

令和元年度 共同利用研究報告書

令和 2 年 3 月 18 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 (一社)ドレスト光子研究起点、理事

提案者 氏名 佐久間 弘文

下記の通り共同研究の報告をいたします。 記

	整理番号(※記入不要)	20190006	
1.研究計画題目	ドレスト光子に関する数理論究とその応用		
2.種目(○で囲む)	a. プロジェクト研究 b. 若手研究 <input checked="" type="radio"/> c. 一般研究		
3.種別(○で囲む)	a. 研究集会 I <input checked="" type="radio"/> b. 研究集会 II c. 短期共同研究 d. 短期研究員		
4.研究代表者	氏名	佐久間 弘文	
	所属 部局名	(一社)ドレスト光子研究起点	職 名 理事
	連絡先		
	e-mail		TEL
5.研究実施期間	令和 1 年 4 月 1 日(月曜日)～令和 2 年 3 月 31 日(火曜日)		
6.キーワード (複数可)	ドレスト光子、量子場		
7.参加者数	16 人 *1		

*1 短期研究員は九大の共同研究者も含める。
研究集会 I, II, 短期共同研究は事務局から送った参加者データを元に記入。

8.本研究で得られた成果の概要(成果報告書を別途要添付 枚数は次頁参照)

未解明のドレスト光子 (DP) 現象の理解を深め、応用技術を更に促進するという事で3年前からスタートした研究においては、当然の事ながら複数のことなるアプローチでの同時並行の研究推進という戦略が採用された。発足当時は、そもそも DP 現象とは何なのかという基本的問題を問い直す事に重きが置かれ、それは、未完成の量子場理論が抱える問題点との対比という形で進められた。一方、数理学の分野では、量子ウォーク研究なるものが既に広く行われている。これは、言うまでもなく、量子論の理解を深める為の“toy model”として機能する。特に、古典的ランダムウォークと量子ウォークの振る舞いの決定的な違いの中には、後者において、domain の端においてウォーカーが発見される確率が急激に高くなるという特性があり、これは DP の特性と非常に良く似ている。この事実に基づき、昨年度から、純粋な理論研究に加えて、量子ウォーク研究によるアプローチを加速し、今年度は、jellifish graph 上の Grover Walk の諸性質と DP の挙動を比較する研究が重点的に推進され、幾つかの興味深い結果が得られた。また、この研究活動と並行して行われて来た理論研究においても、定性的には、上記の量子ウォークモデルが示す結果に似たものが導出される等、異なるアプローチ間の連携が深まりつつある事は大きな成果であると思われる。今後、この成果を踏み台として、更なる研究推進を行いたい。

成果報告書

未解明の現象であるドレスト光子 (DP) の理解の為に、これまで複数のアプローチから成る研究を推進して来た。特に **math for industry** を目的としている IMI との共同においては、産業界への橋渡しを担う研究が重要項目の一つとなる。その様な視点から見た場合、DP そのものの物理学的な理解は横に置いて、その挙動の特性に注目して、これまでに蓄積された実験データとの比較から、有用な経験的モデルを構築する事も研究の大切な一側面となる。昨年度の研究を通して、数学分野で既に活発な研究活動が展開されている「量子ウォーク」がその様なモデルになり得るのではないかという手応えを得た為に、今年度は、それを重点的に推し進めてきた。

具体的には、昨年度から今年度にかけて、この分野で2名の若手研究者が当研究に参入した事と同時に、日本におけるこの分野のリーダーの一人でもある横浜国大の今野教授のグループとの連携も推進して来た。その結果、現段階ではまだ具体的な論文発表とはなっていないが、複数の興味深い成果が出つつある。DP 現象の大きな特徴の一つは“特異点”の周りや領域の“端”でそのエネルギー密度が特に高くなるという事実である。この特徴を再現できるモデルとして、現在 **jellyfish graph** 上の **Grover Walk** が精力的に調べられ、重要な知見も得られつつある。研究集会の場では、その様な報告を3件予定していたが、年度末の大学関連の重要なイベントの為に、2件が残念ながら日程調節ができずに中止となったので、この教訓は次回の研究集会の日程の決定に生かすようにする。

以上の「量子ウォーク」の成果と並行して、その様な活動の理論的意味付けを、ミクロ・マクロ双対の観点からはどの様に成され得るのかという、その可能性について、小嶋組織委員から、圏論的4項図式の動力学と特異点という観点を見据えた「可動性の圏」(category of mobility) というアイデアが提示され、今後の重要なテーマとして研究集会で共有された。またこれまで、量子ウォークとは独立に推進されて来た理論モデルの一つのアプローチである **Clebsch** 双対場についても、電磁場の縦波に対応する **Coulomb** 力と万有引力の相似形に基づき、エネルギーが時空領域の境界(端)に集中するような DP 的な場が重力場にも存在する事を示し、且つその定性的な性質が、上述の **line graph** 上の **Grover Walk** に似ている事が示された。この様にして、今回の研究集会では、量子ウォーク研究が大きく前進したと同時に、これまで、それと並行に行われて来た複数の DP 現象理解へのアプローチが、次第に収束しつつあるという事が示された。この事は、今後研究活動の主軸が、基本的な理論面から応用研究にとって必須となるより具体的なモデル構築のフェーズへと移行して行く為の第一歩として位置づけられる重要な通過点であると思われる。ゼロからの出発から、3年の共同研究を継続する機会を頂き、ここまで到達できた事が、今年度の大きな成果であると判断される。