基板対基板コネクタの操作性に関する検討

○香川 加奈（日本航空電子工業株式会社 商品開発センター）

野澤 弘靖（日本航空電子工業株式会社 プロダクトマーケティング本部）

Study on the usability of a series of Board-to-Board connectors

Kana KAGAWA (Japan Aviation Electronics Industry, Ltd. Product Development Center)

Hiroyasu NOZAWA (Japan Aviation Electronics Industry, Ltd. Product Marketing Division)

1. はじめに

スマートフォンやタブレット端末等の携帯機器に内蔵される部品はこれら機器の小型軽量化や多機能化にともない省スペース化に対する要求が強く、リジッド基板とフレキシブルプリント基板（FPC）の接続に用いられる基板対基板コネクタにおいても小型・低背化への対応が求められることから接続信頼性に加えて操作性（嵌合作業性）に対する配慮が必要となっている（図1）。^{1, 2)}

基板対基板コネクタの接続は、①プラグ側であるFPCを把持する工程、②FPCをリジッド基板に実装されたレセプタクルに向けて移動させる工程、③基板同志を平行にし、双方の端子を正確に位置合わせする工程、そして④FPC側から押し込むという工程を経て実行されるが、人の手によってこのような接続作業を実施した場合、FPCに視野を遮られるため端子位置や嵌合状態の確認ができない上に、FPC側面を把持する必要があるといった平行平板の接続に特有な制約があり、作業性の低下や無理な挿入による破損等が懸念される。したがって、快適で確実な接続の実現には嵌合操作時の利用状況と作業環境の正確な把握にもとづいた操作性の向上が重要となる。

そこで本研究では基板対基板コネクタの操作性向上を目的として、当コネクタを用いた嵌合操作における印象評価および動作解析によって操作性に寄与する要素に関する検証を行った。

図1 基板対基板コネクタ

2. 方法

スタッキング高さや嵌合長などが異なる基板対基板コネクタ8種類（A～H、表1）について被験者20名（右利きの成人男性、20代 11名、30代 8名、40代 1名）に嵌合操作を実施させ、Semantic Differential法（SD法）を用いた印象評価を行った。形容詞対には「スムーズにできる」や「硬い」、「パチンとはまる」等の嵌め合いのしやすさや接続時の感触に関わる質問項目を用い7段階で回答させた。

また、被験者による嵌合操作の様子について光学式モーションキャプチャ装置（ノビテック製 VENUS 3D）により記録し、動作解析を行った。

表1 基板対基板コネクタ一覧

サンプル名	スタッキング高さ/mm	極数	嵌合長/mm
A	0.6	30	0.12
B	0.7	30	0.12
C	0.7	30	0.12
D	0.7	40	0.12
E	0.7	20	0.12
F	0.8	30	0.20
G	1.0	28	0.30
H	1.5	30	0.25

3. 結果と考察

嵌合操作に対するSD法の回答結果を集計し、主成分分析を行った。固有値1以上であり操作印象の軸として意味を持つ成分には2主成分が抽出され（寄与率は第1主成分 36.5 %、第2主成分 17.2 %）、因子負荷量の高い形容詞対をもとに第1主成分を「嵌合感覚」、第2主成分を「作業負担感」と解釈した。

各コネクタの印象特性を把握するために、それぞれの主成分得点を算出した（図2）。その結果、評価サンプルは個々の設計条件を反映して異なる座標に位置することが確認され、操作性に寄与する設計因子または動作特性が存在すると推察され

た。そこで、特に操作印象に影響を与えと考えられる「嵌合感覚」について詳細な検証を実施した。

図2 主成分得点の分布（第1-第2主成分）

基板対基板コネクタの操作様式を踏まえ嵌合時に操作者が検知する感覚に影響を与える因子として挿入力、嵌合長、およびクリック率に着目した。その結果、クリック率との間に相関関係が見出され、特に嵌合長が共通（0.12 mm）であるサンプルA～Eにおいて強い相関が見られることが確認された（図3）。また、嵌合長が長いほど「嵌合感覚」は高く評価される傾向にあった。以上より、当コネクタにおける操作印象の向上にはクリック率が大きく寄与することがわかった。

図3 「嵌合感覚」とクリック率の関係

そこで、クリック率の違いが実際の嵌合操作に対しどのような影響を与えるかを明らかにするために、嵌合長が共通でクリック率の異なるサンプルB、Dについてモーションキャプチャによる動作解析を実施した。操作者が嵌合操作に用いた示指

の先端とリジッド基板に設置された反射マーカの2点間距離の時間推移を図4に示す。クリック率の高いサンプルDの場合、操作者は嵌合位置（2点間距離の最小値）に到達した後しばらくすると示指をリジッド基板から離すのに対し、クリック率が低いサンプルBでは嵌合完了後もプラグ側であるFPCを押し続ける様子が確認された。これは、操作者がクリック感を嵌合完了の合図として認識していることを示唆しており、クリック率が低い場合、操作者は接続状況の判断がつかずに押し込み作業を続けるため、結果として作業時間が増加しているものと考えられる。このような操作ではコネクタに対し過剰な負荷が加わることから、作業効率やコネクタの破損を防ぐ観点からもクリック率が重要であることが確認された。

図4 2点間距離の推移

4. まとめ

本研究では、基板対基板コネクタの操作性向上を目的に印象評価と動作解析を実施し、嵌合操作の印象特性とその特性に影響を与える因子を検証した。その結果、特に接続状態の検知に関わりの深い設計要素であるクリック率が操作印象や作業効率などの操作性に寄与し、さらには当コネクタに対する操作時の負荷にも影響を与えることが確認された。

参考文献

- 1) 石川 哲弥：“携帯機器向け平行基板間接続用コネクタの開発”，航空電子技報，Vol. 26，pp. 92-97，2003.
- 2) 鴨原 正義：“コネクタの市場における技術動向と考察”，電子情報通信学会研究報告，Vol. 105，No. 224，pp. 7-12，2005.