

食行動改善を促すスマートフォン連動型センサ内蔵フォーク

門村 亜珠沙^{1,a)} 李 争原^{2,b)} 塚田 浩二^{3,c)} 朱 浩華^{2,d)} 椎尾 一郎^{1,e)}

受付日 2014年5月6日, 採録日 2014年10月8日

概要: 本論文では, ユーザの食行動 (食動作と食材の色) を検出するフォークと, そのフォークと連動するスマートフォンゲームの設計について述べる. 本システムは, 『偏食』や『遊び食い』という食問題を持つ幼い子供を対象に, 適切な食行動改善を動機付けながら, バランスの良い食事の重要性について教育することを目的としている. ユーザの食行動を検出するために, 我々は, センサが組み込まれたフォーク型デバイス: センシングフォークを実装し, さらに, そのセンシングフォークと連動するスマートフォン上の食育絵本とゲームアプリケーション: 腹ペコパンダを開発した. また, 本システムの有用性を確認するために, 実験室環境での性能評価と実環境でのユーザ評価を行った.

キーワード: 子供, 食行動, 食材の色, スマートフォン, 説得技術, センシング, フォーク

Persuasive Application Using Sensing Fork to Improve Eating Behavior

AZUSA KADOMURA^{1,a)} CHENG-YUAN LI^{2,b)} KOJI TSUKADA^{3,c)} HAO-HUA CHU^{2,d)} ITIRO SIIO^{1,e)}

Received: May 6, 2014, Accepted: October 8, 2014

Abstract: This paper describes the design of a digital fork, which detects user's eating behavior (eating action and food type), and a mobile interactive and persuasive game for a young child who is a picky eater and/or easily distracted during mealtime. The system aims to educate children on the importance of a balanced diet while motivating proper eating behavior. To sense a child's eating behavior, we have designed and prototyped a sensor-embedded digital fork, called the Sensing Fork. Furthermore, we have developed a storybook and persuasive game, called the Hungry Panda, on a smartphone. We report the results of a performance evaluation and a real-life user study that involved mother-child subjects and tested the effectiveness of our system in addressing the children's eating problems.

Keywords: children, eating behavior, food color, fork, sensing, smartphone, persuasive technology

1. はじめに

子供を持つ多くの親は, 『言葉による説得』に限界を感じた経験があるだろう. たとえば, 親が子供に健康的な食習慣を身に付けさせようとして, 「緑のお野菜も食べようね」・

「残さずに食べようね」と何度話しかけても, 子供の食行動を改善することは難しい. 子供にとっては, 言葉のみの説得では食生活を改善する動機を十分に見出せないのである. そこで我々は, 子供たちが食行動を改善するときに, より楽しくやる気を引き出す手法が重要だと考える. この目的のために, コンピュータ技術は適用可能だろうか? これまでもヒューマンコンピュータインタラクション (以下, HCI) の分野では, 歯磨きを飽きずに楽しく行うことを促すシステム [2] や, 座りがちな生活を避けるためのシステム [11] など, 日常の多様な行動を改善するために, ユーザのやる気を引き出すためのコンピュータ技術が提案されてきた [6]. 我々は, これらの研究の中でも遊び心に訴える手法が, 特に子供たちに効果的であると考えた.

¹ お茶の水女子大学
Ochanomizu University, Bunkyo, Tokyo 112-8610, Japan
² 國立台灣大學
National Taiwan University, Taipei 10617, Taiwan
³ 公立はこだて未来大学/JST CREST
Future University Hakodate, Hakodate, Hokkaido 041-8655, Japan
a) azusa@is.ocha.ac.jp
b) d99922035@csie.ntu.edu.tw
c) tsuka@acm.org
d) hchu@csie.ntu.edu.tw
e) siiio@is.ocha.ac.jp



図 1 実環境でセンシングフォークと腹ペコパンダゲームアプリケーションを使用する様子

Fig. 1 Overview of the Sensing Fork and Hungry Panda game application.

一方、バランスの良い食事を摂取することは、健康を維持するうえで重要な要因であり、健康と密接に関連している。そのため食育活動は、次世代を担う子供たちに対し、将来的に健康を維持するための重要な施策である。先進国では、政府がウェブ上などで食に関する情報を発信し、学校でも食育の授業を実施するなど、食育を推進している^{*1,*2}。

日本でも、2005年に、バランスの悪い栄養摂取や野菜摂取量の不足などの不健康な食習慣の増加を危惧し、人々が活発で健康的な生活を楽しむことができるように、食育基本法が制定された^{*3}。その結果、多くの幼稚園や学校では、食育活動を実施し、教員らは子供たちに、バランスの良い食事や栄養について説明を行うなどして、様々な種類の食材を食べることを促している。しかし、子供に健康的な食習慣の重要性を納得させ、その実行を促すことは、時間・知識不足などの理由から多くの親にとって難しい。したがって、我々は、家庭内の食事時間に適した食育の新たな方法が必要であると考えた。

そこで、我々は小さな子供にとって身近な食器であるフォークを HCI 技術で拡張することによって、子供たちに食行動を改善することのやる気を持たせ、子供たちが楽しく自然に食習慣を改善するシステムの実現を目指す。本システムでは、様々な食材の摂取を促進するために、子供たちが理解しやすいように食材の色を活用する。それぞれの食材の種類や役割を学習しなくても、異なる色の食材の摂取を促すことで、結果としてより多様な栄養素を摂取できるであろう。また、赤・白・黄・緑・黒といった5色を一度の食事で摂取することで食育を支援する食材5色バランス健康法 [16] も提案されており、色に着目した食育手法には一定の有効性があると考えられる。

多様な色の食材摂取を促すことを目的に、本研究では、電

極、モーションセンサ、カラーセンサ、Bluetooth モジュールなどを内蔵したフォーク：センシングフォークと、スマートフォンゲーム：腹ペコパンダゲームアプリケーションの設計と実装を行った (図 1)。腹ペコパンダゲームアプリケーションは、Bluetooth 経由でセンシングフォークが取得したデータから推定されるユーザの食行動 (食動作と食材の色) に応答することで、子供の食習慣の改善を目指す説得力のあるゲームである。また、これらのシステムの性能と有用性を明らかにするために、性能評価と実際の家庭においてのユーザ評価を行った。

2. 関連研究

食事は、我々が生活をするうえでとても重要な行動であるため、HCI の分野においても、食に関する多くの研究が発表されている [3]。Grimes らは、食事とコンピュータの関係性について調査・議論を行っている [7]。Mansour らは、栄養バランスの良し悪しを学ぶことができる若者向けのコンピュータゲームを開発している [13]。Parker らは、食事に関するウェブ広告に、栄養素や適切な食べ合わせをあわせて示した場合の、子供たちへの影響の調査や [15]、大人向けに健康的な食事を選択する方法を学ぶことができるゲームを開発している [8]。これらの研究以外にも、食育支援のための様々なサービス^{*4,*5}が存在するが、その多くは PC やスマートフォン上のみで動作するものである。

一方、コンピュータ画面内にとどまらず実世界の場で、人の食行動に対応したインタラクションを実現するために、食事の場にセンサやコンピュータを組み込む研究も多数行われている。Playful Tray [12] は、皿の横に取り付けたディスプレイから食事の進行に合わせて視覚的フィードバックを与えることで、食べるのが遅い子供を支援するシステムである。Nakamura らは、食器に電気刺激機能を付加することで、減塩を支援するシステムを提案している [14]。Hapifork [9] は、食材を口に運ぶ頻度から早食い行動を検出し、振動で知らせるフォーク型デバイスである。また、本研究に先立って我々は、ユーザが食材を食べた瞬間に音フィードバックを返すことで、食行動改善を目指すフォーク型デバイスを開発してきた [10]。しかし、これらのシステムは、少数のセンサにより特定の食動作を検出していた。食事時の動作や摂食している食材の種類など様々な状況を検出することで、さらに的確なフィードバックによる子供の食行動改善が実現できる。そこで本研究では、多様なセンサを搭載したフォークにより、ユーザが『どのように』『何を』食べているのかを検出し、タイミング良く適切なフィードバックを返すことで、より説得力のある食育支援を目的とした。

*1 アメリカ合衆国農務省：http://www.choosemyplate.gov

*2 英国国民保健サービス：http://www.nhs.uk/livewell/5ADAY/Pages/5ADAYhome.aspx

*3 日本内閣府：http://www8.cao.go.jp/syokuiku/index.html

*4 ネスレ日本株式会社：

http://nestle.jp/wellness/kids/senior/world

*5 江崎グリコ株式会社：http://www.glico.co.jp/shokuiku/game

3. システム概要

本システムは、複数のセンサを組み込んだフォーク：センシングフォークと、フォークと連動するスマートフォンアプリケーションから構成される（図 2）。スマートフォン上のソフトウェアには、3つの機能がある。まず、フォークのセンサデータからユーザの食行動を検出する：食動作検出部、次に、フォークに刺さった食材を判別する：食材判別部、そして、子供の食習慣の向上を目指した：腹ペコパンダゲームアプリケーションである。これらの機能を組み合わせて、ユーザが『どのように』『何を』食べているのかを検出し、適切なフィードバックを返すことで食育を支援する。また、本システムは、フォークといった食器自体にセンサを組み込むことで、食事の場に新たな検出デバイスを設置することなく、そして、通常の食器の機能を変更することなく、ユーザの食行動の検出を可能にする。以下、本システムのプロトタイプ設計と実装について述べる。

4. プロトタイプ設計

4.1 ハードウェア

図 2 に示すように、センシングフォークは、電極、モーションセンサ、カラーセンサなどを内蔵している。取得したセンサデータは、Bluetooth 経由でスマートフォンに送信され、そこで食行動（食動作と食材の色）の検出が行われる。また、市販されている子供用フォークを参考に、小さな子供でも使用できることを目標とした結果、フォーク握り部分のサイズは $L80 \times W25 \times H15$ mm、全体の重さは 37g となった。以下、各モジュールについて説明する。

4.1.1 電極

人体や食材が導電性である特徴を利用した摂食動作検出を実現するために、フォークの先端部分と握り部分に計 3つの電極を設置し（図 2 左上）、マイコンの AD 変換器（ADC1, ADC2）に接続した（図 3）。先端部分の両端 2つ

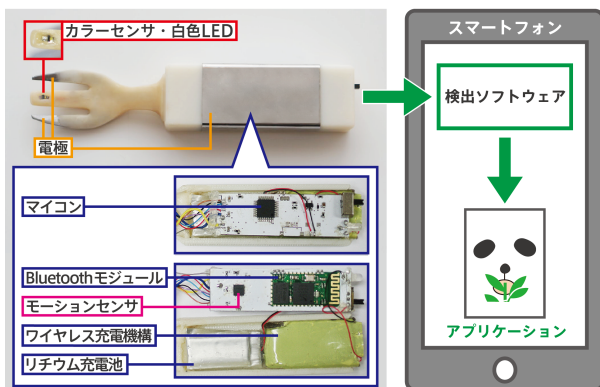


図 2 システム構成。左：センシングフォーク本体。右：スマートフォン上のソフトウェア

Fig. 2 System configuration. Left: The Sensing Fork prototype. Right: The software on the smartphone.

の電極は、食材とフォークが接触したことを検出し、同時に食材の電気抵抗値を測定し、これを食材の推定の一要素として利用する。一方、握り部分の電極は、先端部分が食材を介してユーザの口に触れたとき、握り部分、人体（手から口）、食材、先端部分で構成される回路に微弱な電流が流れる。ここで、先端と握り部分の電極間の電気抵抗値を測定することで、フォークに刺さっている食材がユーザの口に接触したこと（＝摂食動作）を検出している。

4.1.2 モーションセンサ

モーションセンサとして、3軸加速度・3軸ジャイロセンサ（InvenSense 社：MPU-6050）を組み込むことで、フォークの状態を検出する。この検出に関して、4.2.1 項で詳しく説明する。なお、現在の実装では、3軸加速度の値のみで検出を行っている。

4.1.3 カラーセンサ

フォークの先端部分中央には、RGB、輝度値を検出するカラーセンサと食材の中を照射するための白色 LED を並べて組み込んだ（図 2 左上）。カラーセンサ（TAOS 社：TCS3414）は $L2.1 \times W1.9 \times H0.9$ mm と超小型であり、フォークに接触した食材の色（RGB 各色と輝度）を 1024 段階で検出し、マイコンに送信する。フォークが食材の中に差し込まれると、白色 LED が点灯し、カラーセンサが食材の色を測定する。なお、上述した先端部分の電極とカラーセンサ基板は、歯科用白色レジンでフォークの形状に固定し、食の安全性とセンサ部品の防水を考慮した。

4.1.4 その他のモジュール

握り部分内部のメイン基板上にはマイコン、Bluetooth モジュール、リチウムイオン充電電池、およびワイヤレス充電機構を搭載した（図 2 左下）。マイコンは Atmel ATmega328P を利用し、Arduino 互換機として実装した。Bluetooth モジュールは、上述したセンサデータをスマートフォンに送信する。通信頻度は 10Hz とした。リチウムイオン充電電池はサイズと重量を考慮して 120mAh のものを内蔵し、さらに無線充電機構を備えることで、完全にワイヤレスなデジタルフォークを実現した。

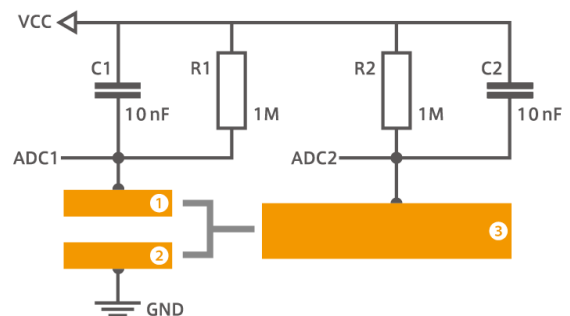


図 3 電極とその周辺回路図。①と②はフォーク先端部分の電極、③はフォーク握り部分の電極を示している

Fig. 3 Electrodes and resistance sensing schematic. ① and ② represent two fork's tines. ③ is the fork's grip.

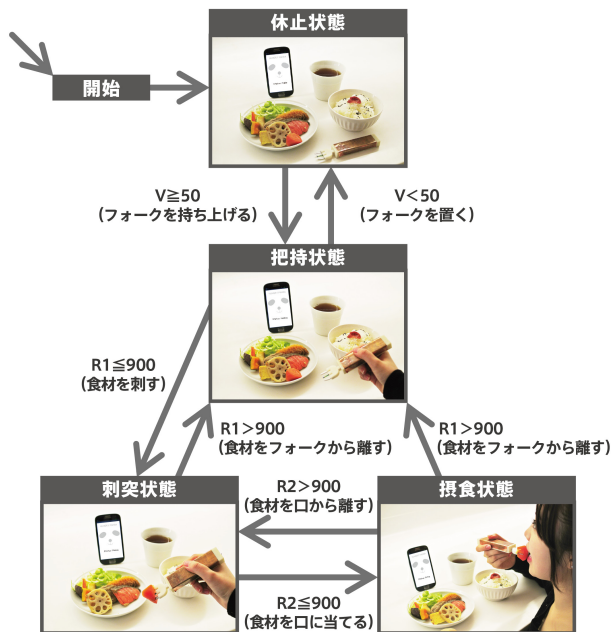


図 4 各食動作の状態遷移図

Fig. 4 State transition diagram of eating actions.

4.2 ソフトウェア

4.2.1 食動作検出部

食動作検出は、センシングフォークから Bluetooth 経由で送信されるセンサデータをもとに、スマートフォン上のアプリケーションで判定する。本システムでは、フォークの状態から 4 種類の食動作を推定する。図 4 に各食動作の遷移図を示す。V は、サンプリングレート 10 Hz で取得しているモーションセンサにより計測した最新の 5 サンプルから各軸の分散を計算しこれらを合計した値である。R1 はフォーク先端部分の両端 2 つの電極間の電気抵抗値であり、R2 は先端と握り部分の電極間の電気抵抗値（それぞれ AD 変換値）である。用いた閾値は、開発段階で食動作を繰り返した結果により決定した。以下、各食動作の状態とそこから推定されるユーザーの状況を説明する。

- (1) 休止状態：ユーザーがフォークを握っていない（フォークが静止している）状態のことである。ユーザーがフォークのみを使用していると仮定すると、ユーザーが食事のための動作をしていないと推定できる。
- (2) 把持状態：食材を刺していないフォークをユーザーが手に持っている状態のことである。この状態からは、ユーザーがフォークを持ち上げて、何かしらの食材をフォークで食べようと考えていると推定できる。
- (3) 刺突状態：ユーザーが食材をフォークで刺した状態のことである。この状態からは、ユーザーが食材を刺したが、まだ摂食していないことが推定できる。刺突状態を機に、4.2.2 項で説明する食材判別を開始する。
- (4) 摂食状態：フォークに刺さっている食材がユーザーの口に接している状態のことである。この状態からは、ユーザーがフォークに刺さっている食材を食べているこ

とが推定できる。

4.2.2 食材判別部

食動作検出と同様に、食材判別もスマートフォン上のアプリケーションで行われる。本システムでは、フォークに刺さった食材の色と電気抵抗値を利用する。以下、食材判別のための 4 つの機能について述べる。

- (1) 食材サンプル選択：センサ値が安定したところで食材推定を行うために、次の処理を行う。まず、10 Hz でサンプリングした 5 測定値をまとめて 1 つのウィンドウにし、この範囲を 1 測定値ずつ移動しスライディングウィンドウとする。こうして得られるウィンドウに含まれるセンサ値の分散を計算し、これが閾値よりも低い場合には、このウィンドウ内のセンサ値を利用して、後述 (4) のように食材の種類を推定する。
- (2) 特徴抽出：フォークから取得した食材の RGB、輝度値と抵抗値は、食材の種類を判別するために使用する。抵抗値は、水分量が大きく異なる食材の判別には有用である。一般に RGB 値は、周辺環境光の影響も含め光の強度に対して直線的に増加する。そこで、RGB 値から輝度の影響を取り除くために CIE 表色系^{*6}の色度に変換した。さらに、各 RGB 値の差 (R-G, R-B, G-B) も特徴として利用した。これらの食材の判別に対する寄与は食材によって異なるが、後述 (3) の機械学習によって、最適な寄与率に設定される。
- (3) 機械学習に基づく分類：本システムは、機械学習手法として、他の主要な分類器よりも高い識別能力があるサポートベクタマシン [5] を利用し、LIBSVM [1] を用いて分類器を実装した。分類器構築には多項式カーネルを用い、one-against-one 多クラス分類法を採用した。分類器の学習には、食事前にユーザー自身が行う場合と、システム開発段階で我々が事前に分類器を学習しておく場合が考えられる。本研究では毎日の食卓での利用を前提とするため、ユーザー側の負担軽減を重視して、後者の方法を採用することにした。
- (4) オンライン判別：今回開発した食材判別システムは、Java 用 LIBSVM ライブラリを使用して Android プラットフォーム上で実装した。ここでは、前述 (1) のスライディングウィンドウ中の 5 測定値に対して分類器を用い、得られた結果の多数決によって食材をリアルタイムに判別する。

上述した 4 種類の食材判別機能を使用し、ユーザーが食事中に食材を刺している間、その食材の色と抵抗値をリアルタイムに記録する。後述する食育ゲームの実装では、ユーザーが摂食状態に移行する直前の食材を食材 5 色バランス健康法に基づく 5 色【赤・白・黄・緑・黒】に分類した。

^{*6} CIE 表色系色空間 (xyY 表色系) :
http://en.wikipedia.org/wiki/CIE_1931_color_space



図 5 腹ペコパンダゲームアプリケーションの画面例

Fig. 5 The story and flow of Hungry Panda application.

4.2.3 食育ゲーム：腹ペコパンダゲームアプリケーション

本研究では、子供の食行動改善、特に、様々な種類（色）の食材摂取を促すことを目指し、センシングフォークの取得したデータを活かしたスマートフォンゲーム：腹ペコパンダゲームアプリケーションを実装した。普及状況と汎用性を考慮し、フィードバック装置としてスマートフォンを使用した。また、多くの子供に親しまれているパンダをフィードバックの題材とした。

腹ペコパンダゲームアプリケーション（以下、パンダアプリ）は、(1) 食事前のインタラクティブな食育絵本と、(2) 食事中にポイントを集める食育ゲーム、から構成される。

(1) 食育絵本

我々は、子供が後の食育ゲームへ自然に集中できるようにインタラクティブな食育絵本を制作した。そこで我々は、共感性のある物語を考えた。まずパンダアプリを開始すると、お腹を空かせたパンダがユーザ（子供）と遊びたい旨が表示される（図 5(A)）。これは、子供がパンダに親しみを感じることでパンダに共感しやすくなることを目的としている。図 5(B) では、倒れ込んだパンダがお腹が空いて元気が出ない旨が表示される。これは、食事の時間が始まることを暗示的に子供に伝えることを目的としている。図 5(C) では、5 色の笹の葉を食べて元気になって遊ぼうという旨が表示される。これは、5 色を摂食することがバランスの良い食事につながることを子供に伝えることを目的

としている。図 5(D) では、5 色が【赤・白・黄・緑・黒】ということとフォークを持ったパンダが 5 色バランス良く食べ終わってから遊ぼうという旨が表示される。また、親が子供に絵本を読み聞かせるといった、従来の親子や家族の関係を維持し、家庭内で楽しく学ぶ機会を提供したいと考えた。そのため、パンダアプリでは、物語を読む音声はあえて加えず、効果音のみが再生される。

(2) 食育ゲーム

食育絵本が終わると、悲しい表情のパンダが「お腹が空いたよ」と喋る（図 5(E)）。そしてパンダは、子供が摂食する食材の色と同じ色群の笹の葉を把持・摂食して、子供と同じ食行動を行う。つまり、子供がピーマン【緑】を摂食したら、パンダも緑の笹の葉を摂食する（図 5(F)）。また 4.2.2 項で述べたように、パンダアプリでは、食材 5 色バランス健康法をもとに、子供が摂食する食材を 5 色【赤・白・黄・緑・黒】に分類している。これにより、色の異なる食材の摂取を促し、結果としてバランス良く食事をする習慣の定着を目指す。また、5 色に限定することで、食育ゲームがシンプルになり、多くの食材をバランス良く摂取する行動を分かりやすく子供に促すことができると考えた。

繰り返しになるが、パンダアプリは、ユーザ（子供）と同じ行動をするお腹を空かせた動物（パンダ）に子供自身が共感することで、実際の子供の行動に影響を与えることを意図している。さらに、『偏食』や『遊び食い』という子供の一般的な食の問題^{*7}の改善を目指す。まず、子供が別の色の食材を食べるたびに、摂食した色と同じ色群の笹の葉ポイントを獲得することで、画面下の笹の葉の色が徐々に濃くなる。これにより、高得点を得るために、より多くの食材摂取を動機付ける（図 5(F)）。次に、子供が食事時間中に一定時間摂食動作を停止したときには、パンダが「もっと食べたいよ」と訴えかける（図 5(G)）。これにより、子供が食事に集中することを促す。最後に、終了ボタンを押すと、獲得した笹の葉ポイントの数に対応したアニメーションが表示される（図 5(H), (I)）。これもまた、様々な食材を摂食するための動機付けを目的としている。

5. 性能評価

以下、食動作と食材判別の検出精度について述べる。

5.1 食動作検出について

食動作検出の精度を確認するために、6 人の実験協力者（男女各 3 人、21-28 歳）にセンシングフォークで、食材（一口サイズのチーズ）を 5 回食べてもらった。一連の食動

^{*7} 厚生労働省、2005 年度乳幼児栄養調査：
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/83-1.html>

作の認識精度を評価するため、1回食べるごとに、フォークを机に置くように指示した。すなわち、【把持状態1→刺突状態→摂食状態→把持状態2→休止状態】の順で一連の食動作が行われた。食動作に関するこの他の指示は行わなかったため、実験協力者は各自の通常の食動作で行った。なお、すべての実験協力者はセンシングフォークを初めて使用した。本実験では、実験協力者の動作と検出結果を表示するスマートフォン画面を同時にビデオ撮影した。実験後、ビデオをフレームごとに目視で観察し、実験協力者の動作と検出結果を比較した。なお、実験協力者の食動作の遷移は、【把持状態1：フォーク全体が机から離れた瞬間】【刺突状態：フォーク先端が食材に触れた瞬間】【摂食状態：食材が上下の唇を結ぶ線分に到達した瞬間】【把持状態2：口からフォークが離れた瞬間】【休止状態：フォークの一部が机に置かれた瞬間】が撮影されたフレームで判定

表 1 各食動作の認識率。括弧内の数値は実験協力者が各食動作をし、システムがその食動作を認識するのに要した平均時間(秒)

Table 1 The accuracy of detecting each eating action. The numbers in parentheses denote the average time (sec.) required to detect each eating action.

食動作	実験協力者						平均
	A	B	C	D	E	F	
把持状態 1	100% (0.3)	100% (0.5)	100% (0.3)	100% (0.5)	100% (0.6)	100% (0.3)	100% (0.4)
刺突状態	100% (0.4)	100% (0.3)	100% (0.9)	100% (0.3)	100% (0.5)	100% (0.5)	100% (0.5)
摂食状態	100% (0.1)	80% (0.1)	60% (0.2)	80% (0.2)	80% (0.2)	60% (0.3)	77% (0.2)
把持状態 2	100% (0.3)	100% (0.5)	100% (0.6)	100% (0.7)	100% (0.5)	100% (0.8)	100% (0.6)
休止状態	100% (1.5)	100% (1.3)	100% (1.5)	100% (1.4)	100% (1.3)	100% (1.2)	100% (1.4)

した。

各食動作の認識率と、システムがその食動作を認識するのに要した平均時間を表 1 に示す。実験協力者ごとに、上述した5食動作をそれぞれ5回、合計25回の食動作を行ってもらったところ、全体として95%の認識率であった。誤認識はすべて【摂食状態】の認識で発生しており、【刺突状態→摂食状態】と認識されずに【刺突状態→把持状態2】と誤認識されていた。誤認識された実験協力者の【摂食状態】をビデオから観察したところ、誤認識された場合の摂食時間は平均0.3秒、また正しく認識された場合は平均0.7秒であり、食材を介して口がフォークに接触している時間はこれよりさらに短い。設計段階で想定した以上にユーザが素早く行動したことで、正確な認識が行えなかったと考えられる。将来、電池性能が向上した場合には、現在10Hzであるセンシング頻度を上げることで、対応できると考えている。また、【休止状態】の認識時間は平均1.4秒であり、他より時間がかかっている。【休止・把持状態】の遷移は、過去0.4秒のモーションセンサの分散値で判断しているが、【把持状態2→休止状態】の判定閾値を厳しく設定しているため、判定により時間がかかっていると考え



図 6 各レシピの食材内容例

Fig. 6 The examples of food items in three recipes.

表 2 交差検定における17種類の食材の分類を評価した結果の混同行列。括弧内の色は5色に分類した場合の色群

Table 2 The confusion matrix of classifying food types. The colors in brackets denote the color group of classifying 5 colors.

予測 \ 実際	豚肉	牛肉	マグロ	トマト	ニンジン	赤ピーマン	米	カボチャ	黄ピーマン	サツマイモ	卵	ホウレンソウ	ブロッコリー	緑ピーマン	シタケ	エリンギ	ヒジキ
豚肉【赤】	39	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
牛肉【赤】	11	36	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1
マグロ【赤】	0	0	45	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
トマト【赤】	0	0	2	42	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ニンジン【赤】	2	0	0	2	45	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
赤ピーマン【赤】	0	0	1	6	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
米【白】	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
カボチャ【黄】	0	0	0	0	0	0	0	48	1	0	1	0	0	0	0	0	0
黄ピーマン【黄】	0	3	0	0	0	0	0	3	43	0	0	0	0	0	0	0	1
サツマイモ【黄】	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0
卵【黄】	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	48	0	0	0	0	0	0
ホウレンソウ【緑】	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	0	3	1	0	3
ブロッコリー【緑】	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	2	40	1	1	0	1
緑ピーマン【緑】	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	41	0	1	3
シタケ【黒】	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	46	0	0
エリンギ【黒】	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	49	0
ヒジキ【黒】	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	5	0	5	0	0	37

られる。現在のパンダアプリでは、【休止状態】が約 15 秒継続した後に、関連するアニメーション再生を行うため、閾値を厳格に設定しても問題ないと判断している。また、フォークの一部が机に触れた瞬間を【休止状態】の開始としており、その後もフォークが動いていることも、認識時間が長くなった理由と考えられる。

5.2 食材判別について

様々な食材をバランス良く使用した食事において、4.2.2 項で述べた食材判別手法の性能を確認するために評価実験を行った。それに先立って、食事状況等調査報告書^{*8}を参考に、日本料理・中華料理・洋風料理における 5 色【赤・白・黄・緑・黒】バランスの良いレシピを考えた(図 6)。各レシピの食材に加えて、一般的に子供が嫌いとする食材も含め、計 17 種類の食材を用意した。同じ食材でも調理方法や品種の差などで、各食材の色や抵抗値が変わってしまうため、それぞれ 5 通りに調理または、品種が違うものを用意し、その結果、85 種類の調理された食材を得た。

初めてセンシングフォークを使用した所属研究室の学生 4 人と筆者の 1 人は、各食材の異なった箇所を、通常の食事と同様の動作で 10 回ずつセンシングフォークで刺し、このときの RGB、輝度値と抵抗値を記録した。この作業を 85 種類の食材において分担して行い、合計 850 組の測定データを取得した。そして、食材分類の精度を評価するために、全データから 1 割のデータを評価データとしてランダムに取り出す 10 分割交差検定から得られる F 値の平均により精度を求めた。全体的な精度は、87.5%であった。表 2 に、交差検定における 17 種類の食材の分類を評価した結果の混同行列を示す。誤分類の多くは、似た色の食材が原因であり、たとえば、マグロとトマトと赤ピーマンは同じ食材だと誤認識されていた。ただし、パンダアプリにおいては、これらは同じ色群になるため、結果として差異は生じない。なお、本実験によって学習した分類器は、後述のユーザ評価のパンダアプリでも使用する。

6. ユーザ評価

本章では、実環境における本システムの実用的な性能、食行動改善に対する有用性を評価するために行ったユーザ評価実験について報告する。

6.1 手法

本実験には、5 組の親子の協力を得た。子供の年齢・性別と本実験に先立って母親が回答した子供の問題としている食行動と嫌いな食材を表 3 に示す。以下、子 A～E 対

表 3 実験参加者の詳細

Table 3 Details of participants.

実験参加者	年齢	性別	問題とする食行動	嫌いな食材
子 A	2	男	偏食	野菜全般
子 B	3	女	偏食、遊び食い	野菜全般
子 C	5	女	偏食、遊び食い	キノコ類
子 D	7	女	偏食	ピーマン
子 E	8	女	偏食	野菜全般

する親を親 A～E とする。ただし、子 D は子 A の姉であるため、子 D の親は親 A である。すべての親子とも、本システムを初めて使用した。我々は、各母親に本実験の流れと簡単な使用方法を直接説明し、センシングフォーク（ワイヤレス充電器含む）・スマートフォン（充電器含む）・日記・説明書が入っているユーザ評価セットを手渡した。

本実験は、9 日間の実環境での運用と実験後の調査から構成される。実環境での運用では、我々は母親に、食事前の料理写真を撮ること、食事中はビデオで録画すること、そして、毎日の感想や子供の様子などを日記に記載することを指示した。子供には 4～6 日目【期間 2】に本システムを、1～3 日目【期間 1】と 7～9 日目【期間 3】には通常のフォークを使用してもらった。そして、各母親には、3 種類の料理（日本料理・中華料理・洋風料理）を作ることを指示した。この際、各家庭で差が生じないように、5.2 節の性能評価で用いたレシピ例のとおり、主菜は『日本料理ではマグロの刺身、中華料理では酢豚、洋風料理ではハンバーグ』、かつ、子供の嫌いな食材を含め、5 色【赤・白・黄・緑・黒】バランスの良い料理を作ることを指示した。そして、1, 4, 7 日目は日本料理、2, 5, 8 日目は中華料理、3, 6, 9 日目は洋風料理といったように、各期間において、各料理を繰り返すこととした。一部の食材を指示した一方で、調理方法や食材の品種の選択は厳密に管理せず、各母親に任せた。また、通常の家計の雰囲気を乱さないように、我々は食事に立ち会わなかった。後日、各母親に対してアンケートとインタビューを実施した。アンケートの質問内容と回答結果を表 4 に示す。

6.2 結果と考察

以下、実験中の記録（動画・パンダアプリのバックグラウンドで実行されていたログデータ）と実験後の調査（アンケート・インタビュー）をもとに、ユーザ評価の結果と考察について述べる。

まず、実験後の調査で行ったアンケート結果：質問 I. が示すとおり、全体的に好意的な評価を得た。また、アンケート結果：質問 II. が示すとおり、多くの子供は、通常のフォークのようにセンシングフォークを使用することができた。子 A に対しては多少の難しさがあつたものの、【期間 2】においてセンシングフォークを終始使用していたこ

^{*8} 独立行政法人日本スポーツ振興センター、2010 年度児童生徒の食事状況等調査報告書【食生活実態調査編】：
http://www.jpnsport.go.jp/anzen/anzen_school/tyosakekka/tabid/1490/Default.aspx

表 4 インタビューでのアンケート内容と 5 段階評価による回答結果

Table 4 The results of the questionnaire (five-point Likert scale). Higher score is better.

質問	母親による回答					平均
	子 A	子 B	子 C	子 D	子 E	
I. 本システムの全体的な印象はどうであったか？(1：嫌だった～5：好きだった)	5	5	5	5	4	4.8
II. センシングフォークの持ち／刺しやすさはどうであったか？(1：しづらかった～5：しやすかった)	2	5	5	4	3	3.8
III. 食動作検出と食材色判別の精度はどうであったか？(1：悪かった～5：良かった)	3	4	3	3	3	3.2
IV. 本システムを使用したことにより、子供の食行動に影響があったか？(1：なかった～5：あった)	4	4	5	5	4	4.4
V. 本システムが食卓にあることに対して違和感を感じたか？(1：感じた～5：感じなかった)	3	5	5	3	5	4.2
VI. 本システムが家族間の会話を妨げたと感じたか？(1：感じた～5：感じなかった)	5	5	5	5	5	5.0
VII. パンダが泣いたことは子供の食行動に影響があったか？(1：なかった～5：あった)	5	4	5	5	4	4.6

とが記録動画から確認された。

6.2.1 システムの精度

次に、パンダアプリを使用する際に、センシングフォークの精度が十分であったかを確認するために、各母親に質問 III. を回答してもらった。その後、本システムの精度について、各母親から具体的な体験談を得るために、インタビューを行った。すべての母親とも、食動作検出はほぼ完璧に実行され、不自然だと感じることは特になかったが、食材色分類はときどき正しくないときがあったと述べた。各母親がパンダアプリを終始確認していたわけではないが、アンケート結果：質問 III. が最も低い評価結果であったのは、食材色分類精度に問題があると考えられる。

そこで、実験中の記録（動画・ログデータ）により、本システムを使用した【期間 2】における食材色分類精度の分析を行った。結果、色が同じ食材群への分類精度は、平均 52.3%であった。性能評価の段階で分類器の学習に使用した料理とは異なる食材と調理法が、各家庭で採用されたことが、主な原因であると考えられる。またたとえば、マグロの刺身に醤油を何度もかけるといった、親が作った料理に加えて調味料などを追加する場合、これもまた分類精度の低下の原因の 1 つとなったことが推測される。

各母親から、食材色分類精度が予想とは違う結果になったことが報告されたが、本システムに対しての不満や実用性に関する疑問は特にあげられなかった。たとえば親 A は、「子 A はまだ色の名前をわずしか知らないの、食材色分類の精度はそこまで重要ではなかった。子 A はパンダが自分と同じ動きをするだけでもとても楽しそうだった」と述べ、このような意見を親 B と親 C から得た。

6.2.2 『偏食』の改善

アンケート結果：質問 IV. は、多くの子供が通常より食行動を改善できたことを示唆している。表 3 のとおり、すべての子供は、『偏食』問題がある。偏食問題が改善されたかどうかを確認するために、親へのインタビューを通して、各期間の子供の食行動の変化を聞き取った。親 A は、「私



図 7 子 C の各期間における洋風料理の食事前後の写真

Fig. 7 C's dishes before and after of Western food days.

や夫が野菜を食べるように子 A を説得したとしても、子 A は食べるのを嫌がる。しかし【期間 2】では、子 A は我々の説得がなくても、何度か野菜を自ら口に運んでいた。また、子 D も嫌いといっていたピーマンを完食することができた」と述べた。そこで、記録動画から観察された子 A のエピソードをあげる。【期間 1】では、子 A の父がシイタケと黄ピーマンを食べるように子 A を説得し、さらに口まで運んだが、子 A は拒み食べなかった。しかし、【期間 2】では、親の説得がなくても、子 A はシイタケと黄ピーマンを自ら口に運んでいた。次に、子 B のエピソードをあげる。【期間 1】の中華料理の日、親 B が赤ピーマンを食べるように子 B を励ましたが、子 B は気が進まず、食べることを拒否した。しかし、【期間 2】では、親 B が「(次に) どれ食べる？ お肉？」と子 B に尋ねると、子 B は「ピーマン！」といい、嫌いな赤ピーマンを食べることができた。このようなエピソードが子 C から観察された。またインタビューで親 C は、「【期間 1】では子 C はキノコをまったく食べたがらず残してしまっていたが、【期間 2】では子 C はキノコを完食し、とても驚いた。そして、【期間 3】では子 C は完食はできなかったが、嫌とはいわず食べることができた」と述べた。図 7 は子 C の各期間における洋風料理の食事前後の写真である。

以上のエピソードから、子A、子B、子Cのように、食材の見た目などで『食わず嫌い』をしている場合にも、本システムは有効であるといえる。つまり、言葉による説得だけでは子供の行動改善を促すことが難しい場合でも、本システム（パンダ）を介することで、行動改善のための動機付けを与える可能性があることが示唆された。

6.2.3 『遊び食い』の改善

表3のとおり、子Bと子Cは、食事中に席を立ったり、近くにある遊具で遊んだりするなど、食事中に注意散漫になりやすい『遊び食い』問題がある。つまり、子Bと子Cのアンケート結果：質問IV.は偏食問題に加えて、遊び食い問題の結果も含まれていることになる。親Bと親Cとも、子供を食事に集中させるために説得する手段として、腹ペコパンダが活躍していたと述べた。インタビューにおいて、親Bは、「子Bは食べることが嫌いで、いつも食べ始めるのにすごく時間がかかる。しかし、【期間2】の間は食卓にパンダがいたので、子Bはいつもより早く席に着いた。さらに、『見て！ パンダさんがお腹が空いて泣いているよ！ もし子Bが食べたら、パンダさんは嬉しいって！』という、子Bの集中力を補強することができた。子Bは、私が言葉で説得しても、いつも聞く耳を持たないが、パンダを介して説得すると、それに応じることが分かった」と述べた。次に、子Cのエピソードをあげる。【期間2】の中華料理の日、子Cは、センシングフォークを食卓に一定時間以上置いた。つまり、センシングフォークは【休止状態】になり、パンダは泣きながら「もっと食べたいよ」といい出した。そこで、親Cは、「もっと食べたいって、パンダちゃん！ ははは！」と子Cに話しかけ、子Cは、センシングフォークを持ち上げ、また食事を再開した。

以上のエピソードから、本システムは、潜在的に子供の関心を引き、食事へ集中させる効果があったといえる。また、本システムの効果を発揮するためには、第1に子供の興味を集めることが重要であると再認識した。

6.2.4 食育への潜在的可能性

インタビューの際、すべての母親に、「子供だけではなく他の家族にどのような食育の影響があったか」を尋ねた。その際、すべての母親とも共通して、食育絵本は食事時間への導入としてとても自然な流れであったと肯定的に述べた。親Aは、「今まで子Aには食育を実践したことはなかったのですが、少し難しいかもしれないと思ったが、子Dと一緒に楽しく食育絵本を読んでいた。また、9日間の実験が終わった後、子Dにバランスの良い5色は何かと尋ねたら、きちんと覚えていた。また、このシステムを体験したことによって、私自身も今まで毎日作っていた料理のバランスの悪さを感じ、様々な食材を使って料理を作るきっかけを得た」と述べた。親Bは、「子Bは、まだ言葉の読み書きができないが、実験中は5色を覚え、頑張って集めよう（食べよう）」としていた。まだ幼稚園に通っていない

め、私も子Bも何がバランスの良い食事なのか、どうやって食育を行うかなど知らなかったが、今回私自身も学ぶことができた」と述べた。また親Eは、「子Eは、小学校で食育について学び、給食のときも残さず食べるが、（私が怒らないのもあって）家では甘えてしまって、嫌いな野菜や食材を食べることができない。そこでパンダアプリがあれば、家でも食べるきっかけになると思った」と述べた。

これらの意見は、パンダアプリの食育絵本が食育教材として有用であったこと、親と子供の両者に対して食行動の改善意識を促すことができたことを示唆していると考えられる。

6.2.5 食卓とコンピュータ

食卓上にスマートフォンを置くことについての意見を得るために、質問V.と質問VI.を行った。親A以外のすべての母親は、食事環境から見える場所に、いつもスマートフォンを置いていたので、特に違和感を感じなかったと回答した。親Aは、質問V.を3と回答した理由として、「家族全員で食事するときはテレビを消すので、パンダは家族の会話を中断する可能性があると思った。しかし都合上、子供たちだけで食事をする場合も多く、そのときはテレビ視聴を許可している。パンダアプリは意味のあるツールなので、食卓に置いてよいと今は考えている」と述べた。また親Cは、「子供が食事中にスマートフォンを触って遊び、食事への集中力が欠ける場合、私はきっと注意し叱る。しかし、今回のスマートフォンは単に表示する画面として機能していたので、私はまったく（スマートフォンが食卓上にあることについて）気にならなかった」と述べた。

6.2.6 悲しいフィードバック

実験参加者が泣いているパンダの出現に対してどのように感じていたのか、および泣いているといった悲観的なフィードバックが食行動改善に対して効果的であったのか、または逆効果であったのかを調査するために、質問VII.を行った。パンダアプリでは、子供が一定時間食事をしないときやセンシングフォークを食卓に置いているときに、パンダは泣き出す。アンケート結果が示すとおり、泣いているパンダは効果的であったことが分かった。

6.2.7 自立摂食への促進

子供が自立して摂食することは、子供の意志で食事を選択できることにもつながるため、そこから栄養や調理方法について考える姿勢が育まれる。しかし、小さな子供の場合、親がフォークを持ち、子供に食べさせる行動は一般的である。この場合、本システムは食材と身体を経由する回路が形成されないため、【摂食状態】を検出できない。一方で、この制約が子供自ら摂食することを促す可能性を示唆するエピソードを以下にあげる。【期間2】の和食料理の日、親Cがセンシングフォークを持って子Cに食べさせると、2人はパンダが笹の葉を（持っているが）食べないことに気が付いた。そこで、親Cはパンダを理由に子Cを促し、子Cは自らフォークを持って食べ始めた。

7. 設計指針

本章では、ユーザ評価の結果と考察をふまえ、家庭内における行動改善のための設計指針について議論する。

7.1 家庭内におけるシステムの位置付け

一般家庭にコンピュータ技術が溶け込むためには、不自然で過剰なフィードバックはときに好ましくない。そのため本研究では、従来の家族関係を維持しながらも生活にコンピュータ技術を導入する方法として、フォークといった使い慣れた食器にシステムを組み込むことを考えた。そして、簡素なグラフィックと音といった情報量を絞った視覚/聴覚フィードバックを設計することで、システムが家族間の交流を邪魔しないように考慮した。さらに、パンダを仮想ペットとして使用することにより、システムがまるで家族の一員となっているかのような自然さを目指した。

7.2 楽しい/悲しいフィードバックの効果

これまで、ユーザへの行動改善を促す際に、悲観的であったり否定的なフィードバックを用いることは、逆にユーザの意欲を失う可能性があるとしていた [4], [11]。しかし、6.2.6 項でも述べたとおり、母親も子供も泣いているパンダから悪い印象をいだいていないことが分かった。実際に親が子供を説得する際に泣いているパンダを活用するといったことがあった。悲しいフィードバックは後の楽しいフィードバックをより引き立たせる効果があり、悲しいフィードバックを導入することには一考の余地がある。本パンダアプリの場合、泣いているパンダは、子供がセンシングフォークを持ち上げればただちに笑っているパンダに切り替わる一時的なフィードバックである。このように子供の行動に合わせてインタラクティブにフィードバックを切り替えることで、お腹の空いているパンダを早く助けたいといったパンダへの共感性を高めると同時に、潜在的に食行動を改善しやすい可能性があることを示唆した。システムに対して不快感を覚えさせないように、フィードバックの順番や時間は適切に設計しなくてはならないことが分かる。

7.3 誤検出への対応

性能評価とユーザ評価の結果から分かるように、食事前に食材分類を学習することで高い食材判別精度を発揮することができると考える。しかし、そのためには親が食事前に各食材からサンプルを収集しておく手間が生じる。一方、システム開発段階で分類器を学習しておく手法は、学習させた食材と実際に各家庭で使われる食材が異なることから精度は劣る。しかし、ユーザ側にサンプルを収集する手間が必要ないため、家庭への導入や運用も容易である。このように両手法は性能と手間にトレードオフの関係がある。本パンダアプリにおける筐の葉ポイントは加点式であ

り、ユーザ評価中、たとえ苦手な食材の摂食に対して色分類の誤検出があっても、ポイントを得ようとその食材を繰り返し摂食する様子が観察された。食材判別精度を犠牲にユーザ側の手間を減らす場合は、誤検出によりユーザに間違った動機付けを行わないように、フィードバックの設計にやる気を維持できるような配慮が必要である。

7.4 スマートフォンの汎用性により展開する可能性

評価結果より、今回提案したパンダアプリのゲームデザインは、特定の年齢層の子供には効果があることが分かった。しかし、我々が意図した内容を理解できないほど小さな幼児や、単純だと感じてしまう年齢の高い子供には、効果は低く、食行動改善を誘発することは難しいかもしれない。そこで、毎日の食事ログを可視化して比較したり、食行動に合わせてパンダが成長していくなど、様々な年齢や属性に適応した何通りかのデザインを設計し、ユーザが自分に合ったコンテンツをダウンロードすることができれば、食行動改善の効果をさらに拡張・維持できると考える。

8. まとめ

本論文では、ユーザの食行動（食動作と食材の色）を検出するために、センサ組み込み型食器：センシングフォークを実装した。また、センシングフォークと連動するスマートフォンアプリケーションとして、子供の食行動改善を目的とした食育ゲーム：腹ペコパンダゲームアプリケーションを開発した。最大の目的は、『偏食』や『遊び食い』といった食の問題を抱える子供の食行動を、家庭内で楽しく改善することであった。そこで日常の食環境における本システムの有用性を評価するために、一般の親子の協力を仰ぎ、各家庭においてユーザ評価を実施した。その結果から本システムの意義について議論し、子供の食習慣を楽しく自然に改善できる可能性があることを示した。また、本システムは、母親に対してバランスのとれた食事への理解を強化し、家庭内での食育推進を実現した。最後に、本研究のようなシステムは、親と子供、家族間の関係を維持するよう設計されるべきである。本システムの目標は、システムが親の位置に置き換わるのではなく、説得力のある教育手法として役割を担うことであった。

謝辞 本研究は、JSPS 科研費 25・10205、及び JST さきがけプログラムの助成を受けました。また本研究は、2012 年度 JSPS 組織的な若手研究者等海外派遣プログラムの支援を機に始動した研究です。約 2 年間、国内外で多くの方々と有意義な議論をさせていただきました。ならびに、本論文を執筆するにあたり機械学習についてご助言をいただいたお茶の水女子大学小林一郎先生、実験にご協力いただいた学生とご家族のみなさまに感謝いたします。支えてくださったみなさまへ、心から感謝の気持ちとお礼を申し上げます。謝辞にかえさせていただきます。

参考文献

- [1] Chang, C.-C. and Lin, C.-J.: LIBSVM: A library for support vector machines, *ACM Trans. Intell. Syst. Technol.*, Vol.2, No.3 (2011).
- [2] Chang, Y.-C., Lo, J.-L., Huang, C.-J., Hsu, N.-Y., Chu, H.-H., Wang, H.-Y., Chi, P.-Y. and Hsieh, Y.-L.: Playful toothbrush: ubicomp technology for teaching tooth brushing to kindergarten children, *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '08*, pp.363-372, ACM (2008).
- [3] Comber, R., Ganglbauer, E., Choi, J.H.-J., Hoonhout, J., Rogers, Y., O'Hara, K. and Maitland, J.: Food and interaction design: Designing for food in everyday life, *CHI '12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, CHI EA '12*, pp.2767-2770, ACM (2012).
- [4] Consolvo, S., McDonald, D.W., Toscos, T., Chen, M.Y., Froehlich, J., Harrison, B., Klasnja, P., LaMarca, A., LeGrand, L., Libby, R., Smith, I. and Landay, J.A.: Activity Sensing in the Wild: A Field Trial of Ubifit Garden, *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '08*, pp.1797-1806, ACM (2008).
- [5] Cortes, C. and Vapnik, V.: Support-vector networks, *Machine Learning*, Vol.20, No.3, pp.273-297 (1995).
- [6] Fogg, B.J.: Persuasive technology: Using computers to change what we think and do, *Ubiquity*, Vol.2002, No.December (2002).
- [7] Grimes, A. and Harper, R.: Celebratory technology: New directions for food research in HCI, *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '08*, pp.467-476, ACM (2008).
- [8] Grimes, A., Kantroo, V. and Grinter, R.E.: Let's Play!: Mobile Health Games for Adults, *Proc. 12th ACM International Conference on Ubiquitous Computing, UbiComp '10*, pp.241-250, ACM (2010).
- [9] HAPILABS: Hapifork, available from <http://www.hapilabs.com>.
- [10] Kadomura, A., Tsukada, K. and Siio, I.: EducaTableware: Sound Emitting Tableware for Encouraging Dietary Education, *Journal of Information Processing*, Vol.22, No.2, pp.325-333 (2014).
- [11] Lin, J.J., Mamykina, L., Lindtner, S., Delajoux, G. and Strub, H.B.: Fish'N'Steps: Encouraging Physical Activity with an Interactive Computer Game, *Proc. 8th International Conference on Ubiquitous Computing, UbiComp '06*, pp.261-278, Springer-Verlag (2006).
- [12] Lo, J.-L., Lin, T.-Y., Chu, H.-H., Chou, H.-C., Chen, J.-H., Hsu, J.Y.-J. and Huang, P.: Playful tray: Adopting Ubicomp and persuasive techniques into play-based occupational therapy for reducing poor eating behavior in young children, *Proc. 9th International Conference on Ubiquitous Computing, UbiComp '07*, pp.38-55, Springer-Verlag (2007).
- [13] Mansour, A., Barve, M., Bhat, S. and Do, E.Y.-L.: MunchCrunch: A game to learn healthy-eating heuristics, *Proc. 8th International Conference on Interaction Design and Children, IDC '09*, pp.166-169, ACM (2009).
- [14] Nakamura, H. and Miyashita, H.: Enhancing Saltiness with Cathodal Current, *CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, CHI EA '13*, pp.3111-3114, ACM (2013).
- [15] Parker, A.G., McClendon, I., Grevet, C., Ayo, V., Chung, W., Johnson, V. and Mynatt, E.D.: I am what

i eat: Identity & critical thinking in an online health forum for kids, *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '13*, pp.2437-2446, ACM (2013).

- [16] 杉本恵子：おいしく楽しく食材5色バランス健康法，フットワーク出版 (1998)。



門村 亜珠沙

1988 年生。2013 年 3 月お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科博士前期課程理学専攻情報科学コース修了。2013 年 4 月より同大学院博士後期課程在籍。修士（理学）。



李 爭原

1983 年生。2010 年 7 月國立成功大學資訊工程修了。2010 年 9 月より國立台灣大學資訊工程研究所博士班在籍。修士（工学）。



塚田 浩二

1977 年生。2005 年慶應義塾大学大学院修了。博士（政策・メディア）。産業技術総合研究所，お茶の水女子大学を経て，公立はこだて未来大学准教授。2012 年イグノーベル賞受賞。



朱 浩華

現在，國立台灣大學資訊工程學系・資訊網路與多媒體研究所教授。



椎尾 一郎

1956 年生。1984 年 3 月東京工業大学大学院総合理工学研究科博士課程修了。現在，お茶の水女子大学人間文化創成科学研究科教授。工学博士。