

氏名	楊 智 梅 (
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	工博甲第250号
学位授与の日付	平成19年3月23日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	実数型直交変換における Sign-only Synthesis に関する研究
論文審査委員	主査 教授 近藤 浩 " 恵良 秀則 " 高城 洋明 " 芹川 聖一

学位論文内容の要旨

本論文では、実数型直交変換における符号のみの逆変換、すなわち Sign-only Synthesis (SOS) について述べる。

フーリエ変換は信号解析など工学、理学の広い分野で利用されている重要な手法の一つである。1次元信号にフーリエ変換を行うことによって、時間波形がどのような周波数成分から構成されているかを調べることができる。

画像にフーリエ変換を行うと、空間的な濃度分布が空間周波数スペクトルに分解される。この空間周波数スペクトルを振幅スペクトルと位相スペクトルに分けて考えた場合、振幅スペクトルは画像の明暗すなわち濃度に関する情報を、位相スペクトルはエッジや輪郭に関する情報を持っていることが知られている。

画像に実数型の直交変換を行った場合も、フーリエ変換と同様に空間的な濃度分布が変換係数に分解される。このとき、フーリエ変換の空間周波数スペクトルと直交変換の変換係数を対応させて考えると、フーリエ変換の振幅スペクトルは直交変換の変換係数の振幅に、位相スペクトルは符号に対応させて考えることができる。

位相情報は画像解析にとっては重要な役割を果たすことを知られている。位相スペクトルを用いたテクスチャ解析、視覚信号の検出と識別など様々な分野で活躍している。フーリエ変換の位相項のみを用いて逆変換を行うこと、すなわち位相のみの逆変換は Phase-only Synthesis (POS) と呼ばれている。POS は信号の高周波成分を強調するため、画像のエッジや輪郭線を強調・抽出できる手法として医療の分野 (X線写真、乳ガン検診等) などで用いられている。

本研究では、フーリエ変換における位相のみの逆変換 (POS) を基礎として、実数型の直交変換における符号のみの逆変換 (SOS) を提案する。POS は複素数計算が必要であるが、SOS は実数入力に対して実数の変換係数が得られるため、実数計算のみで行えるという特徴を持つ。実数型の直交変換には様々なものがあるが、本論文では代表的なものについてのみ述べる。特に画像圧縮などでもよく用いられている離散コサイン変換 (DCT) は、入力信号を偶対称にしたフーリエ変換と等価であるため、POS と同様な結果を高速に得ることができると考えられる。このような性質から、本研究では実数型直交変換として DCT を用いることにする。

第2章では、POS と SOS の原理と特徴を述べ、それらの比較を行う。POS と SOS を比較することによって、SOS は POS と同様な性質を持っていることを示す。また、種々の直交変換における SOS の性質を調べ、計算速度やノイズの発生量などから離散コサイン変換が実数型直交変換の中でもベストな手法であることを示す。

第3章では、SOS の特徴をエッジ・モデルを用いて考察する。ここでは、代表的なエッジ・モデルについてラプラシアンと SOS の波形を示し比較している。さらに画像に対して SOS を行った場合に平坦部で発生するノイズの削減法について提案する。本研究で提案する「重畳型 SOS (Superimposed SOS)」は、SOS 画像の平坦部で発生するランダムなノイズを効果的に削減できる。

第4章では、SOSの応用として、ぼけ画像の新しいシャープニング法を提案する。

SOSは画像のエッジ部や輪郭部を強調するため、ぼけ画像のシャープニングに効果的であると考えられる。ぼけ画像のシャープニング法としてはラプラシアンを用いたアンシャープマスキングが一般的であるが、本研究では、ラプラシアンとSOSの長所をそれぞれ生かした新しいアンシャープマスキング法を提案する。

第5章はまとめであり、本研究のオリジナリティと今後の問題点を述べる。

学位論文審査の結果の要旨

本論文は実数型直交変換における変換係数の符号の持つ性質についてはじめて系統立てて調べたもので、代表的実数型直交変換としてよく知られているDCT(離散コサイン変換)を中心に、そのSign-only Synthesis、すなわち係数符号のみの逆変換における各種直交変換の間の相異を詳細に説明したものである。また、その応用例も示し、その適用範囲の広さ等から、本研究は工学の基礎の一部分をなすものと思われる。従来からフーリエ変換の位相については興味ある性質が隠されていることは分かっていた。この性質についてはかなり解明されてきたが、実数型直交変換に対しては未だそのような知見は与えられていなかった。実数型直交変換では直接的には位相に対応するものが無く、強いて言えばプラスとマイナスの符号がそれに相当するものとなる。このプラスとマイナスのたった1Bitの符号の中にどのような情報が隠されているかを解明することが本研究の目的である。まず本論文では従来から知られているフーリエ変換によるPhase-only Synthesisを示し、位相の持つ情報量について吟味した。その結果画像に関してはその骨格となる輪郭情報を位相が担っていることが分かった。次に画像圧縮などでもっとも利用されている実数型直交変換である離散コサイン変換(DCT)についてその変換係数の持つ性質を吟味した。結果はフーリエ変換の位相と非常によく似た性質をDCT変換係数の符号も持つことが分かった。フーリエ位相は連続量でBit数にすると大きなBit数を持つから画像の細部に至るまでの情報量を持っていても不思議ではないが、DCT符号はただの1Bit(プラスかマイナス)であり、それにも関わらず細部に至るまでの画像輪郭情報を持っているという事は多少驚きであった。さらに画像のDCT-Sign-only Synthesisがその画像の2階差分画像に近いことから2次元2階差分との類似性や雑音特性を詳細に吟味した。また他の実数型直交変換であるアダマル変換やハートレー変換、2値位相フーリエ変換、K-L変換などについても同様の性質を有することを確認している。アプリケーションとしてSign-only Synthesisを用いたエッジシャープニングを行い従来手法よりも優れた結果を得ている。ここではまず従来手法で用いられるラプラシアンとSign-only Synthesisのステップ入力に対する応答を詳細に調べた。ステップ入力は画像に対してエッジを意味するものであり、画像のエッジにどのような効果が期待できるかを知るためには有効な手法である。この結果ラプラシアンは弱いエッジに対しては適度な強調をしてくれるが強いエッジに対しては過度の強調により不自然になり易いということがわかった。これに対してSign-only Synthesisは弱いエッジはもちろん、強いエッジに対しても不自然さを損なうことなく強調することが分かった。これはもともとの画像に依存した情報を使用するからである。ただしラプラシアンと比較してSign-only Synthesisはこれ自体ノイズを発生する。そこでこのノイズを抑圧するため新たに重畳型Sign-only Synthesisを開発し、ほぼ完璧に発生したノイズを抑えることに成功している。エッジシャープニングには従来手法にこの重畳法を加えて行う手法を開発している。ここではラプラシアンとSign-only Synthesisを線形結合の形で融合させ最適係数を探りだしたのち、違和感のない自然なつながりを持つ画像のシャープニングを完成させている。得られた知見を総合して本論文はその研究目的を達成しており信号解析の分野に十分な寄与をするものと認められる。よって本論文は博士(工学)の学位論文に値するものと認める。また審査委員および公聴会における出席者からいくつかの質問がなされたがいずれも適切に回答し、質問者の理解が得られた。以上の結果から同審査委員会は筆者が最終試験に合格したものと認める。