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：

第 4 章

MU(Moving-Unit)の提案

4-1. MU(Moving-Unit)の提案

第 3 章における既存の顔表情ロボットの駆動ユニットの調査結果から、顔表情ロボットに適用された駆動ユニットの名称や役割が統一されていないこと及び各ロボットの表情生成に共通に用いる駆動部分が分かった。可動域抽出（実験 1）の結果からは筋肉の連動関係があることや一つの筋肉でも多様な AU の動きがあることが分かった。既存の顔表情ロボットの駆動ユニットの調査結果と可動域抽出の結果から、少ない数のアクチュエータによるリアルな表情表現のための顔表情ロボットの駆動ユニット分類の必要性を確認した。

既存の顔表情ロボットの駆動ユニットの調査結果と顔の可動域抽出（実験 1）の結果をもとに、アクチュエータによる動きの特徴をアニマトロニクスの表情制御に適用できるように整理や分析を行い、ムービングユニット（Moving-Unit, MU）を提案する。MU は機械的な筋肉構造を考慮し、アクチュエータを土台にしたアニマトロニクスの顔表情及び、動作表現の基本ユニットである。MU は関連筋肉や該当 AU 等を分析し、これまでの自身のアニマトロニクスの制作経験に基づいて、分類を行った（表 4-1）。MU は 26 個の MU グループで構成され、この内 19 個の MU グループ（muP, muS, muT, muU, muV, muW, muX 以外）によって、62 個の AU の表現が可能である。また、人間のみならず動物や仮想キャラクター等においても全ての顔表情及び、動きを表現することができるように構成した。

MU の ID は顔表情ロボットでよく使われる駆動ユニットの順に並べた。表 3-1 によく使われる重要な駆動ユニットをアンダーラインで示した。例えば、AU61, AU62, AU63, AU64 のような目玉の動きに関する表情は FACS では重要ではない AU として分類されているが、ロボットやアニマトロニクスでは目玉に関する駆動ユニットは多く使われており重要である。通常、目玉の動作は一つのアクチュエータによる muE（目玉の左右の動き）を用いて AU61（目玉を左に向ける）、AU62（目玉を右に向ける）の表現を行い、一つのアクチュエータによる muF（目玉の上下の動き）を用いて AU63（目玉を上げる）、AU64（目玉を下げる）の表現を行う。しかし、目玉の動作の中で斜視と内斜視に当たる AU65（斜視）、AU66（内斜視）を表現する場合は muE として二つのアクチュエータを用いて左右（muEL, muER）を別に表現する。

図 4-1 のように muA, muE, muF, muJ, muY は回転運動、それ以外の MU の動きは基本的に直線運動であるが、状況によって回転運動になる場合もある。

muY と muZ を除外した muK 以降は、人間のアニマトロニクスではほとんど使用しないが、必要な場合に備えて分類した。

表 4-1. MU の一覧及び AU との関係

MU-ID	担当する動き	関連筋肉	左右区別の有無	該当する AU
A	**瞼の開閉**	眼輪筋	有	5, 7, 41, 42, 43, 44, 45, 46
B	**眉及び眉間の上下左右の動き**	前頭筋、鼻根筋、皺眉筋	有	1, 2, 4
C	**上唇の上下左右の動き**	上唇挙筋、小頬骨筋	有	10
D	**オトガイの皮膚を引き上げ、皺を作る**	オトガイ筋	有	16, 17
E	**目玉の左右の動き**	内測直筋、外測直筋	有	61, 62, 65, 66
F	**目玉の上下の動き**	上直筋、下直筋	無	63, 64
G	**口角の引き上げ、引き下げ**	大頬骨筋、口角挙筋	有	6, 11, 12
H	**口角の押し上げ、押し下げ**	下唇下制筋、口角下制筋	有	15
I	**鼻面の皺を作る**	鼻筋、上唇鼻翼挙筋	無	9
J	**顎の開閉**	側頭筋、咬筋	無	25, 26, 27, 31
K	頬をふくらませて吹く	頬筋	有	13, 33, 34, 35
L	えくぼを作る	笑筋	有	14
M	鼻孔の膨張及び収縮	鼻中隔下制筋	有	38, 39
N	顎の水平の動き	咀嚼筋	有	29, 30
O	唇を強く噤む	口輪筋	有	32
P	耳の上下左右・回転	前耳介筋、上耳介筋	有	
Q	首を引き締める	広頚筋	無	21
R	舌の上下左右・出入り	内舌筋、外舌筋	無	19, 36, 37
S	胴体の動きに使用予定		有	
T	手または前足の動きに使用予定		有	
U	足または後足の動きに使用予定		有	
V	オプション			
W	オプション			
X	オプション			
Y	**頭の左右回転**	胸鎖乳突筋、頭斜筋、大後頭直筋	無	51, 52
Z	**頭の上下左右、前後の動き**	頭半棘筋、胸鎖乳突筋、頭長筋、頭板状筋	有	53, 54, 55, 56, 57, 58
MU の組み合わせの例				
D+G	唇を横に伸ばす	笑筋		20
C+D+G+H	唇の動き	口輪筋		8, 18, 22, 23, 24, 28

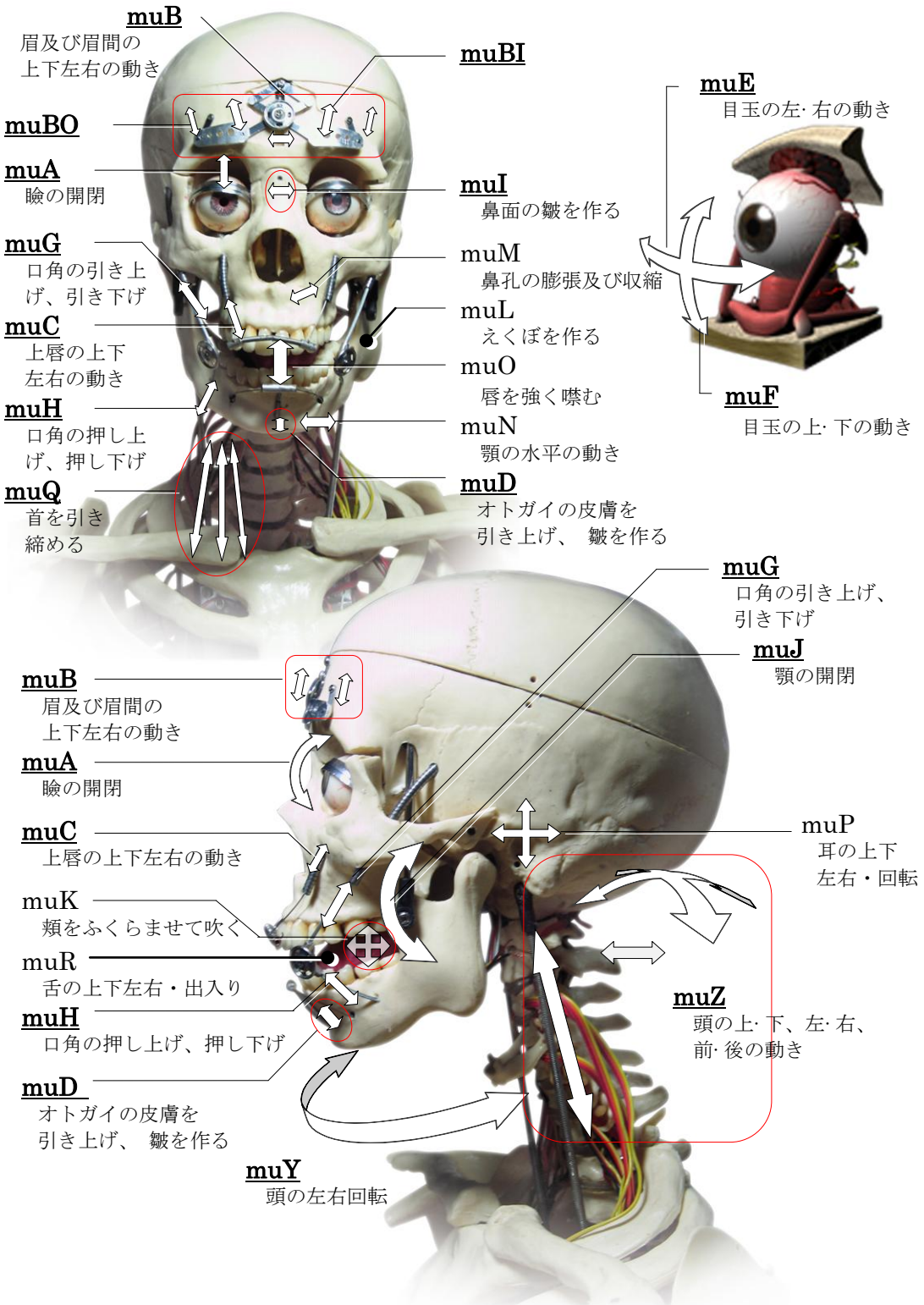


図 4-1. 顔表情に関する MU-ID 及び動作方向（矢印は移動方向を示す）

muM から muR は人間よりは動物で多く使われる動作である。muM（鼻孔の膨張及び収縮）は哺乳類、逝虫類など鼻の穴の筋肉が発達した動物を表現する時に使われ、muN（顎の水平の動き）は馬、牛のような草食動物のあごを Y 軸に回転運動する際に使われる。

muP（耳の上下、左右回転）は AU には表示されていない表情であるが追加した。人間は退化してほとんど使わないが、人間以外の動物の発達した耳筋肉の動きを表現することができる。muR は舌の動きを表現するようにした。muS, muT, muU は全身を表現する場合のため、各々に胴体、手または前足、足または後足の動きの項目として使用予定である。

muV から muX までは人間以外の動物のしっぽや映画などで使われる特殊効果のためのオプション項目である。特にしっぽの表現には muV を使うことになる。

muY は頭の左右回転、muZ は頭の上下、左右及び前後の動き等を表現するようにした。それ以外にも MU を組み合わせて AU 以外の動作も表現することができる。

4-2. アクチュエータ駆動のための MU の表記方法

MU は図 4-1 に示したように複数の AU より構成されており、ロボットの部位に応じて MU の ID が定められており、これらの位置や変化量を記述できるように定められている。

MU の記述は MU の ID、MU の制御位置（部位と左右など）及び変化量（動作量）の三つによって構成されている。左右で別々の駆動ユニットを用いる場合や、ムービングポイントを制御するアクチュエータが増加した場合にも、さらに細かな駆動ユニットの表記ができ、MU の ID によりムービングポイントの位置を把握することができるようにした。

MU の変化量を表示する場合は、アクチュエータの動作の最大量に対する比率を動作量として表示し、コントローラに入力しやすく、アクチュエータ又は MU の状態が分かるようにした。アクチュエータの動作量は 0 から 200 までで表記することとする。アクチュエータの最初の零点（Zero-point motion）として 100 を設定する。

アニマトロニクスのリアルな顔表情の表現のため、アクチュエータの数を増加する場合、次のように表記する。

(1) muB（眉及び眉間の上下左右の動き）の場合

通常のアニマトロニクスで、眉及び眉間の動きを表現するには一つのアクチュエータや、左右二つのアクチュエータを利用する。前者の場合は MU のグループとして muB、後者の場合は muBR, muBL のように表記する。眉は非常に精密な動

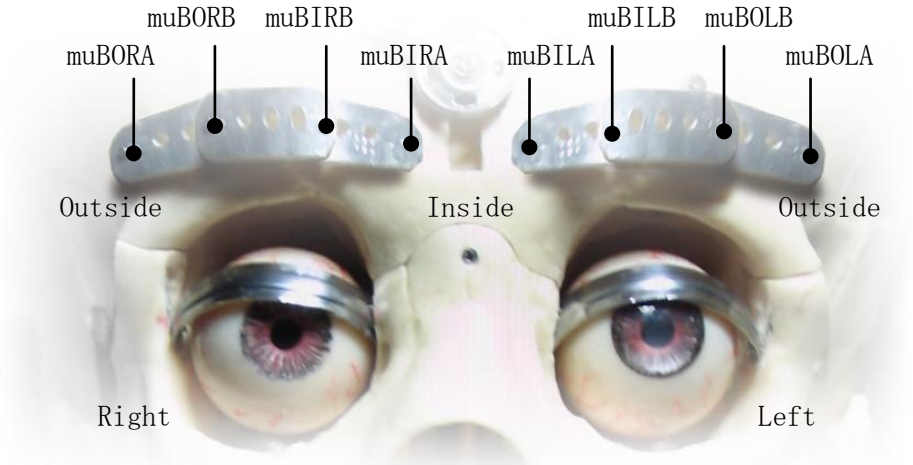


図 4-2. muB が左右各々4 個ずつの場合の表記方法の例

作を表現する場合でも、最大で左右 4 個ずつのアクチュエータで表現する。

眉及び眉間の動きが 4 個の場合は図 4-2 のように内側（muBI）、外側（muBO）が決まっているので、muBI は内側から、muBO は外側から、アクチュエータの数の増加によって muBIRA, muBIRB と muBORA, muBORB のように記述する。

(2) 上下、左右、前後の動作の区別

眉の部分の muB 以外の MU は、アクチュエータの数の増加によって上下運動、左右運動、前後運動の順に表記を行う。上下、左右、前後の区別ができない場合は、アニマトロニクスに向かって正面から時計回りの順に表記を行う。

例えば、頸部の動揺制御装置（Motion Base or Motion Platform System）が 3 軸の場合、図 4-3-1 のように、左右の区別ができる場合は muZL（左側の上下運動）、muZR（右側の上下運動）、muY（左右回転運動）のように、上下、左右の区別ができる場合は muZA（上下運動）、muZB（左右運動）、muY（左右回転運動）

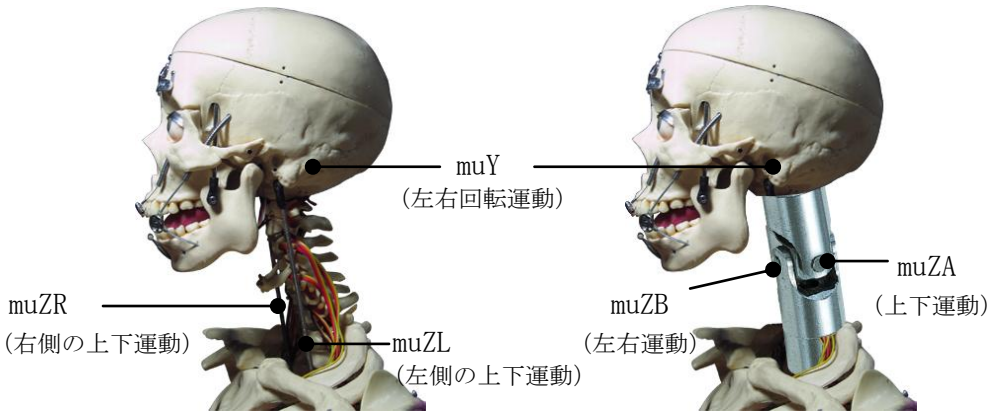


図 4-3-1. 頸部の動揺制御装置が 3 軸の場合

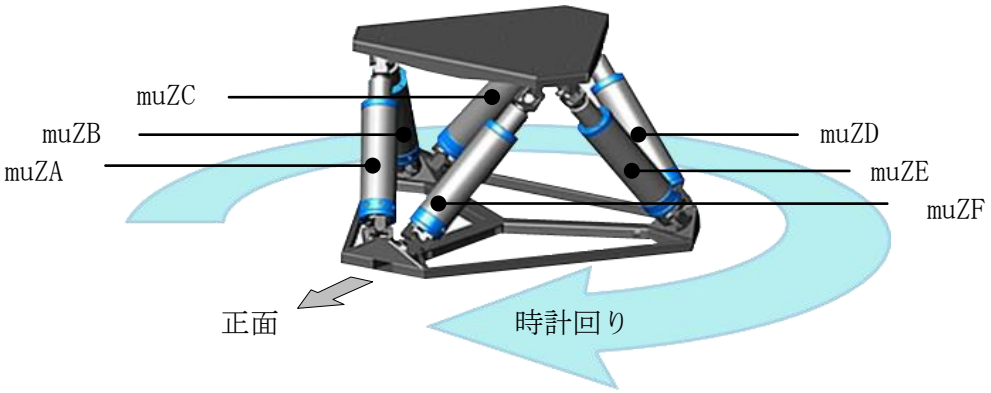


図 4-3-2. 頸部の動揺制御装置が 6 軸の場合

図 4-3. 頸部の動揺制御装置の軸数によっての表記方法の例

のように記述する。

頸部の動揺制御装置が 4 軸の場合、muY（左右回転運動）、muZA（上下運動）、muZB（左右運動）、muZC（前後運動）となる。しかし、頸部の動揺制御装置が 6 軸の場合と、6 軸以上の場合は表記方法が異なる。

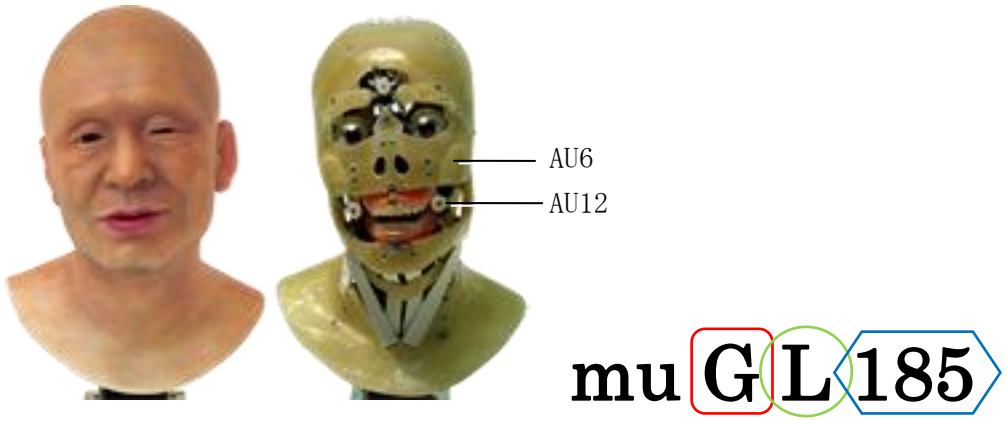
頸部の動揺制御装置が 6 軸の場合は、上下、左右、前後の区別ができないので、図 4-3-2 に示したように、アニマトロニクスに向かって正面から時計回りの順に MU を記述することになる。

6 軸以上の場合は頭の方面から muZA, muZB, muZC…の順番に記述する。

MU の記述方法の例として、アニマトロニクスにおける嘲笑の表情を表現する場合を図 4-4 に示す。顔の左側の AU6（頬を持ち上げる）、AU12（唇両端を引張り上げる）を 1 つの muGL（左側の口角の引き上げ、引き下げ）として表現できることや、左側のアクチュエータが収縮方向の最大動作量に対して 85%の動作を行ったことが分かる。

しかし、muS（胴体の動きに使用予定）、muT（手または前足の動きに使用予定）、muU（足または後足の動きに使用予定）の駆動ユニットによる分類に関しては、未だ検討中である。

muV から muX までは人間以外の動物のしっぽや映画などで使われる特殊効果の



□ は MU の ID
○ は左右の判別　（軸を動かすアクチュエータの数によって表示可能、
左右は L と R で表示、表示がないとグループとして同時に動く）
⬡ は動作量　（基本の顔表情は 100、動作可能範囲は 0～200、
0～100 は収縮または左、100～200 は弛緩または右）

図 4-4. 嘲笑を MU で表記した場合の例

ためのオプション項目であるため、状況によって表記方法が変わると考えられる。しかし、しっぽの表現は muV を使い、胴体の方面から muVA, muVB, muVC…の順に記述する。

アニマトロニクスは仮想のキャラクターを表現することが多い。シャム双生児や、三つの頭がついている三頭竜、しっぽが九つの九尾狐等を表現する場合もある。その場合は MU の前にローマ数字でその数を記述する。例えば、首が三つの場合はⅠmuY, ⅠmuZA, ⅡmuY, ⅡmuZA, ⅢmuY, ⅢmuZA…のように、しっぽが九つの場合はⅠmuVA, ⅡmuVA, ⅢmuVA, ⅣmuVA…のように記述する。