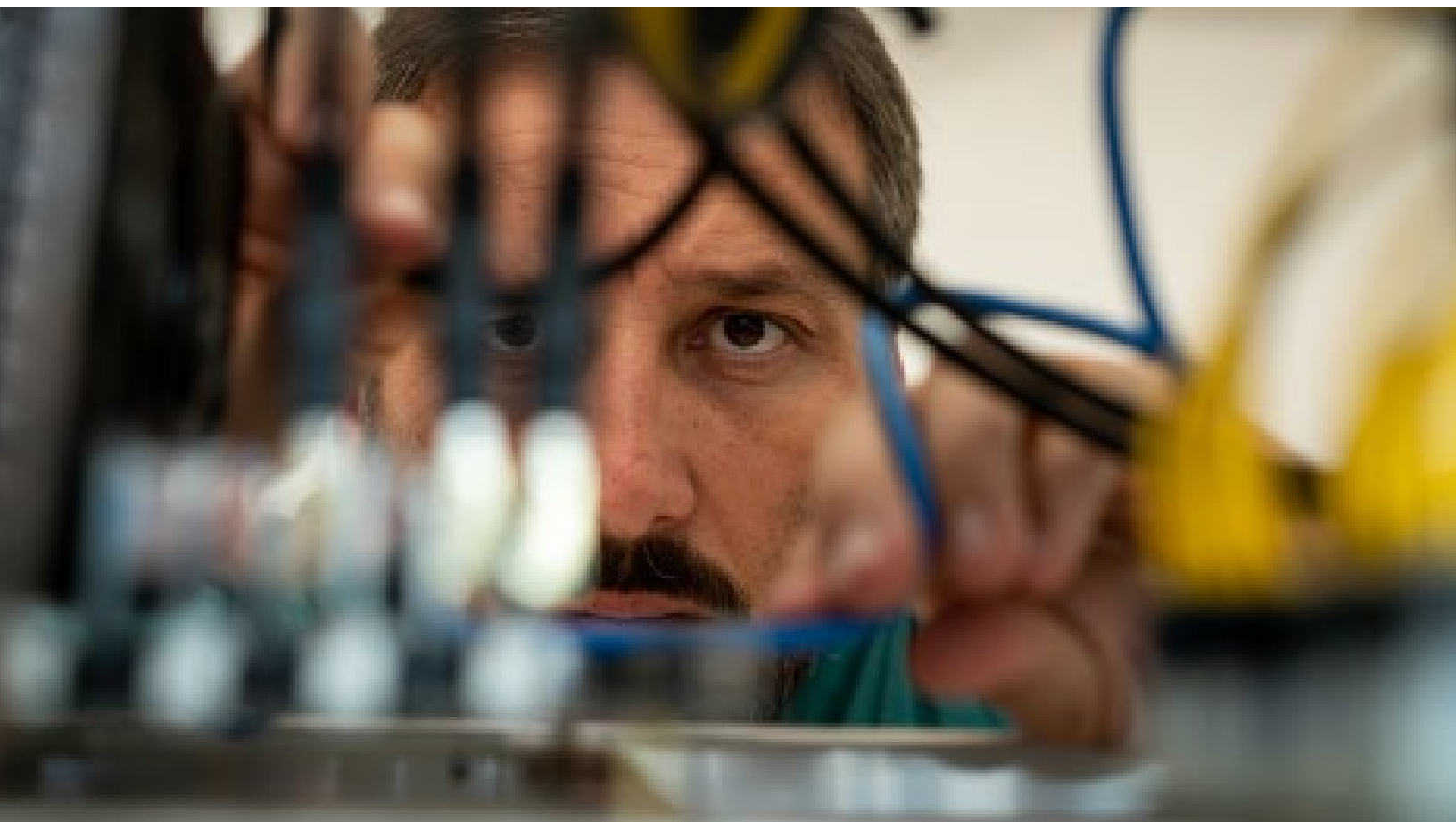


電子コネクタ設計 における人間工学面の考慮事項



molex

creating connections for life

現在の消費者は、家電製品にこれまで以上に多くの機能を求めています。機能が増えることで、より多くの接続やスマートセンサーの搭載、将来的なアップグレードへの対応が求められます。こうした期待と設計要求の高まりに伴い、作業員の組み立て作業における安全性や人間工学への配慮がより重要視されています。人間工学の継続的な改善を実現するには、相手先ブランド製品メーカー、ハーネスメーカー、家電製品組み立て/部品工場におけるコネクタ設計の特定領域に焦点を当てる必要があります。

人間工学の重要性の高まり

人間工学とは、人間の身体能力や限界に合わせて、作業内容や職場環境を設計する科学および実践です。簡単に言えば、人間工学は設計要因を最適化し、作業員の疲労や不快感を最小限に抑えることで生産性を最大化します。人間工学的に不適切な職場で最もよく見られる症状は「手根管症候群」で、手首の神経が圧迫され、手にしびれやチクチクした感覚が生じる反復運動障害です。

手根管症候群は、毎年800万人以上のアメリカ人に影響を及ぼしています。これらの手根管症候群 (CTS) 症例のうち、約12万件は症状緩和のために手術が必要な重度の状態です。研究によると、反復運動による障害や筋骨格系の疾患は、米国企業に年間推計800億ドルの損失をもたらしているとされています。また、従業員1人あたり約23日間の回復期間も必要です。

こうした反復動作による障害や筋骨格系の疾患を減らすために、一部の企業は人間工学を優先し、改善点を見出して障害の予防に努めています。職場環境に人間工学的な改善を施すことで、手根管症候群や類似の反復運動障害のリスクを軽減することができます。



手根管症候群は、毎年800万人以上のアメリカ人に影響を及ぼしています

コネクタの設計と人間工学

家電製品にコア端子とコネクタを簡単に組み立てることができる設計は、アプリケーション関連の機能性を損なうことなく、人間工学を測定可能に向上させることができます。以下のような設計特性が含まれます。

接点/コネクタの嵌合力の低減

嵌合に必要な力を減らすことで、作業員の負担を軽減し、疲労や負傷のリスクを低減することができます。その結果、品質、安全性、作業効率の向上にもつながります。コネクタの嵌合性能の向上は、基材、メッキ、潤滑剤の選択、ハウジング設計などの接点の設計に左右されています。

コネクタハウジング設計および接点のリードイン

この重要な設計要素により、ハウジングは接点嵌合の前に適切に位置合わせされ、接点のリードイン部分も確実にサポートされます。これらの配慮により、接点での干渉や引っかかりが低減され、より高い嵌合力が発生するのを防ぎます。具体的には、コネクタハウジングの面取り処理、オスコネクタピンの適切な曲率、嵌合レセプタクル側のリードイン構造などにより、コネクタ嵌合時の全体的な作業性が向上します。

安全なプッシュポイント

大量組み立て環境における人間工学および安全の観点からみると、適切に配置・設計された作業員プッシュポイントは非常に重要です。コネクタハウジングのエッジ部は丸みを持たせ、鋭角を消すことで、作業時の利きやすさと快適性を確保します。

聴覚および触覚フィードバック

コネクタのラッチ機構に聴覚と触覚のフィードバックを組み込むことで、組み立て時の作業員の負担を軽減し、接続不良の可能性をチェックするのに費やす時間を削減できます。コネクタが完全に接続された際、作業員は音や手ごたえで確認でき、次のタスクに進むことができます。必要のない力をかけて確認しなくて済みます。

コネクタの組み立てを容易にし、作業効率を高めるその他の機能には、以下のようなものがあります。

嵌合コネクタプラグとレセプタクルの極性およびキーイング

極性は、不適切な向きでコネクタを誤嵌合するのを防ぎます。機械式キーイングを利用することで、同じ位置に複数のコネクタがあっても正しい嵌合コネクタに確実に接続できます。色で区別するのも、作業員による組み立ての効率を高めるためにキーイングと併用します。

図1を参照してください。

ハウジング内のフロート接点構造

この構造により、ハウジング内の接点の移動が可能となり、嵌合性が向上し、引っかかりが軽減されます。また、接点とワイヤー制限点の間に十分な距離を設定します。図2を参照してください。

- 「T」寸法は、ワイヤーが「自由」に動ける長さを定義するものです。つまり、ワイヤーの結束、ワイヤーのねじれ、ワイヤーの曲げや変形の原因となるその他の方法など、ワイヤーを自然な弛んだ状態やハウジングに入る位置からずらす外部要因によって著しい影響を受けないワイヤーの長さです。この寸法は一般推奨寸法であり、異なる電線ゲージ、ワイヤータイプ、絶縁材の厚さ、素材によって調整が必要な場合があります。
- 端子がハウジング内で自由にフロートできるようにワイヤーを配線する必要があります。

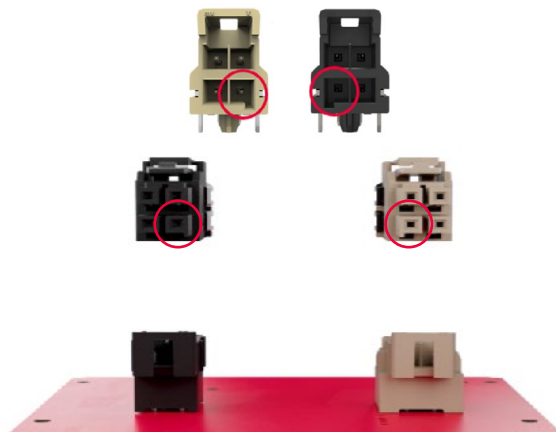
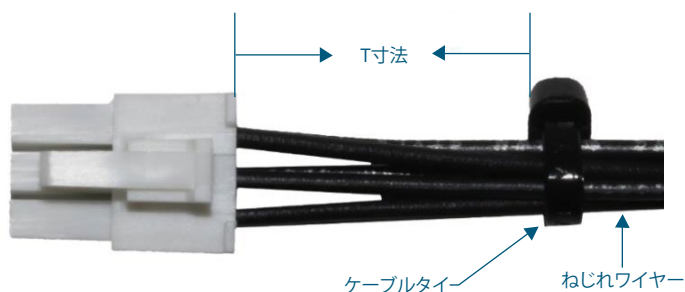


図1:コネクタの極性およびキーイング – Molex Nano-Fit/ パワー用コネクタ

結束バンド/ねじれ位置

回路サイズ	T寸法最小値
2～6	0.50インチ (12.7mm)
8	0.75インチ (19.1mm)
10～12	1.00インチ (25.4mm)
14～16	1.34インチ (34.0mm)
18～20	1.45インチ (37.0mm)
22～24	1.57インチ (40.0mm)



メモ:図は説明用に示したものです。

図2:ハウジング内のフロート接点構造により、接点とワイヤー制限点の間に十分な距離を確保できます。ここに示されているのは、Molex Mini-Fitシグマコネクタシステムです。

ハウジングロック/保持機構の設計

このタイプの設計は、触覚フィードバックを提供し、コネクタの嵌合が成功するとカチッという音で作業員に通知し、全体的な挿入力を低下させます。図3を参照してください。

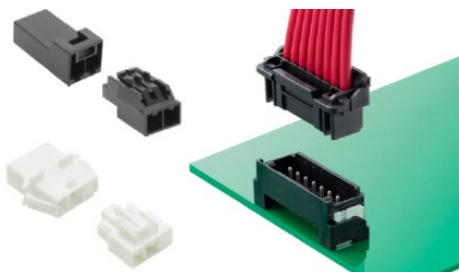


図3: Molex VersaBladeコネクタシステム(左)とMolex Micro-One電線対基板接続システム(右)内のハウジングのロック/ラッチ

端子位置保証 (TPA)

TPAは端子がハウジング内に確実に装着・保持されていることを保証し、接点のバックアウトを防止します。また、接点の保持力と位置合わせの精度も向上します。図4を参照してください。



図4: TPAの例

色および嵌合方向の目印

このような視覚的な目印を加えると、作業員がすばやく正確に識別でき、組み立ての人間工学性と全体の生産性が向上します。図5を参照してください。

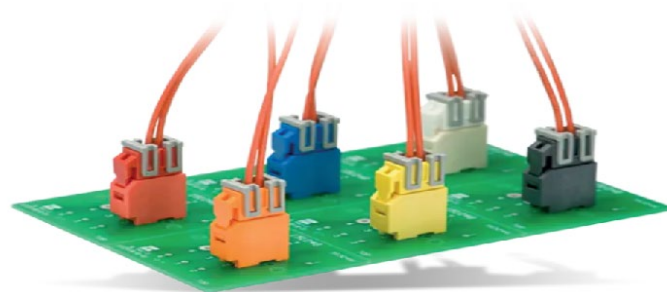


図5: コネクタの色で区別された表示。Molex Mini-Fit Versaカラーパワー用コネクタ(上)、Molex CP-6.5シリーズの電線対基板用コネクタ(下)

レバー作動方式

従来のコネクタプラグとレセプタクルの嵌合方式に比べて、この機能は全体的な嵌合力を低減できます。内蔵されたレバーが機械式的アシスタンスを提供し、必要な通常の嵌合力の1/6でコネクタを嵌合するのを可能にします。このアプローチは、40～80回路以上の同時嵌合が必要な一部のオートモティブの電子モジュール用途などでよく使用されます。図6を参照してください。



図6:レバー作動式コネクタ – Molex MX123密封コネクタシステム

適切な抜去ツールの使用

必要に応じて抜去ツールを使用することで、修理作業時の作業員の安全を確保します。図7を参照してください。



図7:抜去ツールの例

実例:家電製品向けの人間工学コネクタ

Molexのラインアップには、家電用途向けの信号系および低～中パワー用コネクタが含まれており、目標の低嵌合力を実現する製品も用意されています。

コネクタファミリー	Nano-Fit/パワー用コネクタ	Micro-Fit+コネクタシステム	Ultra-Fit/パワー用コネクタ
ピッチ	2.50mm	3.00mm	3.50mm
錫メッキ最大嵌合力	0.7ポンド (約320グラム)	0.5ポンド (約230グラム)	0.95ポンド (約430グラム)
金錫メッキ最大嵌合力	0.25ポンド (約110グラム)	0.26ポンド (約120グラム)	0.5ポンド (約230グラム)

コネクタファミリー	Micro-One接続システム	Micro-Lock Plusコネクタシステム	Mini-Lockコネクタシステム	KK Plusコネクタシステム
ピッチ	2.00mm	1.25mm	2.50mm	2.50mm
錫メッキ最大嵌合力	0.55ポンド (約250グラム)	0.25ポンド (約110グラム)	0.8ポンド (約360グラム)	0.7ポンド (約320グラム)

コネクタ組み立て時における人間工学的リスク要因

最適化されたコネクタ設計と現場でのベストプラクティスを組み合わせることで、組み立て担当者はより効率的かつ効果的に作業を行うことができます。これにより、従業員の安全とモチベーションが向上し、離職率の低下やミスの削減にもつながります。コネクタ組み立てに関するリスク要因の例は以下のとおりです。

要因	リスク
静的な姿勢	作業員が特定の姿勢を長時間維持すると、血流が悪くなり、筋肉への負担が増加します。
素早い動き	素早い動作は身体に加わる衝撃力を増大させます。
指/手の圧迫	小型部品の鋭利な部分をつかむことで、腱や筋肉を損傷する恐れがあります。
作業間の回復時間不足	回復時間が不十分の場合、作業員の疲労が蓄積し、組み立て時間が延びる可能性があります。
嵌合力	高い嵌合力は、手根管症候群を含むさまざまな障害を引き起こす可能性があります。
同じ動作の繰り返し	同じような動作の繰り返しにより、腱の障害や神経への圧迫が発生する可能性があります。
姿勢	身体の限界を超える姿勢は、神経を圧迫し、腱を刺激します。

ハーネスメーカーの課題

家電製品向けのワイヤーハーネス製造では、ハウジングへの多数の接点挿入作業や繰り返し動作が必要となるため、多くの人間工学的課題を抱えています。ハーネス組み立て作業の人間工学面は、4つの主要な生体力学的リスク要因に基づきます。加える力の大きさ、不自然な作業姿勢、姿勢の持続時間、そしてそれらの反復頻度です。手根管症候群や腱炎は、ワイヤー加工に伴う反復動作によって引き起こされる代表的な障害の1つです。「ワイヤーハーネスの組み立て作業は手作業に高度に依存しています」と、ノースカロライナErgonomic Centerのエグゼクティブディレクター、Julia Abate氏は述べています。「ワイヤーの切断、皮剥き、圧着、巻き付けなど、反復的な手作業は常に怪我のリスクを伴います。ワイヤーを持つ、またはワイヤーをコネクタに挿入する際には、2本の指や横方向のつまみ動作が何度も必要となり、それが身体に負担をかける原因となることがあります。」

**ワイヤーハーネスの組み立て作業
は手作業に高度に依存しています**

業界規格と専用ソフトウェアの理解

家電製品の組み立て作業において人間工学面の改善を目指す設計者にとって、業界の規格を確認し、課題の対応を目指すソフトウェアを導入するのは重要です。United States Council for Automotive Research (USCAR) とHandPakソフトウェアは、2つの重要な出発点です。

USCAR

USCARは、USCAR25仕様の中で、電気コネクタ組み立てに関する人間工学設計基準を提示しています。本ドキュメントでは、従来の手作業による嵌合コネクタ、メカニカルアシストコネクタ、ツイストロックコネクタの設計、組み立て力、テスト、評価、パッケージングのガイドライン全般が記載されています。また、CPAの設計と使用に関する詳細も記載されています。オートモーティブ市場に重点を置っていますが、他の分野のコネクタにも適用可能な設計基準や性能要件が多く含まれています。

[USCAR25: 電気コネクタ組立に関する人間工学設計基準 - SAE International](#)

HandPakソフトウェア

Potvin Biomechanicsによって開発されたHandPakソフトウェアは、前腕、手首、手に負荷がかかる作業における許容力とトルクを定量化するために使用されます。このソフトウェアは、さまざまなアプリケーション、特に高頻度でコネクタ嵌合が行われる用途において、許容される嵌合力の分析に適しています。

モジュールには以下の分析が含まれます。

- 前腕の回内と回外トルク
- 手首の屈曲、伸展、橈屈・尺屈トルク
- さまざまなつまみ動作および握り動作
- 指・親指による押圧動作および把持動作

HandPakは、自動車組み立て、部品製造、リハビリ、実験技術、コンサルティング、健康科学、政府業務など、さまざまな分野で広く使用されています。単一の動作に必要な力だけでなく、動作の持続時間と頻度を考慮した作業サイクルとしても作業を評価することができます。

[HandPak - Potvin Biomechanics](#)

まとめ

職場における人間工学の最新のベストプラクティスを反映したコネクタ設計の最適化により、組み立て作業者はより効率的かつ効果的に実行できます。その結果、安全性とモチベーションの向上、離職率の低下、ミスの削減が実現し、家電製品メーカー、その専門チーム、および顧客すべてに利益をもたらします。

Molex: 人間工学を重視した設計思想

家電製品に多くの機能が求められるようになる一方で、働く人の健康や安全への関心も高まっています。そのため、製造のあらゆる工程で人間工学を意識することがとても大切です。Molexは、80年以上にわたる技術革新とエンジニアリングの実績を活かし、あらゆる設計課題に取り組んでいます。この専門知識と経験は、Molexのすべての製品設計に反映されており、安全かつ容易な組み立てを実現する コネクタ を提供することで、組み立てプラントを円滑に稼働させながら作業員が健康を維持するのを支援しています。Molexは、家電製品のコンセプト設計から最終組み立てまで、重要な専門知識と製品ラインアップを一貫して提供することができます。



従業員の健康と安全



技術的専門知識



家電業界での経験

参考資料

[Ergonomic Guide to a Safer, More Efficient Connector-Assembly Workplace | 2019-02-15 | ASSEMBLY \(assemblymag.com\)](#)

[The Ergonomics of Wire Harness Assembly | 2020-10-15 | ASSEMBLY \(assemblymag.com\)](#)

[Molex.com/ja-jp](#)

[Connectors - Human Factors Guidelines - ergonomicsblog.uxblog](#)

[Ergonomics 101: The Definition, Domains, and Applications of Ergonomics \(ergo-plus.com\)](#)