

AZtecCrystal

新世代EBSDデータ解析ソフトウェア

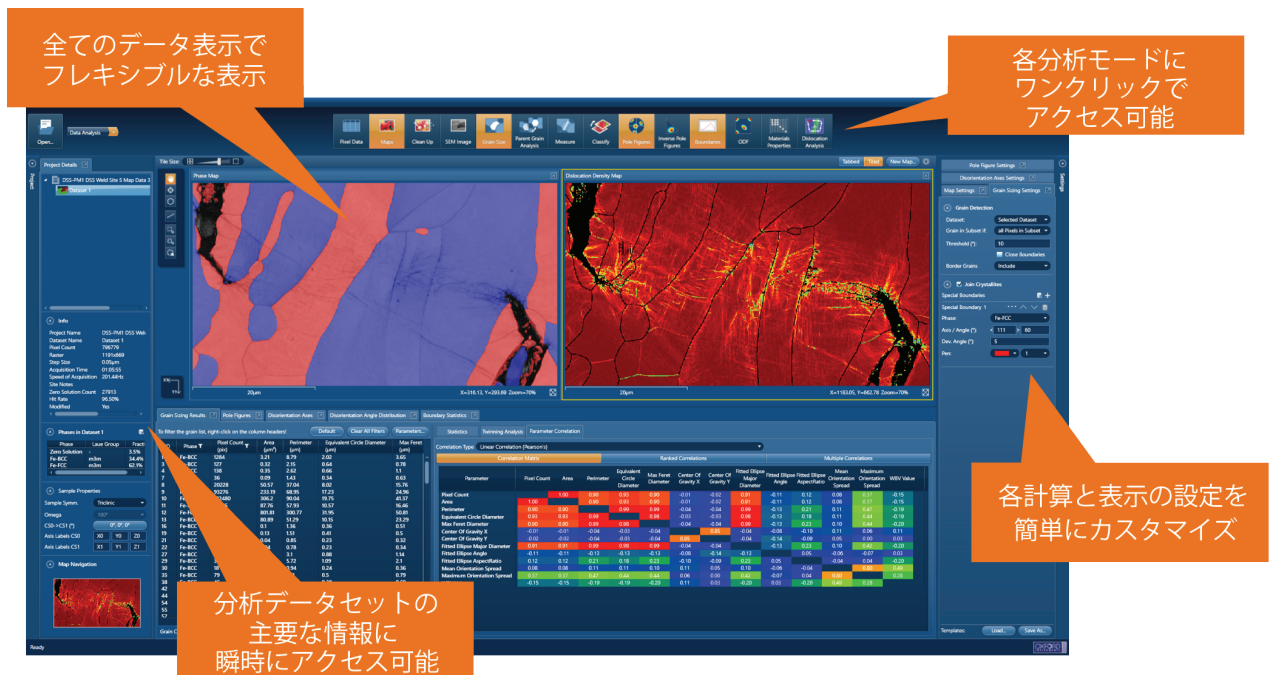
電子後方散乱回折 (EBSD) 分析は、電子顕微鏡から始まり、高品質のEBSD検出器と、信頼性の高いデータ収集および指数付けソフトウェアが必要です。しかし、測定ワークフローはそれだけではありません。EBSDデータのオフライン処理こそが、試料の物理的特性や微細構造の特性を真に明らかにします。

AZtecCrystalは、オックスフォード・インストゥルメンツの最新かつ革新的なEBSDデータ解析ソフトウェアで、新時代の高速EBSD検出器と拡大し続けるEBSDアプリケーション向けに設計されています。2019年に初めて発売されたAZtecCrystalは、その後も継続的に開発が行われ、初心者から上級者までご満足いただけるアクセスの良さと機能性を備えています。

あらゆるユーザーに対応する設計

EBSDデータの解析は、かつてないほど容易になりました。AZtecCrystalは、直感的で柔軟性のあるユーザーインターフェースを備えています。ルーチン機能に即座にアクセスすることを必要とするEBSDユーザーであっても、試料から詳細な微細構造情報を取得したいEBSDエキスパートであっても、AZtecCrystalはお客様のために設計されています。

- AZtecに由来する、ユーザーが設定やレイアウトを変更できるインターフェース
- 主要な機能に即座にアクセスできる複数のデータ解析モード



生産性の向上

最新のCMOS搭載EBSD検出器は、1時間あたり2000万ポイントの分析を超える速度でEBSDデータを収集することができます。AZtecCrystalは、このような大容量データを容易に処理できるように設計されており、データ処理速度を向上させるための優れた機能を搭載しています。

- クォータニオンベースの高速データ処理
- 処理したデータのインテリジェントな保存と表示カスタマイズ
- カスタマイズ可能なテンプレートとバッチ処理により、迅速でルーチン的な分析業務を実現します。

全てのデータを一つのファイルに保存

AZtecCrystalは、公開された階層型データフォーマット (HDF5) でデータを保存します。保存済みのEBSDパターン、エネルギー分散型X線分析 (EDS) からの化学情報、処理済みデータ、計算結果など、関連するすべての結果は、弊社独自の *.h5oina フォーマットで保存されます。

- オープンなフォーマットですべてのデータにアクセス
- データフォーマットの詳細は、github.com/oianoanalysis/h5oina で公開中

AZtecCrystal Standard

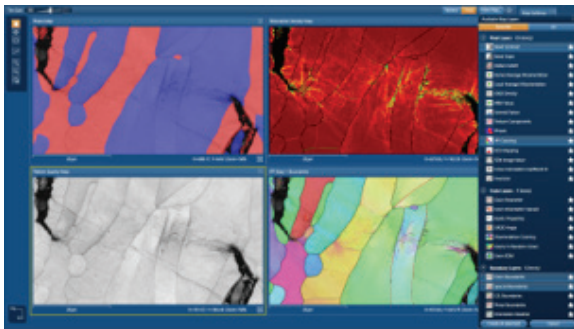
EBSDのルーチンデータ処理に必要なものすべて

結晶相マップや方位マップの作成、テクスチャーの解析、結晶粒界の特性評価など、多くのEBSDデータ処理タスクは定型的なものです。AZtecCrystalは、これらの日常的なタスクに必要なすべてのツールを標準処理パッケージとして提供し、さらにデータのクリーニング、サブセットの作成と解析、柔軟なデータ出力のための多くの高度な機能を有しています。

必要なマップを作成

マップ表示は、結晶相分布の表示やひずみや変形の可視化など、ほとんどすべてのEBSD解析の中核をなしています。AZtecCrystalは、マップの作成と表示において無限の柔軟性を持ち、あらゆる微細構造における重要な特性を表示することを可能にします。

- 30以上の基本的なカスタマイズ可能なマップコンポーネント
- 1枚のマップに合成できるコンポーネントの数に制限無し

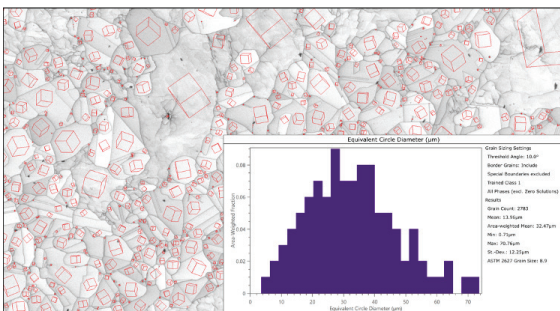


マップ作成・表示の柔軟性を示すAZtecCrystalのスクリーンショット

結晶粒の瞬時計測

EBSDは、国際規格に準拠したグレインサイズ測定や厳密な結晶構造判定のような、あらゆる結晶粒ベースの分析に非常に有効な技術です。AZtecCrystalは、複数のデータ出力と可視化ツールにより、すべてのデータに対応する結晶粒データを自動的に計算します。

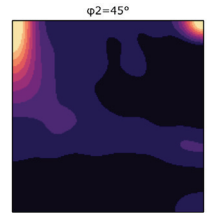
- ISOおよびASTM規格に準拠したグレインサイズ測定
- 30以上のユーザー設定可能なグレインパラメータの計算



Ni合金のグレインサイズとグレイン方位の表示

完全なテクスチャー解析

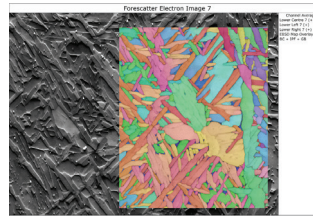
テクスチャーの測定(または結晶学的な優先方位)は、あらゆるEBSD分析において基本的な出力となります。AZtecCrystalは、厳密なテクスチャー解析に必要なすべてのツールを備えています。



圧延鋼板サンプルのODF断面の例

- 極点図・逆極点図の計算と表示を自由に設定可能
- 球面調和を用いた完全な方位分布関数(ODF)の測定
- 多様なマップのテクスチャー表示オプション

完全な画像相関



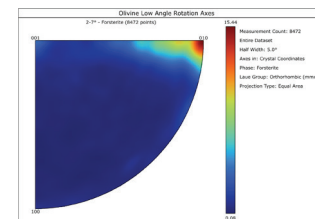
Ti64合金のデータを前方散乱電子画像に重ね合わせた方位マップ

AZtecCrystalは、EBSDマップと関連する電子画像との効果的な相関処理を可能にし、あらゆる微細構造に対する理解を深めます。

- 完全な歪み補正により、完璧な相関性を実現

完全なバウンダリー特性の評価

多くの重要な物理的特性は、粒界と粒内の特性に関連しています。AZtecCrystalは、幅広いバウンダリー解析ツールにアクセスでき、材料加工とそれに続く特性の両方に対する理解を深めることができます。



変形したカンラン岩試料の低角度粒界回転軸の方位を示す逆極点図

- 完全な粒界ミスオリエンテーション解析
- 双晶および特殊粒界を含む、詳細な粒界長の統計

AZtecCrystal Advanced

全てのサンプルについて理解を深める

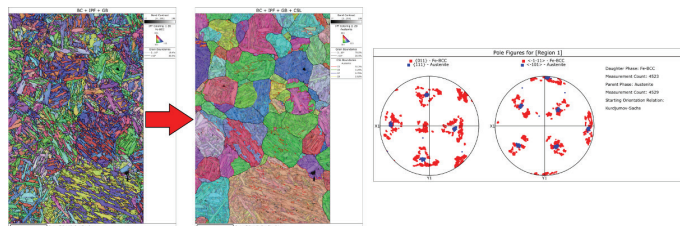
EBSDデータから重要な情報を抽出するために、より詳細な解析が必要な場合があります。

AZtecCrystalのAdvancedパッケージには、EBSD分析の最新の技術を駆使して開発された、複数のハイエンドなデータ分析ツールが含まれています。

親粒子再構築

相変態を伴うサンプルの場合、AZtecCrystalの親粒子解析ツールにより、母相の微細構造を迅速かつ堅牢に再構築することができます。

- あらゆる結晶相系に対応する高い柔軟性 (鉄鋼材料やTi/Zr合金を含む)
- 方位相関リファインツールにより、あらゆる試料の正確な再構築が可能

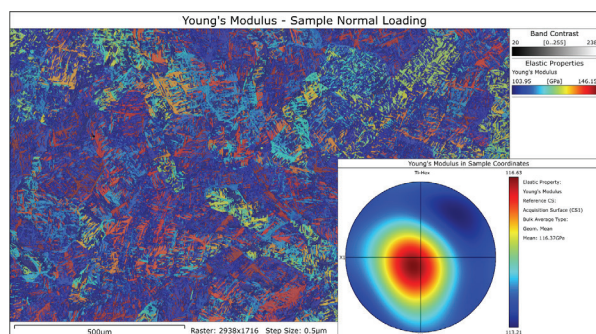


マルテンサイト鋼のオーステナイト結晶粒再構築と、多相極点図による親粒子方位配向相関の図示

サンプル特性の推定

材料の多くの弾性特性は、個々の結晶粒の結晶学的方位と関連しています。AZtecCrystalは、方位データと弾性係数を組み合わせて、サンプルの結晶粒スケールおよびバルクの弾性特性を予測します。

- それぞれのデータに含まれる全ての結晶粒について、5種類の弾性特性を算出
- バルク平均が示すサンプルスケールの弾性特性

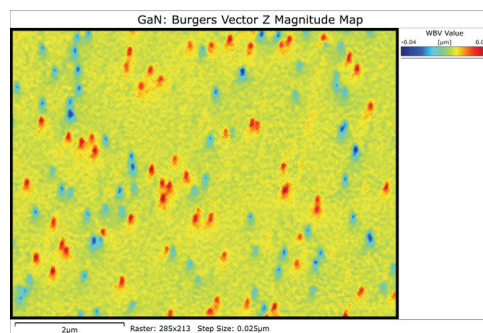


積層造形されたTi64合金のヤング率マップ (造形方向に平行な荷重)。極点図は、荷重方向の違いによるヤング率の変化を示しています。

高度な転位解析

EBSDは、さまざまな材料の転位構造と密度を調査するための強力なツールです。AZtecCrystalの転位解析ツールは、転位の種類と密度をこれまでにない詳細さで迅速に調査することが可能です。

- 独自の積分ループ法による転位密度の算出 (特許出願中)
- 転位型解析とすべり系判定を容易にするWeighted Burgersベクトル方位解析

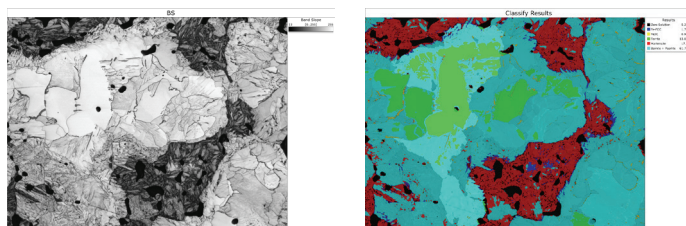


GaN薄膜のWeighted Burgersベクトルのz-magnitudeマップ。スクリー転位は+<c> (赤)と-<c> (青)のBurgersベクトルを持っていることを表しています。

高度な微細構造クラス分け解析

AZtecCrystalのクラス分けツールは、ユーザー学習と機械学習機能を組み合わせ、データ内の構造と結晶相を分類します。これにより、鉄鋼の微細構造成分 (マルテンサイトやベイナイトなど) の正確で再現性のある同定や、変形した結晶粒と再結晶した結晶粒の分離を行うことができます。

- 正確なクラス分けのために複数のパラメータを活用
- クラス分けのレシピを保存し、複数のサンプルに対して再現性のある結果を得ることが可能



フェライト (緑)、ベイナイト (水色)、マルテンサイト (赤)を示す、複合構造鋼のパターン品質と結晶相のクラス分けマップ。サンプル提供:Höganäs AB, Sweden.

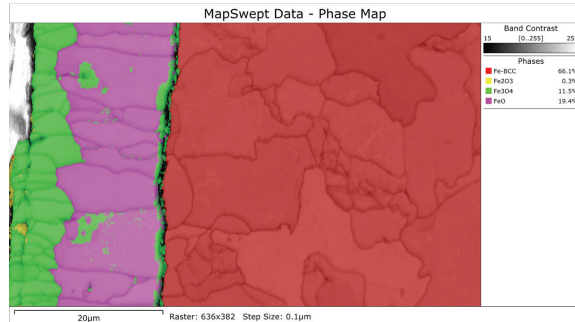
AZtecCrystal MapSweeper

パターンマッチング技術で解析結果を向上

インテリジェント・ハイブリッド解析

AZtecCrystal MapSweeperは、データの再解析に洗練されたハイブリッドアプローチを利用し、可能な限り最初の指数付け結果を反映させることができます。セットアップが簡単なMapSweeperのOn-the-fly/パターンマッチング機能は、柔軟性、パワー、スピードを兼ね備えています。

- 完全な動的パターン・シミュレーション
- Refine Sweep - データからより多くの情報を抽出:
 - 角度精度を $<0.01^\circ$ に改善
 - 結晶の擬似対称性を解決
 - 類似の結晶相を識別
 - 結晶の極性またはキラリティを決定
- Repair Sweep - データの欠損を補完:
 - 孤立した指数付けエラーの修正
 - 指数付けヒット率の向上

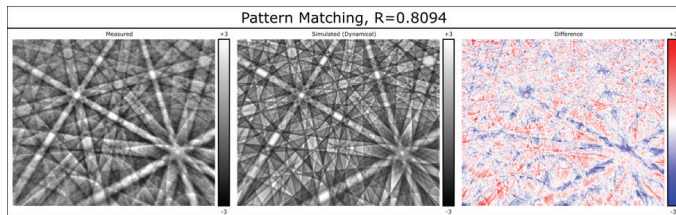


フェライト鋼上の酸化物の結晶相マップ。AZtecCrystal MapSweeperによるハイブリッド解析の結果、立方晶Fe(赤)、FeO(紫)、Fe₃O₄(緑)の構造を確実に識別しています。
サンプル提供: Onur Meydan, MSc, Metallurgy Engineer, Turkey

動的テンプレート指数付け

AZtecCrystal MapSweeperは、DTM (Dynamic Template Matching) により、顕微鏡では信頼性の高い指数付けが不可能であったデータセットに対しても完全な指数付けを可能にし、高度な変形やナノ結晶材料など、極めて難しい試料からの高品質なデータ取得を可能にします。

- Index Sweep - On-the-fly DTMを用いた指数付け:
 - 低品質パターンから有効なデータを抽出
 - EBSDシミュレーションのライブラリ生成は不要
 - 動的ジオメトリキャリブレーション - すべての倍率で有効



EBSDパターンマッチング解析。銅のEBSDの実験データ(左)と動的シミュレーション(中央)の相関を示し、パターンの差異を右側に表示しています。

| 機能 | 説明 | AZtecCrystal Standard | AZtecCrystal Advanced |
|---------------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| データクリーンアップ | 指数付け時のエラーを除去し、データのヒット率を改善 | ✓ | ✓ |
| マップ表示 | マップの作成とカスタマイズにより、あらゆるEBSDデータを表示 | ✓ | ✓ |
| SEMイメージ | 電子線画像とEBSDデータの同時表示とドリフト/歪みの補正 | ✓ | ✓ |
| グレイン解析 | 包括的なグレイン測定と解析 | ✓ | ✓ |
| テクスチャー解析 | (逆)極点図とODFを用いたテクスチャーの解析 | ✓ | ✓ |
| 測定ツール | ユーザーが定義した線上に沿った変動をプロット | ✓ | ✓ |
| 粒界解析 | 粒界の特性と粒界長さ包括的な解析 | ✓ | ✓ |
| サブセット | データをサブセットに分割し、詳細な解析を行う。 | ✓ | ✓ |
| テンプレート/バッチ処理 | すべての計算/表示で再現可能な処理を設定 | ✓ | ✓ |
| 親粒子解析 | 親粒子の微細構造の再構築と解析 | Option | ✓ |
| 物理特性 | サンプルの弾性特性の計算と表示 | Option | ✓ |
| クラス分けツール | 機械学習による微細構造物質のクラス分け | Option | ✓ |
| 転位解析 | Weighted Burgers ベクトルを用いた転位の詳細解析 | Option | ✓ |
| MapSweeper - Index | 保存済みEBSDの動的テンプレート指数付け | Option | Option |
| MapSweeper - Refine | ハイブリッドパターンマッチングツールによるデータ強化 | Option | Option |
| MapSweeper - Repair | パターンマッチングによる指数付け率/信頼性の向上 | Option | Option |