

ユーザの主観時間制御のための ウェアラブルデバイス向け情報提示手法

清水友順¹ 双見京介¹ 寺田 努^{1,2} 塚本昌彦¹

概要：楽しい時間は短く感じ、退屈な時間は長く感じるように、当事者にとって望ましい主観時間の経過と実際の時間の経過の違いは、精神的な人の満足度を損なわせる。一方で、知覚刺激によって主観時間が変わることが心理学で明らかにされている。例えば、動きの速い映像を見ていると経過時間を長く感じるといったように、刺激の量や回数を大きくすると主観時間が長くなる充実時程錯覚という現象が明らかにされている。そこで本研究では、充実時程錯覚を利用して、ウェアラブルデバイスから提示される知覚刺激の大きさを変化させることで主観時間を制御する手法を提案する。振動パルスの振動周期制御で主観時間を制御するシステム、および頭部装着型ディスプレイの画面上に表示したオブジェクトを動かす速度で主観時間を制御するシステムを実装し、主観時間が変化するかを評価した。実験結果から、知覚刺激強度を大きくするほど主観時間が長くなる傾向や短くなる傾向が確認でき、提案システムによって主観時間が制御できることを確認した。

1. はじめに

人が主観的に感じる経過時間(主観時間)は様々な要因によって変化し、主観時間の変化が人の心身に影響を与える。主観時間の流れが遅くなる場面としては朝の起床後が挙げられ、代謝の低さと脳の覚醒レベルの低さから、実際の時間経過を速く感じるようになり [1]、朝の予定に遅刻しがちになる。逆に、主観時間の流れが速くなる場面としては退屈な時間が挙げられ、時間の経過へ注意が向きやすくなることによって、主観時間が経過する速さが実際の時間が経過する速さを上回り、実際の時間経過を遅いと感じてしまう。このように、主観時間の流れが人の意図によらず変化してしまうことで、人の精神的な満足度を損なったり、精神的な負荷を与えたりすることになる。

こういった身体の代謝や心理状態が主観時間に影響を与える潜在的な要因である一方、時間知覚に関する研究では、知覚刺激によって主観時間の流れが変化することも明らかにされていて、そのひとつに、充実時程錯覚と呼ばれる刺激量や刺激回数がより大きな知覚刺激を与えたときに主観時間が長くなる現象がある。例としては、被験者の視覚に運動パターンを提示したとき、運動パターンの速度を速めるほど、時間を長く評価することが確認されている [2]。ま

た、触覚刺激によって主観時間が変化することも示唆されており、物体に触れた瞬間の時間を長く感じるなどが挙げられる [3]。

しかし、こういった主観時間に影響する知覚刺激は多く明らかにされているが、自分で主観時間を制御することは困難であり、日常生活でそれらを利用し時間感覚を操作する手法は筆者らの知る限り存在しない。主観時間を簡易に制御できるシステムがあれば、例えば、持久走のような長くつらいトレーニング時の主観時間を短くさせることで、心理的負荷を減少させるといったように日常生活の満足度を高める場面は多くあると考えられる。

そこで、本研究では、充実時程錯覚に着目し、ウェアラブル機器で主観時間を制御するための情報提示手法を提案する。本稿では、腕時計型デバイスで触覚振動刺激を提示する方法と、頭部装着型ディスプレイ (HMD: Head Mounted Display) で視覚映像を提示する方法を検討する。触覚振動提示では、断続的な振動パルスの周期を制御することで、充実時程錯覚を引き起こす。触覚への刺激提示であれば、視覚や聴覚を妨げることがないので、音楽や映像を楽しんでいるときや、スポーツをしているときに利用可能と考えられる。視覚映像提示では、画面上でオブジェクトを動かす、その動く速度を変えることで充実時程錯覚を引き起こす。視覚映像を用いることで、画面操作を行う環境で汎用的に使うことができ、アプリケーション側がユーザに気づかれることなく主観時間を操作したいときに利用できると

¹ 神戸大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Kobe University

² 科学技術振興機構さきがけ
Japan Science and Technology Agency, PRESTO

考えられる。これらの提案手法の時間感覚への影響を評価し、提案手法による主観時間制御が可能であることを確認した。

本研究は、ウェアラブルコンピューティング環境における知覚刺激によって意図せず変化する主観時間についての理解にも役立つと考える。藤原ら [4] は情報機器使用時に提示される刺激が主観時間を歪めることを確認しており、本研究はそのような問題に対処できると考えられる。

本論文は以下のように構成されている。2章で本研究に関連する研究について述べ、3章で提案手法について述べる。4章で予備実験について述べ、それを踏まえて5章で実装を行い、6章で評価実験を行った。実験と考察について述べ、7章でアプリケーションについて述べる。最後に、8章でまとめを行う。

2. 関連研究

ウェアラブルデバイスの提示情報がユーザの生体情報や行動、心理に影響を与えることが分かっており、それを利用したシステムがある。例えば、中村ら [5] は、心理学におけるプラセボ効果を利用し、ユーザが自身の生体情報を常時閲覧している環境で、実測値と異なる虚偽の生体情報をコンピュータが提示することで、ユーザの生体情報を操作するシステムを提案した。磯山ら [6] は、心理学におけるプライミング効果を利用し、情報提示の空き時間に無関係なある情報を提示しておくことで、無意識にその情報に関連した事柄の存在に気付きやすくさせるシステムを提案した。佐久間ら [7] はユーザの主観的音量を制御するために、没入型 HMD で音量を上げたい対象に視覚効果を施すシステムを提案している。演奏姿に照度を下げる視覚効果を与えると、その演奏者が奏でる楽器の主観的音量が上がることを確認した。このように、人の運動や感覚に影響する効果をコンピューティング環境で再現し、コンピュータの提示情報がユーザの心身に及ぼす影響を利用するシステムがあるが、主観時間を制御するシステムはこれまで筆者らの知る限り存在しない。

本研究と同様に、時間感覚に影響を与えてると解釈できるシステムがある。Ban ら [8] は、作業のペースが認識している時間に影響されることを利用し、ディスプレイ上に表示された時計の時刻が進む速度を意図的に実際より早くなるように提示し、ユーザに虚偽の時刻をを認識させることで、作業の生産性が高まることを確認した。この研究はユーザの時刻への認識を意図的に変えることによって、ユーザのパフォーマンス向上につながることを明らかにしたが、虚偽の時刻をユーザに認識させているだけで、実際に時間が過ぎ去っていく感覚が変化するわけではない。また、想定環境はディスプレイを使用して PC を操作する状況に限られており、部屋に別のアナログ時計等がある場合は効果がないなど実環境で使えない場面がある。それに対

して本研究は、時計がある場合でも知覚刺激をユーザに与えることで、どのような場面においてもウェアラブルデバイスを装着している限り主観時間を制御できる。本稿では評価していないが、ユーザに時間経過を速いと感じさせることで、早く終わらせたい仕事等の作業ペースを強制的に上げることと考えられる。

また、人が時間を知覚・判断するメカニズムを解明する研究が行われている。時間知覚研究では、人が知覚した事象を情報として処理することによって、時間を知覚する手がかりがもたらされるという考え方が一般的である。客観的に同じ時間でも、人が情報を処理する過程が異なれば、主観時間も異なる。

Wearden ら [1] は、体温と被験者が主観的に見積もる時間の長さ (時間評価) に関する過去の研究データを集め、体温が高いほど時間評価は長くなることを示した。そして、その要因は体温の上昇によって、脳の覚醒レベルが高まったためと述べている。つまり、脳の覚醒レベルが上昇したことにより、脳が情報を処理する過程に何らかの変化があったため、主観時間の変化につながったと考えられる。

また、心理状態も主観時間に影響を与えられれている。例えば、森田 [9] は、感情が時間評価に与える影響を調査している。被験者に、快、不快の感情を喚起する 24 枚の画像を一定時間提示し、提示時間を秒単位で回答を求めると、被験者は不快な画像において提示時間を有意に長く評価する結果となった。この論文ではその要因を、不快画像によって想起される記憶量が、快画像によって想起する記憶量を上回ったためだと述べている。想起する記憶量が増加すると、処理すべき情報の量も増加するため、主観時間の変化があったと考えられる。

さらに、知覚刺激によっても情報の処理過程が変化し、主観時間に影響を及ぼすことが分かっている。Thomas ら [10] は、被験者に円を一定時間提示し、円の大きさと提示時間を判断させる実験を行い、円が大きくなるほど提示時間が長く評価されることを示した。また、田山 [2] は、運動パターンを被験者に提示したとき、運動の速度が速くなるほど提示時間を長く評価することを確認した。このような現象は充実時程錯覚と呼ばれており、より大きな刺激を知覚するほど時間を長く評価するとされている。Buffardi [11] は、充実時程錯覚は視覚、聴覚、触覚のいずれにおいても起きると述べている。

上記の研究は、時間知覚のメカニズムを明らかにするための研究であり、ウェアラブルコンピューティング環境における主観時間制御手法を検討する場合においても有用な知見と考えられる。本研究では、充実時程錯覚という現象に着目して視覚刺激と触覚刺激に応用し、ウェアラブルコンピューティングの常時情報提示が可能という特性を利用した主観時間制御手法を提案する。

3. 提案手法

本研究では、ウェアラブルコンピューティング環境における、充実時程錯覚を応用した主観時間制御手法を提案する。主観時間を制御したいときに、ウェアラブルデバイスによる知覚刺激をユーザへ提示しておくことで、ユーザに充実時程錯覚を引き起こし、ユーザの望む主観時間を再現する。充実時程錯覚はユーザへの刺激の量を大きくしたり、回数を増やすことで主観時間が長くなる現象とされている。この現象を踏まえると、提示刺激の強度を大きくすることで主観時間が長く感じさせ、逆に小さくすることで主観時間を短く感じさせるといったように、主観時間の操作ができると考えられる。

本稿では、腕時計型デバイスを用いた触覚刺激提示システムとHMDを用いた視覚映像提示用システムの2種類を検討する。腕時計型デバイスを用いる手法では、短い振動パルスを周期的に与え、その周期を変化させることで主観時間の制御を行う。振動周期を短くするほど刺激回数が増え、ユーザは時間を長く評価し、振動周期を長くするとユーザは振動周期が短いときに比べて時間を短く評価すると考えられる。HMDを用いる手法では、動くオブジェクトをユーザの視界に提示する。このオブジェクト速度を変化させることで主観時間を制御する。オブジェクトの速度を速くすると刺激量が増え、ユーザは時間を長く評価し、速度を遅くすると時間を短く評価すると考えられる。

4. 予備実験

時間評価の測定方法

時間評価の測定方法を説明する。まず、開始の合図に始まり終了の合図で終わる一連の時間(時程)を被験者に提示する。1試行終了毎に秒数えすることなく提示された時程を何分何秒に感じたか言葉で表現してもらい、これを被験者の時間評価とした。提示時程を実際の時間より長く評価した場合、主観時間が実際の時間より長くなったと判断し、短く評価した場合、主観時間が実際の時間より短くなったと判断する。この方法は言語評価法という時間知覚研究において一般的な時間評価測定法の一つである。

実装

実験で使うシステムを実装した。触覚振動提示の実験では図1(a)のような偏心モータ型の振動子を固定具によって固定し、腕時計型ウェアラブルデバイスの代用とした。視覚映像提示の実験では、図1(b)のような、SONY社の没入型HMDであるHMZ-T1に、被験者の目の位置に固定したLogicool社のWEBカメラであるC920で取得した映像を提示してビデオシースルー型のHMDの構成とした。HMZ-T1の画素数は1280×720である。提示映像は図2



図1 予備実験のシステム構成

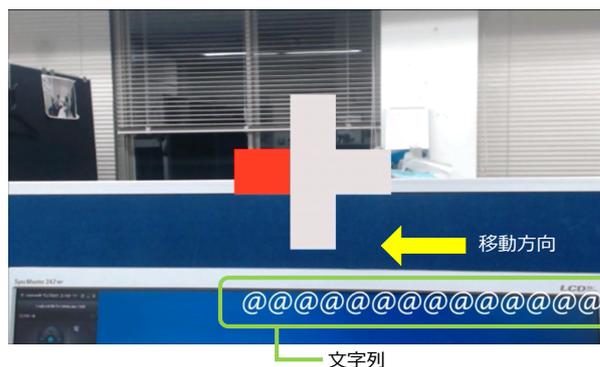


図2 提示映像のイメージ

のようにカメラの映像と重ねて文字列(1文字あたり横幅64pixel)が右から左へ流れる映像を流した。

実験内容

提案手法により、充実時程錯覚が生じ、主観時間が知覚刺激の強度に応じて変化するか確認するため、刺激なし、および5種類の振動パターンと、2種類の映像パターンについて、それぞれ1試行の時間評価を調べた。被験者は22歳から24歳の4名(男性3人、女性1人)である。1試行における時程は全て2分間として、時程中に被験者に刺激を与えた。刺激として与える振動パターンは振動なし、および振動周期が一定のパターンを3種類(振動周期1sec, 2sec, 3sec)、徐々に速くなるパターン(振動周期2.5secから2sec)、徐々に遅くなるパターン(振動周期2secから2.5sec)について被験者の時間評価を測定した。実験の1試行目は振動なしとして、以降の試行で被験者に提示する振動パ



図 3 触覚振動提示実験の結果

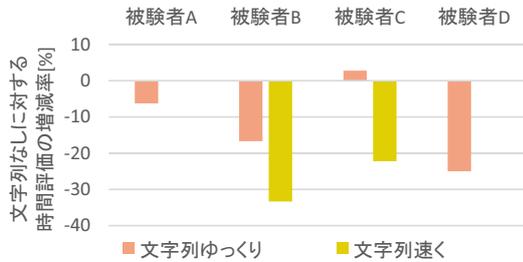


図 4 視覚映像提示実験の結果

ターンはランダムな順番で行った。映像パターンは、文字列なしのパターン、高速に流れるパターン (180pixel/sec) と低速に流れるパターン (30pixel/sec) について被験者の時間評価を測定した。実験の1試行目は文字列なしのカメラ映像のみの状態として、以降の試行で被験者に提示する映像パターンはランダムな順番で行った。実験は時計等で時間を知ることができない環境で行い、被験者に正確な時間が知られることがないようにした。また、時程中、被験者には画面で指示された方向のキーを押すというタスクを与え、時間経過へ注意が向くことで時間評価に影響を与えることがないようにした。タスクへの習熟が実験結果に影響を与えないように、実験の前に1分間のタスクの練習時間を与えた。

実験結果と考察

触覚振動提示実験の結果を図3に、視覚映像提示実験の結果を図4に示す。これらのグラフの縦軸は、刺激なしの状態での時間評価に比べて、刺激を提示したときの時間評価がどれだけ異なるかという割合 r を表し、刺激なしの時間評価 t_0 、刺激ありの時間評価 t_n とすると、次式で表される。

$$r = (t_n - t_0) / t_0 \quad (1)$$

この値が正であれば、時間評価が長く、負であれば時間評価が短くなったことを表す。

触覚振動提示実験では、被験者Aはいずれの振動パターンを提示した場合も、振動なしの場合に比べて時間評価は長くなった。また、被験者B、被験者C、被験者Dについては逆の傾向を示し、いずれの振動パターンにおいても振動なしに比べて時間評価は短くなった。しかし、振動パターンによる時間評価の違いに関しては、被験者間で共通した傾向は見られなかった。

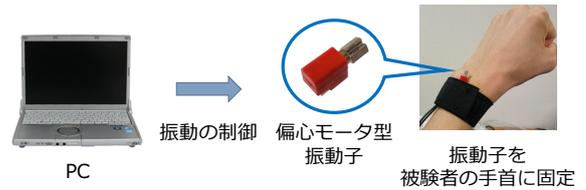


図 5 触覚振動提示システムのプロトタイプ構成

アプリケーション選択により映像提示



図 6 視覚映像提示システムのプロトタイプ構成

また、視覚映像提示実験では、映像提示によって大幅に時間評価が大きくなった被験者はいなかった。また、被験者Aと被験者Dについては文字列を速く流したとき時間評価は変化しなかった。また、流れる文字列の速さに応じた時間評価の傾向も見られなかった。

触覚振動提示実験において、いずれの振動パターンを提示した場合にも被験者が振動刺激なしの時間評価よりも時間評価を長く、もしくは短く評価し、実験結果に偏りが見られたことに関しては、振動なしの試行を最初に行ったことが要因の一つとして考えられるので、全てのパターンについてランダムな順序で試行した場合について調査が必要である。また、充実時程錯覚は時程が一定の時間以内では時間評価が長くなるように作用するが、刺激の内容を細かく記憶できないぐらい長い時程では時間評価が短くなる方向に作用するという研究がある [12]。それに加えて、時程が長くなるほど、記憶や外乱の影響をより多く受けることになるため、刺激ごとの時間評価がばらついた可能性がある。よって、様々な時程の長さについて調査する必要がある。また、時間評価のばらつきの大きさから、被験者1人に対して各刺激について複数回試行して議論する必要があると考えられる。

視覚映像提示実験の結果については、被験者間で共通の傾向は得られなかったので、映像パターンについて再考する必要がある。また、実環境で使用することを考慮し、HMDの装着負荷を低減するため、ビデオシースルー型HMDではなく、光学シースルー型HMDでの利用を検討する。

5. 実装

評価実験を行うため提案システムのプロトタイプを実装した。触覚振動提示システムのプロトタイプでは、図5のような偏心モータ型の振動子を固定具によって手首に固定した。視覚映像提示システムのプロトタイプでは、図6の構成とした。本実験では、EPSON社の光学シースルー型

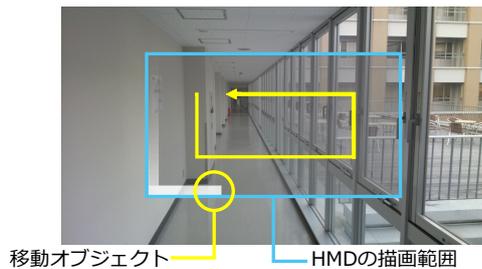


図 7 光学シースルー型 HMD による提示映像のイメージ

HMD の BT-200 を使用した。BT-200 の画素数は 960 × 540 である。光学シースルー型 HMD はビデオシースルー型の HMD と異なり、カメラから取得した映像の描画遅延といった問題が発生せず、実生活を想定した用途で利用できる。また、提示する映像パターンについては、画面の中央付近にオブジェクトを表示するのは、視界を妨げることになるため、図 7 のように、HMD の画面の描画枠に沿ってオブジェクトが反時計周りに回転するものとした。

6. 評価実験

実験内容

前節の予備実験の結果を踏まえて、提案手法の主観時間への影響を評価する。本実験では、刺激によって充実時程錯覚が生じ、時間評価が知覚刺激の強度が大きくなるにつれて時間評価が長くなる傾向があることを確認する。また、ある一定以上の提示時程では、与えた刺激の量的な記憶が符号化されることで情報量として減ってしまい、主観時間が短くなるという報告がある [12]。よって、本実験では時程についても検討する。時程は 10 秒と 60 秒とし、まず、時程が 10 秒の実験を行い、その後、時程が 60 秒の実験を行った。それぞれの時程について、実装の章で示した触覚振動提示システムの 3 パターンと視覚映像提示システムの 3 パターンの刺激を与え、3 試行の時間評価を調べた。また、時程中、予備実験と同様のタスクを与え、予備実験と同様の環境で実験を行った。被験者は 21 歳から 22 歳の 5 名 (男性 5 名) である。

触覚振動提示実験では、図 5 にタスクを行うためのゲームコントローラを加えた構成で実験を行った。振動パターンは振動なし、および振動周期 1sec, 3sec の 3 パターンをランダムな順番で 1 試行ずつ行って、このサイクルを計 3 セットとなるよう繰り返し時間評価を測定した。

視覚映像提示実験では、予備実験と同様の図 6 にタスクを行うためのゲームコントローラを加えた構成で実験を行った。映像の速度は、高速の場合を 3200pixel/sec, 低速の場合を 200pixel/sec とし、映像提示なし、高速回転、低速回転の 3 パターンをランダムな順序で 1 試行ずつ行い、このサイクルを計 3 セットとなるように繰り返し、時間評価を測定した。

表 1 触覚振動提示実験の時間評価の平均 (提示時程 10sec)
無：振動なし，弱：周期 3sec, 強：周期 1sec

被験者	無	弱	強	方向 (有意差)
A	10.7	14.3	7.3	
B	6.3	7.3	6.0	
C	6.7	8.0	8.7	無 < 強 (◎)
D	9.7	8.7	8.3	
E	6.7	6.3	7.7	

表 2 触覚振動提示実験の時間評価の平均 (提示時程 60sec)
無：振動なし，弱：周期 3sec, 強：周期 1sec

被験者	無	弱	強	方向 (有意差)
A	70.0	80.0	70.0	
B	75.0	68.3	55.0	
C	45.7	46.7	50.0	
D	29.3	31.0	31.0	
E	31.3	31.7	31.7	

表 3 視覚映像提示実験の時間評価の平均 (提示時程 10sec)
無：提示なし，弱：低速回転，強：高速回転

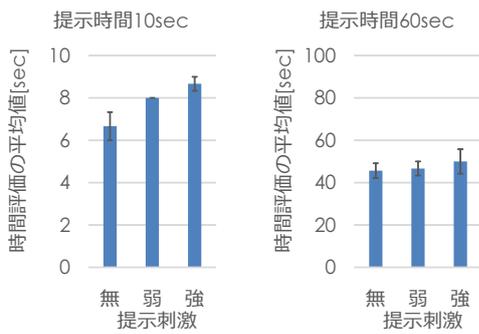
被験者	無	弱	強	方向 (有意差)
A	5.7	4.3	3.7	無 > 強 (◎)
B	5.0	6.0	6.3	
C	6.0	6.5	7.7	
D	7.3	6.7	6.7	
E	6.0	6.0	5.7	

表 4 視覚映像提示実験の時間評価の平均 (提示時程 60sec)
無：提示なし，弱：低速回転，強：高速回転

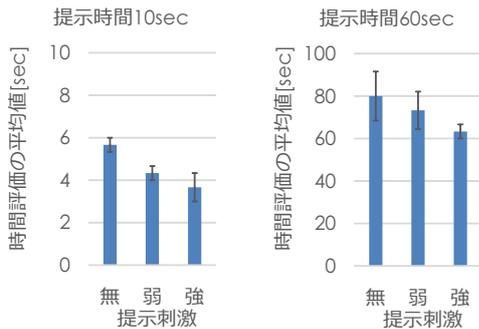
被験者	無	弱	強	方向 (有意差)
A	80.0	73.3	63.3	
B	45.0	55.0	60.0	
C	56.7	56.0	53.3	
D	35.0	33.3	29.3	
E	37.7	36.7	38.3	

実験結果と考察

触覚振動提示実験の結果を表 1 と表 2 に、視覚映像提示実験の結果を表 3 と表 4 に示す。これらの表は被験者ごとに、各刺激ごとの時間評価の平均値を、左から刺激なし、弱刺激、強刺激の順に表している。触覚振動提示実験では弱刺激は振動周期 3sec の振動パターンを意味し、強刺激は振動周期 1sec の振動パターンを意味する。視覚映像提示実験では弱刺激は低速回転を意味し、強刺激は高速回転を意味する。標本を異なる被験者から得られる時間評価の平均値として、刺激パターン間で多重比較検定を行った結果、有意差は確認されなかった。検定には分散分析及び LSD 法で行った。この原因として、刺激によって時間評価が長くなる被験者と短くなる被験者がいるので、知覚刺激による主観時間への影響の傾向が人によって異なることが考えられる。全被験者を標本とした検定では有意差が出ない可能性があるため、個人の傾向を調べる必要がある。よって、



(a) 被験者 C の触覚振動提示実験



(b) 被験者 A の視覚映像提示実験

図 8 一部の刺激間で時間評価の差が有意であった被験者と実験結果

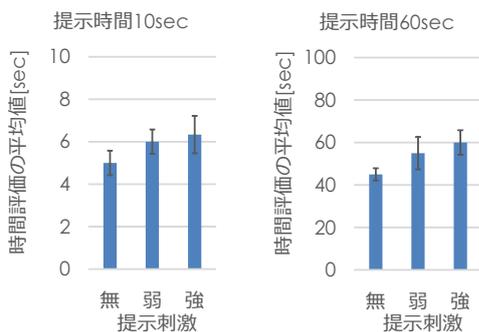


図 9 有意ではなかったが一貫した傾向が見られる被験者の一例 (図は被験者 B の視覚映像提示実験)

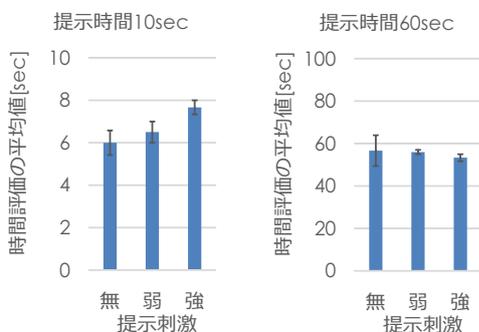


図 10 提示時程によって逆の傾向を示した被験者の一例 (図は被験者 C の視覚映像提示実験)

表 1 から表 4 の一番右の列は、1 人の被験者がそれぞれの刺激において試行した 3 回分の時間評価を標本として同様

の検定を個人ごとに行い、有意差に応じた印 ($p < 0.05$ で \odot) と不等号を示している。

まず、10sec の時程で無刺激と強刺激に有意差が認められた被験者 C と被験者 A の実験結果について、一貫した傾向が得られたことについて考察する。時間評価のグラフを被験者 C の触覚振動提示実験について図 8(a) に、被験者 A の視覚映像提示実験について図 8(b) に示す。エラーバーは標準誤差を表している。また、これらのグラフの横軸の無、弱、強は順に、刺激なし、弱刺激、強刺激に対応している。刺激の強度が大きくなるほど時間評価が長くなる傾向を充実時程錯覚の順傾向、短くなる傾向を逆傾向とすると、これらの実験では、順傾向と逆傾向の両方が見て取れた。また、60sec の時程においては、どちらの実験も有意差は認められなかったが、10sec の時程における実験結果と同様の傾向が見て取れた。よって、この実験結果から被験者の傾向は一貫していると考えられ、主観時間制御を刺激強度の制御で行える可能性がある。また、順傾向と逆傾向を示す被験者が存在し、この違いを明らかにすることで、提案手法を主観時間を長くする方向にも短くする方向にも作用させることができると考えられる。

次に、有意差は認められなかったが、有意差が認められた実験と同じような時間評価の変化が見受けられた実験結果を一例として、時間評価とエラーバーによる標準誤差で表したグラフを図 9 に示す。このような傾向を見せた被験者は、触覚振動提示実験と視覚映像提示実験のいずれか、あるいは両方で一貫した傾向が見て取れた。また、刺激の強度と時間評価の傾向で被験者 5 名を分類すると、触覚振動提示実験の 10sec の時程では順傾向 1 名、逆傾向 1 名、60sec の時程では順傾向 1 名、逆傾向 1 名、視覚映像提示実験の 10sec の時程では順傾向 2 名、逆傾向 1 名、60sec の時程では順傾向 1 名、逆傾向 3 名であった。また、触覚振動提示実験で順傾向を示したのに対して、視覚映像提示実験で逆傾向を示した被験者がおり、刺激の種類によって主観時間への影響が異なると考えられる。

次に、提示時程の長さによって傾向の極性が逆になる被験者がいることが確認されたので、そのような実験結果の一例を図 10 に示す。人は短い時間の中で起きた出来事は細かく記憶できるが、長い時間の中で起きた出来事の情報量は重要度の低いものから削られて記憶されると考えられ、短い時間中での時間あたりの記憶量の密度は長い時間の中でそれを上回る。提示時程によって知覚刺激による時間評価の傾向が異なっていた研究 [2] や、時程中の記憶量が主観時間に影響を及ぼすと主張する研究 [12] があり、それらの研究の考えを用いることで、提示時程の長さが異なると記憶のメカニズムが異なるため、時間評価の傾向が変わってしまったと解釈できる。

以上のことをまとめると、触覚振動提示実験と視覚映像提示実験のいずれにおいても時間評価の傾向には被験者

ごとに一貫した傾向が確認でき、提案手法によって主観時間制御が可能であることを確認した。充実時程錯覚と異なり、刺激の強度が大きくなるにつれて、時間評価が短くなる傾向が見られた被験者がいたが、そのことに刺激の提示時程が影響している可能性がある。また、傾向が変わる提示時程には個人差があると考えられる。この2点に対しては、刺激の提示時間と利用する知覚刺激の種類による個人差について調べていく必要がある。

7. アプリケーション

提案手法を利用する環境やアプリケーション例について述べる。

トレーニングへの利用

ジョギングのような持久力が要求される低負荷・長時間トレーニングでは、瞬発的な運動よりも長い運動時間に起因した精神的な負荷が大きいため、時間が速く過ぎ去る感覚を得られると精神的な負荷を減らすことができると考えられる。提案手法によってユーザの主観時間を短くなる情報を提示することで、トレーニング時間を短く評価し、提案手法がない場合に比べて長くトレーニングできるようなユーザが無意識的に誘導される可能性がある。利用シーンとしては、持久走のようなトレーニングを始める前に、ユーザが目標時間を設定し、走っている最中はウェアラブルデバイスで主観時間を短く制御する。ユーザは心理的負荷はそのままでありながら、長い距離を走ったことになる。また、長距離走のようなゴールするまでの時間が成績となるトレーニングにおいても、主観時間を短く制御することで、目標時間が迫ってくるのが通常より速く感じてしまい、走るペースが早くなり通常以上の成績を残せるかもしれない。

ユーザビリティの向上

主観時間制御によって、ユーザにシステムのレイテンシを短く評価させることで、ユーザのシステムへの満足度を高めることが可能であると考えられる。Taylorらは、レイテンシとユーザのフラストレーションに相関があることを示している [13]。システムのレイテンシ発生時に主観時間を短く制御する情報提示を組み込んでおくことによって、ユーザのフラストレーションを低減できる。

時間管理アプリケーション

時間の流れの速さの過小評価によって時間経過を甘くみることが遅刻の原因と考えられ、この対策として主観時間を長く感じさせることが有効な手段と考えられる。そこで、時間管理が苦手な人に向けて、主観時間制御を利用した時間管理アプリケーションの提供が考えられる。日常的にウェアラブルデバイスを身につけたユーザに対して、カ

レンダーに登録された予定に応じて主観時間を長く制御する。これによって、寝坊を原因とする遅刻以外を防ぐ。

8. まとめ

本研究では、知覚刺激によって主観時間が変化することから、ウェアラブルデバイスで主観時間を制御する情報提示手法を提案した。知覚に刺激を与えている間、ユーザの主観時間が変化し、刺激の強度で主観時間を制御することを狙った。本稿では、腕時計型デバイスおよびHMDでの利用を想定し、触覚に与える振動パルスの周期制御と視界に表示された映像パターンの速度制御について、これらの制御量が主観時間に与える影響を調べた。評価実験では、ある一定の時間を提示し、その時間の長さを被験者に主観的に評価させた結果、いずれの被験者も刺激の強度に応じて時間評価が長くなる傾向、あるいは短くなる傾向が得られ、被験者ごとに一貫した傾向が確認できた。ただし、触覚振動提示と視覚映像提示のどちらが有効であるかは被験者ごとで異なった。また、提示する時間の長さによって、刺激の強度に応じた傾向が逆転する可能性があり、逆転現象が起きる時間の長さも被験者ごとに異なっていると考えられる。

今後、提示する刺激と提示する時間の影響の個人差について調べていく。傾向が逆転する現象が制御可能なものであること分かれば、提案手法が刺激の強度に応じて主観時間を長くする方向にも、短くする方向にも利用できる。また、提案手法による情報提示が生活へ支障をきたさないように、ユーザに与える認知負荷についても評価していく必要がある。今回は触覚と視覚への刺激を用いたが、聴覚刺激についても検討していく。

参考文献

- [1] J. H. Wearden and I. S. Penton-Voak: Feeling the Heat: Body Temperature and the Rate of Subjective Time, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, Vol. 48B(2), pp. 129–141 (May 1995).
- [2] 田山忠行: 運動パターンを見ているときの持続時間の知覚, *基礎心理学研究*, Vol. 25(2), pp. 212–220 (Mar. 2007).
- [3] K. Yarrow and J. C. Rothwell: Manual Chronostasis: Tactile Perception Precedes Physical Contact, *Current Biology*, Vol. 13, pp. 1134–1139 (July 2003).
- [4] 藤原珠江, 狩野素朗: VDT作業での目標設定と即時フィードバックが遂行と時間評価に及ぼす効果, *心理学研究*, Vol. 65(2), pp. 87–94 (1994).
- [5] 中村憲史, 片山拓也, 寺田 努, 塚本昌彦: 虚偽情報フィードバックを用いた生体情報の制御システム, *情報処理学会論文誌*, Vol. 54, No. 4, pp. 1433–1441 (Apr. 2013).
- [6] N. Isoyama, T. Terada, and M. Tsukamoto: Primer Streamer: a System to Attract Users to Interests via Images on HMD, *Proc. of the 11th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia (MoMM '13)*, pp. 93–99 (Dec. 2013).
- [7] 佐久間一平, 寺田 努, 塚本昌彦: 視覚効果を用いた主観的音量の制御システムの設計と実装, *エンタテインメントコ*

- ンピューティングシンポジウム 2015 論文集, pp. 357–364 (Sep. 2015).
- [8] Y. Ban, S. Sakurai, T. Narumi, T. Tanikawa, and M. Hirose: Improving Work Productivity by Controlling the Time Rate Displayed by the Virtual Clock, *Proc. of the 6th Augmented Human International Conference (AH '15)*, pp. 25–32 (Mar. 2015).
 - [9] 森田麻登: 感情価が心理的時間に与える影響, 共栄学園短期大学研究紀要, Vol. 27, pp. 167–176 (Mar. 2011).
 - [10] E. A. C. Thomas and N. E. Cantor: On the Duality of Simultaneous Time and Size Perception, *Perception & Psychophysics*, Vol. 18(1), pp. 44–48 (Jan. 1975).
 - [11] L. Buffardi: Factors Affecting the Filled-Duration Illusion in the Auditory, Tactual, and Visual Modalities. *Perception & Psychophysics*, Vol. 10(4B), pp. 292–294 (1971).
 - [12] M. Berg: Temporal Duration as a Function of Information Processing, *Perceptual and Motor Skills*, Vol. 49, pp. 988–990 (1979).
 - [13] B. Taylor, A. Dey, D. Siewiorek, and A. Smailagic: Using Physiological Sensors to Detect Levels of User Frustration Induced by System Delays, *Proc. of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp '15)*, pp. 517–528 (Sep. 2015).