

時空間フーリエスペクトルを用いた動ベクトル検出

5 K-2

佐藤牧子* 松島俊明* 橋本周司**

*東邦大学理学部情報科学科 **早稲田大学理工学部応用物理学科

1. はじめに

筆者らは既に時空間フーリエスペクトルを用いた動ベクトル抽出について報告をした[1]. この方法は、時空間フーリエスペクトルの分布する平面を最小二乗法により推定して動ベクトルを抽出するため、雑音に強いことが期待できる. 今回、平面推定の2つの方式について耐雑音性を検討したので報告する.

2. 原理

画像 $f(x, y)$ が、一定速度 $v = \{v_x, v_y\}$ で動く場合を考えると、見かけ上動画像となり、 $f(x + v_x \cdot t, y + v_y \cdot t)$ と表すことができる. これを、 x, y, t についてフーリエ変換すると、

$$F(k_x, k_y, w) = \iiint f(x + v_x \cdot t, y + v_y \cdot t) \exp(-i \cdot 2\pi k_x \cdot x) \exp(-i \cdot 2\pi k_y \cdot y) \exp(-i \cdot 2\pi w \cdot t) dx dy dt$$

$$= F(k_x, k_y) \cdot \delta([k_x \cdot v_x + k_y \cdot v_y] - w) \dots \dots (式1)$$

ここで、 $F(k_x, k_y)$ は、 $f(x, y)$ のフーリエ変換である.

上式から、フーリエスペクトルは、

$$w - k_x \cdot v_x - k_y \cdot v_y = 0 \dots \dots (式2)$$

の平面上に、分布することがわかる[2]. したがって、画像を x, y, t について時空間フーリエ変換した結果のスペクトルから、最小二乗法によって、式2の平面の傾きを決定すれば、その係数から動ベクトルが求められる.

式2は3次元空間内での平面を表すから、その傾きは、 $k_x - w$ 平面、 $k_y - w$ 平面での切片から求めることができる. F をフーリエ変換とすると、

$$F[\int f(x, y, t) dy] = F[f_y(x, t)] = F_y(k_x, w) = F(k_x, 0, w)$$

であるから、ブロックごとに y 方向へのプロジェクションを取った2次元パターンに対するフーリエ変換により、 $F(k_x, 0, w)$ が求まる.

3. 実験結果

連続8フレームの画像を用いて、 8×8 ブロックごとに、上の原理によって動ベクトルの推定を試みた. 前回の報告(以下、モーメント法と呼ぶ)では、 v_x を

$$F_y(k_x, w) = \sum_x \sum_t (\sum_y f(x, y, t)) \exp(-i2\pi k_x \cdot x/N) \exp(-i2\pi w \cdot t/N)$$

$$v_x = \tan(\frac{\sum_j |F_y(k_{x1}, w_j)|^2 r_{1j}^2 \theta_{1j}}{\sum_j |F_y(k_{x1}, w_j)|^2 r_{1j}^2}) \dots (式3)$$

ただし $r_{1j} = \sqrt{k_{x1}^2 + w_j^2}$, $\theta_{1j} = \arctan(w_j / k_{x1})$

により、荷重つきモーメントの最小二乗法で推定したが、今回はさらに次式により直接切片の傾きを最小二乗推定する直接方式も検討した(以下、直接法と呼ぶ).

$$v_x = \frac{-\sum_j \{F_y(k_{x1}, w_j) \cdot (k_{x1}^2 - w_j^2) \pm \sqrt{D_x}\}}{2 \sum_j F_y(k_{x1}, w_j) \cdot k_{x1} \cdot w_j}$$

ただし、

$$D_x = \{\sum_j F_y(k_{x1}, w_j) \cdot (k_{x1}^2 - w_j^2)\}^2 + 4 \{\sum_j F_y(k_{x1}, w_j) \cdot k_{x1} \cdot w_j\}^2 \dots (式4)$$

上式では、 v_x は二つの実数解を持つが、フレーム間では動きは微小であるとし、 $|v_x| < 1$ の解を採用することとした. 上の両方式とも、 v_y も同様に求めることができる.

周期4 pixelの正弦画像を、0.5 pixel/frameの速度で移動させた連続画像8フレームに雑音を加え、動ベクトル抽出の比較を行った. 雑音の大きさは、画素値の最大幅の0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%の6種類で行い、それぞれ勾配法、モーメント法、直接法を比較した. 図1に雑音が100%の画像の例を示す. 表1のように、直接法は、雑音に対して安定した動ベクトル抽出が行えることが分かった.

また、実際の画像について実験を行ったところ、図2のように、モーメント法に比べて、動ベクトルがきれい

に抽出できることが分かった。

方法 noise	直接法		モーメント法		勾配法	
	V_x	σ_x	V_x	σ_x	V_x	σ_x
0%	0.50000	0.00001	0.49998	0.00268	0.41944	0.00169
20%	0.49939	0.00049	0.49445	0.00159	0.41885	0.00397
40%	0.49765	0.00157	0.47943	0.00626	0.40707	0.00814
60%	0.49566	0.00368	0.46532	0.01118	0.38450	0.01238
80%	0.49294	0.00667	0.44061	0.01742	0.35196	0.01789
100%	0.48893	0.01124	0.42647	0.02563	0.31065	0.02208

表1 雑音に対する各方式の比較 (V_x は動ベクトル, σ_x は動ベクトルの標準偏差)

4. まとめ

雑音を含んだ動画像について、勾配法と本方式による動ベクトル抽出の比較を行った結果、勾配法より本方式の方が安定して動ベクトルを抽出できることが分かった。また、勾配法と異なり近似式を用いていないため、実画像に対する結果も良好だった。今後、様々なブロックサイズについて実験を行っていく予定である。

文献

- [1] 牛込, 松島, 橋本, "時空間フーリエスペクトル分布による動ベクトル抽出の一方法", 1992年春期信学全大, D-666, 1992
- [2] 鈴木, 吹抜, "動画像の速度に関する二つの基本定理の等価性について", 信学論 Vol.J70-D, No.9, pp.182 8-1829, 1987
- [3] 清原, 松尾, 岩田, 鈴木, "空間周波数を用いたオプティカルフロー検出", 1992年春期信学全大, D-661, 1992

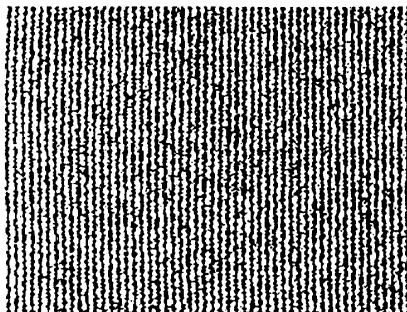
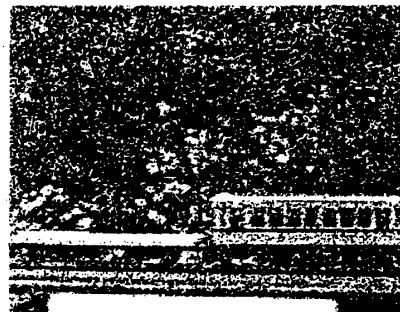
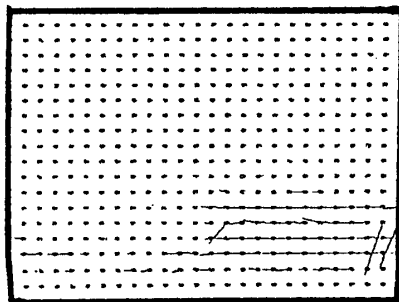


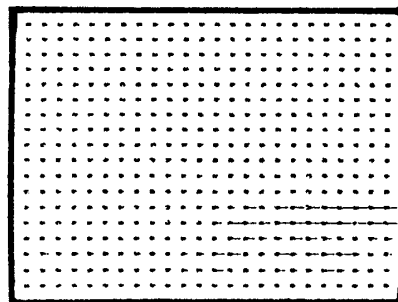
図1 雑音100%の画像
(第1フレーム)



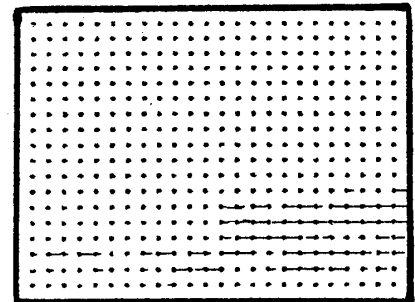
(a) 原画像



(b) 勾配法



(c) モーメント法



(d) 直接法

図2 直接法, モーメント法, 勾配法の比較