



時計の運針速度が摂食速度に与える影響の検証

櫻井翔¹⁾, 華青¹⁾, 伴祐樹²⁾ 野嶋琢也³⁾, 広田光一¹⁾

Sho SAKURAI, Qing HUA, Yuki BAN, Takuya NOJIMA and Koichi HIROTA

- 1) 電気通信大学大学院情報理工学研究科 (〒182-8585 東京都調布市調布ケ丘 1-5-1, {sho, kasei, hiroya}@vogue.is.uec.ac.jp)
- 2) 東京大学大学院新領域創成科学研究科 (〒277-8561 千葉県柏市柏の葉 5-1-5, ban@edu.k.u-tokyo.ac.jp)
- 3) 電気通信大学大学院情報理工学研究科 (〒182-8585 東京都調布市調布ケ丘 1-5-1, tnojima@nojilab.org)

概要：早食いは世界的な健康問題である肥満や糖尿病の要因の 1 つである。早食いはゆっくり食べるという簡潔な方法で改善できるが、毎食時に摂食速度を意識することは容易ではない。一方、早食いの根本的な原因は未解明であり、工学的な改善手法はほとんどない。本稿では、視覚提示した時計の運針速度が無意識的な行動速度の変化をもたらす効果に着目し、早食いを防止する上で時計の運針速度制御による摂食速度の低減が可能かを検証した。

キーワード：早食い防止, 食行動, 時計

1. はじめに

早食いは、世界的な健康問題である肥満や糖尿病のリスクを高める要因の 1 つであることが示されつつある[1]。

早食いを解決する最も簡潔な方法は、「ゆっくり食べる」、すなわち摂食速度の低減である。摂食速度の低減は、よく噛む、歯ごたえの良い食品を選択する、一口の量を少なくする等により実現される。しかし、毎食時に摂食速度や咀嚼を意識的に制御すること、かつその意識的な制御を継続することは容易ではない。

早食い防止を目的としたアプローチとして、光と振動で適切な食事速度での食事を支援するシステムが提案されている[2]。また、一口ごとの食事量や食品を口に運ぶ時間を稼ぐための柔らかい箸[3]も市販されている。これらは摂食速度の低減には有効であるが、ユーザ自身の望む食事ペースを抑止するため、ユーザにストレスを与える。食事は日々繰り返される栄養摂取機会であるとともに娯楽的な行為であり、食事時のストレスは可能な限り軽減すべきであろう。他に、ICT やバーチャルリアリティ (VR) 等を利用し、食品の特性 (見た目, 風味, 美味しさ, 食感等) の知覚や食行動 (摂食量等) に働きかける情報工学技術が多数研究されている。しかし、無意識的な摂食速度の変化を導く工学的な手法はほとんどない。その理由は、早食いの直接的な原因がほぼ未解明である点が大い。

一方、食事とは異なる場面で人の行動速度を左右する環境情報の効果が報告されている。例として、人の歩行姿に見える刺激 (バイオロジカルモーション) の動作速度と刺

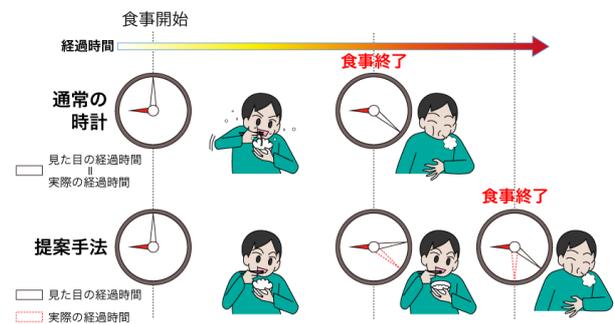


図 1: 時計の運針速度制御に基づく摂食速度操作

激への反応速度[4], BGM のテンポと歩行速度[5], 視覚的・聴覚的に提示した時計の運針速度と作業速度[6, 7]等の知見がある。著者らは、食事を阻害する恐れがなく食環境で自然に提示可能な環境情報として、視覚的な時計の運針速度[7]に着目した。先行研究[7]は、アナログ時計の運針を速く/遅く見せると作業速度も速く/遅くなることを示している。本研究では、こうした時計の運針速度の効果を利用し、摂食速度を低減方向に操作することを試みる。

本研究の目的は、時計の運針速度の制御から食品の特性の知覚を変えることなく無意識的に摂食速度を低減させる手法 (図 1) の構築である。本稿では、視覚提示した時計の運針速度が摂食速度に与える影響の検証を目的とした実験と、本検証に基づく上記手法の実現可能性の考察について述べる。

2. 時計の運針速度が摂食速度に与える影響の検証

本研究では、被験者実験を通じ、食事中に視覚提示するアナログ時計の運針速度の違いから摂食速度に生じる影響を検証した。摂食速度に生じる影響は、食事開始から完了までに掛かった時間（以下、食事時間）、咀嚼数、摂食量、主観的に推測された食事時間（以下、主観時間）の変化の計測・比較に基づいて分析した。

2.1 実験設計

本実験では、一人で映像を見ながらの食事を想定した実験環境を設計した（図2）。先行研究[7]によれば、時計の運針が視野に入っていれば、時計を直視せずとも、また運針速度の違いに気付いていても、運針速度が作業速度に作用するという。本知見をもとに、同時に映像を提示することで、時計の運針が視野に入れつつ時計のみが視界に入る環境での食事という不自然な状況の回避を図った。

本環境では、タブレットモニターを用いて、図3のように時針・分針・秒針を持つアナログ時計（以下、時計）と映像を同時に提示した。視覚提示する時計の条件（以下、時計条件）は、Normal（一般的な時計と等速で運針）、Slow（Normal条件の2/3倍速で運針）、Fast（Normal条件の3/2倍速で運針）Non（時計を非提示）の全4条件を設定した。

Normal/Slow/Fast条件は、時計の作動開始時はその作動開始時刻から各針の運針が開始した。ここで、最初から時計の運針が通常の時計と異なっていることに気付かれた場合、大きな違和感を与える恐れがあった。そのため、Slow/Fast条件では、時計の作動開始から30秒間はNormal条件で運針させ、30秒後以降は各条件の運針に切り替えた。Non条件では、食事開始から完了まで一切時計は提示されなかった。全条件で時計の運針音は発生しなかった。

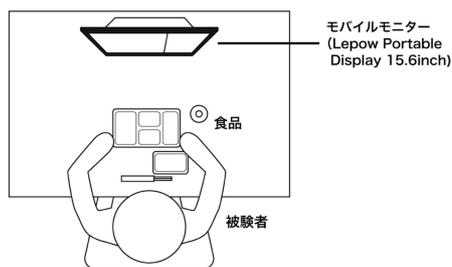


図2: 実験環境

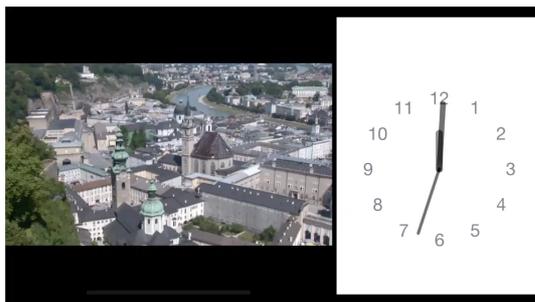


図3: 食事中に提示した時計と映像

映像は、感情の起伏による摂食意欲の差をできるだけ発生させないという意図のもと、「感動の世界遺産シリーズ」（キープ社）から4種類のコンテンツを利用した。また、被験者に提供する食品には、4種類の中華弁当（バーミヤン、570±20g）とお茶（ペットボトル、500ml）を用いた。

実験は別個の4日間を設け、1日につき1試行を実施した。1試行につき、時計条件、映像、食品はそれぞれ4種類のうちいずれかを適用し、適用順および組み合わせは被験者間でランダムになるよう設定した。

本実験の被験者募集にあたっては、本実験の目的を「テレビ映像が食行動に与える影響の検証」と告知した。これは、事前に真の目的を知ることによって結果にバイアスが掛からないようにするためのダミー目的であった。併せて、本実験は別個の4日間を設けること、1日につき1試行を実施すること、各実験日の実験開始時間は初日の実験開始時間から±1時間の時間帯とすること、各実験日の24時間前からの生活サイクルと食事の回数および量をできるだけ揃えてもらう必要があることを告知した。

2.2 実験手順

本実験は、電気通信大学倫理審査委員会の承認を得た上で、20代の男性9名を対象に被験者内計画で実施した。

実験初日は、まず著者らの研究室に招いた被験者に先述のダミー目的を改めて伝え、電気通信大学の倫理審査規定に基づいて本実験への参加の同意を確認した。同意が得られた被験者には、質問紙を用いたアンケートにより、BMI値とともに近日中にひどく疲れることや落ち込むことがなかったか、妊娠中または授乳期間でないか、食品アレルギーや食事制限があるか等を回答してもらった。本回答をもとに、本国において標準とされる体型（BMI値：18.5～25）に当てはまり、かつ健康状態や食事に問題がないと確認できた被験者のみ実験に参加した。

次に、同じく質問紙を用いたアンケートにより、実験開始前の24時間前からの生活サイクルと実験前の直近2回の食事内容を記述させた。また、食品（詳細は後述）を被験者の前に提供し、食知覚評価（表1）における設問1～6を評価させた。2回目以降の実験では、実験初日と生活サイクルが大きく異なる場合は実験日を延期・再設定した。

表1: 食知覚評価の設問（VAS法を用いて評価）

| 設問 | 設問内容 |
|----|---|
| 1 | 今どれくらい空腹ですか？ |
| 2 | 今どれくらい喉が乾いていますか？ |
| 3 | 今吐き気はしますか？ |
| 4 | 今どれくらい満腹ですか？ |
| 5 | 今どれくらいの量を食することができると思いますか？ |
| 6 | おわたしするサンプルのおいしさ（見た目、匂い、味、食感等の総合評価）を評価してください |
| 7 | 番組の内容によって食べた食品の味に違いを感じることはありましたか？ |

表 2: 食事後の主観評価の設問 (自由記述形式で回答)

| | |
|------|---|
| ダミー | 視聴した番組について、最も面白かった内容は何でしたか? (自由記述回答) |
| ダミー | 視聴した番組について、最も記憶に残った内容は何でしたか? (自由記述回答) |
| 主観時間 | 番組を見ながら食事した時間はどれくらいだと思いますか? (●分●秒のようにお答えください) |

本評価を完了した被験者には、映像を見ながら好きなように食事を食べてもらい、満足したら必ずしも全て食べきる必要はないことを伝えた。また、食事完了の合図として、全て食べきった、あるいは満足するまで食べた時点で挙手するよう指示した。指示後、実験開始の合図で食事を開始してもらい、同時に時計と映像の作動を開始した。実験中は被験者の食事の様子を録画撮影した。食事完了後は、表1の全7設問および表2に示す評価設問のそれぞれに対して評価・回答させた。2回目以降の実験では上記の生活サイクル記述から表2の評価設問の回答までの手続きを繰り返した。全4試行完了後は、各実験日ごとの違いについて気付いた点と実験の感想を自由記述形式で回答させた。

実験終了後、実験中の録画映像から食事時間と咀嚼数を視認で解析した。また、食事前および食事完了後に計測した食品の重量の差から摂食量を計測した。主観時間は表2に示す3つ目の設問から計算した。表2の設問1, 2は、ダミー目的に対するダミー質問であり、後述の結果の節において本2設問の分析結果は割愛する。表1の各設問はVisual Analog Scale (VAS) 法 (設問に対し「全く～ない」と「非常に～である」を左右両端とする100mmの数直線上に縦線を引き、自身の状態を主観的に評価) を用いて評価させた。各設問の評価値は、数直線の左端から縦線までの距離1mmを1点、0～100点として得点換算した。

2.3 結果

各条件下の食事時間、咀嚼数、摂食量、主観時間を表3および図4に示す。Normal条件を基準として正規化したそれぞれの値に対し、時計条件を要因とした対応あり一要因分散分析を実施した。結果、食事時間 ($F(3,32)=2.90, p=0.01$) および咀嚼数 ($F(3,32)=2.90, p=0.026$) に対する時計条件の主効果が有意であった。Tukey法による多重比較の結果、食事時間はFast-Slow条件間 ($p<0.05$) およびNormal-Slow条件間 ($p<0.05$) に有意差が認められた。咀嚼数はFast-Slow間に有意差 ($p<0.05$) が、Normal-Slow条件間に有意

表 3: 各条件下の計測結果 (平均±標準誤差)

| 時計条件 | Fast | Normal | Slow | Non |
|----------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| 食事時間 (秒) | 796.44±67.05 | 794.89±55.04 | 907.22±53.86 | 826±60.45 |
| 咀嚼数 (回) | 879.33±97.88 | 901.11±82.1 | 1014±91.48 | 933.44±79.33 |
| 摂食量 (g) | 556.33±9.46 | 578.22±8.48 | 560.67±8.07 | 570.11±12.6 |
| 主観時間 (秒) | 908.33±70.94 | 872.22±111.49 | 855.56±93.5 | 860±118.74 |

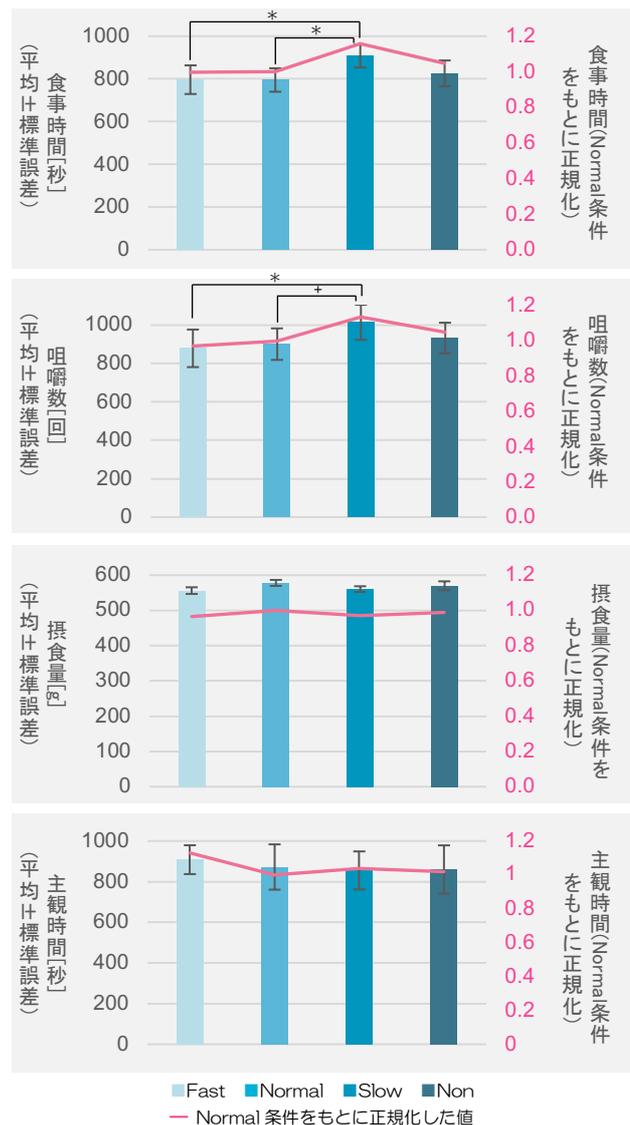
*: $p<0.05$, +: $p<0.10$ 

図 4: 各時計条件下の計測結果
(上から食事時間、咀嚼数、摂食量、主観時間)

傾向 ($p<0.10$) が認められた。摂食量 ($F(3,32)=2.90, p=0.77$) 主観時間 ($F(3,32)=2.90, p=0.77$) に対しては時計条件の主効果が非有意であった。同様の分析の結果、実験前・実験後それぞれの食知覚評価における全設問の評価値に対しても時計条件の主効果は非有意であった。本稿では食知覚評価の詳細な結果は割愛する。

3. 考察

実験前の食知覚評価において時計条件は非有意であったことから、各実験開始前の体調について、食事時間や摂食量に影響しうる差はなかったことが示された。

時計条件は食事時間 (正規化) および咀嚼数 (正規化) に対してのみ主効果が有意であった。これは、時計条件は摂食量、食事時間に対する時間知覚、食品の特性の知覚を変えず、食事速度と咀嚼数のみに作用したことを示す。また、食事時間 (正規化) と咀嚼数 (正規化) は、いずれも Fast 条件 < Slow 条件 および Normal 条件 < Slow

条件が有意、もしくは有意傾向が認められた。実験後の自由記述回答でも、9名中5名から時計の運針速度によって食事速度が変わった、あるいは意識的に変えたと回答があった。したがって、全被験者が時計の速度の違いに気付いていたことから、時計が視覚提示される条件間に限っては、同じ量の食品でも運針速度を遅く見せるとよく噛んでゆっくり食べるようになることが明らかになった。また、実験後の自由記述回答からは、全被験者が実験日ごとの時計条件の違いに気付いていたと分かった。つまり、時計の運針速度の違いに気付いていても食事速度および摂食量に差が表れた。これらの結果は、本研究で構築を目指す手法の実現可能性を示している。

しかし、以上の結果から、新たな疑問が浮上した。先行研究[8]では、時計の運針速度が遅いほど作業速度が遅くなっている。先行研究の知見を本実験に当てはめると、時計の運針速度を遅く見せた時に食事速度が低減した、つまり食事時間が増加したことは納得できる。一方で、咀嚼数にも先行研究[8]と同様の効果が表れるのであれば、咀嚼数は時計条件の違いに依らず一定であったはずである。そこで、各条件下の食事時間を咀嚼数で割った値を一口ごとの咀嚼ペースと仮定して上述と同様の一要因分散分析を実施したところ、時計条件の主効果は非有意であった ($F(3,32)=2.90, p=0.96$)。本結果は、時計の運針速度が作用する行動と作用しない行動があることを示唆している。

Normal-Fast 間では食事時間と咀嚼数のいずれも差がなかったことから、著者らは、Normal 条件に対して Slow 条件では一口ごとに食品を飲み込むまでの時間が増加したために咀嚼数も増加し、Fast 条件では一口ごとに飲み込むまでの時間を低減しようとしても食品を飲み込めるほど十分な咀嚼数を稼げないために食事時間、咀嚼数ともに Normal 条件との差が生じなかったと仮説を立てた。しかし、実験後の自由記述アンケートでは、「時計のスピードが速いと気持ち咀嚼スピードが早くなった気がした」と1名から回答があるなど、上記仮説を含めて本実験における食事時間-咀嚼数の因果関係は明らかでない。本因果関係の解明には、一口を飲み込むまでに掛かった時間と咀嚼数の分析に基づくより詳細な検証が必要である。

他方、上記4つの計測結果と食知覚評価で、Non 条件と他の3条件の間に有意差は認められなかった。この点について、時計条件の主効果が有意であった食事時間と咀嚼数の数値のみを比較すると、いずれも Fast 条件 < Normal 条件 < Non 条件 < Slow 条件であった。そのため、時計を視覚提示しない場合の食事時間および咀嚼数は、通常の時計を視覚提示した場合よりも増加したが、運針速度速く見せた場合と比べると低減したことになる。Non 条件に関して実験後の自由記述回答を参照したところ、1名から「時計が表示されていない時が一番落ち着いて食べられた」と回答があった。しかし、「時計が見えていてゆっくり噛んで食べようという意識になりやすかった」「時計がない状態では速く食べ終わりがかったので急いで食べた気

がする」とそれぞれ他の1名ずつから回答があり、意見が分かれた。これらの意見を踏まえると、日常的に食事環境で時計が視野に入る/入らない、食事時に時計を意識する/しないといった経験則によっても時計の有無による効果は異なると予想される。しかし、本実験では時計の有無による効果の違いについて、明確な結論は得られなかった。

他に、「時計が視界に入ってくるので、番組の内容になかなか集中できなかった」といった回答の他、ビデオのリズムに対して時計の速度が速いと違和感を感じたという旨の回答があった。この点については、アイトラッカーを用いた被験者の時計への意識の検証や、時計を中心視野ではなく周辺視野に提示する条件での検証により、同時提示した映像の影響についても調査を要する。

4. おわりに

本研究では、時計の運針速度制御から食品の特性に対する知覚を変えることなく無意識的に摂食速度を変化させる手法の構築を目的として、時計の運針速度が摂食速度に与える影響を検証した。本検証の結果、提案手法の実現可能性が示された一方で、食事時間と咀嚼数の変化の因果関係や時計の有無による効果の違い等、さらなる検証が必要な点が明らかになった。今後は、被験者を増やし、一口ごとの咀嚼数への影響や時計の有無による影響の違いのより詳細な検証を通じ、提案手法の実現を目指す。

謝辞 本研究は第41回リパネス研究費ウェルネス・エイジングケア賞および2019年度大川情報通信基金の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] Radzevičienė, L., & Ostrauskas, R.: Fast eating and the risk of type 2 diabetes mellitus: A case-control study. *Clinical nutrition*. 32(2):232-235, 2013.
- [2] Kim, J., Lee, K., Lee, M., et. al.: Slowee: A Smart Eating-Speed Guide System with Light and Vibration Feedback. In Proc. of CHI EA'16, pp.2563-2569, 2016.
- [3] 痩せ箸, 痩せ箸ストア <http://yasebashi.com/> (Last accessed 2021.07.23).
- [4] Watanabe, K.: Behavioral speed contagion: Automatic modulation of movement timing by observation of body movements. *Cognition*, 106(3):1514-1524, 2008.
- [5] Kämpfe, J., Sedlmeier, P., & Renkewitz, F. The impact of background music on adult listeners: A meta-analysis. *Psychology of Music*, 39(4), 424-448, 2011.
- [6] Yamane, S., and Matsumura, N.: The effect of a ticking clock on task performance. *AI Soc*, 30(4):443-449, 2015.
- [7] Ban, Y., Sakurai, S., Narumi, T., Tanikawa, T., & Hirose, M.: Improving Work Productivity by Controlling the Time Rate Displayed by the Virtual Clock. In Proc. AH2015, 25-32, 2015.