

## 2021 年度日本天文学会研究奨励賞

氏名：堀田 英之（ほった ひでゆき）

現職：千葉大学 大学院理学研究院 准教授

授賞対象となる研究：恒星ダイナモ活動の基礎物理としての星内部の熱対流磁気乱流に関する理論的研究

Theoretical study on convective MHD turbulence in the stellar interior as fundamental physics of stellar dynamo activity

太陽表面で黒点として観測される強磁場領域は、400 年以上の観測データが蓄積され、その記録などから太陽磁場には約 11 年の周期変動があることが分かっている。しかし、この周期の駆動メカニズムは未だに明らかになっておらず重要な未解決問題である。さらに、黒点はその強い磁場ゆえにしばしばフレアやコロナ質量放出といった爆発現象を引き起こし、宇宙天気予報の観点からも重要な観測対象である。また、太陽フレアの 100 倍以上のエネルギー規模をもつスーパーフレアが他の恒星で多数発生し、そのスケール則が太陽フレアと共通であることが分かってきた。恒星の磁気活動の理解は、系外惑星の形成進化や生命居住可能性に代表される宇宙生物学の観点からも、近年急激に重要度が増している。

これらの諸問題の根幹には、太陽・恒星内部の差動回転と磁場の増幅という、問題が横たわっている。この解明には、大きな密度差がある環境下での磁気乱流という非線形過程を理解する必要があり、天体物理学の難問題として長年残されたままになっている。このような状況に対して、堀田氏は独自に開発した音速抑制法を用いて、世界最高レベルの計算効率をもつ数値コードを開発し、スーパーコンピュータの能力を最大限に引き出す第一原理的な数値実験を遂行することにより、この問題の解明への道筋を付けた。これまでに堀田氏が得てきた具体的な成果を、代表的なものに絞ってまとめる。

まず挙げるべき代表的な研究成果は、熱対流によって駆動された数 100 km 以下という非常に小スケールの磁場が、大局的磁場を拡散させる効果のある乱流を抑制し、星スケールの大規模ダイナモ活動を維持できることを明らかにしたというものである (Hotta et al. 2016, Science, 351, 1427)。それまでの高解像度の数値実験研究では謎となっていた、太陽で観測される強さの大域的な磁場が維持できないという大問題を、さらに解像度を上げることにより堀田氏は解決したことになる。上述の堀田氏独自の手法により、スーパーコンピュータの性能を極限まで引き出したことにより、超小スケール乱流磁場と星スケール大域磁場という大きなダイナミックレンジを直結させる数値実験が可能となり、初めて得られた成果である。

さらに堀田氏は、太陽の対流層での第一原理的な大規模 3 次元磁気流体数値計算を用いて、仮定なしに太陽の差動自転を世界で初めて再現することに成功した (Hotta & Kusano 2021, Nature Astronomy, 5, 1100)。太陽の自転速度と光度に対して、首尾一貫した方法で差動回転を再現し、ここでも乱流渦程度の小スケール磁場がエネルギーと角運動量輸送の鍵を担っていることを見出した。差動回転は、磁力線の引き延ばしを通じて、磁場増幅を司る最重要指標である。この研究成果は、太陽恒星物理学のみならず、回転と乱流により磁場増幅をとまなう天体现象一般にとって非常に重要である。

このように、堀田氏は太陽恒星ダイナモに関する世界的な研究成果を数多く挙げてきた。堀田氏は他にも、天体内部から大気外層までを同時に解く数値実験コードを開発し、その初期成果も順次発表されている (Hotta et al. 2019, Science Advances, eaau2307)。今後「富岳」を用いた全太陽シミュレーションや全恒星シミュレーションが行われる予定であり、太陽 11 年周期の正攻法的手法による解明や、惑星磁気活動と系外惑星系の居住可能性への影響についての研究につながる見込みであり、今後の発展性が非常に大きい。

以上の理由により、堀田英之氏に 2021 年度日本天文学会研究奨励賞を授与する。