

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月31日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21510162

研究課題名（和文） ワークロード指標を用いたユーザビリティ評価に関する研究

研究課題名（英文） A Study on Usability Evaluation by Mental WorkLoad Index

## 研究代表者

辛島 光彦 (Karashima Mitsuhiko)

東海大学・情報通信学部・教授

研究者番号：90264936

## 研究成果の概要（和文）：

本研究は、製品や Web サイト、システムなどの利用品質のうちの精神的に要する努力の程度に相当する効率性を直接的にかつ定量的に評価できる指標として、メンタルワークロード指標に着目した。3つのユーザビリティテスト実験を通じて、この効率性の客観的・定量的な評価指標となり得るメンタルワークロード指標について検討した。実験の結果、統制呼吸下の呼吸データから得られる予測的呼吸率が、この効率性を評価するための客観的、定量的な指標となり得ることが示唆された。

## 研究成果の概要（英文）：

This research was focused on the mental workload index as the measure for the efficiency relating to mental effort, which was a component of usability. The effective mental workload index as the objective and quantitative measure for the efficiency was discussed through three usability tests experiments.

From the results of these experiments it was suggested that the ratio of the pre-stimulus respiration to all respiration under the controlled respiration could be the effective index as the objective and quantitative measure for the efficiency.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2010年度	200,000	60,000	260,000
2011年度	200,000	60,000	260,000
総計	1,900,000	570,000	2,470,000

## 研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・(2201-A)社会システム工学・安全システム

キーワード：利用品質、効率性、ワークロード、NASA-TLX、時間評価、統制呼吸、予測的呼吸率、ユーザビリティテスト

## 1. 研究開始当初の背景

近年組込み製品やソフトウェア、Webサイトの品質概念の1つとして利用品質(quality in use)が注目されている。この利用品質とはユーザの視点からの製品に対する品質を指しており、いわゆるビッグユーザビリティの

概念と同義である。具体的には ISO9241-11によると「特定の利用者が特定の利用状況の下で特定の目的を有効に、効率よく、利用者が満足して達成できるための製品の能力」と定義されている。この利用品質を確保するためには、ISO13407(現 ISO9241-210)に定義

されているような人間中心設計プロセスを製品設計プロセスに導入することが求められる。

この人間中心設計プロセスでは、

- (1) 当該製品のユーザ層の特定及び利用状況の把握を行い、
- (2) その利用状況を基に製品に対する要求仕様を求め、
- (3) その要求仕様を満たす設計案を案出し、
- (4) 設計案の妥当性についてユーザが評価を行うことが必要であり、

これらの4つのプロセスをユーザ参加の形で繰り返し行うことが有効であるとされている。これらの4つのプロセスに対しては、(1)のプロセスについては、エスノメソッドロジカルなアプローチが有効であることが指摘されている。また(2)のプロセスでは、Carroll(1995)らが提案するシナリオ設計法、黒須(2005)らが提案するマイクロシナリオ法等が提案されている。(3)のプロセスにおいては、ペーパープロトタイプに代表されるプロトタイプを用いたユーザビリティ評価の有効性が指摘されている。またこれらの(1)から(3)のプロセスを統合したプロセス管理法としてコンテクスチュアルデザインメソッド(2005)が挙げられる。

ところで(3)、(4)のプロセスにおいては、手法によらずプロトタイプあるいは完成品に対するユーザビリティ評価が必要である。このユーザビリティ評価には、専門家による評価、シナリオウォークスルー法とユーザを用いたユーザビリティテストによる評価が存在するが、一般的には各企業に必ずしも専門家が存在するわけではないことから、ユーザを用いたユーザビリティテストを行う場合が多い。このユーザビリティテストは、ペルソナ・シナリオ法が一般的であり、ユーザに製品を用いて実施すべきタスクをシナリオという形で提供し、ユーザはシナリオの主人公になったつもりでタスクを行うというものである。このユーザビリティテストにおいて、ユーザが製品を用いてタスクを実施した際の状況を評価することによって、製品のユーザビリティを評価するのが一般的である。

このユーザビリティテストにおける利用品質の評価には、ISO9241-11における有効性(ユーザが指定された目標を達成する上での正確さと完全さ)を評価する指標として、タスク達成率等のタスクパフォーマンスが、満足度(不快さの無いこと、及び製品仕様に対する肯定的な態度)を評価する指標として、アンケート調査等による主観評価が用いられることが一般的であり、これらの指標によりある程度定量的な評価がなされている。

ところで、ISO9241-11における効率性(ユーザが指定された目標を達成する際の正確さと完全さに費やされた資源)は、ユーザが

タスクを実施する際に必要とされた身体的、精神的に要する努力、時間、物質的あるいは経済的コストの程度を意味しており、このうちを身体的、精神的に要する努力の程度に相当する効率性を定量的に評価する指標として、タスク達成時間が用いられている。しかしタスク達成時間は一部条件が異なる場合の製品比較においてのみに用いることのできる指標であり、身体的、精神的に要する努力の程度を直接的に評価しているものではない。またこの効率性を評価する指標としてユーザ行動観察記録も用いられるが、これは定性的な評価にとどまり、身体的、精神的に要する努力の程度を定量的に評価することはできない。このように身体的、精神的に要する努力の程度に相当する効率性を直接的に定量的に評価できる指標が十分に整備されていないのが現状である。

## 2. 研究の目的

申請者は、この身体的、精神的に要する努力の程度に相当する効率性を一種のワークロードと捉え、このうち精神的に要する努力の程度に相当する効率性をメンタルワークロードと捉えることができると考え、この効率性を評価することが出来る指標には、メンタルワークロードを評価する指標を適用できる可能性が高いと考えている。

そこで本研究においては、ユーザビリティテストにおいて評価される利用品質のうちの精神的に要する努力の程度に相当する効率性を直接的にかつ定量的に評価できる指標として、メンタルワークロード評価指標を取り上げ、ユーザビリティテストを用いた検討を通じて、ユーザビリティテストの際の効率性の客観的・定量的な評価指標となり得る指標を提案することを目的とした。

## 3. 研究の方法

精神的に要する努力の程度を比較的容易に表すことのできるメンタルワークロードの主観評価指標を用いて、メンタルワークロード評価指標が精神的に要する努力の程度に相当する効率性を定量的に評価することが可能であることをユーザビリティテストを通じて検討し、示していく。

次にメンタルワークロードを表す代表的な客観的な指標を取り上げ、客観的な指標によってもこの効率性を定量的に評価できるか否かをユーザビリティテストを通じて検討し、ユーザビリティテストの際のこの効率性の評価指標となり得る客観的・定量的な指標を提案していく。

具体的には下記の3つのユーザビリティテストによる実験を通じて研究を進めた。

- (1) メンタルワークロードの主観評価指標(NASA-TLX)による地方自治体サイトの

### ユーザビリティ評価実験

被験者が予めユーザビリティの高低が明らかかな Web サイトを用いてタスクを行った際のメンタルワークロードを、主観的評価指標を用いて評価することにより、メンタルワークロードの主観的評価指標が Web サイトのユーザビリティの効率性の高低を評価できるか否かを検討した。

- ① 被験者：自治体サイトを利用したことのない 21～22 歳の男子大学生 16 名、自治体サイトに精通した男子大学生 3 名 (22 歳)
- ② 実験方法：NPO 法人人間中心設計推進機構主催の 2008 年度地方自治体サイトのユーザビリティ評価 (引越し部門) にて上位にランクされたユーザビリティの高い地方自治体 4 サイト (高サイト群) と、ランク外 4 サイト (低サイト群) を用いて、被験者に引越しに関わる 8 種の異なるタスクをシナリオに従い遂行させた。自治体サイトを利用したことのない 16 名の被験者にはタスク毎に異なるサイトを用いて遂行させた。各被験者に対する 8 サイト 8 タスクの組み合わせは、グレコラテン方格法を用いて割り当てた。

それぞれのタスク遂行後、タスク遂行時のメンタルワークロードを被験者に NASA-TLX (簡便法) を用いて評価させた。

また自治体サイトに精通した 3 名の被験者には 8 サイト全てに対して、8 タスクを遂行させた。

- ③ 測定項目：  
タスク達成時間  
NASA-TLX

### (2) 時間評価指標による地方自治体サイトのユーザビリティ評価実験

被験者が予めユーザビリティの高低が明らかかな Web サイトを用いてタスクを行った際のメンタルワークロードを、時間評価指標を用いて評価することにより、認知的ワークロードの主観的評価指標である時間評価指標が Web サイトのユーザビリティの効率性の高低を評価できるか否かを検討した。

- ① 被験者：自治体サイトを利用したことのない 21～30 歳の男子大学生 16 名、自治体サイトに精通した男子大学生 4 名 (22, 23 歳)
- ② 実験方法：自治体サイトを利用したことのない各被験者に、時間評価の基準を求めるために、20、30、40 秒という 3 時程を体験させ、それぞれ体験した時程を再生法により時間評価させた。

次に NPO 法人人間中心設計推進機構主催の地方自治体サイトのユーザビリティ評価 (引越し部門) にて 3 年間上位に

ランクされたユーザビリティの高い地方自治体サイト (高サイト) と、一度もランクされたことのないサイト (低サイト) を用いて、被験者に引越しに関わる 2 種の異なるタスク (タスク 1：粗大ごみの出し方調査、タスク 2：国民健康保険の登録方法調査) をシナリオに従い遂行させた。被験者 16 名には 8 名ずつどちらか一方のサイトを割り当て、割り当てられたサイトを用いて被験者間でタスクの実施順序のカウンターバランスを取った上で両タスクを遂行させた。

それぞれのタスク遂行後タスク遂行に要した時間を再生法により被験者に時間評価させた。また時間評価後、タスク遂行時のメンタルワークロードを被験者に NASA-TLX (簡便法) を用いて評価させた。

また自治体サイトに精通した 4 名の被験者にはサイト、タスクの実施順序のカウンターバランスを取った上で、両サイトを用いて両タスクを遂行させた。

- ③ 測定項目：  
タスク達成時間、  
NASA-TLX、  
評価時間：ストップウォッチのデジタル表示部を目隠しした状態で、体験した時程をスタート、ストップスイッチを押すことにより再現する再生法より再生された時間

### (3) 統制呼吸における予測的呼吸率による地方自治体サイトのユーザビリティ評価実験

被験者が予めユーザビリティの高低が明らかかな Web サイトを用いて、統制呼吸を行いながらタスクを行った際のメンタルワークロードを、予測的呼吸率を用いて評価することにより、時間評価の概念を応用した認知的ワークロードの客観的、定量的評価指標である統制呼吸における予測的呼吸率が Web サイトのユーザビリティの効率性の高低を評価できるか否かを検討した。

- ① 被験者：自治体サイトを利用したことのない 19～26 歳の男子大学生 16 名
- ② 実験方法：統制呼吸の呼吸間隔を設定するため、各被験者に 5 分間の自発呼吸を行わせた。各被験者にこの自発呼吸により得られた平均呼吸間隔で発生するビーブ音に合わせて呼吸を行わせる統制呼吸を 5 分間行わせた。この統制呼吸の後、統制呼吸のメンタルワークロードを被験者に NASA-TLX (簡便法) を用いて評価させた。

次に (2) と同様のユーザビリティの異なる 2 つの地方自治体サイトを用いて、被験者に引越しに関わる 2 種の異なるタ

スク（タスク 1：粗大ごみの出し方調査、タスク 2：国民健康保険の登録方法調査）をシナリオに従い遂行させた。その際に前述同様の平均呼吸間隔で発生するピープ音に合わせた統制呼吸を同時に被験者に課した。またタスク遂行後、タスク遂行時のメンタルワークロードを被験者に NASA-TLX（簡便法）を用いて評価させた。

- ③ 測定項目：  
 タスク達成時間、  
 NASA-TLX、  
 予測的呼吸率：ピープ音に合わせた統制呼吸のうち、ピープ音を聞いた後に呼気を行った呼吸を反応的呼吸、それ以外の場合を予測的呼吸とした。総呼吸数に対する予測的呼吸数の割合を予測的呼吸率とした。

#### 4. 研究成果

- (1) メンタルワークロードの主観評価指標 (NASA-TLX) による地方自治体サイトのユーザビリティ評価実験

実験の結果、図 1, 2 に示すように NASA-TLX の総合的メンタルワークロード評価

(TLX-AWWL) の尺度値、及び下位尺度である精神的要求の評価 (TLX-MD) の尺度値、身体的要求の評価 (TLX-PD) の尺度値が、高サイト群では低サイト群と比較しタスクによらず有意に小さくなることが示された。

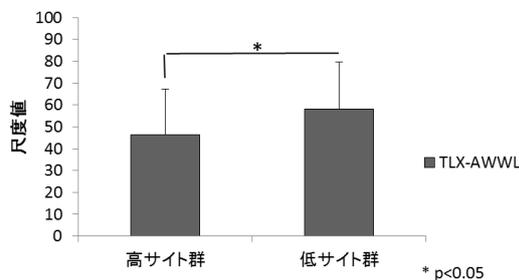


図 1. NASA-TLX(TLX-AWWL)

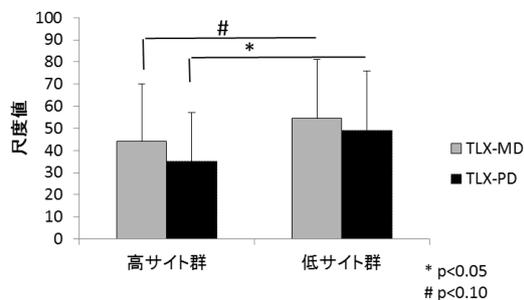


図 2. NASA-TLX(TLX-MD, TLX-PD)

一方、既存の効率性の指標として用いられるタスク達成時間、NEM 値（精通者のタスク達成時間に対する初心者のタスク達成時間の比率）には、高サイト群と低サイト群の間

に有意な差は見られなかった。しかし TLX-AWWL 値とタスク達成時間 ( $r=0.62$ ,  $p<0.01$ ) 及び NEM 値 ( $r=0.55$ ,  $p<0.01$ ) との間にはそれぞれ相関が示された。

これらの結果のように NASA-TLX は既存の効率性の指標と相関を示し、かつ既存の指標には現れなかった高低サイト群間の差異を表したことから、ユーザビリティテストの際の効率性を定量的に評価できることが示唆され、ユーザビリティテストの際の効率性の定量的な評価指標となり得ることが示された。

- (2) 時間評価指標による地方自治体サイトのユーザビリティ評価実験

時間評価指標として、体験した時呈/評価時間を評価時間率とし、タスク遂行時の評価時間率を、基準とした 3 時程 (20, 30, 40 秒) の評価時間率の平均で除した比率 (以下、タスク時間評価比率) を求めた。なお評価時間率が大きいほど、時呈体験中の実際の時間経過よりも心理的な時間経過が遅いことを意味している。このことは評価時間率が大きいほど、脳内での時間情報処理がスムーズに行えていないことを示唆しており、認知的ワークロードが高いことを示唆している。このことからタスク時間評価比率が大きいほど、タスク遂行の際の認知的ワークロードが高いことを示唆している。

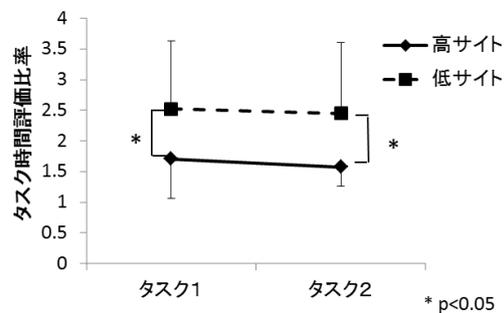


図 3. タスク時間評価比率

実験の結果、図 3 に示すようにタスク時間評価比率はタスクの種類によらず低サイトの場合には高サイトと比較し有意に高くなることが示された。このことからタスクによらず低サイトの場合には高サイトと比較し被験者の認知的ワークロードが高いことが示唆された。

図 4～6 に示すように、既存の効率性の評価指標として用いられるタスク達成時間、NEM 値、及び(1)の結果に示されたように効率性の評価指標として活用できると確認された TLX-AWWL 値は、低サイトの場合には高サイトと比較し有意に高くなることが示された。このことからユーザビリティの効率性の指標は高サイトが低サイトと比較し、タスク

によらず効率性が高いことを示唆している。  
 これらの結果のように時間評価指標は、既存の効率性の評価指標と同様に高低サイト間の差異を表したことから、ユーザビリティテストの際の効率性を定量的に評価できることが示唆され、ユーザビリティテストの際の効率性の定量的な評価指標となり得ることが示された。

(3) 統制呼吸における予測的呼吸率による  
 地方自治体サイトのユーザビリティ評価実験  
 タスク遂行時の予測的呼吸率を5分間の統

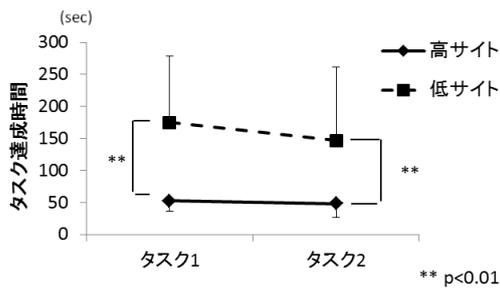


図 4. タスク達成時間

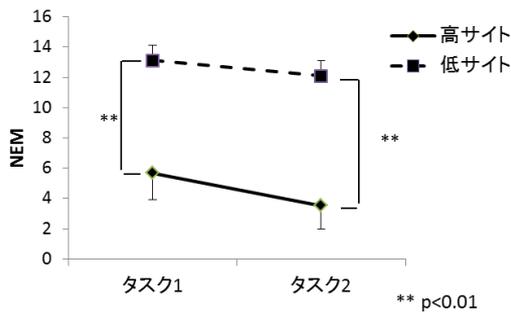


図 5. NEM

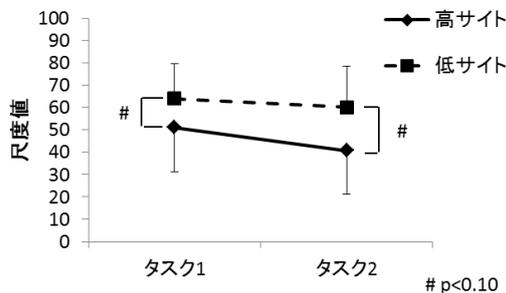


図 6. NASA-TLX(TLX-AWWL)

制呼吸のみの予測的呼吸率で除した比率(以下、タスク予測的呼吸比率)を求めた。前述のように予測的呼吸率は総呼吸数に対する予測的呼吸数の割合を意味している。統制呼

吸においては、時呈体験中の実際の時間経過よりも心理的な時間経過が遅いほど、被験者はピープ音に合わせ呼吸をしているつもりでも、心理的な時間経過が遅いために、ピープ音のタイミングにおいてもまだその時間に到達していないと感じ、ピープ音を聞いてから呼吸を行う反応的呼吸が多くなり、予測的呼吸率が小さくなることが知られている。即ち予測的呼吸率が小さいほど、時呈体験中の実際の時間経過よりも心理的な時間経過が遅いことを意味している。このことは予測的呼吸率が小さいほど、脳内での時間情報処理がスムーズに行えていないことを示唆しており、認知的ワークロードが高いことを示唆している。このことからタスク予測的呼吸比率が小さいほど、タスク遂行の際の認知的ワークロードが高いことを示唆している。

実験の結果、図7に示すようにタスク予測的呼吸比率はタスクの種類によらず低サイトの場合には高サイトと比較し有意に小さくなることが示された。このことからタスクによらず低サイトの場合には高サイトと比較し被験者の認知的ワークロードが高いことが示唆された。

図8, 9に示すように、既存の効率性の評価指標として用いられるタスク達成時間及び統制呼吸のみの TLX-AWWL 値に対するタス

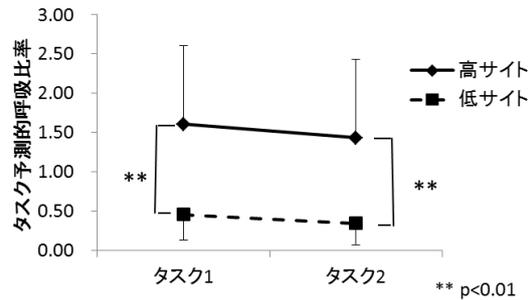


図 7. タスク予測的呼吸比率

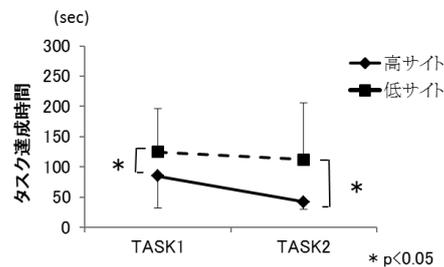


図 8. タスク達成時間

ク時の TLX-AWWL 値の比 (TLX-AWWL 比) は、低サイトの場合には高サイトと比較し有意に高くなることが示された。このことからユ

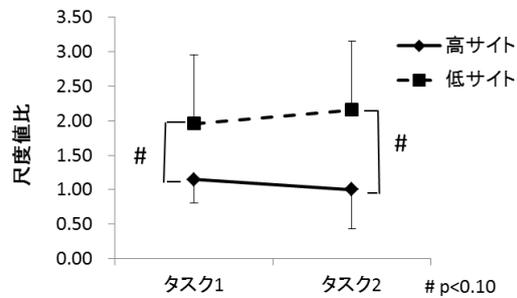


図 9. NASA-TLX(TLX-AWWL 比)

ユーザビリティの効率性の指標は高サイトが低サイトと比較し、タスクによらず効率性が高いことを示唆している。

これらの結果のように予測的呼吸率は既存の効率性の評価指標と同様に高低サイト間の差異を表したことから、ユーザビリティテストの際の効率性を定量的に評価できることが示唆され、ユーザビリティテストの際の効率性の客観的、定量的な評価指標となり得ることが示された。

#### (4) まとめ

本研究では3つのユーザビリティテストによる実験を通じて、メンタルワークロードの評価指標が利用品質のうちの精神的に要する努力の程度に相当する効率性を定量的に評価することが可能であるか否かについて検討した。

その結果認知的ワークロードを客観的、定量的に評価できる統制呼吸における予測的呼吸率が、この効率性を定量的に評価できる指標であることが示唆された。

以上のことから本研究の成果として、認知的ワークロードを客観的、定量的に評価できる統制呼吸における予測的呼吸率が、ユーザビリティテストの際の利用品質のうちの精神的に要する努力の程度に相当する効率性の客観的、定量的な評価指標となり得る指標であることが示された。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① K. Suzuki, M. Karashima, H. Nishiguchi, A Study on the Time Estimation Measurement for Web Usability Evaluation, Design, User Experience, and Usability (LNCS 6770), Abstract review, 2011, pp. 53-56

[学会発表] (計2件)

- ① 鈴木啓示、辛島光彦、西口宏美、Web ユーザビリティの時間評価研究、2010年度第2回HCD-net研究発表会、NPO法人人間中心設計推進機構、2010年12月15日、産業技術大学院大学 秋葉原キャン

パス

- ② 鈴木啓示、辛島光彦、西口宏美、ユーザビリティ評価指標としての時間評価指標の有効性に関する研究、日本人間工学会関東支部第40回大会、2010年12月4日、東海大学高輪校舎

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

辛島 光彦 (KARASHIMA MITSUHIKO)

東海大学・情報通信学部・教授

研究者番号：90264936