



2021年12月2日

分野：自然科学系

キーワード：メガテスラ、マイクロチューブ、スパコン、3次元シミュレーション、SDGs

ブラックホール近傍の磁場は実験室でも実現可能 メガテスラ級極超高磁場の3次元構造をスパコンで解明

❖ 研究成果のポイント

- (1)スパコンを用いた高精度の3次元シミュレーションによって、これまで理論的に予測されていたマイクロスケールのメガテスラ級磁場の3次元構造が明瞭に確認された。
- (2)今後行われる予定のレーザー実験において、レーザー条件とマイクロサイズのターゲット構造に対する最適な工学的設計が可能となった。

❖ 概要

大阪大学レーザー科学研究所の村上匡且教授の研究グループは、新方式「マイクロチューブ爆縮」を使って中性子星^{※1}の磁場強度に匹敵するメガテスラ^{※2}級の極超高磁場が生成され時間発展してゆく様子を、大阪大学サイバーメディアセンターのスパコン「OCTOPUS」を使った3次元シミュレーションによって初めて検証しました。

これは村上教授が2020年10月に提唱した、マイクロサイズの中空円筒体に強力な超短パルスレーザーを照射することにより、現在地上で生成可能な磁場強度(キロテスラ)のさらに千倍強力なメガテスラの極超高磁場を生成させる新たな物理機構をシミュレーションによって明瞭に確認したものです。(https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2020/20201008_1)[1, 2]。

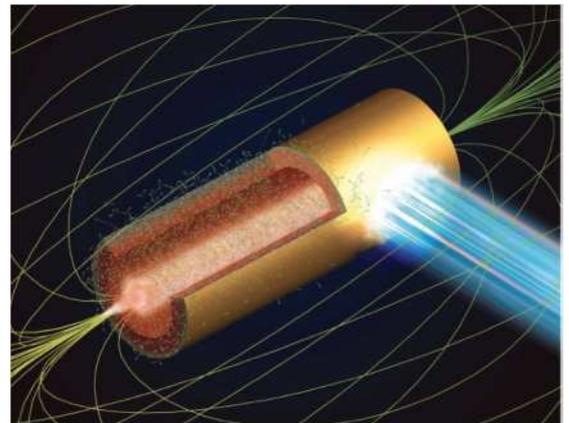


図1 マイクロチューブ爆縮の概念図

❖ 物理(光速で動く電子によるスピン電流生成)

直径5-10 ミクロン程度の円筒中空構造の外側から超高強度レーザーを照射すると5~10メガエレクトロンボルト^{※3}程度のエネルギーを持つ高速電子が発生します。あらかじめ比較的弱い強度の種磁場を円筒軸の方向に作っておくことにより、光速に近い速度で物質内を運動するこれらの高速電子は数マイクロンという小さな半径を持つリング状のスピン電流構造を形成します(図2参照)。この電流は 10^{18} アンペア/ m^2 にも達し、結果としてブラックホール近傍で観測されるとされるメガテスラ級の磁場が実験室でも実現できるものと期待されます。

❖ 用語説明

※1 中性子星

中性子星は、質量の大きな恒星が進化した最晩年の天体の一種であり、その質量は太陽程度、直径はわずか 20 km 程度で、中性子が主な成分の天体である。中性子星の磁場強度は 10~100 メガテスラにも達するとされる。

※2 メガテスラ

「テスラ」は磁場強度を表す単位で記号 T で表す。キロテスラ=1,000T、メガテスラ=1,000,000 T。また比較的弱い磁場強度をあらわす場合の単位として「ガウス」(記号 G)が用いられ、1T = 10,000G の関係がある。例えば、病院などで使われる MRI(核磁気共鳴)装置の磁場強度はキロテスラレベルである。

※3 エレクトロンボルト

「エレクトロンボルト」は温度(エネルギー)を表す単位で、約1万度に相当する。メガエレクトロンボルトは、したがって、約百億度の温度に匹敵する。

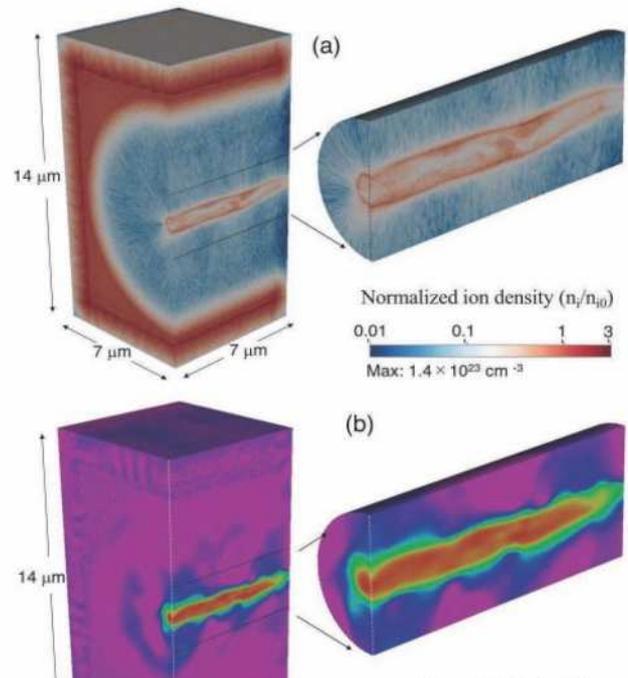


図2 三次元シミュレーションにより得られたミクロンサイズのターゲット内部の様子(a)イオン密度の3次元分布(b)磁場強度の3次元分布

❖ 論文情報

雑誌: High Power Science and Engineering 9, (2021) e56.

タイトル: “Laser scaling for generation of megatesla magnetic fields by microtube implosions”

著者: 村上匡且

DOI: <https://doi.org/10.1017/hpl.2021.46>

本研究は日本学術振興会[科研(基盤 A) 課題番号 21H04454 “ペタワットレーザーによるメガテスラ級極超高磁場生成の原理実証”]からの助成を受けて行われました。

❖ 参考 URL

[1] “Generation of megatesla magnetic fields by intense-laser-driven microtube implosions”

Scientific Reports 10, (2020) 16653.

<https://doi.org/10.1038/s41598-020-73581-4>

[2] 村上研究室 YouTube 動画

<https://www.youtube.com/watch?v=2mlavy7V2I&t=49s>

【村上匡且教授のコメント】

メガテスラという地上では到底実現され得ないと思われていた極超高強磁場が今日のレーザー技術を使って可能であることが今回のスパコンを使った 3 次元計算から明らかとなりました。現在、大阪大学レーザー科学研究所の超高強度レーザー「LFEX」を使った実験を進めています。尚、今回の国際共同研究の実施に際し、日本学術振興会からの助成を受けています。また、本研究における三次元計算結果は、大阪大学サイバーメディアセンターのスパコン “OCTOPUS” を使って得られました。

❖ SDGs目標



❖ 本件に関する問い合わせ先

大阪大学 レーザー科学研究所 教授 村上匡且(むらかみまさかつ)

TEL:06-6879-8743 FAX: 06-6879-8743

E-mail: murakami-m@ile.osaka-u.ac.jp