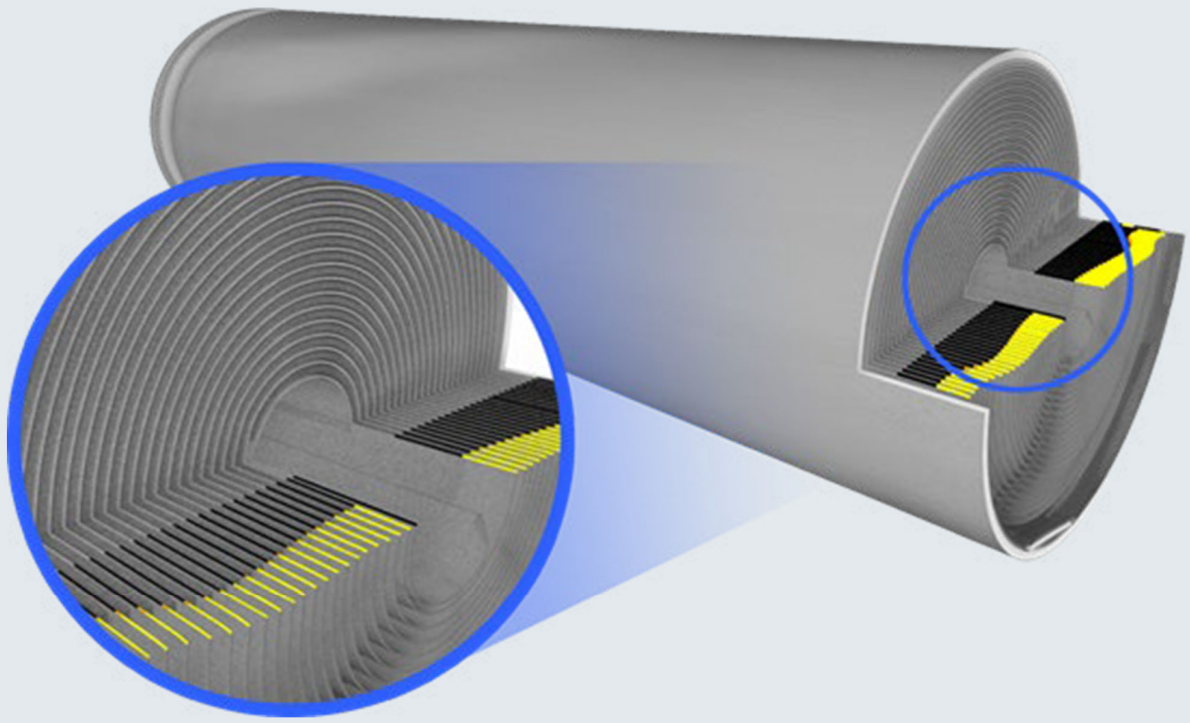
X線マイクロCTによるバッテリー負極オーバーハングの調査

序論(Introduction)

バッテリー技術が進歩するにつれて、信頼性が高く効率的なエネルギー貯蔵ソリューションの必要性がますます重要になっています。バッテリー性能と安全性における重要な要素のひとつは、負極(アノード)と正極(カソード)材料の相互作用、そしてそれらが全体のセル構造にどのように関係するかです。

電極アセンブリ(スタックまたはジェリーロールとも呼ばれる)は、現代のエネルギー貯蔵システムの中核を成します。これらは負極および正極シートから構成され、一般的に負極シートの方が正極よりも大きく作られています。

この「負極が正極よりもはみ出している空間的ギャップ」をアノードオーバーハング(AnodeOverhang, AO)と呼びます。このオーバーハングはバッテリー性能に大きな影響を与えるため、セル効率を最適化するには正確なアライメントが必要です。アクティブ材料が電流コレクタからはみ出した状態のアノードオーバーハングは、バッテリー効率やサイクル寿命に悪影響を与えることがあります。電極の配置が不適切な場合、充放電の効率が低下するだけでなく、電解液が可燃性であるため、短絡や熱暴走といった安全上のリスクを引き起こす可能性もあります。



- 図1: 18650円筒形セル内のアノード(負極)オーバーハング(黄色)を可視化したもの。
  15 μmのボクセルサイズでスキャンしており、オーバーハング長のばらつきが明確に確認できる。

TESCAN GROUP, a.s. reserves the right to change the document without notice. 2023.11.02

X線マイクロCTの概要

X線マイクロCTは、材料の内部構造をミクロン単位の解像度で三次元的に観察できる非破壊イメージング技術です。試料にX線を照射し、得られた断層画像を再構成することで、内部の特徴を3Dで可視化します。

この技術と高度な画像解析を組み合わせることで、アノードオーバーハングの程度を定量化し、バッテリー性能への影響をより深く理解することが可能です。

主な応用例

オーバーハングの可視化と定量化: 電極のオーバーハングを3Dで表現し、その範囲と位置を特定

電極設計の最適化: オーバーハングを低減した設計により、性能と寿命を向上。

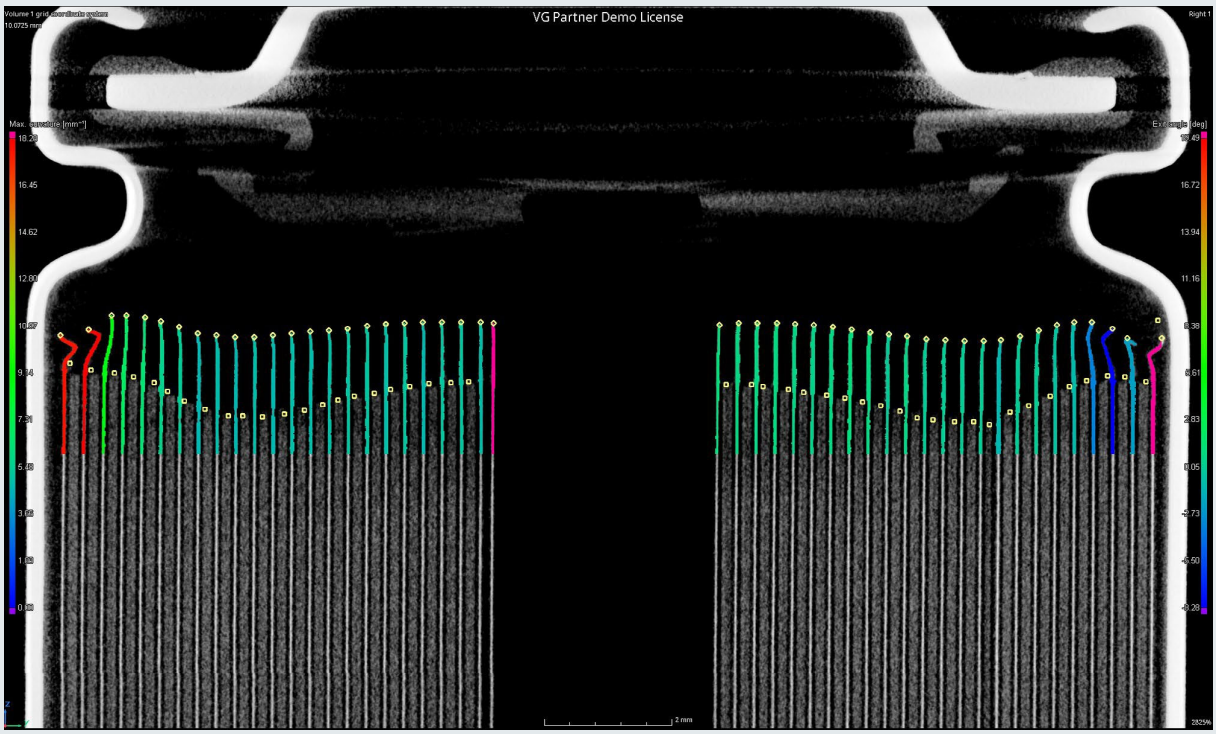
シミュレーションモデルの検証: 実験結果とシミュレーション結果を比較し、電極挙動モデルを改善。

バッテリー技術の発展: オーバーハング問題を解決することで、全体設計と運用を改善。

結果(Results)

TESCAN社のマイクロCT装置(UniTOM XL)を用いた実際の解析例として、アノード-カソードオーバーハング(ACO)の調査が行われました。
18650型リチウムイオン電池を15μmの空間分解能でスキャンし、VG Studio Max(Volume Graphics社製)を用いて3D解析を実施しました。
得られたデータから、電流コレクタ部分をセグメント化し、黄色で示されたアノードオーバーハング領域を可視化することができました。このような3D再構成は、セル内部でのオーバーハング長さのばらつきを定量的に評価する基盤となります。

マイクロCTの大きな利点はボリュームデータ(体積データ)であることです。任意方向の断面で解析が可能で、オーバーハングだけでなく、電極の曲率や出口角度(exit angle)などの構造パラメータも取得できます。また、画像解析ソフトウェアでは、出口角度に応じてオーバーハングをカラーラベルで分類・可視化することもできます。



▲ Fig. 2 カラーラベルで表示している、アノードの出口角度に基づいて定量化した結果

結論（Conclusion）

まとめると、X線マイクロCTはバッテリー負極オーバーハングの解析に不可欠なツールです。

非破壊で高解像度の画像取得が可能であり、定量的な分析も行えるため、オーバーハングがバッテリー性能に及ぼす影響を正確に理解することができます。 マイクロCTをバッテリー研究に活用することで、より効率的で信頼性の高いエネルギー貯蔵システムの開発が促進され、次世代バッテリー技術の進化に貢献します。

TESCAN GROUP, a.s.
Libušina tř. 21, 623 00 Brno - Kohoutovice / Czech Republic
(phone) +420 530 353 411 / (email) sales@tescan.com / marketing@tescan.com

TESCAN GROUP, a.s. reserves the right to change the document without notice. 2023.11.02