

## 量子情報システム Quantum information systems

科目コード(Course Number) 20DIFa1001

複合科学研究科 School of Multidisciplinary Sciences 情報学専攻  
Department of Informatics 情報基礎科学 Foundations of Informatics

学年(Recommended Grade) 1年 2年 3年 4年 5年  
2単位(credit) 後学期 2nd semester

根本 香絵 (NEMOTO Kae)

### 【授業の概要 Outline】

この科目は量子情報デバイスとシステムを研究する上で必要となる様々な要素について議論する。量子情報デバイスでは、最新のデバイス・デザインに関わるゲート操作、誤り訂正などと併に、その背景にある量子物理について学ぶ。量子情報システムは、量子センサー、量子中継、大規模量子計算を扱う。

This course focuses on implementations of quantum information devices and systems. It covers most recent quantum information device designs and system architecture. We study the elements necessary for quantum information device design, which includes gate operation, error correction, as well as the quantum control required. As quantum systems, we cover quantum sensors, quantum repeaters, and large-scale quantum computers.

### 【到達目標 Learning objectives】

1. 量子情報デバイスとシステムの基礎として、エンタングルメント、量子プロトコル、量子測定量子物理系について学び、これらの基礎概念が説明できるようになる。また、量子デバイスおよびシステムの設計や評価に用いることができる。
2. 量子センサー、量子中継について、その特徴を理解し、量子的な優位性を生かすデバイスやシステムの設計ができるようになる。
3. 量子シミュレーションについて、様々な量子シミュレーションの違いと特徴を理解し、アプリケーションに対してハードウェアが克服すべき課題を明らかにすることができる。
4. 量子コンピュータのハードウェアとその制御について、誤り訂正、ノイズ制御、アーキテクチャ、評価についての基礎を学び、これらの概念を説明できるとともに、ハードウェアの特徴を活かしたシステム設計ができるようになる。

1. Learn the basic concept of entanglement, quantum protocols, quantum measurements, and quantum physical systems. Through this course, students will be able to explain these basic concepts and use them to design and evaluate quantum devices and systems.
2. Learn the properties of quantum sensors and quantum repeaters. Through this course, students will understand the basics of quantum sensors and quantum repeaters and will be able to apply them to design quantum sensors and quantum communication systems.
3. Learn the basics of quantum simulations and their applications. Through this course, students will be able to explain the differences and pros and cons of different quantum simulation

systems.

4. Learn hardware of quantum computers, in particular we focus on quantum error correction, noise management, system architecture, and performance evaluation. Through this course, students will be able to explain the important concepts for quantum computers and use them to design quantum computational systems.

### 【成績評価方法 Grading policy】

1. 基礎講義（4回）では、毎回課題についての口頭発表を行い、基礎理解が十分でないと判断される場合には、その後の受講をお断りすることがある。
- 2-4. 講義と議論からなり、議論への貢献と、課題の達成度により評価する。

1. The first four lectures are set to deliver the basic concepts of quantum information and computation. In each lecture, a short oral presentation will be required. The students are required to show understanding though these oral presentations enough to continue the rest of the course. If this requirement was not filled, the student would be asked to leave the course.

2-4. The lecture course consists of lectures, discussions and assignments. Each lecture will followed by a short discussion session. The assessment will be done based on the contributions in these discussion sessions and the assignments.

### 【授業計画 Lecture plan】

1. 量子情報デバイスとシステムの基礎に関する講義（1回～4回）  
4回の講義を通してエンタングルメント、量子プロトコル、量子測定、量子物理系について扱う。

2. 量子センサー、量子中継に関する講義（5回～8回）  
量子センサーの量子優位性、量子センサーの設計、量子中継プロトコル、量子中継システムについて扱う。

3. 量子シミュレーションに関する講義（9回～11回）  
量子シミュレーションの種類及び特徴、実装系、アプリケーションについて扱う。

4. 量子コンピュータに関する講義（12回～15回）  
量子誤り訂正、システムノイズ制御、アーキテクチャ、評価について扱う。

1. Quantum information and systems (the first to forth lectures)  
Topics: entanglement, quantum protocols, quantum measurements, quantum physical systems.

2. Quantum sensors and quantum repeaters (the fifth to eighth lectures)  
Topics: mechanism and design of quantum sensors, quantum repeater protocols and systems.

3. Quantum simulation (the ninth to eleventh lectures)  
Topics: quantum simulators, hardware, applications.

4. Quantum computer (the twelfth to fifteenth lectures)

Topics: quantum error correction, system noise management, architecture, performance evaluation.

〔実施場所 Location〕

国立情報学研究所(NII) : 講義室1 (12階1212号室)

NII: Lecture Room 1(12F, 1212)

〔使用言語 Language〕

日本語または英語

Japanese or English

〔教科書・参考図書 Textbooks and references〕

Quantum Computation and Quantum Information, M. A. Nielsen and I. L. Chuang, Cambridge University Press

Introductory Quantum Optics, C. C. Gerry and P. L. Knight, Cambridge University Press

〔授業を担当する教員 Lecturers〕

根本 香絵

Kae Nemoto

〔関連URL Related URL〕

URL:

〔上記URLの説明 Explanatory Note on above URL〕

〔備考・キーワード Others/Keyword〕