

## INTERFACE DESIGN FOR ACCELERATOR BASED ON USER PARTICIPATORY DESIGN

Makoto Takahashi, Masato Nagakura, Shigeo Matsuyama, Masanori Fujisawa, Masaharu Kitamura  
 Tohoku University

6-6-01-2 Aramaki-aza-Aoba, Aoba-ku, Sendai 980-8579

### Abstract

In this paper, the process of interface design evaluation and improvement has been performed based on the user requirements and the operational history record comparatively. The prototype interface for the control of Micro-Beam-Line system has been taken as an example. It has been shown through the several month of revision process and the detailed analysis that the characteristics of each method has become obvious. The advantage of adopting the design improvement based on the operational history record has been validated.

### ユーザ参加型設計に基づく加速器インタフェースの設計

#### 1. はじめに

近年、原子力発電所や航空機等といった大規模システムのみならず、携帯電話・パーソナルコンピュータ等の我々が日常的に接するシステムすら、飛躍的に多機能化・複雑化が進み、それら进行操作するためのインタフェースをシステムティックに開発・改良し、またそのインタフェースを評価する為の手法を確立することが急務となっている[1]。

現在、主に採用されているインタフェース開発・改良の手法は、開発者とユーザが密接にコミュニケーションをとり、ユーザの意向・意見をインタフェースに積極的に組み込んでいく方法である[2]。しかし、ユーザと開発者との間で十分なコミュニケーションをとることが困難な場合、例えばインタフェースの開発が外部で行われユーザと開発者が頻繁にコンタクトを取ることが困難な環境である場合等、この手法のみによる開発・改良には限界があると考えられる。この問題は特にインタフェースの改良という点において顕著である。また、ユーザとの対話による手法はユーザの主観に大きく依存してしまい、客観性に欠けるという問題も存在する[3]。

これらの問題を解決する手法として本研究では操作履歴情報に基づくインタフェースの改良手法を提案し、ユーザとの対話による手法との比較を行う。

#### 2. 対象システム

##### 2.1 マイクロビームライン

本研究の対象とするシステムは、東北大学工学部高速中性子実験室内に設置されている、ダイナミトロン加速器の+15°ポートに接続されているマイクロ

ビームラインである(図1)。本システムは、ダイナミトロンからの数ミリ径のイオンビームをエネルギー分析し、数段のスリットを用いて数十マイクロ程度まで絞った後にQレンズで収束させ、ターゲット上で数マイクロ径のビームを得るものである。ターゲット付近にはターゲットから射出されたX線や2次電子を計測する装置が設置されており、ターゲットに置かれた細胞の局所分析等を行うことが可能である。このシステムは、多数の機器から構成され、関連する制御パラメータも多く、ビームラインの制御効率は大きくインタフェースの操作性に依存する。

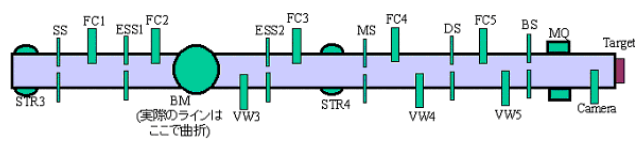


図1: ビームラインの概要

##### 2.2 インタフェース

本研究開始以前に、特別の配慮なしに設計され、暫定的に使用されていたインタフェースを図2に示す。このインタフェースはNational Instruments社のLabVIEW6.1を使用して開発されており、Microsoft社Windows上で動作する。このインタフェースはパーソナルコンピュータ上で実行され、イーサネット接続によりマイクロビームラインの各装置を動作させる仕組みになっている。

##### 2.3 実使用ユーザ

現段階で、本研究におけるインタフェースのユーザはマイクロビームラインを熟知する一名のみである。これはマイクロビームラインが設置さ

れてから日が浅く、操作のノウハウが十分に蓄積されていないため、このシステムを制御できる知識を持っている人間が前述の一名しかいないためである。また、このユーザは初期インタフェースの開発にも携わっており、インタフェースの仕組みについても十分な知識を備えている。

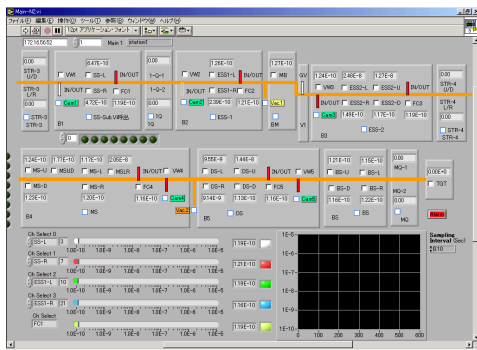


図2：初期バージョンインタフェース

### 3. 手法および実装

#### 3.1 改良の方針

本研究におけるインタフェースの改良とは、ユーザにかかる負荷の少ないインタフェースを開発することとする。ここでの負荷とは、ユーザが操作をするときに発生する物理的な負荷と、インタフェースから与えられた情報から、ユーザがシステムの状態を把握するときに発生する精神的な負荷に大別される。物理的な負荷とは具体的にはマウスクリック・マウス移動・キーボード操作である。本研究ではこれらの操作履歴情報を記録し解析することによりインタフェースを改良する手法の研究を行う。精神的な負荷は、客観的に測定することは困難であるため、本研究では主にユーザからの聞き取り調査により推測した。精神的負荷を軽減するには、その状況下において必要な情報をユーザから見て直感的に理解できる形で提示でき、また、ユーザに混乱を与えないために不要な情報はできるかぎり排除されたインタフェースを目標とした。

#### 3.2 改良の流れ

本研究ではユーザとの対話による改良手法と操作履歴情報による改良手法を比較するため、初期バージョンインタフェースを前者の手法で改良し、基本となるインタフェースを作成した。このときにインタフェースに操作履歴を記録する機能を付加し、この履歴を元に後者の手法による改良をさらに行った。(図3)

#### 初期インタフェース

↓ ユーザとの対話による改良

#### 改良インタフェース1(バージョンA)

↓ 操作履歴情報による改良

#### 改良インタフェース2(バージョンB)

図3：改良の流れ

#### 3.3 ユーザとの対話による改良

改良の第一段階として、ユーザからの聞き取り調査・議論を経て、ユーザがどのような機能を欲しているか、あるいはどのような点について負荷を感じているかを調べた。さらに実際にユーザがインタフェースを使用している現場を観察し、ユーザが使用しながら感じていることを聞き取り調査した。それらの点を改善したインタフェースをユーザに使用してもらい意見を再聴取し、必要であれば改善点の再調整等を行った。この手法により改良されたインタフェースをバージョンAとする。

#### 3.4 操作履歴情報による改良

##### 3.4.1 操作履歴情報による改良手法

前述のように改良したインタフェースをユーザに数度の実験に使用してもらい、操作履歴情報を取得した。この操作履歴から、ユーザにとって負荷となることが予想される問題点を推測し、その問題を改善したインタフェースをユーザに使用してもらい、操作履歴の再取得を行った。操作履歴の取得は2つの手法を併用して行った。ひとつは、インタフェースの機能として実装した制御器の操作履歴のファイル保存である。この方法でインタフェースに備えられている約100個の代表的な制御器について、操作された制御器とその時間・内容を取得した。もうひとつはFairy Trace<sup>[4]</sup>と呼ばれる外部ソフトウェアを用いた。Fairy Traceはマウス・キーボード操作全ての情報に加え、常時ディスプレイの状態をキャプチャすることにより、後からユーザの操作を完全に再現することが可能である。この機能を用いて主にWindowsのAPIレベルでの操作履歴の取得を行った。具体的にはウインドウの移動やアクティブなウインドウの変更操作の取得である。

##### 3.4.2 操作の種類

本研究では、操作履歴情報に記録された各操作がどのような意味を持つのかを考え、インタフェースの改良・評価を効率的に進めるためにユーザによる操作を3種類に分けた。

- ・第1種操作: システムの状態を直接指定し、変

化させる操作

- ・第2種操作: システムを、インタフェースの機能を経由し、間接的に変化させる操作
- ・第3種操作: システムを変化させない操作

本研究では操作上の負荷を軽減するためには、第2種操作に分類される機能を充実させ、システムの制御には関与しない第3種操作を可能な限り減少させるように改良していくべきであるとし、改良を進めた。第2種操作が増加するという事は結果的に第1種操作で直接システムを制御する必要が減少することであると考えられる。

### 3.4.3 操作履歴情報

以下に、複数の実験により得られた履歴情報から、メインウィンドウの主な制御器の操作回数(表1)、ウィンドウの移動やアクティブなウィンドウの変更操作の回数(表2)の一部を示す。インタフェースの改良はこれらの実験と平行して行われた。

表1 メインウィンドウ操作回数.

	2002/12/21_1	2002/12/21_2	操作種別
停止	23	7	第3種
FC1	0	0	第1種
FC2	0	4	第1種
VW3	3	4	第1種
FC3	9	6	第1種
FC4	7	0	第1種
VW4	26	26	第1種
FC5	5	0	第1種
VW5	40	34	第1種
ウインドウ	95	26	第3種
タブ1	24	18	第3種
タブ2	3	20	第3種

表2 ウィンドウ操作回数.

	2002/12/1_2	2002/12/2_1	操作種別
ウインドウ移動	18	5	第3種
ウインドウ変更	65	147	第3種

### 3.4.4 改良インタフェース

操作履歴の解析により発見された問題を解決したインタフェースを作成した。このインタフェースをバージョンBとし、図4に示す。

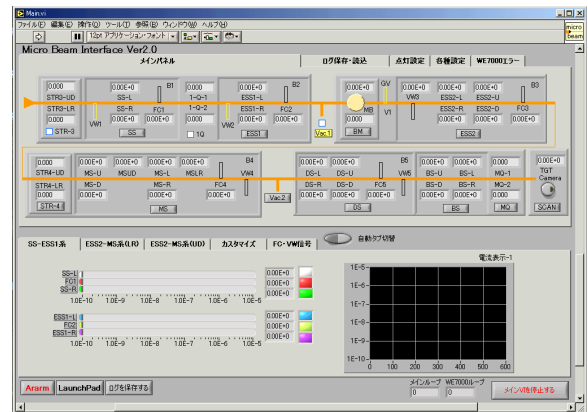


図4 バージョンBインタフェース

## 4. 検証及び考察

### 4.1 ユーザの主観的評価

ユーザに、本研究により行われた各改良に対して、その改良が行われた前後でインタフェースを使用するときの負荷が、どの程度増減したと感じたかをアンケート調査した。アンケートでは改良点ごとに-5~5の11段階で評価してもらった。以前より操作感が悪くなったとユーザが感じた場合はマイナスとした。また、操作種別の操作数の増減は、それぞれの機能を開発者の意図通りに使用した場合の理論上の増減である。この結果を表3・表4に示す。

表3 ユーザとの対話による改良点の評価

改良点	1種	2種	3種	評価
表示器のタブ切り替え機能			減	4
ログの保存・読み込み機能	減	増		5
電流表示器の点灯機能				5
BM用サブウインドウへの機能追加			減	3
起動時のビームライン状態読み込み	減	減	減	5
カメラの自動切換え機能			減	5

表4 操作履歴情報による改良点の評価

改良点	1種	2種	3種	評価
ログの一括反映機能	減	増	減	1
タブの自動切り換え機能			減	-1
LaunchPadウインドウ			減	5

表3からは、ユーザとの対話による改良で追加された機能は全体的に評価が高いことが分かる。しかし、これらの改良点は基本的にユーザが希望したものであり、その評価が高いところは自明である。逆に表4をみると、操作履歴情報による改良で追加された機能は、LaunchPadウインドウ機能を除く2つはユーザから低い評価を受けることとなった。これは、ログの一括反映機能では、実験中にバグが存在することが判明したこと、タブの自動切換え機能では、タブを切り替えるアルゴリズムが不完全であったことに起因すると考えられる。

#### 4.2 操作履歴による検証

バージョンBインタフェースの完成後、バージョンAとバージョンBを操作履歴情報の面から比較するためにそれぞれのバージョンのインタフェースを使用して可能な限り同様の制御操作をユーザに行ってもらい、検証実験を行った。

表5に、アンケートによるユーザ評価と、その改良に関係すると思われる操作数の比較を示した。この表によると、ログの一括反映機能では、改良後、逆に操作数が増えていることが分かる。また、タブの自動切り換え機能でも、操作数の変化はほとんど見られない。この機能のユーザ評価はマイナスとなっているが、バージョンAでの切り替え操作が、ユーザが切り替えたい時に切り替えた操作であるのに対し、バージョンBにおける操作が、ユーザが望まない切り替えを元に戻すための操作であるので、同じ1回の操作でもそこからユーザが感じる負荷には大きな差があるものと推察できる。また、LaunchPad機能では、ユーザの高評価と比例するように操作数も大きく減少している。これらのことから、操作数の増減とユーザの評価にはある程度の相関関係があると言える。このことを利用して、操作履歴情報で改良したインタフェースの操作履歴情報を再取得することにより、必ずしもユーザに評価してもらわなくても、改良の種類によっては、操作数の増減からユーザ評価の推定が可能であると考えられる。

表5 ユーザ評価と操作数

改良点	評価	比較内容	操作数 (Ver.A)	操作数 (Ver.B)
ログの一括反映	1	反映ボタン	4	23
タブの自動切換え	-1	タブ切り替え	4	3
LaunchPad機能	5	サブウインドウ	33	18
		ウインドウ切替	88	13
		ウインドウ移動	4	7

#### 4.3 二手法の比較

ユーザとの対話による改良方法は、ユーザからの評価が全体的に高いことが分かった。しかし、この方法にはユーザとの密接なコミュニケーションが必要である。本研究ではユーザが一名しかいなかったこと、またユーザと開発者である筆者との物理的距離もごく近かったため、特に問題が発生することはなかった。しかし、現実にはユーザと開発者側が十分なコミュニケーションをとることが困難であったり、ユーザがインタフェースの改良等にあまり協力的ではない場合も考えられ、この手法が有効に機能しない恐れがある。本研究においては、操作履歴情報による改良では、必ずしもユーザから良い評価を得ることができなかった。これは改良が開発者の視点から成されるためにユーザ自ら希望した改良に比べ、瞬時に適応し難いといった理由が考えられる。しかし、この問題は操作履歴情報から問題点を読み取る手法を確立し、また改良と操作数の増減による改良点の評価を繰り返すことで解決できるものと考ええる。

操作履歴情報による改良手法はユーザからの要望という、主観に大きく左右されるユーザとの対話による改良手法を補完するという点でも大きな意味を持つ。これら二手法を併用することで、インタフェース評価・設計の効率化が図れると考えられる。

#### 5. 結論

本研究では、東北大学工学部高速中性子実験室内に設置されたマイクロビームライン用インタフェースを研究対象とし、最初にユーザとの対話による改良手法を実践した。この際、インタフェースに操作履歴を取得する機能を付加し、実際にこの操作履歴に基づいた改良を行った。これらの各手法により実装された機能を、ユーザからのアンケート調査と操作数の変化により評価した。そして、これらの手法の長所と短所を考察し、それぞれの手法の有効性を検証した。

#### 参考文献

- [1] 田村博編:ヒューマンインタフェース, オーム社(1998)
- [2] 黒須正明 編著:ユーザビリティテスト, 共立出版(2003)
- [3] Jakob Nielsen:Usability Engineering, AP PROFESSIONAL(1993)
- [4] 石川正明:Fairy Trace,  
<http://hw001.gate01.com/hogekoko/ft/index.htm>