

修士論文

摂食行動に基づく視触覚提示による摂食抑制システムの
開発

寺田 周平

2019 年 3 月 15 日

奈良先端科学技術大学院大学
情報科学研究科

本論文は奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科に
修士（工学）授与の要件として提出した修士論文である。

寺田 周平

審査委員：

清川 清 教授 （主指導教員）

安本 慶一 教授 （副指導教員）

酒田 信親 准教授 （副指導教員）

摂食行動に基づく視触覚提示による摂食抑制システムの 開発*

寺田 周平

内容梗概

食事に求める価値の一つに「満腹感」がある。満腹感とは、消化管から大脳皮質まで様々なネットワークが関する漠然とした感覚であり、食事時の環境要因や内臓感覚、食品の味等の報酬系の入力バランスによって形成される。しかし、日々の食事で満腹感を追求し続けると、慢性的な過食状態から肥満等の健康的問題に発展することが容易に想像される。胃拡張からくる過食状態の是正は非常に難しく、減量外科治療等は効果が大きい代わりにリスクも大きい。そのため、減量外科治療に代わる食事量制御をサポートするシステムが必要となる。

本研究では、減量外科治療のようなリスクを可能な限り小さくし、食事量の適正化に重要な日常利用が可能な摂食抑制システムを提案する。満腹感を形成する因子として、腹部の膨張や重量、腹部皮膚の引っ張り等の内臓の重量や容量に関する感覚が挙げられるため、上記 3 つの身体感覚を、視覚及び触覚を用いてユーザに対して誇張提示することで、過食を防止可能ではないかと考えた。そして、輸液バッグと温水を利用して腹部の膨張及び重量を、皮膚テープとワイヤを利用して腹部皮膚の引っ張りを表現し、衣服と椅子の一体型デバイスとして試作し、提案システムに基づいた試作デバイスの食事量減少効果の検証を行った。被験者にはデバイスを着用させ、腹部の膨張・腹部の重量・腹部皮膚の引っ張りの 3 つの身体感覚を拡張提示しながら食事を行わせる作動条件と、身体情報の提示無しに食事を行わせる非作動条件の 2 条件で食事を行わせ、その 2 条件間の食事量の変化や、デバイスの効果に対する主観評価を行った。結果として、非作動条件に対して作動条件では、平均 7.38 % の食事量減少を確認した。また、提案システムに基づいた試作デバイス使用

*奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 修士論文, 2019 年 3 月 15 日.

と食事量減少の間に統計的有意差を確認できた。

キーワード

満腹感，内臓感覚，食事量制御，視覚提示，触覚提示

Development of overeating suppression system by visual and haptic feedback based on food intake*

Shuhe Terada

Abstract

A great value of meals is “feeling full.” Sense of fullness is a vague sensation related to various networks from the gastrointestinal tract to the cerebral cortex, and is formed by balancing the input of the reward system such as the environmental factors at the time of meal, visceral sensation, food taste and the like. However, keeping pursuing satiety with everyday eating habits will cause health problems such as obesity from a chronic overeating state. It is very difficult to correct the overeating state caused by gastric distension. Weigh-loss surgery is effective but risky too. Therefore, a system that supports dietary control in lieu of weigh-loss surgery is expected.

In this research, we propose a food intake suppression system that can be used in a daily life to control the food intake at a desirable level and to minimize the risk of weigh-loss surgery. As a factor that forms satiety feeling, there are sensations concerning the weight and capacity of the internal organs such as swelling and weight of the abdomen and tension of the abdominal skin. Therefore, it is assumed that emphasizing such body sensations by visual and tactile stimuli will suppress user’s overeating activities. We have then developed a prototype system that emphasizes swelling and weight of the abdomen by inflating an infusion bag attached on the user abdomen. The tension of the abdomen skin is further emphasized by pulling wire attached to adhesive skin

*Master’s Thesis, Department of Information Science, Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology, March 15, 2019.

patch pasted on the abdomen. We conducted a user study with two conditions, with and without our system, to confirm the effectiveness of the prototype device by evaluating the amount of food intake and a questionnaire. As a result, the food intake was reduced by 7.38 % on average with our system.

Keywords:

Feeling of satiety, Visceral sensation, Dietary control, Visual presentation, Tactile presentation

目次

第 1 章	はじめに	1
1.1	研究背景	1
1.2	本研究の目的	3
第 2 章	関連研究	5
2.1	満腹感に関する関連研究	5
2.2	食事量調節に関する関連研究	5
第 3 章	提案手法	10
3.1	システム概要	10
3.2	提案入力デバイス	10
3.3	提案出力デバイス	11
3.4	試作システム	12
3.4.1	入力デバイス	12
3.4.2	出力デバイス	17
第 4 章	実験	22
4.1	実験の目的	22
4.2	実験内容	22
4.3	結果と考察	25
第 5 章	おわりに	29
	謝辞	30
	参考文献	31
付録 A	付録	34

第 1 章 はじめに

1.1 研究背景

食事に求める価値の 1 つに「満腹感」がある [1][2]。この「満腹感」とは、消化管から大脳皮質まで様々なネットワークが関する漠然とした感覚であり、食事時の環境要因、嗜好に代表される食物の特性、気晴らし食といった衝動性等、様々な要因に影響を受ける多元的なものである [3][4]。また、中枢で生じる生理的な反応と共に、末梢で生じた内臓感覚と味や食物の価値等の報酬系の入力バランスによって形成される [5][6]。ここで挙げられる内臓感覚とは、胃が圧迫される感じ、逆流感、胃が膨れた感じ、吐き気がする、重たい感じなどと表現されている。

しかし、日々の食事で満腹感を追及し続けると、慢性的な過食状態となることで、不必要な胃拡張を招いてしまい、食事量の制御が失われ肥満等の健康上の問題が発生し得る。加えて、現在肥満は社会問題の 1 つとなっており、日本においても、肥満者 ($BMI \geq 25 \text{ kg/m}^2$) の割合は、男性は 31.3 %、女性は 20.6 %であり、全体で 4 人に 1 人が肥満であるという統計 [7] がある (図 1.1)。肥満は高血圧や糖尿病な

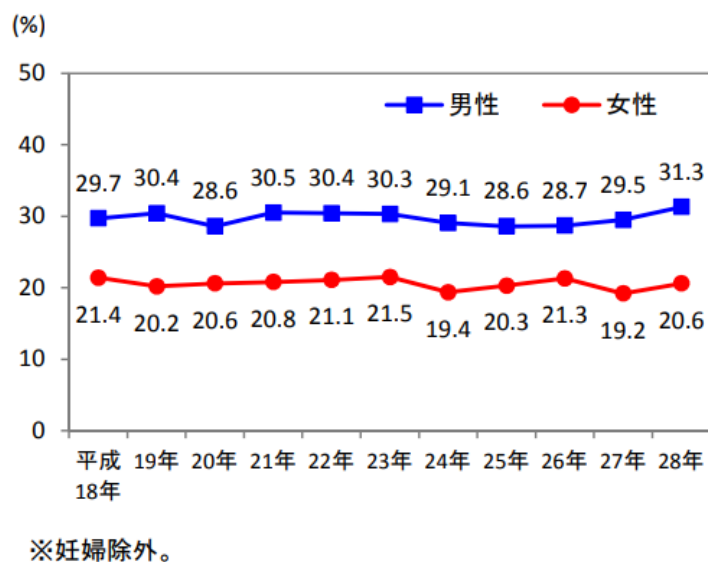


図 1.1 肥満者 ($BMI \geq 25 \text{ kg/m}^2$) の割合の年次推移 (20 歳以上)(平成 18~28 年)[7]

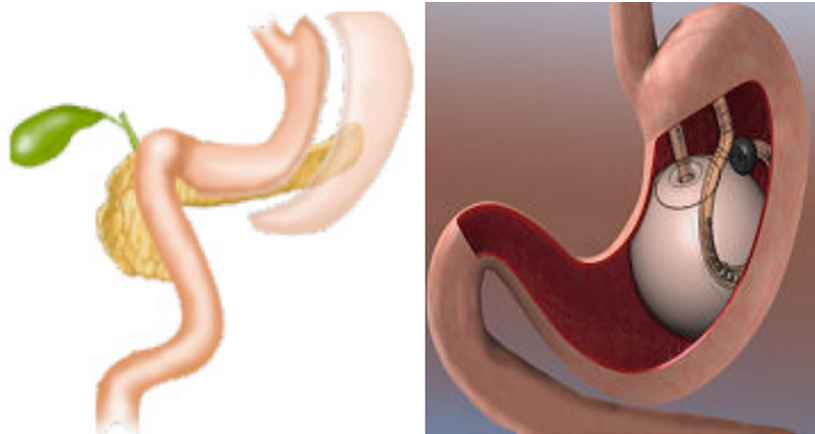


図 1.2 (左) 腹腔鏡下スリーブ状胃切除術 [11], (右) 調整性胃内バルーン治療 [12]

どの生活習慣病をはじめとする数多くの疾患の要因となることから、避けるべきであると考えられている。そのため、満腹感を追求しつつも実際には一定量で食事量を抑制する必要があるが、脳内の食事抑制機構は主に自律神経を介して制御されているため、食事者自身の意識によって満腹感を制御するのは難しい [8][9]。従って、食事量を調節するには、食事行動自体を食事者自身の意識で制御することが一般的である。しかし、様々な「いわゆるダイエット法」の失敗例が示すように、食事行動を自身の意識で適正食事量に調節することは一般的には簡単ではない。

そのため、深刻な肥満症患者には減量外科手術が必要になる。しかし、現在一般に行われている減量外科手術である、「腹腔鏡下スリーブ状胃切除術」[10]等は、様々なリスクが存在する [11](図 1.2 左)。そのリスクを抑えた軽度の減量治療として「調整性胃内バルーン治療」が実施されている [12](図 1.2 右)。これは、治療対象者の胃内に医療用バルーンを留置することで満腹感を得ると共に、胃容量を小さくすることで食事量を減らし、効果的な体重減少を得ようとする治療である。従来の胃内バルーン治療と比べて、バルーンの大きさを調節でき、治療期間も従来の 2 倍の最長 12 カ月を取れる。ただし、これも副作用等がわずかに存在する。加えて、上記のような治療法は、医療機関にて受診し、実施の際には 2 日～最長 2 週間程の入院が必要となる。更に、これらの治療は保険適用外のものが多く、高額な治療費が必要となる。そのため、可能ならばこれらのリスクがない状態で、適正食事量に

調整できることが理想だといえる．より厳密には，外科的手術等の身体を侵襲しない方式で食事量を制御することが求められる．そのために考えられる手段として，先に述べた脳の食事量制御機構以外の調整要因である，食環境や食品周辺環境を改変することで食事量を制御する方法が挙げられる．

このような要求課題に対して，食品周辺環境を改変することで食事量を制御することを目指した研究の 1 つに，鳴海らの拡張満腹感 [13] が存在する．鳴海らは，数多く存在する食事量に影響を及ぼす因子の中から，彼らが専門とする拡張現実感を用いて，食品のサイズ感を変化させ食事量の調節を目指した．これはユーザにヘッドマウントディスプレイ (以降 HMD とする) を装着させ，それを高性能な PC に接続する必要があるため，日常生活の中での利用が難しく，長期間の治療による習慣の改善が必要になる食事量の適正化には向かないという問題点が存在する．

以上のことから，満腹感という価値観の追及と，食事量の適正化による健康な食生活の両立には，減量外科手術のような大きなリスクが無く，日常利用が可能な食事量適正化のためのシステムの開発が求められる．

1.2 本研究の目的

前節で述べた背景を踏まえ，本研究では，外科的処置を必要とせず，日常生活の食事から実践できる過食抑制システムの開発を目指す．外科的処置を用いないという点は，視覚・触覚情報の提示による錯覚を用いることで無意識に食事量を減少させることで，また，日常利用は衣服型のデバイスとして 1 枚の衣服としてシステムを纏めることで実現を目指す．より具体的には，ユーザの食事に伴う腹部の膨張具合を計測することで食事の進行具合を認識し，その結果に応じて視覚・触覚情報を提示することで，ユーザの体型が本来の体型よりも太ったかのような錯覚を与えることで，ユーザの自制心を誘発し，自らの意思で食事量を調節すること，そして，体型変化は食事量の抑制に繋がるのか，更に，どういった身体情報の誇張提示が体型の錯覚に有効的なのかを検証することを目的とする．

以下，2 章では満腹感に関する関連研究について，また，食事量に影響を与える要因に関する関連研究を述べる．更にその要因の 1 つに対して拡張現実感を利用してアプローチした拡張満腹感について詳説し，それらを踏まえて本研究の立ち位置

を述べる．3 章では提案システムの概要と各入出力システムについて述べた後に，今回実際に試作したデバイスについて述べる．4 章では試作したデバイスを用いた評価実験とその結果について述べる．5 章ではまとめと今後の課題について述べる．

第 2 章 関連研究

2.1 満腹感に関する関連研究

満腹感とは、食物を十分に摂取することによって、消化管から大脳皮質まで様々な脳内ネットワークが関連する漠然と生じる感覚であり、食事時の環境要因、嗜好に代表される食物の特性、気晴らし食といった衝動性等、様々な要因に影響を受ける多元的なものである [3]。また、中枢で生じる生理的な反応と共に、末梢で生じた内臓感覚と味や食物の価値などの報酬系の入力バランスによって形成される [5]。そのため、感覚の強さを一般化することが非常に難しい。そこで、内臓感覚は食物が消化管に入ることによって刺激されるため、比較的検知しやすいことから、中島らは内臓感覚に着目し、満腹感に関する内臓感覚表現を特定し、表現尺度を作成した。ここでは、満腹感を表現する内臓感覚として、胃が圧迫される感じ、逆流感、胃が膨れた感じ、吐き気がする、重たい感じなどが挙げられている (図 2.1)。調査の結果、内臓の容量や重量を示す表現語を「容量・重量因子」、消化管の蠕動運動を示す表現語を「運動因子」と名付け、内臓感覚の中でも、満腹感の形成にはこの 2 つの因子が影響していることが分かった。また、食事の終了には不快感が強く左右されることも分かっている。そのため、内臓感覚の中でも特に内臓の容量・重量に関する感覚を提示することで、食事量が制御できるのではないかと考えられる。

2.2 食事量調節に関する関連研究

1 回の食事での食事量は、摂食者の身体状態が同じであっても、様々な要因によって変化する。そして、その要因は大きく食環境と、食品周辺環境に分けられる。食事量に影響を与える食環境として、まずは食事する場所の雰囲気が挙げられる。例として、気温、照明、音などがある。気温の高い環境では、気温の低い環境と比べて食事量は低下する [14]。また、寒色の明るい照明環境では、暖色の暗い環境よりも食事量は少なくなるとされている [15] [16]。第 2 の食環境の要因として、誰と食事を共にするかということも挙げられる。親密な相手との食事では、食事時間が延びる傾向があり、その分食事量も多くなることが考えられる [17]。

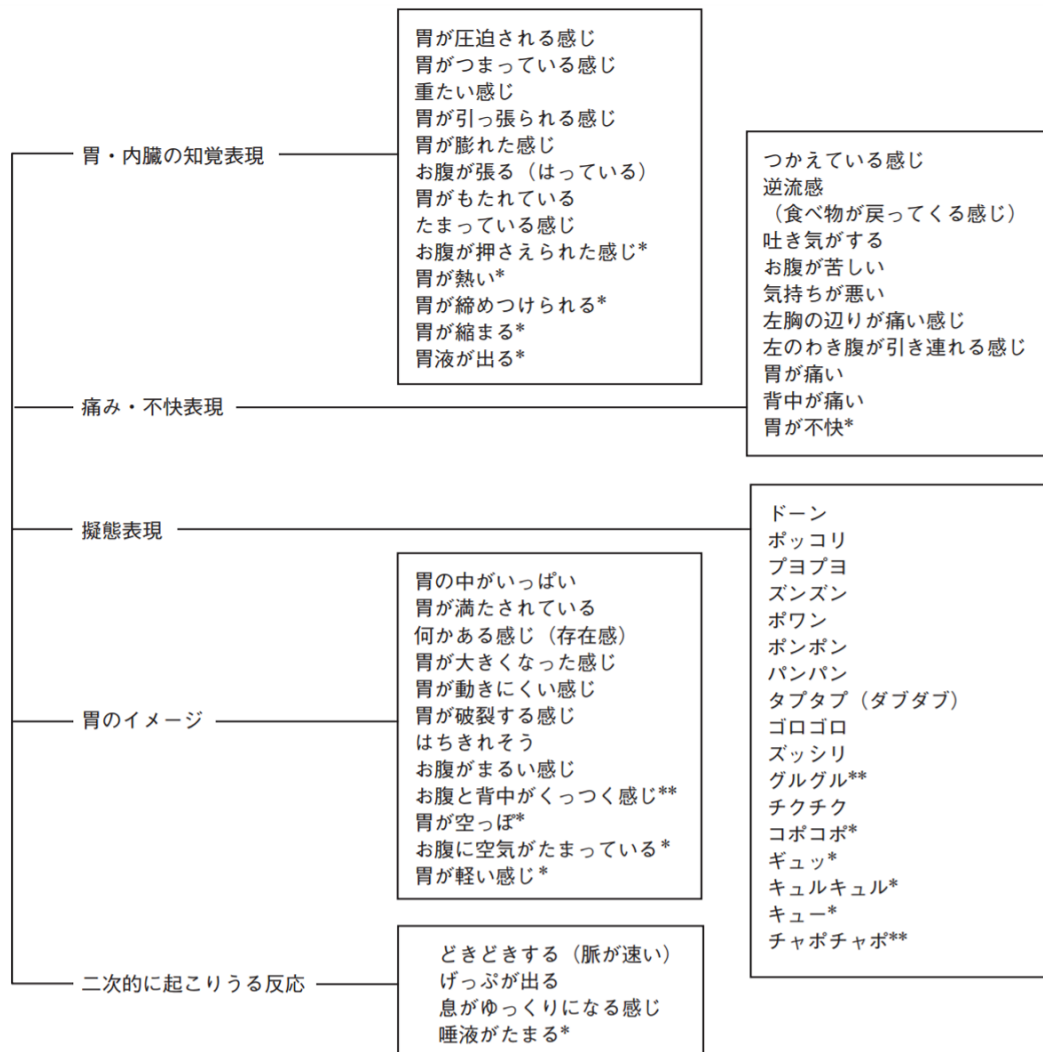


図 2.1 満腹感に関する内臓表現 [3]

一方，食事量に影響を与える食品周辺環境としては，食器や，食品の多様性，食品のサイズ感等が挙げられる．第 1 の要素である食器は，対象とその周辺にある物の大きさの対比による大きさ知覚の錯覚によって生じるエビングハウス錯視と同様であると考えられる [18](図 2.2)．エビングハウス錯視とは，中央の円は左右で同サイズであるが，左の円が小さく，右の円が大きく感じられる現象である．例えば，図 2.2 中の左右の絵の中心に位置する円は，右の画像と左の画像でサイズが同一で

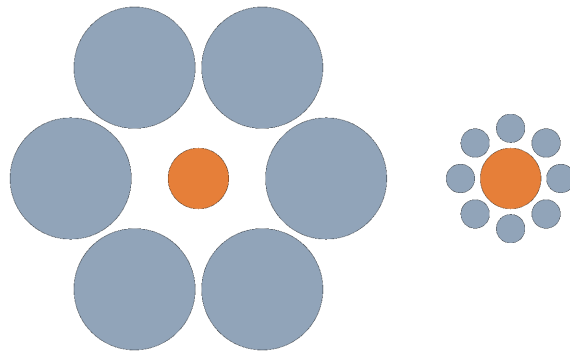


図 2.2 エビングハウス錯視

あるにも関わらず，右の円が大きく，左の円は小さく見える．これと同様に，食品を取り分ける器の大きさが大きいほど器に盛られた食品量が少なく錯覚され，食事量が増加する [19]．

第 2 の要素である食品の多様性とは，食卓に提供されている食品の味や見た目等のバリエーションが豊富であるほど，食事量が増加するというものである．例えば，3 種類の味のヨーグルトを提供した場合，1 種類だけ提供した場合と比べて平均 23 %消費量が増加するという実験結果が出ている [20]．また，味とは直接関係ない要素に関しても，バリエーションが豊富であるほど消費量が増加する傾向が見られる [21]．これは，バリエーションが豊富になることで食に対する楽しみが増え，それにより満腹感が抑制されるからだと考えられる．

第 3 の要素である食品のサイズ感とは，食品の盛り付けられた量や食品のパッケージのサイズが大きいほど，一度の食事量が増えるというものである．例えば，マカロニのように不定形の食品で，1 皿に盛られた量が多いほど，そこから個人が食事する量が多くなるということが明らかになっている [22]．

この食品のサイズ感による食事量の変化に着目した研究として，鳴海らによる拡張満腹感 [13] というものがある．これは，近年様々な分野において拡張現実感が注目されていること，及び食品の物体認識やリアルタイムな画像処理が，オクルージョンが発生しやすい食器に比べて容易であるということから行われた研究で，視覚による拡張現実感を用いた食事量の調節を目指した研究である．ユーザにはビデオシースルー HMD を装着させ，ビデオシースルー HMD を通して見るクッキーの

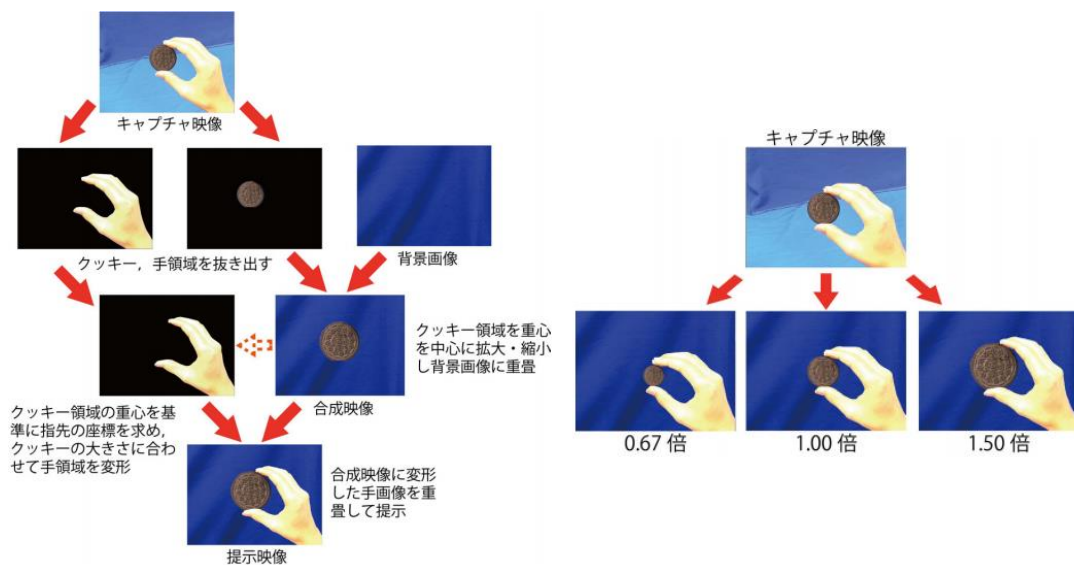


図 2.3 拡張満腹感イメージ図 [13]

大きさを変化させると同時に、あたかもその大きさのクッキーを持っているかのように手を変形させた映像を提示するシステムを作成した。このシステムによりユーザに自身の持っているクッキーの大きさが変化したように感じさせ、満腹感の操作が可能かを検証した (図 2.3 左)。実験では、提案システムによって提示する食品サイズとして縮小条件 (0.67 倍)、等倍条件 (1.0 倍)、拡大条件 (1.5 倍) の 3 つの条件を用いている (図 2.3 右)。実験の結果、拡大条件では等倍条件より、平均で約 9.3 % クッキーの消費量が減少していた。また、縮小条件では通常条件よりも、平均で約 13.8 % クッキーの消費量が増加するというものとなっていた。以上の実験から、鳴海らが提案した、視覚による拡張現実感を用いた摂食量の調節は、一定量の効果が出たと判断できる。

以上のように、食環境や食品周辺環境に注目して食事量調節を目指した研究は数多く存在するが、ユーザの身体情報に注目した食事量調節に関する研究は少ない。また、ユーザの身体情報の提示はデバイスを 1 つに完結させることが可能であるため、日常利用に適していると考えた。以上の理由から、2.1 節の内容と複合的に検討した結果、ユーザの身体情報、特に腹部の情報を視覚と触覚を用いて誇張提示す

ることで，食事量の制御が可能であることを検証する．

第 3 章 提案手法

3.1 システム概要

ここでは、まず提案システムの概要について記す。本システムは、ユーザの食事状況を計測し、その結果に応じてユーザの身体情報を誇張して提示する。それにより、ユーザに満腹感を錯覚させることで、食事量を減らす方向に誘導することを目的としている。具体的には、ユーザの腹部周囲や、喉元に取り付けた各種センサで腹部の膨張や嚥下を計測し、その結果に基づいて、腹部の膨張する様子や、腹部重量、腹部の皮膚の張りを視覚的及び触覚的に提示する (図 3.1)。そして、食事の進行に伴い実際の食事量から発生する満腹感よりも更に満腹感を与えることで、自身の満腹感を錯覚させて食事量を減らすように誘導し、過食の防止につなげる。

3.2 提案入力デバイス

前節で述べたシステムを実装するため、ユーザの食事状況の計測から考える。食事状況を計測するにあたって考慮しなければならない点が 2 つ存在する。1 つはデジタルな計測方法である点、もう 1 つは衣服型デバイスの一部として、衣服内に内蔵可能なセンサである点である。以上を考慮した結果、入力システムに関する

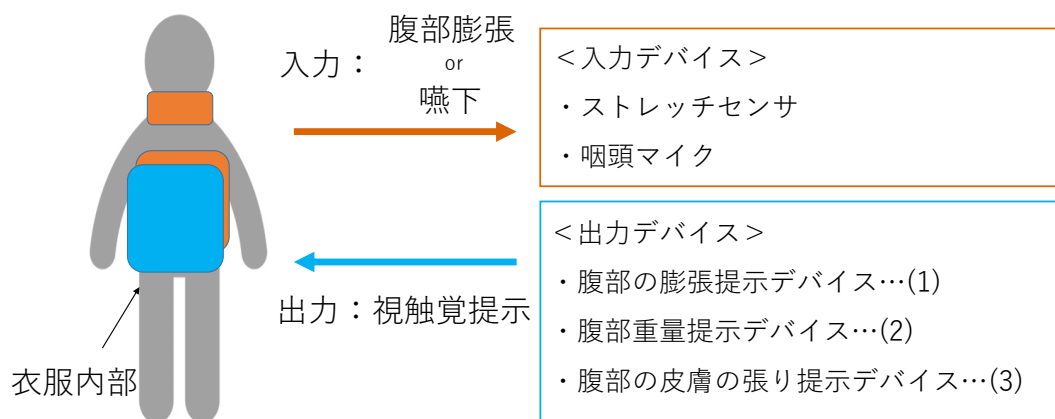


図 3.1 提案システム概要

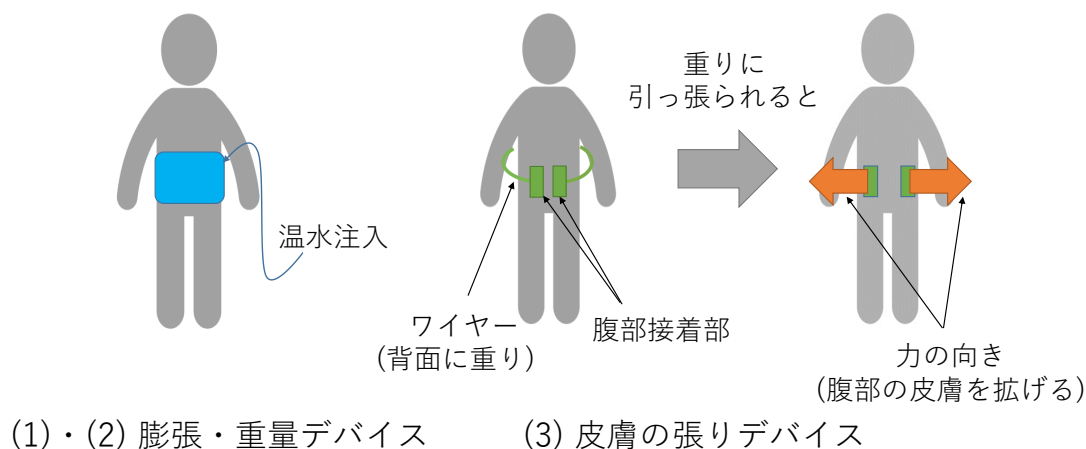


図 3.2 出力デバイス概要

提案手法として、バネとフォトリフレクタを利用した、装着部の伸縮を計測可能なストレッチセンサ [23][24] が応用可能ではないかと考えた。このセンサをベルト型にして衣服内部の腹部に装着して、食事の進行に伴う腹部の膨張収縮を計測し、システムへの入力とすることが本システムには適しているのではないかと考えた。また、他の手段として、喉元にセンサを装着し、ユーザの嚥下を検出し計測する [25][26][27][28] ことで、食事の進行を計測可能ではないかとも考えた。

3.3 提案出力デバイス

次に、出力システムについて述べる。ユーザの身体情報として提示する内容には、腹部の膨張提示部、重量提示部、腹部皮膚の引っ張り提示部の3つが良いと考えられる。本研究でユーザへの提示情報としてこの3つは、中島らが作成した満腹感に関する内臓感覚表現尺度 [3] 内の情報を参考にして選択した。彼女らの論文内で、食事に伴って変化する身体感覚として、腹部の膨張、重量、腹部の皮膚の張り、逆流感、腹部の熱、吐き気等が挙げられている。しかし、逆流感と吐き気は、提示することでユーザがシステムの利用自体に不快感を抱き、日常利用する意思を阻害するという理由から提示情報から除外し、提示情報として上記の3つを設定した。

以下ではまず、膨張提示部と重量提示部の提案システムについて説明する (図 3.2

左). 腹部の膨張は、医療用の輸液バッグを利用し、これに空気を注入することで視覚的に提示できないかと考えている. 一部の輸液バッグには、安全弁が付いており、自動的に過剰圧力を排出するので、万一膨らませすぎても破裂することがないため、デバイスを実際に利用する際の安全性が担保されている. また、輸液バッグであれば、空気の代わりに水を注入することで、腹部重量も同時に提示できると考える.

次に、腹部皮膚の引っ張り提示について説明する (図 3.2 右). 今回、皮膚テープなどの平面状に皮膚に粘着できるシートを貼り付け、重りを吊るしたワイヤによってこれを引っ張ることで、シートが接着した皮膚を引っ張ることができると考えられる. また、引っ張りに利用する重りに、膨張提示に利用するバルーンを利用することで、膨張提示デバイスと引張感提示デバイスを一つのシステムで制御できると考える.

3.4 試作システム

3.4.1 入力デバイス

今回、日常的に利用可能で、食事状況の計測とユーザの身体情報の提示を 1 つの衣服型デバイスで行うため、カメラ等の画像情報から食品の重量を入力データとして扱うことは難しい. そこで、Shimazaki らの開発した、筋肉の伸縮を検出し、その程度を計測する全身スーツ [23] 内に使われているストレッチセンサが応用可能ではないかと考えた. このストレッチセンサにはフォトリフレクタが利用されている. フォトリフレクタとは、送信部と受信部がセットになったセンサで、通常、送信部には赤外線や青色 LED、紫外線が利用され、送信部から発光された光を物体が反射して、その反射した光を受信部のフォトランジスタが受信する仕組みになっている. このスーツではこのセンサを利用し、バネの根元にフォトリフレクタを設置し、バネの伸縮に応じてバネ外に放出される赤外光量が変化することで伸縮の程度を計測可能な設計となっている (図 3.3). その結果、スーツを身に着けたユーザの全身の筋肉の伸縮を検出し、仮想空間内のアバタにユーザの筋肉の伸縮具合を正確に反映することに成功している (図 3.4).

今回はこのストレッチセンサを腹部の伸縮計測に応用し、ベルト型センサを作成

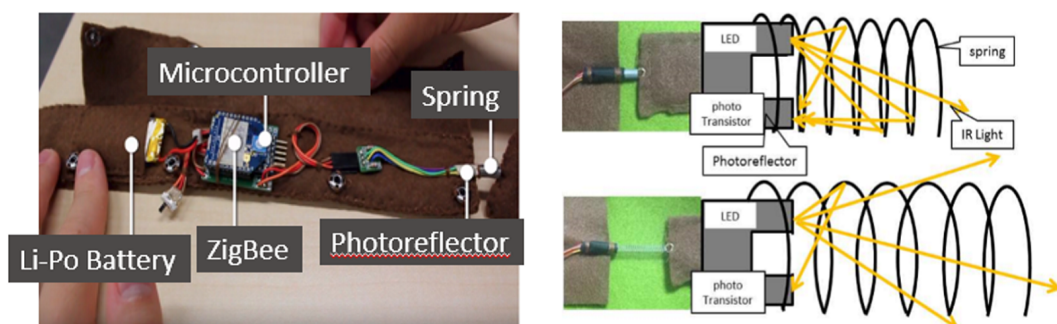


図 3.3 ストレッチセンサ概要 [23]

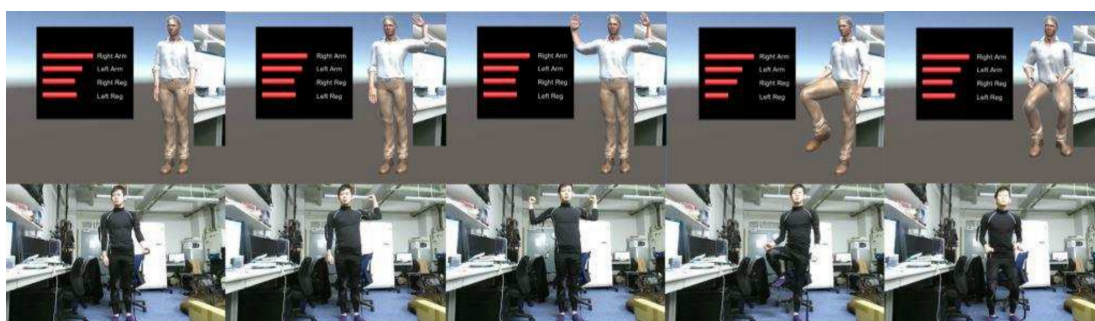


図 3.4 MuscleVR 結果 [23]

した (図 3.5 左下). このベルト型センサで, 食事に伴って変化する腹囲を計測し, 結果を入力データとして扱えないかと考えた. なお, 図 3.3 左下は実際に試作したベルト型ストレッチセンサ, 同図左上は腹式呼吸による腹囲の変化を計測した際のグラフ, 同図右は計測時の様子である.

次に, 試作した入力デバイスを用いて腹部の膨張を計測し, 食事開始時点と終了時点での変化幅が, 提案システムの入力値として用いることができる程度の変化量であるのかを調査した. 具体的には, 試作したデバイスを装着した状態で, 一般成人男性が十分に満腹になるであろうと想定される食事量 (図 3.6) を摂取し, その食事開始時点から終了時点までの腹部の膨張収縮の様子を複数回計測し, 結果をグラフとして出力した (図 3.7).

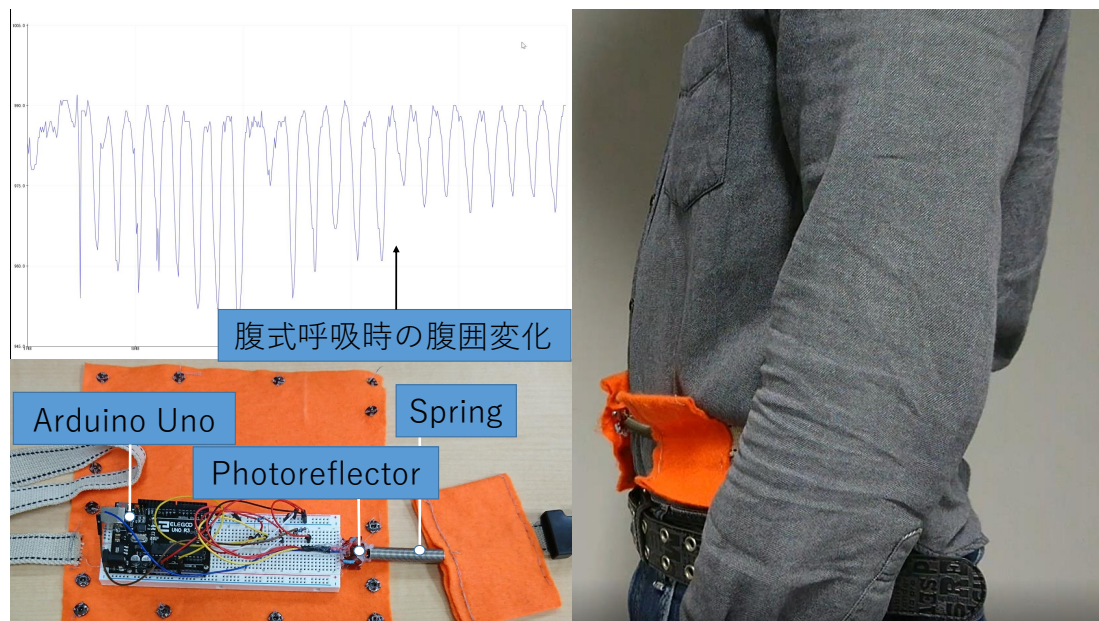


図 3.5 試作入力デバイス



図 3.6 入力デバイス予備実験時食事内容

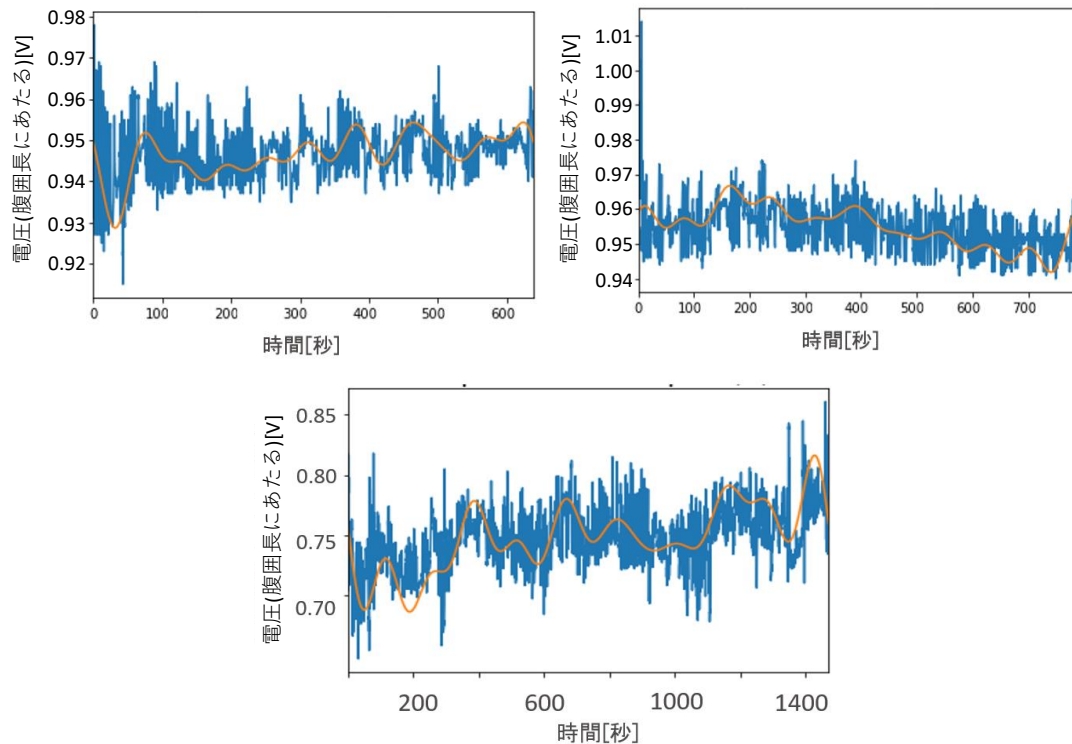


図 3.7 試作入力デバイスの出力値の変動例

出力されたグラフは、縦軸が腹囲長を表す電圧、横軸が時間となっている。縦軸の数値が大きいほど腹囲が増加していることになる。また、グラフ中の青色の線は実計測データ、橙色の線は 1Hz 以上をカットするローパスフィルタを適用し、腹囲の変化の様子を判別しやすくしたデータとなっている。

出力されたグラフより、食事の進行に伴い腹囲がなだらかに減少している場合や、逆になだらかに増加している場合、食事開始時点と終了時点で変化がほぼ見られない場合など、計測結果が安定しなかった。また、腹囲がなだらかに増加している場合においても、限界まで食事を行っているにも関わらず、開始時点と終了時点の差が非常に微量で、腹式呼吸による高周波の変化が目立つ状態となっている。そのため、この試作デバイスを入力として利用するのは非常に難しいという結論に至った。

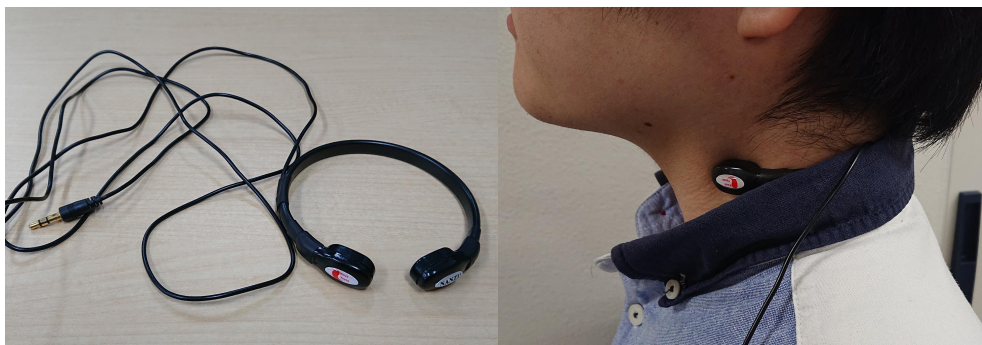


図 3.8 咽頭マイク (左) と装着の様子 (右)

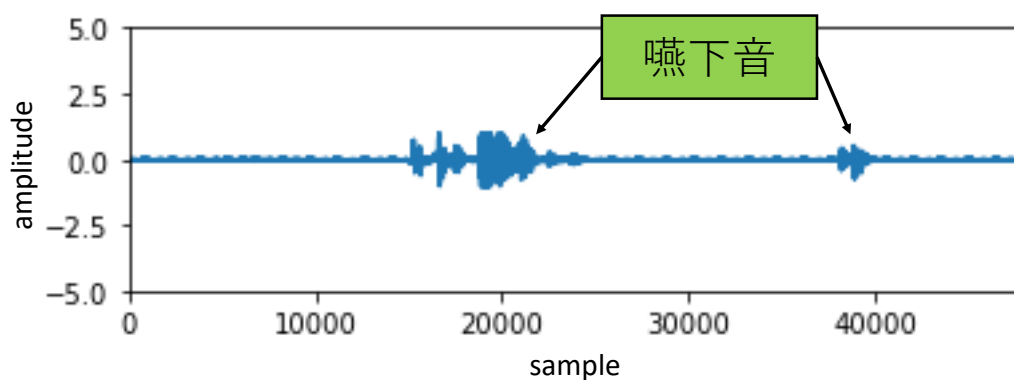


図 3.9 嚥下音計測グラフ

そこで、ストレッチセンサに代わる計測方法として、嚥下音計測による嚥下回数をを用いた入力システムを検討した。これは、辻村らの咽頭音分析による嚥下回数の計測手法 [26] を応用したもので、事前に 1 食当たりの嚥下回数の平均を計測しておき、その平均回数を基に、食事開始時点からの嚥下回数に基づいて出力システムを制御するというものである。この研究を参考にし、辻村らの計測手法の再現を目指した。咽頭音取得のために用いたのは、図 3.8 左の頸部に装着するマイクロフォン (咽頭マイク) である。図 3.8 右は実際に装着した様子になっている。そして、この咽頭マイクを用いて実際に嚥下音を計測し、嚥下音の振幅を表したグラフが図 3.9 となる。

この図 3.9 のグラフから、辻村らの手法内で取り上げられていた嚥下特有の波形

特徴をもった音波を計測できたといえる．次に，この波形を用いて嚙下音に特徴的な周波数や波形パターンを数値的に特定し，それを基に嚙下回数の自動計測システムの再現に取り掛かる予定であった．しかし，想定した期間内では再現に至らなかったため，次章以降の被験者実験に導入することは見送ることとした．

3.4.2 出力デバイス

ここでは，試作した出力デバイスについて説明する．まず，膨張提示部と重量提示部には，3.3 節で提案したように，衣服内部に設置した輸液バッグ 2 個に水を注入して膨らませる手法を用いた (図 3.10)．本研究では，リレー回路と Arduino Uno で制御した小型の 6V ウォータポンプを用いて，指定したタイミングで一定時間水が輸液バッグに注入されるように設計した (図 3.11)．図 3.12 左が利用した輸液バッグ，図 3.12 右は衣服内部に設置した輸液バッグの様子である．また，利用した輸液バッグには，40kPa を超える圧力がかかると自動的に過剰圧力を排出する安全弁が付いている．この輸液バッグに，. これらを利用して実際に膨らませた様子が図 3.13 の画像である．

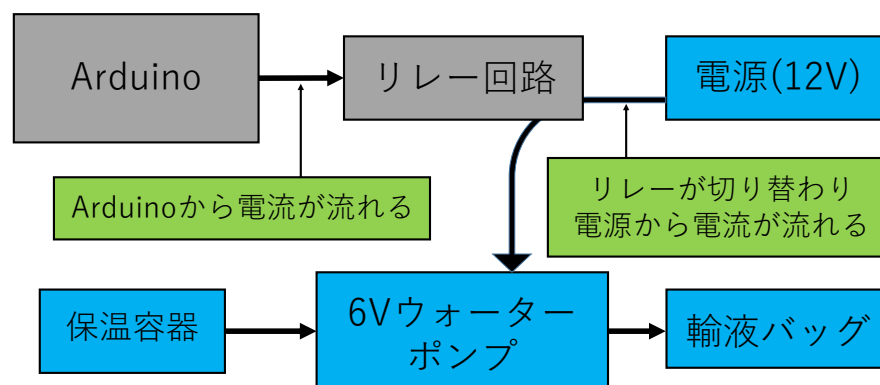


図 3.10 注水システム概要図

ウォータポンプを動かすために，12V2A の電源を利用した．また，注入する水の

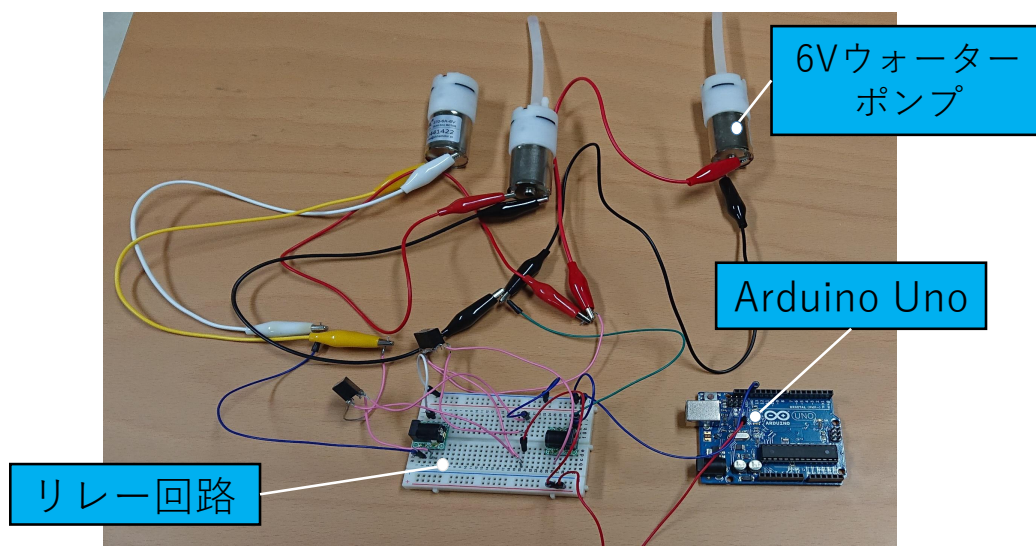


図 3.11 注水用ウォーターポンプ

温度は、田村のサーモグラフィによる全身および区分別平均皮膚温の推定 [29] を参考に、ウォーターヒータを利用することで一定温度に維持し、水の注入による温度変化で違和感を抱かれないようにした。

次に、腹部皮膚の引っ張り提示について説明する。3.3 節で提案した通り、皮膚の引っ張り提示には皮膚テープとワイヤ、膨張提示の際にも利用した輸液バッグを利用する。ワイヤの先端に貼り付けた皮膚テープを、腹部の臍から左右 5cm 程の位置の腹部皮膚に対して直接貼り付け、更にもう一方のワイヤの先端を輸液バッグに取り付け、着座する椅子の背もたれ背面に設置したフックに掛け、膨張提示部の制御システムによって輸液バッグに水が注入されることで、輸液バッグの重みが増し、椅子の手すりや背もたれ背面に設置したフックによって引っ張り方向を調整することで、ワイヤと皮膚テープを腹部側面方向に引っ張り、腹部の膨張に伴う皮膚の引っ張りを表現する (図 3.14, 3.15, 3.16)。図 3.14 と図 3.15 内の引っ張り方向は、ユーザの腹部皮膚を腹部左側面側に引っ張る際の方法を示す。なお、腹部の皮膚引っ張り提示に利用するワイヤと皮膚テープは、1 回のデバイス利用が終了する毎に取り換える。

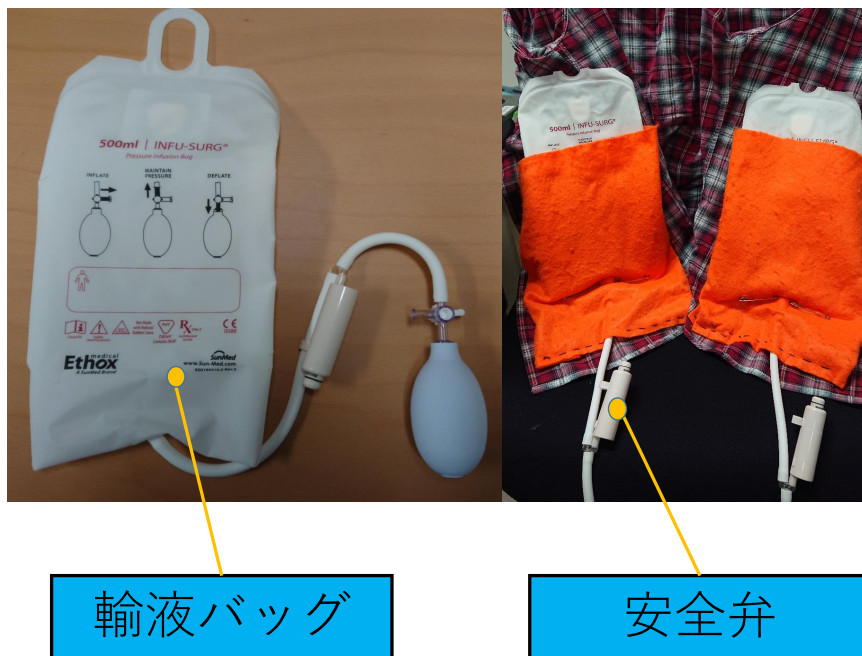


図 3.12 (輸液バッグ (左) と腹部膨張提示デバイス内部 (右))



図 3.13 腹部膨張前 (左), 膨張途中 (中央), 膨張後 (右) の様子



図 3.14 皮膚引っ張り提示部前面



図 3.15 皮膚引っ張り提示部背面

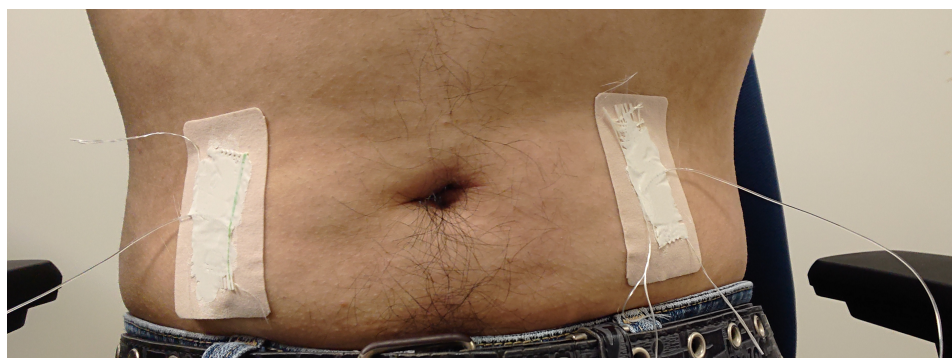


図 3.16 皮膚テープ粘着部の様子

第 4 章 実験

4.1 実験の目的

本実験の目的は，ユーザの体型，特に腹部の肥大化が，食事量に影響を及ぼすのか，また，試作したデバイスが食事量の抑制に効果があるのかを調査することである．

4.2 実験内容

被験者には，試作したデバイスを装着させ，デバイスが作動した状態と作動していない状態の合計 2 回食事を行わせた．食事は自身が満腹だと感じるまで食事を行わせた後に，試作システムの評価するアンケートに回答させた．本実験で食事させた内容は，山崎製パン株式会社のスナックスティックと，森永牛乳 200ml である (図 4.1)．1 回の実験当たりの食事量の上限は 1kg と設定した．なお，牛乳は前述の 200ml のみで，食事の終了時までには必ず飲み切るよう指示した．

また，自身の食事量を数値的に把握することで，その情報を基準に食事量を決定されることを防ぐために，インターネットテレビ局の AbemaTV 内の AbemaNews チャンネル [30] にて放映されているニュース番組を視聴しながら食事を行わせた．加えて，皿の上には予め 1 本を 4 等分に切り分けたスティックパンを，ユーザの食品摂取動作に応じて 1 欠片ずつ提供することで，ユーザがより数的に食事量を認識しにくくした．

本実験では，実験環境を可能な限り日常の食事風景と近づけるため，一般的なダイニングを再現し (図 4.2)(図 4.3)，室温は 22°C を維持した．なお，輸液バッグに注入する温水の容器には，温水保温用ヒータのサイズの関係上，図 4.3 中の被験者足元に設置した鍋を利用している．加えて，設定した室温から，デバイスに注入する水温は 31°C に設定した [29]．また，実験条件は，デバイスを着用して食事を開始し，開始 5 分後からデバイスを作動，開始後 10 分の時点で 3 つの提示情報が最大となるように設定し，食事終了時まで提示状態を維持する作動条件と，同じくデバイスを着用して食事を開始し，食事終了までデバイスを作動させない非作動条件



図 4.1 本実験の食事内容

の 2 つを設定した。また、実験条件の順序は、作動条件から行う者と非作動条件から行う者が同数になるように設定した。

本実験では、アンケートの内容としては、各種提示内容の、体型の肥満化への効果、その効果に対する自己認識、食事量減少への効果等を調査した。更に、腹部への圧迫や、肉体への不快感が食事量に対して影響を及ぼすことが中野らの研究 [3] によって判明していることから、デバイス作動に伴う各種提示内容による不快感の程度とその食事量への影響を確認した。また、食事に対する飽きや集中度が影響する可能性を考慮し、実験で提供した食事内容に対する飽きの程度や食事への集中度も質問内容に盛り込んだ。加えて、実験終了後には、体型の肥満化が食事量に影響を及ぼすと思うかと、デバイスの使用感について聴取した。



図 4.2 実験時の被験者の様 (側面)



図 4.3 実験時の被験者の様子 (正面)

4.3 結果と考察

本節では実験の結果と提案システムの効果について考察する．被験者は 23 歳から 25 歳の男性大学院生 6 人を対象に行った．結果は表 4.1 のようになった．非作動条件の平均食事量は 10.13 本，作動条件における被験者全体の平均食事量 (摂取したパンの本数) は 9.42 本であった．また，各被験者の食事量は，最低が 6 本，最高でも 14.25 本であった．総摂取エネルギー量としては，約 500kcal から 1000kcal であり，1 食の食事量としては妥当であったといえる．また，非作動条件と作動条件を比べた際に，全体で約 7 % の食事量減少効果が確認できた．図 4.4 は表 4.1 を元に，各被験者の非作動条件時と作動条件時における食事量を表している．また，図 4.5 は，各被験者の非作動条件時の食事量が 1 となるように，作動条件時の食事量を正規化処理した結果をグラフ化した．この図 4.5 の結果に対して対応のある t 検定を行ったところ， $(t(5) = 2.57, p = 0.07)$ となり，非作動条件と作動条件間の食事量変化は有意傾向にあるといえる．

また，3 つの身体情報の誇張提示による体型の肥満化への効果，不快指数，食事量の減少方向への影響度を，「当てはまる」と「当てはまらない」を両極端に配した 10cm の VAS を用いて，0 点からの長さを点数化した．VAS 値は +50 点に近いほど項目が強く当てはまり，-50 点に近いほど強く当てはまらないことを示す．図 4.6 は「腹部膨張」「腹部重量」「腹部皮膚の引っ張り」の 3 つの身体情報の誇張提示による食事量減少効果と，システム全体での食事量減少効果を，VAS によっ

表 4.1 各被験者の食事量

被験者	非作動条件	作動条件	変化 (非作動条件→作動条件)
A	9.75	8.25	-15.38%
B	9	8	-11.11%
C	6.75	6	-11.11%
D	10.75	11.5	6.98%
E	10.25	9.75	-4.88%
F	14.25	13	-8.77%

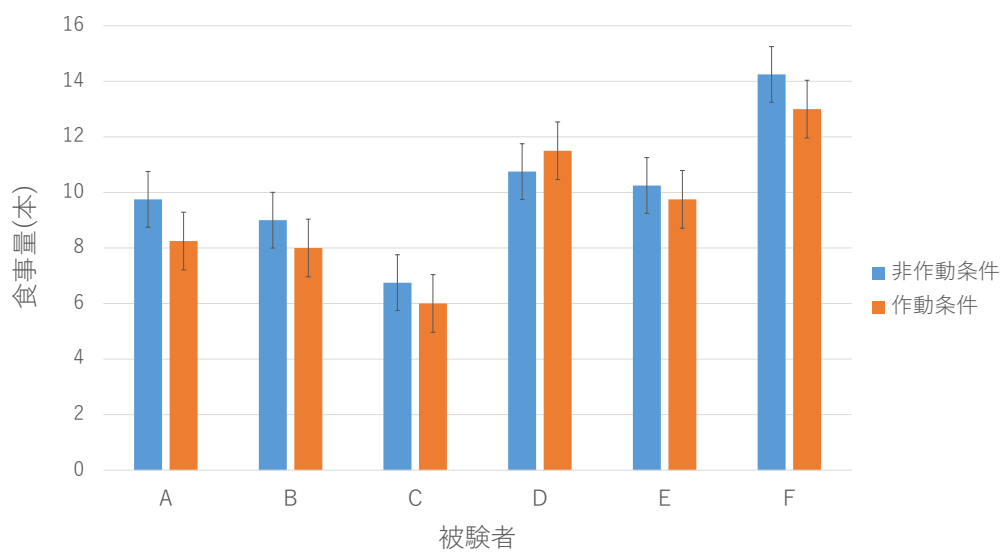


図 4.4 各被験者の食事量

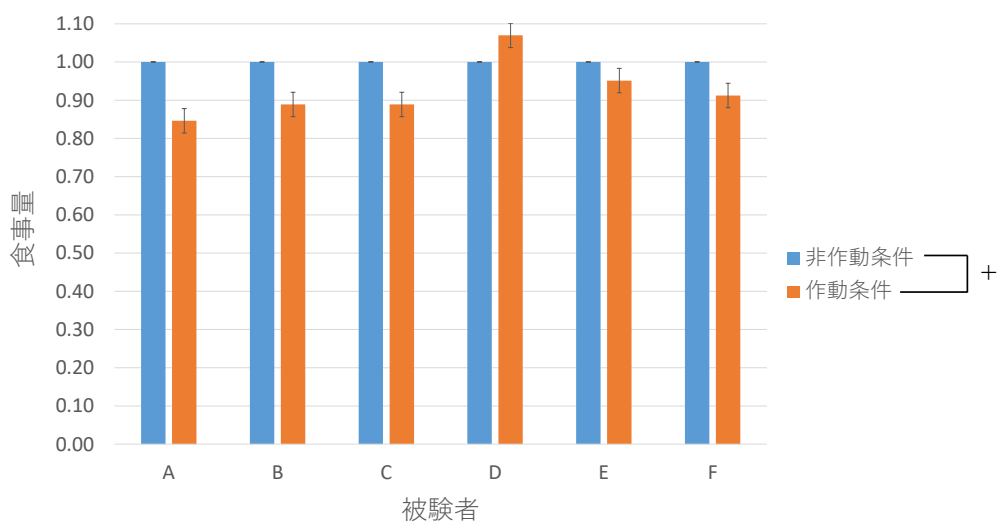


図 4.5 各被験者の食事量 (正規化処理済み)

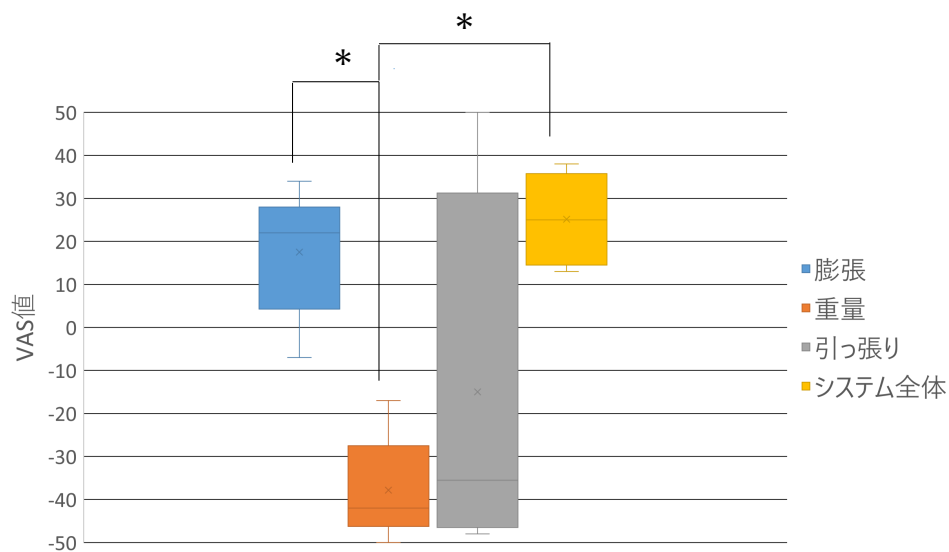


図 4.6 各提示情報による食事量減少評価

て主観評価した結果を示している。前述の 3 つの身体情報の誇張提示とシステム全体による食事量減少効果の間で分散分析を行った結果、 $F = 3.098$, $p = 0.0005$ となり、身体情報の誇張提示手法とシステム全体の被験者らの主観的な食事量減少評価値間には有意差があるといえる。これを受けて、更に下位検定として Tukey 検定を用いて各身体情報の誇張提示手法とシステム全体による被験者らの主観的な食事量減少評価値の組み合わせを比較したところ、システム全体と「腹部重量」の誇張提示の間、及び「腹部膨張」と「腹部重量」の誇張提示の間に有意差を確認した ($p < 0.01$)。しかし、その他の組み合わせに関しては有意差を確認できなかった。

以上から、提案したシステム及び試作デバイスは、食事量の減少に対して効果がある可能性が高いと考えられる。また本実験では、3 つの誇張提示を全て同時に提示した条件のみで実施したため、各誇張提示ごとの食事量減少に対する影響は調査の範囲外である。しかし、図 4.6 の主観評価の結果からは、「腹部膨張」の誇張提示は、食事量の減少に対して効果があると期待される。一方、「腹部重量」の誇張提示は食事量減少に対して逆効果であると思われる。「腹部皮膚の引っ張り」の誇張提示に関しては、分散が大きく、追加の調査が必要だと考えられる。

また、各被験者からの意見として、「味に対する飽きにより食欲が無くなっていった」、「パンに対する飽きが、食品の単調さによるものか、システムの作用なのか判別できなかった」といった飽きに関するものがあった。これにより、本実験の食事量の変化に対して、飽きの要素が作用している可能性も示唆される。また、湿布薬の臭いが気になり食欲が低下したという意見もあったため、臭気の強い湿布薬に代わるものを利用してデバイスを作る必要がある。また、「腹部重量」の誇張提示用の水の重さが腹部ではなく、座っている際の太ももに掛かっているように感じる被験者が多かった。今後は、どのような提示手法にすれば、腹部に対して適切に重量を提示可能であるかを調査する価値があることが分かった。

本研究の試作デバイスではユーザに対して明らかな体型の肥満化を提示するに至らず、食事量との相関を明らかにできなかった。そのため、今後はどのような提示情報がユーザに対して体型の肥満化を認識させられるのかを改めて調査し、それに従った提示情報を実装する必要がある。

第 5 章 おわりに

本研究では、ユーザの身体情報を誇張提示することで食事量を制御するための手法についての検討と、その効果についての検証を行った。誇張提示する身体情報については、食事に伴い変化する身体情報の中から、腹部の膨張、腹部の重量、腹部皮膚の張りの 3 つを採用した。検証にあたっては、腹部に設置した医療用輸液バッグに温水を注入することで腹部の膨張と重量、皮膚テープとワイヤを用いて腹部皮膚を背面方向に対して引っ張ることで腹部皮膚の引っ張りを与えるように設計した衣服と椅子の一体型デバイスを作成し、デバイスを作動する場合と、作動しない場合の 2 条件にて実験を行った。本研究では、実装したシステムを用いて実験を行った結果、ユーザの身体情報を誇張提示することで食事量の減少が可能なことを確認した。最終的には衣服のみで完結したデバイスとしてシステムを実装し、日常利用が可能なシステムとすることが理想的であると考えている。ただし、本実験は被験者数が 6 人と少数であったため、被験者を増やした場合に結果が覆る可能性が考えられる。そのため、今後の課題として、まずは被験者数の増加が必要となる。また、複合的な身体情報の誇張提示による食事量減少に対する検証は行ったが、各提示情報のいずれが食事量減少に有効なのかは未だ検証されていない。本研究で扱った身体情報以外に食事量減少効果の高い提示情報が存在する可能性も考えられるため、今後も調査し続ける価値はある。また、体型の仮装的肥満化が食事量に影響を及ぼすかの検証は行えていないので、それに関しても追加の検証が必要であると考えられる。これらを行い、小さいリスクで食事量適正化をサポートすることで、満腹感という食事の価値観の追求と、健康な食生活の両立を可能とするシステムが実現できると信じている。

謝辞

本研究の遂行，及び論文の作成にあたっては，多くの方々のご指導，ご協力をいただきました．本研究に関して終始御指導御鞭撻を賜りました指導教員の清川清教授に深く感謝申し上げます．本研究の副査を引き受けて頂いたユビキタスコンピューティングシステム研究室教授安本慶一先生に感謝致します．また，本研究を進めるにあたって御指導御鞭撻を賜り，実験や実装に関する相談に応じてくださった酒田信親准教授には，感謝の念に堪えません．最後に，何かと日常でお世話になった研究室秘書の中村美奈さん，共に切磋琢磨した同期を含めた研究室の学生の皆さん，そして，学生生活をあらゆる面から支えてくれた家族，アルバイト先の皆さんに感謝の意を表し，謝辞を締めくくらせていただきます．

参考文献

- [1] 坂井信之, 今田純雄ほか. 人はなぜ食べるのか (3): 感性満腹感 (hetherington and rolls, 1996 より). 広島修大論集. 人文編, Vol. 39, No. 2, pp. 491–519, 1999.
- [2] 田辺由紀, 金子佳代子. 食の満足感構成要素の構造. 日本家政学会誌, Vol. 49, No. 9, pp. 1003–1010, 1998.
- [3] 中島佳緒里, 櫻井優太, 清水遵. 大学生における満腹感に関する内臓感覚表現尺度の作成. 日本食生活学会誌, Vol. 19, No. 4, pp. 325–333, 2009.
- [4] Dana E Gerstein, Gail Woodward-Lopez, Alexandra E Evans, Kristine Kelsey, and Adam Drewnowski. Clarifying concepts about macronutrients' effects on satiation and satiety. *Journal of the American Dietetic Association*, Vol. 104, No. 7, pp. 1151–1153, 2004.
- [5] 中島佳緒里, 清水遵. 言語表現からみた満腹感のメカニズムについての一考察. 愛知淑徳大学論集. 心理学部篇, No. 1, pp. 83–90, 2011.
- [6] Edmund T Rolls. Taste, olfactory, and food texture processing in the brain, and the control of food intake. *Physiology & behavior*, Vol. 85, No. 1, pp. 45–56, 2005.
- [7] 厚生労働省. 00. 調査の概要_0919.docx. https://www.mhlw.go.jp/file/04-Houdouhappyou-10904750-Kenkoukyoku-Gantaisakukenkouzoushinka/kekkgaiyou_7.pdf. (Accessed on 01/24/2019).
- [8] Michael W Schwartz, Stephen C Woods, Daniel Porte Jr, Randy J Seeley, and Denis G Baskin. Central nervous system control of food intake. *Nature*, Vol. 404, No. 6778, p. 661, 2000.
- [9] 栗生修司. 摂食調節と脳. *BME*, Vol. 14, No. 11, pp. 21–28, 2000.
- [10] Juan P Toro, Edward Lin, Ankit D Patel, S Scott Davis Jr, Aliu Sanni, Hernan D Urrego, John F Sweeney, Jahnavi K Srinivasan, William Small, Pardeep Mittal, et al. Association of radiographic morphology with early gastroesophageal reflux disease and satiety control after sleeve gastrectomy. *Journal of the American College of Surgeons*, Vol. 219, No. 3, pp. 430–438,

2014.

- [11] 減量外科手術術式比較 - 減量手術.com. <https://www.genryou-syujyutsu.com/service/comparison.html>. (Accessed on 01/24/2019).
- [12] 調節性胃内バルーン - 減量手術.com. <https://www.genryou-syujyutsu.com/service/ballon.html>. (Accessed on 01/24/2019).
- [13] 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. *Interaction*, 2012.
- [14] John R Brobeck. Food intake as a mechanism of temperature regulation. *The Yale journal of biology and medicine*, Vol. 20, No. 6, p. 545, 1948.
- [15] Robert Sommer. Personal space. the behavioral basis of design. 1969.
- [16] Bernard Lyman. *A psychology of food: More than a matter of taste*. Springer Science & Business Media, 2012.
- [17] Rick Bell and Patricia L Pliner. Time to eat: the relationship between the number of people eating and meal duration in three lunch settings. *Appetite*, Vol. 41, No. 2, pp. 215–218, 2003.
- [18] Stanley Coren. A size-contrast illusion without physical size differences. *American Journal of Psychology*, Vol. 84, No. 4, p. 565, 1971.
- [19] Brian Wansink and Matthew M Cheney. Super bowls: serving bowl size and food consumption. *Jama*, Vol. 293, No. 14, pp. 1723–1728, 2005.
- [20] Barbara J Rolls, Edward A Rowe, Edmund T Rolls, Breda Kingston, Angela Megson, and Rachel Gunary. Variety in a meal enhances food intake in man. *Physiology & behavior*, Vol. 26, No. 2, pp. 215–221, 1981.
- [21] Barbara E Kahn and Brian Wansink. The influence of assortment structure on perceived variety and consumption quantities. *Journal of consumer research*, Vol. 30, No. 4, pp. 519–533, 2004.
- [22] Barbara J Rolls, Erin L Morris, and Liane S Roe. Portion size of food affects energy intake in normal-weight and overweight men and women. *The American journal of clinical nutrition*, Vol. 76, No. 6, pp. 1207–1213, 2002.
- [23] Arashi Shimazaki, Yuta Sugiura, Dan Mikami, Toshitaka Kimura, and

- Maki Sugimoto. Musclevr: detecting muscle shape deformation using a full body suit. In *Proceedings of the 8th Augmented Human International Conference*, p. 15. ACM, 2017.
- [24] Haramaky – lifestyle computing. <https://lclab.org/projects/haramaky>. (Accessed on 01/31/2019).
- [25] Takahiro Ono, Kazuhiro Hori, Yuji Masuda, and Toyohiko Hayashi. Recent advances in sensing oropharyngeal swallowing function in japan. *Sensors*, Vol. 10, No. 1, pp. 176–202, 2010.
- [26] 辻村肇, 岡崎浩也, 山下光美, 土井英明, 松村雅史. 口腔咽喉音分析による嚥下回数の無拘束計測. 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌), Vol. 130, No. 3, pp. 376–382, 2010.
- [27] Rui Zhang, Martin Freund, Oliver Amft, Jingyuan Cheng, Bo Zhou, Paul Lukowicz, Seoane Fernando, and Peter Chabreck. A generic sensor fabric for multi-modal swallowing sensing in regular upper-body shirts. In *Proceedings of the 2016 ACM International Symposium on Wearable Computers*, pp. 46–47. ACM, 2016.
- [28] 豊里晃, 野村修一. Piezo-electric pulse transducer (r) を用いた嚥下動態の解析. 日本顎口腔機能学会雑誌, Vol. 10, No. 2, pp. 162–163, 2004.
- [29] 田村照子. サーモグラフィによる全身および区分別平均皮膚温の推定. 家政学雑誌, Vol. 31, No. 6, pp. 461–463, 1980.
- [30] Abemanews チャンネル | 【abematv】国内最大の無料インターネットテレビ局. <https://abema.tv/now-on-air/abema-news>. (Accessed on 01/27/2019).

付録 A 付録

アンケート

名前：_____ 実験参加日時：_____ 年 _____ 月 _____ 日 _____ 時 _____ 分

性別：男・女 年齢：_____ 歳 身長：_____ cm 体重：_____ kg 前回の食事：_____ 時間前

Q. (実験が初回の方)あなたは普段何が食事に影響を及ぼしますか、もしくは及ぼすと思いますか。

-----実験担当者記入欄-----

デバイス着用の有無：有 デバイス作動：OFF 食量：_____ 本／_____ g

食事時間：_____ 分 _____ 秒

-----以下、食事終了後に回答-----

※本アンケートは、原則として一度答えた内容を変更しないでください。

また、質問は1番から順番に回答してください

1. デバイス着用により、腹部に圧迫を感じた。

当てはまる |-----| 当てはまらない

2. デバイス着用による腹部の圧迫により、食量が減少した。

当てはまる |-----| 当てはまらない

3. デバイス着用により、不快を感じた。

当てはまる |-----| 当てはまらない

4. デバイス着用による不快さにより、食量が減少した。

当てはまる |-----| 当てはまらない

図 A.1 実験アンケート 1 ページ目 (非デバイス作動版)

5. デバイスの重量が重かった.

当てはまる |-----| 当てはまらない

6. デバイスの重量により, 食事量が減少した.

当てはまる |-----| 当てはまらない

7. 食事中の作業により, 食事量が減少した.

当てはまる |-----| 当てはまらない

8. 食事の進行に伴い, 食事に対する飽きが増加した.

当てはまる |-----| 当てはまらない

9. (実験が複数回目の方)前回と比較して, 食事に対する意欲が下がった.

当てはまる |-----| 当てはまらない

10. (実験が複数回目の方)デバイス着用時と比較して, 食事量が減少した.

当てはまる |-----| 当てはまらない

11. (本実験が複数回目の方)自身の体型が太ったように感じたことで, 食事量が減少した.

当てはまる |-----| 当てはまらない

12. 食事に対する集中度: _____%

13. 満腹度: _____%

14. 自由記述欄 (食事内容に対する飽き具合, 実験全体に対する感想など)

図 A.2 実験アンケート 2 ページ目 (非デバイス作動版)

アンケート

名前：_____ 実験参加日時：_____ 年 _____ 月 _____ 日 _____ 時 _____ 分

性別：男・女 年齢：_____ 歳 身長：_____ cm 体重：_____ kg 前回の食事：_____ 時間前

Q. (実験が初回の方)あなたは普段何が食事量に影響を及ぼしますか、もしくは及ぼすと思いますか。

-----実験担当者記入欄-----

デバイス着用の有無：有 デバイス作動：ON 食事量：_____ 本／_____ g

食事時間：_____ 分 _____ 秒

-----以下、食事終了後に回答-----

※本アンケートは、原則として一度答えた内容を変更しないでください。

また、質問は1番から順番に回答してください

1. デバイス着用により、腹部に圧迫を感じた。

当てはまる |-----| 当てはまらない

2. デバイス着用による腹部の圧迫により、食事量が減少した。

当てはまる |-----| 当てはまらない

3. デバイス着用により、不快に感じた。

当てはまる |-----| 当てはまらない

4. デバイス着用による不快さにより、食事量が減少した。

当てはまる |-----| 当てはまらない

図 A.3 実験アンケート 1 ページ目 (デバイス作動版)

5. デバイスの重量が重かった.

当てはまる |-----| 当てはまらない

6. デバイスの重量により, 食事量が減少した.

当てはまる |-----| 当てはまらない

7. 食事中的作業により, 食事量が減少した.

当てはまる |-----| 当てはまらない

8. 食事の進行に伴い, 食事に対する飽きが増加した.

当てはまる |-----| 当てはまらない

9. (実験が複数回目の方)前回と比較して, 食事に対する意欲が下がった.

当てはまる |-----| 当てはまらない

10. (本実験が複数回目の方)デバイス非着用時と比較し, 着用時に食事量が減少した.

当てはまる |-----| 当てはまらない

11. (本実験が複数回目の方)自身の体型が太ったように感じたことで, 食事量が減少した.

当てはまる |-----| 当てはまらない

12. 腹部の膨張により, 腹囲が増加したように感じた.

当てはまる |-----| 当てはまらない

13. 腹部の膨張により, 体型が太ったように感じた.

当てはまる |-----| 当てはまらない

14. 腹部の膨張により, 体型変化が自身の変化であるという印象が増加した.

当てはまる |-----| 当てはまらない

図 A.4 実験アンケート 2 ページ目 (デバイス作動版)

15. 腹部の膨張により，不快に感じた.

当てはまる |-----| 当てはまらない

16. 腹部の膨張により，食事量が減少した.

当てはまる |-----| 当てはまらない

17. デバイスから発生する音により，不快に感じた.

当てはまる |-----| 当てはまらない

18. デバイスから発生する音により，食事量が減少した.

当てはまる |-----| 当てはまらない

19. デバイスの重量により，体型が太ったように感じた.

当てはまる |-----| 当てはまらない

20. デバイスの重量により，体型変化が自身の変化であるという印象が増加した.

当てはまる |-----| 当てはまらない

21. デバイスの重量により，不快に感じた.

当てはまる |-----| 当てはまらない

22. デバイスの作動により，腹部に温度変化を感じた.

当てはまる |-----| 当てはまらない

23. デバイス作動による腹部の温度変化により，不快に感じた.

当てはまる |-----| 当てはまらない

24. デバイス作動による腹部の温度変化により，食事量が減少した.

当てはまる |-----| 当てはまらない

図 A.5 実験アンケート 3 ページ目 (デバイス作動版)

25. 腹部の引っ張りにより、腹部の皮膚が突っ張っているように感じた。

当てはまる |-----| 当てはまらない

26. 腹部の引っ張りにより、体型が太ったように感じた。

当てはまる |-----| 当てはまらない

27. 腹部の引っ張りにより、体型変化が自身の変化であるという印象が増加した。

当てはまる |-----| 当てはまらない

28. 腹部の引っ張りにより、不快に感じた。

当てはまる |-----| 当てはまらない

29. 腹部の引っ張りにより、食事量が減少した。

当てはまる |-----| 当てはまらない

30. このシステムの使用により、体型が太ったように感じた。

当てはまる |-----| 当てはまらない

31. このシステムの使用により、体型変化が自身の変化であるという印象が増加した。

当てはまる |-----| 当てはまらない

32. このシステムの使用により、食事量が減少した。

当てはまる |-----| 当てはまらない

33. 食事に対する集中度： _____ %

34. 満腹度： _____ %

図 A.6 実験アンケート 4 ページ目 (デバイス作動版)

35. 自由記述欄（食事内容に対する飽き具合，実験全体に対する感想など）

図 A.7 実験アンケート 5 ページ目 (デバイス作動版)

実験終了後アンケート

1. あなたは自身の体型が肥満になったとしたら，食事量が減少すると思いますか。

また，何故そう思いますか。

回答：はい・いいえ

理由：

2. デバイスを使用してみて，どのように感じましたか。

図 A.8 実験終了後アンケート