

動的画像解析による  
粒子径および形状の特性評価

# CAMSIZER X2

**MICROTRAC**  
**MQB**  
PARTICLE CHARACTERIZATION





# Microtrac MRB – 最高の粉粒体特性評価 粉体、顆粒、スラリーの総合解析

Microtrac MRBは、粉粒体の特性評価におけるベストパートナーです。最高級のテクノロジーにより、様々な試料において、最適な測定結果が得られるようサポートします。私たちは、革新的な技術開発と最高品質の製品及びサービスの提供を継続していきます。

Microtrac MRBは、世界の三拠点から3つの製品ラインアップを提供しています。

**散乱光解析：**粒子径分布測定のスチンダードであるレーザ回折・散乱式（静的光散乱）、及び動的散乱法によるナノ粒子評価装置。これらの装置はアメリカのペンシルバニア州で製品開発、及び生産を行っています。

**画像解析：**静的、及び、動的画像解析式による粒子径分布、粒子形状の評価装置。ドイツのハーンにて製品開発、及び生産を行っています。

**比表面積、細孔分布：**ガス吸着による粉体の比表面積・細孔分布、BET値、及び真密度の測定装置。その製品開発、及び生産は、大阪にて行っています。

Microtrac MRBは、ヴァーダー・サイエンティフィックグループの一員として、関連会社や多くの代理店を通じて、世界中に製品、そしてサポートを提供しています。

# CAMSIZER シリーズ

## 粒子径および粒子形状の高分解能画像解析

最終製品の高性能化、高品質の要望が高まる中、原材料、中間製品、そして最終製品としての粉粒体を正確に特性評価することが不可欠となっています。CAMISIZERシリーズは、自動化、高い処理能力、短い測定時間により、高精度だけでなく、ルーチン解析や品質管理に最適のツールとなっています。高機能な評価ソフトウェアにより、研究開発に最適な価値ある情報に基づいた粒子特性評価を実現しています。

CAMSIZER X2とCAMISIZER P4は、動的画像解析のスタンダードです。独自技術であるデュアルカメラ光学系により、非常に幅広い測定範囲の高精度、かつ再現性の高い測定を可能としています。

CAMSIZER M1は、静的画像解析をベースにしています。その革新的技術により、特にミクロンオーダー微小粒子の粒子径と粒子形状を高精度で解析します。

- ▶ CAMSIZER X2: 粉体および懸濁液の動的画像解析
- ▶ CAMSIZER P4: 自由流動性バルク材および顆粒の動的画像解析
- ▶ CAMSIZER M1: 微粒子の静的画像解析





## CAMSIZER X2

# 微小粒子から大粒子まで 高精度の粒子径および粒子形状解析

CAMSIZER X2は、最先端のカメラ技術とフレキシブルな試料分散オプションを組み合わせた強力で汎用性の高い粒子特性解析装置です。動的画像解析 (ISO 13322-2) の原理に基づいており、0.8 $\mu$ m～8mmの幅広い測定範囲において、粉体、顆粒、懸濁液の正確な粒子径、及び、粒子形状を求めます。

乾燥粉体、または懸濁液の状態で粒子の流れを生成し、高輝度ストロボ光源と2台の高分解能デジタルカメラにより、毎秒300画像のフレームレートで連続的に粒子画像を取得します。1～3分間の短い測定時間で、数十万～数百万個の粒子画像を撮像し、試料の包括的で信頼性の高い特性評価を可能としています。品質管理から研究開発まで広くご使用頂いています。



## 粒子特性解析装置 CAMSIZER X2

- ISO 13322-2 動的画像解析に準拠
- 独自のデュアルカメラ技術を採用し、幅広い測定範囲に対応 (0.8 $\mu$ m~8mm)
- シャープな粒子径分布、複数山分布における高分解能測定
- 少量の粗大粒子または微小粒子の検出
- ふるい分け、レーザ回折・散乱式との高いデータ互換性
- 多彩なデータ解析 (様々な粒子径モデル、形状指数、粒子ライブラリー、シングルフレーム評価など)
- 1~3分間で数十万から数百万個の粒子解析
- 豊富な粒子情報量 (粒子カウント数など) に基づく高い再現性
- “X-Change” 乾式・湿式用測定モジュール
- 高輝度LEDと高分解能カメラによる高解像度
- 簡単な操作、メンテナンス





## デュアルカメラ技術による 極めて広い測定範囲の高精度測定

Microtrac MRB独自のデュアルカメラ技術は、動的画像解析のランドマーク的存在です。異なる倍率の2台のカメラで同時測定することにより、ハードウェアの変更や調整を行うことなく、非常に幅広い測定範囲の高精度測定を実現しています。

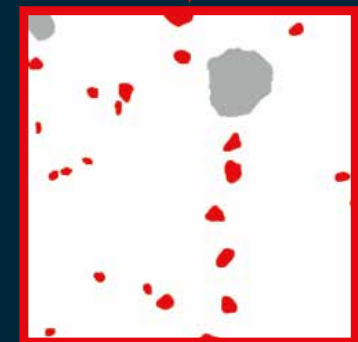
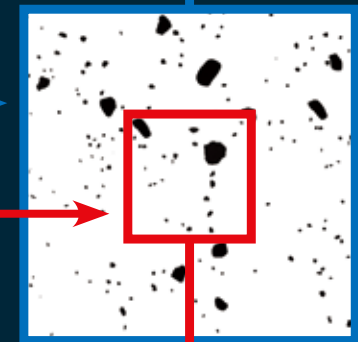
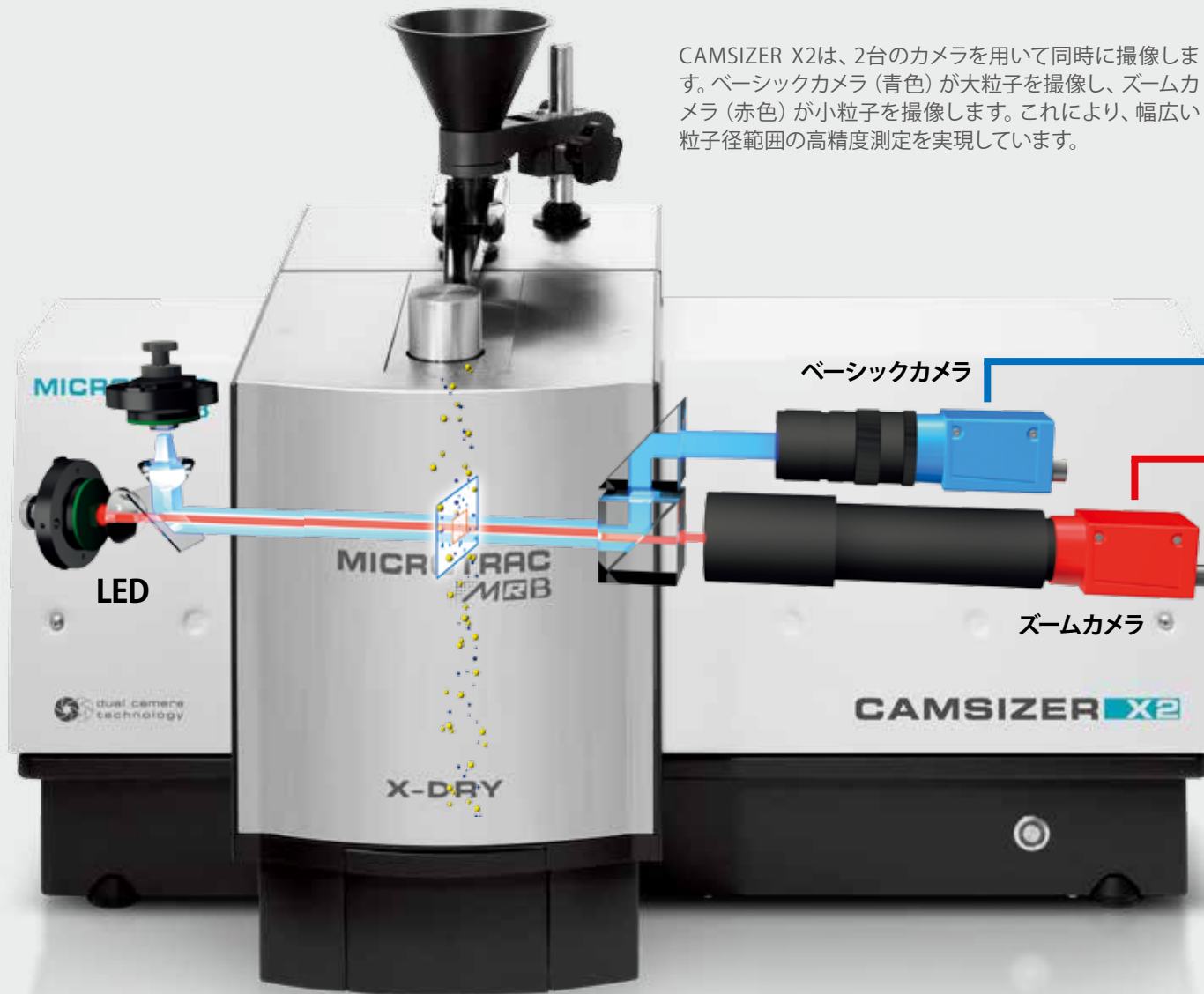
ズームカメラが微粒子を測定、そして、ベーシックカメラが大粒子を測定します。その両者を独自のアルゴリズムにより最適化することで粒子径分布を求め、形状指数の解析を行います。

1台のカメラのみを使用する多くの画像解析装置では、使用するカメラ性能により、幅広い粒子径分布における微粒子を適切に検出できないか、もしくは、撮像視野が狭く大粒子を適切に撮像できません。



# 測定原理

CAMSIZER X2は、2台のカメラを用いて同時に撮像します。ベーシックカメラ（青色）が大粒子を撮像し、ズームカメラ（赤色）が小粒子を撮像します。これにより、幅広い粒子径範囲の高精度測定を実現しています。



# 最大の柔軟性を実現する モジュール式X-Changeシステム

撮像前の試料調整と分散は、測定結果の信頼性を左右する重要な工程です。凝集しやすい微小粒子では適切な分散処理が不可欠であり、壊れやすい粒子はマイルドに分散する必要があります。CAMSizer X2は、試料の特性に応じた3種類の試料供給器(モジュール)を準備しています。

## ▶ 圧縮空気による分散

X-JETモジュールは、ベンチュリーノズルによる空気渦流にて凝集粒子を分散します。0 kPaから460kPaの間で最適な分散圧力を設定することにより、様々な種類の粉体を適切に分散することが可能です。

## ▶ 溶液中の分散

X-FLOWモジュールは、水あるいは有機溶媒を循環させて、その中の粒子をガラスセル越しに撮像します。内蔵超音波バスにより、分散処理を行うことも可能です。

## ▶ 電磁フィーダによる自由落下

X-FALLモジュールは、壊れやすい粒子をマイルドな振動で自由落下させて測定します。試料はトレイで回収されます。







MICROTRAC  
MSB

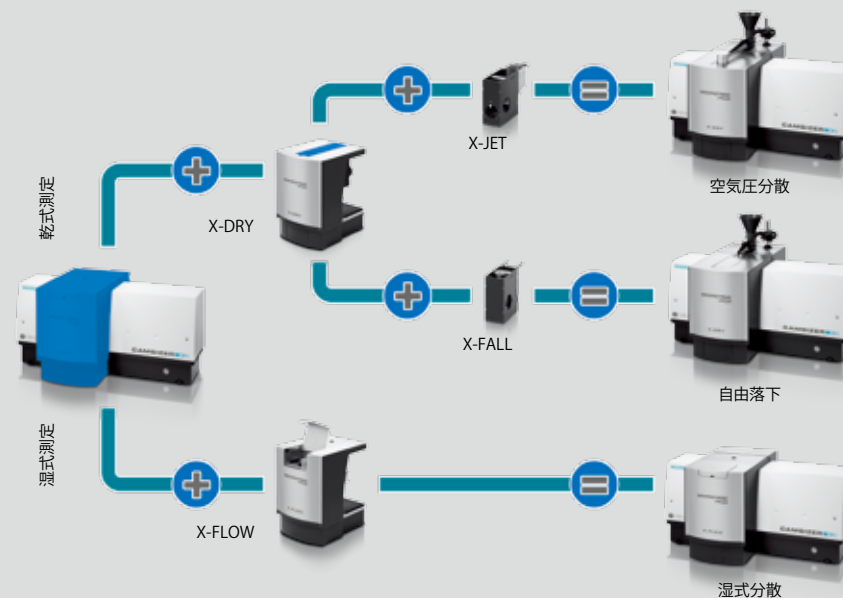
MICROTRAC  
MSB

IZER X2

X-DRY

# 最大の柔軟性を実現する モジュール式设计

CAMSIZER X2の“X-Change”モジュール、及び乾式カートリッジシステムは、測定試料の特性に応じて最適な試料供給器の選択を可能とします。懸濁液の測定にはX-FLOW、流動性の良い乾式大粒子には自由落下のX-FALL、そして、凝集性のある乾式微粒子にはX-JETが適しています。湿式・乾式のモジュール交換、及びX-FALL・X-JETのカートリッジ交換は、非常に簡単に、安全に行なうことができます。

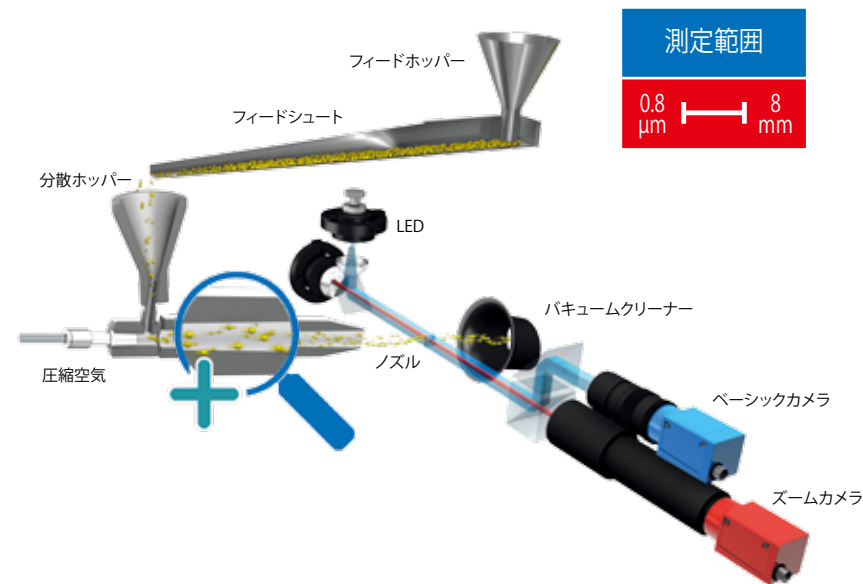


## X-JETによる空気圧分散

乾燥粉体の微粒子は、凝集体を形成する傾向にあります。X-JETは、ベンチュリーノズルによる気流中の剪断力で、凝集粒子を一次粒子に分散させます。空気分散圧力は、その試料特性に応じて変更が可能であり、壊れやすい顆粒を測定する場合は分散圧力を低く設定します。測定後の試料は、バキュームクリーナーで回収されます。

- ▶ 空気分散圧力: 0kPa~460kPa可変
- ▶ 10 $\mu$ m以下の凝集性が強い試料も分散可能
- ▶ 壊れやすい試料は低い分散圧で分散
- ▶ 母集団を代表する大量の試料を迅速に測定
- ▶ 分散力制御のため、ギャップ幅の変更が可能

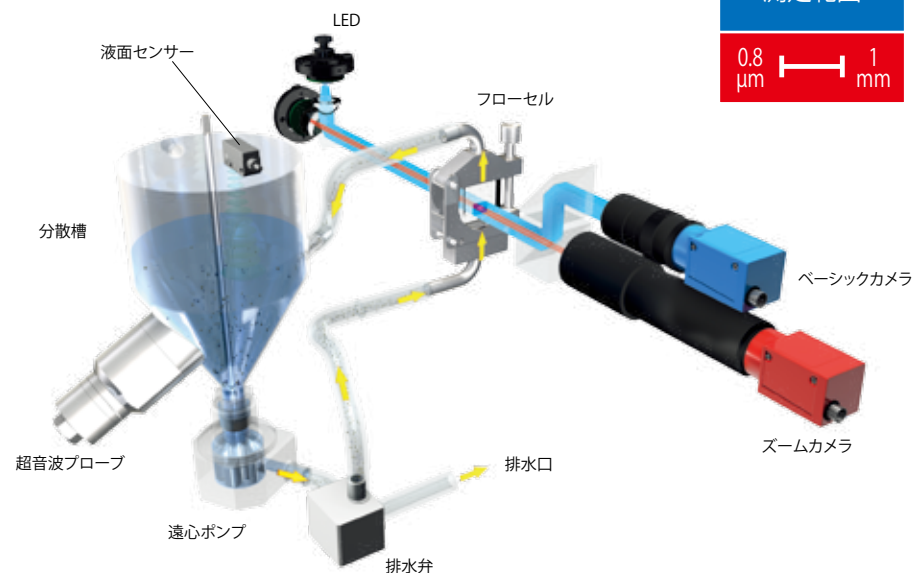
ノズルタイプ	最大粒子径 (球形粒子)	ギャップ幅
S	1.5 mm	2 mm
M(標準)	3 mm	3.8 mm
XXL	8 mm	13.5 mm



# X-FLOWによる湿式測定

湿式モジュールX-FLOWは、懸濁液中の粒子径0.8 $\mu$ mから1mmの粒子を対象とします。粒子は分散槽から遠心ポンプで系内を循環し、フローセル通過時にデュアルカメラで撮像されます。試料分散のため、必要に応じて超音波バスで分散処理を行います。分散溶媒は、水、アルコール、そして非極性有機溶媒にも対応可能です。

- ▶ 懸濁液中の粒子を解析
- ▶ 超音波バスによる分散処理
- ▶ 非極性有機溶媒にも対応
- ▶ 簡単なフローセルの取り外し洗浄

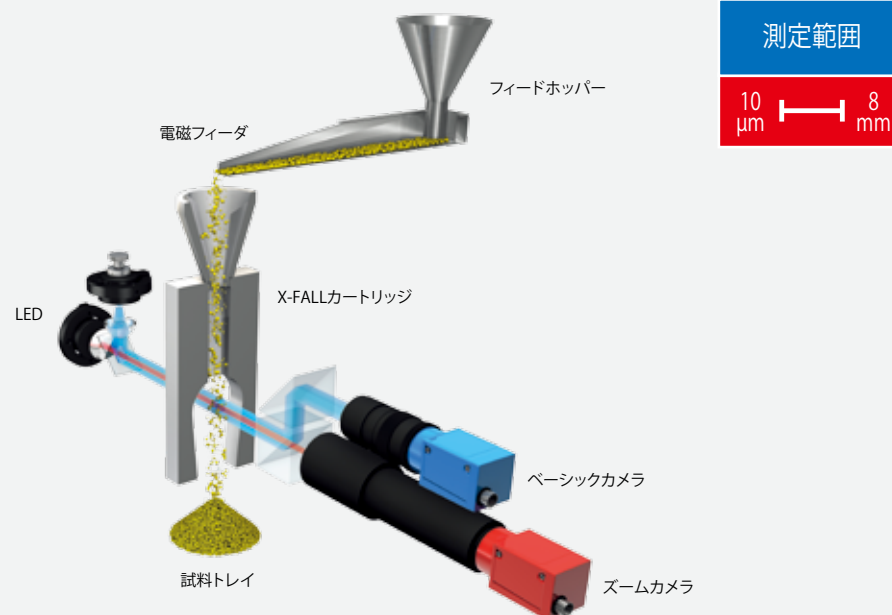


# X-FALLによる自由落下分散

流動性があり、凝集のない大粒子測定には、X-FALLが適しています。電磁フィーダから自由落下する途中を撮像するため、粒子を壊すことなく測定できます。8mmまでの測定が可能であり、特に粗大粒子を高精度で解析することが可能です。測定後の試料は、試料トレイで受けて回収できます。

- ▶ マイルドな非破壊測定
- ▶ 最大8mmまでの大粒子測定
- ▶ 試料の回収

自由落下ノズル	最大粒子径 (球形粒子)	ギャップ幅
M(標準)	5 mm	7 mm
XL	8 mm	14 mm





# 豊富な解析と評価の選択肢

ひと目でわかる測定結果サマリー：動的画像解析は非常に多くの粒子特性を解析しますが、CAMISIZERの解析ソフトウェアは測定した全ての個々粒子における粒子径、形状指数など数十のパラメータを整理して、各種レポート出力することが可能です。一覧表表示、トレンド解析、そしてテキストデータへの一括エクスポートも簡単に行うことができます。

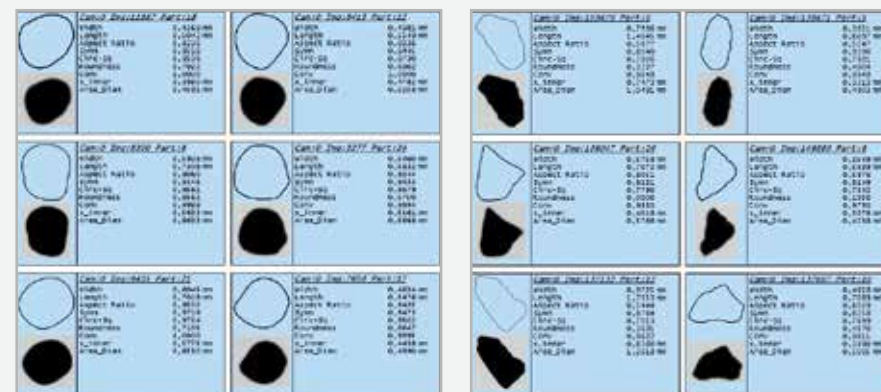
また、CAMISIZERのソフトウェアは、測定結果の自動保存と予め設定した管理基準値に対するモニタリングを行います。SOPはパスワードで保護できるため、意図しない測定条件変更の懸念はありません。何方でも、簡単かつ安全な測定を行うことが可能です。



CAMISIZERソフトウェアのユーザーインターフェイス

# Particle X-Plorerによる詳細な粒子特性評価

革新的なソフトウェアモジュールであるParticle X-Plorerでは、保存された個々粒子の粒子径、または形状指数を解析、そして幾つかの条件を組み合わせた粒子特性の解析を実現しています。この機能により、材料特性評価が格段に進歩し、アプリケーション開発のスピードアップに寄与しています。また、3D散布図やフィルタリング解析により、切り口を変えた様々な評価が可能となります。



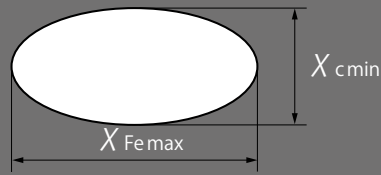
粒が丸い砂の試料

粒が角ばった砂の試料



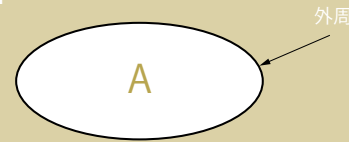
## アスペクト比

$$\frac{X_{cmin}}{X_{Femax}}$$



## 円形度

$$\sqrt{\frac{4 \pi A}{p^2}}$$



# 画像解析だけが粒子形状に関する情報を提供

粒子形状は、密度、流動性、圧縮性、搬送特性、表面状態などのバルク材料の特性に影響を与えます。このため、これらのパラメータは、多くの応用分野で重要な工程および品質管理の指標となります。

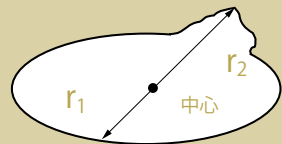
例:

- ・ 研磨剤のとがり度；対称性、凸度、真円度
- ・ 顆粒中の破壊された粒子；アスペクト比、円形度
- ・ ガラスビーズ中の凝集物の検出；アスペクト比、円形度
- ・ 添加剤製造におけるプラスチック粉体または金属粉体粒子の形状解析（流動性と充填密度に直接影響）；円形度、真円度
- ・ 針状結晶の長さや直径；アスペクト比
- ・ 砂粒子の形状解析；建築材料、プロパント、地質調査；円形度、真円度

形状の形状には様々なパラメータが利用されます（左図参照）。幅径/長径（アスペクト比）、円形度（面積/外周比から算出）、対称性、凸度、コンパクト度などがあります。

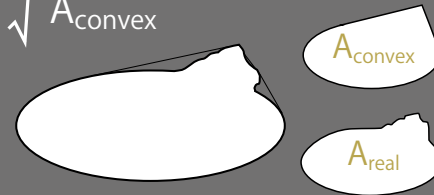
## 対称性

$$\frac{1}{2} \left[ 1 + \min \left( \frac{r_1}{r_2} \right) \right]$$

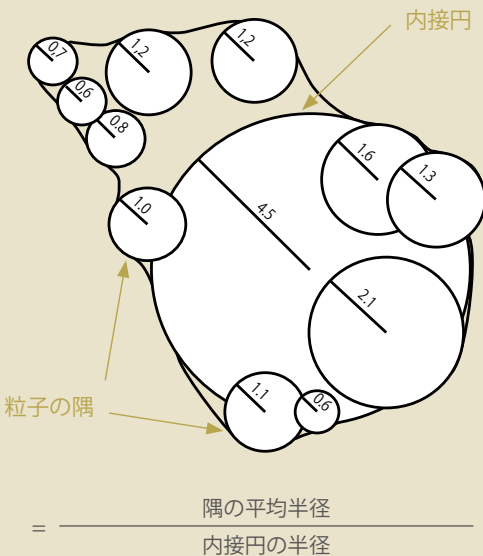


## 凸度

$$\sqrt{\frac{A_{real}}{A_{convex}}}$$

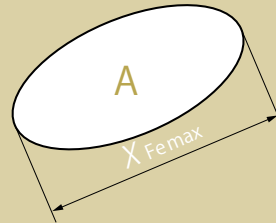


## 真円度

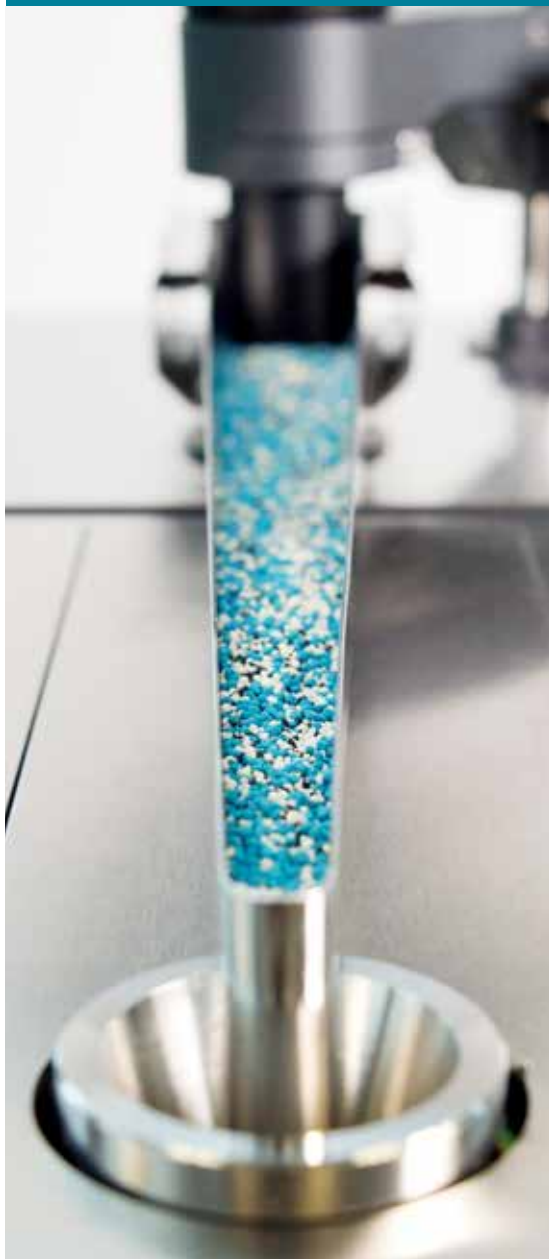


## コンパクト性

$$\frac{\sqrt{\frac{4 A}{\pi}}}{X_{Femax}}$$



$X_{cmin}$  = 幅径  
 $X_{Femax}$  = 長径  
 $A$  = 面積  
 $U$  = 外周

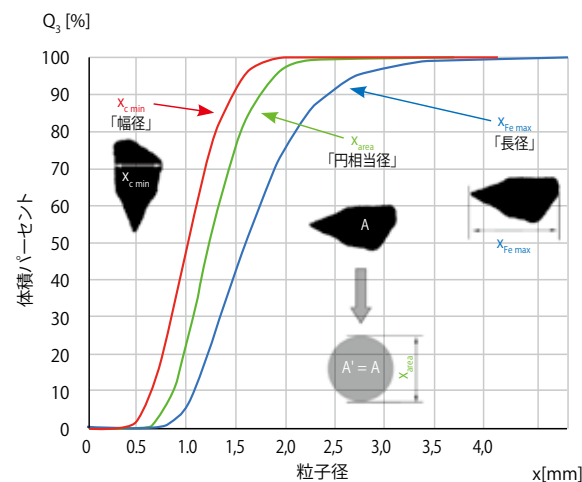


## ふるい分けやレーザー回折・散乱式との比較

粒子が球形であれば、どの方向から解析しても、その粒子径は同じです。しかし、非球形粒子の場合は、測定方向により粒子径は変わります。例えば、ふるい法では、サイズの異なる幾つかのメッシュ目開きで試料を分離しますが、細長い粒子の場合、目開きを通過する粒子は最小投影面積、すなわち粒子幅径で評価されます。また、レーザー回折・散乱式の場合、その粒子径は、同じ体積を持つ球形粒子の直径として評価されます。一度の測定で同時に、様々な方向からの粒子径解析が可能なのは画像解析

だけであり、これにより、原理の異なる測定結果とのデータ比較を行うことができます。

動的画像解析の強みは、一度の測定で粒子幅径、粒子長径、そして円相当径など様々な指標の粒子径分布を得られることです。粒子幅径(赤色の累積カーブ)は、ふるい分けの測定結果と高い相関性があります。



動的画像解析は異なる径の定義を使用することが可能です。

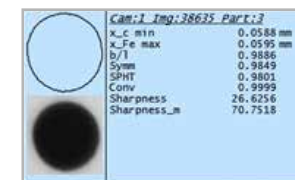
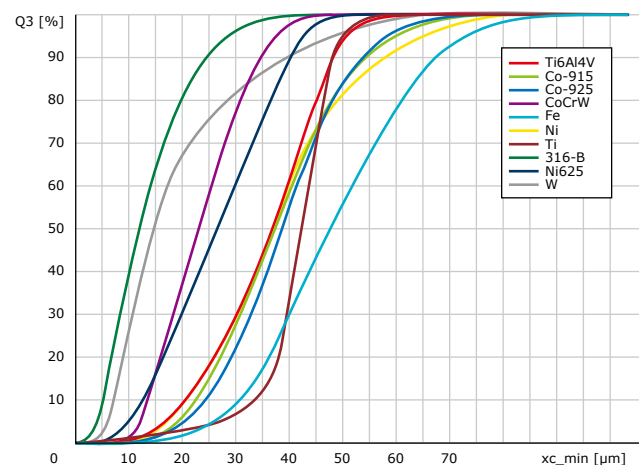
# 目的に応じた最適な測定技術の提案

## 測定技術の比較

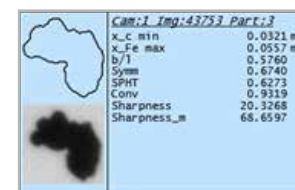
性能	動的画像解析	ふるい分け (RETSCH)	レーザ回折・散乱	静的画像解析
測定範囲	+++	++	+++	-
再現性と繰り返し精度	+++	++	+++	-
分解能	+++	-	++	+++
粒子形状解析	+++	-	-	+++
直接測定技術	+++	+++	-	+++
他の技術との結果の互換性	++	-	+	-
粗大粒子の検出性能	++	+++	-	-
堅牢なハードウェア、簡単な操作	+++	+++	+++	-
個々の粒子解析	++	-	-	+++
測定時間	+++	-	+++	-
測定範囲	0.8 $\mu\text{m}$ ~ 30 mm	10 $\mu\text{m}$ ~ 125 mm	20 nm ~ 2 mm	0.5 $\mu\text{m}$ ~ 1.5 mm

# 粉末冶金

粉末冶金において、金属粒子の特性評価は非常に重要です。金属粒子を用いた3Dプリンタによる製造技術の一つであるレーザー焼結法では、均一な粒子径分布と球形の粒子形状が必要とされます。ここでは、粉末冶金の工程で使用される様々な金属粒子をCAMSIZER X2により測定した結果を示しています。溶融または破壊されて球形ではなくなった粒子を検出し、定量化することが可能です。また、金属射出成型に使用される平均粒子径10 $\mu$ m未満の金属粉についても測定することが可能です。



球状金属粉体  
粒子の画像

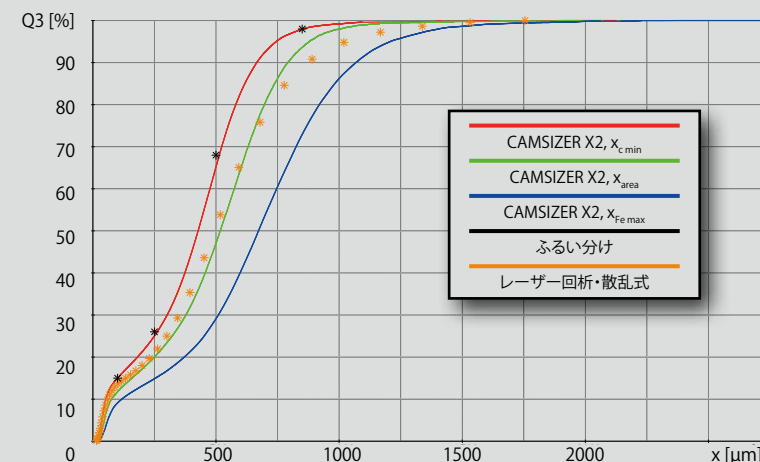


不規則な粒子を確実に検出

# コーヒー粉体

## ふるい分けやレーザー回折・散乱式との比較

コーヒー粉体の粒子径分布は、その抽出特性に大きく影響を与え、その結果、味わいに影響を与えます。コーヒーの淹れ方（フィルター、またはエスプレッソなど）により、最適な粒子径分布は異なります。コーヒー粉体は、数 $\mu$ mの小粒子から1mmを超える大粒子まで幅広い粒子径分布を持ちますが、CAMSIZER X2は信頼性の高い測定結果を提供することが可能です。ここでは、ふるい分けとX2の粒子幅径、そして、レーザー回折・散乱式とX2の面積平均径とが非常に良いデータ一致性がある測定例を示しています。

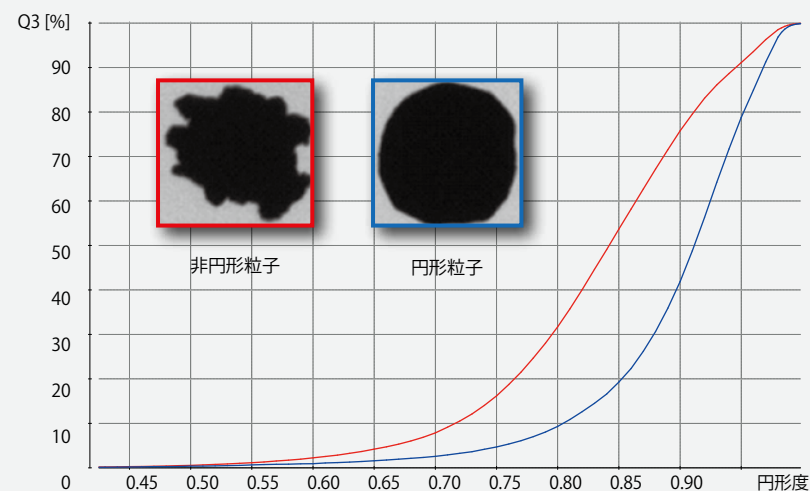




# 医薬品・食品

## 顆粒、有効成分、医薬品添加物の解析

CAMSIZER X2は、多種多様な医薬品の粒子径、及び、粒子形状評価に最適です。様々な種類のペレットや粉体、例えば、微細な結晶粒子、ミクロンオーダーの原薬粉碎粒子、そして医薬品添加物（セルロース、クエン酸など）が、乾式X-FallやX-Jetを用いて測定されています。顆粒の測定例では、粒子径は同等ながら、粒子形状が全く異なる試料の測定例を示しています。



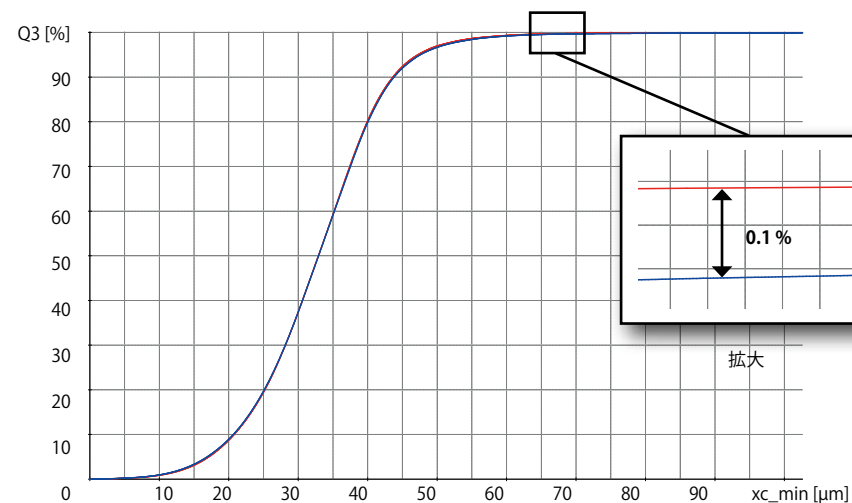
# 鉱物・建築資材

## 粗大粒子の検出

CAMSIZER X2は、様々な鉱物やセラミックス材料の測定に適しています。高い処理能力、高精度、わずかな変動も逃さない高感度な検出能力により、品質管理においても、その実力を発揮します。

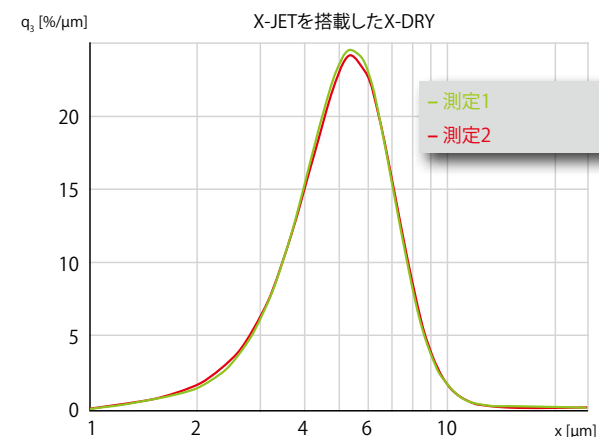
多くの産業分野において、極少量の粗大粒子を検出することは大変重要です。ここでは、100 $\mu$ m未満の粒子からなる石膏試料に、数個の粗大粒子 (0.1wt%) を混合した試料の測定結果を示しています。

CAMSIZER X2により、粗大粒子は確実に検出することが可能です。



# 微粒子の乾式測定

X-JETカートリッジは、微粉体の正確で再現性の高い測定に最適です。ここでは、1~12 $\mu\text{m}$ に粒子径分布を持つ炭化ケイ素SiCの測定例を示しています。測定1、2の繰り返し再現性もよい結果となっています。深い被写体深度、パルスLED光源、そして、短い露光時間により、非常に速いスピードで噴射される粒子を確実に撮像することを可能としています。炭化ケイ素SiCを研磨剤として利用する場合、その粒子径分布が研磨能力と研磨対象物の表面滑らかさを決定します。



## アクセサリとオプション

用途に応じた最適な構成

Microtrac MRBは、オプションで様々なホッパーやシュート①をご用意しています。X-JETの分散ノズル②は、試料の性状に応じて様々な開口径から選択可能です。CAMSIZER X2の校正は、高精度のレチクル③により1分間程度で実施できます。顆粒やバルク材など試料に応じて、様々な試料縮分機④を準備しています。



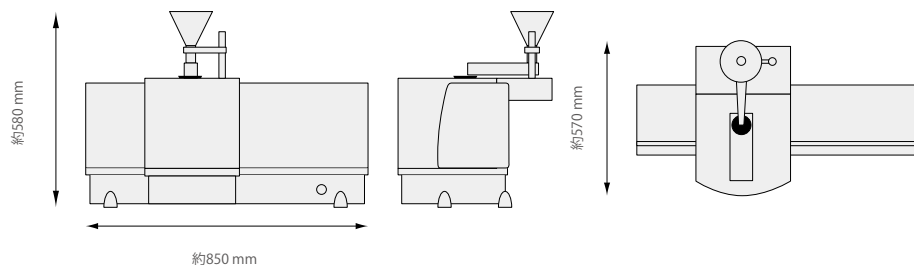
# CAMSIZER X2の概要

## 技術データ

### CAMSIZER X2

測定範囲	「X-FALL」を搭載した「X-Dry」モジュール	10 $\mu\text{m}$ ~ 8 mm
	「X-JET」を搭載した「X-Dry」モジュール	0.8 $\mu\text{m}$ ~ 8 mm
	「X-FLOW」モジュール	0.8 $\mu\text{m}$ ~ 1 mm
測定原理	動的画像解析法 (ISO 13322-2)	
測定時間	約1~3分 (試料による)	
カメラの台数	2	
試料の量	20 mg~500 g未満 (試料による)	
測定速度	300枚/秒	
検出解析領域	約20 x 20 mm	
分解能	0.8 $\mu\text{m}$ /1ピクセル	
測定パラメータ	粒子径	幅径、長径、面積平均径など
	粒子形状	アスペクト比 (幅径/長径)、対称性、円形度、凸度など (ISO 9276-6)
装置データ	寸法 (H x W x D)	約580 x 850 x 570 mm
	重量 (PCを除く)	約50kg
	圧縮空気の供給	約6バール
	圧縮空気の消費	約25~140 l/分 (選択した分散圧力によります)

CAMSIZER X2はCE認証を取得しており、関連の法規制や規格に準拠しています。



### CAMSIZER P4

CAMSIZER P4は、流動性の良い乾式バルク材を測定するのに最適です。X2同様にデュアルカメラテクノロジーを採用しています。X-FALL同様に自由落下する粒子を撮像し、測定範囲は20 $\mu\text{m}$ ~30mmです。測定時間が長く、ハンドリングやメンテナンスも手間が掛かるふるい法の代替装置として最適です。堅牢なハードウェア、使いやすいソフトウェア、そして最小限のメンテナンスにて、高い処理能力を発揮します。更にCAMSIZER P4では、オプションでオートサンプラーを搭載することが可能です。

さらに詳細の情報については、以下を参照してください。  
[www.microtrac.com/camsizerP4](http://www.microtrac.com/camsizerP4)



**MICROTRAC**  
**MRB**  
PARTICLE CHARACTERIZATION

**マイクロトラック・レツェ社**

Retsch-Allee 1-5 · 42781 Haan · Germany  
電話番号: +49 2104 2333-300 · メールアドレス: info@microtrac.com

**マイクロトラック社**

215 Keystone Drive · PA-18936 Montgomeryville · USA  
電話番号: 1-888-643-5880 · メールアドレス: marketing@microtrac.com

**マイクロトラック・ベル株式会社**

〒559-0031 大阪市住之江区南港東8丁目2番52号  
電話番号: 06-6655-0360 · メールアドレス: info@microtrac-bel.com

part of **VERDER**  
scientific

[www.microtrac.com](http://www.microtrac.com)