

## 今月の新技術④

A New technology of this month

# 粉体リテラシーの 向上による生産性向上 ～粉体特性の統計解析～

ホソカワミクロン株式会社  
粉体工学研究所 測定分析センター

高橋 達也

ホソカワミクロン株式会社  
粉体工学研究所 測定分析センター

センター長 笹辺 修司

### 1. はじめに

世界中にあるほとんどの工業製品は粉体が基となることから、取り扱う粉体の特性を把握することは常に重要視されている。中でも流動性・噴流性は粉体の取扱方法に直結する重要な特性である。主にこれらの粉体特性は、人間の感覚と合致しやすいとされる「Carrの流動性指数・噴流性指数(1965年<sup>1)</sup>)」の基で評価される。粉体特性評価装置パウダテスタ(写真1参照)はCarrの指数を得るために開発され、約半世紀にわたってより高い精度、再現性を求めて改良化されている。

本装置を含めた各測定装置は、技術の発展に伴ってより高度化されているが、測定結果にはばらつきを伴うのが常であり、特に粉体はこれが大きく現れる傾向にある。よって、分析評価の精度向上・発展を目指すには、装置だけでなく、測定データの取扱方法の高度化が課題となる。

本課題に対しては、データを詳細に分析する「統計解析」を用いた手法が最適であると考えられる。しかしながら統計解析を用いた解析手法は、品質管理などを除くと一般的とは言えず、独自で使用するには高度な勉強が必要となる。そこで今回我々は、敷居が高いとされる統計解析手法を一般化すべく、粉体特性評価装置パウダ



写真1 粉体特性評価装置パウダテスタ (PT-X)

テストを対象に、初心者でも分かりやすく、簡易操作が可能な統計解析ソフト(図1参照)を開発した。

開発した統計解析ソフトの効果としては、「データ比較分析の簡易化」、「データ間の差異の客観的判定」、「相関性の分析」などがある。本稿では、その統計的解析手法の有効性について紹介する。

## 2. 解析手法

無機物、食品物など、約20種類の様々な測定粉体に対して、パウダテスト(Carrの指数表)による測定を行い、開発した統計解析ソフトを使用することで、その有効性について評価した。

本統計解析ソフトの機能の1つである「データ間の差異の客観的判定」には、t検定(Welchのt検定)を適用している。t検定とは、2サンプル間に差異が

ないという前提の下で解析を行い、前提が崩れた場合に差異があると判定する基本的な統計的手法となる。本手法では、2種類以上の測定サンプルに差異があるかをデータのばらつきを含めて客観的に評価することが可能である。具体的には、2サンプルの測定データを用いて、p値と呼ばれる検定量を算出し、得られたp値が一般的な指標とされる0.05(有意水準)以下であれば統計的に差異があると判定する。また、「相関性の分析」では複数の測定データから相関係数という数値を算出することで、測定項目間の関係性を定量的に評価する機能である。具体的には、2種類の因子(パウダテストの測定項目など)の相関係数が1または-1に近いほど、その関係性が正または負の方向に高くなり、0に近いほど、関係性は低いということが示される。

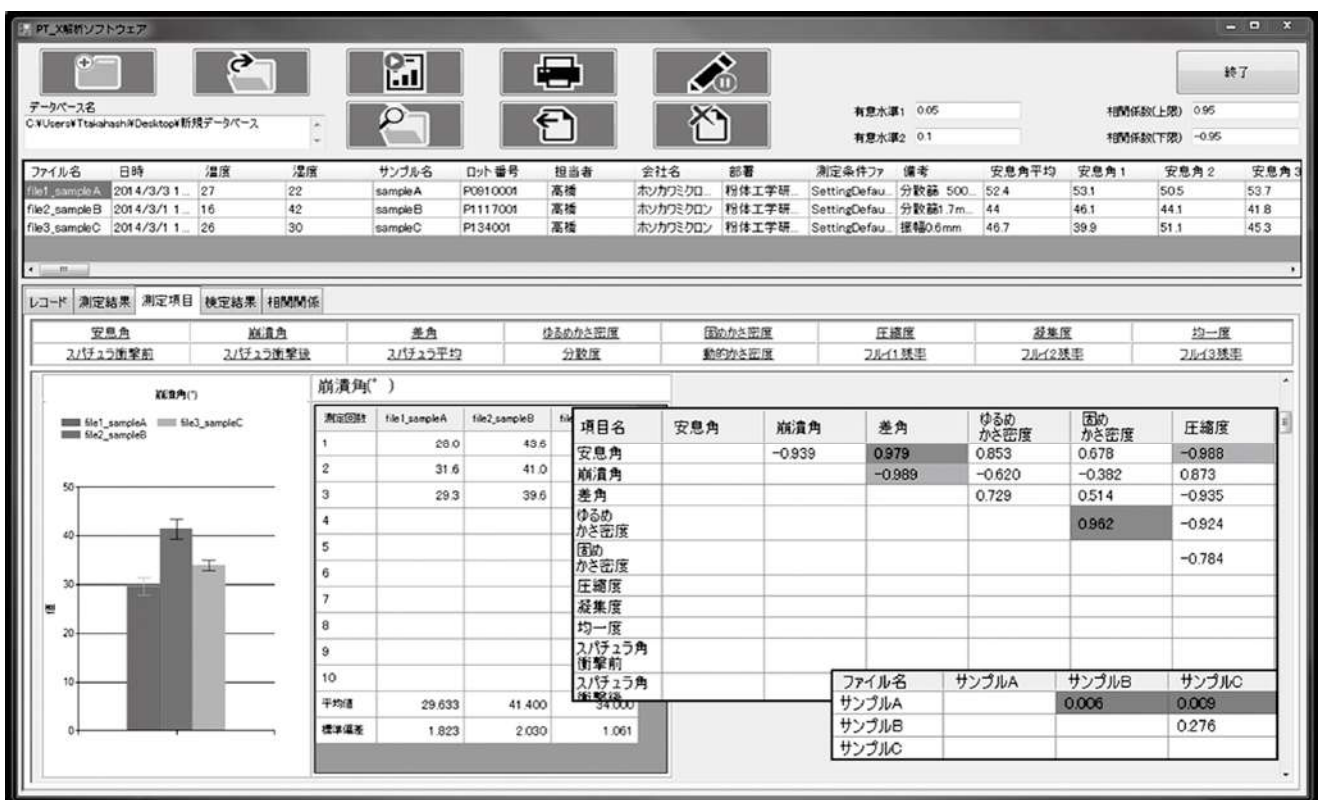


図1 統計解析ソフト(画面例)

### 3. 解析結果

統計的解析手法の有効性の評価として、t検定の解析結果を表1に示す。いずれも2種類の無機系粉体と食品系粉体の測定データを用いた。無機系粉体では、計算により得られたp値が有意水準(0.05)よりも大きく、サンプルA、B間の測定データは「検定結果から差異が認められなかった」と判断できる。一方、食品系粉体はサンプルA、Bで測定データが等しいように見えるが、得られたp値が有意水準(0.05)よりも小さいことから、「検定結果から、実際には差異が認められる」と判断可能である。本解析により、これまで単純に測定値を見るだけでは分からなかった、ばらつきを考慮した差異の客観的な判定が可能である。つまり本手法は、「生産管理などで、製品のロットが変更された場合、得られた製品の粉体特性に違いが生じていないか客観的に判断したい」、「測定結果ではほとんど違いが見られないが、製品時に違いが生じる場合、各職人の感覚で

違いが確認される場合の定量的判断をしたい」といった要望に対して非常に有効である。

次に、同測定結果から相関係数を計算したものを表2に示す。いずれも安息角との関係性(相関係数)を計算したものであり、値の正負及び数値の大きさに着目した。無機系粉体では圧縮度との相関係数が-1に近い値を、食品系粉体では+1に近い値を取ることから、粉の種類によって大きく異なる相関関係が存在することが分かる。また本解析結果から、無機系粉体では、圧縮度を上昇させたい場合は安息角を低下させるような粉体処理を行うことが有効である可能性を示唆している。このことから、粉体は各特性が複雑に絡み合い、想像にない特性間の関係が存在しており、本解析は、これまでにない高機能粉体の製造につながると考える。つまり本解析は、「目的とする優れた粉体特性の粉をつくりたい場合に、粉体特性間の関係性から、効果の高い粉体処理方法を検討する」といった用途などに適している。

表1 t検定結果(スパチュラ角)

測定サンプル		平均値(度)	標準偏差	p値
無機系粉体	A	62.73	0.21	0.335
	B	64.17	1.97	
食品系粉体	A	55.47	0.38	0.046
	B	54.67	0.25	→差異あり

表2 安息角との相関係数の比較

	ゆるめ かさ密度	固め かさ密度	圧縮度	凝集度
無機系粉体	-0.072	-0.457	<b>-0.909</b>	-0.88
食品系粉体	<b>-0.937</b>	-0.669	<b>0.948</b>	<b>-0.984</b>

## 4. まとめ

本稿では、粉体特性の評価において統計的解析手法が有効であることについて紹介した。なお、紹介した統計的解析手法は非常に基礎的なものであり、かつ簡易である。よって、本統計解析ソフトを用いずとも、すでに市販されている統計解析ソフトやExcelなど（ただし、数時間を要する）でも同じ解析を行うことができる。しかしながら、専門的な知識を必要とすることが、粉体業界における統計的解析手法の一般化への障壁になっていると考えた。このことから、本ソフトはデータの編集なども必要なく、パウダテストの測定結果をそのまま読み込み、誰でも分かりやすく結果を評価できる仕様とした。また、今後更なる解析手法を導入し、より高度なものとする所存である。

本稿で一部紹介した統計解析による手法は、今後の当社が向かう方向性を示している。技術の発展により収集可能なデータの種類・精度・量が向上している中、収集した大量のデータを利用する＝解析することが必然となるが、そこに主観や勘は極力排除されるべきである。当社は先駆けて、ICTなどによるビッグデータをベースに客観的な判断が行える統計解析技術を粉体業界で展開し、各産業界での開発の一助になれば幸いである。

〈参考文献〉

1) 「Chemical Engineering」 January 18, 1965