

インダストリー検査技術特集によせて

東 條 公 資

Preface to Special Issue “Industrial Inspection Technology”

Koji Tojo

Advanced Analysis Unit, Technology Research Laboratory, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan

(Received August 17, 2026)

1. はじめに

来るべき AI ネイティブ社会においては、すぐれた検査技術による高品質のデータが製品の品質や信頼性、ひいては競争力を左右する。仮想空間を現実世界に具現化するという次世代の産業化スキームでは、正確なデータに基づいた仮想空間をいかに構築し、さらに実空間でいかにシミュレーションどおりの理想状態を再現するか、が鍵を握り、実空間のリアルな情報を仮想空間に橋渡しする検査技術の役割は極めて重要である。特に人命に直結するような自動運転やフィジカル AI の分野では、材料や機械装置に求められる信頼性はこれまでとはけた違いのレベルが要求されるであろう。また、近年競争の激しい新材料開発や半導体、積層造形に代表される新製造技術の分野では、分子レベルから構造物の強度に至るマルチスケールのデータを複合的に把握することが求められる。検査技術における精度、感度、分解能をさらに向上させるための継続的な努力は今後とも欠かせない。

島津製作所は1896年の X 線透視技術の開発を皮切りに、産業用 X 線検査装置 (1933年)、発光分光分析装置 (1935年)、電子顕微鏡 (1947年)、万能試験機 (1955年)、蛍光 X 線装置 (1956年)、X 線マイクロアナライザ (1964年)、マイクロフォーカス X 線 CT (2002年) と、その時々の最先端検査技術を社会実装してきた歴史をもち、その積極進取の気概は現在にも受け継がれている。本特集では、これらの「先進インダストリー検査技術」に資する装置群が、性能・機能においていかに発展を遂げユーザー価値創造に貢献しているか、第一線の研究者からの最新動向報告を紹介し、今後目指すべき未来の方向を見定めるための道しるべとしたい。

2. 特別寄稿

ドルトムント工科大学の Frank Walther 教授および WPT チームからは、本特集に向けて最新の共同研究成果について特別寄稿をいただいた。ドルトムント工科大学 WPT における材料試験・構造解析研究と、島津製作所との長年の共同開発を軸に、ハイブリッドなクロススケール材料評価の進展が総括されている。対象は金属積層造形材や格子構造、超高サイクル疲労、水素脆化、持続可能材料など多岐にわたり、引張・疲労試験に computed tomography (CT), digital image correlation (DIC), scanning electron microscopy (SEM), X-ray diffraction (XRD), 微小硬さ試験を組み合わせ、プロセス—組織—特性相関が多面的に明らかにされている。基礎研究と産業応用をつなぐ技術移転の重要性が強調され、学術と産業界の協働が材料評価をどう前進させるかを俯瞰した内容となっている。

3. 材料検査・信頼性評価

佐藤らは、炭素繊維強化プラスチック (CFRP) の力学特性に強く影響する繊維分散状態を、CT で単繊維を一本ずつ識別するのではなく、画像のグレースケール値から繊維含有率を推定し、繊維分散を短時間で定量評価する手法を提案している。推定した繊維含有率は燃焼法の実測値と良好に一致し、非破壊・広範囲・定量評価を両立する実用性の高いアプローチであることが示されている。

伊藤らからは、10 kN 級卓上型精密万能試験機 AGS-V シリーズの開発内容が紹介された。卓上機でありながらハイエンド機に迫る性能を目指した点が特徴である。荷重精度や高速応答性が改善されるとともに安全性や操作性が向上し、研究開発から品質管理まで幅広い材料試験が可能になっている。

Roberts らは X-ray photoelectron spectroscopy (XPS)

を従来の単純な固体表面分析から、より複雑な新規材料評価へ拡張する高度な手法について報告している。hard X-ray photoelectron spectroscopy (HAXPES), angle-resolved XPS (AR-XPS), Maximum Entropy Method (MEM) による非破壊深さプロファイル解析, さらに Cryo-XPS を活用し, 半導体用ハフニア / アルミナ多層膜, 抗菌性銅系薄膜, 生体・液相に近い含水ナノ材料などを解析している。複雑・不均一・含水系材料を“より自然な状態”で調べる, 次世代 XPS の方向性が示されている。

4. 異物検査・不良解析

川根らは, 異物分析の第一選択として有用なフーリエ変換赤外分光光度法 (FTIR) の強みを整理しつつ, 無機物や微小試料では FTIR 単独では限界があることを示し, ラマン分光との併用を提案している。さらに, 赤外・ラマンで切り替え測定できる AIRsight の構造と利点を紹介し, 混合異物の同定, 鉄錆など無機異物の解析, 多層フィルム断面の微小領域分析, UV 硬化樹脂の硬化不良可視化といった事例で有効性を実証した。原因究明の精度と効率を高める実践的な分析フローの提案といえる。

前田らは, 電子部材・医薬・再生プラスチックなどで重要性が増す微小異物管理について, 特に動的画像解析法 (DIA) とフィールドフローフラクショネーション法 (FFF) を軸に, 研磨用コロイダルシリカ (CMP スラリー) 中の微粒子やリサイクル PET 中の異物を, 走査型プローブ顕微鏡 (SPM), 赤外顕微鏡, 走査型電子顕微鏡・エネルギー分散型 X 線分析 (SEM-EDS) などと組み合わせて多面的に評価する手法を紹介している。目的に応じて分析手法を接続することの重要性を実例で示し, 材料中異物解析を体系的に整理した。

5. 非破壊検査

森本らは, 樹脂金属複合部品の CT 検査において, 金属近傍に発生する筋状・濃淡状の金属アーチファクトが欠陥検出を妨げる課題に対し, 被写体の CAD モデルを先験情報として用い, 線質硬化や散乱線を考慮した仮想投影像をシミュレーションし, 実測投影像との差分からアーチファクト成分を相殺する手法を提案している。補間を主体とする従来修復法と異なり, ファントムや電動コイルなどで濃淡が大幅に低減し, ボイド検出の偽陽性率も大きく改善しており, 実用性の高い画像再構成法となっている。

児玉らからは, JIS 化された音波光干渉イメージング技術と, それを実装した超音波光探傷装置 MIV-X の適用性が紹介されている。従来法では難しかった表層部の非破壊検査を補完する新技術として位置付けられ, 皮膜界面の剥

離や皮膜下亀裂の検知に高い適用性をもつことが示されている。表層欠陥評価の新しい選択肢を提案する内容である。

6. プロセス管理・工程内検査

倉本らは, 金属有機構造体 (MOF) の選択吸着・濃縮特性を分析計測へ応用し, 水素品質管理や燃焼排ガス監視に使える低濃度ガスモニタリング技術開発について報告している。MOF を濃縮材として非分散型赤外線吸収法 (NDIR) と組み合わせ, 水素中 CO を 0.1 ppm レベルで約 3 分サイクル測定できることを示したほか, 水晶振動子マイクロバランス (QCM) 感応膜として用いて NH_3 や SO_2 の ppm オーダー測定も実現した。従来のバッチ分析に対し, サンプルライン上での連続測定に可能性を示した点が大きい。

田村らからは, エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置 (EDXRF) を用いて, 鈴木-宮浦クロスカップリング反応後の残留 Pd と, PET 中の Sb・Ge 触媒残留量を評価した事例が紹介されている。有機合成後の残留金属触媒評価は品質・安全性の観点から重要であり, 材料由来判別にも役立つ。前処理不要・非破壊・迅速という EDXRF の利点を活かし, 工程管理や材料由来判別への展開可能性を明確にしている。

石野田らからは, ヘリウム供給制約を背景に需要が高まる水素リークテストへ対応した新型リークディテクタ MSE-2600 シリーズについて紹介されている。水素測定時の課題であるバックグラウンド低減機能を強化し, 測定時間短縮, 画面の視認性向上, 操作性改善を実施し, 測定品質の安定化と現場運用性を高めている。製造現場の生産性や自動化要求, 代替トレーサガス対応を見据えた, 実装志向の装置開発報告となっている。

7. むすび

今回の特集では材料評価からプロセス管理に至る幅広い検査技術の最新動向を紹介した。実は検査技術自体は単独で議論されることは希で, 検査基準を定める規格や標準とセットで考える必要がある。ある社会課題に対し, 何の物理量をどんな方法・精度で測定し, その意味合いと妥当性を検証するプロセスの中で検査技術はさらに磨かれていく。政府成長戦略で示されるように, 今後, AI・半導体, 量子, 海洋や宇宙に向けた技術開発はますます加速し, 同時に検査技術にも高度なものが要求されることは間違いない。新しい課題に真摯に向き合い, 理解し, より発展につなげるとともに, 状況に応じて抑止力として作用する, バランスの取れた技術開発が重要である。安全・安心な社会の発展に向けて, 検査技術の日々の開発努力は今後も欠かせない。