

マン・マシン・インターフェースとしての機器デザインについての調査研究（第1報）

中村 聖名・五十嵐哲也・馬越 正哲*

Survey and Research on Man-Machine Interface Design (1st report)

Masana NAKAMURA, Tetsuya IGARASHI and Masaaki UMAKOSHI

要 約

自社ブランド製品を製造する県内中小製造業に対し、マン・マシンインターフェース（以下MMIと表記）に関するヒアリング調査を行った結果、開発過程でのMMIを改善する手法の導入は少なく、認知度も低いことが分かった。そこで、この調査を基に中小製造業が企画から設計の最終工程に至る過程で、MMIを改善するために用いる評価基準を提案し、県内製造業N社の溶接ロボットをケーススタディに検証を行ったところ、県内中小製造業向けMMI評価基準の有用性が明らかになるとともに、この実用化及び普及に向けての方向性が明らかとなった。

1. 緒 言

厳しい市場動向の中で、県内中小製造業の生産する機器製品が競争力を増していくためには、機器の機能向上や高精度化以外に、製品評価の上で使用者にとって大きなファクターである操作の分かりやすさと使いやすさの向上、すなわち、MMIにおけるユーザビリティの向上を図ることが重要となってきた。もしもユーザビリティの水準が低ければ、ユーザは作業の妨げとなるストレスやフラストレーションを製品のMMIに感じる事となり、作業に悪影響を与えるばかりかその製品がユーザに見放されてしまう危険さえはらんでいる。ユーザビリティの水準が高ければ、ユーザの身体的・精神的負担を軽減させ、作業環境の改善によって製品の価値そのものを高めることにつながる。ユーザビリティの向上には、製品はあくまでユーザの視点に立ったデザインをされなければならないという、ユーザ・センタード・デザインの考え方が必要となり、機器の企画から設計のプロセスにおいて、機器の使用者の特性（性別・経験・能力）、いつ、どんな環境で、どのような目的で、どのように使用されるのか、という状況を把握し、その条件に対応したデザイン設計を行うことが重要になる。しかし、これまで多くの県内中小製造業が企画製造する機器製品は技術的な基本設計、機能設計に終始しており、デザインは単なるカバーリングのみの作業として位置づけられてきた。もちろん、「使いやすい」製品を作りたいというのは全ての製品開発者にとって当然の願いであるが、デザインを総合的に捉える方法論が獲得されていない現状にあり、改善の余地は大きいと思われる。

そこで、県内中小製造業が製品開発の現場でMMIのユーザビリティ向上を行うためにMMIに関する調査と評価基準

の作成、有用性、実用化などの検討を行った。

2. MMIに関するヒアリング調査

2-1 ヒアリング調査の概要

ヒアリング調査は、自社開発製品を持つ県内中小製造業5社を対象にMMI改善手法の導入状況について行った。これらの製造業が生産する製品は、主に生産工場で使用される加工装置である。調査は、主たる製品の概要、開発プロセスにおけるデザインの位置づけ、MMIにおけるユーザビリティ向上の取り組みの位置づけ、開発に要する期間、製品が使用される環境、メンテナンスの方法、製品に対するユーザーの要望への対応などMMIに関わる諸事項である。

2-2 調査結果及び考察

調査を行った結果、意識的にMMIのユーザビリティ向上の手法を体系的に導入している企業はほとんど見られなかったものの、「使いやすさ」の向上については程度の差こそあれ意識しているが、それに本格的に取り組むに当たってはコスト、知識、人材の不足などの問題があることが分かった。また、ユーザビリティは数字で表すことが難しい価値規準であるため、これを客観的に評価し改善するための手法が獲得しにくいだけでなく、ユーザビリティ向上に注ぐ企業努力の動機付けも希薄にならざるを得ないことが伺えた。MMIの改善を図っていくためには、ユーザビリティ向上の重要性について、より一層の啓発と同時に、MMIの改善手法が容易に導入できるノウハウを、県内製造業が獲得することが必要である。

*日本電気株式会社

3. MMI評価基準の試案作成

3-1 MMI評価手法について

MMIのユーザビリティ向上に関する手法には様々なものがあり、大手企業においては筋電図による解析、プロトコル解析、カメラ解析など多くの時間と専門知識を要する測定法が採用されている。しかし、これらは県内の中小機器製造業者にとっては人的、コスト的な負担が大きく、現実的な手法とは言えない。したがって、比較的容易な手法として、MMIにおけるユーザビリティ向上の到達目標を具体的に示した評価基準を作成し、これに基づいてチェックリスト法を活用した手法を開発し、県内中小製造業におけるMMI向上を促すことが最適と思われる。

そこで、県内中小製造業の実状に合致したMMIの評価規準及びこれに基づいたチェックリストを作成した。

3-2 MMI評価基準試案作成の留意点

この評価基準等は、製品開発者自らがユーザビリティの視点から見た自社製品のレベルを確認でき、その向上の糸口を見い出せるものとなることを念頭において作成したが、MMI評価基準の試案作成にあたっては、国内大手企業で使用されているMMI評価規準をサンプルとして、これを県内中小製造業の実状に即した内容に改変した。評価基準のサンプルは74のチェック項目を有し、開発の段階と製品の種別の2つの面から必要に応じてチェックすべき項目を示したものである。これを基にして県内中小製造業が活用しやすいMMI評価基準チェックリストを作成するには、サンプルの項目を取捨選択し、また新たに付け加えて実状に即したものとすることが必要である。

このとき、中小企業と大手企業の違いから、次のような留意点(表1)が必要と思われる。

表1 中小製造業とサンプル大手製造業との相違から派生する留意点

①県内中小製造業は、MMIの評価に割くことのできる時間が、大手製造業ほどに多くは望めない。
②サンプルの評価基準は、県内中小製造業が活用するには過度に細分化され専門的に過ぎる。
③今回対象とする自社開発製品は、家庭やオフィスではなく、主として生産工場で使用するものである。

また、項目設定の規準として、MMIの改善の到達目標として次の要素(表2)を設定した。

表2 MMI改善の到達目標とする諸要素

A 操 作 性	操作のしやすさ
	・ボタン類の押しやすさ
	・操作部の保持のしやすさ
	誤操作の起きにくさ
B 認 知 性	誤操作後の復旧の容易さ
	メンテナンスのしやすさ
	見やすさ
	エラーなどの見つけやすさ
C 快 適 性	一瞬で認識できるデザイン
	混乱を与えないデザイン
	操作の覚えやすさ
	操作の快適さ
	楽な操作姿勢
	不快感の除去
	操作の効率性
	危険の回避による安心感

さらに、製品開発者が製品の評価を容易に行えるように、製品のMMIを次の4側面(表3)からのチェックができるよう配慮した。

表3 MMI評価におけるチェック項目の4側面

1. 操作部分	ボタン、スイッチ類
2. 表示部分	ランプ、液晶・電光表示
3. 作業環境対策	作業環境の快適化
4. 安全対策	危険の回避

3-2 MMI評価基準の試案

以上の留意点に従い、MMI評価基準のサンプルを基に合計29、細項目を含めると37のチェック項目を作成した。

表4 作成したMMI評価基準チェックリスト

■操作部分：ボタン、スイッチ類	
1配置	表示部や操作員は、使用者が確認しやすく誤操作が起きないように配置されている。 操作部や操作員の適正な位置：表示部や操作員は、使用者の体格や作業姿勢を考慮して配置してある。 使用頻度に応じたスイッチ類の配置：使用頻度の高いスイッチ類は、なるべく操作しやすい位置にある。 同様な働きスイッチのグループ化：同様な働きのスイッチはグループ別にまとめてある。 作業員と指示部の対応の明確化：作業員と指示部の対応が、明らかになるように配置されている。 常用ボタンの独立性：操作しやすい位置にあり他のボタンとは位置的に区別されている
2サイズ・形状	スイッチ・操作などは、使用者が確認しやすく誤操作が起きないサイズ・形状である。 ボタンの適正な大きさ／形状／間隔：ボタンの大きさや間隔が、誤操作の起きないように配置されている。 ボタンの識別性：違う機能のボタンは、はっきりとボタンが識別できるようなボタンになっている。 操作員の適正な使用感：操作員は、操作した時に確かな応答が得られるよう配慮してある

- 3 操作具の形状/使用者が手で保持する操作具は、手にフィットし保持しやすいように配慮してある
 - 4 操作具の種類/スイッチ・操作具の種類は制御内容や目的にあったものが選ばれている。
 - 5 誤操作への配慮/誤操作が起きても用意に復旧できる。
 - 6 機能の明瞭性/ある操作により実行される機能が、明瞭に理解できる。
 - 7 誘導性/使用者は、マニュアル等を毎回見なくても正しく操作できるよう配慮されている。
 - 8 操作方向/スイッチ、操作具の操作方向は、表示内容の変動方向と一致しており、使用者の位置のも左右されにくい。
- 表示部分：ランプ、液晶表示、電光表示、CRT、音
- 9 表示手段/表示部の文字のサイズ・形・色彩は、使用者の特性、使用環境を考慮して決定している。
 - 10 情報の表示/機器操作に必要な情報、使用者が要求する情報が過不足なく示されている。
 - 11 表示手段/使用者へ表示する情報の内容・量・タイミングなどを考慮して、表示手段を選択している。
 - 12 エラー表示方法/使用者はエラー表示を即座に見ることができる。
 - 13 エラー表示内容/使用者はエラー表示内容を即座に理解できる。
 - 14 コマンドの一貫性/同じ事柄や内容を表す言葉は常に同一であり、フォーマットは統一性がとれている。
 - 15 操作の確認/使用者は機器を操作した時に、正しく操作できたかどうかの応答が得られる。
 - 16 状態の表示/使用者は機器の作動状態を確認できる。
- 作業環境対策
- 17 採光・照明対策/表示内容が照明や太陽光で見にくくならないようになっている。
 - 18 騒音・振動対策/機器は使用環境の騒音・振動によって作業が妨げられないよう考慮されている。
 - 19 前工程への考慮/機器の使用に先立つ工程からスムーズに移行できるように配慮されている
 - 20 準備作業への配慮/機器を使用するための準備（治具の装着等）が簡易である。
 - 21 操作姿勢/操作時の姿勢が無理が生じないように、考慮されている。
 - 22 専用仕器/機器の操作に必要な仕器が用意されている。
 - 23 消耗品の交換/消耗品の交換方法や手順が分かりやすく、誰でも用意に行える。
 - 24 保守/専門の保守者が行う項目とそうでない項目が明確に示され、また十分な保守作業が行えるよう考慮されている。
 - 25 ケーブル処理/ケーブル類は周辺の作業環境に影響を与えないように処理されている。
 - 26 外観/機器は使用者にとってなじみやすくまた使用場所の美観を損ねないデザインとなっている。
 - 27 排気/機器からの排気は、使用者に影響を与えないようになっている。
- 安全対策
- 28 構造上の安全対策/機器が地震で倒れたり突起部で人に損傷を与えないようになっている。
 - 29 電磁放射線/機器から漏洩する電磁放射線が、人体に影響を及ぼさないように工夫されている。

3-3 評価基準チェックリストによる評価方法

3-2の評価基準チェックリストによって、製品のMMIにおけるユーザビリティ評価を行う上で留意すべき点は、客観的な視点に徹することであろう。そのためには、製品が実際に稼働する状態である限り、作業プロセスの直接観察を行い、また実際に操作する使用者の意見を十分に聴取した上で、評価基準チェックリストを参照することが必要と思われる。これは、開発担当者にとって自明のことと思われるような些少なプロセスでも、ユーザにとっては越えがたい壁であるような場合が少なくなく、そういった見えにくいトラブルにおいてこそ、ユーザビリティ向上の鍵が隠されているからである。

4. ケーススタディ

4-1 ケーススタディの概要

3で作成した評価基準チェックリストの有用性を調査し、県内中小製造業が活用できるものとして相応しいものに改善するために、県内の機器製造業者N社の多層溶接ロボット（以下装置と表記）をケーススタディとして取り上げ、MMI評価基準による評価を行った。

装置の用途は、コラムと呼ばれる建築鉄骨用部材の自動溶接で、ユーザは原則として装置の操作と、自動溶接の下準備であるコラムの仮付作業を平行して行うのが一般的な作業形態となっている。

4-2 直接観察による評価

装置のユーザ製造業において作業プロセスを観察してMMIの評価を行った。

4-1-1 作業プロセス

ユーザが装置を使用する際にどのような作業が必要となるかを把握するため、時間を追って作業プロセスを観察した。

使用者の作業内容と装置の稼働状況の推移
平均的な1サイクルの溶接時間（計測時間=1990秒）における時間経過に沿った使用者の作業内容と装置の稼働状況の流れ

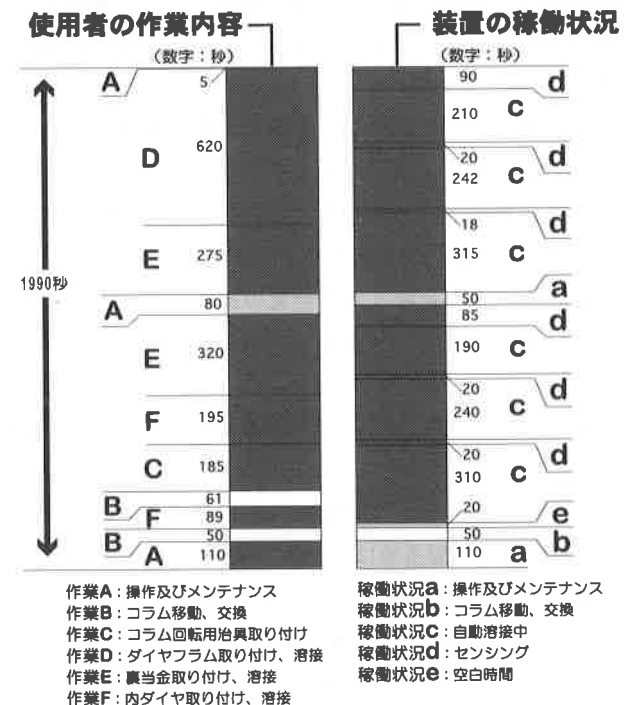


図1 作業プロセス

この結果、コラム一つが完成するまでの1サイクルにおける作業内容と装置の作動状況の時間配分は次のようになっていることが分かった。

使用者の作業内容と装置の稼働状況
 平均的な1サイクルの溶接時間(計3回の計測時間の平均値=合計205秒)における時間配分の割合

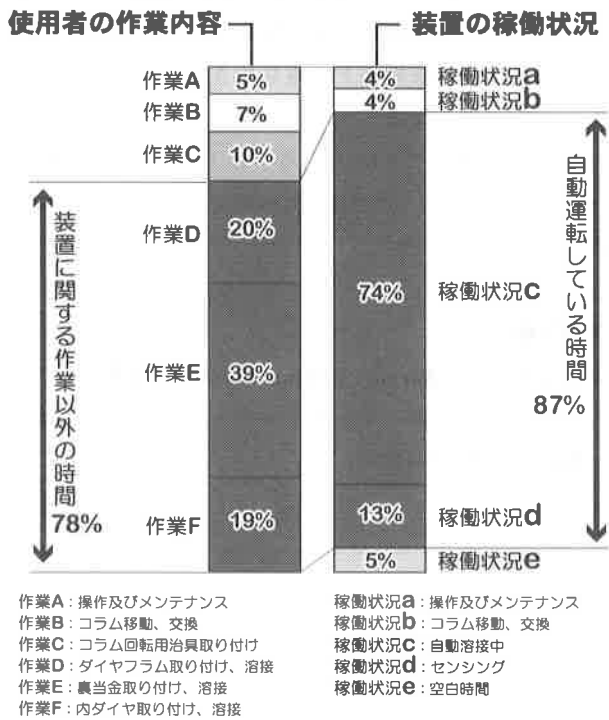


図2 作業の時間配分

4-1-2 直接観察から導き出された点

観察の結果、装置は溶接の自動化を大幅に実現する一方、用途をコラムの溶接に限定することでティーチングと呼ばれる初期設定の極端な簡略化に成功していることが分かった。通常、大幅に自動化されたロボットは、初期設定作業が煩雑で専門的になりがちであるのに対し、この装置は極めてバランスの取れた設計思想によるものと言える。また、ユーザが手で行う作業とN社製装置が行う作業の分担が適度であるため、自動運転中の時間をユーザが有効に使えるというメリットも実現されていることが分かった。

4-2 ユーザからの意見

実際に装置を使用しているユーザから、装置のMMIに対する意見を聴取した結果、次の点が挙げられた。

操作の簡略化により、操作方法の修得期間が少ないこと、そして専門的知識の有無を問わず利用できること。大幅な自動化により、装置に拘束される時間が少なく、自動運転中に他の作業を行えるので効率性が高いこと。以上のことからユーザにとって、メリットは感じられるが不具合を意識している点はなく、MMIの水準の高さが伺えた。

4-3 評価基準チェックリストによる評価

作業プロセスの観察とユーザーからのヒアリングを通し、評価基準チェックリストにより装置の評価を行った結果、次のような優れた部分と向上が期待される部分が明らかとなった。

表5 評価基準チェックリストによる評価結果

<p><優れた部分></p> <p>【操作の効率性】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材料の反転機能を含めた高度な自動化 ・自動化の水準にそぐわぬ初期設定の容易さ ・操作手順の簡略さ ・同仕様連続加工において初期設定が一切不要 <p>【操作の覚えやすさ】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・操作手順の簡略さ(再掲) <p>【前工程への配慮】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材料の装置へのセットが容易 <p>【操作具の種類】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・主に初期設定に使用する「操作パネル」と、使用頻度の高い操作に使う「リモコン」の分離による使いやすさの向上 <p><向上が期待される部分></p> <p>【操作具、スイッチ、表示ランプ等の配置】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・一連の作業に必要なボタン類は一箇所にまとめるのが望ましいのではないか。 ・リモコンのうち、使用頻度の高いノズル清掃に必要なボタン類はグループ化してはどうか。 ・操作パネルの「丸/角」ボタンと「コラムサイズ」、「パス間停止」をひとまとめにしてはどうか。 ・操作パネルの「台車移動」ボタン類は、リモコンに組み込んではどうか。 ・リモコンのボタンのうち、スタート、ストップの色(赤と緑)を、違うボタンでは使わない方が良いのではないか。 ・非常停止ボタンの配置は、他のボタンとの独立性をより高めてはどうか。 ・リモコンのうち上下・左右・前後を示す方向指示系ボタンの配置を、より直観的に理解できるよう改善できないか。 ・動作表示灯の表示方法と内容が、直観的に理解できるようにしてはどうか。 ・スイッチや表示部を、ヘッドが反転した際のユーザの操作ポジションから操作・認識しやすいよう改善できないか。 <p>【準備工程の簡略化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コラム回転用具をコラムに装着する作業を簡易化できないか。
--

5. 考 察

装置のMMIに対するユーザビリティの評価を総括すると、装置のMMIの基本デザインとも言える部分においては、自動化と操作の簡略化のバランス、ユーザと装置の作業分担のバランスといった面でユーザの負担軽減の実現に成功し非常に高い水準にあることが分かった。一方、表面的なインターフェースのデザイン、スイッチやボタン類の配置や色などの部分では、さらに向上の余地を見つかることができた。

また、N社では中小製造業の小回りの良さを十分に活かし、ユーザの現場からの声を即座に取り上げてはマイナーチェンジにより改善を繰り返す、という製品開発姿勢を続けている。このユーザの声を製品に反映する過程から、これまでに様々なMMIの向上が行われ、現在のモデルに至っている、ということも見逃し難いポイントである。

以上の結果をN社開発担当者と共に検討した結果、開発担当者が見落としていた点、すでに改善の検討を進めている点が明らかとなった。

以上のMMI評価基準チェックリストの作成と、ケーススタディによる評価のシミュレーションを行った結果、この評価基準チェックリストを基にしたMMI評価プロセスが、製品のユーザビリティにおける問題点の発見と整理、そして今後の改善の方向を見いだす手法として、有効性を持つことが分かった。

6. 結 言

現状においては、県内中小製造業はコスト、知識、人材などの不足から、MMIのユーザビリティ向上の手法導入は不十分であり、その重要性についての一層の啓発と導入指導が必要である。

今回の研究によって、県内中小製造業の実状に合わせた

MMIのユーザビリティの評価基準と、これに基づいたチェックリストを作成し、県内機器製造企業（N社）でその有用性などを検討した結果、MMIの体系的な評価と改善により、さらに製品の付加価値向上に寄与できることが明らかになった。また、この結果、中小製造業が機器製品製作の開発段階から取り組むべきMMIのモデルとなる手法の構築と、ケーススタディによるMMIのユーザビリティ評価について実例を示すことができた。

参考文献

- 1) Susannah Ravden and Graham Johnson 東基衛 監訳／小松原明哲 訳：ユーザインターフェースの実践的評価法、海文堂、15（1993）