

なめらか仮定によらないオプティカルフローの算出

大島正毅

はじめに

時系列画像からその各点の動きを求めるオプティカルフローの研究は B.K.P Horn[1]にはじまる。しかるに、基本式まわりの解説等は Horn 自身の論文も版が違うごとに微妙に異なっており、解説書においてもかなりあいまいである。ここでは、通常の動きベクトルが滑らかであるという仮定を用いてくり返し計算で解を求める方法 (Horn 等) とは異なり、ある点の近傍は同一のオプティカルフローを有すると仮定して解を得る。計算量は少なくてすむはずだが、どちらの方がよい結果であるかは比較検討していない。自分で考えたが、結果的には Lucas-Kanade のものと似ている。

オプティカルフローの算出

ある画像 $f(x, y, t)$ について、同一の点については

$$f(x+dx, y+dy, t+dt) = f(x, y, t) \quad (1)$$

が成立するものとする (等明るさ仮定)。高次項が無視できるとすれば

$$f(x+dx, y+dy, t+dt) = f(x, y, t) + \frac{\partial f}{\partial x} dx + \frac{\partial f}{\partial y} dy + \frac{\partial f}{\partial t} dt \quad \text{だから}$$

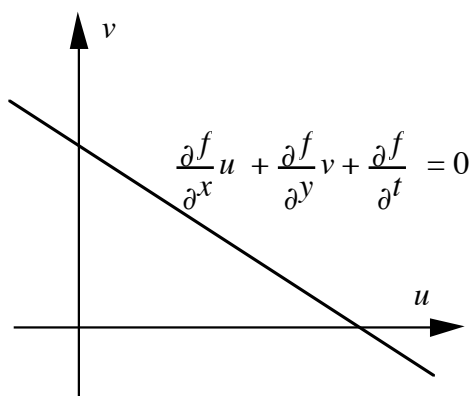
$$\frac{\partial f}{\partial x} dx + \frac{\partial f}{\partial y} dy + \frac{\partial f}{\partial t} dt = 0 \quad \text{両辺を } dt \text{ で割ると:}$$

$$\frac{\partial f}{\partial x} u + \frac{\partial f}{\partial y} v + \frac{\partial f}{\partial t} = 0 \quad (2)$$

$$\left(\text{ただし、} \frac{dx}{dt} = u, \frac{dy}{dt} = v \right)$$

$$f_x = \frac{\partial f}{\partial x} \quad f_y = \frac{\partial f}{\partial y} \quad f_t = \frac{\partial f}{\partial t} \quad \text{と置くと}$$

$$f_x u + f_y v + f_t = 0$$



(2)について、 $\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial f}{\partial t}$ は観測データから計算可能、しかし未知数 u, v の2つに対し、式は1つしかないため、このままでは解けない。そこで別の条件を導入する。通常滑らか仮定を用い、拘束付き最小問題とし、逐次近似で解く。これが多くの混乱をもたらしているなのでここでは別の仮定を立てる。

近傍オプティカルフローが同一の仮定

各点の近傍ではその点の移動ベクトルがわずかに違っていかないものとする。

$E(u, v) = \sum_{i=1}^n (f_{x_i} u + f_{y_i} v + f_{t_i})^2$ なる評価関数を考え、これを最小化する (u, v) を妥当なものとする。

$$\frac{\partial E}{\partial u} = \frac{\partial E}{\partial v} = 0 \quad \text{から}$$

$$\begin{aligned} 2 \sum_{i=1}^n (f_{x_i} u + f_{y_i} v + f_{t_i}) f_{x_i} &= 0 \\ 2 \sum_{i=1}^n (f_{x_i} u + f_{y_i} v + f_{t_i}) f_{y_i} &= 0 \end{aligned} \quad \text{これより}$$

$$\begin{pmatrix} \sum_{i=1}^n (f_{x_i})^2 & \sum_{i=1}^n f_{x_i} f_{y_i} \\ \sum_{i=1}^n f_{y_i} f_{x_i} & \sum_{i=1}^n (f_{y_i})^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\sum_{i=1}^n f_{x_i} f_{t_i} \\ -\sum_{i=1}^n f_{y_i} f_{t_i} \end{pmatrix}$$

これを解いて (u, v) を得る。

以下に処理例を示す。



図 1 航行する水上バス

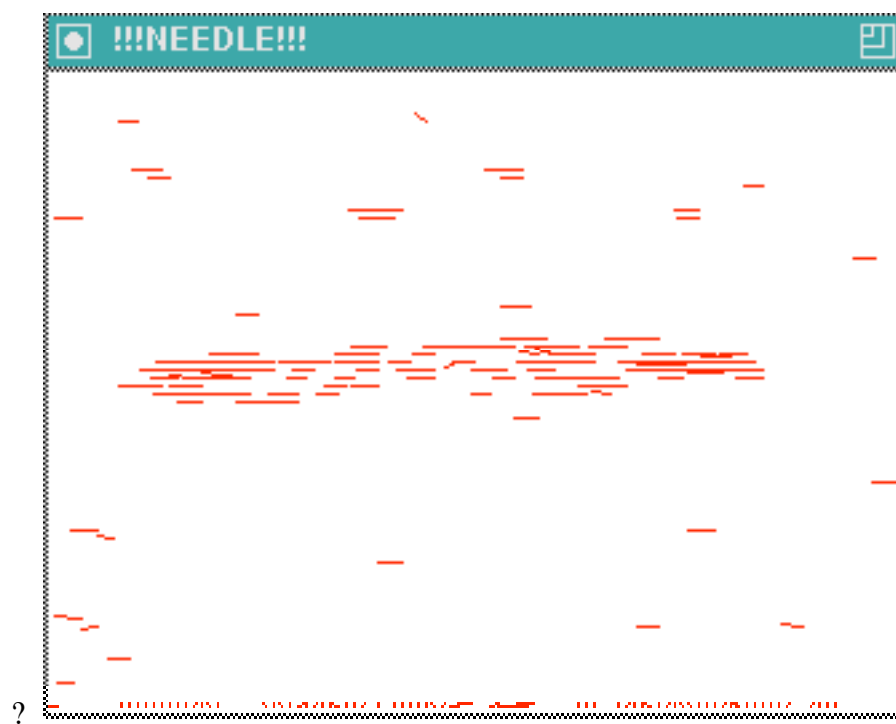


図 2 求めたオプティカルフロー

参考文献

- [1]B. K. P. Horn and B. G. Schunck : Determining optical flow, Artif Intell, vol. 17, pp. 185-203(1981).
- [2]D.H. Ballard, C.M. Brown 福村晃夫ほか訳 : コンピュータビジョン, 日本コンピュータ協会.