

心拍センサを用いた過食防止システムの フィードバック手法の検討

畠 雅和^{†1} Luimula Mika^{†2} Chrisna Ravyse^{†3} 横窪 安奈^{†1,4} ロペズ ギョーム^{†1}

概要: 昨今の日本では、食生活を取り巻く環境の変化により過食傾向の若者が増加している。本研究は、スマートフォンで通信可能な心拍センサを用いて、過食時の自律神経系を制御するための過食防止システムを提案する。過食防止のためには、満腹時点でストレスを与えることで、食欲を抑制できると考えた。本システムのために、過食防止を促すためのゲームアプリケーションを試作し、本システムが過食防止に影響があるか検証した。

1. はじめに

昨今の日本では、過栄養や運動不足により肥満が増加し、糖尿病や心疾患などの生活習慣病を引き起こす恐れがある若者が増えている。日本人の20代を対象にしたアンケート調査では、約4割に「過食」の習慣があることが報告されている[1]。本来、人の摂食行動は、摂食で得られたエネルギーを消費・放出したり、排泄したりすることで、エネルギー収支の均衡が保たれている。しかし、過食になることで、この均衡が崩れ、身体内部より生じる空腹感や満足感が得られにくくなり、健康被害に繋がるという深刻な問題がある[2]。

一方、食事前と食事後における摂食行動に関連する、自律神経系の活動は、ストレス状態を作り出す交感神経系とリラックス状態を作り出す副交感神経系が変化することが報告されている[3]。適切な量の食事をした場合、食事することで副交感神経系が消化器官を動かすため、副交感神経系が働きリラックス状態になる。対照的に、過食した場合はリラックス状態から反転し、ストレス状態となり交感神経系が強く働くことがある。しかし、過食状態が続くと空腹感や満腹感が意識されにくくなるため、過食時にも関わらず交感神経系の動きが鈍化し、ストレスを感じにくくなる。以上から、過食を防止するためには、過食時にストレスを与えることで、自律神経系の活動を適切なタイミングで変化させることが有効であると考えられる。

本研究では、過食時にストレスを与えることで自律神経系の活動を適切に変化させるための過食防止システムを提案する。過食時であっても身体内部の感覚を鋭敏にするには知覚情報のフィードバックが有用になると考え[4]、スマートフォンもしくはPC上でストレスを与えるための知覚フィードバック手法を検討するためのゲームを試作した。

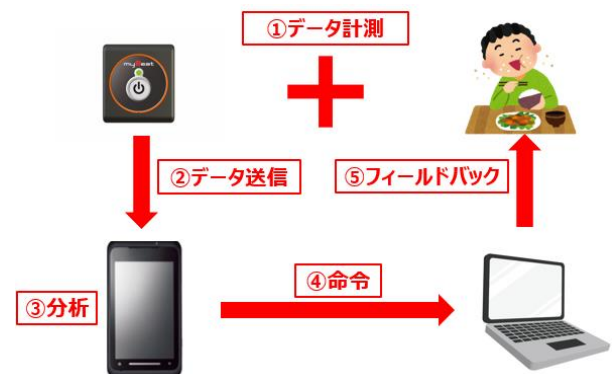


図1 提案システムの利用の流れ

2. 過食防止システム

2.1 システム概要

過食防止システムは、食事時の自律神経系の動きを計測し、満腹時点と判定した段階でストレスを与えるシステムである。満腹時点の判定は、心拍変動の時系列データであるRRIを用いて行う。RRIは自律神経系の活動を計測できるため、ストレス状態をリアルタイムで判定できる[5][6]。提案システムはスマートフォンと通信可能な心拍センサと心拍センサの情報を取得するためのスマートフォン、満腹時点で知覚フィードバックを与えるための表示用端末の3要素で構成した(図1)。ユーザが装着した心拍センサからスマートフォンにRRIデータを送信し、スマートフォンで解析を行う。RRIデータがストレス状態の閾値を超えたら、ユーザに対してストレスを与えるためのフィードバックをスマートフォンもしくはPCから提示する。

試作システムでは、心拍センサとしてMybeat(ユニオンツール株式会社製)、RRIデータ解析用のスマートフォンとしてLAVIE(NEC株式会社製)、ストレスを与えるための表示端末としてSurface Pro 4(Microsoft株式会社製)を採用して実装した。

2.2 食事時のフィードバック

試作システムでは食事開始直後に各ユーザのRRIデータを取得してキャリブレーションを行う。キャリブレーション

^{†1} 青山学院大学,
^{†2} Turku University of Applied Sciences
^{†3} North West University South Africa
^{†4} お茶の水女子大

ン後に食事時のフィードバック画面に遷移する。食事時のフィードバック画面は、食事時の状態がリラックス状態(図2)かストレス状態(図3)かを判定するために、キャリブレーション時のRRIデータと食事時のRRIデータを比較し、その結果を元に映像と音のフィードバックを提示する。

2.3 過食時にストレスを与えるためのフィードバック

2.3.1 設計方針

提案システムでは、心拍センサから取得したRRIデータがストレス状態、すなわち過食状態と判定すると、ユーザーにストレスを与えるためのフィードバック画面に切り替わることを想定した。また、摂取カロリー量に基づき、ストレスを与えるためのフィードバック画面の難易度が変化することで、より適切にストレスを与えることが可能になると考えた。

2.3.2 試作システムの使用手順

試作システムでは、一定の時間が経過すると警告音が鳴り、過食防止ゲーム画面に遷移する。本ゲームでは、難易度の異なるステージを5つ用意し、パックマン(バンダイナムコエンターテインメント株式会社製)をモチーフにしたゲームを開始する(図4)。各ステージは、プレイヤー、食べ物、Hp-Bar、Cal-Score、Score、Keyboardの6つの構成要素からなる(図5)なお、プレイヤーとはゲームの操作主体であり、食べ物とはプレイヤーが取得をすることでHp-Bar、Cal-Score、Score、を上げることができるもの。Hp-Barとは食べ物に割り振られた固有の値であり、取得時に加算される。Cal-Scoreとは取得時に食べ物のカロリーが加算される。Scoreとはゲーム全体の得点であり取得時に得点に加算される、Keyboardとはプレイヤーを操作するためのキー配置のことである。

本ゲームの操作はキーボードで行う。まず最初にプレイヤーをキーボード入力で動かし、各ステージに表示された食べ物を取得することでステージのクリアを目指す。ステージのクリア条件は、Cal-Scoreが2000~2500以内かつ、Hp-Barが100を超えていることとした。

2.3.3 ゲーム難易度の設定方法

過食状態に合わせたストレスを与えることを可能にするために、キャリブレーション時のRRIデータの平均と食事時のRRIデータの平均を比較し、その差によってゲームの難易度を設定する方法を検討した。難易度の決定基準は、平均データの差が0~50時にはレベル1、50~100時にはレベル2、100~150時にはレベル3、それ以外ならレベル4とした。レベルが上がるごとにHp-Barの減速スピードが速くなることに加え、プレイヤーの操作方法をレベル1では矢印キー操作、レベル2では任意のキー配置で操作、レベル3及び4ではランダムなキー配置で操作することとし、操作の難易度が上がる仕様とした。

2.3.4 摂取カロリーの学習支援の検討

過食防止の意識付けを測るために、試作システムでは摂取カロリーの学習支援の検討を行った。本ゲームでCal-Scoreが2500を超えると、プレイヤーが取得した食べ物のカロリーの数値を選択する画面に遷移する(図6)。正解するとCal-Scoreを下げ、本ゲームを継続することができるが、不正解の場合、不快感を与える音が鳴る。これら一連の動作により、食べ物の摂取カロリーを学習することが可能になると考えた。

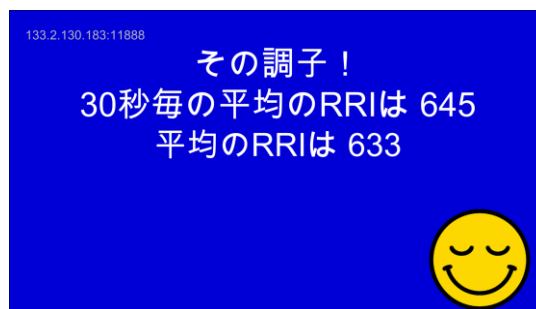


図2 リラックス状態の画面例

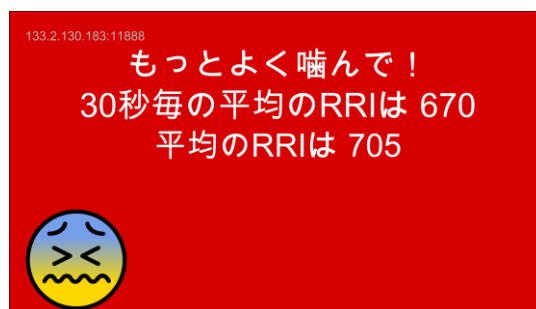


図3 ストレス状態の画面例

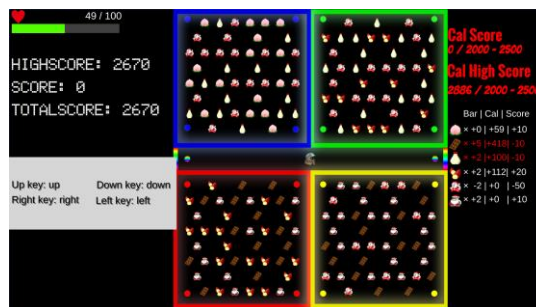


図4 過食防止ゲームのステージ選択画面例

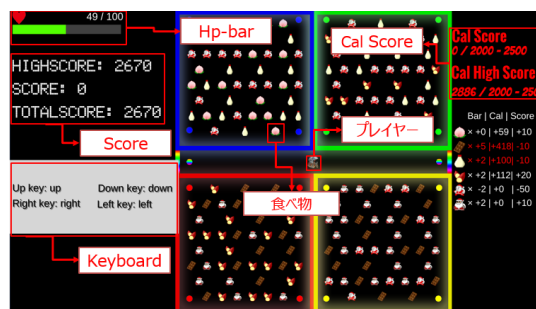


図5 過食防止ゲームの構成要素一覧

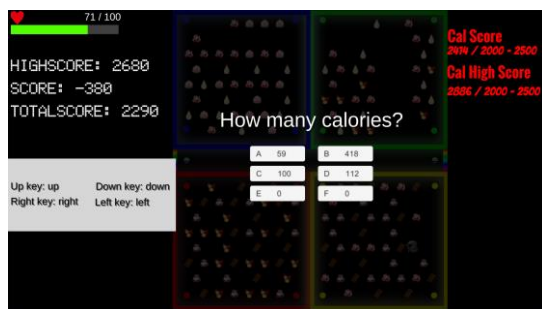


図 6 過食防止ゲームのカロリー選択画面例

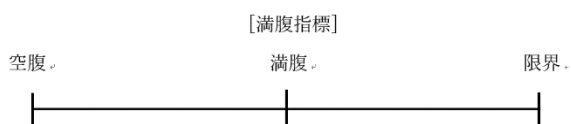


図 7 満腹指標

3. 評価実験

提案システムが過食に効果があるか確認するために、評価実験を実施した。本実験では、試作システムを用いて食事を行った場合と試作システムを用いないで食事を行った場合の食事量の比較、及びアンケート調査を行った。

3.1 実験環境と被験者

本実験は、本学実験室を室温約 23℃にし、昼食のタイミングで実施した。なお、被験者としては健康な成人男性 7 名 (21~25 歳) であった。被験者には、朝食から約 5 時間何も食べない空腹の状態になるよう事前に指示し、主食、副菜、主菜に加え、牛丼を好きなだけ摂食するよう指示した[7]。

3.2 実験手法

被験者にウェアラブルな心拍センサを装着し、心電位を計測した。食事開始前 10 分間安静にし、その後食事を行い、食事終了後は再度 10 分間安静にするよう指示した。また被験者は 1 口食べるごとに咀嚼を約 30 回してから飲み込むよう指示した。

試作システムを用いない実験では、被験者に対し食事開始時から計測終了時まで、紙で提示した満腹指標(図 7)に、その時の自分の状態を 3 分毎に縦線を記入するよう指示した。なお、満腹指標では空腹は最もお腹がすいている状態。満腹は自分が丁度いいと感じる状態、限界はこれ以上食べ物が入らない状態と定義している。

試作システムを用いた実験では、被験者が満腹指標に縦線を記入した時間を基準とし、本ゲームを開始する時間を決定し、ゲームを開始した。また、本ゲーム終了後にも食事を続行するよう指示した。

本実験後には、アンケートを実施した。アンケートの質問内容は「ゲーム前後でお腹の減り具合が変わったか」「ゲ

ームによってどれくらいストレスを感じたか」の 3 つの質問とした。アンケートは、VAS を参考にしていて、左を 0 点、右を 100 点とし、1mm を 1 点として点数評価した。

表 1 食事量の比較

被験者	食事量の合計(a) (システムを用いない)	食事量の合計(b) (システムを用いた)	食事量の差 ((a)-(b))
A	1171(g)	1003(g)	168(g)
B	751(g)	942(g)	-191(g)
C	771(g)	695(g)	76(g)
D	1041(g)	962(g)	79(g)
E	1041(g)	921(g)	120(g)
F	981(g)	871(g)	118(g)
G	671(g)	415(g)	256(g)

表 2 アンケート結果のスコア

被験者	(a)	(b)
A	84(点)	70(点)
B	97(点)	64(点)
C	81(点)	76(点)
D	100(点)	100(点)
E	88(点)	86(点)
F	97(点)	94(点)
G	90(点)	100(点)
平均	91(点)	84(点)

4. 実験結果と考察

試作システムを用いない場合と用いた場合の食事量の差と、アンケートの結果を報告する。表 1 に食事量の差の集計結果を示す。表 2 にアンケートの結果を示す。表 2 のアンケート結果の質問項目(a)は「ゲーム前後でお腹の減り具合が変わったか」であり、質問項目(b)は「ゲームによってどれくらいストレスを感じたか」であった。

表 1 において被験者 7 名の内、6 名が試作システムを用いた場合に食事量が減少した。減少した食事量の平均は 136g であった。

表 2 の (a) の質問において、全ての人が 50 点を超えているため、ゲームを行うことでお腹の減り具合が変化することが分かる。また表 2 の(b)の質問においても、全ての人が 50 点を超えているため、本研究で構築した PC アプリケーションを使うことで少なからずストレスを感じることが分かった。

しかし表 1 からわかるように被験者 B だけシステムを

用いた場合の食事が量が増えていた。原因として被験者 B は表 2 の(b)においてストレスを感じていた点数が最も低いため、ストレスを強くは感じなかったと考えられる。

以上のことから食事中に適度なストレスを与えることで自律神経系の活動を変化することで食事を抑制できることが示唆された。

5. まとめと今後の展望

本稿では、過食を抑制するために自律神経系の活動に注目し、自律神経系の活動に刺激を与えるための過食防止システムを提案した。過食防止システムでは、心拍センサによって得られた RRI データを元に、評価実験から、試作システムを用いた場合と用いていない場合の食事を比較したところ、被験者 7 人中 6 人の食事を抑制することに成功した。

今回の試作システムでは、ゲームを開始するタイミングは、手動で設定していた。将来的には、ユーザの RRI データから満腹時点を算出し、自動でゲームを開始する手法の検討を行いたい。また、提案システムが手軽に利用できるようにスマートフォン単体でのアプリケーションとして提供し、時・場所を限定しない食事シーンで活用可能となる過食防止システムを構築したい。

謝辞

本研究はロッテ財団奨励研究助成を受領したものである

参考文献

- [1] 特定非営利活動法人 食の未来研究所 “「大人の食習慣」に関するアンケート集計結果”，
http://shoku-joho.com/wp-content/uploads/2013/11/shoku_anket1127release.pdf (2013)
- [2] 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, pp.325-333, (2009).
- [3] 本窪田直子, 駒居南保, 鈴木麻希, 林育代, 森谷敏夫, 永井成美, “夜型指向性が若年女性の自律神経活動, 胃運動および食欲感覚の日中の変動に及ぼす影響”, 日本栄養・食糧学会誌 69(2), pp. 65-74, (2016).
- [4] 伏田幸平, 長野祐一郎, “コンピュータ・ゲーム時の競争環境の違いが自律系生理反応にもたらす効果”, 生理心理学と精神生理学 33(3), pp. 181-191, (2015).
- [5] 松本佳昭, 森信彰, 三田尻涼, 江鐘偉, “心拍揺らぎによる精神的ストレス評価法に関する研究”, ライフサポート 22(3), pp. 105-111, (2010).
- [6] Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. (1996). Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Circulation, 93, 1043-1065.
- [7] 小林茂雄, “鮮やかな光色で照明された食品に対する食欲” 日本建築学会環境系論文集 74(637), pp. 271-276, (2009).