



報道の解禁日(日本時間)

(テレビ, ラジオ, インターネット) : 2026年2月25日(水) 19時

(新聞) : 2026年2月26日(木) 付朝刊

2026年2月24日

報道機関 各位

スーパーコンピュータ「富岳」で解明、 宇宙には反太陽型の自転を持つ恒星はない？ 恒星は年老いるにつれ、磁気活動が弱まることを示唆

【本研究のポイント】

- ・45年以上にわたって、太陽型と反太陽型の自転を持つ恒星が存在することが理論的に示唆されてきた。
- ・これまでの観測では、太陽程度の質量、年齢の恒星では反太陽型の差動回転^{注1)}は見つかってこなかった。
- ・スーパーコンピュータ「富岳」^{注2)}による世界最大規模の数値シミュレーション^{注3)}により、理論的にも反太陽型の自転は存在しない可能性が明らかになった。
- ・太陽のような恒星は、年齢とともに単調に磁気活動が弱くなっていくことが示唆される。

【研究概要】

名古屋大学宇宙地球環境研究所の堀田 英之 教授と八田 良樹 研究員は、スーパーコンピュータ「富岳」を用いた世界最大規模の恒星内部数値シミュレーションによって、太陽型の恒星では「反太陽型」差動回転、つまり極が速く赤道が遅い自転分布が実現しないことを発見しました。

太陽は緯度ごとに異なる周期をもつ自転、差動回転をしています。100億年にわたる太陽進化のある時点で赤道が速く極が遅い「太陽型」から「反太陽型」への差動回転分布の遷移があることが、これまでの数値シミュレーション研究により予想されていました。その一方で、観測的にはこの理論予想と整合しない結果もあり、課題となっていました。

研究グループは、スーパーコンピュータ「富岳」を用いて、恒星を54億点以上で分解した超大規模・超精密シミュレーションを実行しました。このシミュレーションでは、反太陽型差動回転は実現せず、これまで45年以上にわたって信じられてきた太陽型から反太陽型への遷移という予想が否定されました。新しいシミュレーションによって実現した小スケールの流れ場が、磁場と相互作用することによって、年老いた恒星のパラメタでも太陽型差動回転を維持することが分かりました。

恒星の差動回転分布は、フレアや太陽/恒星風などの恒星の磁気活動に直結します。太陽型の自転分布のまま太陽やその他の恒星が年老いていくことは、年齢とともに磁気活動が弱くなっていくことを示唆します。今後の太陽系外の惑星への恒星からの影響を考える上で重要なピースになることが期待されます。

本研究成果は、2026年2月25日19時(日本時間)付英国科学誌『Nature Astronomy』に掲載されます。

【研究背景と内容】

剛体的に自転する地球とは違い、恒星は緯度ごとに違う周期を持って自転、つまり差動回転していることが知られています。特に太陽の場合は、赤道が速く極付近が遅い自転を示しており、「太陽型」差動回転と呼ばれています。太陽の100億年ほどの寿命のなかで徐々に自転速度は遅くなっていくと考えられているのですが、これまでの数値シミュレーション研究により、太陽の進化のある時点で太陽型の差動回転から極が速く赤道が遅い「反太陽型」の差動回転に遷移することが示唆されてきました。恒星の差動回転は、恒星内部の乱流により維持されていると考えられているのですが、自転が遅くなることにより、乱流への自転の影響が弱まり、乱流の非等方性がなくなることがこの遷移の理由と考えられてきました。

その一方で、観測的には反太陽型差動回転の存在は確定していません。太陽型差動回転はそもそも太陽が示しているのです、その存在は明らかな上、星震学^{注4)}という手法により、他の恒星でもすでにその存在が確定しています。しかし、星震学でも太陽のような恒星ではいまだに反太陽型差動回転の存在を確定させることはできていません。むしろ、数値シミュレーションでは反太陽型差動回転が予想されるようなパラメタをもつ恒星においても、太陽型差動回転が推定されるなど観測と理論の間に隔たりがありました。

そこで本研究グループは、スーパーコンピュータ「富岳」を用いて、自転の遅い恒星においてこれまでにない大規模・高精度となる54億点以上で恒星内部を分解するという数値シミュレーションを実施しました。年老いた太陽に対応する自転の遅くなった恒星についてもシミュレーションすることで、反太陽型の実在について再検証しました。太陽の自転周期は25日程度ですが、本研究では100日程度の自転周期を持つ恒星もシミュレーションしており、これまでの研究では反太陽型自転分布を実現するパラメタ範囲です。本研究のシミュレーションで実現した恒星内部の様子を図1に示します。

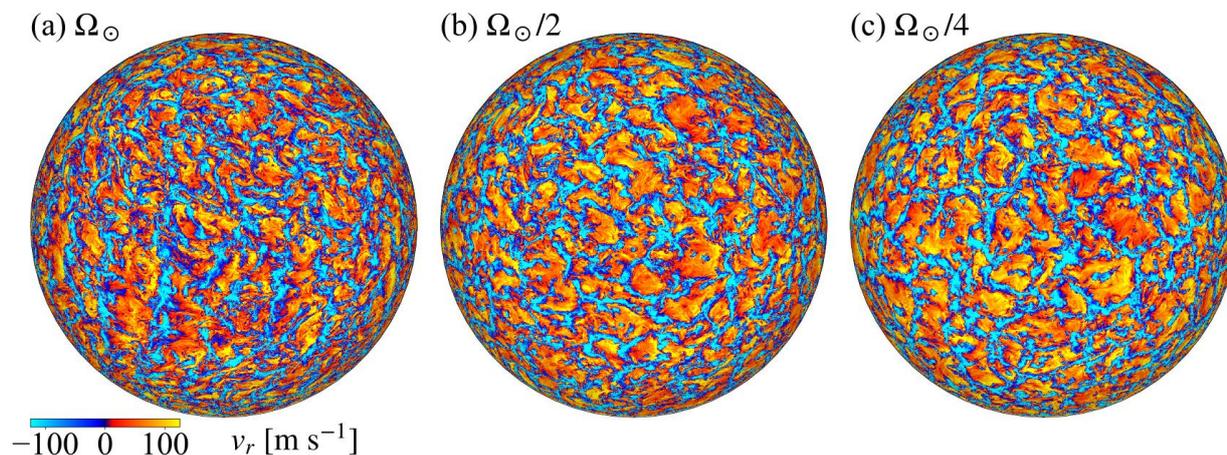


図1 恒星内部の熱対流の様子。動径方向の速度場分布を示している。

左から太陽の自転、太陽の2倍、4倍の自転周期の場合のシミュレーション結果を示している。

本研究のようなシミュレーションを実施すると、乱流などの効果により、自発的に差動回転が形成されます。今回のシミュレーションで得られた差動回転分布を図2に示します。富岳でのみ実現できるような高精度シミュレーションにおいては、反太陽型差動回転は発生しないことが分かりました。

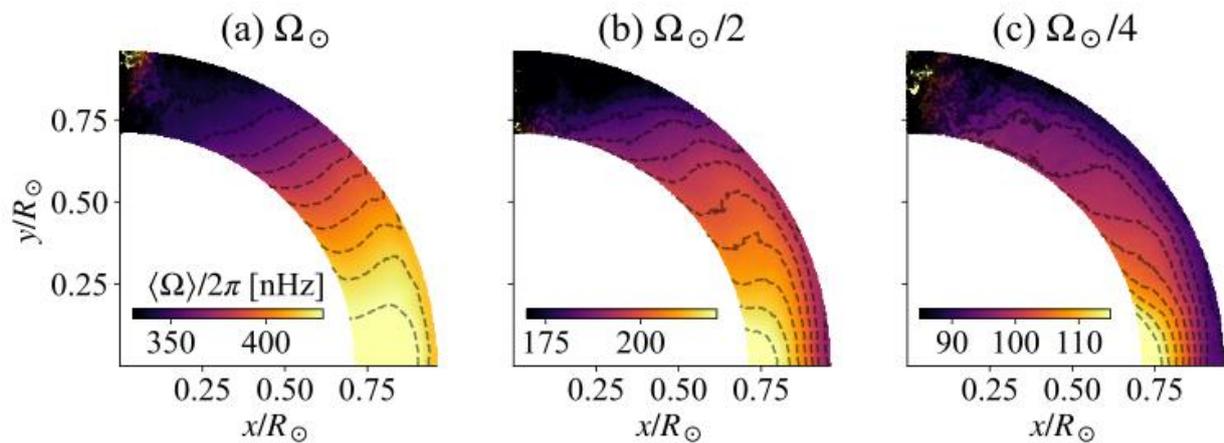


図 2 数値シミュレーションによって得られた差動回転の様子を示している。

それぞれ恒星の自転速度は図 1 と同様。明るい色が速い自転、暗い色が遅い自転を表す。

これまでのシミュレーションは、低解像度で実施されていたので、磁場が散逸しやすく差動回転形成において、磁場の役割が小さく、重要視されていませんでした。一方、本研究で実現できたシミュレーションでは、その高解像ゆえに磁場は散逸せず、差動回転形成においてむしろ大きな役割を持っていました。この磁場の役割こそが、年老いて自転が遅くなったような状況でも反太陽型自転分布が実現しなかった要因であることが分かりました。

【成果の意義】

太陽型と反太陽型の差動回転の遷移は、45 年以上にわたって理論的には強く信じられてきたため、富岳による精密シミュレーションによってその予想が大きく覆ったことは、その結果自体、学術的意義が大きく、恒星内部ダイナミクスを再考すべきタイミングが到来しました。

また、今回の発見は太陽のような恒星の磁気活動の進化や、その惑星系への影響を考える上で大きな意義を持ちます。これまでの数値シミュレーションの中には、恒星が年老いるとともに、反太陽型自転分布に遷移し、磁気活動としては活発に戻ることを予想するものもありました。しかし、今回の発見で反太陽型自転分布へ遷移が発生し得ないことが明らかになり、太陽のような恒星は年齢とともに徐々に磁気活動が弱くなっていくことを強く示唆するものとなりました。これは観測的にはすでに示唆されている上、年老いた恒星の系外惑星を検討する上で重要な要素となります。

本研究は、以下の支援を受けて行われました。

- 科学研究費
(JP20K14510, P21H04492, JP21H01124, JP21H04497,
JP23H01210, JP25H00673, JP25K22031, JP23KJ0300,
JP24K17087, JP24K00654)
- JST 創発的研究支援事業 (JPMJFR246F)
- 文部科学省「富岳」成果創出加速課題
(JPMXP1020230504, JPMXP1020230406)

また、本研究の一部は、スーパーコンピュータ「富岳」の計算資源の提供を受け、実施しました（課題番号：hp220173, hp230204, hp230201, hp240219, hp240212, hp250226 and hp250223）

【用語説明】

注 1) 差動回転:

地球のように全ての緯度で同じ角速度を持つ剛体回転と違い、緯度ごとに違う角速度を持つ自転のことを表す。太陽は、プラズマから成り立っているために、このような現象が発生しうる。

注 2) スーパーコンピュータ「富岳」:

2021 年より共用を開始した我が国のフラグシップスーパーコンピュータ。2026 年 1 月現在、日本では第 1 位の計算性能を保持している。

注 3) 数値シミュレーション:

紙と鉛筆では解けないような方程式を、数値的に解く手法。現象を支配する方程式を適切に見つけることができれば、観測が困難な恒星内部などの詳細な状況を理解することができる。太陽内部の複雑な乱流を計算する場合は、富岳などの大規模なスーパーコンピュータが必須となる。

注 4) 星震学:

恒星の振動現象に着目した研究を行う学問分野。恒星振動の観測に基づいて、恒星内部の構造や自転を調べることができる。

【論文情報】

雑誌名: Nature Astronomy

論文タイトル: The prevalence of solar-like differential rotation in slowly rotating solar-type stars

著者: [H. Hotta](#) and [Y. Hotta](#)

DOI: 10.1038/s41550-026-02793-x



東海国立大学機構は、岐阜大学と名古屋大学を運営する国立大学法人です。
国際的な競争力向上と地域創生への貢献を両輪とした発展を目指します。

東海国立大学機構 HP <https://www.thers.ac.jp/>

