最短手順を算出するアルゴリズム

◎は講演学生を表し、共著者には学生以外が入っても構わない



出前イベント

2021年8月19日（木）

JCCA-2021・離散数学とその応用研究集会2021

ミニシンポジウム（慶應義塾大学+オンライン）

10:35-11:05	伊藤 健洋（東北大学、領域代表） 「組合せ遷移への招待」
11:05-11:35	中畠 裕（京都大学） 「Reconfiguring Directed Trees in a Digraph」
11:50-12:20	岡本 吉央（電気通信大学、C01班） 「単位円配置の遷移 — 連続的な組合せ遷移」
12:20-12:50	鮎川 矩義（東京理科大学） 「整凸多面体の組合せ的直径とその周辺」

2022年8月17日（水）

JCCA-2022・離散数学とその応用研究集会2022

ミニシンポジウム（成蹊大学+オンライン）

10:50-11:20	江藤 宏、伊藤 健洋（東北大学、A01班）、小林 靖明（北海道大学、A01班）、◎ 前澤 俊一（東京理科大学、C01班）、大館 陽太（名古屋大学、A01班）、和佐 州洋（法政大学、A01班） 「木における誘導マッチング遷移」
11:20-11:50	◎ 儀間 達也（名古屋大学）、伊藤 健洋（東北大学、A01班）、小林 靖明（北海道大学、A01班）、大館 陽太（名古屋大学、A01班） 「Algorithmic Meta-Theorems for Combinatorial Reconfiguration Revisited」
14:00-14:30	◎ 仲田 研登（岡山大学） 「組合せゲーム理論 ニム・佐藤のゲームと inset ゲーム」
14:30-15:00	Takehiro Ito (Tohoku Univ., Group A01), Jun Kawahara (Kyoto Univ., Group B01), Shin-ichi Minato (Kyoto Univ.), Yota Otachi (Nagoya Univ., Group A01), Toshiki Saitoh (Kyushu Institute of Technology), Akira Suzuki (Tohoku Univ., Group B01), ◎ Ryuhei Uehara (JAIST), Takeaki Uno (NII), Katsuhisa Yamanaka (Iwate Univ.), Ryo Yoshinaka (Tohoku Univ.) 「Computational Complexity of Ball/Water Sort Puzzles」

◎は講演者を表す

2021年、2022年組織委員会

伊藤 健洋（東北大学）
岡本 吉央（電気通信大学）
垣村 尚徳（慶應義塾大学）



2022年9月14日（水）

日本オペレーションズ・リサーチ学会2022年秋季研究発表会

オーガナイズドセッション（新潟+オンライン）

9:30-10:30	◎ 伊藤 健洋（東北大学、領域代表） 「組合せ遷移への招待」 伊藤 健洋（東北大学、A01班）、◎ 川原 純（京都大学、B01班）、中畠 裕（奈良先端科学技術大学院大学、B01班）、宋 �剛秀（神戸大学、B01班）、鈴木 顕（東北大学、B01班）、照山 順一（兵庫県立大学、B01班）、戸田 貴久（電気通信大学、B01班） 「ZDD を用いた組合せ遷移ソルバー」
10:40-11:40	◎ 江藤 宏、伊藤 健洋（東北大学、A01班）、小林 靖明（北海道大学、A01班）、大館 陽太（名古屋大学、A01班）、和佐 州洋（法政大学、A01班） 「正則誘導部分グラフ遷移問題の計算複雑さ」 伊藤 健洋（東北大学、A01班）、◎ 岩政 勇仁（京都大学、C01班）、小林 佑輔（京都大学、C01班）、前澤 俊一（東京理科大学、C01班）、野崎 雄太（広島大学、C01班）、岡本 吉央（電気通信大学、C01班）、小関 健太（横浜国立大学、C01班） 「球面の三角形分割の彩色遷移」
	伊藤 健洋（東北大学、A01班）、岩政 勇仁（京都大学、C01班）、垣村 尚徳（慶應義塾大学、C01班）、◎ 神山 直之（九州大学、C01班）、小林 佑輔（京都大学、C01班）、野崎 雄太（広島大学、C01班）、岡本 吉央（電気通信大学、C01班）、小関 健太（横浜国立大学、C01班） 「無羨望マッチングの遷移」
	畠山 航（東北大学）、◎ 鈴木 顕（東北大学、B01班）、伊藤 健洋（東北大学、A01班）、周 晓（東北大学）、杉村 修平、田邊 隆之（明電舎） 「配電損失最小化問題に対する組合せ遷移的アプローチ」

◎は講演者を表す

組織委員会

伊藤 健洋（東北大学）
岡本 吉央（電気通信大学）
塙浦 昭義（東京工業大学）



2023年8月22日（火）

**10th International Congress on Industrial and Applied Mathematics (ICIAM 2023)
ミニシンポジウム（早稲田大学＋オンライン）**

17:40-18:05	Takehiro Ito (Tohoku University, 領域代表) Invitation to Combinatorial Reconfiguration
18:05-18:30	Irene Parada (Universitat Politècnica de Catalunya, Spain) Geometric Algorithms for Modular Robotics
18:30-18:55	Colin Defant (Massachusetts Institute of Technology, USA) Toric Promotion and Permutoric Promotion
18:55-19:20	Nicholas Williams (Lancaster University, UK) Triangulations of Cyclic Polytopes Through the Lens of Reconfiguration

Organizers

Takehiro Ito (Tohoku University, Japan)
Yusuke Kobayashi (Kyoto University, Japan)
Yoshio Okamoto (The University of Electro-Communications, Japan)



組合せ遷移の理論フレームワークを共に提唱した Erik D. Demaine 教授 (アメリカ・MIT) とも再会



日本オペレーションズ・リサーチ学会

機関誌「オペレーションズ・リサーチ」 68巻7号（2023年7月号）
特集「組合せ遷移の世界」

伊藤 健洋（東北大学、領域代表）、岡本 吉央（電気通信大学、C01班代表）
「特集にあたって」

伊藤 健洋（東北大学、領域代表）
「組合せ遷移に関する最近の研究」

川原 純（京都大学、B01班）
「Reconfillion—組合せ遷移ソルバー—」

大館 陽太（名古屋大学、A01班）
「組合せ遷移のアルゴリズム理論」

岩政 勇仁（京都大学、C01班）
「彩色遷移問題から制約充足遷移問題へ」

岡本 吉央（電気通信大学、C01班）
「離散幾何・計算幾何に現れる組合せ遷移」

鈴木 顕（東北大学、B01班）
「最適化遷移を用いた配電網の切替手順の算出」

これらの記事は、日本オペレーションズ・リサーチ学会の
Webサイトにて、2024年7月以降どなたでもご覧頂けます。

<https://orsj.org/?p=5944>



掲載号の表紙
(転載許可取得済)

発行日 2024年3月31日

発 行 学術変革領域研究(B)「組合せ遷移」事務局
〒980-8579
宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-3-09
東北大大学院情報科学研究科
情報システム評価学分野内
Email : core.info@grp.tohoku.ac.jp
URL : <https://core.dais.is.tohoku.ac.jp/>

製 作 株式会社フロット

印 刷 株式会社フロット

