

自己評価報告書

平成23年4月26日現在

機関番号：12301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2011

課題番号：20740230

研究課題名（和文）測定 reversible に着目した量子情報の研究

研究課題名（英文）Research on quantum information with physical reversibility of measurement

研究代表者

寺嶋 容明 (TERASHIMA HIROAKI)

群馬大学・教育学部・准教授

研究者番号：00466690

研究分野：量子情報

科研費の分科・細目：物理学・原子・分子・量子エレクトロニクス

キーワード：量子情報、量子コンピュータ、量子暗号、量子測定

1. 研究計画の概要

量子論における測定は通常、非可逆な過程だと考えられがちであるが、実際には可逆な測定というものも存在していることがわかっている。そのような測定では、測定された系の情報がすべて保存されるため、逆測定という操作によって測定後の状態から測定前の状態を確率的に復元することができる。このような、系の情報や状態の復元といった観点から、可逆な測定は量子情報処理などへの応用が期待できると考えられるものの、まだそれほど当該分野で注目されているとは言いがたい。そこで、本研究では、この測定の可逆性に着目した量子情報について、次のような内容についての研究を行う。

- (1) 可逆な測定の実験可能なモデルの構築
- (2) 可逆性を応用した量子状態の修復
- (3) 可逆な測定における情報量と状態変化の関係

2. 研究の進捗状況

本研究において現在までに得られた結果は主に「1. 研究計画の概要」に挙げられている3つの目標うちの「(3) 可逆な測定における情報量と状態変化の関係」についてである。

(1) 共役測定の考案

可逆な測定では、逆測定の方法によって測定後の状態から測定前の状態を確率的に復元することができる。しかしながら、その方法で状態を復元した場合、始めの測定で得られていた系についての情報も同時に消し去ってしまうことがわかっている。このようなことから今まで、元の状態を近似的にでも復

元しようとするれば、系についての情報は減少し、その大半が失われてしまうと暗に予想されていた。しかし、本研究ではその予想に反し、元の状態を近似的に復元しつつ、系についての情報を減少させるどころか、むしろ増加させる方法（共役測定）を考案することに成功した〔雑誌論文③〕。

(2) 情報量、状態変化、可逆性の定量的評価

可逆な測定に対し、取得できる情報量、そのときの状態変化、その可逆性を定量的に解析し、それらの間のトレードオフ関係について考察を行った。まず、4種類の光子数測定に対して、情報量、状態変化、可逆性を定量的に評価して比較した。それぞれの測定は、通常非可逆な測定、可逆な測定、非可逆かつ量子非破壊な測定、可逆かつ量子非破壊な測定であるので、そのような性質が情報量、状態変化、可逆性にどのように影響を与えるのかを調べた。その結果、情報量が多くなると状態変化が大きいとは限らないが、情報量が多くなるほど可逆性が低くなるという傾向があることがわかった〔雑誌論文②〕。さらに、この結果をより一般的なものにするため、任意の単一キュービット測定の場合についても考察を行い、情報量、状態変化、可逆性の具体的な公式を求めた。その公式により、情報量、状態変化、可逆性の間の定量的なトレードオフ関係を見出すことができた〔雑誌論文①〕。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(理由)

現在までの3年間の研究で3本の論文を公表し、2回の学会発表を行った。さらには3

回目の学会発表も予定している。これは当初想定していた1年あたり論文1本、学会発表1回という目標をおおむね達成している。

内容的には「1. 研究計画の概要」に挙げられている3つの目標のうちの1つに偏っているが、これはその目標について当初予想していたよりも興味深い結果が得られ、それを深めることに集中したためである。

4. 今後の研究の推進方策

本研究の残りの研究期間はあと1年であるので、これまで集中的に行ってきた「1. 研究計画の概要」での「(3) 可逆な測定における情報量と状態変化の関係」を完成させることに重点を置く。

具体的には、「2. 研究の進捗状況」にある「(2) 情報量、状態変化、可逆性の定量的評価」に関して、これまでの4種類の光子数測定や任意の単一キュービット測定の結果を可能な限り拡張して、いかなる測定にも適用できるような一般論を完成させることを目指す。特に、これまでの測定では測定される系の状態空間が2次元の場合に限られてきたが、これを高次元の場合に拡張できるように考察する。ただし、この場合では、特に情報量を解析的に計算することが困難であることがわかっている。そこで、例えばコンピュータによる数値計算をおこなったり、簡単に計算できるような例を見つけたりすることが必要であろうと考えている。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

- ① H. Terashima, Information, fidelity, and reversibility in single-qubit measurements, Physical Review A, 査読有, Vol. 83, 2011, 032114-1 ~ 032114-5
- ② H. Terashima, Information, fidelity, and reversibility in photodetection processes, Physical Review A, 査読有, Vol. 83, 2011, 032111-1 ~ 032111-13
- ③ H. Terashima and M. Ueda, Hermitian conjugate measurement, Physical Review A, 査読有, Vol. 81, 2010, 012110-1 ~ 012110-9

[学会発表] (計2件)

- ① 寺嶋 容明: 光子検出過程における情報、フィデリティ、および可逆性、日本物理学会 第66回年次大会、2011年3月25日、新潟大学
- ② 寺嶋 容明、上田 正仁: 測定された状態の近似的な復元とさらなる情報のゲインII、日本物理学会 2009年 秋季大会、2009年9月27日、熊本大学