

ベイジアンネットワークを用いた自発的表情に及ぼす 心理的ストレス要因の分析

大津 宏亮[†] 佐藤 和人[†] 間所 洋和[†] 門脇さくら^{††}

[†] 秋田県立大学システム科学技術学部 〒015-0055 秋田県由利本荘市土谷字海老ノ口 84-4
^{††} SmartDesign 株式会社 〒011-0945 秋田県秋田市土崎港西 3-9-15 チャレンジオフィスあきた 304
E-mail: †{b09a015,ksato,madokoro}@akita-pu.ac.jp, ††sakura@smart-d.jp

あらまし 本研究では、自発的表情に及ぼす心理的ストレス要因を分析するために、表情の表出強度として抽出される覚醒度と心理的ストレス反応尺度 (SRS-18) の関係性に着目し、ベイジアンネットワークを用いて個人固有なストレスモデルを構築する。モデル構築では、Ekman が定義した基本 6 表情の中から「喜び」「怒り」「悲しみ」の 3 表情を対象として、心理的ストレス要因 (抑うつ・不安, 不機嫌・怒り, 無気力) との関係性を抽出する。評価実験では、被験者 10 名を対象に 7 週間から 20 週間に渡り取得した表情画像と SRS-18 を用いて同時計測したストレス反応データセットから被験者固有のストレスモデルを構築し、各表情の覚醒度を観測値として確率推論することにより、自発的な表情表出に及ぼす心理的ストレス要因を明らかにする。

キーワード ベイジアンネットワーク, 覚醒度, Stress Response Scale-18, 表情

An Analysis of Psychological Stress Factors with Spontaneous Facial Expressions using Bayesian Networks

Hiroaki OTSU[†], Kazuhito SATO[†], Hirokazu MADOKORO[†], and Sakura KADOWAKI^{††}

[†] Faculty of Systems Science and Technology, Akita Prefectural University 84-4 Aza Ebinokuchi Tsuchiya, Yurihonjo City, 015-0055 Japan

^{††} SmartDesign Co.,Ltd, 304 Challenge office, 3-9-15 west tsuchizakiminato, Akita City, 011-0945 Japan
E-mail: †{b09a015,ksato,madokoro}@akita-pu.ac.jp, ††sakura@smart-d.jp

Abstract This paper presents a method to create an individual model to describe relations between facial expressions and stress patterns using Bayesian networks. For creating this model, we extract relations between three facial expressions (happiness, anger, and sadness) for the basic six facial expressions defined by Ekman and psychological stress factors (dysphoria and anxiety, displeasure and anger, and lassitude). In the evaluation experiment, we constructed relational models of individual facial expressions from the dataset of facial images and stress values measured using Stress Response Scale-18 (SRS-18) obtained from 10 subjects during 7-20 weeks at one-week intervals. Moreover, we demonstrate psychological stress factors on facial expressions with using to estimate probabilities using arousal levels of facial expressions.

Key words Bayesian networks, arousal levels, Stress Response Scale-18, facial expressions.

1. はじめに

表情は、情動の変化に伴って自発的に、あるいは社会的な制約を受けて意図的に表出されるが、実際に表出される表情の程度は、その場の状況や心理的な影響を受けて様々な形に修飾される。中でも精神的かつ心理的ストレスの影響を強く受けられている現代社会はストレス社会であり、人々はストレスの影響を受けて日常を過ごしている。一方、ストレスの

感じ方は人によって様々であり、性格や気持ちの持ち方で異なる。また、ホルモン分泌の違いから男女間でもストレス反応の違いが生じる [1]。ストレスは、精神的・心理的な性質を持つストレスサ (何らかの有害な刺激) から引き起こされ、恐れ、怒り、焦り、対人関係といったものが挙げられる。ストレスはうつ病などの精神的な病気を発症することが多く報告されており、また、ストレスは脳にも影響を与える。通常は心身のバランスが取れるように適切な応答をしているが、過度のストレスを受

けると心身に異常をきたすようになる [2]。よって、ストレスと上手く付き合うことが重要となり、そのためには、ストレスの程度とその要因を的確に知る必要がある。情動の発露として表出される表情におけるストレス因子を、表情の固有性や性差から分析することにより、表情表出に影響を及ぼすストレス要因を捉えることができると考えられる。

本研究では、ストレスが表情に与える影響の分析を目的とする。心理的ストレス反応尺度 (SRS-18: Stress Response Scale-18) を用いて計測したストレス値及びストレス要因について、複数個の確率変数の依存関係をグラフ構造によって表すことのできるベイジアンネットワークを用いることにより、ストレスが表情表出に与える影響の因果関係をグラフィカルに分析する。評価実験では、被験者 10 名 (男女各 5 名) の複数週に渡るデータセットを用いて、各被験者及び被験者全体の関連モデルを作成し、ストレス因子とストレス要因を特定する。更に、男女別の関連モデルを作成することにより、性差によるストレスの影響及び要因を特定し、客観的かつ定量的に評価する。

2. 周辺研究

従来のストレス研究は、心理学や認知科学の分野が中心となっていたが、近年では、工学的にもストレスを定量的に扱うための技術が登場し、その一部は製品として市販化されている。ニプロ社製の唾液アミラーゼモニタ [3] は、唾液中に含まれるアミラーゼの成分量からストレスの程度を定量的に測定することができる。簡便にストレスを計測できるツールとして有用であるが、測定用のチップに唾液を垂らす必要があり、心理的な負担と抵抗感が大きい。また、計測用のチップは使い捨てであり、市販の単価は数百円/個であるため、コスト的にも負担が大きい。メディコア社製の脈拍を用いたストレス計測システム (ボディチェッカ) [4] は、接触型であるが唾液のシステムと比較して心理的な負担が少なく、有用性が高い。しかしながら、本体価格が 1 台 100 万円程度と非常に高価であるため、一般向けではない。

質問用紙を用いたストレス計測では、対象者の社会的属性に合わせて、様々なチェックシートが提案されている。対象とする属性が異なるため、一概に比較できないが、世界的に普及しているチェックシートとして POMS (Profile of Mood States) がある。POMS は 65 項目の質問から構成されており、簡易型 POMS でも 30 項目の質問があるため、表情の取得と併せて用いることは、被験者に大きな負担を課すことになる [5]。一方、少ない項目数で青年から成年までの幅広い年齢層を対象としたチェックシートに鈴木らによって開発された SRS-18 (Stress Response Scale-18) がある。SRS-18 は 18 項目の質問のみから構成されているため、短時間でシートの記入ができる。また、既存のストレスシートの大半は、臨床症状の査定を主目的としているのに対して、SRS-18 は健康者が日常的に接する事象に関する質問項目が多く、更に、心身の諸反応を多面的に測定できることから、表情との併用に最適かつ有用なチェックシートと考えられる。

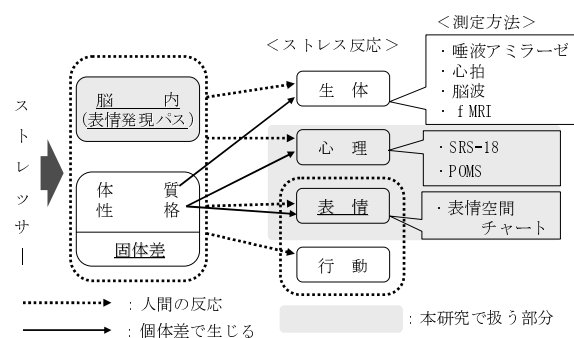


図 1 ストレス反応と表情の関連性。

Fig. 1 Connection between stress response and facial expressions.

3. 心理的ストレスと表情表出の関係

現代社会はストレス社会と言われており、多くの人々が様々なストレスを感じながら日常生活を送っている。ストレスが蓄積されると、胃が痛くなったり、息苦しくなるなど、様々な身体症状が出現してくる。また、ストレス反応は、イライラしたり、不安になったりなど、心理面に現れたり、お酒やタバコの量が増えたり、落ち着きが無くなるなど、行動面に出ることもある。さらに、同一環境下でもストレスがたまりやすい人とそうでない人がいる事実は、体質や性格などの個性差要因によって説明されている。したがって、図 1 に示すように、何らかのストレスに曝された場合のストレス反応は、身体面、心理面、行動面の各側面に注目し、個性差要因を含めてそれらを総合的に検討する必要がある。

一方、顔は心の窓と言われ、その人の健康状態や体調、心の在りようなど様々な情報を発信している。特に、顔表情は喜怒哀楽といった感情やストレスの有無などの心理的内面に關わる様々な情報を発信しており、親しい友人や家族間では、表情の微妙な変化から体調やストレスの状態などを読み取りながらコミュニケーションを行っている。

Blair [6] は、表情表出には脳内の (1) 感情を生み出す部位 (扁桃核、島皮質など)、(2) 表情を自発的に形作る部位 (大脳基底核)、(3) 周囲の状況に合わせて表情を修飾する部位 (前頭前野)、(4) 実際に表情筋を動かす運動関連領域が必要であると指摘している。山口 [7] らは、脳はリズムで経験を記憶する、つまり、特定の脳波に合わせて神経細胞が協調して働き、経験が記憶されると述べている。また、知覚認識では、速いリズムの脳波であるガンマ波に合わせて神経細胞が同時に活動することが解明されつつある。これらの研究から、表情の表出プロセスには、脳の中の神経細胞が刻むリズムが関与していることが推察される。すなわち、図 2 に示すように、自然な表情と意図的に表情を修飾する場合は、表情発現パスの違いにより覚醒する表情の時系列パターンに変化が発生すると考える。脳の内部で表情表出に関する部位やストレスを感じる処理過程などで、表情発現パスの違いが発生し、微妙な心理状態を反映した様々な表情表出が行われる。

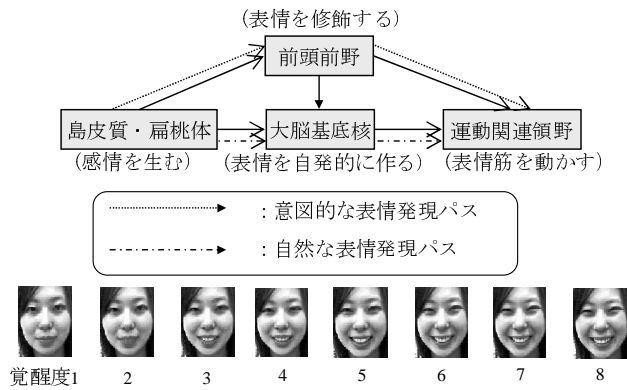


図 2 表情発現パスと覚醒度.

Fig. 2 Facial expressions and arousal levels.

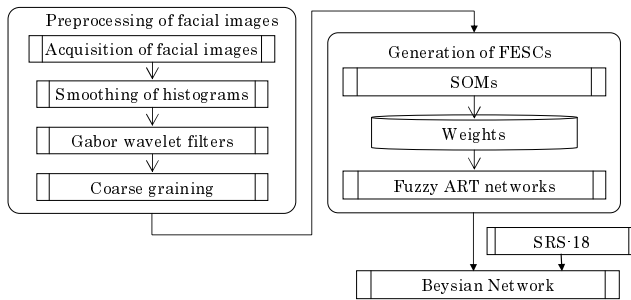


図 3 提案手法の全体構成.

Fig. 3 Whole architecture of our proposed method.

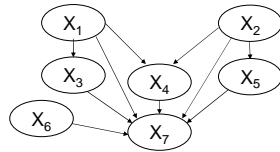


図 4 ベイジアンネットワークモデルの例.

Fig. 4 Example of Bayesian networks.

4. ベイジアンネットワークによるストレス推論

提案手法の処理手順を図 3 に示す．本手法では，被験者が意図的に表出した表情を対象として，表情表出における位相変化を抽出するために，SOMs (Self Organizing Maps) [8] を用いて表情パターンの分類を行う．更に，SOMs で分類されたカテゴリを代表する結合荷重を学習データとして Fuzzy ART (Adaptive Resonance Theory) [9] で再分類することにより，表情パターンの統合をすることで表情の覚醒度を抽出し [10]，表情変化と心理的ストレス要因の関係について，ベイジアンネットワークを用いて関連モデルを構築する．以下にベイジアンネットワークについて説明を記す．

ベイジアンネットワークは，事象間の依存関係を有向グラフで表現している．ベイジアンネットワーク上で各事象はノードとして表され，事象間の依存関係はリンクとして表される．有向リンクは親から子の向きに条件付の依存関係を示す．依存関係の強さは，条件付確率によって表現される．リンクの関係は

$$X_i \rightarrow X_j \quad (1)$$

と表される．なお， X_i は親ノード， X_j は子ノードである．図 4 にベイジアンネットワークモデルの例を示す．今，計算しようとしているノードを X_2 とすると，事後確率 $P(X_2|X_1)$ は

$$P(X_2|X_1) = P(X_2|X_1)P(X_1) \quad (2)$$

と計算される [11]．

ベイジアンネットワーク構造を学習するアルゴリズムとして，K2 アルゴリズムがある．K2 アルゴリズムの処理は，親ノードになり得る候補を各ノードから限定し，親ノードを一つずつ加えてグラフを作成する．続いて，パラメータの決定と評価をし，評価が高くなった時に親ノードとし，親ノードとして加える候補がなくなるか，加えても評価が高くならなくなった場合，子ノードに遷る．以上の処理を全てのノードについて行う [12]．

本研究では，ベイジアンネットワークモデルの構築をする際に，K2 アルゴリズムを基にしてモデルの自動構築する箇所と，表情とストレスのノード間で有向リンクを指定し，モデルの親子関係を手動構築する箇所を設けた．

5. データセット

本研究では，各表情の豊かさを表す覚醒度と SRS-18 [13] で測定されたストレス値をデータセットとして用いる．覚醒度として用いる表情データは，同一人物の特定表情を長期間に収集した縦断的なデータセットで構築する．具体的には，10 名の被験者を対象として，3 表情（喜び，怒り，悲しみ）について，数カ月をわたり表情画像を取得した．表情撮影（7 週間～20 週間）を行うと同時に，SRS-18 を用いて心理的ストレスを測定した．

5.1 覚醒度の抽出

覚醒度とは，Russell の円環モデル [14] の縦軸である覚醒次元に注目して，その度合いを定量化した数量である．Russell の円環モデルでは，全ての感情は快の次元（快・不快）と覚醒の次元（覚醒・眠気）の 2 次元で表される平面上に円環状に布置される．Russell の円環モデルの覚醒次元に注目し，個々の表情空間の基準となる無表情から表情が表出されるまでの顔パターンの幾何学的変化を位相変化として定量化した値を覚醒度と定義する．ここで，表情画像の位相変化から覚醒次元が抽出できるのは，本研究では自発的な表情を扱っているからと考える．表情画像中には快の次元の要素も含まれているが，自発的に表出した表情であるため，快・不快に関係なく（すなわち，心理的状态を抑えて）表情を形成するために，表情筋を動かしていると考えられる．つまり，自発的な表情表出を扱った実験では，表出される表情のパターンは覚醒の次元に対して強く対応付くと考えられる．一方，自発的な表情を扱う本実験では快の次元の影響を直接的に扱うことが難しいと考えられるため，心理学分野で用いられている専用のストレスシートを用いて評価する．覚醒度画像の例は図 2 中に示している．関心領域として設定した画像の内側の領域から覚醒度を求める．

覚醒度の取得に際し，画像を Gabor Wavelets によって特徴表現し，部位を強調する．Gabor Wavelets 変換した表情時系列画像に粗視化処理を行い，情報量の圧縮とノイズの低減をす

表 1 SRS-18 質問項目とストレス因子.

Table 1 Question items of SRS-18 and stress factors.

ストレス因子	質問項目
抑うつ・不安	悲しい気分だ
	何となく心配だ
	泣きたい気持ちだ
	気持ちが沈んでいる
	何もかもいやだと思う
	なぐさめて欲しい
不機嫌・怒り	怒りっぽくなる
	怒りを感じる
	感情を抑えられない
	くやしい思いがする
	不愉快だ
	いらいらする
無気力	いろいろなことに自信がない
	よくないことを考える
	話や行動がまとまらない
	く根気がない
	ひとりでいたい気分だ
	何かに集中できない

る。粗視化画像データを用いて、時間軸方向への圧縮による正規化と表情表出における位相変化を抽出するために SOMs により表情パターンの分類を行う。更に、SOMs により分類した表情画像を、安定性と可塑性を併せ持った適応的学習アルゴリズムである Fuzzy ART を用いて再分類する。SOMs は、予め決められた写像空間の中で相対的にカテゴリ分類を行うが、Fuzzy ART は、ピジランスパラメータで制御された一定の粒度のもとでカテゴリ分類を行うため、長期間に及ぶ時系列データに対しても、同じ基準で分類することができる。

5.2 ストレスの測定

心理的ストレス反応測定尺度として、本研究では、SRS-18 を用いた。SRS-18 は、日常生活で経験する心理的ストレス反応を、短時間で簡易かつ多面的に測定することができる質問紙から構成されている。心理的ストレス反応としては、日常的に体験する各種ストレスによって引き起こされる、憂うつ・不安や怒り（情動的反応）、無気力や集中困難（認知的反応）、仕事の能率の低下（行動的反応）などがある。測定内容としては、抑うつ・不安、不機嫌・怒り、無気力の 3 因子に対するストレス反応が対象となる。18 項目の質問に対して、回答は「全くちがう」から「その通りだ」の 4 件法であり、それぞれに 0~3 ポイントの得点が与えられる。得点範囲は 0~54 ポイントであり、得点が高いほどストレスが高いことを意味する。更に、この得点から 4 段階の評定値（レベル 1: 弱い, レベル 2: 普通, レベル 3: やや高い, レベル 4: 高い）に分類される。本実験では、被験者 10 名を対象として、表情撮影（7 週間~20 週間）を行うと同時に、SRS-18 で心理的ストレスの測定を行った。SRS-18 への記入は表情撮影前に行い、表情の表出に影響を与えないようにするために、得点は被験者に提示していない。RSR-18 の質問項目及び対応するストレス因子を表 1 に示す。

6. 評価実験と考察

本章では、まず始めに各被験者に対するモデルの構築および確率推論の結果を示し、ストレス因子の推論およびストレス要因を分析する。つづいて、被験者全体のモデルを構築することにより、全体としての傾向とストレス要因を分析する。最後に、性差による影響を検討するために男女別にモデルを構築し、男女間の傾向と各被験者及び全体のモデルにおける要因分析結果を比較検討する。

6.1 個人に対するストレス要因分析

被験者 A (19 歳, 女性) の 8 週分のデータを基に作成したベイジアンネットワークの関連モデルを図 5 に示す。本実験で扱うベイジアンネットワークの関連モデルは、ストレス要因（気分・状態）に関する 18 ノード、ストレス因子（抑うつ・不安、不機嫌・怒り、無気力）に関する 3 ノード、覚醒度（Happiness, Angry, Sadness）に関する 3 ノード、合計ストレスレベルに関する 1 ノードの合計 25 ノードから構成されている。心理的ストレス因子である「抑うつ・不安」、「不機嫌・怒り」、「無気力」は、それぞれストレス要因を親ノードに 6 ノードずつ持っている。また、心理的ストレス因子は、合計ストレスレベルノードを子ノードとして持つ。表情の覚醒度と心理的ストレス因子の親子関係は手動で設定した。心理的ストレスが表情に影響を与えるという仮定のもと、心理的ストレス因子を親ノードに、覚醒度を子ノードにした。更に、ストレス要因があることでストレス因子を引き起こすという前提条件のもと、ストレス要因 6 ノードそれぞれがストレス因子に有向リンクを持つように手動で設定した。

ストレス要因である 18 ノードは、全てのノードで「全くちがう」「いくらかさうだ」「まあさうだ」「その通りだ」の 4 項目となり、0 点から 3 点までが付与される。ストレス因子全てのノードは、「弱い」「普通」「やや高い」「高い」の 4 段階のストレス反応レベルとなる。

図 5 に示すモデル構築結果では、「合計ストレスレベル」が高い状態のときの事後確率値が最大となる項目および事後確率値の数値をノード上に示している。「抑うつ・不安」「不機嫌・怒り」「無気力」ノードの親ノードである 6 項目が互いに関連しながらストレス因子が発生していることが表現されている。具体的には、「抑うつ・不安」の親ノードである「なぐさめて欲しい」は「気持ちが沈んでいる」と関連している。「くやしい思いがする」が「不愉快だ」「感情を抑えられない」と関連し、さらに「怒りを感じる」が「怒りっぽくなる」と関連して「不機嫌・怒り」因子が発生している。「無気力」では「話や行動がまとまらない」と「よくないことを考える」、「ひとりでいたい気分だ」と「何かに集中できない」の関連を示唆する結果が得られた。

表 2 に、各表情の覚醒度が最大のときの、3 因子の事後確率値が最大の項目、及び、合計ストレス値の事後確率値が最大となる項目名を示す。また、各表情を表出する際に受けているストレス因子とストレス要因を示す。なお、括弧内の数値は確率値である。喜びの表情を表出する際に、「抑うつ・不安」「不機嫌・怒り」のストレスレベルが弱く、合計ストレスレベルが普

ストレス要因ノード群

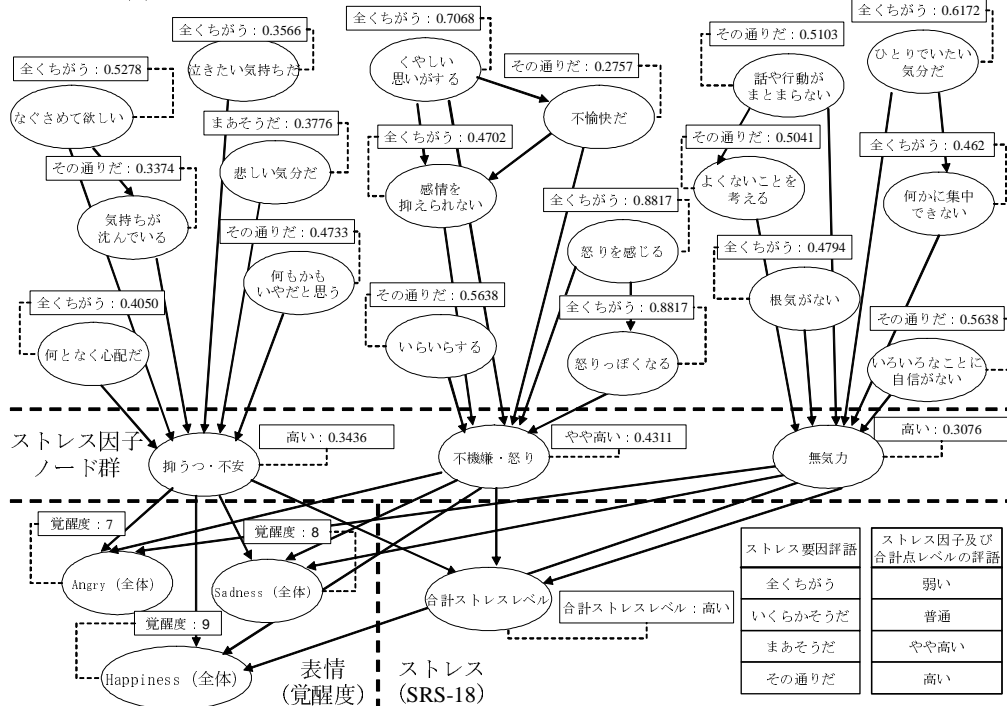


図 5 ベイジアンネットワークによる関連モデル構築結果 (被験者 A)。

Fig. 5 Result of relational model created by Bayesian networks (Subject A).

表 2 覚醒度が最大のときのストレス因子レベルと確率値 (被験者 A)。

Table 2 Stress factors and probabilities in the case of the maximum arousal levels (Subject A).

ストレス因子	喜び : 10	怒り : 7	悲しみ : 9
抑うつ・不安	弱い (0.2909)	普通 (0.3390)	やや高い (0.3038)
不機嫌・怒り	弱い (0.4375)	やや高い (0.4814)	弱い (0.4104)
無気力	普通 (0.3750)	やや高い (0.3766)	やや高い (0.3070)
合計ストレスレベル	普通 (0.3524)	高い (0.3042)	やや高い (0.2942)

表 3 怒りの覚醒度が最大のときのストレス要因と確率値 (被験者 A)。

Table 3 Stress elements and probabilities in the case of the maximum arousal level in angry (Subject A).

ストレス要因 (不機嫌・怒り)	項目名
怒りっぽくなる	全くちがう (0.8617)
怒りを感じる	全くちがう (0.8617)
感情を抑えられない	全くちがう (0.4722)
くやしい思いがする	全くちがう (0.6853)
不愉快だ	まあそうだ (0.2646)
いらいらする	その通りだ (0.5210)

通であった。怒りの表情を表出する際に「不機嫌・怒り」と「無気力」のストレス因子がやや高い状態であり、合計ストレスが高かった。悲しみの表情を表出する際は、「抑うつ・不安」と「無気力」のストレス因子がやや高い状態であり、合計ストレスがやや高かった。喜び、怒り、悲しみの表情では、高いストレスレベルを示した表情は怒りの表情であり、中でも「不機嫌・怒り」のストレス因子レベルが最も高かった。なお、ストレスレベルが同じだった場合は、確率値の高いストレス因子を、最も高いストレス因子とした。

表 3 に怒りの覚醒度が最大のときのストレス要因とその確率値を示す。因子中の付与得点が高い項目をストレス要因の代表とし、代表項目が複数個の場合は確率値の高いものを選ぶ。「不機嫌・怒り」因子に影響を与えるストレス要因として、「いらいらする」が高い得点を示している。被験者 A の場合、表情表出の際に最もストレスが高くなるのが怒りの表情であり、「いらいらする」がストレスの要因となることを示唆する結果が得ら

れた。

6.2 被験者全体に対するストレス要因分析

次に、被験者全体 (10 名) のベイジアンネットワークの関連モデルを図 6 に示す。被験者全体では独立したノードはなく、他のストレス要因と関連している。

表 4 覚醒度が最大のときのストレス因子レベルと確率値 (被験者全体 (10 名))。

Table 4 Stress factors and probabilities in the case of the maximum arousal levels (all ten subjects).

ストレス因子	喜び : 13	怒り : 11	悲しみ : 11
抑うつ・不安	弱い (0.4461)	弱い (0.5641)	弱い (0.2927)
不機嫌・怒り	普通 (0.03922)	弱い (0.6080)	弱い (0.4048)
無気力	高い (0.03982)	普通 (0.4016)	高い (0.3482)
合計ストレスレベル	弱い (0.2994)	弱い (0.4422)	普通 (0.4017)

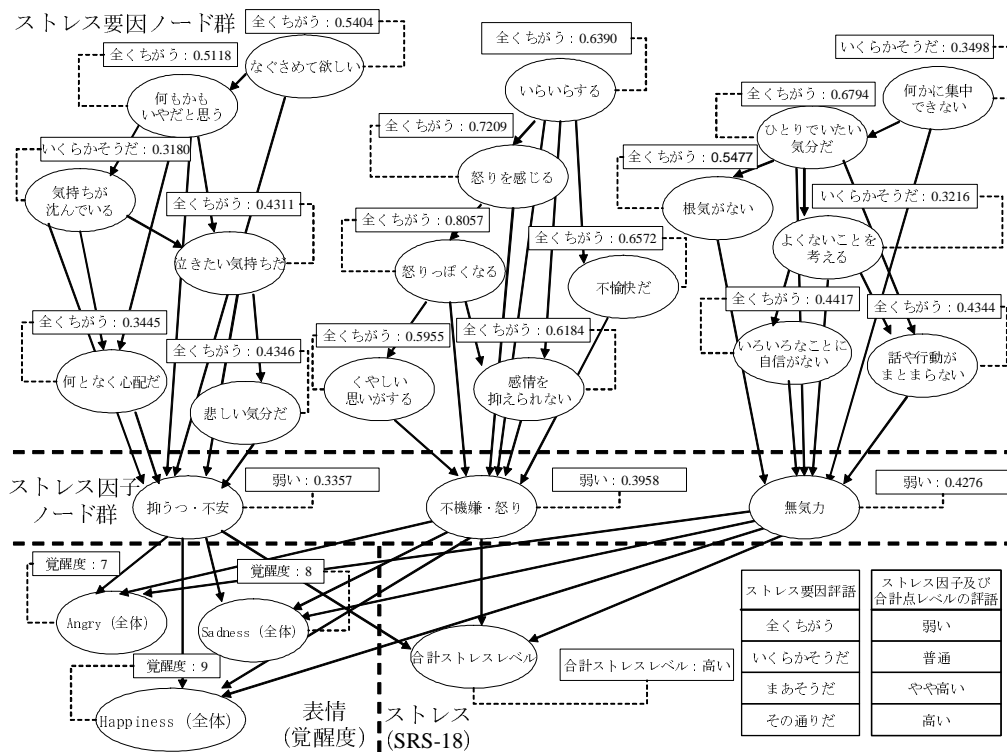


図 6 ベイジアンネットワークによる関連モデル構築結果 (被験者全体)。

Fig. 6 Result of relational model created by Bayesian networks (all ten subjects).

表 5 悲しみの覚醒度が最大のときのストレス要因と確率値 (被験者全体 (10 名)).

Table 5 Stress elements and probabilities in the case of the maximum arousal level in sadness (all ten subjects).

ストレス要因 (無気力)	項目名
いろいろなことに自信がない	いづらかそうだ (0.2949)
よくないことを考える	いづらかそうだ (0.3277)
話や行動がまとまらない	全くちがう (0.5674)
根気がない	全くちがう (0.6602)
ひとりでいたい気分だ	全くちがう (0.8625)
何かに集中できない	いづらかそうだ (0.3741)

表 4 に各表情の覚醒度が最大のときの、3 因子の事後確率値が最大の項目名および合計ストレス値の事後確率値が最大となる項目を示す。被験者全体では、合計ストレスレベルが普通となった悲しみが、最もストレスの影響を受けていると推論されている。更に、悲しみの中でも、ストレス因子として高いとなった「無気力」が最も影響を受けていると推論される。

表 5 に悲しみの覚醒度が最大のときのストレス要因とその確率値を示す。被験者全体では、「無気力」因子に影響を与えるストレス要因として、「いろいろなことに自信がない」が高い得点を示した。被験者 A と被験者全体の比較をみると、ストレスが全体的に弱い結果としてモデル化されている。これは、被験者全体のときのストレス 3 因子のレベルに弱いものが多く、高いレベルを示した無気力の影響度が相対的に弱くなったと考えられる。

6.3 性差によるストレス要因分析

男性のデータを基に作成したベイジアンネットワークの関連

表 6 覚醒度が最大のときのストレス因子レベルと確率値 (男性)。

Table 6 Stress factors and probabilities in the case of the maximum arousal levels (Male).

ストレス因子	喜び : 13	怒り : 11	悲しみ : 9
抑うつ・不安	弱い (0.4538)	やや高い (0.4137)	弱い (0.5207)
不機嫌・怒り	弱い (0.5135)	弱い (0.5752)	弱い (0.5731)
無気力	弱い (0.5420)	弱い (0.3280)	弱い (0.4269)
合計ストレスレベル	弱い (0.4595)	普通 (0.5304)	弱い (0.4872)

モデルを図 7 に、女性のデータを基に作成したベイジアンネットワークの関連モデルを図 8 に示す。「抑うつ・不安」に注目すると、男性は他要因に複数リンクを持っているが、女性は他要因に持つリンクが単独のものが多い。

表 6 に男性の各表情の覚醒度が最大のときのストレス因子レベルと確率値を示す。男性は合計ストレスレベルが普通となった怒りが、最もストレスの影響を受けていると推論されている。更に、怒りの中でも、ストレス因子としてやや高いとなった「抑うつ・不安」が最も影響を受けていると推論される。

表 7 に男性の怒りの覚醒度が最大のときのストレス要因とその確率値を示す。「抑うつ・不安」のストレス要因は、項目全てが「全くちがう」であり、確率値が低い要因は「何となく心配だ」であった。確率値が最も低いことから、1 つ高いストレス反応も含んでいると考えられる。

表 8 に女性の各表情の覚醒度が最大のときのストレス因子レベルと確率値の表を示す。女性は合計ストレスレベルが普通と

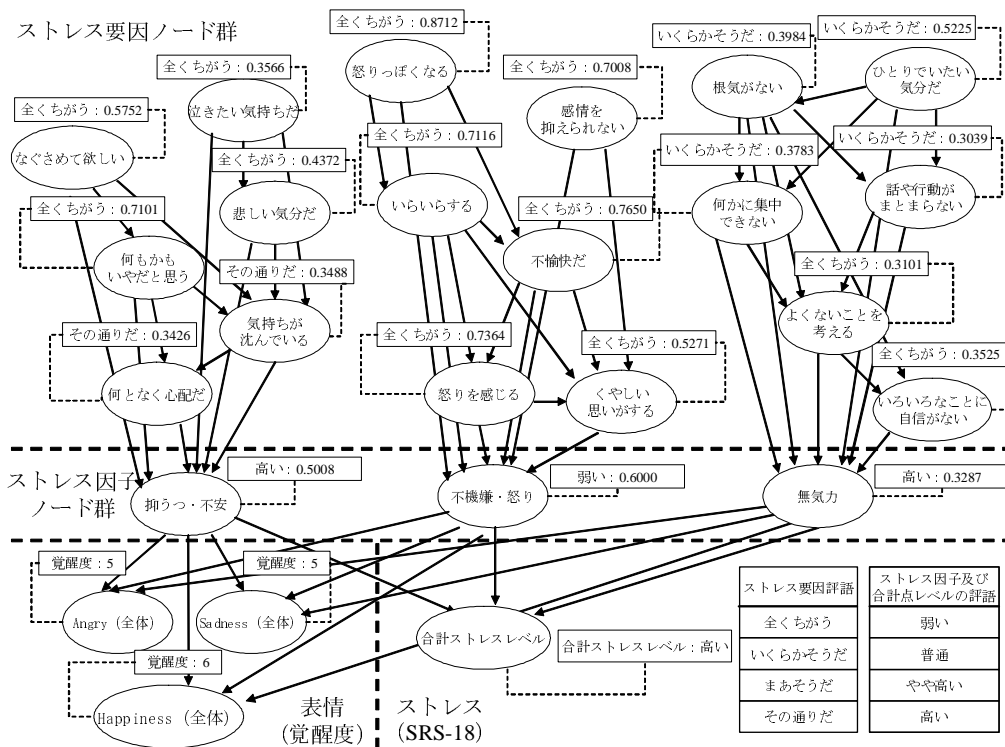


図 7 ベイジアンネットワークによる関連モデル構築結果 (男性).
 Fig. 7 Result of relational model created by Bayesian networks (Male).

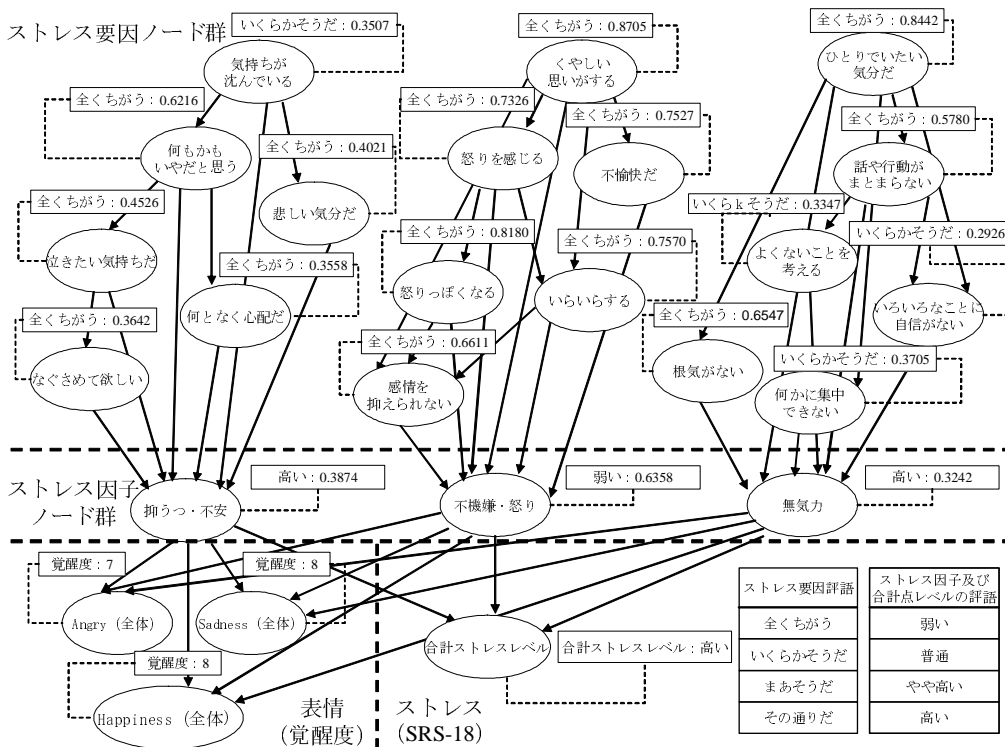


図 8 ベイジアンネットワークによる関連モデル構築結果 (女性).
 Fig. 8 Result of relational model created by Bayesian networks (Female).

なった喜びが、最もストレスの影響を受けていると推論されている。更に、喜びの中でも、ストレス因子として普通となった「無気力」が最も影響を受けていると推論される。

表 9 に女性の怒りの覚醒度が最大のときのストレス要因とそ

の確率値を示す。「無気力」因子に影響を与えるストレス要因として、「いろいろなことに自信がない」が高い得点を示した。

以上の実験結果を基に男女間で比較検討する。まず男女のモデルを比較してみると、男性は「抑うつ・不安」と「不機嫌・

表 7 怒りの覚醒度が最大のときのストレス要因と確率値 (男性).

Table 7 Stress elements and probabilities in the case of the maximum arousal level in angry (Male).

ストレス要因 (抑うつ・不安)	項目名
悲しい気分だ	全くちがう (0.5081)
何となく心配だ	全くちがう (0.2857)
泣きたい気持ちだ	全くちがう (0.4161)
気持ちが沈んでいる	全くちがう (0.3081)
何もかもいやだと思う	全くちがう (0.6149)
なくさめて欲しい	全くちがう (0.5727)

表 8 覚醒度が最大のときのストレス因子レベルと確率値 (女性).

Table 8 Stress factors and probabilities in the case of the maximum arousal levels (Female).

ストレス因子	喜び : 13	怒り : 11	悲しみ : 9
抑うつ・不安	普通 (0.3010)	普通 (0.3588)	高い (0.3171)
不機嫌・怒り	弱い (0.8044)	弱い (0.7418)	弱い (0.6631)
無気力	普通 (0.5539)	弱い (0.4599)	普通 (0.3142)
合計ストレスレベル	普通 (0.5382)	弱い (0.4229)	普通 (0.3374)

表 9 喜びの覚醒度が最大のときのストレス要因と確率値 (女性).

Table 9 Stress elements and probabilities in the case of the maximum arousal level in happiness (Female).

ストレス要因 (無気力)	項目名
いろいろなことに自信がない	いくらかそうだ (0.3450)
よくないことを考える	全くちがう (0.3618)
話や行動がまとまらない	全くちがう (0.6536)
根気がない	全くちがう (0.7021)
ひとりでいたい気分だ	全くちがう (0.8786)
何かに集中できない	全くちがう (0.4260)

怒り」の最上位に 2 ノードが存在するのに対し、女性は最上位に 1 ノードのみ存在する。男性は 2 要因が単独で発生し、続いて他の要因と関連を有している。女性の場合は、特定の 1 要因が発生し、残りの要因と関連を有する。最上位にあるノードは他のノードの影響を受けにくいことを表しているため、男性は女性に比べて、他のストレス要因の影響を受けにくいといえる。一方、独立して発生するストレス要因が多いため、男性のほうがストレスを感じやすいと考えられる。覚醒度が最も高い状態のときに受ける最大のストレス因子は男性が「抑うつ・不安」、女性が「無気力」であり、ストレスレベルは男性が「やや高い」、女性が「普通」であった。男性のほうがストレスを感じやすいと考えられる。

次に、被験者 A (19 歳、女性) と女性全体の関連モデルを比較する。ストレス要因は被験者 A より女性全体のほうが、各ストレス要因に対する評価が「全くちがう」が多く、ストレスレベルが低いため、ストレス因子が普通になったと考えられる。このように、表情とストレスの関係は、個人固有であるものの、本手法により、関連モデルを通じて依存関係や影響度の要因が分析可能となる。

7. ま と め

本研究ではベイジアンネットワークを用いて表情に及ぼす心理的ストレス要因の分析を行った。各被験者、被験者全体、男女別の覚醒度データ及び SRS-18 を用いて計測したストレス値及びストレス要因について、ベイジアンネットワークモデルを構築し、確率推論を行った。その結果、表情を表出する際に各表情で抱えるストレスがあり、男性は「抑うつ・不安」、女性は「無気力」にストレス因子の影響を受ける傾向にあることが明らかになった。被験者全体では「無気力」のストレス因子が影響を及ぼし、中でも「何かに集中できない」がストレス要因となることを示唆する結果が得られた。

今後は、本研究で構築した関連モデルを用いて、表情の覚醒度データのみからストレスレベルを推定したいと考えている。また、被験者数と撮影期間を増やすことにより、被験者間での横断的かつ各被験者の縦断的なベイジアンネットモデルの評価を進めたい。

Acknowledgment

実験データの取得に際し、被験者として長期に渡り顔画像の撮影及びストレス反応測定に協力して頂きました本学の 10 名の学生諸氏に深く感謝申し上げます。

文 献

- [1] 八田武志, 三戸秀樹, 中迫勝, 田尾雅夫, “ストレスとつきあう法,” 有斐閣選書, 1993.
- [2] 岡本泰昌, 小野田慶一, “ストレスを感じる前頭前野 - ストレス適応破綻の脳内機構 -,” 日薬理誌 (Folia Pharmacol. Jpn.), vol.126, no.3, pp.194-198 Sep. 2005.
- [3] 下村弘治, 金森きよ子, 西牧淳一, 芝紀代子, “教育現場でのストレスマーカーとしての唾液アミラーゼと唾液コルチゾール測定の有用性について,” 生物試料分析 vol.33, no.3, 2010.
- [4] Medicores Co., Ltd., “Body Checker(Cardio Monitor),” <http://www.medi-core.com/>
- [5] 財団法人パブリックヘルスサーチセンター, “STRESS SCALE GUIDEBOOK,” 実務教育出版, 2004.
- [6] R.J.R. Blair, “Facial expressions, their communicatory functions and euro-cognitive substates,” Philos. Trans. R. Soc. Lond., vol.358, pp.561-572, Mar. 2003.
- [7] 独立行政法人理化学研究所監修, “理研探偵団: オンラインに挑む研究者の素顔に迫る,” pp.266-277, 2006.
- [8] T. Kohonen, Self-organizing maps, Springer Series in Information Sciences, 1995.
- [9] G. A. Carpenter, S. Grossberg, and D. B. Rosen, “Fuzzy ART: Fast Stable Learning and Categorization of Analog Patterns by an Adaptive Resonance System,” Neural Networks, vol.4, pp.759-771, 1991.
- [10] 間所洋和, 佐藤和人, “表情の動的多様性を可視化表現する表情空間チャート,” MIRU2010, Kushiro, Jul. 2010.
- [11] 本村 陽一, “ベイジアンネットにおける確率推論アルゴリズムと実験評価,” 電子情報通信学会技術研究報告, pp.157-162 2004.
- [12] G. F. Cooper, “The Computational Complexity of Probabilistic Inference using Bayesian Belief Networks,” Artificial Intelligence, vol.42, pp.393-405, Mar. 1990.
- [13] 鈴木伸一, 嶋田洋徳, 坂野雄二, 福井至, 長谷川誠, “心理ストレス反応測定尺度 Stress Response Scale-18,” Jul. 2007.
- [14] J.A. Russell and M. Bullock, “Multidimensional Scaling of Emotional Facial Expressions: Similarity From Preschoolers to Adults,” Journal of Personality and Social Psychology, vol.48, pp. 1290-1298, 1985.