

科研費 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

領域全体の報告

伊藤 健洋

(領域代表, 東北大学)

2023年2月21日(火) 最終報告会



本研究領域の目的

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活用するための**共通基盤**を構築する。

→ 「ちょっと試してみよう」が気楽にできる世界を作りたい

→ 組合せ遷移の**技術浸透の土台**を築き、組合せ遷移を知ってもらうことで、10年先20年先に向けた「**種蒔き**」をしたい（産業応用の**モデルケース**まで実施。魅力を伝えたい！）

B01班：
工学



＜大目標＞

組合せ遷移に対する
実装技術の構築と産業応用

＜2年半の目標＞

- (i) 3つの技法を用いて組合せ遷移の汎用ソルバー開発
- (ii) 配電制御システムを題材とした産業応用の実践

実装技術基盤

A01班：
計算機科学



＜大目標＞

組合せ遷移に対する
アルゴリズム的メタ定理の構築

＜2年半の目標＞

- (i) 論理とグラフ構造パラメータを用いたメタ定理の構築
- (ii) 近接分野のアルゴリズム手法を組合せ遷移へ導入

アルゴリズム基盤

C01班：
数学



＜大目標＞

組合せ遷移に対する
数学理論の構築

＜2年半の目標＞

- (i) 組合せ遷移における数学活用事例の体系的収集
- (ii) 組合せ遷移の研究に資する数理手法の開発

数学基盤

領域全体として何よりも心掛けたこと

「人と人を繋ぐ」 「未来への種蒔き」

2.5年間では「業績」としては成果が見えないかもしれない
でも本気で「学術変革」を起こすためには不可欠な挑戦



最初の1年：領域内部で互いを知り，共同研究をスムーズに開始すること・連携を深めることに注力

残り1.5年：海外を含め，領域外部へも精力的にアプローチ



有難いことに，この2.5年の期間中にも，

- 成果がまとまり研究業績になったもの
- 新しい融合研究の「芽」，世界での広がり「芽」

が，そこかしこで観測される

領域全体の報告

1. 学変(B)「組合せ遷移」での研究活動

2. 研究業績概観

- 個別の成果は各計画研究班から発表済み
- ここでは数値データと産学連携を中心に

3. コミュニティの形成と拡大に向けた挑戦

4. おわりに

学変(B)での「普段」の研究活動

2022年10月採択：コロナ禍の影響は大きい。
とはいえ、2.5年しかないので、待っても居られない。 . . .
→ 半ば強制的に、オンラインで研究開始



正直、立上げ時にオンラインのみはキツイこともあった
でも、ここまで2.5年やってみて. . .

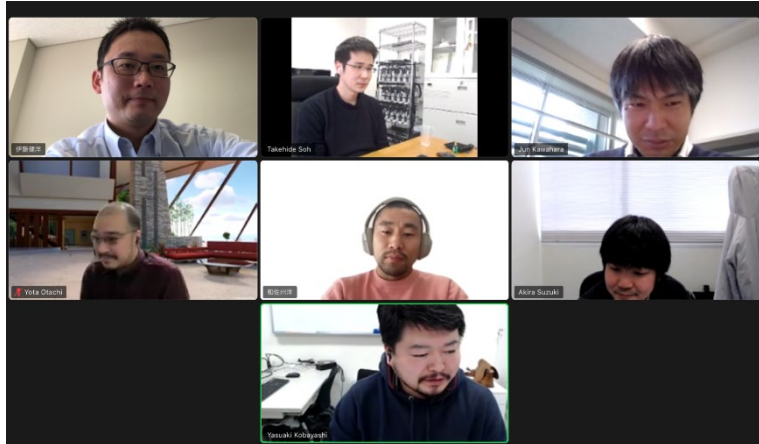
悪いことばかりでもなかった！

- どの班も2, 3週間ごとに約2時間のミーティングを継続開催。打合せの頻度が確保でき、着実に研究を進められた。
- 伊藤も、ほぼ全ての打合せに参加でき、班間の橋渡し
- ブレーンストーミングをやろうとすると難しいことが多いが、半年に1, 2回の頻度で対面打合せを開催し補完。

対面とオンラインの良いバランスが模索できた
(コロナ禍が収束しても、このスタイルは良さそう)

学変(B)での「普段」の研究活動

班内でも，班間でも，フットワーク軽く相談ができる。



↑ CoRe Challenge開催へ向けて，
A01班とB01班で合同打合せ

上手く言い表せないモヤモヤ →
が，他分野の言葉で解決した
(2020年12月のこと)



T. Ito, Y. Iwamasa, N. Kakimura, Y. Kobayashi,
S. Maezawa, Y. Nozaki, Y. Okamoto, K. Ozeki.
Rerouting planar curves and disjoint paths,
arXiv:2210.11778 (2022)

スレッド
c01班_数学

84 件の返信

小関健太 3ヶ月前
ありがとうございます。ちょうど同じものを考えていましたが，遷移できないと思います。
 P_1 と Q_1 の交点， P_2 と Q_2 の交点で問題が2分されていて，それぞれで岡本さんの「交差が奇数回」の状態があり，遷移ではこの状態が解消できないように思います。(編集済み)

Yuta Nozaki 3ヶ月前
おもしろい例ですね。理屈は小関先生の説明のとおりだと思います。ここまで分かるとトポロジーの視点からは以下のように一般化できます：
定理「平面グラフにおいて (P_1, P_2) が (Q_1, Q_2) に遷移するならば， P_1 と Q_2 の代数的交差数は0である。(これは P_2 と Q_1 の代数的交差数の-1倍なのでどちらの組みを調べてもよい。)」
ここで代数的交差数とは，符号付きの交差の総和です。岡本先生の例だと ± 1 ，岩政さんの例だと ± 2 ，同様に $\pm n$ の例も作れますが， $n=0$ 以外は遷移できません。
証明は，相対ホモロジー群を使えば(個人的には)簡単です。(編集済み)

小関健太 3ヶ月前
なるほど。野崎さんの定理でだんだんわかってきました。
昨日，ROOM1では，「岡本さんの交差が奇数回の例ではないならば， s_1 と t_1 が $P_2 \cup Q_2$ の同じ側にある」と言いましたが，それが間違いで(そもそも「同じ側」の定義もあやふやでした)，「代数的交差数が0ならば s_1 と t_1 が $P_2 \cup Q_2$ の同じ面にある」というのが正しいように思います。

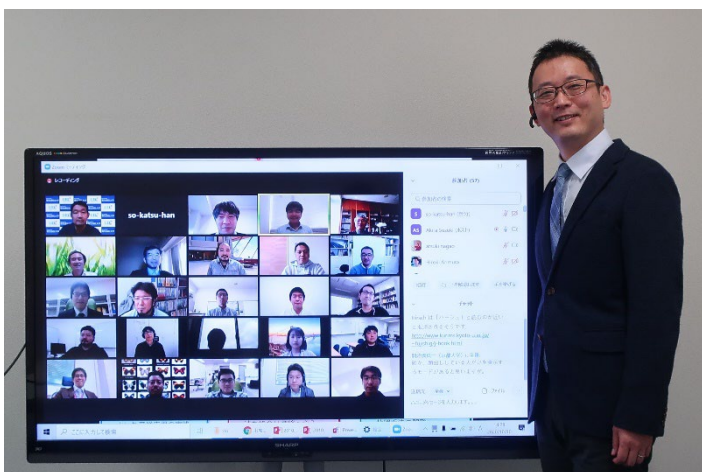
Yuni Iwamasa 3ヶ月前
「こういう状況を統一的に記述できるトポジカルな概念があるだろうな」と思っていたのですが，「代数的交差数」というものがそれにあたるわけですね。知りませんでした。ありがとうございます。
「代数的交差数が0で3連結なら遷移可能」が，小関さんがROOM1でおっしゃっていた予想の正確なstatementなわけですね。

□ 半年に1回開催

- 第1回 2020年10月 オンライン (採択から1ヶ月でKickoff開催)
- 第2回 2021年 3月 オンライン (公開の場で, 自己紹介)
- 第3回 2021年 9月 オンライン
- 第4回 2022年 3月 オンライン (学生シンポジウム)
- 第5回 2022年 9月 ハイブリッド@札幌
- 第6回 2023年 2月 ハイブリッド@仙台 (学生シンポジウム)

最初の1年 : 領域内部で互いを知ることが中心. 自己紹介を公開で行い, 領域外の方にも, 自分の研究と近いメンバーを見つけてもらう.

残り1.5年 : 学生シンポジウム等, より外へに向けて



2020年10月キックオフ



2022年9月札幌にて

学変(B)「組合せ遷移」ニューズレター

□ 活動を半年ごとにまとめ、領域内外の方にお届け

・ 既に4号発行。2023年3月に第5号発行予定。

CoRe NEWSLETTER vol.1
2021 春号

組合せ遷移の発展に向けた計算機科学・工学・数教におけるアローナーの統合

組合せ遷移アルゴリズムの共通基盤化を目指して

北原 伊保
東北大学大学院理学部数科学科 助教

組合せ遷移の発展に向け、組合せ遷移アルゴリズムを共通基盤として活用することにより、共通基盤化による共通基盤の構築が期待されています。本号では、組合せ遷移アルゴリズムの共通基盤化を目指して、共通基盤の構築に向けた取り組みについて、北原 伊保 先生による寄稿が掲載されています。

北原 伊保 先生は、東北大学大学院理学部数科学科 助教として、組合せ遷移アルゴリズムの共通基盤化を目指して、共通基盤の構築に向けた取り組みについて、北原 伊保 先生による寄稿が掲載されています。

CoRe NEWSLETTER vol.2
2021 夏号

組合せ遷移の発展に向けた計算機科学・工学・数教におけるアローナーの統合

組合せ遷移の汎用ソルバ開発を目指して

川原 雄大
東北大学大学院理学部数科学科 助教

組合せ遷移の発展に向け、汎用ソルバの開発が期待されています。本号では、汎用ソルバの開発に向けた取り組みについて、川原 雄大 先生による寄稿が掲載されています。

川原 雄大 先生は、東北大学大学院理学部数科学科 助教として、汎用ソルバの開発に向けた取り組みについて、川原 雄大 先生による寄稿が掲載されています。

CoRe NEWSLETTER vol.3
2022 春号

組合せ遷移の発展に向けた計算機科学・工学・数教におけるアローナーの統合

「組合せ遷移の数学」が存在する未来に向けて

高橋 孝典
東北大学大学院理学部数科学科 助教

「組合せ遷移の数学」が存在する未来に向けて、高橋 孝典 先生による寄稿が掲載されています。

高橋 孝典 先生は、東北大学大学院理学部数科学科 助教として、「組合せ遷移の数学」が存在する未来に向けて、高橋 孝典 先生による寄稿が掲載されています。

CoRe NEWSLETTER vol.4
2022 秋号

組合せ遷移の発展に向けた計算機科学・工学・数教におけるアローナーの統合

組合せ遷移が解った世界

松本 大
東北大学大学院理学部数科学科 助教

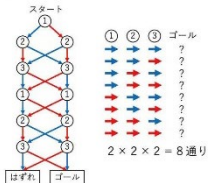
組合せ遷移が解った世界、松本 大 先生による寄稿が掲載されています。

松本 大 先生は、東北大学大学院理学部数科学科 助教として、組合せ遷移が解った世界、松本 大 先生による寄稿が掲載されています。

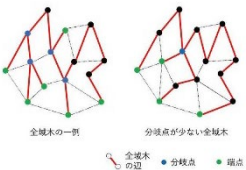
□ 研究者紹介で、領域メンバーを知って欲しい



「非自明」な計算時間で解を見つけた
照山 順一
(筑波大学, B01級)



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級 特任研究員)



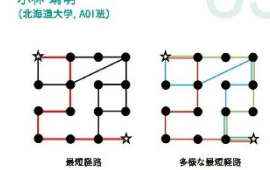
トポロジーの視点から組合せ遷移に挑む
野崎 雄太
(広島大学, C01級)



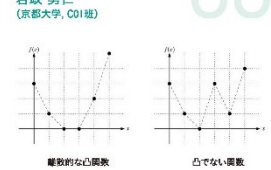
遺伝性を持たない誘導部分グラフの探索
江藤 宏
(東北大学, A01級 特任助教(研究))



多様な解を高速に見つける
小林 靖明
(北海道大学, A01級)



効率良く解ける組合せ最適化問題の背後に潜む数理構造
岩敢 勇仁
(京都大学, C01級)



学変(B)「組合せ遷移」セミナー・勉強会

- 約2週に1回，セミナー勉強会をオンライン開催 (一般公開)
1回約2時間かけて，講演者の背景分野をじっくり勉強
- 2.5年間で計35回開催
 - 最初の1年**：領域メンバー 13回：招待講演 1回
 - 残り1.5年**：領域メンバー 11回：招待講演 10回



新しい研究に発展も！

第19回 (2021.12.16) 山中克久 先生 (岩手大学)

- Yuta Nozaki (C01班), Kunihiro Wasa (A01班), Katsuhisa Yamanaka
Reconfiguration and Enumeration of Optimal Cyclic Ladder Lotteries
電子情報通信学会コンピューテーション研究会 2022年12月

第20回 (2022.1.6) 大坂直人 氏 (サイバーエージェント)

- 上原隆平 先生 (JAIST) から，講演中に出た助言で結果が改善。
論文では，CoReセミナー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)

領域全体の報告

1. 学変(B)「組合せ遷移」での研究活動

2. 研究業績概観

- 個別の成果は各計画研究班から発表済み
- ここでは数値データと産学連携を中心に

3. コミュニティの形成と拡大に向けた挑戦

4. おわりに

論文発表 (ベースとなる研究業績をしっかりと積み上げ)

■ 各班2.5年間 (班間で重複あり)

	学術雑誌 (査読有)	国際会議 (査読有)	プレプリント
A01班 (計算機科学)	25	23	17
B01班 (工学)	11	14	5
C01班 (数学)	34	14	10

■ 班間連携別の業績数

A01班	13		
B01班	2	9	
C01班	10	0	24
	A01班	B01班	C01班

学術雑誌 (査読有)

		ABC	
A01班	12	2	
B01班	3	8	
C01班	6	1	5
	A01班	B01班	C01班

国際会議 (査読有)

		ABC	
A01班	6	2	
B01班	2	1	
C01班	7	0	1
	A01班	B01班	C01班

プレプリント

■ 国際会議 : CORE Rankを指標とすると...

CORE Rank A*

AAAI 2021, 2022×3本, 2023

PODS 2022

SODA 2022

CORE Rank A

ESA 2022

IPCO 2021

ISAAC 2022×2本

MFCS 2022×2本

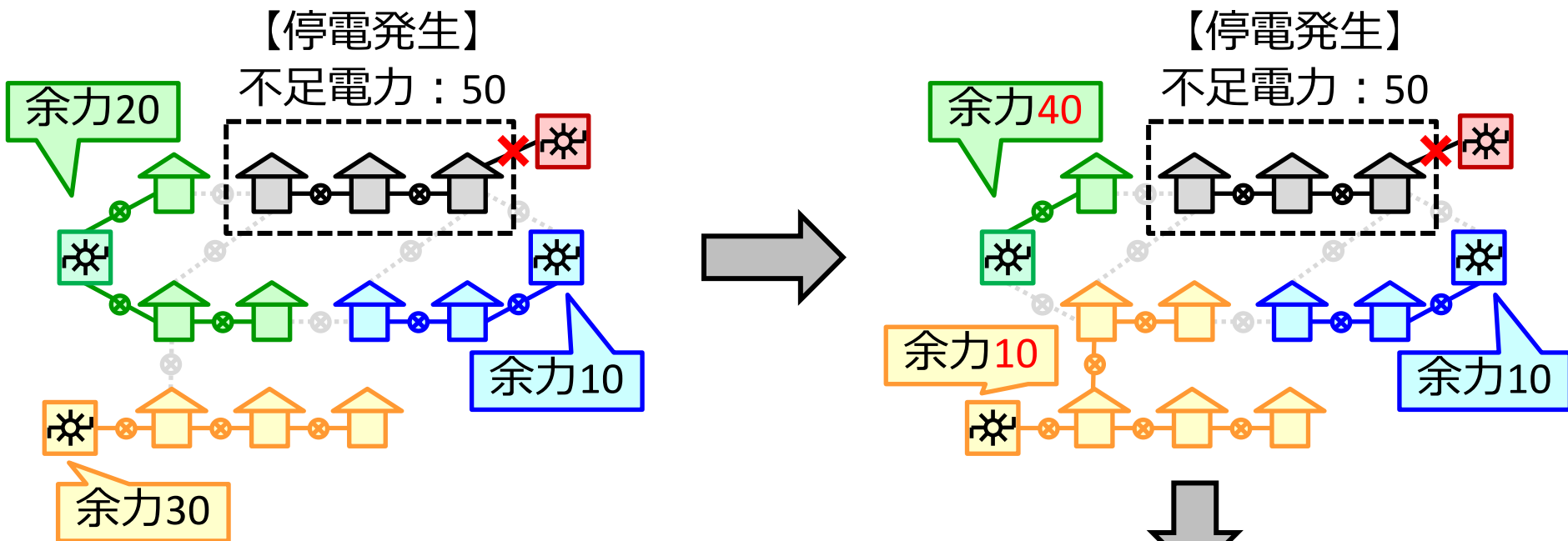
SoCG 2022, 2023

STACS 2022

WG 2022

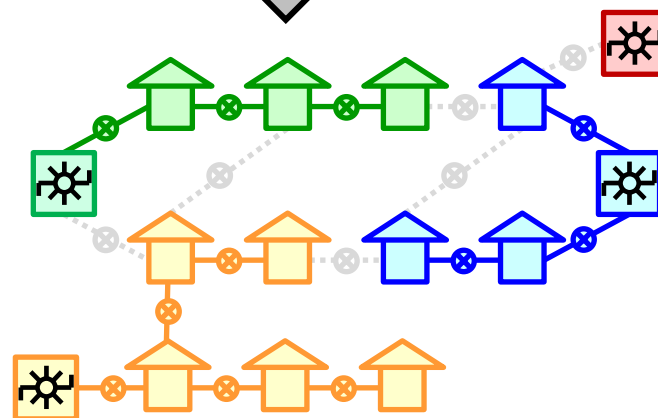
産学連携：大規模停電の復旧 (産業応用のモデルケース)

大規模停電では，周辺の電力を融通するだけでは復旧できないときがある → **より広範囲**から電力を融通しないといけない




停電復旧のプロセスに，組合せ遷移が，数理的なエビデンスを与える

1. 特許共同出願中
2. 電気学会全国大会で講演予定
(2023年3月)



産学連携：大規模停電の復旧 (産業応用のモデルケース)

13



2022年11月7日

報道機関 各位

東北大学 大学院情報科学研究科
京都大学 大学院情報科学研究科
中部大学 工学部
株式会社 明電舎

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

【発表のポイント】

- ・ 停電発生時、周辺の供給余力を用いて早期に停電復旧するために、供給経路の切替手順を算出するアルゴリズム(計算手法)を開発。切替手順の最短性を理論保証。



2022年11月7日(月)
共同プレスリリース発行

有難いことに・・・

1. 電気・エネルギーの専門紙
「電気新聞」に取りあげて頂く
2. Prognostics and Health Management
(故障予測と正常性の管理) の国際会議PHMAP23
にお誘いを頂く (2023年9月講演予定)

電気新聞 2022年11月8日(火)
4面 産業・テクノロジー
(講演及び動画配信での
記事使用許諾取得済み)

領域メンバーの活躍

■ 招待講演（国際会議）

伊藤健洋 (A01) 3件
 川原 純 (B01) 1件
 鈴木 顕 (B01) 1件
 岡本吉央 (C01) 1件

■ 招待講演（国内会議）

伊藤健洋 (A01) 5件
 小林靖明 (A01) 1件
 和佐州洋 (A01) 1件
 岡本吉央 (C01) 1件
 岩政勇仁 (C01) 2件
 小林佑輔 (C01) 1件
 野崎雄太 (C01) 1件

■ 受賞

- 小林佑輔 (C01) 「藤原洋数理学賞奨励賞」 2020
- 岡本吉央 (C01), 伊藤健洋 (A01), 垣村尚徳 (C01), 神山直之 (C01), 小林佑輔 (C01)
「FIT船井ベストペーパー賞」 2021
- 小林靖明 (A01), 栗田和宏, 大舘陽太(A01) 「2020年度人工知能学会研究会優秀賞」 2021
- 川原純 (B01) 「LA/EATCS-Japan発表論文賞」 2022
- 宋剛秀 (B01), Daniel Le Berre, 鍋島英知, 番原睦則, 田村直之
「XCSP3 Competition 2022 Main CSP部門 第2位」 2022
- 岩政勇仁 (C01) 「日本応用数理学会 2021年度若手優秀講演賞」 2022
- 岩政勇仁 (C01) 「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」 2022
- 和佐州洋 (A01) 「情報処理学会 山下記念研究賞」 2022

■ 異動（申請時から現在まで）

- 准教授 → 教授 1名
- 助教 → 講師 1名
- 助教 → 准教授 1名
- P D → 助教 3名

領域全体の報告

1. 学変(B)「組合せ遷移」での研究活動

2. 研究業績概観

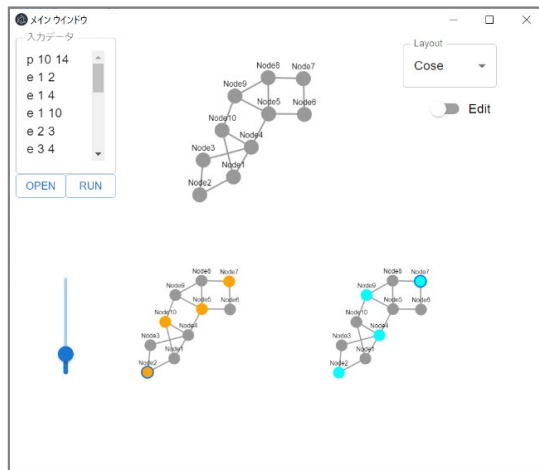
- 個別の成果は各計画研究班から発表済み
- ここでは数値データと産学連携を中心に

3. コミュニティの形成と拡大に向けた挑戦

4. おわりに

組合せ遷移ソルバーとGUI

- 気楽に「ちょっと試してみよう」ができる世界を作りたい
 - ➔ プログラムを自分で用意しなくても、簡単に試せるGUI
(例：自分が見つけた反例“候補”が正しいか、検証してみたい)



GUI : CoReViewer

- 現在公開中！どなたでもご利用頂けます
- Windows/Mac/Linux対応
- 内部で使用するソルバーは差し替え可能

- 自分でプログラムを書いて実験・検証したい
 - ➔ 本研究領域で**Pythonライブラリ**を公開予定
 - Reconfigion (ZDDベースソルバー)
 - PyFolg (BMCベースソルバー, 符号化部分)

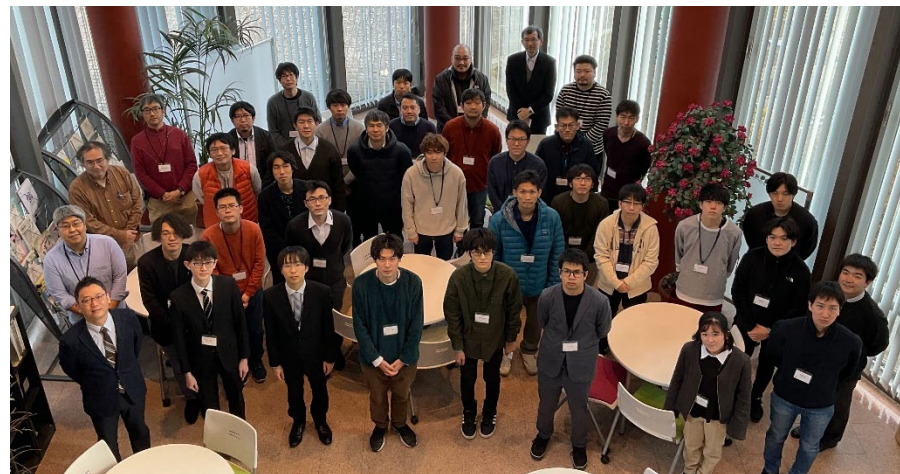
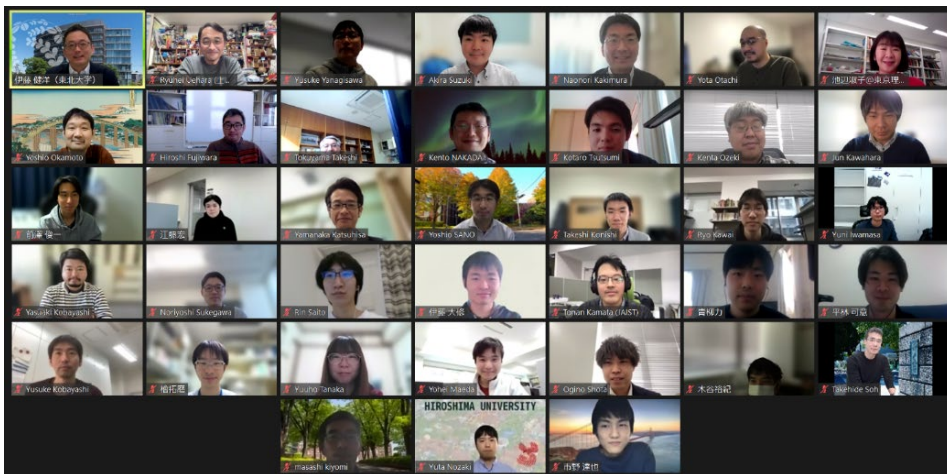
2021年度「組合せ遷移」の学生シンポジウム開催に合わせ、研究に使って頂けるように一部は先行公開済み。

組合せ遷移の学生シンポジウム

- 学生を巻き込み，将来へ向けた波及効果を大きく期待
 - 研究室の教員，学生，そして就職後も!?
- 「[組合せ遷移の基礎講座](#) (全5回)」をYouTube公開.
講義資料も公開し，自学自習の環境を提供.
- 我々が知らなかった分野からのご発表頂き，
「組合せ遷移」の新しい応用先，共同研究のきっかけ

2022年3月9日(水) オンライン開催
全国11大学から14件の発表

2023年2月20日(月) 仙台
全国7大学から9件の発表



出前イベント：オーガナイズドセッション

国内外の研究集会で、オーガナイズドセッションを企画
「**出前**」することで、聞いてもらえるチャンスが増える！

- 2021年8月 離散数学とその応用研究集会 (JCCA-2021)
- 2022年8月 離散数学とその応用研究集会 (JCCA-2022)
- 2022年9月 日本OR学会秋季研究発表会
- 2023年8月 International Congress on Industrial and Applied Mathematics

New!



JCCA-2022



OR学会

2022年夏ごろから、ようやく対面イベントができるように。

出前イベント：国際会議ICALPでWorkshop

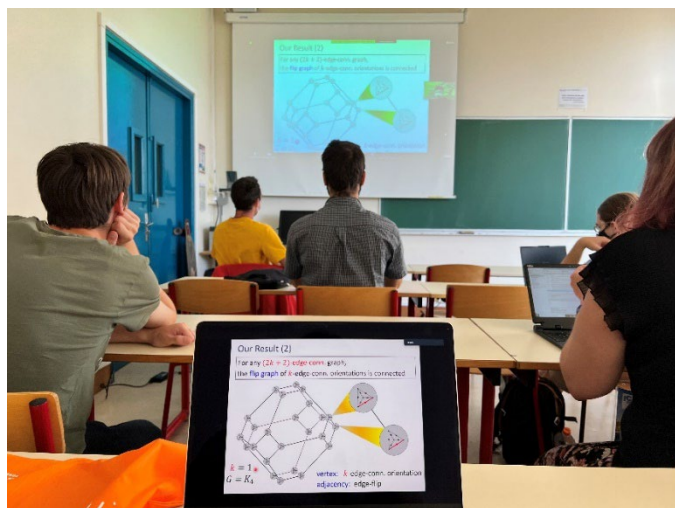
50年の歴史を持つ欧州最大規模の理論計算機科学の国際会議.

- 2021年7月12日(月) 完全オンライン
- 2022年7月 4日(月) パリ現地+オンライン開催
- 2023年7月10日(月) ドイツ・Paderborn にて開催予定 **New!**

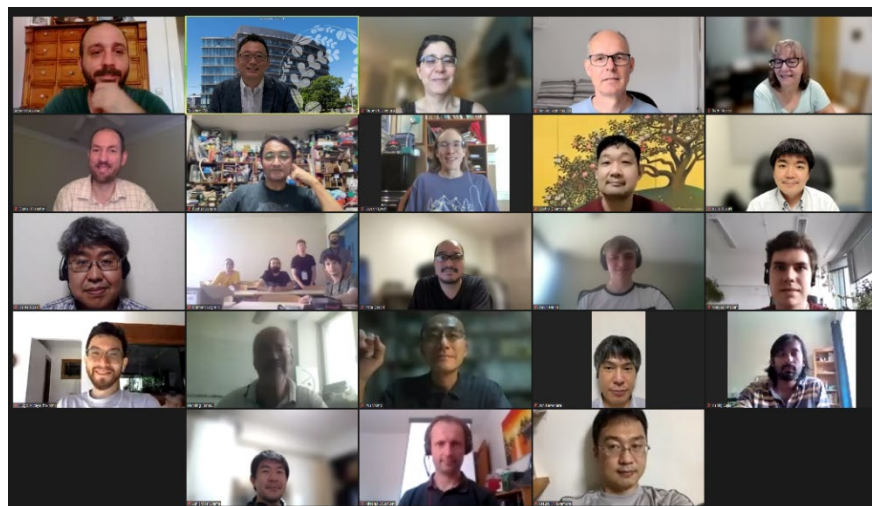
[招待講演だけでなく一般講演も募集]

- 2021年：14件（著者陣：14カ国・約40研究機関に所属）
- 2022年：11件（著者陣：11カ国・約30研究機関に所属）

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」と発表も
→ 組合せ遷移の世界的なコミュニティとして認識される



2021年パリ対面会場



2021年オンライン会場

国際ワークショップ

「〇〇と組合せ遷移」のOne-Day国際ワークショップを開催

- 国内外の著名な研究者による招待講演
- 〇〇分野の研究者を組合せ遷移の世界へ巻き込みたい

開催年月	テーマ	参加登録者数	海外からの登録割合
21年 7月	ICALP2021 サテライト	18ヶ国 87名	約66%
21年 8月	離散幾何学	21ヶ国107名	約59%
21年11月	グラフ理論	30ヶ国199名	約70%
22年 7月	ICALP2022 サテライト	23ヶ国114名	約65%
22年 9月	凸多面体	28ヶ国139名	約72%
22年12月	固定パラメータ容易性	29ヶ国208名	約80%

17ヶ国29名の研究者から招待講演（上記6回の国際ワークショップ合計）

Hans L. Bodlaender, Nicolas Bousquet, Jean Cardinal, Hsien-Chih Chang, Maria Chudnovsky, Daniel Dadush, Zdeněk Dvořák, Sándor Fekete, Catherine Greenhill, Dan Halperin, Bart M.P. Jansen, Eun Jung Kim, Tomáš Kaiser, Jesús De Loera, Anna Lubiw, Amer E. Mouawad, Moritz Mühlenthaler, Torsten Mütze, Atsuhiro Nakamoto, Hariharan Narayanan, Hugo Parlier, Vincent Pilaud, Jakub Przybyło, Francisco Santos, Saket Saurabh, Rodrigo Silveira, Zi-Xia Song, Akira Suzuki, Emo Welzl

第1回 CoRe Challenge 2022

(2021年11月開始, 2022年3月末投稿締切)

- 開始以降, 42カ国から2800以上のWebアクセス
- 最終的には8ヶ国10チームから投稿
- 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.
- 有界モデル検査の生みの親であるArmin Bierer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つ

組合せ遷移ソルバーの各種手法を**性能比較する土台を整備**

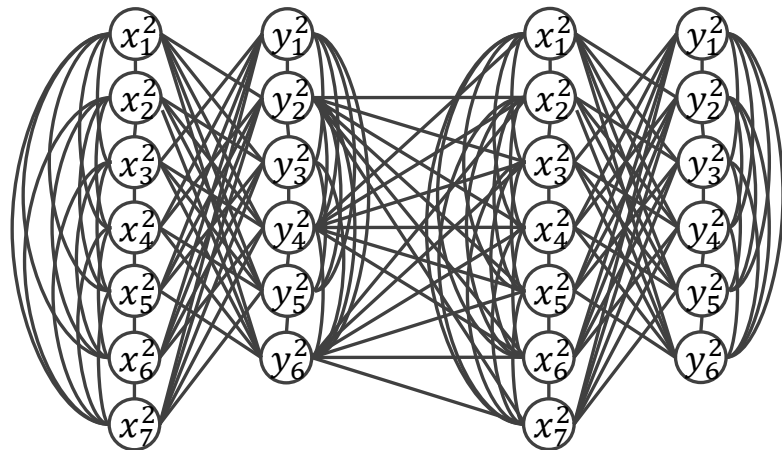
- 各種データと結果は, 投稿者了承の下で全て公開.
- 投稿者が記したアイデアを取りまとめてarXivにも掲載
- ベンチマークデータ369問が現在も利用可 (+ 追加予定)

↓

今後はこの競技会を参照すれば, 誰でも自身の開発ソルバーを**世界水準で評価**可能に!

CoRe Challenge 2023も開催中! (2023年4月末投稿締切)

CoRe Challenge 2022



□ A01班は、計算困難性の観点からインスタンスを提案

- 手法によって、異なる結果を顕著に引き出したらしい
- 解析を進めていきたい

□ ICALP 2022 サテライトワークショップにて結果報告

- 海外の他コミュニティを引き込んだことを実感
- 組合せ遷移の海外研究者らは、これをきっかけに新しい理論研究を開始

Nicolas Bousquet, Bastien Durain, Théo Pierron, Stéphan Thomassé. Extremal independent set reconfiguration. arXiv:2301.02020 (2023)

(CoRe Challengeへの謝辞も記載して頂きました)

閉じる チャット

AS <https://core-challenge.github.io/2022/>

Christian Muise から 全員へ

CM Thank you for running and inviting other communities to participate!

Nicolas Bousquet から自分 (ダイレクトメッセージ) へ

NB Thanks for organizing the challenge, it was nice :) (and we are working on a paper inspired by it currently with Theo Pierron)

Takehide Soh から 全員へ

TS Thank you Christian and PARIS for your participation!

国際的な広がり

「組合せ遷移」の世界的な認知度上昇 新しいコミュニティの形成が進む

- 本研究領域の国際Workshop (グラフ理論 21年11月) に参加した方が, 4th Combinatorial Reconfiguration Workshop in Banff (22年5月) に参加
- 査読付き国際会議 16th International Conference and Workshops on Algorithms and Computation (WALCOM 2022) にて, 「Combinatorial Reconfiguration」のセッションが1つ設けられる
- 1977年から続く査読付き国際会議 The 24th International Symposium on Fundamentals of Computation Theory (FCT 2023) にて, 「Combinatorial Reconfiguration」が対象トピックに挙げられる

List of Topics (Not Exclusive)

- Algorithmic Game Theory, Complexity of Games
- Algorithmic Learning Theory
- Algorithmic Randomness
- Algorithms and Data Structures
- Algorithms for Big Data
- Approximation Algorithms
- Automata Theory
- Average-Case Analysis
- Combinatorics and Graph Theory
- Combinatorial Generation, Enumeration and Counting
- Combinatorial Optimization
- **Combinatorial Reconfiguration**
- Combinatorics of Words
- Complexity Theory
- Computable Analysis
- Computational Biology
- Computational Geometry
- Computational Learning Theory
- Computational Social Choice
- Computability, Recursion Theory
- Concurrency
- Data Compression
- Database Theory
- Descriptive Complexity
- Discrete Event Systems, including Petri Nets
- Discrete Optimization
- Distributed, Parallel and Network Algorithms
- Energy-Aware Algorithms
- Fine-grained Complexity
- Formal Languages

FCT2023のWebサイトより →

<https://www.uni-trier.de/en/universitaet/fachbereiche-faecher/fachbereich-iv/faecher/informatikwissenschaften/professuren/theoretische-informatik/research/conferences-and-workshops/fct-2023>

領域全体の報告

1. 学変(B)「組合せ遷移」での研究活動

2. 研究業績概観

- 個別の成果は各計画研究班から発表済み
- ここでは数値データと産学連携を中心に

3. コミュニティの形成と拡大に向けた挑戦

4. おわりに

学変(B)「組合せ遷移」全力疾走の2.5年間

学変(B)で申請した計画は、

ぼくのかんがえたさいきょうの組合せ遷移

組合せ遷移の技術が「究極に浸透した世界」の実現を目指して...

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。

B01班：
工学



<大目標>

組合せ遷移に対する
実装技術の構築と産業応用

<2年半の目標>

- (i) 3つの技法を用いて組合せ遷移の汎用ソルバー開発
- (ii) 配電制御システムを題材とした産業応用の実践

実装技術基盤

A01班：
計算機科学



<大目標>

組合せ遷移に対する
アルゴリズム的メタ定理の構築

<2年半の目標>

- (i) 論理とグラフ構造パラメータを用いたメタ定理の構築
- (ii) 近接分野のアルゴリズム手法を組合せ遷移へ導入

アルゴリズム基盤

C01班：
数学



<大目標>

組合せ遷移に対する
数学理論の構築

<2年半の目標>

- (i) 組合せ遷移における数学活用事例の体系的収集
- (ii) 組合せ遷移の研究に資する数理手法の開発

数学基盤

学変(B)「組合せ遷移」全力疾走の2.5年間

~~学変(B)で申請した計画は、~~ 3年経った今は、

ぼくの**想像を遥かに超えた**組合せ遷移

個人研究では10年かけても辿り着けなかった世界が広がる
領域メンバー，周囲の方々に感謝！

□ 領域研究**ならでは**の研究成果が続々と

- 融合研究から生まれた理論 → 著名な国際会議，Journalに採択
- 組合せ遷移ソルバーの開発・公開，GUIの整備
- 産業応用（共同プレスリリース，特許共同出願）で技術活用の事例を提示

□ 組合せ遷移の**国際コミュニティ形成・拡大**

- 国際ワークショップ開催による他分野の研究者の巻き込み
- 国際プログラミング競技会 CoRe Challenge による実装実験の土壌確立
- 出前イベント，学生シンポジウムで，将来のさらなる波及を狙う

➔ 着実に新しいコミュニティが生まれていることを実感
国内外で，本領域に触発された（と思いたい）研究が続々と。

「組合せ遷移」のこれから

これまでのご協力・応援ありがとうございました！

おかげ様で、この2.5年の期間中にも、

- 新しい融合研究の「芽」
- 新しい研究コミュニティ（国内外）の広がり・兆しが、そこかしこで観測されています

→ これらを大切に育て上げ、

より大きな「学術変革」へと繋げていきたい

□ 今後も利用できます。ご研究に是非ご活用ください！

- 組合せ遷移ソルバーのプログラムとGUI
- CoRe Challengeでのベンチマークデータ
- YouTube動画 + 講義資料「組合せ遷移の基礎講座 (全5回)」

□ 来年度もイベントやります！

- 国際プログラミング競技会 CoRe Challenge 2023 [投稿締切2023年4月末]
- 国際会議ICALP 2023 サテライトワークショップ [2023年7月10日開催]
- 国際会議ICIAM 2023 ミニシンポジウム [2023年8月20-25日のどこか]