

使いやすい ユニバーサルデザインを目指した 電気自動車急速充電器用リードケーブル付コネクタ

ケーブル・機器開発センター 堀 泰 伸¹

Quick Charging Connector for Electric Vehicle

Y. hori

電気自動車は、温室効果ガス（CO₂）削減に効果があり、地球温暖化防止に大きく寄与することから、今後益々利用範囲が拡大していくと考えられています。電気自動車の普及のためには充電するためのインフラ整備が必要不可欠ですが、充電操作が普及の障壁とならぬ様、特定の人だけが使用できるものではなく、老若男女、誰でも使い易い充電器用リードケーブル付コネクタを開発する必要がありました。当社は、①低操作力、②簡易操作に着目し、わずかな力でも操作ができるようレバー方式を採用、動作にテコの原理を使用しています。さらにグリップの角度やレバーの操作方法にもこだわり、開発をしました。また使用者の安全を確保するため、電気用品安全法に適合したケーブルを採用し、コネクタについても充電中に誤って脱落しないよう電気ロックが施される構造としています。

Electric vehicles are today getting popular for anti-emission of carbon dioxide, preventing global warming. In order to spread the use of electric vehicles, the infrastructure improvement of charging facility is important. Because the conventional quick charging connector requires technically tough handling, Fujikura has developed a totally new connector. With a well-designed structure, the user-friendly connector can be handled with one hand. For its safety charging, the interlock-designed connector is terminated on the PSE certified flexible cable.

1. ま え が き

近年、地球温暖化の問題が世界的に注目され、温室効果ガス（CO₂）削減がもとめられています。このような環境下で日本の運輸部門は、CO₂ 排出量の約 20 %を占めており、電気自動車（EV）は次世代自動車として期待されています。

また、スマートグリッドの構想の中でも電気自動車は、各家庭の負荷調整用の充電電池として位置づけられ、東日本大震災以降、災害時の非常用電源としても注目されています。

電気自動車の充電方式には、2種類の方式が存在し、ひとつは一般家庭など交流電源（単相 AC 100 Vまたは単相 200 V）を使用する方式で、普通充電方式と呼ばれ、充電に 5 時間～24 時間程要します。この方式は、外出先などでの充電を想定すると時間がかかりすぎるため、30 分程度の短時間で充電が可能な急速充電方式の役割が非常に重要となってきます。

2. 急速充電方式とは

急速充電方式は、CHAdeMO協議会の推奨する標準仕様に準拠したもので、専用の充電器で交流電源を直流に変換し、最大 50 kW（普通充電は、1.5 kW～3 kW）を使用することで、30 分程度の短時間で充電が可能になります。電気自動車は、1 回の充電で 100 km程度走行可能なため、都市部での利用（1 日 40～60 km程度）においては、普通充電でも十分であると考えられます。しかしガソリン自動車と同等の利便性を考えると、外出時の電欠時には、ショッピングモールや高速道路などで充電が必要となってきます。このため充電時間の短い急速充電方式は、電気自動車の普及に必要な不可欠と考えられています。

電気自動車には、電池状況を常に監視する ECU (Electric Control Unit) が搭載されているため、急速充電器は、ECUが指令する信号によって充電動作が制御され、直流電流を供給します¹⁾ (図 1)。

3. 開 発 目 標

充電器用コネクタは、急速充電器と車両間のインターフェースとして重要な役割を果たすため、確実な接続が

1 佐倉開発グループ主席研究員

行われること、誰もが使い易いコネクタとして操作力やグリップの角度を人間工学の観点から最適な値に設定することを目標としました。

コネクタは、着脱方式により、大きく2つに分類されます。ひとつは、人の操作力をそのまま利用して着脱する方式。もうひとつは、レバー等により操作力を低減して使用する着脱方式で、当社は、後者の方式で操作力を低減すると共に使い易い構造について数値化を行い、最適構造を選定しました。

また、ケーブルは、操作性に大きく寄与しますので可とう性、安全性、耐久性を考慮し、キャプタイヤケーブルを使用しています。

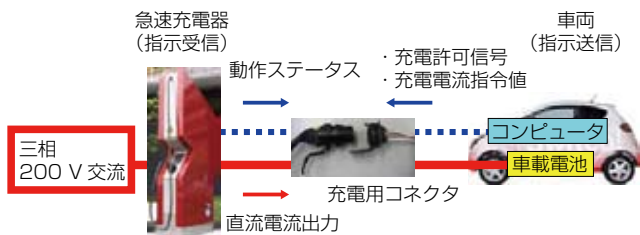


図1 CHAdeMO方式の概念図¹⁾
Fig. 1. Outline of the CHAdeMO method.



図2 コネクタ構造
Fig. 2. Structure of the connector.

4. コネクタ

4.1 コネクタ構造

開発コネクタの構造を図2, 3に示します。当社は、レバーにより操作力を低減する構造としています。操作方法が人間工学的に誰にでも分かり易く、感覚的に理解できるように内部機構の工夫により操作レバーをひとつにし、レバー操作とコネクタの動作方向が同一となる動作機構を設計しました（図4）。

4.2 操作力

一般的に人の操作力には限界があり、各年代別のデータを平均すると男性で約80N、女性で約60Nの操作力（図5）となることから、老若男女問わず簡単に操作でき



図3 コネクタ構造
Fig. 3. Structure of the connector.

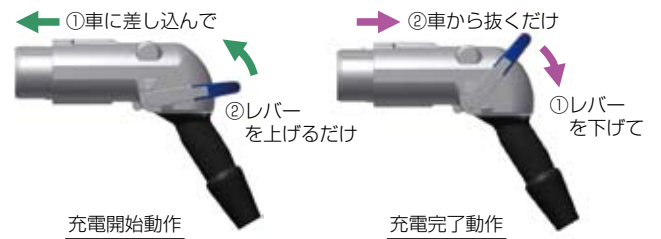
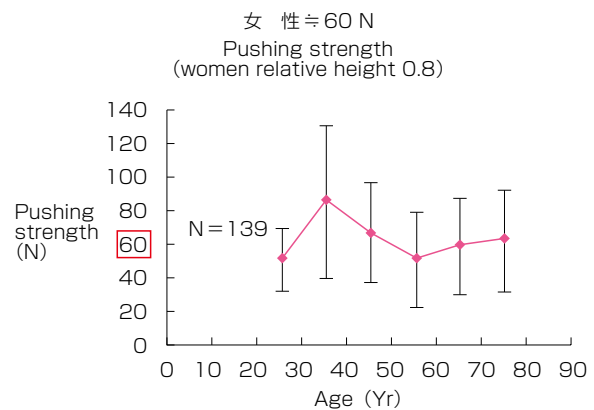
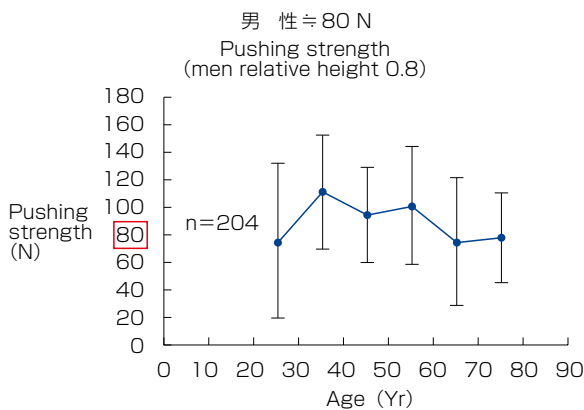


図4 コネクタ操作方法
Fig. 4. Operating procedure of the connector.



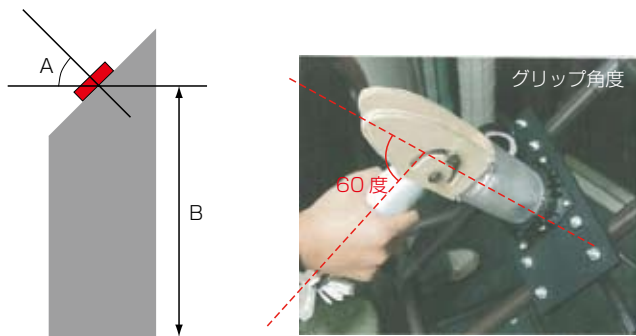
独立法人 製品評価技術基盤機構 人間データベース引用

図5 人間の操作力（押し付け）²⁾
Fig. 5. Pushing strength.

るようレバーの操作力を約 40 N を目標値として設計しています。完成したコネクタ操作力は、挿入時 28 N、引抜時 17 N となっており目標値よりさらに操作力の低減を実現しています。

4. 2 グリップ角度の最適化

操作性を大きく左右させる因子としてグリップ角度の設計があります。電気自動車の車両側のコネクタの取付位置や角度は、車種により異なるため、図 6 に示すように車両側インレットの位置と角度を変更可能な検証台にて、最適なグリップ角度の検証を実施しました。検証は、3 車種のEVを想定したユーザビリティテストで検証用コネクタのグリップ角度毎にその操作性を評価（悪：0 点～良：3 点までの 4 段階評価）しました。図 7 はその集計結果で、その中から我々は、どの車両にでも適用可能なグリップ角度を 60 度に設定しました。



EV1	EV2	EV3
A: 40 度 B: 85 cm	A: 0 度 B: 85 cm	A: 45 度 B: 75 cm

図6 検証モデル

Fig. 6. Test composition of usability test.

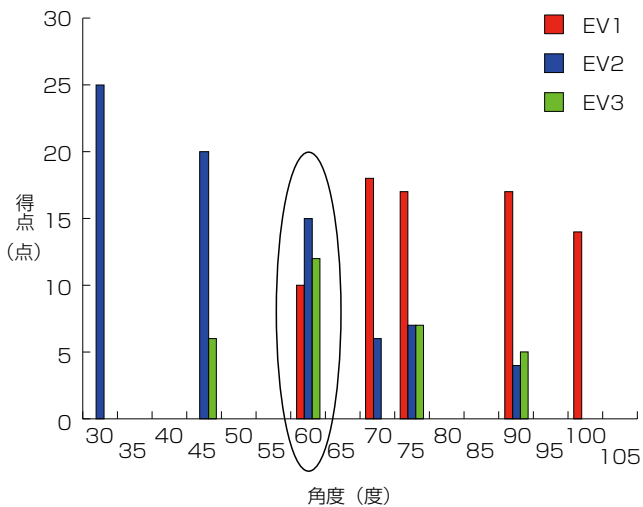


図7 ユーザビリティテスト結果
Fig. 7. Results of usability test.

5. ケーブル

5. 1 ケーブル構造

急速充電器用リードケーブル付コネクタに使用するケーブルは、図 8 に示すように動力線、制御線から構成されており、移動用ケーブルとして実績のあるゴムキャブタイヤケーブルの知見をもとに開発しました。絶縁被覆およびシースにゴム材料を採用することにより、柔軟性はもちろんのこと耐熱、耐寒性にも優れたケーブルとなっています。

5. 2 可とう性、耐久性

急速充電器用ケーブルは、電気用品安全法に規定されるゴムキャブタイヤケーブルに適合していますが、様々な使用環境を想定し、表 1 に示す様な機械的な評価試験も実施しています (図 9)。

断面図	線種	サイズ	仕上外径	質量
	電力線	2 心 ×38 mm ²	約 30 mm	約 1.4 kg/m
	通信線	1 対 ×0.75 mm ²		
	通信線	7 心 ×0.75 mm ²		

図8 ケーブル構造図
Fig. 8. Construction of cable.

表1 機械特性評価試験結果
Table 1. Results of durability test.

項目	性能	結果
捻回	常温、±90 度、各 1 万回 ケーブル長 1 m	良好
低温捻回	-30 ℃、±90 度、各 1 万回 ケーブル長 1 m	良好
首振り	1 万往復、ケーブル曲げ半径 4 D	良好
カーテン曲げ*	1 万往復、ケーブル長 2 m	良好
圧潰	幅 50 mm のプレートで荷重 100 kgf を付加	良好
耐磨耗	50 km 相当の引きずり試験を実施	良好

※カーテン曲げ：ケーブルを水平把持、把持間隔を 1.9 m⇔1 m に変化させ繰り返し曲げ応力を付加



図9 低温捻回試験状況
Fig. 9. Twisting test under -30 ℃.

表2 評価試験結果 (JEVS G 105)
Table 2. Results of specification testing for JEVS G 105.

項目	性能	備考	結果
絶縁抵抗	100 MΩ以上	DC 500 Vメガ端子間および端子とアース間の絶縁抵抗	良好
耐電圧	異常無きこと	端子間および端子とアース間 AC 2200 V × 1 分間	良好
嵌合操作力	90 N以下	コネクタの嵌合操作時の力	良好
温度上昇	15℃ (ハウジング)以下 40℃ (端子)以下	通電電流電力回路 150 A 通信回路 1 A	良好
落下	異常無きこと	1 m上からコンクリート床に落下	良好
防水	水入りなきこと	JIS D 0203 S 1 相当	良好
振動	異常無きこと	4.4 G, 33 または 67 Hzで 上下 4 時間 左右・前後各 2 時間	良好
耐久回数	1 万回	コネクタの嵌合操作	良好

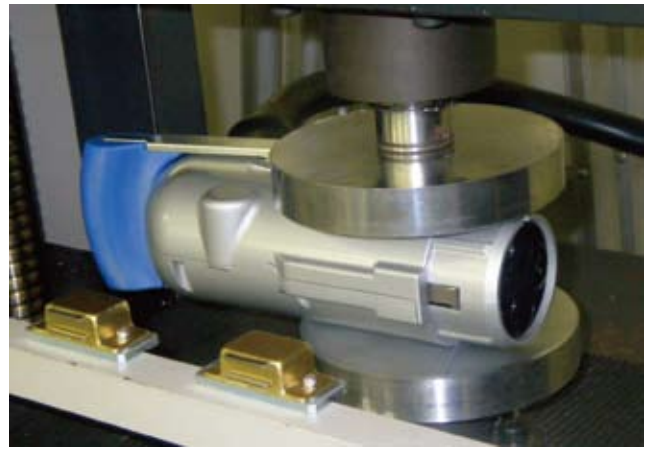


図10 耐荷重特性試験状況 (20kNで破壊)
Fig. 10. Withstand load test (crash test : 20kN).

6. 最終評価

急速充電器用リードケーブル付コネクタが満足すべき性能は、日本電動車両協会規格JEVS G 105 により規定されており、完成品で評価試験を行った結果、表 2 に示すようにすべての項目について満足することを確認しています。また、これ以外にも表 3 に示すように特殊な環境を想定した試験を実施しています (図 10)。

7. むすび

誰もが分かり易く迷わずに操作できるコネクタを目指して急速充電器用リードケーブル付コネクタを開発し、2010 年 10 月より販売を開始しています。電気自動車は、今後ますます社会の中で重要なポジションを占める存在となっていくと考えられ、それに伴うインフラ整備も重要な課題と考えます。

当社の目指す「誰もが使いやすい」急速充電器用リードケーブル付コネクタが電気自動車の普及を促し間接的に地球環境に貢献できることを期待します。

参考文献

- 1) CHAdeMO協議会編「電気自動車用急速充電器の設置・運用に関する手引書」pp6
- 2) 独立行政法人製品評価技術基盤機構「人間データベース」
- 3) 日本電動車両協会規格JEVS G 105

表3 特殊試験結果
Table 3. Results of special tests.

項目	想定状況	備考	結果	
環境試験	恒温高湿サイクル	最悪条件の温湿度環境 (-20℃⇔60℃)	ヒートサイクル 90 日間 外観, 操作力, 電気部品動作	良好
	塩水噴霧	海岸近くでの設置を想定	噴霧サイクル 90 日間 外観, 操作力, 電気部品動作	良好
	低温特性	冬季使用を想定 (-20℃)	-20℃ 落下試験, 操作力 車輛側 60℃への嵌合も 実施	良好
	高温特性	夏季使用を想定 (60℃)	60℃ 落下試験, 操作力 車輛側 -20℃への 嵌合も実施	良好
	散水耐電圧	洗車時の充電を想定	洗車時の散水を模擬 (80 l/min) AC 2200 V 課電	良好
	浸水耐電圧	コネクタ内部に浸水した場合を想定	コネクタを水没させた後, 嵌合させ AC 2200 V 課電	良好
限界強度試験	捻り屈曲	充電, 保管時の動作を想定	充電, 保管時にコネクタ 先端付近のケーブルを 屈曲 (10000 回)	良好
	嵌合状態引張特性	充電時に引張ることを想定	破壊強度測定	100 kgf 以上
	耐荷重特性	車輛に踏まれた事を想定	500 kgf 以上	良好