

令和元年6月5日現在

機関番号：12605

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K12990

研究課題名（和文）オノマトペ音声を用いたスポーツスキル学習支援ツールの開発：論理アルゴリズムの構築

研究課題名（英文）Development of learning aid systems for sports skills using onomatopoeia voice

研究代表者

田中 秀幸（Tanaka, Hideyuki）

東京農工大学・工学（系）研究科（研究院）・教授

研究者番号：70231412

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題は、運動感覚的な手がかり情報を、学習者にオノマトペ表現音声で伝えるスポーツスキル学習支援システムの開発を最終目標としている。この目標達成のために、研究期間内では、当該システム開発に必要な論理アルゴリズム構築を目的とした基礎的な知覚認知実験研究を行なった。特定の言語音と特定の運動特性（動きの振幅と加速度）が体系的に結びついている、すなわち「動きの音象徴」の存在を明らかにした。さらには、これらの音象徴関係が、動きの視知覚のみならず、固有受容感覚による動きの知覚においても存在することを明らかにした。また、特定の言語音の聴覚刺激が特定の運動イメージと強く結びついていることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

オノマトペを含む指導語が持つスキル伝達効果や運動パフォーマンス向上効果は、指導者や学習者の経験則として多くの逸話で語られている。しかし、科学的に実証されているとは言い難い。研究代表者らは、言語音に含まれる特定の音素（子音や母音の音素の性質）が特定の運動特性と結びつく現象（動きの音象徴現象）を世界で初めて、オーストリアのKoppenstainer博士らのグループとほぼ同時に報告した。スポーツ指導に用いられる日本語の擬態語・擬音語の体系は、この動きの音象徴のルールに従っていることも確かめた。動きの音象徴現象の発見は、身体教育法の発展のみならず、言語起源研究においても重要な研究枠組みを提供できる。

研究成果の概要（英文）：The goal of this research project is to develop a learning aid system for sports skills that conveys kinesthetic cue information to learners using onomatopoeic speech sounds.

In order to achieve this goal, we conducted perceptual and cognitive experiments aimed at constructing algorithm necessary for the system's development.

We found that the specific speech sounds systematically linked with the specific movement properties such as movement amplitude and acceleration, that is, "motion-sound symbolism". Furthermore, we found that these sound symbol associations exist not only in visual perception of motion but also in perception of motion by proprioception. In addition, we clarified that the auditory stimulus of a specific speech sound is strongly associated with a specific motor image. This is the first time in the world to find the existence of motion-sound symbolism.

研究分野：知覚運動制御論

キーワード：動きの音象徴 障害音 共鳴音 音素特性 身体運動 口頭教示 オノマトペ

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

近年、身体運動感覚の微妙な違いを表現することばとして、スポーツオノマトペ（擬態語・擬音語）が注目されている。一方で、スマートフォンの普及により、健康管理や体力維持等を支援する様々なアプリケーションが開発されている。それらのアプリケーションを使った実践的な活用例もいくつか報告されている。このような背景から、スマートフォン搭載機能を活用して、動きのリズム・スピード・運動の滑らかさ等の運動感覚的な手がかりを学習者にオノマトペ表現音声で伝えるスポーツスキル学習支援ツールが開発されれば、スポーツ競技者や愛好家（特に初心者）のスポーツスキルの向上に役立つものと期待される。

### 2. 研究の目的

身体運動感覚的な手がかりを学習者にオノマトペ表現音声で伝えるスポーツスキル学習支援ツールの開発においては、言語音と運動イメージの関係性の解明が不可欠である。そこで、研究期間内においては、当該システムの開発に必要な論理アルゴリズム構築を目的として、知覚認知課題を用いた複数の実験研究を行なった。

実験1では、身体運動の視覚特性と言語音の関係性を明らかにすることを目的とした。静止図として提示された物体の形やサイズと言語音の関係性を調べた先行研究に基づき、特定の言語音が身体運動の大きさ（運動の振幅）や形（軌道形状）と体系的に結びつくという仮説を検証した。さらには、視覚対象が身体の動きである場合と物体の動きである場合で、言語音と運動特性間の関係性に違いがあるかを確認した。

実験2では、実験1の問題をさらに詳細に検証した。運動の軌道形状の影響をできる限り排除した上で、運動学的特性（具体的には、加速度プロフィール）がどのように言語音と結びつくのかを明らかにすることを目的とした。さらには、身体運動を体感する実験環境を用いて、固有受容感覚による運動知覚と言語音の関係性を明らかにすることを目的とした。

実験3では、言語音の聴覚刺激と運動イメージの関係性を明らかにすることを目的とした。

### 3. 研究の方法

#### （実験1）

実験参加者は、健常大学生44名であった。実験参加者全員の母国語は日本語であった。実験参加者の半数は、ジェスチャー動画を観察し、残りの半数はジェスチャー動画の俳優の右手指先の軌道と同じ軌道を描く光点（速度や加速度プロフィールも全く同じ）の動画を観察した。ジェスチャー・光点動画はそれぞれ2種類の異なる軌道を描く動き（図1上段：星形を描く軌道の動き=takete運動と呼ぶ、下段：円を描くような滑らかな動き=maluma運動と呼ぶ）があり、それぞれに振幅の大小異なる2種類の動画が含まれていた。実験参加者は、これらの動画を観察し、無意味語創作課題（観察した動きを表現するのにふさわしい名前を、カタカナ3文字でつける）を行った。

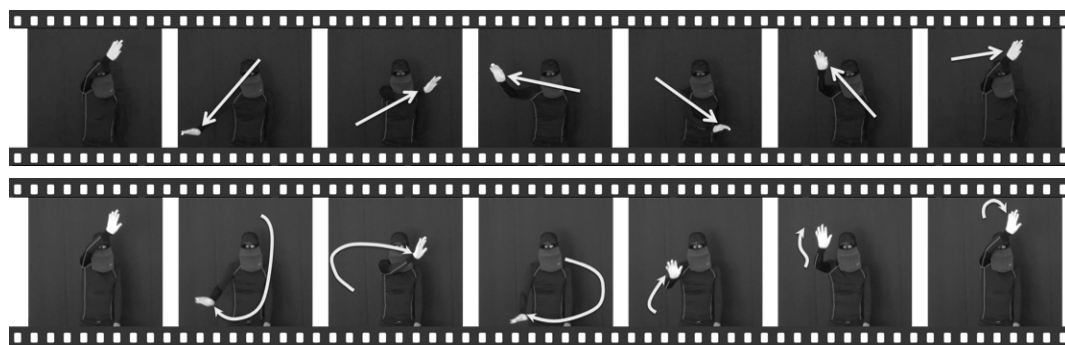


図1. 視覚提示刺激

#### （実験2）

実験参加者は、健常大学生84名であった。実験参加者全員の母国語は日本語であった。実験参加者のうち45名は、2種類の光点動画（図2上段：内接する2つの円の軌道上を等速で移動する、下段：内接する2つの円の軌道上を加速・減速しながら移動する）を観察し、無意味語創作課題を行った。残りの39名は、ロボットマニピュランダムスのハンドルを握り、上肢の受動的運動を体験しながら、無意味語創作課題を行った。ハンドル中心の運動は、光点運動と同一の運動特性であった（円周軌道を等速で動くまたは加速・減速しながら動く）。

#### （実験3）

実験参加者は、健常大学生42名であった。実験参加者全員の母国語は日本語であった。実験参加者のうち20名は、障害音の有声性と運動イメージの関連性を調べる実験に参加した。残りの22名は、母音の前舌性/後舌性と運動イメージの関連性を調べる実験に参加した。言語音と

運動イメージの関連性のテストは、潜在連想テスト (IAT) を応用した。図3は、IATの課題を示している。判別課題3が仮説を表している。言語音と運動イメージの結びつきの強さは、反応時間で判定した。判別課題3の反応時間が判別課題5よりも有意に小さい時、両者の結びつきは強いと判定する。

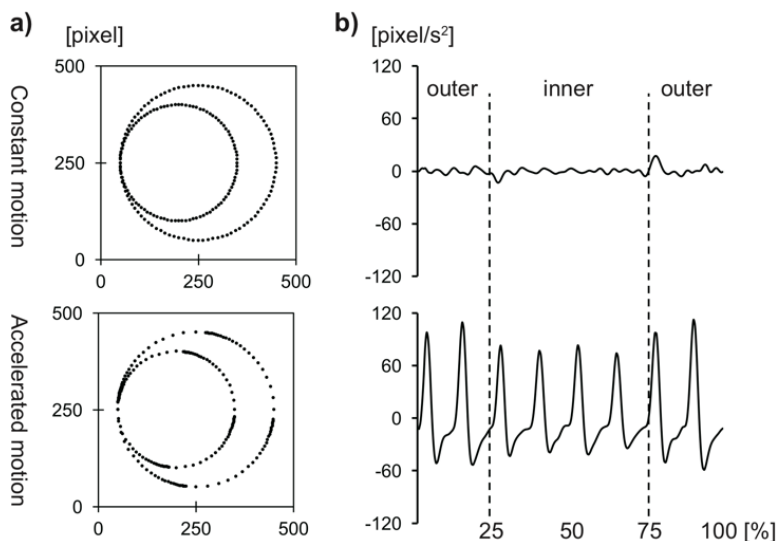


図2. 運動刺激の軌道形状 (左) と加速度プロフィール (右)

### Experiment 1

<b>1st task</b> Sound: Voiced } □	□ { Sound: Voiceless
<b>2nd task</b> Image: Strong } □	□ { Image: Weak
<b>3rd task (compatible condition)</b> Sound: Voiced } □	□ { Sound: Voiceless Image: Strong } □
<b>4th task</b> Sound: Voiceless } □	□ { Sound: Voiced
<b>5th task (incompatible condition)</b> Sound: Voiceless } □	□ { Sound: Voiced Image: Strong } □

### Experiment 2

<b>1st task</b> Sound: Back } □	□ { Sound: Front
<b>2nd task</b> Image: Strong } □	□ { Image: Weak
<b>3rd task (compatible condition)</b> Sound: Back } □	□ { Sound: Front Image: Strong } □
<b>4th task</b> Sound: Front } □	□ { Sound: Back
<b>5th task (incompatible condition)</b> Sound: Front } □	□ { Sound: Back Image: Strong } □

図3. 言語音と運動イメージの関連性を調べる IAT の5つの判別課題 (左: 阻害音の有声性, 右: 母音の前舌性・後舌性)

## 4. 研究成果

### (実験1)

実験参加者が創作した無意味3語に含まれる音素の出現率を求め、軌道の形状 (maluma vs. takete) と軌道の大きさ (small vs. large) を2要因とする二元配置分散分析を行った。加速度が小さく加速度の時間変化がほとんどないような滑らかな運動パターンはその動き自体が共鳴子音および後舌母音と結びつけられる傾向にあり、加速度が大きくかつ加速度の時間変化を伴うジグザグに方向変化する運動パターンは阻害子音および前舌母音と結びつけられる傾向にあった (図4, 図5)。

### (実験2)

実験参加者が創作した無意味3語に含まれる音素の出現

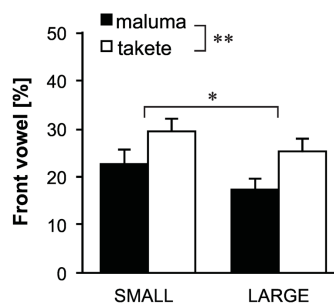


図4. 前舌母音の出現率.  
\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$

率を求めた。2つのタイプの光点運動の名前を付けるために使用された共鳴音は等速運動条件に使用される可能性が高く、一方、阻害音は加速度運動条件に使用される可能性がより高かった。χ<sup>2</sup>検定は、この関連性が統計的に有意であることを明らかにした ( $p < 0.001$ )。この結果は、視覚運動刺激が同じ軌道形状であったとしても、加速度の特性によって音の選択が異なる可能性があることを示唆する。

2つのタイプの手の動きに名前を付けるために使用された阻害音と共鳴音の相対比率を分析した結果、共鳴音は等速運動に使用される可能性が高く、阻害音は加速度運動に使用される可能性が有意に高かった。この関連性は、統計的に有意であった ( $p < 0.001$ )。

これらの結果は、視覚と固有受容感覚の両感覚モダリティ間に共通する音象徴関係が存在する可能性を示唆している。

### (実験3)

IATの結果は、阻害音の有声性はより強いまたはより弱い運動遂行イメージの判別プロセスを促進または妨害する傾向にあることを明らかにした。具体的には、有声阻害音がより強力な運動遂行イメージと組み合わせられた場合または無声阻害音が弱い運動遂行イメージと組み合わせられた場合、判別処理が促進された。逆に、有声阻害音が弱い運動遂行と組み合わせられ、無声阻害音がより強い運動遂行と組み合わせられると、処理を妨害する傾向にあった。一方、母音の前舌性/後舌性は、運動遂行イメージの強弱とは無関係であった。

以上の研究知見を総合すると、言語音を身体運動のイメージと関連付けるとき、子音の選択によって動きの急峻さ/滑らかさと力発揮の大/小を表現でき、母音の選択によって動きの大/小(関節運動の大きさ等)を表現できると考えられる。この関係性の組み合わせを用いて、日本語の擬態語・擬音語の語彙にはない、全く新しいオノマトペ表現単語の創造に役立つと思われる。次の研究目標としては、スマートフォンに内蔵された加速度計からの各種情報と言語音を対応づけるアルゴリズム研究が必要である。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計2件)

1. Yamauchi, N., Shinohara, K., and Tanaka, H.: Crossmodal association between linguistic sounds and motion imagery: Voicing in obstruents connects with different strengths of motor execution, *Perception*, 48(6), 530-540, 2019. DOI: 10.1177/0301006619847577 (査読有).
2. Shinohara, K., Yamauchi, N., Kawahara, S., and Tanaka, H.: Takete and maluma in action: A cross-modal relationship between gestures and sounds, *PLoS ONE*, 11(9), e0163525, 2016. DOI: 10.1371/journal.pone.0163525 (査読有).

[学会発表] (計9件)

1. Yamauchi, N., Shinohara, K., and Tanaka, H.: Cross-modal mappings between vocal sound and motion imagery: implicit association test, 40th Annual meeting of The European Conference on Visual Perception, Berlin, Germany, 2017.8.
2. 山内直人, 篠原和子, 田中秀幸: 単音節音声の身体運動イメージ想起効果の検証: 阻害音と努力感, 第52回人類動態学会全国大会, 春日井, 2017.6.
3. 篠原和子, 田中秀幸: 音象徴の身体性基盤, 第31回日本人工知能学会全国大会, 愛知, 2017.5.
4. 田中秀幸, 山内直人, 篠原和子, 川原繁人: ヒトの身体運動を表現する言語音の特徴: 加速度が音の好みに影響する②, 第9回Human Movement研究会, 前橋, 2017.3.
5. Shinohara, K. and Tanaka, H.: Sound symbolism beyond size and shape: Acceleration affects sound preferences, 43rd Annual meeting of Berkeley Linguistics Society, California, USA, 2017.2.
6. Yamauchi, N., Shinohara, K., Iwami, M., and Tanaka, H.: The sound of body movements: Synesthetic sound symbolism observed in human gesture, 39th Annual meeting of The European Conference on Visual Perception, Barcelona, Spain, 2016.8.
7. 山内直人, 田中秀幸, 篠原和子: 身体運動の大きさと形を表象する発声音の特徴, 第51回

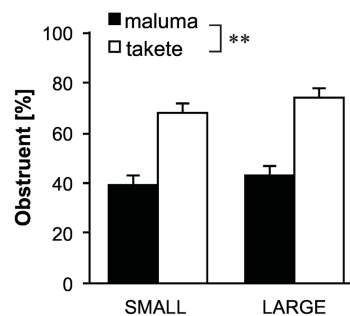


図5. 阻害音の出現率。

\*\*  $p < 0.01$

人類働態学会全国大会, 富山, 2016. 6.

8. 田中秀幸, 山内直人, 篠原和子: ヒトの身体運動を表現する言語音の特徴: 加速度が音の好みに影響する, 第8回 Human Movement 研究会, 札幌, 2016. 3.
9. Yamauchi, N., Shinohara, K., and Tanaka, H.: What mimetic words do athletic coaches prefer to verbally instruct sports skills? - A phonetic analysis of sports onomatopoeia, 20th Annual Conference of the East Asian Sport and Exercise Science Society, Tokyo, Japan, 2015. 8.

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名: 篠原和子

ローマ字氏名: Shinohara Kazuko

所属研究機関名: 東京農工大学

部局名: 大学院工学研究院

職名: 教授

研究者番号 (8 桁): 00313304

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。