

## 正面顔映像から得られる目の動きと加速度・角速度センサから得られる体動との関係 Relations between Eye Movements with Facial Images and Body Movements with Acceleration/Angular-velocity sensors

鶴見 亮介<sup>†</sup>  
Ryosuke Tsurumi

青木 恭太<sup>‡</sup>  
Kyota Aoki

### 1. はじめに

目の動きから心理状態を推定できると示されている<sup>[1]</sup>。また、体の動きから心理状態を推定できると示されている<sup>[2]</sup>。ならば目の動きと体の動きにも関係があるはずである。本稿では、観測困難な眼球運動から推定される心理状態を観測容易な体動から推定することを目的とする。

本研究では、正面顔映像から得られる目の動きと加速度・角速度センサから得られる体の動きとの関係を調査する。本研究では視線観測システムとして画像観測による方法を用いる。他に角膜反射法やサーチコイル法などがあるが、今回はこれよりも簡易的な方法である画像処理を適用する<sup>[3,4]</sup>。体の動き分析では、加速度・角速度センサの機能を持つ Wii リモコンとモーションプラスを使用する<sup>[5]</sup>。

目の動きでは単一カメラを使用し、正面顔映像から 2 フレーム間の目の移動方向と移動量を求める。体の動きでは、加速度・角速度センサを使用し 6 軸方向の動きを取得する。それらの移動方向と移動量を使用し相関を求め、本研究では目の動きと体の動きとの関係を調査する。

実験では、被験者に 3 パターンの操作を座った状態で行ってもらい、目の動きと体の動きとの関係を調査した。

第 2 章で目の位置検出と目の動き量の求め方を示す。第 3 章で体動推定の方法を示す。第 4 章で実験と結果とその考察を述べる。第 5 章でまとめを述べる。

### 2. 目の動き量推定

本節では正面顔映像から目の動き量を推定する方法を示す。単一カメラを使用し、正面顔映像から目の動き量を求める。

#### 2.1 目の位置検出

本稿では、顔と目の位置検出に OpenCV の HaarFaceDetector を使用する<sup>[6]</sup>。このプログラムは顔と目を検出し、またそれらの中心位置を検出する。例を図 1 に示す。顔と目が検出されていることがわかる。

このプログラムは、640×480 ピクセルの画像で顔のサイズが 4 分の 1 ぐらいであり、下方向からの撮影画像であればほとんどの場合位置検出が可能である。しかし誤検出や目を閉じて検出できない場合がある。この場合本研究ではそのフレームを使用しないことにしている。

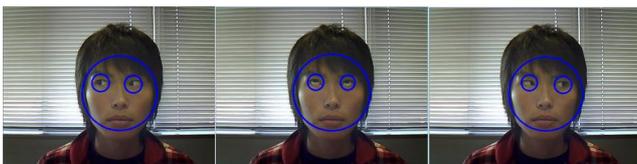


図 1 顔と目の検出

#### 2.2 目の動き量の計算

顔と目の検出から、3 つの中心位置を得ることが出来る。顔の中心位置を $(x_F, y_F)$ 、左目の中心位置を $(x_L, y_L)$ 、右目の中心位置を $(x_R, y_R)$ とする。

顔の中心位置を原点とし、右目の位置、左目の位置を定める。これにより上下左右の顔の位置変動の影響を除く。

現在のフレームを  $I$ 、次のフレームを  $I+1$  とすると、右目の動き量が $(I)$ となる。左目の動き量は添え字  $R$  を  $L$  とする。  $x$  は  $x$  軸の動き、  $y$  は  $y$  軸の動きである。

$$M_R = \sqrt{[(x_{I+1R} - x_{I+1F}) - (x_R - x_{IF})]^2 + [(y_{I+1R} - y_{I+1F}) - (y_R - y_{IF})]^2} \quad (1)$$

今の時点で、上下左右の人の動きとカメラの動きに対応してきた。しかし、人とカメラは 3 次元の動きが可能であり、奥行きへの動きに対応させる必要がある。普段、人の目の間隔はほとんど変わらないことはない。この点に着目した。左目の中心位置と右目の中心位置の距離を計算し、正規化するための式を(2)に示す。

$$D_{LR} = \sqrt{[(x_R - x_L)]^2 + [(y_R - y_L)]^2} \quad (2)$$

2 フレーム間の目の動き量を正規化し、右目と左目の動き量を平均化した式を(3)に示す。それを  $EM_I$  とする。

(3)は、上下左右奥行きの人動き、またはカメラの動きに対応し、目の動き量を求められることを意味する。

$$EM_I = \frac{M_R + M_L}{2D_{LR}} \quad (3)$$

### 3. 体動推定

体動推定として Wii リモコンとモーションプラスを使用する。この 2 つの組み合わせにより加速度と角速度の 6 軸方向の動き情報を得ることができる。本研究では、この Wii リモコンとモーションプラスを椅子に取り付け使用する。その図を図 2 に示す。

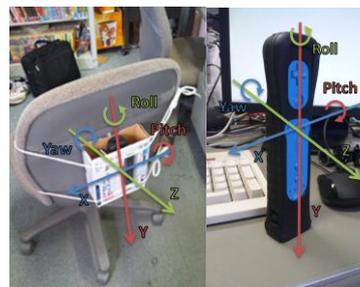


図 2 wii リモコンの方向軸

### 3.1 パワースペクトルの合計値

Wii リモコンとモーションプラスから得られた加速度と角速度を元に、パワースペクトルを計算する。加速度と角速度のデータは、1 秒間に約 100 個取得することが可能である。このデータを使用し、フーリエ変換を行い、パワースペクトルを計算し、その合計値を求める。

## 4. 目の動きと体の動きとの関係の調査実験

### 4.1 実験の詳細

実験では 4 人の被験者を対象とした。それぞれの人に以下の 3 パターンを座った状態で 20 分間行ってもらった。

- (1) 動画視聴
- (2) ゲームプレイ
- (3) 英文読書

(1)は目も体もさほど動かない状態である。(2)は体がよく動く状態である。(3)は目がよく動く状態である。

パソコンディスプレイを使用し、この 3 パターンを椅子に座った状態で行ってもらった。椅子に Wii リモコンとモーションプラスを取り付け体の動き情報を取得し、カメラで正面顔映像から目の動き情報を取得した。

20 分間の計測データから 10 秒間隔 5 秒ずらしの目の動き量と体動のパワースペクトルの合計値との相関をとった。目の動き量は、2次元の目の動きと 1次元の目の動きの 2 フレーム間の目の動き量の平均値である。体動は、X, Y, Z, Yaw, Pitch, Roll の 6 軸方向のパワースペクトルの合計値である。それらのサンプル数は 239 となる。

### 4.2 実験結果

実験結果を表 1-3 に示す。ID は人の番号で、X, Y, Z, Yaw, Pitch, Roll はそれぞれ X 軸, Y 軸, Z 軸, X 角, Y 角, Z 角である。xy が 2次元の目の動き、x, y は 1次元の目の動きである。表はそれぞれの相関である。

表 1 動画視聴の相関

ID	目の動き	体の動き	X	Y	Z	Yaw	Pitch	Roll
1	xy		0.130	-0.020	0.198	0.363	0.316	0.421
	x		0.047	-0.051	0.043	0.101	0.059	0.181
	y		0.138	0.022	0.247	0.448	0.424	0.441
2	xy		0.085	0.047	-0.109	0.088	0.168	0.096
	x		0.100	0.082	-0.017	0.138	0.203	0.156
	y		0.069	0.016	-0.143	0.039	0.119	0.034
3	xy		0.040	0.037	0.249	0.049	0.087	0.099
	x		0.076	0.050	0.233	0.061	0.083	0.097
	y		-0.013	0.014	0.211	0.023	0.082	0.085
4	xy		0.208	0.072	0.140	0.186	0.154	0.191
	x		0.167	0.058	0.110	0.164	0.134	0.174
	y		0.193	0.084	0.120	0.161	0.117	0.160

表 2 ゲームプレイの相関

ID	目の動き	体の動き	X	Y	Z	Yaw	Pitch	Roll
1	xy		-0.065	0.054	0.429	-0.113	-0.091	-0.081
	x		-0.051	0.047	0.450	-0.128	-0.111	-0.098
	y		-0.076	0.043	0.304	-0.050	-0.026	-0.017
2	xy		0.348	0.506	0.332	0.269	0.401	0.235
	x		0.255	0.365	0.285	0.261	0.300	0.246
	y		0.345	0.519	0.315	0.230	0.402	0.192
3	xy		0.120	0.079	0.576	0.212	0.131	0.196
	x		0.102	0.068	0.616	0.205	0.120	0.189
	y		0.110	0.072	0.436	0.174	0.110	0.163
4	xy		0.435	0.316	0.310	0.334	0.433	0.298
	x		0.368	0.281	0.274	0.276	0.388	0.244
	y		0.374	0.258	0.281	0.296	0.355	0.270

表 3 英文読書の相関

ID	目の動き	体の動き	X	Y	Z	Yaw	Pitch	Roll
1	xy		0.036	-0.086	-0.086	0.068	0.097	0.100
	x		0.254	-0.008	-0.283	0.100	0.048	0.069
	y		-0.223	-0.120	0.182	-0.018	0.078	0.063
2	xy		0.039	0.172	0.203	0.188	0.214	0.187
	x		0.062	0.149	0.187	0.158	0.236	0.148
	y		0.018	0.163	0.187	0.171	0.172	0.175
3	xy		0.302	-0.095	-0.157	-0.006	-0.083	-0.019
	x		0.286	-0.071	-0.141	0.030	-0.043	0.011
	y		0.272	-0.111	-0.156	-0.042	-0.116	-0.048
4	xy		-0.021	0.161	0.269	0.264	0.386	0.265
	x		0.053	0.182	0.307	0.241	0.388	0.243
	y		-0.103	0.085	0.149	0.197	0.259	0.198

### 4.3 考察

表 2 より目の動き量と Z 軸方向の体の動きについて全ての人について相関があることがわかる。しかし、他の表の Z 軸での相関を見るとそれほど高い相関とはなっていない。このことから目の動きと Z 軸方向の体の動きで何らかの条件の元、目の動きと Z 軸方向の体の動きとの間に関係があることがわかる。

それ以外の相関を見るとばらばらに相関が見られる。これは体の動きのパワースペクトルと目の動き量だけでは分からない相関があるのだと考えられる。よってもっと細かい分析が必要であり、周波数帯域別の分析や主成分分析などが必要である。

## 5. まとめ

今回は目の動き量と体動のパワースペクトルとの相関を解析した。この結果だけではあまり多くのことは言えない。おそらく人それぞれの体の動きや目の動きがあり、今回の方法だけでは分析不十分であることが考えられる。

しかし、ゲームでの Z 軸方向の体の動きの相関が高いことを考えると、何らかの条件のもとでこの方向に関係があるのだと考えられる。その何らかの条件というものが分かれば、体の動きと目の動きの関係とのきっかけがつけると考えている。

今後の課題は、周波数帯域別の相関とその主成分分析、それから動き量だけではなく正負の方向をいれた分析を考えている。また、目の動きでは目の動き量で計算を行ったが、目の動きの方も周波数分析を行う予定である。また、比較実験を行い、心理状態をふまえた上での分析を考えている。

### 参考文献

- [1] 中村 良太, 井上 亮文, 市村 哲, 岡田 謙, 松下 温, “Ghost-Tutor : 個人の学習ペースを考慮した学習支援システム”, 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.7, pp.2099-2106, 2006.
- [2] ブンヨンソンサコン, 青木 恭太, “画像観測により得られた体動からの心理状態の推定”, 電子情報通信学会技術研究報告, HIP, ヒューマン情報処理 109(471), pp13-18, 2010
- [3] T.Ohno, N.Mukawa, A.Yoshikawa, “An Eye Tracking System Based on Eye Ball Model”, IPSJ SIG Technical Report, 2001-HI-93, pp.47-54, 2001.
- [4] Y.Sakashita, H.Fujiyoshi, Y.Hirata, “Measurement of 3D Eye Movements Using Image Processing”, JSEM The Japanese Society for Experimental Mechanics : Biological evaluation by image processing (Commentary). Vol. 6, No. 3, pp. 236-243, 2006.
- [5] M.Minakuchi, S.Asano, J.Satake, A.Kobayashi, T.Hirayama, H.Kawashima, H.Kozima, T.Matsuyama, “Mind Probing: Active Stimulation of Gaze Patterns for Inference of User’s Interest”, IPSJ SIG Technical Report, 2007-HCI-125, pp. 1-8, 2007.
- [6] 大久保 雅史, 藤井 安耶, “加速度センサーを利用した集中度合い推定システムの提案, 16th Workshop on Interactive Systems and Software (WISS 2008), 神戸, 2008.
- [7] OpenCV wiki, <http://opencv.willowgarage.com/wiki/>