

## 論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名 中嶋 瑞穂

人間の視覚特性を利用することによって、それまで見えなかったものが突然に現れる「隠し絵」や「だまし絵」は、古来よりさまざまなものが考えられてきた。一方で、近年のデジタルカメラや計算機の発達により、現実風景などの自然画像を獲得し、計算機処理することが広く行われるようになってきている。本論文は、複数の透明シートを重ねると隠された自然画像が現れるという隠し絵の枠組みを研究対象とし、新たな技術を提案・開発したものである。

本論文は全 6 章から構成されている。まず第 1 章においては、視覚のみによって復号可能な視覚復号型秘密分散と呼ばれる暗号と本研究との関連性が概説され、自然画像を扱うために画像のダイナミックレンジ、階調数、色再現などが、問題となることを指摘している。第 2 章では、視覚復号型秘密分散に関する従来の手法を広く調査し、各手法の得失を詳細に議論している。また、プリンタや印刷機のようにオンオフの 2 値のみで画像を表示するためのハーフトニング技術と視覚復号型秘密分散の関係から、暗号化の条件となる画像のダイナミックレンジに関する制約を示している。

第 3 章では、従来の視覚復号型秘密分散が依拠しているブール代数に基づく手法を拡張し、グレースケール自然画像を扱う手法を提案している。ここではハーフトニング技術の 1 つである誤差拡散法を拡張することで、画像のダイナミックレンジを拡大し、出力画像の画質を改善することに成功している。さらにこの手法を発展させ、3 枚以上のシートの組合せによって、複数の画像を暗号化する手法も提案している。

第 4 章では、多階調の自然画像を対象とした視覚復号型秘密分散の実現法として、新たな連続量的アプローチを提示している。従来の視覚復号型秘密分散は、画像の 2 値化とブール演算をベースとしていた。このような手法でも、画像の 1 ピクセルを複数のサブピクセルで構成すれば、原理的に階調数を無限に増やすことができる。しかし、実際にはサブピクセルが相対的に非常に小さくなるため、2 枚のシートを正確に重ね合わせて復号することは急速に困難となる。この手法は画像を単純に 2 値化するのではなく、任意のグレー値を利用することでドット集中型のサブピクセル配置を可能とし、階調増による画質改善と位置誤差に関する頑健性の両立を図るものである。この連続量的なアプローチが画質改善と位置誤差頑健性の双方を実現することを、計算機シミュレーションによって確認している。

第 5 章では、より一般的な自然画像としてカラー画像を扱う手法について議論している。従来の手法でも、複数の異なる色を表示することは可能であったが、実際に目的とする色を作り出すことはできなかった。自然画像を対象とする場合には、適切な色の再現は不可欠な要素となる。ここでは、シート全体を中間色とするために、再現すべき色から表示色とその補色を求める手法を提示している。プリンタでは出力装置の特質に由来する技術的困難が残されているものの、液晶ディスプレイやプロジェクタなどの加法混色に基づく出力機器では好ましい結果が得られており、手法の基本的な有効性が検証されている。最後に結論として、第 6 章で上記の各章で示された知見や技術について整理している。

以上のように本論文は、透明シートを重ねることによって現実風景などの自然画像が現れる視覚復号型秘密分散の課題を示すとともに、それらの問題点を解決する新しい技術の開発に成功している。特に第 4 章で提案されている連続量的アプローチによる視覚復号型秘密分散は、これまでにない新しい着想に基づくものであり、多階調でありながら位置誤差に頑健な暗号化を実現したことは、本論文の独創性と有用性を示すものとして高く評価される。したがって、本審査委員会は博士(学術)の学位を授与するにふさわしいものと認定する。