

高校物理における量子技術の紹介

福岡教育大学中等理科 長住優樹, 後藤空
福岡教育大学大学院 市木智也^(*) 福岡教育大学物理学教室 松崎昌之

キーワード 高校物理, 教科書, 量子

1. はじめに

発表者ら（長住，後藤）は，2024 年度卒業研究として，教員（松崎）の助言のもと，光の量子論の学習に取り組んだ。4 人のグループ^(**)による主テキスト¹⁾の輪読を中心として，メンバーで分担して，古典電磁気学における電磁波の放射と伝播，量子力学における不確定性，光の量子論の基礎となる調和振動子の個数状態，コヒーレント状態，量子と古典をつなぐウィグナー関数，偏光の 2 状態系が量子ビットとして用いられること，量子もつれ等を学んだ。

一方で，研究室所属の以前の大学院生（市木）が修士論文の一環として取り組んだが，発表を予定していた 2020 年の日本物理教育学会九州支部大会がコロナ禍によって中止になったことにより未発表となっていた研究²⁾が存在していたので，AI 翻訳が身近にな

り英語圏以外の情報にもアクセスできるようになったことを好機として，日本の現行の指導要領と併せて，情報にアクセス可能な諸外国での高校レベル物理で量子論がどのように取り扱われているのかについても調べた。第 1 報として，量子力学の根本的性質である不確定性について，第 130 回日本物理学会九州支部例会で報告³⁾し，今回は第 2 報として，量子状態の重ね合わせで作られる量子ビット等の先端技術について，どの程度の紹介がされているのかを調べたのでここに報告する。

2. 日本国内の出版社比較

日本の公立学校では，指導要領に沿った教科書で授業が行われていることから，初めに指導要領の内容について調べた。

表 1 高等学校学習指導要領（平成 30 年告示）解説・理科編 理数編 pp. 79-80（一部抜粋）

(ウ) 物理学が築く未来 ㉞ 物理学が築く未来 物理学の成果が様々な分野で利用され，未来を築く新しい科学技術の基盤となっていることを理解すること。
(内容の取扱い) (ウ) の㉞については，物理学の発展と科学技術の進展に対する興味を喚起するような成果を取り上げること。
㉞ 物理学が築く未来 ここでは，量子論，相対論，宇宙論など先端の物理学の理論や，ナノテクノロジー，バイオメカニクス，物質科学，物理探査（地球物理学的探査）など今後の発展が期待されている物理学とその応用について，例えば，次のような具体的な事例を紹介し，物理学が科学技術の基盤となっていることを理解させるとともに，物理学が築く未来への夢を育む。 ・光格子時計の開発と波及効果 ・量子コンピュータの開発と応用 ・核融合発電などの新しいエネルギー源の開発や省エネルギーシステムの開発

- ・宇宙の始まり，宇宙の構造，物質の起源，暗黒物質，暗黒エネルギーに関する研究
- ・ニュートリノや重力波によるブラックホールや時空に関する研究
- ・物理探査や資源開発，環境保全への物理学の応用
- ・スピントロニクスに関する研究
- ・加速器を利用した材料の分析と開発，超重元素の合成及び反物質の創造
- ・ナノ世界の物理とナノマシンの開発
- ・バイオメカニクスの開発と医療・福祉への利用
- ・脳科学や人工知能への物理学の応用
- ・他の科学と融合し人類の未来に貢献する可能性

また，物理学が医療機器や深海探査，宇宙開発などに利用されている事例，プラズマや素粒子に関する研究などの，物理学の研究成果の調査や研究施設の見学などを行い，今後の発展の可能性について調べさせることなども考えられる。

表1に示すように，指導要領では「物理学が切り開く未来について」の内容として，生徒が物理学および科学技術の発展に興味をもつような，事例を紹介するように示す記述がみられた。また，指導要領で例示されている事例において，「量子コンピュータ」についての記述がみられた。

次に，指導要領を踏まえた教科書の取り扱いについて調べた。

各社について，教科書の本論の内容としてではなく，参考やトピック，コラムとして「物理学が切り開く未来について」が扱われていた。しかし，第一学習社では，Topicで扱われている部分と第IV章 第2節 4－Eの文章の内容中で扱われている部分があった。それぞれの内容が指導要領の事例のどの部分にあたるか，調べたものを以下に示す。

表2 量子技術の記述・5社比較

出版社	量子コンピュータの記述	記述内容
啓林館	×	・ 加速器を利用した材料の分析と開発，超重元素の合成及び反物質の創造 ・ 宇宙の始まり，宇宙の構造，物質の起源，暗黒物質，暗黒エネルギーに関する研究 - etc
実教出版	×	・ ニュートリノや重力波によるブラックホールや時空に関する研究
数研出版	×	・ 加速器を利用した材料の分析と開発，超重元素の合成及び反物質の創造 ・ ニュートリノや重力波によるブラックホールや時空に関する研究
第一学習社	×	・ ニュートリノや重力波によるブラックホールや時空に関する研究 ・ 宇宙の始まり，宇宙の構造，物質の起源，暗黒物質，暗黒エネルギーに関する研究
東京書籍	○	・ 量子コンピュータの開発と応用 ・ 元来予言の現実化と効果 ・ 他の科学と融合し人類の未来に貢献する可能性 - etc

表2に示すように，多くの出版社がニュートリノなどの内容を扱っているなか，東京書籍だけが量子コンピュータについて取り扱っていた。

3. 諸外国の比較

更に国外における量子コンピュータの扱いを調べた。ここで，不確定性原理の取り扱いについては，第

130回日本物理学会九州支部例会で報告³⁾したものを参照している。

表3 カナダ・オーストラリアにおける不確定性原理および量子コンピュータの取り扱い

国	州／省庁	不確定性原理	量子コンピュータの扱い
カナダ	アルバータ州	×	×
	オンタリオ州	×	○
	ブリティッシュコロンビア州	×	×
	サスカチュワン州	×	×
	ノースウェスト州	×	×
	ユーコン州	×	×
	大西洋岸諸州	×	×
オーストラリア	クイーンズランド州	×	○
	ニューサウスウェールズ州	×	×
	ビクトリア州	×	×
	タスマニア州	×	×
	西オーストラリア州	×	×
	南オーストラリア州	×	○

表4 欧州諸国における不確定性原理および量子コンピュータの取り扱い

国	州／省庁	不確定性原理	量子コンピュータの扱い
イギリス	ウェールズ州	×	×
	イングランド州	×	×
	スコットランド州	—	—
	南アイルランド州	—	—
オランダ	College voor Toetsen en Examen	○	×
フランス	Ministère de l'Education nationale et de la Jeunesse	×	×
イタリア	Ministero dell'Istruzione e del Merito	○	×
ノルウェー	Kirke-utdannings- og forskningsdepartementet	○	×
デンマーク	Borne	○	×
ドイツ	ザールラント州	×	×
	サクセン＝アンハルト州	○	×
	シュレースヴィヒ＝ホルシュタイン州	×	×
	ハンブルク州	×	○
	ブレーメン州	○	○
	ヘッセン州	○	×
	ベルリン州	○	×
	ブランデンブルク州	○	×
	ラインラント州	○	×
	プファルツ州	○	×
	バイエルン州	○	×
	バーデン＝ヴュルツ州テンペルク州	○	×
	ニーダーザクセン州	○	×
	ノルトライン＝ヴェストファーレン州	○	×

表 5 アメリカにおける不確定性原理および量子コンピュータの取り扱い

国	州／省庁	不確定性原理	量子コンピュータの扱い
アメリカ	アーカンソー州	×	○
	アイダホ州	×	×
	アラスカ州	×	○
	インディアナ州	×	×
	ウィスコンシン州	×	×
	オクラホマ州	×	×
	オレゴン州	×	×
	カリフォルニア州	×	×
	コロラド州	×	×
	サウスダコタ州	×	×
	テキサス州	○	×
	テネシー州	×	×
	デラウェア州	×	×
	ニュージャージー州	×	×
	ニューハンプシャー州	×	×
	ニューヨーク州	×	×
	ネバダ州	×	×
	ネブラスカ州	×	○
	ノースカロライナ州	×	×
	バージニア州	○	○
	バーモント州	×	×
	ハワイ州	×	×
	ペンシルベニア州	×	×
	マサチューセッツ州	×	×
	ミシガン州	×	×
	ミシSSIPPI州	×	×
	ミネソタ州	×	×
	メイン州	×	×
	ユタ州	×	×
	ルイジアナ州	×	×
	ワシントン州	×	×

表 3, 表 4, 表 5 で示すように, 不確定性原理を取り扱わない州や国においても, 量子コンピュータなどの最先端技術が紹介されていることが分かった。また, どの国においてもほとんどが参考程度の紹介であった。

しかし, ドイツ, ブレーメン州においては, 量子ビットや量子ビットを保持する領域を指す量子レジスタに関する紹介の内容を織り込むことを示す記述がみられた。

更に, OpenStax ⁴⁾ の教科書においても不確定性原

理を扱う記述は見られたが, 量子コンピュータに関する記述は見られなかった。

4. まとめ

高校物理における量子コンピュータの取り扱いについて, 日本では, 指導要領で例示される物理学の成果の中に記述があった。指導要領を基にした教科書では, 5 社の出版社のうち 1 社しか量子コンピュータについて取り扱っていなかった。さらに, 海外においても, 量子コンピュータの事例の紹介程度であり, 日本と同程度であることも分かった。

(*) 現所属：福岡市立下山門中学校

(**) 後藤空, 近藤飛翔, 筋田七海, 長住優樹 (学籍番号順)

引用文献

- 1) 枝松圭一, 「単一光子と量子もつれ光子」, 共立出版 (2018)
- 2) 市木智也, 松崎昌之, 九州の物理教育, 本号 (2025) 投稿予定
- 3) 後藤空, 長住優樹, 市木智也, 松崎昌之, 第 130 回日本物理学会九州支部例会講演 G-9 (2024)
- 4) <https://openstax.org/subjects/science#Physics>