

# 身体運動イメージに関する共感覚的音象徴

## Synesthetic sound symbolism for images of body movements

篠原和子<sup>\*1</sup>

Kazuko Shinohara

田中秀幸<sup>\*1</sup>

Hideyuki Tanaka

山内直人<sup>\*2</sup>

Naoto Yamauchi

<sup>\*1</sup> 東京農工大学

Tokyo University of Agriculture and Technology

<sup>\*2</sup> 国士舘大学

Kokushikan University

This study explores the synesthetic sound symbolism between speech sounds and images of body movements. We replicated Berlin's (2006) experimental paradigm (creating pseudowords for Köhler's shapes in a fictitious language "Droidese"), but using gestures (body movements) instead of static pictures. Gestures describing spiky shapes obtained more obstruents than gestures describing round shapes. Voiceless obstruents were more associated with spiky movements than round movements. Front vowels, rather than back vowels, were associated with spiky movements. We further examined the effects of size and speed. Speed affected sound symbolism (more obstruents for faster speed), while size did not.

### 1. 目的と仮説

本研究の目的は、共感覚的音象徴現象が身体運動イメージの言語表現においても観察されるか否かを確認することである。これまでの言語学や認知心理学における音象徴研究の大半は、主として[Sapir 1929], [Köhler 1947], [Ramachandran & Hubbard 2001]などの実験方法を元にしており、なかでも視覚領域での音象徴を研究する際には図形の形状特徴を静止画で表した刺激を用いて実験する方法をとるものが殆どであった。これに対し、言語音と身体運動イメージのあいだの共感覚的音象徴を検証する実験研究はほとんど見当たらない。一方[Berlin 2006]は、たとえば Köhler の図形(曲線で丸みのある図形 vs. 直線的で鋭角的な図形)が特定の言語音(たとえば阻害音 vs. 共鳴音)と関連づけられるのは、言語音の波長の突然の変化と、図形を見たときの視線の動きにおける突然の方向変化に共通の感覚が働いたためではないかと推測している。だが、これは実験的方法で実証されてはいない。そこで我々は、言語音と視覚像の音象徴的連想に身体運動イメージが介在している可能性に注目し、これを実験的に検証することにした。図形の全形状が見える状態だけでなく、動きを観察することにより静止図形と同様の音象徴現象が観察されるのではないかと予測する。

この研究目的のために、[Berlin 2006]の「ドロイド語創作実験」のパラダイムを用い、そのジェスチャー版による実験を行った。もし共感覚的音象徴が身体の動きの定性的な特徴(例えば、丸くて滑らか、刺々して角張っているなど)の印象と結びついているならば、[Berlin 2006]の静止画での実験と同様に、[Köhler 1947]の2種類の図形の軌跡を描くジェスチャー(maluma ジェスチャー vs. takete ジェスチャー)の印象を語彙化した際にも、図形特異的な音声特性が観察されるはずである(第一の作業仮説)。さらに、共感覚音象徴が身体運動の定量的な特性(例えば、大きい、小さい、速い、遅いなど)の印象と関連するのならば、運動振幅や運動速度の異なるジェスチャーの表現語間で各運動学的特性に特異的な音声特性が観察されるに違いない(第二の作業仮説)。本研究では、異なる動きの振幅と速度を持つ Köhler 図形の軌跡を描く6種類のジェスチャー動画を製作し、これらのジェスチャー動画を用いて、ドロイド語創作実験を行なった。

### 2. 方法

#### 2.1 実験動画の作成

利き手が右手の成人男性(第2著者)1名のジェスチャー撮影により、実験用動画を作成した。

男性は、黒の長袖シャツと黒の目指し帽子(balaclava)を着て、右手に白手袋を装着した。目と顔は、黒のフェースマスクで覆われた。手袋の中指先端には、直径 15 mm の球形の赤外線反射マーカーが取付けられた。男性は、照明のない薄暗い室内で、黒暗幕の前に置かれた高椅子に座り、右手腕を動かさずジェスチャーを行なった。右手の動きは、前額面に直交し、前方約 3 m に設置されたデジタルビデオカメラ(HDR-CX720, SONY, Japan)を用いて、シャッタースピード 1/1000 s, フレームレート 30 frame per second (fps)で記録された。

中指先端の赤外線反射マーカーの動きは、3台の高速度カメラ(OptiTrack Prime13, NaturalPoint, USA)を用いてフレームレート 120 fps で集録され、その3次元座標値はモーションキャプチャーシステムソフトウェア(Motive:Body, NaturalPoint, USA)を用いて計算された(計測誤差は±2.5 mm)。

[Köhler 1947]の2種類の図形(maluma と takete)の鏡像イメージを印刷した用紙が、正面に設置したデジタルビデオカメラの少し上の壁に貼り付けられた。男性は、各図形を一筆書きで描くように手を動かした。maluma 図形と takete 図形について、最初に、電子メトロノームの信号音 60 beat per minute (bpm)に合わせて、できるだけ一定の速度で手を動かした。手の動く範囲は肩幅程度とし、運動開始から終了まで6秒間(信号音6拍)でそれを行なった(Normal 条件)。次に、図形の軌跡を2倍の速度で描くジェスチャーを行なった(Fast 条件)。これらは電子メトロノームの信号音 120 bpm に合わせて3秒間(信号音6拍)で行なった。手の動く範囲はいずれも同じになるようにした。最後に、図形の軌跡を 1.5 倍の動きの振幅で描くジェスチャーを行なった(Large 条件)。手の動く範囲は、腕が水平位最大伸展する幅程度になるようにし、電子メトロノームの信号音 40 bpm に合わせて9秒間(信号音6拍)でジェスチャーを行なった。それぞれの条件のジェスチャー実施前に十分に練習した後、撮影試技を5回繰り返した。

撮影したジェスチャーの中指先端の3次元座標データは、ソフトウェア(BENUS3D, Nobitech, Japan)を用いて解析された。前

額面に平行な2次元平面における最大振幅や平均速度などの運動学的測定値が計算された。

2図形×3運動条件(Normal, Large, and Fast)のそれぞれにおける5回のジェスチャー試技の中から、中指先端位置の動きの運動学的測定値に関して、次の基準に当てはまる代表的な試技を検索した:1)Fast 条件の運動速度が Normal 条件のそれより顕著に大である, 2)Large 条件の運動振幅が Normal 条件のそれより顕著に大である, 3)3つの運動条件それぞれにおいて、maluma ジェスチャーと takete ジェスチャー間で運動速度と運動振幅に顕著な差がない。これらの基準に照らして、6種類の代表的なジェスチャーが選択された。

図1は、選択されたジェスチャーの、前額面に平行な2次元平面に投射された中指先端の動きの軌跡図である。これらの軌跡は、デジタルビデオカメラに記録された被験者の右掌の動きの正面観(two dimensional frontal view)にほぼ対応している。この図の視覚的判断から、6種類のジェスチャーに関して、2次元平面内の手の軌跡が[Köhler 1947]図形を比較的良く再現していることがわかる。

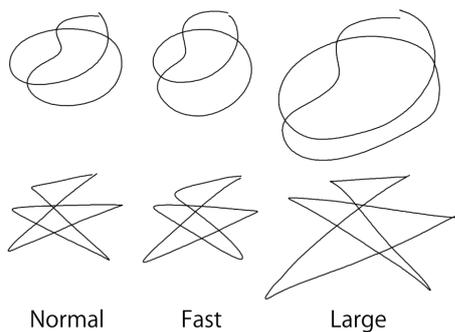


図1. ジェスチャーの指先軌道  
(上)maluma 図形, (下)takete 図形

運動学的測定値に関して、Normal 条件における手の水平方向と垂直方向の最大運動振幅は、Fast 条件のそれらと同程度であった。Large 条件の水平方向と垂直方向の最大運動振幅は、Normal 条件および Fast 条件のそれらより約 1.5 倍であった。Fast 条件における平均速度・最大速度は、Normal 条件の約 2 倍であった。

前額面に平行な2次元平面内における中指先端の運動加速度の時間変化について、maluma ジェスチャーは、Normal 条件、Fast 条件、Large 条件すべてにおいて、takete ジェスチャーよりも加速度が極めて小さかった。maluma ジェスチャーの加速度プロフィールは、運動開始から停止まで、ほぼ一定の速度で手が動いている様子を示していた。takete ジェスチャーは、Normal 条件、Fast 条件、Large 条件すべてにおいて、加速度が0、正の極値、0、負の極値、0へと規則的に変化する部分が6周期分観察された。これは、takete 図形の角張っている部分において手の動きの方向が切り替わる状態を反映している。Normal 条件と Large 条件の間で、加速度プロフィールに顕著な差が見られなかった。Fast 条件は、他の2条件に比べて、正負の加速度の極値が顕著に大きかった。これらの加速度プロフィールは、丸くて滑らかな動きの maluma ジェスチャーと角張って動きの変化の激しい takete ジェスチャーの違いを明確に示していた。

以上の結果から、選択された代表的な6種類のジェスチャー動画は本研究の実験仮説を検証するための実験条件として適切であると判断した。

## 2.2 実験方法

### (1) 被験者

東京農工大学の19名の学生(男性11名、女性8名)、年齢20～22歳、が実験に参加した。被験者全員の母国語は日本語であった。被験者には事前に文書および口頭にて実験概要の説明を行い、文書による実験参加の同意を得た。実験は、著者らの所属する研究機関内の研究倫理委員会の承認を得て実施された。実験は、第2著者が担当する講義の一部として実施された。

### (2) 実験設備と実験課題

6種類のジェスチャー動画は、MacBook Air(1.8 GHz Intel Core i7)上のQuick Time Playerを用いて繰り返し再生され、液晶プロジェクターを通して講義室内のスクリーンに投影された。

実験課題は、[Berlin 2006]のドロイド語創作実験パラダイムに準拠した。被験者は、スクリーンに投影されたジェスチャー動画を観察し、各ジェスチャーを意味するドロイド語(日本語、英語、その他の実在する言語の語彙にはない架空の単語)を直感で3語創作することを求められた。その表記は、日本語のカタカナ3文字(CVCVCV)に限定された。6種類のジェスチャーに対して、異なる計18個のドロイド語を創作することが求められた。拗音(ヤ・ユ・ヨ)、促音(ッ)、撥音(ン)、長音記号(ー・〜等)、言いよどみ記号(…)、感嘆記号(!・?)の変則表現の使用は禁止された。また、同じ文字が3つ連続する表現や単母音の使用も禁止された。

### (3) 実験手続き

本課題に先立ち、被験者は、maluma ジェスチャーと takete ジェスチャーに無関係なジェスチャー動画(「投げる」ジェスチャーと「打つ」ジェスチャー)を観察し、ドロイド語創作の練習を行った。実験者は、被験者が回答規則に習熟し、回答手順に十分に慣れたことを確認し、本課題を開始した。

スクリーン上には、ジェスチャー1からジェスチャー6までの番号の付いた6種類の動画ウィンドウが縦3列×横2列に疑似無作為に配置された。左上から順に、各ジェスチャー動画が2回繰り返し再生された。被験者は全ての動画が再生されるまで観察を続けた。次に、全ての動画ファイルが連続的に繰り返し再生される状態に設定された後、実験者の「始め」の合図で、被験者は回答を開始した。

回答冊子は6枚の回答票綴りから成り、各票にはジェスチャー番号と回答欄が印刷されていた。被験者は、各票に印刷されたジェスチャー番号の動画のみを観察し、ドロイド語創作課題を行った。このとき、被験者は、回答票で指定されたジェスチャー番号の動画と他の5種類のジェスチャー動画を比較して回答することを禁止された。回答時間は合計18分間であった。被験者はすべての回答を終えた後、最初の回答に戻り、すでに書いたドロイド語を部分的に修正することは許されていた。

全ての被験者が制限時間内に課題を終了することができた。ジェスチャー動画の回答順は、全被験者間で疑似無作為であった。

### (4) データ解析

各被験者が各ジェスチャーを表現するために創作したカタカナ3文字のドロイド語の3語に含まれる合計で9個の子音と9個の母音を分析対象とした。各被験者の各ジェスチャー別に、9個の子音中の阻害音(/p/, /t/, /k/, /s/, /b/, /d/, /g/, /z/)、有声阻害音(/b/, /d/, /g/, /z/)、無声阻害音(/p/, /t/, /k/, /s/)および9個の母音中の前舌母音(/i/, /e/)の出現頻度を計算した。出現頻度データは、次式の方法で逆正弦変換した[森と吉田1990]。

$$X_{ij} = \sin^{-1} \sqrt{P_{ij}}$$

$$P_{ij} = f_{ij}/n, n=9$$

ここで、 $f$  は、被験者  $i$  のジェスチャー  $j$  における上述した音声特徴の出現頻度である。  $P=1.0$  または  $P=0.0$  の場合には、逆正弦変換のために次式の  $P$  値が代用された[森と吉田 1990]。

$$P=1.0 \rightarrow P=(n-0.25)/n$$

$$P=0.0 \rightarrow P=0.25/n$$

実験仮説は、運動軌跡の形 (maluma vs. takete) と運動学的条件 (Normal vs. Fast vs. Large) を被験者内要因とする反復測定二元配置分散分析を用いて、統計的に検定された。球面性が仮定できない場合は、グリーンハウス・ガイザーの修正 (Greenhouse-Geisser correction) が適用された。運動学的条件効果が有意で、かつ、形と運動学的条件間の交互作用が有意でないとき、反復測定一元配置分散分析を用いて、スピード要因 (Normal 条件 vs. Fast 条件) とサイズ要因 (Normal 条件 vs. Large 条件) の有意性が別々に検定された。形と運動学的条件間に有意な交互作用が認められたときは、反復測定二元配置分散分析を用いて、形とスピード要因、形とサイズ要因の有意性が別々に検定された。さらに、それら2要因交互作用が有意のときは、ボンフェローニの修正 (the Bonferroni correction) に基づく多重比較が、形の各水準と運動学的条件の各水準の組み合わせについて実施された。

### 3. 結果

#### 3.1 前舌母音

図2(a)は、前舌母音出現率の平均値の形間および運動学的条件間の比較である。形の有意な主効果 ( $F(1, 18) = 5.2, p < 0.05, \eta^2 = 0.581$ ) が検出された。一方、運動学的条件の主効果 ( $F(2, 36) = 2.2, p = 0.120, \eta^2 = 0.428$ ) と2要因間の交互作用 ( $F(2, 36) = 0.5, p = 0.630, \eta^2 = 0.121$ ) は有意ではなかった。

#### 3.2 障害音

図2(b)は、障害音出現率の平均値の形間および運動学的条件間の比較である。逆正弦変換値に対する反復測定二元配置分散分析は、形の有意な主効果 ( $F(1, 18) = 10.0, p < 0.005, \eta^2 = 0.847$ ) と運動学的条件の有意な主効果 ( $F(2, 36) = 6.0, p < 0.01, \eta^2 = 0.851$ ) を検出した。2要因間の交互作用は有意ではなかった ( $F(2, 36) = 0.3, p = 0.706, \eta^2 = 0.102$ )。事後検定としての個別の一元配置分散分析は、有意なスピード要因の主効果を検出した ( $F(1, 37) = 13.0, p < 0.001, \eta^2 = 0.939$ )。一方、サイズ要因の主効果は有意ではなかった ( $F(1, 37) = 0.001, p = 0.976, \eta^2 = 0.050$ )。

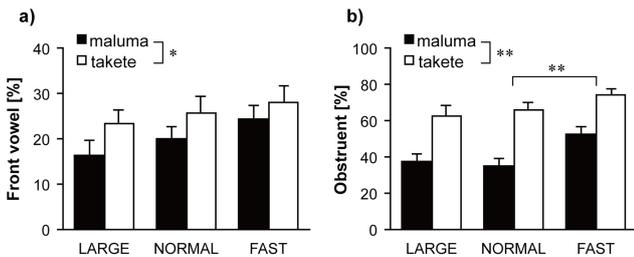


図2. (a)前舌母音, (b)障害音. エラーバーは標準誤差.

#### 3.3 有声障害音

図3(a)は、有声障害音出現率の平均値の形間および運動学的条件間の比較である。運動学的条件の効果は有意ではなかつ

た ( $F(2, 36) = 0.7, p = 0.470, \eta^2 = 0.171$ )。形の主効果 ( $F(1, 18) = 3.6, p = 0.073, \eta^2 = 0.438$ ) と交互作用 ( $F(2, 36) = 2.6, p = 0.086, \eta^2 = 0.489$ ) は有意ではなかったが、確率的には有意水準境界付近にあった。事後検定としての形とスピード要因の二元配置分散分析は、有意な形の主効果 ( $F(1, 18) = 9.7, p < 0.01, \eta^2 = 0.838$ ) を検出した。スピード要因の主効果 ( $F(1, 18) = 1.1, p = 0.312, \eta^2 = 0.167$ )、形とスピード間の交互作用 ( $F(1, 18) = 0.5, p = 0.504, \eta^2 = 0.099$ ) は有意ではなかった。形とサイズ要因の反復測定二元配置分散分析は、有意ではないが有意水準境界にある形の主効果 ( $F(1, 18) = 3.4, p = 0.081, \eta^2 = 0.416$ ) と交互作用 ( $F(1, 18) = 3.7, p = 0.070, \eta^2 = 0.445$ ) を検出した。サイズ要因の主効果は有意ではなかった ( $F(1, 18) = 0.6, p = 0.450, \eta^2 = 0.113$ )。事後の多重比較検定 (ボンフェローニの修正による対応のある  $t$  検定) は、maluma ジェスチャーの Normal 条件と Large 条件間で有意差 ( $t(18) = -3.4, p < 0.005$ ) を検出した。Large 条件において形間に有意差はなかった ( $t(18) = -0.2, p = 0.844$ )。一方、Normal 条件において形間に有意差が認められた ( $t(18) = -3.4, p < 0.005$ )。

#### 3.4 無声障害音

図3(b)は、無声障害音出現率の平均値の形間および運動学的条件間の比較である。形の有意な主効果 ( $F(1, 18) = 9.5, p < 0.01, \eta^2 = 0.832$ ) が検出された。一方、運動学的条件の主効果 ( $F(2, 36) = 3.0, p = 0.061, \eta^2 = 0.550$ ) と2要因間の交互作用 ( $F(2, 36) = 2.1, p = 0.135, \eta^2 = 0.406$ ) は有意ではなかった。

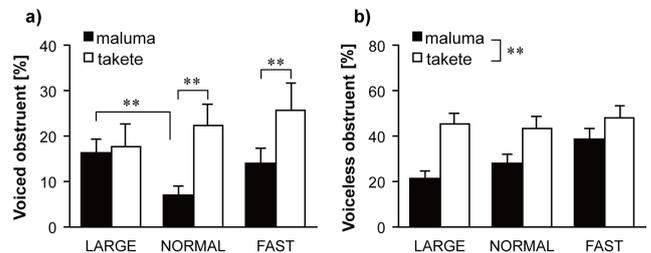


図3. (a)有声障害音, (b)無声障害音  
エラーバーは標準誤差.

### 4. 考察

実験結果を要約すると、次のようになる。

- 障害音の出現率は、maluma に比べて takete で有意に大きい。
  - 障害音の出現率は、Normal に比べて Fast で有意に大きい。  
(共鳴音の出現率は、これと逆と考えて良い。)
  - 有声障害音の出現率は、maluma においてのみ、Normal に比べて Large で有意に大きい。
  - 無声障害音の出現率は、maluma に比べて takete で有意に大きい。サイズやスピードとの関係は検出されなかった。
  - 前舌母音の出現率は、maluma に比べて takete で有意に大きい。サイズやスピードとの関係は検出されなかった。  
(後舌母音の出現率 -/a/ を含む一は、これと逆と考えて良い。)
- 第一の作業仮説 (もし共感的象徴が身体の動きの定性的特徴の印象と結びついているならば、2種類の Köhler 図形の軌跡を描くジェスチャーの印象の表現語間で図形特異的な音声特性が観察される) に関して、障害音が takete ジェスチャーの表現に使われる傾向にあった。本研究の被験者は、動きの軌跡が描く図形 (静止画) を事前に観察してはいなかった。それにも関わらず、静止画で見られた先行研究の知見 [Köhler 1947,

Berlin 2006]と一致する傾向が、身体運動イメージの表現においても確認されたことは、非常に興味深い。

第二の作業仮説(共感覚音象徴が身体運動の定量的な特性の印象と関連するのならば、運動振幅や運動速度の異なるジェスチャーの表現語間で各運動学的特性に特異的な音声特性が観察される)に関して、maluma ジェスチャーにおいてのみ、有声阻害音が大きい動きの表現に使われる傾向にあった。takete ジェスチャーにおいて同様の傾向が見られなかった原因として、takete ジェスチャーの方が Normal 条件と Large 条件との間の動きの大きさの違いを知覚しにくかったことが考えられる。takete ジェスチャーの運動経路総軌跡長は maluma ジェスチャーのそれより長いので、運動振幅が大きくなる(Large 条件の)とき、最大速度も maluma ジェスチャーと比べて大きくなるをえない。実際に、takete ジェスチャーの Large 条件の最大速度は、Normal 条件の 1.9 倍であった。一方、maluma ジェスチャーの Large 条件の最大速度は、Normal 条件の 1.4 倍であった。takete ジェスチャーの Large 条件では、Normal 条件に比べてスピードが大きい印象が強調され、相対的にサイズの違いの印象が弱められた可能性が高い。いずれにしても、丸くて滑らかな動きに限定的ではあるが、振幅の大きい動きに対して有声阻害音が多く使用される傾向にあったことは、先行研究の示唆[Berlin 2006]に合致している。

さらには、速い動きに対しては阻害音が多く使用される傾向にあった。[藤野ら 2004]が行なったスポーツオノマトペの調査結果において、動きのスピードを表現するオノマトペの多くが阻害音で構成されていた。このことから阻害音の音声特徴が実際の身体の動きのイメージに結びつきやすいと推測される。

一方、母音の効果は、動きの定性的特性(すなわち動きの軌跡から想起される運動のイメージ)に限定的であった。この結果は、[Fort et al 2014]が報告している音象徴における子音の効果の優劣性と合致する。彼らの実験では、bouba-kiki 効果に影響を及ぼすのは母音よりも子音の方が顕著であった。このメカニズムと原因については、今後の議論と研究を待たなくてはならない。

本研究の意義は、これまで静止画で実験されてきた音象徴現象が身体運動イメージによっても検証されることを実験的に示した点である。また、身体運動イメージに関する音象徴効果をさらに調べることで、身体動作の改善や修正等に役立つ言語音の実践的応用についての示唆を得る途を拓いたことに意義がある。

## 参考文献

- [Berlin 2006] Berlin, B. The first congress of ethnozoological nomenclature. *Journal of the Royal Anthropological Institute*, 12(1), 23-44.
- [Fort et al. 2014] Fort, M., A. Martin & S. Peperkamp. Consonants are more important than vowels in the bouba-kiki effect. *Language and Speech* 58(2):247-266.
- [藤野ら 2004] 藤野良孝・井上康生・吉川政夫・仁科エミ・山田恒夫。「運動学習のためのスポーツオノマトペデータベース」。日本教育工学会論文誌, 29, 5-8.
- [Köhler 1947] Köhler, W. *Gestalt Psychology: An Introduction to New Concepts in Modern Psychology*. New York: Liveright.
- [森と吉田 1990] 森敏昭・吉田寿夫編著。『心理学のためのデータ解析テクニカルブック』北大路書房, 京都, pp.40-41.
- [Ramachandran & Hubbard 2001] Ramachandran, V. S. & E. M. Hubbard. "Synaesthesia: A window into perception, thought

and language." *Journal of Consciousness Studies* 8 (12): 3-34.

[Sapir 1929] Sapir, E. A study in phonetic symbolism. *Journal of Experimental Psychology* 12: 225-239.