

メロ字ィ: 手書き軌跡に連動したメロディ提示による 手書き文字練習システムの提案

松田 さゆり[†] 渡邊 健斗[†] 横山 幸大[†] 青木 由樹乃[†]

青木 柊八[†] 中村 聡史[†] 掛 晃幸[‡] 石丸 築[‡]

[†] 明治大学総合数理学部 〒164-8525 東京都中野区中野 4-21-1

[‡] 株式会社ワコム 〒349-1148 埼玉県加須市豊野台 2-510-1

E-mail: [†] sayuri.nikoniko@gmail.com

あらまし 文字を覚えたり、美しい文字を習得したりする方法として、繰り返し書いて練習することが一般的である。しかしこの繰り返し練習は単純作業になりやすく、退屈に感じやすい。そこで我々は、文字練習を楽しくかつ、効果的なものにするために、手書きストロークに応じてメロディを鳴らす手法を提案する。また Web サービス「メロ字ィ」として実装し、実際に大学生にシステムを用いて梵字を練習してもらった実験を行った。その結果より、iPad でメロ字ィを使用して練習を行うと、練習回数が増える傾向がみられ、文字練習へのモチベーションが高められる可能性が示唆された。

キーワード 手書き文字, 文字教育,モチベーション, 文字練習

1. はじめに

コンピュータが広く普及した現代においても、各種契約書や、サインなどさまざまな場面で手書きをする機会が存在する。文化庁の調査によると手書きをすることが普段の生活の中で必要と考えているひとは8割強存在し、手紙における手書きは気持ちが伝わりやすいことなどから、9割のひとが手書きの良さを感じていることが明らかになっている[1]。

ここで、日本において文字練習は小学校から始まり、その練習方法はノートに書き写すことや、音読をすることなど様々である。児童の漢字学習の仕方に関するアンケート[2]によると、どの学年においても何回もノートに書いて覚える方法が行われている。この繰り返し書く文字練習は、効果的ではあるが退屈になりがちであり、高学年の児童ほど漢字の学習を嫌いになっていく傾向がある。

手書き練習のやる気を出すため、コクヨのしゅくだいやる気ペンなどのように、手書き量を可視化したり、その量に応じてゲームを楽しめたりする商品がある。また、Kimら[3]は、筆記音を増幅する手法を提案し、筆記作業の継続に有効であることを明らかにしている。他にも、手書きのストロークに応じたエフェクトを提示する手法[4]や、トメ・ハネ・ハライなどの終端動作に応じた効果音提示手法[5]など様々なものがある。こうした商品や手法はそれぞれ効果が確認されているが、1つの手書きストロークに着目したものであり、字を楽しく練習するという点では十分ではなかった。

そこで本研究では、文字練習を楽しく、また効果的なものにするために、手書きの軌跡に応じてメロディ

が鳴る手書き練習システム「メロ字ィ」を提案する。またシステムを実装し、文字を書いた位置によって音が鳴ることがユーザの練習行動をより良いものにするかを検証する。具体的には、梵字を3日間練習してもらった実験を行い、音が出ない練習システムを使用したときと比較して練習回数や主観評価、実際に書いた文字にどのような効果があるかを検証を行う。さらに、メロ字ィを使用して音を提示したことが記憶につながるのかも検証する。

2. 関連研究

2.1. 手書き文字練習支援

これまでも手書き文字の文字練習システムは様々な提案されている。

中村ら[6]は文章と書く対象の大きさから、適切な文字位置と大きさを計算し、プロジェクションマッピングを用いて紙に文字を写し出すシステムを提案した。実際にユーザに使用してもらったところ、高い自己評価をするだけでなく、自分らしい文字を書けることを明らかにした。また久保田ら[7]は、Mojivatorという手書き文字とお手本の文字を融合させることで、自身の文字を美化して提示するシステムを提案した。また実験の結果、ユーザのモチベーションを高めつつ手書き文字練習を行うことを確認している。

我々の研究も同様に、システムを用いてユーザ自身の意欲を高めつつ、文字練習を行えるようにするものである。

2.2. 音階を用いた支援

人間の行動に対して音階のフィードバックを行う

ことで支援を行う研究は様々なされている。

木村[8]は、末梢神経に障害をもった患者が、歩行に必要な失った感覚を再学習するために、踵のみを踏むと「ド」、踵と母趾球を踏むと「レ」、母趾球のみを踏むと「ミ」が鳴る聴覚フィードバックシステムを開発している。実際に使用した患者が進行方向をみることができるようになったことを明らかにしている。前川ら[9]は、視覚障害者が色模様の面の中でどのように色が変化しているのかを認識するために、事前に色のRGBと音階を心理的屬性に考慮してマッピングしておき、色の変化をリアルタイムに音の変化で提示する色模様認識システムを提案している。また、患者に協力してもらった実験の結果、様々な色模様において識別することが可能で、音から色名を特定可能な場合もあったと述べている。

このように音階を用いて音楽とは異なる技術の支援を行う研究は様々な行われている。本研究では、音階を用いて文字練習を支援するものである。

2.3. 音により文字練習を支援する研究

文字を書くときの動作と音を組み合わせた研究は様々な行われている。

中川ら[4]はエクスカキバーという、文字を点、直線、曲線に分類し、それぞれにゲームの要素を取り入れたビジュアルサウンドエフェクトを付与する文字練習システムを提案した。実験の結果、システムがポジティブな感情を生起させ、筆記学習の負荷を軽減させられることを明らかにしている。牟田ら[5]は「トメ」、「ハネ」、「ハライ」の終筆動作がなされたことを筆記音からリアルタイムに識別し、それぞれの終筆動作に対応した効果音を再生する文鎮型デバイス「i文鎮」を提案した。終筆動作の認識に関する実験はなされているが、実際に使用する実験については行われていない。Andersonら[10]は、タブレット上での筆記において視覚と聴覚からフィードバックを与えることによって、より直線に近い線を書くことができることを明らかにしている。

このように筆記行動への音を用いたフィードバックにより学習支援をする研究は様々なされている。我々の研究は、文字を書いているペンの位置に応じた音階の音提示によって、文字練習を支援するものである。

3. メロ字イ

3.1. 提案手法

文字を習得する際に、ただ繰り返し書いて練習するだけでは退屈になりがちで、習得へのモチベーションを下げてしまう可能性がある。そこで、文字練習自体を楽しいものすることで、モチベーションを保つこと

が重要である。また、ここでは1つひとつのストロークだけでなく、文字による違いに着目することが重要である。

そこで本研究では、文字を書く行為自体でメロディを奏でることを可能とすることにより、退屈な手書き文字の繰り返し練習を、楽しく、効果的なものにするを目的とする。文字の形状に応じて奏でられるメロディが異なるため、そのバリエーションを楽しみつつ、何度も練習をしたくなるよう誘導できると期待される。また、正しい文字を書いた時の音を聴覚的に記憶することが考えられる。そのため、繰り返し練習する際に文字や書き順を間違えるとメロディが異なることで、ミスを認識し、正しい形で文字を練習する支援となることが期待できる。

3.2. 音のデザイン

手書きに応じて音を鳴らす方法としては、ストロークの長さや速さ、筆圧やペンの傾き、直線なのか曲がっているのかなど様々なものが考えられる。ここで、本稿では同じ文字を書いている時には同じメロディが鳴っていることが望ましく、またシンプルでわかりやすいものが重要であると考え、図1のように音階を配置した。本システムで「あ」を書いた場合は、「レ低・ミ低・ソ低」「ミ低・ミ高」「ソ低・ミ低・ミ高・レ高・ド高・レ高・レ低・ミ低・ソ低・ラ高・ソ高・ミ高」と音が変わる。

なお、音階を通常の音階配置とは異なり、メジャーペンタトニックスケールの5音を使用した理由は、文字を書くときは前後左右斜めに無規則にペンが動くが、どのように動いたとしても不快なメロディにならないようにするためである。

3.3. プロトタイプシステム

本研究で提案する文字練習システムを実装した。本システムのフロントエンドはWebアプリケーションフレームワークのNuxt.js、バックエンドはGo言語、

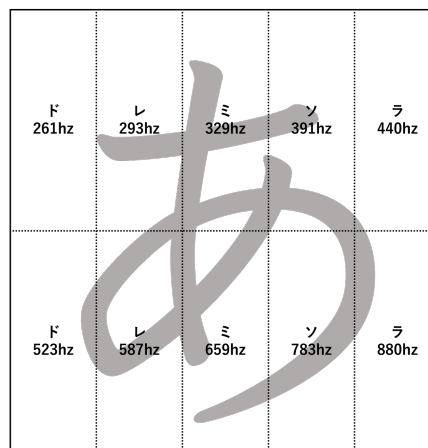


図1 音階配置図



図2 システム画面（カテゴリ選択画面，練習文字選択画面，練習画面）

データベースはMySQLを使用して実装した。

システムでは，図1に示す通り，ペンを置いた位置に応じた音階のサイン波が鳴る．なお，手書きのモチベーションを高めるため，自身の手書きとお手本を融合して綺麗にするMojivator[5]の機能も組み込んだ。

システム画面を図2に示す．ユーザがログインすると，カテゴリ選択画面が表示される（図2左）．カテゴリを選択すると，どの文字を練習するか選択する画面に移行する（図2中）．練習する文字を選択して練習開始をタップすると，実際の練習画面に移行する（図2右）．対象とする文字を適切な画数で書くと，もう一度のボタンが有効化され，繰り返し練習することが可能になる．画面の下中央には，消しゴム機能ボタンと，保存ボタンがある．また左右の矢印で練習する文字を変えることができ，矢印ボタンでも保存することができる．

4. 実験

4.1. 実験概要

実験では，提案するメロ字ィの有用性を明らかにするため，「メロ字ィを使用して手書き文字練習を行った場合は，音の鳴らないシステムを使用して文字練習を行った場合に比べ，文字練習を楽しく感じ，練習回数が多くなる」という仮説を立て，その検証を行う．ここでは，音提示の有無が練習回数や主観評価にどう影響するか検証を行った．

実験では，初めて触れる言語を習得する状況をターゲットにしているため，全ての実験協力者が書いたことのない文字を選出する必要がある．そこで日本人にとってあまり馴染みがない「梵字」を実験用の文字と



図3 使用した梵字

して16文字採用した（図3）．手書き文字の形状については，Mojivator[5]で使用していたものをお手本の文字として使用した．

4.2. 実験手順

実験では，実験協力者をメロ字ィを使用する群（以下，メロ字ィ群とする）と，メロ字ィと同じシステムで，音を出さない設定にしたものを使用する群（以下，非メロ字ィ群とする）に分けて実験を行った．

実験協力者にはシステムを用いた手書き文字練習を，毎日16文字全てについて，1文字につき3回以上，3日間連続で行うよう依頼した．また実験後には手書きが楽しかったか，練習時間への感想，落ち着き度合い，集中度合い，システムへの好嫌などを問うアンケート

ートを行った。質問内容は Kim ら[3]のシステム評価指標を参考にした。

また、音提示が文字の暗記に与える効果を検証するため、メロ字ィ群の実験協力者には、3 日間の練習の後に文字当てテストを行ってもらった。図 4 に使用したテスト画面を示す。文字を書いている音を聞いて、どの文字を書いているのか選択してもらうもので、音の再生は何回繰り返しても良いこととした。

なお、iPad を所持している実験協力者には iPad を、所持していない場合には手持ちのスマートフォンを使用して実験を行ってもらった。実験協力者は大学生、大学院生 26 名であり（メロ字ィ群：13 名、非メロ字ィ使用群：13 名）、そのうち iPad を使用した実験協力者は 10 名（メロ字ィ群：6 名、非メロ字ィ使用群：4 名）であった。

5. 実験結果

5.1. 評価指標

メロ字ィ群と、非メロ字ィ群において実験協力者の文字練習回数にどのような違いがあるかを分析する。また、練習回数と、実験終了後に実施したアンケート結果にて調査した主観評価との関係についても分析を行う。さらに、音の有無による文字のなぞり方への影響を調査するため、お手本と書いた文字とのユークリッド距離に関しても分析を行う。

一方、メロ字ィ群の実験協力者に対して行った文字当てテストの結果についても分析を行う。

5.2. 結果

実験協力者には 1 日 1 文字あたり 3 回以上練習するよう依頼したため、3 回以上練習するかどうか、練習するとしたら何回行うかは個人に委ねた。ここで、3 回しか練習していない場合に比べ、4 回以上練習していれば、その練習に対するモチベーションは高いと言える。そこで、メロ字ィ群と非メロ字ィ群において、実験協力者の総練習回数にどのような違いがあるかを分析する。

図 5 は、メロ字ィ群と非メロ字ィ群における実験協力者ごとの 3 日間の総練習回数をデバイスに分けて示した箱ひげ図である。図より、iPad を使用してメロ字ィを使用した実験協力者の練習回数が他の条件に比べて多くなるのがわかる。条件ごとの総練習回数について分散分析を行った結果、有意差はみられなかった。

一方、図 6 に総練習回数と「メロ字ィを使用した文字練習は楽しかったですか」という質問に対する評価値（1：辛かった～5：楽しかった）の関係を、散布図を用いて示す。図の横軸が総練習回数、縦軸が評価である。この結果より、メロ字ィ群では主観評価が高い実験協力者ほど、練習回数が増える傾向がみられた。



図 4 文字当てテスト用画面

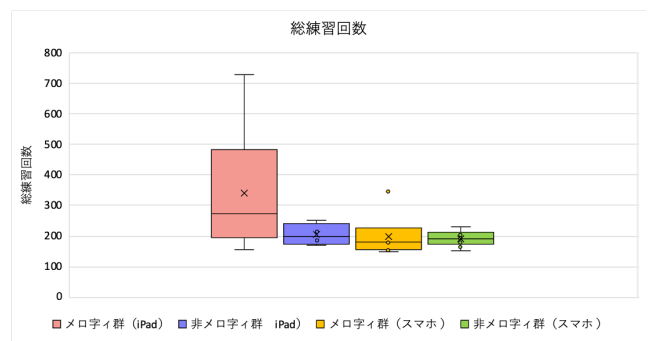


図 5 総練習回数

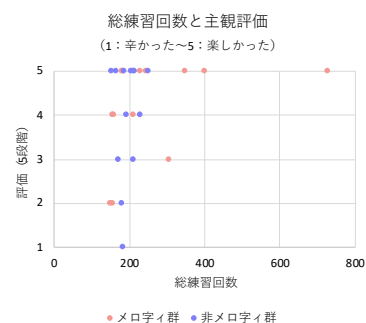


図 6 総練習回数と主観評価の関係

非メロ字ィ群では、練習回数による主観評価への影響はみられなかった。

音の有無が文字のなぞり方に影響するかを検証するため、お手本とのユークリッド距離に関して分析を行った。お手本とのユークリッド距離とは、佐藤ら[11]の手法を参考に、比較したい手書き文字のストローク同士を対応づけられる点同士のユークリッド距離の平均を求めるものである。図 7 にお手本とのユークリッ

ド距離に関する箱ひげ図を示す。図より、メロ字ィ群のユークリッド距離は非メロ字ィ群に比べて小さく、メロ字ィを使用する方が、お手本に近い文字を書く傾向がみられた。

実験後、メロ字ィ群の実験協力者にアンケートで今まで行ってきた文字練習との違いやメロ字ィの使用感についての感想を求めたところ、「リズムによって操作する音楽ゲームのような感覚があり、積極的に繰り返し練習を行うことが出来た」、「音がなることでモチベーションが上がっている気がした」などの、メロ字ィによる文字練習が楽しかったという意見が多かった。一方、「気が散った」、「短い線の時は音が心地よかったが、長い線だと少し邪魔に感じた」、「右下の方が高くなるなどの説明がなかったので、音が変わったとしても、結局どう違うのかわからなかった」といったように、集中を阻害されるような感覚を抱く実験協力者がいることも明らかになった。

5.3. 文字当てテスト結果

メロ字ィで再生されるメロディが、その手書き文字の記憶に繋がるかどうかを検証するため、メロ字ィ群の実験協力者に、3日間の練習の後に文字当てテストを行ってもらった。

画数、梵字ごとの正解率、3人以上が誤答した梵字について正解率順に並べたものを表1に示す。この表において、正解者数が多かった3画の梵字に赤枠を、相互に誤答が多かったセルを黄色及び緑色で示している。この結果より、同じ画数の梵字が少ない6画、4画の梵字の正解率が高いことがわかる。しかし、同じ画数の文字が多い3画の梵字の中でも、正解者数が多い梵字があった。

6. 考察

考察結果より、iPadでメロ字ィを使う方が、他の条件より練習回数が増える傾向があるといえる。しかし、メロ字ィ群(iPad)の中にも、最低限の練習しかしない実験協力者もいたため、メロ字ィによって繰り返し練習する意欲が湧かない実験協力者も一定数おり、繰り返し練習する意欲につながるかどうかは個人差が大きいと考えられる。また、主観評価と総練習回数の関係より、メロ字ィによる文字練習を楽しいと感じた実験協力者は、練習回数が増える可能性が示唆された。

アンケートに対する回答より、文字を書きながら音が鳴ることによって練習のモチベーションが生まれるということや、文字練習が楽しくなったといった感想が多かったことから、メロ字ィによって文字練習を楽しいものにすることができたと考えられる。一方で、気が散ってしまったひとやどのように音が変わっているのかが気になってしまった実験協力者もいたことか

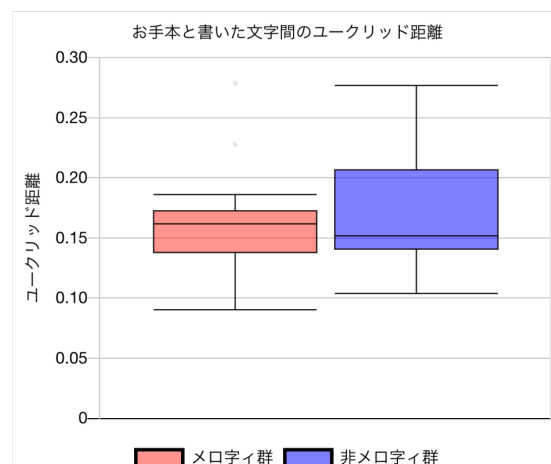


図7 お手本とのユークリッド距離

表1 文字当てテスト結果

ID	梵字	画数	正解率	誤答
1	𑖀	6	0.94	
2	𑖃	3	0.63	𑖃
3	𑖄	4	0.63	𑖄
4	𑖅	4	0.50	𑖅
5	𑖆	4	0.38	𑖆
6	𑖇	3	0.38	𑖇
7	𑖈	4	0.38	𑖈
8	𑖉	3	0.31	𑖉
9	𑖊	3	0.25	𑖊
10	𑖋	3	0.19	
11	𑖌	3	0.19	𑖌 𑖍
12	𑖎	3	0.19	
13	𑖏	3	0.19	𑖏
14	𑖐	3	0.19	
15	𑖑	3	0.13	
16	𑖒	3	0.06	𑖓

ら、利用において適・不適があると考えられる。そこで今後は気が散らないような音のデザインを考える必要がある。

お手本とのユークリッド距離に関する結果から、メロ字ィを使用する方が、お手本に近くなる可能性が示唆された。これは、単純に練習回数が増えたことも影響しているが、メロ字ィを使って繰り返しなぞる練習をする際には、書いた線がずれたときに違うメロディが鳴るため、ずれたことに気づきやすいことも理由の

1 つとして考えられる。そこで、今後はこうした音の変化に着目した実験および分析を行っていく予定である。

文字当てテストの結果より、同じ画数の文字が多い梵字の中でも、特に覚えられやすい梵字があることがわかった。つまり、音と合わせて練習することにより文字の形状によっては覚えやすい文字があると考えられる。特に ID が 2 と 8 の梵字においては形が特徴的であったために、メロディも特徴的になり、記憶に残りやすかったと考えられる。一方、ID が 2 と 13 の梵字は 1 ストローク目、ID が 8 と 12 の梵字は 3 ストローク目が似ているため、混同してしまうひが多かったと考えられる。また、表 1 でセルの背景色を黄色・緑色にしている手書き文字の形状も似たストロークが多いことから、混同してしまったものと考えられる。今後、漢字などの練習に応用していった場合、どうしても似た形状のものが登場し、似たメロディになってしまうという問題がある。そこで今後は、ハネやトメなどの形状に応じた他の効果音を付与するなどの工夫をすることで、似た形状の文字でも区別しやすくすることを検討予定である。

今回の実験は大学生を対象としていたが、小学 2 年生 1 名にプレ実験で使用してもらったところ、楽しく練習を繰り返していた。文字の手書き練習は小学校で主に実施されるため、今後は小学生を対象にまだ習っていないひらがなやカタカナ、漢字などの文字をメロ字ィを使用して練習してもらおうことで、その有用性を検証予定である。

7. まとめ

本研究では、繰り返し手書き文字を練習することは退屈になってしまう問題に着目し、手書き文字練習を楽しく効果的なものにするを目的として、手書きの軌跡に応じて音階の音が鳴る手書き練習システム「メロ字ィ」を提案した。また、プロトタイプシステムを実装し、「メロ字ィを使用して手書き文字練習を行った場合は、音の鳴らないシステムを使用して文字練習を行った場合に比べ、文字練習を楽しく感じ、練習回数が多くなる」という仮説のもと、大学生に 3 日間梵字を練習してもらった実験を実施した。実験の結果、利用において、適・不適があることが示唆されたが、メロ字ィで練習した場合に練習回数が多くなる傾向がみられた。またシステムへの感想より、ペンの位置に応じて音が鳴ることで文字練習を楽しく感じ、モチベーションが高められることが明らかになった。一方、音が鳴ることによって、気が散ってしまう、音が変わることに対して意識が向いてしまうなどして、文字練習に注力できなかったひがいることも明らかになった。

また、文字当てテストの結果から、音と合わせて練習することにより文字の形状によっては覚えやすい文字があることも示唆された。

今後は似たストロークがある文字の区別をしやすくするための形状による効果音などを検討していく。また文字練習自体に注力しやすいように音のデザインを改良するとともに、まだひらがなや漢字を習得していない幼稚園児や小学生を対象にメロ字ィを利用してもらい、文字練習への効果について検証をおこなっていく予定である。

文 献

- [1] 文化庁, 「平成 26 年度『国語に関する世論調査』の結果の概要」, https://www.bunka.go.jp/tokei_hakusho_shuppan/tok_eichosa/kokugo_yoronchosa/pdf/h26_chosa_kekka.pdf (2023.3.27 確認)
- [2] 島村直己, “児童の漢字学習: アンケート調査の結果から,” 国立国語研究所研究報告集, no.10, pp.133-172, Mar.1989.
- [3] Junghyun Kim, Tomoko Hashida, Tomoko Ohtani, and Takeshi Naemura, “Effects of auditory feedback for augmenting the act of writing,” AH’12: Proceedings of the 3rd Augmented Human International Conference, no.13, pp.1-4, 2012.
- [4] 中川久倫, 伊藤弘大, 藤田和之, 岸楓馬, 福島力也, 伊藤雄一, “エクスカキバー: ビジュアル・サウンドエフェクトを用いた筆記支援,” インタラクシオン 2022 論文集, pp.641-644, 2022.
- [5] 牟田将史, 石川優, 里井大輝, 星野准一, “i 文鎮: 書くことを楽しくする文鎮,” 情報処理学会研究報告, pp.1-5, 2014.
- [6] 中村優文, 山口周悟, 森島繁生, “motebi~文字を手書きで美しく書くための支援ツール~, ”第 24 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2016) 論文集, 2016.
- [7] 久保田夏美, 新納真次郎, 中村聡史, 鈴木正明. “Mojivator: 手書き文字の自動融合により書きたくなる練習支援システム,” 第 24 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2016) 論文集, 2016.
- [8] 木村和樹, “圧力センサのフットスイッチを用いた塗油各フィードバック装置の開発と信頼性,” 日本義肢装具学会誌, vol.32, no.1, p.45-49. 2016.
- [9] 前川満良, 今井有希子, 関啓明, 神谷好承, 橋爪慎哉, “視覚障害者のための色模様認識システムの開発,” 精密工学会学術講演会講演論文集, 2004, 2004 年度精密工学会春季大会, no.25, pp.1229-1230, 2004.
- [10] Tue Haste Andersen and Shumin Zhai, “Writing with Music: exploring the use of auditory feedback in gesture interface,” ACM Transactions on Applied Perception, vol.7, no 3, Article 17. 2010.
- [11] 佐藤大輔, 新納真次郎, 中村聡史, 鈴木正明. “利き手・非利き手の平均手書き文字における類似性の検証,” 情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクシオン (HCI), vol.2018-HCI-176, no.20, pp.1-8, 2018.