

令和3年度共同利用研究報告書

2021年09月12日

九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所長 殿

所属・職名 金沢大学 大学院 自然科学研究科・教授

松谷 茂樹

下記の通り共同研究の報告をいたします。

記

		整理番号	20210001
1. 研究計画題目	材料科学における幾何と代数II		
2. 新規・継続	継続		
3. 種別	一般研究		
4. 種目	研究集会(II)		
5. 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
6. 研究実施期間	2021年08月30日(月曜日)～2021年08月31日(火曜日)		
7. キーワード	結晶, らせん転位, 結晶構造, トポロジカル欠陥, キンク現象, 破壊, ゼータ関数, 初等整数論の材料学への応用, 曲がった量子系, 点過程, パーコレーション, リーマン幾何学, 代数学の材料学への応用, 幾何学の材料学への応用		
8. 参加者人数	45人		

9. 本研究で得られた成果の概要

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)の継続と位置付けられる研究会である。

特に、昨年実施の「材料科学における幾何と代数I」に引き続き、本研究会は材料科学と幾何学や代数学との交流を目指した。この背景には、1)技術の発展により産業界では求められる仕様が大きく変貌したこと、2)観測装置や材料の製造装置・方法が発展し、例えば原子レベルでの構造の乱れの観測や、原子レベルでの材料の制御などが可能となったこと、3)それらにより、従来材料科学で使われてきた数学だけでは表現できていない新たな観測事実や現象が生じていることがある。現在、科学・技術の言葉として、より高度な数学が望まれている。解析分野においては、既に材料科学者と数学者の交流が行われているようであるが、幾何学や代数学では、交流は限られたものとなっている。そこで、材料科学の研究者と、幾何学、代数学的手法に関わる数学者を迎えて、議論する場を提供し、相互理解のきっかけを得ることが本研究集会の目的である。

本研究会では、46名程度の参加者を得、以下の講演者に講演を頂いた。1)パーコレーション上の電気伝導特性に関して、実験観察と数値解析による研究をされている(株)デンソーの荒尾修氏、2)外的幾何学の量子効果をフラウンホーフェンにより実験的に実証し、炭素材料での幾何学と材料科学の融合を提案し、炭素系材料科学の研究をされている尾上順氏(名古屋大)、3)トポロジーの視点から材料科学について研究されている下川航也氏(埼玉大学)、4)リーマン多様体上で弾性論を定式化などの研究をされている堀川由人氏(大阪大学)、4)トポロジー最適化の視点から熱伝導の材料設計などの研究をされている古田幸三氏(京都大学)、5)結晶格子の埋め込みについて微分幾何的な視点から研究されている梶ヶ谷徹氏(東京理科大)にそれぞれの関連する話題について講演を頂いた。また、組織委員からは東京大学数理科学で行われている社会数理実践研究Iに関して中川淳一氏(東京大学・日鉄総研(株))、更に上記1)、2)に関わる数学的研究に関して松谷茂樹(金沢大学)が講演を行った。講演予定であった京都大学の嶋田隆広氏からの講演は、ご都合により中止となった。

講演の後の質問時間や講演日の最終セッションのフリーディスカッションなどを通して議論、交流の機会を確保され、本研究集会の目的は達成されたと考えている。これが本研究集会の最大の成果であると考えている。

また、本研究集会に関わる論文が本年以下のように出版されている：

S. Matsutani, A novel discrete investigation on screw dislocations in the BCC crystal lattices, Mathematics and Mechanics of Complex Systems, 9 1 (2021) 1-32.

## 研究集会「材料科学における幾何と代数 II」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)の継続と位置付けられる研究会である。

特に、昨年実施の「材料科学における幾何と代数 I」に引き続き、本研究会は材料科学と幾何学や代数学との交流を目指した。この背景には、1)技術の発展により産業界では求められる仕様が大きく変貌したこと、2)観測装置や材料の製造装置・方法が発展し、例えば原子レベルでの構造の乱れの観測や、原子レベルでの材料の制御などが可能となったこと、3)それらにより、従来材料科学で使われてきた数学だけでは表現できていない新たな観測事実や現象が生じていることがある。現在、科学・技術の言葉として、より高度な数学が望まれている。解析分野においては、既に材料科学者と数学者の交流が行われているようであるが、幾何学や代数学では、交流は限られたものとなっている。そこで、材料科学の研究者と、幾何学、代数学的手法に関わる数学者を迎えて、議論する場を提供し、相互理解のきっかけを得ることが本研究集会の目的である。

本研究会では、46 名程度の参加者を得、以下の講演者に講演を頂いた。

- 1) (株)デンソーの荒尾修氏からは、伝導性接着剤に関わるパーコレーションネットワークを介した電気伝導特性に関して、実験観察と計算機を活用した 3 次元データ解析による界面抵抗やその設計指針についての講演がなされた。
- 2) 名古屋大学の尾上順氏からは、カーボン系の合成による新規の機能性材料の研究の最近の結果と、それに関わる外的幾何学の量子効果についての興味深い結果と、それらを通じた炭素材料での幾何学と材料科学の融合についての講演がなされた。
- 3) 埼玉大学の下川航也氏からは、3 次元トポロジーの結果を材料科学へ適用した例として、ブロックコポリマー溶融体のマイクロ相分離構造として現れる共連続構造の研究の最近の結果についての講演がなされた。
- 4) 大阪大学の堀川由人氏からは、リーマン多様体の変形理論としての弾性論の紹介と、それを用いた編み紙による曲がった曲面の構成方法への応用と、それを構成するための計算機システムの構成方法や実例についての講演がなされた。
- 5) 東京理科大学ケ谷徹氏からは、重み付き有限グラフをユークリッド空間に周期的に埋め込む 1 つの方法である標準実現を拡張した、重み付き有限グラフの種数 2 以上の閉曲面への埋め込みについての講演がなされた。
- 6) 京都大学の古田幸三氏からは、トポロジー最適化の基礎の紹介と、ボルツマン輸送方程式などの概観の後に、それを用いたサブ  $\mu\text{m}$  スケールでの熱伝導材料のトポロジー最適化設計についての最近の研究結果についての講演がなされた。

- 7) 東京大学の中川淳一氏からは、東京大学大学院数理科学研究科F M S P 社会数理実践研究における成果としての結晶の配位数列が準多項式により構成されることについての最近の結果についての講演がなされた。また、数学と他分野との連携に関する講演もなされた。
- 8) 金沢大学の松谷茂樹からは、上記1)と2)に関わるパーコレーションの電気伝導の数理と、部分多様体の量子力学についての講演がなされた。
- 9) 講演予定であった京都大学の嶋田隆広氏による講演はご都合により中止となった。

本研究集会の講演では、コミュニケーションツールである slido を用いて匿名の質問を参集することで、オンラインの研究集会ではあるが、参加者による活発な議論が可能となった。また、講演の後の質問時間や講演日の最終セッションのフリーディスカッションなどの交流の機会を確保したことにより、本研究集会の目的は達成されたと考えている。

21 世紀に入って材料科学において急速に必要となっている幾何・代数の材料科学への適応に関わる研究の更なる加速が期待される。その礎、本研究はその礎・足場として期待に応えるものであったと考えている。

研究集会代表  
松谷茂樹

2021.9.10

## IMI Workshop II: 材料科学における幾何と代数 II (Geometry and Algebra in Material Science II)

九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 On-line 研究会 (Zoom)  
(2021年8月30日(月) – 31日(火))

### 1 Program

8月30日(月) (講演 50分, 質疑・フリーディスカッション 15分)

10:00-10:05	オープニング	
10:05-11:10	松谷茂樹 (金沢大学)	部分多様体の量子力学とパーコレーションの電気伝導の数理
11:20-12:25	尾上順 (名古屋大学)	1次元周期的凹凸曲面上の電子挙動 ～部分多様体量子力学の実験検証～
12:25-13:40	昼休憩	(ランチ・ミーティング (雑談会: 自由参加))
13:40-14:45	荒尾修 (デンソー (株))	導電性接着剤内部のパーコレーションネットワークの解析
14:55-16:00	下川航也 (埼玉大学)	共連続構造と3次元トポロジー
16:10-17:00	フリーディスカッション I	(材料科学における幾何と代数について)

8月31日(火) (講演 50分, 質疑・フリーディスカッション 15分)

10:00-11:05	堀川由人 (大阪大学)	Riemann 多様体上の弾性論と編み紙への応用
11:15-12:20	梶ヶ谷徹 (東京理科大学)	An optimal hyperbolic metric for graph embedding
12:20-13:45	昼休憩	(ランチ・ミーティング (雑談会: 自由参加))
13:45-14:50	古田幸三 (京都大学)	構造最適設計法の概要および革新的材料創成 のための設計法に関する一考察
14:50-15:10	写真撮影 休憩	
15:10-15:50	中川淳一 (東大数理)	東京大学大学院数理科学研究科 F M S P 社会数理実践研究: 結晶の配位数列は準多項式型
15:55-16:20	中川淳一 (東大数理)	数学と他分野との連携について
16:25-17:00	フリーディスカッション II	(材料科学における幾何と代数について)
17:00-17:05	クロージング	

嶋田隆広先生のご講演はご都合により中止となりました。

オンラインのため, 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/ByFZdmTC6773yrbb8>

# IMI Workshop II: Geometry and Algebra in Material Science II

Conference in Kyushu University (Zoom)

August 30 (Mon) – 31 (Tue), 2021

August 30 (Mon)

- |             |   |  |
|-------------|---|--|
| 10:00-10:05 | Opening   |  |
| 10:05-11:10 | Shigeki Matsutani (Kanazawa Univ.)                              | Mathematics in submanifold quantum mechanics and conductivity of continuum percolation   |
| 11:20-12:25 | Jun Onoe (Nagoya Univ.)   | Behavior of electrons propagating on 1D periodic concave-convex curved surface: “First observation of physical properties predicted by quantum mechanics of submanifold” |
| 12:25-13:40 | Lunch (Lunch Meeting)   |  |
| 13:40-14:45 | Osamu Arao (DENSO)  | The percolation network analysis inside electrically conductive adhesive   |
| 14:55-16:00 | Koya Shimokawa (Saitama Univ.)                                  | Polycontinuous structure and 3-dimensional topology  |
| 16:10-17:00 | Free Discussion I (On geometry and algebra in material science) |  |

August 31 (Tue)

- |             |  |   |
|-------------|--|---|
| 10:00-11:05 | Yuto Horikawa (Osaka Univ.)                                      | Elasticity on Riemannian manifold and its application to weaving papers   |
| 11:15-12:20 | Toru Kajigaya (Tokyo Univ. of Sci.)                              | An optimal hyperbolic metric for graph embedding  |
| 12:20-13:45 | Lunch (Lunch Meeting)  |   |
| 13:45-14:50 | Kozo Furuta (Kyoto Univ.)  | Introduction of the structural optimization methods and study of an innovative material design method   |
| 14:50-15:10 | Tea Time   |   |
| 15:10-15:50 | Junichi Nakagawa (Univ. of Tokyo)                                | Mathematical research on real-world problems is an in FMSP educational program for doctorate course students (Leading Graduate Course Frontiers of Mathematical Science and Physics) of the University of Tokyo : Coordination sequences of crystals are of quasi-polynomial type |
| 15:55-16:20 | Junichi Nakagawa (Univ. of Tokyo)                                | Perspectives on Collaborative study with Mathematicians   |
| 16:25-17:00 | Free Discussion II (On geometry and algebra in material science) |   |
| 17:00-17:05 | Closing  |   |

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

**<https://forms.gle/ByFZdmTC6773yrbb8>**