

EneFork:食行動を変化させず栄養素を摂取可能な フォーク型デバイス

山田 駿^{1,a)} 野崎 大幹^{2,b)} 興野 悠太郎³ 米澤 拓郎³ 中澤 仁² 高汐 一紀² 徳田 英幸³

概要: 近年,人々を支援するために食事のログを残し,ログデータを基にメニューの提案・欠如した栄養素の通知を行うなど,栄養管理を行うシステムが広く研究されている。しかし,こうしたシステムを利用する場合,食事ログの記録や,指示された栄養素の摂取といった動作を必要とするため,ユーザは従来の食事行動を変化させる必要がある。毎日行う健康管理において自身の行動を変化させることはユーザにとって負担が大きく,途中で挫折してしまうケースが多い。本研究の目的は,こうした食行動の変化を必要とせず,ユーザが必要とする栄養摂取を可能とする手法を実現することである。本論文では特に栄養素を摂取する部分に着目し,従来の食事行動を変えず栄養を摂取可能なシステム EneFork を提案する。本論文ではそのプロトタイプとして口内に直接栄養素を噴射する機構を備えたフォークデバイスを作成し,重さや使いやすさについてアンケート調査を行った。また,被験者にデバイスを用いて食事をしてもらい,主に直接口内に噴射することで味や触感が変化し,食事の体験を損なわないかについての評価を行なった。

キーワード: 食行動支援, 栄養管理

Abstract: Recently, the field of diet analysis system which aims to improve person's nutrition administration by taking a log of one's diet and pointing out what nutrition is lacking has been gathering interest from many researchers. However, current systems have the disadvantage of people having to change the form of eating to take log of their menu or thinking of the menu that fulfills their lacking nutrition, for example. This change in their eating habit is a great stress for the users, and in many cases are the cause of giving up using those systems. This research aims to achieve users to take in the lacking nutrition without them having to change their eating habit. This research has focused in the process of users taking in nutrition, and will propose the Ene Fork. In this paper I have constructed the prototype which can eject the nutrition straight in user's mouth, and have carried out a survey about how users felt about its weight and comfort level. Also, the survey about how the users felt about the change in taste and texture of the food to insure that their eating experiences are not interrupted using this device.

1. はじめに

近年,人々の健康意識の高まりにより,人の健康を保つために情報技術が広く活用されている。一般的に人が健康を保つためには「食・運動・睡眠」の3つの要素が重要と言われており,各要素に対して研究が行われている。特に「食」は健康の基本であり,バランスよく栄養素を摂取することは健康を保つ上で重要である。現在,健康な食生活

を支援するために食事のログを残し,ログデータを基にメニューの提案・欠如した栄養素の通知を行うなど,栄養管理を行うシステムが多く提案されている [1][4][5]。しかし,こうしたシステムを利用する場合,食事ログの記録や指示された栄養素の摂取といった動作を必要とするため,ユーザは従来の食事行動を変化させる必要がある。毎日行う健康管理において自身の行動を変化させることはユーザにとって負担が大きく,途中で挫折してしまうケースも多いと考えられる。

本研究では人々を健康に保つための食行動支援に着目し,従来の食事行動を変化させることなく栄養管理を可能とさせることを目的とする。本論文では,特に栄養摂取の部分に着目し,日常的な食行動の中で不足した栄養素を容易に摂取可能なデバイス EneFork を提案する。EneFork はフォーク型のデバイスであり,食事の際に液体化された

¹ 慶應義塾大学 総合政策学部
Faculty of Policy Management, Keio University

² 慶應義塾大学 環境情報学部
Faculty of Environment and Information Studies, Keio University

³ 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科
Graduate School of Media and Governance, Keio University

a) guru@ht.sfc.keio.ac.jp

b) chacha@ht.sfc.keio.ac.jp

栄養素を噴射することが可能である。また、EneForkでは食行動だけでなく食事自体の体験（＝食べ物の味）も極力変化させないことを目指しており、食べ物の味の濃さに応じて栄養素の噴射量を変化させることが可能である。本論文ではEneForkのプロトタイプを構築し、その初期的なユーザビリティ評価に主眼を置き、実際にデバイスを使用して食事をしてもらった。その実験を通じ、(1) デバイスの使いやすさ、および(2) デバイスを用いることで従来の食事体験が変化しなかったか、という2点について評価実験を行った。結果、食事の際に食材に栄養素を噴射するアプローチの効果、及び構築したデバイスのユーザビリティに関する様々な知見を得ることができた。本研究の貢献は以下の3点である。

- 食行動・食体験を変化させず、必要な栄養素を食事の際に取得可能とする手法を提案したこと
- 提案した手法を実現するEneForkの設計・プロトタイプシステム実装を行なったこと
- 評価実験を通じ、提案手法の有効性と今後の課題を示したこと

本論文は以下のように構成される。まず2章において、食行動支援における既存研究とその課題について述べる。3章で本研究が提案する手法の詳細を述べるとともに、その設計とプロトタイプ実装について述べる。4章で構築したプロトタイプを用いた評価実験を行い、結果について考察する。5章で今後の課題について述べ、最後に6章で本論文の結論を述べる。

2. 食行動支援と課題

食は人々の健康の根幹となる重要な要素であるため、近年人々の食行動を支援する研究が多く行われている。本章ではまず、食行動の支援に関する既存研究を食行動の間接的支援と直接的支援の2つに分類し、その特徴について示す。次に、これらの既存研究の問題について述べ、本研究の目的を示す。

2.1 食行動支援

人々がより健康になれるよう食行動を支援するためには、どういう食事・栄養素を取得すべきかの分析と、実際にその食事・栄養素をユーザに摂取させること、の2つのプロセスが存在する。これらの各プロセスに関し、食行動の間接的支援と直接的支援という2つのカテゴリに既存研究を分類し、説明を行う。

2.1.1 間接的支援

食行動を支援するためには、どういう食事を普段摂取したかという情報の取得・解析を行い、その情報に基づきどういう食事や栄養を今後摂取すべきか、という情報をユーザに提示することが重要となる。食行動の間接的支援とは、どういう食事・栄養を摂取するかは最終的にユーザの

意思・行動に委ねるが、そのユーザの判断材料となる不足した栄養の情報等を、普段の食事の記録・分析から可能とするシステムを指す。

食事ログの収集に関しては、従来はユーザが食べていたものを手動で直接入力していたが、近年では画像解析をすることによってより容易に食事ログを収集することが可能となった。長谷川らは2006年に画像から白米の摂取量を検出システムを開発した[2]。高知工科大学においても病院内において、食前の画像と食後の画像を比較することで摂取した栄養素を記録する研究がなされている[3]。しかし、長谷川らや高知工科大学での研究は専用のハードウェアや専門的な知識を持った人が必要であった。2008年には東京大学の北村らがスマートフォン等の写真によって食事を認識し、食事ログを収集、栄養バランスを評価するシステムを提案した[1]。この方法によってより簡単に食事ログを収集することができるようになった。上記で収集した食事ログデータから、不足した栄養素を判別し、ユーザの行動を誘発させるためにメニューを提案するシステムが開発されている。2002年に多田らがメニューを表示するだけでなく、ユーザの嗜好に合わせたメニューを提案するシステムを開発している[4]。また、2010年に刈米らが食事ログから、不足した栄養素を検出し、ただメニューを提案するだけでなく、提案したレシピの素材・手順を分解し、同様の素材で作れるレシピや類似した手順のレシピを提案することで、ユーザの発想を支援するシステムを開発した[5]。不足した栄養素に関しては現在では農林水産省が発行している食事バランスガイドや食品別摂取量を理想とし、摂取した栄養素との差分をとることで判別している。

2.1.2 直接的支援

食事のログ取得・解析だけでなく、より直接的に食事行動・体験を拡張するために、食事自体の味や、ユーザの味覚を刺激し動的に味を変化させる研究が行われてきた。直接的に食事行動や味覚・満腹感などを変化させることで、ユーザが摂取する食事の量を減らしたり、摂取する塩分量を調整することが可能となる。これらのシステムを、食行動の直接的支援と本研究では呼ぶ。

直接的支援の既存研究として、2013年に喜多らが動的に味を変化させる3つのプロトタイプデバイスを提案した[6]。具体的には、温度の変化によって質感や味を変化させる皿型デバイス、シャンパンを飲む際に搭載した振動モータでグラスを振動させ香りを拡散させるグラス型デバイス、口に入れた際に調味料を噴射することで味を変化させるスプーン型のデバイス、の3つを作成した。また、2011年には中村らが擬似的な味を生み出すために舌に電気を流し味を変化させるデバイスを作成した[7]。中村らは開発したデバイスを用いて擬似的な塩味を生み出し、少ない塩分量でも濃い塩味を楽しめるようにした。また、2012年には東京大学の鳴海らがヘッドマウントディスプレイを

装着し、食事のボリュームを拡大させることで、擬似的に大きなものを食べている感覚をさせ、満腹感を増大させる研究を行った [8] .

2.2 課題と目的

このように、食行動を改善するために、これまで食行動の間接的支援および直接的支援に関する多くの研究が行われてきた。特に画像解析技術の進歩により、食事の記録・解析に関する手法は自動化が進んでおり、どのような栄養素をユーザが取得すべきか、という情報は取得が容易になってきている。一方、間接的支援として摂取すべき食事・栄養素をユーザに提示するだけでは、ユーザは自ら積極的に食行動を変化させる必要があり、ユーザへの負担は大きい。よって今後は、ユーザが必要とする栄養素をどのような形で自然に摂取させるか、という手法の重要性が増すと考えられる。

この問題を解決するため、本研究では、普段通りユーザが食事を行いつつも、必要な栄養素をその食事の中で摂取可能とする手法の構築を目的とする。これまでの直接的支援では、上記にあるように食事の量・塩分の量を減らすというアプローチが存在するが、減らしただけでは、欠乏する栄養素を新たに摂取することはできない。また、調味料を噴出して食事の味を変化させる、という直接的支援も存在するが、これは目的が食事の味覚変化であり、栄養素の取得を目的としたものではない。本研究では、普段の食行動だけでなく食事の味自体もできるだけ変化させることなく、必要な栄養素を普段の食事の中で摂取可能とすることを旨とする。これにより、普段通りの食事をそのまま楽しつつも、ユーザが気づかないうちに健康に必要な栄養素を摂取する、という環境が実現できる。

3. EneFork

本章では、本研究で提案する EneFork についての詳細を述べる。まず、EneFork の概要について説明し、次にその設計と実装について述べる。

3.1 概要

本研究の目的は、ユーザが普段通りの食行動を行う中で、必要な栄養素を摂取することを可能とすることである。すなわち、下記の3点をシステムの要件とする。

- 栄養素を供給できること:
ユーザに対して必要な栄養素を供給できる機構が必要である。なお、ユーザにどの栄養素が必要か、という点に関しては、食事ログシステムなど既存の食行動の間接的支援に関する手法を利用することを想定しており、本研究の対象外とする。
- 普段の食行動を変化させないこと:
ユーザに対して、意識的に普段の食行動を変化させる

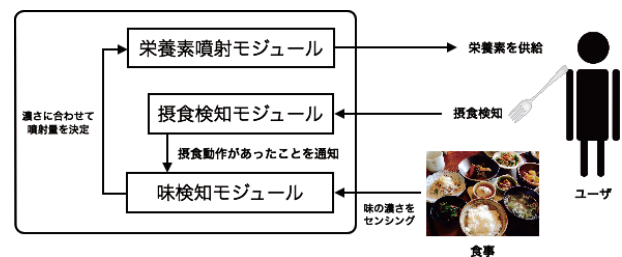


図 1 Enefork の設計

ことを求めることは、ユーザにとっての負担が大きい。本研究で主に対象としているユーザは、病気などで大幅な食行動の改善が必要なユーザではなく、基本的には健康であるがより健康で美しい体になれればいいな、という程度の意識を持っているユーザである。よって、普段の食行動を変えろという強い意志まではないため、普段の食行動の中で栄養素を摂取させる必要がある。

- 食事の体験・味を変化させないこと:
食事というものは、単純に生きていくための栄養を取得するという意味を持つだけでなく、その味を楽しむという重要な意味がある。よって、食行動を変化させないだけでなく、食事自体の体験・味を極力変化させないようにして、栄養素を摂取させることが望ましい。これは、食事を摂取するユーザにとってだけでなく、食事を作って提供する側に対しての責任でもある。

本論文では、上記の要件を満たす EneFork を実現する。EneFork は液化した栄養素を噴射する機構を備えた、フォーク型のデバイスである。EneFork を利用してユーザが口内に食べ物を入れたタイミングで、液化した栄養素を噴射し、ユーザに栄養素を供給する。また、EneFork に搭載された小型カメラから食べ物の味の濃さを推定し、栄養素の噴射量を制御することで味の変化を抑えつつ、栄養素を摂取することができる。味の濃さを推定する理由は、濃い味の食べ物であれば、少々栄養素の味を加えても全体的な味に対する影響が最小化できると考えるからである。

3.2 設計

EneFork の設計を図 1 に示す。EneFork は、摂食検知モジュール、栄養素噴射モジュール、味検知モジュールの3つから構成されている。これらのモジュールがフォークに組み込まれ、ユーザはフォークを利用する食行動を通じて、栄養素の摂取が可能となる。以下、各モジュールについて説明を行う。

3.2.1 栄養素噴射モジュール

栄養素噴射モジュールは、ユーザに栄養素を供給するために摂食を検知した後、栄養素をユーザの口内に噴射する。ユーザに栄養素を供給するだけのことを考えると、食材に栄養素をかけるアプローチが考えられる。しかし、口内で

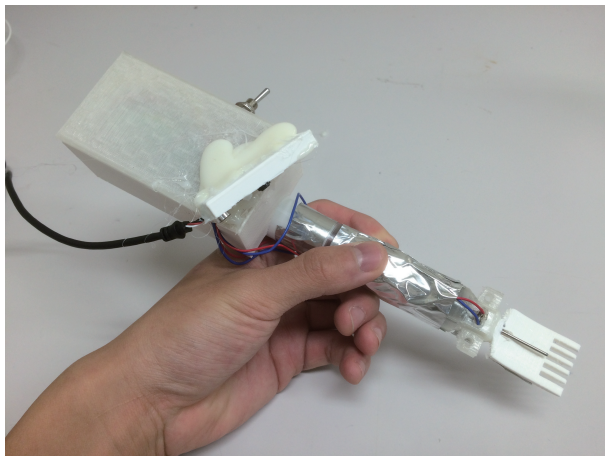


図 2 Enefork 全体図

噴射したほうがより確実に栄養素を摂取できると考えられるため、口内噴射のアプローチを選択した。また、ユーザは食材に液体がかかっているところを見せなくてよいいため、食事の見た目を損なうこともないという利点がある。食味の濃いものや薄いものに合わせて放出する量を調整するために、供給量を変化させられるようにする。

3.2.2 摂食検知モジュール

摂食検知モジュールは、口内に食べ物が運ばれたタイミングを検知する。フォークを使って食事する際、フォークの先は口内に触れ、裏側にはフォークから食べ物を抜き取るために啜る圧力がかかる。この二つの状態をセンシングすることで摂食動作を検知する。

3.2.3 味検知モジュール

味検知モジュールは、食べるものの味の濃さをセンシングし、適切な栄養素の量・タイミングでユーザに栄養素を摂取できるようにする。

3.3 実装

上記の設計に基づき、EneFork のプロトタイプ実装を行った。実装した EneFork の全体図を図 2 に示す。また、実装環境を下記に示す。

3.3.1 各モジュールの実装

摂食検知モジュールの実装図を、図 3-a に示す。フォーク先端部に静電容量センサ、裏側に圧力センサを搭載し、それら値の変化から口内に触れていることと、フォークを啜っているタイミングを動作をセンシングする。その双方の値が閾値を越えた際に、摂食動作を検知する。

栄養素供給モジュールの実装図を、図 3-b に示す。栄養素供給モジュールは内部に液化した栄養素を、内部に搭載したモータをシリンダの押し出しに固定し、回転させることによってシリンダ内にある液体を押し出し、栄養素を噴射する。回転の速度と時間を調整することによって液体の噴射する量を設定できるようにした。味検知モジュールの実装図を、図 3-c に示す。フォークデバイスにカメラを装

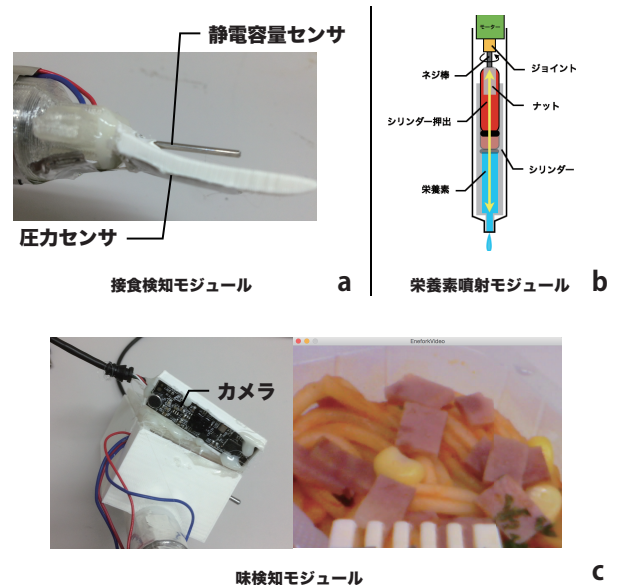


図 3 各モジュール図

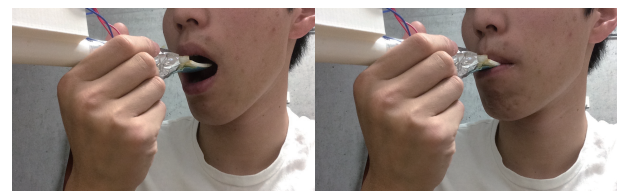


図 4 摂食モジュール予備実験風景

着し、図 3-c の右図のように画像を取得する。画像から食材の色を取得し、それもとに味の濃さを推定する。

3.3.2 実装環境

下記に Enefork の実装環境を示す。

- ハードウェア
 - デバイス：Macbook Pro Retina(OS:Yosemite プロセッサ:3.1GHz Intel Core i7)
 - マイクロコンピュータ：A-Star 32U4 Micro
- ソフトウェア
 - Arduino IDE
 - Capacitive Sensing Library
 - Rhinoceros
- 筐体デザイン
 - 3D プリンター：Makerbot Replicator Z18

3.3.3 予備実験

本論文で行うユーザ実験に向け、実装した EneFork の各モジュールのうち特に摂食モジュールが正しく摂食を検知できているかを確認するため、予備実験を行なった。予備実験の手順として、25 回 EneFork を口に入れ、数値を計測した。図 4 に予備実験の風景、図 5 に予備実験の結果を示す。縦軸の電圧の値の変化、横軸は時間を表す。静電容量センサ・圧力センサの値が共に変化した際に、摂食動作を行なったと判断した。予備実験では摂食行動を行なった 25 回中、25 回検知が可能であった。

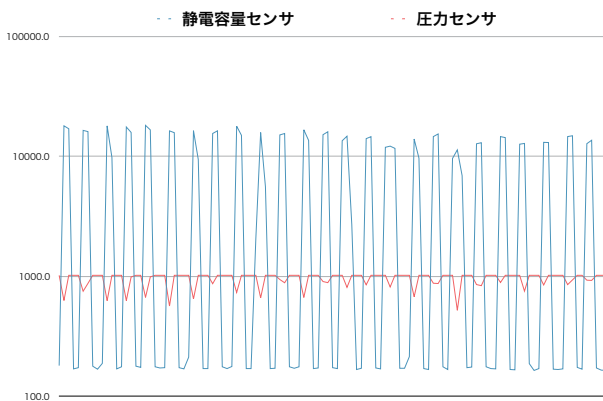


図 5 予備実験結果

4. 評価実験

本論文では EneFork の基本的なユーザビリティ評価に重点を置き、その評価実験を行なった。実験では本デバイスを用いて食事をしてもらった後に、デバイスの使いやすさ、味・食感の変化について質問し、食事行動が変化しなかったか評価を行った。本章ではまずその実験内容について述べ、実験結果を示し、考察を行う。

4.1 実験目的と内容

要件として上述したように、EneFork の特徴は、栄養素を摂取できること、食行動を変化させないこと、食体験・味を変化させないこと、の3つである。このうち、本論文ではまず栄養素が摂取できること、食行動を変化させないこと、に関する評価を行なった。すなわち、味覚検知モジュールに関しては利用せず、食事の味に関わらず、一定量の栄養素の噴射を行う。一方で、栄養素の噴射により味の変化を感じたか、という点に関してはアンケート調査を行う。この実験結果に基づき、本研究で提案・実装した味を変化させないように栄養素を噴射する機構の必要性について考察を行う。本実験では被験者に対して肉類・魚類・野菜類・米類・麺類の5種類の食材を一口ずつデバイスを用いて食べてもらいアンケート調査を行った。被験者数は8名で、全員20代の学生で男性であった。実験では、味の濃さと食感等が異なる複数の食事に関して比較を行うため、下記の5つの食事を用意した。上から順に、筆者の主観で味が濃いと感じた順番に並んでいる。

- 麺類：ナポリタンスパゲッティ（ケチャップ味）
- 肉類：ハンバーグ（冷凍食品、タレはかかっていないが中にマヨネーズが入っている）
- 魚類：鮭の切り身（塩味）
- 野菜類：野菜炒めバター風味（バター味）
- 米類：白米（プレーン）

また、味がついた栄養素を噴射することが食行動・食体験に対してどういう影響をもたらすかを検証するために、噴射する液については水道水・ビタミン剤を攪拌した水溶液



図 6 5種類の食材と実験風景

の2種類で比較した。具体的には、

- (1) フォークから何も噴射しない
- (2) フォークから水道水を噴射する
- (3) 市販されたマルチビタミン剤を攪拌し、水に溶かした味のする液体を噴射する（レモンに近い酸味のある味）の異なる3つの環境で実験を行った。栄養素が溶けた味付きの液体に加えて水道水を比較対象とした理由は、無味な栄養素を噴射する場合にも液体は噴射され食事の味が薄まる可能性があり、その影響を考察するためである。また、そもそも液体を口内で噴射することが及ぼす影響についても考察を行うためである。実験では、(1)の何も噴射しない状態から比較して、(2)水道水、(3)味付きのの時、味・食感が変化したか、その変化を不快に感じたかについて質問し、5段階に分けて回答してもらう。実験手順は下記のとおりである。

- (1) 通常の状態では5種類の食材を一口ずつ食べてもらう
- (2) 水道水を噴射する状態で5種類の食材を一口ずつ食べてもらう
- (3) マルチビタミン剤が攪拌された液体を噴射する状態で5種類の食材を一口ずつ食べてもらう

4.2 実験結果と考察

以下に、実験結果と考察について述べる。まず、味と食感の変化に関して述べ、次にデバイスの使用感について述べる。

4.2.1 味と食感の変化

● 水とビタミン剤の比較

表7に各食材と水・ビタミン剤を噴射した場合に関して、味と食感の変化に関する質問の回答結果の平均値、最大値、最小値、標準偏差を示す。まず、水を噴射した場合でも、ビタミン剤を噴射した場合でも、それぞれ味・食感とも被験者はその変化や不快感をある程度感じていることがわかった。また、水を噴射した場合と比較して、味のついたビタミン剤水溶液のほうが全ての食材において味の変化を感じた被験者が多く、水の場合より平均して1.41高かった。また、味の変化を不快に感じる被験者も0.8高かった。よって、全体的に味付きの液体を噴射する場合の方が食体験・味における影響の度合いが多いことが確認された。

● 水を噴射した場合

水を噴射した場合

		麺類	肉類	魚類	野菜類	米類
味の変化を感じたか	平均値	2.25	2.25	2.25	2.0	1.5
	最大値	5.0	5.0	4.0	5.0	3.0
	最小値	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	標準偏差	1.752	1.398	1.281	1.641	0.755
味の変化を不快と感じたか	平均値	2.25	2.125	1.875	1.875	1.5
	最大値	5.0	4.0	5.0	5.0	3.0
	最小値	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	標準偏差	1.813	1.567	1.433	1.629	1.032
食感の変化を感じたか	平均値	1.75	2.0	1.625	2.25	3.125
	最大値	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0
	最小値	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	標準偏差	1.190	1.429	1.159	1.623	1.975
食感の変化を不快と感じたか	平均値	1.875	1.875	1.875	2.125	2.375
	最大値	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
	最小値	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	標準偏差	1.433	1.414	1.414	1.634	1.489

ビタミン水溶液を噴射した場合

		麺類	肉類	魚類	野菜類	米類
味の変化を感じたか	平均値	3.25	3.625	3.75	3.125	3.75
	最大値	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
	最小値	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0
	標準偏差	1.536	1.06	1.802	1.563	1.936
味の変化を不快と感じたか	平均値	2.375	2.75	2.75	2.625	3.125
	最大値	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
	最小値	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	標準偏差	1.523	1.749	1.897	1.7	2.108
食感の変化を感じたか	平均値	1.875	1.625	1.875	2.0	3.0
	最大値	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0
	最小値	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	標準偏差	1.269	1.167	1.286	1.435	1.887
食感の変化を不快と感じたか	平均値	1.75	1.5	1.5	1.75	3.0
	最大値	4.0	4.0	3.0	3.0	5.0
	最小値	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	標準偏差	1.264	1.136	0.943	1.103	1.887

図 7 水とビタミン剤水溶液における各種質問への回答

味のない水を噴射した場合、もともと最も味の薄い米類に噴射した場合に、味の変化が最も少ないと感じる被験者が多かった。これは、もともとプレーンな味の米に対して水を足しても、味自体が薄まるということがなかったことが理由として挙げられる。一方である程度味がついているものに関しては、水によりその味が薄まったということで変化を感じた被験者が多かったと考えられる。また、食感に関しては、一度に食べる食材の量や、もともとの食材にどの程度液体が含まれるか、が影響していると考えられる。例えばプレーンな米類に関しては、付与する水の米の量や質感に対する影響が大きく、食感の変化を感じた被験者が多いと考えられる。これらの結果より、味のない栄養素を噴射する場合は、もともとの食材の味が濃い場合にはその量を減らし、食材の味が薄い場合にはある程度の量を噴射しても味の変化を感じさせないことができると考えられる。

● ビタミン剤を噴射した場合

一方、味付きの液体を噴射した場合は、水の場合とは逆に米類など味の薄い食材に対しての味の変化が大きかっ

使用感について

	平均値	最大値	最小値	
重さはどう感じたか	3.75	5	3	軽い(1 2 3 4 5)重い
大きさはどう感じたか	4.75	5	4	小さい(1 2 3 4 5)大きい
モーターの音・振動を不快に感じたか	2.0	4	1	感じなかった(1 2 3 4 5)感じた
このデバイスは使いやすいか	1.875	4	1	使いにくい(1 2 3 4 5)使いやすい
このデバイスを日常的に使用したいと思ったか	2.25	4	1	思わない(1 2 3 4 5)思う
このデバイスを欲しいと思ったか	2.5	5	1	思わない(1 2 3 4 5)思う
本デバイスを使用することに不快感を感じたか	2.625	4	1	感じなかった(1 2 3 4 5)感じた

図 8 デバイスの使用感に関する各質問への回答の平均値・最大値・最小値

た。これは、もともとの味が薄ければ薄いほど、付与する味を感じてしまうということが理由として挙げられる。また、もともとの食材の味がうすいほうが、味の変化を不快と感じる被験者が多かった。味を不快と感じた人の理由として「味が薄くなったから」「まずくなったから」などが挙げられた。一方、そうしたなかでも全く変わらなかったという回答もあり、全ての回答において最低値と最大値の差も大きく、個人差があることもわかった。食感に関しては、水を噴射した場合と大きな差はみられず、平均的には食感は変化したとを感じるものの、不快と回答する人は少なかった。食感の変化を不快と感じた理由として「温度が変わったから」「乾いている食べ物に液体を噴射すると食感が大きく変化するから」などが挙げられた。また、味の変化の際と結果と同様に、米のような味の薄い食材では不快に感じるという回答が比較的多かった。これらの結果より、味のある栄養素を噴射する場合は、もともとの食材の味が薄い場合にはその量を減らし、食材の味が濃い場合にはある程度の量を噴射しても味の変化を感じさせないことができると考えられる。

4.2.2 デバイスの使用感

図 8 にデバイスの使用感に関するアンケート結果を示す。予想されていた通り、実装上の制約から、全体として通常のフォークと比較して重くかつサイズが大きくという結果が出た。使いやすさに関しても平均的にネガティブな印象が多く、どれも 3.0 以下となった。「刃の感覚が狭くてスプーンみたいな使い方になる」「フォークの先端が食べ物をつかみにくい形になっている」など、刃先の使いづらさに対するコメントが多かった。その結果、日常的に使用したいか、このデバイスを欲しいかといった質問に対しても同様にネガティブなコメントが多かった。モータの動作音・振動に関しては不快に感じる人は少なかった。ネガティブなコメントが多かったものの、「先端が普通のフォークと同じくできれば食べやすくなると思うので使ってみたい」「もうちょっと小さく、味が気にならなければ使いたい」などのポジティブなコメン

トも得られた。結果より得られたネガティブな使用感に関しては、今後のデバイスの小型化や改善によりある程度改善されると考えられるため、今後の実装の工夫が求められる。

5. 今後の課題

本章では実験より得られた知見に基づいた、今後の課題について述べる。

5.1 デバイスのデザイン

ユーザビリティの評価から、今後デバイスの目指すデザインとして、小型化・軽量化が必要である。また、現在のデザインでは封入する栄養素は1種類しか選択できないため、異なる栄養素を摂取したい場合にはユーザ自身がカートリッジなどで入れ替える必要が生じており、この負担を軽減するデザインが必要となる。また、フォークだけでなくスプーンや箸など、多様な食器での実装も求められる。

5.2 味検知モジュール

本実験では基礎的な食体験やユーザビリティについての評価を対象としていたため、実装した味検知モジュールは使用せずに実験を行なった。一方、実験結果からも味の変化を感じる被験者が多かったため、味検知モジュールによって食材の味を検知し、噴射する量を調整することは重要であることがわかった。更に、噴射する量は食材の味だけでなく、噴射する液体の味の有無自体によっても変化させる必要が実験より分かった。よって今後は食材の味と噴射する液体の組み合わせを考慮し、噴射量を決定するモジュールへと改善していく必要がある。

5.3 摂食検知モジュール

予備実験では摂食検知は正しく行えたが、実際の実験では食べ方によっては検知されない場合が見受けられた。食事においてフォーク型のデバイスの場合、「巻く」「すくう」「刺す」などの動作があるため、同じ食材を食べるとしても、口に運ぶまでの動作に違いが生じる。この違いにより、摂食検知がうまく動作しないことがあった。具体的には、摂食の判断に利用する圧力センサが反応しないことがあったため、静電容量センサの位置や感度などを調整することが挙げられる。また、加速度計を付与することにより、フォークを口に入れる動作を検知することで、動作検知の精度を高めていくということが挙げられる。

5.4 既存の栄養管理システムとの連携

現在の実装では噴射する栄養素はビタミン剤に固定していたが、実際にはユーザに必要な栄養素を選択し、摂取

させる必要がある。これを実現するため、食事の記録・分析などを可能とする間接的支援のシステムと連携し、自動で必要な栄養素を判断し、補給するプラットフォームの構築が求められる。

6. おわりに

本研究では、従来の食行動を変化させずに栄養素を摂取することが可能なフォーク型デバイス EneFork を提案し、そのプロトタイプ構築・評価実験を行った。本論文ではプロトタイプ実装の EneFork を利用し、食体験がどの程度変化するかという観点と、ユーザビリティの観点からの評価実験を行い、味・食感の変化、デバイスの使用感について被験者による食事を通して定性的評価を行った。結果として、液体を噴射することで被験者は味覚・食感の変化を実際に感じるとともに、その変化の感覚の程度は噴射する液体の味の有無、噴射の対象となる食材の味の濃さの組み合わせによって異なることがわかった。また、現在の実装上の制約から普段の利用を行うまでにはユーザビリティを満たしておらず、更なるデバイスの小型化と高機能化が求められる。高齢化社会を迎え、人々の健康な生活を支援することの重要性は日々増してきている。普段の食行動を変えることなく必要な栄養素を補給することを目指す本研究を更に推進することにより、より豊かな社会を築くことの一助となることを目指していく。

7. 謝辞

本研究の一部は独立行政法人情報通信研究機構に支援頂いた。

参考文献

- [1] Kitamura, Keigo and Yamasaki, Toshihiko and Aizawa, Kiyoharu, "Food Logging and Processing : Analysis of Food Images", The journal of the Institute of Image Information and Television Engineers, pp.376-379, 2009.
- [2] 長谷川聡, 吉田友敬, 江上いすず, 横田正恵, 村上洋子, "ケータイ栄養管理システムによる食育と栄養教育", Computereducation, pp.107-113, 2006.
- [3] 佐伯欣洋, 竹田史章, "画像を用いた食事摂取量計測システムの開発とその評価", 高速信号処理応用技術学会誌, pp.38-44, 2005.
- [4] TADA, Kazuhiko and MITSUISHI, Takashi and SASAKI, Jun and FUNYU, Yutaka, "Construction and Evaluation of Recepte Retrieval System which Reflects Individual Preferences by Mediation Variables", IPSJ SIG Notes, pp.137-144, 2002.
- [5] 苅米志帆乃 藤井淳, "栄養素等摂取バランスの分析に基づく食生活支援システム", 日本データベース学会論文誌, Vol.8, No.4, pp.1-6, 2010.
- [6] Yui kita and Jun Rekimoto, "Distributed, Ambient, and Pervasive Interactions", Digitally Enhanced Utensils: Designing Dynamic Gustation, pp. 48-57, 2014

- [7] 中村裕美 宮下芳明, "電気味覚を活用した味覚の増幅と拡張", 情報処理学会インタラクシオン, pp.461-464, 2011
- [8] 鳴海拓志 伴祐樹 梶波崇 谷川智洋 廣瀬通孝, "拡張満腹感:拡張現実感を利用した食品の見た目の操作による満腹感のコントロール", 情報処理学会インタラクシオン, pp.1422-1432, 2012
- [9] 厚生労働省, "平成 26 年度厚生労働白書", 2014