

平成30年度 共同利用研究報告書

平成 31 年 3 月 22 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	20180003	
1.研究計画題目	ドレスト光子に関する基礎的数理研究			
2.種目 (○で囲む)	a. プロジェクト研究	b. 若手研究	c. 一般研究	
3.種別 (○で囲む)	a. 研究集会 I	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	平成 30 年 4 月 1 日 (日曜日) ~平成 31 年 3 月 31 日 (日曜日)			
6.キーワード (複数可)	ドレスト光子、オフシェル科学、量子場、仮想光子、縦電場、量子ウォーク			
7.参加者数	17人 *1			

*1 短期研究員は九大の共同研究者も含める。

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)

ドレスト光子研究を具体的な「核」として、これまでの on-shell 的な研究が主流となっているナノ光学やそれと関連する多くの物理・工学分野に off-shell 的な視点を導入し、新分野の開拓を目指す事が本研究の大きな目的である。本研究を更に加速する為に、今回は、まず現象面から見た場合、ドレスト光子が既存のアプローチでは捉え切れない現象である事を明確に示すために、16の事例が提示され議論された。また、理論的側面からは、量子場理論の発展の歴史が review され、その流れの中から、本来は量子場が持つ一側面に過ぎない時間的な粒子描像が過度に焦点化される傾きが、特に物理学を牽引してきた素粒子業界で生まれた事が指摘された。その為に、多くの分野でその傾向が広まり、今日の on-shell 主流の流れが生まれ、その結果として、本来量子場の相互作用が必然的に内包する空間的運動量等も非物理的なものと見做す間違った認識が広まり、科学研究の推進の障害となっている。従って、これを是正する事が、本研究が目指す off-shell 科学の第一歩である事が確認された。以上の様な本研究を推進するに当たっての実験面と理論面における基本的認識が以前より確かな形で参加者全員に共有された事は今回の研究会の大きな成果であると位置づける事ができる。この様な基本路線に沿った形で、これまでの電磁気学を見直す具体的な取り組みに関する研究の進展に関する発表が行われた。特に、今回は新たに参加した量子ウォークに関する発表が2件あり、未だしっかりとした理論的枠組みが確立されていないドレスト光子研究にとっては、理論と実験を数理的に繋げる数理ツールとしての有用性が高く認識された。最後に、富士フィルムとリコーの研究者からの発表もあり、それは、この1年で民間との連携も大きく発展している事の反映で、マスフォアインダストリにとって最大の関心であると思われるので、その事に触れ、成果の概要を締めくくる。

九州大学 IMI 共同利用・研究集会 (II)

ドレスト光子に関する基礎的数値研究

日時： 2019年2月18日 (月) 12:50 ~ 2月19日 (火) 16:15

場所： 九州大学 伊都キャンパス ウエスト1号館 D棟4階

IMI コンファレンスルーム (W1-D-414)

1日目【2月18日(月)】

12:50 ~ 13:00

Opening remarks by H. Sakuma (Research Origin for Dressed Photon)

佐久間弘文 ((一社) ドレスト光子研究起点)

13:00 ~ 13:45

Keynote talk [I] by M. Ohtsu (Research Origin for Dressed Photon)

大津元一 ((一社) ドレスト光子研究起点)

Recent Progress in Experimental Studies on Dressed Photons and Expectation to Off-shell Science

ドレスト光子の実験研究の最新状況とオフシェル科学への期待

13:45 ~ 14:30

Invited talk by M. Naya (FUJIFILM Corporation) :

納谷昌之 (富士フイルム株式会社)

Concept of designing the optical near field system

光近接場設計の概念

14:30 ~ 15:15

Itsuki Banno (University of Yamanashi)

坂野斎 (山梨大学)

Dressed Photon Phenomena originated in Non-commutative Field

場の非可換性を起源とするドレスト光子の現象

15:15 ~ 15:45 休憩

15:45 ~ 16:30

Tetsuo Yabuki (Hokusei Gakuen University)

矢吹哲夫 (北星学園大学)

A theoretical study on the longitudinal-transverse character and off shell-on shell conditions of photon in matter fields = as a search for the dressed photon generating mechanism=
物質場の中での光子の縦波と横波、オフシェルとオンシェルの一考察 = ドレスト光子のメカニズムへの一探求として =

16:30 ~ 17:15

Yasuhide Fukumoto (Institute of Mathematics for Industry, Kyushu University)

Thi Thai LE (Graduate School of Mathematics, Kyushu University)

福本康秀 (九州大学マス・フォア・インダストリ研究所)

Thi Thai LE (九州大学大学院数理学府)

Effect of side walls on the Kelvin-Helmholtz instability of a shallow-water flow
浅水流のケルヴィン・ヘルムホルツ不安定性に対する側壁の効果

17:15 ~ 18:00

1日目発表に関する総合討論

2日目【2月19日(火)】

10:00 ~ 10:45

Keynote talk [II] by Izumi Ojima (Research Origin for Dressed Photon)

小嶋泉 ((一社) ドレスト光子研究起点)

Theoretical Formulation of Dressed Photon

ドレスト光子の理論的定式化

10:45 ~ 11:30

Hirofumi Sakuma (Research Origin for Dressed Photon)

佐久間弘文 ((一社) ドレスト光子研究起点)

On the problem of quantization of Clebsch dual field and a quantized representation of dressed photon.

クレブシュ双対場の量子化に関わる問題とドレスト光子の量子的表現について

11:30 ~ 12:15

Hiroyuki Ochiai, Institute of mathematics for industry, Kyushu University

落合啓之 (九州大学マス・フォア・インダストリ研究所)

Symmetry raised from dressed photon

ドレスト光子の対称性

12:15 ~ 13:30 昼休み

13:30 ~ 14:15

Hayato Saigo, Nagahama Institute of Bio-Science and Technology

西郷甲矢人 (長浜バイオ大学)

From Quantum Probability to Dressed Photons

量子確率論からドレスト光子へ

14:15 ~ 15:00

Etsuo Segawa, Yokohama National University

瀬川悦生 (横浜国立大学)

A characterization of the fixed point of a dynamical system induced by quantum walk

量子ウォークから誘導される力学系における固定点の特徴づけ

15:00 ~ 15:45

Suguru Sangu, Ricoh Co., Ltd

三宮俊 (株式会社リコー)

Numerical Simulation of dressed Photons: Evaluation of Energy-Transfer Dynamics and its Control

ドレスト光子シミュレーション: エネルギー移動特性の評価および制御

15:45 ~ (16:15)

Wrap up discussions

総合討論

成果報告書

新技術を開く“小さな光”の研究が共同研究参画者の大津により 20 世紀の後半に開始され、それがドレスト光子 (DP) 研究の原点となった。その後、実験的事実の積み上げと数種類以上の新技術への応用が実現した。例えば半世紀にわたり発光不可能とされていた間接遷移型半導体であるシリコン結晶を用い高光パワー発光ダイオード、レーザーが発明された。これらの事実は DP が既存の理論の枠組みでは説明できない未知の現象である事を示すものであり、特に次の表 1 に示す 16 の現象は従来の光科学の体系では記述不可能であることが指摘された (大津による)。これの記述を可能とするため、本共同利用研究が始まった。

表 1 ドレスト光子にかかわる新奇な現象

番号	内 容
1	ドレスト光子はナノ物質とその表面に生成しそこに局在する。
2	ドレスト光子は互いに近接して置かれたナノ物質の間で双方向に移動する。
3	ドレスト光子の移動効率是一方のナノ物質 (例 : ファイバプローブの先端) の寸法と他方のナノ物質の寸法とが等しい場合に最大となる。
4	ドレスト光子の場合は測定のためのプローブを挿入すると大きく乱される。
5	ドレスト光子の移動には階層性がある。
6	ドレスト光子を生成するための光の光子エネルギーは電子の励起エネルギー以下でよい。
7	基底状態と励起状態の間の遷移は電気双極子禁制でよい。
8	ドレスト光子の寸法の最大値は 50~70nm である。
9	ドレスト光子はナノ物質間を自律的に移動する。
10	ドレスト光子のエネルギー移動の時間変化はランダムウォーク過程のそれより急速である。
11	ドレスト光子はナノ物質の特異点 (物質内のナノ寸法の異質物、不純物原子など) に生成しそこに局在する。
12	Si 結晶中の異質物であるボロン (B) 原子の空間分布はドレスト光子援用アニールによって自律的に変化し、Si 結晶の発光のための最適な分布を形成する。
13	ドレスト光子援用アニールにより製作された発光デバイスは光子ブリーディング効果を示す。すなわち発光の光子エネルギーはアニールの際の照射光の光子エネルギー $h\nu_{anneal}$ と等しい。
14	ドレスト光子援用アニールにより Si 結晶 (間接遷移型半導体) 中の B 原子対の長さ、

	方向、さらにその鎖状の配列形状が自律的に制御される。
15	ドレスト光子援用アニールを施された Si 結晶は間接遷移型半導体にもかかわらず、高い光パワーを放出する光デバイスとなる。
16	ドレスト光子援用アニールにより SiC 結晶（間接遷移型半導体）は強磁性体としての性質を獲得し、また可視域において巨大磁気光学効果を示す。

上記の現象 1-16 を系統的に記述するためのドレスト光子の精密な理論描像が本共同利用研究によって浮かび上がった。すなわち仮想光子が電磁クーロン相互作用の本質的役割を果たすことに注意することにより、これらの新理論を構築するためのヒントがいくつか見つかっている。それらは：電磁場の縦モード（縦波）はクーロン相互作用に寄与すること・場の相互作用は 4 元運動量の時間的及び空間的サポートの両方を伴うことの指摘（小嶋による）、スペースライクの場合は、それ自体では安定な波としてふるまうために空間的に局在しないが、タイムライク場と相互作用すると不安定になり局在しうることの指摘（佐久間による）である。

これらのヒントを参考にして本共同研究ではまず古典電磁気学の電磁応答関数を用いた理論（坂野による）が開発され、上記現象のうち 6, 7, 13, 14, 15, 16 の概略が記述された。もう一つは相対論に支えられた時空渦動力学に基づく理論である（佐久間による）。これにより上記現象の 1, 8, 11 の概略が記述された。さらに量子確率論（西郷による）とそれに連携する量子ウォーク論（三宮、瀬川による）が展開され、上記現象のうち 1, 2, 9, 10, 11 などの概略が記述された。また上記現象の 4 を記述するため量子測定理論（岡村による）が開始された。さらにこれらの理論を統合し、その基礎を与えるためのマイクロ・マクロ双対の理論（小嶋による）に基づいた考察がなされた。

以上のように本共同利用研究では、光科学のパラダイムシフトとしてのドレスト光子の研究が、オフシエル科学の理論研究、数理科学、数学研究と連携することにより大きく進展した。それはまた産業界（納谷氏（富士フイルム）、三宮氏（リコー））による産業応用面からの検討を支援する可能性も得られた。