

二国間交流事業 共同研究報告書

令和6年4月30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]
東京大学・先端科学技術研究センター
[職・氏名]
教授・中村 尚
[課題番号]
JPJSBP 120218403

1. 事業名 相手国: イスラエル (振興会対応機関: ISF) との共同研究

2. 研究課題名

(和文) 斬新な解析手法による中緯度ストームトラック力学と全球的遠隔影響過程の理解の深化

(英文) New approaches for studying midlatitude storm track storm track dynamics and global

teleconnections dynamics and global teleconnections

3. 共同研究実施期間 2021 年 4 月 1 日 ~ 2024 年 3 月 31 日 (3 年 0 ヶ月)【延長前】 2021 年 4 月 1 日 ~ 2023 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】)

The Weizmann Institute of Science, Professor, Yohai Kaspi

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		4,750,001-	円
内訳	1年度目執行経費	2,375,001-	円
		-	
	2年度目執行経費	2,375,000-	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	23 名
相手国側参加者等	26 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			()
2 年度目	5		()
3 年度目			6 (6)

* 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)

地球温暖化が顕在化する今日、過去に例を見ないような異常高温、豪雨、干魃などの異常気象が世界各地で頻発し始めている。現在でも、また温暖化がさらに進行した将来においても、甚大な気象災害を引き起こすのは温暖化に重畳した気候系の自然変動である。我が国やイスラエルを含む亜熱帯・中高緯度域の異常気象は、上空の偏西風ジェット気流の多様な時間規模の蛇行によりもたらされることが多い。偏西風を蛇行させる大気波動のうち、水平規模の比較的小さい移動性高低気圧の活動は中緯度海洋上の「ストームトラック」域に集中しており、それら擾乱はフィードバックとして重畳する偏西風を維持・強化するよう働く。一方、より水平規模の大きなロスビー波は熱帯の海水温や積雲対流活動の変動、北極域の海水変動等からの影響を亜熱帯・中高緯度域に伝える働きがある。こうした波動の一部は冬季には成層圏にまで達し、巨大な低気圧性循環(極渦)を変化させると、その影響は遅れて再び対流圏循環を変動させるよう働く。よって、偏西風の蛇行をもたらすこれらの大気波動の振舞と偏西風との相互作用の理解を深め、その予測可能性を評価することは数値天候予報の精度向上にも資するもので、科学的にも防災・減災にも重要な貢献を為す。

しかし、これまで長い研究の歴史がありながら、上記の理解には未だ不十分な点が多々残されている。その主因の1つは、個々の高低気圧渦を追跡する「Lagrange 手法」は高低気圧渦から平均場へのフィードバックが評価出来ず、これが可能な「Euler 統計」では逆に高低気圧渦を区別して扱えないという制約である。そこで、以下4項目を目標に掲げた。

- 【1】両代表者との連携の下で開発した独創的な解析手法の適用により、中緯度域の移動性高気圧・低気圧が背景偏西風に及ぼすフィードバックの寄与の比較を初めて実施し、移動性擾乱と偏西風との相互作用に関する従来からの理解を深化させることを目指す。
- 【2】上記の新解析手法を適用して、中緯度海洋前線がストームトラックの形成や変動に果たす役割における移動性高気圧・低気圧からの寄与を初めて別個に評価することを開始し、中緯度大気海洋相互作用に関する従来からの理解を深化させることを目指す。
- 【3】異常気象や気候変動の遠隔影響に関わるロスビー波の励起と3次元伝播の力学について、AI分析の活用など多様な手法から、その力学のみならず予測可能性に関する理解を深化させることを目指す。
- 【4】上記のような最先端の気候科学研究を両国の研究者が連携して推進する場に、若手研究者や大学院生が積極的な参加を促す。これにより、国際的に活躍できる次世代の人材育成と、従来交流の少なかった大気・気候科学分野での将来に向けた両国間の交流拡大の端緒とする。

両国の研究代表者(中村 尚・Yohai Kaspi)のリーダーシップの下、上記【1】～【3】のテーマについて共同研究を進め、【4】の実現を目指すべく計画したものの、生憎2021年度は新型コロナウイルス感染拡大により、日本側研究者のイスラエル渡航が翌年度に順延され、本交流事業も2023年度まで延長された。相手国対応機関(ISF)も同様の延長を認めた。それでも、両国の研究代表者間の共同研究が進展し、2021年度にはテーマ【1】に関する重要な成果論文2編(Okajima, Nakamura, Kaspi 2021, 2022)を国際学術誌に発表することができた。併せて、テーマ【1】～【3】の関連論文4編も国際学術誌に発表した。

2022年度になって海外への渡航制限が緩和されたため、実質的な交流事業が開始された。まず、同年5月末から6月初めにかけてフランスで開催された第3回 storm-track 国際会議に日本側から3名(中村・岡島・中山)、イスラエル側からも3名(Kaspi・Harnik・Hadas)が参加して、最新の研究情報を共有するとともに

に、日本側研究者のイзраエル訪問の準備について話し合った。そして、11/27～29 にはワイツマン研究所及びテルアビブ大にて、”JSPS-ISF (Japan-Israel) Symposium in Atmospheric Dynamics and Climate”を開催した。日本からは、研究代表者の中村の他、若手研究者 3 名(岡島・宮本・関澤)と博士課程院生 1 名(中山)が参加し、研究発表を行った。イスラエル側は、研究代表者の Kaspi 教授など 10 名の教員・研究者と 7 名の若手・院生が、ワイツマン研究所、テルアビブ大、ヘブライ大等から参加し、研究発表を行った。なお、11/28 には、参加者がテルアビブ大地球物理学科に集合し、中村が従来看過されてきた大洋上の持続的な大気循環偏差に伴う熱輸送の重要性に関する招待講演を実施したほか、Harnik 教授のチームとの共同研究の可能性を議論した。合同シンポジウムの研究発表においては、両国代表者と若手研究者(岡島)との連携で開発した「擾乱の Lagrange 的追跡手法」と「Euler 統計」の融合解析法の適用を通じて得られた、中緯度域の移動性の高気圧と低気圧それぞれが重畳する偏西風の形成・維持に及ぼすフィードバックに関する最新の解析結果が岡島から報告された。加えて、日本側若手からは南半球の移動性高低気圧活動の大規模変動に及ぼす中緯度海洋前線の役割(中山)、夏季豪州モンスーンの変動メカニズムと東アジアへの遠隔影響(関澤)、南インド洋の亜熱帯高気圧と下層雲を介した海洋との相互作用(宮本)に関する最新の研究成果が紹介され、イスラエル側研究者との間で活発な質疑応答が交わされ、両国間の人的ネットワークの構築に資する成果が得られた。そして、合同セミナー最後の議論から第 2 回合同シンポジウムを 2023 年 9 月下旬に東京で開催することが決まった。こうして、両国の研究代表者間の共同研究が進展し、2022 年度にはテーマ【1】～【3】の関連論文 4 編を新たに国際学術誌に発表した。

2023 年度には、その第 2 回合同ワークショップを 9 月 25 日～27 日の日程で東京大学先端科学技術研究センターにて開催した。イスラエル側の参加者は研究代表者 Yohai Kaspi 教授に加え、Nili Harnik 教授、Shira Raveh-Rubin 博士、及び 3 名の若手研究者(Or Hadas・Erez Avi・Leehi Magartiz-Ronen 博士)であった。一方、日本側参加者は中村尚教授(研究代表者)に加え、東京大学より三浦裕亮准教授、小坂優准教授、宮坂貴文特任准教授、若手では岡島助教、関澤偲温特任助教、戸田賢希特任研究員、Maria Santolaria Otin 博士(Barcelona 大から訪問中)、大学院生 6 名(中山盛雄・佐藤瞭・池内光希・Zhenhao Xu・坂井彩織・川村岳)が参加した。さらに、時長宏樹教授(九州大学)、河谷芳雄准教授(北海道大学)、西井和晃准教授(三重大学)、山本絢子准教授(桜美林大学)、森正人助教(九州大学)、柳瀬亘主任研究官(気象研究所)、Patrick Martineau 研究員(海洋研究開発機構)が参加した。シンポジウムでは、移動性高低気圧と偏西風との相互作用、中緯度海洋前線が移動性高低気圧活動やその変動に与える影響、さらには大気重力波の励起を通じて中層大気循環に与える影響に関する最新の成果が発表されたほか、寒気内低気圧の力学や熱帯低気圧活動の変動、ロスビー波束伝播に伴う異常気象発生の力学、熱帯太平洋における温暖化の停滞、北太平洋の亜熱帯高気圧と下層雲・海洋との相互作用など、当初の目的に掲げた 3 つの主要テーマに関する最新の研究成果の発表がなされた。こうして、両国の研究代表者間の共同研究が一層進展し、2023 年度にはテーマ【1】に関する重要な成果論文 2 編(Okajima, Nakamura, Kaspi 2023, 2024)を国際学術誌に発表するとともに、テーマ【1】～【3】の関連論文 9 編も国際学術誌に発表した。

(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)

本共同研究では、亜熱帯・中高緯度域に異常気象や自然気候変動を上空の偏西風ジェット気流の蛇行とそれを引き起こす大気の波動擾乱との相互作用の力学に関する理解を、斬新な解析手法の導入により従来にないレベルにまで深化させることができた。特に、「擾乱の Lagrange 的追跡手法」と「Euler 統計」の融合させた画期的なデータ解析法を開発し、中緯度域の移動性の高気圧と低気圧それぞれが重畳する偏西風の形成・維持に及ぼすフィードバックへの寄与を初めて分離することに成功したことは地球流体力学研究にとって大きな意義がある。さらに、この手法を適用から、気象力学の基本原則に一見矛盾する特異な現象「北西

太平洋における移動性高低気圧活動の真冬の極小」のメカニズムに解明に向けて、従来看過されてきた移動性高気圧からの本質的な寄与を発見したのは、気象力学・気候力学上の大きな貢献である。これらの成果に加え、中緯度海洋前線が移動性高低気圧活動やその変動に与える影響、さらには大気重力波の励起を通じて中層大気循環に与える影響、寒気内低気圧の力学や熱帯低気圧活動の変動、ロスビー波束伝播に伴う異常気象発生 of 力学、熱帯太平洋における温暖化の停滞、北太平洋の亜熱帯高気圧と下層雲・海洋との相互作用などで多くの重要な科学的成果が得られ、今後両国の研究者間で展開される共同研究の重要なテーマとなることが期待される。

(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)

本交流事業は、2017 年度 JSPS 招聘事業により、地球流体力学理論に長けたイスラエル側研究代表者(Kaspi 准教授)が、データ解析を得意とする日本側研究代表者(中村教授)の下に滞在したことにより企画されたものである。その後の両者が連携を着実に深め、本交流事業の採択に至った。こうして、両国研究代表者(中村・Kaspi)との交流に日本側若手研究者(岡島)が加わって開発した「擾乱の Lagrange 的追跡手法」と「Euler 統計」の融合的解析法は画期的なもので、中緯度域の移動性の高気圧と低気圧それぞれが重畳する偏西風の形成・維持に及ぼすフィードバックへの寄与を初めて分離することに成功した(Okajima, Nakamura, Kaspi 2021)。これを適用し、中村教授が 1992 年に発見した「北西太平洋における移動性高低気圧活動の真冬の極小」という気象力学の基本原理解に一旦矛盾する特異な現象のメカニズムに解明に向けて大きな貢献を為す共著論文 3 編(Okajima, Nakamura, Kaspi 2022, 2023, 2024)を発表することができた。

(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)

本共同研究の目的は、亜熱帯・中高緯度域に異常気象や自然気候変動を上空の偏西風ジェット気流の蛇行とそれを引き起こす大気の波動擾乱との相互作用の力学に関する理解を、斬新な解析手法の導入により従来にないレベルにまで深化させるものである。ここ数年、我が国は夏季に度々広域豪雨による甚大な被害や記録的な猛暑に見舞われている。いずれも上空のジェット気流の蛇行により引き起こされたものだが、温暖化が顕在化しつつある今日、一旦蛇行が起きれば、最高気温や雨量が嘗てないレベルに達するようになってきた。本共同研究を通じて、偏西風の蛇行をもたらす波動と偏西風との相互作用の力学の理解が格段に深化することにより、我が国を含め、世界の亜熱帯・中高緯度域各地における異常気象・気候変動のメカニズムの解明に貢献し、季節予報の精度向上や温暖化する将来における極端天候発現の理解の進展に資する成果が得られつつある。今後の共同研究の進展により、その貢献はさらに大きなものとなろう。実際、2023 年の合同シンポジウムでは、在日本イスラエル大使館 Bromberg 参事官から、世界各地で異常気象が発生する中、気候力学に関わる理解の重要性が高まっており、地球温暖化対応のより良い政策決定のためにも本共同研究が意義深いとの期待が述べられた。

そして、両国間の人的・学術的交流を本格化させ、これを次世代にまで継続・発展させることにより、その意義は一層大きなものとなる。因みに、2022 年 11 月に日本側研究者がイスラエルを訪問した際には、「Tour of the Old City of Jerusalem」が企画され、「嘆きの壁」などイスラエル市内を見学しイスラエルの文化や歴史、習慣に触れ、両国間の相互理解と親睦を深めることができた。さらに、2023 年 9 月の第 2 回合同シンポジウム翌日には、イスラエル側の研究者をエクスカージョンに招待し、鎌倉周辺の地形、気候、植生や水資源涵養の歴史を理解し、イスラエルの状況との比較を交えた議論を行った。併せて、鶴岡八幡宮や長谷寺を訪問し、日本の歴史・文化に触れ、両国間の相互理解と親睦を一層深めることができた。

(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)

本共同研究への日本側の参画研究者は実績のある者を選んだが、中村(代表者)と田口を除き、比較的中堅研究者(40代前半)が殆どで、文科省や学会の若手顕彰を受けた者も少なくない。加えて、合同シンポジウム参加者には、東京大学の若手研究者・大学院生数名も含まれる。同様に、イスラエル側からも多くの中堅・若手研究者や大学院生も参加した。両国で交互に開催した合同シンポジウムを通じて、両国の若手・中堅研究者間のネットワークが形成された意義は大きい。実際、この2年間においても、本共同研究への複数の参加者が、複数の別の国際会議にも参加して交流を深めている。現在ガザ地区で行われている戦闘状態が収束すれば、翌年度以降も相互交流が再開され、両国の若手・中堅研究者が様々な国際会議にて再会して、共同研究が一層の広く・深く展開されてゆくことに期待したい。

(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)

これまで気象学・気候学の分野で公式の研究交流事業が皆無であった日本とイスラエルの間で本交流事業が実施された意義は極めて大きい。上述の通り、その科学的成果も極めて重要なものが得られ、さらには両国の若手・中堅研究者間の相互信頼が醸成されたことは、気象学・気候学における今後の両国間の研究交流の一層の拡大に繋がるほか、関連する分野での交流拡大にも繋がる可能性がある。

(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

本二国間共同研究事業の一環として、2022年度に日本側の研究者数名がイスラエルを訪問して合同シンポジウムを開催したのに続き、2023年度にはイスラエル側の研究者数名を日本に招聘し、東京大学先端科学技術研究センター(先端研)にて2回目の合同シンポジウムを開催した。これらのシンポジウムは、大気科学・気候科学の分野で国際的に重要な貢献を為してきた日本・イスラエル両国間で、初めて直接の研究・人材交流が実現する本事業の重要なイベントである。本二国間交流事業は、両国間では初の公式のものとして、在イスラエル日本大使館も特に期待を寄せ、2022年11月28日午前、テルアビブ大学で開催した日本側代表者(中村)によるセミナー冒頭で樋口書記官からご挨拶頂いた。また、翌日午前中ワイツマン研究所で開催した合同シンポジウム第2部の冒頭では高橋公使からご挨拶頂いた。さらに、2023年9月27日に先端研で開催した合同シンポジウム3日目には、在日イスラエル大使館 Bromberg 秘書官からご挨拶があった。

因みに、ヘブライ大学と東京大学との間には学術連携協定が締結され、先端研が宗教・安全保障分野を中心に担当部局を務めているが、本事業の実施により両国間の連携がワイツマン研究所やテルアビブ大学も含め大気・気候科学分野にも拡大することになる。これを機に、両国間の人的・学術的交流を本格化させ、これを次世代にまで継続・発展させることにより、その意義は一層大きなものとなると考えている。ただし、2023年10月に勃発したガザ地区での戦闘行為の影響により、本事業終了後の両国間の交流の継続的発展に向けた人的交流が現在途絶えていることが大きな懸念材料である。

なお、本交流事業の成果として2021年度にScientific Reports誌に発表した論文(Okajima, Nakamura, Kaspi 2021)の科学的重要性・新規性が日本気象学会から評価され、東京大学の岡島助教が2022年度山本賞(若手優秀論文賞)を受賞したことは若手人材育成の成果の1つとして特筆すべきである。