4K-1

複素ケプストラムのテクスチャ解析への応用

山本　啓一　　板橋　秀一
（筑波大学）

1．はじめに

画像処理におけるテクスチャ解析は、ランダムテクスチャの領域分割を主な目的とする統計的手法と、規則的テクスチャからの３次元情報の取得や情報量の圧縮を目的とする構造的手法とに分類される。われわれは２次元フーリエ変換と複素対数を用いて計算される２次元複素ケプストラム空間上で、規則的テクスチャの配列規則を求め、その単位要素を抽出する方法を発表した[1]。しかし、複素ケプストラムの計算には複雑な位相アンラップ処理が必要であった。本稿では、BednarとWattによって提案された、位相アンラップの不用な複素ケプストラム計算アルゴリズム[2]によるテクスチャ解析を検討する。

2．位相アンラップ計算上の問題点

m×n画素に離散化された画像x(m,n)の複素ケプストラムc(m,n)は次の式で定義される。

$$c(m,n)=F^{-1}[\log(F[x(m,n)])]$$

ここでＦは２次元フーリエ変換、logは複素対数であり、

$$\log(y)=\log|y|+j\cdot P$$
$$P=\tan^{-1}(y_i/y_r)$$

である。したがって、計算機でＰを計算しようとするとその値が主値（$-2\pi<P<2\pi$）にまるめられてしまうという不都合が生じる。そのため正しく位相Ｐを求めるには位相アンラップと呼ばれる処理が必要になる。１次元の位相アンラップについてはTriboletらの適応的積分法[3]などがあるが、正しい解を求められない場合がある。また、これらを２次元にそのまま適用することは困難である。これは、図１に示したように、ｘ方向の位相をアンラップした後にｙ方向の位相をアンラップすると、ｘ方向での位相の連続性がもはや保てなくなることに起因する。このため、ｘ、ｙ方向についてそれぞれ同様な処理を繰り返す必要がある。

3．位相アンラップの不用な複素ケプストラム

Bednar及びWattは１次元フーリエ変換の導関数に関する次の次のような性質

$$F[n\cdot x(n)]=j\cdot(F[x(n)])'$$

（'は導関数を表わす）

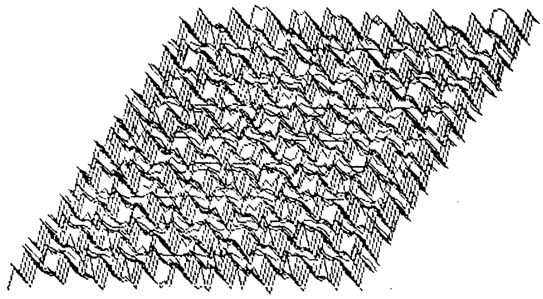
に着目し、位相アンラップを行わずに複素ケプストラムc(n)を求める式

$$F[n\cdot c(n)]=\frac{\overline{F[x(n)]}\cdot F[n\cdot x(n)]}{|F[x(n)]|^2} \qquad (1)$$

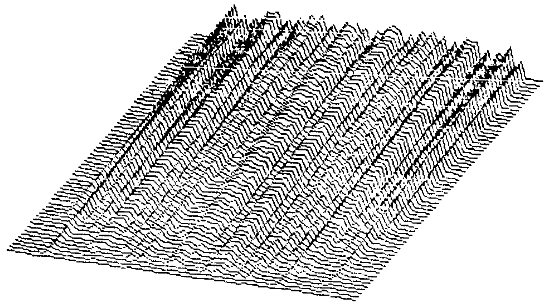
を導出した[2]。n•x(n)は配列x(n)の各要素にそのインデックスnを乗じたものであり、上線￣は共役をとることを意味する。

4．配列規則抽出アルゴリズム

(1)式の両辺をフーリエ逆変換し、c(0)を除く各要素をインデックスnで割ることにより複素ケプストラ



a.　アンラップ前の位相



b.　アンラップ後の位相

図１

An Application of Complex Cepstrum Method to Texture Analisys
Keiichi YAMAMOTO, Shuichi ITAHASHI
University of Tsukuba.

ムを得る。定義より、log(|F[x(n)|])の平均はc(0)に等しい。もしx(n)がそのパワーが0となるような周波数スペクトルを持つならば(1)式は不能であるが、x(n)に指数窓をかけることによりこのような点の発生をなくすことができる。指数窓はエコー検出にも有効である。2次元の場合も同様に、

$$F[m\cdot c(m,n)]=\frac{\overline{F[x(m,n)]}\cdot F[m\cdot x(m,n)]}{|F[x(m,n)]|^2}\quad(2)$$

または

$$F[n\cdot c(m,n)]=\frac{\overline{F[x(m,n)]}\cdot F[n\cdot x(m,n)]}{|F[x(m,n)]|^2}\quad(3)$$

が成り立つ。(2)式でm=0の時、すなわちc(0,n)は直接は計算できないが、c(0,0)以外の値は(2)式と(3)式が互いに補完できることから求められる。c(0,0)は1次元の場合と同様にlog(|F[x(m,n)]|)に等しい。

位相アンラップの不用な複素ケプストラム計算法を用いて規則的テクスチャの配列規則を求めるアルゴリズムは次のようになる。

1)原画像に対し指数窓をかけてx(m,n)を得る。

2)x(m,n), m•x(m,n), n•x(m,n)の2次元フーリエ変換を用いてF[m•c(m,n)],F[n•c(m,n)]を計算する。

3)上で求めた結果をフーリエ逆変換しm=n=0の場合を除くc(m,n)を求める。

4)log(|F[x(m,n)]|)の平均を求め、c(0,0)に代入する。

5)ノッチリフタによりc(m,n)上に現われた配列規則に対応するパルスを除去する。

6)フーリエ変換、複素指数、フーリエ逆変換、逆指数窓の順で処理を行い単位画像だけからなる再生画像を得る。

この解析法によって画像を再構成すると単位画像が左上隅の原点にシフトしたものが得られる。現在、ノッチリフタによって除去されるべきパルス列は、単位画像の形状に起因するパルスとの区別が困難であるため、人手を介して指定しなければならない。

5. 実験例

図2のテクスチャ画像に対して位相アンラップを用いずに求めた複素ケプストラム及び周期性を示すパルスを除去して再生された単位画像をそれぞれを図3，図4に示す。

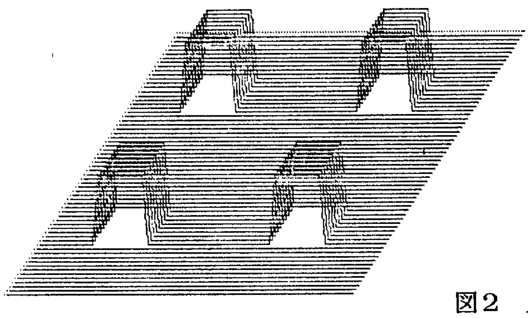


図2　入力画像

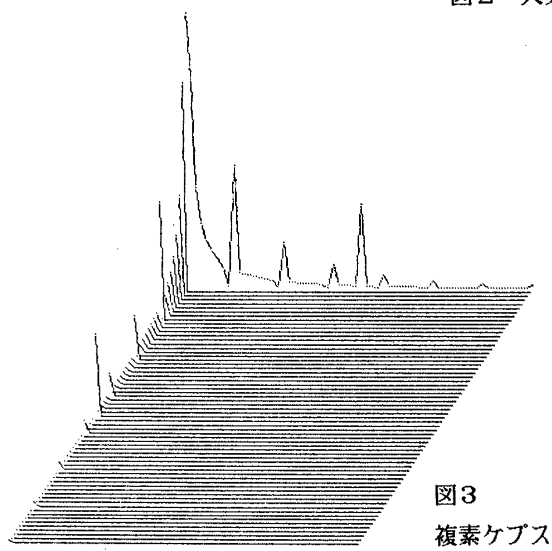


図3
複素ケプストラム

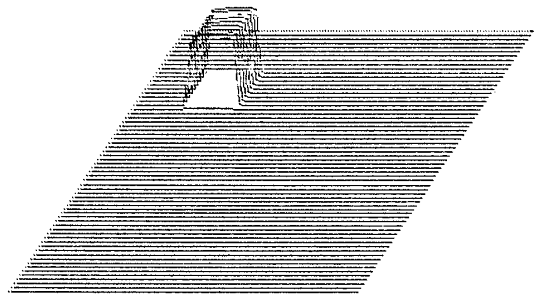


図4　再生画像

6. まとめ

規則的パターンの周期性を求めるだけならば自己相関関数が有効であるが、これは位相情報を持たないため画像の再構成には不適である。位相情報を保存する複素ケプストラムを用いることによって配列規則と単位画像の分離抽出が可能になる。

[参考文献]

[1] 山本ほか：複素ケプストラムを用いたテクスチャ解析の一方法、情報処理学会第36回全国大会4W-6(1988).

[2] J.B.Bedner, T.L.Watt, "Calculating the Complex Cepstrum Without Phase Unwrapping or Integration", IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, Vol.ASSP-33, No.4, pp.1014-1017(1985).

[3] J.M.Tribolet, "A New Phase Unwrapping Algorithm", IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, Vol.ASSP-25, pp.170-175(1977).