

# 技術紹介

## 2

### コネクタにおけるユーザビリティ向上への取り組み

Usability activities for a series of hand-plug connectors.

香川 加奈

Kana Kagawa

商品開発センター 主任

キーワード: ユーザビリティ、電気自動車用充電コネクタ、印象評価、動作解析

Keywords: usability, charging connector for electric vehicle, impression evaluation, motion analysis

#### 要旨

コネクタは機器間や機器と電源などを電氣的に接続する部品として幅広く利用されており、その多くは人の手を介して取り扱われていますが、人の手による接続作業は把持したプラグをレセプタクルに合わせこむと同時に適切な挿入力を発揮する必要がありますため、基本性能を高めるだけでなく利用状況を踏まえた使いやすさ(ユーザビリティ)が求められます。そこで、当社ではコネクタの製品価値や品質を高める要素としてユーザビリティに着目し、安全・安心に関わる製品群を中心に使い手視点に立ったものづくりを進めています。

本稿ではコネクタ製品のユーザビリティ向上に関する取り組みについて電気自動車用充電コネクタの事例を中心に紹介します。

#### SUMMARY

A hand-plug connector is one of the products, which should be designed in consideration of the usability in their usage situation and installation environment, since such a product usually requires users to precise hand posture control and necessary and appropriate insertion force during manual connection. Therefore, we started to research on usability of connectors by using human centered design process.

In this paper, we report a case study of charging connector for electric vehicle and discuss the design point of improving usability for this connector.

## 1. まえがき

ユーザビリティとはモノやシステム、サービスの使いやすさや使い勝手を表す用語で、対象となる製品の価値や利用時の品質に関わる大切な要素です。これまでは多機能、高性能を付加価値としたものづくりが主流となっていましたが、社会の成熟や新興国の台頭にともない技術主導の差異化戦略では市場を惹きつけることが困難となりつつあります。そのため、ユーザーの不便や負担を解消し、さらにはその利用によって生活や体験の質を向上させるような使い手視点の魅力となる製品のユーザビリティが注目されるようになってきました。

ISO 9241-11 においてユーザビリティは「ある製品が、特定のユーザーによって、特定の利用状況のもとで、指定された目的を達成するために用いられる際の有効さ、効率、および満足度の度合い」と定義されています。これは、ユーザーが対象となる製品を利用する際に正確に用いることができるか、要する時間はどのくらいか、および不快さなく肯定的に受けとめられるかという3つの観点からユーザビリティが評価されることを説明しています。したがって、使い手にとって価値のある製品を提供するにはこれらの指標を目安として製品開発を行うことが肝要です。

このような利用者に主眼を置いて使いやすい製品の創出を目指すアプローチには人間中心設計 (human-Centered Design) があり、その活動の指針として ISO 9241-210 が制定されています。この概念は、開発の上流工程から使い手の視点に立って使用環境や利用状況を把握し、その結果をふまえた製品の企画、設計を行う方法論であり、ユーザーのニーズや期待にそった製品を効率的に生み出す有効な手段として様々な分野において利用が広がっています。<sup>1, 2)</sup>

当社ではお客様に提供する付加価値の一つとしてこのユーザビリティに着目し、人の手を介して利用されることの多いコネクタ製品や入力デバイスを対象にその向上を目指した活動を進めています。本稿ではコネクタ製品を中心に展開している人間中心設計をベースとしたユーザビリティ向上に関する取り組みについて紹介します。

## 2. コネクタ製品に求められるユーザビリティ

コネクタは機器間や機器と電源などの間を電氣的に接続する部品として家電、モバイルなどの身近な製品から医療や交通といった生活基盤に関わる設備、システムなどに幅広く利用されていますが、用途により形状や大きさも様々であり、また、人の手によって取扱われることの多い製品となっています。

ここで、取扱いの観点からコネクタの接続作業を見ると、利用者はプラグを把持しながらその嵌合面をレセプタクルに精度良く合わせて押し込むというやや複雑な操作を実行しています。加えて、レセプタクルの設置場所や角度を変更することができない場合には限定された姿勢で作業を行う必要があるため、使い手に負担や工夫を強いることが懸念される製品でもあります。したがって、コネクタ製品全般において、基本特性のみならず使用環境や想定されるユーザーの身体特性を考慮した開発を行うことが満足度の高い製品を提供する上で重要なポイントとなります。特に、接続の正確さや作業性が利用する側の安全や安心、効率に関わるような医療や産機向けの設備やシステム、運輸車両などに搭載される場合には、利用状況を踏まえたユーザビリティへの配慮が不可欠です。

このような背景の下、当社ではコネクタ製品の付加価値とお客様満足度を高める要素としてユーザビリティに注目し、接続作業の特徴を鑑みて人間工学や感性工学のアプローチを利用しながらその向上を目指した取り組みを行っています。

今回はコネクタにおけるユーザビリティに関する取り組みの中から、電気自動車用充電コネクタの事例について説明します。

### 3. 電気自動車用充電コネクタに求められるユーザビリティ

近年、地球温暖化等の環境問題に対する強い関心を背景に低炭素化社会に向けた動きが加速しており、走行中に二酸化炭素を排出しない電気自動車への期待が高まっています。<sup>3)</sup>しかしながら、電気自動車は1回の充電走行距離が短いために頻繁な充電作業が必要であり、従来のガソリン車に比べると利用者の負担が大きいことが課題となっています。さらに、ユーザーは充電の度にコネクタを着脱しますが、嵌合部の破損や不完全作業による感電リスクが懸念されるため安全面に対する配慮も欠かせません。このように、電気自動車の快適な利用を促すためには充電作業過程の負担軽減と安全、確実な接続が求められます。

この充電作業に用いられるコネクタは片端に嵌合面を有する胴体に操作グリップが取り付けられた構成となっており、その取扱いはグリップ部を把持しながら車両に設置されたインレットに嵌合面を合わせ押し込むことで接続し(図 1)、充電が終了した後はリリースボタンを押しながらグリップを握り込み、手前に引くことより車体から離脱させる手順となっています(図 2)。また、利用者の性別や年齢を問わない使いやすい製品の提供を念頭に作業全体を確認すると、インレットの取り付け高さ、固定角度がメーカーや車種により異なること、およびコネクタ本体の重量、および嵌合力が比較的高いことに配慮した設計を行う必要があることがわかります。

ここで、グリップ操作における人間の発揮力はその握り径や把持姿勢によって変化することが知られており、<sup>4,5)</sup>作業手順の特徴や取扱い上の留意点を踏まえると嵌合過程におけるグリップの操作性を検証することが当製品のユーザビリティの向上につながると想定されます。

そこで、グリップ把持からインレットへの接続までの工程を対象にユーザビリティ検証を実施し、充電作業の負荷低減と快適な操作を実現する電気自動車用充電コネクタのグリップ設計指針を検討しました。

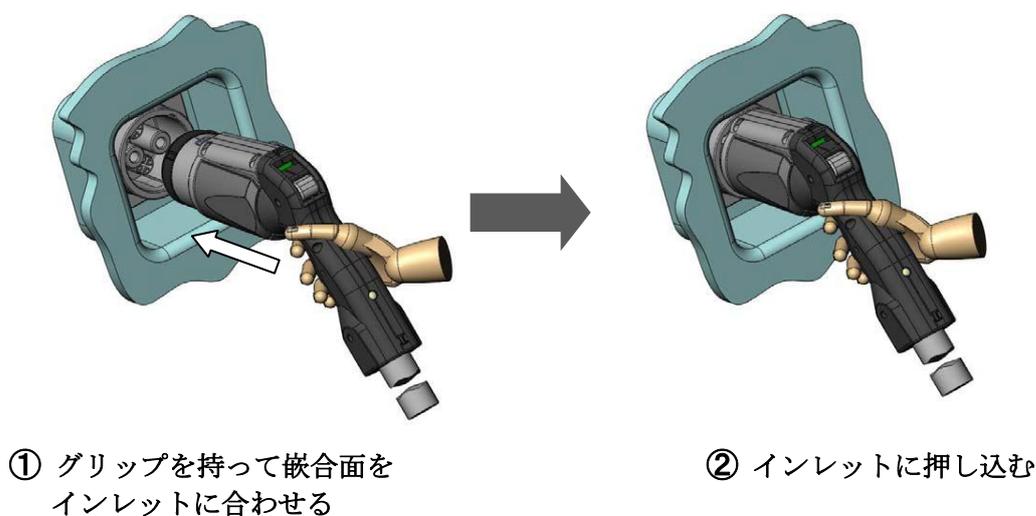


図 1. 嵌合作業の手順

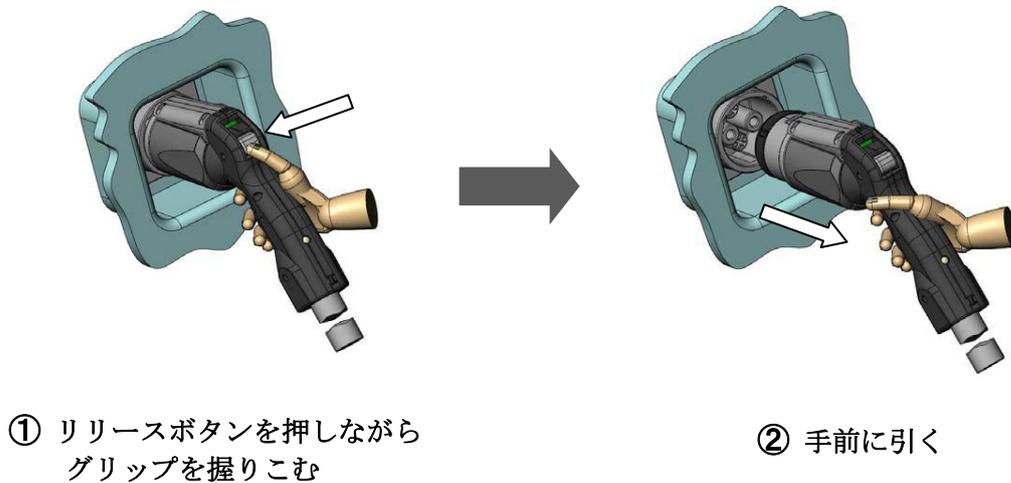


図 2. 抜去作業方法

#### 4. ユーザビリティ検証方法

ユーザビリティの検証は 13 名の被験者 (20~40 代の成人男性、右利き、平均年齢 34.5 才) による接続作業の動作観察と Semantic Differential 法 (5 段階尺度、10 項目) を用いた印象評価により行いました。

接続作業は立位、素手の状態で実施し、評価サンプルとしてグリップ形状の異なる 4 つの充電コネクタを用いました (表 1)。また、インレットは高さ約 90 cm の台上に設置し、嵌合面の固定角度を  $45^{\circ}$ 、 $60^{\circ}$ 、および  $90^{\circ}$  の 3 条件と致しました。試行順は順序効果を考慮して被験者ごとに変更しています。

表 1. 評価サンプル一覧

サンプル No.	取り付け 角度( $^{\circ}$ )	軸径(最小部) 縦/mm	軸径(最小部) 横/mm
1	13	43	36
2	13	47	36
3	60	37	40
4	90	27	32

## 5. 結果と考察

充電コネクタにおける接続作業の動作解析結果を表 2 に示します。代表的なグリップの把持姿勢には掌全体でグリップを握りこむ“power grasp”（姿勢①）と母指をグリップに添えて残りの 4 指で握る様式の“oblique grasp”（姿勢②）があります。この 2 つの姿勢は人間工学的な観点で異なる特徴があり、前者は握力を最大に発揮する姿勢ですが、後者は前者に対し発揮握力がやや低下するものの対象物をしっかりと保持可能な握り方となっています。<sup>5)</sup> 今回の充電コネクタの接続作業では姿勢①による作業が主流となっていました。サンプル 1 と 2 については固定角度が小さくなるにつれ姿勢②の比率が増加する傾向があり、また、これらのサンプルでは嵌合作業中の握り直しによる姿勢変更が全ての試行条件において確認されていました。

表 2. 動作解析結果

サンプル No.	インレット 固定角度 (°)	作業様式		把持姿勢		挿入中の 姿勢変更
		片腕	両腕	姿勢① power grasp	姿勢② oblique grasp	
1	45	11	2	7	6	3
	60	10	3	8	5	5
	90	9	4	10	3	3
2	45	9	4	6	7	3
	60	10	3	9	4	4
	90	11	2	11	2	2
3	45	10	3	11	2	1
	60	10	3	11	2	0
	90	10	3	11	2	1
4	45	10	3	11	2	1
	60	11	2	11	2	0
	90	9	4	11	2	1

(人)

次に、Semantic Differential (SD) 法による作業印象の評価結果を説明します。SD 法は「良い—悪い」などの複数の反対語の対からなる評価尺度を用いて対象となる製品の包括的な印象やイメージを検証する手法であり、得られたデータは主に因子分析を用いて説明因子の抽出と解釈が行われます。<sup>6, 7)</sup> 今回の充電コネクタの嵌合操作印象評価では 2 つの説明因子が抽出され、寄与率の高い順に「作業性」因子、「好ましさ」因子と解釈しました。

得られた 2 つの説明因子についてグリップ形状の違いやインレット固定角度の影響を調べるために試行条件別の因子得点を算出しました(図 3)。その結果、サンプル 1、2 では 2 因子ともに得点が低く与えられている一方で、サンプル 3、4 では比較的评价が高く好意的に受け止められていることがわかりました。これは動作解析により確認された試行条件に対するサンプル別の姿勢変更の有無の傾向と一致しています。

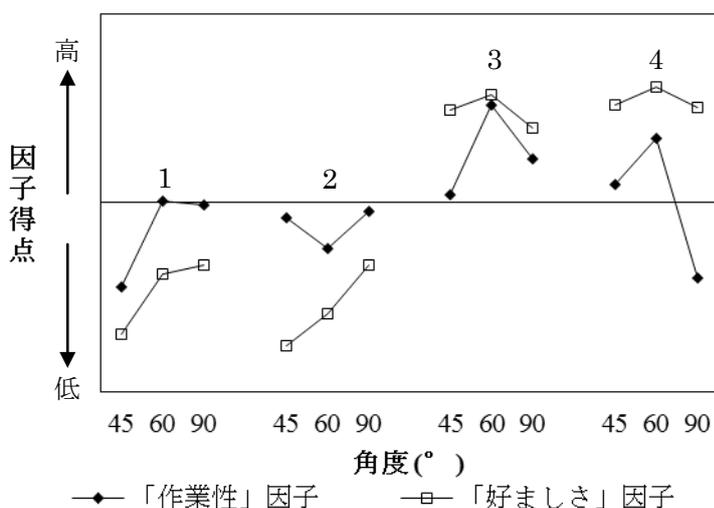


図 3. 試行条件別の因子得点

つづいて、動作解析、作業印象評価において対照的な結果を示していたサンプル 1 と 3 についてグリップ形状と作業様式に関する詳細な検証を実施しました。まず、サンプル 1 では、作業初期のグリップ把持工程において被験者間で握りこみ位置にばらつきが見られ、同一の被験者であっても挿入角度によって位置に変化が見られることが確認されました。また、インレットへの押込み過程で把持位置が前方に移動する様子も確認されました。これは、グリップが胴体部分と緩やかに連なっているために把持すべき位置が明確となっていないこと、およびインレットへの押込み工程で発生する掌の滑りを抑制する勾配や段差などの滑り止めが無いことに起因すると考えられます。その一方でサンプル 3 は胴体とグリップの取り付け部分がくびれた形状となっており、全ての被験者は試行条件によらずこのくびれ部分に母指と示指を掛けて把持し、その直上に位置する胴体部をインレットへ押し込む際の滑り止めとして効率良く利用しながら嵌合操作を行っていることが確認できました。

したがって、快適な充電作業を実現するグリップには、身体特性を踏まえた適切な軸径と取り付け角度に加え、インレットの固定角度によらない安定した姿勢維持が可能な把持部形状とその直上への滑り止めの設置が必要であると推察されます。

以上の評価結果より得られたユーザビリティ向上に関わるグリップデザイン指針を製品設計に反映し、幅広いユーザー層に快適にご利用頂けるような使いやすい充電コネクタの開発を進めています。

## 5. まとめ

当社では利用者視点の価値や品質として重要なユーザビリティに着目し、日常で人の手に触れる機会の多いコネクタ製品について、特に利用者の安全や安心に対してユーザビリティが果たす役割の大きい医療や車両、産機分野を中心にその向上を目指した取り組みを進めています。本稿ではユーザビリティに関する取り組みの一つとして、人間工学、感性工学的アプローチを用いた電気自動車用充電コネクタの検証事例をご紹介します。

このような使い手の視点に立った評価、検証を通じ得られた設計指針について製品開発に適切にフィードバックする過程をシステム化することにより、ユーザビリティに優れた製品を効率良く効果的に創出する枠組みが実現しつつあります。今後は、この取り組みを当社の様々な製品群に展開しながら利用品質の高い製品の提供を目指していく予定です。

### [参考文献]

- 1) 黒須 正明, 人間中心設計の基礎, (近代科学社, 東京, 2013), p. 68-74.
- 2) 山崎 和彦, エクスペリエンス・ビジョン ユーザーを見つめてうれしい体験を企画するビジョン提案型デザイン手法, (丸善出版, 東京, 2012), p.6-11.
- 3) 経済産業省: 次世代自動車戦略 2010.
- 4) The Eastman Kodak Company, *Kodak's Ergonomic Design for People at Work: 2nd Edition*, (Wiley, New Jersey, 2003), p.110-113.
- 5) 横溝 克己, 小松原 明哲, エンジニアのための人間工学: 第5版, (日本出版サービス, 東京, 2013), p. 65-68.
- 6) Charles E. Osgood, George J. Suci and Percy H. Tannenbaum, *The measurement of meaning*, (University of Illinois Press, Urbana, 1957).
- 7) 市原 茂, 人間工学, **45**, 263-269(2009).