

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

権, 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 :

## 第2章

# 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

## 2-1. アニマトロニクスについて

本研究はアニマトロニクスにおける顔表情の表現に関する研究であり、顔表情のより自然な表現をより少ない数のアクチュエータを用いて制御できるように駆動ユニット分類の提案及び適用について考察するものである。

アニマトロニクス (Animatronics) は「アニメーション (Animation : 動作)」と「エレクトロニクス (Electronics : 電子工学)」の合成語 [1] であり、現在は二つの意味で使われている。一つ目は、ビジュアル的な側面を重要とするエンタテインメント性があるロボット技術であり、以降アニマトロニクス技術と表記する。二つ目は、エンタテインメント性があるロボットそのものであり、以降アニマトロニクスと表記する。

### 2-1-1. アニマトロニクスの展開

アニマトロニクス (Animatronics) という言葉は辞典では「電子工学を利用し電動人形を動かす技術 (The technology employing electronics to animate motorized puppets) [1]」と記述されている。アニマトロニクスはコンピュータや各種の有・無線コントロールによって制御されたロボットを人工の皮膚で覆ったもので、リアルで滑らかな動きのある生物を演出することができる。動物や恐竜、空想の生物などを造形し、骨格や筋肉、顔の表情などの動きを機械で制御する。

アニマトロニクス (Animatronics) はオーディオ・アニマトロニクス (Audio-Animatronics) から生まれた言葉である [2]。オーディオ・アニマトロニクス (Audio-Animatronics) という言葉は、1954年当時、ディズニーパークのアトラクションなどで使用されていたロボットを指す言葉として、ディズニー・バーバンク・スタジオ (Burbank studio) のウォルト・ディズニー・イマジニアリング (WDI : Walt Disney Imagineering) のリ・アダムス (Lee Adams) によってつくられた。1961年、ディズニーによってオーディオ・アニマトロニクスという用語が初めて商業的に使われるようになり、1964年に商標権登録を提出し、1967年には商標登録がなされた [3]。

ブルース・シャーマン (Bruce Sharman) [注1] はアニメーション、特殊メイクや電子工学の結合を通じて特殊効果 (付録1を参照) で使用しているものや、作る技術的な背景をすべて等しく取り揃えた専門家のために、アニマトロニクスという統合技術分野を提案した [4]。アニマトロニクス技術には特殊メイクに用い

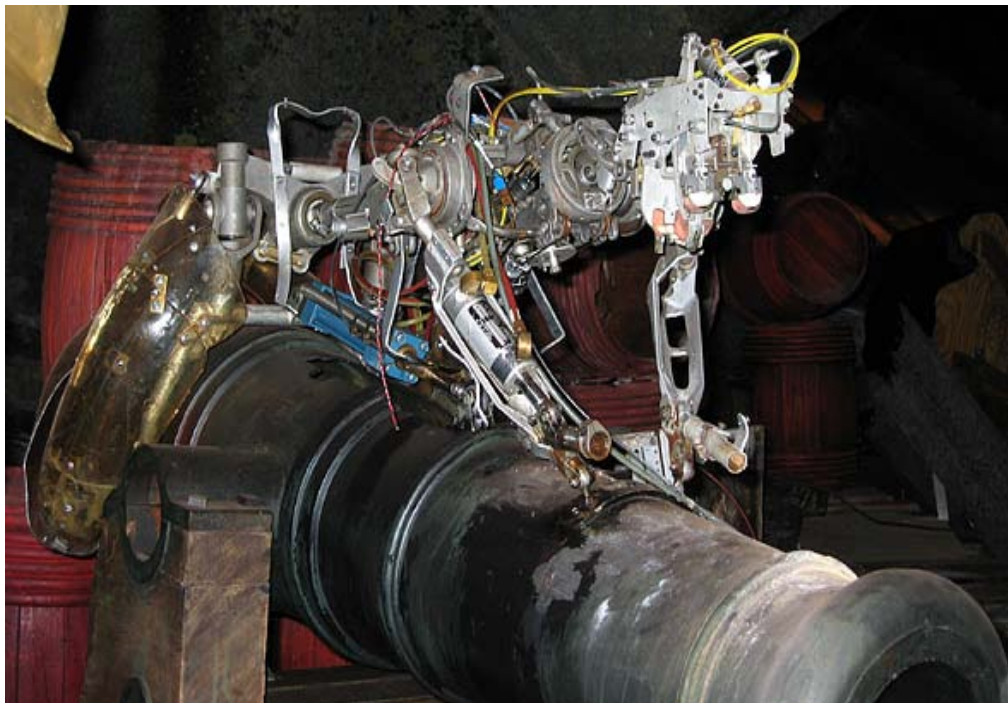
られるシリコン、ウレタン、ジュラルミン、FRPなど材料に対する知識、解剖学、電子回路に対する基本知識、油圧・空圧の制御や機械構造の知識等が必要であり、その上に芸術的感性や、表現力が必要である。さらに、幅広い分野の知識を現場で瞬時に対応する深い経験が必要である。

近年、CG技術が発達し、モーションコントロール (Motion Control System) 、ワルド (Waldo) や特殊メイク等においてアニマトロニクス技術の範囲が徐々に広がっており、テーマパーク、展示会、博物館などでは、アニマトロニクスを使用した場面が増加する傾向にある。



(出典 : <http://www.tellnotales.com/history.php>)

図 2-1. ライド「カリブの海賊」で用いられたアニマトロニクス



(出典 : <http://www.tellnotales.com/history.php>)

図 2-2. ライド「カリブの海賊」で用いられたアニマトロニクスの内部構造

## 2-1-2. からくりとアニマトロニクス

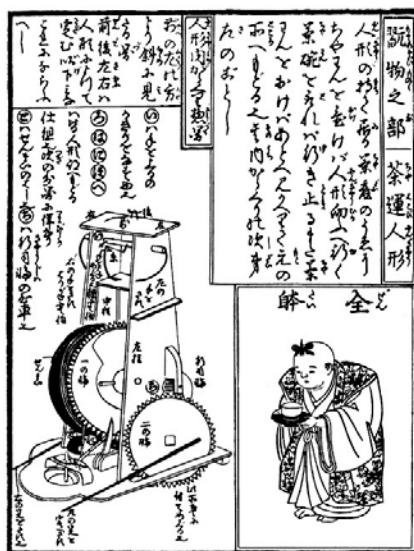
アニマトロニクスの起源については多説ある。1907年、アメリカのエドウィン・S・ポーター (Edwin S. Porter) が撮影した「鷲の巣から救われて (Rescued from an Eagle's Nest)」のちょうつがいが付いている鷲 (Hinged Bird) [5]、1954年、映画の海底二万里 (20,000 Leagues Under the Sea) でリ・アダムス (Lee Adams) が制作した巨大なイカ [2]、1924年、映画「エルリタ：ロボットたちの反乱 (Aelita: The revolt of the Robots)」で用いられた技術 [6] 等がアニマトロニクスの起源だといわれている。しかし、筆者は江戸時代に日本で発展したからくりとアニマトロニクスとの共通点を見出すことができると考えている。

ロボットの起源として提案されているオートマタは9世紀のイスラム圏において制作されたが、この時代のオートマタは図2-3のように単純な動作であり、アニマトロニクスとは共通点を見出すことができない。自動人形は1662年から日本



(出典: [http://majestic.typepad.com/seth/2006/07/media\\_futures\\_2.html](http://majestic.typepad.com/seth/2006/07/media_futures_2.html))

図 2-3. 8世紀の石持ち上げのオートマタ



(出典: 「機巧図彙」、1796 [7])



(出典: 大英博物館 [8]) (出典: 東京国立博物館 [8])

細川半蔵が1796年に書いた「機巧図彙」とその図面から復刻されたもの

図 2-4. 茶運び人形の構造図と姿と内部構造

ではからくり (Karakuri)、18世紀ヨーロッパではオートマタ (Automata) という名称で発展する [8]。(アニマトロニクスとロボットの歴史年表は付録2を参照)

筆者が考えるからくりとアニマトロニクスの共通点は次の三つがある。

一つ目は、エンターテインメント性である。産業用ロボットは動作の速さや正確さなどが重要とされるが、アニマトロニクスは動作における視覚的な表現性が重要とされる。これは、からくりと同じく観客の興味を誘発させることが目的である。

二つ目は、動作の自然さである。からくりは簡略化された姿であるが、現在のアニマトロニクスに比べても遜色がない自然な動作をおこなう。特に、儀右衛門の「文字書き人形」や田中久重の「弓曳き童子」の動作の中で、文字を書く前や弓を射る前の予備動作の表現は非常に優れている。

三つ目は、メカニズムの精密さである。発条、ギア (Gear)、レバーシャフト (Lever Shaft)、シャフト (Shaft)、クランク軸 (Crankshaft)、カム (Cam)、レバー (Lever) など簡単な構造であるが、からくりは奇抜なアイデアや芸術性を持っている。ロボットやアニマトロニクスでは電気を利用し、コンピュータやコントローラーのプログラミングにより動きやストーリーの表現など作家が意図した演出を制御するが、からくりは発条などの一つの原動力を利用し、単純な情報処理構造を用いて作家が意図した演出の動きやストーリーを全て表現する。少ない数の駆動ユニットによる、多くの動作の具現は、アニマトロニクスにとっても重さや経費等を減らすための重要なポイントである。

## 2-2. FACSに基づいた人間表情

人の顔は、コミュニケーションにおいて非常に重要な意味を持つ身体部位である。相手の顔表情から感情を受け取り、対話においては音声のみならず相手の唇の動きも対話内容の理解に重要な情報になる。顔は頭蓋骨、筋肉、肌などの組織で成り立っており、これらに対して解剖学や美術分野で多くの研究が進行された。顔面筋肉は構造的な特性によって多様な表面変化を持ち、これを表情として、心理学者の研究対象となった。

本研究では、顔面の動きを解剖学的な筋肉体系によって記号で表現する顔面動作解析法 (FACS : Facial Action Coding System) を、表情の比較・分析の基準として用いた。表情などによる非言語のコミュニケーションに関する研究者であるポールエクマン (Paul Ekman) らによって 1978 年に FACS が提案され (付録 3 を参照)、2002 年にはジョセフ・ヘイガー (Joseph Hager) らによって、顔表情を表現するユニットとして顔の表情動作の最小単位である AU (Action Unit、以降 AU と表記) を修正した新しいバージョン [9] がインターネットで公開された。

表 2-1 はこれまで発表された FACS の AU を整理したものである。顔表情に関する AU は 44 個 (AU1~AU46)、首に関する AU は 8 個 (AU51~AU58)、目玉に関する AU は 6 個 (AU61~AU66)、例外 4 個 (AU70, AU71, AU72, AU80)、全部で 62 個の AU を用いて顔面動作を包括的かつ客観的に表現でき、顔の表情はこれらの AU を組み合わせることで表すことができることを示した。眉や口の動きなどの表情表現に重要な AU としては特に 17 個が設定されている。(表 2-2 のアンダーライン部)

FACSでは人の感情表現において、文化や教育の影響を受けず、人種にかかわらなく顔を通じて普遍的に認知する、または表現することができる感情として次の6つをあげている。喜び (Happiness)、悲しみ (Sadness)、怒り (Anger)、嫌悪 (Disgust)、驚き (Surprise)、恐れ (Fear) の6種の表情と無表情 (Neutral) を含め、7個の表情が基本表情となっている。ある種の刺激を受けたとき、表情筋や筋肉が動き、それが顔面の動きとなり表情が現れる。FACSによる表情の記述は、顔面の動作の最小単位であるAUの組み合わせによっておこなわれる [10]。

表 2-1. FACS における AU の表現 (関連筋肉やイメージなどは付録 3 参照)

AU-No	AU 動作描写 (Description)	AU-No	AU 動作描写 (Description)
<u>1</u>	<u>眉の内側を上げる (Inner Brow Raiser)</u>	33	息を吹きかける (Cheek Blow)
<u>2</u>	<u>眉の外側を上げる (Outer Brow Raiser)</u>	34	頬を息で膨らます (Cheek Puff)
<u>4</u>	<u>眉を下げる (Brow Lower)</u>	35	頬を吸い込む (Cheek Suck)
<u>5</u>	<u>上瞼を上げる (Upper Lid Raiser)</u>	36	舌で頬や唇を膨らます (Tongue Bulge)
<u>6</u>	<u>頬を持ち上げる (Cheek Raiser)</u>	37	舌で唇をなめる (Lip Wipe)
<u>7</u>	<u>瞼を緊張させる (Lid Tightener)</u>	38	鼻孔を開く (Nostril Dilator)
8	唇同士を接近させる (Lips Toward)	39	鼻孔を狭める (Nostril Compressor)
<u>9</u>	<u>鼻にしわを寄せる (Nose Wrinkler)</u>	41	上瞼を力なく下げる (Lid droop)**
<u>10</u>	<u>上唇を上げる (Upper Lip Raiser)</u>	42	薄目 (Lid Slit)
11	鼻唇溝を深める (Nasolabial Deepener)	43	瞼を閉じる (Eyes Closed)
<u>12</u>	<u>唇両端を引張り上げる (Lip Corner Puller)</u>	44	細目にする (Squint)
13	唇端を鋭く上げて頬を膨らます (Cheek Puffer)	45	まばたきをする (Blink)
14	えくぼを作る (Dimpler)	46	ウィンクする (Wink)
<u>15</u>	<u>唇両端を下げる (Lip Corner Depressor)</u>	51	頭を左に向ける (Head turn left)
16	下唇を下げる (Lower Lip Depressor)	52	頭を右に向ける (Head turn right)
<u>17</u>	<u>オトガイを上げる (Chin Raiser)</u>	53	頭を上げる (Head up)
18	唇をすぼめる (Lip Puckeler)	54	頭を下げる (Head down)
19	舌を見せる (Tongue Show)	55	頭を左に傾く (Head tilt left)
<u>20</u>	<u>唇両端を横に引っ張る (Lip Stretcher)</u>	56	頭を右に傾く (Head tilt right)
21	首を緊張させる (Neck Tightener)	57	頭を前に出す (Head forward)
22	唇を突き出す (Lip Funneler)	58	頭を後ろに引く (Head back)
<u>23</u>	<u>唇を固く閉じる (Lip Tightener)</u>	61	目玉を左に向ける (Eyes turn left)
<u>24</u>	<u>唇を押さえつける (Lip Pressor)</u>	62	目玉を右に向ける (Eyes turn right)
<u>25</u>	<u>顎を下げずに唇を開く (Lips Part)**</u>	63	目玉を上げる (Eyes up)
<u>26</u>	<u>顎を下げて唇を開く (Jaw Drop)</u>	64	目玉を下げる (Eyes down)
<u>27</u>	<u>口を大きく開く (Mouth Stretch)</u>	65	斜視 (Walleye)
28	唇を吸い込む (Lip Suck)	66	内斜視 (Cross-eye)
29	下顎を突き出す (Jaw Thrust)	70	眉が見えない (Brows Not Visible)
30	下顎を横へずらす (Jaw Sideways)	71	目が見えない (Eyes Not Visible)
31	歯を食いしばる (Jaw Clencher)	72	下顔が見えない (Lower Face Not Visible)
32	唇を噛む (Lip Bite)	80	肩をあげる (Shoulders up)

\*\* この AU は強みによって変化した。つまり、AU25, AU26, AU27 は強みによって AU25A-E のように表記し、AU41, AU42, AU43 も AU41A-E のように表記する。



各表情のAU表記方法は、表2-2のように学者によって異なる。例えば、表2-2に示した喜びの感情におけるAU12は12-(10)、12Y、12CのようにAUの根拠(Evidence)によって強みの表記(Intensity Scores)方法が異なっている。

そこで、本論文では6種の表情カテゴリに対して既存のAUの記述において共通に用いられたAUを抽出した。共通点は各項目別に文献の過半数以上を占めるAUを選別したが、強みの表記に関しては対象とする人種、研究者や被験者によって異なり、高橋直樹ら(2007)によると国によっても差がある[18]。AUの強みはアクチュエータの制御により調節できるため除外した。

表 2-2. 基本感情表現における感情と AU との関係

FACS で示される主な感情	Action Unit					
	Ekman & Friesen (2002) [11]	J. Coan (2007) [14]	Marc Fabri (2004) [15]	Morishima S. (1996) [12]	P. Vanger (1998) [13]	共通点
喜び	12/13, 6+11+12/13	[6AND/OR7] WITH12CDE	12C+25	1-(65), 6-(70), 12-(10), 14-(10)	6+12Y+25	6+12+26
悲しみ	1+4, 1+4+15/17	1+4+[6AND/OR7] +15ABC+64	1D+4D+15A+25	1-(40), 4-(50), 15-(40), 23-(20)	1+4+15	1+4+15
怒り	4, 4+7+17+23	4CDE+5CDE+7CDE +17+23+24	2A+4B+7C +17B	2-(30), 4-(60), 7-(50), 9-(20), 10-(10), 20-(15), 26-(30)	4+5+7+24	4+5+17
嫌悪	9, 4+6+9+10+17+22	9+[10 AND/OR16]+19+26	4C+7C+10A	2-(60), 4-(40), 9-(20), 15-(60), 17-(30)	4+10+17	4+10+17
驚き	1+2, 1+2+5	1CDE+2CE+5AB+26	1C+2C+5C+26	1-(40), 2-(30), 5-(60), 15-(20), 16-(25), 20-(10), 26-(60)	1+2+5+26	1+2+5+26
恐れ	1+5+25/26	1+2+4+5ABCDE+26	1B+5C+L10A +15A+25	1-(50), 2-(10), 4-(80), 5-(60), 15-(30), 20-(10), 26-(30)	1+2+4+5+20+25	1+2+4+5+20+25

AUの強みの表記	A : Trace B : Slight C : Marked to Pronounced D : Severe to Extreme E : Maximum [17]	( ) の中に強みを%で表記 [12]	X : 低い強み Y : 普通強み Z : 高い強み [16]
----------	---	------------------------	--