

〈一般研究課題〉 オノマトペによる言葉かけを行う
教育支援ロボットに関する研究
助成研究者 中京大学 加納 政芳



オノマトペによる言葉かけを行う 教育支援ロボットに関する研究

加納 政芳
(中京大学)

A study on an educational support robot that addresses people by using onomatopoeias

Masayoshi Kanoh
(Chukyo University)

Abstract :

Since personal computers and mobile phones are now widespread, situations requiring handwritten characters are decreasing. There are many situations, i.e., places for social activities and ceremonial occasions, that require writing characters by hand, so people need the place to learn handwriting skills. Handwriting skills improve quickly with a teacher, but people cannot always learn with a teacher. Moreover, handwriting skills, i.e., pen pressure and speed, are not easily obtained even with a teacher. We therefore have been developing a method involving a robot that instructs handwriting skills. In this paper, as the first step of our research, we introduce a handwriting robot in which pen pressure and speed are controlled through onomatopoeia.

1. はじめに

近年、パーソナルコンピュータや携帯電話の普及により、文字を手書きする機会が年々減少している1)。しかし、冠婚葬祭や社会活動などの場面では、依然として文字を手書きすることが多い。文字を手書きすることは、小学校入門期から国語の指導要領に組み込まれ2)、授業内で書写の科目として実施されている。書写の学習を個人で行う教材として、なぞり書きで学習を行うワークブックが存在する。幼年期のなぞり書きによる書写は筆順の学習には適しており、多くの教育機関において取り入れられている。また、ワークブックによる学習は時間を選ばない自由性から、子供のみ

ならず幅広い年齢層に人気がある。このような教材では、筆遣いなどの書写技能は文章で解説されることが多いが、学習者の文章の受け取り方次第で学習効果に差が出る恐れがある。また、書写技能を熟練者から直接教示を受けるとしても、言語的な説明に頼るだけではその伝達は難しいと考える。そこで本研究では、筆速や筆圧といった感覚的な書写技能をオノマトペによって伝達することを考える。

オノマトペとは、擬態語・擬音語の総称である。オノマトペは、物体の容姿や動作の様子を感覚的に表したものであり、一般語彙に比べ臨場感にあふれ繊細な表現ができるという特徴がある。また、言語における音と意味・概念の結びつきの多くは恣意的であるが^{3),4)}、オノマトペにおいては、特定の音と意味が結びつく場合が多い。このような音響的特徴は音印象と呼ばれ、その印象は言語に関わらず普遍的と考えられている。オノマトペの中でも特に、擬音語や擬態語は類像性が高く、音印象からイメージを的確に捉えることが比較的容易にできると考える。このことから、書写学習時の筆や書道紙から発せられる音や、筆の動きから想像されるオノマトペを用いることによって、熟練者の感覚的な書写技能を万人が受け止められる形で伝達すれば書写学習を補助できると考える。実際に、筆ペンの通信講座に付属するDVD などではオノマトペを用いて書写時の感覚的な動作を伝達することが行われている。しかし、DVD などの情報伝達媒体では、書写の際の筆の細かな動きや腕の使い方などが実感できないこともあり、学習が遅延することもある。そこで、書写学習者一人ひとりに寄り添い、オノマトペによって感覚的な技能を伝達する書写学習支援ロボットを提案する⁵⁾。本研究では、書写の際に使用する「すーっ」や「しゅっ」といったオノマトペを数値化し、ロボットの制御パラメータと対応づけることで動作する書写ロボットを使用した際の学習効果を検証する。実験では、書写ロボットが書いた文字を手本とする「手本群」、ロボットの書写動作を手本とする「ロボット群」、ロボットの書写動作と動作時に使用するオノマトペを手本とする「ロボット音声群」の3 群を設定し、被験者が学習前後に筆記した文字に対して評価を行った。

2. 関連研究

2.1. オノマトペの工学的研究

現在、オノマトペに含まれる情報を分析し、工学的に利用する研究が多数行われている。上田ら⁶⁾は、患者が問診時にオノマトペを用いて痛みの量と質を表現していることに着目し、オノマトペを用いた診療支援ツールを開発している。このシステムは、患部の痛みを表現するオノマトペの音印象から症状の重度を定量化することで、より簡略な問診で患者の容体を把握することができる。ラートサムルアイパンら⁷⁾は、料理や食事の表現に使用されるオノマトペに注目し、オノマトペを利用した料理レシピ推薦システム「オノマトペロリ」を開発している。このシステムは、料理に関連する語とオノマトペの共起関係を求め、それを用いて豊富で的確な検索を目指している。神原ら⁸⁾は、ペイント時の感覚的なイメージをオノマトペとして入力することでペイント作業の支援を行う「オノマトペン」を開発している。また、ロボット分野では、Ito ら^{9),10)}は、オノマトペの音響的特徴を用いた実ロボットの制御手法を提案している。Ito らの手法は、神原らのシステムと同様にオノマトペを入力情報として用いているが、オノマトペを音響的特徴に基づいて定量化しているため、即興で生まれるオノマトペに対しても対応できる特徴がある。

このようにオノマトペの工学的な利用は多数行われているが、書写学習の支援にオノマトペとロボットを用いる研究は見当たらない。

2.2. オノマトペの身体知・科学研究

技能の習得を可能にしている知的なものを身体知と捉え、その表現・伝達方法について研究する分野がある。オノマトペには人がうまく表現できない繊細な情報が含まれていることから、身体知の分野においてもオノマトペが活用されている。藤野ら11)は、柔道においてオノマトペを用いて speed, power, rhythm, timing の伝達が行えることを示してしている。下釜12)は、幼児に対してオノマトペを用いた言葉がけをし、幼児の抱く動作イメージについて調査・分析を行っている。諏訪ら13)は、歩行に伴い発生する振動信号を採取し、その信号とそのときの足裏の感覚を表現するオノマトペの対応関係をデータベース化することを試みている。北條ら14)は、筆記という身体動作をオノマトペとして表現するための実験を行い、筆圧と筆速という筆記特徴量とオノマトペの関係性を示している。

本研究は、北條らの研究と同様に筆圧と筆速という筆記特徴量をオノマトペと関連づけているが、それを具体的にロボットによって教示するところに新規性がある。

2.3. 書写技能伝達に関する研究

書写技能の伝達を支援する研究には様々なものがある。力感覚からアプローチした研究として、坂口ら15)は、直接目にしながら技能を目で盗むという従来の方と、熟練者が学習者の手を取って教示する方法に着目して、技能計測と技能提示を組み合わせることで、書道技能を体験できるシステムを開発している。松井ら16)は、マスタ・スレイブ型の技能入出力装置からなるモーションコピーシステムを用いた筆記技能教育システムの構築を行っている。このシステムは、熟練者の技能を保存し、その筆遣いを熟練者が生徒の筆を持って教示するような体験ができる。他方、視覚からアプローチした研究として、岡村ら17)は、熟練者から筆圧や運筆のような書写技能を計測し、これら提示することで書写技能の理解を促進する習字教材を試作している。この教材は、筆順や運筆方向などの基本的な情報だけでなく、筆圧やその位置変化などの書写技能を視覚情報として提示するものである。村中ら18)は、ヘッドマウントディスプレイとVR技術を用いて、熟練者の視点から書写の追体験ができる技能伝達システムを開発している。このシステムは、毛筆型入力デバイスを用いて入力した書写技能を3次元CGとして再現することで技能の伝達を行うものである。

本研究は、これらの研究と同様に書写技能を教示し、伝達することを目的としているが、感性的な表現をオノマトペによって伝達し、書写の直観的な動作をロボットで提示するものであり、一線を画している。

2.4. 書写・書道に関する研究

松本19)は、書写が社会活動における実用性を重視しているのに対して、書道は芸術的な個性や表現を重視していると述べている。書道の趣ある文字が持つ芸術性やデザインの有用性からCG加工などを施した広告や葉書などが多くの場面で利用されている。内平ら20)は、再現の困難な熟練者の筆遣いをサンプリングし、電子楽器であるサンプラーを用いて筆跡を編集することで、誰でも容易に巧みな筆遣いを生成できるシステムを開発している。中村ら21)は、入力された毛筆フォントに対して擦れ・滲み表現を付与するシステムを開発している。また、合田ら22)は、実在する書道作品から特徴的な表現を抽出し、毛筆フォントの加工に利用する手法を提案している。このよう

に、毛筆を用いて書かれた文字には、活字にはない特徴があり、その有用性を手軽に利用できるようにする研究が行われている。

本研究では、オノマトペを用いることで、特徴の少ない模範的な文字だけでなく書道における芸術的な特徴を加えた文字も表現できると考える。このように幅広い表現ができることは、場面に応じた文字を書くことが重視される書写の目的に不可欠である。

3. 書写ロボット

3.1. 書写動作の制御

本研究では書写における筆遣いを学習者に伝えるために、人に近い構造を持つ人型ロボットを用いて筆遣いを再現することとする。本研究では、近藤科学株式会社製KHR-3HVを用いる。図1にロボットの外観を示す。本ロボットでは、鉛直方向(z 軸)の運筆を脚部で、水平方向(xy 平面)の運筆を腕部で制御する。右腕部の2つのリンクを水平に制御するために図2に示す改造を加えている。 xy 平面上における筆軸の位置(x, y)の制御は逆運動学で行う。

$$\theta_1 = \tan^{-1} \frac{y}{x} - \cos^{-1} \frac{L_1^2 - L_2^2 + x^2 + y^2}{2L_1\sqrt{x^2 + y^2}}$$

$$\theta_2 = \pi - \cos^{-1} \frac{L_1^2 + L_2^2 - x^2 - y^2}{2L_1L_2}$$

ここで、 θ_1 、 θ_2 は肩、肘の関節角度、 L_1 、 L_2 は上腕部、前腕部のリンク長である。 z 軸上の筆先の高さは、脚部を用いて上半身全体を昇降させることで制御する。

本ロボットは、筆を垂直に握った状態で腕部を制御するため、書道紙と筆との間の摩擦により筆の軸が進行方向へ傾き、書法的には順筆と呼ばれる筆遣いとなる。なお、順筆と対比した書法に逆筆があるが、筆先を先行させる書法であることから運筆を必要に応じて変化させることが求められるため、複雑な制御が要求される。

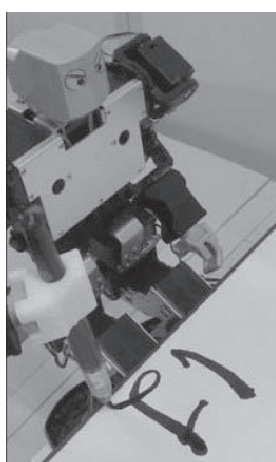


図1：書写ロボット

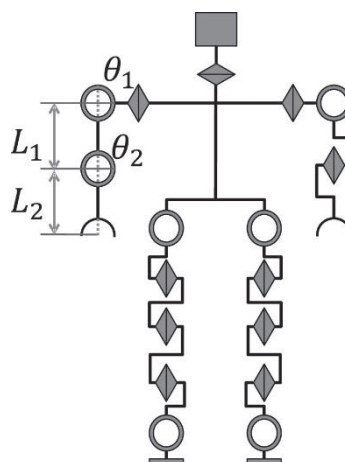


図2：機構図

3.2. オノマトペと筆圧・筆速の対応づけ

筆圧・筆速という筆記特徴量とオノマトペの関係性を示した先行研究¹⁴⁾では、促音、濁音、長音、拗音の音節が筆圧と筆速に及ぼす影響を調査するために、筆記に関係するオノマトペとして

「す」「すっ」「ずっ」「すーっ」「しゅっ」が用いられている。本研究でも同様に、筆記のオノマトペとして「す」「すっ」「ずっ」「すーっ」「しゅっ」を用いることとする。各オノマトペの持つ筆圧・筆速の成分値は、書写を学んだ経験のある学生が各オノマトペをイメージしつつ横線を5回書いたときの平均値から算出した。

3.3. オノマトペによる筆遣いの再現

文字は、1つまたは複数のストロークで構成されるが、1つのストロークに対しても筆圧や筆速を変化させることで、文字の印象を変化させることができる。本研究では、文字を構成するストロークをさらに部分ストロークに分割し、それぞれの部分ストロークに対してオノマトペを付与することで筆遣いの再現を行う。

まず、文字を構成する要素(用筆, 点画)ごとに制御点を決定する。つぎに、隣接する2つの制御点 i , $i+1$ で構成される部分ストロークにオノマトペの印象を付与する。具体的には、オノマトペの印象は筆圧と筆速で構成されと考え、部分ストロークの制御点 i , $i+1$ それぞれに、筆圧の成分値 $o_p(i)$, $o_p(i+1)$ および筆速の成分値 $o_v(i)$, $o_v(i+1)$ を割り当て、部分ストロークを構成する点列の筆圧・筆速を線形補間により求める。すなわち、部分ストロークの構成点 k ($k=0, \dots, n$) における筆圧 $p(k)$, 筆速 $v(k)$ は、次式で算出される。

$$p(k) = \left(1 - \frac{k}{n}\right) o_p(i) + \frac{k}{n} o_p(i+1)$$

$$v(k) = \left(1 - \frac{k}{n}\right) o_v(i) + \frac{k}{n} o_v(i+1)$$

$p(k)$ は z 軸上の筆先の位置制御, $v(k)$ は (x, y) 平面上の筆軸の位置制御に使用する。なお、運筆の際にトレースする (x, y) 平面上の座標点列は、既製フォントを細線化し、2次元ベジェ曲線を用いてスムージングした軌跡を用いて生成した。

3.4. ひらがな文字の再現

本節では、ひらがな文字の再現を行う。

図3に「は」の制御点を示す。図4に、「は」のそれぞれの制御点に表1のオノマトペを付与した際の動作結果を示す。同図より、筆の強弱が表現されていることが見て取れる。特に、制御点⑧から⑩において「ず」「すっ」「す」と徐々に筆圧が下がり、結びの部分で筆圧が最小となる「す」によって、なめらかな曲線が描かれている。

つぎに、「いろは」の再現を行う。「いろは」には、単一方向、回り、結び、折れのすべての用筆が含まれているため、ロボットの動作確認として適していると考えられる。図5に示すフォントから抽出された座標点列を基に文字を再現する。

図6(a)に強弱を意識して再現した文字を、また、図6(b), 6(c), 6(d)に同一のオノマトペを付与して再現した文字を示す。図6(a)は、オノマトペを意識的に付与することで、書道で見られるような筆遣いの一端が再現できることが見て取れる。図6(b)は、筆圧が低いため筆跡が忠実に再現できている。図6(c), 6(d)は、筆圧が高くなるにつれて筆跡の再現性が低下している。特に、「は」の結び部分が筆圧によって筆先の位置が大きく変化し、潰れたような表現になっている。本来、用筆を美しく表現するには部分ごとの繊細な力加減によって描かれる筆跡を意識しながら書くことが重要である。

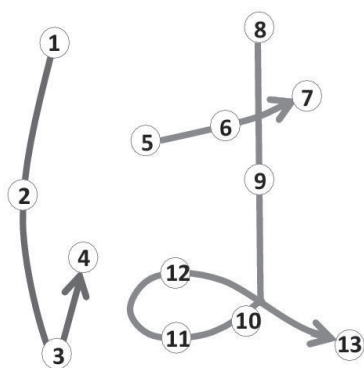


図3:「は」の制御点



図4: ロボットが筆記した文字

表1: 使用したオノマトペ

制御点 No.	オノマトペ	制御点 No.	オノマトペ	制御点 No.	オノマトペ
①	すっ	⑥	すーっ	⑪	す
②	すーっ	⑦	すっ	⑫	す
③	すっ	⑧	ずっ	⑬	すっ
④	す	⑨	すっ		
⑤	しゅっ	⑩	すーっ		

いろは

図5: 手本

いろはいろは

(a) 強弱を意識して再現した文字

(b) 「す」の成分値で再現した文字

いろはいろは

(c) 「すっ」の成分値で再現した文字

(d) 「ずっ」の成分値で再現した文字

図6: 「いろは」の再現

4. 実験

4.1. 実験設定

書写学習を通して、被験者の書く文字に対する上達効果を評価した。本実験では、3 群を用意した；手本を見ながら書写学習を行う手本群、ロボットが書写動作を提示しながら学習するロボット群、ロボットが書写動作をしながら、オノマトペを用いて運筆を表現するオノマトペロボット群。被験者は15 人とし、各群に5 人ずつランダムに割り付けた。書写学習には、図4 の「は」の文字を用いた。したがって、オノマトペロボット群のロボットは表1 に示したオノマトペの発話を行う。

実験の流れは以下の通りである。まず、学習前に事前筆記を行った。つぎに、各群に分かれて10 回の書写学習を行った。学習後、事後筆記を行った。学習前と学習後に筆記した文字の上手さについて、被験者とは異なる大学生20 人が評価した。評価には、7 段階リッカートスケールモデルを用いた。学習前後の上手さの得点(評価点)に対して共分散分析を行い、各群の学習効果を比較する。

4.2. 結果・考察

調整後の評価点に対してTukey 法を用いて多重比較を行った。表2 に、多重比較の結果を示す。同表より、手本群とロボット群の間、および手本群とオノマトペロボット群の間に有意水準1 % で有意差が認められた。このことから、オノマトペロボット群のロボットと共に書写学習することは、単に手本を見て学習するよりも学習効果が高いといえる。しかし、オノマトペロボット群とロボット群には有意差は無く、オノマトペを用いる積極的な理由が見いだせていない。この理由として、まず、本実験で用いたオノマトペの種類が少なく、類似していたことが問題であると考えられる。通常、書写では本実験で用いた「す」「すっ」「ずっ」「すーっ」「しゅっ」以外にも、多様なオノマトペ(例えば、「とん」や「ぐっ」など)が用いられる。このことから、学習者が使用されるオノマトペに違和感を持ってしまい、学習効果が上がらなかった可能性が考えられる。また、学習者からは、「音声は何を言っているかわからない」などの意見が挙げられた。このように、使用したオノマトペの音響特徴が類似していたため、オノマトペの差異に気づかなかった可能性もある。つぎに、オノマトペの発話のタイミングの問題である。今回は、制御点のポイントでロボットがオノマトペを発話したが、その発話タイミングが悪く、学習者にオノマトペによる筆記の意図が伝わらなかった可能性がある。実際に、「声と字があってない」などの意見が被験者から挙げられた。

以上のことから、書写動作をオノマトペの発話によって伝達するロボットは、筆記された手本を用いる従来の書写学習手法よりも効果的であることがわかったが、使用するオノマトペおよびオノマトペの発話に関する課題が残された。

表2：結果

群	得点	群	得点	p 値
手本群	18.4	ロボット群	24.1	<0.001
手本群	18.4	オノマトペロボット群	22.2	0.009
ロボット群	24.1	オノマトペロボット群	22.2	0.265

5. おわりに

本研究では、数値化されたオノマトペを用いて熟練者の書写技能を教示するパーソナルロボットの書写技能伝達能力を評価した。実験の結果、書写技能教示ロボットを用いることで、書写の学習者に対して書写技能の伝達を促すことが確認できた。しかし、書写動作にオノマトペの発話を付加した際に、書写技能伝達の促進を確認できなかったことから以下の問題が考えられた。

1. 本ロボットが使用するオノマトペの種類の不足
2. 書写動作にオノマトペを発話するタイミングの相違

1. の問題に対しては、「とん」や「ぐっ」といった本研究で使用しなかったオノマトペについても書写動作との対応付けを調査することを検討している。2. の問題に対しては、制御パラメータにオノマトペの発話タイミングを定義することを検討している。

参考文献

- 1) 文化庁: 平成24 年度「国語に関する世論調査」の結果について, 2015.
- 2) 文部科学省: 小学校学習指導要領, 2015.
- 3) F. de Saussure: Course in General Linguistics, Philosophical Library, 1959.
- 4) 篠原和子, 川原繁人: オノマトペ研究の射程, ひつじ書房, 2013.
- 5) Kazuya Endo, Masayoshi Kanoh and Tsuyoshi Nakamura: Teaching Handwriting using Robot and Onomatopoeia, The 2015 Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence (TAAI2015), in USB Memory, 2015.
- 6) 上田祐也, 清水祐一郎, 坂口明, 坂本真樹: オノマトペで表される痛みの可視化, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 18(4), 455-463, 2013.
- 7) ラートサムルアイパンカンウィパー, 渡辺知恵美, 中村聡史: オノマトペロリ:オノマトペを利用した料理推薦システム, 情報処理学会研究報告DD, 6, 1-7, 2009.
- 8) 神原啓介, 塚田浩二: オノマトペン, コンピュータソフトウェア, 27(1), 48-55, 2010.
- 9) J. Ito, M. Kanoh, T. Nakamura, T. Komatsu: Editing Robot Motion Using Phonemic Feature of Onomatopoeias, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, 17(2), 227-236, 2013.
- 10) 伊藤惇貴, 加納政芳, 中村剛士, 小松孝徳: オノマトペの音象徴属性値の調整のための一手法, 人工知能学会論文誌, 30(1), 364-371, 2015.
- 11) 藤野良孝, 井上康生, 吉川政夫, 堀江繁, 仁科エミ, 山田恒夫, 匂坂芳典: スポーツオノマトペの実態について, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 28-38, 2005.
- 12) 下釜綾子: 身体表現におけるオノマトペを用いた動きとイメージ, 長崎女子短期大学紀要, 37, 78-83, 2013.
- 13) 諏訪正樹, 寛康明, 西原由美: Onomatopace: 足触り触感を磨く感性ツールデバイス, 第17 回身体知研究会, SKL-17-01, 1-5, 2014.
- 14) 北條宏季, 磯谷順司, 戸本裕太郎, 中村剛士, 加納政芳, 山田晃嗣: オノマトペによる筆記特徴の言語化に関する一考察, 人工知能学会論文誌, 30(1), 291-305, 2015.
- 15) 坂口正道, 青木広宙, 武居直行, 藤本英雄: 位置と力覚の同時提示による書道技能の体験, ロボ

- ティクス・メカトロニクス講演会講演概要集, 1A1-B26(1)-1A1-B26(4), 2010.
- 16) 松井綾花, 三浦一将, 桂誠一郎: モーションコピーシステムに基づく筆記動作における教育システムの構築, 情報処理学会インタラクション, 347-351, 2013.
 - 17) 岡村吉永, 長崎伸仁, 中村正則: 技能情報を加えた習字教材とその効果, 日本教育情報学会学会誌, 19(2), 3-8, 2003.
 - 18) 村中徳明, 山本隆史, 今西茂: VR 技術を用いた書道学習支援システムとその学習効果, 電気学会論文誌, 123(12), 1206-1216, 2003.
 - 19) 松本仁志: 「書くこと」の学びを支える国語科書写の展開, 三省堂, 2009.
 - 20) 内平博貴, 宮下芳明: サンプリング書道: サンプラーのメタファを取り入れた書道による描画・閲覧手法の提案, 芸術科学会論文誌, 9(1), 10-19, 2010.
 - 21) 中村剛士, 真野淳治, 世木博久, 伊藤英則: 毛筆フォントの掠れ・滲み処理システムについて, 情報処理学会論文誌, 38(5), 1008-1015, 1997.
 - 22) 合田裕, 中村剛士, 加納政芳: グラフ構造の類似性を利用した事例参照型毛筆フォント掠れデザイン, 知能と情報, 24(5), 1035-1046, 2012.