

京都大学教育研究振興財団助成事業  
成 果 報 告 書

2025 年 5 月 3 日

公益財団法人京都大学教育研究振興財団

会 長 藤 洋 作 様

所 属 部 局 理学研究科(物理学・宇宙物理学専攻)

職 名 教授

氏 名 前田啓一

助 成 の 種 類	令和6年度 ・ 研究活動推進助成			
申請時の科研費 研究 課 題 名	地上実験から天体现象へ:爆轟波と核反応燃焼の物理に基づく Ia型超新星の理解			
上記以外で助成金 を 充 当 した 研 究 内 容				
助成金充当に関 わる共同研究者	(所属・職名・氏名) 京都大学 工学系研究科・特任助教・岩田和也 京都大学 理学研究科・研究員・小橋亮介 京都大学 理学研究科・修士二回生・井上裕介			
発表学会文献等	(この研究成果を発表した学会・文献等) Iwata, K., Maeda, K. 2024, Physical Review Letters, 133, 121201 (6 pages) Kobashi, R., Lee, S.-H., Tanaka, T., Maeda, K. 2025, The Astrophysical Journal, 979, 81 (8 pages)			
成 果 の 概 要	「成果の概要／前田啓一」添付。上記二編の査読論文および投稿中論文一編のコピーも資料として添付いたします。			
会 計 報 告	交付を受けた助成金額	980,000	円	
	使用した助成金額	980,000	円	
	返納すべき助成金額	0	円	
	助成金の使途内訳	費 目	金 額	
		外国旅費	499,488	
		国内旅費	262,576	
		論文投稿費	210,036	
消耗品(物品)		7,900		
合計	980,000			
当財団の助成に つ い て	(今回の助成に対する感想、今後の助成に望むこと等お書き下さい。助成事業の参考にさせていただきます。) 煩雑な使用手続きが無く、書類提出等も最小限で、研究の時間確保の上でも非常に使いやすい助成金として助かりました。本助成のおかげで非常に面白かつ今後に広がると考える成果を上げることができ、大変感謝しております。			

## 成果の概要／前田啓一

本課題においては、「地上実験で検証された爆轟波の性質の理解をもとに Ia 型超新星と呼ばれる天体爆発現象の理解にブレークスルーをもたらす」ことを目標として掲げた。「爆轟波」を鍵とし、化学燃焼実験において確立した爆轟波の物理の知見を用いて、Ia 型超新星における核融合駆動爆轟波の物理を見直し、その爆発機構を理解することを目指した。

Ia 型超新星を想定した状況での核反応駆動爆轟波の超高解像度シミュレーションを行い、地上化学燃焼で知られる「セル構造」の発達が見られることを検証することができた。さらに、この構造の特徴量を抽出し地上化学実験の知見を用いることで、Ia 型超新星における爆轟波の着火・伝搬・消失の条件を導くことに成功した。以上の成果は、物理学分野において最も権威のある国際学術誌の一つに数えられる *Physical Review Letters* に掲載された (Iwata & Maeda 2024, 添付資料)。これまでと異なるアプローチにより Ia 型超新星の爆発機構に迫るものとしてユニークな成果であるとの評価を受けており、京都大学から理学研究科・工学研究科にまたがる成果としてプレスリリースをしていただいた (図 1)。

○プレスリリース：<https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research-news/2024-09-25>

○上記を受けての、media への掲載：[https://www.astroarts.co.jp/article/hl/a/13709\\_snia](https://www.astroarts.co.jp/article/hl/a/13709_snia)  
また、この課題に関し、以下の研究会において招待講演を行った。

○International Conference on High Energy Density Science 2025, 2025/4/22-25

○極限的物理探求に関する小研究会～天体现象と地上実験のクロスオーバー～, 2024/11/30

同様の計算で、より広いパラメータ領域に拡張したシミュレーション結果も、天文学において権威のある査読誌である *The Astrophysical Journal* に投稿中である (Iwata & Maeda 2025, 添付資料)。さらに、Ia 型超新星の親星と爆発機構の研究として、有名な超新星残骸であるティコの超新星残骸の数値シミュレーションを行い、*The Astrophysical Journal* において発表した (Kobashi, Lee, Tanaka, Maeda 2024, 添付)。また、本課題とも密接に関連する論文一編を準備中である (Inoue, Maeda, Nagao, Matsumoto, in prep.)。

本助成金は、上記課題遂行のための情報収集及び成果発表のための海外・国内旅費、上記論文のうちの一編 (Kobashi et al. 2024) の投稿費、及び数値計算遂行のための PC 関連消耗品として使用させていただいた。本助成により今後の広がりが期待されるユニークな成果を得ることができ、京都大学教育研究振興財団に感謝いたします。

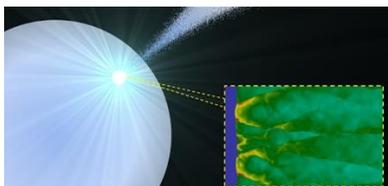


図 1: 白色矮星表面への質量降着流により発生する、Ia 型超新星の第一段階のデトネーションのイメージ (京都大学のプレスリリースページより抜粋)。右のセル構造の拡大図は数値シミュレーション結果。