

基板間大電流接続技術による車載充電器小型化

On Board Charger Miniaturization Achieved by High Current Connection Technology between PCBs

磯田 秀藏*
Shuzo Isoda

中林 包*
Shigeru Nakabayashi

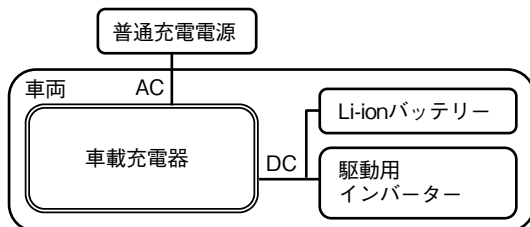
車載充電器は、今後さらなる高出力化・小型化要求に対応するため基板間の大電流接続技術が重要である。従来方法では接続に要するスペースの増大や生産タクトが長くなり設備投資が大きくなる課題があるため、面実装コネクタ技術の採用により、組み立て性と確実な基板間接続の両立を図り、車載充電器の小型化を可能にした。

High current connection technology between PCBs is important for on-board chargers because it helps them achieve the higher capacities and miniaturization required of future products. Conventional methods require more space for connection and longer production tact times, resulting in larger equipment investment. However, by adopting surface-mount connector technology, we have achieved both ease of assembly and secure connection between PCBs, making it possible to reduce the size of on-board chargers.

1. 車載充電器の小型化・高出力化

近年、自動車業界では環境規制強化への対応を目的とし燃費向上を実現できるEV(Electric Vehicle)/PHEV(Plug-in Hybrid Electric Vehicle)と呼ばれる電気自動車の普及が急務となっている。EV/PHEVは車載バッテリーへの充電装置として車載充電器が搭載されている(第1図)。

車載充電器は、航続距離を長くするために大容量化するバッテリーを短時間で充電するための高出力化とともに、車室空間確保と車両搭載性・多車種展開のための小型化が求められている。



第1図 車載充電器のブロック図

Fig. 1 Block diagram of on-board charger

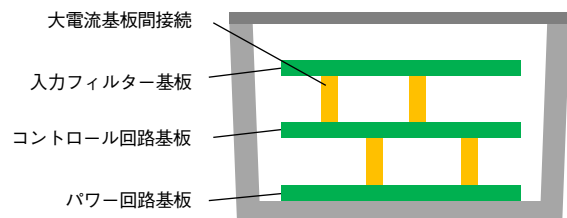
2. 車載充電器の構成と基板間接続

車載充電器は電力変換を行うパワー回路とこれらのパワー回路を制御するコントロール回路が混在し、複数の機能ブロック回路となる基板を積み重ねて構成される。このため、これら基板間を大電流接続する工法が必要である(第2図)。

従来、大電流基板間接続(10A~20A)には金属バスバー

を用いて基板をネジ締結する方法や、金属リード線を基板に直接はんだ付けする工法が用いられていた。前者は絶縁距離を考慮すると占有面積が大きくなるため小型化が困難であり、後者は製品組み込み状態でのはんだ付けが必要であり、その工法の複雑さから生産タクトが長くなり設備投資が膨らむという課題も同時に発生した。

そこで、基板面実装タイプの大電流基板間接続コネクタにより省スペース化と生産タクト・設備投資を抑えることを可能にした(第1表)。



第2図 車載充電器の構成図

Fig. 2 Structure of on-board charger

第1表 従来構造の比較

Table 1 Comparison of conventional structure

項目	金属バスバー接続	リードはんだ付け	基板面実装コネクタ
概略図			
占有面積	×	○	○
材料コスト	△	○	△
モノづくりコスト	△	×	○

* オートモーティブ社 充電器ビジネスユニット
Charger Business unit, Automotive Company

3. 基板面実装タイプの基板間接続コネクタ

接続を行う基板対向面にオス型コネクタとメス型コネクタを面実装にて配置し、基板組み込み時にそれぞれのコネクタを嵌合（かんごう）させることにより基板間を接続する。本コネクタは面実装型であることから省スペース化を実現するとともに多点接続を容易に実現することができる。

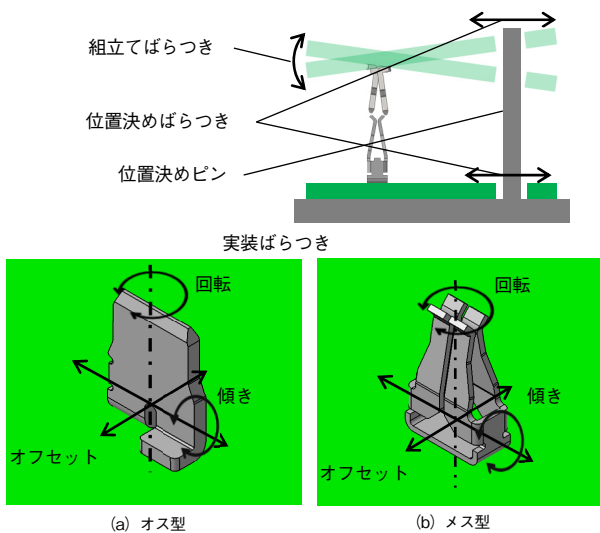
しかし、基板間を容易に接続できる反面、基板中央部コネクタを配置した場合には嵌合部を目視確認することができないためにコネクタの実装位置や嵌合に関わるばらつき要素をコントロールし、嵌合保証を行う必要がある。

4. 嵌合保証のためのばらつき管理

4.1 ばらつき要素

嵌合保証するためにコントロールすべきばらつきは「位置決めばらつき」、「組み立てばらつき」、「実装ばらつき」の3つに分類される（第3図）。

特に実装ばらつきは、コネクタ面実装時のオフセット・回転・傾きのすべての要素が嵌合に影響するためにコントロールが必要となる。



第3図 ばらつき要素
Fig. 3 Variation elements

4.2 3次元公差解析ソフトを用いた公差計算

本嵌合に影響するすべての要素を考慮してばらつき計算を行い、嵌合保証に必要な各要素の閾（しきい）値を決定する。

この際、ばらつき要素数が多く、回転・傾きなどの3次元要素も考慮する必要がある。すべてのばらつき要素を網羅して公差計算を行うために3次元公差解析ソフトを用い

てばらつきの計算を行う。3次元公差解析ソフトを用いることで各要素の寄与度を算出できるため、嵌合保証のために重点管理が必要な要素を容易に特定することが可能になる。

また、従来の手計算による公差計算では部品寸法公差などの正規分布する要素は二乗和平方根による加算、位置決め構造のクリアランスなどによる位置偏り要素はワーストケースを考慮して単純足し合わせで計算を行っており、公差が必要以上に狭い設定で計算を行っていた。3次元公差計算ソフトを用いることで、位置偏りは一様分布としての計算ができるため、より実構造に近い計算が可能となる。

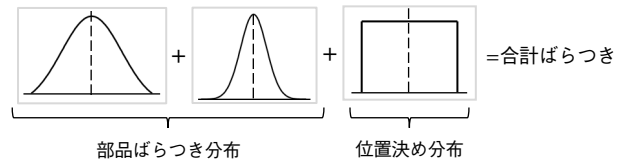
さらに、実装オフセット+実装回転などの複合的な影響は、従来の計算ではそれぞれのワーストケースで計算を行うしかなかったが、これらもより実条件に近い公差計算を行うことが可能になる（第4図）。

(a) 従来の手計算による公差計算

$$\sqrt{A^2 + B^2} + C = \text{合計ばらつき}$$

部品寸法公差 位置決め偏り最大値

(b) 3次元公差解析による公差計算



第4図 公差計算方法
Fig. 4 Tolerance calculation method

4.3 公差計算結果とばらつき改善

ばらつき実力の測定と3次元公差解析の結果、実装傾き、オフセット、回転などの実装に関わるばらつきが公差寄与度の大半を占めることがわかった（第5図）。寄与度が大きく、改善効果の期待できるこれらのばらつき要素に対して、改善取り組みを行うとともに、3次元公差解析を用いて設計成立性を満足する各ばらつき要素の閾値を決定した。

ばらつき要素	公差寄与度 [%]		
	10	30	50
実装傾き (メス型)	[Bar chart showing ~50% contribution]		
実装オフセット (メス型)	[Bar chart showing ~15% contribution]		
基板位置決め偏り	[Bar chart showing ~10% contribution]		
実装回転 (オス型)	[Bar chart showing ~5% contribution]		
実装オフセット (オス型)	[Bar chart showing ~5% contribution]		

第5図 3次元公差解析上の公差寄与度（上位5要素）
Fig. 5 Tolerance contribution in 3D tolerance analysis (Top 5 factors)

これにより省スペースな面実装コネクタを使った確実な基板間接続を実現した。

5. 動向と展望

今後さらなる小型化・高出力化を求められる車載充電器において、基板間の大電流接続の手段は非常に重要な要素となる。また、本構造のような省スペース化な接続構造は車載充電器以外の装置にも有用な構造であり、ばらつき要素をコントロールし嵌合保証を行うことで展開可能であると考えられる。

本技術の実現にあたり、I-PEX（株）のご協力に感謝の意を表す。