九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

A Study on the Classification of Moving Units for Facial Expression Robot : Proposal of Moving-Unit for Animatronics

權, 泰錫
九州大学大学院芸術工学研究院

https://doi.org/10.15017/13962

出版情報：九州大学, 2008, 博士（芸術工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：

KYUSHU UNIVERSITY

第 1 章

序　論

1-1. 研究の背景

かつて我々がロボットに対して抱くイメージは、漫画や映画によるものが大きかった。科学の進歩はこのようなフィクションを現実のものにしつつある。

現在、ロボットの駆動方法やセンシング利用技術、人間との意思疎通などに対する研究が多く行われている。近年、機械的なロボットからより人間的な表情や振る舞いを持ったロボットへの関心が高まっている。本研究ではロボットの顔のもつ表情の意味的な側面と、ロボットの物理的な制御・制作方法との関係を記号的に記述することで、コミュニケーション性の高い自然な表情を持ったロボットの制作を目的としている。

危険な場所における人間の作業の代行や生産工程における効率向上等のための産業用ロボットに対し、映画やテーマパーク、博物館などで用いられているロボットはアニマトロニクスと呼ばれ、視覚的な表現性、エンターテイメント性が機能として求められる。

筆者はこれまで映画やコマーシャルフィルム、テーマパークなどで特殊メイクやアニマトロニクス制作、メカニカルデザインなどを担当してきた。その中でも筆者が学んできたアニマトロニクスの顔表現の制御は一番難しい対象であった。

人間は人種、年齢、美しさの程度だけではなく、その人の感情と健康状態、性格までも顔の表情を通じて把握することが可能である。人間相互のコミュニケーションにおいて、主に言語とともに顔の表情は感情表現において重要な役割を担う。

実際の人間の表情は40本余の表情筋と骨格筋の収縮と弛緩、骨格の形状などの解剖学的要素の連係によって作り出されており、これをロボットのメカニカルな表情制御に対応させてロボット制作を行うことは極めて困難である。

本研究は人間の表情の分類とその印象評価を手がかりとしながら、ロボットの機械的な制御のための記述方法を考察したものであり、エンターテイメントのためのロボットの表情生成に役立てようとするものである。

1-2. 研究の目的

アニマトロニクスはエンターテイメント性のあるロボットであり、「からくり」にアニマトロニクスの起源を見出すことができる。現代のアニマトロニクスはアクチュエータの制御を人間の表情に関連させながら行っているものが多く、本研究では、既存のエンターテイメント型のロボットの制作・制御等に使われている駆動ユニットやその記述方法等について調査を行い、比較検討を行った。これらのロボットの駆動ユニットの分類は、Paul Ekman 等による、人間の表情の最小単位を AU として定義した顔面動作解析法（FACS, Facial Action Coding System, 1978）が主に参照されている。

本研究は、表現性のあるアニマトロニクスの顔モデルの基礎研究として、顔表情の表現のためのメカニカルな制御要素として駆動ユニットの記述方法に注目し、感情評価を通じてロボットを制御する物理的なシステムとロボットの感情表現との関係を明らかにするとともに、より少ない数の駆動ユニットを用いてより自然な印象の顔表情を生成するための MU（Moving-Unit）という駆動ユニットの記述方法を提案することを目的とする。

さらに人間のみならず動物や仮想キャラクター等の制作への適用についても考察する。

1-3. 研究の方法

本研究では、まず、ロボットにおける顔表情と制御方法との関係を過去の事例について調査し、各ロボットに共通に用いられている駆動ユニットの位置や、駆動ユニットの分類・記述方法に関する制御上の問題点を抽出した。

次に顔面動作解析法（Facial Action Coding System、以降FACSと表記）の中から基本動作となる17種のAU（Action Unit、以降AUと表記）を選択し、17種のAUからなる基本表情として喜び、悲しみ、怒り、嫌悪、驚き、恐れの六つの表情と無表情を用いて、筋肉の連動関係や筋肉の役割等、人間の表情について白黒濃度差法（Intensity Differences Method）を用いて顔の可動域分析の実験を行なった。白黒濃度差法は顔の一連の表情変化を連続した画像でとらえ、画像を構成する各ピクセルごとのシークエンスにおける変化の総和を計算し、変化の大きい部分を抽出して画像上に示す方法である。その結果、肌や筋肉、頭蓋骨など人間の頭部の解剖学的な構造を考慮し、ロボットの複数のアクチュエータから生じる動きを人間の表情記述方法であるFACSのAUに対応させてムービングユニット（Moving-Units：以降MUと表記）の駆動に関するMUの記述方法を提案した。

さらに実存する人間（以降、Aモデルと表記）をモデルにした顔表情ロボット（以降、Bモデルと表記）をMUを用いて制作し、AモデルとBモデルを用いてAUとして示される共通の17種の基本動作の可動域について、白黒濃度差法を用いた画像解析による比較実験を行った。そして、MU記述の有効性について検討を行なった。

また、MUの活用性を検討するため、ロボットやアニマトロニクスにおいて表現の難しい人間の顔筋肉を表現したロボット（以降Cモデルと表記）の制作を行った。

最後に人間の実際の表情と、ロボットの表情を比較するために、喜び、悲しみ、怒り、嫌悪、驚き、恐れの六つの基本表情と無表情についてAモデル、Bモデル、CモデルにSD(Semantic Differential)法による印象評価実験を行い、各モデルの表情に対し意味空間上での検討比較を行った。

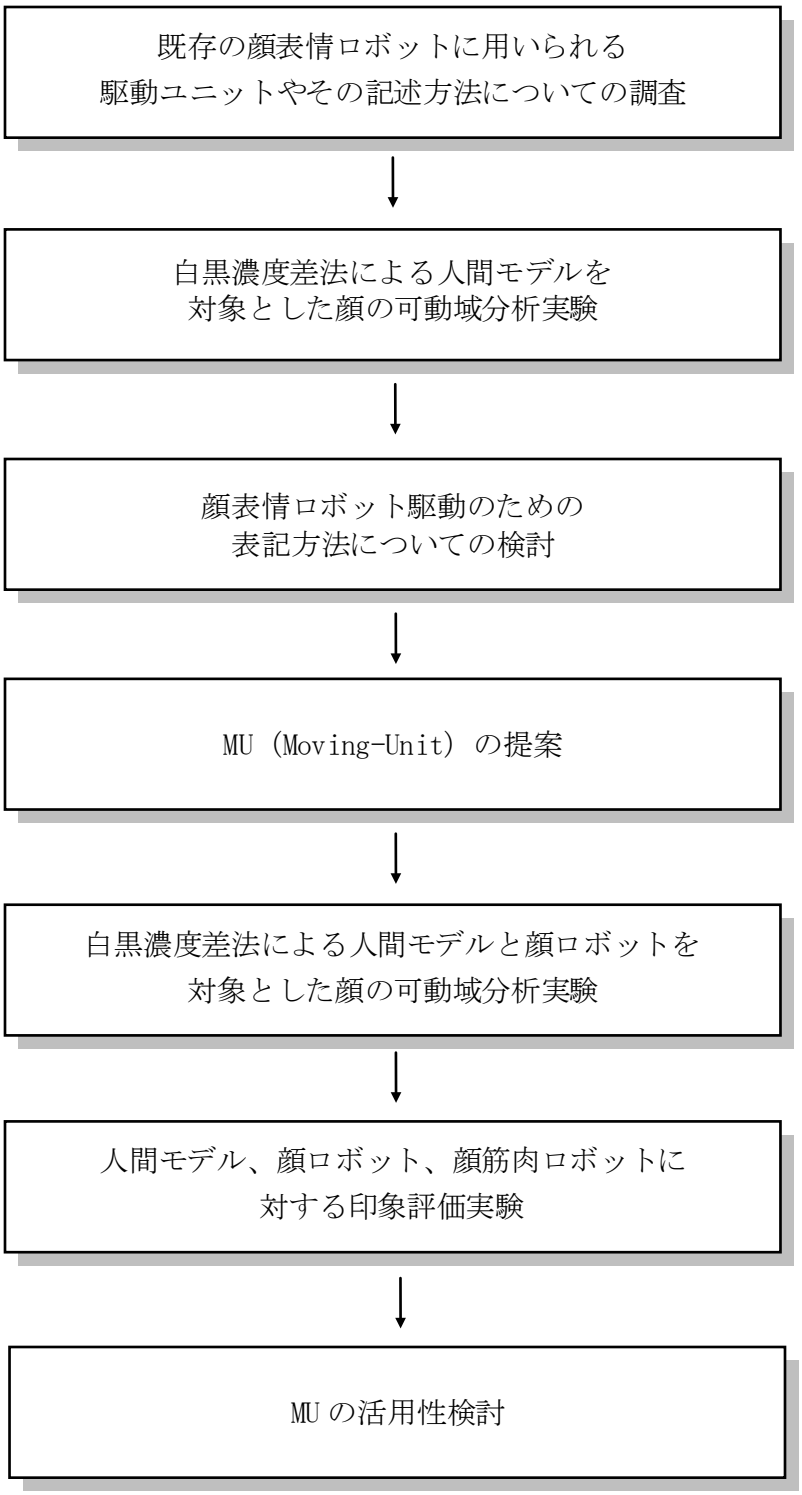

図 1-1、研究方法のフローチャート

1-4. 論文の構成

第1章は、序論であり、本研究の背景、目的、研究方法及び論文の構成について述べた。

第2章は、アニマトロニクスと顔表情の表現に関する先行研究の考察を述べた。また、本論文の顔表現として参照したFACSにおけるAUの記述法を示した。

第3章では、現在ロボットやアニマトロニクスに使われている既存の駆動ユニットの記述方法について調査を行い、問題点を明確にした。この問題点を通してアニマトロニクスにおける駆動ユニットの分類の必要性を述べた。一方、駆動ユニット分類のために白黒濃度差（intensity differences）法を用いて、顔の可動域分析実験（実験1）を行なった。

第4章では、第3章の結果を基礎にして、アニマトロニクスにおける駆動ユニットの記述方法であるムービングユニット(MU)の提案について述べた。

第5章では、MUを利用して製作した顔ロボット(Bモデル）とBモデルの対象になった実存する人間モデル（Aモデル）を白黒濃度差法を用い、顔の可動域比較分析実験（実験2）を行い、MUの有効性について述べた。

第6章では、Aモデル、Bモデル、Cモデル（MUを用いて製作した顔筋肉ロボット）の表情に対してSD(Semantic Differential)法による表情の印象評価実験（実験3）を行い、三つのモデルにおける類似性の検討を行なった。

第7章では、結論として本論文のまとめ、本論文の意義及び成果、今後の展望を述べた。