

# 2024年度共同利用研究報告書

2024年09月26日

所属・職名 金沢大学 大学院 自然科学研究科・教授

松谷 茂樹

		整理番号	2024a014	
1.研究計画題目	社会科学における幾何と代数			
2.新規・継続	新規			
3.種別	一般研究			
4.種目	研究集会（Ⅱ）			
5.開催方法	ハイブリッド開催			
6.研究代表者	氏名	松谷 茂樹		
	所属 部局名	金沢大学 大学院 自然科学研究科	職名	教授
7.研究実施期間	2024年09月11日(水曜日)～2024年09月14日(土曜日)			
8.キーワード	コンウェイの法則, 言語学, 哲学, チームトポロジー, 圏論, グラフ, 一般位相, 代数学の社会科学への応用, 幾何学の社会科学への応用,			
9.参加者人数	57人			

## 10.本研究で得られた成果の概要

<p>本研究集会IIは、研究集会II「結晶のらせん転位の数理」（2016年）、研究集会I「結晶の界面、転位、構造の数理」（2017年）、研究集会II「結晶の転位の先進数理解析」（2018年）、研究集会II「結晶の界面、転位、構造の先進数理解析」（2019年）、研究集会II「材料科学における幾何と代数I」（2020年）、研究集会II「材料科学における幾何と代数II」（2021年）研究集会I「材料科学における幾何と代数III」（2022年）研究集会II「材料科学における幾何と代数IV」（2023年）の継続と位置付けられる研究会である。</p> <p>本研究会は、研究会「材料科学における幾何と代数III」の参加者大森祥輔氏と研究代表の松谷との議論により、派生した幾何と代数の社会科学への応用に関する研究（羽生田栄一氏、平鍋健児氏との共同研究：arXiv:2311.10475 “Conway's law, revised from a mathematical viewpoint”）を中心として、その関係者、研究者が集まり議論を行うことを目的としたものである。</p> <p>本研究会は、幾何と代数が社会科学においても重要な役割を果たすようになって近年の研究背景に基づいている。特に、本研究会の中心的テーマの一つである「コンウェイの法則」はソフトウェアの開発体制の幾何構造に関する法則で、近年、IT技術者に、ソフトウェア開発体制の管理で注目を集めている。システム障害が社会基盤を揺るがすことが社会問題となる中で、より頑強で複雑なソフトウェア開発に向け、産業界から幾何学的考察が望まれている。他方、哲学や言語学と数学との関連は、言語学者による記号論創始者ソシュールの用語arbitraire（任意）の数学との関係についての論文や、圏論と現象学に関する書籍が出版されカレントな問題である。オブジェクト指向プログラム、パターン・プログラミングなどの現代言語は圏論の影響を受け開発された経緯もあり、高度なIT技術の研究・開発に向けては、言語学的側面や、哲学的側面（認識論）や、圏論などの知識が必須となってきている。しかしながら、幾何や代数などの数学と、それらの社会科学やIT技術の距離はまだまだ大きく隔たっている。それらの知見を持った研究者、技術者が集まることで、それらの融合が進み新たな視座の提示が期待される。特にコンウェイの法則に関わる議論に関しては、本研究会により、更なる発展が加速されることが期待される。</p> <p>本研究会では、57名の参加者を得、7名の講演者に講演を頂いた。また、講演の後の質問やフリーディスカッションなどにより、本研究集会の目的は達成され、社会科学における幾何と代数の交流の礎・足場として期待に応えるものであったと考えている。</p>
--

## 研究集会「社会科学における幾何と代数」について

本研究集会 II は、研究集会 II「結晶のらせん転位の数理」(2016年)、研究集会 I「結晶の界面、転位、構造の数理」(2017年)、研究集会 II「結晶の転位の先進数理解析」(2018年)、研究集会 II「結晶の界面、転位、構造の先進数理解析」(2019年)、研究集会 II「材料科学における幾何と代数 I」(2020年)、研究集会 II「材料科学における幾何と代数 II」(2021年) 研究集会 I「材料科学における幾何と代数 III」(2022年) 研究集会 II「材料科学における幾何と代数 IV」(2023年) の継続と位置付けられる研究会である。

本研究会は、研究会「材料科学における幾何と代数 III」の参加者大森祥輔氏と研究代表の松谷との議論により、派生した幾何と代数の社会科学への応用に関する研究(羽生田栄一氏、平鍋健児氏との共同研究: arXiv:2311.10475 “Conway's law, revised from a mathematical viewpoint”)を中心として、その関係者、研究者が集まり議論を行うことを目的としたものである。

本研究会は、幾何と代数が社会科学においても重要な役割を果たすようになって近年の研究背景に基づいている。特に、本研究会の中心的テーマの一つである「コンウェイの法則」はソフトウェアの開発体制の幾何構造に関する法則で、近年、IT 技術者に、ソフトウェア開発体制の管理で注目を集めている。システム障害が社会基盤を揺るがすことが社会問題となる中で、より頑強で複雑なソフトウェア開発に向け、産業界から幾何学的考察が望まれている。他方、哲学や言語学と数学との関連は、言語学者による記号論創始者ソシュールの用語 *arbitraire* (任意) の数学との関係についての論文や、圏論と現象学に関する書籍が出版されカレントな問題である。オブジェクト指向プログラム、パターン・プログラミングなどの現代言語は圏論の影響を受け開発された経緯もあり、高度な IT 技術の研究・開発に向けては、言語学的側面や、哲学的側面(認識論)や、圏論などの知識が必須となってきている。しかしながら、幾何や代数などの数学と、それらの社会科学や IT 技術の距離はいまだ大きく隔たっている。それらの知見を持った研究者、技術者が集まることで、それらの融合が進み新たな視座の提示が期待される。特にコンウェイの法則に関わる議論に関しては、本研究会により、更なる発展が加速されることが期待される。

本研究会では、57名の参加者を得、以下の講演者に講演を頂いた。

- 1) オープニングとして、本研究会「社会科学における幾何と代数」の背景と今回のテーマについて、松谷茂樹(金沢大学)
- 2) オブジェクト指向、パターンランゲージ、アジャイル、パターン理論に関わるパターンの科学について、羽生田栄一((株)豆蔵 / (独)IPA)
- 3) 圏論、ひいては数学としての「因果」を如何に認識し定義するかについて、西郷甲矢人(長浜バイオ大学)
- 4) 産業現場の数学における  $\epsilon - \delta$  論法を通して「arbitrary」という概念の重要性について

て、松谷茂樹（金沢大学）

5) 言語思想史の観点から「旅する概念」として arbitraire について、小野文（慶応大学）

6) グラフにおける一般位相について、大森祥輔（群馬工業高等専門学校）

7) グラフにおける一般位相を活用してコンウェイの法則を数学的観点からの再考について、松谷茂樹（金沢大学）

8) コンウェイの法則とアジャイルソフトウェア開発において、ソフトウェアとそれを産み出す組織のソーシャル構造について、平鍋健児（株）永和システムマネジメント）

9) チームトポロジーの概要について、吉羽龍太郎（株）アトラクタ）

また、講演の後の質問や2日目午後のフリーディスカッションなどにより、本研究集会の目的は達成されたと考えている。社会科学における幾何と代数の交流の礎・足場の構築の第一歩としての期待に応えるものであったと考えている。

研究集会代表

松谷茂樹

2024.9.26

# IMI 研究集会 II: 社会科学における幾何と代数

## (Geometry and Algebra in the Social Sciences)

九州大学マス・フォア・インダストリ研究所

ハイブリッド 研究会 (Zoom & 九州大学 IMI オーディトリウム (ウエスト 1 号館 D 棟 4 階 413 号室))  
(2024 年 9 月 11 日 (水)-12 日 (木))

## 1 Program

9 月 11 日 (水)

12:45-13:00	松谷茂樹 (金沢大学)	オープニング / (今回の研究会の背景)
13:05-14:05	羽生田栄一 ((株) 豆蔵 / (独)IPA)	オブジェクト指向, パタンランゲージ, アジャイル, パタン理論 そしてパターンの科学へ向けて
14:15-15:15	西郷甲矢人 (長浜バイオ大学)	因果とは何か
15:25-15:45	松谷茂樹 (金沢大学)	産業現場の数学における $\epsilon - \delta$
15:55-16:55	小野文 (慶応大学)	旅する概念 "arbitrary" : 言語思想史の観点から
17:05-18:05	大森祥輔 (群馬工業高等専門学校)	グラフにおける一般位相

19:15~ 懇親会 (covo restaurant 九大学研都市駅前)

9 月 12 日 (木)

9:50-10:20	松谷茂樹 (金沢大学)	Conway の法則 : 数学的観点から
10:30-11:30	平鍋健児 ((株) 永和システムマネジメント)	「コンウェイの法則とアジャイルソフトウェア開発 : ソフトウェアとそれを産み出す組織のソーシャル構造について」
11:40-12:40	吉羽龍太郎 ((株) アトラクタ)	チームトポロジーの概要
12:40-14:10	昼休憩	
14:10-15:30	フリー・ディスカッション	
15:30-15:35	クロージング	

参加にあたっては、下記の参加申込をお願いします。

<https://forms.gle/3jkXFY6W5ydFEtvr8>

9/11 懇親会を予定しております。参加を希望される方は松谷まで連絡ください。~8/20

[s-matsutani@se.kanazawa-u.ac.jp](mailto:s-matsutani@se.kanazawa-u.ac.jp)

Covo restaurant : 九大学研都市駅前

<https://tabelog.com/fukuoka/A4001/A400203/40048427/>

今後のプログラムの変更等は以下をご覧ください

<https://joint.imi.kyushu-u.ac.jp/post-14935/>

# IMI Workshop II: Geometry and Algebra in the Social Sciences <sup>2024.8.6 version</sup>

Hybrid conference (Zoom & West W1-D-413 room in Kyushu University)  
September 11 (Wed) - 12 (Thu), 2024

September 11 (Wednesday)

- |             |  |  |
|-------------|--|--|
| 12:55-13:15 | Shigeki Matsutani (Kanazawa Univ.)           | (Background of this workshop)  |
| 13:05-14:05 | Eiichi Hanyuda (Mamezou Co., Ltd./IPA)       | Object-Oriented, pattern language, pattern theory,<br>... towards a science of patterns    |
| 14:15-15:15 | Hayato Saigo (Nagahama Inst. Bio-Sci. Tech.) | What is causality?   |
| 15:25-15:45 | Shigeki Matsutani (Kanazawa Univ.)           | $\epsilon - \delta$ and Math in Industry   |
| 15:55-16:55 | Aya Ono (Keio Univ.)                         | “Arbitrary” as a Traveling Concept :<br>Perspectives from the History of Linguistic Ideas. |
| 17:05-18:05 | Shousuke Ohmori (NIT, Gunma College)         | On the general topology of graphs  |
| 19:15~      | Banquet (covo restaurant)                    |  |

September 12 (Thursday)

- |             |                                    |  |
|-------------|------------------------------------|--|
| 9:50-10:20  | Shigeki Matsutani (Kanazawa Univ.) | Conway’s Law: A Mathematical Perspective   |
| 10:30-11:30 | Kenji Hiranabe (ESM, Inc.)         | Conway’s law and Agile software development,<br>parallelism found in product<br>and its producing social structure |
| 11:40-12:40 | Ryutaro Yoshihi (Attractor Inc.)   | TeamTopologies in a nutshell   |
| 12:40-14:10 | Lunch break                        |  |
| 14:10-15:30 | Free Discussion                    |  |
| 15:30-15:35 | Closing                            |  |

**To participate this conference, please apply below**

**<https://forms.gle/3jkXFY6W5ydFEtvr8>**

**cf. <https://joint.imi.kyushu-u.ac.jp/post-14935/>**

## 2 概要

9月11日(水)

### 1. 松谷茂樹(金沢大学) オープニング／(今回の研究会の背景)

Shigeki Matsutani (Kanazawa Univ.) (Opening: (Background of this workshop))

本研究集会は、2016年から2023年の材料科学において幾何的、代数的考察に関連した研究会の継続として位置付けられるものです。これらの研究会は「材料科学において幾何的、代数的考察は有用である」というコンセプトの下に開催されてきました。

本研究会の発端は、Conwayの法則を平鍋健児氏から松谷がお聞きしたことによります。その構造に関して、2022年の研究会の参加者大森祥輔氏と研究代表の松谷とが議論し、その後、羽生田栄一氏、平鍋健児氏との共同研究として「Conwayの法則：数学的再考察」[1]に至り、本研究会開催のきっかけとなりました。つまり、これらにより「社会科学においても幾何的、代数的考察は有用ではないか？」という立場で議論をする場を設けることを考え、開催に至りました。

Conwayの法則は「製造物(ソフトウェア)とそれを作った組織の幾何構造の類似性」についての法則です。その法則を基に、近年「よい」製造物を提供するための組織の構成方法として「team topologies」という概念が登場しています。また、都市計画家・建築家C. Alexanderが唱えるsemi-lattice(半束)を基礎とするpattern languageや、software開発における手法であるagileなどにおいても、幾何学的考察の必要性は高まっています。

他方、「代数・幾何」は歴史学者GoodmanによるとDescartesが基盤とした学問であり、哲学者Husserlの師であるWeierstrassが「Riemannの幾何学的直観を嫌い、代数的であれ!」とした対象でもあります。近年、産業数学において、Weierstrassが提唱した代数的な極限のとらえ方である $\epsilon-\delta$ 法での「任意」の用法の「任意」の取り扱いが、数学と社会を結ぶ際に重要であることが判ってきています。

そこで「任意」という概念の変遷についてのテーマや、「任意」を「非規準的選択」として圏論の視点から現象学を問い直すテーマなどが、この研究会の趣旨に合うと考えました。

異分野の研究者が「社会学における代数と幾何」という名の下で集うことで、何か新しい視点が参加者各自の中に生まれることを願って開催することにしました。

[1] S. Matsutani, S. Ohmori, K. Hiranabe, E. Hanyuda *Conway's law, revised from a mathematical viewpoint*, arXiv:2311.10475

This meeting began with research on applications of geometry and algebra to social sciences, which was derived from discussions between Shosuke Omori, a participant in the “Geometry and Algebra in Materials Science III” workshop, and Matsutani, the research representative. The seed of the idea came from Kenji Hiranabe, who told Matsutani about an interesting phenomenon called Conway’s Law. The research resulted in “Conway’s Law: A Mathematical Perspective” as a joint research with Eiichi Hanyuda and Kenji Hiranabe, which triggered the holding of this meeting [1].

This led us to the conclusion that “geometric and algebraic considerations are also useful in the social sciences”, and we decided to establish a forum for discussion from the standpoint of “geometric and algebraic considerations”.

Conway’s Law refers to the similarity between the geometric structures of manufactured products (software) and the organization that created them. Based on this law, the concept of “team topologies” has recently emerged as a way of organizing organizations to provide “good” products. Geometric considerations are also becoming increasingly important in the semi-lattice-based pattern language advocated by urban planner and architect C. Alexander, as well as in agile, a method used in software development.

On the other hand, “algebra and geometry” is the discipline that Descartes considered fundamental, according to historian Goodman, and that philosopher Husserl’s mentor Weierstrass declared “Not like Riemann’s geometric intuition, but be algebraic!”

In recent years, it has become clear that in industrial mathematics, the treatment of “arbitrary” in the  $\epsilon-\delta$  method, which is an algebraic way of understanding the limit proposed by Weierstrass, is important for connecting mathematics and society.

Therefore, we thought that research on the transition of the concept of “arbitrary” and research that reconstructs phenomenology from the perspective of category theory on the basis of the “non-normative choice” of “arbitrary” would largely fit the purpose of this meeting.

By bringing together researchers from different fields under the name “Algebra and Geometry in the Social Sciences”, we hope that new perspectives will emerge in the hearts of the participants.

[1] S. Matsutani, S. Ohmori, K. Hiranabe, E. Hanyuda *Conway's law, revised from a mathematical viewpoint*, arXiv:2311.10475

## 2. 羽生田栄一 ((株) 豆蔵 / (独)IPA) オブジェクト指向, パタンランゲージ, アジャイル, パタン理論 そしてパターンの科学へ向けて

Eiichi Hanyuda (Mamezou Co., Ltd./IPA) (Object-Oriented, pattern language, pattern theory,... towards a science of patterns)

ソフトウェアの分野での設計実装原理であるオブジェクト指向についてその誕生と考え方の変遷を概観し、建築・都市計画の分野の C. Alexander が唱えるパタン・ランゲージの考え方がソフトウェア設計・実装に与えた影響の大きさと意義について考察する。それは設計手法のみならず、チーム組織やプロジェクト運営の在り方自体の見直しにまで至り、結果としていわゆるウォーターフォールからアジャイルプロセスへの転換への大きなきっかけとなった。一方で、Alexander のパタン・ランゲージをさまざまな分野における経験知・身体知を含むナレッジの交換・交流のための言語文法と捉え直すことで、当初の建築・まちづくり、やその次のソフトウェア開発への適用といった分野を大きく超えて、教育、福祉、子どもの保育、読書サークル、プレゼンテーション、DX 推進、認知症の方々との生活支援、…といった広大な世界へ展開していったという経緯があり、それは今も発展している。Alexander は実は、パタン・ランゲージの課題も認識しており、その課題を克服しようとする中で、Nature of Order(秩序の本質、ないしは秩序の自然)という生き生きとした対象(生命に限らず人工物や組織、抽象物も含む)の備えるべき 15 の特性を提案し、それをもとに「パタン理論」と呼べるような体系化を目指していた。それがうまくいったとは必ずしもいえないが、その志をうまく拾い上げ、数理的な観点で発想を定式化できる部分がないかに関して、今後、考察していくことができればと考えている。パターンの科学を目指して、その基礎理論として位相数学やグラフ理論そして圏論が使えるのではないかと。近年の応用圏論の隆盛も参考にしながら、数学者ではない一般の愛好家という視点で、そうした可能性について思うところを提示したい。

This paper reviews the birth and evolution of object-oriented design and implementation principles in the field of software, and discusses the significance and impact of the concept of pattern language advocated by C. Alexander in the field of architecture and urban planning on software design and implementation. It led to a review not only of design methods, but also of team organization and project management itself, resulting in a major shift from the so-called waterfall to agile processes.

On the other hand, by redefining Alexander's Pattern Language as a language grammar for the exchange of knowledge, including experiential and physical knowledge, in a variety of fields, it was possible to go beyond the initial application to architecture and urban development and its application to software development to include education, welfare, childcare, book clubs, presentations, and DX promotion. It has expanded, and continues to expand, into the vast world of education, welfare, childcare, reading, presentations, DX promotion, living with dementia, and so on.

Alexander is aware of the challenges of pattern language, and in trying to overcome these challenges, he proposed the Nature of Order, a set of 15 characteristics that all living things (not only life, but also artifacts, organizations, and abstractions) should have, which he called "Pattern Theory". The goal was to systematize a system that could be called "pattern theory" based on these properties. Although this was not necessarily successful, we hope to pick up on this aspiration and consider whether there are areas where we can formulate the idea from a mathematical perspective in the future.

In aiming for a science of patterns, I think that general topology, graph theory and category theory can be used as basic theories for this science. I would like to present my thoughts on such a possibility from the viewpoint of an ordinary enthusiast who is not a mathematician, while referring to the recent prosperity of applied category theory.

## 3. 西郷甲矢人 (長浜バイオ大学) 因果とは何か

Hayato Saigo (Nagahama Inst. Bio-Sci. Tech.) (What is causality?)

社会科学を含むほとんどすべての学問領域において、「因果」は最も根本的な概念である。それにも関わらず、因果とは何かについて、数学的構造に裏付けられた本質的な理解が共有されているとはいえない。決定論との混同や、確率論の従来の枠組みへの固執は、様々な哲学的議論を不透明にするばかりでなく、現象のモデリングにおいても大きな制約をもたらしている。

本講演においては、「蒔かぬ種は生えぬ」という諺を手掛かりに、因果とは何か(何でないか)を反省し、圏論および非可換確率論(確率論を量子論を含むように一般化した枠組み、量子確率論とも呼ばれる)の基本概念を用いて因果を定式化する。さらに、圏構造の上に非可換確率構造が定まる仕組みを(講演者自身が近年注力している)「圏代数」「圏上の状態」の概念を用いて説明し、量子場の数理との関係にも触れる。さらに、認知科学や意識研究等への応用の展望についても述べる予定である。

必要な数学的概念については初心者向けに導入するので、幅広い背景をもつ方々にも耳を傾けていただき、今後の応用・展望について意見交換できればと考えている。

本講演の内容の一部は、大塚淳氏(京都大学)との共同研究に基づく。

In almost all academic disciplines, including the social sciences, “causality” is the most fundamental concept. Nevertheless, it is difficult to say that there is a shared understanding of what causality is, which is supported by mathematical structures. Confusion with determinism and adherence to the conventional framework of probability theory not only obscure various philosophical arguments, but also lead to significant constraints in the modeling of phenomena.

In this talk, we will reflect on what causality is (and what it is not) using the proverb “seeds unsown will never sprout” as a clue, and formulate causality in terms of the basic concepts of category theory and noncommutative probability theory (a framework that generalizes probability theory to include quantum theory, also called quantum probability theory). In addition, the mechanism by which noncommutative probability structures are induced from category structures will be explained using the concepts of “category algebra” and “state on category” (which we have been focusing on in recent years), and the relationship with the mathematical aspects of quantum fields will be touched upon. In addition, the prospects of application to cognitive science and consciousness research will be discussed.

The necessary mathematical concepts will be gently introduced, so we hope to have people with a wide range of backgrounds listen to us and exchange opinions on future applications and prospects.

Part of the content of this talk is based on joint research with Dr. Jun Otsuka (Kyoto University).

#### 4. 松谷茂樹 (金沢大学) 産業現場の数学における $\epsilon - \delta$

Shigeki Matsutani (Kanazawa Univ.) ( $\epsilon - \delta$  and Math in Industry)

数学における「任意」の使われ方を、現代的な視点、コーシーの書籍、ワイエルシュトラスの書籍を通して概観した後に、本講演では、産業現場で使われる数学における  $\epsilon - \delta$  法の役割について述べることにより、「任意 (arbitrary(英), arbitraire(仏), beliebig(独))」について考えることの重要性を示す。

[1] 松谷茂樹 数学 Libre: arbitraire を巡るはなし I, II, III 現代数学 2023年11月号–2024年1月号 84-85, 86-87, 86-87.

After an overview of the use of “arbitrary” in mathematics from a contemporary perspective, from Cauchy’s book and from Weierstrass’ books, this talk will introduce what it means to discuss “arbitrary (arbitrary(English), arbitraire(French), beliebig(German))” by describing the role of the  $\epsilon - \delta$  method in mathematics used in industrial settings.

#### 5. 小野文 (慶応大学) 旅する概念”arbitrary” : 言語思想史の観点から

Aya Ono (Keio Univ.) (“Arbitrary” as a Traveling Concept : Perspectives from the History of Linguistic Ideas)

言語記号の「恣意性」という概念は、近代言語学の創始者であるフェルディナン・ド・ソシュールの理論の中で最も謎めいた思考のひとつである。ソシュール自身によって「非動機的」と説明されたこの用語は、彼の『一般言語学講義』(1916, 死後出版)で提示されて以来、言語学者のみならず、記号学者や哲学者の間でも議論の対象となってきた。

私たちは、このソシュールの概念が生み出した積義や議論には比較的詳しいが、彼の着想の源についてはそうではない。実際、この概念をめぐる論争は、ソシュールのテキストの曖昧さだけに起因するものではなく、むしろ、この用語が時代や分野によってさまざまな意味を持つようになったことに起因しているのかもしれない。よって本発表の目的は、「恣意的」という言葉がソシュールによって使用されるまでにたどった様々な経路を調査し、様々な意味をソシュールの使用へと結びつけるミッシング・リンクを特定することである。さらにこの研究は、ソシュールが言語学への画期的なアプローチのために選んだ「恣意的」という言葉そのものをより深く理解することにも貢献するだろう。

The notion of the “arbitrariness” of linguistic signs is one of the most enigmatic ideas in the theory of Ferdinand de Saussure, the founder of modern linguistics. Explained by Saussure himself as “unmotivated”, the term has been the subject of debate not only among linguists but also semioticians and philosophers since it was first presented in his *Cours de linguistique générale* (1916, published posthumously). While we are relatively familiar with the exegesis and discussion of this Saussurean concept, we are less familiar with the source of its inspiration. In fact, the controversy surrounding the concept may not be solely attributable to the ambiguity of Saussure’s text. Rather, it may be more accurately attributed to the multiple meanings that the term has acquired in different times and fields. The objective of this paper is thus to investigate the various pathways that the term “arbitrary” traversed before it was employed by Saussure, and to identify missing links that connect the various meanings with the Saussurean use. Furthermore, this research will contribute to a deeper understanding of Saussure’s “arbitrary” itself, a term that he selected for his ground breaking approach to linguistics.

## 6. 大森祥輔 (群馬工業高等専門学校) グラフにおける一般位相

Shousuke Ohmori (National Institute of Technology, Gunma College) (On the general topology of graphs)

組織図やそれから生み出される製造物のネットワーク構造を数学的に取り扱う場合、まず思いつくのはグラフで捉えることだろう。一方、コンウェイの法則 [1] に見られるように、特定の組織構造に合わせて製造物のネットワークがその都度変化する場合など、単一のグラフで考えるには限界がある場合があり、より柔軟かつ階層的に組織構造を捉えるような数学が望ましい。

本講演では、一般位相空間論に基づいたグラフの階層に対する記述方法について考察する。具体的には、あるグラフの部分グラフ全体の集合に対し半順序から生成される位相を導入した空間 [2] を念頭に、有限な連結グラフの階層性を表現する位相空間について焦点をあてる [3]。この空間における、連続写像や位相同型に関する定理の証明、およびグラフの階層が取りうる形について報告する。また、従来のグラフ理論の枠内で定義される準同型写像と、今回導入した位相空間における連続写像との関係性を明らかにする。

本講演は松谷茂樹氏、平鍋健児氏、羽生田栄一氏との共同研究に基づいている。

When dealing with the mathematical treatment of the network structures of the organization and the structure of the products generated from them, it seems suitable to use mathematical graphs. However, there are limitations to graphs individually for considering the network of products that changes according to a particular organizational structure, such as the statement in Conway's Law [1]. Therefore it is desirable to find a mathematical method that captures the network structure produced by organization in a more flexible and hierarchical manner.

In my talk, a mathematical treatment describing graphs based on general topology is considered. By introducing the topology generated from a partially order to the whole set of subgraphs of a certain graph [2], we focus on the topological space that represents the hierarchy of finite connected graphs [3]. We show the mathematical facts in terms of continuous maps and homeomorphisms, and present the practical forms of hierarchy of graphs. Also, we will demonstrate the relationship between the continuous map on our space and the homomorphism defined within the framework of graph theory.

This talk is based on joint work with Shigeki Matsutani, Kenji Hiranabe, and Eiichi Hanyuda.

[1] M. E. Conway *How Do Committees Invent?*, Datamation magazine, Thompson Publications, Inc. 1968.

[2] A. Aniyany and S. Naduvath, *A study on graph topology*, Comm. Combi. Opt., 8 (2023) 397-409.

[3] S. Matsutani, S. Ohmori, K. Hiranabe, E. Hanyuda *Conway's law, revised from a mathematical viewpoint*, arXiv:2311.10475.

## 9月12日(木)

### 1. 松谷茂樹 (金沢大学) Conway の法則：数学的観点から

Shigeki Matsutani (Kanazawa Univ.) (Conway's Law: A Mathematical Perspective)

本講演では、コンウェイの法則を数学的な観点から紹介する。コンウェイの法則はコンピュータ・プログラマーのメルビン・E・コンウェイによって与えられたものである。彼は1968年に「(広義の) システムの構造は、それを設計する組織のコミュニケーション構造のコピーとなるように制約される。」と指摘した。つまり、コンウェイの指摘は、作成された製造物(システム)の幾何学的構造(つながり)は、それを作成した組織のコミュニケーションの幾何学的構造を反映することを意味する。

本来あるべき「つながり」を有する製造物を構成するためには、それを設計する組織構造自身も設計・変更される必要があり、メタな設計概念が提示される。その根拠となるコンウェイの法則が現在着目されている。

コンウェイは、この状況をグラフ理論の枠内で、グラフの準同型射を使い述べた。が、同時に階層性の重要性などを指摘した。

階層性も含めた構造を、コンウェイが使用したグラフ理論の枠組みで記述することは困難であり、彼の捉えた現象を数学の言葉として表現できていない。そこでいくつかの数学的ツールを導入することにより、階層性も含めた多様な構造を表現できる数学モデル化を提案した [2]。

本講演では、論文 [2] に従い、これらについて解説する。

本講演は、大森祥輔氏、平鍋健児氏、羽生田栄一氏との共同研究に基づくものです。

In this talk, Conway's Law will be presented from a mathematical point of view. Conway's Law was given by computer programmer Melvin E. Conway. He stated in 1960 that "Organizations which design systems (in the broad sense used here) are constrained to produce designs which are copies of the communication structures of these organizations" This means that the geometric structure (connections) of the manufactured product (system) created will reflect the communicative geometry of the organization that created it.

In order to construct a product that has the "connection" that it should have, the organizational structure that designs it must also be designed and changed; such a meta-design concept is proposed. Conway's Law, which provides the basis for this concept, is currently the focus of attention.

Conway described this situation within the framework of graph theory, using quasi-isomorphisms of graphs. At the same time, he pointed out the importance of hierarchy.

It is difficult to describe the structure, including the hierarchy, within the framework of graph theory used by Conway, and we have not been able to express the phenomenon he captured in mathematics. Therefore, we proposed a more sophisticated mathematical modeling by introducing several mathematical tools [2].

This presentation is based on joint work with Shosuke Omori, Kenji Hiranabe, and Eiichi Hanyuda.

[1] M. E. Conway *How Do Committees Invent?*, Datamation magazine, Thompson Publications, Inc. 1968.

[2] S. Matsutani, S. Ohmori, K. Hiranabe, E. Hanyuda *Conway's law, revised from a mathematical viewpoint*, arXiv:2311.10475

## 2. 平鍋健児 ((株) 永和システムマネジメント) コンウェイの法則とアジャイルソフトウェア開発：ソフトウェアとそれを産み出す組織のソーシャル構造について

Kenji Hiranabe (ESM, Inc) (Conway's law and Agile software development, parallelism found in product and its producing social structure)

ソフトウェア開発において、ウォーターフォール型の開発からアジャイル開発へと大きなパラダイムシフトが起きました。イノベーションがソフトウェアを中心に起こるようになり、ソフトウェア工学が、ソフトウェアそのものの設計から、ソフトウェアを生み出す組織とそのコミュニケーション構造も含めたチームづくりにフォーカスを移しています。その経緯や意味も含め、コンウェイの法則の現代的な意味について考察します。

As the business environment changes so fast and becomes turbulent, most of the business innovations are now relying on software centric. Now Agile is the key concept of software engineering, moving its main focus from the software structure to the social (team) structure which produces the software. I will start with software engineering concepts and show parallelism in the social (Agile) concepts, and the motivation for applying Conway's law.

## 3. 吉羽龍太郎 ((株) アトラクタ) チームトポロジーの概要

Ryutaro Yoshihi (Attractor Inc, ) (Team Topologies in a nutshell)

現代ではソフトウェアが競争力の源泉となっており、顧客に素早く頻繁に価値を届けることが組織の生存のために極めて重要ですが、不適切なチーム構成だとその実現は困難です。チームトポロジーは、コンウェイの法則を逆手にとって、頻繁な価値のデリバリーを実現するチーム構成を考えるためのモデルです。本セッションではチームトポロジーについて概要を紹介します。

In the modern era, software has become a source of competitive advantage, making it critically important for organizations to deliver value to customers quickly and frequently. However, achieving this can be difficult with inappropriate team structures. Team Topologies is a model that leverages Conway's Law to design team structures that enable frequent value delivery. In this session, I'm going to provide an overview of Team Topologies.