

隠れマルコフモデルを用いた情緒計算手法の拡張

Emotion Generating Calculations based on Hidden Markov Model

目良和也, 市村匠

Kazuya MERA, Takumi ICHIMURA

広島市立大学情報科学部

Faculty of Information Sciences, Hiroshima City University

Abstract: The Emotion Generating Calculations (EGCs) method can calculate a human being's current emotion from the content of the utterance. In this paper, we extend the EGCs to refer variance of emotions based on Hidden Markov Model (HMM). Because the EGCs focus on 20 types of emotion, a 20-dimension vector is checked for a stimulus from external world. The enfeeblement process of the emotion vector's degree is expressed by the exponential distribution function and the current emotion vector is calculated based on HMM.

1. はじめに

現在, コンピュータの性能は大きく向上し, またその利用機会も大幅に増加している. しかし, コンピュータに不慣れな人でも快適に操作できるようなインタフェースに関する研究は, まだ十分とはいえない. より自然なコミュニケーションを図るために, 我々は現在, 感情を考慮したインタフェースについて研究を進めている.

これまで, 事象に対してユーザが感じている情緒を, 各ユーザの嗜好情報に基づいて計算する手法を提案している. この手法では, まず, 情緒計算式^[1]を用いて快/不快を計算し, 次に, 算出した快/不快を, 他者の視点, 予測と確認, モラルなどの条件に基づいて 20 種類の情緒に分類する^[2,3].

しかし従来の手法では, 生起した事象の強度が時間によって減衰していく過程を表すことが出来なかった. そこで本研究では, 過去に生起した情緒の減衰過程を考慮した情緒強度計算手法を提案する. そのため, 隠れマルコフモデルを用いて各生起情緒の減衰過程を表す. 減衰関数は, 神経電位の減衰過程をもとに作成する. さらに減衰関数を感情ごとに与えることで, 一つの事象に対しても時間経過によって現れる感情が変化する様子を再現できる^[4].

2. 情緒計算手法

我々が提案している情緒計算手法の概要を説明する. まず, 格フレーム表現された事象に対して, 事象タイプ^[5]に応じた情緒計算式^[1,3]を適用することによって快/不快を計算する. 計算には事象中の格要素に対してユーザがあらかじめ持っている好感度を用いる. 例えば「私が彼に勝った」という事象では, “私”, “彼”, “勝つ” の 3 要素の好感度を

用いる.

好感度は, 自分の好きな事象に対して正, 嫌いな事象に対して負の値を持つ. なんとも思っていなければ好感度は 0 である. 好感度の値は $[-1.0, 1.0]$ の実数値で表される.

この手法では, 事象の快/不快を判別すると同時に, 判別した情緒の強度も計算する. 各タイプの高々 3 種類の必須要素を三次元空間 (情緒空間) の直交軸にベクトルとして配置し, その合成ベクトルの長さを生起した快/不快の強度とする (図 1).

$$\text{情緒強度} = \left| \vec{f}_1 + \vec{f}_2 + \vec{f}_3 \right|$$

f_S : 主体の好感度 f_O : 客体の好感度
 f_{OF} : 出発点の好感度 f_{OR} : 目標の好感度
 f_{OM} : 相互作用の相手の好感度 f_{OS} : 投げ所の好感度
 f_{OC} : 属性の補足の好感度 f_P : 述語の好感度

表 1: 事象タイプと情緒空間構成要素

事象タイプ	f_1	f_2	f_3
V(S)	f_S	β	f_P
V(S,OF)	f_S	$f_{OR} - f_{OF}$	f_P
V(S,OT)	f_S	β	f_P
V(S,OM)	f_S	β	f_P
V(S,OS)	$f_S - f_{OS}$	β	f_P
V(S,O)	vi. f_S	f_O	f_P
	vt. f_O	β	f_P
V(S,O,OF)	f_O	$f_{OR} - f_{OF}$	f_P
V(S,O,OT)	f_O	β	f_P
V(S,O,OM)	-	-	-
V(S,O,I)	f_O	f_I	f_P
V(S,O,OC)	f_O	β	f_{OC}
その他	-	-	-

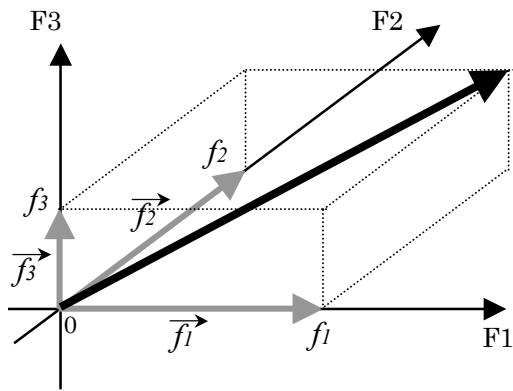


図 1: 情緒計算手法の情緒空間

$$\begin{aligned} \text{情緒強度} &= (f_o, \beta, f_p) \\ &= (-0.5, +0.5, -0.3) \\ &= 0.77 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{快 / 不快判別} &= (f_o, \beta, f_p) \\ &= (-0.5, +0.5, -0.3) \rightarrow \text{快} \end{aligned}$$

多様な情緒の生起:

- (1) “迷惑な隣人”の視点からの情緒生起 = “不快” & 話者の視点からの“迷惑な隣人” = “嫌い”
「迷惑な隣人」に対して“ほくそ笑む”が生起
- (2) “ほくそ笑む”が生起している
“喜び”が生起
- (3) “叱る”は他動詞 & 動作主は自分でない & 話者にとっての事象 = “快”
「大家」に対して“賞賛”が生起
- (4) “喜び”が生起 & “賞賛”が生起
「大家」に対して“感謝”が生起

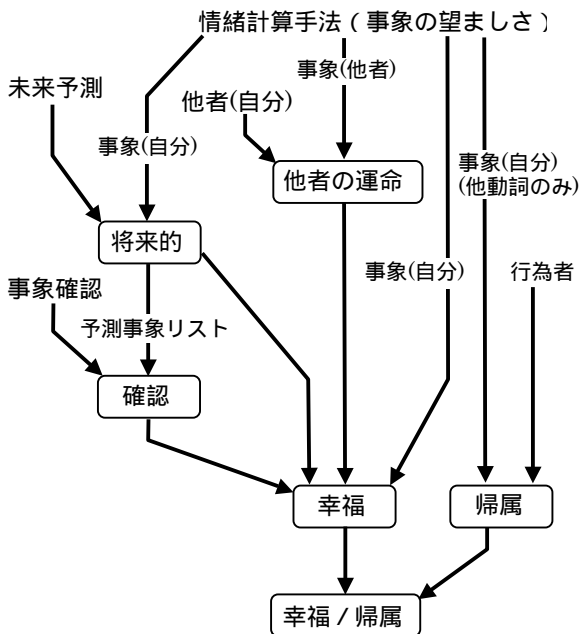


図 2: 情緒計算の依存関係

次に、算出した快 / 不快を、感情誘発条件理論^[6]に基づいて 20 種類的情绪に分類する。この手法では、“他者の視点”、“予測と確認”、“行為の承認 / 非難”という条件に基づいて情緒の分類を行っている。20 種類的情绪は、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 2 のような依存関係がある。

以下に本手法の適用例を示す。

快 / 不快の判別:

事象:	ゆうべ大家が迷惑な隣人を叱った
述語 (P):	“叱る”: -0.3
主体 (S):	“大家”: 0.0
客体 (O):	“迷惑な隣人”: -0.5
事象タイプ:	“叱る” V(S, O)

3. 隠れマルコフモデルに基づく情緒の推移

3.1. 隠れマルコフモデル

図 3 は推移図である。X_t は時間 t での状態である。時間が t から t+1 になったとき、状態 i から状態 j に推移する確率を p_{ij} と表す。ここで「マルコフ性」と「推移確率の定常性」について述べる。マルコフ性とは、「時点 n で状態 i にいたとき、次の時点 n+1 に状態 j に推移する確率は、時点 n-1 以前にどの状態にいたかには無関係である」ことを示す。このマルコフ性に基づく確率過程を、マルコフ過程と呼ぶ。一方、「推移確率の定常性」とは、「推移の確率が時点 n でも n+1 でも全く同じ」ことを示す。

図 4 に示されるように、マルコフ過程は、連続状態及び連続時点について拡張されている。1, 2 は他の状態への推移時点を表す。これらは互いに独立である。この時点だけに注目すると、Z(1), Z(2), ... という離散時点の確率過程は斉時的マルコフ連鎖を作る。このマルコフ連鎖を「隠れマルコフ連鎖」と定義する^[7]。

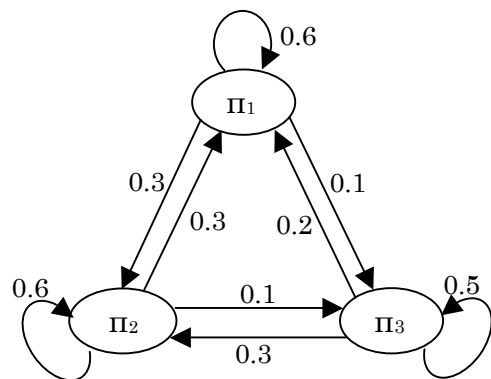


図 3: 推移図

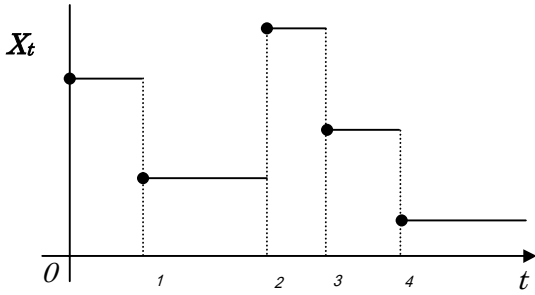


図 4：隠れマルコフモデル

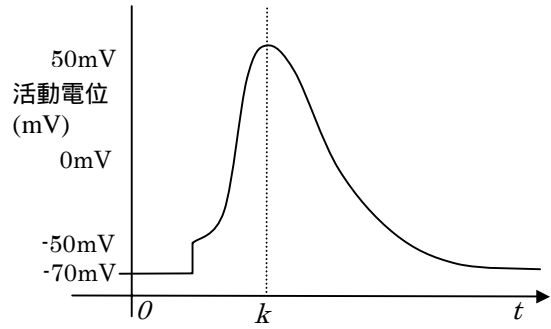


図 6：ニューロンの活動電位

推移時点	事象
i	マーキュシオは殺された。 ロミオは我慢できず、 ティバルトを殺してしまった。 女達は悲鳴をあげた。
$i+1$	幸いロミオは無事だった。
$i+2$	しかし、街から追放されてしまった。

図 5：連続事象に対する情緒生起例

3.2. 隠れマルコフモデルを用いた感情の推移

情緒計算手法では、“他者の視点”、“予測と確認”、“行為の承認/非難”という条件に基づいて、入力事象に対する生起情緒を計算している。しかし一般的に、事象に対する生起情緒は、それまでにどのような情緒が生じたかに影響されるが、この手法では、生起した情緒の減衰過程については考慮していなかった。

そこで本研究では、隠れマルコフモデルを用いて情緒の時系列変化を扱えるよう、情緒計算手法を拡張する。推移時点 i ($i=1,2,\dots,n$)は、情緒計算手法によって情緒が生じた時点を表す(図5)。事象に対する 20 種類の情緒は同時に生起するものとする。そこで、それらの情緒を合成した 20 次元のベクトルを、隠れマルコフモデルにおける状態とする。各次元は各情緒を表す。

$$E_i = (e_i^{joy}, e_i^{distress}, e_i^{happy-for}, \dots, e_i^{remorse}).$$

e_i^{joy} : 時間 i における“喜び”の度合

$e_i^{distress}$: 時間 i における“苦しみ”の度合 (1)

$e_i^{happy-for}$: 時間 i における“嬉しい”の度合

:

$e_i^{remorse}$: 時間 i における“自責の念”の度合

しかしながら、時間の影響は個人によって異なる。そこで本研究では、隠れマルコフモデルを用いて情緒強度の推移を表す。

人間の脳内では、情緒も他の処理と同じくニューロン上の電気信号によって処理されている。そして、新たな信号が入ってこない限り、ニューロンの活動電位は図6のような時間的推移を示す^[8]。

この図では、活動電位は刺激を受容した直後に急速に上昇し、時間 k で頂点に達したあと、徐々に下降していく。この推移過程はポアソン分布によって

表 2: 各情緒の減衰率

タイプ	情緒	減衰率 ()
衝動	喜び, 悲しみ, 怒り	0.5
反応	満足, 安堵, 恐れていた通り, 失望, 羞恥, 自責の念	0.8
気分	嬉しい, ほくそえむ, 望み, 恐れ, 誇り, 自己満足	1.0
態度	憤慨, 気の毒, 賞賛, 叱責, 感謝	1.5

表すことが出来る。

$$P_i(t) = \frac{(\lambda t)^i}{i!} e^{-\lambda t} \quad (i=0,1,\dots) \quad (2)$$

しかし本研究では情緒生起後の減少に注目するため、時点 k 以降の減衰過程のみ対象とする。そこでポアソン分布の頂点 k から始まる式として、式(2)の i に 0 を代入した(3)式を対象とする。なお、この式は指数分布の式と同一である。

$$P(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (3)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} P(t) = 0$$

本研究では、生起した 20 種類の情緒を 20 次元のベクトル E_i として表している。この E_i の各次元を独立に考えると、ある情緒はすぐに減衰するが、別の情緒は長く持続する、といった状況を再現することができる。式(4)は、“喜び”の情緒強度 e^{joy} の減衰過程を表している。なお、係数は各情緒ごとに異なり、早く減衰する情緒は大きく、持続しやすいものは小さくなっている。本研究では、ひろた^[9]の分類に基づき、表2のように λ を設定した。

$$\int \frac{\partial P(t)}{\partial e^{joy}} \partial e^{joy} = \lambda_{joy} e^{-\lambda_{joy} t} \quad (4)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \int \frac{\partial P(t)}{\partial e^{joy}} \partial e^{joy} = 0$$

式(4)の減衰過程では $t=0$ での $P(t)$ の値は λ_{joy} であるが、本手法での初期値は情緒計算手法で得られた情緒強度となるべきである。そこで、式(4)を

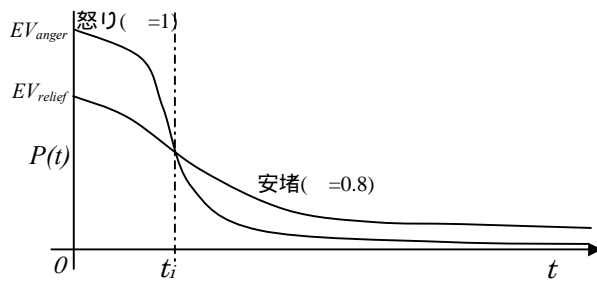


図7：各情緒強度の減衰過程

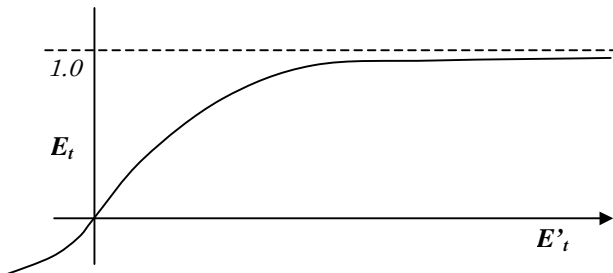


図8：シグモイド関数

以下のように変更する．式(5)中の EV_{joy} は，“喜び”の初期情緒強度を表す．

$$\int \frac{\partial P(t)}{\partial e^{joy}} \partial e^{joy} = EV_{joy} e^{-\lambda_{joy} t} \quad (5)$$

一つの事象に対して複数の情緒が生起し，それらの情緒の減衰関数が異なる場合，時間推移に応じて異なる情緒が表出されることがある．ここで，「彼は私の息子が怪我したと嘘をついた」という事象について考える．情緒計算手法では，“嘘を付いた人に対する怒り”と“息子が無事だったことへの安堵”が同時に生起する．図8に2つの情緒の推移を示す．初期状態では，“安堵”より“怒り”の程度が強いため，怒りをより強く表出する．しかし，怒りの減衰過程が安堵より急激であるため，時点 t_i で逆転し，エージェントは安堵を強く表出するようになる．

さらに，単発の情緒の減衰だけでなく，ある情緒が減衰途中で新しい情緒が生起した場合についても考える．本論文では，過去に生起した減衰中の情緒と新しく生起した情緒の和を E_t と表す．

しかしこの E_t は単純加算によって得られるため，最大値 1.0 を超える恐れがある．そこで式(7)のようなシグモイド関数を適用し，値を 1.0 の範囲内に収める．

$$E'_t = P_{t-1}(E_{t-1}) + E' \quad (6)$$

$$E' = (e^{joy}, e^{distress}, e^{happy-for}, \dots, e^{remorse})$$

$$E_t = \left(\frac{1}{1 + \exp(-E'_t)} - 0.5 \right) \times 2 \quad (7)$$

4. おわりに

本論文では，複数の情緒が異なる時間に生起した場合の，情緒強度の推移を，隠れマルコフモデルによって計算する手法を提案した．この手法では，情緒計算手法によって得られた 20 種類の情緒を 20 次元のベクトルとして表現し，情緒ごとに用意した減衰関数にそって変化させる．現在の情緒は，減衰しつつある過去の情緒と新しく生起した情緒の和から算出する．

今後は，認知心理学や質問紙調査に基づいて，より詳細な減衰関数を作成し，実際の連続事象に対して適用することで，人間の情緒推移過程との比較を行う予定である．

参考文献

- [1] 目良和也, 市村匠, 相沢輝昭, 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).
- [2] 目良和也, 市村匠, 山下利之, 吉田勝美, 感情誘発条件を用いた多様な情緒の分類手法, 東京都立科学技術大学紀要, Vol.16, pp.11-16 (2002)
- [3] Kazuya MERA, Emotion Oriented Intelligent Interface, 東京都立科学技術大学博士(学術)学位論文 (2003)
- [4] Kazuya MERA and Takumi ICHIMURA, Emotion Generating Calculations based on Hidden Markov Model, Proc. of the 7th International Conference on Knowledge-Based Intelligent Engineering Systems & Allied Technologies (KES2003)(to appear in 2003)
- [5] 岡田直之, 語の概念の表現と蓄積, 電子情報通信学会出版 (1991)
- [6] Clark Elliott, 高砂美樹訳, 人間とコンピュータの間の双方向感情的コミュニケーションの構成要素, —感情と人格に関する広範な基本モデルを用いて, 認知科学, Vol.1, No.2, pp.16-30 (1994).
- [7] 森村英典, 高橋幸雄, マルコフ解析, 日科技連 (1979)
- [8] Albert B. 他, 細胞の分子生物学(第2版), 教育社 (1990)
- [9] 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)

連絡先:

〒731-3194

広島市安佐南区大塚東3-4-1

広島市立大学情報科学部

目良和也

電話&FAX: 082-830-1677

Email: mera@its.hiroshima-cu.ac.jp