

ユーザのアクティビティと体重変化履歴に 基づいた継続性の高い健康支援手法の提案

今津 眞也^{†1} 水本 旭洋^{†1} 孫 為華^{†1}
柴田 直樹^{†2} 安本 慶一^{†1} 伊藤 実^{†1}

近年、生活習慣病予防のため、ユーザに生活習慣の改善を促す健康支援システムに関する研究が盛んに行われている。多くの研究では、血圧や脈拍といった様々なバイタルデータの測定が必要不可欠であったり、身体に直接デバイスを装着する必要があるなど制約が厳しく、それほど深刻でないユーザに継続的にシステムを利用させることは困難であった。本稿では、システム利用の継続性を高めるため、食事、運動内容の簡単な入力と体重の測定値のみから、ユーザの体重を目標体重に導くための健康支援手法を提案する。提案手法では、現在の体重と目標値、目標日数から、1日当たりの適正な摂取・消費カロリーを計算し、それに沿った食事・運動のメニューをユーザに推薦する。また、ユーザの入力の手間を軽減するため、入力は1日1回以上の体重測定と推薦されたメニューに対する実際の食事量、運動量の割合の主観評価(5段階)のみとする。ユーザの主観評価には誤差(推薦通りと思っていたが実は過剰にカロリーを摂取していたなど)が含まれる。そのため、提案手法では、体重の変化履歴に基づき、実際の摂取・消費カロリーを推定し、主観評価との誤差をユーザに知らせることでユーザにカロリーの過剰摂取や消費カロリー不足を認識させる。上記の支援を通して、ユーザの体重を目標体重に導くための食習慣、運動習慣の改善を促す。

A Health Support Method with High Continuity through Simple Activity Survey and Frequent Weight Measurement

SHINYA IMAZU,^{†1} TERUHIRO MIZUMOTO,^{†1} WEIHUA SUN,^{†1}
NAOKI SHIBATA,^{†2} KEIICHI YASUMOTO^{†1} and MINORU ITO^{†1}

Recently, aiming to prevent adult diseases utilizing Information and Communication Technology, many research efforts have been made to construct electronic health-care systems that navigate users to improve their life styles. Most of existing systems, however, force users to measure various vital signs such as the blood pressure and the pulse, and/or directly attach a special device on their bodies. Therefore, it was difficult for ordinary users without serious health problems to continuously use those systems. In this paper, aiming to

facilitate the continuous use of a health-care system, we propose a method for navigating a user's weight to the target weight in a specified period only with a simple survey on the meal and exercise that the user took, and the periodic measurement of the weight. The proposed method recommends to a user meal and exercise menus according to the adequate caloric intake and expenditure based on the user's present and target weight and the remaining period. To reduce the user's burden on meal/exercise survey, we ask each user to only input subjective and relative estimation (in 5-levels) on amount of meal/exercise actually taken by the user compared to the recommended menus. The subjective estimation will cause some error in caloric intake/expenditure (e.g., a user thought that he/she followed system's recommendation, but actual caloric intake was much larger than the recommendation). Therefore, our method estimates the actual caloric intake and expenditure based on a log of the user's weight, and makes a user more familiar with calories of meals/exercises by advising the user on the error such as excess caloric intake, lack of caloric expenditure, and so on.

1. はじめに

近年、メタボリックシンドロームや糖尿病をはじめとする健康問題が深刻化している。これらの病気は、動脈硬化を介して脳卒中や心筋梗塞の発症リスクが高くなることで知られている¹⁾。さらに、これらの病気は長年の生活習慣が深く関与しているため、病気を予防、改善するには、食習慣や運動習慣の継続的な改善が必要である。しかし、多くの人々は自身の健康状態や生活習慣の具体的な改善方法を認識できておらず、ユーザに実現性の高い長期的な改善目標を認識させる必要がある。このような背景から、ICTを利用し、個々人のライフスタイルに合わせた生活習慣の改善を促す健康支援システムに関する研究が盛んに行われている。

しかし、多くの既存研究、例えば文献2)では、個人に適した改善案を促すため、血圧や脈拍といったバイタルデータの計測や医師による診断が必要であったり、身体に直接デバイスを装着したまま生活する必要があるなど、利用のハードルが高い。このため、健康状態がよほど深刻なユーザでない限り、継続的にシステムを利用してもらうことは困難である。一方で、携帯端末を利用し、簡単な操作のみでユーザの食生活に対する知識の向上を図るシステム³⁾が提案されている。このシステムでは、クイズ形式でユーザに食事メニューを選択したり、SNSを用いてユーザ間で成果を共有するという、エンターテインメント的な特

^{†1} 奈良先端科学技術大学院大学
Nara Institute of Science and Technology

^{†2} 滋賀大学
Shiga University

徴を持っており、ユーザビリティが高く、継続性に優れているといえる。しかし、この研究では食事に対する知識向上を図るのみで、ユーザに対する具体的な健康支援は行われていない。これらのことから、ユーザが継続的に利用でき、かつ具体的な食事や運動の改善案を推薦することができる健康支援システムが必要であると考えられる。

本稿では、メタボリックシンドロームの要因の一つである肥満の予防、改善のため、食事や運動といったユーザが実際にとったアクティビティについての簡易な入力と体重変化に基づいた継続性の高い健康支援システムを提案する。提案手法では、ユーザの継続性を最優先事項ととらえ、脈拍計や血圧計などのデバイスを体に直接装着する、食事内容や運動内容の詳細を入力してもらうといったユーザが煩わしさを感じる可能性が高い方法を避け、代わりに、一般家庭に普及している体重計に加え、ユーザが日常で利用するモバイル端末のみを利用し、健康支援を行う。

提案手法では、まず、現在の体重およびユーザが指定する目標体重と達成までの目標日数から、1日当たりの適正な摂取・消費カロリーを計算し、それに沿った食事・運動のメニューをユーザに推薦する。この際、ユーザが実際にとった食事や運動がこの推薦メニューに対し、どうであったかをできるだけ正確にシステムに入力できることが、目標体重への誘導のため極めて重要である。食事や運動内容の入力におけるユーザの負担を軽減するため、既存のシステム²⁾のように、毎食ごとに主菜や副菜、それらの項目における食事量(多め、少なめ、など)を料理DBの項目の中からユーザに選択してもらうといった事を極力行わず、提案手法が推薦する食事メニューと比較した際の相対的な食事量(推薦された量より多い、推薦内容通り、推薦された量より少ない、など)から食事内容を推測する。同様に運動内容についても、運動メニューの詳細入力をできるだけ避け、推薦内容と比較した際の相対的な運動量から推定を行う。上記の手法を用いることで、入力情報を簡易化し、ユーザの入力における負担を軽減できる反面、個人の主観的な入力のため、入力情報の精度にばらつきが生じ、推定精度が低下してしまうといった問題が生じる。この問題を解決するため、毎日の体重測定から導き出される体重の増減と食事量や運動量の入力情報を基に、絶対的な食事量と運動量(摂取、消費カロリー)を推定するとともに、それら摂取、消費カロリーと運動量と体重変化の関係をモデル化する。そして、このモデルを利用し、推薦されたメニューに比べ、ユーザがカロリーを取りすぎている、消費カロリーが少ないといった傾向をユーザに知らせ、学習させることで、食事、運動習慣の改善を促す。また食事、運動の推薦方法として、ユーザの嗜好に沿うため、推薦メニューを複数提示し、その中から気に入った食事、運動メニューをユーザに選択してもらい、ユーザの嗜好をシステムに学習させる..

以下、2章では関連研究について述べ、3章では提案手法について述べる。また4章では、システム構成について述べる。5章では評価実験に向けての今後の検討事項について述べ、6章ではまとめを述べる。

2. 関連研究

生活習慣の継続的な改善には、個人の健康状態やライフスタイルに合わせた健康支援手法が必要である。ユーザの健康状態や食習慣を把握するため、文献4)や文献5)では、ウェアラブルな血圧計やイヤホン型のセンサを用いて、ユーザの血圧をリアルタイムに測定する方法や、イヤホンから送られてくる咀嚼音などの音情報を基にユーザの食習慣を把握する方法が研究されている。文献6)では、加速度センサのみを用いて、ユーザの消費カロリーを推定する方法が研究されている。またChiuらは、ユーザに適切な水分補給を促すために、飲み物を入れるボトルにカメラと加速度センサを装着し、ユーザの水分摂取量を記録するPlayful Bottle⁷⁾と呼ばれるシステムを開発している。これらの既存研究では、ユーザのバイタルデータや行動を正確に測定、把握することができるが、ユーザが常に特殊なデバイスを装着もしくは携帯する必要があることが問題となる。

また、患者の食生活や身体活動を継続してモニタリングし、それに応じて医師が患者に対して指導を行うといった糖尿病患者のための健康支援システム²⁾が提案されている。この手法では、加速度計と心拍計を身体に直接装着し、その情報を基に消費カロリーを推定する。加えて、患者はモバイル端末を用いて、食事内容をカメラで撮影する、または既存の食事メニューの中から選択するといった形式で食事内容を入力する。これらの入力情報を基に医師は、個々の患者に合わせた生活改善の指導を行う。これにより、患者は自身の健康状態やライフスタイルに合わせた食生活や運動習慣における具体的な改善案を認識することができ、糖尿病の予防や改善に繋がると考えられる。しかし、上記の手法では、毎週1回の医師との面会が必要である事に加え、睡眠時と入浴時を除いて、身体に直接デバイスを装着しなければならないため、生活習慣病予備軍の人や健常者にとっては、制約が厳しく、継続的なシステムの利用は困難である。

またAbergにより、食事のジャンルや利用できる食材、コスト、味付けなどのいくつかの項目を入力することで、それらの条件に適した食事をユーザに推薦してくれる食事支援システム⁸⁾が提案されている。このシステムでは、老若男女問わずシステムを利用できるように、ユーザは複数の項目に情報を入力するという簡単な操作で食事メニューの推薦を受けることができる。しかし、複数の入力項目のうち、1つでも未入力の情報があれば、食事推薦

を受けることができない、加えて、入力項目に対する重みづけが偏っており、入力の内容を変更しても、同じようなジャンルの食事しか提案されないといった問題が挙げられる。

一方で、ユーザに対して、行動支援を行うのではなく、健康に関する知識を高める研究が行われている。Kitamuraらは、Foodlog⁹⁾¹⁰⁾と呼ばれる独自に開発されたアプリケーションを用いて、ユーザの撮影した食事画像を解析し、日々の食事記録の作成や食事の栄養バランスの推定を自動で行うことでユーザの食生活の改善に取り組んでいる。文献3)では、OrderUP!と呼ばれるアプリケーションを利用することで、簡単な操作のみで食生活に対する知識の向上を図ることができる。具体的には、ユーザは3択のクイズ形式で出題される食事メニューの中から、最も健康に良いと考えられるメニューを選択する。その選択肢に応じて、ユーザはシステムからフィードバックを受けることができ、どの食事が健康によいのかを学習することができる。加えて、このシステムは、モバイル端末を用いるため、時間や場所の制約なくシステムを利用することができる。しかし、これらの手法は食事に対する知識向上を図るのみであり、実際にユーザの生活習慣を改善するには、ユーザに対して具体的な食事支援や運動支援を行うことが望ましいと考えられる。

これらのことから、既存研究では、簡単な操作や少ない入力データのみで、ユーザに対して食事メニューや運動内容の具体的な改善案を提示する手法は実現されていない。そこで本稿では、ユーザを目標体重に誘導するため、(1)目標体重と目標日数から計算される1日当たりの適正な摂取・消費カロリーを基に食事・運動のメニューをユーザに推薦するとともに、ユーザの継続性を確保するため、(2)推薦されたメニューに対する実際の食事量、運動量の割合の主観評価のみをユーザに入力させ、実際の摂取・消費カロリーとのずれを体重変化から推定し、ユーザに提示・認識させる、ことを基にした健康支援システムを提案する。

3. 提案手法

3.1 システム要件

本研究の目的は、ユーザを目標体重に導くことのできる継続性の高い健康支援システムの構築である。上記の目的を満たすための要件として、以下の4つを挙げる。

- (i) 身体へのデバイス装着を避ける
- (ii) 食事、運動内容の入力情報を簡易化する
- (iii) ユーザの現在の体重と目標体重、目標期間に応じた食事や運動内容の推薦を行う
- (iv) ユーザの嗜好に合った食事や運動内容の推薦を行う

上記の要件を満たすための基本方針として、(i)については血圧や脈拍といったバイタル

データの測定は行わず、一般家庭に普及している体重計やユーザが日常で利用するモバイル端末のみを用いることとする。(ii)の要件については、ユーザに食事や運動内容についての詳細入力を行わず、提案手法が推薦する基準となる食事、運動メニューに対する相対的な食事量、運動量を幾つかのレベル(例えば、少ない、少し少ない、同程度、少し多い、多いの5段階)で入力してもらうことで入力情報の簡易化を行う。しかし、入力情報を簡易化することで、ユーザの入力における負担を軽減できる反面、入力情報の精度が低くなってしまふといった問題が生じる。加えて、ユーザの体重は食事や運動以外にも水分補給や入浴などで瞬間的に増減するため、短期間で食事、運動の影響による体重の変化を推定することは困難である。この問題を解決し、かつ(iii)、(iv)の要件を満たすため、本手法では、システム利用開始時にユーザに目標体重と目標期間を設定してもらい、その後、少なくとも1日1回、定期的に体重を測定してもらうこととする。同様に毎日の食事、運動内容をモバイル端末から入力してもらう。これらの入力情報を基に、食事や運動による体重の変化傾向とユーザの嗜好を推定し、現在の体重と目標体重、目標期間に応じた食事や運動内容の提示を行う。また本手法では体重の増減に深く関わる食事と運動内容を**アクティビティ**と呼ぶ。

3.2 健康支援の流れ

本節では、提案手法の健康支援の全体の流れについて述べる。まず、支援開始時から終了時までの支援の流れを図1に示し、各内容について説明する。

3.2.1 ユーザ情報の登録

本手法では、ユーザの入力を簡易化し、かつ目標体重に導くためのアクティビティの推薦を行う。そのための基本方針として、過去のアクティビティと体重の変化履歴から、各アクティビティに対する摂取、消費カロリーを推定し、目標体重に導くためのアクティビティをユーザに推薦する。しかし、システムの利用を開始した時点では、ユーザの過去のアクティビティや体重の情報が入力されていないため、そのような支援を行うことは困難であるため、実験開始時にいくつかの項目に答えてもらい、初期段階でもユーザの健康状態、嗜好に沿った支援が行えるようにする。具体的には、システムの利用開始時に以下の内容について、ユーザに入力してもらう。

- 年齢
- 身長
- 性別
- 目標体重
- 目標期間

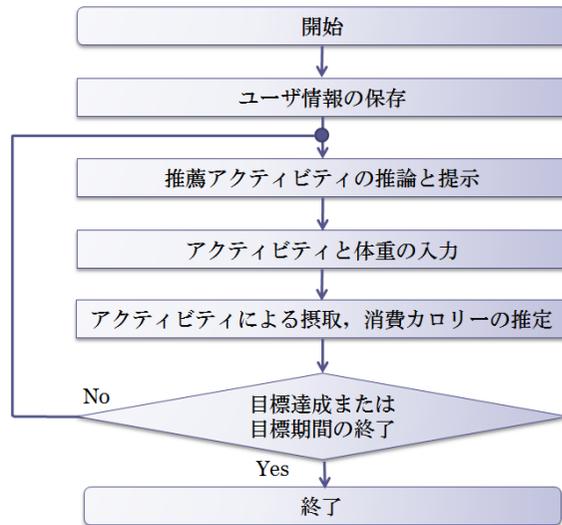


図1 支援の流れ

- 日常の平均的な食事量
- 日常の平均的な運動量
- 食事や運動に関する嗜好情報

まず、ユーザのおおよその基礎代謝量を推定するために年齢と身長、性別についてユーザに入力してもらう。次に目標体重とその目標を達成するための期間を決めてもらい、さらに日常の食事量、運動量について入力してもらう。食事量、運動量の入力内容とともに、お茶碗2杯分、ウォーキング2kmといった定量的な例を入力してもらう。加えて、どのような食事ジャンルや運動方法を好むのかをといった食事や運動に関する嗜好情報を入力してもらう。

3.2.2 推薦アクティビティの決定と提示

システム開始時の情報とユーザのアクティビティ、体重の変化履歴から目標体重に導くための推薦内容を決定し、その推薦内容をユーザのモバイル端末に提示する。まず、はじめに目標体重と現在の体重、さらに目標達成日までの残りの日数から、1日に減らすべき体重を計算し、この情報を基に、1日の摂取、消費すべきカロリーを算出する。また消費、摂取カロリーのバランス、それらに合うアクティビティの推薦メニューについては、ユーザの嗜好に基づいて決定する。例えば、過去のアクティビティの履歴より、食事量を抑える推薦には

あまり従わないが、食事ジャンルについては推薦内容通りの食事をするユーザに対しては、食事量を制限するといった推薦よりも、煮物や蒸し物といったカロリーの抑えられる食事メニューを優先的に推薦することで、食習慣の改善を図る。一方で、体を動かすことが好きなユーザに対しては、優先的に運動量を増やすことで、生活習慣の改善を図るといった支援例が挙げられる。

また文献8)では、推薦された食事が好ましくない場合、ユーザは再度、各項目を入力し直さなければならず、ユーザの負担が大きかった。これより、本手法では、複数の推薦メニューを提示し、その中からアクティビティの内容をユーザに選択してもらうことで、再設定の手間を省く。さらに推薦メニューは嗜好情報の重みが大きく、決まったメニューしか推薦されないといった場合を避ける。具体的には、3つの食事の推薦候補がある場合、推薦されるメニューとして、(i) ユーザの選択頻度の多いメニュー、(ii) 過去に選択はされているが一定期間選択されていないメニュー、(iii) これまで未選択のメニュー、または長期間選択されていないメニュー、といった内容を推薦する。

3.2.3 アクティビティ・体重の入力

前節で示したような形式でユーザに推薦内容が提示される。ユーザが推薦内容とほぼ同等なアクティビティを行った場合、ユーザはその推薦内容とアクティビティを比較した際の相対的な評価(推薦された量より少し多い、など)を入力する。また1日1回、ユーザに体重を測定してもらう。推薦されたメニューに対する、これらの入力情報の具体例を図2に示す。

上記のように、サーバから携帯デバイスを通して、ユーザにアクティビティの内容が推薦される。この推薦メニューに対して、ユーザはどのメニューを選択し、その内容と比較して、どれほど食事量や運動量が増減したのかを相対的に5段階で評価する。図2の例では、ユーザは食事についてはメニュー(ii)を選択し、運動についてはメニュー(i)を選択しているのが分かる。また推薦メニューに表示されているカロリー情報を基に、選択メニューに対する自身の食事量、運動量が推薦内容とほぼ同等だったのか、推薦内容より少なかったのかを5段階で入力する。また、日常生活の中では、時間や場所の制約があるため、推薦候補の中から、アクティビティを決定することができない場合がある。このような場合には、推薦されているメニューのカロリーと比較して、自身の摂取したカロリー、消費カロリーが高かったのか、低かったのかを主観的にユーザに入力してもらうこととする。しかし、食事量や運動量をユーザ個人に主観的に入力してもらうことは、入力における操作の負担を少なくできる反面、個人によって入力精度にばらつきがあり、ユーザが推薦メニュー通りの食事、運動を行っているのかを判別することが困難である。この問題を解決するため、過去の体重

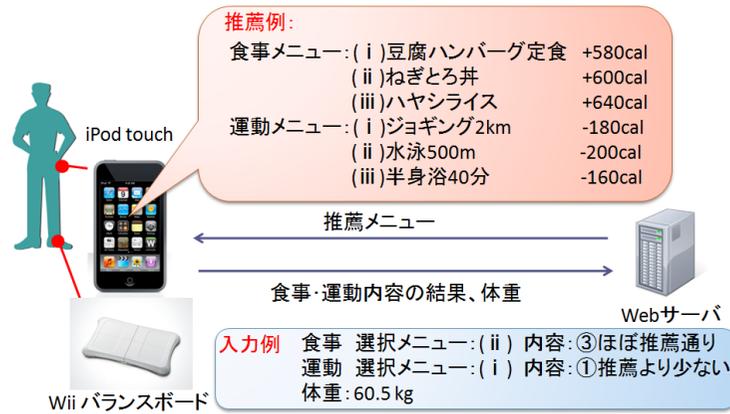


図2 推薦メニューに対するユーザーの入力情報の例

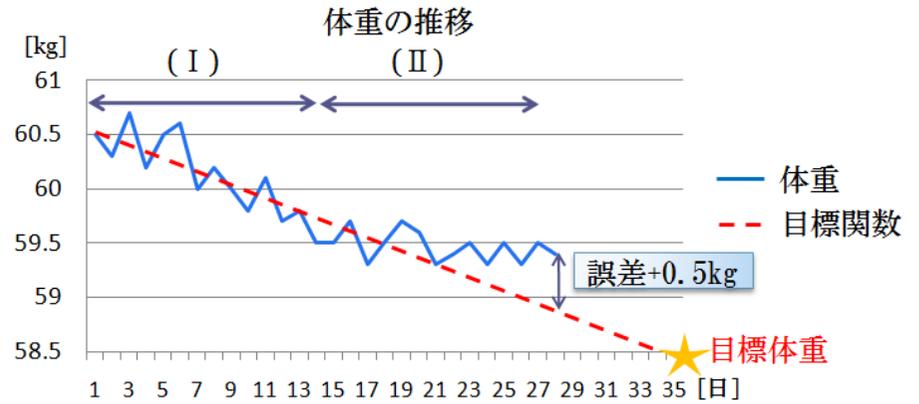


図3 入力情報からの体重推移の予測図

推移とアクティビティの入力情報を関連付けることで、実際の摂取カロリーと消費カロリーの推定を行い、これらの情報を基に、ユーザーが推薦メニューより食べ過ぎである、または運動が少ないなどといった傾向を判断する。次節で体重変化に基づいた摂取、消費カロリーを推定する手法について述べる。

3.2.4 アクティビティと体重推移のモデル化

前節で述べたように、アクティビティの入力情報を基に、食事や運動による摂取、消費カロリーを推定する手法を述べる。表1、表2は2週間のアクティビティの入力情報の例を表しており、図3はそれらのアクティビティと同時期の体重の推移、さらに目標体重までの目標関数を表している。またユーザーが推薦メニュー通りにアクティビティを行うとほぼ目標関数通りに体重が推移すると仮定する。

表1 食事、運動内容の入力例

	食事	運動
推薦内容より多い	0	2
推薦内容より少し多い	6	4
推薦内容通り	19	6
推薦内容より少し少ない	15	0
推薦内容より少ない	2	2

表2 食事、運動内容の入力例

	食事	運動
推薦内容より多い	1	0
推薦内容より少し多い	3	2
推薦内容通り	28	4
推薦内容より少し少ない	5	6
推薦内容より少ない	5	2

上記の例では、目標体重は58.5kgで、目標達成期間は35日であり、各アクティビティの情報について5段階で入力してもらっている。表1は、図3の(I)の期間の食事のうち、19回分についてはほぼ推薦内容通りの食事を行い、15回分は推薦内容より少し少なめに食事を取ったというユーザーの入力を表している。図3で同時期の体重の推移を見ると体重の瞬間的な増減があり、多少の誤差はあるものの、結果1kg体重が減少しており、ほぼ目標関数通りに体重が推移している。しかし、表2では、(II)の2週間の食事のうち、28回分について、推薦通りの食事を行っているという入力結果にも関わらず、体重がほとんど減少していないため、目標関数との誤差が+0.5kg生じている。このような場合、ユーザー自身は推薦通りのアクティビティを行っていると感じているにも関わらず、推薦メニュー以上のカロリーを摂取している可能性が高く、ユーザーに食事内容の改善を促す必要がある。上記の例では、2週間の体重推移と食事内容の記録から、ユーザーの摂取カロリーが推薦されたメニューのカロリーと比較して、X% (Xは任意の値)の誤差があり、その誤差をできるだけ小さくする具体的な行動例(例えば、毎食のご飯の量を1/5善減らす)をユーザーに知らせるといった支援が挙げられる。これにより、ユーザーは目標体重に近づくために必要な摂取カロリーや消費カロリー量を学習することができる。

上記の例で示したように、本手法において、推薦されたアクティビティのカロリーと実際にユーザーが行ったアクティビティにおけるカロリーの誤差を求めることは、ユーザーにアク

ティビティの改善を促す上で重要である。

以降で、使用する記号の一覧を表 3 に示し、推薦アクティビティとユーザが行ったアクティビティを比較した際の摂取、消費カロリーの誤差を求める手法を以下に示す。

表 3 各記号の説明

記号	記号の説明
$W_{current}$	現在の体重 (kg)
W_{target}	目標体重 (kg)
P_{target}	目標期間 (日)
C_{target}	目標期間内に減らすべきカロリー量 (kcal)
C_{excess}	超過カロリー量 (kcal)
C_{intake}	1 日の摂取カロリー量 (kcal)
$C_{consump}$	1 日の消費カロリー量 (kcal)
C_{meal}	1 回に推薦される食事のカロリー量 (kcal)
$C_{exercise}$	1 回に推薦される運動のカロリー量 (kcal)
U_{in}	アクティビティに対するユーザの主観的評価 (5 段階)
$Metabolism$	基礎代謝量 (kcal)
$height$	身長 (cm)
age	年齢 (歳)

式 (1) では、まず現在の体重 $W_{current}$ と目標体重 W_{target} から、減らすべき体重量 (脂肪量) を求め、その情報から目標体重に近づくために減らすべきカロリー量 C_{target} を求める。また脂肪を 1kg 減らすにはおよそ 7000kcal のマイナスが必要とされている¹¹⁾ ため、これらのことを考慮すると式 (1) は以下ようになる。

$$C_{target} = (W_{current} - W_{target}) \times 7000(kcal) \quad (1)$$

また脂肪の変化量は食事量や運動量、基礎代謝に基づいた摂取カロリー、消費カロリーに依存すると思われるため、1 日の消費、摂取カロリーをそれぞれ C_{intake} 、 $C_{consump}$ 、目標期間を P_{target} とすると目標期間内における摂取、消費カロリーの関係を以下のように表記する。

$$P_{target} \times (C_{consump} - C_{intake}) \geq C_{target} \quad (2)$$

さらに、1 日の摂取、消費カロリーについては、基礎代謝量 $Metabolism$ と推薦された i 回目の食事、運動内容の摂取、消費カロリーを表す $C_{meal}(i)$ 、 $C_{exercise}$ 、推薦内容と比較した際のユーザのアクティビティの主観的評価 (推薦に対する割合) を表す $U_{in}(i)$ 、 $U_{in}(exercise)$ から推定する。食事については、朝、昼、夕の 3 食とし、1 日に 3 回食事が推薦されること

とする。またユーザの主観的評価は、5 段階 (S:少ない, s:少し少ない, N:推薦通り, l:少し多い, L:多い) で表す。これらの項目から 1 日の摂取、消費カロリーを推定する式を式 (3)、式 (4) で定義する。

$$C_{intake} = \sum_{i=1}^3 (C_{meal}(i) \times U_{in}(i)) \quad (3)$$

$$C_{consump} = C_{exercise} \times U_{in}(exercise) + Metabolism \quad (4)$$

また式 (4) の変数である基礎代謝量は個人で異なるが、ハリス・ベネディクト方程式¹²⁾ と呼ばれる式を利用することで大まかに推定することができる。以下の式 (5) に男性の基礎代謝を求める方程式を、式 (6) に女性の基礎代謝を求める方程式を示す。

$$Metabolism = 66.5 + W_{current} \times 13.8 + height \times 5.0 + 6.8 \times age \quad (5)$$

$$Metabolism = 66.5 + W_{current} \times 9.6 + height \times 1.8 + 4.7 \times age \quad (6)$$

上記の式を用いて、ユーザに必要な摂取、消費カロリーを求め、ユーザに対して、アクティビティの推薦を行う。しかし、図 3 のように目標関数と体重推移との間に誤差が生じる場合、ユーザが推薦された摂取カロリー量より、多くカロリーを摂取している、もしくは推薦された消費カロリーより、消費カロリーが少ないといったことが考えられる。このような場合、推薦内容と実際のアクティビティの間にどれだけの摂取、消費カロリーの誤差があるのかを推定し、ユーザに学習させる必要がある。誤差の推定手法として、目標関数との誤差の体重量から、超過しているカロリー量を求める。例えば、0.5kg 誤差があるなら、文献 11) より、 $0.5 * 7200 = 3600kcal$ 超過していると仮定する。この情報とユーザのアクティビティの入力情報における各主観的評価の回数と推薦摂取カロリーの平均値を基に誤差を推定する。超過カロリーを C_{excess} とし、誤差を求める式の例を式に示す。

$$C_{target} + C_{excess} = 5 \times S \times 640 + 5 \times s \times 640 + 28 \times N \times 640 + 3 \times l \times 640 + 1 \times L \times 640 \quad (7)$$

右辺の各項目の左の数字はユーザの 5 段階の主観的評価における食事回数を表しており、640 は、推薦摂取カロリーの期間平均を表している。上記の式から主観的な評価 (S, s, N, l, L) が推薦カロリーと比べ、どれほどの誤差が生じているのかを推定する。例えば、N = 1.2 の場合、推薦されたカロリーと実際ユーザが摂取したカロリーとで、20% の誤差があり、その誤差の摂取カロリー分をユーザに是正してもらうように促す。上記のようにして、ユーザに目標体重に近づくために必要な摂取カロリーや消費カロリー量を学習させる。

4. システム構成

本章では、提案システムの構成について述べる。本手法では、システムを利用する上での、ユーザの負担を軽減し、システムの継続的な利用を促すために、日常でユーザが利用しているデバイスのみを用いる。ユーザデバイスとして、場所や時間の制約を受けることなくユーザがアクティビティ内容を入力できるように携帯端末 (iPod touch など) を用いる。またユーザの体重の変化を測定するため、通信機能を持つ体重計 (Wii バランスボードなど) を用いる。加えて、それら2つのデバイスから送られてくる、過去のアクティビティと体重の変化履歴を記録し、その情報を基にユーザ個人に応じたアクティビティの推薦内容をユーザデバイスに送信するサーバからシステムを構成する。図4にシステム構成図を示す。

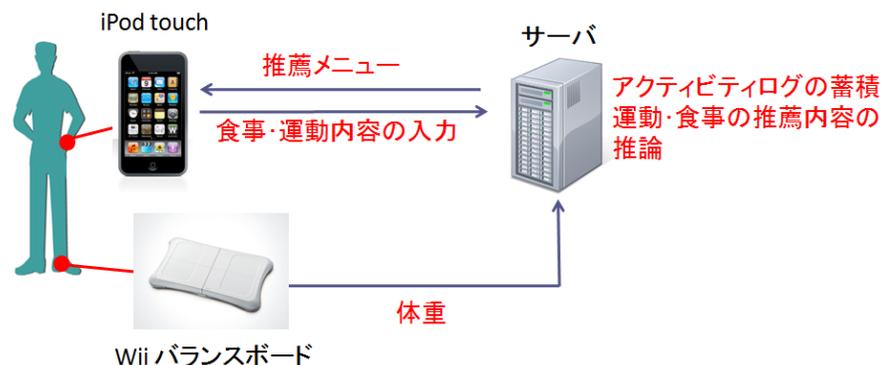


図4 システム構成図

上記のシステム構成でユーザに対して、生活習慣の改善を促す。

5. 評価実験に向けての今後の検討事項

提案手法の有用性を評価するための実験に関する今後の検討事項について以下に述べる。

5.1 ユーザインタフェースの検討

本手法では、ユーザに対し、目標体重に誘導する適切な食事や運動メニューの推薦と、推薦に対し、実際にとったアクティビティの正確さの提示を通して、食習慣や運動習慣の改善を促す。しかし、推薦内容が摂取カロリーと推薦メニュー名だけでは、具体的な推薦メ

ニューをユーザが認識できない可能性が高い。これより、Cookpad¹³⁾のように具体的な食事メニューを表示するといった工夫が必要であると考えられる。また本手法では、一定期間の体重の推移とユーザのアクティビティの入力情報から、推薦メニューに比べ、カロリーを取りすぎている、消費カロリーが少ないといった傾向をユーザに提示し、学習させる。しかし、このような場合、過去のどの食事がそのような傾向にあったのかをユーザが把握しづらい。この問題を解決するため、Foodlog¹⁰⁾のように、過去の食事履歴を写真で確認できるようにするといった工夫を行う必要があると考えられる。

5.2 体重推移の目標関数の検討

本手法では、目標体重および目標日数に応じたユーザの適切な体重推移パターンを決定することは、アクティビティを推薦する上で重要である。現段階では、体重の推移は摂取、消費カロリー量に応じて、単調減少していくと仮定しているが、実際は、個々人の体質により、変化してくると思われる。これより、今後は、ユーザから収集した体重変化履歴と実際にとったアクティビティ履歴に基づき、個人に合った直線的でない体重推移パターンを決定する必要があると考えられる。

6. まとめ

本稿では、ユーザの体重を目標体重に導くための健康支援手法を提案した。提案手法では、過去のアクティビティと体重の推移を関連づけることで、実際のユーザの摂取、消費カロリーの推定を行う。またその情報を基に、カロリーの取りすぎ、消費カロリーが少ないといった傾向をユーザに学習させることで、ユーザの食事、運動習慣の改善をめざす。

今後の課題としては、ユーザインタフェースの表示形式の向上や、個々人に合った無理のない体重推移モデルの構築が挙げられる。

参考文献

- 1) Guize, L., Pannier, B., Thomas, F., Jago, B., Benetos, A.: "Recent advances in metabolic syndrome and cardiovascular disease," *Archives of Cardiovascular Diseases*, Vol 101, Issue 9, pp. 577-583 (2008).
- 2) Nachman, L., Baxi, A., Bhattacharya, S., Darera, V., Deshpande, P., Kodalapura, N., Mageshkumar, V., Rath, S., Shahabdeen, J., Acharya, R.: "Jog Falls: A Pervasive Healthcare Platform for Diabetes Management," *Pervasive 2010*, pp. 94-111 (2010).
- 3) Grimes, A., Kantroo, V., Grinter, E.R.: "Let's play!: mobile health games for adults," *Proc. of the 12th ACM international conference on Ubiquitous computing(UbiComp '10)*, pp. 241-

- 250 (2010).
- 4) Lopez, G., Shuzo, M., Ushida, H., Hidaka, K., Yanagimoto, S., Imai, Y., Kosaka, A., Delaunay, J.-J., Yamada, I.: "Continuous Blood Pressure Monitoring in Daily Life," *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, vol. 4, no. 1, pp. 179-186 (2010).
 - 5) Shuzo, M., Komori, S., Takashima, T., Lopez, G., Tatsuta, S., Yanagimoto, S., Warisawa, S., Delaunay, J.-J., Yamada, I.: "Wearable Eating Habit Sensing System Using Internal Body Sound," *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, vol. 4, no. 1, pp. 158-166 (2010).
 - 6) Lester, J., Hartung, C., Pina, L., Libby, R., Borriello, G., Duncan, G.: "Validated caloric expenditure estimation using a single body-worn sensor," *Proc of the 11th ACM international conference on Ubiquitous computing(Ubicomp '09)* pp. 225-234 (2010).
 - 7) Chiu, M.-C., Chang, S.-P., Chang, Y.-C., Chu, H.-H., Chen, C.-H.C., Hsiao, F.-H., Ko, J.-C.: "Playful bottle: a mobile social persuasion system to motivate healthy water intake," *Proc. of the 11th international conference on Ubiquitous computing(Ubicomp '09)*, pp. 185-194 (2009).
 - 8) Aberg, J.: "An evaluation of a meal planning system: ease of use and perceived usefulness," *Prof of the 23rd British HCI Group Annual Conference on People and Computers: Celebrating People and Technology(BCS-HCI '09)*, pp.278-287 (2009).
 - 9) Kitamura, K., Yamasaki, T., Aizawa, K.: "FoodLog: capture, analysis and retrieval of personal food images via web," *ACM multimedia 2009 workshop on Multimedia for cooking and eating activities*, pp. 23-29 (2009).
 - 10) FoodLog, <http://www.foodlog.jp/>
 - 11) メタボリック症候群, <http://kompas.hosp.keio.ac.jp/contents/000062.html/>
 - 12) Harris, J.A., Benedict, F.G.: "A Biometric Study of Human Basal Metabolism," *Proc Natl Acad Sci U S A* pp. 370-373 (1918).
 - 13) Cookpad, <http://cookpad.com/>