

東北大学電子光物理学研究センターにおけるユーザー向けオペレータコンソールの開発

DEVELOPMENT OF USER OPERATOR CONSOLE FOR ACCELERATOR SYSTEM AT THE RESEARCH CENTER FOR ELECTRON PHOTON SCIENCE, TOHOKU UNIVERSITY

長澤育郎

Ikuro Nagasawa

Research Center for Electron Photon Science, Tohoku University

Abstract

The BST ring is a 1.3GeV electron synchrotron located at the Research Center for Electron Photon Science. Users of the BST ring have to undertake its operation sometimes. However an existing console was inappropriate for users, because it frequently led loss of beamtime due to its complicated operation. Therefore a new console that is high usability has been developed.

1. はじめに

東北大学電子光物理学研究センターは BST リングと呼ばれる 1.3GeV 電子シンクロトロンを所持しており、1.3GeV で加速した電子ビームから生成される光子ビームを利用した実験が行われる。

BST リングを利用した実験時には実験グループがオペレータを担当することも多い。ユーザーは基本的に加速器のオペレーションに慣れていないので、多数の操作項目や表示項目があり、複雑な操作が要求される既存の制御コンソールでは誤操作により加速器ビームタイムのロスが生じ、実験遂行を妨げる懸念がある。

そこで、操作に慣れていないオペレータの誤操作を防ぎ、適切な操作を遂行可能な制御コンソールが要求されたので、ユーザビリティ重視という基本方針のもと、これを新たに開発した。

ユーザビリティの語義は多様であり、一般的には使いやすさや使い勝手という意味合いで使われることが多く、関連学会においても合意された定義が確立されていないが、ここでは、ユーザビリティの定義として国際規格 ISO9241-11^{[1][2]}のものを採用することにした。

ISO9241-11 においてユーザビリティとは「特定の利用状況において、特定のユーザによって、ある製品が、指定された目標を達成するために用いられる際の、有効さ、効率、ユーザの満足度の度合い。」と定められている。ここで、“有効さ”は「ユーザが指定された目標を達成する上での正確さ、完全性」、”効率”は、「ユーザが目標を達成する際に、正確さと完全性に費やした資源。」、”満足度”は「製品を使用する際の、不快感のなさ、および肯定的な態度。」、”利用状況”は「ユーザ、仕事、装置（ハードウェア、ソフトウェア及び資材）、並びに製品が使用される物理的及び社会的環境。」と定

められている。

簡単に言えば、“有効さ”は「ユーザーが目標を達成できるか否か」であり、“効率”は「なるべく最短経路で目標を達成できるかどうか」^[3]である。

今回作成する制御用コンソールへの要求は「オペレータ初心者が加速器操作という目標を誤操作なく最短時間で達成できること」と言い換えることができるので、ISO9241-11 の定義を踏襲すれば、今回作成する制御コンソールへの要求を満たすためにユーザビリティを重視するという方針は妥当と考えられる。

2. ユーザビリティ向上に向けた設計

制御コンソールのユーザビリティを向上させる条件を具体化するために、まず BST リングのオペレータが達成すべき“目標”として以下の 5 項目を定めた。

1. 電子ビームを出力する
2. 電子ビームの出力を停止する
3. 電子ビームの出力パターンを変更する
4. 放射線発生室を入室可能にする
5. 異常発生時に適切な行動をとる

目標 1,2 はそのままの意味なので詳細な内容は割愛する。目標 3 は電子ビームを BST リングに入射する周期や加速後にビームを維持する時間などを変更することであり、目標 4 は実験グループが作業等の理由で放射線発生室に入室する場合があります、ビームの出力停止とは別に安全を確保する操作を行うことである。最後の目標 5 は、インターロックで加速器が停止した際に、責任者に連絡するなど適切な処置を行うことである。

次に“最短経路”を達成するために、以下に定めた 4 つプロセスに掛かる時間を短縮することとした。

1. 制御コンソールの操作方法学習
2. 目標達成に対する適切な行動の認識

3. 目標達成のための操作
4. 目標達成を認識

1 つ目のプロセスは、初心者オペレータがコンソール使用方法の教育を受け理解すること、2 つ目のプロセスは、オペレータが指示や状況の変化を受けて適切な行動が何かを把握することであり、この時間を短縮するために、以下の項目

- 操作ボタン数の削減
- マシステータス表示項目数の削減
- 視認のみで操作方法を連想可能な表現

を実現できるよう努めた。

操作方法の学習時間を削減するには、実行可能な操作数とマシステータスを示す表示器の数を減らすのが効果的である。またオペレータが指示を受け目標達成に必要な操作方法を忘れても画面の視認だけで何をすべきか理解できれば、適切な操作を認識するための時間が短縮されることになる。

また、プロセス 3, 4 の所要時間を短縮するために、

- 目標と操作の一対一対応
- 状態遷移図の表示
- 異常発生時の適切な行動を促す表示

を行うこととした。

可能な限り、目標を達成するために必要な操作を特定のボタンと一対一対応させ、そのボタンの押下のみで操作を完了させることで、オペレータの操作数を最小化できるため、これに努めた。

状態遷移図に関しては一部のエンジニアを除き一般に認知されておらず、一目で感覚的に何ができるのか認知できる図ではないが、状態遷移図が何を示すのかある程度伝えれば、現在マシンがどのような状態にあるのか、どんな操作が許されているのか理解を助け、誤操作を防止する役にたつと考え、これを導入した。

状態遷移図は様々な記法があるが、ここでは角丸は状態、矢印は状態遷移を引き起こす条件を表すこととする。この図は、図で表現している対象が特定の状態にあったとき、その状態を起点とする矢印の条件が発生すると矢印の終点の状態へと移ることを表現するものである。基本的には矢印の両端に状態が記述される必要があるが、異常発生時など、どのような状態であっても状態遷移を引き起こす条件は、複雑さを避けるため起点の状態を省略した矢印で表現することにした Figure 1 に状態遷移図の例を添付する。

また、Figure 2 に現在の状態と許される状態遷移を緑色で強調した状態遷移図を示す。Figure 2 では、現在の状態が即座に視認できる。このように、現在の状態を強調することで、即座に現状を把握し、許される操作が認識できると考え、これを利用して誤操作を防ぐこととした。

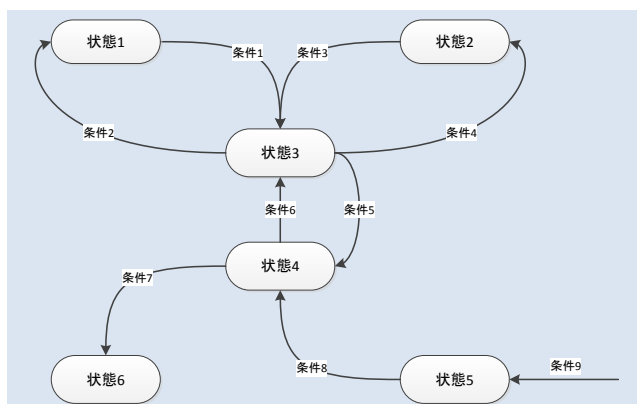


Figure 1: Example of state machine diagram. A rectangle with rounded corners indicates a state of subject, and an arrow indicates condition of transition. An arrow has no state that become starting point indicates condition occurs in all state.

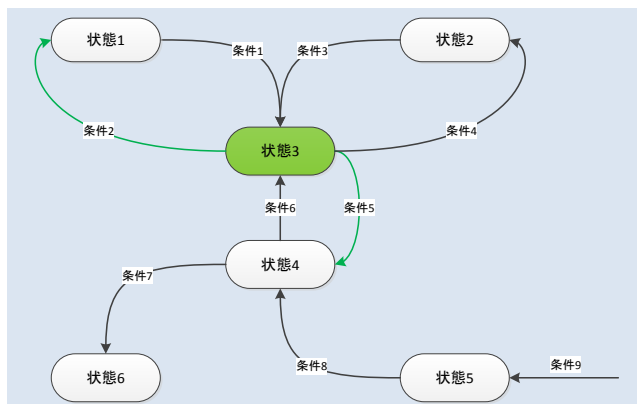


Figure 2: State machine diagram emphasizing current state. Emphasizing current state is helpful to immediately recognize operations that are admitted.

最後に、異常発生時にのみ表示される、オペレータに適切な行動を促すためのガイドを作成することにした。仮にオペレータがどんな行動が適切か認識していなくても、ガイドをみることで適切な行動を遂行するためである。

3. 作成したユーザー用コンソール

実際に作成したコンソールの一部を Figure 3 に示す。オペレータが目標達成時に確認すべきことはビームの出力 ON/OFF、ビームの出力パターン、放射線発生室への入室可不可、加速器に異常が発生しているか否かであるので、これを状態遷移図の各状態に記載した。また、状態遷移の条件を示す矢印上に対応する操作のボタンを配置して、目標を示す状態に遷移するために必要なボタンを探しやすいようにした。

ボタン一つで操作を行うために、コンソール内部では様々な処理を自動化しており、処理の中に

は時間を要するものもあるため、本当に処理中であるか、どの程度で処理が終了するのか、を表示して無用な操作を防止するためにプログレスバーを採用した。

異常発生時は、復帰のための操作や加速器グループへの連絡など適切な行動を促すダイアログボックスを表示するようにした。また、視認性を高めるためにアクティブな状態と実行可能な操作を点灯させた。

誤操作防止のために、許可されない操作はグレーアウト表示とした（グレーアウト：GUIにおいて、操作の対象から外れていることを示すために、グレー色で表示すること）。

状態遷移図を表示する GUI は、現状の把握と許可された操作の認識には有効な表示方法と考えられるので、今後も表現方法の改善を行っていきたい。

4. ユーザビリティの評価

新たに作成した加速器ユーザー向けコンソールのユーザビリティが本当に改善していることを示すための客観的なデータは現在持ち合わせていないが、今後、ユーザビリティ 3 要素（有効さ・効率・満足度）に関係した量的データを測定する手法である、パフォーマンス測定^[1]をアレンジして実行する予定である。

パフォーマンス測定とは、ユーザビリティ 3 要素の尺度として以下の項目を導入し、各項目を測定することである。

- タスク達成率
- タスク達成時間
- 主観的評価

タスク達成率は有効さの尺度で、目標の達成率を表し、コンソール以外の外部からのサポート、例えば操作方法を人に尋ねるなどを行わずに正確な操作を実行できた割合である。

タスク達成時間は効率の尺度で、目標が発生した際にそれを達成するのに掛かる所要時間で、例えば、外部からの指示や状態の変化を受けてから適切な操作を完了するまでの時間のことであり、時間の他には操作ステップ数やマウスクリック数などを測定することもある。

主観的評価は、目標達成後にユーザーから「難易度」「好感度」などの評価項目を主観的に 5～10 段階評価をしてもらうことで、簡単に言えば n 段階評価のアンケートである。

5. まとめ

今回、新たにユーザー向けの BST リング制御用コンソールを開発した。開発にあたっては誤操作防止、操作方法学習時間の短縮や許可された操作の視認性を高めるために状態遷移図を利用するなどの工夫を

行い、ユーザビリティの向上に努めた。

ユーザビリティに関する定量的な評価は未だ行われていないが、今後パフォーマンス測定と呼ばれる手法に基づき実行する予定である。

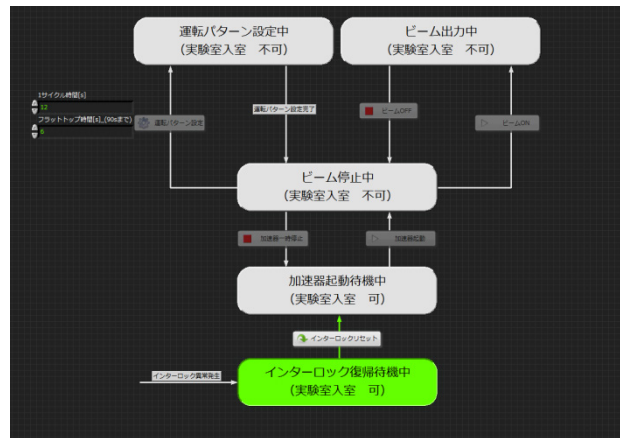


Figure 3: New console. Emphasizing current state is helpful to immediately recognize operations that is admitted and current state of the facility. Forbidden operations are indicated by gray-out displayed.

参考文献

- [1] JIS Z 8521, 人間工学-視覚表示装置を用いるオフィス作業-使用性についての手引 (1999).
- [2] ISO 9241-11, Ergonomic requirements for office work with visual display (1998).
- [3] 樽本 徹也「ユーザビリティエンジニアリング 第 2 版 : ユーザエクスペリエンスのための調査、設計、評価手法」オーム社.