

WEBFREX3ES 電池電極向け厚さ測定システム

WEBFREX3ES Dedicated Coat Weight Measurement System for Battery Electrode Sheets

岸野 貴昭^{*1} 萩原 芳彦^{*1} 原口 武大^{*1}
Takaaki Kishino Yoshihiko Hagiwara Takeo Haraguchi

SDGs (Sustainable Development Goals) をはじめとする近年の地球環境保護政策により、ガソリン自動車から電気自動車へのシフトが起き、それに用いられる Li イオン電池の更なる高容量化、高品質化のため、電池電極製造に対する品質管理要求はより厳しさを増している。

WEBFREX3ES システムは電池電極板の塗工量をオンラインで測定・制御するシステムである。WEBFREX3ES はリニアサーボ駆動方式の採用により、高速スキャンと高い同期精度を実現し、ローラ・ベルトレス機構によりクリーンに使用でき、保守の簡易化を実現した。また正極・負極の材質に対応したセンサのラインナップを揃えるとともに、幅方向の分解能を高める要望にも応え、塗工量の均一性と電池性能の品質管理向上に貢献してきた。本論文では、Li イオン電池市場、業界動向などにも触れ、WEBFREX3ES システムの機能、特徴を説明する。

Recent global environmental policies, such as the Sustainable Development Goals (SDGs), are accelerating the transition from conventional gasoline vehicles to electric vehicles. To meet the high-capacity and high-quality requirements for lithium-ion batteries in electric vehicles, quality control on battery electrode manufacturing has become increasingly strict in recent years.

The WEBFREX3ES is an online measurement and control system for the coat weight of battery electrode sheets. Using linear servo drive technology which enables high-speed scanning and high synchronization accuracy, with rollerless and beltless mechanisms to be used in a clean environment, the WEBFREX3ES is easier to maintain. It also has a wide range of sensors, including materials for positive and negative electrodes, and meets the demand for higher resolution in the cross-machine direction, thus improving uniformity of coating weight and quality control of battery performance according to customer requirements. This paper describes the features and functions of the WEBFREX3ES system including the lithium-ion battery market and industry trends.

1. はじめに

近年二次電池市場は拡大を続けており、今後も更なる拡大が予想される。特に、Li イオン電池市場は、ニッケル水素 (Ni-MH)、ニッケルカドミウムなど他の二次電池のそれに比べ、大幅な拡大が見込まれる。Li イオン電池が高い注目を集める理由の一つとして、近年の地球環境保護政策によるガソリン自動車から電気自動車への大幅シフトが挙げられる。Li イオン電池は、従来の Ni-MH 電池に比べて高エネルギー密度であり、メモリー効果と呼ばれる繰り返し充電に対する電池容量の減少がほとんど

ない。このことから、電気自動車、家庭用蓄電池、モバイルデバイスなどの多様なアプリケーションに適用可能であり、今後も Li イオン電池メーカーは生産能力を増強する見込みである。また、生産工場も需要場所と同じ地域へシフトしており、国内から韓国、中国、台湾といった東アジア、米国、欧州といった、主に電気自動車が製造される電池の大消費地域に工場が建てられる傾向がある。さらに、国内及び東アジアの主要電池メーカーもそれに追随している。

一方、Li イオン電池には希少かつ高価な原料の使用や、更なる高容量、高品質、高安全化といった市場要求への挑戦が求められている。それに伴い、厳しい生産コスト・品質の管理、製造技術、生産ライン速度の向上、新しい塗工材料やオーバー・アンカーコートなどによる付加価値開発といった電池電極製造に対する開発が、より一層

^{*1} IA プロダクト&サービス事業本部 アナライザーセンター
P&W ソリューション統括部

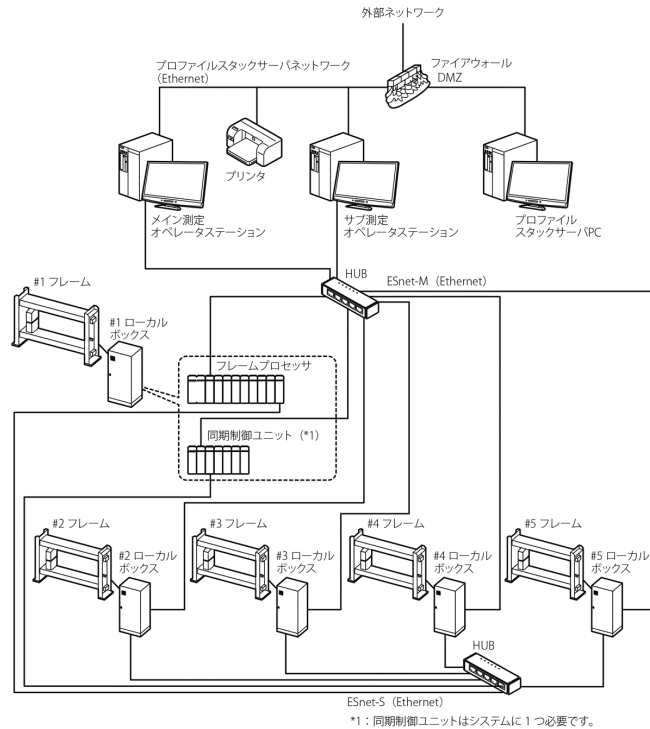


図1 WEBFREX3ES システム構成

加速されている。

こうした状況の下、電池電極メーカーからは、原料コスト削減、品質管理のための電極塗工量測定の高精度・高速化、最終製品の種類による様々な塗工パターンに対応した測定機能、塗工直後の測定による塗工量測定値の早いフィードバック及び制御への要望が高まっている。

こういった要望に応えるため、当社では塗工量測定・制御システム“WEBFREX3ES”（ウェブフレックス3イーエス）をLiイオン電池電極業界向けに開発し、ラインナップしてきた。本稿では、WEBFREX3ESの機能・特徴について紹介する。

2. 塗工量測定技術

WEBFREX3ESは電池電極シートの塗工量を測定する専用システムであり、塗工前と塗工後のシートの厚さの差分から塗工量を算出する。電池電極の様々な塗工パターンに対応した演算機能・表示機能を持ち、また、他社にはない独自の駆動機構により高速・高精度測定が可能である。

2.1 WEBFREX3ES システム概要

WEBFREX3ES システム（図1）は、主にフレーム・ローカルボックス（最大5本）、フレーム内に設置するセンサ（β線式またはX線式）、測定オペレータステーションとオプションのプロファイルスタックサーバから構成されている。それぞれのポイントを以下に述べる。

(1) フレーム・ローカルボックス

フレームには、周囲環境や温度変化による経年変化を最小限にする高剛性・高耐久性が要求される。機器構成としては、シートを挟む形で上下に非接触で搭載されたセンサをシートの端から端まで走査させるフレーム本体、フレームプロセッサ、同期制御ユニット及びモータードライバを格納するローカルボックスに分かれている（図2）。フレーム幅は測定対象のシート幅に応じて、最大800mmまたは1500mmより選択でき、電池電極の塗工ラインに十分対応できる。電池電極製造ラインはコンパクトに設計されているため、限られたスペースへの設置を考慮してフレームを非常にコンパクトに設計した。加えて、電気回路周辺機器を別置きの専用ローカルボックスに収納しライン外に分離設置することで据付けしやすくしている。

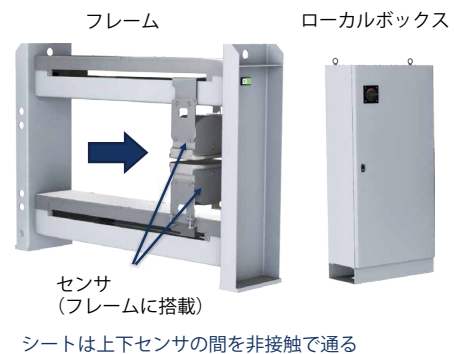


図2 フレーム・ローカルボックス・センサ

次にフレーム・ローカルボックス部の特徴を述べる。

①横河電機独自の駆動機構

WEBFREX3ESでは他社の駆動機構であるACモーターとタイミングベルトとは異なり、高速・高精度での走査(SCAN)が実現可能な、リニアサーボモーター駆動方式を採用した。

これにより、差分測定に不可欠な高い同期精度と、より多くの走査回数(測定点数)が可能である。

●リニアサーボモーター駆動

センサヘッドを最大30 m/min (500 mm/s)で走査することが可能であり、これにより最短3.0秒でのシート幅走査を実現している(図3)。また、最小0.1秒での折り返しが可能で、リニアサーボモーター駆動による安定した早い加減速と走行によって、測定値を早期にオペレータへフィードバックすることが可能である。その結果、塗工量を素早く目標値へ制御して、原料コスト改善や生産性向上に貢献する。

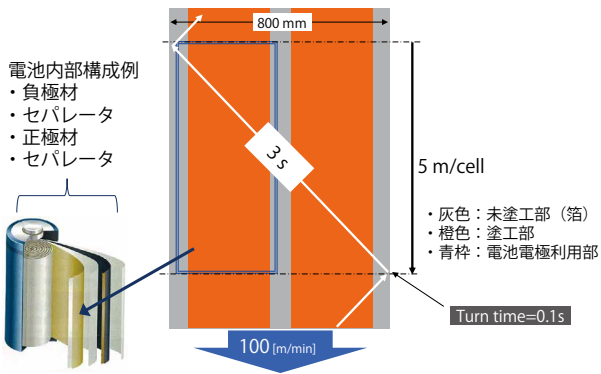


図3 電池電極の高速3秒SCAN測定イメージ

●ベルト・ローラレス機構

リニアサーボモーター駆動方式の採用に伴い、ベルト・ローラが不要となった。その結果、交換部品及び発塵箇所の削減を実現し、メンテナンスコストを下げるとともに、より一層クリーンで、異物混入などによるリスクの軽減を実現している。加えて、銅フリー亜鉛フリー化など、電池電極製造ラインの使用環境により適応した設計としている。

②フレームプロセッサ

多本フレーム構成と走査速度高速化によって、測定データ数が従来のフィルム・シート向け厚さ計(最大2本フレーム)システムより増加したため、フレームプロセッサの処理速度の向上が必要となった。当社製リーディングエッジコントローラー(FA-M3)をフレームプロセッサに採用することにより、リアルタイム高速演算を可能とし、3.0秒スキャン時の最大測定点数1500点のプロファイル(幅方向の厚みデータ)の生成を実現した。

③同期制御ユニット

塗工前と塗工後のシートの厚さの差分から塗工量を算出しているため、塗工前後の測定箇所を一致させることが非常に重要であり、高い同期精度が品質向上への鍵となる。WEBFREX3ESでは、リニアサーボモータードライバによる測定位置の高分解能化と同期専用プロセッサによる高速同期制御(図4)によって、測定箇所的位置ずれを極限まで小さくした。

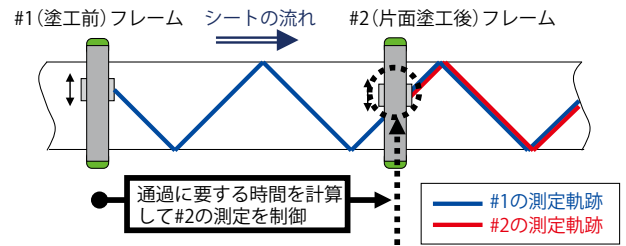


図4 同期運転制御

(2) センサ

電池電極の塗工量測定では、正極負極の基材や、塗工材料の違いにより、最適なセンサを選定する必要がある。高精度で高安定な塗工量測定を可能とするために、WEBFREX3ESでは、β線またはX線の透過方式を採用している。温度補正やエアパージといった長年に亘るフィールド経験を生かした独創的な工夫⁽¹⁾によって、外乱の影響をできる限り抑えている。さらに、非接触センサであるため、測定対象を傷つけることなく生産ライン上で連続測定を行える。センサの仕様を表1に示す。

表1 センサの仕様

	β線式センサ	X線式センサ	
測定範囲	0 ~ 1200 g/m ² (PET標準サンプル)	0 ~ 600 g/m ² (アルミ標準サンプル)	0 ~ 300 g/m ² 301 ~ 600 g/m ²
指示値繰り返し性	± 0.1 g/m ² または± 0.1%のいずれか大きい値以下	± 0.1 g/m ² または± 0.1%のいずれか大きい値以下	± 0.15% 以下
プロファイル平均値繰り返し性	± 0.1 g/m ² または± 0.1%のいずれか大きい値以下	± 0.1 g/m ² または± 0.1%のいずれか大きい値以下	± 0.2% 以下

β線・X線センサを測定物の材質や厚さ(最大測定レンジ)に応じて選択することで、より高精度な測定が可能であり品質向上に貢献する。例えば、正極・負極それぞれの材質の違いとβ線・X線それぞれの線源の性質から、正極ではX線、負極ではβ線を採用すれば、塗工材への吸収感度が高まり、塗工量のより高精度な測定が可能となる(図5)。

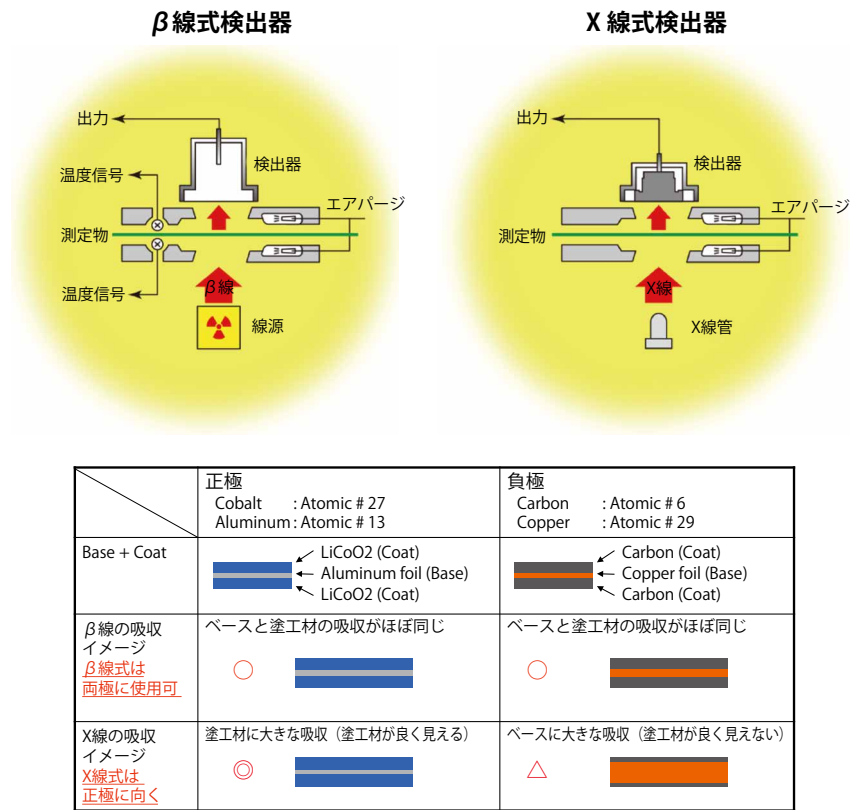


図5 材質の違いによるセンサ感度イメージ

(3) 測定オペレータステーション

汎用 PC に専用ソフトウェアをインストールすることで、測定オペレータステーションを構成している。測定オペレータステーションでは、基材厚さや塗工量プロファイルなどの測定データの表示、フレーム及びセンサのパラメータ設定および保守、アラームの監視が可能であり、オペレーションに必要な情報を任意に作業画面に割り付けてモニタできる。また、必要に応じて別の場所で操作・監視可能とするサブ測定オペレータステーションもオプションとして用意し、より柔軟なオペレーションに対応できる。

(4) プロファイルスタックサーバ (オプション)

プロファイルスタックサーバには、測定プロファイルデータ保守機能と測定プロファイル表示・解析機能を持つ。以下に、それぞれの特徴を説明する。

①測定プロファイルデータ保守機能

品質管理に役立てるため、多本フレームの差分で得られた複数のプロファイルデータ（幅方向の厚さ分布データ）を保存する。

②多種多様な測定プロファイル表示・解析機能

I. リアルタイム3次元プロファイル表示
プロファイルスタックサーバに格納したプロファイルデータを3次元表示させることにより、視覚的に

製品の品質を捉えることができる表示・解析機能である。CSV自動出力とCSVデータから3次元表示するためのリストア機能が備わっており、過去の測定プロファイルの再表示・解析を行うことも可能である。さらに、前回製造データを参考にして、次に起こり得る運転や品質の変化が予測可能となっている（図6）。

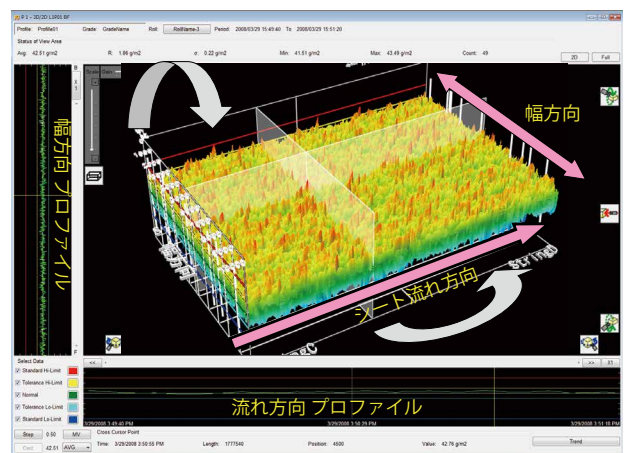


図6 3次元プロファイル表示機能

II. 多彩な塗工パターンに応じたプロファイル表示
 塗工パターンは、最終製品の形状により数種類ある。WEBFREX3ESは、20年以上に亘る多くの電池電極塗工量測定システムを納入して蓄積した経験やノウハウを駆使して、異なる塗工パターンへ対応したソフトウェアを提供している（図7）。

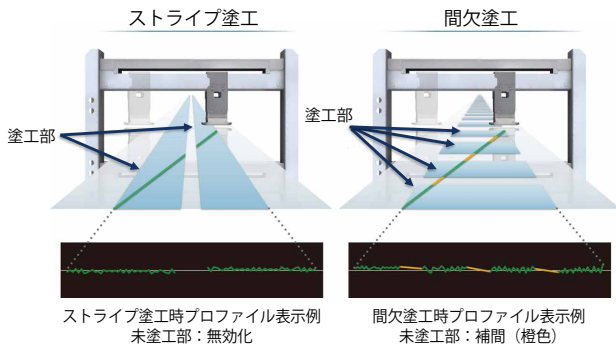


図7 塗工パターンイメージ

- ストライプ塗工パターン演算機能
 塗工ゾーンごとの幅方向塗工量平均値の自動算出と、その平均値のトレンド表示をする。
- 間欠塗工パターン演算機能
 閾値を用いて塗工部・未塗工部を自動判別することで、未塗工部のデータ補間や無効値処理を実施し、塗工パターンに応じた表示をする。

2.2 アプリケーション事例

図8に同時塗工システムの一例を示す。シートは、巻き出しロールから取り出され、表面塗工パート、乾燥炉、裏面塗工パート、乾燥炉を通して巻き取りロールに至る。シートが乾燥炉を通過する以前の塗工パートにおいて、

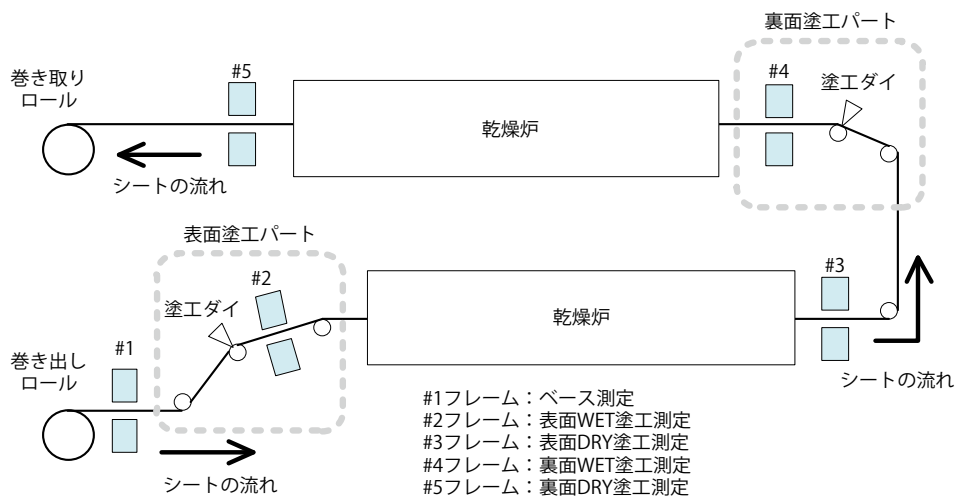


図8 同時塗工システム例

塗工直後の測定を行うことで、より早いオペレータへの塗工量測定値のフィードバック及び制御を実現し、乾燥炉を通過する時間を待つ必要がなく、その分のロスを削減できる。

このような同時塗工システムにおいて、基材部(箔単体)と、塗工部であるWETパート・DRYパートのそれぞれ片面・両面での測定・管理を行えるよう、WEBFREX3ESでは最大5本フレームの同期制御が可能である。

3. おわりに

WEBFREX3ESは厚みや塗工量を測定するだけでなく、得られた測定プロファイルデータを元にシートの高付加価値化・高品質化・材料・工数の削減に貢献する。さらに、品質管理(プロファイルスタックサーバ)などのパッケージを付加することによって、より高効率での生産を実現する。

また、全国107拠点、エンジニア数約1,500名による保守点検サービスや、24時間365日対応可能なグローバルレスポンスセンターによる充実したバックアップ体制にも力を入れている。日本全国はもちろん、海外のユーザーにも、様々な面からサポートを提供している。

横河電機が今後、サステナブルな社会実現に向けて、従来のプロセス改善のみならず、生産性や経営効率の改善に至るまでのソリューション提案を行っていくにあたり、WEBFREX3ESもそのコンポーネンツ群のひとつとして発展させていく。

参考文献

(1) 土屋彰彦, 菅谷郁夫, 佐々木尚史, “フィルム・シート厚み測定と制御”, 横河技報, Vol. 50, No. 1, 2006, p. 31-34

* WEBFREX は、横河電機株式会社の登録商標です。
 * 本文中で使用されている会社名、団体名、商品名およびロゴ等は、横河電機株式会社、各社または各団体の登録商標または商標です。

