



行列における間隔の確保による 主観的な待ち時間の短縮と気分の向上 — VR 環境での検証実験 —

Maintaining distance in a queue decreases the perceived waiting time and improve the mood:
a verification in a virtual environment

大坪翔太郎¹⁾, 伴祐樹¹⁾, 割澤伸一¹⁾

Shotaro OTSUBO, Yuki BAN, and Shin'ichi WARISAWA

1) 東京大学大学院新領域創成科学研究科 (〒 277-8563 千葉県柏市柏の葉 5-1-5, sotsubo@s.h.k.u-tokyo.ac.jp)

概要: 行列の主観的な待ち時間が短く感じられることはサービスの満足感向上に繋がるため、これまでに多くの手法が検証されてきた。本研究では、行列における人の間隔が主観的な待ち時間に影響を及ぼすと考えた。人の主観時間を変化させる周辺オブジェクトの動作、周囲の色や明るさといった要素を統制できる VR 環境で、行列に並び待ち時間を評価する検証を行った。その結果、間隔が広い場合に主観的な待ち時間が短くなることが示唆された。

キーワード: 感覚・知覚, 主観時間, 行列

1. はじめに

行列の主観的な待ち時間が短く感じられることはサービスの満足感向上に繋がるため、これまでに多くの手法が検証されてきた。図 1 に示すように、情動が様々な要素の影響を受けることによって主観的な待ち時間が変化する [1]。サービス環境の明るさや色、什器の配置によって主観的な待ち時間変化する。行列の遅滞をサービス側の責任と感じるとき、主観的な待ち時間が長くなるため、サービス側は接客をしていない店員を仕切りで隠すといった対策が必要となる。空虚な時間は長く知覚されるため、ニュースを流す、鏡を設置するといったように気晴らしになるものを用意することで空虚さを低減することができる。行列進行感(行列が進んでいる感覚)が向上することでも、行列に並んでいる間の気分が向上し、主観的な待ち時間が短くなる [2]。什器やドアの配置によって行列進行感が向上することがわかっている。

一方で、行列の形成の仕方が行列進行感を向上することも確認されている。Maister らは受付が複数ある行列において、受付と同数の行列を形成する場合と、1 本のみ形成する場合の主観的な待ち時間の差異を検証した [3]。前者は各行列の長さは短くなるが、列が散発的にしか進まない。一方で、後者は行列の長さは長くなるが、受付の数だけ前者の列と比較して高い頻度で行列が進むため、より行列進行感が得られ、主観的な待ち時間が短くなる。行列の形成の仕方による行列進行感の向上は、周囲の環境に干渉しないため比較的簡単に実践可能な手法である。しかし、この手法は受付が複数ある場合のみ実践が可能である。

そこで本研究では、先行研究で提案されている以外の手法で、行列形成の工夫によって行列進行感を向上させる手法の構築を目指す。先行研究で提案された手法では、進む頻度の向上により、待ち時間に占める歩いている時間の割合や、歩く距離が増加している。本研究では、これらを達成するアプローチとして、行列の間隔の確保を提案する。行列の間隔が広がることで、待ち時間に占める歩いている時間の割合や、歩く距離が増加するため、先行研究と同様に行列進行感が向上すると考えた。

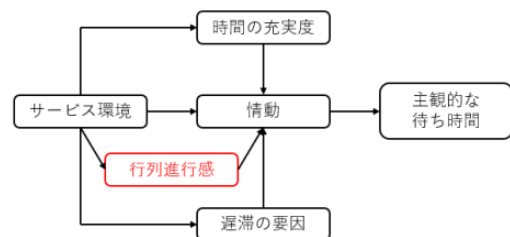


図 1: 主観的な待ち時間への影響 Baker(1996) [1] を参考に作成

また反ベイズ統合という現象が存在する。これは予想が実際の感覚情報と異なったとき、その差は誇張されて知覚されるという現象である [4]。この代表的な例が大きさ重さ錯覚であり、2つの大きさが異なる同じ重さの物体を持ち上げたとき、小さい方の物体がより重く知覚される [5]。主観

的な待ち時間についても同様の現象が確認されている。ディズニーのテーマパークでは、客におおよその待ち時間が提示される。この待ち時間を実際よりも少し長く提示することで、客に行列が予想よりも速く進んでいると知覚させている [6]。行列の間隔を広く取ることで行列の長さが長くなり、待ち時間を長く予想し、行列が予想よりも速く進んでいると知覚する可能性がある。

上記の理由から、本研究では行列の間隔を広く取ることで、また待ち時間中の気分が向上し、主観的な待ち時間が短くなると仮説立て、検証を行った。2020年初頭以降、COVID-19の感染拡大により、人と人との物理的な距離を確保するソーシャルディスタンスという考え方が提唱され、この一環として行列において人同士の間隔を確保するという対策が取られている。本研究の仮説が立証されれば、間隔の確保が感染対策になるだけでなく、サービス側、客側の双方にとって有益であるといえる。本論文では、2.1で述べる主観時間に影響を及ぼす様々な要素を統制するためVR内に実験環境を構築し、行列の間隔操作により情動状態と主観的な待ち時間が変化するかについて検証した実験について報告する。

2. 関連研究

2.1 主観時間

人の主観時間は様々な環境的要因によって変化する。明るい場所や、温度の高い場所では人の主観時間は長くなる [7]。暖色で塗装された部屋では時間は実際よりも長く知覚され、寒色で塗装された部屋では実際よりも短く知覚される傾向がある [8]。また伴らは、ヴァーチャル時計の進み方が実際の時間と異なるように表示されたとき、知覚されたタスクの時間の長さが変化することを確認した [9]。

人の動作が主観時間に影響を及ぼすこともある。走っている間に提示された聴覚刺激は、立ち止まっているときに提示されたものより長く評価される [10]。座っているときの待ち時間は、歩き回っているときと比較して短く知覚される [11]。

このように、人の主観時間は様々な要因によって変化する、現実空間でこれらの要因を統制しながら行列進行感や主観的な待ち時間の変化を検証することは困難である。そのため本研究では、VR空間内で行列に並ぶ体験ができる環境を作成した。VR環境では、行列に並んでいる人の動きに加え、周囲の色や明るさオブジェクトの動きといった、主観時間に影響を及ぼす環境的要因も統制することが可能である。

2.2 VR空間での主観時間

VR環境と現実での主観時間の違いに関する調査が行われてきた。歩いている間の主観時間については、VR環境と現実での違いは確認されなかった [12]。また、LugrinらはVR環境の質によって主観的な待ち時間が変化しないことを明らかにした [13]。一方で、アバターの有無によって、VR環境での主観的な待ち時間が変化する可能性が示唆された。

VRを用いて主観時間がどのように影響されるかを検証する研究は一般的になってきている。VR環境において動

作が実際よりも遅く表示されたとき、主観時間は短くなった [15]。VR環境で太陽の移動速度を操作することで、主観時間が変化した [16]。

アバターを表示すれば、VR環境と現実で主観時間が変化しないため、VR環境を用いた主観的な待ち時間の検証が可能であると考えた。

3. 実験

本実験は、行列の間隔操作により主観的な待ち時間とそれの際の情動状態が変化するかを検証するものである。

3.1 VR環境の設計

作成したVR環境の全体像を図2に示す。前述したように、人の主観時間は様々な環境的要因によって変化するため、行列に関わる要素以外を排除したVR環境を構築した。並んでいる人の外見的特徴が主観時間に影響を及ぼす可能性があるため、特徴の少なく性別を感じさせにくいモデルを用いた。行列に並んでいる人の足元にある黄色い線は、行列に並んでいる間の立ち位置の目安となっており、一度の移動で一つ前の線まで移動する。行列の先頭にある箱型の建物は、行列の終着点になっており、行列の長さや、自分が行列の終着点までどれくらい近づいたかを把握するための目安となっている。床は1m四方のグリッドになっており、自分が移動する距離の目安となっている。また、モーションキャプチャーシステムを用いて、実験協力者の動きと連動するアバターを表示した。

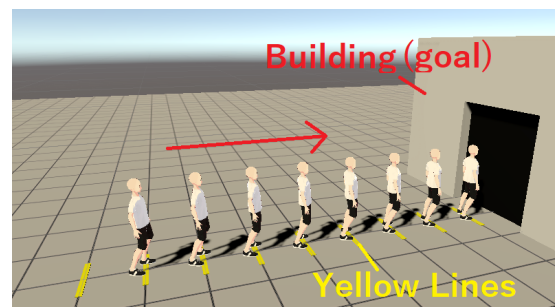


図2: VR環境の概観。

3.2 行列の設計

行列に並んでいる人の動きを図3に示す。 T_{walk} は歩いている間の時間、 T_{stop} は立ち止まっている間の時間を指す。行列の間隔が長いほど T_{walk} が長くなるため、 T_{stop} を短くすることで、 $T_{walk} + T_{stop}$ を一定とした。そのため、行列に並んでいる間の合計の待ち時間は行列の間隔によらず一定である。これは、行列に並んでいる実時間が異なると、それを推測する主観時間の正確性も異なり、比較が困難となるためである。実験協力者の前には8人の人が並んでおり、行列に並んでいる時間は合計で320秒であった。

行列に並んでいる人は、前の人が歩き始めた1秒後に歩き始める。行列に並んでいる人の動き方については様々なモデルが提唱されている [14] が、ランダム要素によって合

計の待ち時間が変化することを避けるため、このようなシンプルな行列を設計した。

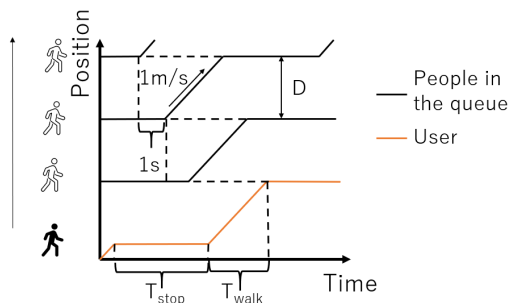
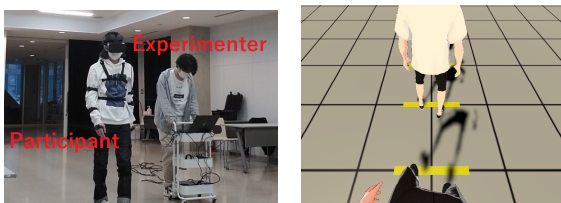


図 3: 行列に並んでいる人の動き

3.3 実験手順

初めに、実験協力者はモーションキャプチャーシステム (Noitom, Perception Neuron Studio) を装着し、キャリブレーションを行った。その後、HMD(Head Mounted Display)(Facebook Inc., Oculus Rift S) を装着し、VR 環境内に存在するオブジェクトの説明と、各試行で行う動作の教示を受けた。教示の内容は、実験協力者の前に並んでいる人が歩き始めたのを確認した後、一つ前の黄色い線まで歩くというものであった。

各試行において実験協力者は、HMD を装着した状態で実際に歩く動作を行いながら、VR 環境で行列に並ぶ体験をした (図 4)。実験は、実験協力者が物に衝突しないように十分に広い空間で行われた。体験終了後、実験協力者は行列に並び始めてから、箱型の建物の前に到達するまでの主観的な待ち時間と TDMS-ST(二次元気分尺度) を問うアンケートに回答した。実験協力者は、事前にアンケートにて主観的な待ち時間を問われることを知らされていた。また、並んでいる間は秒数を数えず、体験が終了した後に待ち時間を推測するように指示された。



(a) 実験の様子 (b) 一人称視点

図 4: 実験セットアップ

3.4 実験条件

行列の間隔について、0.5m, 1.0m, 2.0m の 3 条件で実験を行った。1.0m は、日本の消費者庁によって定められた、行列において空けるように推奨される間隔である。2.0m は、日本の消費者庁によって定められた、行列において空けるべき最低限の間隔である。0.5m は、密な行列のシミュレ-

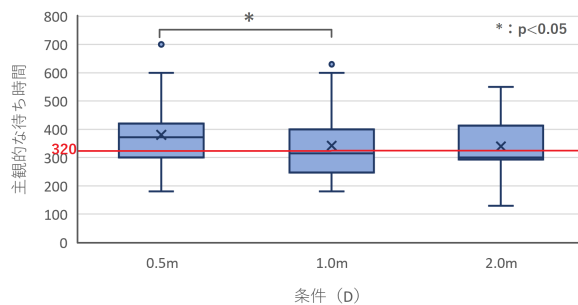


図 5: 主観的な待ち時間

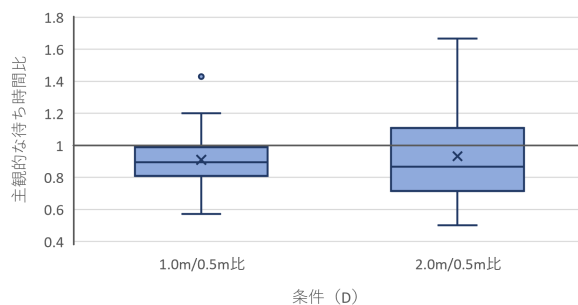


図 6: 1.0m と 2.0m の評価値を 0.5m の評価値で除した商

ションも行うために設定した。実験は各条件について 1 試行ずつ行われた。順序効果が実験結果を歪曲するのを防ぐため、条件の順番はラテン方格法によりカウンターバランスをとった。

3.5 実験結果・考察

実験協力者は 24 名 (男性 19 名, 女性 5 名) であった。図 5, 図 6 は主観的な待ち時間の結果を示す。多重比較の多重性の補正に Holm 法を用いた、Wilcoxon の符号順位検定にて条件間を比較した。行列の間隔が 1.0m のときに、0.5m のときと比較して主観的な待ち時間が短くなることが示された ($p = 0.0369$)。図 7 は TDMS-ST の結果を示す。多重比較の多重性の補正に Holm 法を用いた、Wilcoxon の符号順位検定にて条件間を比較した。行列の間隔が長くなるほど快適度が向上することが示された。

1.0m の条件に 0.5m の条件を比較した場合、行列の間隔が広がることで快適度が向上した結果、主観的な待ち時間が短くなったと考えられる。一方で、2.0m の条件に 0.5m の条件を比較した場合、快適度が向上したにもかかわらず、主観的な待ち時間については個人差の大きい結果となった。行列の間隔が 2.0m のときに主観的な待ち時間が長くなった実験協力者は、主観的な待ち時間が変化した要因として、行列の長さによるバイアスを挙げた。これは行列が長すぎるために、待ち時間も長いと断定したと考えられる。また距離が長すぎることによる移動の面倒さを挙げた実験協力

者もいた。長すぎる間隔は負の情動変化も引き起こす可能性がある。そのため、行列の間隔を確保する際は、長すぎない適切な距離に設定する必要があると考えられる。

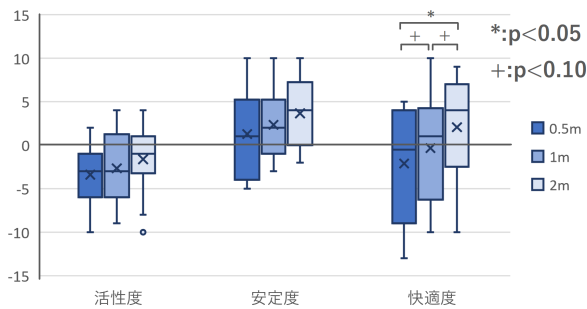


図 7: TDMS-ST

4. おわりに

本研究では行列の間隔を広く取ることで、主観的な待ち時間が短くなり、待ち時間中の気分も向上すると仮説立て、検証を行った。VR環境で実験を行った結果、行列の間隔が1.0mのときに、0.5mのときと比較して主観的な待ち時間が短くなり、また行列の間隔が広がるほど、待ち時間中の快適度が向上することが示された。

本研究の実験では、行列の待ち時間を統一したため、異なる待ち時間では同様の結果が得られない可能性があり、複数の待ち時間での実験を実施する必要がある。また、行列の間隔操作によって変化した待ち時間に占める歩いている時間の割合や、歩く距離といったパラメータの特にどの要素が主観的な待ち時間に大きく作用したかの検証を行う。さらに、本研究で提案した手法が現実空間でも有効であるかについても今後の課題とする。

参考文献

- [1] Baker, J., Cameron, M. The effects of the service environment on affect and consumer perception of waiting time: An integrative review and research propositions. *JAMS* 24, 338 (1996).
- [2] Mayer Spivack. 1967. Sensory Distortions in Tunnels and Corridors. *Psychiatric Services* 18, 1 (1967), 12–18.
- [3] David H. Maister. 1984. *The psychology of waiting lines*. Harvard Business School Boston, MA.
- [4] Jordan B. Brayonov and Maurice A. Smith. 2010. Bayesian and “Anti-Bayesian” Biases in Sensory Integration for Action and Perception in the Size–Weight Illusion. *Journal of Neurophysiology* 103, 3 (2010), 1518–1531.
- [5] Augustin Charpentier. 1891. Experimental study of some aspects of weight perception. *Archive de Physiologie normale et pathologiques* 3 (1891), 122–135
- [6] A. Pawlowski. 2008. Queuing psychology: Can waiting in line be fun? - CNN.com. <http://edition.cnn.com/2008/TECH/science/11/20/queuing.psychology/>.
- [7] Sanford Goldstone, William T. Lhamon, and Jeri Sechzer. 1978. Light intensity and judged duration. *Bulletin of the psychonomic society* 12 (1978), 83–84.
- [8] Hudson Hoagland. 1966. Some biochemical considerations of time. *The voices of time* (1966), 312–329.
- [9] Yuki Ban, Sho Sakurai, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose. 2016. Improving Processing Speed of Simple Tasks by Controlling Time Rate The Virtual Clock Displays. *Transactions of the Virtual Reality Society of Japan* 21, 1 (2016), 109–120.
- [10] Andréia Kroger-Costa, Armando Machado, and Jorge A. Santos. 2013. Effects of motion on time perception. *Behavioural Processes* 95 (2013), 50–59.
- [11] Sonja Ehret, Anna K. Trukenbrod, and Roland Thomaschke. 2021. Dynamics of temporal experience in active and passive waiting situations. *Applied Cognitive Psychology* 35, 4 (2021), 900–908.
- [12] G. Bruder and Frank Steinicke. 2014. Time perception during walking in virtual environments. *2014 IEEE Virtual Reality (VR)* (2014), 67–68.
- [13] Jean-Luc Lugin, Fabian Unruh, Maximilian Landeck, yoan Lamour, Marc Erich Latoschik, Kai Vogele, and Marc Wittmann. 2019. Experiencing Waiting Time in Virtual Reality. In *25th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (Parramatta, NSW, Australia) (VRST '19)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 69, 2 pages.
- [14] Samuel Lemercier, Asja Jelic, Richard Kulpa, Jiale Hua, Jérôme Fehrenbach, Pierre Degond, C. Appert-Rolland, Stéphane Donikian, and Julien Pettré. 2012. Realistic following behaviors for crowd simulation. *Computer Graphics Forum* 31, 2 (2012), 489–498.
- [15] Michael Rietzler, Florian Geiselhart, and Enrico Rukzio. 2017. The Matrix Has You: Realizing Slow Motion in Full-Body Virtual Reality. In *Proceedings of the 23rd ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (Gothenburg, Sweden) (VRST '17)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 2, 10 pages.
- [16] Schatzschneider, Christian et al. “Who turned the clock? Effects of Manipulated Zeitgebers, Cognitive Load and Immersion on Time Estimation.” *IEEE transactions on visualization and computer graphics* vol. 22,4 (2016): 1387-95.