

自己組織化マップによるパーソナル心的状態遷移ネットワーク

Personal Mental State Transition Network using Self Organizing Map

○目良 和也¹, 市村 匠²

○Kazuya Mera¹, Takumi Ichimura²

¹広島市立大学大学院情報科学研究科

¹Faculty of Information Sciences, Graduate School of Hiroshima City University

²県立広島大学経営情報学部

²Faculty of Management and Information Systems, Prefectural University of Hiroshima

Abstract: Mental State Transition Network which consists of mental states connected one another is a basic concept of approximating to human psychological and mental responses. It can represent transition from an emotional state to other one with stimulus by calculating Emotion Generating Calculations method. However, this method ignores most of emotions except for an emotion which has the strongest effect in spite that EGC can calculate intensities of 20 emotions in parallel. Furthermore, grouping of the emotions may be different among agents. In this paper, we propose a method to classify emotions calculated by EGC using Self Organizing Map. Mental state transits based on the group of emotions on the map. For example, a set of emotions in a group transits the mental state "happy," and negative mental state is enfeebled.

1. はじめに

昨今、研究対象として『心』への意識が高まっており、情報工学だけでなく、心理学[1][2][3]や人間工学[4][5], 脳生理学[6][7]など多くの分野で『心』へのアプローチが行われている。これまで心や感情といったものはあいまいでとらえどころが無く、研究の対象とはなり得ないと言われていた。しかし、測定機器や手法の発展や、シミュレーションを行うコンピュータの進化など[8]により、近年ようやく心の働きを科学的にとらえようという機運が高まっている。愛、憎しみ、勇気、恐れ、喜び、悲しみ、快、嫌悪などの感情は、心理学的でかつ生理学的なものである。心の働きにおける感情の役割は、哲学的[9][10], 心理学的な観点[11]からだけでなく、学習や認知的な観点[12][13][14]からも分析されている。

我々の研究グループでは、発話内容から相手の感情を理解したり、コンピュータエージェント自身に生起させた感情を機械学習によって合成した表情画像として表出したりするといった研究をしている[15][16][17]。情緒計算手法(EGC)は、エージェントの嗜好情報に基づいて入力事象がエージェントにとって快か不快かを判別し、その強度を算出する[16]。算出された快/不快は感情誘発条件理論[18]に基いた分類規則によって 20 種類の感情に分類される[17]。算出された感情はエージェントの心的状態に影響を与える。我々は、人間の心的状態を表すモデ

ルとして任が提案している心的状態遷移ネットワーク (MSTN) [19]に基づき、EGCによって算出された感情を入力としてエージェントの心的状態を遷移させる手法を提案した[20]。

しかし、エージェントの心的状態を計算する際、いくつかの感情は一つのグループにまとめて処理される。さらに、心的状態の遷移は最も強度の高い情緒のみを参照して行われている。EGC は複数の情緒を並行して計算できるが、この手法ではその大部分が無視されている。本来、人間の気分の遷移においては強い情緒だけでなく、弱い情緒も影響している。しかし、それをルールベースで処理することは困難である。

そこで本研究では、心的状態遷移過程において複数の生起情緒を考慮できるように、入力となる情緒を多次元ベクトルとして自己組織化マップ (SOM) による学習を行い、生成されたマップをもとに気分の遷移が可能かについて検討する。SOM は教師信号無しで多次元ベクトルを学習し、それらを 2 次元マップ上でいくつかのグループにクラスタリングする。本研究では、素性として EGC 出力 (20 種類の情緒), 単語マッチングの結果 (8 種類の情緒), および現在の心的状態のタイプ (7 種類) を用いる。

本稿では、2 章で EGC による情緒計算と MSTN を用いた心的状態遷移手法について説明する。3 章では入力された感情ベクトルを SOM によって分類

する手法について述べる。4章ではシナリオ内の登場人物の生起情緒から、本手法によってどのように心的状態が遷移するかの実験を行う。5章でまとめと今後の課題について述べる。

2. 感情処理の手法

2.1. 情緒計算手法

情緒計算手法では、エージェントが認識した事象（出来事）の内容に対してエージェント自身が感じている情緒を計算する。計算には発話事象中の格要素に対して発話者があらかじめ持っている好感度を用いる。そしてこれらの好感度を情緒計算手法に適用することで、快／不快を判別する[15][16]。

さらに、生起した快／不快を、入力事象の状況（他者の視点、生起する時間、予測していたか否か、行為者）を考慮して、20種類の情緒に分類する[15][17]。20種類の情緒は、以下のように分類されている。“幸福”群に「喜び、悲しみ」、 “他者の運命”群に「嬉しい、ほくそえむ、憤慨、気の毒」、 “将来的”群に「望み、恐れ」、 “確認”群に「満足、安堵、恐れていた通り、失望」、 “帰属”群に「誇り、賞賛、羞恥、叱責」、 “幸福／帰属”群に「感謝、怒り、自己満足、自責の念」がある。各情緒群には、図1のような依存関係がある。なお、図中のA(B)は“BがAに対して持っている好感度”を表す。

2.2. 心的状態遷移ネットワーク

任ら[17]は人間の感情はいくつかの状態に位置し、情報処理過程に対応するいくつかの離散的状态の間を遷移すると仮定し、これを“心的状態”と呼んでいる。人間の心的状態は、ある条件で、一つの状態から別の状態へ遷移することができる。状態間の遷移は同じ確率ではないが、外界の要因を無視すると一定の期待値が存在する。人間がある感情状態にある時、外部刺激および内的思考の推移により感情エネルギーがある一定の閾値を越えた場合に、他の感情状態に遷移する、感情エネルギーに基づく“心的状態遷移ネットワーク”モデルを考案した。

我々は、エージェントの感情を表現するために心的状態遷移ネットワークを用いて気分を遷移させる。

情緒計算手法で生起した情緒がどの気分に対して遷移の影響を持つかを表すため、28種類の情緒を9グループに分類し（表2）、各情緒グループごとに心的状態遷移ネットワークの遷移先を変える（図2）[20]。

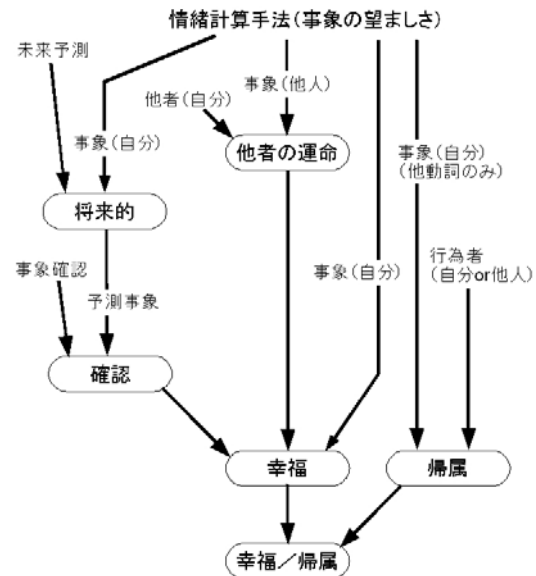


図1 生起情緒の依存関係

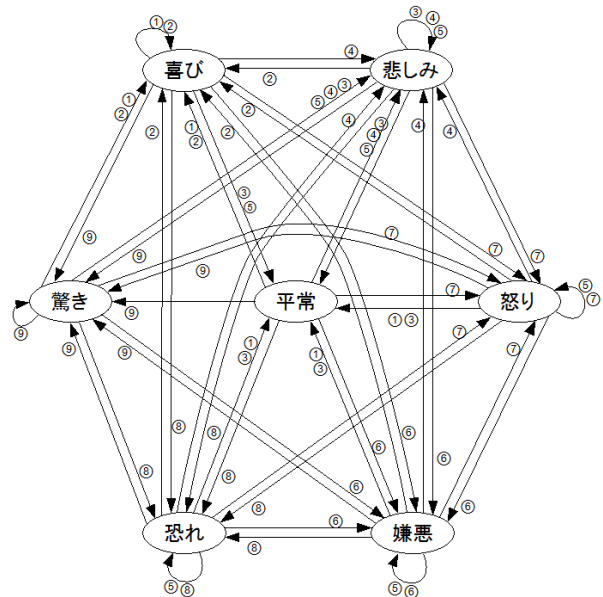


図2 心的状態遷移ネットワーク

表1 心的状態遷移ネットワークの遷移コスト

next / current	happy	quiet	sad	sur- prise	angry	fear	dis- gust
happy	0.421	0.362	0.061	0.060	0.027	0.034	0.032
quiet	0.213	0.059	0.090	0.055	0.039	0.051	0.042
sad	0.084	0.296	0.320	0.058	0.108	0.064	0.068
surprise	0.190	0.264	0.091	0.243	0.086	0.076	0.048
angry	0.056	0.262	0.123	0.075	0.293	0.069	0.121
fear	0.050	0.244	0.137	0.101	0.096	0.279	0.092
disgust	0.047	0.252	0.092	0.056	0.164	0.075	0.313

表 2 生起情緒の分類

番号	情緒
①	ほくそ笑む, 望み, 満足, 安堵, 誇り, 賞賛, 好き, 感謝, 自己満足, 愛, 照れ
②	喜び, 嬉しい
③	気の毒な, 羞恥, 自責の念
④	恐れていた通りの, 失望, 悲しみ
⑤	苦しみ, 困惑
⑥	嫌い, 憎しみ
⑦	憤慨, 叱責, 怒り
⑧	恐れ
⑨	驚き

気分の遷移先は以下の式によって計算される. 質問文に対して生起する各情緒の強さを e_i で表し, 情緒グループ①から⑨の強さ $e_1 \sim e_9$ を以下のように最大値から求める.

$$\begin{aligned}
 e_1 &= \max(e_{\text{ほくそ笑む}}, e_{\text{望み}}, \dots, e_{\text{照れ}}) \\
 e_2 &= \max(e_{\text{喜び}}, e_{\text{嬉しい}}) \\
 e_3 &= \max(e_{\text{気の毒な}}, e_{\text{羞恥}}, e_{\text{自責の念}}) \\
 &\vdots \\
 e_9 &= e_{\text{驚き}}
 \end{aligned} \tag{1}$$

さらに, $e_1 \sim e_9$ から, 感情ベクトル $e = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_9\}$ を得る. また, 現在の気分 S_{cur} で情緒グループ i ($1 \leq i \leq 9$) の情緒が生起したときの遷移先を $next(S_{cur}, i)$ とおくと,

$$emo = \arg \max_i \left(\frac{e_i}{\cos(S_{cur}, next(S_{cur}, i))} \right), 1 \leq i \leq 9 \tag{2}$$

式(2)の emo が求められ, $next(S_{cur}, emo)$ から次の気分が算出される.

2.3. MSTN モデルの実行例

以下に「ロミオはジュリエットと付き合う」という入力事例に対してジュリエットの立場から提案手法を適用した例を示す.

入力事象への因果関係適用:

「ロミオはジュリエットと付き合っている」
 → 「ロミオはジュリエットと結婚するだろう」
 → 「両親は結婚に反対するだろう」

快/不快の判別:

事象: ロミオはジュリエットと付き合う
 述語 (P) = “付き合う”: +0.6
 主体 (S) = “ロミオ”: +0.9
 相互作用の相手 (OM) = “ジュリエット”: +1.0
 快/不快判別 = (f_S, f_{OM}, f_P)
 = $(+0.9, +1.0, +0.6) \rightarrow$ 快

多様な情緒の生起:

「ロミオはジュリエットと付き合う」
 (1) “快”が生起している
 → “喜び”が生起
 (2) 動作主は“ロミオ” &
 “ジュリエット”にとっての事象 = “快”
 → “ロミオ”に対して“賞賛”が生起
 (3) “喜び”が生起 & “賞賛”が生起
 → “ロミオ”に対して“感謝”が生起

「ロミオはジュリエットと結婚するだろう」
 → 喜び, 望み

「両親は結婚に反対するだろう」
 → 苦しみ, 恐れ

気分状態の遷移:

現在の気分状態 → “平常”
 $e_1 = 1.47, e_2 = 1.47, e_5 = 1.10, e_8 = 1.10$
 次の気分状態 → “喜び”

物理的事象への影響:

ジュリエットは笑顔になる

図 3 に心の階層モデル[21]に基づくシミュレーション結果を示す. P1 は「ロミオはジュリエットと付き合う」, P2 は「ロミオはジュリエットと結婚するだろう」, P3 は「両親は結婚に反対するだろう」, P4 は「ジュリエットは笑顔になる」を表している.

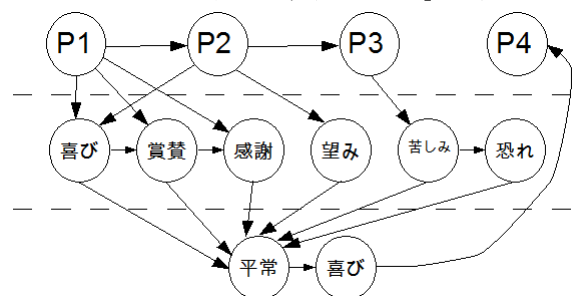


図 3 シミュレーション結果

3. SOM を用いた感情ベクトルの分類

3.1. 自己組織化マップ (SOM)

基本的な自己組織化マップ (Self Organizing Map:

SOM) [6]は、図4のようなニューラルネットワークの二次元配列として視覚化できる。そしてそのノードは、さまざまな入力信号パターンやパターンのクラスを順番に割り振られている。学習プロセスは競合的で教師無しである。

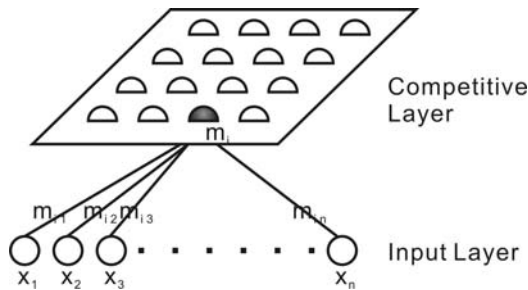


図4 自己組織化マップの概略図

各入力に対応して、勝者ノードと呼ばれるマップノードが一つだけ活性化される。マップは処理ユニットの様な格子分布からなる。いくつかの多属性的な情報（特性ベクトル）のモデルは、各ユニットと結び付けられている。このマップは、モデル内の限定集合を使って、全ての有用な情報を最も良い精度で表現しようとする。またモデルはグリッド上に配置されているため、類似したモデルは互いに接近しており、類似していないモデルは互いに離れている。

通常、連続的な繰り返しプロセスはモデルベクトルに適合するように実行される。 n は入力信号の数を表す。入力ベクトル \mathbf{x} は全てのモデルベクトル $\mathbf{m}_i(t)$ と比較され、マップ上の最適ユニット（勝者ユニット）が同定される。各入力サンプル $\mathbf{x} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ に対して、まず勝者（最適）インデックス c が以下の条件で同定される。

$$\forall i, \|\mathbf{x} - \mathbf{m}_c\| \leq \|\mathbf{x} - \mathbf{m}_i\| \quad (1)$$

その後、全てのモデルベクトル、あるいはノード c 周辺に配置されたノードに属するモデルベクトルの部分集合は、時間 t において以下のように更新される。

$$\begin{cases} \mathbf{m}_i(t+1) = \mathbf{m}_i(t) + h_{ci}(\mathbf{x}(t) - \mathbf{m}_i(t)) & \text{for } \forall i \in N_c(t) \\ \mathbf{m}_i(t+1) = \mathbf{m}_i(t) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

ここで、 $h_{ci}(\cdot)$ は近傍関数であり、マップ格子上の i 番目と c 番目のノード間の距離の単調減少関数とな

っている。 $N_c(t)$ は、マップ配列内の勝者を中心とした近傍を指定する。このプロセスは何度も繰り返される。

学習プロセスの最初の時点では、近傍半径は大きい。そして学習が収束状態になるにつれ、近傍半径は小さくなる。すなわち、近傍半径がより小さくなれば、マップ内のモデルベクトルの局所的修正もより明確になってくる。 $h_{ci}(\cdot)$ も学習の間減少する。本論文では、より滑らかな近傍カーネルを実現するため、 $h_{ci}(\cdot)$ をガウス関数で表す。

$$h_{ci} = \alpha(t) \cdot \exp\left(-\frac{\|r_c - r_i\|^2}{2\sigma^2(t)}\right) \quad (3)$$

$\alpha(t)$ は学習率係数を表し、パラメータ $\sigma(t)$ はカーネルの幅を定義する。すなわち、後者は N_c の半径に相当する。 $\alpha(t)$ と $\sigma(t)$ の両方は時間の単調減少関数である。

3.2. SOMの素性

SOMへの入力データは多次元ベクトルである。本提案手法では、各次元の値は各生起情緒の強度に対応している。MSTNを用いた心的状態遷移手法は、遷移先を生起情緒と現在の心的状態から計算する。この手法では28種類の入力情緒を想定しているが、嫌悪や驚きなど、いくつかの情緒はEGCでは計算できない。そこで本研究では、それらの情緒を入力事象に対する単語とマッチングすることにより算出する。表3にSOMに与える素性の一覧を示す。20種類の情緒がEGCにより算出され、8種類の情緒が単語とマッチングすることにより算出される。

さらに、同じ生起情緒からでも現在の心的状態によっては異なる心的状態に遷移する場合がある。例えば弱い喜びは平常から喜びへと心的状態を遷移させるが、悲しみ状態からはいきなり喜びへと遷移せず、悲しみが弱められることにより平常状態へと遷移する。このことより現在の心的状態も入力情報として扱う必要がある。本研究では、7つの心的状態それぞれを別の素性とし、現在の心的状態に対応する素性の値を1、その他の心的状態の素性の値を0としてSOMに学習させる。

図5に入力ベクトルの例を示す。この例は、「も

し見つければ、ロミオはジュリエットの親類に殺されるだろう」という入力事象に対する入力ベクトルである。この事象は、EGCにより気の毒と恐れ、単語のマッチングにより嫌いの情緒を生起している。また、現在の心理状態は驚きである。この状態で心的状態遷移手法を適用すると、心理状態は悲しみに遷移する。ラベルは、現在の心理状態+遷移先の心理状態+入力事象の番号からなる。Q, H, Su, F, Sa, A, Dの記号はそれぞれ、平常、喜び、驚き、恐れ、悲しみ、怒り、嫌悪を表している。

表3 SOMの素性

グループ	素性
EGC出力	ほくそ笑む, 望み, 満足, 安堵, 誇り, 賞賛, 感謝, 喜び, 嬉しい, 気の毒, 羞恥, 自責の念, 恐れていた通り, 失望, 苦しみ, 憤慨, 叱責, 怒り, 恐れ
単語マッチング	好き, 愛, 照れ, 悲しみ, 困惑, 嫌い, 憎しみ, 驚き
心的状態	平常, 喜び, 驚き, 恐れ, 嫌悪, 怒り, 悲しみ

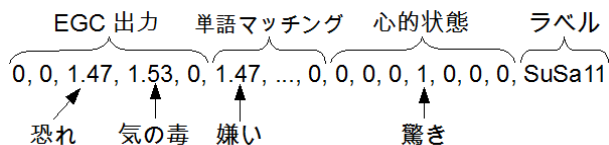


図5 入力データの例

4. 実験結果

本実験では、“ロミオとジュリエット[22]”に含まれる事象のうちEGCが情緒を生起した31事象を入力として、時系列順に心的状態遷移手法に適用した。なお、気分はシーンが切り替わるごとに“平常”にリセットされている。実験に使用したSOMのサイズは15×15で、学習回数は10,000回である。

結果を図6に示す。マップ中央に驚きへと遷移する2つの感情ベクトルを含む領域がある。左下には、喜びへと遷移する感情ベクトルの領域が明確に見てとれる。また、右上には恐れに遷移する領域がある。この領域にある喜びから平常に遷移する感情ベクトルは、恐れ感情が喜び感情を弱めたことを意味する。右下にも、悲しみを弱める感情ベクトルの領域が存在する。

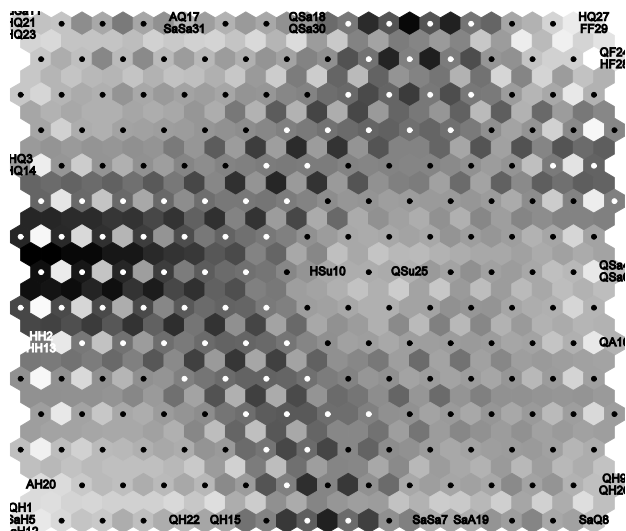


図6 SOMの出力結果

5. おわりに

本論文では、エージェントに生起した複数の情緒の影響を考慮して心的状態遷移を行うため、SOMによる入力データの分類を行った。素性としては、28種類の生起情緒の強度、7つの心的状態を用いた。情緒強度はEGCにより算出した。

SOMによる学習を行った結果、入力ベクトルは喜びや恐れに関連するものなど、いくつかの領域に分かれた。また、恐れが喜びを打ち消すようなデータも恐れに分類された。

しかし今回実験に用いたデータは31個と少なかったため、今後はデータを増やしてさらなる検証を行う予定である。また本手法の適用対象として、物語のシナリオだけでなく、メンタルケアに関する事例についても実験を行う予定である。

参考文献

- [1] 藤原健, 大坊郁夫: 笑いによる気分誘導がコミュニケーション行動に及ぼす影響 (言語・非言語コミュニケーション～言葉と身体との相互作用～), 信学技報, ヒューマンコミュニケーション基礎, Vol.108, No.187, pp.47-52, 2008
- [2] K.T.Strongman: The Psychology of Emotion, Theories of Emotion in Perspective, John Wiley & Sons, 1996
- [3] M.Power, and T.Dalgleish: Cognition and Emotion From Order to Disorder, Psychology Press, 2007

- [4] M.Kimura, I.Daibo, and M.Yogo: The Study of Emotional Contagion from the Perspective of Interpersonal Relationships, *Social Behavior and Personality*, Vol.36, No.1, pp.27-42, 2008.
- [5] M.Nagamachi, and A.M.Lokman: *Innovations of Kansei Engineering (Industrial Innovation)*, CRC Press, 2010
- [6] M.Matsunaga, T.Isowa, K.Kimura, M.Miyakoshi, N.Kanayama, H.Murakami, S.Fukuyama, et al.: Associations among positive mood, brain, and cardiovascular activities in an affectively positive situation, *Brain Research*, Vol.1263, pp.93-103, 2009
- [7] P.S.Foster, V.Drago, D.G.Webster, D.W.Harrison, G.P.Crucian, and K.M.Heilman: Emotion Influences on Spatial Attention, *Neuropsychology*, Vol.22, No.1, pp.127-135, 2008
- [8] J.Y.Park, B.M.Gu, D.H.Kang, Y.W.Shin, C.H.Choi, J.M.Lee, and J.S.Kwon: Integration of Cross-Modal Emotional Information in the Human Brain: an fMRI study, *Cortex; a journal devoted to the study of the nervous system and behavior*, Vol.46, No.2, pp.161-169, 2010
- [9] R.Descartes, *the passions of the Soul: Les Passions De Lame*, Hackett Publishing Company, Indianapolis IN, 1646, 1989
- [10] J.P.Sarte: *Existentialism and Human Emotions*, Citadel Press; Reissue edition, 1984
- [11] C.G.Jung: *Psychological Types*, In the collected Works, Vol.6, Bollingen Series XX, 1971, Princeton University Press, Princeton, NJ, 1921
- [12] L.I.Perlovsky: Emotions, Learning, and Control, *Proc. of Intl. Symp. Intelligent Control, Intelligent Systems & Semiotics*, Cambridge MA, pp.131-137, 1999
- [13] L.I.Perlovsky: *The Knowledge Instinct*, Basic Books. New York, NY, 2006
- [14] L.I.Perlovsky: *Integrated Emotions, Cognition, and Language*, *Proc. of IJCNN2006*, pp.2879-2884, 2006
- [15] K.Mera: *Emotion Orientated Intelligent Interface*, 東京都立科学技術大学博士 (学術) 学位論文, 2003
- [16] 目良和也, 市村匠, 相澤輝昭, 山下利之: 語の好感度に基づく自然言語発話からの情緒生起手法, *人工知能学会論文誌*, Vol.17, No.3, pp.186-195, 2002
- [17] K.Mera, T.Ichimura, and T.Yamashita: Complicated Emotion Allocating Method based on Emotion Eliciting Condition Theory, *Journal of the Biomedical Fuzzy Systems and Human Sciences*, Vol.9, No.1, pp.1-10, 2003
- [18] C. Elliott: *The Affective Reasoner: A process model of emotions in a multi-agent system*, Ph.D thesis, Northwestern University, The Institute for the Learning Sciences, Technical Report No. 32, 1992
- [19] 任福継: 言語・表情など外観情報と心的状態遷移に基づく人間感情の認知について, *情報処理学会研究報告 (SLP)*, 音声言語情報処理, Vol. 2006, No. 73, pp. 43-48, 2006
- [20] 目良和也, 市村匠, 黒澤義明, 竹澤寿幸: 情緒計算手法と心的状態遷移ネットワークを用いた音声対話エージェントの気分変化手法, *知能と情報*, Vol. 22, No. 1, pp. 10-24, 2010
- [21] 目良和也, 市村匠: 心の三層モデルを用いた感情計算手法, 第15回日本知能情報ファジィ学会中国・四国支部大会講演論文集, pp. 13-16, 2010
- [22] C.Lamb and M.Lamb: *Romeo and Juliet*, In "Tales from Shakespeare," Puffin Classics, 1807

連絡先

目良和也

広島市立大学大学院情報科学研究科

〒731-3194 広島市安佐南区大塚東 3-4-1

E-mail:mera@hiroshima-cu.ac.jp