

## オペレータの安全・安心・ウェルビーイングを実現する 新しい Safety SUI デバイスの開発

福井 秀利<sup>\*1</sup> 中島 幸一<sup>\*2</sup> 清水 隆義<sup>\*1</sup>

藤谷 繁年<sup>\*3</sup> 大石 桃未<sup>\*3</sup> 藤田 俊弘<sup>\*4</sup>

### Development of a new Safety SUI device for operator safety, ANSHIN, and wellbeing

Hidetoshi Fukui<sup>\*1</sup>, Shigetoshi Fujitani<sup>\*2</sup>, Takayoshi Shimizu<sup>\*1</sup>, Koichi Nakajima<sup>\*3</sup>, Momomi Oishi<sup>\*3</sup> and Toshihiro Fujita<sup>\*4</sup>

**Abstract** – With the development of ICT in recent years, tablet computers are increasingly being used as terminals for setting the operation of machinery and equipment. While tablet computers have excellent accessibility and versatility, there are many applications that cannot be used because they do not have the safety functions required in manufacturing sites. In addition, the square and flat shape of the tablet computer makes it easy to get tired when held for long periods of time, making it unsuitable for long setup tasks such as equipment start-up. This paper describes the development of a device that adds safety functions to tablet computers, and also takes ergonomics into consideration to make tablet computers easier to hold and less tiring to use over long periods of time. The effects of this device are discussed based on feedback from users, and it is shown that it can improve not only safety but also productivity, and consequently improve the wellbeing of workers.

**Keywords:** Safety, GUI, SUI, Safety SUI, Factory Automation, Connected Industries

### 1. はじめに

近年、一般コンシューマやオフィスだけでなく、ものづくり現場の課題を解決するために、ICTを使うことは自然のこととなっている。そのような流れから、工作機械や産業用ロボット、無人搬送車（Auto Guided Vehicle）などの動作設定を行うために、これまでそれぞれの機械設備に応じた専用の設定端末として、専用操作パネルや、ペンダント端末を使用してきたが、これら機械設備の設定に、Wi-FiやBluetoothなどの一般的な通信機能を標準搭載し、アプリケーション開発の自由度が高いタブレット端末を使用する場面が増えてきている。

一方、産業現場で使用する機械設備はエネルギーが大きい場合が多く、作業者が機械の可動部に衝突したり、回転部に巻き込まれたりすることによって重傷を負うなど、重大な事故につながる場面が存在する。そのため、各機械の専用設定端末には、緊急時に機械を停止できる[1]ように非常停止用押ボタンスイッチやイネーブルスイ

ッチ[2][3]などの安全機器が搭載されており、事故の発生を抑制している。しかし、一般コンシューマ向けのタブレット端末には、そのような安全機器は搭載されていないため、緊急時に停止できないなど、安全上の問題があり、法律やルールなどの側面からも、図1のような危険と隣り合わせのアプリケーションで、タブレット 컴퓨터を用いて機械を設定・操作することはできない。

### 2. ものづくり現場における HMI (Human machine interface) 環境

ものづくり現場で使用される機械設備の中には、設定端末 1 台で複数の機械を設定したり、見やすい位置から設定を行ったりするため、設定端末が固定式から可搬式に代わっている流れがある（図 2 参照）。そして、可搬式



図 1 タブレット端末による危険な設定例  
Fig.1 An example of a dangerous setup with a tablet computer

\*1: IDEC(株) 国際標準化・Safety2.0推進部

\*2: IDEC(株) 製品戦略本部

\*3: IDEC(株) 開発本部

\*4: IDEC(株) 常務執行役員 技術経営担当

\*1: International Standardization & Safety 2.0 department, IDEC Corporation

\*2: HMI Solutions, Products & Markets Strategy Division, Sales & Marketing HQ, IDEC Corporation

\*3: Research & Development HQ, IDEC Corporation

\*4: Senior Executive Officer, Management of Technology, IDEC Corporation

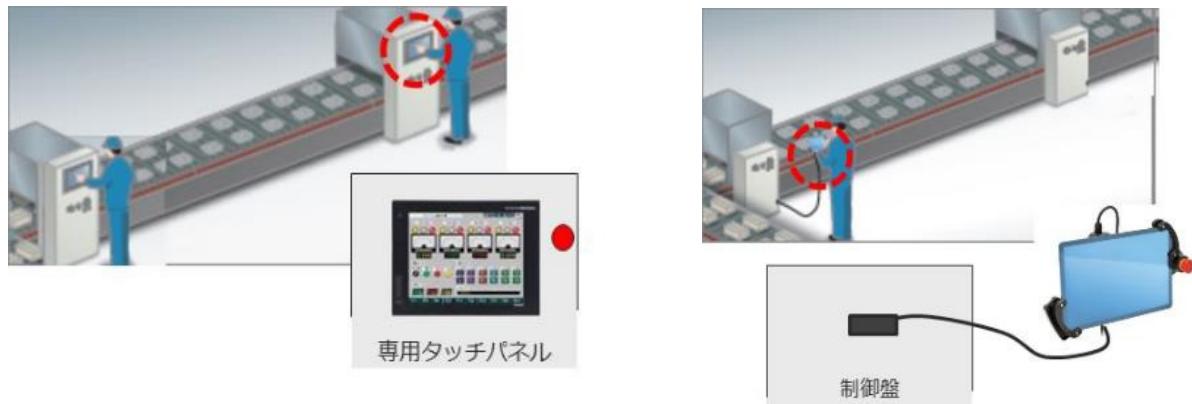


図2 固定型から可搬型に移行される設定端末

Fig.2 A configuration terminal being migrated from a stationary type to a portable type

設定端末として代表的なタブレット端末は、汎用的に入手することができ、それぞれの機械設備に合わせて、フレキシブルにアプリケーションを開発することができるため、ハードウェアを変更しないで様々な機械設備用の設定端末としてカスタマイズできる。一方、専用端末は、機械設備ごとにハードウェアおよびソフトウェアを開発する必要があり、開発に多くのリソースが必要である。

また、作業者は普段の生活において、スマートフォンなどでタッチパネル操作に慣れているため、感覚的にタブレット端末を操作することができる。そのため、比較的短時間の教育・研修で操作方法を習得することができる。このような理由から、タブレット端末をものづくり現場の機械設備の設定端末として使用したいという要望が高まっている。

一方、機械設備の設定端末は、人が操作して機械の設定を行うことから、操作するときのストレス軽減や操作ミスを減らすためHMIを工夫している。ものづくり分野でよく使われている産業用ロボット[4][5]のティーチング用途で使用するペンダント端末[6][7][8]に代表される機械設備の設定端末は、ディスプレイに表示された図形やアイコンを仮想的なスイッチとして、タッチパネルなどを使用して操作するGraphical User Interface(GUI)、操作感、確実性を必要とする操作には、物理的な押ボタンスイッチやセレクタスイッチなどのSolid User Interface(SUI)が装備されている。そして、危険事象が発生しない

ように安心して設定作業を行うため、非常停止用押ボタンスイッチなど作業の安全性に直結するSUIであるSafety SUIを有している(図3参照)[9]。機械を設定する際、作業者は機械に近づくことも多く、Safety SUIは重大な事故の発生を防止するためのキーファクタであり、ものづくり現場における設定端末の必須要件となっている。

### 3. 機械設備の設定端末として汎用タブレット端末を適応

ここで、可搬式の設定端末の特長を表1のように比較した。産業用ロボットの設定に使用されるペンダント端末を例にした専用端末では、先述のとおり、Safety SUIである非常停止用押ボタンスイッチや3ポジションインエーブルスイッチが搭載されているが、汎用品であるタブレット端末にはそれらがない。また、設備立上の時など、手で持って長時間作業する多いため、専用端末は、設定時の姿勢や使用環境をもとに人間工学を考慮して専用に開発されている。その結果、疲れにくく持ちやすい構造になっている。しかし、汎用タブレット端末は、フラットで四角い構造になっており、手で持って長時間設定作業する用途には適していない。また、モノづくり現場では、手で持っているところから落下しても簡単に壊れない、つまり落下堅牢性が求められるが、タブレット端末は比較的壊れやすいことも注意が必要である。そ



図3 HMI の方式である GUI, SUI, そして Safety SUI の概要

Fig.3 Overview of HMI methods: GUI, SUI, and Safety SUI

表 1 可搬型の機械設備設定端末の比較  
Table 1 Comparison of portable machinery setting terminals

種類	可搬型		
	専用端末例(ペンダント端末)	タブレット端末	タブレット端末+Safety SUI
イメージ			
HMIの構成	GUI	LCD、タッチパネル	LCD、タッチパネル
	SUI	押ボタンスイッチ、メンブレンスイッチ	なし
	Safety SUI	非常停止用押ボタンスイッチ 3Pイネーブルスイッチ	非常停止用押ボタンスイッチ 3Pイネーブルスイッチ
持ちやすさ (機械設備の設定時)	◎ 人間工学を考慮した把持構造	△ フラットなスクエア形状	◎ 人間工学を考慮した把持構造
安全性 (危険事象発生時)	◎ 3Pイネーブルスイッチによる無意識の停止 非常停止スイッチによる意識的な停止	△ 安全機器なし	◎ 3Pイネーブルスイッチによる無意識の停止 非常停止スイッチによる意識的な停止
落下堅牢性	◎ 落下しても壊れにくい構造	△ 耐落下性能は一般環境向け 一部堅牢タイプのタブレットもあり	○ 落下しても壊れにくい構造 *タブレット部を除く
流用性・汎用性	△ 機械個別の専用端末で流用不可	◎ 自由度の高いアプリケーション開発	◎ 自由度の高いアプリケーション開発

した課題を解決し、タブレット端末の優位性である、入手性や汎用性を生かしてもののづくり現場でタブレット端末を有効に活用するため、われわれは、人間工学を考慮し長時間作業しても疲れにくく、タブレット端末にSafety SUI の機能を付加するデバイスを開発した。そして、われわれはそのデバイスをセーフティコマンダと呼称している。

セーフティコマンダには非常停止用押ボタンスイッチと 3 ポジションイネーブルスイッチが搭載され、機械設備の安全入力にそれらの接点を接続することで、タブレット端末に安全機能を付加することができる。また、安全性に加えて、ユーザビリティの観点から持ちやすさのアンケートを行った。手の長さが 16cm~21.5cm、手のひらの周囲が 16.5cm~21.5cm の様々な手の大きさをした男女を対象に、図 5 のように、マウス風形状のグリップと丸形のグリップタイプを比較した結果を図 6 に示す。“5”

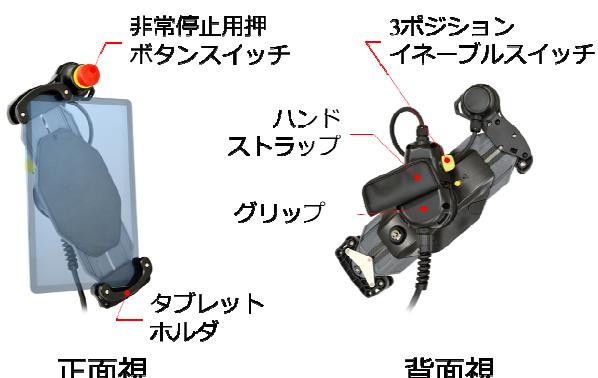


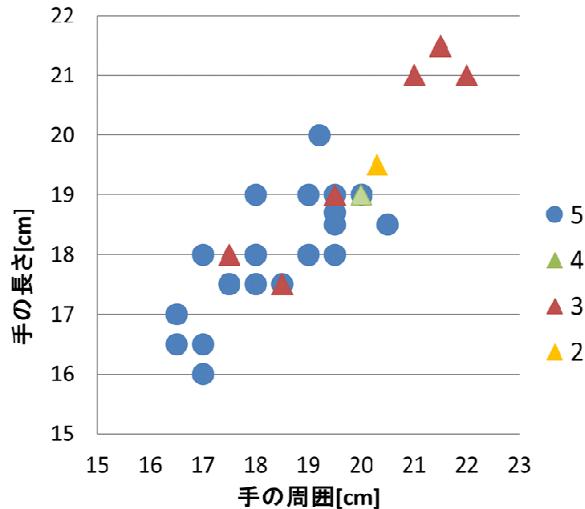
図 4 タブレットに Safety SUI を付加するデバイス  
Fig.4 A device that adds Safety SUI to a tablet

が一番握りやすく、“1”が握りづらいという 5 段階で評価を行っている。グラフ上で右上部の比較的手の大きさが大サイズの人は、丸形のグリップを握りやすいと感じているが、手の大きさが中サイズから小サイズ人の場合、丸形のグリップは握りにくいと評価している。近年のものづくり現場では、比較的手の大きさが小サイズの女性作業員も多く、総合的に判断して、マウス風の形状を採用した。追加でハンドストラップも使用することで、手の甲が固定され、指でイネーブルスイッチを押しながら長時間操作しても疲れにくくなる。また、作業者が持ちやすい方の手で操作できるよう、左右どちらでも持ちやすい構造を実現した（図 7 参照）。つまり、作業者は、非常停止用押ボタンスイッチを操作することで、機械が意図しない動きをしたときなど緊急時にいつでも機械を停止できる。また、産業用ロボットなどと衝突しそうになった場合、3 ポジションイネーブルスイッチを無意識に

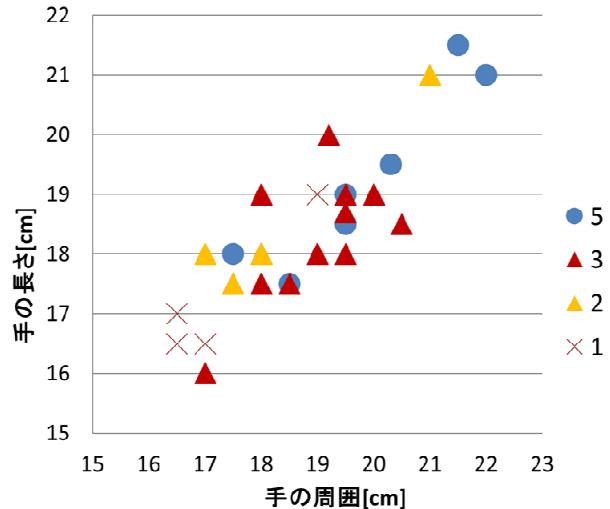
マウス風グリップ 丸形グリップ



図 5 握りやすいグリップ形状の検討  
Fig.5 Examination of grip shape for easy gripping



マウス風形状のグリップ



丸形のグリップ

図6 マウス風形状のグリップと丸形のグリップの握りやすさ比較  
Fig.6 Comparison of grip comfort between mouse-like grip and round grip

離すか、握りこむことで停止命令を出せるため、安心して設定作業を行うことができる。一方、持ちやすいなど、ユーザビリティに優れているので、先述の安心感に加えて、疲れにくく生産性も向上する。さらには、作業者にとってタブレットは使い慣れた GUI であり、特別な操作を覚える必要がないので、教育・研修時間も軽減され、ストレスの軽減にも貢献する。以上のことから、総合的に考えると、作業者が安全にそして効率よく健康的に働く環境により、作業者のウェルビーイングはかなり向上する。

#### 4. 使用者のフィードバックに基づく、タブレット端末 +Safety SUI の有効性の確認

最後に、実際のものづくり現場や生産設備の設計者から、セーフティコマンダの使用を想定することに対して、多くのフィードバックが返ってきており、先述の安全性とユーザビリティについての有効性がわかったので、3つのフィードバックを紹介する。



図7 右手でも左手でも持ちやすい構造  
Fig.7 Easy to hold with either right or left hand construction

1つ目は、技術の進歩により安全性が向上したこと、安全柵無しで人と共に作業することができる協働ロボットへの使用に関するフィードバックである。協働ロボットのティーチング作業において、作業員の腕などが協働ロボットのアームやショルダーに衝突した時、一定の力がかかると協働ロボットは停止するため、リスクはそれほど高くない。しかし、作業員の頭部に接触した場合や、エンドエフェクタやハンドの形状もしくはワークの形状が鋭利なものである場合などは、重大災害につながる可能性もある。そのため、リスクアセスメント[10]の結果、タブレット端末単体では協働ロボットのティーチング作業を行うことができなかつたが、セーフティコマンダを用いてタブレット端末に Safety SUI を付加することで、協働ロボットのティーチング作業を安全に行うことができる。

2つ目は、タブレット端末を用いて無人搬送車の設定を行う際、設定端末の画面上に、つまり GUI として停止ボタンを配置していたが、この場合の停止機能は安全機能にはならないため、通信不良が発生した時など、安全側に故障せず、停止ボタンが無効になる場合がある。つまり、非常時、緊急時に無人搬送車を停止することができない可能性がある。セーフティコマンダを用いて、タブレット端末に Safety SUI を付加することで、このような課題の解決することができる。

3つ目は、自動車の生産ラインでは、多品種変量生産ラインであり、フレキシブルに設定を変更する必要がある。在庫管理などで汎用的に使用されている Wi-Fi を利用するため、タブレット端末を使用しているが、安全性に課題があるため、タブレット端末は設定値や稼働状況の閲覧のみの使用用途となっていて、設定端末は別に用意されている。そこで、タブレット端末に Safety SUI を



図8 タブレット端末に Safety SUI を付加し協働ロボットティーチングに使用した例

Fig.8 An example of using a tablet computer with Safety SUI for teaching a collaborative robot

付加することで、閲覧のみならず、機械設備の設定変更にも使用できるため、専用端末が不要となり非常に有効である。

その他にも、安全性、生産性の両側面において数多くのポジティブなフィードバックが得られており、タブレット端末に Safety SUI を付加して安全性を向上し、加えて、持ちやすさなどのユーザビリティを向上することは作業者の安全・安心およびウェルビーイングの向上に非常に有効であることがわかった。

### 5. おわりに

近年の ICT 分野の目覚ましい発展を、ものづくり分野の機械設備設定に適応し、操作性やアプリケーションのカスタマイズ性など、ユーザビリティの観点から、快適で使いやすい設定端末としてタブレット端末の使用が拡大している。

われわれは、タブレット端末に不足している安全機能を付加し、持ちやすさなどのユーザビリティを向上させるデバイスを開発した。そして、ユーザからのフィードバックを得ることで、作業者が安全に、そして安心して機械設備の設定を行うことができることを確認した。

今回、タブレット端末に Safety SUI を付加したが、モード切替や機械の始動など、確実性を求められる操作のための SUI は付加されていないため、今後の課題として、タブレット端末への SUI の付加およびその有効性を確認したいと考えている。

われわれは、これからもこのような安全とユーザビリティを兼ね備えた技術を開発することでものづくり現場から重大な労働災害を減らし、作業者が安心して効率よく作業を行うことで生産性を向上し、作業者だけではなく、現場監督者や管理者なども含めた労働者のウェルビーイングの向上を実現していく所存である。

### 6. 参考文献

- [1] ISO13850(JIS B 9703) : 機械類の安全性 – 非常停止機能 – 設計原則 (2015)
- [2] IEC60947-5-8 : 低電圧開閉装置及び制御装置 – 第5-8 部 : 制御回路装置及び開閉素子 – 3 位置イネーブルスイッチ (2020)
- [3] 福井 他:機械安全における 3 ポジションイネーブルスイッチの人間工学的必要性:ヒューマンインターフェースシンポジウム (2007) pp. 759-764
- [4] ISO10218-1(JIS B8433-1) : ロボット及びロボティックデバイス – 産業用ロボットのための安全要求事項 – 第 1 部 : ロボット (2011)
- [5] ISO10218-2(JIS B8433-2) : ロボット及びロボティックデバイス – 産業用ロボットのための安全要求事項 – 第 2 部 : ロボットシステム及びインテグレーション (2011)
- [6] 福井 他:操作安全性に配慮した小型ペンドント表示器の機械装置への応用展開:ヒューマンインターフェースシンポジウム (2004) pp. 669-672,
- [7] 福井 他:安全性および操作性の向上を追及したロボット操作用のティーチングペンドントの開発:ヒューマンインターフェースシンポジウム (2009) pp. 1095-1100
- [8] 飯田 他:安全性と操作性を追究したティーチングペンドントの開発:ヒューマンインターフェースシンポジウム (2019) pp. 619-624
- [9] 中井 他 : GUI と SUI の融合による新しい HMI 操作表示環境の構築:ヒューマンインターフェースシンポジウム (1998) pp. 493-498
- [10] ISO 12100(JIS B 9700) : 機械類の安全性 - 設計のための一般原則 - リスクアセスメント及びリスク低減(2010).

- [1] ISO13850(JIS B 9703) : 機械類の安全性 – 非常停止機能 – 設計原則 (2015)