

二国間交流事業 共同研究報告書

令和5年4月17日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

[日本側代表者所属機関・部局]
国立研究開発法人理化学研究所 開拓研究本部
[職・氏名]
理研白眉研究チームリーダー・榎戸輝揚
[課題番号]
JPJSBP 120202503

1. 事業名 相手国: チェコ (振興会対応機関: CAS)との共同研究

2. 研究課題名

(和文) ドローン観測と地上測定で挑む雷放電・雷雲における粒子加速と光核反応

(英文) Drone-borne and on-ground observations of particle acceleration and photonuclear reactions in lightning and thunderclouds

3. 共同研究実施期間 2020年 4月 1日 ~ 2023年 3月 31日 (3年 0ヶ月)【延長前】 2020年 4月 1日 ~ 2022年 3月 31日 (2年 0ヶ月)

4. 相手国側代表者(所属機関名・職名・氏名【全て英文】)

Ondrej Ploc, Senior Researcher,

Nuclear Physics Institute, Czech Academy of Science

5. 委託費総額(返還額を除く)

本事業により執行した委託費総額		4,743,826-	円
内訳	1年度目執行経費	2,374,350-	円
	2年度目執行経費	2,369,476-	円
	3年度目執行経費	-	円

6. 共同研究実施期間を通じた参加者数(代表者を含む)

日本側参加者等	8名
相手国側参加者等	6名

* 参加者リスト(様式 B1(1))に表示される合計数を転記してください(途中で不参加となった方も含め、全ての期間で参加した通算の参加者数となります)。

7. 派遣・受入実績

	派遣		受入
	相手国	第三国	
1年度目	0	0	0(0)
2年度目	0	0	0(0)
3年度目	0	0	5(0)

* 派遣・受入実績(様式 B1(3))に表示される合計数を転記してください。

派遣:委託費を使用した日本側参加者等の相手国及び相手国以外への渡航実績(延べ人数)。

受入:相手国側参加者等の来日実績(延べ人数)。カッコ内は委託費で滞在費等を負担した内数。

8. 研究交流の概要・成果等

(1)研究交流概要(全期間を通じた研究交流の目的・実施状況)

電場による荷電粒子の加速は粒子加速の基本的な原理であり、放射線医療から加速器実験まで幅広く用いられる。一方で 1980 年代から、雷雲や雷放電から数十 MeV に達する高エネルギー光子が放出されていることが明らかとなってきた。これは雷・雷雲の強電場領域において、電子が相対論的エネルギーまで加速され、大気中で制動放射を出していると考えられている。本交流事業では、雷雲内のドローン観測で先行するチェコと、独自の放射線測定技術をもつ我々との国際協力で、雷雲中で発生する電子加速のメカニズム、および雷の光核反応を引き起こすガンマ線フラッシュの発生条件を明らかにすることを目的とする。

本交流事業の開始とともに新型コロナウイルスのパンデミックが始まったことから、当初計画していた二国間の往復を主とする交流は不可能となった。そこで主に観測機器の送付による観測、オンラインでの議論、日本におけるドローン観測可能性の検討を実施した。

研究交流の核は、チェコ側の観測機器を日本に持ち込み、日本の北陸冬季雷における高エネルギー現象の観測を実施したことである。2020 年度および 2021 年度はチェコから日本への来日が不可能な状況であったことから、国際貨物便で検出器を日本へ送付し、日本側の研究者が設置と撤収を行った。事業延長した 2022 年度はチェコから研究者が来日し、11 月に設置を、3 月に撤収を行った。3 年間の観測で少なくとも 5 例のガンマ線グローと呼ばれる高エネルギー現象の観測に成功した。

2021 年 10 月にはオンラインでのワークショップを日本側とチェコ側で共催し、日本側から 6 件、チェコ側から 8 件、さらにアルメニアから 1 件の研究発表があった。聴講も含めた参加者は 24 名であった。また 2022 年度にはチェコ側の研究者が来日することができたため、2022 年 7 月に福井大学敦賀キャンパスにて小規模な対面ミーティングを実施した。

ドローンの観測においてはチェコ側での検討が進展しているものの、日本の冬季雷におけるドローン観測も学術的価値が高いと考え、観測の可能性について検討を行った。第一にドローンに搭載可能な検出器の開発を実施した。これまでに日本側で開発していた小型省電力な放射線計測の技術を拡張し、半導体光センサーを用いてより低消費電力・軽量化を実現し、バッテリー駆動としてドローン搭載可能とした、これを搭載した晴天時のドローン飛行試験を晴天時に実施し、放射線検出器をドローンに搭載しての運用手順について検討した。残念ながら実際に冬季の雷雲下での飛行はできなかったものの、これらの初期検討結果については日本大気電気学会にて口頭発表した。

(2)学術的価値(本研究交流により得られた新たな知見や概念の展開等、学術的成果)

冬季雷における共同観測においては、少なくとも合計で 5 つのガンマ線グローと呼ばれる、雷雲に由来する高エネルギー現象を検出した。チェコ側の検出器には半導体ストリップ検出器や中性子検出器など日本側の研究者が展開していない種別の検出器もあり、それらの観測結果は今後の解析に有意義な結果をもたらすと考えられる。期間終了間際まで観測を継続していたため、本報告書作成時点で解析は完了していないものの、観測データは蓄積され、高エネルギー現象も観測されていることから、今後もオンラインでの研究議論を中心として解析や議論を行い、学会や論文発表につなげていけるものと期待している。

冬季雷におけるドローン観測はこれまで前例がなく、その検討自体が先進的な試みであった。また北陸冬季雷は落雷によるピーク電流値や中和電荷量が多く、夏季と比べて落雷による火災や機器故障が生じやすい。それを回避すべく、民間企業を中心にドローンを用いた誘雷が計画されている。今回の検討結果は今後のドローン誘雷にも活かされるものと期待される。

(3)相手国との交流(両国の研究者が協力して学術交流することによって得られた成果)

チェコとの交流の最も大きな成果は2021年12月に実施したワークショップである。合計15件の発表があり、聴講者数は24名と盛会であった。日本側は金沢を中心とした冬季雷を、チェコ側は山岳地帯を中心としたか嫌いを観測対象としており、双方の発表によってそれぞれの観測環境や設備、これまでの科学的成果を整理・共有することができた。また本ワークショップには特別ゲストとして雷・雷雲に由来する高エネルギー現象の第一人者である Ashot Chilingarian 氏も参加され、活発な議論がなされた。延長した2022年には雷・雷雲に由来する高エネルギー現象の国際会議である TEPA がプラハで開催され、チェコ側のメンバーはオンサイトで、日本側からは2名がオンラインで発表を行い、交流を継続して実施できた。

(4)社会的貢献(社会の基盤となる文化の継承と発展、社会生活の質の改善、現代的諸問題の克服と解決に資する等の社会的貢献はどのようにあったか)

本研究課題の当初目標は基礎科学の課題に対するものであり、社会的貢献については加味されていない。一方で先述のようにドローンによる誘雷技術などが検討されており、本交流事業における成果が今後、防災などの分野で活用される可能性がある。

(5)若手研究者養成への貢献(若手研究者養成への取組、成果)

本交流事業では日本側から博士取得3年以内の若手研究者が1名、修士課程・学部学生が述べ2名参加した。特に1名の若手研究者が北陸冬季雷でのチェコ側の検出器の設置を行うなど本事業での中心的な役割を果たした。

(6)将来発展可能性(本事業を実施したことにより、今後どのような発展の可能性が認められるか)

本事業による将来展望は2点ある。1つは新型コロナウイルスのパンデミックの影響もあり、検出器のみを国際貨物便にて送付し、日本での観測を実施できるスキームが整ったことである。これによりチェコ側の研究者が設置と撤収時期に来日して作業する必要がなく、研究交流を継続することが可能となった。本研究は気象現象を対象とした観測研究であることから、継続して観測できることが望ましい。

もう1つは飛翔体を用いた雷雲観測への発展である。本事業により、ドローンに搭載可能な検出器を開発し、実際にドローンに搭載して晴天時における観測オペレーションの実証実験を実施した。これらの知見を元にドローンを用いた雷雲内での「その場観測」を実施できるものと期待される。さらにドローン搭載の検出器はバッテリー駆動型であり、ドローンのみならず気球などへの搭載可能性も秘めており、応用範囲が広い。高エネルギー粒子は大気で減衰するため、ドローンや気球などによって雷雲内に検出器を投入することで高品質なデータを取得できる可能性が高く、本交流事業による成果が今後の飛翔体観測につながるものと期待される。

(7)その他(上記(2)~(6)以外に得られた成果があれば記載してください)

例:大学間協定の締結、他事業への展開、受賞など

特になし。