

# migaco2: 機械学習を用いた幼児対象歯みがき支援

市村 哲<sup>1</sup> 森 薫子<sup>1</sup> 富樫 唯<sup>1</sup> 武藤 美華子<sup>1</sup>

**概要:** 著者らが過去において開発した migaco は、磁石を装着した一般歯ブラシと、スマートフォンに搭載されている地磁気センサとから構成された幼児対象歯磨き支援システムである。地磁気センサが磁石に反応し値が変化することに着目し、その値の変化が生じた場合に歯ブラシ動作があったと判断し、ブラッシング回数をカウントするなどしていた。しかしながら、「子どもが歯全体をちゃんと磨いているか知りたい」、「磨き残し箇所がわからないか」という当時のユーザの要望に応えることはできなかった。今回提案する migaco2 では磨いている箇所を特定する機能を実現した。この機能の実現のために新たに機械学習を導入してシステムを構築した。評価実験の結果、migaco 開発段階では実現困難と判断していた磨き箇所の特定が migaco2 では実用的な精度で行えるようになった。

## migaco2: A Machine Learning-Empowered Tooth Brushing-Support System for Young Children

SATOSHI ICHIMURA<sup>1</sup> KAORUKO MORI<sup>1</sup> YUI TOGASHI<sup>1</sup> MIKAKO MUTO<sup>1</sup>

**Abstract:** In the past, we developed migaco, a system supporting young children's tooth brushing, which was composed of a general toothbrush equipped with a magnet and a smartphone equipped with a geomagnetic sensor. The output data from the geomagnetic sensor changes corresponding to the movement of the magnet, so that it was possible to know whether the toothbrush had moved or not. However, we were unable to cope with some users' requests "I want to know if my child is brushing the entire teeth properly" or "I want to know which teeth my child did not brush." Thus, we newly introduced machine learning technology to migaco and developed migaco2. Migaco2 can identify the brushing point properly.

### 1. はじめに

幼児期の歯磨きは、その後の虫歯のなりやすさ、歯並び、噛み合わせの良し悪しに大きく影響することが知られている。しかしその重要性を理解しながらも、子どもが歯みがきを嫌がることをストレスに感じてしまい、親が子どもに無理やり歯みがきをさせてしまうことが多い。この場合子どもにとって歯みがきは「苦痛な行為である」と植え付けられてしまう恐れがある。したがって幼児期の子どもの歯みがきの習慣づけと、子どもと保護者のコミュニケーションの改善が必要である。

また近年、ゲーミフィケーションが注目されている。ゲーミフィケーションは、ゲームの要素や考え方をゲーム以外の分野で応用していこうという取り組みであり、ゲームの

持つ人を楽しませ熱中させる要素や仕組みを用いてユーザを引きつけたり、その行動を活性化させたりするものである [1]。ユーザが行った行動が画面上で点数やバッジの獲得などで可視化されることで、目標に対して今どれだけ前進しているかが分かりやすくなり、定期的にやらなければいけないようなことを行う上でのモチベーションになる [2][3][4]。

以上の背景に基づき著者らは、幼児期の子どもの歯みがきの習慣づけと親子間のコミュニケーションを改善する幼児対象歯磨き支援システム migaco[5] を過去において構築した。migaco はブラッシング回数をカウントすると共に、歯ブラシの動きに併せて動物キャラクターが動くゲームのようなアニメーションを表示する機能を提供している。この機能は、磁石を装着した歯ブラシと、スマートフォンに搭載されている地磁気センサを用いて実現されている。具

<sup>1</sup> 大妻女子大学社会情報学部情報デザイン専攻  
12 Banchi, Sanbancho, Chiyoda-ku, Tokyo, 102-8357 Japan

体的には、地磁気センサが磁石に反応し値が変化することに着目し、その値の変化が生じた場合に歯ブラシ動作があったと判断する。評価の結果、実験に参加したユーザからは「回数が増えるのが面白く 磨いている実感が湧く」、「動くイラストが可愛いかった」、「実用性のあるシステムと思った」などの意見を得ることができた。

一方で、ユーザからは「子どもが歯全体をちゃんと磨いているか知りたい」、「磨き残し箇所がわからないか」という要望が出された。しかしながら、migaco には磁界の乱れの有無を検出する機能しか備わっておらず、磨いている箇所を特定する機能はなかった。対応を検討したものの、歯ブラシに取り付けた磁石が引き起こす地磁気センサの値の変動は微弱かつ複雑であり、要望に応えることは困難であると判断した。

本稿では、上記ユーザの要望に応え、磨いている箇所を特定する機能を実現した migaco2 について提案する。migaco2 の開発においては、migaco と同じく、磁石を装着した歯ブラシとスマートフォンに搭載されている地磁気センサを使用して実装することを目指した。地磁気センサの値の複雑な変動を分析して磨き箇所特定を行うために機械学習（深層学習）の技術を取り入れた。評価実験の結果、migaco 開発段階では実現困難と判断していた磨き箇所の特定が実用的な精度で行えることが確認できた。

## 2. 背景

### 2.1 歯磨き支援と関連研究

幼児期の生活習慣の確立が難しいことが問題視されている。幼児期とは、一般的に乳児期に続く生後1年から学齢に達する6歳までの期間を指す。幼児期は人としての基礎的な発達をとげる時期であり、歯磨き、手洗い、うがいなどが習慣づけられる。中でも歯磨きは大切な習慣であり、この幼児期の習慣づけが以後の虫歯のなりやすさ、歯並び、噛み合わせの良し悪しに影響をあたえると言われている。「子どもの歯みがきに関する調査」[6]によると、子どもの歯磨きが重要と考えている大人は約98%であり、生活習慣の中でも特に重要であると認識されていることがわかる。しかし、重要性を認識しながらも適切な方法で十分な歯磨きができていると感じている親が約90%存在する。親が無理やり歯磨きを強制するのではなく、子どもが楽しく正しく歯磨きをできる環境を作っていく必要がある。

歯みがきを支援する従来研究として、サンスター社のGUM PLAY(ガム プレイ)[7]が挙げられる。GUM PLAYは、歯ブラシに取り付けるアタッチメントとスマートフォンアプリから構成されており、アタッチメントに搭載された3軸加速度センサにより歯ブラシの動きを取得し、Bluetooth 無線通信によりスマートフォンに送信する。専用アプリが歯みがきの質を分析したり、歯みがきに費やした時間を記録したりする。

しかしながら、アタッチメントには電池、加速度センサモジュール、Bluetooth 無線通信モジュールが搭載されており、子ども用歯ブラシに取り付けるにはかさばって重いという問題の他、子どもが乱雑に扱って壊してしまう懸念がある。アタッチメントや交換電池のための高額な費用が必要という問題も存在する。

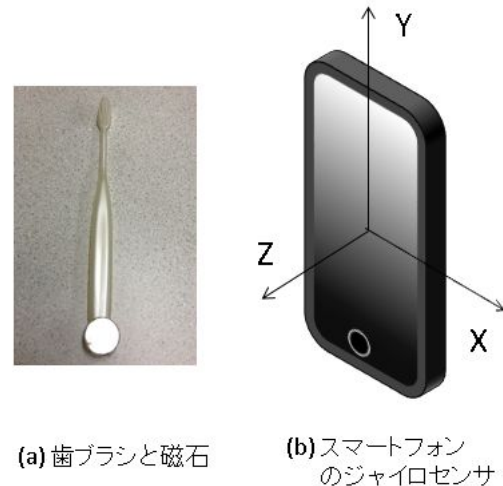


図1 migaco で用いる磁石とジャイロセンサ

著者が過去において開発した migaco は磁石を装着した一般歯ブラシ(図1)と、スマートフォンに搭載されている地磁気センサとから構成された歯磨き支援システムである[5]。地磁気センサが磁石に反応し値が変化することに着目し、その値の変化が生じた場合に歯ブラシ動作があったと判断する。ブラッシング回数が表示されることで親や幼児に磨いているという実感を持ってもらうことと、歯磨きをすると動物が動くことから歯磨きを楽しく感じさせ、それをきっかけとした親子間の会話が促進されることを目指した。migaco は Web アプリケーションとして実装されており HTML5 & JavaScript で記述されている。

使い方としてはユーザの顔の前にスマートフォンを固定しておき、歯ブラシに装着した磁石が動いたときに、スマートフォンに備わっている地磁気センサが磁界の乱れを検出して歯ブラシの動きを検出する。歯ブラシに取り付けるのは市販ネオジウム磁石のみであり、軽くてかさばらない、電池が不要、機器故障が発生しないという利点がある。また磁石は低価格であり、歯ブラシが複数本の場合にも安価に装着が可能である。

一般的なスマートフォンにはジャイロセンサ(角速度センサ)が搭載されており、本体のX軸、Y軸、Z軸を中心とした回転を検出することができる(図1(b)参考)。実際は、Z軸を中心とした回転の値(alpha)として地磁気センサ(電子コンパス)の値を返すスマートフォンが多く、このタイプのスマートフォンの場合、本体が向いている方位(0°から360°)をジャイロセンサのalpha値として得るこ

とができる．このように migaco が歯ブラシの動きとして取得しているのは方位という 1 次元データである．GUMPLAY が取得している 3 次元加速度データと比較して得られる情報量が大幅に少ないため、磨いている箇所を特定しようとする難度が高く、migaco 開発段階では実現困難と判断していた．

## 2.2 ゲーミフィケーションと関連研究

歯磨きや掃除などは、毎日のように繰り返し行わなければならない行為であるが、そのモチベーションを持続させることは多くの人にとって容易なことではない．そこで著者らは、日々遂行しなければならない生活行為を対象として、継続するためのモチベーションを向上させることが重要であると考え、ゲーミフィケーションを導入する方法について研究を行ってきた．

ゲーミフィケーションは、ゲームの要素や考え方をゲーム以外の分野で応用しようとする取り組みであり、ゲームの持つ人を楽しませ熱中させる要素や仕組みを用いて、ユーザのモチベーションを向上し、日常の行動を活性化させようとするものである．ゲーミフィケーションには、ポイント性、順位の可視化、バッジ、ミッション、レベルシステムを採用するなどしてユーザを引き付ける特徴がある．ゲームの要素を盛り込むことによって、ユーザが楽しみながら意図せず目的の行動に関わらせるといったことができる [1]．

著者らは以前、家事をゲーミフィケーション化する試みの研究のひとつとして、掃除機に 3 軸加速度センサを取り付けて掃除機の往復運動を分析し、その結果に基づいた掃除の得点を表示するなどのゲーミフィケーションを行うシステムを開発した [8][9]．他のユーザと SNS で共有できる機能も備えており、掃除開始時に Twitter にツイートを行い、他のユーザに掃除をしていることを宣言できる機能や、そのツイートが他の人によってリツイートされた場合に応援音を発して掃除の励みとできる機能などを実装した．ゲーミフィケーションを掃除に取り入れることで掃除が楽しくなったというユーザからのフィードバックが得られた．

その他、吉野ら [11] は、使用していない電化製品のコンセントプラグを抜くという節電行為にゲーミフィケーションを導入している．コンセントプラグに AR マーカーを取り付け、コンセント上に AR でキャラクターを表示し育成するシステムであり、プラグを抜いた時にキャラクターが成長し、また、プラグを抜いた時にだけそのキャラクターが表示される．キャラクターの成長の様子はユーザ間で共有され、楽しみながら電化製品の待機電力を減らすことができるようになってきている．

また根本ら [10] は、課題を抱える当事者であるユーザ自身が、自発的にやりたい行動をゲーム化できるようにする

ための方法について提案している．様々な課題を抱える個人や集団が、自ら参画するワークショップを設計・開催し、そのワークショップにおいて作り出されたアイデアをゲームにして実行に移すことができる Web サービスプラットフォームを提供している．Twitter ヘッライトを入力する行為にポイントを与えると共に、リツイートしたユーザ、および、リツイートされたユーザにもそれぞれ定められたポイントを与える．また、本プラットフォームでは、ツイートをハッシュタグに基いて抽出し、ユーザ間のランキングを計算し可視化する機能を備えている．評価実験の結果、自らの課題を解決する行動をゲームにすることで、1 ヶ月にわたる自発的な行動が見られたと報告している．

## 3. 提案

本稿では、歯ブラシで磨いている箇所を特定する機能の実現を目指して開発した migaco2 について述べる．開発に際しては、migaco 同様、特殊なアタッチメントを必要とせず、磁石を装着した歯ブラシとスマートフォンに搭載されている地磁気センサを用いて実現することを要件と定めた．これが実現できれば、migaco ユーザから得られた「子どもが歯全体をちゃんと磨いているか知りたい」、「磨き残り箇所がわからないか」という要望に応えることができる．他、歯磨き診断などへの応用が期待できる．

右側

139.9547	140.6361	137.5316	155.4947	155.8703
166.5278	164.6248	164.0687	165.7803	161.5074
155.2013	144.7871	136.885	126.9632	133.7248
135.1664	134.592	137.8873	139.3122	155.4917
155.474	151.0174	155.6861	152.5869	154.8905
151.4193	159.8166	162.247	150.2295	164.4909
176.812	181.6479	178.8407	181.5672	180.1504
180.5706	184.0502	191.7687	207.4815	233.9083

中央

77.04986	87.89107	70.85424	92.28807	94.5296
94.6219	92.31027	105.7756	91.91621	97.45025
106.1292	94.46225	91.8703	92.51527	92.34027
112.0407	91.24101	101.1148	97.89179	110.7574
148.0174	123.2434	149.4477	135.0071	141.0087
139.8623	147.525	143.6021	149.4028	139.5434
148.7641	152.2747	128.9232	146.7234	138.314
152.4746	138.7027	146.8658	145.3573	148.9141

図 2 地磁気センサから得られる方位データ例

スマートフォンに搭載されている地磁気センサからは方位データ (0° から 360° の値) が返される．図 2 は、歯ブラシに磁石を装着して右側と中央を 2 秒間磨いたときに、migaco が 50ms ごとに連続取得した方位データの例である (左から右、上から下の順)．図に示されるとおり、しきい値を定めて両者を分別するというような安易な方法では難しいことがわかる．

## 4. プロトタイプ実装

プロトタイプ実装では、歯の表側の3箇所(右側,中央,左側)を識別できるようにすることを目標と定めた。そしてまず、スマートフォンの操作だけで地磁気センサデータの収集ができる機能と、取得したデータから学習用データとテスト用データを指定した割合で重複しないように取り出す機能を migaco2 に実装した。スマートフォンには FREETEL SAMURAI MIYABI を用いた。

次に、migaco2 のプロトタイプを実装するに際し以下の3つの実験を実施した。

- 実験1 地磁気センサからの値を極力好条件で取得できる条件を見つける
  - 実験2 機械学習を導入すべきかどうかを検討する
  - 実験3 本課題に適した機械学習手法を比較検討する
- 以下、それぞれについて述べる。

### 4.1 実験1

磨いている箇所を特定するために使用できるデータがどのようなデータなのかを改めて検証し、地磁気センサからの値を極力好条件で取得できる条件を見つけるための実験である。歯ブラシに取り付けた磁石が引き起こす磁界の乱れは微弱であり、スマートフォンと磁石の位置関係に影響を大きく受けるためである。

スマートフォンを吸盤タイプの携帯スタンドに装着し、スマートフォンの表面が水平になるように固定して実験を行った。

スマートフォンと磁石の距離が概ね 10cm になるようにして左右の歯をそれぞれ 45 秒ずつ磨いて計測したところ、磁石の高さとスマートフォンの高さが近い時に大きく方位が変動することがわかった。このことは、スマートフォン表面の延長線上に磁石が近づいた場合に好条件のデータを収集できることを示している。

理由として、用いたスマートフォンがジャイロセンサの Z 軸を中心とした回転の値 ( $\alpha$ ) として地磁気センサの値を返すタイプのスマートフォンであり、スマートフォンを水平に保持した時に最も正確に方位を示すように設計されているためではないかと推測される。また、本体上部より本体下部に磁石を近づけた方が大きく方位が変動したことから、地磁気センサの装着位置はスマートフォン本体下部であると推測できる。

被験者に migaco2 を使って歯の表側の3箇所(右側,中央,左側)を磨いてもらい、50ms 毎の地磁気センサデータ 1,700 個を得た。スマートフォン本体下部と口の距離および歯の左右を磨くときのスマートフォン本体下部と磁石の距離は概ね 10cm から 15cm であった。歯の中央部を磨くときは歯ブラシの柄先がスマートフォンから離れるためスマートフォン本体下部と磁石の距離は概ね 15cm から

20cm であった。以降の実験では、この 1,700 個のデータから学習用データとテスト用データを取り出して用いた。

### 4.2 実験2

migaco2 に機械学習を導入すべきかどうかを判断するために、MLP(Multi Layer Perceptron) 構成 [13] のニューラルネットを構築し認識実験を行った。実用レベルの認識率を得ることができることが判明すれば機械学習を導入することとする。

構築したシステム構成について述べる。PC(Windows)では Web サーバと機械学習プログラムが動作している。スマートフォンで動作する Web アプリケーションが地磁気センサが検出した方位データを一定時間間隔で PC の Web サーバに送信する。PC の Web サーバは、方位データを受け取ると機械学習プログラムを起動して方位データを処理する。スマートフォン上の Web アプリケーションは HTML5 & JavaScript で記述されており、PC 上の機械学習プログラムは Python[14] で記述されている。機械学習のフレームワークとしては Chainer[12] を用いた。

50ms 毎に連続取得した地磁気センサデータを L 個まとめて 1 セットとして MLP の入力層に入力する構成とした(より詳細には、所定数のセットをまとめてミニバッチを構成し、このミニバッチ単位で入力層に入力している)。以後、L をセット長と呼ぶ。例えば セット長  $L=10$  であれば 0.5 秒間のデータをまとめて MLP に入力することとなる。MLP の構成は、入力層のニューロン数 L 個、出力層のニューロン数 4 個である。試行錯誤して中間層は 2 層構成とした。

さらに本実験では、時系列データをニューラルネットに入力する際の入力方法 2 つを比較検討することにした。

方法1(時系列範囲を L 個ずつずらす方法) 例 えば  $L=10$  の時、ある時点  $t_0$  から  $t_9$  までの 10 個の連続データをセットとしてニューラルネットに入力したら、次は、 $t_{10}$  から  $t_{19}$  までの 10 個の連続データを別のセットとして入力する方法である。

方法2(時系列範囲を 1 個ずつずらす方法) 例 えば  $L=10$  の時、ある時点  $t_0$  から  $t_9$  までの 10 個の連続データをセットとしてニューラルネットに入力したら、次は、 $t_1$  から  $t_{10}$  までの 10 個の連続データを別のセットとして入力する方法である(図3参照)。

方法2の方が認識精度が高くなることが予測されるが、方法1と精度が大きく変わらないのであれば処理時間が短い方法1を選択したいと考えた。

実験1で収集した地磁気センサデータ 1,700 個を対象に、学習用データとテスト用データを 8:2 の割合で重複しないように取り出して認識テストを行った。実験結果を図4に示す。

図に示されるように方法2の時系列範囲を 1 個ずつずら

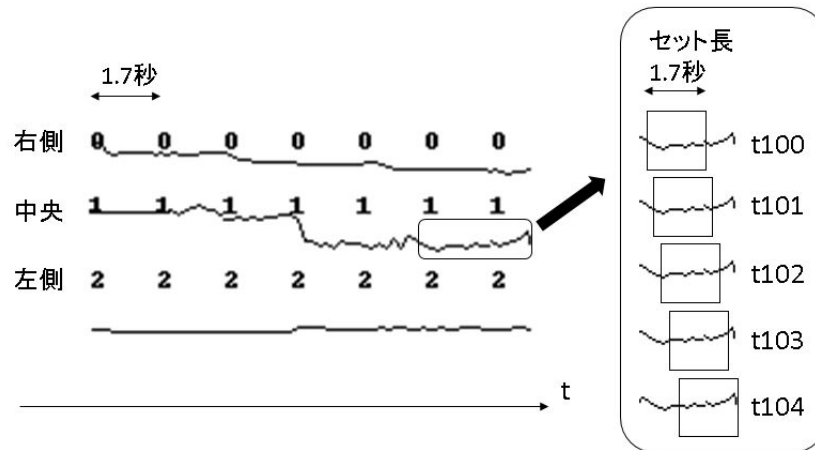


図 3 方法 2 の入力セット作成方法 (横軸=時刻, 縦軸=方位)  
右図は左図枠内を拡大し, 時刻毎の入力セットを示した図

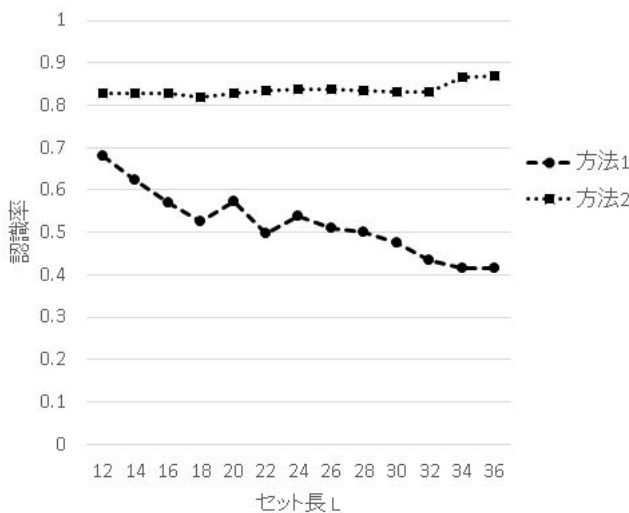


図 4 実験 2 の結果 (MLP を用いた認識)

す方法の方が大幅に認識率が高いことが判明した。方法 2 によって地磁気センサからの値を機械学習させた場合には、目標が実用レベルで達成できる見込みがあると判断した。

また結果から L を 34 より大きくしても認識率が向上する傾向が見られないことがわかった。しかしながら L=34 と定めた場合は 1.7 秒 (50ms × 34) 間の地磁気センサデータが貯まってから MLP に入力する必要が生じることを意味している。アプリケーションの種類によってはこの時間遅れが問題になるケースもあると思われるが今回の歯磨き診断用途では大きな問題とはならない。よって、このセット長 (L=34) であれば歯ブラシの往復運動の特徴を適切に学習し、かつ、時間遅れが許容できると判断した。

### 4.3 実験 3

実験 2 において、本課題解決のために機械学習を導入することが有効であると判断できた。そこで、本課題に適した機械学習手法を比較検討することとした。実験 2 で構築

した MLP に加え、実験 3 では CNN(Convolutional Neural Network) および RNN(Recurrent Neural Network)[13] を構築して比較した。

CNN (畳み込み型ニューラルネットワーク) は画像処理で使用されることの多い手法であるが、GPU (Graphics Processing Unit) を使用した並列計算に適しているなどの理由から近年時系列データを取り扱うためにも多く用いられている。本実験では、方位センサデータの 2 次元グラフ (横軸=時刻, 縦軸=方位) を計算機内部に作成し、そのグラフ画像を CNN に入力する構成とした。実験 2 の方法 2 (時系列範囲を 1 個ずつずらす方法) と併せて用いることで時系列データの取り扱いに強い構成とした。概念的には図 3 (右) に示される入力セット画像のすべてを CNN に学習させていることに近い。

50ms 毎に連続取得した地磁気センサのデータを L 個まとめてグラフ画像化し、それを 1 セットとして CNN の入力層に入力している (より詳細には、所定数のセットをまとめてミニバッチを構成し、このミニバッチ単位で入力層に入力している)。また、ニューラルネットが深層化した際でも過学習を防ぐことに有効であると言われる Dropout モジュール、および、学習精度を向上させる BatchNormalization モジュールを組み込んだ CNN 構成とした [13]。

RNN(再帰型ニューラルネットワーク) は自然言語や時系列データのような連続データを取り扱うことに適した手法である。本課題の方位データも時系列データであることから MLP を RNN に置き換えることで認識率向上が期待できる。本実験では、長期の時系列データにも対応可能と言われる LSTM (Long short-term memory) モジュールを組み込んだ RNN 構成とした。実験 2 の方法 2 (時系列範囲を 1 個ずつずらす方法) を用いて連続データのセットを作成するが、MLP や CNN の場合とは異なり、入力層のニューロン数は 1 個であり各セットの中のデータは一つず



つ入力層に入力される。

本実験では、セット長としては 34 に近い値を選んで用いた。実験 1 で収集した地磁気センサデータ 1,700 個を対象に、学習用データとテスト用データを 8:2 の割合で重複しないように取り出して認識テストを行った。

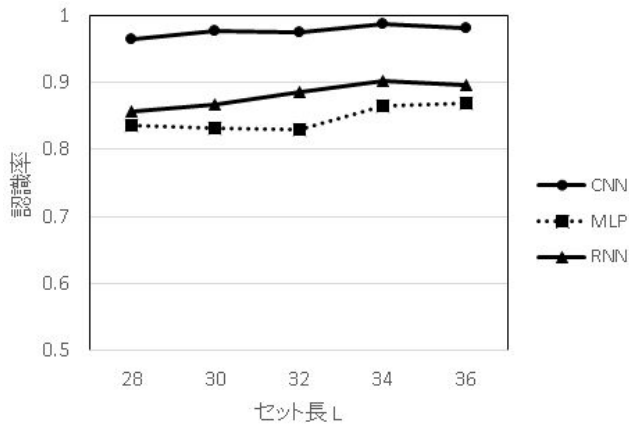


図 5 実験 3 の結果 (MLP, CNN, RNN の比較)

実験結果を図 5 に示す。MLP については実験 2 (方法 2) のグラフからの抜粋である。

MLP より RNN や CNN の認識率は高く、さらに、RNN より CNN の認識率が高い傾向にあることがわかった。

一般的に時系列データの取り扱いには RNN が適していると言われているが、RNN は自然言語のように長期時系列データの学習のために開発されてきた背景がある。歯磨きは短時間におなじ動作を繰り返すことが特徴的であって長期時系列データを扱う必然性はない。よって RNN を用いるメリットがあまり出なかったのではないかと推測される。以上のことから、本課題に用いる機械学習手法としては CNN を採用することとした。

また、CNN に地磁気センサのデータを何個まとめて入力層に入力すべきか (最適なセット長) についても、実験 2 で求めた値と同じく 34 以上に増やしても認識率が向上する傾向が見られなかった。よって L=34 と定めてシステムを構築することとした。L=34 の条件で CNN を用いて認識実験を 5 回行った結果、平均認識率は 98.3 % であった。

## 5. システム実装

前記プロトタイプを用いた実験により、歯ブラシに取り付けた磁石とスマートフォンの設置条件、時系列範囲を 1 個ずつずらして時系列データ入力することの有効性、CNN を用いることの優位性、適切なセット長がそれぞれ明らかとなり、この結果に基づいたシステムを実装した。

システムは前述のとおり、スマートフォンで動作する Web アプリケーションと、PC で動作する Web サーバと機械学習プログラムから構成されている (図 6 参照)。Web サーバと機械学習プログラムは LAN 内の Windows PC、

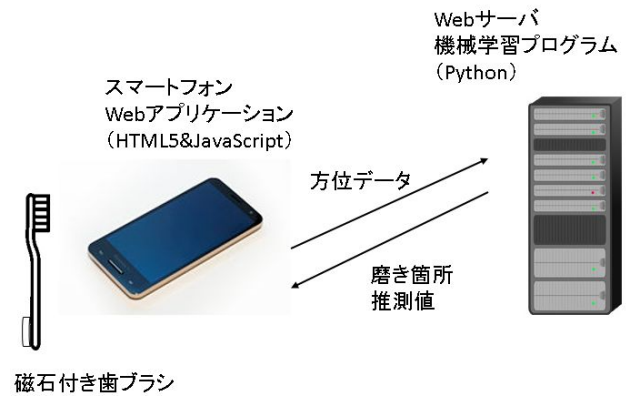


図 6 システム構成

および、レンタルサーバ上の Linux PC で稼働しており、前者であれば WiFi 通信、後者であればモバイルデータ通信によってスマートフォンから接続可能となっている。

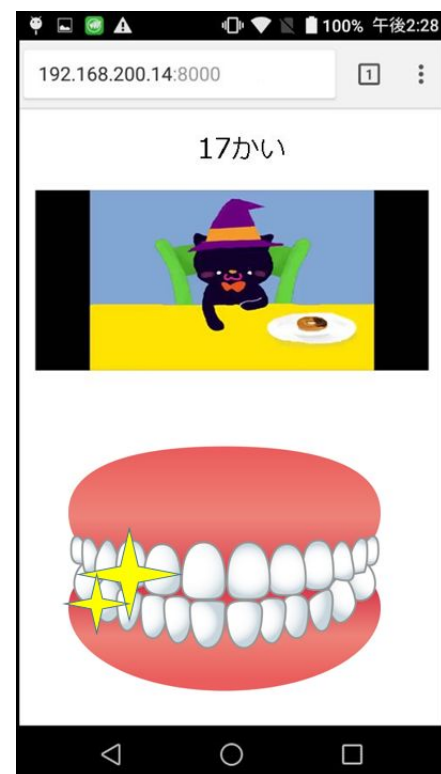


図 7 アプリケーションの動作画面

スマートフォンで動作する Web アプリケーションは 1.7 秒毎 (地磁気センサが検出した方位データが 34 個たまったタイミング) に PC の Web サーバにデータ送信する。PC の Web サーバは、受け取った方位データを機械学習プログラムに送り、機械学習プログラムは学習済みの CNN に方位データ 34 個をわたしてどの箇所を磨いているかの推測値を算出する。その推測値は Web サーバ経由でスマートフォンの Web アプリケーションに返され、画面上のアニメーションの動きに反映される。

構築したアプリケーションの動作画面を図 7 に示す。星

が輝くアニメーションによって歯磨き箇所が逐次表示されるようになっている。

#### 5.1 実験 4

構築したシステムを幼児 5 名 (6 歳児 2 名, 5 歳児 1 名, 4 歳児 2 名) に実際に使用してもらい, それぞれの親 5 名に対してヒアリングを行った。「正確性が目に見えてよい。今後も使いたい」、「今までにない新鮮なアプリケーションで楽しい」、「スマートフォンが身近な存在なので便利」などの回答が得られた。

また, 同じ親 5 名に 5 段階アンケートに回答してもらったところ, 「実用性はあると思うか」については平均 4.6 点, 「親子間コミュニケーション促進の効果はあると思うか」については平均 4.4 点の評価を得た。

#### 5.2 実験 5

追加の実験として, より難度が高いと思われる歯の表側の 4 箇所 (右上, 右下, 左上, 左下) を特定する実験を行った。実験時, スマートフォン本体下部と口の距離およびスマートフォン本体下部と磁石の距離は概ね 10cm から 15cm であった。50ms 毎の地磁気センサデータ約 2,000 個を得て, 学習用データとテスト用データに分けて用いた。スマートフォンには ASUS Zenfone5 を用いた。

被験者 2 名を対象に実験を行い認識率の平均を算出したところ 95.5 % であった。当初, 同じ側の歯の上と下の区別は難しいのではないかと予想していたが, 右・中央・左の 3 箇所を区別する場合より精度は低いものの, 実用的な精度が得られる可能性があることがわかった。

歯ブラシの様子を観察していると, 右利きの被験者は, 特に右側を磨く時, 上歯と下歯を磨くときの歯ブラシの握り方が異なっており, 上歯を磨くときより下歯を磨くときの方が歯ブラシの柄の動きのバラツキが大きいことが見受けられた。歯磨きをする時の人それぞれの癖のようなものがある。それを機械学習が学習した可能性がある。

## 6. まとめ

歯ブラシに取り付けた磁石とスマートフォンに搭載されている地磁気センサを用いた幼児対象歯磨き支援システム migaco2 について提案した。過去に開発した migaco によせられた「子どもが歯全体をちゃんと磨いているか知りたい」、「磨き残り箇所がわからないか」という要望に応えるべく, migaco2 では磨いている箇所を特定する機能を実現することを主な目標と定めて開発を行った。この機能の実現のために新たに機械学習の導入を検討しプロトタイプを構築して実験を行った。その結果, migaco 開発段階では実現困難と判断していた歯磨き箇所の特定が, 機械学習を導入した migaco2 では可能となった。

歯ブラシ動作は人によって個人差があり, また, 環境に

よってスマートフォンと磁石の距離や位置関係が違ってくるため, 実際に使用するユーザや使用環境に併せて再学習を行う必要があると思われる。たとえば今回はセット長 L を 34 と定めてシステムを実装したが, ユーザの歯ブラシを動かす速度を検出して自動調整するようにした方がよい可能性がある。現状の migaco2 にも再学習のための機能は備わっているが, より柔軟に学習を行えるように機能追加やユーザインタフェースの改良を行いたい。また, 磨き残り箇所をわかりやすく知らせるユーザインタフェースについても改善したい。

なお本研究は JSPS 科研費 16K00506 の助成を受けたものです。

#### 参考文献

- [1] 井上: ゲーミフィケーション, NHK 出版.
- [2] ゲーミフィケーションとは?, SMMLab (ソーシャルメディアマーケティングラボ) <http://smmlab.aainc.co.jp/?p=19553> (2014)
- [3] Yuhas, D.: Three Critical Elements Sustain Motivation, Scientific American, <http://www.scientificamerican.com/article/three-critical-elements-sustain-motivation/> (2014)
- [4] 久保田: なぜゲーミフィケーションは効果的なのか? (Why Gamification Works?), <http://hiromikubota.tumblr.com/post/7921791774/why-gamification-works> (2014)
- [5] 小田川, 篠塚, 市村: migaco:歯ブラシ動作計測による幼児対象歯磨き支援, 情報処理学会 グループウェアとネットワークサービス研究会報告, GN-101 (9), PP.1-8 (2017)
- [6] 子どもの歯みがきに関する調査, ウィステリア製薬株式会社, <https://prtmes.jp/main/html/rd/p/000000003.000019240.html> (2016)
- [7] GUM Play, サンスター, <https://www.gumplay.jp/> (2018)
- [8] 市村, 矢澤, 戸丸, 渡邊: 家事をゲーミフィケーション化する試み ~ 掃除への適用 ~, 情報処理学会 DICOMO 2014, 6A-2, pp.1285-1290, (2014)
- [9] Ichimura, S.: Introducing Gamification to Cleaning and Housekeeping Work, Proceedings of 9th International Conference on Collaboration Technology (CollabTech'17), LNCS10397, Springer, pp.182-190 (2017)
- [10] 根本, 高橋, 林, 水谷, 堀田, 井上: ゲーミフィケーションを活用した自発的行動支援プラットフォームの試作と実践, 情報処理学会 グループウェアとネットワークサービス研究会報告 GN-87 (17), pp.1-8 (2013)
- [11] 吉野, 森田: AR を用いたコンセントプラグを抜く習慣付け支援システム「ぶらとん」の開発と評価, 情報処理学会 DICOMO2013, pp.632-640 (2013)
- [12] Chainer: A flexible framework for neural networks, <https://chainer.org> (2018)
- [13] 斎藤: ゼロから作る Deep Learning - Python で学ぶディープラーニングの理論と実装, オライリー・ジャパン (2017)
- [14] <https://www.python.org/> (2018)