

卒業論文 2021 年度（令和 3 年度）

# 脈波を使った時系列 UX 評価手法に関する研究

慶應義塾大学 環境情報学部

佐々木 雄司

全世界インタフェースデザイン (増井研究会)

2022 年 1 月



## 脈波を使った時系列 UX 評価手法に関する研究

### 論文要旨

人々にとって身近なサービスがオンライン化されるにつれ、誰にとっても使いやすいシステムを設計する重要性が指摘されている。近年では、機能性よりもむしろ使いやすさや体験を広告する製品も見られ、UX の向上がビジネスに直結する課題となっている。使いやすいシステムを設計するには、実ユーザに対するユーザテストによって UX を評価し、製品の改善に繋げるサイクルが重要である。さらに、子供から高齢者まで利用者層が広がることで想定すべきユーザの種類は多くなりユーザテストはより困難になる。そもそも、UX 評価を行っているソフトウェア開発企業は少なく、行っていたとしても評価した結果が製品の改善に繋がっているケースがほとんど無いと言われている。

そこで本研究では、現在は大規模な開発でしか行われていないユーザテストの導入ハードルを下げ普及させるために、UX 評価や統計処理についての専門的な知識が無くても容易にユーザテストを行いシステムの問題点を発見できるようにするシステムの開発を行った。テストユーザの行動や生理的反応に基づく評価指標は確立された手法が無いため普及していないものの、分析の自動化と相性が良いため手法さえ確立できれば容易なユーザテスト手法になり得る。そこで簡便であり高精度に測定できる可能性のある、指尖容積脈波のカオス揺らぎからストレスを測定する技術を応用し、新たな UX 指標を提案し有用性を明らかにした。

また、UX の概念では時間変化を考慮することが重要である。これまでに黒須の UX グラフなど UX の時間変化を記述する方法が提案されてきたが、使用前、使用后、習熟後までの数週間から数ヶ月レベルの期間で大まかに示すものだった。本研究では、シーケンシャルにデータを取得できる生理的反応を指標として採用することでシステム使用中の数分から数時間程度の間の変化を記録し可視化するシステムを開発し有効性を明らかにした。

### キーワード

UX, 脈波, UI, ユーザテスト, ユーザビリティ, 人間中心設計



## **Studies on the UX Evaluation Method Using Pulse Waves**

### **Summary**

As more and more services become online, the importance of designing user-friendly systems has been pointed out. In recent years, some products advertise UX rather than functionality, and improving UX has become an issue directly related to business. In order to design a user-friendly system, it is important to evaluate UX through user testing on real users, and to use this cycle to improve the product. Furthermore, as the range of users expands from children to the elderly, the number of user types increases, making user testing more difficult. To begin with, it is said that few software development companies conduct UX evaluation, and even if they do, there are few cases where the evaluation results lead to product improvement.

Therefore, in order to familiarize user testing, which is currently only conducted in large-scale effect, we developed a system that enables users to easily conduct user testing and find problems in the system without any specialized knowledge of UX evaluation or statistics. Although evaluation metrics based on the physiological reactions of test users are not widely used because there is no established method, they have the potential of the easy way because they are compatible with the automation of analysis. Therefore, we proposed a new UX evaluation method using a technology to measure stress from chaotic fluctuations of the volumetric pulse wave of a fingertip, which is simple and can be measured with high accuracy and clarified its usefulness.

In addition, it is important to consider the time variation in the concept of UX. Some methods have been proposed to describe the temporal change of UX, such as Kurosu's UX graph, but they show the time period roughly from a few weeks to a few months. In this study, we developed a system to record and visualize the changes from a few minutes to a few hours during using a system by adopting physiological responses, which can be obtained sequentially, as an index and clarified its effectiveness.

### **Keywords**

User Experience, Pulse Wave, User Interface, User Test, Usability, Human Centered Design

Faculty of Environment and Information Studies  
Keio University

Sasaki, Yuji



# 目 次

<b>第 1 章</b>	<b>序論</b>	<b>1</b>
1.1	背景 . . . . .	1
1.2	目的 . . . . .	4
1.3	本論文の構成 . . . . .	5
<b>第 2 章</b>	<b>関連研究と諸概念の整理</b>	<b>7</b>
2.1	ユーザビリティ . . . . .	7
2.2	UX . . . . .	8
2.2.1	時間相 . . . . .	9
2.3	満足性 . . . . .	9
2.4	UX メトリクス . . . . .	9
2.5	指尖容積脈波 . . . . .	9
2.6	問題の所在 . . . . .	9
2.6.1	生理メトリクスの測定手法 . . . . .	9
2.6.2	UX の時間変化の可視化 . . . . .	9
2.6.3	指尖容積脈波の UX 評価への応用 . . . . .	9
<b>第 3 章</b>	<b>満足性評価のための指尖容積脈波によるストレス指標の提案</b>	<b>11</b>
3.1	ストレス指標 . . . . .	11
3.1.1	自律神経バランス (ANB) . . . . .	11
3.1.2	最大リヤプノフ指数 (LLE) . . . . .	11
3.2	ストレス指標とヒューリスティック評価の関連性 . . . . .	11
3.2.1	実験方法と対象 . . . . .	11
3.2.2	結果と考察 . . . . .	11
<b>第 4 章</b>	<b>時系列ユーザビリティ評価システムの提案</b>	<b>13</b>
4.1	評価システムの設計・開発 . . . . .	13
4.1.1	時系列ストレスグラフ . . . . .	13
4.1.2	観察ビデオとのマッピング . . . . .	13
4.2	評価システムの有効性についての実験 . . . . .	13
4.2.1	対象と手続き . . . . .	13
4.2.2	結果と考察 . . . . .	13

<b>第 5 章 結論</b>	<b>15</b>
5.1 満足性評価のための指標の提案 . . . . .	15
5.2 評価システムの提案 . . . . .	15
5.3 今後の課題 . . . . .	15
<b>謝辞</b>	<b>16</b>
<b>参考文献</b>	<b>18</b>
<b>付 録 A 付録</b>	<b>21</b>



## 図 目 次

1.1	黒須の品質特性図 画像入れ直すこと . . . . .	3
2.1	SQuaRE を基にした JIS X 25010:2013 の品質モデル 画像入れ直すこと . .	8
3.1	実験マテリアル: 数字の表示画面 . . . . .	12
3.2	実験マテリアル: 数字の読込中画面 . . . . .	12
3.3	Lyspect での分析画面 . . . . .	12
4.1	実験マテリアル: テンキー . . . . .	13
4.2	実験マテリアル: ドラッグ . . . . .	13

## 表 目 次

# 第1章 序論

## 1.1 背景

近年、一般市民にとって身近なサービス機能がオンライン化されるにつれ、ソフトウェアのユーザビリティの重要性が認識されるようになってきている [1]。総務省の情報通信白書によると 2020 年までに世界のモバイル向けアプリ市場は売上高で 1,924 億ドルとなっており、今後も拡大が予測されている。これらの市場はモバイルゲームが牽引してきたが、今後はそれに加えて学習や翻訳、健康管理、SNS などのアプリケーションも成長が見込まれている [2]。これらはいずれも消費者向けのサービスであり、業務用サービスに比べ習熟を求めることができず利用者数も多くなる傾向にある。このようなモバイル向けアプリ市場ではデザインや使い勝手が製品の購買の決め手になるためユーザビリティがより重要になる。近年では、機能だけではなく、むしろ使いやすさのコンセプトを全面に押し出して製品を広告したり、製品やブランドの魅力として使いやすさを訴える企業が増えている [3]。家電メーカーの Balmuda 社長の寺尾は次のように述べており、機能性よりも製品から受ける体験を重視した製品を目指している。

現代を生きる私たちは、家電や携帯電話、クルマなど、さまざまな便利な道具に囲まれて暮らしています。しかし、便利であればそれで良いのでしょうか？ 人生に本当に必要なのは、驚きや感動、うれしくなるような体験なのだと思います [4]。

また、個人のアプリ利用者の年齢層が年々広がっており、幅広い年齢層にとって使いやすいサービス設計が必要になってきている。インターネットの利用率を年代別に見ると平成 19 年末時点で 6-12 歳が 68.7%、50-59 歳が 81.2%、60-64 歳が 63.0%、65-69 歳が 36.9% だったのに対し、令和 2 年では 6-12 歳が 80.7%、50-59 歳が 94.7%、60-69 歳が 82.7% と利用者数の伸びが顕著である [5][6]。利用者の年齢層が広がることで嗜好や身体の状態、前提知識に大きな幅が生まれることが考えられる。サービス開発者には様々な利用者を想定して設計することが求められ、ユーザビリティの高いデザインの開発がより困難になる。

ユーザビリティについては古くから検討されており、シャッケル [7] はユーティリティを高めることと同程度にユーザビリティを高めることが重要であると主張している。ユーティリティは機能性 (functionality) とも言い換えられ、「機能があっても使いにくいコンピュータ」に対して「使いこなせるか」ということを示すためにユーザビリティの概念を提唱した [1]。その後、ユーザビリティは体系化され、ISO/IEC 25000(別名 SQuaRE) の規格の中に取り込まれ、ソフトウェアの品質基準のひとつとなっている。

ニールセンのユーザビリティエンジニアリング原論ではユーザビリティに配慮した開発では次の工程が例として挙げられている [8].

1. ユーザー調査
2. 競合製品との比較分析
3. パラレルデザイン
4. ユーザー参加型デザイン
5. トータルインタフェースのコーディネートデザイン
6. ガイドライン・ヒューリスティック評価
7. プロトタイピング
8. インタフェース評価
9. 反復デザイン
10. インストールしたシステムのフォローアップ調査

この工程では、実際の開発であるプロトタイピングの前にヒューリスティック評価、その後インタフェース評価とフォローアップ調査と3つのポイントでユーザビリティ評価を行っている。このように、ユーザビリティの高いシステムを開発するには、ヒューリスティクス（経験則）に基づいてユーザビリティを検討しデザインするのに加え、実際に開発したシステムのインタフェースのユーザビリティを評価し、修正する反復的な作業が必要になる。さらに、システムの導入後も調査を行い、さらに反復的に改善していくことが重要である。

ユーザビリティの評価では、ユーザに直接使用させて評価することは欠かすことができない重要な工程である。ニールセンのヒューリスティック評価 [9] では、多くのユーザが共通して使いやすいと感じるであろう項目を挙げ、それらを満たしたシステムを開発することでユーザビリティの向上を目指している。しかし、この手法では適用できる範囲に限界があるだけでなく、そもそもユーザの多様性を考慮して設計することができない。ここでの多様性とは、障害者や高齢者というだけでなく、年齢や性別などの特性、嗜好や価値観などの指向性、精神状態や物理的環境などユーザのあらゆる違いを含んでいる [10]。これらのユーザそれぞれがシステムの利用に際して起こることについてはヒューリスティクスでは網羅できていない。そこで、製品のターゲットとなるユーザを被験者として集め、実際にシステムを操作してもらうユーザテストが行われる。

ユーザテストでは、ユーザビリティに関連する様々な指標を測定することでユーザビリティを評価する。測定手法はパフォーマンスメトリクス、自己申告メトリクス、行動・生理メトリクスに分類することができる [3]。パフォーマンスメトリクスとは、タスク成功率、タスク時間、エラー頻度、効率、学習可能性などで、定量的に計測できるため測定が容易である。自己申告メトリクスはリッカート尺度による質問紙や自由記述などのアンケートであり

一般的に行われている。行動・生理メトリクスは、言語行動と非言語行動を観察したりセンサー等を用いて観測するものである。具体的にはビデオの録画や筋電位センサー、アイトラッキング、皮膚伝導率、心拍数などが指標として使われている [3]。これらの測定手法は、複数の手法を組み合わせることで補完的に活用していく必要がある。

近年、UX が話題になっていることに代表されるように、ユーザの主観的側面が注目されており、ユーザテストへの導入も検討されている。前述の測定手法では、自己申告メトリクスと行動・生理メトリクスが主観的側面に注目した手法といえる。Jordan は前述の機能性とユーザビリティに加えて“嬉しさ”の重要性を述べており、ユーザは機能がありユーザビリティが満たされると嬉しさを要求すると述べている [11]。黒須は ISO/IEC 25010:2011 の品質特性の図を改良し図 1.1 のような品質特性図を提案している [12]。この中では、設計品質を UI、利用品質を UX と便宜上分けており、さらに利用品質の中に定量的に測定可能な客観的利用品質と直接測定できない主観的利用品質を置いている。利用品質のうち、客観的利用品質についてはパフォーマンスメトリクスといった手法で測定が可能になっており、主観的利用品質については自己申告メトリクスや行動・生理メトリクスが活用できる。自己申告メトリクスだけではユーザが全てを申告できなかったりバイアスがかかりやすいことから十分とはいえず、行動・生理メトリクスなど他の測定手法を併用する必要がある。しかし、ユーザの主観を正確に測定する方法は様々なものが提案されているものの一般に普及しているとはいえない。

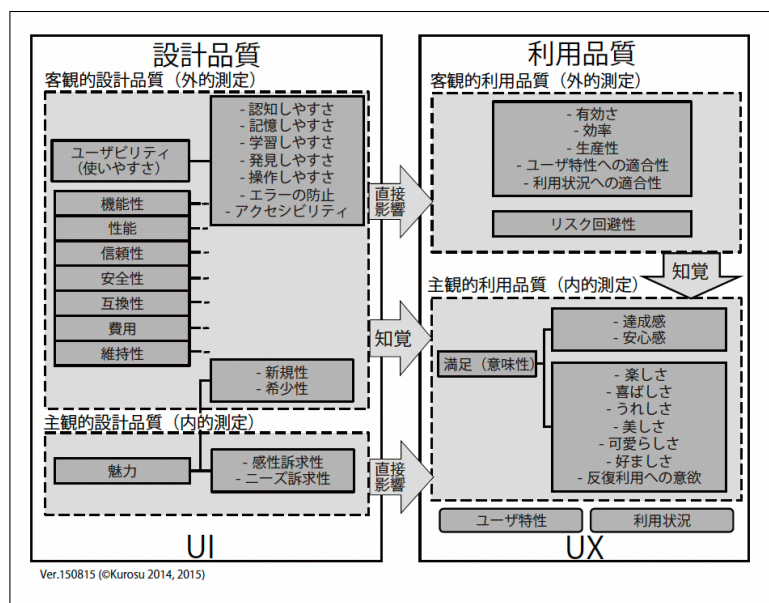


図 1.1: 黒須の品質特性図 画像入れ直すこと

このように、ユーザビリティ及び UX の評価はユーザにとって使いやすいシステムの開発に不可欠なものであり、その評価手法は定着しているもの、定着していないものを含めて様々に存在しているが、実際の開発では UX の評価は大規模な消費者向けサービスを除いてほとんど行われていないか、行われていても改善に役立てられていないのが現状である。黒

須 [1] は,

著者が企業における実態を調べると、そもそも UX 調査を実施していることが稀というほど少なく、さらに実施していても、それを担当した部署と企画や分析を担当する部署との間の連携が取れておらず、せっかく取得した実利用に関する情報が企画やユーザ理解にもとづく具体化に役に立っていないことがわかった。

と述べている。実ユーザの体験を調査せずにユーザの満足性が高いシステムを開発することはできないため、小規模の開発でも UX 評価を行えるようにする必要がある。

また、UX はユーザ毎に異なるだけでなく、使用前、使用中、習熟後などのステージや折々の出来事によって変化するため、変化を考慮して評価する必要がある [1]。黒須はこのような UX の変化を記述、視覚化するために UX グラフ [12] を提案している。この UX グラフはユーザが製品を数週間から数ヶ月といった長期間にわたって使用した体験を、縦に満足性、横を時間軸にしてカーブで表すものである。一方で、システムを使用している数分間から 1 時間程度の期間の変化についてはユーザに変化を記述させることが難しく UX グラフは使われていない。しかし、UX の概念では、時間軸の変化は重要な要素であり、短期間の使用時であってもそれを評価する方法が必要であると考えられる。

以上のことから、(1) 現在は大規模な開発でしか行われていないユーザテストの導入ハードルを下げ普及させること、(2) UX の重要な部分である満足性を測定する簡便な手法を開発すること、(3)(2) で測定した満足性から UX の時間変化を記録し可視化する手法を開発することが求められる。

## 1.2 目的

本研究では (1) 現在は大規模な開発でしか行われていないユーザテストの導入ハードルを下げ普及させるために、UX 評価や統計処理についての専門的な知識が無くても容易にユーザテストを行いシステムの問題点を発見できるようにするシステムの開発を目指す。行動・生理メトリクスは確立された手法が無い場合普及していないものの、分析の自動化と相性が良いため手法さえ確立できれば容易なユーザテスト手法になり得る。ユーザビリティテストでは、被験者は笑ったりそわそわしたり調査票に記入するよりもはるかに多くの行動を行うがそれらを記録することでより情報量の大きいデータを入手可能になる [3]。そこで、(2) 及び (3) の手法を用いて統合的な分析システムを開発する。

(2) 満足性を測定する新たな簡便な手法として、指尖容積脈波でストレスを測定する手法の満足性評価への応用を提案する。行動・生理メトリクスは満足性と考えられ、これまでも皮膚伝導率や心拍数を用いてストレスで満足性を評価する手法が提案されてきた。指尖容積脈波は、カオス解析することで鬱やパーキンソン病の診断に活用できる可能性が指摘されている [13][14]。さらに、同様の解析により精神状態を測定できる可能性 [15] が指摘されていることから、従来の皮膚伝導率や心拍数などのシンプルな方法よりも高精度な

ストレス測定が期待できる。また、脳波を用いてストレスを測定しユーザビリティを評価する手法 [16] も提案されているが、装置が大がかりになるために導入にコストがかかったり、測定器を装着すること自体がストレスになる可能性がある。そのため、耳朶に装着する小型のセンサーで指尖容積脈波を取得しストレスを測定、満足性を評価する方法を提案する。これに基づき、指尖容積脈波を解析して得たストレス指標と従来のユーザビリティ指標の関係を示した。

短期間の UX 変化を黒須の UX グラフで表記させることは難しいが、指尖容積脈波から得られるストレス指標のような生理メトリクスであればシーケンシャルであるため (3) 使用中の UX の時間変化を記録し可視化することが可能になる。指尖容積脈波を解析しストレスを算出するシステムである Lyspect[17] では、ストレス指標の時系列変化を出力することができなかった。そこで指尖容積脈波をリアルタイムで取得し、解析して得られるストレス変化を時系列グラフで表示するシステムを開発した。そして、開発したシステムの有効性を示した。

### 1.3 本論文の構成

本論文の構成を示す。

第 1 章では本研究の背景について述べた。第 2 章では関連研究と諸概念を整理する。第 3 章では脈波によるストレスチェックを応用したユーザビリティ評価手法を提案し、第 3 章ではそれを発展させた時系列ユーザビリティ評価手法を提案する。そして、それらの有効性を示す。最後に、第 5 章の結論では本研究を総括し、考察と展望を述べる。付録として、本研究で行った実験で得られたデータを添付する。





## 第2章 関連研究と諸概念の整理

### 2.1 ユーザビリティ

英単語としての usability は use(使う)+able(できる)+ity(こと) から構成されており、「使うのに便利で実用的な」という意味で 14 世紀から使われていた [18][1]. しかし、概念としてのユーザビリティがアカデミアで取り上げられるようになったきっかけはコンピュータの登場と普及だった [1]. コンピュータはトレーニングを受けた専門家が使用するものとして作られたが、一般への普及が図られるなかで使いやすさを検討する必要性が出てきたのだと考えられる.

シャッケルによると彼以前にミラーやベネットがユーザビリティに言及しているが、彼らはユーザビリティを「使いやすさ (ease of use)」とほぼ同義として扱っていた [7][1]. ニールセンは、ユーザビリティを複数の要素の上位概念であるとし、下位概念として学習可能性 (Learnability), Efficiency(効率性), Memorability(記憶のしやすさ), Errors (エラー), Satisfaction(満足度) を挙げている [19].

国際規格としてユーザビリティが定義されたのは ISO9241 シリーズ「人間とシステムの相互作用の人間工学 (Ergonomics of Human-System Interaction)」であり、ISO9241-11:1998 ではユーザビリティを「特定のユーザーが、特定の使用状況において、特定の目標を達成するために、製品を有効、効率的かつ満足に使用できる度合い. (Extent to which a product can be used by specified users to achieve specified goals with effectiveness, efficiency and satisfaction in a specified context of use.)」と定義している. この定義は ISO の関係者やベヴァンらが普及活動に力を入れた結果標準としての地位を獲得するにいたった [1]. この定義は現在でも一般の技術者に浸透していると考えられる. しかし黒須は、客観的に計測可能な有効性や効率性と主観的なものである満足性を同列に扱うことについて疑問を呈しており、有効かつ効率的であれば満足性が上がるため満足性はより上位の概念であると主張している [1].

ISO/IEC9126-1:2001 や ISO/IEC25010:2011 SQuaRE(System and Software Quality Requirements and Evaluation) では体系化が進められており、ユーザビリティが品質モデルの一部に組み込まれた形となっている. SQuaRE では、図 2.1 のように品質モデルが製品品質モデルと利用時の品質モデルに分けられており、ユーザビリティは製品品質の下位概念に位置づけられている. そして、有効性、効率性、満足性は利用時の品質の中に置かれている.

SQuaRE の改訂では、設計上の品質である製品品質とユーザが使用した際のユーザにとっての品質である利用時の品質とに分けた点が重要である. 人間の思い通り予想通りに動いてくれるシステムを設計しようとする人間中心設計 [10] の考え方の普及などにより、設計時に

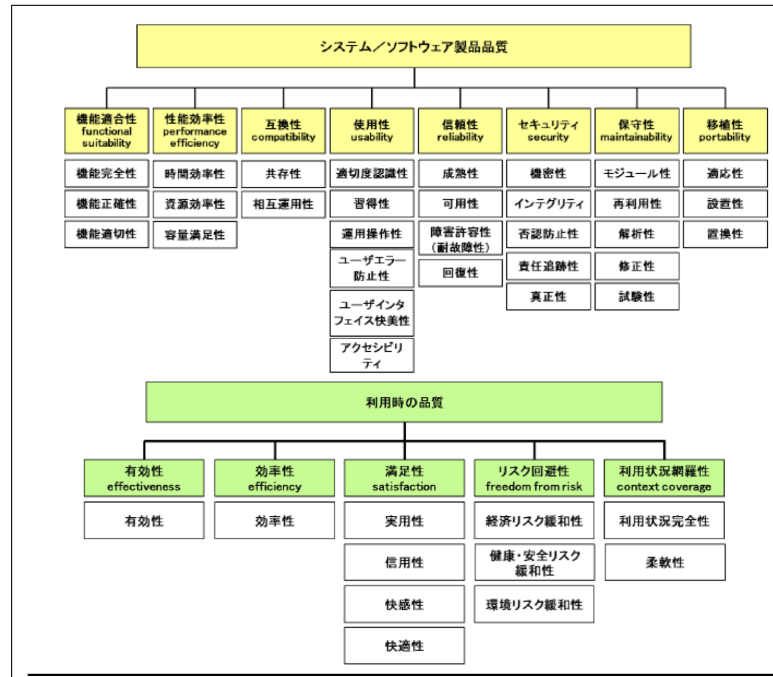


図 2.1: SQuaRE を基にした JIS X 25010:2013 の品質モデル 画像入れ直すこと

ユーザの存在をこれまで以上に重要視する動きの中でユーザの利用時に特に注目する必要があると考えられる。この考え方は後述の UX の概念に関わっており、一方でユーザビリティはユーザに目を向けたものではなく製品設計レベルの概念だということになる。

本研究では、ユーザがシステム利用時にどのような生理的反応を見せるかということに注目しており、SQuaRE の定義でいうところの利用時の品質やその下位概念の満足性を測定することを目指しているといえる。第 1 章では、ニールセンのヒューリスティック評価はユーザや利用シーンの多様性を考慮しておらず不十分であると述べた。確かにニールセン自身が定義したユーザビリティには満足度が含まれていたためにユーザによってユーザビリティが異なることが考えられた。しかし SQuaRE の定義では、ユーザビリティは実ユーザの存在から離れ特定ユーザ・特定の使用状況・特定の目的において満たされていればよく、ニールセンのヒューリスティック評価が有効になると考えられる。一方、本研究で扱うユーザテストでは、ユーザに目が向けられており、SQuaRE の定義におけるユーザビリティという概念は当てはめることができない。そこで、SQuaRE の利用時の品質などの概念を拡張した概念である UX について検討する。なお、本論文ではユーザビリティという用語は基本的に使用せず、使用する場合は「使いやすさ」という一般的な意味でのみ使用する。

## 2.2 UX

UX 白書では [20].

### 2.2.1 時間相

## 2.3 満足性

## 2.4 UX メトリクス

ユーザテストでは、パフォーマンスメトリクスや自己申告メトリクス，行動・生理メトリクスを組み合わせる評価が必要であると前に述べた。パフォーマンスメトリクスでは全ての部分を評価することはできないため，問題がありそうな部分や変更を加えようとする一部分のみを切り出して測定することになる。しかし，この計画立案についてもコストが高くなるため小規模な開発では実施が難しい。

## 2.5 指尖容積脈波

## 2.6 問題の所在

### 2.6.1 生理メトリクスの測定手法

### 2.6.2 UX の時間変化の可視化

### 2.6.3 指尖容積脈波の UX 評価への応用



## 第3章 満足性評価のための指尖容積脈波によるストレス指標の提案

本章では，指尖容積脈波によるストレス指標と従来の評価手法の関連を把握するために行った実験について述べる．まず，提案する指標について述べた上で実験の内容と結果について述べる．

### 3.1 ストレス指標

#### 3.1.1 自律神経バランス (ANB)

#### 3.1.2 最大リヤブノフ指数 (LLE)

### 3.2 ストレス指標とヒューリスティック評価の関連性

#### 3.2.1 実験方法と対象

#### 3.2.2 結果と考察

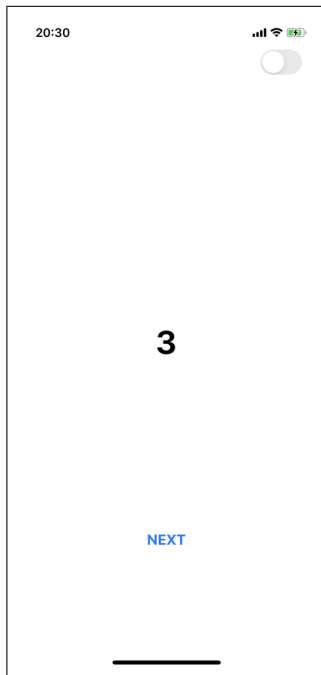


図 3.1: 実験マテリアル: 数字の表示画面

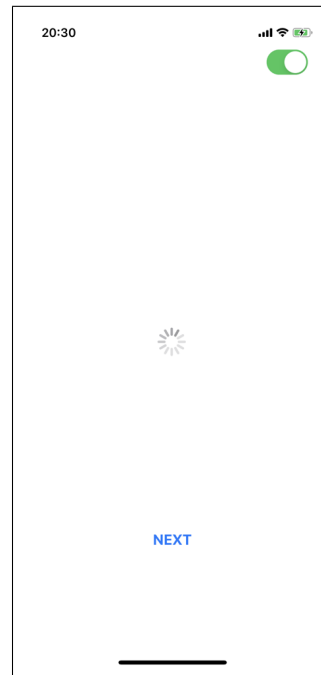


図 3.2: 実験マテリアル: 数字の読込中画面

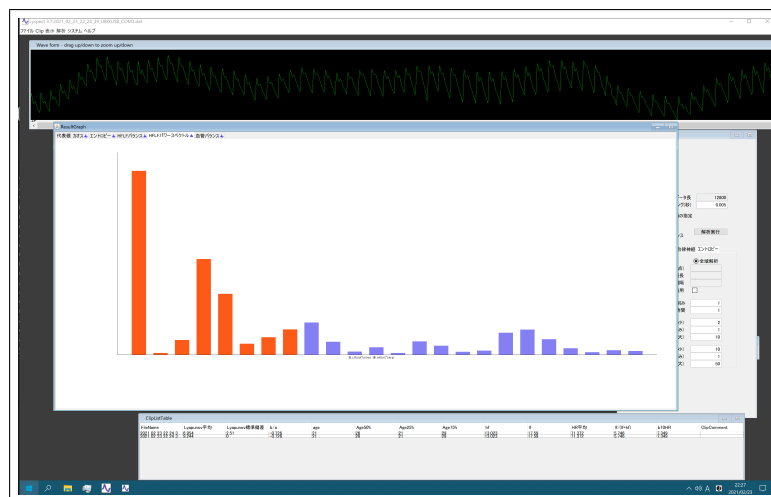


図 3.3: Lyspect での分析画面

## 第4章 時系列ユーザビリティ評価システムの提案

### 4.1 評価システムの設計・開発

#### 4.1.1 時系列ストレスグラフ

#### 4.1.2 観察ビデオとのマッピング

### 4.2 評価システムの有効性についての実験

#### 4.2.1 対象と手続き

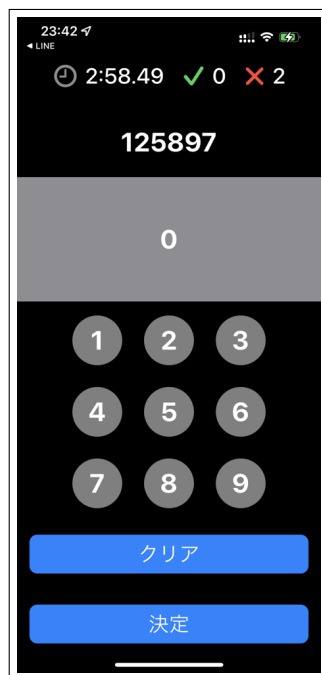


図 4.1: 実験マテリアル: テンキー

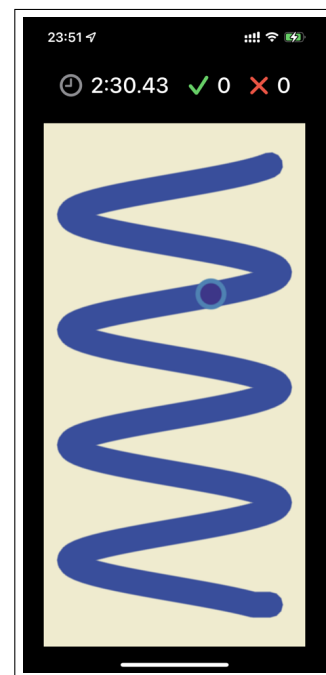


図 4.2: 実験マテリアル: ドラッグ

#### 4.2.2 結果と考察





## 第5章 結論

### 5.1 満足性評価のための指標の提案

### 5.2 評価システムの提案

### 5.3 今後の課題



## 謝辞

本研究は，孫正義育英財団の支援を受けて実施されたものです。



## 参考文献

- [1] 黒須正明. UX 原論：ユーザビリティから UX へ. 近代科学社, 2020.
- [2] 総務省. 令和 3 年版情報通信白書. <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r03/html/XXXXXX.html>.
- [3] T.S. Tullis, W. Albert, ソシオメディア. ユーザーエクスペリエンスの測定: UX メトリクスの理論と実践. 情報デザインシリーズ. 東京電機大学出版局, 2014.
- [4] Balmuda. バルミューダについて. <https://www.balmuda.com/jp/about/>.
- [5] 総務省. 令和 2 年通信利用動向調査. [https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/data/210618\\_1.pdf](https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/data/210618_1.pdf).
- [6] 総務省. 平成 20 年通信利用動向調査. [https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/data/090407\\_1.pdf](https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/data/090407_1.pdf).
- [7] Brian Shackel and Simon J Richardson. *Human factors for informatics usability*. Cambridge university press, 1991.
- [8] ニールセンヤコブ. ユーザビリティエンジニアリング原論: ユーザーのためのインタフェースデザイン. 情報デザインシリーズ. 東京電機大学出版局, 2002.
- [9] Jakob Nielsen and Rolf Molich. Heuristic evaluation of user interfaces. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '90, p. 249–256, New York, NY, USA, 1990. Association for Computing Machinery.
- [10] 人間中心設計の基礎. HCD ライブラリー. 近代科学社, 2013.
- [11] Patrick W Jordan. *Designing pleasurable products: An introduction to the new human factors*. CRC press, 2000.
- [12] 正明黒須. Ux の概念—プラクティス論文としての解説—. デジタルプラクティス, Vol. 6, No. 4, pp. 249–254, oct 2015.
- [13] Tuan D. Pham, Truong Cong Thang, Mayumi Oyama-Higa, Hoc X. Nguyen, Saji Hameed, and Masahide Sugiyama. Chaos and nonlinear time-series analysis of finger pulse waves for depression detection. In Sergio Alvarez, Jordi Solé-Casals, Ana L. N.

- Fred, and Hugo Gamboa, editors, *BIOSIGNALS 2013 - Proceedings of the International Conference on Bio-inspired Systems and Signal Processing, Barcelona, Spain, 11-14 February, 2013*, pp. 298–301. SciTePress, 2013.
- [14] Mayumi Oyama-Higa, Tokihiko Niwa, Wenbiao Wang, and Yoshifumi Kawanabe. Identifying characteristic physiological patterns of parkinson’s disease sufferers using sample entropy of pulse waves. In Reyer Zwiggelaar, Hugo Gamboa, Ana L. N. Fred, and Sergi Bermúdez i Badia, editors, *Proceedings of the 11th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies (BIOSTEC 2018) - Volume 5: HEALTHINF, Funchal, Madeira, Portugal, January 19-21, 2018*, pp. 189–196. SciTePress, 2018.
- [15] Shun Arai, Kazuhisa Ohira, Niwat Thepvilojanapong, Nobuji Tetsutani, Yoshito Tobe, Mayumi Oyama-Higa, and Yoshikatsu Ohta. A design of software adaptive to estimated user’s mental state using pulse wave analysis. In *Ninth International Conference on Networked Sensing, INSS 2012, Antwerp, Belgium, June 11-14, 2012*, pp. 1–4. IEEE, 2012.
- [16] Vagner do Amaral, Leonardo A. Ferreira, Plinio T. Aquino, and Maria Claudia F. de Castro. Eeg signal classification in usability experiments. In *2013 ISSNIP Biosignals and Biorobotics Conference: Biosignals and Robotics for Better and Safer Living (BRC)*, pp. 1–5, 2013.
- [17] Mayumi Oyama-Higa, Tiejun Miao, Shigeo Kaizu, and Junji Kojima. Mental health self-check system using “lyspect”. In *Proceedings of Sixth International Symposium on e-Health Services and Technologies and the Third International Conference on Green IT Solutions*, pp. 9–18, 2012.
- [18] akrasia, n.
- [19] J. Nielsen. *Usability Engineering*. Interactive Technologies. Elsevier Science, 1994.
- [20] Virpi Roto, Effie Lai-Chong Law, Arnold Vermeeren, and Jettie Hoonhout. 10373 Abstracts Collection – Demarcating User eXperience. In Jettie Hoonhout, Effie Lai-Chong Law, Virpi Roto, and Arnold Vermeeren, editors, *Demarcating User eXperience*, No. 10373 in Dagstuhl Seminar Proceedings, Dagstuhl, Germany, 2011. Schloss Dagstuhl - Leibniz-Zentrum fuer Informatik, Germany.

## 付 録 A 付録