

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

鳴海 拓志[†] 伴 祐樹[†] 梶波 崇[†] 谷川 智洋[†] 廣瀬 通孝[†]

食事から得られる満腹感は、食事そのものの量だけでなく、食事の際の周辺の状況に大きく左右されることが近年明らかになってきている。こうした知見に基づき、本研究では、拡張現実感を利用することで満腹感の手がかりとなる要因を操作し、同量の食事から得られる満腹感を操作することを提案する。本稿では、満腹感に影響を与える要素の一つである食品の見た目の量に着目して構築した、リアルタイムに視覚的な食事ボリュームを変化させてフィードバックする「拡張満腹感」システムについて説明し、提案システムがユーザの食品摂取量に影響を与えることができるかについて評価した実験の結果について報告する。

Augmented Satiety: Controlling Satiety by Changing Appearance of Food with Augmented Reality

TAKUJI NARUMI[†] YUKI BAN[†] TAKASHI KAJINAMI[†]
TOMOHIRO TANIKAWA[†] MICHITAKA HIROSE[†]

Recent psychological and economic studies have revealed that the consumption volume of food is influenced not only by the characteristics of food itself but also environmental factors during eating such as plate size, package size, variety, lighting and socializing. In our research, the authors aim to control perception of satiety which is gained from the same amount of food by changing environmental factors with augmented reality technology. This paper proposed a method for food-volume augmentation using real-time shape deformation and reported on an experiment on the effect of apparent size on perception of satiety and nutrition intake.

1. はじめに

現代社会において、肥満は世界的な社会問題である。例えば、米国では3人に1人がBMI30以上の重度の肥満であるという統計がある。また、肥満はすでに先進国だけの問題ではなく、今や発展途上国においても問題になっている。肥満は高血圧、脂質異常症、糖尿病等の生活習慣病をはじめとする数多くの疾患の要因になる。また、日本における死因の第1位はがん、第2位は脳卒中、第3位は心臓病であるが、この2位と3位の疾病は肥満との関連が大きい。これらのことから、肥満は努力によって避けることができる最大の死亡リスクであると考えられている。

肥満の主な原因は食生活にある。肥満の解消には、運動によってエネルギーを消費するか、食生活を見直し、食事量を適切にコントロールすることが求められる。運動を支援する目的では、多くの研究がなされており、運動器具の開発の他、ヒューマンコンピュータインタラクションの適切な設計によって運動を促進す



図1 食品の見た目のサイズを変化させる拡張満腹感システム

る手法[1, 2]が実現され、実際に運用もされている。食生活の見直しに関しては、食べた食事やカロリーを記録するサービス[3]などが実用化されている。こうしたサービスはユーザの努力を必要とするが、食生活改善のためのきっかけとなり得るものである。一方で、食事中に機能し、食事量をコントロールするような技術は実現されていない。

実際には、人間が自らの努力によって食事量を適切にコントロールすることは容易ではない。この1つの

[†] 東京大学大学院情報理工学系研究科
Graduate School of Information Science and Technology,
the University of Tokyo

理由は、摂取した食事の重量や栄養価を正確に把握するための仕組みが人体に備わっていないためである。その代わりに、胃や腸の膨満感や食事の見た目の量、その他の手がかりを統合することで総合的な「満腹感」を判断している。このとき、実際の食品の量だけが満腹感の判断の手がかりになるわけではない。

近年の心理学等における研究によって、食事をとる量は、食事の際の周辺の状況にも大きく左右されることが明らかになってきている。例えば皿やスプーンといった食器の大きさ、盛りつけの量、誰と食べるかといったような要素が、食事をとる量に間接的かつ無意識的に影響を与えることが知られている。そのため、食事を目の前にして、どの程度の量その食事をとることが適切かを正確に判断することは容易ではない。

一方で、満腹感が絶対値として評価されるわけではなく、様々な環境情報の影響を受けて相対的に変化するという性質を上手く利用することもできるだろう。

食体験は、複数の感覚が相互に影響しあう複雑な知覚から生じる。そのため、あるモダリティに対する感覚刺激を変化させただけでも、体験全体としての印象を大きく変化させることが可能である。

例えば、筆者らは、さまざまな多感覚情報が味覚情報と複合的に「風味」として認知されるという知見を利用することで、食品の化学組成を変化させることなく、同時に提示する視覚・嗅覚刺激を変化させることで味を変化させる手法を提案している[4]。また、田中らは、デバイスにより咀嚼を検出し、食品を噛む際の音を変化させてフィードバックすることで、食品の食感を変化させる手法を提案している[5]。

こうした例のように、感覚同士が相互に影響を与えあう性質を利用し、拡張現実感を利用して食品の量を判断する上での手がかりを適切に操作することで、食事そのものを変化させずとも、その食事から得られる満腹感を変化させ、意識や努力を必要とすることなく食事摂取量のコントロールが可能になると考えられる。

これらを踏まえ、本研究では、拡張現実感を利用した満腹感の操作、いわば「拡張満腹感」の実現を目指している。本稿では、まず満腹感という統合的な知覚に影響を与える諸要因について述べた後、そうした要因の一つである食品の見た目の量に着目して構築した、リアルタイムに食品の見た目のサイズを変化させてフィードバックする「拡張満腹感」システム(図1)について述べる。その後、提案システムがユーザの食品摂取量に影響を与えることができるかについて評価した実験の結果について報告する。

2. 満腹感に影響する諸要因

先に述べたように、満腹感の見積もりは、盛りつけの量、食器の大きさ、誰と食べるか等さまざまな要素に影響を受けて変化する。これら満腹感を変化させる要因は、食環境(ユーザを取り巻く環境)と、食品周辺環境(食品の周囲の環境)の大きく二つに分類することができる。

満腹感に影響を与える食環境としては、まずどのような場所で食べるかという雰囲気が挙げられる。例えば、気温の低い環境下では、気温の高い環境下に比べてより多くの量を食べようになる[6]。また、昼光色の明るい照明のレストランよりも、ろうそく等の暖色で暗い照明のレストランの方が、消費する食事が多くなることが知られている[7, 8]。その他、周囲の騒音や音楽が食事に影響するという研究もある[9, 10]。これらの影響は、快適な環境ほど滞在時間が延び、それに従って食事消費の許容量も増大するという因果関係により生じていると考えられる。

第2の食環境要因としては、誰と食べるかという社会的要素が挙げられる。親密な関係の相手との食事時間は長くなる傾向があるため、それだけ一度の食事で摂取される食事も多くなることが考えられる[11]。一方、親密な相手とではなく、見ず知らずの相手と食事をした場合にも同様の傾向が見られる[12]。これらは、他者がどの程度の量を食べるかを観察することが、観察者の満腹感の見積もりにとって重要な手がかりになっているためであると考えられる。

満腹感に影響を与える食品周辺環境としては、代表的な要素として、顕著性、多様性、食品のサイズ感、食器の4つが挙げられる。

第1の顕著性とは、食品の目に付きやすさや匂いなどによって、食品の存在が意識に上りやすくなると、その食品の消費量が増加するというものである。透明な瓶の中にお菓子を入れておくと、不透明な瓶の中にお菓子をしまっておいた場合よりも46%消費量が増加するという研究結果[13]等の例がある。これは、食品の見た目や匂いが食欲を喚起し、空腹感を生じるためであると考えられており、最近ではそのような因果関係を示唆する生理学的な裏付けも得られている[14]。

第2の多様性とは、同時に提供される食品の味や見た目のバリエーションが多様であるほど、その食事の摂取量が増加するというものである。例えば、3種の味のヨーグルトを提供した場合、1種だけを提供した場合に加えて平均23%消費量が増加するという実験結果[15]が得られている。また、味だけでなく、キャ

ンディの色など、味とは直接関係しない要素についても、バリエーションが多様であるほど消費量が増加する傾向が見られることが知られている[16]。この一つの要因としては、バリエーションが増えることで食に対する楽しみが増え、それが満腹感を抑えるためであると考えられている。

第3の食品のサイズ感とは、食品の盛りつけられた量や食品のパッケージのサイズが大きいほど、その食品の一度の消費量が増えるというものである。例えば、マカロニなど不定形の食品について、一皿に盛られた量が多いほど、そこから個人が消費する量が多くなるということが明らかになっている[17]。また、パッケージの中の食品の量が見えない状態であっても、パッケージの大きさが大きいほど、消費量は増加することがわかっている[18]。こうした現象は3歳程度の児童には見られないことから、サイズ感とそこから得られる満腹感の見積りとの関係は、経験によって後天的に獲得されるものであることが示唆されている[19]。

第4の要素の食器は、食品とのサイズの比較によって効果を発揮する。この効果はエビングハウス錯視として知られるような、観察対象とその周辺にあるもの大きさの対比による大きさ知覚の錯覚によって生じていると考えられる[20]。例えば、食品をとりわけ器の大きさが大きいほど消費量が増加する[21]、スプーンの大きさが大きいほど消費量が増加する[22]といったことが明らかになっている。また、別種の錯覚として、フィック錯視として知られているように、水平な線より垂直な線の方が長く認識されるという現象に基づいて生じる食器の効果もある。この効果は、背が高く細いグラスと、背が低く太いグラスに同量の飲み物を注いだとき、背の高いグラスの方に多く液体が注がれているような視覚的バイアスを生む。そのため、背の低いグラスを使用した場合には飲み物の消費量が増えるということが示されている[23]。

上に述べてきたように、食品から得られる満腹感には多様な要因によって変化する。こうした性質を利用し、錯覚現象を引き起こすことなどによって、食品の量を判断する上での手がかりを適切に操作することができれば、食事そのものの量を変化させることなく、その食事から得られる満腹感を増加させたり、減少させたりすることができ、その結果として食事量のコントロールが可能になると考えられる。

他方、近年さまざまな分野で拡張現実感が注目を集めるようになってきている。拡張現実感とは、コンピュータで作出力した情報を、現実の環境のコンテクストに即して提示することで、人間の能力や知覚を強化

したり変化させたりすることができる技術の体系である。物体認識やリアルタイムCG生成技術等を利用することで、拡張現実感によって食品周辺環境をリアルタイムに変化させてフィードバックすることが可能になり、満腹感を操作できると考えられる。

本研究では、食品周辺環境の中でも特に食品自身のサイズ感に注目する。その理由としては、食品自体を物体認識およびリアルタイムな画像処理の対象にすることが、オクルージョンが多く発生する食器等に比べて容易であると考えたためである。この食品のサイズ感を拡張現実感によって変化させることで、拡張現実感を利用した満腹感の操作、すなわち「拡張満腹感」を実現することとした。

3. 食品の見た目のサイズを変化させる拡張満腹感システム

本章では、拡張現実感によって満腹感を操作できるかを調査するために作成した、食品の見た目のサイズを変化させる拡張満腹感システムのプロトタイプについて述べる。本プロトタイプでは、対象となる食品を直接手で握って食べるものに限定することで、食品と身体との相対関係のみが要素として働くよう設計することとした。これは食器等を利用した場合に、満腹感に影響を与える要因が複数現れることで、どのような要素に起因して満腹感が影響を受けたかを評価しにくくなると考えられるためである。この設計方針により、拡張現実感による視覚刺激が満腹感に影響を与えたかどうかを純粋に評価しやすいようにした。

前章で述べたように、サイズ感が知覚され、満腹感に影響を与えるためには、周囲にあるものと対象となる物体の大きさの相対関係が重要となる。そのため、視野全体を拡大・縮小しただけでは周囲の環境や身体との相対的な関係が変化せず、大きさ知覚の錯覚は生じないことが考えられる。すなわち、満腹感を操作するためには、対象の食品だけを自然に変形させる拡張現実感構成法を実現する必要があると考えられる。

そこで、食品の見た目のサイズを拡大・縮小するとともに、その食品を持つ手など、食品周辺の整合性を保つことができる画像処理手法を取り入れた拡張満腹感システムを構築した。なお、4章での実験で、満腹感を操作する対象の食品としてクッキーを使用したため、以下ではクッキーを例にとって説明する。

3.1 システム概要

提案システムでは、ユーザはビデオシースルーHMDを装着する(図2)。このとき、ユーザがビデオシースルーHMDを通して見るクッキーの大きさを変



図2 拡張満腹感システムを利用するユーザー

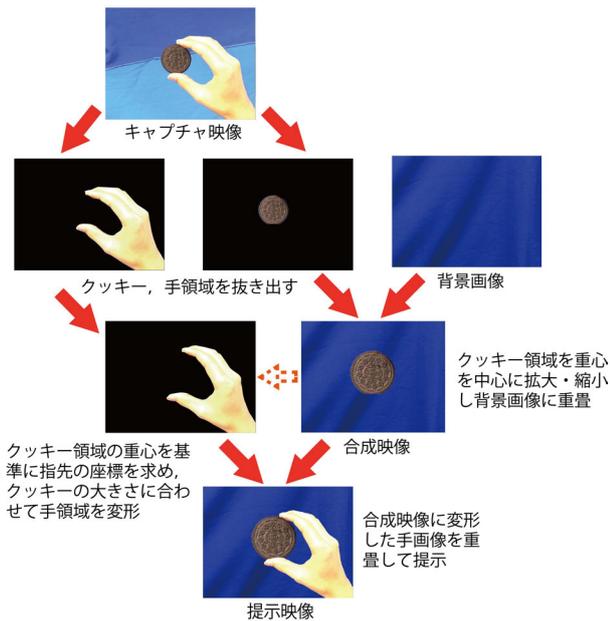


図3 視覚的に食品サイズを変化させる画像処理の流れ

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。これにより、ユーザーに、自身が持っているクッキーの大きさが変わったかのように感じさせる。提案手法における、食品の大きさを変化させてフィードバックするための画像処理の流れを図3に示す。次節では、この処理の流れに沿って各段階の説明を行う。

3.2 食品サイズのリアルタイム変換

A.クッキーおよび手領域の抽出とクッキーの変形

まず、ブルーバックを用いた色抽出により、キャプチャ映像から食品および手の領域を抽出し、両領域の重心座標を取得する。抜き出した食品領域をその重心を中心に拡大・縮小し、あらかじめ用意した背景画像に重畳する。これを合成映像と呼称する。この方法は、本システムがブルーバック環境で使用されることを前提としているが、食卓に青いテーブルクロスを使用することでこの制約条件を満たすことができるため、本システムの目的にとっては十分許容できると判断した。

B.手画像の変形・重畳

本システムでは変形対象である手の形が常に変化するため、変形対象の輪郭を抽出してそれを基準に領域を変形させる手法[24]を用いると、輪郭取得時にノイズが入りやすく、変形後の形も崩れやすくなってしまふ。そのため、本システムでは輪郭情報を用いず、制御点の位置の変化を元に画像全体を歪める手法である、Schaeferらのrigid MLS method[25]を用いる。

抜き出した手の画像を自然に変形させるために、まずクッキーを挟む2本の指と、クッキーとの接触位置を求め、制御点として用いる。クッキーの重心座標 O_c から同心円状に走査を行い、手領域のうちクッキーの重心座標から最も近い点を1つ目のクッキーと指との接触点 F_1 とする。続いて、 F_1 付近(中心角が F_1 方向から 80 度以内となる領域)を走査領域から外し、 F_1 の次に O_c に近い手領域内の点をもう一方の接触点 F_2 とする。これらの処理の概要を図4に示す。クッキーの大きさの変化に合わせて、図5のように F_1F_2 の位置をずらす。変形後の指とクッキーの接触点位置を $F_1'F_2'$ とすると、クッキーの大きさを R 倍にする場合、

$$F_1O_c : F_1'O_c = F_2O_c : F_2'O_c = 1 : R$$

となるよう $F_1'F_2'$ の座標を決定する。この F_1, F_2 および手領域の重心である O_h の3点を変形前の制御点、 F_1', F_2', O_h の3点を変形後の制御点として用い、rigid MLS methodによって手の領域を変形したのち、合成映像に重畳して体験者に提示する(図6)。図7はここでの説明で利用したクッキー以外の食品に本手法を適用した例である。ここで説明した食品や握り方以外でも自然な変形ができていることが示されている。

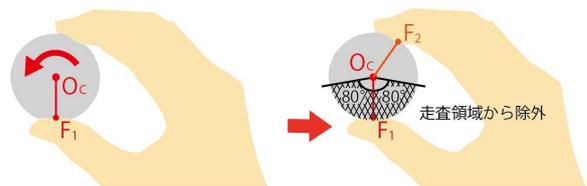


図4 手画像変形のための手と食品の接触点抽出

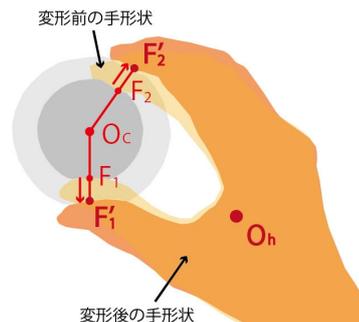


図5 クッキーおよび手の変形

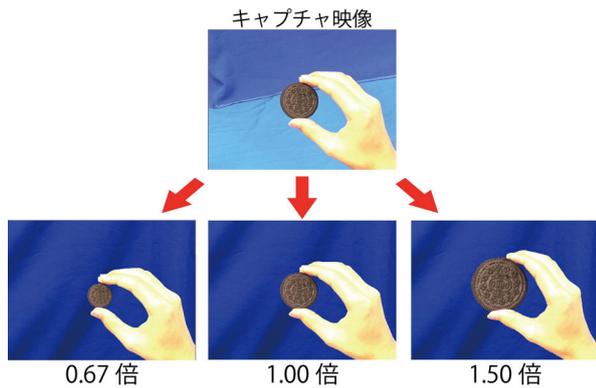


図6 手に持ったクッキーのサイズを変形させた結果

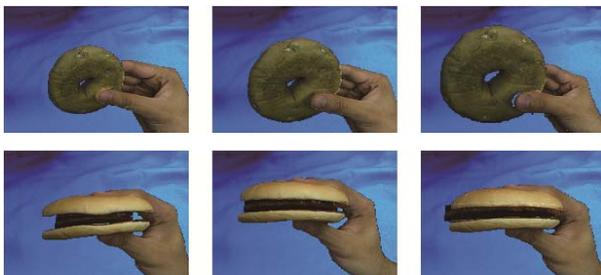


図7 その他の食品への適用例 (左：縮小 中：等倍 右：拡大)
上段：ベーグル，下段：ハンバーガー

4. 拡張現実感を利用した食品サイズの操作が満腹感に与える影響の評価

食品の見た目のサイズを変化させる拡張現実感が、ユーザの満腹感に影響を与えることができるかどうかについて評価する実験を行った。

4.1 被験者

実験は12名(男性8名、女性4名)を対象に行った。被験者の年齢は22歳から36歳、平均年齢は25.6歳であった。被験者に対しては、実験をうける前にあらかじめ質問紙とインタビューによって、健康状態、食事に対するアレルギー、食事制限、一日の平均食事回数、ダイエット中かどうか、直近に落ち込むようなことがなかったか、妊娠中・授乳中でないかといった、食事摂取量に影響を与える可能性がある項目について調査を行い、食事摂取量に影響を与えるような問題がないことを確認した。本実験では、被験者に対して、実験の実際の目的に関する告知は行わなかった。

4.2 実験設定

実験は被験者内計画で行った。本実験では、別個の3日間を設定し、被験者を研究室内のブースに招き、おやつを食べてもらう。このブースには青いテーブルクロスが敷かれており、何も物が置かれていない。そのため、被験者の視界にはテーブルと自分の身体とおやつのみが入る環境になっている。これは、拡張満腹

感が実現された際にユーザが実際にシステムを使用するであろう環境とは異なるが、ここでは拡張現実感による視覚刺激が満腹感に影響を与えることが可能かを純粋に評価するため、[17]を参考にこのような環境で実験をすることとした。

被験者が食べるおやつとしては、ナビスコ社のオレオを使用した。この選定の理由は、珍しいおやつの場合には、その新奇性から食べることに好奇心や抵抗感が働き、実験の妨げになることが考えられるが、オレオは誰もが一度は目にしたことがあるおやつであり、多くの被験者が好奇心や抵抗感無く食べることが出来ると判断したためである。オレオの元のサイズは直径32[mm]である。また、オレオ一枚あたりの重量は10g、カロリー含有量は5.3[kcal/g]である。

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つの条件を用いた。各条件でのオレオの見た目を図6に示す。3日間設定した各実験日に、被験者は提案システムを装着し、上記3条件の中から選ばれた条件下でおやつを食する。提示順序が結果に影響することを避けるため、この3条件を提示する順番に偏りが出ないように、各被験者に対して実験順序を割り当てた。おやつに対する飽きの効果を防ぐため、実験日間は少なくとも2日開けるように設定した。

4.3 実験手順

実験をうける上での条件として、被験者には実験24時間前から実験時までの間の行動ができるだけ同一になるよう指示をした。また、実験の直前となる食事では、できる限り毎回同じようなものを食べるよう指示をした。加えて、実験直前の2時間には何も食べないよう指示をした。被験者がこれらの指示に従っていたかどうかを確認するため、各実験の前に、直近24時間の簡単な活動記録および直近3食の食事メニューを記述してもらった。実験者はこの記録をチェックし、直前の食事から2時間以上経過しているか、生活パターンや食事に大きな変化が見られないか、徹夜や過度の運動など食事摂取に大きな影響のある行動をとっていないかどうかの3点について確認する。その後、後述する空腹度調査についても回答してもらい、実験日間で空腹度に大きな違いがないことを確認する。

これらの事前調査によって、実験を行う上で問題ないコンディションであると判断された場合にのみ実験を進める。コンディションに問題があると判断された場合には、被験者に実験日を再設定してもらった。

実験ではまず、被験者は制限時間1分以内に100マス計算を行なう。このタスクは、被験者が実験目的を

推測することを避けるためのカモフラージュである。

その後、被験者に HMD を付けてもらい、おやつを食べてもらい。その際の条件として、満足するまで食べる（必ずしも 1 個のクッキーを食べきらず、途中で満足した場合には、食べかけを残してその場で実験を終了すること）、水は好きなだけ飲んでいいこと、クッキーを食べる際にはよく見てから食べる（途中でかじって再度かじる場合には、かじる前に見えるところまでクッキーを移動させること）、クッキーは図 6 中のように握ることを指示した。食べる時間については、特に指定を行わなかった。

被験者がクッキーを食べ終わった後、HMD を外し、再度 100 マス計算のタスクを行う。その後、再度実験前と同じ空腹度調査に回答してもらい。

全ての実験が終わった後には、3 日間の実験の間で気づいた違いについて自由記述で回答してもらった。

4.4 数直線を用いた空腹度調査

被験者には、提案システムを装着してクッキーを食べる前と後に、その時点での空腹度や体調等のコンディションを評価してもらった。全ての質問項目を表 1 に示す。評価は、100[mm]の数直線上に現在のコンディションを矢印で示してもらった形式で行った。例えば、「今どれくらい空腹ですか?」という質問に対しては、「全く空腹でない」が左端に、「すごく空腹だ」が右端に書かれている 100[mm]の数直線上に矢印を書くことで回答してもらい。喉の渇き、吐き気、満腹度に関する質問でも、「全く～でない」と「すごく～である」を両端に持つ数直線上で評価してもらい。「今どれくらいの量を食べることができると感じますか?」という質問では、「全く食べられない」と「大量に」を両端に持つ数直線上で評価してもらい。

実験前の空腹度調査において、これら各項目の評価値が、前回の実験での評価値と比較して数直線上で 30[mm]以上異なっている場合には、コンディションに問題があると判断し、被験者に実験日を再設定して

もらった。

また、オレオのおいしさ（見た目、匂い、味、食感等の総合評価）についても、同様の数直線で各階評価してもらった。実験において被験者の望まない食品を食べさせるのを避けるため、このおいしさの評価値に 40[mm]以下の評価を付けた場合には実験を終了し、その被験者を本実験から取り除く予定であったが、実際には多くの被験者がオレオの味に対して高い評価を付けており、全ての被験者が実験を完遂した。

4.5 実験結果

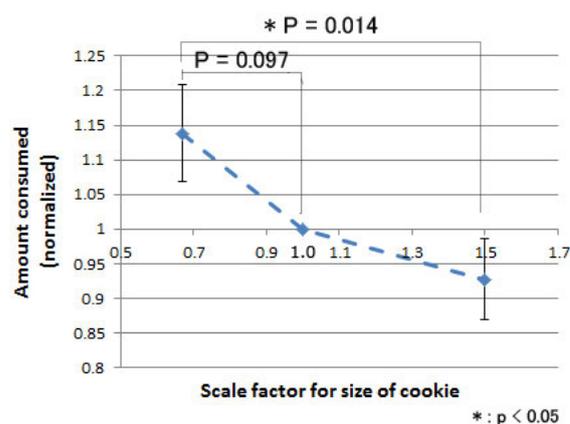


図8 食品の見た目のサイズの拡大率と等倍条件下で食べた量で正規化した被験者がクッキーを食べた量（±標準誤差）

図 8 は、食品の見た目のサイズの拡大率と、等倍条件下で食べた量で正規化した、被験者がクッキーを食べた量を示したグラフである。実験結果に対し一要因分散分析およびボンフェローニ-ホルム法による多重比較を行ったところ、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るが、有意な差は見られなかった($p = 0.293$)。一方、縮小条件と拡大条件の間では有意に消費量に差が見られ($F(2,33) = 4.17, p = 0.014$)、視覚的に大きい食品を食べる条件下では、視覚的に小さく見える食品を食べる条件下よりも、食品の消費量が減ることが示唆された。また、

表1 実験条件ごとの実験前・実験後の空腹度調査の結果

	実験前			実験後		
	縮小	等倍	拡大	縮小	等倍	拡大
今どれくらい空腹ですか?	43.6±5.2	53.3±8.4	47.4±5.5	28.9±5.3	20.5±4.9	19.9±3.2
今どれくらい喉が渇いていますか?	57.3±6.8	55.8±6.6	45.6±8.0	61.3±7.3	63.9±6.1	68.2±7.2
今吐き気はしますか?	4.0±2.8	8.8±4.9	6.7±3.4	7.4±3.6	10.0±5.3	6.4±3.1
今どれくらい満腹ですか?	43.5±5.8	39.5±8.7	45.5±5.9	71.0±5.2	73.2±3.9	68.1±4.3
今どれくらいの量を食べることができると感じますか?	49.1±3.8	52.4±5.7	44.9±2.8	30.3±5.8	23.6±4.5	22.4±4.4

平均 ±標準誤差 [mm]

今回の実験では、拡張現実感によって見た目のサイズを縮小した食品を食べる場合には、平均で約 13.8%クッキーの消費量が増加しており、通常のサイズの食品を食べる場合よりも多くの量を消費できるようになる傾向が見られた($p = 0.097$).

すなわち、定型の食品について、その食品を視覚的に大きく見せることで、その食品から得られる満腹感を増加させることができ、また、視覚的に小さく見せることで、その食品から得られる満腹感を減少させることができるということが示唆された。水の消費量については、各条件間で有意な差は見られなかった。

表 1 は、実験条件ごとの実験前・実験後の空腹度調査の結果を示した物である。実験前の各調査項目の評価値、実験後の各調査項目の評価値については、各実験条件間で有意な差は見られなかった。

実験では、1 人の被験者だけが 1 枚のクッキーを間食する前に、食べかけの状態を実験を終了した。その他の被験者は全員 1 枚クッキーを完全に食べきり、きりのいいところで実験を終了していた。

4.6 考察

実験前の各調査項目の評価値、実験後の各調査項目の評価値について、各実験条件間で有意な差は見られなかったことから、実験は適切な条件下で行われていたことが保証された。

また、実験後の満腹感に差が見られなかったことから、提案システムによって、食後の満腹感は一一定のまま、クッキーを消費した量だけが変化したこと、すなわち、定量のクッキーから得られる満腹感が変化したことが示された。

実験後のアンケートでは、実験日ごとの実験条件の違いに気づいていない被験者が多かった。このことから、被験者が食品の見た目のサイズを意識していなくても、提案システムは一定の効果を上げることができ、提案システムはユーザの努力や意識を必要とすることなく機能するものであると考えられる。

その一方で、拡張現実感で提示したサイズの変化量が、ユーザが気づかないほど小さいものであったため、満腹感を変化させるための手がかりとして十分に効果を果たせなかった可能性もある。特に、この実験では、食器や皿など、食品のサイズを知る手がかりとなる要素を除外し、手との比較以外にクッキーのサイズを知る手がかりを与えない条件で行った。1 名の被験者が、実験日ごとの実験条件の違いとして、「ビデオスルーHMD のカメラのズームの倍率が変わっていた」(=視野全体の拡大率が変わっていた)と回答していることから、ユーザの手との対比だけでは、本実験で

提示したサイズの変化量は、食品のサイズが変化していると知覚されるのに十分ではなかった可能性がある。もし周囲に食品のサイズがわかりやすくなる手がかりを与えた場合には、拡張現実感による満腹感操作の効果がより強く現れることが期待される。

また、ほとんどの被験者が、食べかけのクッキーを残すことなく実験を終えている。これは食事を残さず食べるというマナーが、食行動に強く影響を与えているためであると考えられる。こうした影響は、被験者がクッキーを食べた量にも影響していると考えられることから、実際に口に作る食品の 1 枚あたりの重量を本実験とは違う条件に変更した場合、提案手法の効果について、より厳密な評価が可能になる可能性も考えられる。

また自由記述では、本システムを利用した際のレイテンシ等について違和感を訴える意見はみられず、実験の様子を撮影したビデオからもユーザが違和感を覚えている様子は観察されなかった。

5. おわりに

本稿では、拡張現実感を利用した満腹感の操作、すなわち「拡張満腹感」の実現を目指し、拡張現実感によって食品から得られる満腹感の手がかりとなる要素を操作することで、同量の食事から得られる満腹感を操作することを提案した。この提案手法の具体的な実装として、心理学分野等における先行研究の知見を踏まえ、リアルタイムに食品の見た目のサイズを変化させてフィードバックする拡張現実感構成法を提案し、拡張満腹感プロトタイプシステムを構築した。

このプロトタイプシステムを利用した実験により、拡張現実感によって食品の見た目を大きく見せることができ、また、見た目を小さく見せることで、その食品から得られる満腹感を減少させることができる可能性があることを示した。

今後は見た目のサイズ以外の満腹感の手がかりとなる要素についても検討するとともに、各要素の操作量と満腹感の変化量との間の関係性を定量的に評価することを考えている。また、本研究では実験によって短期的な効果の検証を行ったが、実用に向けては長期間使用した場合にも提案手法の効果が現れるか、ユーザが本システムの効果を知っている場合にも、知らない場合と同等の効果が現れるか等を検証する必要がある。

食品認識技術に関しても、一層の技術的改善をはかる。より高度な物体認識アルゴリズムや背景補完アルゴリズムを導入することで、本論文での実験環境のよ

うな限定された環境下だけでなく、様々な環境で利用可能な拡張満腹感が実現できると考えている。本論文は拡張満腹感の実現可能性を検証することを目的としていたため、実現されたシステムの直接的な応用可能性は必ずしも高くない。今後、前述の検討や簡易な手法で同様の効果を発揮する手法の実現により、拡張満腹感の概念を利用可能なシーンを拡大していく。

また、ユーザの前にある食品が何であるかを画像処理によって判別できれば、単純な摂取食事量のコントロールだけでなく、対象食品のカロリーや含有栄養素を判定した上で総摂取エネルギー量調整や含有栄養素ごとの摂取量調整など、より進んだ処理が可能になり、健康増進に役立つシステムが構築できると考えている。

謝辞 本研究の一部は科研費「研究活動スタート支援」(23800013)の支援を受けて行われた。

参 考 文 献

- 1) Maitland J. and Chalmers M.: Designing for peer involvement in weight management. In Proceedings of the 2011 annual conference on Human factors in computing systems (CHI '11), pp.315-324, 2011.
- 2) Consolvo S., Everitt K., Smith I. and Landay J.A.: Design requirements for technologies that encourage physical activity. In Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems (CHI '06), pp. 457-466, 2006.
- 3) foo.log: Foodlog, <http://www.foodlog.jp/>
- 4) Narumi T., Nishizaka S., Kajinami T., Tanikawa T. and Hirose M.: Augmented Reality Flavors: Gustatory Display Based on Edible Marker and Cross-Modal Interaction, In Proc. of Proc. of the 2011 annual conference on Human factors in computing systems, pp.93-102, 2011.
- 5) 田中秀和, 小泉直也, 上間裕二, 南澤孝太, 稲見昌彦: 咀嚼検出デバイスを用いた食感拡張システムの提案, 第16回バーチャルリアリティ学会論文集, pp694-697, 2011.
- 6) Brobeck J.R.: Food intake as a mechanism of temperature regulation, *Yale Journal of Biology and Medicine*, 20:545-552, 1948.
- 7) Sommer R.: *Personal Space. Behavioral Basis of Design.* Englewood Cliff, NJ: Prentice-Hall, 1969.
- 8) Lyman B.: *A Psychology of Food. More Than a Matter of Taste.* Van Nostrand-Reinhold, 1989.
- 9) Caldwell C. and Hibbert S.A.: The influence of music tempo and musical preference on restaurant patrons' behavior. *Psychology and Marketing*, 19:895-917, 2002.
- 10) North A.C. and Hargreaves D.J.: The effects of music on responses to a dining area. *Journal of Environmental Psychology*, 24:55-64, 1996.
- 11) Bell R. and Pliner P.L.: Time to eat: the relationship between the number of people eating and meal duration in three lunch settings. *Appetite* 41:215-218, 2003.
- 12) de Castro J.M.: Family and friends produce greater social facilitation of food intake than other companions. *Physiology and Behavior*, 56:445-455, 1994.
- 13) Wansink B., Painter J.E. and Lee Y.K.: The office candy dish: proximity's influence on estimated and actual consumption. *International Journal of Obesity*, 30(5):871-875, 2006.
- 14) Volkow N.D. et al.: "Nonhedonic" food motivation in humans involves dopamine in the dorsal striatum and methylphenidate amplifies this effect, *Synapse*, 44:175-180, 2002.
- 15) Rolls B.J., Rowe E.A., Rolls E.T., Kingston B., Megson A., Gunary R.: Variety in a meal enhances food intake in men. *Physiol. Behav.* 26:215-221, 1981.
- 16) Kahn B.E. and Wansink B.: The influence of assortment structure on perceived variety and consumption quantities. *Journal of Consumer Research*, 30:519-533, 2004.
- 17) Rolls B.J., Morris E.L. and Roe L.S.: Portion size of food affects energy intake in normal-weight and overweight men and women, *American Journal of Clinical Nutrition*, Vol. 76, No. 6, pp.1207-1213, 2002.
- 18) Rolls B.J., Roe L.S., Kral T.V.E., Meengs J.S., Wall D.E., Increasing the portion size of a packaged snack increases energy intake in men and women, *Appetite*, Vol. 42 Issue 1, pp. 63-69, 2004.
- 19) Rolls B.J., Engell D., Birch L.L.: Serving portion size influences 5-year-old but not 3-year-old children's food intakes. *Journal of the American Dietetic Association*, 100(2): 232-234, 2000.
- 20) Coren S.: A size-contrast illusion without physical size differences, *The American Journal of Psychology*, Vol. 84(4), pp.565-566, 1971.
- 21) Wansink B. and Cheney M.M.: Super Bowls: serving bowl size and food consumption. *The Journal of the American Medical Association*. 13;293(14):1727-1728, 2005.
- 22) Wansink B., Van Ittersum K. and Painter J.E.: Ice cream illusions bowls, spoons, and self-served portion sizes. *American Journal of Preventive Medicine*, 31(3):240-243, 2006.
- 23) Wansink B., Van Ittersum K.: Bottoms up! The influence of elongation on pouring and consumption, *Journal of Consumer Research*, 30:455-463, 2003.
- 24) Igarashi T., Moscovich T. and Huges J.F.: Asrigid-as-possible shape manipulation. *ACM Transactions on Graphics*. 24, 3, pp.1134-1141, 2005.
- 25) Schaefer S., McPhail T. and Warren, J.: Image deformation using moving least squares. *ACM Transactions on Graphics* 25, 3, pp. 533-540, 2006.