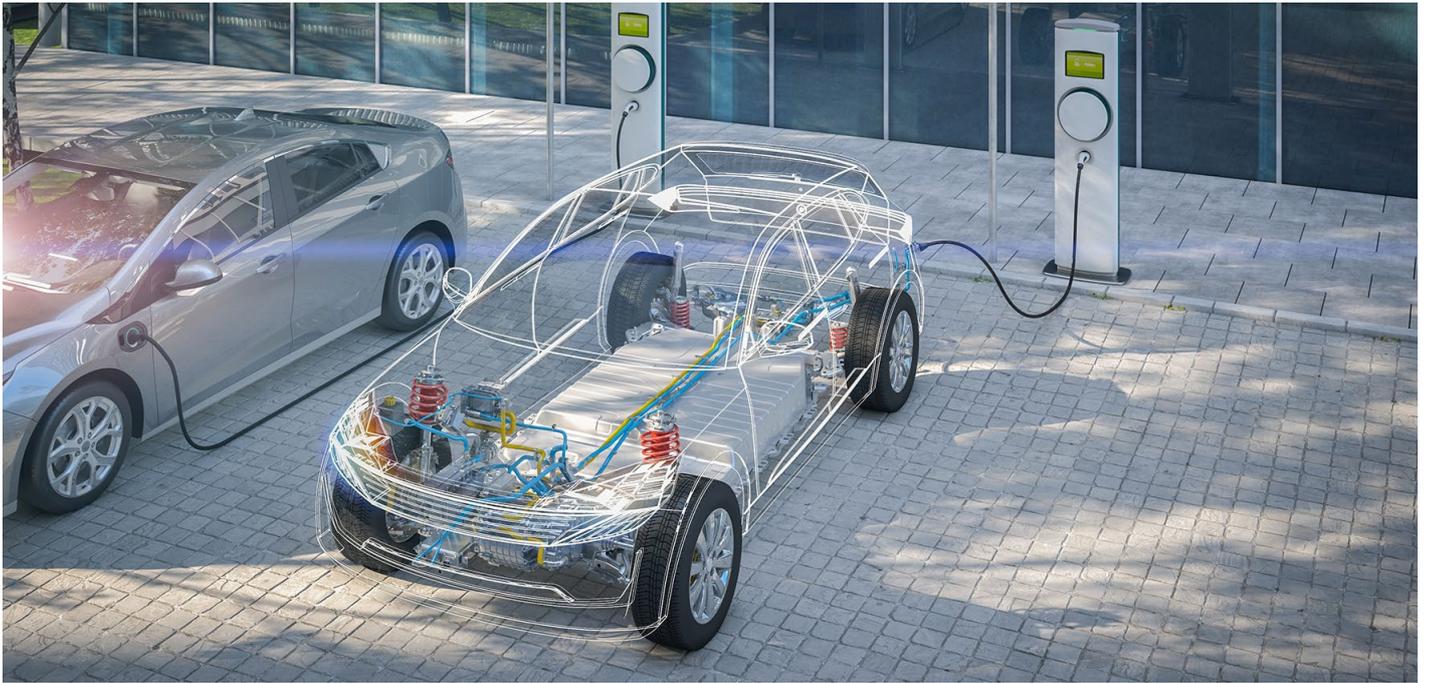


BCON+

トラクション バッテリー用のタッチセーフ ボルト結線



著者

Alexander Ginsburg, TE Connectivity

Frank Kaehny, TE Connectivity

Uwe Hauck, TE Connectivity

概要

TE Connectivity の新しい BCON+ 高電圧接続システムは、トラクションバッテリー内部のセルモジュールとバッテリー外部の高電圧接続ポイントを相互に接続する、コンパクトかつ堅牢性に優れ、汎用性が高く、タッチセーフなソリューションです。

単線鋼線同士のボルト結線が持つ強みと、銅製接触工元素が持つ極めて低い接触抵抗を兼ね備えています。また、嵌合時ならびに非嵌合時におけるタッチセーフ特性を実現している上、多種多様な導体や断面と柔軟に相互接続できます。



1. 電動化に関する課題

二酸化炭素排出量を削減する圧力の高まりにより、車両内への電化推進システム導入が進められています。電気エネルギーの一次供給源はバッテリーですが、水素燃料電池自動車ではバッテリーがピーク負荷時のバッファとしての役割を果たします。そのためバッテリーは、パワートレインの電化において中心的な役割を果たします。こうした用途に使用するバッテリーは、多数の単一セルで構成されており、それらが各モジュールにグループ分けされています。どのような車両運転モードにおいても、エネルギーがバッテリーに安全に流入・流出されなくてはなりません。そのため、モジュール接続部は、急速充電サイクル時に最大 600 アンペアの電流を数分間流せる能力を必要とし、数秒間のダイナミック運転モード時には電流が最大で1ファクター高くなります。

またバッテリーモジュール接続部では、バッテリー保護(過熱遮断)、バッテリー管理(充電状態SoCなど)、セルバランシング(SoC レベルが異なるセル間の充電電圧均等化)のための物理層が形成されます。これらを確実に動作させるには、トランスミッションバッテリーモジュールがそれぞれフェイルプルーフな電気接続部を備えている必要があります。そのためには高度に統合されたコンタクトシステムが必要になります。システムは車両の総耐用年数(通常は 10 年間で 300,000 km=186,500 マイル)を通じて全機能をサポートするだけでなく、振動ストレスや温度ストレスがコンタクトの機械的特性と電気的特性に過度に影響を与えないように十分堅牢でなければなりません。またコンタクトは、自家用車と商用車のどちらでも起こりうる高電圧および高出力に伴う危険要因を排除し、お客様やサービス担当者の安全を保証するために完全なタッチセーフを実現するとともに、法規制を遵守する必要があります。

嵌合時も非嵌合時も接続システムが完全に接触保護されるので、バッテリー組み立て中でもバッテリーモジュールを安全に取り扱えます。特に車両の耐用年数を通じて実施する定期点検や修理時に、高価な特殊工具や複雑な安全手順なしに、訓練を受けた電気技師がバッテリーモジュールを簡単かつ安全に取り扱うことができます。

TE Connectivity では、トラクションバッテリー用の革新的な相互接続ソリューションを開発するために、銅とアルミニウムの接続技術に関する自動車接触物理学の広範な専門知識を活用してきました。この新しい BCON+ ボルト結線システムは、こうした厳しい用途に対する要件をすべて満たしています。BCON+高電圧接続システムはボルト締めなので、簡単に外せるとともに(診断時やリサイクル時)、ISO 20653 準拠の IPXXB 保護の下、完全なタッチセーフとなっています。ボルト結線の機械的経路と電気的経路(低インピーダンスの銅対銅接続)は、製造時にコンタクトの堅牢性と取り扱いやすさを確保できるよう機能的に互いに分離されています。

BCON+ ボルト結線システムは、電気特性アーキテクチャのさまざまな相互接続用途においてモジュール接続などの電力結線の柔軟性が最大になるように設計されています(図 1)。

2. BCON+ ボルト結線の開発目標

電気自動車のバッテリーモジュールのコンタクトは、極めて高い要件を満たす必要があります。目標となるのは、400 アンペアの定電流(かつ最大 1,200 アンペアの短いピーク)と最大 1,000V の電圧に対応し、また標準的なバッテリー周囲温度 $-40^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$ で確実に動作するように、すべての導体と接続部を設計することでした。最終的に選択したコネクタ材料は最大 140°C でも確実な動作を想定しています。最大の課題は、最小限の電力損失で各接触ポイントの接触抵抗を極端に低くし、市販のバッテリーセルに近づけることでした。BCON+ コンタクトの特徴は、相互接続システム全体において各側面の接触抵抗が $10\mu\Omega$ 未満になることです。

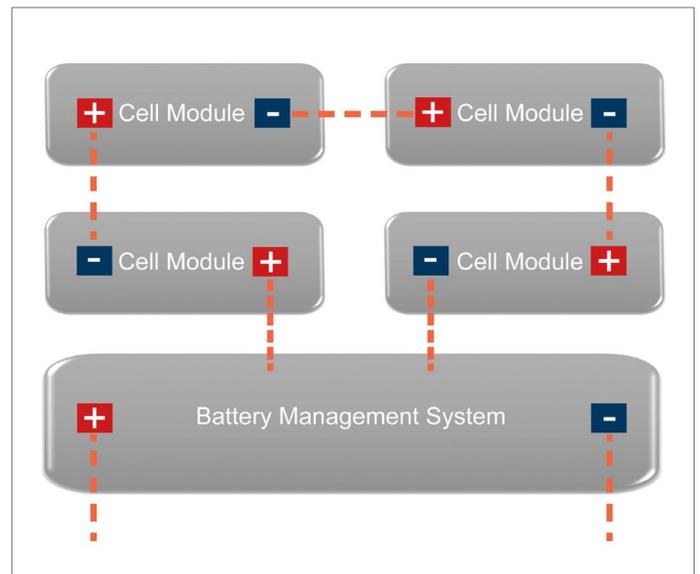


図 1: バッテリー内部のモジュール接続図

このモジュール コネクタは、過酷度レベル 3(LV214、SG 3)の耐振性を達成するように設計されており、製造元試験仕様 LV215 に従って、非密閉システムに関する環境規制に準拠しています。

このタイプの結線システムは、簡単かつ安全に組み立てでき、車両とバッテリーの構成に応じて、柔軟に構成可能でなければなりません。これら要件は、幾何学的制約を受けたり、種類が異なる導体を接続したりする接続部においても当てはまります。また、モジュールの相互接続部は、300,000 km (186,500 マイル) または 10 年という耐用年数要件を満たすと同時に、最大 25 回のはめ込みとボルト締めに耐える必要があります。電気自動車の場合は、恒久的な充電ストレスによってバッテリーコンポーネントの堅牢性に対する要求が厳しくなるため、総稼働時間に充電時間を加える必要があります。

3. BCON+ 接続システムの簡単な説明

BCON+ バッテリー モジュールの結線は、バッテリーインタフェースのアルミニウムと銅の形状および鋼対鋼結合側の柔軟な導体タイプで構成されています。

セルの実際の相互接続は、一般にフラットなアルミニウム バスバーでなされており、それがモジュール内で相互接続されたすべてのセルに対するコンタクトとして機能します(図 2 に示すとおり)。各モジュールは、単線銅線(Cu バスバー)で作られたフラットなボルト締め接続部を介して高電圧バッテリー システムに接続されます。これらにより、電気めっきを施した銅線インタフェースの下部が、焼き戻し鋼で作られたねじ式インサートに組み込まれます。プラグイン ソケットとのインタフェースは、銅より線(高電圧ケーブル)の結線部に組み込まれている挿入ボルトであり、これが単線銅線や大型丸導体(図 2)に変換されます。

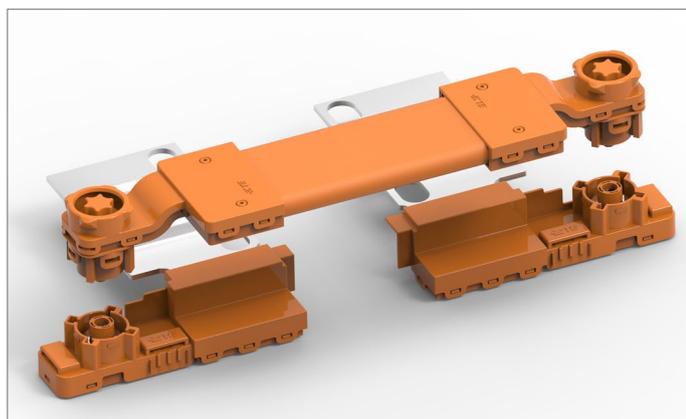


図 2: さまざまな形状と構成で柔軟に使用できる BCON+ モジュール コネクタ

BCON+ 結線では、高電圧ケーブル コンタクトをメスの銅線インタフェースにはめ込みます(図 3)。マッチングコーディング(=正しい相互接続)により、あらかじめラッチする作業から解放され、またケーブルをバスバーにロックすることで、後工程のボルト締め作業(頭上での組み立ても含む)でも両手を使って楽に組み立てることができます。

コンタクト部品は両方とも、うっかり指が通電部に触れないようにガラス繊維強化プラスチック製の上下ケーシングに密封されています(IPXXB =直径 12mm 超で長さ 80mm 以下の物体との接触なし)。プラスチック部品の難燃性は HB 規格に対応しており、ご要

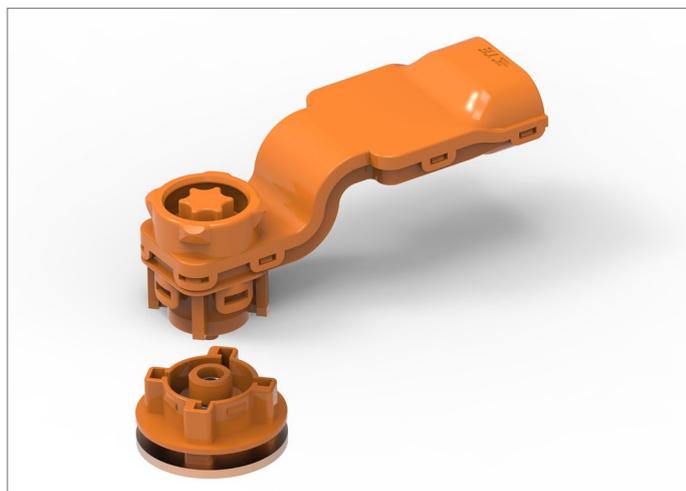


図 3: BCON+ 結線のプラグイン ベースとインタフェースをはめ合わせ、ラッチしてその後ボルト締める

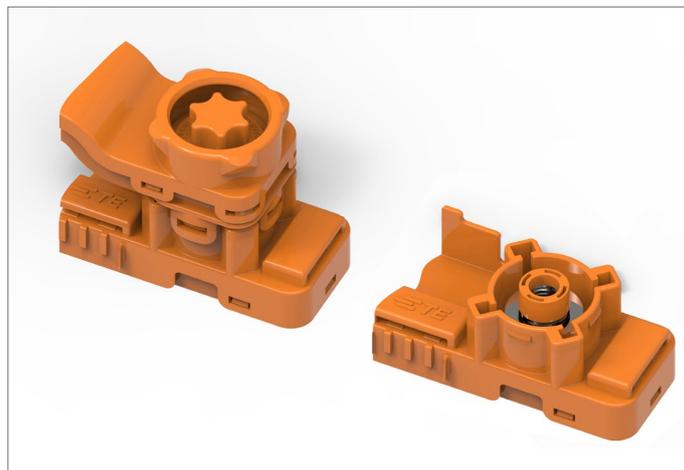


図 4: コンパクトな BCON+ ボルト結線 — 左側: ボルト締め、右側: コンタクト下部の中央にある丸いインタフェースとネジ式スリーブが見えるようにした状態

望に応じて V0 保護も可能です。このケーシング形状により、空いている設置スペースを最大限活用するので(図 4)、限られた設置スペースでも安全が最大限確保されます。通電部はすべてケーシング内に密封されており、シリコンコーティングが施されているか、高温耐熱ガラス繊維織物ジャケットで覆われています。

アルミニウムバスバーと単線銅線インタフェースの相互接続(すなわち、ケーブル側のより線と銅線インタフェースの相互接続)は、さまざまな溶接技術や結合技術によって実現します。

丸銅インタフェースを締めるために使用する M5 拘束ボルトは、TE Connectivity が強化材料から開発したものです。ボルトヘッドはプラスチックでオーバーモールドされており、一般的なヘクサロピュラー・インターナルで締め付け可能です。銅ボルトで両側の丸いインタフェースをフラットな取り付け面と交差させてから、BCON+ ボルト結線コネクタの下部を通してねじ式スリーブをねじ込みます(図 5)。

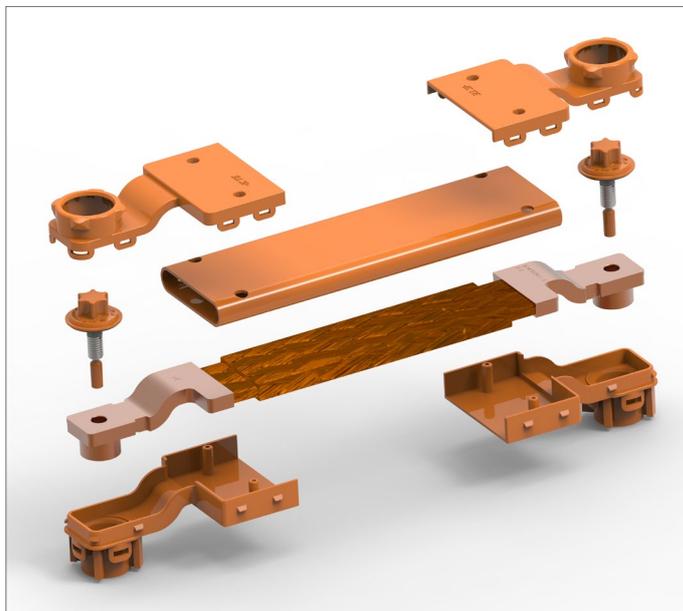


図 5: BCON+ ボルト結線接続部の分解立体図

この構造では、鋼対鋼のシステムにしか機械的張力がかからず、予備の機械的張力によって事前に構築した銅対銅の電流経路上の電気相互接続機能から完全に切り離されています(図 6)。

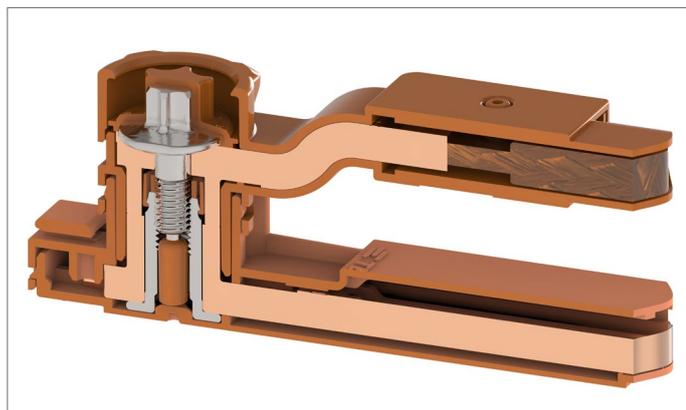


図 6: 締め付けトルク(N)を発生させる鋼対鋼ボルト締め接続部の機能原理と分離された電氣的経路(A)

コンタクトのさまざまな問題に対処するため、単線銅線バスバーには、ストレートバージョン、アングルバージョン、またオプションのオフセット(=さまざまなオフセット高さ)など、さまざまな形状が用意されています。

相互接続部下側のコンタクトには、異なるコーディングを施すことができ、90°単位で回転させて、不注意による嵌合、すなわち外観が似ている相互接続ケーブルを銅バスバーに誤ってコーディングする事態を防ぐことができます。

4. コンタクトの詳細

分離可能なインタフェースでは接触抵抗が十分に低くならなかったため、ボルト結線を選択しました。400 アンペアかつ必須条件の10 $\mu\Omega$ 未満において、振動シナリオで求められる電気接続性能が得られました。ボルト結線では、M5 ボルトを所定のトルクで締め付けることにより、要求される高い接触垂直力が発生します。電気接触面の上下部は、電気めっきを施した銅(Cu)で構成されており、表面がフラットなリング形になっています。この形状により、電気接触インタフェースの表面積が最大になります。

ボルトの設計では、銅と鋼の両方の熱膨張係数の差異を考慮しており、低温(-40°C)と高温(+140°C)の環境暴露後のトルク損失が最小限に抑えられます。環境試験については、LV215 に則り、耐用年数が経過するまで BCON+ ボルト結線が指定の増し締めトルクを維

持したことにより、その機能的安全性が実証されました。

5. 接続ポイントおよび考えられるコンタクト

単線銅線バスバーと個々の電気導体との省スペース突合せ継手は、硬ろう抵抗突合せ溶接などによって作ることはできません。両接続部の間にある硬ろう材の電気抵抗が高いおかげで、溶接電流によってはんだ領域で接続要素が局所融解し、コンタクト同士の物質対物質低抵抗突合せ接合が実現します。

より線の場合は、ケーブル後端を溶接前に圧縮するのが一般的です。従来の溶接方法により、重ね合わせて接続することもできますが、空きスペースを最大限活用するため、突合せ接合を選びました。図 7に、形状オプションをいくつか示します。BCON+ ボルト結線は、導体の断面積が 16mm² ~ 100mm² に対応するように設計されています。

丸形単線導体、より線導体(丸形と平形)、および(ストレートとオフセットバージョン)銅製フラットコンタクトで接続を構築できます。取り付けクリップと機械的な摩耗に対する保護カバーでポートフォリオが完成します。

超小型なので、あらゆるシステムコンポーネントに完全に適合します。また、2つのリング形電気相互接続コンタクトにも適合します。リング形コンタクトを銅製のフラットコンタクトに組み込むのが理想的ですが、別個の部品として銅製のフラットコンタクトに溶接することもでき、また単純に銅製のフラットコンタクトに引き込むこともできます。要求される接触抵抗によって採用できる方法が決まります。銅バスバーと同じく、コンタクトリングは単線銅線で作られています。

接触面は、ニッケル(Ni)の上に銀(Ag)の電気めっきが施されています。Ni が拡散障壁として機能し、変色保護された Ag によって接触抵抗が低下するので、コンポーネントの保管寿命が製造後最大1年間保証されます。生産時は、銅製のフラットコンタクトが規程荷重で固まります。銅製フラットコンタクトのオフセットバージョンは、障害物を越えたり、オフセットを補正したりする役割を果たします。



図 7: BCON+ 接続システムによるさまざまな形状と導体接続部

6. 展望

実際の接触抵抗が $10\mu\Omega$ 未満であるのはすばらしい成果です。これは主に、銅の電気抵抗(約 $7\mu\Omega$)によって引き起こされる物理的に避けられない損失によるものであり、さらに程度は小さくなりますが、2つのリング形コンタクト間の接触抵抗(約 $3\mu\Omega$)によるものです。別の要件(水飛沫保護)も同じ方法で実現できます。またBCON+ ボルト結線は、さらに高い電流や低い電流に合わせてスケールリングできます。

7. まとめ

TE Connectivity の BCON+ 接続システムは、スペースが限定されている場合でも、信頼性の高い完全にタッチセーフな鋼対鋼のボルト締めを実現する高機能低抵抗ボルト結線システムです。機械的張力と電気的インタフェースが互いに完全に切り離されます。同時に、低接触抵抗に高耐久性と安全性を組み合わせることにより、BCON+ ボルト結線は、バッテリー モジュールやバッテリー外部の他の高出力用途に対応する、信頼性の高い安全な高電圧接続となります。

相互接続オプション(さまざまな銅製フラットコンタクト形状、さまざまな導体オプション)の柔軟性により、たった一つのシステムであらゆるコンタクト構成と形状のコンタクト方式(オフセット補正、複雑なハーネスルーティング)を実現できます。また、多様なコーディングオプションと 90° 単位の回転方式により、組み立ての安全性を高めます。嵌合時にボルト結線をあらかじめラッチすることで生産時の取り扱いが楽になります。IPXXB 準拠のタッチセーフにより、関連するすべての車両ライフ ステージ(生産、メンテナンス/修理(専門外の自動車修理工場も含む)、リサイクル)においてユーザーが通電部に触れないように保護します。

結論

タッチセーフかつコンパクトな BCON+ ボルト結線システムは、バッテリー向けに量産可能な柔軟で拡張性のある接続ソリューションです。嵌合時と非嵌合時のタッチセーフでの取り扱いおよび低抵抗電気接続により、BCON+ 接続システムを大容量用途に適したものとし、またBCON+ モジュール相互接続を高電圧バッテリーシステムにて安全に運用し、取り扱いできる重要コンポーネントに位置付けます。

TE Connectivity について

TE Connectivity Ltd. (TE) は、130 億ドルの技術および製造の世界的リーダーとして、より安全かつ持続可能で生産性の高い、つながる未来を創造します。当社の広範囲にわたるコネクティビティソリューションとセンサソリューションは、最も過酷な環境で実証され、輸送、工業用、医療技術、エネルギー、データ通信、住宅において実績を積んできました。

TEは、8 万人の従業員、8 千人を超えるエンジニアとともに、約150 か国にわたるお客様と協力し、接続に関するあらゆるニーズに確実に対応します。

詳しくは、www.te.com、ならびにLinkedIn、Facebook、WeChat、およびTwitter をご覧ください。

TE Connectivity Germany GmbH

Ampèrestrasse 12-14
64625 Bensheim | Germany

www.TE.com

BCON+, TE Connectivity, TE, TE Connectivity (logo)、および EVERY CONNECTION COUNTS は、TE Connectivity Ltd. 企業ファミリーが所有またはライセンス供与している商標です。

© 2020 TE Connectivity

TE は、本書の情報の正確性を確保するために相応のあらゆる努力を払っていますが、これは誤りが無いことをTE が保証するものではなく、また情報の厳密性、正確性、信頼性、または最新であることを主張、保証、または担保するものではありません。TE は、本情報に記載されている情報を予告なくいつでも変更する権利を有します。TE は、本書の記載情報に関するすべての黙示保証を明示的に否認いたします。これには、商品適格性または特定目的に対する適合性の黙示保証をすべて含みますが、それらに限定しないものとしします。