

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 16 日現在

機関番号：17201

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23540145

研究課題名(和文) ウェーブレット解析と精度保証付き数値計算技法の融合による画像数学の構築

研究課題名(英文) Mathematics in image processing combining wavelet analysis and numerical method with guaranteed accuracy

研究代表者

皆本 晃弥 (Minamoto, Teruya)

佐賀大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：00294900

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円、(間接経費) 1,170,000円

研究成果の概要(和文)：シフト不変性なウェーブレット変換(特に2重ツリー複素数ウェーブレットとダイアディック・ウェーブレット)と区間演算を組み合わせて、従来のデジタル画像電子透かし法よりも画像圧縮や回転・拡大縮小といった攻撃に対して耐性のある電子透かし法を開発した。また、ダイアディック・ウェーブレットと区間演算の融合がもたらす数学的な性質を調べ、区間演算に基づいてウェーブレット変換すれば、その高周波成分に低周波成分が含まれることを数学的に明らかにした。そして、この知見を基に、開発した電子透かし法の性質を損なうことなく計算を高速化するアルゴリズムを開発した。さらに、画像の改ざんを検知できる電子透かし法も開発した。

研究成果の概要(英文)：We propose new blind digital image watermarking methods based on interval arithmetic (IA) and shift-invariant wavelets such as the dyadic wavelet transform (DYWT) and the dual-tree complex discrete wavelet transform (DT-CDWT). Our method produces watermarked images that have better quality and are robust with respect to attacks on the following types: marking, clipping, image compressions, rotation, resizing and so on. We also prove that high-frequency components obtained using the DYWT based on IA (I DYWT) contain low-frequency components. Based on this property, We develop new digital image watermarking methods for authentication based on the IDYWT. This method is a kind of content-based watermarking, because it generates a watermark from the host image and authenticates the test image by comparing two types of watermarks constructed using the test image. Our method produces high-quality watermarked images and can locate the areas that have been tampered with.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：数学一般(含確率論・統計数学)

キーワード：電子透かし 区間演算 ウェーブレット解析 精度保証付き数値計算

1. 研究開始当初の背景

ウェーブレット解析と様々な数値計算法を融合させた画像処理法が数多く開発されている。一方、精度保証付き数値計算法も数多く提案されているが、そこで得られたアイデアが他分野には殆ど応用されていない。実際、国外では精度保証付き数値計算法が画像処理にも利用されているが、その利用はパターン認識やCGなどに留まっており、さらに適用範囲を広げ、その有効性を検証する必要がある。また、日本では、精度保証付き数値計算法の画像処理分野への応用が殆ど検討されていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、精度保証付き数値計算法で得られたアイデアをウェーブレット解析と融合させて新たな画像処理法を開発し、その技術に対する数学的な理論(画像数学)を構築することである。本研究では、電子透かしやノイズ除去といったある種の冗長性を利用する画像処理技術を開発し、その数学的な理論を構築する。

3. 研究の方法

これまでに研究代表者らが開発した電子透かし法やノイズ除去法を拡張するために、ダイアディック・ウェーブレット変換と区間演算の融合がもたらす数学的な性質を明らかにする。そして、この知見に基づいた電子透かし法や高速演算アルゴリズムを開発する。また、2重ツリー複素数ウェーブレットと区間演算との融合についても検討する。なお、研究を遂行するために、研究室らの学生と協力してプログラムを作成し、成果は国際会議や国内学会、学術英文論文誌にて発表する。

4. 研究成果

2重ツリー複素数ウェーブレットやダイアディック・ウェーブレットと区間演算を組み合わせて、従来のデジタル画像電子透かし法よりも画像圧縮や回転・拡大縮小といった攻撃に対して耐性のある電子透かし法を開発した。また、ダイアディック・ウェーブレットと区間演算の融合がもたらす数学的な性質を調べ、区間演算に基づいてウェーブレット変換すれば、その高周波成分に低周波成分が含まれることを数学的に明らかにした。そして、この知見を基に、開発した電子透かし法の性質を損なうことなく計算を高速化するアルゴリズムを開発した。さらに、画像の改ざんを検知できる電子透かし法も開発した。

5. 主な発表論文等

(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7件)

1. Teruya Minamoto and Ryuji Ohura : A

Blind Digital Image Watermarking Method Based on the Dyadic Wavelet Transform and Interval Arithmetic, Applied Mathematics and Computation, Volume 226, 1 January 2014, Pages 306-319, 査読あり

2. Teruya Minamoto and Ryuji Ohura : A DIGITAL IMAGE WATERMARKING FOR AUTHENTICATION BASED ON THE DUAL-TREE COMPLEX DISCRETE WAVELET TRANSFORM AND INTERVAL ARITHMETIC, International Journal of Wavelets, Multiresolution and Information Processing, Vol.11, Issue 4, 2013, 1360005, 19pages, DOI:10.1142/S0219691313600059 査読あり.

3. Ohura, R. and Minamoto, T.: Digital image watermarking for authentication based on the dyadic wavelet transform and interval arithmetic, Proceedings of the 2013 10th International Conference on Information Technology - New Generations (ITNG2013) published by IEEE Computer Society Conference Publishing Services, 167-172, 査読あり.

4. Minamoto, T. and Ohura, R.: A blind digital image watermarking method based on the dual-tree complex discrete wavelet transform and interval arithmetic, Lecture Notes in Computer Science 7259, 2012, 437-449, Springer-Verlag, 査読あり.

5. Minamoto, T., Ogata, Y. and Sawai, M.: Visualization of Digital Audio Watermarking based on the Dyadic Wavelet Transform, Proceedings of the 2012 Ninth International Conference on Information Technology - New Generations (ITNG2012) published by IEEE Computer Society Conference Publishing Services, 640-645, 査読あり.

6. Minamoto, T. and Ohura, R.: A non-blind digital image watermarking method based on the dual-tree complex discrete wavelet transform and interval arithmetic, Proceedings of the 2012 Ninth International Conference on Information Technology - New Generations (ITNG2012) published by IEEE Computer Society Conference Publishing Services, 623-628, 査読あり.

7. Minamoto, T. and Ohura, R.: A Non-blind Digital Image Watermarking Method Based on the

Dyadic Wavelet Transform and Interval Arithmetic, Communications in Computer and Information Science 260, 2011, 170-178, Springer-Verlag, 査読あり.

〔学会発表〕(計 13 件)

1. 皆本晃弥, 「ウェーブレット変換に基づくデジタル画像の電子透かし法について」, 文部科学省 数学・数理科学と諸科学・産業との連携研究ワークショップ「ウェーブレット理論と工学への応用」, 大阪教育大学, 2013年11月22~23日
2. 皆本晃弥, 「ウェーブレット変換と区間演算に基づく電子透かし法」, 第48回東京大学数値解析セミナー, 東京大学, 2013年6月25日
3. Ohura, R. and Minamoto, T.: Digital image watermarking for authentication based on the dyadic wavelet transform and interval arithmetic, Proceedings of the 2013 10th International Conference on Information Technology - New Generations (ITNG2013), Las Vegas, USA, April 15-17, 2013.
4. 皆本晃弥, 「ウェーブレット変換に基づく電子透かし」(招待講演), 第5回ウェーブレット変換およびその応用に関するワークショップ, 豊橋技術科学大学, 2012年10月9~10日
5. 大浦龍二, 皆本晃弥: 二重ツリー複素数離散ウェーブレット変換と区間演算に基づく改ざん検知可能な電子透かし法, 第5回ウェーブレット変換およびその応用に関するワークショップ, 豊橋技術科学大学, 2012年10月9~10日.
6. Ryuji Ohura and Teruya Minamoto: A watermarking scheme for image authentication and tamper detection using the dual-tree complex discrete wavelet transform and interval arithmetic, 電気関係学会九州支部第65回連合大会国際セッション, 長崎大学, 2012年9月24日.
7. Teruya Minamoto, "A digital image watermarking for authentication based on the dual-tree complex discrete wavelet transform and interval arithmetic" 「二重ツリー複素数離散ウェーブレット変換と区間演算を利用した改ざん検出可能な電子透かし法」, 環瀬戸内ワークショップ (Seto-Inland-Sea-Rim Workshop on Mathematical Sciences), アクロス福岡, 2012年9月7~8日
8. Minamoto, T. and Ogata, Y. and Sawai, M.: Visualization of Digital Audio Watermarking based on the Dyadic Wavelet Transform, 2012 Ninth

International Conference on Information Technology - New Generations (ITNG2012) Las Vegas, USA, April 16-18, 2012.

9. Minamoto, T. and Ohura, R.: A non-blind digital image watermarking method based on the dual-tree complex discrete wavelet transform and interval arithmetic, 2012 Ninth International Conference on Information Technology - New Generations (ITNG2012), Las Vegas, USA, April 16-18, 2012.
10. Minamoto, T. and Ohura, R.: A Non-blind Digital Image Watermarking Method Based on the Dyadic Wavelet Transform and Interval Arithmetic, 2011 International Conference on Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition (SIP 2011), Jeju Island, Korea, Dec. 8-10, 2011.
11. Minamoto, T. and Ohura, R.: A blind digital image watermarking method based on the dual-tree complex discrete wavelet transform and interval arithmetic, The 14th Annual International Conference on Information Security and Cryptology (ICISC 2011) Seoul, Korea, Nov 30-Dec.2, 2011.
12. 皆本晃弥, 「二重ツリー複素数離散ウェーブレット変換と区間演算を利用した非参照型画像電子透かし法 (A blind digital image watermarking method using the dual-tree complex discrete wavelet transform and interval arithmetic)」, 科学計算の信頼性とその周辺に関するワークショップ (Workshop on Reliability in Scientific Computing and Related Topics), 西海国立公園九十九島ビクターセンター (SAIKAI NATIONAL PARK KUJYUKUSHIMA VISITOR CENTER), 2011年11月24-26日.
13. 大浦龍二, 皆本晃弥: 二重ツリー複素数離散ウェーブレット変換と区間演算に基づく電子透かし法, 平成23年度電気関係学会九州支部連合大会, 佐賀大学, 2011年9月26-27日.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況 (計 1 件)

名称: 情報処理装置及び情報処理プログラム
発明者: 皆本 晃弥
権利者: 佐賀大学
種類: 特許
番号: 特願 2013-046790

出願年月日：2013年3月8日
国内外の別：国内

取得状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

皆本研究室研究紹介ホームページ
<http://www.ma.is.saga-u.ac.jp/~minamoto/research.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

皆本 晃弥 (Minamoto, Teruya)

佐賀大学・工学系研究科・教授

研究者番号：00294900

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：