

# ロボットの怒りに対して人間は譲歩するか

## Do Humans Yield to Robot's Anger?

山内 厚志<sup>1\*</sup> 寺田 和憲<sup>2</sup> 伊藤 昭<sup>2</sup>

Atsushi Yamauchi,<sup>1</sup> Kazunori Terada,<sup>2</sup> Akira Ito<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 岐阜大学 工学研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Engineering, Gifu University

<sup>2</sup> 岐阜大学 工学部

<sup>2</sup> Faculty of Engineering, Gifu University

**Abstract:** Emotions have the function of controlling the behavior of an agent. For example, "anger" is emotion that makes others yield to it. We have developed a method of expressing emotions for a robot by dynamically changing the color luminosity of its body. In the present study, we investigated whether humans yield to robot's anger in a price-negotiation game. The results indicated that there was no significant difference in subject's price for the negotiation task among anger, acceptance and without emotion conditions.

### 1 はじめに

感情は行動主体の行動を制御するという機能を持つ。例えば、恐怖という感情は身体を萎縮させ、危険な状況における行動の制限となり、結果的に行動主体を危険から遠ざけることができる [1]。また、感情は個体自身の行動だけでなく、他個体の行動にも影響を与える [2]。例えば、怒りは交渉時に相手の譲歩を引き出し [3]、悲しみの表れの一つである涙は相手の慈悲、愛着や援助を引き出す機能がある [4]。個体間の感情伝達の特徴は、感情が言語化されずに伝達されることである。ある個体内で発生した感情は、プロトコルの定まった伝達様式によって意識的に伝達されるのではなく、表情や仕草などの非言語情報を通じて別の個体に伝搬する [5]。このような伝達は共感と呼ばれる心理現象によって引き起こされ、受信者の内部には送信者の持つ感情が自動的に想起される [5]。このように、人間同士のコミュニケーションにおいては、感情の個体間機能を利用することで、言語情報を用いずに相手の人間の行動制御を行えるという点で有益である。

一方、ロボットの感情表出に関する研究も行われている。人間同士のコミュニケーションにおいて、多くの場合、感情が顔表情によって伝えられることから、ロボットの感情表出手法としても顔表情が用いられることが多い [6][7]。ただし、顔表情を用いた感情表出は、直感的で分かりやすいという長所がある一方、ロボッ

トが顔のパーツなどを備えている必要があり、汎用性が低い。ロボットが擬人的なパーツを備えていない場合は、他の手法によって感情を表現することも可能である。例えば、筆者らが先行研究で提案した動的な発色によるロボットの感情表出を用いることができる [8]。この手法は LED などの単純なデバイスで実現可能な感情表出手法として考案された。

筆者らは、上記の研究のようなコミュニケーション手段としての擬似的な感情表出で、人間同士の場合のような、個体間機能が実現できるか考えた。そこで本研究では、人間の「怒り」という感情が他者の譲歩を引き出す機能を持つことに注目し、動的な発色を用いた感情表出でこれを実現できるか検証した。ロボットと被験者で「価格交渉ゲーム」を行い、ロボットの発色による「怒り」の表出に対して、被験者が譲歩とみられる行動をとるか調べた。

### 2 動的な発色によるロボットの感情表出

筆者らは先行研究として、顔などの擬人的特徴を用いない感情表出手法である動的な発色によるロボットの感情表出 [8] を提案した。これは 3 つのパラメータによって決定される「発色パターン」を用いてロボットの感情を表出するものである。以下に、その 3 つのパラメータを示す。

- HSV 色空間の色相 (色合い・彩度, 明度は最大)

\*連絡先: 岐阜大学 工学研究科 応用情報学専攻  
〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1-1  
E-mail: uchi@elf.info.gifu-u.ac.jp

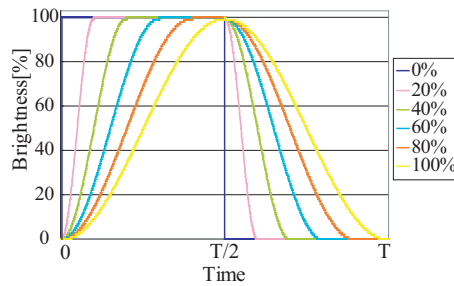


図 1: 輝度値の波形

- 点滅周期 (点滅の速さ)
- 波形 (点滅の変化の緩やかさ)

色相は、色の種類を 0~360 度の範囲の角度で表すものである。0 度は赤 (RGB における  $R=255, G=0, B=0$ ) で、その反対側に位置する 180 度は赤の補色にあたる青緑となる。

点滅周期は、1 周期の点滅に要する時間 (点灯が始まった瞬間から、消灯し、次に点灯する直前までの時間) を表すパラメータである。

波形は、輝度の時間変化の緩やかさを表すパラメータである。図 1 に各波形パラメータに対する輝度の時間的な変化の様子を示す。波形のパラメータが 0% のときは、輝度は矩形波と定義する。これが点滅の基本波形となる。このとき、周期を  $T$  とすると、時刻が  $0 \sim \frac{T}{2}$  のときは点灯、 $\frac{T}{2} \sim T$  のときは消灯となり、これらは一瞬で切り替わる。波形のパラメータは、この基本矩形波のうち余弦波に置換する割合によって定義され、0%~100% の百分率で表現される。波形のパラメータが  $x\%$ 、周期が  $T$  の場合、矩形波のうち時刻が  $0 \sim \frac{T}{2} \times \frac{x}{100}$  の範囲が  $\cos\theta$  ( $\pi \leq \theta \leq 2\pi$ ) の波形に置換され、時刻が  $\frac{T}{2} \sim \frac{T}{2} \times (1 + \frac{x}{100})$  の範囲が  $\cos\theta$  ( $0 \leq \theta \leq \pi$ ) の波形に置換された波形が輝度の時間変化となる。

筆者らは、プルチックの感情モデル [9] に述べられている 24 の感情に対し、上記の 3 つのパラメータを関連付け、発色パターンによるロボットの感情表出モデルを作成した。また、作成したモデルのうち「激怒」「軽快」「歓喜」「受け入れ」「恐怖」「驚愕」「哀愁」の 8 つの発色パターンを被験者に提示し、これらの感情が人間に伝達するか検証する実験を行った。その結果「強い嫌悪」以外の 7 つの感情が人間に伝達することが示された。本研究では、このうち「激怒」と「受け入れ」の発色パターンを使用して実験を行った。

### 3 「価格交渉ゲーム」による被験者実験

ロボットの発色パターンによる感情表出に対し、それを観測した人間がロボットに対する行動を変化させるかどうか検証するために、被験者実験を行った。この実験では、被験者がロボットと「価格交渉ゲーム」を行い、その際ロボットの表出する「怒り」によって被験者に譲歩とみられる行動があるか調べた。

#### 3.1 価格交渉ゲームのルール

ロボットが発色パターンによって表出する感情に対し、人間がどのように行動を変化させるか調べる手段として「価格交渉ゲーム」を考案した。ここでは、このゲームのルールについて述べる。

「価格交渉ゲーム」は、ある商品を売りたい者 (売り手) とその商品を買いたい者 (買い手) に分かれて行うゲームである。本実験においては、ロボットが売り手となり、被験者は買い手となる。また、この商品の市場価格は、販売価格が 1000 円、買い取り価格が 500 円であるとする。被験者は、この市場価格の範囲内でロボットと価格交渉を行う。価格交渉は、次のように段階的に行われる。

第 1 段階は手数料の徴収である。この交渉には仲介人がいるものとし、交渉を進めるに当たって手数料が両者から 50 円ずつ徴収される。

第 2 段階は、希望価格の記入である。被験者の場合は購入したいと思う希望価格であり、ロボットの場合売却したいと思う希望価格である。また、記入は 1 分以内に行い、次のステップまでお互いの希望価格は見えない。両者の希望価格の記入が完了した時点で、次の段階に移る。

第 3 段階は、両希望価格の開示である。第 1 段階で記入したお互いの希望価格を同時に両者が確認する。このとき、ロボット (売り手) の売却希望価格が被験者 (買い手) の購入希望価格を上回ったら、交渉は不成立とする。第 1 段階に戻って手数料を払い、交渉をやり直す必要がある。逆に、被験者 (買い手) の購入希望価格がロボット (売り手) の売却希望価格を上回れば、交渉成立となる。両者の希望価格の中間値によって商品を買ひ、ゲームは終了である。被験者の利益は、1000 円 - (購入価格) - (手数料の合計) となる。例えば、3 回の交渉の結果 800 円で売買が成立した場合 1000 円 - 800 円 - 150 円で、50 円の利益となる。被験者は、この利益を最大にすることを目的とする。

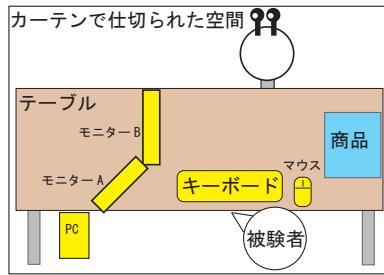


図 2: 実験環境

### 3.2 実験環境

本研究では、前節で述べた「価格交渉ゲーム」を行うことができる環境を、ロボットと PC を用いて構成し、被験者実験を行った。実験を行った際の環境を図 2 に示す。実験場所は、カーテンで仕切ってつくった部屋であり、そこにテーブルを設置した。テーブルの一方にはロボットを配置し、もう一方には被験者が座るための椅子を用意した。被験者から見て右側のテーブルの上には、交渉ゲームを行う際の商品として携帯ゲーム機を置いた。また、被験者から見て左手には実験に用いるモニターを 2 台設置した。一方は、被験者の方に向けられ、ロボットは見ることができない想定モニター A である。モニター A には、被験者の希望購入価格を入力するための画面が表示され、ここに被験者が備え付けのキーボードによって金額を入力する。もう一方は、被験者とロボットに対し垂直方向に設置されているモニター B である。ここには、両者の価格開示と交渉結果などの画面が表示され、被験者も、ロボットも見ることができる想定である。これら 2 つのモニターは、テーブルの下に設置した 1 台の PC に接続されており、デュアルディスプレイ機能によって 2 つのモニターに異なった画面を出力している。

### 3.3 ロボット

この実験に使用したロボットの外観を図 3 に示す。このロボットは、価格交渉ゲームにおける被験者の対戦相手である。モーターと車輪が取り付けられた支柱の上に、球体のアクリル素材を固定し、その中に制御装置などを搭載したものである。ロボットの高さは約 125cm、幅と奥行きは約 45cm、球体の直径は約 40cm である。このロボットの全てのデバイスの制御は、球の部分に内蔵された小型の PC によって行われる。デバイスには、モータ、LED 発色装置などがある。LED 発色装置はこの球体の上半球の部分にあり、フルカラー LED が 70 個、等間隔に搭載されている。その他に、球の天頂



図 3: ロボットの概観

部にロジケールのカメラ (QCAM-200RX) を 2 つ装着している。

### 3.4 実験用プログラム

本研究では、価格交渉ゲームをすべて自動で行うことができるプログラムを作成し、これを用いて実験を行った。ただし、ロボットの回答はあらかじめ用意されたものを使用している (交渉 1 回目: 940 円, 2 回目: 880 円, 3 回目: 920 円, 4 回目: 780 円, 5 回目: 720 円, 6 回目: 670 円, 7 回目: 630 円, 8 回目: 570 円, 9 回目: 540 円, 10 回目: 500 円)。

このプログラムでは、2 つのモニターにそれぞれ別の GUI を表示している。モニター A に表示されているのは、図 4(a) に示した希望購入価格入力画面である。画面上部に制限時間が表示され、ゲームが開始するとカウントダウンが始まる。その下には、前回の交渉時の被験者の金額と、ロボットの金額が表示されている。更にその下には、被験者の希望購入価格入力ボックスと、「この価格で交渉する」という決定ボタンがある。被験者は、制限時間以内に入力ボックスに金額を入力し、決定ボタンを押す必要がある。画面の最下部には、今まで支払った手数料の合計が表示されている。

モニター B に表示されているのは、図 4(b) に示した、情報表示画面である。この画面の構成は、最上部にこれまでの交渉回数が示されている。その下は、被験者とロボットの状況やそれぞれが入力した価格を表示する部分である。ゲームの第 2 段階 (価格の入力) では、ここに「入力中」と表示される。また、被験者の入力が完了すると、図 4(c) のように「入力完了」と表示される。両者の入力が完了するとゲームの第 3 段階に移って、図 4(d) のように、この部分に金額が表示される。モニター B の最下部はメッセージ領域である。図

4(c), 図 4(d) のように, 交渉の結果や, 被験者に伝えるべきことなどが表示される。

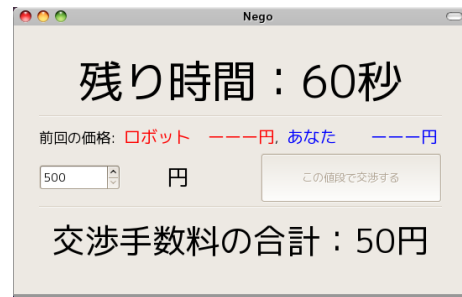
次にプログラムの動作の流れを説明する。プログラムを開始すると, 交渉ゲーム 1 回目がスタートし, 制限時間のカウントダウンが開始する。それと同時に, ロボットのモーターを制御し, ロボットに回転動作をさせる。ロボットが「売買対象の商品」「被験者」「モニター B」を見渡すような一定の動きである。被験者にこの動作を見せることによって, ロボットが思考していると感じさせる効果を狙ったものである。ロボットの動作は約 30 秒ほど続き, 動作終了とともにモニター B のロボット側を「入力完了」と表示する。一方, モニター A の入力ボックスに価格を入力し, 「この価格で交渉する」ボタンを押すと, モニター B の被験者側が「入力完了」と表示される。どちらも「入力完了」となったら, モニター B のメッセージ領域に「両者の回答が出揃いました」と表示したのち, 図 4(d) のように両者の金額と, 交渉の結果を表示する。このとき, 交渉不成立となれば, 実験条件にしたがって発色パターンによる感情表出を 10 秒間行う。その後, はじめに戻り, 交渉ゲーム 2 回目をスタートする。交渉成立した場合は, その金額を表示しプログラムをを終了する。

### 3.5 実験条件

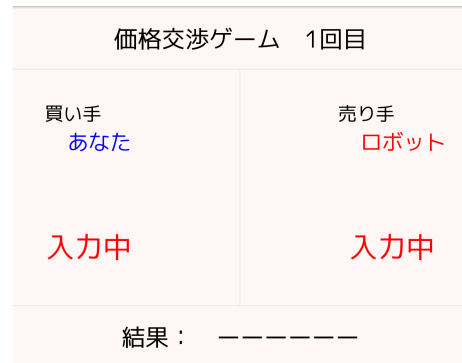
本実験の目的は, ロボットの発色によって価格交渉ゲームにおける被験者の行動に違いが見られるか検証することである。そこで, 以下のように 3 つの条件を設定し, それぞれ別の被験者によって実験を行った。発色はそれぞれ 10 秒間行われる。

- 激怒条件: ゲームプログラムは「交渉不成立」画面を表示すると同時に, 発色パターンによる「激怒」の感情表出を行う。
- 受け入れ条件: ゲームプログラムは「交渉不成立」画面を表示すると同時に, 発色パターンによる「受け入れ」の感情表出を行う。
- 発色なし条件: 価格交渉ゲーム中で発色を一切行わない。

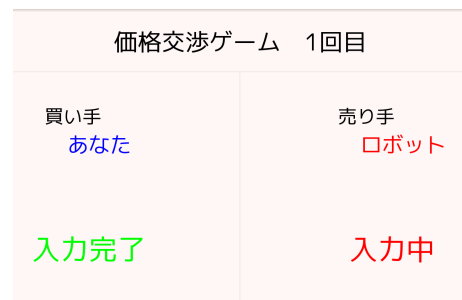
「激怒」の発色パターンのイメージと, 輝度値の変化グラフを図 5(a) に示す。「激怒」の発色パターンのパラメータは, 色相 1(赤), 周期 312ms, 波形 14% である。「受け入れ」の発色パターンのイメージと, 輝度値の変化グラフを図 5(b) に示す。「受け入れ」の発色パターンのパラメータは, 色相 108(黄緑), 周期 2601ms, 波形 50% である。



(a) 希望購入価格入力画面



(b) 情報表示画面



両者が入力完了するまでお待ちください。

(c) 被験者の入力が完了



(d) 交渉不成立

図 4: 実験用 GUI

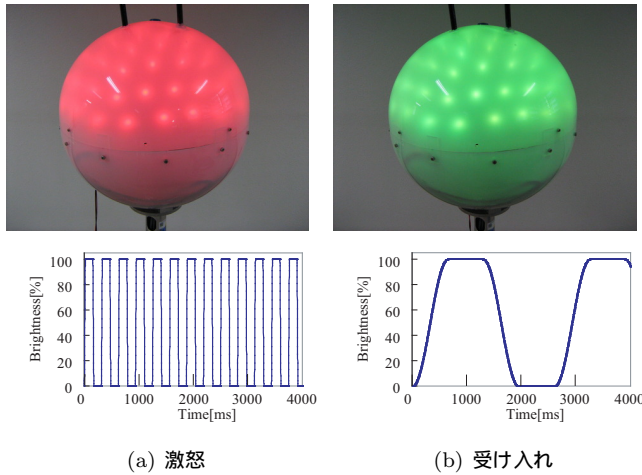


図 5: 提示した発色パターン

### 3.6 実験手順

被験者 1 名を部屋に入れ、実験の説明と GUI の説明を行った。このとき、被験者には以下のことを伝えておいた。

- 前述の価格交渉ゲームのルール全般
- 対戦相手のロボットはモニター A は見ることができず、モニター B は見ることができること
- 被験者側の利益を大きくすることが目的ということ
- ロボットは無線通信によって売却希望価格を入力できるということ

その後、実験者はゲームプログラムを開始し、部屋を退出した。被験者には、交渉が成立したら知らせるように伝えた。被験者が交渉が成立したことを伝えたら終了とした。

### 3.7 被験者

被験者は、18~24 歳の学生 33 名（激怒条件：12 名、受け入れ条件：11 名、発色なし条件：10 名）である。

## 4 実験結果

このゲームは、交渉成立するとゲーム終了となるため、1 回目、2 回目と進むごとに被験者の価格データが減っていく。ゲームの回数と被験者数を図 6 に示す。この図は、横軸が何回目の交渉であるかを表し、縦軸は交渉が成立せず残っている被験者の人数を表している。

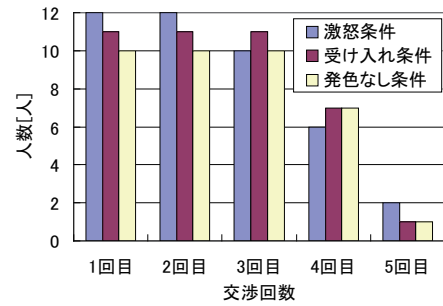


図 6: 交渉回数と被験者数

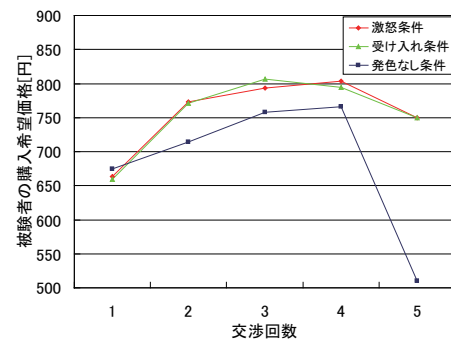


図 7: 交渉回数と、被験者の希望価格の推移

価格交渉ゲームで被験者が入力した購入希望価格の記録から、各条件における平均価格を求めた。これを図 7 に示す。

この図は、横軸が何回目の交渉であるかを表し、縦軸は被験者が入力した購入希望価格の平均値を表している。また、1 名を除く、すべての被験者が 5 回以内に交渉を成立させている。その 1 名は、発色なし条件でゲームを行った被験者であり、500 円付近を入力し続け合計 10 回の交渉を行った。しかし、6 回目以降は他条件で被験者がいないため、比較が不可能なので、図には掲載しなかった。

1 回目～4 回目の交渉において、各条件間で希望購入価格の平均値に差があるか検証するため、それぞれの回の結果について一元配置分散分析を行った。その結果 1 回目～4 回目のすべてにおいて、有意な差は認められなかった。5 回目の交渉においては、受け入れ条件と、発色なし条件においてデータが 1 つしか存在しないため、分散分析は行わなかった。

## 5 考察

被験者の入力した希望購入価格について考える。1 回目の希望購入価格の平均値は、各条件間において有

意な差が認められない。1回目の交渉は、ロボットが感情表出を行う前に価格を入力するため、各条件間に差がないことは自明である。しかし、2回目以降の交渉においても各条件間で有意な差が認められなかった。これは、発色パターンによる「激怒」の表出が被験者の譲歩を引き出したとはいえない結果である。今回の実験で使用した「激怒」と「受け入れ」の2つの発色パターンは、それぞれ人間に認識されることを筆者らは先行研究において確認している[8]にも関わらず、このような結果となった理由を推測する。

まず、今回行った価格交渉ゲームが、感情の効果を受けにくいものだった可能性がある。仮に、人間同士でこのゲームを行い、売り手が怒りの表情で感情表出をした場合でも、今回のように買い手が譲歩しない結果となった可能性も否定できない。

もしくは、発色パターンを用いる方法が、個体間機能を実現する感情表出には不適切であった可能性もある。発色パターンによる感情表出では、観測者が推測や経験則によってロボットの感情を認識することができても、人間同士のような感情的な効果を引き出せないのかもしれない。

また、どのような手法を用いても感情表出の主体がロボットである限り、譲歩を引き出すといった個体間機能を実現できない可能性も残されている。この理由は、人間が「ロボットには意思や自我がない」という先入観をもっており、ロボットの怒りに譲歩しなかったことによる報復もなければ、同情の余地もない、と直感的に感じてしまうため、と説明付けることができる。

上記に示した可能性はどれも否定できないが根拠もないため、どの仮説が正しいか不明である。これを明らかにするためには試行錯誤が必要であり、更に別の実験によって、ロボットの感情表出が個体間機能持つために必要な要因について検証していく必要がある。

## 6 まとめ

本研究では、発色パターンによるロボットの「怒り」の表出によって、人間の譲歩を引き出すことが可能であるか調べるために「価格交渉ゲーム」を用いた実験を行った。このゲームは、被験者がロボットから商品を購入する価格を交渉するゲームである。交渉は成立するまで何度も行われ、交渉不成立のときロボットが「激怒」の発色をする条件、「受け入れ」の発色をする条件、発色を行わない条件の3条件を用意した。

実験終了後、各条件における被験者の価格入力履歴から、ロボットの発色が被験者の価格決定にどのような影響を及ぼすか検証した。その結果、激怒条件と受け入れ条件には、被験者の購入希望価格に有意な差が見られなかった。ここから、今回の実験では、ロボッ

トの「怒り」によって人間が譲歩しないことが示された。しかし、今後更に別の実験によって、感情の持つ個体間機能の実現に必要な要因とは何なのか検証していく必要がある。

## 参考文献

- [1] Arne Öhman. Fear and anxiety: Evolutionary, cognitive, and clinical perspectives. In Michael Lewis and Jeannette M. Haviland-Jones, editors, *Handbook of Emotions*, pp. 511–536. Guilford Press, 1993.
- [2] Jean Decety and Philip L. Jackson. The functional architecture of human empathy. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, Vol. 3, No. 2, pp. 71–100, 2004.
- [3] Aaron Sell, John Tooby, and Leda Cosmides. Formidability and the logic of human anger. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 106, No. 35, pp. 15073–15078, 2009.
- [4] Oren Hasson. Emotional tears as biological signals. *Evolutionary Psychology*, Vol. 7, No. 3, pp. 363–370, 2009.
- [5] Tania Singer. The neuronal basis and ontogeny of empathy and mind reading: Review of literature and implications for future research. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, Vol. 30, No. 6, pp. 855–863, 2006. Methodological and Conceptual Advances in the Study of Brain-Behavior Dynamics: A Multivariate Lifespan Perspective.
- [6] Cynthia Breazeal. Function meets style: insights from emotion theory applied to hri. *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on*, Vol. 34, No. 2, pp. 187–194, 2004.
- [7] 松井裕紀, 加納政芳, 加藤昇平, 伊藤英則. Simple recurrent network を用いた感性ロボットのインタラクティブ表情表出. *日本ロボット学会誌*, Vol. 28, No. 3, pp. 360–368, 2010.
- [8] 山内厚志, 寺田和憲, 伊藤昭. 動的な発色によるロボットの感情表出. *ヒューマンインターフェース学会論文誌*, Vol.13, pp.41-52, (2011).
- [9] R. Plutchik. *Emotions and Life*. Amer Psychological Assn, (2002).