

ユーザビリティ指標化の研究(1) —認知負荷定量化の提案—

A Study on Usability Indices(1) —A Proposal for Quantification of User's Cognitive Load—

岡城 純孝†
Sumitaka Okajo横溝 あずさ†
Azusa Yokomizo池上 輝哉†
Teruya Ikegami福住 伸一†
Shin'ichi Fukuzumi

1. はじめに

筆者らは、システムの品質や開発目標を客観的かつ具体的に示すため、ユーザビリティ(=使いやすさ)の指標化および定量化の研究を行っている。ユーザビリティは人間の印象や感覚に依るところが大きく、普遍的かつ厳密に定義することは困難である。しかし、システム開発における顧客の要求品質の明確化や開発メンバー間での実現品質の共有化、あるいはシステムの適切な分析や評価のためには、複数のシステム間で共通する「ユーザビリティの軸」としての指標とその尺度が必要である。

これまでヒューマンインタフェースにおけるユーザビリティとして、効率性や快適性が重視されてきた。しかし、今後は効率性や快適性だけでなく、安全性や信頼性も重要となってくる。特に、航空管制システムや運用管理システムなどわずかなミスが大きな問題となる可能性がある分野ではヒューマンエラーの観点からのユーザビリティ指標化/定量化が不可欠である。そのため、筆者らはヒューマンエラー低減に向けて、効率との関係[1]や認知負荷の研究に取り組んでいる。

本稿では、特に認知負荷に着目し、大量かつ複雑な情報を扱うシステムにおいて認知負荷が問題となっていることを示し、システムの画面情報および操作情報からユーザの認知負荷を定量化する方式を提案する。

2. ヒューマンエラーと認知負荷

ヒューマンエラーとは、「一連の行為における、ある許容限界を超える行為、すなわち、システムによって規定された許容範囲を逸脱する行為」と定義されている[2]。一方、認知負荷は、人がどれだけ活発に働いているかを示す指標である作業負荷の中で「精神的負荷のうち、人間の認知に関わるもの」と位置づけられる。従来、ヒューマンエラーの直接的な原因や背景要因を明らかにするため様々な観点からヒューマンエラーの分類方式が考えられてきたが、その1つに人間の情報処理過程に基づいた分類方式がある[3]。筆者らはこの分類方式を参考に、知覚、認知、判断、操作の観点からなる質問項目を作成し、ある監視系システムのユーザ約80名を対象にアンケートを実施した。その結果、表示の色、位置、配置、大きさに起因するエラー未遂事例など知覚および認知の段階における問題が数多く報告された。これらは、UI画面を操作するユーザが引き起こすヒューマンエラーの大きな原因の1つとして認知負荷の問題があることを示している。

3. 認知負荷定量化

認知負荷定量化のコンセプトは、ある作業タスクを実行するためのUIの画面情報およびその操作情報を入力として、それら情報から取得可能な物理的特徴やユーザの

動作・処理内容から作業タスク実行時のユーザの認知負荷量の推定値を出力するものである。このとき、認知負荷を引き起こす要素(以下、認知負荷要素と呼ぶ)とその負荷量、およびそれらの組み合わせによる相互影響を評価する認知負荷推定モデルに基づき認知負荷量を推定する。出力結果としては、作業ステップごとの負荷量の変化や、認知負荷要素ごとの負荷量を提示する。これによって、システム設計段階で実験やユーザテストを行わずとも、安心して(確かめられた理論やモデルに基づいて)UI評価を行い、認知負荷量の変化や問題となる認知負荷要素を特定する(図1参照)。

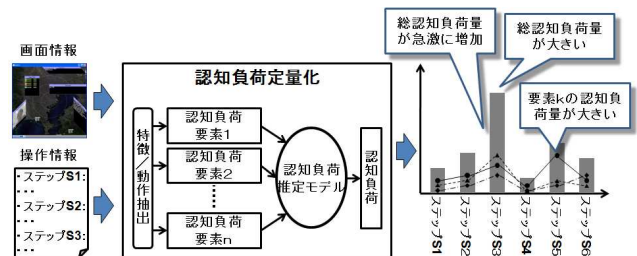


図1 認知負荷定量化の概略

認知負荷要素として、視覚負荷要素、聴覚負荷要素、操作負荷要素、周辺状況負荷要素を想定している。さらに、これら負荷要素はそれぞれ細分化した要素から構成される。例えば、視覚負荷要素として色相や明度や彩度などUI画面の配色に依存する配色負荷、聴覚負荷要素として音声メッセージの話速度に基づく聞き取りやすさに依存する音声負荷、操作負荷要素としてHickの法則に基づく選択肢負荷などがある(表1参照)。

表1 認知負荷要素

認知負荷	視覚負荷	形式
		配色 密度 ...
	聴覚負荷	音声 音高 ...
	操作負荷	操作時間 選択肢 ...
	周辺状況負荷	視覚環境(照明) 聴覚環境(雑音) ...

いま、簡単のために各負荷要素間の相互影響を考えず、負荷量は線形和で計算されるとすると、全体の認知負荷量は以下のような式で表される。

$$CL = \omega_v \cdot VCL + \omega_A \cdot ACL + \omega_O \cdot OCL + \omega_E \cdot ECL$$

†NEC サービスプラットフォーム研究所,
Service Platforms Research Laboratories, NEC Corporation

ここで、CLは認知負荷の総量、VCLは視覚負荷量、ACLは聴覚負荷量、OCLは操作負荷量、ECLは周辺環境負荷量を表す。また、 $\omega_V, \omega_A, \omega_O, \omega_E$ はそれぞれの負荷量の重みである。さらに、それぞれの負荷量は細分化された認知負荷要素から算出される。例えば、視覚負荷量VCLは以下のように表される。

$$VCL = \alpha \cdot VCL_m + \beta \cdot VCL_c + \gamma \cdot VCL_d$$

ここで、 VCL_m は形式負荷量、 VCL_c は配色負荷量、 VCL_d は密度負荷量を表す。また、 α, β, γ はそれぞれの負荷量の重みである。同様に、聴覚負荷量、操作負荷量、周辺状況負荷量も細分化された認知負荷要素から算出される。

細分化された個々の負荷量については、人間の生理学的反応をアルゴリズム化したり、物理的特徴を変化させた場合の実験結果から近似関数を求めるなどしてモデル化を進めていくことを考えている。

4. 視覚負荷に関する実験

従来、視覚に関しては誘目性の研究がある。複数のステップからなるUI操作が「部品の視覚探索→操作→システム応答」の繰り返しであるとすると、UI操作における視覚負荷とは「UI部品の視覚探索時に周辺の誘目性に逆らって操作対象部品を探索する困難度」とみなせる。つまり、他の部品に比べて操作対象部品の誘目度が大きい場合は視覚的注意を引きやすいため探索が容易となり視覚負荷は小さく、逆に他の部品に比べて操作対象部品の誘目度が小さい場合には視覚的注意を引きにくい場合探索が困難となり視覚負荷は大きくなる。

この仮説に基づき、UI操作を模擬した視覚探索タスクを被験者に行わせ、視覚的な妨害刺激の強弱がユーザの操作時間、エラー率、および認知負荷(NASA-TLX評価値)にどのような影響を及ぼすかを調べる実験を行った[4]。実験で用いた探索画像の例を図2に示す。



図2 探索画像の例

被験者は探索画像中に目標刺激(特定のアルファベット)が含まれるか否かを回答する。探索画像には、(1)目標刺激以外のアルファベットのみが妨害刺激となる「無」条件、(2)アルファベットに無関係な誘目性を持つ図形がランダムに配置された「弱」条件、(3)目標刺激以外のアルファベットに誘目性を持たせた「強」条件の3段階の刺激を設定した。その結果、概ね「無」、「弱」、「強」の順で操作時間、エラー率、認知負荷の値が増加した。さらに、妨害刺激「強」では「無」と比較して有意に操作時間、エラー率、認知負荷が増加していたが、

妨害刺激「弱」では「強」より有意に操作時間、エラー率が小さいにも関わらず認知負荷は「強」と有意な差はなく、特に「考える」、「見る」などの知覚的活動に関する負荷である「精神的欲求(Mental Demand)」のスコアについては「強」とほぼ同程度であった(図3参照)。つまり、「弱」の場合、効率低下やエラー増加として表面化していないが、被験者は「強」の場合と同程度の認知負荷を感じていたことがわかる。この結果は、「ユーザの認知負荷は相対的に小さな妨害でも敏感に増加しやすい」、「ユーザの視覚探索タスクに妨害となる視覚刺激が存在する場合、効率やエラー率が大きく悪化していかなくとも認知負荷も大きく増加していないとは言えない」ことを示唆している。

以上の結果から、探索対象以外の周辺の誘目度に応じて視覚負荷が増加するという上記の仮説の一部が実証された。また、操作時間やエラー率の評価や改善だけではヒューマンエラー低減には十分ではないことが明らかとなり、認知負荷定量化の必要性が示された。

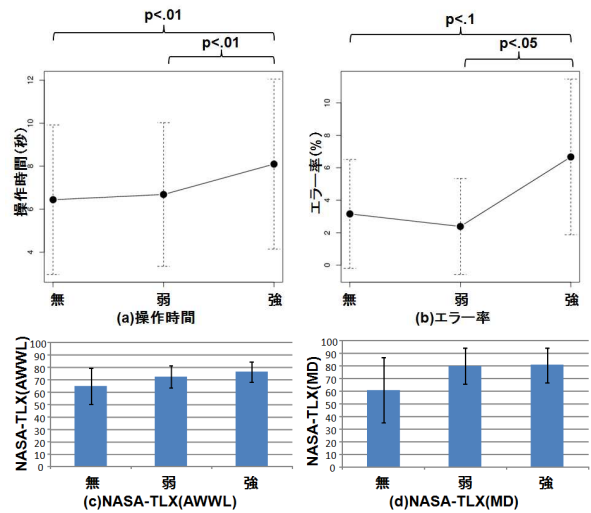


図3 実験結果

5. おわりに

本稿では、システムの画面情報および操作情報からユーザの認知負荷を定量化する方式を提案し、その一部について実証した。今後はまず、視覚刺激の条件を視覚負荷要素の種類やその強弱で細分化した実験を行い、視覚負荷モデルの構築を進めることを考えている。その後、聴覚負荷や操作負荷、周辺状況負荷のモデル化、およびそれらを統合したモデルの構築を行っていく予定である。

参考文献

[1]横溝,岡城,池上,岡田,福住:ユーザビリティ指標化の研究(1) 効率と低エラーの相関関係に関する一考察; FIT2011 (2011).
 [2]Swain, A.D. & Guttman, H.E.: Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Application, U.S.NRC-NUREG/CR-1278, April(1980).
 [3]石橋明, ヒューマンファクターとエラー対策, 保健医療科学, 第51巻4号, 2002.
 [4]岡城,横溝,池上,岡田,福住:視覚探索における妨害刺激が認知負荷に与える影響について; HI学会研究報告 Vol.13, No.1, pp.33-40 (2011).