

G-2 生体情報を利用したユーザ感情の確率的モデリング手法 Modeling the user's emotional state based on physiological data

森 純一郎[†] Helmut Prendinger[†] 土肥 浩[†] 石塚 満[†]
Junichiro Mori Helmut Prendinger Hiroshi Dohi Mitsuru Isizuka

1. はじめに

近年のコンピュータシステムの急速な普及により老若男女、多様なユーザ層がコンピュータを利用している。また、ソフトウェア・ハードウェア技術や情報コンテンツの発達により各ユーザと情報環境との接点は拡大・多様化している。このような背景のもと誰もが使いやすかつ個々のユーザの個性に適応可能なヒューマンインタフェースの重要性が増してきている。

我々の研究室では、そのような次世代のヒューマンインタフェースの有力な形態として顔と姿を持ちユーザとのインタラクション能力を有する擬人化インタフェースの実現を目指すとともに、理解しやすさと親しみやすさを持ち広く人々に受け入れられるような共通性のある感性基盤機能の研究開発を行っている [1]。擬人化インタフェースにおいては、インタフェースエージェントは人との基本的なコミュニケーション機能を持つだけでなく感性的な姿、愛着を感じさせるような性格を持つパートナーという位置付けでありユーザとの感性的かつ適応的なインタラクションを実現する。このようなインタラクションを実現するためにはインタフェースエージェント自身が感性的であることに加えユーザの感情等の心的状況を含む状態認知が重要である。

そこで本稿では、インタフェースエージェントがユーザの心的状態を認知するためのユーザ感情のモデリング手法について述べる。

2. 従来研究

感情の働きについては、近年さまざまな分野において研究されており、その働きの重要性が明らかになってきている。情報工学の分野においても、コンピュータに感情を表出させてかつかユーザの感情に反応させようとする研究に大きな関心が集まっている [2]。

自然でかつ意味を持った感情を表出するコンピュータを作ることは挑戦的な研究であるがコンピュータがユーザの感情を認識することはさらなる挑戦である。ユーザ感情のモデリングに関する従来研究の代表的な手法の一つはユーザの顔の表情や声を利用したものであり、喜びや怒りなどの典型的な感情の外的表出をパターン認識により捕らえている。また一方で、感情をまず何に向けられたものかによって整理しイベント、行動者、オブジェクトからなる状況への正負の反応として感情を定義するなどの人の認知過程を利用した感情のモデル化手法もある。

このように従来研究では、感情をモデル化するのに表情や声、そしてユーザの目的や嗜好などを利用して顔の表情や韻律は恐怖、喜び、怒りなど特定の感情の十分な指標となりうる。しかし、これらの感情の表出

は、たいてい感情の激しさ、ユーザの個性、インタラクションの内容に依存する上に同様の刺激に対する感情的な反応は人それぞれであるためコンピュータには検出が困難であることが多くその表出は原因たる感情をモデル化するほど十分に識別可能なものではない。また、ユーザの目的などから感情をモデル化する場合、それらがユーザの内的なものであるために、さらに検出が困難となる。このように従来研究で用いられているユーザの情報は、常に観察・認知可能でなく情報として不確実であることが問題となる。

表情や声などのユーザ情報に対して近年、皮膚抵抗 (GSR)、心拍 (HR)、心電 (EEG)、体温 (TEMP)、血圧 (BVP)、筋電位 (EMG)、脳波 (EKG)、呼吸 (RESP) などさまざまな生体情報を感情のモデリングに利用しようとする研究がある [3][4]。いずれのユーザ情報を扱うにせよ感情のモデリングにおいて一番の問題となるのはユーザの情報自体やその情報と感情の関連付けに含まれるあいまい性や不確実性である。ユーザ感情のモデリングにおいてはこれらの不確実性に対処しより信頼度の高い感情のモデル化を実現することが課題である。

3. 感情のモデリング

表情や動作、声といったものが常に観察可能ではないのに対して生体情報は、ユーザの心的状態の変化に応じて敏感に反応する。加えてユーザは、たいていの場合これらの生体情報をコントロールすることは困難である。このようなことから生体情報は感情をモデル化するための信頼できる情報源であり本研究においては感情のモデリングに生体情報を用いる。

従来情報源に比べて生体情報は信頼度が高いとはいえ感情が直接的に区別可能な身体的表出を持つかどうかは議論の余地があり生体情報と喜び、悲しみ、不安のような一般的な感情とを直接に結び付けるには根拠に欠ける。そこで、本研究では次のような感情の2つの基本的な次元 [5] に焦点をあてる。

- Valence:感情の positive と negative の度合い
- Arousal:感情の興奮度合い

図1は、これら Valence と Arousal の2次元で定義される感情空間を示しており、いくつかの代表的な感情がこの空間上に投影されることを示している。このように感情の低位次元に生体情報を対応付けることでアプリケーションのドメインに非依存の柔軟な感情のモデル化が実現できる。

実際に生体情報から感情をモデル化するには、なんらかの方法でこれらと関係付ける必要がある。これらの関連付けを示す心理学的裏づけ[†]があるとはいえ実際には

[†]東京大学情報理工学系研究所

[†]例えば、感情の興奮度合いを示す Arousal は心拍によって明確に

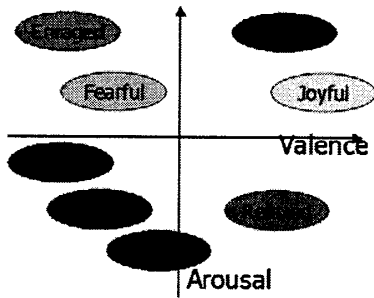


図 1: Two dimensional emotion model

情報は多くの不確実性が含まれており関連付けは容易ではない。任意の感情は、複数の生理的变化を引き起こすため単一の変化それだけでは、ある感情をモデリングするのに不十分であり複数の情報源を用いることになるが、このことは感情のモデリングに伴う不確実性をさらに増加させる。先に述べたように感情のモデリングにおいてはこの不確実性へ対処が大きな課題となる。従来の研究ではモデル化の対象を特定の感情に制限したりするなどにより不確実性を減らすことを試みてきたが一般的な感情をモデル化することは困難であった。

一般的な感情のモデル化を行うには情報源に対して可能な限り正確な評価を生成し、またあいまいな情報のみしか手に入らないときはその予測の不確かさを明示的に表現できることが必要となる。そこで感情のモデリングにこのような不確実性を扱うための確率的手法を用いる。確率的な表現によりユーザ情報としての生体情報と感情の複数の因果関係を柔軟に表現することで、単一のモデルでさまざまな感情の表現が可能になり拡張・修正の容易性を実現できる。具体的には確率的表現手法として信念ネットワークを用いる。信念ネットワークは情報間の相対的な可能性について予測ができるため不確実性を自然にとらえることができる。また信念ネットワークのリンクはそれらが直接に原因とその結果を表現しているため直感的に理解可能でありかつ新たな情報源を容易に導入できる拡張性を備えている。新たな情報源を加えたい場合は情報源を表現するノードを加えて、この情報に関連すると思われるノードからの因果リンクをつくれればよい。これは、利用できる情報がユーザごとインタラクションごとに変化する感情のモデリングにおいては重要である。

図2は、各生体情報と Arousal と Valence で表される2次元の感情モデルの関係を信念ネットワークで表したものである。センサーで観測された各生体情報の変動に基づき、感情の軸となる Arousal と Valence の変動が見積もられ、先に示した2次元座標上の各感情へ関連付けられる。この信念ネットワークにおいて Arousal や Valence のノードを X とし、それらの証拠変数である各生体情報を示すノード S_i の集合を B、生体情報を表すノードの組をベクトルとした時の値の割り当ての一つを \bar{s} とすると感情を表す Arousal/Valence と各生体情報の関連の確

特徴付けられまた皮膚の抵抗や血圧の変化も Arousal に関連している。また、感情の正負の度合いを示す Valence は筋電位や心拍と関連がある。

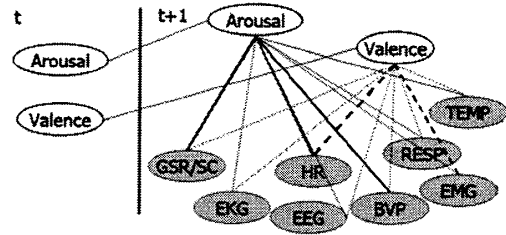


図 2: Bayesian belief network between physiological data and emotion

からしさ $P(X|B)$ は次のような式で与えられる。

$$P(X|B) = \sum_{\bar{s}} P(X|\bar{s}) \prod_i P(s_i|B)$$

式に示されるように重要となるのは信念ネットワーク中のノードのつながりを表す条件確率テーブル (CPT) を適切に与えて更新していくことである。この確率値に基づいてネットワークは複数の情報源を柔軟に統合しユーザの感情をモデル化する。

4. 今後の課題

信念ネットワークにおける条件確率としては、生体情報と Arousal/Valence 間の心理学的裏づけに基づいて値を設定するのが適当であるが、そのつながりに正確な確率を与えることは困難である。そこでより適切な条件確率の付与のためにパターン認識等を用いた生体情報と感情の関係の詳細な分析や信念ネットワークの学習が必要となる。また信念ネットワークの構成ノードとして従来用いられてきたようなユーザ情報を利用することでより柔軟な感情のモデリングが実現できるだろう。

最終的には認識したユーザ感情に基づいて適応的かつ感性的なインタラクションを実現するインタフェースエージェントにおける応用を目指す。

参考文献

- [1] T.Tsutsui,S.Saeyor and M.Ishizuka:A Multimodal Presentation Markup Language,WebNet2000 World Conf. on the WWW and Internet,San Antonio,Texas,USA,2000.
- [2] R.Picard:Affective Computing MIT Press,1997.
- [3] Healy,J.and Picard,R.:2000,SmartCar:Detecting Driver Stress.In:Proceedings of the 15 th International Conference on Pattern Recognition,Barcelona,Spain,2000.
- [4] Vyzas,E. and Picard,R.:In:Proceedings of Emotional and Intelligent: The Tangled Knot of Cognition.AAAI Fall Symposium Series,TR FS-98-03,Menlo Park,CA:AAAI Press,176-182.1998.
- [5] Lang,P.:The emotion probe:Studies of motivation and attention.American Psychologist 50(5):372-385.1995.
- [6] Breese,J.and Ball,G.:Bayesian Networks for Modeling Emotional State and Personality.In:Proceedings of Emotional and Intelligent:The Tangled Knot of Cognition.AAAI Fall Symposium Series,TR FS-98-03,Menlo Park,CA:AAAI Press,37-42.1998.
- [7] C. Conati.:Modeling students' emotions to improve learning with educational games. AAAI Fall Symposium on "Emotional and Intelligent II: The Tangled Knot of Social Cognition", TR FS-01-02, 31-36.2001.