

## 動作・表情解析による人物内部状態推定の研究

濱田 未来 福添 孝明 渡邊 睦

鹿児島大学 大学院 理工学研究科

〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-40 Tel: 099-285-8453

E-mail: {sc102048, sc098053, mutty}@ics.kagoshima-u.ac.jp

あらまし カメラがとらえた動画像を解析し、人物の内部状態を自動的に認識する。人間の顔画像から表情を特定する研究もいくつか行われており、多くは顔を構成する目や鼻・口・眉などのパーツの位置関係や形状を認識することで表情を推察する方式を試みている。筆者らは目・眉・口の状態変化、さらに身体のしぐさに注目し、目・眉・口3つの位置関係と身体のしぐさから人物の内部の状態(情動)の認識を行う手法の研究を行っている。本稿では脳波解析結果に基づく内部状態と各特徴との関係性を求めた結果について報告する。

キーワード 表情解析, しぐさ, 脳波

## The Research of Estimating Human's Intenal Status by Behavior and Expression Analysis

Miku HAMADA, Takaaki FUKUZOE, and Mutsumi WATANABE

Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University

1-21-40 Korimoto Kagoshima, 890-0065, Japan

E-mail: {sc102048, sc098053, mutty}@ics.kagoshima-u.ac.jp

**Abstract** Though many conventional works have already studied automatic of recognition facial expressions by processing face images, the relationship among a facial expression at an internal status is not cleared. The authors have been doing research on automatic internal status recognition of a person by analyzing dynamical change of body gestures and facial parts shape and positions. This paper reports the results as for examining the relationship among three internal status based on brain wave analysis and features about body motion at width of both eyes inclination of eyebrow and mouth shape.

**Keyword** Expression Analysis, Behavior, Brain Wave Analysis,

### 1. はじめに

カメラがとらえた画像を解析し映っている人物を認識、個人の特定、そして個人の状態の認識と、人間の顔画像から顔・虹彩・表情等の生理的情報を自動的に認識し、コミュニケーションへの応用技術の研究が様々な分野で進められている。コミュニケーションとは、言語の音声表現、顔の表情、身振り手振りなどで相手に

意思や考えを伝達する方法をいう。人と人とのコミュニケーションは知識や意思の伝達による、相互理解を目的としている。

人間同士のコミュニケーションは大きく以下の二種類に分けることができる。

①バーバルコミュニケーション

②ノンバーバルコミュニケーション

バーバルコミュニケーションとは、音声の「ことば」によるものである。ノンバーバルコミュニケーションは、情報を非言語で意識的あるいは無意識的に伝達する方法である。しかしながら「ことば」は正確に表現されるとは限らず、伝達したい情報は言葉の取り違いなどから誤解されることが多く、また言葉で心理状態を解釈するまでに時間もかかる。

そこで人間は言葉にするよりも早く、表情あるいはしぐさによって感情や意図の伝達を行う。脳内からの指令によって筋肉が制御され、目や眉、頬や口などの顔のパーツ（表情）、頭、肩、手、足などの身体のパーツによる運動（しぐさ）を組み合わせることで相対する相手に伝達する情報を生成する。そして相手からの情報を目や耳で捉え、コミュニケーションに発展していく。人物の表情やしぐさに着目した研究は数多く行われているが、人間の主観的な解析結果だけであり、生理的指標との対照実験は十分に行われていない。本稿では人物が映像コンテンツ閲覧している際、目・眉・口の状態変化、さらに身体やしぐさに注目し、目・眉・口3つの位置関係と身体やしぐさから人物の内部の状態（情動）の状態推移を、目視検出結果と生理的指標である脳波解析結果とを比較した結果を中心に報告する。

## 2. 従来研究と課題

従来、感情の定量化するためには、被験者に質問し、被験者の主観的感覚を回答する手法[1]が一般的に用いられているが、現在進行中のコミュニケーションでは、相対する相手がどのような感情状態であるかを質問することは無い。相手の様子やしぐさからリアルタイムに読み取る必要がある。

従来の表情解析の研究にはテンプレートマッチング手法にて抽出した顔を構成する目や鼻・口・眉などのパーツの位置関係や形状を認識することで表情を推察する方式[2]などが挙げられる。しぐさの認識に関する研究では認識の容易さからマーカを体や衣服につけて認識する方式があるが、これはユーザに不自然な使用感を与えてしまい、快適なものとはいえず、データ

グローブ、磁気式モーションキャプチャ、間接角度検出センサといったセンサを体に装着する方式と差異が無い。また、マーカなどを用いない方法では赤外線カメラ等の特殊カメラを用いる方式[3][4]、計算コスト面からみてもリアルタイム処理を行うシステムを構築するのは難しい。さらに、前節でも示したように、人間の主観的な解析結果だけであり、生理的指標との対照実験は十分に行われていない。

我々は、上記の状況をかながみ、非接触型のシステムを構築するために動画処理と認識処理を用いて安定した人物の内部状態を推定する方式の研究開発を進めている。非接触型を実現するためにまず自然さを損なわない程度の接触下での十分なデータが必要であると考えた。

被験者の額にカチューシャ型の脳波測定機器を装着するよう指示し、脳波測定を行うと同時に複数カメラで身体全体と顔領域を撮影し、目視検出結果と脳波解析結果との照合実験の結果について報告する。

## 3. 表情表出の特徴

心理的な動揺や怒り、疲労など人物の内部状態が外面に顕れる仕草・部位として、顔の局所の変形・表情変化、目線の動き、瞬目回数の変化、頭・手など身体一部の動き、貧乏揺すりなど身体全体の動き・姿勢変化、等が挙げられる。特に表1に示すように、視線、目の状態、瞬目など、目に関する仕草や手を覆う体を揺するなど、身体に関する仕草は非常に多くの情報量を有している。

今回我々は、人物内部状態推定の一環として、動画像計測により求めた目、眉、口の位置関係と身体やしぐさに基づいて「喜び・愉快顔」の推定を行う研究を開始した。

表1. 表情と内部状態との定性的関係[1, 5, 6]

部位	外見	内部状態
視線の状態	視線を全くそらさない	緊張、自意識過剰 放心状態
	ゆらゆら ぼんやりする	興味・関心が無い

目の状態	目尻が下がる	喜び, 愉快
	目が開く	怒り, 驚き
眉の状態	眉が下がる	喜び, 愉快
	眉が上がる	驚き
口の状態	口がほころぶ	喜び, 愉快
	口が開く	
	口が横に引かれる	恐怖
身体の状態	上体を前に傾ける	興味がある
	体を揺らす	退屈
	体を小刻みに揺らす	喜び, 愉快

#### 4. 自動計測システムについて

本章では、はじめに処理の概要について述べ、その後、各処理の詳細について説明する。

##### 4.1 処理の概要

本システムは、

- ・目領域設定処理, 目の状態検出
- ・眉・口領域設定処理, 眉・口の状態検出
- ・身体の動き検出

の3構成から成り立つ。まず撮影された顔画像に対して目の領域を検出する。次に、目の領域に基づいて顔のモデルを使用し、眉の領域及び口領域の検出を行う。そして、Canny エッジを利用し、身体全体をとらえ、動きの検出を行う。処理の流れを図1に示す。

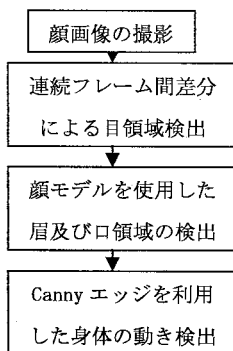


図1. 処理の流れ図

##### 4.2 目領域設定処理

人間の瞬きによる黒目領域の変化に注目し、顔面の二値化画像をx方向、y方向に射影し、x方向、y方向の黒領域に対する連続フレーム間差分により、変化が大きくなる領域を累積し、最も変化が大きくなる頻度の高い領域を目領域として検出する。目領域設定処理の流れを図2に示す。

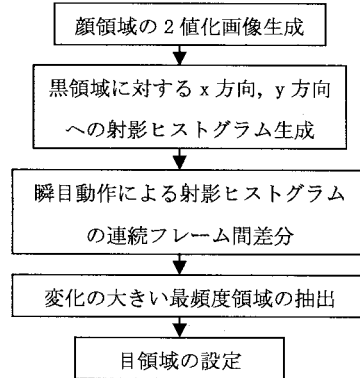


図2. 目領域設定処理の流れ図

##### 4.2.1 目の状態検出



図3. 目の状態検出

目の状態検出を行う。表情が表れる際、頬の表情筋が上昇し、目の縦幅  $y1$  が減少する(図3)。目の縦幅を以下のように定め、算出する。

$$\text{目の縦幅} = y1$$

##### 4.3 眉・口領域設定処理

検出された目領域から眉・口領域を検出する。個人差はあるが、人間の顔パーツは一般的に図4に示す比率で構成されている。

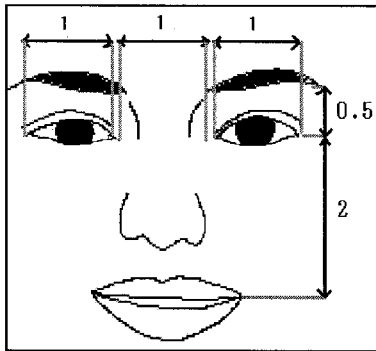


図 4. 人間の顔の比率

先に検出した目領域に対し、図 4 の顔パーツの比率を適用し、眉領域および口領域を設定する。

#### 4.3.1 眉の状態検出

眉の状態検出を行う。笑いの表情が表れる際、頬の表情筋が上昇し、眉山が下がる。眉頭と眉山の傾きを算出し、左眉、右眉の双方に対し以下の条件を定める。

- ・ 左眉の傾きが正、かつ右眉が負  
⇒愉快・喜び表情
- ・ 上記以外⇒平常状態の表情

#### 4.4 身体の動き検出

身体全体を撮影した動画像から身体の動きを検出する。まず、明度変換した動画像に対し、Canny エッジ処理を行い、輪郭線を抽出する。次に、Canny エッジ処理により得られた画像に対し、Snakes を行い、身体の輪郭線を抽出する。最後に身体の輪郭線に対し外接長方形を求め、外接長方形の重心座標を求める。重心座標の移動量を基に以下の条件から身体の動き検出を行う。

- ・ 移動量が大きい⇒笑いの状態
- ・ 移動量が小さい⇒平常状態

外接長方形を使用する理由としては、Canny エッジ処理は他のエッジ抽出手法と比較すると安定して輪郭線が得られるが、輪郭線が途切れ途切れになってしまう場合があるため外接長方形を採用した。

以下、身体の輪郭線抽出のために使用した動的

輪郭モデル (Snakes) について述べる。

#### 4.4.1 動的輪郭モデル (Snakes)

動的輪郭モデル (Snakes) は、対象物の輪郭に最も近い形状の輪郭線を求めるといった問題を、エネルギー最小化の問題としてとこうとするものである。この動的輪郭モデルは、閉じた領域を安定して抽出でき、滑らかな輪郭線を得られることに加えて、抽出対象の特徴をエネルギー関数として抽出処理に埋め込むことができるという優れた特徴をもつため盛んに研究されている。[8][9]

Snakes は、外部からの強制力 (external constraint) と画像特徴 (線やエッジ) に引き寄せられる力 (image force) および、滑らかさなどの曲線内部の力 (internal energy) を最小にする曲線として得られる対話的で動的な輪郭モデルである。

今、曲線 Snakes のパラメータ表現を、

$$v(s) = (x(s), y(s); 0 \leq s \leq 1) \dots (1)$$

とし、上記の 3 種の力に対応するエネルギーを  $E_{con}$ ,  $E_{image}$ ,  $E_{int}$  とすると、

$$E_{snake}(\bar{v}(s)) = \int_0^1 \{E_{int}(\bar{v}(s)) + E_{image}(\bar{v}(s)) + E_{con}(\bar{v}(s))\} ds \dots (2)$$

$E_{int}$  は 1 次および 2 次のスプラインの和が使われる。

$$E_{int}(\bar{v}(s)) = \frac{1}{2} \{ \alpha |\bar{v}_s'(s)|^2 + \beta |\bar{v}_{ss}''(s)|^2 \} \dots (3)$$

最も簡単な  $E_{image}$  は Snakes と線との関係であり、 $I$  を画像の濃淡レベルとして以下の  $E_{image}$  が定義できる。

$$E_{image} = E_{img} = I(x, y) \dots (4)$$

反発力や引っ張り力など、外部からの強制力  $E_{con}$  は必要に応じて用いる。

輪郭検出問題を解くためには Snakes を別の方法で輪郭のそばに置かなくてはいけない。Snakes はその初期位置から変形を始めて局所的最小で止まる。その動きは、人間あるいは上位プログラムが  $E_{con}$  を使って制御することができる。

#### 4.4.2 動的輪郭モデルの初期位置設定

前述で述べたように、動的輪郭モデルを用いて対象の輪郭を追跡するためには、初期 Snakes を対象の輪郭のそばに置く必要がある。そのため図 5 に示すように、ユーザの身体全体が十分に撮影できるようにカメラを設置し、あらかじめ決めた位置に着席するように指示し、x 方向の中心から左方向に 6 分の 1、右方向に 6 分の 1 の位置に設定した長方形の内接楕円を初期 Snakes として与えた。



図 5 動的輪郭モデルの初期位置設定

### 5. 実験

#### 5.1 実験条件

被験者 5 人に対し、平常状態での脳波測定を 1 分間測定し、連続して 20 分間映像コンテンツ閲覧中の被験者の表情と身体全体を撮影した。また、時間ごとの状態変化との関連性を関連付けるために脳波データを取る実験と並行して行った。

##### 5.1.1 脳波計測実験機器

生理的指標を得るために脳波の検出を行う。脳波には EOG 等のノイズが重畳するが生理的指標として利用できると考えられるため採用した。脳波変化脳波計測システムとして株式会社脳力開発研究所製脳波測定器(脳波バイオフィードバック装置)、脳波分析ソフトウェア(MindSensor II)を用いる。被験者にカチューシャ型の脳波測定機器(脳波センサーバンド)を取り付け、額部分の fp1, fp2(図 6)の電極を用いて、電位変化の測定を行う。

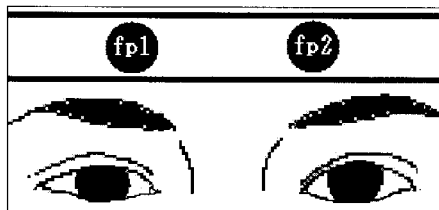


図 6. 電極測定位置

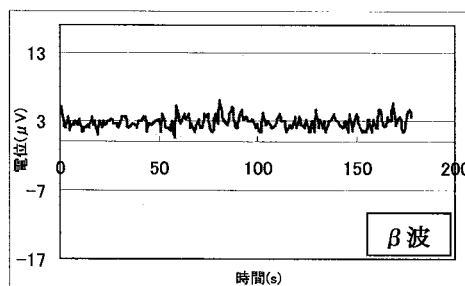
#### 5.1.2 CV 実験機器

前章で述べた方式に基づき、人物の内部状態の自動計測・認識を行うシステムを汎用パソコン上のソフトウェアとして試作し、提案手法の妥当性を確認する実験を行った。各特徴を得る精度が不十分であったため、一部手動にて数値を与え、実験を行った。実験に使用した PC の CPU は PentiumIV 3.2 GHz, OS は Windows XP Professional, プログラミング言語は Microsoft 社製 Visual Studio 2005 C++である。PC への動画像の取込みには Matrox 社製 Meteor II キャプチャーボードを用い、Sony 製 DV カメラ(DCR-HC88)で撮影した動画像を使用した。

#### 5.2 脳波計測実験結果

心的操作に伴って発生する電位変化である事象関連電位の計測実験を行った。はじめ 1 分間被験者の平常状態での脳波測定を行う。次に被験者が楽しい、笑い、喜びの表情を無意識に発生させるためのビデオ映像を 20 分間閲覧するよう指示し、脳波測定と表情・身体全体の撮影を行った。

撮影を行う前に計測した 3 分間の平常状態での脳波測定結果例と 20 分間の間に計測された脳波のうち 12 分～15 分の 3 分間の脳波測定結果例を図 7 および図 8 に示す。



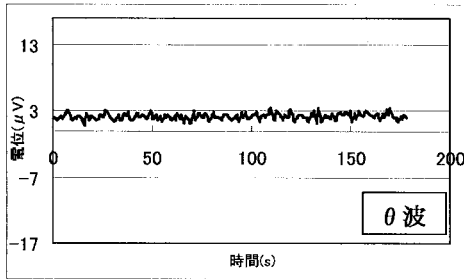
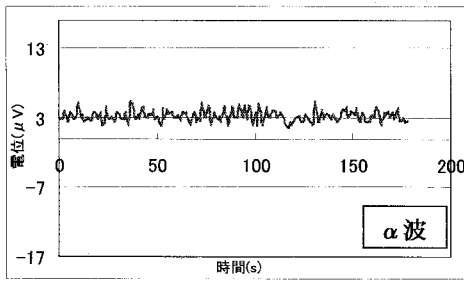


図 7. 平常状態での脳波解析結果例

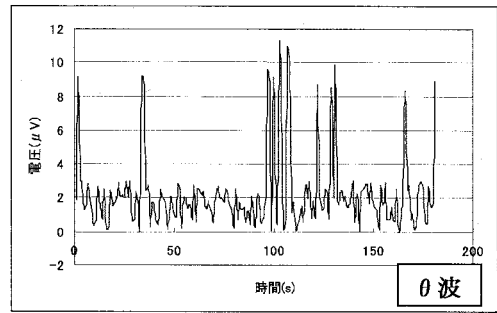
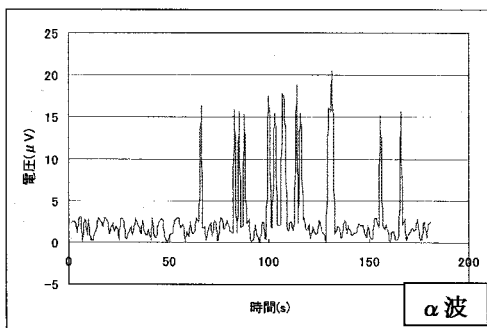
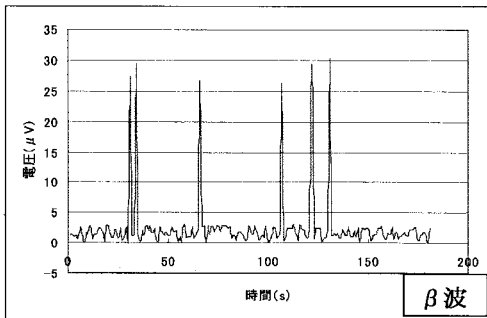


図 8. 12分～15分の間の脳波解析結果例

### 5.3 3種類の優勢脳波の状態から得られた各特徴の数値結果

20分間の実験結果に対して撮影した動画像から抽出した各特徴と優先脳波との関係性を求めるための実験を行った。事前実験において、平常状態の際、 $\beta$ 波が優勢状態であることが確認できている。このときの各特徴を基準とし、被験者6人の結果を表2～表6に示す。 $y1$ は、目の幅を、 $n1$ は、目の幅の最大値に対する正規化、 $deg1$ は左肩の平均角度と $\beta$ 波優勢の時の左肩との角度差を、 $deg2$ は右肩の平均角度と $\beta$ 波優勢の時の右肩との角度差を、 $m1$ は口の縦幅を、 $n2$ は口の幅の最大値に対する正規化を、 $d1$ は重心のx方向の移動量を、 $d2$ はy方向の移動量を表す。また各実験の処理速度は15FPSであった。

表 2. 被験者 A に対する各特徴の数値結果と

#### 優勢脳波

脳波	$\theta$				$\alpha$				$\beta$
	$y1$ (画素)	$n1$	$deg1$ (度)	$deg2$ (度)	$m1$ (画素)	$n2$	$d1$ (画素)	$d2$ (画素)	
$y1$ (画素)	5	10	10	25	10	14	11	11	15
$n1$	0.2	0.4	0.4	1.0	0.4	0.6	0.4	0.4	
$deg1$ (度)	+2.4				-1.7				5.0
$deg2$ (度)	+6.4				-5.0				5.0
$m1$ (画素)	22.0	19.0	22.0	22.0	23.0	23.0	30.0	0.0	22.0
$n2$	1.0	0.9	1.0	1.0	0.8	0.8	1.0	0.0	
$d1$ (画素)					4	5	5		0
$d2$ (画素)	9	10							0

表 3. 被験者 B に対する各特徴の数値結果と

優勢脳波

脳波	θ			α			β		
y1 (画素)	12	14	13	17	14	16	14	19	
n1	0.9	1.0	0.9	1.0	0.8	0.9	0.8	1.0	
deg1(度)	+16.1			-4.5			4.16	6.06	
deg2(度)	+11.1			-24.9					
m1 (画素)	34.0	33.0	31.0	31.0	36.0	34.0	25.0	25.0	
n2	1.0	1.0	0.9	0.9	1.0	0.9	1.0	1.0	
d1 (画素)	8			6			0		
d2 (画素)				0			0		

表 4. 被験者 B に対する各特徴の数値結果と

優勢脳波

脳波	θ			α			β	
y1 (画素)	8	7	9	5	8	6	13	14
n1	0.9	0.8	1.0	0.6	1.0	0.8	0.9	1.0
deg1(度)	+2.6			-3.9			4.6	
deg2(度)	+5.0			-5.6			2.2	
m1 (画素)	41	48	28	40	42	45	20	28
n2	0.9	1.0	0.6	0.9	0.9	1.0	0.7	1.0
d1 (画素)	3			3			0	
d2 (画素)				5			0	

表 5. 被験者 B に対する各特徴の数値結果と

優勢脳波

脳波	θ			α			β	
y1 (画素)	14	13	13	11	13	25	15	14
n1	1.0	0.9	0.9	0.4	0.5	1.0	1.0	0.9
deg1(度)	+3.2			+1.8			2.1	
deg2(度)	+2.3			+3.8			2.3	
m1 (画素)	40	32	56	32	56	34	37	34
n2	0.7	0.6	1.0	0.6	1.0	0.6	1.0	0.9
d1 (画素)	4			0			0	
d2 (画素)				5			0	

表 6. 被験者 B に対する各特徴の数値結果と

優勢脳波

脳波	θ			α			β		
y1 (画素)	10	14	7	11	9	13	16	16	19
n1	0.7	1.0	0.5	0.8	0.7	1.0	0.8	0.8	1.0
deg1(度)	+3.6			+2.6			1.7		
deg2(度)	+1.2			+2.6			2.4		
m1 (画素)	35	41	43	40	38	41	30	30	30
n2	0.8	1.0	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0
d1 (画素)	5			1			0		
d2 (画素)				5			0		

## 6. 考察

実験により得られた被験者 5 人のデータに対し、平常状態である β 波との比較を以下の 4 点について考察を行う。

- ・ 目と脳波との関係性について
- ・ 眉と脳波との関係性について
- ・ 口と脳波との関係性について
- ・ 身体の動きと脳波との関係性について

はじめに α 波について考察を行う。表 2 から表 6 の脳波と各特徴について平常状態の際表れる β 波との比較解析結果より、リラックス・愉快的状態に表れるとされる α 波が優勢脳波となるとき、表情の状態として目の幅が小さくなり、眉が下がり、口の幅が大きくなる傾向があることを確認した。また、身体の動きでは自然な体動で左右に動く際、α 波が優勢脳波であることを確認した。次に、θ 波について考察を行う。集中している状態に表れるとされる θ 波が優勢脳波となるとき、表情の状態として目の幅が大きくなり、眉が上がり、口の幅が大きくなる傾向があることを確認した。また、身体の動きでは上下に動く傾向が見られた。これは、閲覧しているコンテンツに対し、興味をもち、見ようとする注視動作であると考えられる。

口の小さい被験者では変化が小さい等の個人性で α 波が優勢脳波か θ 波が優勢脳波が判別に困難な事例も見られた。このような事例に対して、パターン認識による個別の内部状態の認識を考えていく必要があると考えられる。

## 7. まとめ

人物の内部状態の推定を行うために目の状態、眉の状態、口の状態、身体の動きに注目し、目、眉、口、身体の動きから得られる各特徴をと生理指標である $\alpha$ 波、 $\beta$ 波、 $\theta$ 波の脳波解析結果における優勢脳波との比較を行い、関連性を示すことができた。

### 文 献

- [1] P. エクマン, W.V. フリーセン: "表情分析入門-表情に隠された意味をさぐる-" 株式会社誠信書房: 1988 年
- [2] 片岡, 岩口, 佐治: "目と口の追跡による笑顔の分類", 情報処理学会論文誌: コンピュータビジョンとイメージメディア (CVIM) 研究会論文誌, 2001-CVIM-129, pp109-116, 2001
- [3] 三原功雄, 山内康晋, 土井美和子: "モーションプロセッサを用いたビジョン型インタフェースの構築", インタラクティブシステムとソフトウェア VII (WISS' 99), 近代科学社, pp33-42, 1999
- [4] 小林貴訓, 佐藤洋一, 小池秀樹: "Enhanced Deskのための赤外線画像を用いた実時間指先認識インタフェース", インタラクティブシステムとソフトウェア VII (WISS' 99), 近代科学社, pp49-54, 1999
- [5] 関輝夫: "しぐさでわかる相手の心理", 新星出版社, 2000
- [6] 土田昭司・竹村和久 編: "感情と行動・認知・生理": 誠信書房: 1996
- [7] M. Kass, A. Witkin and D. Terzopoulos: "Snakes: Active contour models", Int. Journal of Computer Vision, Vol. 1, No. 4, pp. 321-331, 1988
- [8] 高木幹雄, 下田陽久, "画像解析ハンドブック", 東京大学出版会, 2004