

## 習熟のモデルと思考時間に着目した 習熟度指数の考察

7M-2

中村喜宏 加藤康之 満永 豊  
NTTアクセス網研究所

### 1. はじめに.

従来の定量的な習熟度指標としては、作業時間、工程数、誤り数などがあげられる。また、作業時間が短縮されていく過程をプロットした学習曲線が広く利用されている。しかし、これらの指標は非定型な作業に対応できない、実時間的な測定ができない、誤りの質に影響され正確性に欠ける等の問題点を抱えていた。一方、ユーザの好みやくせに適應するユーザインタフェースの個人適應の研究が行われているが、さらにユーザの使い勝手を向上させ知的な支援を行うにはユーザの習熟度や特性を利用して処理を行う必要があると考えられる。このような中で、ユーザの思考時間に着目した習熟度の定量化手法[1]は、作業時間や工程数などのような作業内容に直接依存する指数ではなく、ユーザの認知活動を基にした指数であるという特徴がある。本稿では、新たにオペレーションチャンキングによる操作の効率化という習熟過程のモデルを提案するとともに、認知的考察について述べる。

### 2. 習熟過程のモデル

あるアプリケーションソフトにおいて、ある目的をもった作業を行う場合、ユーザは一連の逐次的な操作を行うことにより処理を実行する。操作の終了から次の操作の開始までの時間を、操作の間隔時間と呼ぶことにする。図1に示すように、間隔時間はコンピュータの応答時間、ユーザの思考時間、及び、マウスの移動やキーボードまで手を移動するための移動時間からなる。しかし、応答時間や移動時間の間にも次の操作のための思考を行っていることもあり、その境界は明確でない。そのため、正確な思考時間を測定することは難しく、さらに、応答時間や移動時間は思考時間に比べて比較的短いので、間隔時間を測定することにする。

図2に習熟に伴う思考時間の変化のモデルを示す。説明を簡単にするために操作のための思考をほとんど必要とせず無意識に行えるようになった操作の思考時間を0と表す。図2aに示すように、初心者の思考時間は長くなり

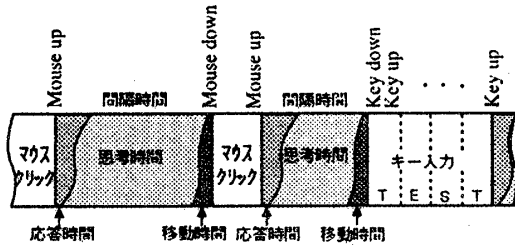


図1 操作の間隔時間

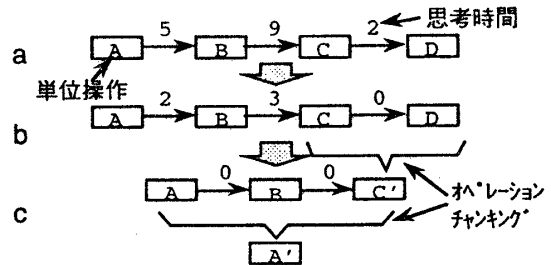


図2 思考時間の変化のモデル

ちで、思考時間の長いところと短いところのばらつきが大きいという特徴がある。習熟が進むとともに全体に思考時間が短くなり、操作Dのように初心者の時に比較的思考時間の短かった操作は思考時間が0に近く、無意識的に操作が行えるようになる。この状態をオペレーションチャンキングと呼び、操作Cと操作Dを新たに単位操作C'と表すことにする。更に習熟が進むと操作Aから操作B、操作Bから操作Cの思考時間も0となり、オペレーションチャンキングによって全体として単位操作A'となる。このように習熟が進むとともに全体に思考時間が短くなり、部分的に思考時間が0の一連の操作系列が現れてくる。これを操作の効率化と呼ぶことにする。つまり、初心者の時は操作の間隔時間のばらつきが非常に大きいですが、習熟が進むに従って、操作の効率化によって間隔時間のばらつきが小さくなり、熟練するとはほぼ一定のテンポで操作を行うようになると考えられる。以上のことから、操作の間隔時間の分散が習熟度指数として有効であると考えられる。

### 3. 実験

2.の習熟過程のモデルを、被験者実験を行い検証した。

#### 3.1 実験方法

イベントデータの収集はNeXTワークステーションのプレゼンテーション用クラスNXJornalerの機能を応用し全てのイベント情報を収集するツールを作成し行った。実験課題として作図ソフトAdobe Illustrator (以下A.I.)を採用し、そのチュートリアルから操作の重複の少ない3つを選択した。さらにアプリケーションの違いによる結果への影響を検討するために表計算ソフトLotus Improv (以下L.I.)を用いる実験も行った。対象とするアプリケーションに対して経験のない被験者5名に対して、初めに基本操作と実験課題についての説明を行い、続いて被験者自身で繰り返し作業を行ってもらった形式をとった。また、短期記憶の影響をなくすために実験は1日1回と、操作間隔の経日変化を記録した。実験を観察していた実験者によって、被験者の習熟度を5段階に主観評価し記録した。

#### 3.2 実験結果

図3aに、被験者U1のA.I.を用いた実験1回目の間隔時間の分布を示す。この分布はいろいろな要因による分布の山が重なりあって形成されていると考えられる。この分

A Skill Acquisition Model and Study of Skill Level Index Number Based on User's Thinking Time

Yoshihiro Nakamura, Yasuyuki Kato, Yutaka Mitsunaga  
NTT Access Network Systems Laboratories  
Tokai-Mura, Naka-Gun, Ibaraki-Ken, 319-11, Japan

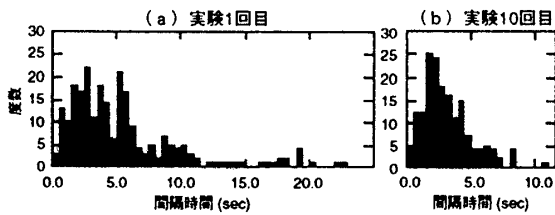


図3 操作の間隔時間の分布

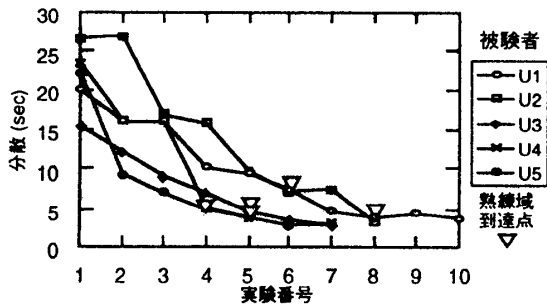


図4 分散の変化 (A.I.)

布は非常にばらつきが大きいことがわかる。図3 bに同じ被験者U1の実験10回目の操作間隔時間の分布を示す。これは実験者が熟練域に達したと判断したときのものである。このときの分布は $\psi$ 分布 [2] に近い形を示し、ばらつきが小さい。この結果は、操作の間隔時間の分布の分散が習熟度指数となるという2. で述べた習熟のモデルと一致する。

図4に、5名の被験者の実験ごとの分散の変化を示す。全ての被験者について、実験とともに操作間隔の分布の分散が減少しているのがわかる。この値は、実験者から見た主観的な習熟度とよく一致している。また、熟練したときの分散の値にあまり個人差が見られないのも特筆すべき点である。L.I.を用いた実験でも同様の結果となり、アプリケーションに対する依存性は認められなかった。

4. 考察

4.1 習熟度指数の比較

本節では、提案する習熟度指数と実験者からみた主観的な習熟度を定量的に比較する。さらに、従来の代表的な習熟度指数である作業時間との比較も行う。

図5 aに、各々の習熟度指数と実験者の主観値との相関係数の比較を示す。提案する習熟度指数は、A.I., L.I.を用いた実験双方とも、相関係数が高く、主観値とよく一致していることがわかる。作業時間は、わずかの差で提案する習熟度指数に続いている。工程数は、相関がかなり低い。図5 bに、作業時間と各習熟度指数の相関係数の比較を示す。提案する習熟度指数は、A.I., L.I.を用いた実験で、相

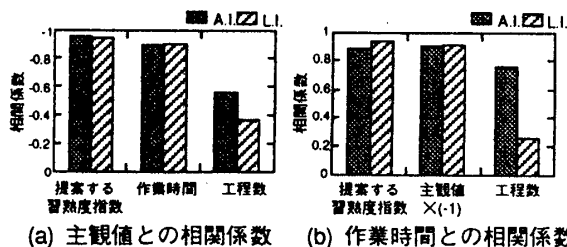


図5 提案する習熟度指数と各習熟度指数の比較

関がさきの主観値との相関には劣るが、かなり高いことがわかる。工程数は、主観値との相関と同様に、結果にばらつきがみられ、表計算ソフトL.I.のときの相関がかなり低いのがわかる。以上のことから、提案する習熟度が、最もよく実験者の主観的な習熟度を表しており、一般的な習熟度指数である作業時間との相関がかなり高く、習熟度指数として有効であるという結果を得た。

5.2 習熟過程の認知的考察

一般に、習熟の過程には幾つかの階層的なレベルが存在するように思われる。ここでは、Rasmussenのオペレータモデル [3] を参考に、習熟の過程を三種類のレベル、すなわち、スキルレベル、ルールレベル、ナレッジレベルに分類することにする。スキルレベルは、ユーザが特に意識することなく、自動的に行えるものをいい、反射的に動作が行われるものをいう。すなわち、無意識的に行われるマウス操作やキーボード操作などの身体的慣れに関するもので、例えば、無駄のないスムーズなマウスの移動やクリック、キーボード入力など、システムの操作系に関する習熟をいう。ルールレベルは、得られた情報から何が起きているかを認識し、その認識状態に対応した操作を行うもので、状態とそのときとるべき操作の対応が事前にわかっているものをいう。つまり、事前に得られたルールを駆使してあるゴールを実現するものをいい、ルールの獲得と、得られた情報から状態を認識する部分、その認識状態に対応するルールを選択する部分に関する習熟をいう。ナレッジレベルは、さらに高度なもので未経験の事態に対して手探りでなんとかうまく事態を切り抜ける解を探すような場合を想定している。このときは、ルールベースの振る舞いのような過去の経験から得られたルールも存在せず、オペレータのもつメンタルモデルを最大限利用して、試行錯誤でやってみることになる。すなわち、メンタルモデル形成能力、知識の運用能力などの高度な認知活動に関する習熟をいう。習熟度は本来、これらのレベルを総合した指標であると考えられる。習熟過程の各レベルについては、初心者の頃はルールベースの習熟が大きな割合を占め、経験を積みにしたがって、スキルベースやナレッジベースの習熟が進むと考えられる。しかし、本手法ではこのような個々の習熟のレベルの割合を測定することはできず、今後の検討課題である。

5. むすび

習熟過程のモデルとしてオペレーションチャンキングによる操作の効率化を提案するとともに、被験者実験の結果を基に検討を行った。提案する習熟度指数は、工程数や作業時間のように作業内容に直接依存した指数を用ず、ユーザの認知活動を基にした指数なので、非定型な課題にも対応でき、一定時間のイベントデータを連続して収集することによって作業中に実時間的に習熟度を測定できる能力をもつ。

今後の課題としては、現実的非定型な作業に対する実時間的な習熟度の測定方法の確立を行うと共に、習熟の階層的なレベルについてさらに詳しく検討を行う必要がある。

【参考文献】

[1] 中村喜宏, 加藤康之, 満永豊 “ユーザ適応型インタフェースのための動的熟練度判定法法的一般性の検討”, 情処第49回会大, IU-08, 1994.  
 [2] 木村泉, 船川正充, “ワープロ利用者の思考時間に関する統計的モデルの精密化”, 情処学日本語文書処理研報, 14-4, 1987.  
 [3] J. Rasmussen, “Skills, Rules, Knowledge: signals, signs and symbols and other distinctions in human performance models”, IEEE Trans. on SMC, SMC-13, 3, pp.257-267, (1983).