

オプティカルフローを用いた単眼による三次元視法  
— 進路外のノイズ除去に関する一考察 —

A Study of 3D Vision with a Single Eye using the Optical Flow

— Reducing Noises by Off-course Objects —

伊達 誠†

Makoto Date

広永 美喜也†

Mikiya Hironaga

長江 貞彦†

Sadahiko Nagae

### 1. はじめに

近年、ロボットの発達はめざましく、さまざまな分野で活躍している。そのため、我々の目に触れることも多くなった。しかし、ロボットの行動はプログラムによるものや、人間の操縦によるものが多く、自律的な行動をするものはほとんどない。ロボットが自律的な行動をするには、周囲の情報を得るための視覚情報が不可欠である。そこで、ロボットが行動をする際に重要な情報源となる三次元情報を獲得する方法を考える。通常、複眼を用いることで容易に三次元情報を得られるが、機構が複雑になり小型化が難しい。それでは狭いところの探索は困難である。そこで近藤らはオプティカルフローを用いた単眼による三次元視法を提案した<sup>[1]</sup>。本研究では実用に向けて実際の障害物回避を想定した汎用性を向上する手法を提案する。

### 2. 手法

カメラが移動することにより、静止した物体が見かけ上動くように見える。例えば、2つの物体があると前方の物体は後方の物体よりも速く動くように見える。この原理を図1に示す。このとき、見かけ上の速度をベクトルで示したものをオプティカルフローという。この原理を用いて、物体の前後関係を調べる。

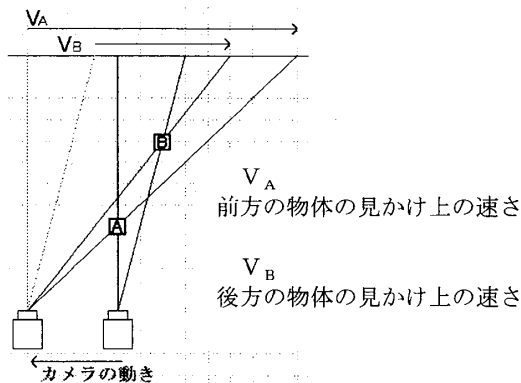


図1 原理図

まず、動画像より画像全体のオプティカルフローをグラディエント法により求め、その大きさを取得する。次に、そのオプティカルフローに対しノイズ除去、二値化等の前処理を行う。処理結果に対しテンプレートマッチングを用い物体の検出を行う。前方の物体が後方の物体より見かけ

† 近畿大学

上速く動くことから、前方の物体が先に検出される。検出された前方の物体のオプティカルフローに対し、マスク処理を行い、再びテンプレートマッチングを行い、後方の物体を検出する。これにより、物体の前後関係がわかり、単眼で三次元情報を得ることができる。

### 3. 進路外のノイズの除去

カメラから対象までの距離によって見かけ上の速さは変化する。すなわち、カメラから対象までの距離によってオプティカルフローの大きさが変化する。狭いところの探索を想定した場合、図2のようにロボットの進路の左右に壁等の存在が考えられる。左右の壁等はロボットの進路の外にあるため直接障害物にはならない。しかし、カメラに対する距離が近い図3のように非常に大きなオプティカルフローが算出される。そこでカメラ及びロボット毎に定められる進路より、その進路外のオプティカルフローに対しペナルティーを与える手法を考案した。

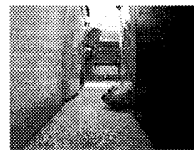


図2 原画像

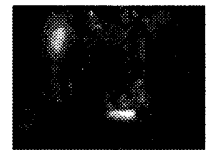
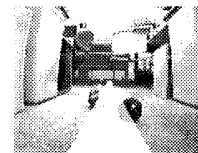


図3 進路外のオプティカルフローが大きい例

### 4. ペナルティーの決定

ペナルティーを定める際、画像全体に一定のペナルティーの値を定めると、検出対象物の一部のみが進路上にある場合等では適切に検出ができない。そこで、進路からの距離  $l$  (図4) を用いて式(1)に示すペナルティー  $f_p$  を定義する。最適な  $f_p$  を与える  $\gamma$  は実験により求める。



a. 実際の進路



b. 進路からの距離

図4 ペナルティーの決め方

$$f_p = \begin{cases} 255 \times \left( \frac{l}{255} \right)^{\frac{1.0}{\gamma}} & \gamma \neq 0 \text{ のとき} \\ 0 & \gamma = 0 \text{ のとき} \end{cases} \quad (1)$$

#### 4. 実験

進路外のオブティカルフローの除去について実験を行った。15cm/sec で前進する台車に載せたカメラより撮影を行い 30fps の動画を獲得する。そして、カメラと検出対象物との距離が約 50cm, 約 40cm の時の静止画像を取り出し実験を行った。撮影環境を室内とし、台車の左右に壁を置いた。また、進路外に物体を置いた際における実験も行った。台車及びカメラより進路を決め、進路外のオブティカルフローに対しペナルティーを与える。ペナルティーの値は進路からの距離に応じて式(1)より決定する。 $\gamma$ を 0 から 3.0 まで 0.1 ずつ変化させ、オブティカルフローを算出した。そして算出したオブティカルフローに対し、孤立点除去及び2値化による前処理を行い、テンプレートマッチングを用いて検出処理を行った。

#### 5. 実験結果

実験結果を表1に示す。19種類の画像で実験を行い、各 $\gamma$ で検出対象物を適切に検出が出来た画像の数を表1に示す。

表1より、ペナルティーを与えない場合( $\gamma=0$ )よりペナルティーを与えた場合の方がより多くの画像で検出が可能であった。また、 $\gamma$ が 1.6 から 1.8 の時多くの画像で適切に検出が可能であった。

表1  $\gamma$ と検出が出来た画像の数

$\gamma$	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
検出できた数	1	1	1	1	1	2	6	9	12	13

$\gamma$	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
検出できた数	14	13	13	15	14	15	16	16	16	15

$\gamma$	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0
検出できた数	15	15	15	15	15	15	15	14	14	14	13

#### 6. 考察

図5のような画像を入力画像とした場合のオブティカルフローを図6に示す。図6の a,b,c,d,e,f はそれぞれ $\gamma$ を 0 から 0.5 ずつ増やしたものである。

これらより、ペナルティーを与えない場合は左右の壁のオブティカルフローが大きく現れており、検出の妨げとなっている。しかし、 $\gamma$ を大きくすると検出対象物のオブティカルフローまでもほとんど消えてしまっている。これは、検出対象物が進路の境界の上にあるために検出対象物の一部を進路外のノイズとして扱うためと考えられる。

$\gamma$ を大きくすると進路から少し外れただけでも大きなペナルティーを与えてしまう。しかし、障害物には高さが存在し、地面のみに定めた進路では検出対象物の一部が進路の外に出て、その部位に大きなペナルティーが与えられるために物体の検出ができなかったものがあった。

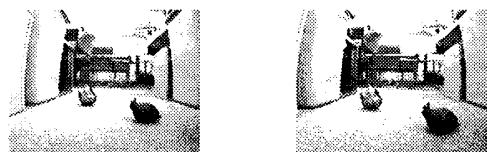


図5 原画像

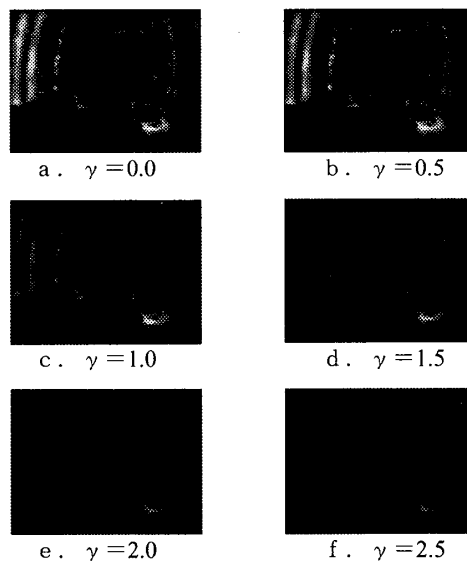


図6  $\gamma$ によるオブティカルフロー

また、図7のように進路上に検出対象物があり、進路外のよりカメラに近い位置に障害物が存在する場合、ペナルティーを与えない場合では図8の a のように進路外の障害物を検出した。ここで、ペナルティーを与えていくと $\gamma=1.3$ 以上の場合において図8の b のように進路上の検出対象物を検出が可能となった。

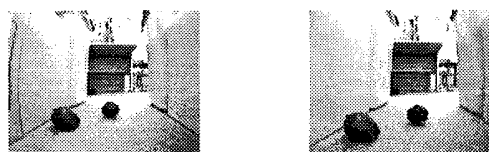


図7 原画像



図8 進路外の障害物の誤検出

#### 7. おわりに

今回、左右の壁や進路外のノイズを除去することが可能となった。これによりロボットの前進の妨げとならないものを検出できなくなり、ロボットの行動に即した検出が可能となった。また、左右に壁の存在するような狭いところの探索が可能となり、単眼であることと合わせて狭いところの探索において本手法が有利であると考えられる。

#### 参考文献

[1]近藤和茂, “単眼による3次元視の一試行”, 修士論文, (2002)