

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

|                   |                                                                                                                                                                                                |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 題目(和文)            | 量子計算に基づく画像データ探索、電子透かし及び感情空間の表現法                                                                                                                                                                |
| Title(English)    | Quantum Computation based Image Data Searching, Image Watermarking, and Representation of Emotion Space                                                                                        |
| 著者(和文)            | 閻 飛                                                                                                                                                                                            |
| Author(English)   | Yan Fei                                                                                                                                                                                        |
| 出典(和文)            | 学位:博士(工学),<br>学位授与機関:東京工業大学,<br>報告番号:甲第9544号,<br>授与年月日:2014年3月26日,<br>学位の種別:課程博士,<br>審査員:廣田 薫,新田 克己,室伏 俊明,長谷川 修,小野 功                                                                           |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Engineering),<br>Conferring organization: Tokyo Institute of Technology,<br>Report number:甲第9544号,<br>Conferred date:2014/3/26,<br>Degree Type:Course doctor,<br>Examiner:,,,,, |
| 学位種別(和文)          | 博士論文                                                                                                                                                                                           |
| Category(English) | Doctoral Thesis                                                                                                                                                                                |
| 種別(和文)            | 論文要旨                                                                                                                                                                                           |
| Type(English)     | Summary                                                                                                                                                                                        |

## 論文要旨

### THESIS SUMMARY

|                         |          |    |                                                                      |
|-------------------------|----------|----|----------------------------------------------------------------------|
| 専攻：<br>Department of    | 知能システム科学 | 専攻 | 申請学位 (専攻分野)： 博士 (Engineering)<br>Academic Degree Requested Doctor of |
| 学生氏名：<br>Student's Name | Yan Fei  |    | 指導教員 (主)：<br>Academic Advisor(main) 廣田 薫 教授                          |
|                         |          |    | 指導教員 (副)：<br>Academic Advisor(sub)                                   |

### 要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は「Quantum Computation based Image Data Searching, Image Watermarking, and Representation of Emotion Space (量子計算に基づく画像データ探索、電子透かし及び感情空間の表現法)」と題し、英文7章から成っている。

第1章「Introduction」では、量子計算の研究背景とその画像処理応用の重要性、および論文の全体構成について述べている。

第2章「A Flexible Representation of Quantum Images and its processing operations」では、量子計算の基礎事項と表記法を総括した後で、画像における基本情報 (すなわち、色と位置) を表すための量子画像の柔軟な表現方法 (FRQI)、FRQI における幾何変換の分類と全体の構成、および FRQI の効果的な色変換方法に言及している。また、カラー画像に対する FRQI の拡張として、従来のカラー画像のマルチチャンネル表現を応用した量子画像におけるマルチチャンネル表現 (MCQI) についても述べている。

第3章「A parallel comparison of multiple pairs of images on quantum computers」では、量子画像の複数のペア画像を並列的に比較する手法を提案している。類似度を量子測定から読み取られる確率分布に従って推定して、ストリップ上にある全量子画像について符号化を行い、その全体情報を変換するために、いくつかの制御条件と一つのアダマールゲートを用いている。提案手法が従来型コンピュータと比べ比較処理において大幅な速度向上を実現していることを示すために、2枚の画像および複数のペア画像の比較、2画像の分割領域での比較についてのシミュレーション実験により、並列比較の実行可能性と有効性を確認している。それにより、量子コンピュータを用いた類似画像検出の実現可能性を示唆している。

第4章「Quantum image searching based on probability distributions」では、量子測定により得られる確率分布に基づく量子画像の探索手法を提案している。 $m+1$  個の量子測定操作を結合したアダマールゲートを1つしか持たない小計算資源環境での検索手法を実現している。最高類似度 0.93 を持つ画像を  $4 \times 4$  のバイナリ画像データベースから返すシミュレーション検証実験を行い、有効性を確認している。提案手法は、量子計算デバイスにおける類似画像検索エンジンの基礎を提供するものである。

第5章「A double-key, double-domain watermarking strategy for multi-channel quantum images」では、MCQI に基づき、RGB を含むマルチチャンネル量子画像 (MC-WaQI) に対し、二つの領域に対して二つの鍵を用いることで、より安全で新しい電子透かしを提案している。提案手法では、特定の量子シンボル情報 (著作権所有者のロゴなど) をカラー量子画像に組み込むことで、著作権を守る電子透かしを実現している。

第6章「Bloch sphere based representation for quantum emotion space」では、ブロッホ球における2つの角度  $\phi$  と  $\theta$  により感情とその強度を表現するブロッホ球に基づいた感情空間 (BSES) を提案している。ここで、 $\phi$  は幸せ、驚き、怒り、悲しみ、期待、気楽の6つの基本的感情を  $[0, 2\pi]$  で表現し、 $\theta$  はその強度 (中立から最大までの領域) を  $[0, \pi]$  で表している。色による心理的作用と各感情を対応付けて感情を表す基本色とすることにより、BSES 上での感情の可視化が可能で、量子ゲートを使用することで感情の変遷を追跡可能にしている。評価実験では、予め設定された感情の遷移モデルによって人間の二つの典型的な感情 (喜び・悲しみ) を解析し、BSES 平面上で可視化を行っている。感情の変化を追跡する遷移行列は、人間の感情に対して適応・適切な応答をする事にも有用である。

第7章「Conclusions」では、量子計算をベースにした画像データの検索、電子透かしの組み込み方法、感情空間の表現方法の各提案についてまとめ、展望として従来型コンピュータと比べた量子計算の強力な並列処理能力を活用するための新たな方向性について述べている。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を1部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を1部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： 知能システム科学 専攻  
Department of  
学生氏名： Yan Fei  
Student's Name

申請学位(専攻分野)： 博士 (Engineering)  
Academic Degree Requested Doctor of  
指導教員(主)： 廣田 薫 教授  
Academic Advisor(main)  
指導教員(副)：  
Academic Advisor(sub)

要旨(英文300語程度)  
Thesis Summary (approx.300 English Words)

The thesis is entitled “Quantum Computation based Image Data Searching, Image Watermarking, and Representation of Emotion Space” and it is organized in 7 chapters. It starts with Chapter 1, which is the background of quantum computation and its potential applications. In Chapter 2, the basic knowledge and notations in quantum computation are introduced. In addition, the flexible representation of quantum images (FRQI) and its related transformations are reviewed. A method to compare multiple pairs of FRQI images in parallel is proposed in Chapter 3, which offers a significant speed-up in comparison to performing the same task on traditional computing devices. On the basis of such a comparison strategy, a quantum image searching method is proposed in Chapter 4, which is achieved by using low computational resources through a single Hadamard gate with control-conditions to transform the entire information encoding the quantum images in a strip. In Chapter 5, a new watermarking strategy for multi-channel quantum images is proposed where the double-key and double-domain make the watermarking more secure. The strategy realizes the watermarking method to protect the copyright of the quantum images. Inspired by the quantum image processing, a Bloch Sphere based Emotion Space (BSES) is proposed in Chapter 6, where two angles  $\phi$  and  $\theta$  in Bloch sphere represent the emotion (such as happiness, surprise, anger, sadness, expectation, and relaxation in  $[0, 2\pi)$ ) and its intensity (from neutral to maximum in  $[0, \pi)$ , respectively. It takes advantage in color psychology to assign the basic colors to each emotion subspace in order to make the BSES space visible and by means of the quantum gates to facilitate the tracking and recovering changes in emotion. In Chapter 7, the proposals and related works in the thesis are summarized. Furthermore, new applications and extensions are discussed for the future work.

備考：論文要旨は、和文2000字と英文300語を1部ずつ提出するか、もしくは英文800語を1部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).