

組込みシステム開発における HMI 品質メトリックの導入

Incorporating HMI metric into Embedded System Development Process

株式会社 U'eyes Design

U'eyes Design Inc.

○鱗原 晴彦¹⁾平沢 尚毅²⁾○Haruhiko Urokohara¹⁾Naotake Hirasawa²⁾

Abstract We have developed HMI metrics to evaluate the usability of embedded system products. System engineers who are not usability professional can evaluate HMI design alternatives by using those metrics. The HMI metrics is expected to be applied for the Software Quality Auditing System in the future.

1. はじめに

ヒューマンマシンインタフェース（以下、HMI）は、人間がシステムと情報をやりとりしたり、システムを操作するための構成要素である。現在、HMI は、製品のユーザビリティを決定する要因であり、ユーザからの受容度に直接影響を与えるものであることは広く認識されるようになっている。我が国においても、電子政府システムのユーザビリティを向上させることがシステム利用率を上げるという認識のもと、ユーザビリティガイドラインが施行されている^[1]。

また、システムの安全性を確保するためには、HMI を適切に設計する必要があることも理解されつつある。そのため、ソフトウェアを安全、安心、快適に稼働させるために制度（ソフトウェア品質監査制度（仮称））においては、HMI を審査することが重要な課題になっている^[2]。

このように、HMI を向上させる必要性は社会的に認知されており、HMI 設計の専門家の資格制度も整備されるようになってきている^[3]。一方、資格制度はデザイナーや Web 設計者に普及しつつも、必ずしも組込みシステムのエンジニアにはあまり普及していない現状がある。さらに、実際の開発現場においては、HMI 設計の重要性は認識されつつも、具体的な対策が取られていない場合が多い^[4]。設計プロセスが整備されていない、専門家が育成されていないなど根本的な課題への方策が整っていない状況にある。さらに、HMI 設計を系統立って導入するには、開発現場にとっては大きなオーバーヘッドを伴うことや、開発担当者にとっては、現実的な恩恵を享受できないこと、眼前の開発には喫緊の必要性を感じないなど、現実的な障壁は多く存在している^[5]。

しかしながら、開発環境の未整備などの制約がありながらも、国内外のマーケットの要求から、組込みシステムエンジニアは、利用品質やユーザビリティを高めなければならないことを要請されている。U'eyes Design 社では、利用品質やユーザビリティを改善するための方法を組込みシステム開発企業に対して支援してきている。本報告では、これらに直接関係する HMI を開発上流から評価するための方法を紹介する。

2. 組込みシステム開発における HMI 品質

2.1 組込みシステム開発における HMI 設計プロセス

IPA は、自ら開発した組込みシステム開発プロセスモデルである ESPR^[6]を提案している。これによれば、HMI 設計はシステム要求定義プロセスを受けて、システムアーキテクチャ設計プロセスで実施されることになっている。具体的には、システム要求定義プロセスから導かれた要求機能を基に、HMI の構成要素を決定し、HMI 操作ステップを設計してゆくことになる。この段階

¹ 神奈川県横浜市都筑区中川 1-4-1 ハウススクエア横浜 4 F
1-4-1 Nakagawa, Tuzuki, Yokohama Japan
Tel: 045-914-7820 email: urokohara@ueyesdesign.co.jp

² 小樽商科大学
Otaru University of Commerce

で、HMI 基本設計を完結できなければ、次の設計プロセスが停滞する危険性が発生する。

一方、一般的な HMI 設計方法論では、要求機能だけでは HMI 設計に必要な情報が不足する。例えば、Cooper の FACE 方法論^[7]では、ユーザに関する詳細な情報が必要である。実際には、システム要求定義からシステムアーキテクチャ設計の期間で、専門的な知識が無いままに HMI 設計方法を実施することは時間の制約が厳しく現実的には難しい。そのため、HMI 設計の場合、HMI 設計ガイドラインや HMI のスタイルガイドが提供される場合が多い。一般的なエンジニアにとっては、HMI 設計ガイドラインでは内容を理解し設計に応用することは難しいため、HMI スタイルガイドを流用して設計する。HMI 設計の経験があるエンジニアには、スタイルガイドをパターン化して記憶し、状況に応じて調整して設計に応用している場合もある^[5]。

しかしながら、スタイルガイドを利用した HMI 設計案の場合、ユーザビリティ専門家が関与しない限り、的確に評価することは困難である。その結果、設計プロセスで HMI 設計案のユーザビリティは適切に評価されることなく実装されることになる。さらに、開発ライフサイクルにおいて、ユーザビリティ評価が適切に実施されない場合、HMI の妥当性が確認されることなく出荷されることもあり得る。HMI 品質はシステム利用に関わるものであるため、製品リリース後に大きな問題を生む危険性を抱えることになる。

したがって、HMI 品質を確保するには、開発上流から適切に評価する仕組みを整備することが求められる。従来から、開発上流から HMI 品質を評価する提案はある^[8]。しかしながら、この方法を実施するには、品質マネジメント体制を変革するなどの組織的な対策が前提であった。本報では、現行プロジェクトにおいても、開発上流から実施できる HMI 品質評価方法を提案する。

2.2 HMI 品質メトリックによる評価

本報の提案は、システムアーキテクチャ設計プロセスにおいて設計された HMI 設計案を予め準備した HMI 品質メトリックによって評価する方法である。HMI 品質の基本的な特性には、ユーザビリティがある。ISO 25010^[9]では、ユーザビリティの特性として、Appropriateness recognizability, Learnability, Operability, User error protection, User interface aesthetics, Accessibility を提案している。これらのユーザビリティ特性と、対象システムの HMI 設計要素を関係づけた HMI 品質メトリックを開発し、これを利用して HMI 設計案を評価する。

HMI 品質メトリックの妥当性は、最終的には市場に出た後に確証されるため、製品リリース後の市場の反応を踏まえて継続して調整されるものである。したがって、HMI 品質メトリックは、システム開発ライフサイクルを通じて、漸次的に改善されてゆくものである。そのため、HMI 品質メトリックの初期設定は最も重要な活動になる。この導出方法について次章で説明する。

3. HMI 品質メトリック

3.1 HMI 品質メトリックの導出

HMI 品質メトリックは、HMI 品質特性を示す属性を測定するための尺度と、それを測定する方法により構成される。測定された結果から HMI 品質の状態を解釈する。HMI 品質メトリックによって評価する対象は、HMI 設計プロセスにおける中間成果物（HMI 設計案（画面遷移図、画面レイアウト、構成要素デザイン）、HMI 設計仕様書など）である。

個々の HMI 品質メトリックを論理的に導くことは困難である。そのため、専門家による経験をベースに基本案を作成し、開発ライフサイクルを繰り返す中で精緻化をはかってゆく。同時に、国際規格や文献を通して公開されているメトリックも参照する。GQM 法^[10]のように、体系だてに必要な情報を編集するというアプローチも想定できるが、HMI 設計に関するノウハウやスキルなどの情報は流通されているものが少ないため、HMI 設計者の経験知を引き出し、編集する方が効率的と思われる。

U'eyes Design 社は、20 年を超える、様々な組込みシステムの HMI 設計経験がある。この経験に基づく知見により、基本的なメトリックを整備してきた^[11]。現在までに 150 を超えるメトリックを開発してきている。これらのメトリックは、前述の ISO25010 や ISO9241-11^[12] の品質特性や、ISO9241-110^[13] などのユーザビリティガイドラインを利用して表 1 のような項目を基に集計している。さらに、行政や業界などのユーザビリティガイドラインも整理している。

これらの基本的な HMI 品質メトリックをクライアントである組込みシステム開発企業に提示し、次のような手順でカスタマイズを行う。

- ① HMI 品質メトリックの考え方および開発プロセスでの活用方法を確認
- ② HMI 設計プロセスおよび HMI 設計要素の確認
- ③ HMI 品質特性の確認
- ④ HMI 品質特性を測定するメトリックの設定
- ⑤ HMI 品質メトリックの評価基準値の設定
- ⑥ 開発プロセスへの導入計画
- ⑦ HMI 設計の評価活動の支援

④の HMI 品質メトリックを設定する際に、基本的なメトリックが無い場合は、ユーザビリティテスト等を行うことによって、新たなメトリックを開発する。同様に、⑤の基準値についても、競合他社へのユーザビリティテストを実施することによって設定する場合もある。

HMI 品質メトリックを設定後は、開発組織での運用を通じて、その妥当性を検証しながら継続してメトリックを改善してゆく。そのために、HMI 品質マネジメントライフサイクルを開発組織内に展開できるように支援している。

3.2 HMI 品質メトリックの事例

HMI 品質メトリックの事例として、次の 3 つの事例を紹介する。これらの事例は、クライアントとの打合せに際して提示する基本的かつ汎用的なものである。実際は、前節のように開発対象の HMI 設計要素に応じてカスタマイズする。

- (1) 画面操作のしやすさ
- (2) 操作ボタンの使いやすさ
- (3) HMI インタラクションのタスク適合性

- (1) 画面操作のしやすさ

表 1 の『8.簡素で明確に操作』に関係するメトリックとして、タッチパネル型の GUI 設計に応用される画面操作のしやすさについて紹介する。このメトリックは、画面操作を直接操作と間接操作に分ける考え方である。直接操作は、システムのサービス（あるいは機能）を受けるために必要な操作である。一方、間接操作は、システム側の都合で実施しなければならない操作である。これらの操作画面数を尺度とすれば、直接操作のための画面遷移数に対して、間接画面の操作数が少ない方が画面操作しやすいことになる。

図 1-1 には、銀行 ATM を例にした場合の直接操作と間接操作の例を示す。直接操作は、ユーザが ATM を利用しようとする目的、例えば、お金を引き出すとか、預ける、送金することに対して、直接必要となる操作である。それに対して、間接操作は、情報が画面に表示できないために

表 1 HMI メトリック基本分類

1. ユーザタスク適合性
2. ユーザ期待適合性
3. 適切なユーザ補助
4. 必要なものを必要な時に表示
5. 見やすい画面
6. わかりやすい用語
7. 画面配色およびデザイン
8. 簡素で明確な操作
9. 一貫性
10. フィードバック
11. 間違い操作への適切な応対
12. 異常状態からの復帰

スクロールするなどといった、システム側の事情から要求される操作である。

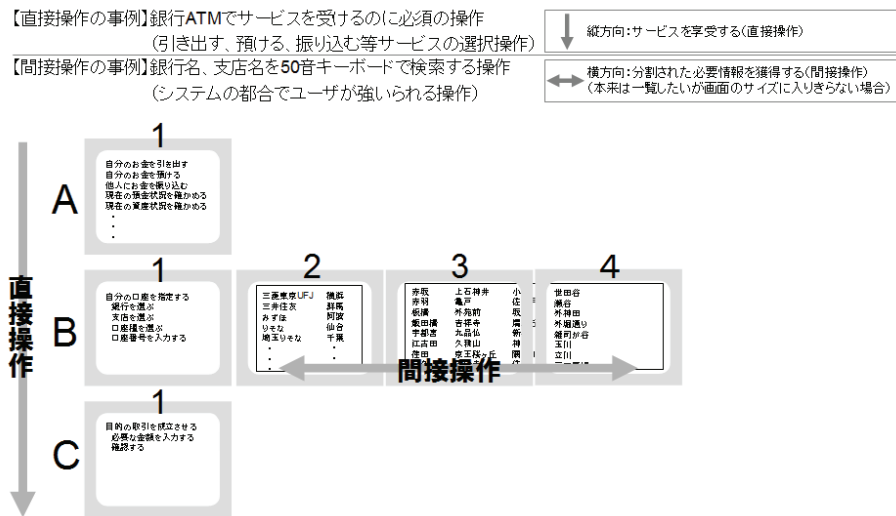


図 1-1 ATM 操作における直接操作と間接操作の考え方

これらの尺度を基に画面操作数を計測したものが、図 1-2 である。この例であれば、A 銀行の方が画面操作しやすい可能性が高いことになる。

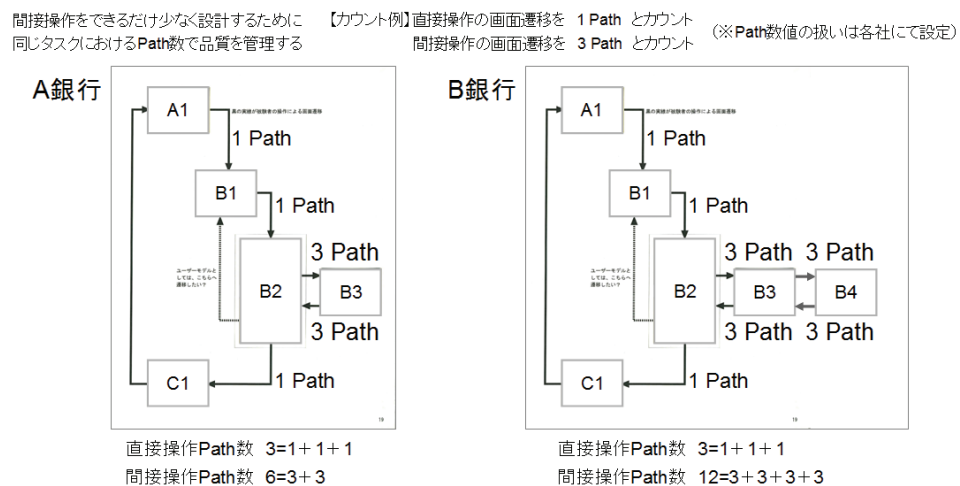


図 1-2 ATM 操作における直接操作と間接操作による比較例

(2) 操作ボタンの操作しやすさ

さらに、表 1 の『8.簡素で明確に操作』に関係する HMI メトリックの事例として、操作ボタンの操作のしやすさについて紹介する。このメトリックの考え方は、操作ボタンのレイアウトに対して、意味あるいは内容を基にした配列と、物理的な配列との一致のし方を評価するものである。

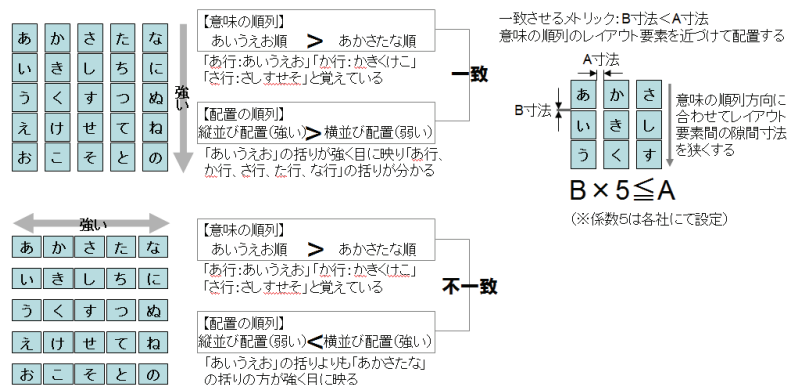


図 2 情報レイアウトにおける「意味の配列」と「配置の順列」の一致の度合い

図2には、意味による配列と物理的な配列とを一致させたものと不一致なものを示す。これを評価するものとして、意味による配列のボタン間の寸法と、物理的な配列のボタン間の寸法の差の関係を尺度にしている。意味による配列を明確にするために、ボタン間の間隔寸法をどの程度にすれば良いか測定することができる。

(3) HMI インタラクションのタスク適合性

表1の『1.ユーザタスク適合性』に対応するメトリックとして、HMI インタラクションのタスク適合性についての事例を示す。これは、HMI のインタラクションに対応する（ユーザ）タスクシナリオの割合で示している。タスクシナリオは、ユーザ要求を分析することによって定義されるものである。

図3の例では、あらかじめ想定されたユーザのタスクシナリオに対して、A社とB社のエレベータの開閉のインタラクションが適合しているかどうかを評価している。シナリオの対応率からA社のエレベータ扉のインタラクション案がタスクに適合している可能性が高いことがわかる。このメトリックは、様々なものに拡張して応用できるが、ユーザ要求分析が適切に行われていることが必要になる。

	80%	40%
エレベータ扉における自動開閉の想定シナリオ	A社	B社
・標準シナリオ		
乗降客がエレベータに乗り込んでから行先階ボタンを押し、何もしない【3秒後に自動で閉まる】	○	○
乗降客が行先階で降り、誰も乗らない、他の階からも呼ばれない【3秒後に自動で閉まる】	○	○
・応用シナリオ		
足に障害のある乗降客が、降りる人を待ってから、ゆっくり乗り込む【3秒以上かかると非安全】	○	×
足に障害のある乗降客が複数人、乗り込む際に、他の階から呼ばれる【急に閉まり非安全】	○	×
・想定外シナリオ		
エレベータ内で気分が悪くなり、行先階で降りられず、自動で扉が開いたまま停電し途中階で停止【停電時のセーフティ機能がなければ非安全】	×	×

(※%数値の扱いには各社にて設定)

図3 全利用シーン（総タスクシナリオ）に対する対応シナリオ数

3.3 HMI 品質メトリック導入の効果

HMI 品質メトリックは、導入した企業の開発環境によって異なるため、導入効果はそれぞれの企業の文脈によって異なる。また、実際のメトリックおよび導入効果については、守秘事項であるために公開が難しい。しかし、基本的には、メトリックを設定することによってHMI 品質を測定することが可能になり、設計案を定量的に評価することができる。結果的に、エンジニアはHMI 設計課題を理解し、エンジニア間で共有することができる。

開発側にとって、HMI 品質メトリックを導入することにより、定性的には、次のような効果がある。

- ・ HMI 設計上の試行錯誤が減少する。
- ・ 開発組織内に HMI 設計の基本が浸透し、HMI 仕様変更が減る。
- ・ 曖昧な仕様による手戻りが減少する。
- ・ 定量的な設計ノウハウの共有が進む。
- ・ HMI 設計の説明力が向上する。

一方、システムを利用する側への効果としては、

- ・ クレームが減少する。
- ・ 顧客満足度が上がる。
- ・ 高ユーザビリティのブランドが定着する。

などを挙げることができる。

4. まとめ

本報告では、利用品質やユーザビリティに直接関係する HMI 品質を開発上流から評価するための方法として、HMI 品質メトリックの導入を紹介した。HMI 品質メトリックを設定することができれば、開発ライフサイクルを通じて、HMI 品質を測定・評価し、漸次的に改善を進めることが可能になる。HMI 品質メトリックの初期設定は経験に基づいて設定しなければならないが、基本となる HMI メトリックを準備することによって、開発の文脈に応じてカスタマイズすることができる。本報告では、基本的な HMI 品質メトリックの事例を紹介した。

初期設定された HMI 品質メトリックは、システム開発ライフサイクルを通じて、妥当性が確認され、より精度の高い基準値を得てゆくことができる。そのためには、組織的にシステム品質マネジメントライフサイクルを整備し、その一環として HMI 品質をマネジメントする必要がある。

今後、蓄積された HMI 品質メトリックを、HMI 品質の総合診断や、システム操作に関連する安全性診断へ応用することを検討している。

我が国の場合、HMI 品質に関連するエンピリカルデータの集積はあまり実績が無いと言ってよい。最後に、製品の安全性を確保し、開発効率を向上させ、国際的な競争力を上げるためには、社会的な基盤として HMI 品質メトリックが整備されてゆく必要があることを提案したい。

5. 参考文献

- [1] 電子政府ユーザビリティガイドライン,
http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/guide/security/kaisai_h21/dai37/h210701gl.pdf
- [2] SEC/IPA, ソフトウェア品質監査制度部会活動報告書及び関連委託事業報告書, 独立行政法人情報処理推進機構, 2011
- [3] 人間中心設計推進機構, 人間中心設計 (HCD) 専門家 資格認定制度,
<http://www.hcdnet.org/certified/>
- [4] 鱗原晴彦他, 組込み業界のユーザビリティ活動実態調査, 人間中心設計, 人間中心設計推進機構, Vol.2, No1, 2006
- [5] 平沢尚毅, 組込みシステム開発における人間中心設計導入の有効性に関する考察, 商学討究, Vol.61, No.1, 2010
- [6] 独立行政法人情報処理推進機構 ソフトウェア・エンジニアリング・センター (SEC): 組込みソフトウェア向け開発プロセスガイド, 翔泳社, 2007
- [7] Cooper,A., Reimann, R., Cronin, D., About Face 3 インタラクショナルデザインの極意, アスキー・メディアワークス, 2008
- [8] Shackel,B., Richardson,S. (1991) Human factors for Informatics Usability - Background and Overview. In Shackel,B and Richardson,S (ed.), Human Factors for Informatics Usability, Cambridge University Press
- [9] ISO/IEC 25010:2011 Software Engineering - Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - System and software quality models, 2011
- [10] Basili, V., Using Measurement to Build Core Competencies in Software, Data and Analysis Center for Software, 2005
- [11] 鱗原晴彦, 平沢尚毅, 神田周一, 利用品質向上のためのHMIガイドライン&メトリクス, HCD 研究発表会2012, 2012
- [12]ISO/IEC 9241-11:1989 Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 11: Guidance on usability
- [13]ISO/IEC 9241-110:2006 Ergonomics of human-system interaction - Part 110: Dialogue principles