

マイナーチェンジしたパウダテスタ 「PT-X 型」の技術的特徴

Technical Note of a minor changed Powder Tester “PT-X”

北村 智浩¹, 笹辺 修司²

Tomohiro KITAMURA¹, Shuji SASABE²

¹ ホソカワミクロン株式会社 粉体工学研究所

² 同 室長

¹ Powder Technology Research Institute, Hosokawa Micron Corporation, JAPAN

² Manager, Powder Technology Research Institute, Hosokawa Micron Corporation, JAPAN

抄 録

本年、粉体特性評価装置パウダテスタ「PT-X 型」の機械的構造・操作方法など、30 点以上におよぶ改善・改良を行った。本報では、粉体特性評価時の測定条件が測定結果に与える影響と装置の技術的な特徴について紹介する。様々なデータを元に開発したパウダテスタが、引き続き様々な分野での研究開発や品質管理、プロセス設計にお役に立てれば幸いである。

ABSTRACT

We have developed a minor changed Powder Characteristics Tester “PT-X” which is upgraded to improve the mechanical figure and operational methods considered with many kinds of data. This report introduces that the how the measurement parameter effect the measurement result and the technical features of “PT-X”. We are continuing to produce the Powder Tester for each sector of R&D, quality control and process design.

1 はじめに

粉体を取り扱う分野では、製造プロセスの計画・最適化、製品の品質管理の標準化、新製品開発などにおいて、粉体の物性を定量的に評価することが重要となる。

当社の粉体特性測定装置「ホソカワ／ミクロンパウダテスタ」は、1965 年に Chem. Eng. 誌に掲載された R.L. Carr 氏の論文（Carr R.L., 1965¹⁾）に基づき、粉体の流動性・噴流性を 10 種の測定項目から数値化する装置である。1969 年に初代「PT-A 型」

が発売されて以来、40 年以上にわたって進化を遂げ、今日までに世界中で 4,000 台以上の納入実績を誇っている。そして、今年、現モデルの「PT-X 型」²⁻⁸⁾の機械的構造・操作方法を改善・改良によるマイナーチェンジを行った。本報では、マイナーチェンジを施した「PT-X 型」の技術的特徴と、測定条件が測定結果に与える影響をマイナーチェンジの内容と併せて紹介する。

2 パウダテストの概要

パウダテストは粉体の「流動性」「噴流性」を数値として評価する。例えば、図1に示すように粒子径の異なる3種類のJIS試験用粉体2 白色熔融アルミナ（以下、アルミナ粉）の流動性をパウダテストで測定すると「流動性指数（Flowability Index）」として定量的な物性値を得ることができる。

このような流動性と噴流性を評価するパウダテストの測定項目は次の通りである。

・Carrの測定項目：

安息角，圧縮度，スパチュラ角，崩潰角，差角，凝集度，分散度，ゆるめかさ密度，固めかさ密度，均一度

また、PT-X型は「流動性」「噴流性」の評価だけでなく、オプションとして以下の測定が可能である。

・平衡点検索：

金属容器に粉体を充填した後、タッピング（圧密操作）を行い固めかさ密度を測定する。タッピング操作は繰り返し行い、前回のタッピング後の固めかさ密度との差が設定範囲内に収まった値を平衡に達したとみなす。




Class	Look and Feel	Powder Tester Flowability Index
No.1		24.0
No.4		43.5
No.6		75.0

図1 アルミナ粉の流動性
Fig. 1 The Flowability Index of alumina powder

・簡易粒子径分布測定：

JISに準拠した乾式篩分け試験により、篩分け後の篩に残った粉体質量を天秤から取り込みD10, 50, 60, 90を算出。

・タップ密度測定：

ガラス製メスシリンダを用いたタップ密度の自動測定。USP規格，日本薬局方，米国試験材料協会（ASTM），川北式評価法に準拠した測定が可能。

・流動度測定：

JIS Z2502「金属粉-流動度測定方法」に準拠した粉体の流動度測定。一定質量の粉体をロートから排出し、全て排出するまでにかかった時間を測定する。流出した質量と時間の関係を「流動度」として評価する方法。排出時間は、ロートの下部にLEDと受光センサを設置し、流れ出る粉体によってLED光が遮断された時間を計測する。

3 PT-Xの特徴

粉体特性の測定は、測定条件や測定環境によって得られるデータが異なる。そこで、ここでは注意が必要な測定条件をクローズアップし、測定条件が測定結果に与える影響とマイナーチェンジした「PT-X型」の技術的特徴について紹介する。

3.1 技術的特徴

以下は、測定条件の違いにより測定値が変化する例と、パウダテストでの測定条件の管理方法である。

1) ロート径の影響

パウダテストの安息角は注入法を採用し、測定にはロートを用いる。このロート径は、粉体の粒子径や流動性に合わせて数種類（内径5, 7, 25 mm）をラインアップしている。しかし、そのロート径によって安息角が異なるため注意が必要である。例えば、図2, 3に異なるロート径を用いてアルミナ粉の安息角を形成した結果を示す。ロート径が大きいほど

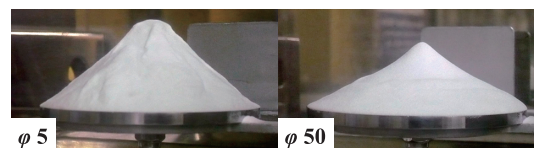


図2 異なるロート径による安息角
Fig. 2 Different angles of repose by different funnel diameter

テクニカルノート

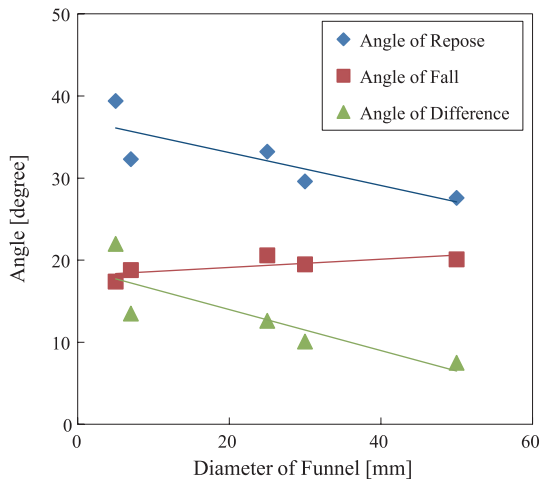


図3 ロート径による角度特性の違い
Fig. 3 Difference of angles by different funnel diameter

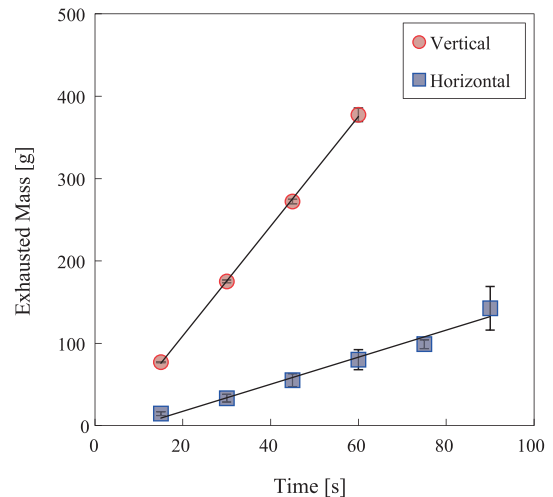


図4 振動方向と排出速度の関係
Fig. 4 Effect of Exhausted mass on vibration direction

安息角が小さくなり、付随して差角（安息角と崩潰角の差分）も小さくなるのがわかる。

このように、粉体測定では測定条件を同等にすることが重要であることから、ロート径以外に、粉体供給時の分散用篩の目開き、被測定物の粒子径などの測定条件を測定データと共に記録できるようになっている。

2) 振動の方向

振動作用を受けた篩からの粉体の供給は、振幅と振動波形が同じ場合、振動の方向に影響を受ける。

図4に鉛直方向・水平方向の振動によるアルミナ粉の排出能力の違いを示す。水平方向に比べ鉛直方向の排出能力が高い（時間当たりの排出量が多い）ことがわかる。また、パウダテストの各種測定結果も図5に示すように、振動方向によって異なる。

パウダテストでは、一貫して鉛直方向の振動を採用してきたため、装置構造の互換性は確保している。

3) 振幅

振幅と波形も測定結果に大きな影響を与える。そのため、販売当初から振動機構を工夫し正弦波の振動を維持している。「PT-X型」からは振幅の制御を自動化し、更にマイナーチェンジでは自動制御範囲外であった0.3~0.5 mmの微振幅範囲も新たなオプション機能として自動制御を実現している。そのため、自動制御が可能な振幅は0.3~3.0 mmとなった（0.3 mm未満は手動で振幅を調整する）。微振動域の制御が可能になったため、流動性・噴流性が非常に高い粉体においても粉体特性評価が可能になっ

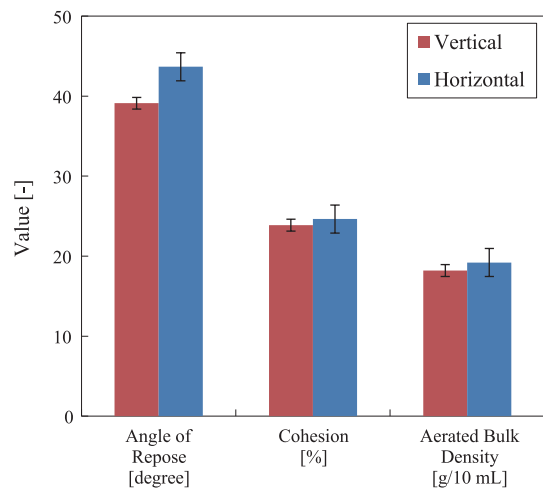


図5 振動方向とパウダテストの測定値との関係
Fig. 5 Relationship between vibration direction and measured values by Powder Tester

た。例えば、噴流性の高いトナーの安息角測定では、図6に示すように0.5 mmの供給振幅ではフラッシングが生じ安息角の形成が困難であった。ところが、0.3 mmの供給振幅では安定したサンプルの供給速度により、再現ある粉体層が形成され、安定した測定を可能としている。

4) 角度測定

カメラを用いた自動角度測定は、非接触かつ短時間の測定が可能であるが、周囲の光の影響を受けやすい。この影響を抑制するため、PT-X型からの角度測定は図7に示すように青色のバックライトとバンドパスフィルタを用い、外光の影響を排除している。この方法を用いることにより、JIS Z9110工場

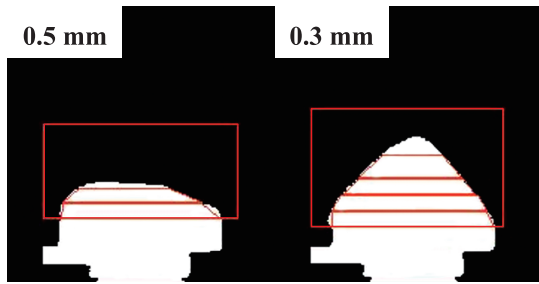


図6 振幅の影響
Fig. 6 Effect of vibration amplitude on formation of sedimented powder

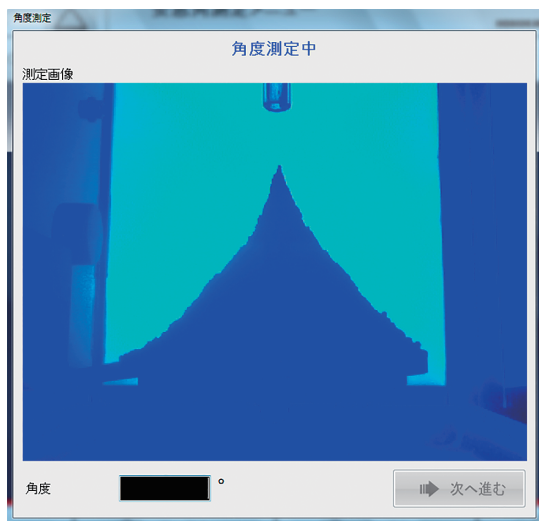


図7 角度測定
Fig. 7 The angle measurement

の照度基準である 3,000 lx の明るい環境下においても安定した角度測定を可能としている。

また、撮影後のデータ処理の方法によっても測定値が異なる。例えば、図8に示すように粉体層の斜面が直線でない時、図8の右図のように角度測定範囲を50%に減らすことで、直線性のある斜面の角度測定が可能になる。「PT-X型」は幅広い粉体層に対応した角度測定が可能である。

5) タッピングの安定性

パウダテストの固めかさ密度測定では、粉体層の圧縮にタッピング装置を用いる。本装置は、測定の安定性を向上させるため、タッピング装置にも工夫を加えている。

図9にタッピングストロークを18mmに設定した時のかさ密度計測用カップの変位を示す。一般的なカム方式の場合、カップ変位は図9左側(No handling)となり、カップ上昇時に働く慣性力によ

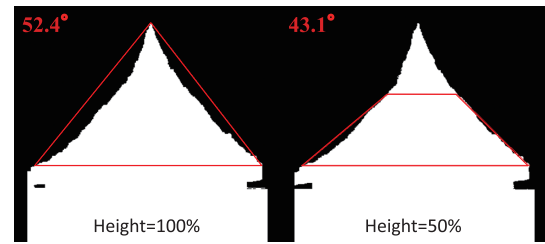


図8 カメラ測定条件の違い
Fig. 8 The effect of difference of camera parameters

り実際のタッピング高さは設定値より高く、また落下時に跳ね返りが生じる。この現象により、タッピング高さを設定しているにも関わらず、プラスαの高さが加わり、かさ密度測定値に影響を与える。このプラスαは条件によって複雑に変化し、測定条件の均一化を困難にする。そこでPT-X型からは、パーツ構造を工夫し図9中央(Cam Improved)のように落下時の跳ね返りを抑制し、更にタッピング機構をステップモータに変更することで図9右図(Step Motor)のような設定値通りのタッピングを行えるようにした。この機構により従来以上に安定した計測結果を得ることを可能としている。

6) 温湿度値の管理

粉体特性の評価において、測定環境の温湿度は測定値に大きな影響を与えるファクターの1つである。例えば、アルミナ粉を相対湿度36%と68%の2種類の環境下にて測定した場合、図10に示すようにスパチュラ角と崩潰角に測定値の差異が生じる。そのため、パウダテストでは測定時の温湿度の記録を推奨している。

マイナーチェンジでは、オプションにて温湿度セ

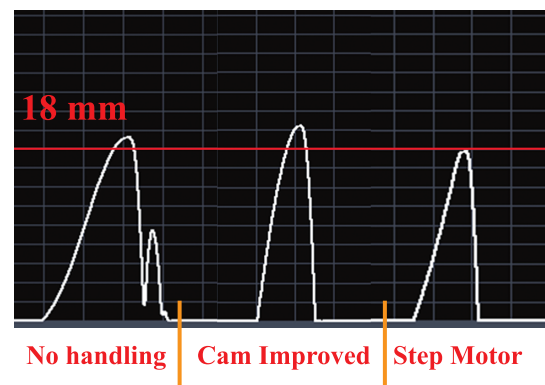


図9 タッピング方法とカップ位置による変化
Fig. 9 The effect of the tapping methods and cup position

テクニカルノート

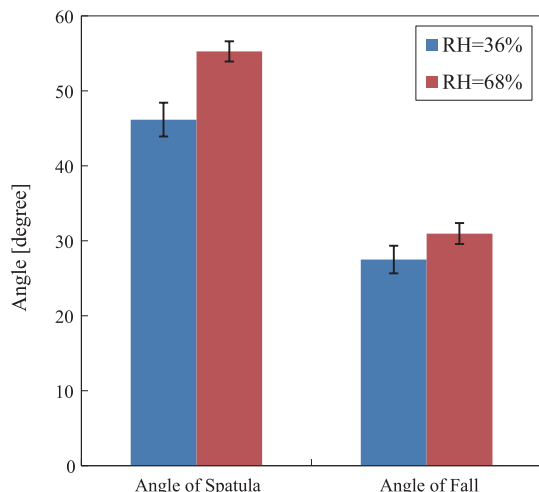


図 10 測定値に関する湿度の影響

Fig. 10 The effect of humidity on measurement values

ンサを用意し、自動で測定環境の温湿度記録が可能となっている。

3.2 その他の改良内容

上記以外にマイナーチェンジでは以下の機能を追加している。

- 操作用 PC の OS は、Windows 10 に対応。
- 標準付属品のガラス部品を廃止し、ガラスの破損による怪我の危険性を排除。
- 少量測定オプションを追加。標準部品に比べ約 70% のサンプル使用量の削減が可能。
- 付属品、ソフトウェアを改良し測定精度・操作

性を向上。

- 測定中の測定条件の変更を可能にし、操作性を大幅に向上。
- 動的かさ密度の自動算出機能を追加。
- 測定値の標準偏差の表示追加。測定値のばらつき判断が即時可能。

その他、PT-X 型から継続してアプリケーションプログラムは、日・英・独・中・韓の 5ヶ国語表示対応である。(オプション)

4 おわりに

40 年以上に亘って、お客様の支援をいただきながら進化を遂げてきた。

前モデル PT-X は抜本的な改良により、ほぼ完成型の域に達したとお客様からご好評をいただいている。しかしながら、パウダテスタは様々な分野で大変多くのお客様に頻度高くご利用いただいていることから、若干の不都合や改良のご要望をいただくこともある。

そこで、創業 100 周年の本年に、お客様の声に最大限お応えする形で、今まで蓄積してきた様々なデータを反映しながら、そして今後の潮流である IoT を意識したマイナーチェンジを実施した。

今後も実質的な粉体特性評価の標準装置として、様々な分野での研究開発や品質管理、プロセス設計などに少しでもお役に立てれば幸いである。

References

- 1) Carr R.L., Evaluating Flow Properties of Solids, Chemical Engineering, 72 (1965) 163-168.
- 2) 小波 盛佳, 松本 幹治, 粉体・ナノ粒子の創製と製造・処理技術, 第 5 節 粉体物性データ集, pp. 809-818, (株) テクノシステム, 東京 (2014) .
- 3) 笹辺 修司, 粉体特性評価装置とその適用例, 化学装置, 55, No. 5 (2013) 25-30.
- 4) 笹辺 修司, 辻 圭師, 電池材料評価に期待される粉体測定機器の紹介, 粉砕, 57 (2014) 22-26.
- 5) 笹辺 修司, セラミックス粉体の造粒操作と評価技術, セラミックス, 51, No. 6 (2016) 358-360.
- 6) 清水 健司, ~粉体特性測定の世界的标准 ~ホソカワ/ミクロンパウダテスタ最新型, 産業機械, 10 (2011) 53-55.
- 7) ホソカワミクロン (株) 編: ホソカワ製品バンドブック, “パウダテスタ® PT-X 粉体特性評価装置”, pp. 382-383, 凸版印刷 (株), 大阪 (2013).
- 8) ホソカワミクロン (株) 発行, 粉体特性評価装置 新型パウダテスタ PT-X の紹介, 粉砕, 55 (2012) 84-86.