

まえがき

皆さんは、量子テレポーテーション、量子暗号、量子コンピュータ、などの言葉を聞いたことがあるでしょうか？ 何やらSFのような言葉に聞こえるものもありますが、これらは現在、物理学、情報科学、数学などの分野を巻き込み発展している最先端の科学分野の話題です。「量子情報科学」と呼ばれるこの分野は、ミクロな世界の基礎物理理論である「量子力学」に基づいて構成される情報科学であり、テレポーテーションや、絶対盗聴されない暗号、また超高速コンピュータなど、夢のような技術を実現する可能性を秘めています。残念ながら、新しい研究分野であるために、非専門家、特に大学の学部学生の目に触れる機会がほとんどないのが実情です。

本書は、この新しい研究分野の大学教員が集まって量子情報科学の基礎から解説したテキストです。量子力学や量子情報科学に対する前提知識を必要とせず、大学1, 2回生（全学教育）レベルの線形代数、微積分、初等確率のみの予備知識を仮定して、学部学生でも十分読めるよう意図して執筆しました。本書の執筆に先立ち、2009年から3年連続して、量子情報科学の初等的な内容についてさえ扱う学部での講義がほとんど存在しないという問題を解決するために、学部学生を含む層を対象に行う企画として、東北大学の川渡共同セミナーセンターにて「量子情報科学 ウィンタースクール」が開催されました（初年度の名称は「量子情報科学春の勉強会」）。このときの講義資料や参加者の反応などを生かして、講師陣が著者となって執筆したものが本書です。

量子情報科学について正確に伝えるためには、様々な隣接分野のセンスが必要とされますが、5名のバックグラウンドが異なる著者が集まることで、この問題を克服しました。各章の分担者が担当の章を執筆後、何度かの電子会議で、各章間連携のための打ち合わせを行い、最後に林が全体を見渡して、

必要な調整を行いました。以下、本書の構成と各執筆者の分担について紹介します。

最初に、第0章では取りまとめ役である林正人が量子情報科学の概論を述べるとともに、より詳しい本書の構成について紹介しました。本書を読み進める前に、第0章5節：「本書の構成」を最初に目を通してもらいたい。第1章では、量子論基礎を専門としている木村元が初学者にもわかりやすいように、ベクトルと行列演算からなる簡略化された量子論の定式化について扱います。第2章では、量子計算を専門としている河内亮周が量子計算の基礎と量子回路について述べます。第3章では、河内が素因数分解を可能とするShorのアルゴリズムに代表される量子計算機のためのアルゴリズムである量子アルゴリズムについて説明します。第4章では、再び木村がより量子情報科学を学ぶ上で必要となるより進んだ量子力学の構造について詳しく説明します。第5章では、量子情報理論を専門とする小川朋宏が量子系における様々な情報量について扱います。第6章では、統計物理、量子エンタングルメントを専門とする石坂智が量子エンタングルメントについて扱います。第7章では、小川が量子通信路符号化について扱います。第8章では、量子情報理論、量子暗号理論を専門とする林が量子誤り訂正と量子暗号について扱います。本書の3章までは、初等的な確率計算と、複素ベクトル空間の内積と行列に関する計算だけで読めるように構成されています。4章以後では、線形演算子に関する本格的な線形代数の知識が必要となりますが、これらについて必要となる線形代数の知識を木村、林、小川の3名が共同で付録にまとめました。

このように、本書は量子情報科学の各分野をバランスよく含んでいるため、講義やゼミのテキストとしても利用できると思われます。特に、演習問題を豊富に付け、その解答も本書の末尾にまとめたので、量子情報科学の演習にも利用できると思われます。さらに、近年の量子情報科学の発展について触れている点も本書の特徴です。この特徴を生かして、本書を読み終えた後には、どのようなテーマが待っているのか、引用文献を参考して調べることができます。本書を手にした読者が量子情報科学の奥深い面白さに興味を持っていただければ、著者らの望外の幸せです。

最後に、本書のきっかけとなった「量子情報科学 ウィンタースクール」(その前身である「量子情報科学春の勉強会」を含む)を開催する上で、お世

話になった東北大学大学院 情報科学研究科，科研費特定領域「情報統計力学の深化と展開」，グローバル COE「計算世界観の深化と展開」および実行委員などの形でその運営に協力して下さった方々にはこの場を借りて感謝の意を表します。また，東京大学の穂坂秀昭氏，仲山将順氏，若桑江友里氏，東北大学の熊谷亘氏，中山僚太氏，東京工業大学の鹿野豊氏，中央大学の吉田雅一氏の方々には本書の原稿に対して有益なコメントしていただき，感謝しています。本書を出版するにあたり，共立出版の寿日出男氏，中川暢子氏にご尽力いただき，大変感謝しています。

2012年5月

著者一同