

コンパクト超高指向性中性子源の開発

手術のいらない夢のガン治療への応用

有川 安信

ARIKAWA Yasunobu

大阪大学レーザー科学研究所 講師



放射線の一種である中性子線は、安全に制御しうまく活用すると、その特徴を生かして手術の要らないガン治療が実現できます。また、X線回折法でも見えないタンパク質の構造を視ることができたり、分厚いコンクリート壁の中を透視することもできるなど、身の回りでもさまざまな形で役立っています。

これまで中性子発生装置といえば国立研究所や大きな大学にしかない大規模装置でしたが、私は、それを机の上に置ける大きさにまで小型化することを目指しています。コンパクト化と低価格化によって、小さな病院や企業や実験室に1台ずつ設置することができるようになると、応用展開先が大きく広がっていきます。また、発生させても放射角が広すぎて使いにくかった中性子源を完全平行ビームで発生させる技術の開発にも取り組んでいます。我々が発明した新しい手法では、理論上わずか1度の放射角の中性子ビームが発生できるようになります（図1）。

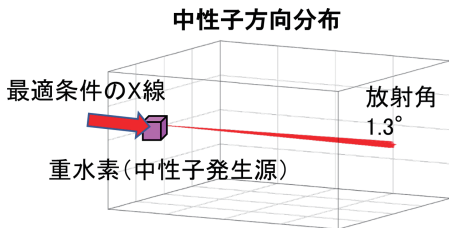


図1 開発中の超高指向性中性子発生における中性子放射角の計算予測

キーワード

コンパクト中性子源、中性子発生

応用分野

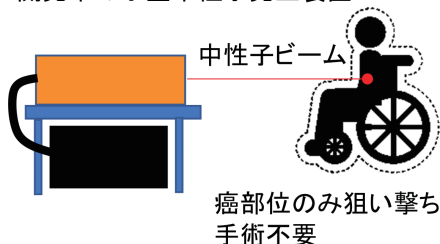
核医学、核物理、核化学、核工学



【研究の先に見据えるビジョン】 中性子ビーム超高指向性化により応用展開を加速

例えば、実用が開始されつつあるBNCT（ホウ素中性子捕獲療法）ガン診療において、中性子ビームの超狙い撃ち化が実現し、ガン組織の周辺の侵襲を無くし、より短時間で効果の高い治療が実現できると期待されています。この技術は核医学、核物理、核化学、核工学、など幅広い分野を発展させる可能性を持っています。

開発中の小型中性子発生装置



開発中の小型超高指向性中性子発生装置と核医学への応用

高強度レーザー光による 高エネルギー密度プラズマ物理の研究

岩田 夏弥
IWATA Natsumi

大阪大学高等共創研究院・レーザー科学研究所
准教授



レーザーは、集光によって、実験室では最も高いエネルギー密度（高圧力）状態を実現できます。現在、光の圧力が10億気圧を超えるレーザー光の生成が可能となっています。このような高強度光を物質に照射すると、ピコ秒という短時間に高エネルギー粒子が大量に叩き出されるとともに、1000万度を超える高温のプラズマが生成されますが、加速や加熱の基礎メカニズムはよく理解されていません。我々は、高強度レーザー光によるエネルギー注入下でのプラズマの構造発展と、形成される高エネルギー密度プラズマが内包する加速・輻射などの特異な機能の解明を目指した理論・シミュレーション研究を行っています。これまで、高温に加熱されたプラズマが10億気圧級の光を押し戻す現象など、光と物質の新しい相互作用特性を明らかにしてきました。

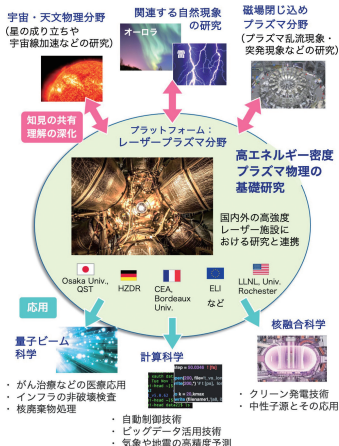


図1 高強度レーザーを使った高エネルギー密度プラズマ物理研究による学術・応用技術展開



キーワード

プラズマ物理、高エネルギー密度科学、高強度レーザー

応用分野

宇宙物理学・天文学、量子ビーム科学、核融合科学、計算科学

【研究の先に見据えるビジョン】 光が駆動するプラズマ集団現象の解明と応用

高強度レーザー光の照射下で、物質は電離し高エネルギー密度のプラズマ状態となります。プラズマは荷電粒子の集団であり、非常に多数の粒子が電磁場を介して相互作用し、複雑な集団現象を生み出します。高エネルギー密度プラズマ科学は、極限的な環境下における複雑系の物理を研究することで、新しい量子ビーム源や制御核融合など革新技术を切り拓くものです。これらは高エネルギー宇宙線加速や強磁場の起源、天体衝撃波やオーロラの構造形成など、宇宙の謎の解明にも直結します。複雑システムとしての自然を紐解くことで、思いもよらない物質の姿や美しい現象の発見につながるとともに、持続可能なシステムとしての社会や科学技術の発展に貢献したいと考えています。

量子計算機の自由度を活用した計算物理

大規模量子ビットシミュレータ開発と物性応用

上田 宏

UEDA Hiroshi

大阪大学量子情報・量子生命研究センター
特任准教授(常勤)

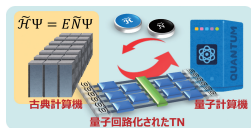
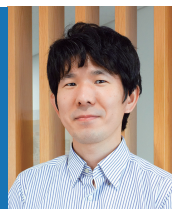


図1 量子・古典ハイブリッド計算環境におけるTNを活用した量子シミュレーションの概念図

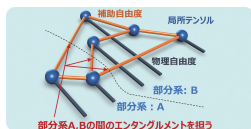


図2 TN状態の概念図: 局所テンソルや補助自由度を制御して量子状態を簡便に可視化する

量子計算機(実機)による量子超越検証の実験が顕在化して以後、量子・古典計算機が共存するポストムーア時代における計算物理の発展に資するテーマとして、多体系のシミュレーションを実機の自由度を活用して加速するスキームに注目が集まっています。

そこで我々は、物性・統計分野において発展している数値計算手法(特にテンソルネットワーク: TN法)の知見を活用して、1000量子ビット級の量子シミュレータを開発しています。本開発を通して、近い将来実現しうる実機および量子アルゴリズムの開発・検証を展開するためのプラットフォームを構築するとともに、その物性研究への応用を実施しています。現在は、既知の量子・古典的情報の量子回路表現を精度指定で探索するアルゴリズムをTN法の知見に基づいて開発し、従来シミュレーションでの最良解(例えば多体系の量子状態)を実機に入力するための環境を整えています。

キーワード

アルゴリズム開発、テンソルネットワーク、HPC(高性能計算)、量子計算機

応用分野

計算物理、統計物理、物性物理(磁性、強相関電子系、超伝導、量子情報など)



[研究の先に見据えるビジョン] ハイブリッド計算機による超省エネ計算物理

互いに強く相関し合う電子系が織りなす多様な物理を定量的に理解し、革新的物性現象に遭遇する機会を増やすためには、従来のアプローチに加えて量子計算機のような非従来型の自由度を活用したシミュレーションが重要になってきます。最先端のスーパーコンピュータをフル稼働した際の消費電力量は数10メガワット時のオーダーに対して、現在のエラー訂正機能のない量子計算機は0.1~数10キロワット時オーダーの電力で稼働し、さらに量子計算機に有利な問題設定においてはスパコンでもなかなか得られない結果に今日アクセスしつつあります。古典計算機と量子計算機、それぞれが得意な計算を適材適所で割り当ててシミュレーションに必要なエネルギー消費を著しく低減することで、地球環境と調和した計算物理における基礎研究基盤を実現します。

量子コンピュータによる未来社会創造のための量子ソフトウェア研究

藤井 啓祐
FUJII Keisuke

大阪大学大学院基礎工学研究科 教授

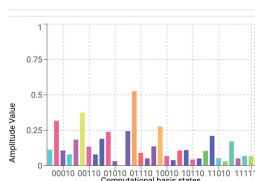
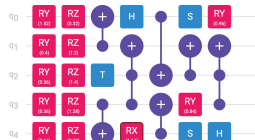
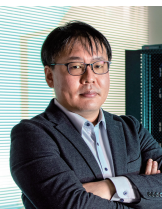


図1 量子回路図（上）とそれに対応した量子コンピュータ内部の状態の可視化（下）

量子コンピュータは、量子力学を原理とする次世代のコンピュータです。80年代の原理提案に始まり長らく研究が進められてきましたが、2014年のGoogleのデバイス開発への参入以降、コンピュータを根本的に作り直すまたとない機会として研究開発が世界的に進められています。現在実現している規模の量子コンピュータは数十量子ビット規模であり、まだまだ規模的には小さく複雑な量子アルゴリズムを動作させることはできません。我々は、このような、小規模な量子コンピュータ上で動作する量子アルゴリズムの研究や、それをAI・金融・材料・化学分野へ応用するためのアプリケーション探索を進めています。また長期的には、大規模な量子コンピュータを実現するために、エラーから量子情報を保護する量子誤り訂正が必要です。我々は、量子誤り訂正やその機能を持つ誤り耐性量子コンピュータに関する理論的研究を行なっています。

キーワード

量子コンピュータ、量子アルゴリズム、量子誤り訂正、量子技術

応用分野

基礎物理、計算科学、物性、材料、化学、金融、AI



【研究の先に見据えるビジョン】 量子コンピュータで切り拓く未来社会（量子ソサエティ）

量子コンピュータは科学技術のフロンティアを切り開き、地球規模の課題を解決する強力なツールになると言われています。高効率触媒開発や光合成など、自然界が長い年月をかけ構築した仕組み解明のための計算の加速や、安全なクラウド計算など計算の質の向上が期待されています。

