

# HRIにおける共感コミュニケーション実現のための感情モデルの提案 Emotion Model for Human-Robot Empathic Communication

日永田 智絵<sup>†</sup>, 長井 隆行<sup>†</sup>

Chie Hieida, Takayuki Nagai

<sup>†</sup> 電気通信大学

The University of Electro-Communications

hchie@apple.ee.uec.ac.jp, tnagai@ee.uec.ac.jp

## Abstract

Most people believe that robots have no emotions, and nor do they need them. However, we strongly believe that having emotions is essential for robots to understand and sympathize with the feelings of people, thereby allowing them to be accepted into the human society. In this paper, we propose a model of emotion based on some neurological and psychological findings concerning empathic communication between humans and robots. Then, we examine a method for generating affect for given visual stimuli using a recurrent neural network as a first step.

**Keywords** — Emotion Model, Human-Robot Communication

## 1. はじめに

一般に「ロボット」は、心つまり感情の無い存在と考えられている。そうした考えを体現するかのように、ロボット研究では感情について深く扱えずにいた。相手の情動を推定する手法 [1] や情動を表出する方法 [2] については、従来から研究がなされている。しかしながら、こうした研究の情動は作りこみである。作りこみでは社会的な感情の様な複雑な感情を作ることが困難であり、実際シンプルな基本情動のようなものしか実現できていない [3][4]。尾形らは、内分泌系モデルをロボットに実装し、情動を実現している [5]。また、浅田らは、作りこみではなく、人の多感覚情動信号からロボットが情動を学習する情動発達ロボティクスの研究を行っているが、これは情動の発達が中心であり、上位概念である感情は扱っていない [6][7]。しかし、ロボットが人間社会に受け入れられていくためには、相手の感情を理解・共感し、行動することが必要不可欠であり、シンプルな基本情動のようなものだけでは対応できない。よって本研究では、人-ロボット間の共感コミュニケーションに向けた感情モデルを提案する。

将来的にはこの研究を通して、ロボットがどのように複雑な感情を持つか、相手の情動に基づいてどのように感情を変化させるか、そうした相互作用がどのようなコミュニケーションを引き起こすのかといったことを検討する。このことは、ロボットに感情を持たせるだけでなく、ロボットが人間の心的状態を真に理解するという意味でも必要不可欠である。これによってロボットが人の多様なあり方に寄り添い、人とロボットの双方が学習し成長していけるような関係性になることを期待している。

本稿では以下のような神経科学や心理学等の様々な分野の文献を基に感情モデルを作成した。心理学者の Bridges は乳幼児の観察を基に、情動が興奮を原点として分化していくと考えた [8]。神経科学者の Damasio は、情動が外部からの刺激の評価を効率的にするという仮説を立てた (ソマティック・マーカー仮説) [9]。大森は、感情とは意思決定のための価値計算システムであると提唱している [10]。また Ledoux は、快情動と不快情動では異なる脳部分が働いていることを明らかにしている [11]。Ekman は、文化に関係なく共通の基本6感情 (怒り、喜び、嫌悪、恐怖、悲しみ、驚き) が存在することを示した [12]。一般的にも知られている吊り橋効果では自身の身体反応の原因推論の際に、実際の原因とは異なった原因に帰着することで、感情の認知が変化するといわれている [13]。これらのことから、感情システムは、無意識のうちに起こる身体反応と、それを感情として認知するという段階に分かれており、生得的なシステムと学習により強化されるシステムが存在していると考えられる。上記を踏まえ、情動を刺激によって引き起こされる身体反応のラベル、感情を刺激と情動を用いた原因推論・未来予測のラベルと定義し、感情モデルを提案する。本稿では提案する感情モデルを実現する最初のステップとして、Recurrent Neural Network を利用した視覚刺激による情動生成を検討する。

## 2. 感情モデル

作成した感情モデルを図1に示す。感情モデルは以下の3層に分かれており、上記に示した文献を基に作成されている。

### 1層：生得的反応層

刺激を受け、身体的反応を行う

### 2層：経験層

刺激を受け、経験に基づいて生得的反応を抑制・強化する

### 3層：予測層

次元圧縮された身体的反応（情動）と刺激に基づいて、原因推論・未来予測を行っている

この予測結果をカテゴリ化したものを人は感情として知覚している

第1層は反射的に反応する層であり、時間的に処理が最も早いですが、エラーも多い。それに対し、第2層では過去の記憶にアクセスするため、第1層からの遅延があるが、経験に基づいて評価するため、エラーを減らすことができる。この1層2層から出力された一次表出を次元圧縮したものが情動である。つまり、従来研究の情動信号はこの一次表出のことを表しており、無意識下で行われるため、嘘をつくことのできない正直な反応となる。Pentlandが提唱しているHonest Signalsはこの一次表出の一部と考えられる[14]。情動信号と情動の関係は次元圧縮しただけの関係であり、情動信号から情動を導くことができる。

こうして得られた情動が入力信号とともに原因推論、未来予測に使用される。吊り橋効果ではこの情動が異なる入力信号に紐づけられたため、未来予測が変化し、異なるカテゴリに分類されたため、恐怖から好意へと変化が起きたと考えられる。ここで生じたカテゴリは意識へと昇り感情として認知される。それに基づき行動を起こし、その結果で得られた状況から予測誤差を計算し、原因推論、未来予測の識別関数を学習する。過去につけた評価データは記憶として保存される。

## 3. 深層学習による情動生成

### 3.1 実験プロトコル

提案した感情モデルを実現する最初のステップとして、recurrent-attention model (RAM) [16]を利用した視覚刺激による情動生成を検討した。本研究では、画像刺激としてInternational Affective Picture System (IAPS)[15]を入力とし、深層学習による評価関数の教師あり学習を行う。IAPSは人の画像だけでなく、虫

や動物の画像や風景の画像、銃や暴力的な画像等が含まれている。このとき、教師としてIAPSを人に対して見せ、印象を覚醒度と快不快感で評価した結果を用いる。つまりこれは、回帰モデルの学習である。入力にはRGBとし、学習データを24200枚、テストデータを100枚とした。RAMではアテンションを同時に学習するモデルとなっており、任意の感情値を出すためにどこに注視しているのかを学習することが出来る。今回のアテンション回数は10回とし、学習を行った。

### 3.2 実験結果・考察

ミニバッチサイズ100とし、2000epochの学習を行ったネットワークを用いて、テストデータに対する推定を行った結果を図2に示す。ここで示している0~7のカテゴリはIAPSの印象評価結果を特徴量とし、k-means clusteringを用いて分類した結果である。正解データとテストデータを比較すると似た形状を再現できていることがわかる。また、カテゴリごとに結果を見ても、傾向は表せている。誤差平均は覚醒度が0.48、快感が0.46となっている。この誤差はそれなりに小さいといえる。

## 4. ロボットへの情動の実装

### 4.1 実験プロトコル

情動生成モデルの検証のため、実際にロボットにモデルを実装し、自然なインタラクションの中でどのような反応を示すか検証した。ロボットにはBaxterを用い、頭部のKinectから画像を取得し、モデルに入力した。モデルから出力された値に応じて顔表情を変えるよう実装を行った。顔と感情値の対応は図3の通りである。今回は顔表情とモデル出力値の関係は作り込みとなっているが、今後は学習により獲得する予定である。モデルは1アテンションごとに値を出力する形とし、メモリのリフレッシュは行わなかった。

### 4.2 実験結果・考察

結果の一例を図3に示す。ぬいぐるみの種類に応じた出力や人の表情に対応した出力が見られた。これらはある種の好みの表現が出来ているとも考えられる。ぬいぐるみにおいては、色の変化が影響しているように見える。表情に関しては、人の表情に追従したような値が出力されており、情動伝染のような現象を再現していた。

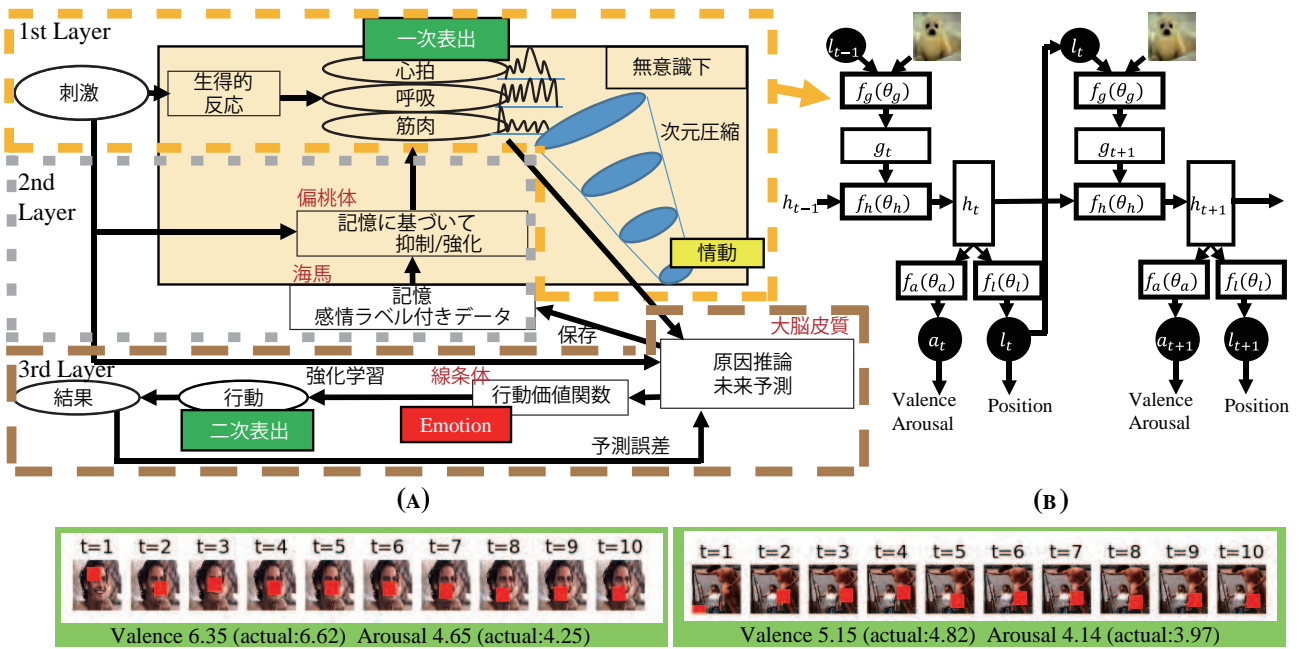


図1 感情モデル (a) 感情モデルの全体像 (b) RAMによる情動生成 (c) 結果の例

## 5. 色に対する情動反応

### 5.1 実験プロトコル

ロボットでの検証で色の変化が情動値に影響する可能性が示唆された。そこで、色画像をモデルに入力することでどのような出力が得られるのかを検証する。検証として、人のデータとの比較をするため、感情と色の関係を被験者実験により明らかにしている山下の研究のデータを用いる [17]。画像は HSV 色空間および LAB 色空間を用いて生成した。

### 5.2 実験結果・考察

#### 5.2.1 HSV 色空間での検証

H は 37 段階 (0~36), S は 52 段階 (0~51), V は 52 段階 (0~51) とし、全 100048 枚の画像に対して、情動値を算出した。図 6 は、V を固定したときの H と S の変動による快度の変化を表現したものである。この結果より、V が大きくなるに従って、5 以下の不快の領域が減っていることがわかる。また、ある一定の色相に対して不快を示すことが示されている。この不快領域の部分はそれぞれ緑系統、青系統、紫系統である。

次に図 4 は、横軸を S、縦軸を V とし、快度を平均した値となっている。人の評価 [17] によると彩度が高

くなるにつれて快度があがることが示されており、情動生成モデルによる出力も、同様の出力をしていることがわかる。

### 5.3 LAB 色空間での検証

L は 52 段階 (0~51), a は 51 段階 (0~50), b は 51 段階 (0~50) とし、全 135252 枚の画像に対して、情動値を算出した。図 5 は、横軸を a、縦軸を b とし、快度を平均した値となっている。人の評価 [17] によると無彩色に近い中央部分では不快になることが示されており、情動生成モデルによる出力も、同様の出力をしていることがわかる。これらの結果より、色画像にラベル付けをし、教師あり学習をしたわけではないが、色画像に対して、人と同様の反応を示していることがわかる。

## 6. まとめ

本研究では、共感コミュニケーションのための感情モデルの提案をした。感情モデル実装の最初のステップとして、RAM を利用し、情動生成を行った。画像を入力し、覚醒度及び快度を出力するように RAM の学習を行った。結果として、画像特徴だけで、人の感じる情動の再現が出来ることが分かり、ロボットへの実装を通して、情動伝染のような現象や色による出力変化がみられた。今後は精度を上げた情動生成のため、

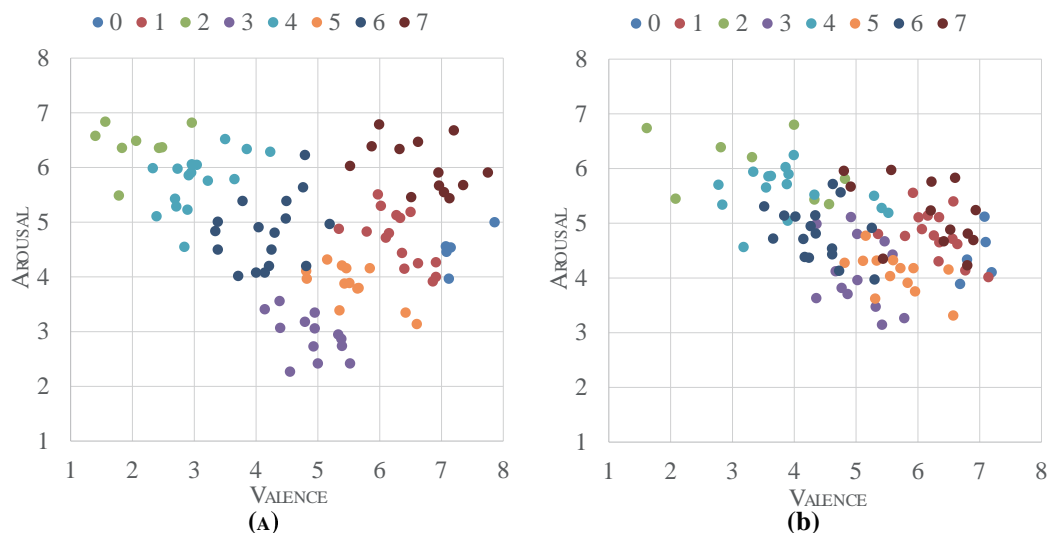


図2 テストデータの出力結果 (a) 正解データ (b) RAMからの出力

被験者に画像を提示し、心拍など実際の身体情報を取得することで、モデルにて身体反応の生成を行う。また、記憶を用意し、2層目の学習を行うとともに、実環境における報酬を予測するメカニズムを入れることで、3層目の実現を目指す。これらを経て、全体の感情モデルの実装を行い、情動だけでなく社会的な複雑な感情の創発を目指す。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP16J04930, JST CREST, 新学術領域「認知的インタラクションデザイン学」の助成を受けたものです。

## 参考文献

- [1] Picard, R.: *Affective Computing*, MIT Press, Cambridge, (1997)
- [2] Breazeal, C.: *Designing Sociable Robots*, The MIT Press, (2002)
- [3] Masuyama, N., Loo, C. K.: Robotic emotional model with personality factors based on Pleasant-Arousal scaling model, *In Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), 2015 24th IEEE International Symposium on. IEEE*, pp. 19-24 (2015)
- [4] Woo, J., Botzheim, J., Kubota, N.: Verbal conversation system for a socially embedded robot partner using emotional model, *In Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), 2015 24th IEEE International Symposium on. IEEE*, pp. 37-42 (2015)
- [5] 尾形哲也, 菅野重樹: 情動モデルを有する自律ロボット WAMOEB A - 2 と人間との情緒交流, *日本機械学会論文集*, Vol. 65, No. 633, pp. 166-172 (1999)
- [6] 浅田稔: 情動発達ロボティクスによる人工共感設計に向けて, *日本ロボット学会誌*, Vol. 32, No. 8, pp. 666-677 (2014)
- [7] 堀井隆斗, 長井志江, 浅田稔: Restricted Boltzmann Machine を用いた多感覚情動コミュニケーション, 第30回人工知能学会全国大会, 1O5-OS-22b-2 (2016)
- [8] Bridges, K. M. B.: Emotional development in early infancy, *Child development*, pp. 324-341 (1932)
- [9] Damasio, A. R., Everitt B. J., Bishop D.: The Somatic Marker Hypothesis and the Possible Functions of the Prefrontal Cortex [and Discussion], *Philosophical Transactions of the Royal Society B, Biological Sciences*, Vol. 351, No. 1346, pp. 1413-1420 (1996)
- [10] 大森隆司: 人はなぜ感情をもつのか—行動決定における感情の計算論的役割—, *人工知能学会誌*, Vol. 31, No. 5, pp. 710-714 (2016)
- [11] LeDoux, J. E.: *The Emotional Brain: The Mysterious Underpinnings of Emotional Life*, Simon & Schuster, (1998)
- [12] Ekman, P., Wallace, F.V.: Constants across cultures in the face and emotion, *Journal of personality and social psychology*, Vol. 17, No. 2, pp. 124-129 (1971)
- [13] Dutton, D. G.: Some Evidence for Heightened Sexual Attraction under Conditions of High Anxiety, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 30, No. 4, pp. 510-517 (1974)
- [14] Pentland, A. S.: *HONEST SIGNALS —How They Shape Our World—*, The MIT Press, (2008)
- [15] Lang, P. J., Bradley, M. M., Cuthbert, B. N.: *International affective picture system (IAPS): Technical manual and affective ratings*, Gainesville, FL: The Center for Research in Psychophysiology, University of Florida, (1999)
- [16] Mnih, V., Heess, N., Graves, A. and Kavukcuoglu, K.: Recurrent Models of Visual Attention, *Advances in Neural Information Processing Systems 27*, pp. 2204-2212, (2014)
- [17] 山下真知子: 感情からイメージされる色彩について: 高齢者の回復期ケアを目的とした施設空間の色彩設計に関する研究一, *大手前大学論集*, Vol. 9, pp. 289-316 (2008)

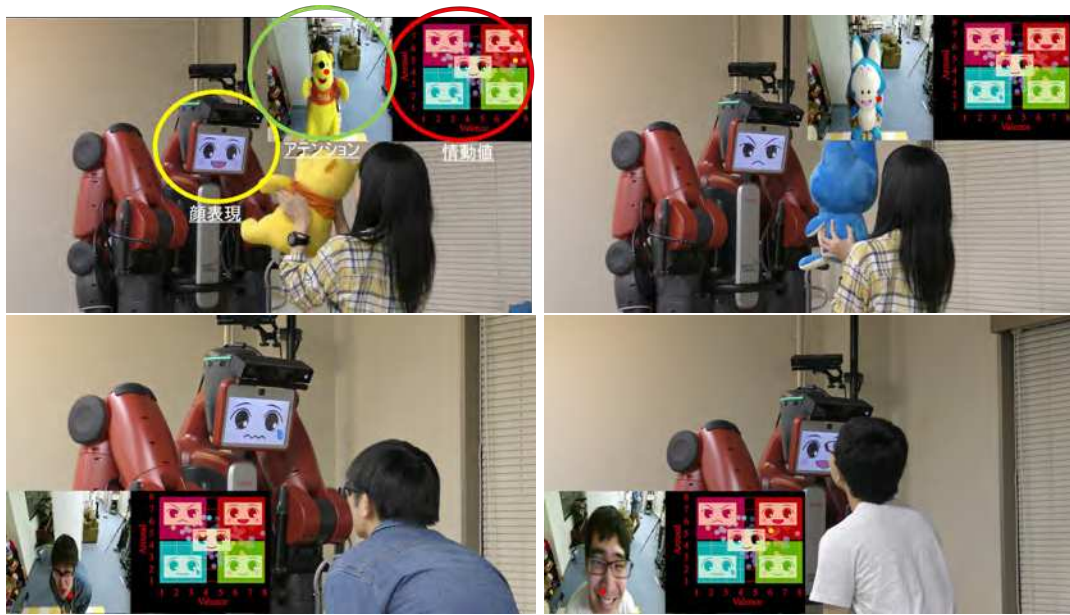


図3 ロボットでの検証の様子

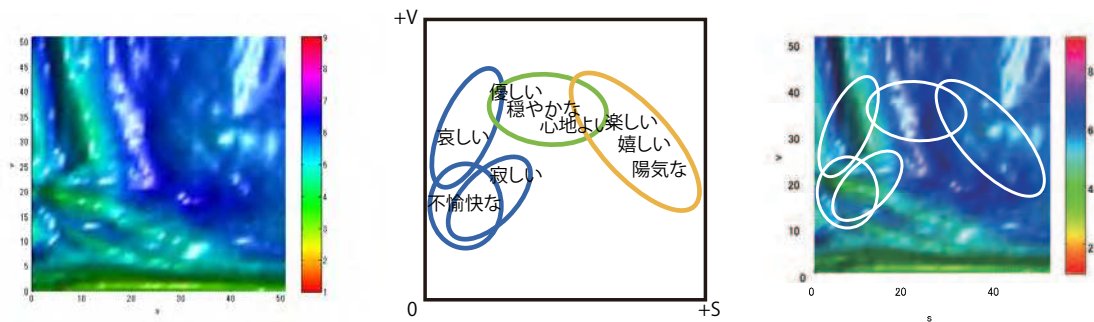


図4 HSV色空間に対する快度と人による評価 [17] との比較

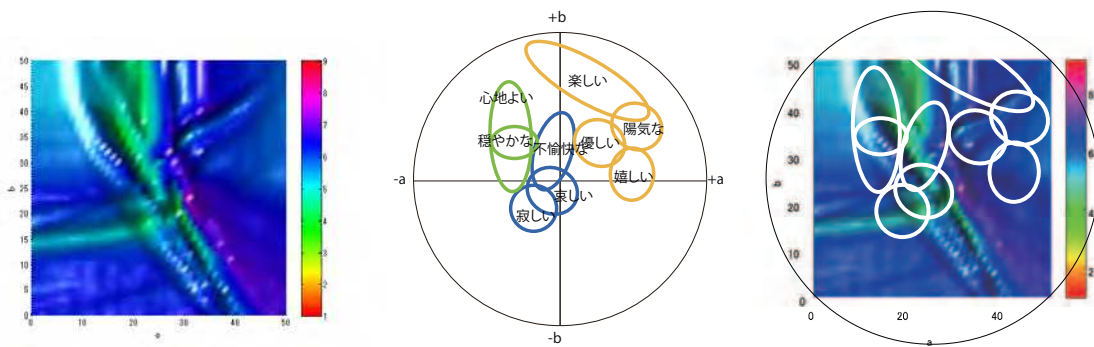


図5 LAB色空間に対する快度と人による評価 [17] との比較



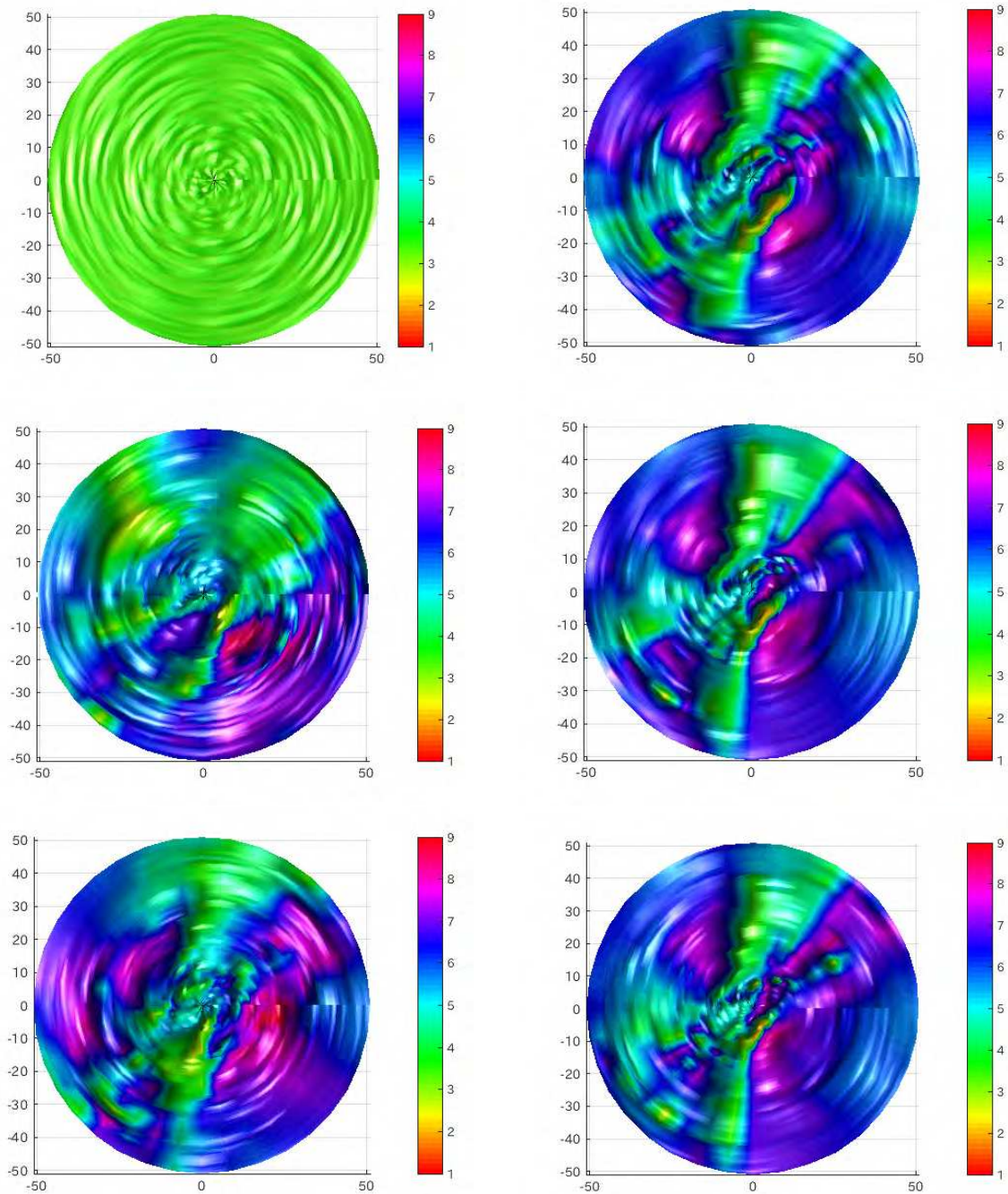


図6 HSV色空間に対する快度(1~9) 角度がH(0~360), 半径がS(0~51), それぞれのグラフがある時のV(0~51)を表す. 左列上からV0, V11, V21 右列上からV31, V41, V51