T３　クロススケーログラムによる誤差情報付き視差推定と奥行推定への適用

藤浪靖史　中静真*　菊池久和**　石井郁夫　牧野秀夫*
新潟大学大学院自然科学研究科　*新潟大学工学部情報工学科　**新潟大学工学部電気電子工学科

1．はじめに

近年，複素バンドパスフィルタの位相を用いて視差推定が行われている．代表的なものとしてガボール関数をインパルス応答とするフィルタを用いた推定法[1],[2],[3]や複素関数を基底関数としたウェーブレット変換を用いた視差推定方法などがある．

これらのうち，クロススケーログラムによる視差推定法[4]では，各スケールでの誤差解析により推定値に含まれる相対誤差の上界を求め，相対誤差を最小とするスケールで視差を推定している．従って，相対誤差の分布範囲が視差と同時に計算されるという特長がある．本報告では，クロススケーログラムにより得られた視差と相対誤差の上界を用いて奥行推定を行い，その結果より誤差情報の利用の有効性を確認する．

2．クロススケーログラムによる視差推定

クロススケーログラムによる視差推定法では，２つの信号の複素ウェーブレット変換の位相差により視差を推定する．クロススケーログラムによる方法は，ピクセル間の相関の低い画像についても測定可能であり，位相の連続性から１ピクセル未満の視差に対しても適応可能という特徴を持つ．以下にクロススケーログラムによる視差推定法について説明する．

本報告では，ガボールウェーブレット変換$W_a(x)$

$$W_a(x)=f\otimes g_a(x) \tag{1}$$

を信号$f(x)$とスケール変換を施したガボール関数$g_a(x)$との畳み込みと定義する．ここで，$\otimes$は畳み込み積分を表し$g_a(x)$は基底関数，

$$g_a(x)=\frac{1}{\sqrt{a}}\exp\left(-\frac{x^2}{2a^2}\right)\exp\left(\frac{j\omega x}{a}\right) \tag{2}$$

である．aはスケールであり，ωは中心周波数をそれぞれ示す．２つの信号を$u(x)$，$v(x)$とし，それぞれのガボールウェーブレット変換を$U_a(x)$，$V_a(x)$とすると，クロススケーログラムは，

$$C_a^{u,v}(x)=U_a(x)V_a(x)^* \tag{3}$$

と定義される．肩符の＊は複素共役を表す．

ガボールウェーブレット変換の位相の性質から，２つの$u(x)$，$v(x)$信号の位相差であるクロススケーログラムの位相$\Phi_a^{u,v}(x)$の一階微分は，

$$\frac{d\Phi_a^{u,v}}{dx}=\frac{\omega}{a}+\mu_a(x) \tag{4}$$

となり，信号に依存しない定数ω/aと信号に依存する$\mu_a(x)$で表すことができる．式(4)に対し積分を行うことにて，位相$\Phi_a^{u,v}(x)$は，視差Δと誤差項$\mu_a(x)$により

$$\Phi_a^{u,v}=\frac{\omega}{a}\Delta+\int_x^{x+\Delta}\mu_a(\tau)d\tau \tag{5}$$

で表すことができる．式(5)より右辺第２項の推定誤差項が最小となるスケールaを選び，$\Phi_a^{u,v}(x)$から視差の推定を行うことができる[4]．ここで，誤差項$\mu_a(x)$は，ガボールウェーブレット変換$W_a(x)$により

$$\mu_a(x)=\frac{1}{a}\left|\frac{H_a(x)}{W_a(x)}\right|\cos\left(\theta_a(x)-\Phi_a^{u,v}(x)+\frac{\pi}{2}\right) \tag{6}$$

と求められる．$H_a(x)$は，$x/a*g_a(x)$を基底関数とするウェーブレット変換である．$\mu_a(x)$より，視差と推定誤差との比，すなわち相対誤差$R_a^{u,v}(x)$は，

$$R_a^{u,v}(x)=\frac{a}{\Delta\omega}\left|\int_x^{x+\Delta}\mu_a(\tau)d\tau\right| \tag{7}$$

である．更に，積分を

$$\int_x^{x+\Delta}\mu_a(\tau)d\tau\approx\Delta\mu_a(x) \tag{8}$$

と近似することで，相対誤差を，

$$R_a^{u,v}(x)\approx\frac{a}{\omega}\mu_a(x) \tag{9}$$

と推定することができる．ここで，$\mu_a(x)$の上界は，

$$\mu_a(x)_{max}=\frac{1}{a}\left|\frac{H_a(x)}{W_a(x)}\right| \tag{10}$$

として求めることができる．以上により，$H_a(x)$と$W_a(x)$より視差Δが未知であっても相対誤差$R_a^{u,v}(x)$の上界を推定することができる．

3．奥行推定への適用

この章では，クロススケーログラムによって求められた視差と相対誤差の上界の推定値を用いて奥行き推定のシミュレーションを行う．

原画像は横方向のみに移動している動画像より２枚の画像を抜き出し原画像とした．そのうちの１枚を図１に示す．シミュレーションの手順は，第２章で説明したクロススケーログラムにより２枚の原画像から視差と相対誤差の上界を求める．次に，求められた視差と相対誤差の情報を用いて奥行推定を行う．相対誤差の情報を用いた奥行推定の方法は，はじめに各ピクセルの視差$\Delta_i(n)$より奥行き$d_i(n)$

$$d_i(n)=\frac{l}{\Delta_i(n)} \tag{11}$$

を求める．ここで，（i，n）は画像上の座標を表す．

その後，相対誤差が10%を超えるもの除いて推定された奥行きの修正を行う．除去された座標ではゆるやかに奥行きが変化しているものと仮定して，評価関数Q

$$Q = \sum_i \sum_n [(\hat{d}_i(n) - d_i(n))^2 + \alpha(\hat{d}_i(n) - \hat{d}_i(n-1))^2 + \alpha(\hat{d}_i(n) - \hat{d}_{i-1}(n))^2 + \alpha(\hat{d}_i(n) - \hat{d}_{i-1}(n-1))^2 + \alpha(\hat{d}_i(n) - \hat{d}_{i+1}(n-1))^2] \quad (13)$$

ただし，相対誤差が10%以下の座標は$\hat{d}_i(n) = d_i(n)$する．

を与え，この評価関数を最小とする修正後の奥行き$\hat{d}_i(n)$を求める．視差情報$\Delta_i(n)$からの奥行の計算結果を図2に示し，相対誤差が10%を超える座標を黒で表示した分布を図3に示す．また，相対誤差の情報を用いて式(12)より修正した奥行推定結果を図4示す．

図2の誤差情報を用いない場合は，画像の中央の2本の木の間に明らかな推定誤差があることが分かる．しかし，相対誤差の情報を用い場合，相対誤差が大きい座標の推定値は奥行の推定に用いないために誤差が減少している．

4．まとめ

クロススケーログラムにより求められる相対誤差の情報を用いることで，奥行きの推定誤差を減少させることができ，相対誤差を利用することの有効性を確認できた．今後の課題としては，視差の精度の向上と，更に効果的な相対誤差の利用法が挙げられる．

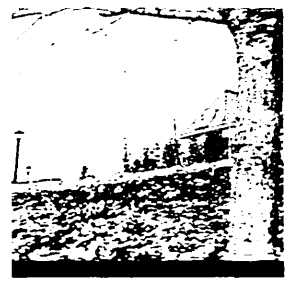

図1 原画像

図2 視差のみからの奥行推定の結果

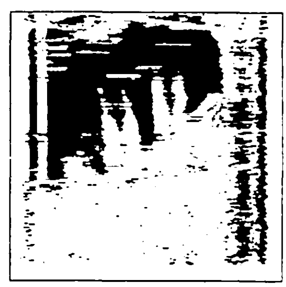

図3相対誤差の分布（0.1以上は黒）

図4 相対誤差の情報を用いた奥行推定結果

参考文献

[1] Devid J. Fleet, Allan D. Jepson and Michael R. Jenkin, "Phase-Based Disparity Measuement," *CVGIP: Image understanding*, **53**, 2 ,pp.198-210, March, 1991

[2] Jenkin R.M.M.,Jepson D.A. and Tsotsos J.k.: "Techniques for disparitymeasurement", *CVGIP:Image understanding*, **53**, 1, pp.14-30, Jan., 1991

[3] T.D.Sanger, "Stereo Disparity Computation Using Gabor Filters", *Biol.Cybern.*, 59, pp.405-418, 1988

[4] 中静 真,菊池 久和,石井 郁夫，牧野 秀夫，"クロススケーログラムによる推移量推定，"電子情報通信学会論文誌,Vol.**J77-A** No.8 pp.1075-1083 1994年8月.