

物性研究所短期研究会

量子情報・物性の新潮流

— 量子技術が生み出す多様な物性と情報処理技術 —

研究会提案者

押川正毅 (東京大学物性研究所)

佐々木寿彦 (東京大学)

富田隆文 (京都大学)

中田芳史 (東京大学)

根来 誠 (大阪大学)

2018年7月31日～8月3日の四日間に渡り、表題の研究会を開催した。本研究会では、量子物理を情報論的な観点から理解することに主眼を置き、量子情報を中心に物性物理、統計物理、高エネルギー物理等の関連する研究者を一堂に介して新たな研究交流を生み出すことを目指した。

近年、「量子と情報」という考え方は急激に物理学全体に浸透しつつあり、物理学と情報学が融合した新フロンティアの開拓に繋がっている。事実、ここ十年で、量子現象を情報という観点から捉えることで、トポロジカル秩序の理解の深化やテンソルネットワークを用いた数値計算手法の開発、量子カオスの新理解など、数多くの基礎物理の進展が得られている。その一方で、量子系を情報処理の媒体として利用するという観点から、量子コンピュータや量子暗号、量子通信などの量子技術の開発も盛んに行われている。「量子系の物理」と「量子技術開発」は、量子現象を情報の流れとして「理解」するのか「活用」するのか、という目的の差異はあるにしろ、本質的には統一的な“言語”で理解可能なものである。そのような共通言語の整備を通じて量子物理の発展は更に加速すると考えられるが、その第一歩として「量子を舞台にする様々な分野の研究者が交流し、異なる分野の研究を理解しあうきっかけを作りたい」と考え、今回の短期研究会を企画するに至った。

本研究会では、理論・実験を問わず様々な分野の研究者に招待講演をお願いし、「量子と情報」をキーワードに公募した一般講演にも多くの分野からのご応募をいただいた。異分野交流を促進するためにスコープを広くとったこともあり、分野間のバランスを保ちつつプログラムを作成するのは容易ではなかったが、結果として、講演中・講演後を問わず分野の垣根を超えるような活発な議論が交わされるなど、極めて盛況な研究会となった。本研究会では、分野横断型ということを考慮して7月31日をチュートリアルの日と設定し、量子情報基礎・量子コンピュータ・量子計

算実験・量子物性に関するご講演をいただいた。このことによつて「量子と情報」に関する基礎的な視点を皆で共有することが出来たと考えている。研究会の初日は、午前は冷却原子関連の実験・理論に関して、午後は量子多体系の数値計算手法や複雑な量子多体系における情報の流れ、量子通信理論に関するコアな話題など、多様な内容に関して発表していただいた。二日目は、量子情報理論の基調講演から始まり、午前は量子情報・高エネルギー物理・量子物性を巻き込む分野横断型トピックとして注目されている量子ブラックホールと情報の話を、午後は量子計算・量子アルゴリズムを中心にした発表をいただいた。最終日は、基調講演として超伝導系を用いた量子コンピュータ実装に関して発表していただき、その後、量子暗号・量子通信など量子情報サイドのトピックスから量子熱力学に至るまで、広範囲の話題について発表・議論を行った。このように発表内容を羅列するとスコープが極めて広い研究会であったことが再認識されるが、事前に設けたチュートリアル講演やプログラム構成の工夫、また、各ご講演者のご尽力により、専門外の研究者でも理解できる発表内容が多く、講演後の活発な議論に繋がっていた。研究会後に行ったアンケート結果でも、参加者の大多数が研究会の内容に満足しており、普段はあまり耳にすることがない研究内容に触れ、今後の研究活動に活かしていくよい機会を提供できたのではないかと考えている。

その一方で、一部の研究者からは「異なる分野の発表は、研究の動機が理解しづらい」という率直なコメントもいただき、国内における量子情報と伝統的な物理のギャップは小さくないことも実感した。欧米では、すでに「量子と情報」という名の下で多くの分野が共同する下地が整いつつあるため、今後、世界的な研究潮流に後れを取らずに量子系の新たな理解・新分野の開拓へと繋げていくためには、分野横断型研究会の定期開催や滞在型研究会など、より長

【プログラム】

7月31日(火)

9:00 - 10:00	受付	
10:00 - 11:00	小芦雅斗 (東大)	量子情報理論基礎 1/2
11:00 - 11:15	休憩	
11:15 - 12:15	小芦雅斗 (東大)	量子情報理論基礎 2/2
12:15 - 13:30	昼食	
13:30 - 14:30	杉山太香典 (東大)	量子コンピュータとノイズ
14:30 - 14:45	休憩	
14:45 - 15:45	阿部英介 (慶応大)	量子計算実験基礎
15:45 - 16:00	休憩	
16:00 - 17:00	押川正毅 (東大物性研)	量子情報と物性

8月1日(水)

9:00 - 9:45	受付	
9:45 - 10:00	オープニング	
10:00 - 11:00	中島秀太 (京大)	冷却原子系を用いた量子シミュレーション
11:00 - 11:20	休憩	
11:20 - 11:50	中川賢一 (電通大)	冷却リユードベリ原子を用いた量子多体系シミュレータ
11:50 - 12:20	内野瞬 (早稲田大)	強く相互作用する冷却フェルミ原子気体におけるメソスコピック伝導
12:20 - 13:25	昼食	
13:25 - 14:10	川島直輝 (東大物性研)	テンソルネットワーク法の情報処理
14:10 - 14:40	原田健自 (京大)	エンタングルメント分岐とその活用
14:40 - 15:00	休憩	
15:00 - 15:45	伊與田英輝 (東大)	孤立量子多体系における熱平衡化と量子情報の非局在化
15:45 - 16:30	宮寺隆之 (京大)	量子測定における同時操作不可能性
16:30 - 16:50	休憩	
16:50 - 17:20	松本啓史 (NII)	Smoothed α -Renyi divergences and divergence rates
17:20 - 17:50	東浩司 (NTT)	量子インターネットの理論限界と面積則
18:00 - 20:00	懇親会	

8月2日(木)

9:00 - 9:20	受付	
9:20 - 10:20	小川朋宏 (電通大)	量子情報スペクトル理論の発展と応用
10:20 - 10:40	休憩	
10:40 - 11:25	吉田紅 (ペリメータ研究所)	Efficient decoding for Hayden-Preskill protocol
11:25 - 11:55	若桑江友里 (電通大)	One-shot partial decoupling 定理とその応用
11:55 - 12:55	昼食	
12:55 - 13:40	大関真之 (東北大)	量子アニーリングを用いた不器用なクラスタリング
13:40 - 14:10	藤井啓祐 (京大)	Stoquastic ハミルトニアンによる断熱量子計算の量子加速
14:10 - 14:30	休憩	
14:30 - 15:15	ルガル・フランソワ (京大)	量子分散計算
15:15 - 15:45	竹内勇貴 (NTT 基礎研)	高接続性ハイパーグラフ状態の検証とその量子計算への応用
15:45 - 16:05	休憩	
16:05 - 16:35	笹川崇男 (東工大)	誤り耐性量子計算に向けたトポロジカル電子物質・物性の開拓
16:35 - 17:45	ポスタープレビュー	
17:45 - 19:45	ポスターセッション	

8月3日(金)

9:00 - 9:20	受付	
9:20 - 10:20	田淵豊(東大)	超伝導量子コンピュータ:開発と実装
10:20 - 10:40	休憩	
10:40 - 11:10	富田章久(北大)	量子暗号鍵配送—最近の研究開発動向
11:10 - 11:40	小布施秀明(北大)	トポロジカル相と対称性を活用した量子状態制御:量子フォークによるアプローチ
11:40 - 12:40	昼食	
12:40 - 13:25	松枝宏明(仙台高専)	ホログラフィック原理と情報幾何・エンタングルメント
13:25 - 13:55	白石直人(慶応大)	量子純粋状態の熱平衡化のシナリオを巡って
13:55 - 14:15	山崎隼汰(東大)	量子符号化・復号の非局所性の定量化
14:15 - 14:35	休憩	
14:35 - 15:05	高橋優樹(東大)	単一イオンと光共振器の強結合
15:05 - 15:35	武田俊太郎(東大)	大規模な光量子コンピュータをいかに実現するか
15:35 - 15:55	休憩	
15:55 - 16:25	田島裕康(電通大)	大偏差状態の熱力学法則
16:25 - 16:45	水田郁(京大)	空間並進による離散時間結晶
16:45 - 17:15	辻直人(理研 CEMS)	量子状態統計における揺らぎの定理
17:15 - 17:30	クロージング	