

平成30年6月26日現在

機関番号：57301

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2016～2017

課題番号：16H07404

研究課題名(和文) リフティングウェーブレット変換に基づくコンテンツの真正性を保証する電子透かし法

研究課題名(英文) Digital image watermarking for authentication based on the lifting wavelet transform

研究代表者

大浦 龍二(OHURA, Ryuji)

佐世保工業高等専門学校・一般科目・講師

研究者番号：30781075

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：リフティングウェーブレット変換に基づく画像認証のための電子透かし法を開発した。リフティング手法では、原画像の特徴をフィルタに学習させるためのパラメータを自由に設定できる。これらのパラメータを使用して、透かし入り画像から埋め込まれた透かし情報を除去し、原画像を復元するための新しいフィルタを生成できる。これらの新しいフィルタは、原画像を復元するための回復鍵の役割を果たす。この方法により、原画像を使用できるのは、回復鍵をもつライセンス(被許諾者)だけであり、著作権侵害を妨げることができる。今回、得られた知見に基づき、内視鏡画像から早期食道癌を検出するためのコンピュータ支援診断の方法を開発した。

研究成果の概要(英文)：We propose a new recoverable digital image watermarking method based on the lifting wavelet transform. The lifting scheme contains free parameters that enable us to construct filters having features of the original image. Using these parameters, we can produce new filters to remove an embedded watermark from the watermarked image and recover the original image. These new filters play the role of a recovery key for recovering the original image. The watermarked image can deter image piracy at the same time, because the copyright infringer cannot remove the watermark and take the liberty of using the original copyrighted image without the recovery key. Therefore, only the person who is authorized to have the recovery key can use the original image. We also propose a new computer-aided diagnosis method for detecting early esophageal cancer from endoscopic image by using wavelet transform and fractal dimension.

研究分野：応用数学

キーワード：電子透かし ウェーブレット解析 区間演算 医用画像解析 フラクタル次元

### 1. 研究開始当初の背景

近年、画像編集ツールの普及により、誰でも画像の構造を簡単に編集できるようになった。そのため、ドライブレコーダや防犯カメラなどで記録されたデジタルコンテンツの証拠能力（真正性）が疑問視されていた。電子透かし法とは、コンテンツの不正利用を防ぎ、万一、不正利用された場合でも著作権を主張できるようにすることを目的としている。

従来の電子透かし法の多くは、周波数変換（例えば、フーリエ変換・離散コサイン変換・離散ウェーブレット変換など）によって画像を空間領域から周波数領域へと変換し、人間の視覚特性に基づいて人間の目に感知されにくい部分に対して、選択的に透かしを埋め込むというものであった。しかし、この方法は、画像の回転・切り取り・拡大縮小など幾何学的な操作に対して耐性が乏しい。

この主な原因としては、利用される周波数変換にはシフト不変性がないことが挙げられる。また、電子透かし入り画像の画質劣化を抑えるため、透かしとしてはPN系列や統計量に基づいた情報を利用するなど、人間にとっては分かりづらいものが利用されている、という問題もあった。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、『デジタルコンテンツに対する悪意のない改ざんに対しては、透かしの頑健性をもって、コンテンツの真正性を主張でき』、『悪意のある改ざんに対しては、透かしの脆さをもって、コンテンツの改ざんの有無と位置を特定できる』電子透かし技術を開発することである。

### 3. 研究の方法

研究代表者らが、複素数ウェーブレットやダイアディック・ウェーブレットといったシフト不変なウェーブレット変換と区間演算に基づく電子透かし法および改ざん検知可能な電子透かし法の開発を行ってきた。

また、電子透かし入り画像の劣化を防ぐためには、人間が視覚的に鈍感になる部分を探し出し、そこに透かし情報を埋める必要がある。そのような場所は高周波成分であるが、既存の画像圧縮技術もこの点に着目し、高周波成分を削除してデータ量を減らしている。そのため、高周波成分に透かしを埋めると圧縮には耐えにくくなる。しかし、低周波成分に透かしを埋めると透かし入り画像の画質が劣化する。

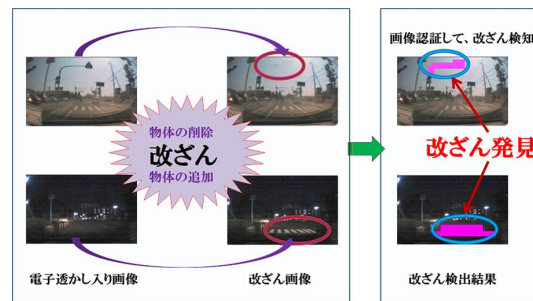
この問題を解決するために、研究代表者らは、シフト不変なウェーブレット変換と区間演算を組み合わせ、高周波成分に低周波成分の情報を付加する方法を開発した。

この電子透かし法は、画像圧縮や切り取りなどといった画像編集に耐性があるだけでなく、回転耐性もあることが確認された。



左：回転した電子透かし入り画像 右：抽出した透かし情報

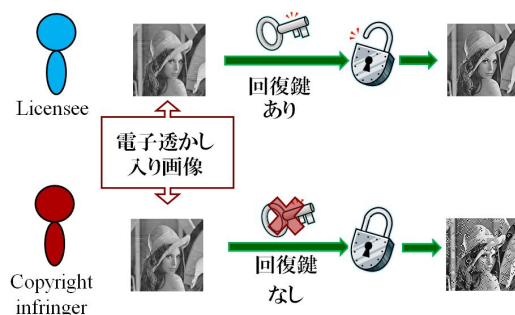
また、これらに基づいて、改ざん検知つき電子透かし法への拡張を検討した。研究代表者らは、ウェーブレット変換から得られる高周波成分の特徴量を利用することで、画像ごとに、独自の透かし画像を生成することに成功し、改ざんを検知できることを確認した。



この結果を基に、リフティングウェーブレット変換に基づくコンテンツの真正性を保証する電子透かし法を開発する。適宜、得られた成果を論文にまとめて、国内外の学会で発表する。

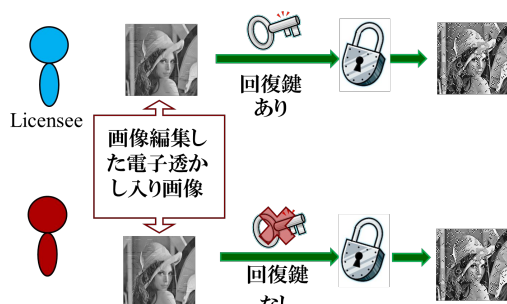
### 4. 研究成果

ウェーブレットフィルタの学習理論であるリフティングスキームを導入することにより、原画像を復元するための新しいフィルタを生成できた。これらの新しいフィルタは、原画像を復元するための回復鍵の役割を果たす。この方法により、原画像を使用できるのは、回復鍵をもつライセンス（被許諾者）だけであり、著作権侵害を妨げることもできた。



上：画像編集なしのときの、回復鍵を所有するライセンス（被許諾者）による画像認証

結果（認証成功） 下：画像編集なしのときの、著作権侵害者による画像認証結果（認証失敗）



上：画像編集ありのときの、回復鍵を所有するライセンサー（被許諾者）による画像認証結果（認証失敗） 下：画像編集ありのときの、著作権侵害者による画像認証結果（認証失敗）

研究代表者らは、シフト不変なウェーブレット変換と区間演算を組み合わせ、高周波成分に低周波成分の情報を付加する方法を開発した。これは、電子透かしを埋め込む場所を探すのではなく、「作り出す」という全く新しい発想に基づくもので、非常に独創的なものである。

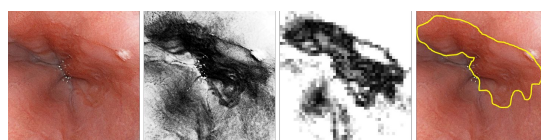
シフト不変性のあるウェーブレット変換を利用した電子透かし法の研究は始まったばかりで、その研究例は少ない。同様に、リフティングスキームに基づくウェーブレットフィルタの学習により、新しいウェーブレットフィルタを構成して、理論的にその性質を明らかにしている例も少ない。世界に溝をあけられない、という観点からも区間演算の画像処理への応用やリフティングスキームによる新しいウェーブレットフィルタの構成を検討するのは大変意義のあることである。

本研究で得られた、コンテンツの真正性を保証する電子透かし法が、ドライブレコーダや防犯カメラなどに実装されれば、それらの映像・画像データに関しては、確かな証拠能力が保証できる。

今後は、取り調べの可視化も進むと考えられ、その際に記録された映像についても同様の効果が期待でき、引いては事件・事故などの捜査の在り方にも影響を与えようと考えられる。

また、医用画像のような高解像度な画像に対応すれば、電子カルテにおける真正性の担保にもつながると考えられる。

今回、得られた知見に基づき、内視鏡画像から早期食道癌を検出するためのコンピュータ支援診断の方法を開発した。



左から内視鏡画像、開発した構造強調画像、開発したフラクタル次元による癌領域の可視化、専門医によってマーキングされた早期食道癌領域

研究代表者らは、ウェーブレット変換に基づいた画像合成とフラクタル次元を用いて、内視鏡画像から早期食道癌だと疑われる領域を検出した。提案手法における検出結果は、実際に内視鏡専門医が行う内視鏡を使った診察で、早期食道癌だと診断された 23 症例、135 枚の画像において、もれなく異常な領域を検出することに成功した。

現在、内視鏡システムによる専門医の診断においては、食道癌や胃癌に関して標準化された診断基準がない。つまり、専門医は、経験や知識によって、診断を行い、何を知覚して癌だと診断するのか、という診断基準については統一されていない。本研究成果で得られた結果が、内視鏡システムに、コンピュータ支援診断というシステムとして搭載されれば、専門医の診断を手助けすることが期待できる。さらに、癌領域を、数学・情報の力を借りて、数値化・可視化・モデル化できれば、内視鏡システムにおける画像診断時の新たな診断基準の開発と、専門医育成の一助になると予想される。

## 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 2 件)

1. Ohura, R., Omura, H., Sakata, Y., Minamoto, T., Computer-aided diagnosis method for detecting early esophageal cancer from endoscopic image by using dyadic wavelet transform and fractal dimension, *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2016 Vol.448, pp.929-938, DOI: 10.1007/978-3-319-32467-8\_80, 査読あり
2. Matsunaga, H., Omura, H., Ohura, R., Minamoto, T., Daubechies wavelet-based method for early esophageal cancer detection from flexible spectral imaging color enhancement image, *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2016 Vol.448, pp.939-948, DOI: 10.1007/978-3-319-32467-8\_81, 査読あり

〔学会発表〕(計 2 件)

1. Ohura, R., Omura, H., Sakata, Y., Minamoto, T., Computer-aided diagnosis method for detecting early esophageal cancer from endoscopic image by using dyadic wavelet transform and fractal dimension, Advances in Intelligent Systems and Computing, 2016 13th International Conference on Information, Technology: New Generations (国際学会), 2016年4月11日~2016年4月13日, Las Vegas, USA
2. Matsunaga, H., Omura, H., Ohura, R., Minamoto, T., Daubechies wavelet-based method for early esophageal cancer detection from flexible spectral imaging color enhancement image, Advances in Intelligent Systems and Computing, 2016 13th International Conference on Information, Technology: New Generations (国際学会), 2016年4月11日~2016年4月13日, Las Vegas, USA

研究者番号:

(3)連携研究者

( )

研究者番号:

(4)研究協力者

皆本 晃弥 (MINAMOTO, Teruya)  
佐賀大学・工学系研究科・教授  
研究者番号: 00294900

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計 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〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

大浦 龍二 (OHURA, Ryuji)  
佐世保工業高等専門学校・一般科目・講師  
研究者番号: 30781075

(2)研究分担者

( )