



バッテリーシステム  
試験でウェアラブル  
製品の安全性と  
性能を向上

Empowering Trust®





ウェアラブル技術の世界市場は、2021年には1,162億米ドル規模でしたが、2026年までに2,654億米ドル規模に達するものと予測されています。このウェアラブル技術市場の成長予測が実現されるには、ワイヤレス技術、スマート電子機器のほか、全体的なユーザーエクスペリエンスを損なわずに信頼性の高い一貫した電力を提供する高度なエネルギー貯蔵システムなど、新技術の継続的な開発が必要になります。しかし、電源や接続性の新技術を搭載するウェアラブル製品の安全性や性能の潜在的な懸念について、認可を受けた認証機関は徹底した評価と試験を行う必要があります。

このULホワイトペーパーでは、ウェアラブル技術で使用されるバッテリーと最終製品設計の試験と評価における考慮事項について説明します。まず、ウェアラブル製品の歴史の概要と新興市場のトレンドについて説明した後、ウェアラブルデバイスへの電源供給として新たに台頭してきているアプローチについて触れ、それが既存技術と比較してどう優れているのかを取り上げます。続いて、ウェアラブル技術で使用されるバッテリーの安全性および性能に関する潜在的な考慮事項を概説します。また、製品の安全認証申請や、規制および顧客の期待内容の把握に役立つ、具体的な設計評価/試験の基準についても詳しく説明します。最後に、ウェアラブル技術デバイスで使用されるバッテリーおよび最終製品設計の評価に関する追加の推奨事項を挙げます。

## ウェアラブル技術の発展により、製品の進化が加速される

スマートウォッチや頭部装着型ウェアラブル製品から、ヘルス/フィットネス向けリストバンド、モニター、スマートマスク、防護服に至るまで、ウェアラブル技術により、ユーザーは居場所を問わず、リアルタイムで迅速かつ容易に情報の取得、共有、アクセスができるようになってきました。そしてウェアラブル製品が普及することで、現在発展しつつあるモノのインターネット (IoE) エコシステムが強化され、ウェアラブル製品の長期的な有用性が高まります。

ウェアラブル技術デバイスが消費者の間で普及し始めたのは、ごく最近のことですが、ウェアラブル技術の概念は新しいものではありません。実際、科学者やエンジニアらは、小型で快適に装着できる携帯型デバイスに高度なコンピューティング技術を安全に組み込む方法を見極めようと、何十年にもわたり取り組んできました。初期のウェアラブル技術プロトタイプには、イヤピースに組み込まれたLCDパネルから画像を投影するメガネ (1997年) や、装着者の動きをトラッキングするセンサー付きジャケット (1999年)、携帯型の遠隔医療用リストモニター (2002年) などがあります。

プロトタイプをウェアラブル技術デバイスや衣料品として商品化するには、開発者は時間をかけて多数の重要な技術上の課題や使いやすさに対処する必要がありました。主要部品の小型化、ワイヤレス通信機能の組み込み、効率性の高い小型ユーザーインターフェイスの開発などが求められていたのです。ブランドは、新規ワイヤレス接続プロトコル、タッチスクリーン、音声認識ソフトウェア、耐久性に優れたセンサーやボディモニターなど、多数の高度な技術を開発し、これらの課題を克服してきました。現世代のウェアラブル技術デバイスがこれほど普及したのは、これらをはじめとする技術的発展によるところが大きいと言えます。変化し続ける市場環境に加えて、継続的な技術的進歩により、ウェアラブル製品の普及が加速されたのです。普及を促進した主なトレンドには、次のようなものが挙げられます。

- **健康重視**—ヘルス/フィットネス用ウェアラブル製品やコネクテッド医療機器は、コロナ禍において徐々に増加しました。Rock Healthによる「Digital Health Consumer Adoption Report 2020」(消費者のデジタルヘルスの採用に関するレポート2020)によると、消費者によるヘルス/フィットネス用ウェアラブル製品の使用率は、2015年の13%から2020年には43%に上昇し、2020年には10ポイント増加しています。体温から、心電図 (ECG)、血圧、血糖値のモニター、さらには血中酸素飽和度、動作、睡眠の質に至るまで、消費者は重要な健康モニタリングや医療データを即時に提供するウェアラブル製品やコネクテッド医療機器を使用して、引き続き健康管理に重点を置いています。
- **小型化によって、新しいデザインや形状を実現**—技術のライフサイクル曲線を考えれば、今後ウェアラブル製品の小型化と低価格化が進むのは間違いないでしょう。電源や処理技術の革新によって、部品の小型化が進み、履物、衣類、メガネなど日常的に身に付ける物に組み込むことが可能になります。技術部品の小型化も、ウェアラブル製品デザインや形状の幅が広がる一因と言えるでしょう。

全世界のウェアラブルデバイスエンドユーザーの支出 (種類ごと)、2019~2022年 (単位: 百万米ドル)

	2019	2022
スマートウォッチ	18,501	31,337
耳装着型	14,583	44,160
ヘッドマウント型ディスプレイ	2,777	4,573
スマート衣料	1,333	2,160
スマートパッチ	3,900	7,150

出典: Gartner, 「Forecast Analysis: Wearable Electronic Devices, Worldwide」、2021年1月12日。

- **5Gの普及**—5Gネットワークの普及により、データ転送の高速化、多数のデバイスとの接続のほか、ウェアラブル製品が瞬時に生成する多量のデータへの対応が可能になっています。また、5Gによって、ヘッドマウント型ディスプレイやスマートグラスのように、高度な拡張現実/仮想現実体験も提供できるようになります。

数多くの技術的進歩や設計上の偉業が組み合わせられて、最新のウェアラブル技術の革新が進んでいます。そうして実現されたウェアラブルデバイスは、性能と安全性に関する包括的な評価を受けるべきであり、その評価手法は技術革新のスピードに合わせて進歩する必要があります。



## 新世代のウェアラブル製品に向けたバッテリー容量の増大

ウェアラブル技術が直面している最大の技術的課題はおそらく、さまざまな用途に適した、効率性の高い安全な小型バッテリーシステムの必要性でしょう。現世代のウェアラブル技術は、初期のプロトタイプデバイスで使用された大型バッテリーパックから大幅に進歩した、リチウムイオン電池の開発から大きな恩恵を受けています。リチウムイオン電池は、電力や容量が比較的大きく、軽量で、大規模な商品化が可能であり、コスト削減に貢献できるため、多くの製品で使用されています。

しかし、次世代のウェアラブル技術デバイスや衣料品で求められる電源、性能、安全性の仕様を満たすには、リチウムイオン電池は不適切である可能性があります。たとえば、リチウムイオン電池のエネルギー容量向上の取り組みは、他のモバイル技術の性能向上に遅れを取っています。リチウムイオン電池は物理的な限界に直面しており、そのエネルギー容量は140~210 Wh/kgが限度です。

さらに、リチウムイオン電池の形状や構造も、将来のウェアラブル技術で使用する際の障害となる可能性があります。電力供給とバッテリー寿命の維持が可能な、小型化および軽量化されたバッテリーを発明することで、技術的進歩の可能性が広がります。小型化しながら、電力とエネルギー容量の両方の要件を満たすことは、リチウムイオン電池技術では達成できない可能性があります。

幸いにも、バッテリー技術における新たな進歩によって、次世代のウェアラブル技術デバイスの開発がすでに促進されています。複数の重要分野における科学的、工学的な進歩によって、リチウムイオン電池よりも小型化され、性能と安全性が高い、ウェアラブル技術向けの新型バッテリーシステムが発明されています。

バッテリーおよびエネルギー貯蔵技術の最近の進歩には、次のようなものがあります。

- **高性能の電池化学物質**—バッテリー技術が進歩し、ケイ素粉末を使用することで、より小さなスペースにより多くのリチウム原子を格納し、バッテリー効率とエネルギー容量を高めることができるようになりました。こうした新しい化学物質を使えば、小型の形状でより多くの電力を供給できるようになり、高性能かつ軽量のウェアラブル製品のさらなる可能性が開かれます。亜鉛ポリマー、アルミニウムおよびリチウムフッ化炭素 (CFx) などの他の化学物質の組み合わせも開発段階にあります。
- **全固体電池**—新しい全固体電池は、次世代の電源オプションと考えられており、従来のリチウムイオン電池と比べて、エネルギー容量が高くなるというメリットがあります。一部の設計では、半導体製造技術によってシリコンウェーハを使用して製造することで、小型化されたコンパクトな使用例を可能にしています。
- **パックの可撓性の向上**—新しい電池化学物質では、頑強な保護パックは必要ないかもしれませんが、より簡単に可撓性材料に変化する可能性があります。これは、スマート衣料や新しい形状のウェアラブル製品で特に重要となる考慮事項です。
- **エネルギー容量の向上**—最小限の充電で使えるウェアラブル技術の実現に向けて、フッ化リチウム炭素 (Li-CFx) に基づいた、新しい高エネルギー容量のバッテリーの開発が進められています。これは、ウェアラブルデバイスの予測使用期間を通して、充電不要で電力を供給できる可能性があります。
- **ワイヤレス充電**—こうした技術的進歩に加えて、新しいワイヤレス充電技術が発明されています。これは、ウェアラブルデバイスでトランスデューサーを使用して周囲エネルギーを直接利用し、将来使用するために貯蔵できるようにするものです。近年のワイヤレス充電の技術革新には、磁場を介してワイヤレスでエネルギーを伝送する無線充電もあります。
- **圧電エネルギーハーベスティング技術**—この新しい電源内蔵技術では、外部の電源を使用することなく、動作環境でエネルギーを収集して、デバイスの動作を維持できます。エネルギーハーベスティング技術は、汗、体温、動作、呼吸などのエネルギー源を使用することで、ウェアラブル業界の現状と拡張の可能性を根本的に変化させる可能性があります。

## バッテリーシステムの安全性と性能に関する考慮事項

バッテリーの技術的進歩により、ワイヤレス技術の有用性や利便性が向上されることが大いに期待されています。同時に、これらの高度なバッテリーシステムでは、電気エネルギーを供給または生成するため、リチウムイオン電池や他の電源と同じ安全上のリスクの多くをユーザーにもたらす可能性があります。ウェアラブル技術向けのすべての種類のバッテリーには、次のような共通の安全上のリスクがあります。

- **破裂**—リチウムイオン電池は特定の状況で過熱状態になり、破裂や発火を引き起こす可能性があります。さまざまな化学物質に基づいたバッテリーは、その性質上、より安定している可能性がありますが、今後のウェアラブル技術で広く使用されることで、他の未知の脆弱性が明らかになり、ユーザーにリスクを及ぼす可能性があります。
- **発火**—破裂しない場合でも、適切に制御されていないバッテリーシステムは電気エネルギーを熱エネルギーに変換し、セル内や付近の材料 (プラスチック筐体、電子回路ボード、織物、その他、ウェアラブル最終製品に含まれる可燃物質など) で発火する可能性があります。
- **火傷**—通電デバイスの多くは、通常の使用時に高温になることがあります。さらに、バッテリーシステムは通常、マイクロプロセッサや他のモジュールを小型の筐体に格納しているため、動作温度がさらに高くなります。長時間、身体に直接接触する設計のデバイスでバッテリーを使用する場合は、特に懸念の対象となります。
- **化学物質への反応**—バッテリーの構造で使用される金属、合成繊維、その他の材料に含まれる化学物質によって、長時間接触することで湿疹などのアレルギー皮膚反応を引き起こす可能性があります。さらに、一部のバッテリーの電解質にはリチウム塩が含まれており、これは腐食性で、有害になることがあります。



- **電気ショック**—どのような通電デバイスでも、回路の摩耗や欠陥、あるいは偶発的に露出した部品により、特に充電中に電気ショックのリスクがあります。人の頭部または身体に密着させて装着または配置される設計のデバイスの場合、電気ショックの重大度は高まります。
- **電磁エネルギーへの曝露**—少量の電磁エネルギーでも、継続的かつ長時間にわたる曝露は健康に悪影響を及ぼす可能性があります。
- **人的要因**—バッテリーやエネルギー貯蔵システムの機械的設計要素（尖った角や端、デバイスの筐体、ストラップなど）によって、切り傷、肌荒れ、長期の使用による不快感を招くことがあります。
- **危険な環境**—ワイヤレス充電のみに対応したウェアラブル技術では、爆発性環境下で装着または動作する際に固有の危険をもたらす可能性があります。

## ウェアラブル製品で使用されるバッテリーで推奨される製品安全規格

世界中の規制要件では一般に、製品の広範なコンプライアンス試験を実施して、ユーザーに対する安全上の潜在リスクを特定することが製造者に義務付けられています。バッテリーと最終製品には、特定の安全規格が適用されます。これは、法域ごとに、また技術の種類や意図する用途によっても異なります。ウェアラブル技術デバイスで使用されるバッテリーには、以下のような特定の規格が適用されることがあります。

- [IEC/UL 62368-1](#)：オーディオ/ビデオ、情報及び通信技術機器に関する規格—パート1：安全要求事項（旧「IEC/UL 60950-1：情報技術機器の規格—安全—パート1：一般要求事項」、または「IEC/UL 60065：オーディオ、ビデオ及び類似の電子機器に関する規格—安全要求事項」）
- [UL 8400](#)：仮想現実、拡張現実、混合現実技術機器に関する規格
- [UL 8139](#)：電子タバコの電気システムに関する規格
- [UL 2056](#)：リチウムイオン電池のパワーバンクの安全性に関する調査概要
- [UL 2054](#)：家庭用および業務用バッテリーに関する規格
- [UL 1642](#)：リチウム電池に関する規格
- [IEC/UL 62133-2](#)：アルカリ又は他の非酸電解液を含む二次電池及びバッテリーの規格—可搬用途で使用する可搬式密閉形二次電池及びそれらで製造するバッテリーの安全要求事項 - パート2：リチウムシステム

上記の規格では、さまざまな構造、設計、ラベリング、マーキング、材料、試験に関する要求事項が規定されています。製品を規格に適合させるには、製品安全規格で適用されるすべての要求事項を満たす必要があります。製品の安全性確保において最も一般的な要素は試験ですが、製品の安全性を高めるために、他にも多数の手順が必要になります。バッテリーやウェアラブル最終製品の規格に含まれる一般的な試験には、次のものがあります。

### 電気的試験：

- 外部短絡試験—正極端子と負極端子を直接接続して、バッテリーが破裂、発火、電気ショックを発生させずに、最大限の電流が流れる状態に耐えられるかを判断します。
- 充電異常または過充電試験—過充電の電流と充電時間を適用して、製品または部品が破裂、感電、発火を発生させずに、その状態に耐えられるかを判断します。
- 過放電または強制放電試験—指定された放電制限を超えて放電を継続したり、バッテリーパック内に不均等に充電されたセルがある場合の安全な動作を確認したりします。

### 機械試験：

- 破壊試験—2枚の板を使って指定された外力を加え、製品または部品の耐性を判断します。
- インパクト試験—円筒形鋼棒によって指定された衝撃を加え、製品または部品の耐性を判断します。
- 衝撃試験—指定の試験時間にわたって、指定された平均およびピークの圧力を加えるように校正された試験装置に製品または部品を配置します。
- 落下試験—製品または部品を指定された回数、硬い表面に落下させます。落下の度に、サンプルの損傷状態を確認します。
- 振動試験—さまざまな周波数と時間で、指定された振幅で各サンプルに単振動を加えます。

### 環境試験：

- 加熱試験—指定された高温を特定の時間にわたって適用した場合の、製品または部品の耐性を評価します。
- 温度サイクル試験—指定された温度逸脱（室温より高温および低温）を指定された回数、各サンプルに適用します。
- 減圧（高度）試験—気圧が急激に低下する飛行機内で発生する可能性がある、標準を下回る気圧に対するバッテリーの耐性を評価します。

### その他の特殊試験：

上記の一般的な試験に加えて、バッテリーおよびウェアラブル技術に対する特定の安全規格および試験プロトコルでは、追加の特殊試験が必要になります。これらの特殊試験では、ウェアラブルデバイスで想定される特定の用途や動作条件に対応します。

- 電磁両立性（EMC）—エネルギー源を問わず、電気デバイスでは、他の電気デバイスに意図しない電磁妨害を引き起こすことは禁じられており、また他のデバイスからの電磁妨害にも影響を受けない必要があります。ウェアラブルデバイスや衣料品の使用環境を考慮して、バッテリーやエネルギー貯蔵システムで電磁放射と電磁環境耐性の両方に関する試験を実施することが推奨されます。
- 比吸収率（SAR）—ワイヤレス技術を搭載したウェアラブルデバイスでは、人の頭部または身体からの特定の距離で、極度の条件下で使用した場合に、デバイスが生成する電磁放射量を判断するため、SAR試験を実施することが多くあります。
- 含有化学物質と生体適合性—バッテリーやウェアラブル技術の筐体で使用される部品や材料には、長時間の曝露によって有害になる可能性がある化学物質が含まれていることがあります。含有化学物質評価では、これらの材料に含まれる有害な可能性のある化学物質のレベルを特定します。
- 5Gコンプライアンス試験—高速通信や低レイテンシーといった5Gの可能性を活用することが、ウェアラブル製品製造者の大きな注目を集めています。5Gコンプライアンス試験は、サブ6 GHzおよびミリメートル波（ミリ波）の周波数で動作するデバイスの安全性、接続性、性能を確認するために役立ちます。
- IoTとの相互運用性ソリューション—IoTエコシステムに含まれるシステムやデバイスが複雑化するにつれて、製品発売後に接続性の問題が発覚することを回避することがますます困難になっています。相互運用性試験は、製品が他のすべての関連デバイスと想定どおりに動作し、適切な規格および技術プラットフォームに準拠していることを確認するのに役立ちます。
- IoTデバイスセキュリティ—ウェアラブル製品や一部のIoT製品のサイバーセキュリティは、ユーザーのプライバシーや安全を確保するために必要不可欠です。サイバーセキュリティ試験は、コネクテッドデバイスのリスクや脆弱性を特定するために役立ちます。
- ULマーケティングメッセージ検証—検証されていないマーケティングメッセージを使用することで、ブランドの信頼性が損なわれたり、訴訟に進展したりすることがあります。第三者による検証を行うことで、マーケティングメッセージが正確かつ信頼できるものであること、そして製品が広告どおりに動作することを検証できます。

多くのウェアラブル製品では、ウェルネスや医療分野での用途に重点が置かれており、これらのデバイスは患者のモニタリング、治療、診断に使用されます。市場へアクセスしたり、規制上の承認を受けるには、関連する医療機器向けの製品安全規格が必要です。規制市場の大半で広く認知されている最終製品固有の規格には、次のものがあります。

- ANSI/AAMI ES 60601-1:2005+A1:2012—医療電気機器—パート1: 基本的な安全性および本質的な性能に関する一般要件
- IEC 60601-1-6第3.1版—医療電気機器—パート1-6: 基礎安全および基本性能に関する一般要求事項—副通則: ユーザビリティ
- ANSI/AAMI HA 60601-1-11第3.1版—医療電気機器—パート1-11: 基礎安全および基本性能に関する一般要求事項—副通則: 自宅医療環境で使用される医療電気機器および医療電気システムに対する要求事項
- デバイスの性能に応じて、ECG、酸素飽和濃度、体温などの性能や技術に特に重点を置いた、さまざまなパート2規格が適用されます。



## リスク回避のための戦略を策定する

前述の規格や試験のリストがすべてではありません。製造者は、リスク評価アプローチに基づいて、特定のウェアラブル技術に関連付けられた安全上のリスクを評価し、追加試験の必要性を判断できます。さらに、ウェアラブル技術で使用されるバッテリーに適用される、用途固有の要求事項や法域固有の規制に対処するため、他の試験が必要になる場合があります。また、ウェアラブル技術デバイスおよび衣料品の製造者は、ウェアラブル非対応の同等デバイスおよび製品の要求事項にも準拠する必要があります。

こういった複雑な状況により、特定のウェアラブル技術デバイスや衣料品の安全評価に必要な試験が、無限にあるように思えるかもしれません。製品開発プロセスの初期に包括的な戦略を策定することで、全体的な支出の削減や時間の節約だけでなく、市場投入の遅延を招く予期しない安全上および性能上の問題を回避することも可能になります。ウェアラブル技術での使用を意図したバッテリーに対する、包括的な戦略を策定するプロセスでは、最低限、以下のステップが必要になります。



### ステップ1: リスク評価

- 電源に関連付けられる安全上の潜在リスクと危険について評価する。
- リスクや危険に対処するために必要な設計変更を特定する。
- 必要となる可能性のある他の安全性評価や試験基準を特定する。



### ステップ2: 規制状況の理解

- ターゲット市場と、各地域の関連規制を特定する。
- 基本的な要求事項について調査し、まとめる。
- 規制上の要求事項に基づいて、評価、試験、認証プランを策定する。



### ステップ3: 市場の要求事項と顧客の期待内容の考慮

- 競争優位性につながる可能性のある要件または対策を特定する。
- 製品のマーケティングメッセージを検証し、製品受容度を高め、製品を差別化するために必要な評価、試験、認証を特定する。



### ステップ4: 専門家によるアドバイスおよびコンサルティングの依頼

- プランニングを容易に行うため、認可を受けたISO 17065認証機関を特定する。
- 長期的なコスト削減のため、評価、試験、認証に関する費用対効果の高い戦略を策定する。
- 国際的な要件について、質問をする。



## ウェアラブル製品の将来の展望

バッテリーやウェアラブル技術の継続的な開発によって、さまざまなウェアラブル技術デバイスに適した新しいシステムが生まれるでしょう。さまざまな開発に伴い、新しいシステムの普及も加速しそうです。新しい高度なバッテリーによって、ユーザーが安全上の新しいリスクや危険にさらされる可能性があります。ウェアラブル技術デバイスで使用されるバッテリーに対する、徹底したリスク評価に基づいた包括的なプランを策定することで、これらの懸念を緩和し、安全性と性能が改良された製品を実現できます。

ULでは、ウェアラブル技術デバイスで使用されるバッテリー技術を含む、ウェアラブル製品の試験と認証を行う包括的な一連のサービスを提供しています。ULのスタッフは、主なターゲット市場における規制承認プロセスについて幅広い知識を備えています。さらに、ULは5G、Bluetooth®、EMC、エネルギー効率、相互運用性、製品の性能および信頼性に特化した、評価、試験、認証サービスを提供しています。

ウェアラブル製品のバッテリーに関してお客様が直面している課題に対する解決策や、これらの製品の—貫性やコンプライアンスを評価するために役立つ試験や認証について、ご確認ください。詳細については、[www.ul.com/industries/technology-and-electronics/consumer-electronics](http://www.ul.com/industries/technology-and-electronics/consumer-electronics)および[www.ul.com/services/battery-safety-testing](http://www.ul.com/services/battery-safety-testing)をご覧ください。ULにお問い合わせになるには、[www.ul.com/contact-us](http://www.ul.com/contact-us)にアクセスするか、メール ([batteries@ul.com](mailto:batteries@ul.com)) をお送りください。



## 出典

1. 「Wearable Technology Market by Product, Type, Application, and Geography – Global Forecast to 2026」、MarketsandMarketsによる報告書、2021年4月。ウェブ、2021年4月15日。
2. ウェアラブルコンピューティングの興味深い歴史については、ジョージア工科大学のWearable Computing Centerが監督するオンライン展示「Meeting the Challenge – The Path Towards a Consumer Wearable Computer」をご覧ください。ウェブ、2014年6月30日、<http://wcc.gatech.edu/exhibition#consumer>。
3. 史上初のウェアラブルコンピューターは、MITの数学教授であるエドワード・ソープ氏によって、1960年代に開発され、ルーレットで優位に立つために使用されたと言われていました。2014年5月13日にMashable.comに投稿された「A History of Wearable Tech, From the Casino to the Consumer」をご覧ください。ウェブ、2015年7月2日、<http://mashable.com/2014/05/13/wearable-technology-history/>。
4. 「Highlights from Wearable Computing’s History」、IEEE Spectrumウェブサイトへの投稿、2015年7月2日。ウェブ、2015年7月2日、<http://spectrum.ieee.org/view-from-the-valley/consumer-electronics/portable-devices/highlights-from-wearable-computings-history>。
5. 「The Next Big Thing – Wearables Are in Fashion」、Credit Suisseによる調査報告書、2013年5月17日。ウェブ、2015年7月2日、[https://doc.research-and-analytics.csfb.com/docView?language=ENG&source=ulg&format=PDF&document\\_id=805349560&serialid=g9IEUAU7uOFgKHIGT9ZG65xrGGORvXYX-hl1Ez/GEECU=](https://doc.research-and-analytics.csfb.com/docView?language=ENG&source=ulg&format=PDF&document_id=805349560&serialid=g9IEUAU7uOFgKHIGT9ZG65xrGGORvXYX-hl1Ez/GEECU=)。
6. 「Forget Wearable Tech. People Really Want Better Batteries」、National Public Radio’s All Tech Consideredのウェブサイトへの投稿、2015年1月10日。ウェブ、2015年7月2日、<http://www.npr.org/sections/alltech-considered/2015/01/10/376166180/forget-wearable-tech-people-really-want-better-batteries>。
7. 「Powering Wearable Technology and the Internet of Everything Devices」、Executive Technology Brief、Steve Grady、Cymbet Corporation、2014年。ウェブ、2015年7月2日、<http://www.cymbet.com/pdfs/Powering%20Wearable%20Technology%20and%20the%20Internet%20of%20Everything%20%20WP-72-10.1.pdf>。
8. 「Flexible, Printed Batteries for Wearable Devices」、Daniel Lovering、MIT Technology Review、2014年7月18日。ウェブ、2015年7月2日、<http://www.tech-nologyreview.com/news/528996/flexible-printed-batteries-for-wear-able-devices/>。
9. 「Bendy battery promises safe, speedy charging」、Jonathan Webb、BBC News、2015年4月7日。ウェブ、2015年7月2日、<http://www.bbc.com/news/science-environment-32204707>。
10. 「Wearable Technology: Function, Fit, Fashion, Fun」、Robert Morris、One Beacon Technology Insurance、2015年3月。ウェブ、2015年7月2日、<http://onebeacontech.com/OneBeaconTech/pages/news/whitepaper.page?id=b7900aa691eec8583538d0ecfacd786e>。
11. 「Wearable device battery could last 10 years」、Agam Shah、IDG News Service、2014年4月24日。ウェブ、2015年7月2日、<http://www.pcworld.com/article/2148020/wearable-device-battery-could-last-10-years.html>。
12. 「Powering Wearable Technology and the Internet of Everything Devices」、上記の注釈7を参照してください。
13. 「Your batteries are due for disruption」、The Straits Times、2021年9月14日、<https://www.straitstimes.com/tech/tech-news/your-batteries-are-due-for-disruption-0>。
14. 「The Biggest Wearable Technology Trends in 2021」、Bernard Marr、Forbes、2021年3月5日、<https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2021/03/05/the-biggest-wearable-technology-trends-in-2021/?sh=3b5d2f623092>。
15. 「Batteries are hitting physical limits」、DW.com、2021年10月2日、<https://www.dw.com/en/batteries-are-hitting-physical-limits/a-19449790> [Wearable technology trends that will shape healthcare in 2021](https://www.insiderintelligence.com) (insiderintelligence.com)。
16. 「Energy Harvesting From Skin Temperature for Battery-Free, Wearable Electronics」、SciTech Daily、2021年1月21日。



**UL.com**

© 2021 UL LLC. All rights reserved. 無断複製・配布禁止。  
本内容は一般的な情報を提供するもので、法的並びに専門的助言を与えることを意図したものではありません。