

筋電計を用いた「笑い」の分類と定量化システムの検討

——「横隔膜式笑い測定システム」の展望と課題——¹⁾

板村英典ⁱ⁾・池田資尚ⁱⁱ⁾・池信敬子ⁱⁱⁱ⁾・森下伸也^{iv)}

Abstract

The purpose of this paper is to show a method of the objective and quantitative measurement of the human laughter by electromyography (EMG). There are two existing clues in catching the human smile and laughter: smiling expression (face) and laughing voice (throat). Both of these are not available in terms of detecting a spontaneous laughter, because human beings can express a smile and a laugh selectively or consciously without feeling funniness. We have developed "DLMS" (Diaphragmatic Laughter Measuring System) in order to measure the spontaneous laughter. This system is composed of an electromyograph and a personal computer, which make it possible to measure the myoelectricity of the human belly muscles moved in accordance with the one's spontaneous laughter breaking out. In this paper, it is proposed that "DLMS" has some advantages in measuring spontaneous human laughter with funniness which can contribute to the human health and well-being.

はじめに

私たち人間は、普段の日常生活の中で「笑い」という所作を意識することなく行っている。近年、このように何気なく行っている「笑い」が、私たち人間の身体に何らかの影響を及ぼし、健康に役立つという研究成果が蓄積されてきたことから、「笑い」がひとつの研究領域として注目を集めてきている。ただし、健康と笑いとの関連については、いまだ不明瞭な部分が数多く存在している。人間の健康に関する医学的な指標としては、NK（ナチュラル・キラー）細胞の活性度から免疫力の強さが分かったり、唾液中のコルチゾール濃度からストレスの度合いが分かたりするというように、明示的にあらわされるものがすでにいくつか用いられている。一方、「笑い」については、それら医学的な健康指標に対応する形で笑いを客観的かつ定量的に把握する手段がいまだ確立されていないのが現状である。

以上の問題意識をふまえ、本稿では笑いを客観的・定

量的に把握する取り組みとそれを計測する機器、いわゆる「笑い測定機」を紹介し、それぞれの笑い測定機の特徴をまとめた上で現在筆者らが開発中の「横隔膜式笑い測定システム」(DLMS: Diaphragmatic Laughter Measuring System)の概要を述べる。続いて、横隔膜式笑い測定システムの基本的なコンセプトと笑いを定量的に把握する手法について説明する。以上の整理をふまえた上で、横隔膜式笑い測定システムの今後の展望と残された諸課題を検討する。

I 「笑い」の客観的・定量的把握を目指して

「笑いの身体に対する影響」を客観的な考察の対象に据えようとする際には、常にある種の困難が付きまとう。身体の健康に関しては、いくつか明示的な指標が用いられており、私たちはそれらを客観的なものとして用いることができる。一方、「笑い」の側の客観的・数量的な指標については、現在においても確立されているとはいいがたい。たとえば、ある人に「あなたは昨日どれだけ笑いましたか？」と聞いたとしよう。尋ねられた人はそれについて「笑った回数」で答えればよいのか、それとも「とても笑った」「少し笑った」などの「笑いの程度」の基準で答えればよいのか迷うことだろう。また、「あなたは

ⁱ⁾ 関西大学人間健康学部人間健康学ラボラトリ委嘱研究員、

特定非営利活動法人プロジェクトaH(アッハ) 理事

ⁱⁱ⁾ 特定非営利活動法人プロジェクトaH(アッハ) 代表

ⁱⁱⁱ⁾ 特定非営利活動法人プロジェクトaH(アッハ) 理事

^{iv)} 関西大学人間健康学部教授

昨日、どのような笑い方をしましたか？」と聞いてみたでしょう。これに答えることにも困難がともなう。「大笑いした」「クスクス笑った」「ニコニコ笑った」などの答え方が考えられるが、いずれも主観に頼った笑いの捉え方といえる。そもそも、以上のどちらの質問をされたとしても、その人がどのような時にどの程度笑ったかについては「覚えていない」ことが多い。どのような笑い方の、どの程度の量あるいは大きさ・強さの笑いが、人間の身体にどのような影響を与えるのかを考えようとしても、客観的・数量的な笑いの捉え方の不在という問題に直面するのである。

ただし、このように捉えがたい笑いを客観的かつ定量的に把握しようとする試みはこれまでも行われてきた。人が笑った時にその反応が顕著にあらわれる身体の部位には、①顔（表情）、②喉（声）、③腹（横隔膜）の3つが存在する。これら3つの部位に着目して人間の笑いの大きさや量を客観的・定量的に把握する機器、いわゆる「笑い測定機」が開発されている。以下の表1は、3つの部位とそれに対応する笑い測定機をまとめたものである。

表1 「笑い測定機」の種類

名称	測定部位	笑いの種類	開発元
①スマイルスキャン	顔	表情による笑い	オムロン社
②爆笑計	喉	声による笑い	大阪電気通信大学
③横隔膜式笑い測定機	腹	おかしみによる笑い	関西大学

①「スマイルスキャン」は、オムロン社によって開発された笑い測定機である。人間が笑ったときの表情をカメラで読み取り、その笑顔の度合いを0～100%の指標で算出するものである（オムロン、2010）。

②「爆笑計」は、大阪電気通信大学の松村雅史らによって開発されたものである（松村・辻、2005）。この装置では、咽頭部分にマイクを取り付け、人間が笑ったときの「ワッハッハッハ」という4回以上の一連の発声を「1回の爆笑」として判定することで、笑い声を手がかりとして人間の笑いの定量的把握を行っている。

③「横隔膜式笑い測定機」は、筆者らが目下開発を進めているものであり、人間が笑ったときの腹部

の動きに着目し、その動きを筋電計によって把握することから笑いの量を捉えようとするものである。③横隔膜式笑い測定機とその他の笑い測定機との違いは、いわゆる「作り笑い」に反応するかどうかである。顔（表情）と喉（声）では、たとえ「面白さ」や「おかしみ」を感じていなくてもそれぞれ「愛想笑い」や「空笑い」などの「作り笑い」をすることができる。①と②の笑い測定機では、このような「作り笑い」が計測の対象に含まれる。これに対して③横隔膜式笑い測定機は、人間が笑ったときに感じる「面白さ」や「おかしみ」は第一に横隔膜に反応がみられるという仮説の下、設計された装置である（木村他、2008）。事実、③横隔膜式笑い測定機では、表情や声だけで意図的に行われた「作り笑い」には反応が見られず、おかしみをともなう笑いに対して優先的にその反応が観察される。それゆえ、③横隔膜式笑い測定機には、数ある笑いの中でも「おかしみ」をともなうものを選択的に抽出する装置としての役割が期待される。

本稿では、以下、③横隔膜式笑い測定機のシステム構成とその仕組みに関する概要および現状を報告し、その精緻化を果たす上で乗り越えていくべき課題を挙げる。

II 「横隔膜式笑い測定システム」の概要

II-1 「横隔膜式笑い測定機」のシステム構成

「横隔膜式笑い測定機」は、正式名称を「横隔膜式笑い測定システム」（DLMS: Diaphragmatic Laughter Measuring System）という。図1は、同システムに基づいて構成された機器としての「横隔膜式笑い測定機」の外観である。図左側の箱形の装置が筋電計（Personal-EMG; 追坂電子製）であり、それが右側のノートパソコンにケーブルで接続されている。横隔膜式笑い測定システムは、その名の通り、横隔膜（より正確には胸骨の下端に位置する「剣状突起」部の皮膚表面）に筋電計の電極を貼付し、人間が笑ったときの横隔膜とそれに付随する腹筋の運動で生じる筋電位を取得・解析する手法を用いて笑いの客観的・定量的把握を行うものである。

「横隔膜式笑い測定システム」は、A. 「計測ユニット」（DLC: Diaphragmatic Laughter Censure）、B. 「解析ユニット」（DLA: Diaphragmatic Laughter

Analyzer)、C.「表示ユニット」(DLD: Diaphragmatic Laughter Display) の3つの部分から構成されている。図2は、これら3つのユニットを含む笑い測定システムの全体像を図示したものである。A.「計測ユニット」とは、具体的には筋電計とその電極を指している。ここでは横隔膜近傍に貼付された筋電計の電極によって笑い発生時の横隔膜とそれに付随する筋肉の動きを電気的信号として取得・増幅するとともに、コンピュータに伝達するはたらきを担っている。B.「解析ユニット」およびC.「表示ユニット」とは、パーソナルコンピュータとそこに搭載された波形解析プログラムをあらわしている。ここでは筋電計から伝達されてきた筋電の波形データに対して周波数解析を行い、笑い発生時に特徴的な周波数帯域に該当する信号のみを笑いのデータとしてピックアップし、笑いの「強さ」および「量」の算出を行う²⁾。なお、この解析プログラムについては開発当初からバージョンアップが重ねられ、現在、そのバージョンは4.0となっている。この最新バージョンでは、被験者が笑っているその時点の笑いの強さと量をリアルタイムで算出することができ、ま

た、最大8名まで同時に計測することができる。

II-2 横隔膜における笑いの筋電位反応 「剣状突起」にみられる筋電図

「腹がよじれるほど笑った」という表現があるように、「面白さ」や「おかしみ」ともなう大きな笑いは腹部の運動と密接な関係があると想定される。ここに横隔膜式笑い測定システムが横隔膜に着目した理由がある。図3は、人体の胸骨の全体図であり、中央の「胸骨」の下端に位置するのが「剣状突起」である。「大笑い」などの腹部を用いる種類の笑いが発生した際には、横隔膜が鋭敏な反応を示す。剣状突起はこの横隔膜とつながっており、その体表面側の皮膚における筋電位を計測することで笑い発生時の横隔膜の動きを取得することができると考えられる。

図4は、剣状突起部位の皮膚表面に筋電計の電極を貼付した様子をあらわしたものである。なお、実際に筋電計で筋肉の電位を計測する場合には、図4で示した部分以外にも身体の別の骨に近い部位(たとえば肘の部分)にアース電極を貼付する必要がある。

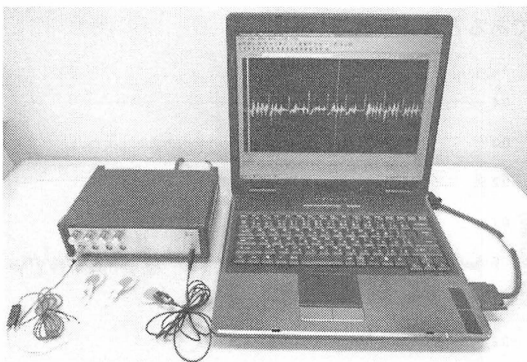
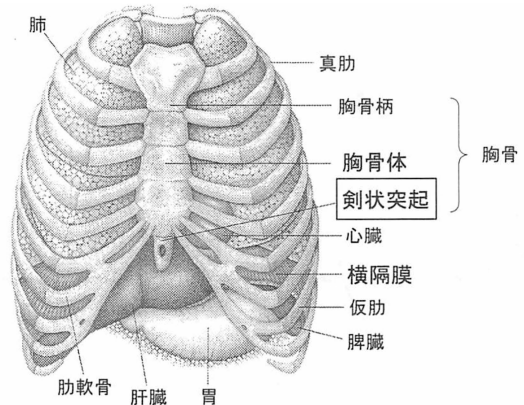
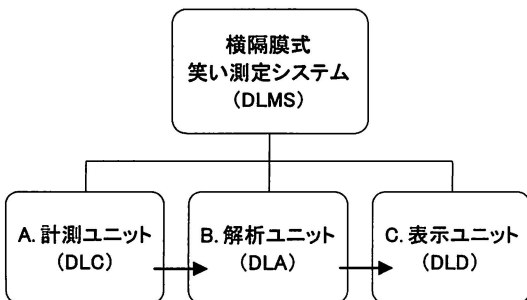


図1 「横隔膜式笑い測定機」の外観



(Dorling Kindersley 2001=2002: 65 を改変)

図3 剣状突起



(池田他 2011: 21 を改変)

図2 横隔膜式笑い測定システムの構成

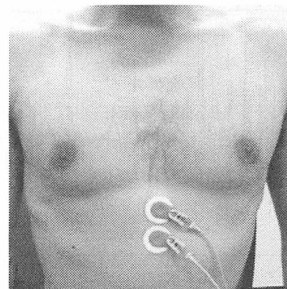


図4 剣状突起部位における皮膚表面筋電位の測定

次に示す図5と図6は、ともに横隔膜式笑い測定システムを用いて剣状突起部位で取得された筋電図である。図の横軸の単位は時間（s：秒）、縦軸は電圧（mV：ミリボルト）をあらわしている。図5は何もしていない状況（平静時）の筋電図である。この筋電図には下矢印（↓）で示した周期的な波形のピークがみられる。これは心臓の鼓動が筋電図上にあらわされたR波と呼ばれる心拍であり、平静時にはこの定期的な波形の揺れが観察される（木俣他2008; Kimata et al. 2009）。

それに対して、図6は笑い発生時に取得された筋電図である。図5と同様、図中の下矢印（↓）で示した周期的な波形の突出はR波であり、図中の①と②の範囲が笑い発生時のものである。この図では、2回の笑いが記録されている。このように、笑い発生時には心拍に挟まる形で、あるいはそれに混じる形で雑多な波形が取得される。なお、筋電図に捉えられた笑いの波形の振幅の大きさは、笑いを行ったときに横隔膜や腹筋の運動で発生した筋肉の活動電位の大きさをあらわしている。横隔膜式笑い測定システムでは、この笑った際に横隔膜や腹筋が動くこ

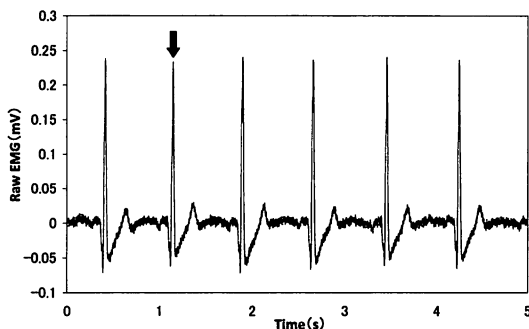


図5 平静時の筋電図（剣状突起）

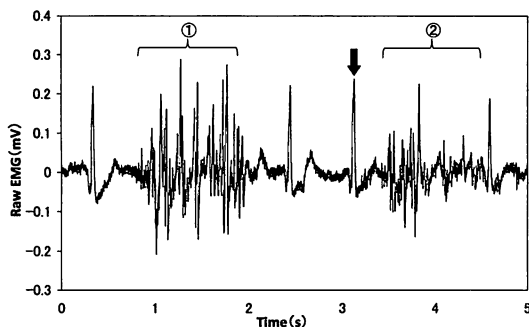


図6 笑い発生時の筋電図（剣状突起）

とで出力された筋電位の強さが「笑いの強さ」「笑いの大きさ」に対応しており、ある時間範囲内で計測されたその積算値が「笑いの量」に対応すると想定している。

笑い波形取得における剣状突起の有効性

笑いの筋電波形を取得する際に、筆者らがいわゆる「腹筋」ではなく胸部に属する「剣状突起」にその測定部位を定めた理由は、腹筋に比べて当該部位の方がより鋭敏にその反応を取得することができるからである。図7は、先に挙げた図6の笑い発生と同時に取得された腹筋における筋電図である。なお、腹筋における筋電図の取得は「へそ」の上部において行っている。

図7において示した下矢印（↓）は心拍のR波の突出であり、また、①と②の範囲は笑い発生時に記録された筋電波形である。この図と先の図6の剣状突起における筋電図とを比較すると、①と②の笑いの波形も含めて、波形の振幅の大きさは全体的に腹筋の方が小さいことが分かる³⁾。このことから、腹部の動作をとまなう笑いの反応を腹部において取得する際には、腹筋よりも剣状突起（横隔膜）が有効であると考えられる⁴⁾。

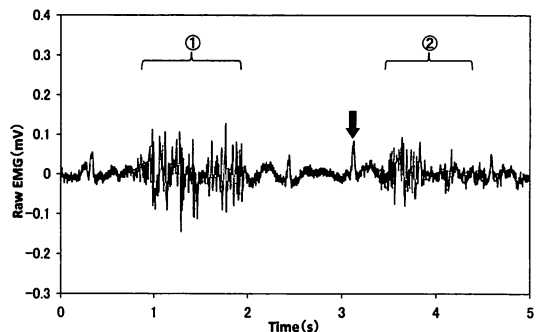


図7 笑い波形の筋電図（腹筋）

II-3 周波数解析による「笑いの波形」の抽出

笑い発生時の横隔膜の筋電図における波形の振幅の大きさを比較・検討すると、「大きな笑い」が発生したときには「大きな波形」が記録され、「小さな笑い」のときには「小さな波形」が筋電図上にあらわることが観察される。横隔膜式笑い測定システムの次の目的は、筋電図上にあらわれられた波形デー

タを分析することによって笑いの「大きさ」や「量」を算出することである。以下、筋電図で取得される波形の中から笑いとはそれ以外の波形を弁別し、笑いの波形のみを抽出する周波数解析の手法について説明する。

自然界で観察される波や波形は、一般に、さまざまな性質の波が雑多に組み合わせられて構成されている。この波形に対して「フーリエ変換」(Fourier Transform)を行うことで、その波形に含まれている「周波数」(Hz)とそれぞれの「成分量」(パワースペクトル)を分けて捉えることができる⁵⁾。このフーリエ変換を笑いの波形とそれ以外の反応の波形に対して行うことで、各波形に含まれる周波数成分の違いからそれぞれの特徴を同定することができると思われる。図5と図6で示したように、横隔膜近傍に筋電計の電極を貼付するとそこには心拍の波形が記録される⁶⁾。この波形の中から笑いの波形のみを選択的に取り出すためには、まず、平静時の心拍の波形に対して周波数解析を行い、その波の特徴をもつ周波数成分を笑い発生時の筋電波形から差し引いて取り除けばよいということになる。

図8は、心拍の波形のみをピックアップして、その波にフーリエ変換を施したものである。フーリエ変換のアルゴリズムにはいくつかの種類があるが、筆者らは「高速フーリエ変換」(FFT: Fast Fourier Transform)と呼ばれるものを用いている。図における横軸は周波数(Hz)であり、グラフの右に行くほど高い周波数をあらわしている。縦軸はそれぞれの周波数に含まれている成分量(mV^2)である⁷⁾。なお、周波数解析のソフトウェアについては「BIMUTAS

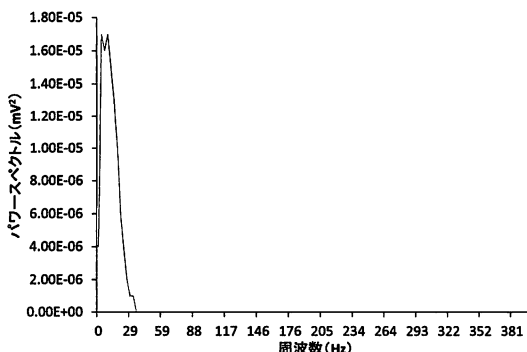


図8 心拍の周波数分布図

II」(キッセイコムテック社)を使用し、1024個のデータポイントと窓関数についてはFFTでもっともよく使われる「ハニング窓」を用いて解析を行っている⁸⁾。

図に示されているように、心拍の周波数成分はおおよそ30Hz以下の領域に集中してあらわれる。このことから、笑いの波形の中から心拍に該当する30Hz以下のものを排除することで、笑いの波形のみを残すことができると考えられる。

次に、波形の中から笑いが発生している部分をFFTにかけて、以下の図9のような解析図が得られる。

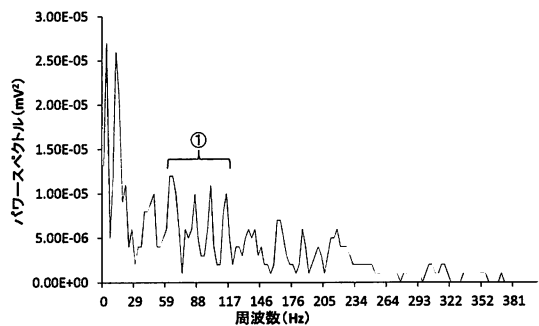


図9 笑い波形の周波数分布図

図9において30Hz以下の領域にみられるパワースペクトルの突出は主に心拍に起因するものであり、それを除くと笑いの波形にはおおよそ40~120Hz(①の範囲)の周波数帯域にその特徴があらわれることを読み取ることができる。

以上の2点から、横隔膜近傍で取得される筋電図において30Hz以下を常にカットする「ハイパスフィルタ」(High-pass filter: 高い周波数のみ通過させるフィルタ=低周波を減衰させる)および、120Hz以上を排除する「ローパスフィルタ」(Low-pass filter: 低い周波数のみを通過させるフィルタ=高周波を減衰させる)を併用することで、笑いの周波数成分を含む波形のみを残すことができると考えられる。また、この周波数帯域のパワースペクトル値を積分することで笑いの合計値が算出される⁹⁾。

III 横隔膜式笑い測定システムの現状

III-1 3点同時測定

以上までに述べてきた横隔膜式笑い測定システム

の機器構成とそこで得られた笑い波形に関する処理方法は、横隔膜のみに焦点を絞ったものであった。ここで、横隔膜だけでなく、①顔（表情）と②喉（声）の部分についても、それぞれの部位の反応を筋電計に入力し筋電図上に一括表示することができれば、より詳細な笑いの比較・検討ができると考えられる。この構想に基づき、現在の横隔膜式笑い測定システムでは機器の拡張が行われ、新しい笑い測定システムが構成されている。

①顔（表情）については、笑顔になるときに口角が上がったり目じりが下がったりするために、それらの部位（目：眼輪筋、口：大頬骨筋）のどちらかに筋電計の電極を貼付することで、表情による笑いの反応の有無が捉えられる。また、②喉（声）部分については、横隔膜式笑い測定システムの機器構成に咽頭マイク（SH-12iK; 南豆無線電機製）が追加されている。この咽頭マイクは先に紹介した笑い測定機の②「爆笑計」で用いられているものであり、喉を挟む形で装着する。この咽頭マイクを横隔膜式笑い測定システムで使用している筋電計の外部入力部に接続することで、喉において発生する笑い声の反応を他の部位の筋電波形と同一の筋電図上に表示できる。現在の横隔膜式笑い測定システムでは、腹（横隔膜）で取得される横隔膜の筋電反応に加えて、顔（表情）と喉（声）の3点の反応の有無を観察することが可能となっている（図10、図11を参照）。

図11では、「大笑い」を行った際に取得された顔（大頬骨筋）と喉（声）と腹（横隔膜）の反応を筋電図上に一括表示したものである。この場合、すべての部位において波形の揺れが観察されるので、筋電図上から「大笑い」したことを読み取ることができる。このように、人間が笑ったときの上記の3点の

部位を測定し、各部位の反応の有無の組み合わせから笑いのパターン分類が可能となる¹⁰⁾。

Ⅲ-2 3点同時測定を用いた笑いのパターン分類

以下の表2は、①顔（大頬骨筋）と②喉（声）および③腹（横隔膜）における反応の違いが、どのような笑いに分類されるかを示したものである。表中の黒丸（●）は笑った際に当該部位に反応がある場合をあらわし、逆に、ハイフン（—）は反応が見られないことを示している。これら3つの部位の反応の有無の組み合わせから、8つのパターンを想定することができる¹¹⁾。

まず、先に触れたように、①顔と②声と③腹の部位のすべてに反応が見られた場合は「A. 大笑い」に分類される。逆に、それら3つの部位にまったく反応がない場合は、最下段の「H. 笑いなし」となる。

次に、③腹が反応する笑いに着目すると、A～Dの笑いは「面白さ」や「おかしみ」の反応がみられるものとして捉えられ、網掛けで示した種類の笑いはそれをあらわしている。たとえば「B. こらえ笑い」は、表情や声に出して笑ってはいけない場所で「面

表2 笑いのパターン分類

笑いの種類	①顔 (大頬骨筋)	②喉 (声)	③腹 (横隔膜)
A. 大笑い	●	●	●
B. こらえ笑い	—	—	●
C. 漏れ笑い	●	—	●
D. 吹き出し笑い	—	●	●
E. 作り笑い	●	●	—
F. 愛想笑い	●	—	—
G. 空笑い	—	●	—
H. 笑いなし	—	—	—

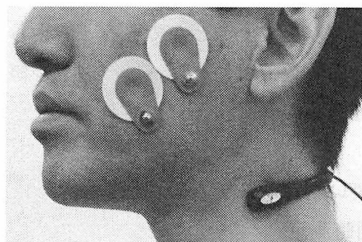


図10 3点測定（大頬骨筋と咽頭）

①顔（大頬骨筋）

②喉（声）

③腹（横隔膜）

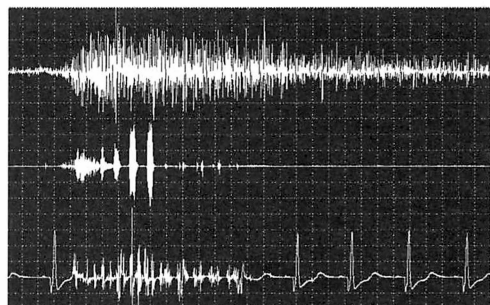


図11 3点測定（大笑い）

白さ)や「おかしみ」をこらえる場面が想定される。「C. 漏れ笑い」は、「B. こらえ笑い」がこらえきれずに①顔に思わず笑いの表情が出てしまった場合が考えられる。「D. 吹き出し笑い」は、③腹で「面白さ」や「おかしみ」と感じて②喉で声の笑いを出しつつも、①顔では笑いの表情をしていない笑いである。これはたとえば「あきれ笑い」や「嘲笑」に相当するものであり、表情は変えずに声や鼻で「ハッ！」や「フンッ！」などと思わず吹き出して笑う状況が考えられる。

①顔と②喉のみに反応がある場合には、いわゆる「作り笑い」に弁別できる。表では、①顔と②喉に反応のある「E. 作り笑い」、①顔だけの「F. 愛想笑い」、②喉だけの「G. 空笑い」とした。これらはいずれも、③腹に反応がないことから、「面白さ」や「おかしみ」の感情をともなわない笑いと考えることができる。

以上、笑いの名称にはその時々状況でさまざまなものを当てはめることが可能だが、このように3点の部位における笑い反応の有無を手がかりとして笑いを分類することができる。

IV 横隔膜式笑い測定システムの展望

横隔膜式笑い測定システムは、健康と笑いとの対応関係を究明するために開発が進められてきたものである。笑いの健康に対する影響力を明らかにするためには、笑いの種類を分類した上で、それぞれの笑いの量(大きさ・強さ)が心身にどういった影響があるのかを検証する必要がある。現状、横隔膜式笑い測定システムは開発途上の段階にあるものの、それをを用いることで人間の笑いのパターンを分類し、また、それぞれの笑いの量(大きさ・強さ)が客観的かつ定量的に正確に把握されるシステムとして構築することができれば、健康と笑いに関する研究領域に一定程度の貢献ができるだろう。健康と笑いとの対応関係を明らかにした上で、さらに、同システムを誰もが簡単に装着でき、みずからの笑いをいつでも手軽に計測できる小型の装置にすることができれば、「笑い」を体重や睡眠時間、血圧等と並ぶ健康管理のための指標のひとつとして活用するという展望も見えてくる。

以上述べたような健康と笑いとの関連にとどまら

ず、横隔膜式笑い測定システムには笑っている人間のおかしみの度合いを把握できるという観点から、さまざまな応用可能性を考えることができる。まず、もっとも分かりやすいのが、テレビのバラエティ番組等において横隔膜式笑い測定システムを観客に身につけてもらい、お笑い芸人の芸の面白さの判定を行うというエンターテインメント向けの活用方法である。筆者らはすでにそのようなテレビ番組やイベント等で横隔膜式笑い測定システムを使用している。笑いの度合いが点数として表示され、ある人間が感じた面白さやおかしみが可視化されることで、その場にいる人間にそれらの笑いが共有され、さらに笑いが増幅される効果が観察された。

次に、私たち人間が日常的に交わすコミュニケーション状況を記録・観察するためのツールとしての活用が考えられる。笑いはある人・事物に対してその人がどのような信頼・不信のあり方を付与しているのかを知るための重要な手がかりとなる。たとえば、Aさんがある発言をしたときに、その場にいるBさんが馬鹿にしたような「フンッ」というように鼻で一笑に付した状況を考えてみると、この場合、BさんがAさんの発言に対して「くだらない」「大したことではない」といった感情を抱いたことが推察される。また、「お追従笑い」という笑いでは、Aさんが何かの発言をした後にみずから笑うと、その場にいるBさんがその笑いにつられて遅れて笑う状況が想定される。このように、その場に居合わせる人びとの間で交わされる「笑い」の種類・大きさやそのタイミングに着目し、それらの交換過程を詳細に観察することによって、ある人の他者に対する印象形成さらには権力関係を読み取ることができると考えられる。ただし、こういったコミュニケーションにおける笑いという要素は無意識のうちに表出・交換されることが多いため、それを意識的に議論の俎上に載せること、さらには客観的かつ検証可能な形で記述することには大きな困難をともなってきた。横隔膜式笑い測定システムでは1秒間に3,000回の頻度で記録を行っている。この時間的な区切りの中では、たとえ一瞬の笑いであってもそれは筋電図上の波形として把握され、ある人の笑いがそのまた別の人に移る「笑いの伝播」の過程を記録することが可能となる。以上のように、コミュニケーション研

究の領域において横隔膜式笑い測定システムを活用することで、笑いを考察対象の中心に据える新たな研究分野の開拓が期待される。

V 横隔膜式笑い測定システムの課題

現在、横隔膜式笑い測定システムには検証あるいは克服すべき課題が数多く残されている。表3では、横隔膜式笑い測定システムの諸課題を5つのカテゴリに分類して示した。以下、この表に沿って各課題の概要を述べていく。

表3 横隔膜式笑い測定システムの課題

カテゴリ	課題
A. 測定部位	<ul style="list-style-type: none"> 位置依存性① (剣状突起の優位性) 位置依存性② (剣状突起以外の可能性) 笑いの正体 笑いの発生部位 (顔、喉、腹) 笑いの分類① (部位的弁別)
B. 波形解析	<ul style="list-style-type: none"> 笑い波形の周波数的特徴と弁別 笑いの分類② (周波数的弁別) 身体的差異とバイアスの補正
C. ソフトウェア	<ul style="list-style-type: none"> 新アルゴリズムの開発 (笑いのパターン認識)
D. ハードウェア	<ul style="list-style-type: none"> 一体化、小型化、ワイヤレス化 電極
E. 笑い実験	<ul style="list-style-type: none"> 笑いの再現性 笑い刺激

A. 測定部位

《A. 測定部位》は、横隔膜式笑い測定システムが計測対象としている部位に関する課題である。まず、「位置依存性」に関して2つの課題が挙げられる。現在の横隔膜式笑い測定システムでは、横隔膜近傍の「剣状突起」部位に筋電計の電極を貼付し、そこで笑いが発生した際の筋電図を取得することから笑いの客観的・定量的把握を試みている。《位置依存性① (剣状突起の優位性)》は、笑いの計測において剣状突起がもっとも有効な測定部位であることを示す課題である。この剣状突起の優位性については、今後、顔や喉、腹筋などのそれぞれの部位で測定された笑いの筋電波形と比較することを通して明らかになると考えられる。

①とは逆に、《位置依存性② (剣状突起以外の可能性)》は、剣状突起以外の部位 (たとえば腹筋など)

における笑い波形の抽出の可能性を探ることである。横隔膜式笑い測定システムで笑いを計測する際には、服を胸部までめくり上げ肌をいったん露出させてから筋電計の電極を貼付する必要がある。特に、女性を被験者とする場合などは肌の露出に関する配慮が必要であるため、現状、実験状況に至るまでの手続きには煩雑さがともなっている。もし、剣状突起以外の部位で外部からのアクセスが容易な場所を用いたとしても、剣状突起のもと類似した波形が取得できれば、笑いの実験をより効率的に行うことが可能となる¹²⁾。

《笑いの正体》は、横隔膜式笑い測定システムで検出される笑いの波形がどの筋肉の動きを反映されたのかを医学的な見地からより具体的に明らかにする課題である。人間の呼吸、中でも腹式呼吸は横隔膜の筋肉の動きと密接に関連しており、「アッハッハッハ」という一連の呼気をとまなう笑いは腹部における横隔膜の動きによって実現されるものである。剣状突起は横隔膜の付着する部位であり、横隔膜式笑い測定システムでは同部位の体表面側に位置する皮膚表面に筋電計の電極を貼付し、笑いが発生した際の筋電位を取得することから腹部に表出された笑いの大きさや強さの把握を行っている。ここで課題となるのは、皮膚の表面を計測の対象としている点である。剣状突起の上層には腹筋が横たわっており、そのさらに上層に皮膚表面があることから、同部位において観察される筋電の波形には横隔膜と腹筋の双方の動きが混在して記録されていることが考えられる。笑い発生時の横隔膜の動きが腹筋等の筋肉の動きに対してどのような影響を与え、また、剣状突起の体表面側の皮膚表面を笑い計測の部位と見なしてよいのかに関する医学的な裏付けを得る必要がある。

《笑いの発生部位 (顔、喉、腹)》は、顔 (表情) と喉 (声) と腹 (横隔膜) の3点で笑い発生時の反応を取得すること意味している。上述したように、現在の横隔膜式笑い測定システムには笑い声の反応を取得するために咽頭マイクが追加されている。今後、横隔膜式笑い測定システムのシステムを用いた笑いの実験を積み重ねることによって、人間の笑いが顔と腹では筋電位反応として、喉においては音声信号として客観的に把握されることを示していく必

要がある。また、笑いが発生した際の各部位の反応の表出の早さや順序などを比較・検討することで、笑いの種類を弁別することができるかもしれない。さらに、この3点に着目して笑いの分類に特化する課題が、《笑いの分類①(部位的弁別)》である。本稿では各部位の単純な反応の有無からその端緒を示したが、3点の部位と波形との対応関係を加えたより詳細な分類が今後の課題として残されている。

B. 波形解析

《B. 波形解析》は、剣状突起において取得された笑いの波形やそれ以外の波形に関する課題である。まず、《笑い波形の周波数的特徴と弁別》は、同部位で取得されるさまざまな波形の中から、笑いに類するものだけを選択的に抽出することを指している。本稿で述べたように、ある波形はその周波数的特性を捉えることによって他の波形と弁別することが可能となる。剣状突起において取得されるさまざまな波形の周波数的特性を比較・検討することから「笑いの波形」特有の周波数帯域を特定することができれば、笑いとはそれ以外の波形との弁別ができると考えられる。

《笑いの分類②(周波数的弁別)》は、笑いの周波数帯域が確定された後の課題となる。一口に笑いといっても、さまざまな種類がある。先に挙げた《笑いの分類①(部位的特徴)》では、笑い発生時の3つの部位における反応の有無によって笑いのパターン分類を行うものだが、本課題では剣状突起部位において測定される波形のパターンとその周波数的特性のあり方から、笑いの分類を行うことを主眼とする。数多くの笑い波形のサンプルとその周波数特性の相互比較から笑いのパターンの識別を行うことが求められる。

《身体的差異とバイアスの補正》は、剣状突起において取得される波形そのものに関わる課題である。筋電計で取得される筋電波形には年齢差や体格差などの身体的な差異が如実に反映される。筆者らのこれまでの予備実験からは、「体脂肪」が筋電波形に特に影響を与えることが観察されており、体脂肪が多ければ多いほど体表面における筋電位が検出されにくくなるため、男性の筋電波形に比べて皮下脂肪率の高い女性の方がその振幅が小さくなる傾向がある。

横隔膜式笑い測定システムを用いてより正確な笑いの測定を行うためには、今後、個人間の身体的特性と取得される筋電波形との対応関係を把握し、それらのバイアスを補正する必要がある。以上に挙げた《B. 波形解析》の諸課題については、いずれも数千サンプルに上る大規模な量のデータによって裏付けられるものである。

C. ソフトウェア

《B. 波形解析》で示した課題がクリアされれば、その成果を元に《C. ソフトウェア》を改良することが次の目的となる。これは《新アルゴリズムの開発(笑い波形のパターン認識)》を模索し、ソフトウェアを改良していくことを指している。現在の横隔膜式笑い測定システムで用いている解析ソフトウェアでは、筋電計からパーソナルコンピュータ上のソフトウェアに送られてくる筋電波形のデータが256～1024ポイント分蓄積されるとFFT解析を行い、笑いの強さ・大きさを算出するというアルゴリズムが用いられている。このアルゴリズムの問題点は、複数人の同時計測を行う場合に処理すべきデータ量が膨大になるため、パーソナルコンピュータの演算処理が間に合わなくなることが挙げられる。これは筋電計から送られてくる筋電データに対してソフトウェアがその都度解析を行っていることに起因している。

この演算処理の遅延問題に対しては、《笑いのパターン認識》という新しいアルゴリズムを開発することで解消されると考えられる。「笑いの典型的なパターン」とは、笑ったときの波形の弁別を周波数解析から行うのではなく、あらかじめ「典型的な笑いの波形」という理念モデルを作成しておき、外部から入力された筋電波形がどれだけその典型的な笑いの波形に合致するかという「波形の形の合致度」によって笑いの強さ・大きさの算出を行うものである。この構想に基づくソフトウェアでは処理の高速化が図れるため、次の《D. ハードウェア》の改良に寄与するものとなりうる。

D. ハードウェア

現在の「横隔膜式笑い測定システム」は、筋電計とパーソナルコンピュータがケーブルで接続されたものとして構成されている。先に触れたように、剣

状突起部位に電極を貼付することにはさまざまな手続きを経る必要があることに加え、このケーブルについても1.5mという長さの制限があるため、手軽に笑いを測定できるとは言いがたい状況にある。そのため、《装置の一体化、小型化、ワイヤレス化》が急務の課題となっている。

また、《電極》とは、筋電計で用いられる電極に関する課題である。現在の筋電計では、「湿式電極」という皮膚表面に糊で貼付するタイプのものを使用している。湿式電極は皮膚に強力に張り付けられるためにノイズが混入しにくいという利点があるが、長時間の装着あるいは何度も張り替えることは皮膚に対してかゆみやかぶれを引き起こすおそれがある。糊を使用しない金属の電極が露出した「乾式電極」も存在するが、乾式電極は皮膚に対する影響は比較的少ないものの、ノイズが混入しやすいという問題を抱えている。横隔膜式笑い測定システムを扱いやすい形で誰でも負担なく使える装置とするためには、皮膚に貼付する電極の特性をふまえ、電極を含めた形で装置自体の一体化、小型化、ワイヤレス化を検討する必要がある。

E. 笑い実験

以上までに示した諸課題は、横隔膜式笑い測定システムを用いて数多くの実験と検証を積み重ねることで克服されていくものである。《E. 笑い実験》は、その笑いの実験に常に付随する課題である。笑いの実験を遂行する上で常に問題となるのは《笑いの再現性》である。笑いの実験において被験者に笑ってもらうためには、当然ながら、その被験者に笑ってもらえるような《笑いの刺激》を提示する必要がある。ただし、容易に想像されるように、同一刺激を複数人の被験者に見せたところで、各人にとって「好みのネタ」や「笑いやすいネタ」にはかなりの違いがあるために、笑いの大きさやその量はそれぞれ違った結果となる。また、被験者に一度でも見せた笑い刺激は学習・記憶されるために、同じ被験者に「同程度の笑い」を再現してもらうことには困難がともなう。その一方、実証的研究における実験の手続きとしては、そのような偏りやバイアスのない同一の笑い刺激を選定することが求められる。笑いの実験にはこのようなアンビバレントな条件が常にともな

っている。さらに、笑いの測定を行う際には、被験者に装着された電極と筋電計とがケーブルで接続されることから動作が制約される上、皮膚に装着する電極が被験者に違和感を与えるため、笑いの実験状況そのものが被験者の自然発生的な笑いの観察を妨げる環境となっている。今後、被験者に違和感を与えることなく笑いを測定できるような計測機器を開発したり実験手法に工夫を加えたりすることが求められる。これらの課題を克服する方法については、笑いの実験を繰り返す中で模索していく必要がある。

おわりに

「笑い」は、一般に「お笑い」に通ずる言葉として「楽しい」「面白い」もの、あるいは「不真面目」で「低俗」という両極端なイメージを内包するものとして受け取られる傾向にある。その影響からか、従来、「笑い」は真面目な研究対象としては捉えられてこなかった。筆者らが「笑いの研究」に取り組んでいることを公言すると、決まって「お笑いの研究とは何だか楽しそうですね」といった反応が返ってくる。笑うことは私たち人間が共通して日常的に経験するありふれた行為であるが、それは「お笑い」の一言に収斂されるものではない。「笑い」についてひとたび立ち止まって考えてみれば、それはその時々々の社会的コミュニケーション状況の中で発生する多様かつ捉えがたい現象として理解される。本来的にさまざまな様態をもちうる「笑い」が、即座に、時として無意識のうちに「お笑い」に変換されて受け取られる過程とは、逆にいえば、数ある笑いの中で「お笑い」に類するものだけが社会一般の人びとに広く認識・共有されえた価値として存在しており、それ以外の笑いのあり方がその後景に位置していることを暗示する。

本稿では、人間の「笑い」の諸相を客観的・定量的に記述することを目指して筆者らが開発を進める「横隔膜式笑い測定システム」の現状とそれに関わる諸課題を報告した。笑い与健康との対応関係を詳細に検証するためには、各種健康指標と対置しうる形で「笑いの種類」や「笑いの量（大きさ・強さ）」という要素を客観的かつ数量的な物差しで捉えることが必要不可欠である。「笑い」（≡「お笑い」）は、笑う人に「楽しさ」や「愉快さ」という感情を励起す

る。笑いに付随する自然発生的かつ支配的な「快」の感情の中で、笑う人がみずからの笑いの姿を見つめ続けることは容易ではない。笑った人がみずからの笑いの経験を事後的に他者に伝える語りの中には、各人の主観的な解釈が不可避免的に紛れ込む。同システムはこのような捉えがたい「笑い」を考察の対象として位置づけ、科学の俎上に載せることを標榜する。

人間の「笑い」の客観的・定量的把握を目指す「横隔膜式笑い測定システム」を誰もが手軽に笑いを計測できるような装置とするためには、本稿で示した課題を乗り越えていく必要がある。今後とも数多くの笑いの実験を蓄積しつつ、そこで得られた研究成果と知見を順次報告していく予定である。

【謝辞】

本研究は、科学研究費補助金（基盤研究（B）、課題番号：23300248、研究代表者：森下伸也）の助成を受けたものである。

【注】

- 1) 本稿は、池田他（2011）に、大幅な加除筆・修正を施したものである。
- 2) 笑いの強さについては木村らが独自に定めた「aH」（アッハ）として算出される他、取得された笑いの筋電データを周波数の分布図として表示することもできる（木村 2008；木村他 2008；森田 2008）。
- 3) 参考までに図 6 と図 7 における下矢印（↓）の部分の心拍のピークの電圧を比較すると、図 7 では 0.024mV であるのに対して図 6 の同部分の電圧は 0.084mV であり、その電圧差は約 3 倍であった。
- 4) 腹部を用いるような「面白さ」や「おかしみ」を感じた時の「おかしみによる笑い」が発生した際に、剣状突起部の筋電位の値が腹部のそれに比して大きくなる理由として次の 2 つが想定される。①「おかしみによる笑い」を契機として一連の呼吸器系の反応が引き起こされる際には、脳から横隔膜（剣状突起）に対して優先的にその信号が伝達された後に腹部の他の筋肉にそれが伝わること、②胸部に属する剣状突起部位に比べて腹部には体脂肪が付着しやすく、筋肉を動かす際に取得される筋電位反応が腹部の体脂肪によって減衰することが挙げられる。
- 5) フーリエ変換の基本的なコンセプトについては、トランスナショナルカレッジオブプレックス（1988）を参

照されたい。

- 6) 筆者らが行った実験の結果からは、「咳」や「くしゃみ」といった呼吸器系にかかわる笑い以外の反応についてもそれに対応する波形が筋電図上に表示されることが観察されている（木村他、2008）。
- 7) 縦軸のパワースペクトルの数値は、値が非常に小さいために指数表示であらわされている（例：1.80E - 5 = $1.80 \times 10^{-5} = 0.000018$ 、参考：1.80E + 5 = $1.80 \times 10^5 = 180000$ ）。
- 8) フーリエ変換はもともと無限に続く波形を「周波数」と「成分量」に分けて捉えるための解析手法であり、ある特定時間内に存在する有限の波形に対してフーリエ変換を行うと、その解析結果には必然的に誤差が生じる。窓関数はこの解析結果における誤差を補正するために用いられるものである。フーリエ変換における FFT のアルゴリズムと窓関数については、南茂夫（1998）を参照されたい。
- 9) なお、以上までに述べてきた横隔膜式笑い測定システムのシステム構成と波形解析における周波数帯域等については、すべて特許として申請されている。
- 10) なお、これら 3 つの部位のうち、②喉（声）の波形については咽頭で発生する音声の大きさを筋電図上に表示させているものであり、その他の①顔（大頰骨筋）と③腹（横隔膜）における筋電波形（単位：mV）とは別の信号として捉える必要がある。
- 11) 表中の「笑いの種類」についてはより適切な笑いの名称が他にもあると思われるが、現状において考えられる笑いの名称を記入している。
- 12) 現状では、剣状突起と腹筋で取得される筋電図には類似性が見られるため、腹筋で検出される筋電の数値を増幅することで剣状突起の代替部位の役割を果たすことができるのではないかと予見している。

【文献】

- Dorling Kindersley ed., 2001, *Human body: An illustrated guide to every part of the human body and how it works*, London (=2002、小橋隆一郎監訳、『ヒューマン・ボディー「からだ」と病気」詳細図鑑』主婦の友社)
- 池田資尚・板村英典・池信敬子、2011、『横隔膜式笑い測定システム』の可能性『人間生活工学』12(1): 19-22.
- 木俣肇・板村英典・池信敬子・降旗真司・木村洋二、2008、「おかしみ発生時における剣状突起の筋電位反応」『笑いの科学』1: 8-10.
- Kimata, H., Morita, A., Furihata, S., Itamura, H., Ikenobu, K., Kimura, Y., 2009, "Assessment of laughter

- by diaphragm electromyogram," *European Journal of Clinical Investigation*, 39(1): 78-9.
- 木村洋二、2008、「笑いとユーモアの力」『笑い学研究』15: 1-2.
- 木村洋二・池信敬子・板村英典・降旗真司、2008、「笑い測定システムの冒険」『笑いの科学』1: 4-7.
- 松村雅史・辻竜之介、2005、「笑い声の無拘束・長時間モニタリング—爆笑計」『信学技報』105(370): 7-12.
- 森茂夫、1998、『科学計測のための波形データ処理』CQ出版
- 森田亜矢子、2008、「VISIBLE LAUGHTER — Running Spectrum による笑いの分析」『笑いの科学』1: 29-36.
- オムロン、2010、「リアルタイム笑顔度センサ スマイルスキャン」、オムロン社ホームページ、(2011年11月30日取得、<http://www.oss.omron.co.jp/smilesan/index.html>)
- トランスナショナルカレッジオブプレックス、1988、『フーリエの冒険』ヒッポファミリークラブ