

笠 原 久 美 雄

伊 東 尚

近 藤 倫 正

Kumio Kasahara

Sho Ito

Michimasa Kondo

三 菱 電 機 株 式 会 社

Mitsubishi Electric Corporation

〔 1 〕 ま え が き

テレビなどの画像信号を用いて、参照信号との相関係数を求め、その最大値（又は、最小値）を与える座標を検出し追尾する相関追尾装置は、複雑背景中の目標の追尾に適用性が高い<sup>1)</sup>。

しかし、従来の検討では、参照信号と被相関信号の間のSNRや位置、縮尺、角度などの違いに対する適用範囲が明確ではなかった。

ここでは、画像情報は、ピーク値近傍でガウス分布をする自己相関関数と、ランダム性のガウス形振幅分布を持つとし、これを積相関演算又は差の絶対値相関演算を行なって、目標を追尾する場合の追尾精度と上記パラメータとの関係を検討した。また、検討結果を計算機を用いたシミュレーションにより評価したのでその内容を報告する。

〔 2 〕 動 作 原 理

図1および図2に、相関追尾装置の動作を説明するための画像信号と相関関数を示す。

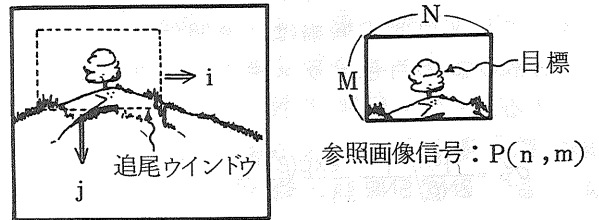
目標を含む、大きさM画素×N画素の画像信号を参照信号とし、これを被相関画像信号（以下では被相関信号と呼ぶ）においてiおよびj方向に走査し、次の相関アルゴリズムにより相関関数 $C_P(i, j)$ 又は $C_M(i, j)$ を求め、その最大値又は最小値を与える座標を検出するものである。

(1) 積相関 (Product : PRODUCT と呼ぶ)

(2) 差の絶対値相関 (Mean Absolute Difference : MAD と呼ぶ)

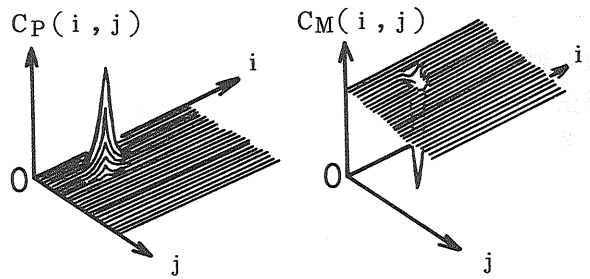
$$C_P(i, j) = \frac{1}{MN} \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M P(n, m) Q(i+n, j+m) \quad (1)$$

$$C_M(i, j) = \frac{1}{MN} \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M |P(n, m) - Q(i+n, j+m)| \quad (2)$$



被相関画像信号 :  $Q(i+n, j+m)$

図1 参照画像信号と被相関画像信号



(a) PRODUCTの場合

(b) MADの場合

図2 相関関数  $C_P(i, j), C_M(i, j)$

〔 3 〕 追 尾 精 度 の 理 論 式

ここでは、図3に示すように、長さN画素、幅M画素の追尾ウインドウを直交して設け、各ウインドウの幅方向に加算平均して1次元画像信号に圧縮する場合を与える。

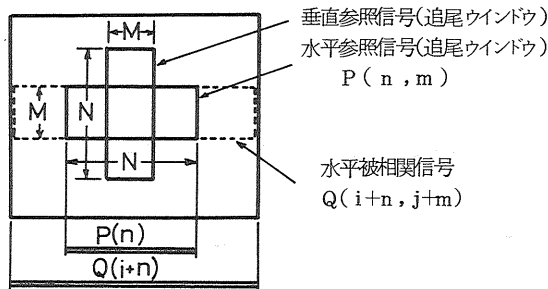


図3 十字形追尾ウィンドウ

いま、水平方向を例にとり、その相関関数を  $C_P(i)$  および  $C_M(i)$  とすると、追尾精度は、 $C_P(i)$  を最大 (又は  $C_M(i)$  を最小) とする座標の検出精度となり、PRODUCT の場合を  $\sigma_P$ 、MAD の場合を  $\sigma_M$  とすると、次の条件のもとで式(3)および式(4)と表わされる。

- (1) 画像信号の振幅分布は、定常確率過程かつエルゴード性を満足する平均値 0、分散  $\sigma_s^2$  のランダム性のガウス分布とする。
- (2) 被相関信号の振幅は、参照信号に平均値 0、分散  $\sigma_n^2$  の白色ガウス雑音音が重畳されたものとする。

$$\sigma_P = \frac{1}{2N\beta^2} \sqrt{\frac{1}{\text{SNR}} \frac{\exp(\beta^2 \theta^2 t^2)}{1 - \frac{\beta^2 \varepsilon^2 N^2}{3}}} \quad (3)$$

$$\sigma_M = \frac{1}{2N\beta^2} \sqrt{\frac{\pi}{4} \frac{1}{\text{SNR}}} \times \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{2\text{SNR}} \sqrt{1 + \frac{1}{2\text{SNR}} \exp(\beta^2 \theta^2 t^2)} \left( 1 + \frac{\beta^2 \varepsilon^2 N^2 \exp(-\beta^2 \theta^2 t^2)}{6 \left( \frac{1}{2\text{SNR}} \exp(\beta^2 \theta^2 t^2) \right) \right)}}} \quad (4)$$

ただし、SNR は信号対雑音比、 $\beta$  は画像信号の細かさを表わす定数、 $t$  は蓄積時間、 $\theta$  は画面上での並進速度、 $\varepsilon$  は倍率および回転角度の変化量である。

$$\text{SNR} = \left( \frac{\sigma_s^2}{\sigma_n^2} \right) \quad (5)$$

$$\varepsilon = (1-a)^2 + a\phi^2 \quad (a: \text{倍率}, \phi: \text{回転角度}) \quad (6)$$

図4～図6に、追尾精度のSNR依存性、 $\theta$ 依存性および $\varepsilon$ 依存性を示す。図4～図6から、次のことがわかる。

- (1) 低SNRの目標に対して、PRODUCTの方が精度が高い。
- (2) 精度は、 $\theta < 200$  画素/sec の範囲において、並進速度に依存しない。
- (3) 並進、倍率、回転角度の変化を伴う目標に対し、PRODUCTの方が適用範囲が広い。

なお、図4には、 $\beta=0.05$ /画素の静止目標に対し、計算機シミュレーションにより求めた実験値を示しているが、PRODUCTの場合、計算値は実験値を説明するものであることがわかる。

#### [4] むすび

相関追尾装置の追尾精度と相関アルゴリズムの関係を検討し、積相関アルゴリズムは、差の絶対値相関アルゴリズムと比較し、各種の運動を伴う目標の追尾に適用性の高いことを明らかにした。

文献 1) M.G.Woolfson: Digital Area Correlation Tracker, NAECON(1978)

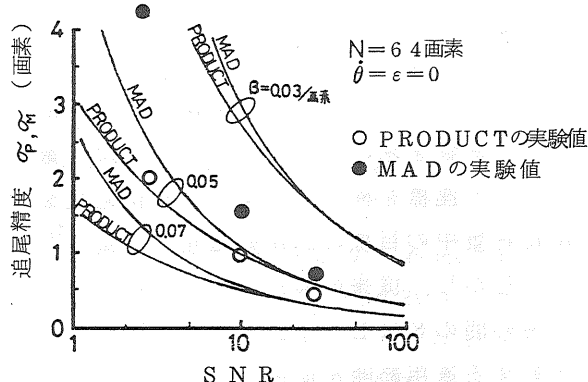


図4 追尾精度のSNR依存性

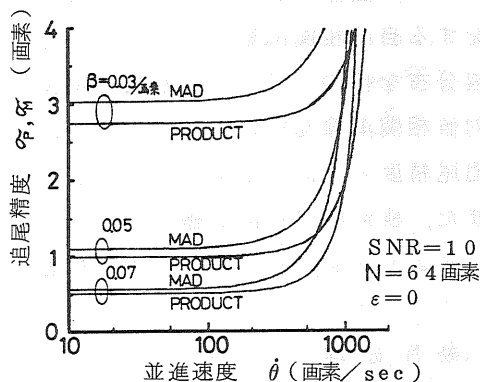


図5 追尾精度のtheta依存性

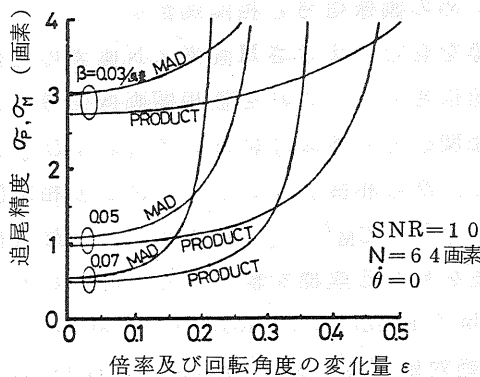


図6 追尾精度のepsilon依存性