

4D-10

# 方向分散に基づく 動ベクトル場の流出点検出

川上 肇、太田 直哉

日本電気(株) C&C 情報研究所

## 1. はじめに

動画像を処理して求まる動ベクトル場は、三次元空間を自律移動するとき有用である。動ベクトル場を解析すれば見えている対象の三次元構造や動体領域、さらに自己運動を検出できる可能性がある。

特に、これらの検出を行う上で FOE(Focus of Expansion)を定めることが1つの目標となるが、従来提案されている手法は雑音のない理想的な状況を精密に扱っているものが多く<sup>[1]</sup>、実際の動画像から検出される雑音を含んだ動ベクトル場に適用するのは困難であると考えられる。雑音のある状況で視覚フィードバック系を構成する場合には、例えばベクトル場の流出点等から求まる大まかな進行方向情報を帰還するだけで十分な場合が多く、実用的な観点からは、このような手法を開発することが好ましいであろう。

そこで、我々は雑音の影響を抑えて流出点を検出するため、流出点を中心とした局所領域内では動ベクトル場の方向が一様に分布する事に着目した。そして、この一様性を方向に関する分布の分散として定量化する方法を考案した。本稿では、その方法と実験結果を報告する。

## 2. 方向に関する距離

分散は距離<sup>2</sup>の平均値であるため、方向データの分散を算出するとき、方向データ間の距離を算出しなければならない。しかし、方向データは $2\pi$ を周期とするため、注意を要する。例えば、 $355$ 度と $-355$ 度の距離は $710$ 度ではなく、 $10$ 度として算出されなければならない。

そこで上記要請が満たされる様、二つの角度  $x, y$  の距離  $d(x, y)$  を次式で定義する：

$$\begin{aligned} d(x, y) &= |x - y| \quad (y - \pi < x < \pi \text{ and } y > 0) \\ &= y^+ - x \quad (-\pi < x < y - \pi \text{ and } y > 0) \\ &= |x - y| \quad (-\pi < x < y + \pi \text{ and } y < 0) \\ &= x - y^- \quad (y + \pi < x < \pi \text{ and } y < 0) \end{aligned} \quad (1)$$

但し  $y^+ = y + 2\pi, y^- = y - 2\pi$   
 $-\pi < x < \pi, -\pi < y < \pi$

そして、 $n$ 個の方向データ  $\{\theta_i\}$  が与えられたとき、 $m$  に関する

$$\sigma^2(m) = (1/n) \sum d^2(\theta_i, m) \quad (2)$$

の最小値として分散  $\sigma^2$  を定義する。

## 3. 方向に関する分散の算出

$-\pi < m < \pi$  の範囲で式(2)に示す  $\sigma^2(m)$  の最小値を求めようとするとき、式(1)に示す距離の表現が、各データ  $\theta_i$  と  $m$  との関係により変化するため、解析的に算出するのは困難である。そこで、以下の方針で分散となる最小値を探索する：

(a) 区間  $[-\pi, \pi]$  を複数個の小区間群  $\{R_j\}$  に分割し、各小区間内で各距離  $d(\theta_j, m)$  の表現が変化しないようにする。

(b) 小区間毎に解析的に算出される  $\sigma^2(m)$  の最小値群  $\{\sigma_j^2\}$  の最小値を分散とする。

## 4. 実験

局所領域毎に算出されるベクトル場の方向に関する分散の内、値が最大となる領域の中心に流出点があると判断する処理の効果を調べるため、以下に示す実験を行った：

(a) 位置(31,31)を流出点とする放射状のベクトル場  $V(x, y)$  を次式で合成する：

$$V(x, y) = (u(x, y), v(x, y)) \quad (3)$$

$$\begin{aligned} u(x, y) &= (x-31)/r(x, y) \\ v(x, y) &= (y-31)/r(x, y) \\ r(x, y) &= ((x-31)^2 + (y-31)^2)^{0.5} \end{aligned}$$

(b)  $u(x, y)$  と  $v(x, y)$  のそれぞれに対して、 $0 < x < 63, 0 < y < 63$  の範囲で一様に選ばれた画素に、平均値0、標準偏差0.5の正規乱数を独立に加えて、 $s(x, y)$  と  $t(x, y)$  を合成する。

(c) 位置(31,31)を流出点とする雑音を含んだ放射状のベクトル場  $N(x, y)$  を次式で合成する：

$$N(x, y) = (s(x, y), t(x, y)) \quad (4)$$

(d) ベクトル場  $N(x, y)$  の局所領域ごとに算出される方向に関する分散を画素値とする方向分散画像  $O(x, y)$  を合成する。

(e) 方向分散画像で画素値が最大となる位置を流出点として検出する。

局所領域の大きさを5画素\*5画素とし、図1に示す雑音を含んだベクトル場  $N(x,y)$  から方向分散画像  $O(x,y)$  を合成した。図2は  $O(x,y)$  の等高線を表示したものである。同図において、各等高線は値が大きい程明るく表示されている。この場合、方向分散画像は流出点となるべき位置 (31,31) で最大値 2.879[rad<sup>2</sup>] を示した。

次に、実際の動画画像から求めた動ベクトル場に本方式を適用し、効果を調べた。

直進する自動車に搭載されたTVカメラで撮像された動画画像を入力とし、16画素\*16画素を単位とするブロック毎に求めた動ベクトル場<sup>[2]</sup>を図3に示す。

この動ベクトル場を先と同様に処理することにより方向分散画像を合成した。その等高線を入力画像と重ねて図4に示す。同図は動ベクトル場の流出点として、進行方向に方向分散の最大値が求まっていること

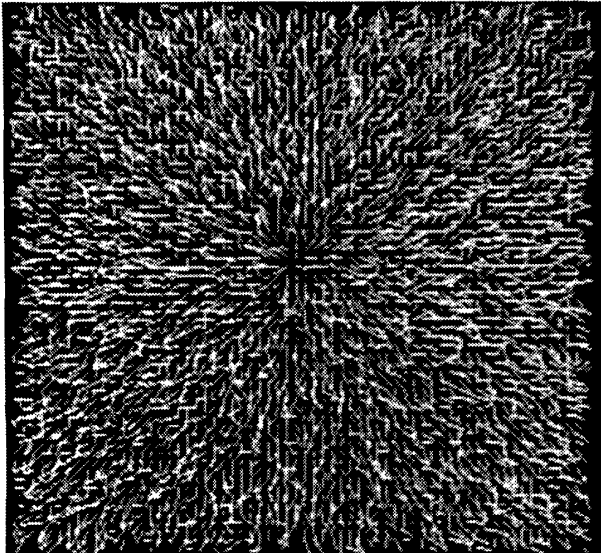


図1：雑音を含んだベクトル場

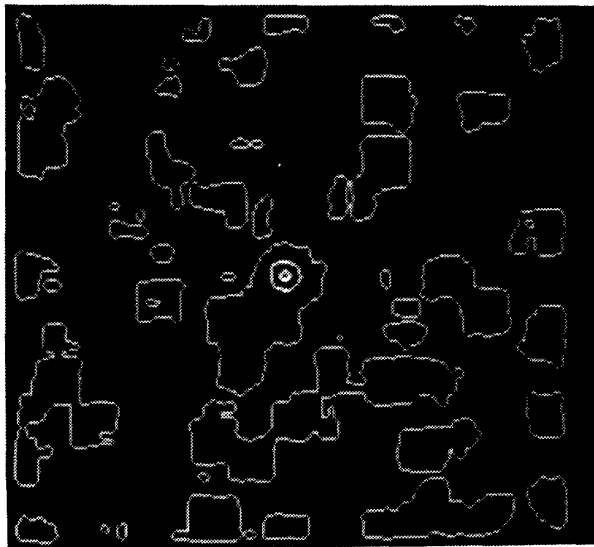


図2：方向分散の等高線表示  
Level=94%, 55%, 16%

を示していると考えられる。

### 5. むすび

局所領域内でのベクトル場の方向に関する分散が最大となる領域として流出点を検出する方法、及び方向に関する分散の算出方法について提案し、実験で効果を調べた。その結果、雑音を含むベクトル場から正しく流出点を検出できた。

今後、本方式で求まる流出点を利用して、動ベクトル場から三次元構造や動体領域、さらに自己運動を検出する事が課題となる。

### 参考文献

- [1] K.Prazdny, "On the Information in Optical Flows", CVGIP, 22, pp.239-259, 1983.
- [2] N. Ohta, "Movement Vector Detection with Reliability Indices", IAPR Workshop on MVA'90, pp.177-180, 1990.

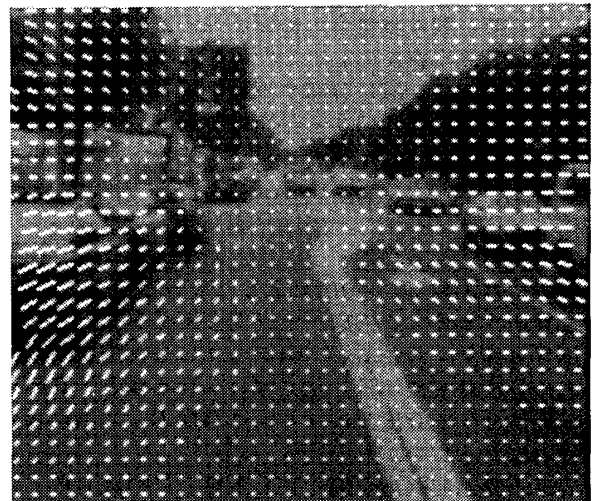


図3：動画画像から求めた動ベクトル場

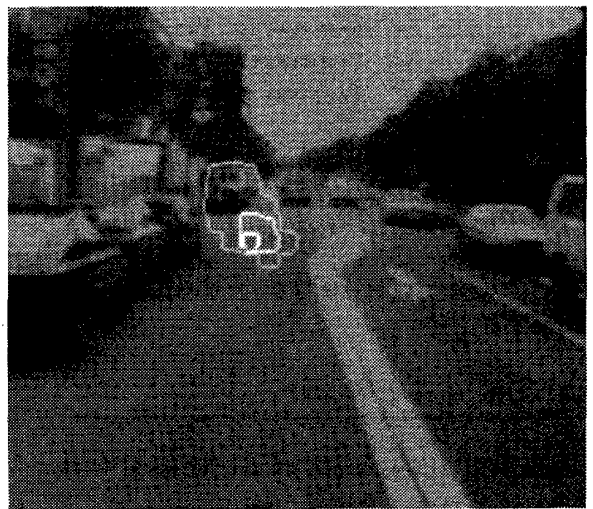


図4：方向分散の等高線表示  
Level=94%, 63%, 31%