

適正な情報提示のための驚き表情における時空間解析*

飛谷 謙介**山本 和彦***加藤 邦人****

Time-space Analysis of Surprised Expression for Proper Suggestion

Kensuke TOBITANI, Kazuhiko YAMAMOTO and Kunihito KATO

In recent years, accidents of factories especially nuclear power plants by human errors and natural disaster by tsunami and earthquake has been happened so many times. Therefore, much research on computer warning systems at these various disasters has been done. Actually, these damages are decreased by these warning system. So it can be said that these system are effective. These computer warning systems researched in the past judge a current state of human and systems by a human action as a result to warnings. Therefore it is considered that these systems will be better by estimation of an inner state of human on the way to the state after human action. In order to estimate inner state of human, an analysis of human expression is enumerated. And surprise emotion in human emotion is very primitive and is often occurred in dangerous situation. In considering of these characteristics of surprised expression, it is very effective for construction of computer warning systems to be able to analyze surprised expression not to shift panic state. In the first step of this research, we observed rough occurring structure of surprised expression. In the next step, we analyzed detailed movement of surprise expression taken by high-speed camera.

Key words: surprised expression, computer warning system, panic

1. はじめに

人間に限らず、動物における顔というものは多くの情報を持っており、その情報を人間は意識的、無意識的に関わらず利用している。近年、計算機の高速度等を背景に、これら顔が持つ情報を扱う研究が盛んに行われている。顔の持つ情報を取得する前準備としての顔全体や部品の検出や計測に関する研究¹⁾²⁾、また検出結果を利用した様々な応用研究が行われており^{3,4,5)}、顔に関する研究は多岐にわたっていると言える。その中でも、人間の顔面上の筋肉によって表現される動き、すなわち表情はその人間の意思や感情といった内的な状態をよく反映させることがわかっている。そのため、この人間の外観的感情表出の一つである「顔面の表情」の観察は非接触で人間の感情情報を把握できるツールとして使用することができる。

近年、原子プラント等の工場における人為的ミスによる事故や、大規模な地震や津波による自然災害に関する被害が多く報告されている。そのため、これらの災害や事故の被害を未然に防ぐためや、被害を軽減するために様々な警報システムの研究が行われている。これらのシステムも計算機の高速度等を背景に自動化や知能化が進められコンピュータ警報システムとして研究開発が行われている⁶⁾⁷⁾。実際、これらの警報システムの効果により被害は軽減されており非常に有用な研究だと考えられる。しかし、従来の研究におけるコンピュータ警報システムはアクシデントの際の状況判断を警報に対する人間のアクションの結果という出力によって行っている⁸⁾。もし、人間がアクションを起こす前の途中状態を推定することができるならば、警報システムはより適正な情報を提示す

ることが可能になると考えられる。そこで本研究では、警報システムの設置環境等を考慮し、非接触で人間の内部状態を推定可能な「顔面の表情」に着目し、人間の抱く感情の中で、緊急時においてパニック状態の原因になりうる非常に危険な驚き感情に対し、ビデオカメラで取得した自然な驚き表情の詳細な動画像を元に解析を行い、どのような特徴があるのかを検証する。

2. 驚き

2.1 特徴

驚きには、いままでの一般的な知見として以下の特徴があげられる⁹⁾。

- (1) 時間的に最も短い感情。
 - (2) 予期せぬ出来事と予期に反する出来事によって生ずる。
 - (3) 別の感情にすばやく移行する。
- また、驚きの表情は以下の特徴があげられる⁸⁾。
- (4) 眉が引き上げられ、湾曲し盛り上がる。
 - (5) 上脛が持ち上げられ、下脛が下方へ引かれる。
 - (6) 顎が下がり唇と歯が引き離されて開口する。

これらの特徴を考慮すると、一般的に言われている基本6感情の中で驚きは非常に特殊であることに気付く。その中でも最も特徴的な部分は(1)で述べたように非常に反射的な感情である点と思われる。驚き感情は、動物の基本感情である興味から速い段階で分岐した原始的な感情¹⁰⁾であり、表情筋の活動の機能的な起源も環境に適應するための行動に起源を発する原初的反射行動¹¹⁾であるという点を踏まえれば、驚き感情に伴う驚き表情は反射運動に非常に近い運動であると考えられる。

従来の表情認識・生成をはじめとする顔表情に対する研究はFACS(Facial Action Coding System)⁹⁾という表情記述手法で用いられているAU(Action Unit)をパターンマッチング手法やニューラルネットワークを用いて認識する手法等があげられ

* 原稿受付 平成 20 年 5 月 29 日
 ** 学生会員 岐阜大学 (岐阜県岐阜市柳戸 1-1)
 *** 非会員 岐阜大学
 **** 正会員 岐阜大学

るが¹²⁾、表情というものは意図的に作られた物であれば自発的に表出されたもの¹³⁾、また二つ以上の感情から喚起されたものなどがあり簡単に分類できるものではないといえる。しかし、反射的な表情は表出までの過程がシンプルであるため、表出した現象とその原因が密接に結びついている¹⁴⁾。そのため、本質的な解析が可能で、モデル化も容易と推測され、また、PCやカメラの高速化により反射的な表情のデジタルデータでの取得が可能になった今、実利用に向けての応用展開も可能であると考えられる。

2.2 リリース仮説

前節で述べた特徴を考慮すると一つの疑問が生まれる。そもそも、感情は行動の動機付けであり、そこには明確な意味が存在する。自分の命が最優先である動物にとって、予期せぬ、もしくは予期に反する事象に遭遇した際に「驚き」の表情を行うエネルギーは何のために使われているのだろうか？

この疑問に対する仮説として、リリース仮説を提案する。動物は予期せぬ、もしくは予期に反する事象に遭遇した場合、現状に対して適切な行動をとるべく直前のタスクに使用していた脳機能を一旦リリースするのではないのだろうか。もし、この仮説が正しければ「驚き」の表情の中にそれを示唆する動作が含まれているはずである。次章ではリリース仮説を踏まえつつ驚き表情の取得、解析を行う実験について述べる。

3. 撮影実験

3.1 概要

本実験では被験者にある種のタスクを与え、作業中にあるタイミングでオーディオ・ビジュアル刺激を与え表出した驚き表情を映像で観察し検証する。

3.2 被験者

〈3・5・2〉で詳しく述べるが、本実験の性質上、事前にも知らされていない大学生、大学院生の日本人男性10名に対して実験を行った。

3.3 撮影装置

実際の実験環境を図1に示す。タスクとオーディオ・ビジュアル刺激は15インチ液晶ディスプレイ付きノートPC(Macintosh PowerBookG4)で提示した。また、驚き感情の強度は驚き表情における表情筋の動きの大きさと相関があることがわかっており⁹⁾、そのため、顔面上に表情筋の動きを追跡するために再帰性反射シールを貼り(図2参照)、グレースケールで解像度320×240pixel、フレームレートは30fpsで実験を行った。また、驚き感情に伴う運動は体全体で表現される部分(跳躍等)と顔面上で表現される部分(表情)があるため、本実験では顔面上で表現される部分を取得するため、ヘルメットにCCDカメラを装着したものを着用し撮影を行った。刺激提示PCから被験者までの距離は約80cmとし、照明はハロゲン光源のリング照明だけを用い、室内は暗くした。

3.4 タスク・刺激

本実験では、被験者にタスクを与え、集中してもらうことで、タスク中に発生する刺激に対して、自発的に驚き表情を表出する仕組みを用いた。実際のタスクは図3に示すような迷路を提示した。図右下がスタート地点、図左下の矩形が目指すべきゴールで、その間、壁(黒い部分)に接触するとスタート画面からやり直しとなる。これにより驚き表情を取得すると同時に、迷路の道幅を三段階で狭くし、刺激を与える道

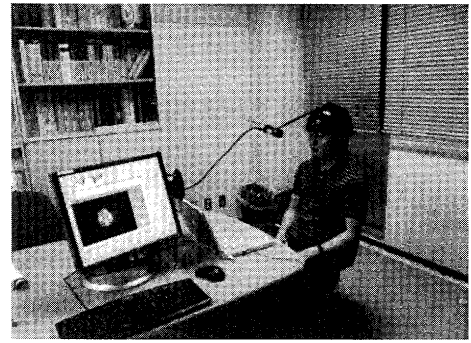


Fig. 1 Setting Image

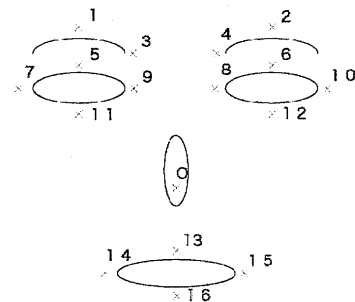


Fig. 2 Marker Position

幅を変化させることにより、タスク強度(タスクによる被験者の集中度合い)を変化させ、それによる驚き表情の差異についても検証する。刺激を与える順番として、予測学習の影響を低減するための係数の計算のため、最初の三回は道幅大(タスク強度小)、中(タスク強度中)、小(タスク強度大)の順序で固定的に提示し、それ以降はタスクに関わらず発生タイミングをランダムとした。タスクは約三十分間繰り返して行ってもらい、その間与える刺激は、ビジュアル刺激として図4に示すようなタスクの中断を余儀なくさせるような画像と、オーディオ刺激としてホワイトノイズをビジュアル刺激と同時に三秒間提示した。

3.5 実験結果

3.5.1 瞬き

本実験により、10名の被験者のうち、タスクが時間内に終了せず刺激を一度も受けることがなかった2名を除いた、この自発的に表出された驚き表情を取得する事ができた8名の被験者を評価対象被験者と呼ぶ。その評価対象被験者のうち、驚き表情の発生頻度(普通、多い、少ない)に対応する代表的な3名(人物A, B, C)の驚き表情の連続画像を図5の(a)から(c)に示す。この連続画像は左上から右下にかけて、表情が表出する直前のフレームから3フレーム間隔で並べたものである。また、図6は図5の(a)で示した人物Aの表情における式1で定義した顔面上の各特徴点から鼻の頂点への画像上におけるユークリッド距離Dの推移グラフである。系統の数字は図2の特徴点番号と対応しており、式1の P_{xi} , P_{yi} はそれぞれ特徴点番号*i*の座標値、 P_{xo} , P_{yo} はそれぞれ鼻の頂点の座標値である。

$$D_i = \sqrt{(P_{xi} - P_{xo})^2 + (P_{yi} - P_{yo})^2} \quad (1 < i < 16) \quad (1)$$

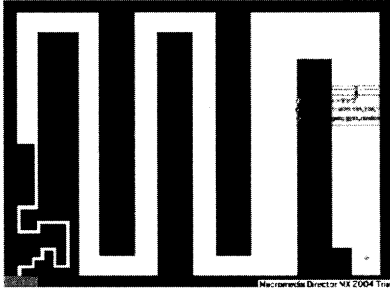


Fig. 3 Task Image



Fig. 4 Visual Stimulation Image

図6から、驚き表情が表出するまえ、刺激が与えられてからすぐに瞬き動作が必ず入り、その直後もしくは最中に、一般的にいわれている驚き表情が表出し始めることがわかった。この事実は評価対象被験者全員の驚き表情において観察することができた。

瞬きには習慣性瞬きと反射性瞬きの二種類があり、習慣性瞬きは角膜の洗浄、物体像のボケの修正、反射性瞬きは光量の調整といった役割をそれぞれ持っている。また、瞬きをしている間は脳が休止している可能性があることがわかっている¹⁵⁾。このことから今回の実験結果は、人が驚いた場合、目を閉じることにより、刺激に対して何をすべきか思考する前に、より速く、より適切な行動をとるための準備として、視覚系からの情報を遮断し、直前のタスクに多くの部分を利用して視覚系に関する脳機能を「リリース」する可能性があることを示唆しているのではないかと考えられる。

3.5.2 タスク強度と驚き感情の強度の関係

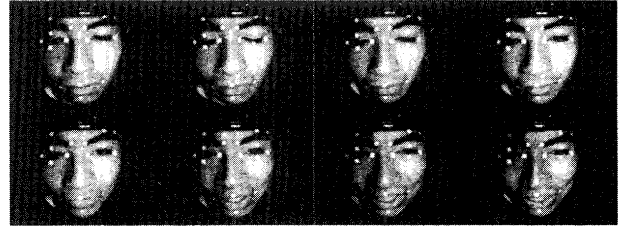
次にタスク強度の変化による驚き表情の差異について検証する。本研究では被験者の驚き感情の強度を特徴点の移動量の総和の平均とした。そのため、式2に強度 I 、式3に強度平均 \bar{I} を定義する。 D_i は式1で定義した距離、 D_{oi} は刺激が与えられる直前(刺激によって喚起された表情が表出する直前)のフレーム画像における距離 D_i 、 N は表情が表出している総フレーム数、 n はフレーム数、 i は特徴点番号を表す。

評価対象被験者である人物Aの強度平均の30分の実験の中での変化グラフを図7に示す。このグラフから、表情の動きはタスク強度の影響をある程度うけながらも、予測学習が進むにつれ急速に減少していきることがわかる。他の評価対象被験者も図7と同様の傾向が見られた。

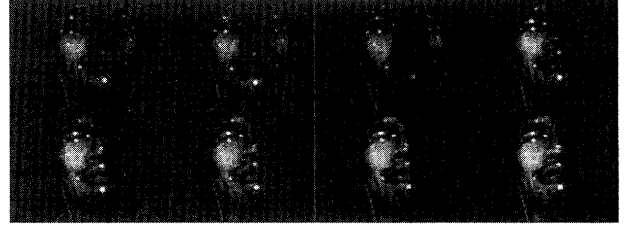
$$I = \sum_{i=1}^{16} (D_i - D_{oi}) \quad (2)$$

$$\bar{I} = \left(\sum_{n=1}^N I_n \right) / N \quad (3)$$

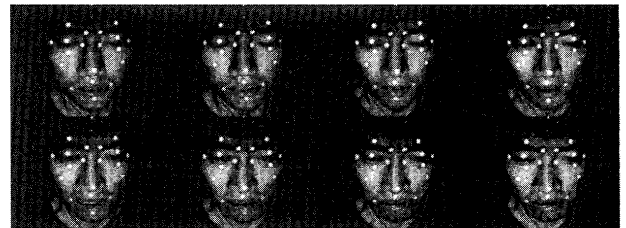
次に、予測学習の影響を軽減させ純粋にタスク強度と驚き



(a) Person A



(b) Person B



(c) Person C

Fig. 5 Surprised Expressions

強度の関係性をみるため、予測学習による強度平均の減衰を減衰係数 A を用い式4のように表す。 k_1, k_2 はそれぞれ各被験者の試行回数で、式5のように展開し減衰係数を求める。ただし本実験の性質上、比較する二つの試行回数の強度平均におけるタスク強度は同じでなければならない。図7の被験者の場合でいうと比較できる組み合わせは、試行回数1と6(タスク強度大)、3と7(タスク強度小)、2と4、2と5、4と5(タスク強度中)の全5組み合わせである。評価対象被験者のうち同じタスク強度の組み合わせが一つ以上ある6名の被験者の各々の組み合わせから得られた減衰係数の平均値を計算すると $\bar{A}=0.802$ となった。

$$\bar{I}_{k_2} = \bar{I}_{k_1} \times A^{(k_2 - k_1)} \quad (k_2 > k_1) \quad (4)$$

$$A = \sqrt[k_2 - k_1]{\frac{\bar{I}_{k_2}}{\bar{I}_{k_1}}} \quad (5)$$

次に、計算された \bar{A} を用い、式6のように予測学習の影響を軽減した強度平均 \bar{I}'_k を算出し、その推移を図8に示す。式6の k は表出回数を表す。図8の(a)は図6に示した被験者Aの予測学習の影響を軽減した強度平均の変化グラフ、(b)、(c)はそれぞれ人物B、Cのグラフとなっている。

$$\bar{I}'_k = \frac{\bar{I}_k}{(\bar{A})^{(k-1)}} \quad (6)$$

三回目までは減衰係数を求めるために形式的に与えたため、それ以降に試行したデータ点を検証対象とすると、図8から、タスク強度が小(図中表記 weak)と中(図中表記 normal)ではほぼ同じであるが、タスク強度が大きい(図中表記 strong)場

適正な情報提示のための驚き表情における時空間解析

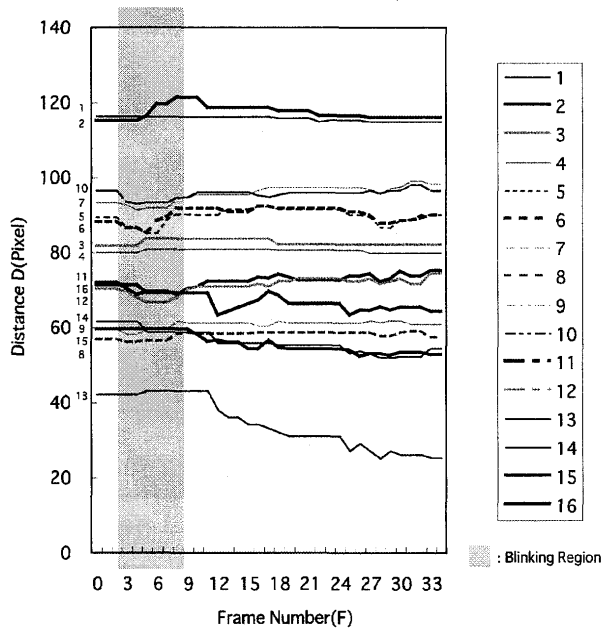


Fig. 6 Movement of Surprised Expression

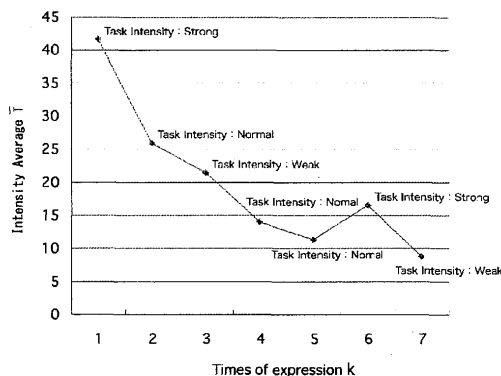


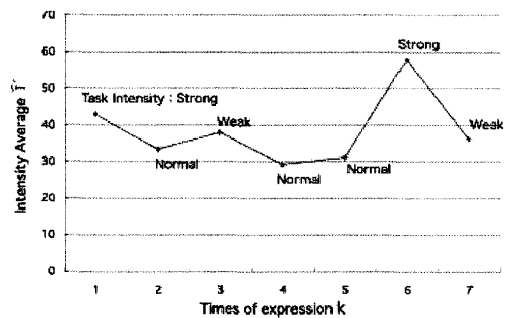
Fig. 7 Transition of Intensity Average

合、強度平均 \bar{I} も大きくなるのがわかる。これは、被験者がタスクに対して集中すると強く驚いていることを示している。このことから、警報を出すような緊急時において、表情筋の運動の大きさの観察によって、直前のタスク(警報に対する人間がするべきアクション)の強度を推定し、驚き状態からパニック状態への移行を防止するといったような場面において、タスク強度に応じた適正な情報の提示が可能になると思われる。

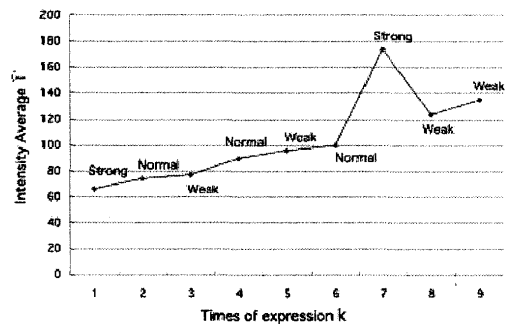
3.6 詳細な驚き表情のタイミング構造

前節の実験では、驚き表情を撮影するのにフレームレートが 30fps、解像度が 320 × 240 ピクセルの CCD カメラを用いた。しかし、2.2 で述べたように驚き表情は非常に反射的な運動のため、表出時間が非常に短く、またその動きも他の表情に比べて小さいといえる。そのため、本節では驚き表情撮影のために、フレームレート 200fps、解像度 640 × 480 ピクセルの CMOS カメラを使用し、解析を行った。

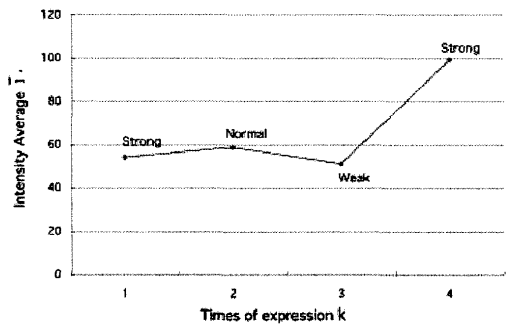
図 9 は高速度カメラを用いて撮影した驚き表情における右目周辺と口周辺の特徴点の動きを表している。図 9 から、驚き表情のタイミング構造は 5 つの部分に分けられることが



(a) Person A



(b) Person B



(c) Person C

Fig. 8 Transition of Intensity Average without Influence of learning for prediction

分かる。最初のパート(1)は瞬きを行っており、2番目のパート(2)においては開口し、目を開いている。3番目のパート(3)は視線を変化させており、4番目のパート(4)は特に動きがなく、無表情な状態。最後のパート(5)は口を大きく歪ませ、目は大きく見開く運動を行っている。3番目の視線変更とは、図 4 に示したように、与えたタスクは PC の画面上の細かい部分に視線が集中するが、刺激は画面全体に表示されるため、全体を俯瞰し、刺激を認識するために視線を画面の中心部分に変更することを意味する。この事実を考慮すると、2番目のパートは刺激を認識する前に表出していることが分かり、3番目のパートは刺激を認識している状態であると推測でき、その後の表情の動きは刺激を認識した後の動きであるといえる。この事実を考慮すると、この 2番目のパートの動きは非常に反射的と言え、個人性や予測学習の影響を強く受けていない動きと考えられる。以上のことから、より正確に驚き表情から、人間の内部状態を推定するには、この反射的に表出するパートの動きを観察する必要があると考えられる。

4. まとめと今後

本研究では、非接触で人間の内部状態を推定可能な「顔面の表情」に着目し、人間の抱く感情の中で、緊急時において

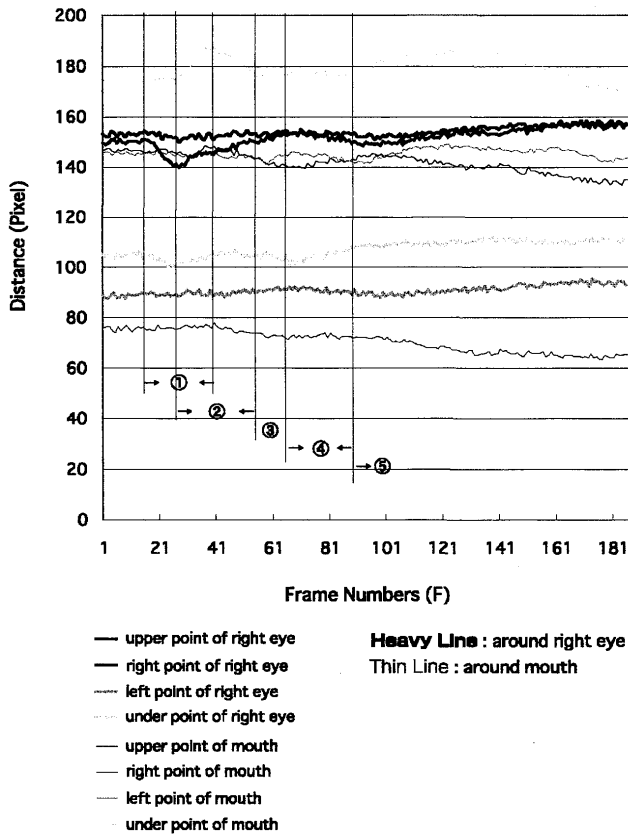


Fig. 9 Detail Movement of Surprised Expression

パニック状態の原因になりうる非常に危険な驚き感情に対し、ビデオカメラで取得した自然な驚き表情の詳細な動画を元に解析を行い、どのような特徴があるのかを検証、解析を行った。まず、驚き表情が表出する理由としてリリース仮説を提案し、実験結果より今回の実験環境において驚き表情が表出する直前には瞬き動作が必ず起こるということがわかった。このことはリリース仮説を示唆した結果となった。また、被験者のタスクに対する集中度が大きい場合、驚き強度も大きくなる関係性を示した。このことから、コンピュータ警報シス

テム等における、より適正な情報の提示に繋がる可能性を示した。

今後は、より多くの被験者の驚き表情を用いて解析を行う必要があると同時に、効果的に驚き表情の特性を調べるため、予測学習の補正法を含め、他のタスクを組み合わせた多様な実験が望まれる。また、他の感情との差異を明らかにするため、驚き表情におけるより反射的な動きについても調べる必要があると思われる。

参考文献

- 1) 石井洋平, 本郷仁志, 山本和彦, 丹羽義典: 顔検出のための特徴量とその領域の検討, 日本顔学会誌, 3, 1 (2003) 33.
- 2) 岩田健司, 本郷仁志, 山本和彦, 丹羽義典: 四方向面特徴と弛緩整合法を用いた顔向きによらない顔部品検出, 電気学会論文誌C, 124, 3 (2004) 706.
- 3) 青木義満, 橋本周司: 解剖学的知見に基づく顔の物理モデリングによる表情生成, 電子情報通信学会論文誌 A, J82-A, 4 (1999) 573.
- 4) 冨永将史, 林純一郎, 村上和人, 興水大和: 表情表出過程における動きの似顔絵生成の試み, 電子情報通信学会論文誌, J81-D-2, 8 (1998) 1856.
- 5) 林純一郎, 安本護, 伊藤秀昭, 丹羽義典, 興水大和: 年齢・性別推定のための表情抽出の基礎的研究, 日本顔学会誌, 2, 1 (2002) 131.
- 6) 王丹, 稲垣敏之: ヒューマン・インターフェイスと安全制御方策の組合せを考慮した警報システムの構成と確率的解析, システム制御情報学会論文誌, 0006, 0003 (1993) 156.
- 7) T.INAGAKI, R.PARASURAMAN: 不十分な状況認識の下での自動警報と人間との相互作用, システム・情報部門学術講演会講演論文集 (2001) 191.
- 8) N.STANTON(UNIV OF SOUTHAMP): 警報によって開始される行動, HUMAN FACTORS IN ALARM DESIGN (CHAPTER 6) (1994) 93.
- 9) Ekman P and Friesen WV: 表情分析入門, 誠信書房 (1987)
- 10) ひろたかなん: ココロを動かす技術、ココロを読み解く科学, 新風舎 (2001)
- 11) 池田進: 人の顔または表情の識別について, 関西大学出版部 (1987)
- 12) 下田宏, 國弘威, 吉川榮和: 動的顔画像からのリアルタイム表情認識システムの試作, ヒューマンインタフェース学会論文誌, 1, 2 (1999) 25.
- 13) 中村亨: 自然な笑いを作り笑いにおける表出の時間差の分析, 電子情報通信学会技術研究報告. HIP, ヒューマン情報処理 (ISSN 09135685) (2000) 1.
- 14) 加藤邦人, 岸本憲昭, 山本和彦, 野中雅彦, 笠松千夏: おいしさ表情認識に向けた味覚表情表出過程の解析, 信学技報, PRMU2007 (2007) 17.
- 15) Davina Bristow, John-Dylan Haynes, Richard Sylvester, Christopher D. Frith and Geraint Rees: "Blinking Suppresses the Neural Response to Unchanging Retinal Simulation", Current Biology, 15, 14 (2005) 1296