

## 運転動作中における注視点推定に関する研究 A Study of Gaze Point Estimation during Car Driving

有馬 和也<sup>†</sup> 田村 宏樹<sup>‡</sup> 櫻井 啓子<sup>‡</sup> 淡野 公一<sup>‡</sup>  
Kazuya Arima Hiroki Tamura Keiko Sakurai Koichi Tanno

### 1. はじめに

交通事故や労災事故により脳に重大な損傷を受け、外見からは障害が見えにくい、記憶能力の障害、集中力や考える力の障害、行動の異常、言葉の障害が生じることがある。これらの障害を高次脳機能障害と言う。現在、高次脳機能障害のかたが車の運転を再開するための運転能力の評価については医学的に未確定であり、評価基準などがない[1]。そこで、本研究は高次脳機能障害の症状の1つである注意障害に着目した運転評価システムを構築する。システムに必要な機能において、本研究は注視点(視線方向角度+顔向き角度)推定手法の提案を目的とする。視線方向角度は竹井機器工業(株)製のTalk Eye Lite(眼球運動計測器)を用いて取得することができる。そのため本研究では、単眼カメラで顔向き角度の推定方法を検討し、Talk Eye Liteを用いて推定した視線方向角度と組み合わせることで注視点の推定を行う。

### 2. 提案手法

本システムの概略を図1に示す。顔向き角度を推定するために、ゴーグルの額部にある視野カメラと図に示す3つのマーカーを使用し、後述するテンプレートマッチング法により角度を推定する。

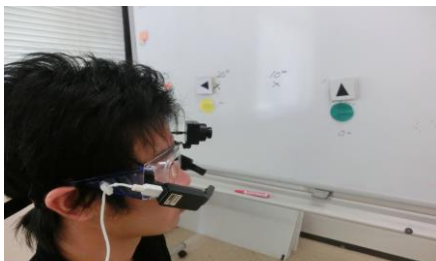


図1 The appearance of the system

#### 2.1 マーカーの探索

動画像中からマーカーを探索する方法としてテンプレートマッチングを使用する。テンプレートマッチングとはテンプレートと呼ばれる小さな画像領域と同じパターンが画像全体の中に存在するかどうか調べる方法である。しかし、画像全体に対してそのままテンプレートマッチングを行うと、計算量が多いため処理時間が長くなる。そこで、本研究ではテンプレートマッチングは以下に示す手順で行った。

- (1) マーカーを画像全体から探す(図2-a)。
- (2) マーカーを発見後、図2-bに示すように次の探索画像を



図2-a Original image

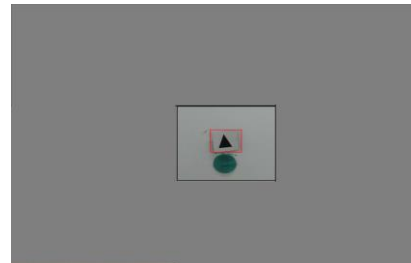


図2-b Limit the search area

テンプレートとして切り出したマーカーの画像の縦横それぞれの3倍の広さの領域に探索領域を絞る。また、その際にマーカーと判定するためのしきい値を(1)のときより少し下げた探索を行う。

通常のテンプレートマッチング(1)はマーカーの発見のみに使用し、その後の処理(2)は探索範囲で狭め、1度発見したマーカーの追跡を容易にすることで処理時間を短縮する。

#### 2.2 顔向き角度の算出

顔の傾きは、図3のようにヨー軸、ピッチ軸、ロール軸の3軸方向の傾きがある。例えばマーカーの座標が横に $a$  [pixel]移動したとすると、ヨー角の顔の傾きは(1)で示す角度である。

$$\text{顔向き角度} = \frac{a}{\frac{\text{カメラの横の解像度}}{\text{カメラの横の視野角}}} \text{ [deg]} \quad (1)$$

ロール軸が回転した場合は、マーカーの座標変換を行い、マーカーの移動量 $a$  [pixel]を初期の座標と変換した後の座標から求めるようにする。以下にロール角の算出式(2)と座標変換式(3)、(4)を示す。(3)、(4)式の $x, y$ は座標変換前のマーカーの座標を示し、 $x', y'$ は変換後の座標を示す。ピッチ角も同様に式(1)、(2)、(3)、(4)を用いて求める。

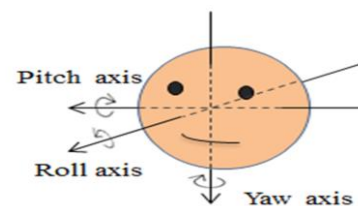


図3 Axis of the face

<sup>†</sup> 宮崎大学大学院工学研究科

<sup>‡</sup> 宮崎大学 工学教育研究部

<sup>‡</sup> 宮崎大学大学院農工総合研究科

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{y^2 - y_1}{x^2 - x_1} \right) \quad (2)$$

$$x' = x \cos \theta - y \sin \theta \quad (3)$$

$$y' = x \sin \theta + y \cos \theta \quad (4)$$

### 3. 評価実験

実験は、顔向き角度の推定精度の検証、及び顔向き角度と視線方向角度を組み合わせた注視点の精度の検証を行う。実験環境は撮影環境の変化が小さい室内で実験を行った。

#### 3.1 顔向き角度の精度実験

本実験では、顔向き角度の精度評価実験方法について述べる。視野角が横 70[deg]、縦 55[deg]のカメラを三脚に固定して使用する。三脚の10[deg]ごとの角度目盛りを真値とする。実験環境はマーカ間の距離を 60[cm]、マーカを貼った壁とカメラの距離を 100[cm]、左右の壁とカメラの距離を 85[cm]、カメラの高さを 120[cm] として配置する。実験内容を以下に示す。

- ① ヨー角を 5 秒ごとに、-60 から 60 まで 10[deg]ずつ変化させる。
- ② ピッチ角を 5 秒ごとに、-20[deg]から 20 まで 10[deg]ずつ変化させる。
- ③ ロール角を右に 10[deg]で固定したまま、ヨー角を 5 秒ごとに、-40 から 40 まで 10[deg]ずつ変化させる。
- ④ ロール角を右に 30[deg]で固定したまま、ヨー角を 5 秒ごとに、-40 から 30 まで 10[deg]ずつ変化させる。
- ⑤ ロール角を左に 10[deg]で固定したまま、ヨー角を 5 秒ごとに、-30 から 30 まで 10[deg]ずつ変化させる。
- ⑥ ロール角を左に 30[deg]で固定したまま、ヨー角を 5 秒ごとに、-30 から 30 まで 10[deg]ずつ変化させる。

角度の変化は分度器で計測しながら行い、この値を真値とする。

#### 3.2 注視点の精度実験

本節の実験では、提案した顔向き角度と Talk Eye Lite により算出された視線方向角度を組み合わせた注視点の精度を検証する。本実験は人に Talk Eye Lite を使用してもらい計測を行う。本実験は-60[deg]、-50[deg]、-40[deg]、-30[deg]、-20[deg]、-10 [deg]、10[deg]、20[deg]、30[deg]、40[deg]、50[deg]、60[deg] の位置に目印をつけ、これを真値とする。実験内容は、正面を向いた状態から被験者に指示を出し、指示を出した目印を 5 秒間注視してもらい正面を向く。これを目印全てにおいて繰り返す。被験者は健康な 20 から 30 代の男性 2 名、女性 2 名で行った。

### 4 実験結果

本章では、各実験で得られた精度を示す。

#### 4.1 顔向き角度の検証結果

実験結果を Table1 に示す。Table1 に示す誤差は各動作を 5 秒間行ったため、5 秒間の誤差の絶対値をとった値の平均を示している。実験により実験全体の誤差の平均が 0.6[deg]となり、室内でカメラを固定して行えば、ほぼ誤差なく顔向き角度を推定できることがわかった。

Table 1 Head Angle Estimation Accuracy

Experiment	Error[deg]	
	Yaw angle	Pitch angle
①	0.8	0.3
②	0.1	0.8
③	0.7	0.5
④	0.6	1.2
⑤	0.5	0.3
⑥	1.0	0.7
ave	0.6	0.6

#### 4.2 注視点の検証結果

注視点の検証結果を Table2 に示す。

Table 2 Gaze Point Estimation Accuracy

	Error[deg]			
	A	B	C	D
-60[deg]	2.8	0.1	11.3	0.3
-50[deg]	3.3	0.8	5.9	4.1
-40[deg]	1.8	2.2	4.2	1.7
-30[deg]	1.5	9.7	4.3	0.5
-20[deg]	1.2	3.1	3.1	1.0
-10[deg]	1.3	0.2	0.5	2.6
10[deg]	3.1	4.2	3.5	6.3
20[deg]	4.9	2.9	0.3	4.2
30[deg]	3.6	0.7	3.1	1.1
40[deg]	4.4	1.7	3.1	3.3
50[deg]	0.8	2.9	3.9	6.2
60[deg]	1.7	6.5	2.6	8.4
ave	2.5	2.9	3.8	3.3

Table2 は各実験での顔向き角度と視線方向角度を組み合わせた注視点の値と真値の誤差の絶対値を示したものである。この誤差も Table 1 と同様に誤差の平均を示している。誤差で最も大きい場合は 11.3[deg]であることがわかる。この誤差が生じた原因として頭を大きく動かした瞬間に視線が先行することで、真値の角度より大きく動くことが考えられる。

### 5 おわりに

本研究は注視空間推定手法の提案を目的として、提案手法の検証を行った。その結果、提案手法を使うことで室内では、顔向き角度を誤差の平均 0.6[deg] で推定できることがわかった。また、竹井機器工業 (株) 製の Talk Eye Lite により算出された視線方向角度と本研究の提案手法で得られる顔向き角度を組み合わせることで最大誤差 11.3[deg]で運転者の注視点を推定することが可能である。しかし、頭の動作によっては誤差が大きくなることがある。今後の課題としては、前後の頭の動きを考慮した角度算出の方法を検討することが必要であると考えられる。また、本研究で述べた結果は理想的な環境での実験であるため、実際の運転環境で実験を行い、再度評価を行う必要がある。

#### 参考文献

- [1] 三村将, “高次脳機能障害者の自動車運転について”, 高次脳機能研究, Vol.31, No.2, 157-163, (2011)