

# C@R@



## NEWSLETTER

vol.2

2021  
Autumn

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



## 組合せ遷移の 汎用ソルバー開発を目指して

計画研究B01班代表 川原 純  
京都大学 大学院情報学研究科 准教授

私はこれまで組合せ遷移の論文を2本しか書いておらず、組合せ遷移の専門家とは言えないかと思いますが、本プロジェクトに携わることになりました。そのきっかけは、配電網の電力ロス最小化と呼ばれる問題の研究です。以前私が所属していた科学技術振興機構ERATO湊離散構造処理系プロジェクトでは、この問題をグラフの問題として定式化し、ゼロサプレス型二分決定グラフと呼ばれるデータ構造を用いて最適なスイッチ構成を求める方法を考案しました。それとは独立に、伊藤領域代表らのグループは、現在のスイッチ構成から最適なスイッチ構成に切り替える手順を求める問題を、組合せ遷移問題として定式化し、高速に手順を求める方法を提案しています。配電網におけるアルゴリズム研究に関してはお互いこれまで交流は無かったのですが、今回、伊藤領域代表からお誘いを受けて、共同で配電網に現れる組合せ遷移の研究を開始しました。

本学術変革プロジェクトにおいては、配電網に現れる具体的な問題を研究するだけでなく、様々な組合せ遷移問題を解くための汎用ソルバーの開発を目標としています。世の中には組合せ遷移問題とみなせる問題は多数ありますが、現状では非専門家が組合せ遷移の定式化を行い、問題に応じたアルゴリズムを利用するのは難しい状況です。数理最適化ソルバーのGurobiやCPLEX等のように、非専門家でも扱える汎用ソルバーの開発を目指しています。

本プロジェクトが始まって1年近くが経過しましたが、セミナーや研究集会等でプロジェクトメンバーが発表する研究内容は多岐に渡り、議論が活発に行われています。自分の普段の研究から少し離れた専門分野の先生方との研究は新鮮で刺激を受けています。組合せ遷移については勉強中の身ですが、汎用ソルバー開発を通して本プロジェクトに貢献していきたいと考えています。

2021年9月

### Profile

2009年3月京都大学情報学研究科にて博士(情報学)を取得。  
2009~2010年京都大学 特定研究員、2010~2012年科学技術振興機構 博士研究員、2013~2019年奈良先端科学技術大学院大学 助教を経て、2019年4月より現職。アルゴリズムやデータ構造の研究に従事。特に最近ではゼロサプレス型二分決定グラフを用いたグラフに関する最適化問題の研究に取り組む。2008年COMP-NHC学生シンポジウム最優秀論文賞、2019年日本計算機統計学会論文賞等、受賞。

### 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)

## 【特集】組合せ遷移の国際ワークショップを開催

2021年7月12日(月)に、組合せ遷移に関する国際ワークショップCombinatorial Reconfiguration 2021を開催しました。本ワークショップは、国際会議The 48th International Colloquium on Automata, Languages, and Programming (ICALP 2021)のサテライトワークショップとして企画・開催しました。



招待講演者とプログラム委員

計算機科学、工学、数学の3分野から、ワークショップでは4件の招待講演を企画しました。計算機科学分野からは、Nicolas Bousquet氏がグラフアルゴリズムの視点から講演、Anna Lubiw氏が計算幾何学の視点から講演を行いました。工学分野からは、本研究領域B01班の鈴木顕が、配電制御システムへ組合せ遷移のアルゴリズム技術を適用した事例について講演しました。数学分野からは、Torsten Mütze氏が組合せ幾何学や有限束論に現れる組合せ遷移について講演しました。

広く一般にも講演を募集し、14件の一般講演もありました。講演の内容・背景分野も多岐に渡り、また地域も14カ国・約40研究機関に所属する研究者から講演申込がありました。特に、普段は組合せ遷移に関する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。

本ワークショップには、18カ国から87名(欧州34%、北米23%、アジア35%)の参加登録がありました。講演内容、著者陣、参加者ともに、分野も地域も広範に渡り、組合せ遷移の研究分野としての広がりを実感するワークショップとなりました。

## 【招待講演】

- ・Nicolas Bousquet, CNRS, U. Lyon I, France  
Independent Set Reconfiguration — Which Price for Locality?
- ・Anna Lubiw, U. Waterloo, Canada  
Geometric Reconfiguration
- ・Torsten Mütze, U. Warwick, United Kingdom  
Combinatorial Generation via Permutation Languages
- ・Akira Suzuki, Tohoku U., Japan  
Combinatorial Reconfiguration Applied to Power Distribution Systems

## 【プログラム委員会】

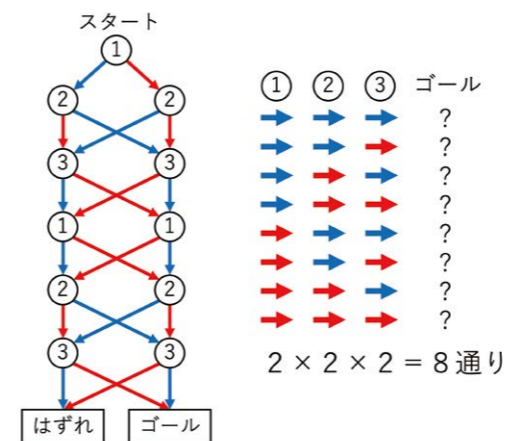
- ・Jan van den Heuvel, London School of Economics and Political Science, United Kingdom
- ・Takehiro Ito, Tohoku U., Japan (Chair)
- ・Jun Kawahara, Kyoto U., Japan
- ・Naomi Nishimura, U. Waterloo, Canada
- ・Yoshio Okamoto, U. Electro-Communications, Japan

## 研究者紹介



## 「非自明」な計算時間で解を見つけたい

照山 順一  
(兵庫県立大学, B01班)



さっそくですが、図を見てください。以下の条件を満たしながら、スタートからゴールに辿り着くことは可能でしょうか。

番号が同じ分岐点では、常に同じ色の道を選ぶ

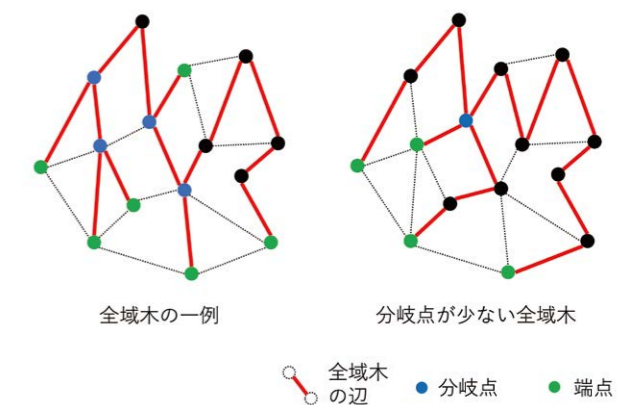
図の例には3種類の分岐点がありますが、この条件を満たそうと思うとゴールに辿り着くことはできません。実は、この問題は「分岐プログラム」と呼ばれる計算モデルに対する「充足可能性問題(SAT)」です。和積標準形(CNF)で表現された論理関数が入力されるSATは有名かと思えます。論理関数の表現モデルは、論理回路や分岐プログラムなど他にもあり、それらを入力とするSATも盛んに研究が行われています。

分岐プログラムは60年以上前に提案された計算モデルです。CNFに比べて表現力が高いため、入力がCNFであるときよりも難しいSATを考えることとなります。SATを解くための「自明」な解法は、全ての選び方を試す方法です。n種類の分岐点があれば、 $2^n$ 通りの選び方を全て試せばSATは解けます。図の例では $2^3=8$ 通りです。では、 $1.9999^n$ のように2よりほんの少しでも小さい底でSATを解くことは出来ないでしょうか？私は、このような「非自明」な解法がないか研究を行っています。特に、分岐プログラムにどのような制限があれば非自明な解法が存在するのか探っています。



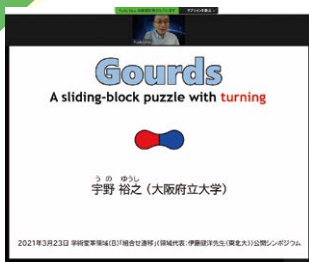
## 特定の性質を満たす全域木の存在性

前澤 俊一  
(電気通信大学, C01班 特任研究員)



グラフ理論の分野では、グラフから特別な構造を見つける研究が長年なされています。例えば、グラフの全ての頂点を通る道は「ハミルトン道」と呼ばれますが、それを見つける問題は、組合せ最適化の重要問題である巡回セールスマン問題とも深遠な関係があるとして盛んに研究が行われています。私の研究は「ハミルトン道」の拡張概念である「特定の性質を満たす全域木」を見つけることです。ここで、全域木とはグラフの全ての頂点を含む木のことであり、図に示すようにグラフには複数の全域木が存在し得ます。

制約が何もなければ、グラフから一つ全域木を見つけることは簡単です。しかし、グラフから「特定の性質を満たす全域木」を見つける問題は、その多くがNP完全と呼ばれる難しい問題です。そこで、その存在を保証する十分条件の研究が行われています。私はこれまでに、「各頂点から出る辺の本数に制限のある全域木」や「端点と分岐点の総数を制限した全域木」が存在するための十分条件を与えてきました。これらの研究は、1980年代から研究されている二部のラムゼー数の解析にも繋がります。また、実社会においては、避難経路や通信経路といったネットワークの経路策定への応用が期待されます。



## 公開シンポジウム、第2回領域会議

2021年3月23日(火)に、本研究領域の公開シンポジウムを開催しました。宇野裕之先生(大阪府立大学)の招待講演の後に、各計画研究班の活動報告・メンバー自己紹介を通して、本研究領域を広く知って頂く機会としました。併せて、第2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。第12回では、特別企画として、玉置卓先生に招待講演をお願いしました。

回	開催日	講演者	講演題目
8	2021. 4. 26	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
9	2021. 5. 10	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
10	2021. 5. 24	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
11	2021. 6. 7	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
12	2021. 6. 21	玉置 卓 (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
13	2021. 7. 5	宋 剛秀 (神戸大学, B01班)	SATソルバーの最新動向と利用技術
14	2021. 7. 26	野崎 雄太 (広島大学, C01班)	トポロジーの視点

## その他、この半年間の動き

2021年 3月 1日(月) 計画研究C01班に、前澤俊一 特任研究員(電気通信大学)が着任しました。

2021年 3月 3日(水) 岡本吉央(電気通信大学, C01班代表)が日本オペレーションズ・リサーチ学会2020年度研究賞の受賞を記念して、同学会2021年春季研究発表会にて特別講演を行いました。

2021年 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、伊藤健洋(東北大学, 領域代表)が本研究領域について紹介しました。同研究会は、電子情報通信学会コンピュータシミュレーション研究会との連立開催であり、湊真一教授(京都大学)の学術変革領域研究(A)についての招待講演も行われました。

2021年 7月12日(月) 組合せ遷移の国際ワークショップを開催しました。詳しくは、2ページの特集をご覧ください。

## EVENTS

### JCCA-2021 ミニシンポジウム 2021年 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企画・開催します。

### 国際Workshop 2021年 8月30日(月)

離散幾何学、計算幾何学に現れる組合せ遷移に関する国際ワークショップ  
Combinatorial Reconfiguration in Discrete and Computational Geometryをオンライン開催します。

### 公開シンポジウム 第3回領域会議 2021年 9月1日(水)

本研究領域の公開シンポジウムおよび第3回領域会議を開催します。  
招待講演: 池上 敦子 先生(成蹊大学)

## 受賞

### 2021年6月 2020年度人工知能学会研究会優秀賞

土中 哲秀(中央大学)、小林 靖明(京都大学, A01班)、  
栗田 和宏(国立情報学研究所)、大館 陽太(名古屋大学、  
A01班)「多様な部分グラフを発見するアルゴリズム」  
(所属は研究会発表当時)

## メーリングリストのご案内

本研究領域の各種お知らせ用に、メーリングリストを運用しています。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。

