

スロバーの回転速度がユーザの待ち時間に与える影響の考察

大島 寛斗^{1,a)} 小松 孝徳^{1,b)} 山田 誠二²

受付日 2021年6月16日, 採録日 2021年12月3日

概要: 年々コンピュータの処理速度は向上しているものの、ユーザはコンピュータの処理を待つという状況からは逃れられない。そこで、待ち状態にあるユーザの負担を軽減するために、様々な方法が提案されている。本研究では短い周期のアニメーションが繰り返し提示されるスロバーに着目し、その回転速度とユーザの主観的待ち時間との関係を分析することを目的とした。その結果、スロバー自体が回転していない場合やスロバー自体を表示しない場合よりも、回転している場合のほうが有意に待ち時間を短く感じられ、その回転速度がより遅いほどより短く感じられたことが明らかとなった。また、提示時間が短いほどその効果が強いことも分かった。

キーワード: スロバー, 待ち時間, 体感時間, 回転速度

How Throbber's Rotational Velocities Affect Users' Perception of Waiting Time

HIROTO OSHIMA^{1,a)} TAKANORI KOMATSU^{1,b)} SEIJI YAMADA²

Received: June 16, 2021, Accepted: December 3, 2021

Abstract: Although the processing speed of computers is fast enough, users still have to wait for computers to complete tasks or respond. To cope with this, several types of visual information have been proposed as methods of presenting the current processing conditions of a computer to users when they are waiting. In this study, we focused on a throbber as an example of such visual information. A throbber is an animated graphical control element used to show that a computer program is performing an action in the background. We investigated how rotational velocities of throbbers affected users' perception of waiting time. As a result, we observed that the participants felt that throbbers with a slower rotational velocity had a shorter duration. When the duration got longer (more than 10 seconds), the effects of the slower rotational velocities got weaker. And, the participants felt throbbers in the rotated condition shorter than in the non-rotated or non-displayed conditions.

Keywords: throbber, users' waiting time, time perception, rotational velocity

1. はじめに

コンピュータの処理速度は年々劇的に上昇しているものの、いまだにユーザは「コンピュータの処理を待つ」という状況から逃れることができない。そこで、待ち状態にあるユー

ザに対し、現在のコンピュータの処理状況を提示する方法として、プログレスバー [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10] (図 1) やスロバー (またはスピニングホイール) [9], [10], [11] (図 2) などが提案されている。

プログレスバーとは、棒グラフの長さによってタスクの進行状況を表すもので [9], [10], その表示からユーザはおおよその待ち時間を推定することができる。しかしながら、タスクの総量やその進行状況が不明な場合はプログレスバーを使用することができない。一方、スロバーとは円などが短い周期で継続的に回転することでタスクが進行中であることを示すが、プログレスバーと違いタスクの進

¹ 明治大学
Meiji University, Nakano, Tokyo 164-8525, Japan

² 国立情報学研究所/総合研究大学院大学
National Institute of Informatics and SOKENDAI, Chiyoda,
Tokyo 101-0062, Japan

a) cs202002@meiji.ac.jp

b) tkomat@meiji.ac.jp



図 1 プログレスバーの例
Fig. 1 Example of a progress bar.

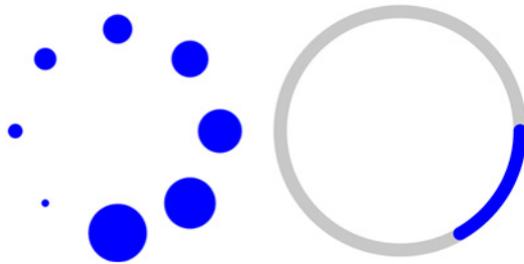


図 2 スロバーの例
Fig. 2 Example of throbbers.

捗状況の度合いを表示することができないため、ユーザはタスク終了までの待ち時間を推定することができない。しかしながら、タスクの総量やその進行状況が不明な場合であっても、タスクが進行中であればスロバーを使用することができる。特にモバイル環境など、ネットワークへの接続状況が不安定な場合などは、従事しているタスクの終了時間を予想することはできない。その結果、ユーザに待ち時間を提示できずに、ただひたすらにタスクの終了を待たせらうという状況は往々にして起こりうる。よって、スロバーとユーザの主観的待ち時間との関係を考察することは、ユーザインタフェース研究として非常に有意義であると考えられる。

プログレスバーに関する先行研究では、アニメーションを付与したり、その「色」や「形状」などの表示方法を変えたりすることでユーザの体感時間を操作できることが報告されている [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8]。著者らはスロバーにおいてもその構成要素である「回転速度」「太さ」「長さ」「回転方向」などを操作すれば、ユーザに「待ち時間が短かった」と感じさせられるのではないかと考えた。特に、円などが短い周期で継続的に回転するスロバーにおいて、その回転速度は最も重要な構成要素であると考えられる。そこで本論文ではスロバーの構成要素の1つである回転速度に着目し、それらを操作することでユーザがその待ち時間をどのように感じるのかを調査する実験を行った。具体的には、スロバーの円弧の動く速さを変化させることで、ユーザの主観的体感時間がどのように変化するのかを調査することで、ユーザに最も短かったと感じられるスロバーの回転速度を明らかにするのが本論文の目的である。

2. 関連研究

ユーザが知覚する時間に関しては、これまで知覚心理学などの分野において多くの研究が行われている。同じ時間でも、楽しいと感じる時間はあっという間に感じたり、辛い

と感じる時間は長く感じたりするなど、個人の感情によって異なる時間を知覚することが知られている [12]。また、身体代謝や年齢、時間経過への注意などでも時間評価は変化することも報告されている [13]。そのほかにも、体温が高いときは時間の進み方が速く感じ、体感時間の長さや年齢は反比例するといった知見も報告されている [14]。さらに、Buffardi [15] は、同じ時間であってもその時間内に存在する刺激の数が多いほど体感時間が長くなる充実時間錯誤 (filled-duration illusion) という現象を発見した。田山 [16] は充実時間錯誤が聴覚刺激だけでなく、視覚刺激でも成り立つことを確認し、提示された刺激が静止状態では効果がなく、回転したり移動したりするなどの変化をしているときのみ効果があることや、提示時間が短いほどそれが顕著に現れることも報告している。

一方、ユーザインタフェースの分野においても、ユーザの待ち時間に関する様々な研究が行われており、具体的には、ユーザの関心度 [17], [18]、意思決定プロセス [19], [20], [21]、作業満足度 [22], [23] などの要因がユーザの主観的待ち時間にどのような影響を与えるのかが考察されている。たとえば、Krishnan ら [18] は、動画配信サービスにおいて、動画の起動時間が 10 秒経過すると 50% ものユーザが再生を断念すると報告した。また、Vitale ら [21] はソフトウェアアップデートに長い時間を要したという過去のネガティブな経験によって、ユーザは主要なソフトウェアのアップデートを先延ばしにする傾向があると報告した。これらの問題をふまえて、ユーザに対して何らかのフィードバックを与えたり、特定の情報を開示したりすることで、ユーザの待ち時間に対するストレスを緩和するという試みが多数報告されており [24], [25]、プログレスバーやスロバーを提示することもその試みの一部と見なすことができよう。

Harrison ら [4], [5] は、プログレスバー上に付与したアニメーションがユーザの体感時間に与える影響に関する調査を行った。その結果、プログレスバー上に進行方向と逆側に減速しながら動く縞模様のアニメーションを付与することで、体感時間を 11% 短縮できることを明らかにした。また、Hamada ら [6] はプログレスバーの色は、ユーザの体感時間に影響がないことを明らかにした。Ohtsubo ら [7] はプログレスバーの形状を直線ではなく四分円に変化させることで、体感時間を短縮できることを明らかにし、Kim ら [8] は、同じ提示時間でもバーの速度が徐々に上昇していくとユーザはその提示時間を実際よりも短く感じていたことを報告した。その一方、スロバーにおける、ユーザの待ち時間に関する研究は管見の限り行われていない。Soon [9], [10] は、スロバーとはユーザに未知の待ち時間のタスクの進行状況を伝えるものであると報告しているが、これらはスロバーの性質などを述べたものであり、スロバーと待ち時間の関係に着目したものではない。

以上、ユーザの待ち時間に関連した研究を俯瞰したかぎ

り、プログレスバーなどタスクの予想終了時間を表示できるツールを用いたうえでユーザの待ち時間に対するストレスを緩和する様々な手法が研究されているものの、タスクの終了時間を表示できないスロバーでは同様の研究は行われていないのが現状であるといえる。

3. 実験 1

スロバーの回転速度（スロバーを構成する円弧が円周上を回転する速さ）の違いがユーザの待ち時間に与える影響を調査する実験を行った*1。

本実験では独立変数として回転速度（5水準）と提示時間（3水準）の2つを設定した。回転速度要因の5水準はそれぞれ0.33 Hz, 0.66 Hz, 1.0 Hz, 1.5 Hz, 2.0 Hz（1秒間での回転数）とし、提示時間要因の3水準はそれぞれ5秒, 10秒, 15秒とした。

スロバーのデザインに関しては、ユーザの待ち時間が4秒より短い場合にスロバーを使用すべきと提唱されているが*2、待ち時間がまったく分からない状況でこそ使用できるというスロバーの特性をふまえると、HCI分野で注目されている待ち時間に注目すべきだと筆者らは考えた。そこで、Harrison らの実験 [5] で5秒と15秒のプログレスバーを用いていたこと、Kim らの実験 [8] では5秒, 10秒, 20秒のプログレスバーを用いていたが20秒という提示時間を採用すると実験時間が長くなってしまうこと、また充実時間錯誤 [15], [16] は、刺激の提示時間が短いほど効果が大きいことを考慮し、提示時間を5秒, 10秒, 15秒と設定した。

なお、従属変数は実験参加者にスロバーを2つ提示し、「どちらが長いと感じたか」を回答してもらって比較の回答とした。本研究では単純な視覚刺激を繰り返し参加者に提示する必要がある、その際、刺激1つ1つに対して主観的な時間知覚を回答させるよりも、2つの刺激を提示してどちらが長いかを回答させる方が参加者にとって負担が少ないと考えられるため、一対比較法を採用した。

3.1 実験条件

実際のスロバーの多くはスマートフォンやタブレットなどのスマートデバイス上で提示されることが多く、そのサイズは各々のデバイスの大きさに依存している。そこで、実験刺激として提示されるスロバーは、サーバ上に構築された実装システムによって提示され、参加者は各々のスマートフォンから実際に参加してもらった（図3）。

実験参加者は大学生52名（男性28名, 女性23名, その他1名, 平均年齢21.3歳）であった。実験参加者のデバイ

*1 この実験の内容は筆者らの先行研究 [11] のうち Experiment 2 と同じ内容である。

*2 <https://uxmovement.com/navigation/progress-bars-vs-spinners-when-to-use-which/> (accessed 2021-10-15)



図3 実際のアンケート画面

Fig. 3 Screenshot of experiment system.

Progress Function*	Shape	Embelli		
		Unembellished		
Repetitive 0.5 cycle/sec	Bar	[Three horizontal bars of different lengths]		
	Circle	[Three circles with different arc lengths]	[Three circles with different arc lengths]	[Three circles with different arc lengths]

図4 Kim ら [8] が使用した Circle

Fig. 4 Circle used in Kim & Xing [8].

スの画面サイズの範囲は横幅が320 [pt]–424 [pt] (640 [px]–1,440 [px]), 縦幅が568 [pt]–896 [pt] (1,136 [px]–2,560 [px]) であったため、実際に提示されたスロバーの内径は約140 [px] (1.01 [cm]–1.18 [cm]), 外径は約180 [px] (1.30 [cm]–1.51 [cm]), 太さは約40 [px] (0.29 [cm]–0.33 [cm]) であった。本論文ではスロバーの形状として Kim ら [8] が使用した Circle と同様のデザイン（図4）を採用した。このデザインを採用した理由は、本論文ではスロバーの構成要素として回転速度とその提示時間に着目した解析を行う必要があるため、それ以外の要因（図2における円の個数やその大きさなど）を極力排除したうえで、回転の状態を理解しやすいと考えられたからである。

具体的なスロバーの形状は、半径約80 [px]の円周上に半径約10 [px]の円を配置し、その円を中心角60 [deg]だけ動かした際の軌跡とした（図5）。また、使用OSはiOSが44名, Androidが8名であった。

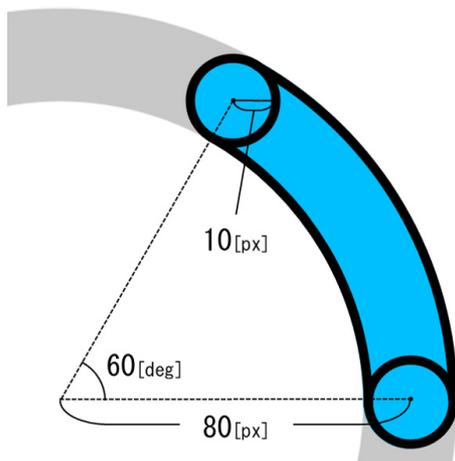


図 5 実際に提示されたスロバーの具体的な形状
Fig. 5 Actual design of a throbber.

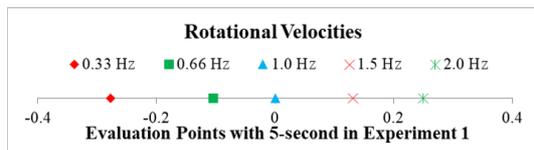


図 6 実験 1：5 秒における各刺激の平均評価値
Fig. 6 Evaluation points for all 5 visual stimuli with 5-second duration in Experiment 1.

3.2 実験手順

実験参加者には提示時間は同じだが回転速度の違う 2 つのスロバーを提示し、どちらを長く感じたかを回答してもらい一対比較法を実施した。これを 3 種類の提示時間ごと、すべての組合せ計 10 通り (5 種類の速度の 2 つを同時に提示 ${}_5C_2$) を経験してもらうため、計 30 試行となった。提示するスロバーは、ボタンを押すと再生が始まり、終わると finish の文字が表示されるように設定した。また、これらの 30 試行の提示順は、参加者ごとにランダムに設定された。

3.3 実験結果

3.3.1 提示時間が 5 秒の場合

参加者の回答に対して「回転速度が速いスロバーの方が長く感じた」ものを +1 点、「回転速度が遅いスロバーの方が長く感じた」ものを -1 点、「どちらも同じ長さを感じた」と回答した場合は 0 点をそれぞれ割り当て、これらの平均評価値を算出した。まず提示時間が 5 秒の場合の平均評価値 (図 6) を示す。この評価値が正の値の場合、この条件の刺激は長いと知覚され、負の値の場合は短いと知覚されていることを示している。ここから、提示時間が 5 秒の場合、0.33 Hz が最も短く、次に 0.66 Hz、1.0 Hz といったように、回転速度が遅い順に短いと感じられていたことが明らかとなった。

この平均評価値は一対比較法のうち中谷の変法 [26] で解

表 1 実験 1：5 秒における各刺激の平均評価値の差

Table 1 Distance among 5 different visual stimuli with 5-second duration in Experiment 1.

	0.33 Hz	0.66 Hz	1.0 Hz	1.5 Hz	2.0 Hz
0.33 Hz	—	0.1731	0.2769	0.4077	0.5269
0.66 Hz	—	—	0.1038	0.2346	0.3538
1.0 Hz	—	—	—	0.1308	0.2500
1.5 Hz	—	—	—	—	0.1192
2.0 Hz	—	—	—	—	—

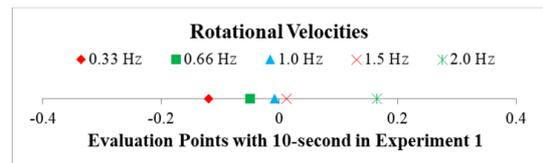


図 7 実験 1：10 秒における各刺激の平均評価値
Fig. 7 Evaluation points for all 5 visual stimuli with 10-second duration in Experiment 1.

析された。まず、シェッフェの分散分析 (独立変数：回転速度、従属変数：平均評価値) の結果、これらの刺激間に有意差が見られたため ($F(4,204) = 22.5150, p < .001$)、ヤードスティック法による多重比較を行った。ヤードスティック法とは、平均評価値の差が尺度 (Y：すべての平均評価値における 95%信頼区間の推定幅) より大きい場合、この 2 つの刺激間には「有意差がある」と判定するものである。本提示時間条件における尺度の長さ (Y) は 0.1687 であった。表 1 にすべての刺激間の距離を示し、尺度 $Y = 0.1687$ より長いセルを灰色で示す。たとえば、0.33 Hz と 0.66 Hz の平均評価値の差は 0.1731 であり、0.1687 より大きいため、「有意差がある」と判定されるが、1.5 Hz と 2.0 Hz の平均評価値の差は 0.1192 であり、0.1687 より大きくないため、「有意差がない」と判定できる。

この結果、0.33 Hz は他のすべての条件よりも、0.66 Hz は 1.5 Hz と 2.0 Hz よりも、1.0 Hz は 2.0 Hz よりもそれぞれ有意に短いと感じられたことが明らかとなった。

3.3.2 提示時間が 10 秒の場合

次に提示時間が 10 秒の場合のそれぞれの回転速度の平均評価値 (図 7) を示す。ここから、提示時間が 10 秒の場合も 5 秒と同様に、0.33 Hz が最も短く、次に 0.66 Hz、1.0 Hz といったように、回転速度が遅い順に短いと感じられていたことが明らかとなった。

中谷の変法での解析の結果、シェッフェの分散分析 (独立変数：回転速度、従属変数：平均評価値) で有意差が観察されたため ($F(4,204) = 4.2963, p < .001$)、ヤードスティック法を用いて多重比較を行った。本条件における尺度の長さ (Y) は 0.1987 であった。表 2 にすべての刺激間の距離を示す。

その結果、0.33 Hz と 2.0 Hz、0.66 Hz と 2.0 Hz との間に有意差が見られ 0.33 Hz および 0.66 Hz のスロバーは 2.0 Hz

表 2 実験 1：10 秒における各刺激の平均評価値の差

Table 2 Distance among 5 different visual stimuli with 10-second duration in Experiment 1.

	0.33 Hz	0.66 Hz	1.0 Hz	1.5 Hz	2.0 Hz
0.33 Hz	—	0.0692	0.1115	0.1308	0.2846
0.66 Hz	—	—	0.0423	0.0615	0.2154
1.0 Hz	—	—	—	0.0192	0.1731
1.5 Hz	—	—	—	—	0.1538
2.0 Hz	—	—	—	—	—

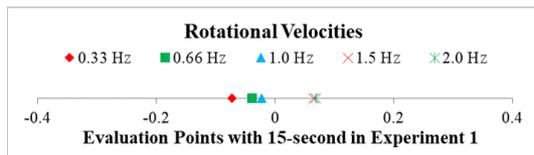


図 8 実験 1：15 秒における各刺激の平均評価値

Fig. 8 Evaluation points for all 5 visual stimuli with 15-second duration in Experiment 1.

表 3 実験 1：15 秒における各刺激の平均評価値の差

Table 3 Distance among 5 different visual stimuli with 15-second duration in Experiment 1.

	0.33 Hz	0.66 Hz	1.0 Hz	1.5 Hz	2.0 Hz
0.33 Hz	—	0.0346	0.0500	0.1385	0.1423
0.66 Hz	—	—	0.0154	0.1038	0.1077
1.0 Hz	—	—	—	0.0885	0.0923
1.5 Hz	—	—	—	—	0.0038
2.0 Hz	—	—	—	—	—

よりも短く認識されていたことが明らかとなった。

3.3.3 提示時間が 15 秒の場合

最後に提示時間が 15 秒の場合の平均評価値 (図 8) を示す。ここから、提示時間が 15 秒の場合も 5 秒や 10 秒と同様に、0.33 Hz が最も短く、回転速度が遅い順に短く感じられていたことが明らかとなったが、提示時間が 5 秒や 10 秒の場合と比べると、平均評価値の間隔は狭くなっているといえる。

シェッフェの分散分析 (独立変数：回転速度、従属変数：スロバーを 2 つ提示し、長く感じたものの回答) の結果、これらの刺激の間には有意差が観察されなかった ($F(4,204) = 1.6509, n.s.$)。表 3 にすべての刺激間の距離を示す。

3.4 実験 1 まとめ

各時間条件における平均評価値の統計的分析および図 6～図 8 における平均評価値の分布傾向 (提示時間が長くなると平均評価値のばらつきが少なくなる) をふまえると、5 秒と 10 秒という提示時間では、回転速度が遅いスロバーほど体感時間が短くなる、ということが明らかになった。また、5 秒と比べると、10 秒では明らかに効果が弱くなり、15 秒の提示時間ではいっさいの有意差が見られなかった。

このことから、回転速度が遅いスロバーほど短く感じるという効果が提示時間が長くなると弱くなるということが明らかとなった。

4. 実験 2

4.1 実験目的

実験 1 の結果、提示時間が 5 秒もしくは 10 秒の場合、回転速度が遅いスロバーほど体感時間が短くなるということが明らかになった。では、回転速度が 0.33 Hz よりも遅い条件、さらには最も遅い条件である 0 Hz、つまりスロバーが停止している場合やそもそもスロバー自体が表示されていない場合での体感時間はどのように認識されるのであろうか (もし、非表示が最も短く感じられるのであれば、わざわざスロバーなどを提示する必要すらなくなり、それは新たな「表示しない」という情報の提示になると考えられる)。そこで実験 2 では、実験 1 よりも遅い回転速度がユーザの体感時間に与える影響を調査することとした。具体的には、提示時間要因および従属変数は実験 1 と同様であるが、回転速度要因のそれぞれの水準を、停止、0.10 Hz、0.20 Hz、0.33 Hz、非表示という 5 水準に設定した。

4.2 実験条件

実験参加者は大学生 74 名 (男性 56 名、女性 18 名、平均年齢 20.3 歳) であった。これらの参加者は、実験 1 には参加していなかった。実験参加者のデバイスの画面サイズの範囲は横幅が 320 [pt]–463 [pt] (640 [px]–1,080 [px])、縦幅が 568 [pt]–925 [pt] (1,136 [px]–2,160 [px]) であったため、実際に提示されたスロバーの内径は約 140 [px] (1.01 [cm]–1.29 [cm])、外径は約 180 [px] (1.30 [cm]–1.65 [cm])、太さは約 40 [px] (0.29 [cm]–0.36 [cm]) であった。スロバーの形状は実験 1 と同一である。また、使用 OS は iOS が 59 名、Android が 15 名であった。

4.3 実験手順

実験参加者には実験 1 と同様に、提示時間は同じだが速度の違う 2 つのスロバーを提示し、どちらを長く感じたかを回答してもらう一対比較法を実施した。これを 3 種類の提示時間ごと、すべての組合せ計 10 通り (5 種類の速度の 2 つを同時に提示 ${}_5C_2$) を経験してもらうため、計 30 試行となった。非表示の場合はボタンを押しても何も表示されず、決められた提示時間が経過すると finish の文字が表示されるように設定した。また、これらの 30 試行の提示順は、参加者ごとにランダムに設定された。

4.4 実験結果

4.4.1 提示時間が 5 秒の場合

まず提示時間が 5 秒の場合のそれぞれの回転速度の平均評価値 (図 9) を示す。ここから、5 秒という提示時間で

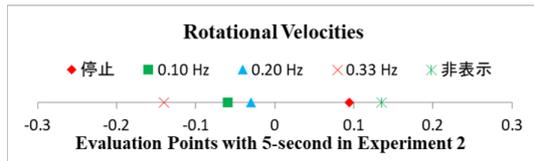


図 9 実験 2：5 秒における各刺激の平均評価値

Fig. 9 Evaluation points for all 5 visual stimuli with 5-second duration in Experiment 2.

表 4 実験 2：5 秒における各刺激の平均評価値の差

Table 4 Distance among 5 different visual stimuli with 5-second duration in Experiment 2.

	停止	0.10 Hz	0.20 Hz	0.33 Hz	非表示
停止	—	0.1541	0.1243	0.2351	0.0405
0.10 Hz	—	—	0.0297	0.0811	0.1946
0.20 Hz	—	—	—	0.1108	0.1649
0.33 Hz	—	—	—	—	0.2757
非表示	—	—	—	—	—

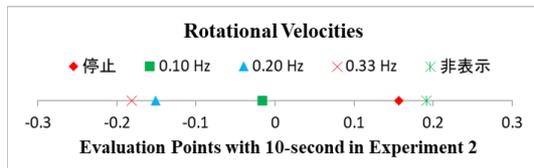


図 10 実験 2：10 秒における各刺激の平均評価値

Fig. 10 Evaluation points for all 5 visual stimuli with 10-second duration in Experiment 2.

は、0.33 Hz, 0.10 Hz, 0.20 Hz, 停止, 非表示の順で短いと感じられたことが明らかとなった。

中谷の変法での解析の結果, シェッフエの分散分析 (独立変数: 回転速度, 従属変数: 平均評価値) で有意差が観察されたため ($F(4,292) = 8.7886, p < .001$), ヤードスティック法を用いて多重比較を行った. 本条件における尺度の長さ (Y) は 0.1497 であった. 表 4 にすべての刺激間の距離を示す. このから, 5 秒という提示時間では, 0.10 Hz, 0.20 Hz, 0.33 Hz は非表示よりも, 0.10 Hz, 0.33 Hz は停止よりも有意に短いと感じられていることが明らかとなった.

4.4.2 提示時間が 10 秒の場合

次に提示時間が 10 秒の場合のそれぞれの回転速度の平均評価値 (図 10) を示す. ここから, 10 秒においては 0.33 Hz, 0.20 Hz, 0.10 Hz, 停止, 非表示の順で短いと感じられたことが明らかとなった.

中谷の変法での解析の結果, シェッフエの分散分析 (独立変数: 回転速度, 従属変数: 平均評価値) で有意差が観察されたため ($F(4,292) = 18.1337, p < .001$), ヤードスティック法を用いて多重比較を行った. 本条件における尺度の長さ (Y) は 0.1576 であった. 表 5 にすべての刺激間の距離を示す.

この結果, 0.10 Hz, 0.20 Hz, 0.33 Hz は非表示, 停止よりも有意に短いと感じられていることが明らかとなった.

表 5 実験 2：10 秒における各刺激の平均評価値の差

Table 5 Distance among 5 different visual stimuli with 10-second duration in Experiment 2.

	停止	0.10 Hz	0.20 Hz	0.33 Hz	非表示
停止	—	0.1730	0.3081	0.3378	0.0351
0.10 Hz	—	—	0.1351	0.1649	0.2081
0.20 Hz	—	—	—	0.0297	0.3432
0.33 Hz	—	—	—	—	0.3730
非表示	—	—	—	—	—

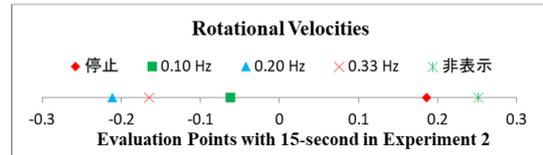


図 11 実験 2：15 秒における各刺激の平均評価値

Fig. 11 Evaluation points for all 5 visual stimuli with 15-second duration in Experiment 2.

表 6 実験 2：15 秒における各刺激の平均評価値の差

Table 6 Distance among 5 different visual stimuli with 15-second duration in Experiment 2.

	停止	0.10 Hz	0.20 Hz	0.33 Hz	非表示
停止	—	0.2486	0.3973	0.3514	0.0649
0.10 Hz	—	—	0.1486	0.1027	0.3135
0.20 Hz	—	—	—	0.0459	0.4622
0.33 Hz	—	—	—	—	0.4162
非表示	—	—	—	—	—

また, 0.33 Hz は 0.10 Hz よりも有意に短いと感じられていたことも明らかとなった。

4.4.3 提示時間が 15 秒の場合

最後に提示時間が 15 秒の場合のそれぞれの回転速度の平均評価値 (図 11) を示す. ここから, 15 秒という提示時間では, 0.20 Hz, 0.33 Hz, 0.10 Hz, 停止, 非表示の順で短いと感じられたことが明らかとなった.

中谷の変法での解析の結果, シェッフエの分散分析 (独立変数: 回転速度, 従属変数: 平均評価値) で有意差が観察されたため ($F(4,292) = 25.6182, p < .001$), ヤードスティック法を用いて多重比較を行った. 本条件における尺度の長さ (Y) は 0.1611 であった. 表 6 にすべての刺激間の距離を示す.

この結果, 0.10 Hz, 0.20 Hz, 0.33 Hz は非表示, 停止よりも有意に短いと感じられていることが明らかとなった.

4.5 実験 2 まとめ

どの提示時間においても, 非表示や停止よりも回転しているスロバーが有意に短いと感じられていることが明らかとなった. さらに, 回転している条件である 0.10 Hz, 0.20 Hz, 0.33 Hz の間では提示時間 10 秒の 0.33 Hz と 0.10 Hz 間に有意差が見られたものの, それ以外の条件では回転速度間

には有意差が見られなかった。

5. 実験 3

5.1 実験目的

回転速度を 0.33 Hz から 2.0 Hz の間に設定した実験 1 では、5 秒と 10 秒という提示時間で、回転速度が遅いスロバーほど、つまり 0.33 Hz に近づくほど体感時間が短くなる、ということが明らかになった。一方、回転速度を 0.10 Hz から 0.33 Hz と設定した実験 2 では提示時間にかかわらず、これらの間には有意差が見られなかった。

では、スロバーにおいて最も短くと感じられる「回転速度」は何 Hz なのだろうか。そこで、本実験では、実験 1 および実験 2 の結果をふまえ、これらの実験で用いたすべての回転速度を使用し、それらがユーザに与える影響を調査する実験を行った。そのため、本実験では独立変数として回転速度 (7 水準) と提示時間 (2 水準) の 2 つを設定した。回転速度要因の 7 水準はそれぞれ 0.10 Hz, 0.20 Hz, 0.33 Hz, 0.66 Hz, 1.0 Hz, 1.5 Hz, 2.0 Hz とした。一方、本実験では、実験 1, 2 と異なり、提示時間を 5 秒と 10 秒という 2 水準とした。その理由は、回転速度要因を 7 水準設定したため、実験参加者の負担を小さくするために提示時間要因を減らす必要がある。そこで、その効果ははっきりと現れると期待される 5 秒および 10 秒という提示時間水準を優先したためである。

5.2 実験条件

実験参加者は大学生 52 名 (男性 26 名, 女性 26 名, 平均年齢 21.0 歳) であった。これらの参加者は、実験 1 および 2 には参加していなかった。実験参加者のデバイスの画面サイズの範囲は横幅が 320 [pt]–424 [pt] (640 [px]–1,440 [px]), 縦幅が 568 [pt]–896 [pt] (1,136 [px]–2,560 [px]) であったため、実際に提示されたスロバーの内径は約 140 [px] (1.01 [cm]–1.18 [cm]), 外径は約 180 [px] (1.30 [cm]–1.51 [cm]), 太さは約 40 [px] (0.29 [cm]–0.33 [cm]) であった。スロバーの形状は実験 1 および実験 2 と同一である。また、使用 OS は iOS が 46 名, Android が 6 名であった。

5.3 実験手順

実験参加者には実験 1 と同様に、提示時間は同じだが速度の違う 2 つのスロバーを提示し、どちらを長く感じたかを回答してもらい一対比較法を実施した。これを 2 種類の提示時間ごと、すべての組合せ計 21 通り (7 種類の速度の 2 つを同時に提示 ${}_{7}C_2$) を経験してもらうため、計 42 試行となった。また、これらの 42 試行の提示順は、参加者ごとにランダムに設定された。

5.4 実験結果

5.4.1 提示時間が 5 秒の場合

まずは提示時間が 5 秒の場合のそれぞれの回転速度の平均評価値 (図 12) を示す。ここから、提示時間が 5 秒の場合、0.10 Hz が最も短く、次に 0.20 Hz, 0.33 Hz といったように、回転速度が遅い順に短くと感じられていたことが明らかとなった。

中谷の変法での解析の結果、シェッフェの分散分析 (独立変数: 回転速度, 従属変数: 平均評価値) で有意差が観察されたため ($F(6,306) = 25.8583, p < .001$), ヤードスティック法を用いて多重比較を行った。本条件における尺度の長さ (Y) は 0.1497 であった。表 7 にすべての刺激間の距離を示す。

この結果、0.10 Hz, 0.20 Hz, 0.33 Hz はすべて、0.66 Hz, 1.0 Hz, 1.5 Hz, 2.0 Hz よりも有意に短くと感じられたが、0.10 Hz, 0.20 Hz, 0.33 Hz の 3 条件の間では有意差が見られなかった。

5.4.2 提示時間が 10 秒の場合

次に提示時間が 10 秒の場合のそれぞれの回転速度の平

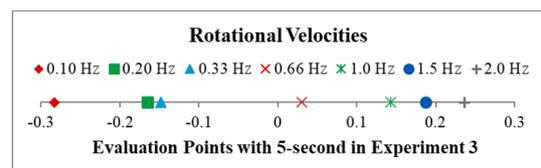


図 12 実験 3 : 5 秒における各刺激の平均評価値

Fig. 12 Evaluation points for all 7 visual stimuli with 5-second duration in Experiment 3.

表 7 実験 3 : 5 秒における各刺激の平均評価値の差

Table 7 Distance among 7 different visual stimuli with 5-second duration in Experiment 3.

	0.10 Hz	0.20 Hz	0.33 Hz	0.66 Hz	1.0 Hz	1.5 Hz	2.0 Hz
0.10 Hz	—	0.1181	0.1346	0.3132	0.4258	0.4698	0.5192
0.20 Hz	—	—	0.0165	0.1951	0.3077	0.3516	0.4011
0.33 Hz	—	—	—	0.1786	0.2912	0.3352	0.3846
0.66 Hz	—	—	—	—	0.1126	0.1566	0.2060
1.0 Hz	—	—	—	—	—	0.0440	0.0934
1.5 Hz	—	—	—	—	—	—	0.0495
2.0 Hz	—	—	—	—	—	—	—

均評価値 (図 13) を示す。ここから、提示時間が 10 秒の場合も 5 秒と同様に、0.10 Hz が最も短く、次に 0.20 Hz、0.33 Hz といったように、回転速度が遅い順に短く感じられていたことが明らかとなった。

中谷の変法での解析の結果、シェッフェの分散分析 (独立変数: 回転速度, 従属変数: 平均評価値) で有意差が観察されたため ($F(6,306) = 15.1846, p < .001$), ヤードスティック法を用いて多重比較を行った。本条件における尺度の長さ (Y) は 0.1576 であった。表 8 にすべての刺激間の距離を示す。

この結果、0.10 Hz、0.20 Hz はともに、0.66 Hz、1.0 Hz、1.5 Hz、2.0 Hz よりも、0.33 Hz は 1.5 Hz、2.0 Hz よりも有意に短く感じられ、0.10 Hz、0.20 Hz、0.33 Hz の 3 条件の間では有意差が見られなかった。

5.5 実験 3 まとめ

この実験 3 において、実験 1 と同様に提示時間にかかわらず、回転速度が遅いスロバーほど体感時間が短くなる、ということが明らかになった。また、5 秒という提示時間では、0.10 Hz、0.20 Hz、0.33 Hz の 3 条件が 0.66 Hz、1.0 Hz、1.5 Hz、2.0 Hz という 4 つの条件との間に有意差が観察された。その一方、10 秒の場合は 0.10 Hz、0.20 Hz の 2 条件は実験 1 と同様に 0.66 Hz、1.0 Hz、1.5 Hz、2.0 Hz との間に有意差が見られたが、0.33 Hz は 1.5 Hz、2.0 Hz の 2 条件との間のみ有意差が見られた。このことから、提示時間が 5 秒から 10 秒になると回転速度が 0.33 Hz の場合において、その効果が弱くなることが確認された。

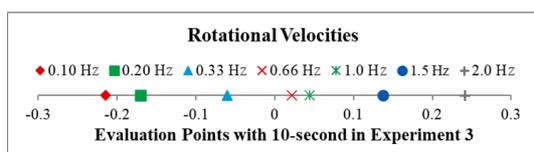


図 13 実験 3 : 10 秒における各刺激の平均評価値

Fig. 13 Evaluation points for all 7 visual stimuli with 10-second duration in Experiment 3.

表 8 実験 3 : 10 秒における各刺激の平均評価値の差

Table 8 Distance among 7 different visual stimuli with 10-second duration in Experiment 3.

	0.10 Hz	0.20 Hz	0.33 Hz	0.66 Hz	1.0 Hz	1.5 Hz	2.0 Hz
0.10 Hz	—	0.0440	0.1538	0.2363	0.2582	0.3516	0.4560
0.20 Hz	—	—	0.1099	0.1923	0.2143	0.3077	0.4121
0.33 Hz	—	—	—	0.0824	0.1044	0.1978	0.3022
0.66 Hz	—	—	—	—	0.0220	0.1154	0.2198
1.0 Hz	—	—	—	—	—	0.0934	0.1978
1.5 Hz	—	—	—	—	—	—	0.1044
2.0 Hz	—	—	—	—	—	—	—

6. 総合考察

実験 1 では、5 水準の回転速度 (0.33 Hz、0.66 Hz、1.0 Hz、1.5 Hz、2.0 Hz) がユーザに与える影響を調査した。その結果、回転速度が遅いスロバーほど体感時間が短くなり、提示時間が長くなるとその効果が弱くなることも明らかとなった。

実験 2 ではさらに遅い回転速度 (0.10 Hz、0.20 Hz、0.33 Hz) や停止、非表示がユーザに与える影響を調査した。その結果、提示時間にかかわらず、非表示や停止よりも、回転しているスロバーが有意に短く感じられたことが明らかとなったが、0.33 Hz より遅い条件間での比較ではあまり差が見られないことも明らかとなった。

実験 3 では実験 1 および実験 2 で用いたすべての回転速度 (0.10 Hz、0.20 Hz、0.33 Hz、0.66 Hz、1.0 Hz、1.5 Hz、2.0 Hz) がユーザに与える影響を調査した。その結果、0.33 Hz より遅いスロバーは、有意に短く感じられていることが明らかとなった。さらに、回転速度が遅いスロバーほど体感時間が短くなるという効果が提示時間が短くなると強く表れたことが明らかとなった。

以上の 3 つの実験結果より、スロバーの「回転速度」とユーザの主観的待ち時間との関係は、以下のようにまとめられる。

- 回転速度が遅いスロバーが有意に短く感じられる。
- 提示時間が短くなるほど、「回転速度が遅いスロバーほど体感時間が短くなる」という効果が顕著に現れる。
- 非表示や停止よりも回転しているスロバーが有意に短く感じられている。

この「回転速度が遅いスロバーが有意に短く感じられる」という結果は、「同じ時間でも刺激が多いほど体感時間が長くなる」という充実時間錯誤 [15], [16] によって説明できると考えられた。具体的には、回転速度が速いほどユーザは回転数を多くカウントし、結果として刺激数が多くなるため、待ち時間を長く感じると思われるからである。さらに、提示時間が短くなるほど、本実験で得られた

「回転速度が遅いスロバーほど体感時間が短くなる」という効果が顕著に現れたことや、非表示や停止よりも回転しているスロバーの方が有意に短いと感じられたことは、田山 [16] によって報告された「充実時間錯誤の提示された刺激が静止状態では効果がなく、回転したり移動したりするなどの変化をしているときのみ働くことや、提示時間が短いほど顕著に現れる」という効果によって説明ができればよい。

本研究で提示したスロバーのサイズはユーザの端末に依存しており、ユーザごとにばらつきが生じていたのは事実である。筆者らの先行研究 [11] では、回転速度 5 水準、提示時間 3 水準を本論文の実験 1 と同様に設定し、スロバーの大きさを内径 3.74 cm、外径 4.86 cm (約 3.5 倍) として設定した実験をすでに行ったが、その結果は実験 1 とほぼ同じであった。よって、スロバーの回転速度がユーザの待ち時間に与える影響は、そのサイズによる影響を受けにくいと考えられる。

本研究の結果をふまえると、スロバーを使用する際は、回転速度を 0.33 Hz よりもゆっくりとすることで、ユーザの待ち時間というストレスを軽減することが可能と考えられた。しかし本実験では、スロバーの回転速度および提示時間がユーザの主観的待ち時間に与える影響について解釈したものであり、その際のユーザの満足度やストレスといったユーザの体験については調査していない。よって今後は、本研究で行った実験状況におかれたユーザが、どのようにこの状況を認識するのかを調査することが必要となる。その結果、いつタスクが終わるか分からないような待ち状態にあるユーザに対し、心的負担を軽減できるのではないかと期待される。

しかし、本研究では回転速度が 0.33 Hz より遅いほうが好ましいという結果にとどまってしまう、最も短いと感じられた回転速度は断定できなかった。したがって、どの速度条件が最も短いと感じられたのかを引き続き調査していく必要がある。さらに、実験 1~3 でのスロバーの回転速度はすべて等速であったため、この回転速度をつねに変化させた場合、ユーザの体感時間にどのような効果が現れるのかも検証する必要がある。また、本研究ではスロバーの構成要素のうち、「回転速度」という要素に着目したが、「太さ」「長さ」「回転方向」などといった要素を操作したとき、具体的には円弧を太くしたり、長くしたりすることで、ユーザの体感時間にどのような変化が現れるのか調査する必要がある。また、本研究で用いたスロバーはすべて右回転であったため、左回転にしたらどのような効果が得られるのかも調査する必要がある。

これらの調査が完了したとき、最もユーザに短いと感じられるスロバーを見つけ出すことができ、いつタスクが終わるか分からないような待ち状態にあるユーザに対し、心的負担を軽減できるのではと期待される。

7. おわりに

本研究では短い周期のアニメーションが繰り返し提示されるスロバーに着目し、その構成要素である回転速度とユーザの主観的待ち時間との関係を分析することを目的とした。具体的には、スロバーの円弧の動く速さを操作することで、ユーザの主観的体感時間がどのように変化するかを調査することを目的とし、ユーザに最も短かったと感じられるスロバーの回転速度を把握するために 3 つの実験を行った。実験 1 では 5 つの回転速度 (0.33 Hz, 0.66 Hz, 1.0 Hz, 1.5 Hz, 2.0 Hz) がユーザに与える影響を調査した。実験 2 ではさらに遅い回転速度 (0.10 Hz, 0.20 Hz, 0.33 Hz) や停止、非表示がユーザに与える影響を調査した。実験 3 では実験 1 および実験 2 で用いたすべての回転速度 (0.10 Hz, 0.20 Hz, 0.33 Hz, 0.66 Hz, 1.0 Hz, 1.5 Hz, 2.0 Hz) がユーザに与える影響を調査した。結果として、回転速度が遅いスロバーが有意に短いと感じられ、その効果は提示時間が短くなるほど顕著に現れるということが明らかとなった。

本研究の結果をふまえると、スロバーを使用する際は、回転速度を 0.33 Hz よりもゆっくりとすることで、ユーザの待ち時間というストレスを軽減することが可能と考えられ、いつタスクが終わるか分からないような待ち状態にあるユーザに対し、心的負担を軽減できるのではないかと期待される。

参考文献

- [1] Myers, B.A.: Incense: A System for Displaying Data Structures, *Proc. 10th Annual Conference of Computer Graphics and Interactive Techniques (SIGGRAPH 83)*, pp.115–125 (1983).
- [2] Myers, B.A.: The User Interface for Sapphire: A Screen Allocation Package Providing Helpful Icons and Rectangular Environments, *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol.4, No.12, pp.13–23 (1984).
- [3] Myers, B.A.: The importance of percent-done progress indicators for computer-human interfaces, *Proc. ACM Special Interest Group on Computer-Human Interaction (CHI'85)*, pp.11–17 (1985).
- [4] Harrison, C., Amento, B., Kuznetsov, S. and Bell, R.: Rethinking the Progress Bar, *Proc. Uthe 20th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST 2007)*, pp.115–118 (2007).
- [5] Harrison, C., Yeo, Z. and Hudson, S.E.: Faster Progress Bars: Manipulating Perceived Duration with Visual Augmentations, *Proc. 28th ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI2010)*, pp.1545–1548 (2010).
- [6] Hamada, K., Yoshida, K., Ohnishi, L. and Koppen, M.: Color Effect on Subjective Perception of Progress Bars Speed, *Proc. 3rd IEEE International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems (IN-CoS2011)*, pp.863–866 (2011).
- [7] Ohtsubo, M. and Yoshida, K.: How does shape of progress bar effect on time evaluation, *Proc. 6th International Conference on Intelligent Networking and Col-*

laborative Systems (INCoS2014), pp.316-319 (2014).

[8] Kim, K. and Xiong, S.: The Effect of Video Loading Symbol on Waiting Time Perception, *Proc. 6th International Conference on Design, User Experience and Usability (DUXU2017)*, pp.105-114 (2017).

[9] Soon, W.: Microtemporality: At The Time When Loading-in-progress, *Proc. 22nd International Symposium on Electronic Art (ISEA2016)*, pp.209-215 (2016).

[10] Soon, W.: Throbber: Executing Micro-temporal Streams, *Computational Culture*, No.7 (2019).

[11] Oshima, H., Komatsu, T. and Yamada, S.: How Throbber Components Affect Users' Perception of Waiting Time, *Proc. 22nd International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services (MobileHCI 2020)*, No.5, pp.1-6 (2020).

[12] 田山忠行: 経験される時間と想起される時間の主観的印象, 北海道大学文学研究科紀要, Vol.102, pp.91-105 (2000).

[13] 一川 誠: 大人の時間はなぜ短いのか, 集英社新書 (2008).

[14] ビエール・ジャネ: 記憶の進化と時間概念 (1928).

[15] Buffardi, L.: Factors affecting the filled-duration illusion in the auditory, tactual, and visual modalities, *Perception & Psychophysics*, Vol.10, pp.292-294 (1971).

[16] 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, No.2, pp.212-220 (2007).

[17] Bielen, F. and Demoulin, N.: Waiting Time Influence on the Satisfaction-Loyalty Relationship in Services, *Managing Service Quality: An International Journal*, Vol.17, No.2, pp.174-193 (2007).

[18] Krishnan, S.S. and Sitaraman, R.K.: Video Stream Quality Impacts Viewer Behavior: Inferring Causality using Quasi-Experimental Designs, *IEEE/ACM Trans. Networking*, Vol.21, No.6, pp.2001-2014 (2013).

[19] Ghafurian, M. and Reitter, D.: Impatience, Risk Propensity and Rationality in Timing Games, *Proc. 36th Annual Meeting of the Cognitive Science Society (CogSci 2014)*, pp.2841-2846 (2014).

[20] O'Donnell, P. and Draper, S.W.: How Machine Delays Change User Strategies, *ACM SIGCHI Bulletin*, Vol.28, No.2, pp.39-42 (1996).

[21] Vitale, F., Mcgrenere, J., Tabard, A., Beaudouin-Lafon, M. and Mackay, W.E.: High Costs and Small Benefits: A Field Study of How Users Experience Operating System Upgrades, *Proc. 35th ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI2017)*, pp.4242-4253 (2017).

[22] Ghafurian, M. and Reitter, D.: Impatience Induced by Waiting: An Effect Moderated by the Speed of Countdowns, *Proc. 24th International Workshop on Deep-Inelastic Scattering and Related Subjects (DIS16)*, pp.556-564 (2016).

[23] Szameitat, A.J., Rummel, J., Szameitat, D.P. and Sterr, A.: Behavioral and Emotional Consequences of Brief Delays in Human Computer Interaction, *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol.67, No.7, pp.561-570 (2009).

[24] Hohenstein, J., Khan, H., Canfield, K., Tung, S. and Cano, R.P.: Shorter Wait Times: The Effects of Various Loading Screens on Perceived Performance, *Proc. 34th ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI2016)*, pp.3084-3090 (2016).

[25] Hurter, C., Girouard, A., Riche, N. and Plaisant, C.: Active Progress Bars: Facilitating the Switch to Temporary Activities, *Proc. 29th ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI2011)*, pp.1963-1968

(2011).

[26] Oshima, H., Koizumi, T. and Tsujiuchi, N.: Sensory Assessment of Loudspeakers Considering Multiple Factors, *Journal of Environment and Engineering*, Vol.4, No.1, pp.78-88 (2009).



大島 寛斗

1998年生。2020年明治大学総合数理学部卒業。現在、同大学大学院先端数理科学研究科博士前期課程在学中。人工物とのインタラクションにおけるユーザの主観的体感時間に関する研究に従事。



小松 孝徳 (正会員)

1974年生。2003年東京大学大学院総合文化研究科修了。博士(学術)。2003年公立ほこだて未来大学システム情報科学部助手。2007年信州大学ファイバーナノテク国際若手研究者育成拠点助教, 2012年信州大学繊維学部准教授, 2013年明治大学総合数理学部准教授, 2018年より同教授。人間の認知科学的な特性に着目しながら, 人間と人工物とのインタラクションを考察する研究に従事。日本認知科学会, 人工知能学会, 日本学生相談学会, ACM各会員。



山田 誠二 (正会員)

1960年生。1984年大阪大学基礎工学部卒業。1986年大阪大学大学院基礎工学研究科修士課程修了。1989年同博士課程修了。工学博士。1989年大阪大学基礎工学部助手。1991年大阪大学産業科学研究所講師。1996年東京工業大学大学院総合理工学研究科助教授。2002年国立情報学研究所教授・総合研究大学院大学教授。ヒューマンエージェントインタラクションHAI, インタラクティブAIの研究に従事。AAAI, ACM, IEEE, 人工知能学会各会員。