

円錐体の水平面内偏心運動を利用した連続定量型粉体フィーダの開発

○濱畑貴之¹, 岡部匡²

宮崎大学工学部教育研究支援技術センター¹, 宮崎大学工学部機械設計システム工学科²

1. はじめに

粉体供給装置（粉体フィーダ）は、粉体貯槽設備（ホッパー）内の粉体を排出させ、後段のプロセスへ供給する装置である。粉体フィーダには、粉体供給量の定量性が良好なこと（定量性）、粉体供給量の調節が容易なこと（制御性）、運転・保守が容易なこと（管理・操作性）、消費動力が少なく、設備費が安価なこと（経済性）が要求される。さらには、広い範囲の粉体物性に対応できること、供給量のリアルタイムでの測定ができることなども求められる。現在、各種産業の製造工程などでは様々な粉体が扱われており、それら粉体のハンドリングプロセスによって、多種多様な粉体フィーダが利用されている。本研究では、前述した粉体フィーダに対する定量性、制御性、操作性の要求事項を満足する新たな粉体供給装置を開発することを目的とする。本研究で提案する粉体フィーダは、ホッパー下部に設置した円錐状の形状をした物体の偏心円運動により、ホッパー内の粉体を連続的に、かつ定量的に供給するものである。本報告では、本フィーダの概要と静電容量型粉体流量計を用いての粉体排出量の定量性の検証実験結果を示す。

2. 粉体フィーダの構造

本研究で開発した粉体フィーダの全体を図1、粉体供給部を図2に示す。本粉体フィーダでは、公転円運動を行う円錐状の物体（以後、円錐体と呼ぶ）をホッパー下部に配置している（図2）。円錐体は、円錐体の中心軸とホッパーの中心軸に対し3mm偏心するように配置され、水平面内で公転円運動を行う。円錐体の公転運動は平行クランク機構を利用して実現した。円錐体の公転円運動により、円錐体の表面とホッパーの内壁との隙間 δ が変化し、隙間が最も小さくなった位置で、ホッパー内の粉体は掻き出されるようにして連続的に排出される。

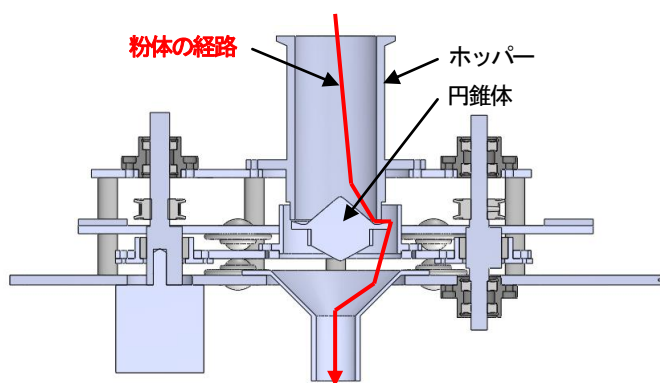


図1 粉体フィーダ全体図

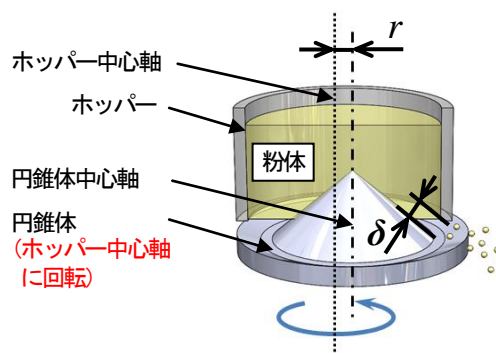


図2 粉体排出部

3. 粉体供給量の確認実験

粉体排出量の定量性を確認するために、本粉体フィーダから排出される粉体の質量を計測した。本実験では、脱脂粉乳を使用した。この脱脂粉乳のかさ密度は 562.7kg/m^3 、安息角は 33.5° であり、流動性の良い粉体である。本研究では、ホッパーから連続的に供給される粉体質量を計測するために、静電容量式粉体流量計（インステック社製CS-110）を使用した。

粉体が粉体流量計を通過したときの出力電圧を図3に示した。図3の色付きの部分の面積 S が通過した粉体の質量である。この方法で実際に粉体流量計を通過した粉体質量（あらかじめ、電子天秤で測った既知の質量）と粉体流量計が出力電圧と時間から求めた面積 S （流量計の値から算出した面積）の関係を図に示した。図4の実線は最小二乗法により求めた回帰直線である。この結果より、流量計を通過した質量と流量計から求められる面積には、線形関係が確認でき、この面積を計算することにより、流量計を通過した粉体質量を求めることができる。以後に示す粉体質量の値は、

この面積により求めたものである。

次に、粉体フィーダの駆動モーターの回転数を 50rpm にした場合の粉体流量計の出力電圧を図 5 に示す。粉体が流量計を通過しない場合でも流量計のセンサー管等にも静電容量を持つため、粉体が通過しない場合の値が若干変化する。このため、図 5 の縦軸の電圧 U は、粉体が通過していない場合の電圧 U_1 、粉体フィーダを駆動させ流量計を通過した場合の電圧 U_2 の電圧差 $U=U_2-U_1$ とした。本研究では、非常に微小な粉体の流量を計測しているため、ノイズの影響は無視できない。このため、図 5(a) の出力電圧には不規則な変動が確認できる。図 5(b) に単純移動平均の計算結果も示した。図 5(b) の単純移動平均の結果から、粉体排出量のモーターの回転数と同期した周期変動が確認できる。これは、円錐体の公転円運動の精度と部品等の加工誤差や組付誤差の影響であると考えられる。

図 6 に粉体流量の面積から求めた単位時間当たりの粉体質量と駆動モーターの回転数 ($n=50\sim 200\text{rpm}$) の関係を示した。実線は、 $n=50\sim 175\text{rpm}$ までの回帰直線である。この結果から $n\leq 175$ の回転数領域では、駆動モーターの回転数の変更により、粉体供給量を調整できることが確認できた。

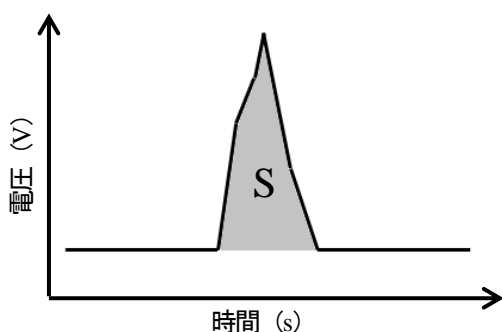


図 3 粉体流量計からの出力図

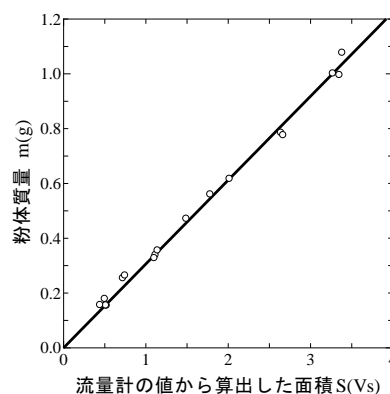


図 4 粉体質量と面積の関係

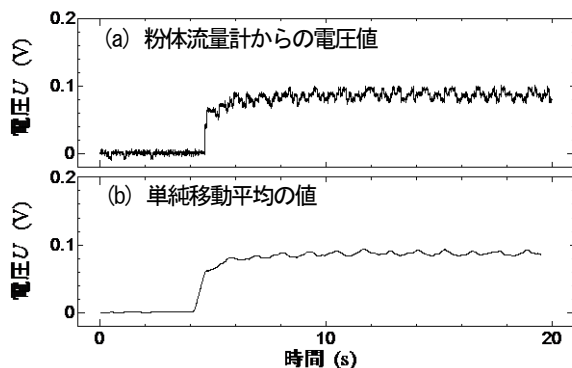


図 5 粉体流量計の出力電圧 (モーターの回転数 50rpm)

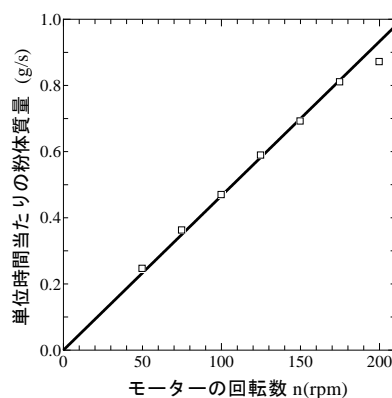


図 6 モーターの回転数と粉体排出量の関係

4. まとめ

本報告では、ホッパーの下部に配置した円錐体の偏心公転運動を利用する新しい粉体フィーダを提案した。本粉体フィーダでは、駆動モーターの回転速度と粉体供給量には線形の関係があることが確認できた。このため、駆動モーターの回転数を変更することだけで粉体供給量の調整を容易に行うことができる。本粉体フィーダは比較的簡単な機構ながら、流動性の良い粉体に対しては、粉体供給の定量性は良好であることを確認した。

5. 今後の課題

本粉体フィーダの粉体供給量の精度は良好ながら、粉体供給量はモーターの回転数に同期した周期的変動が発生する。この変動については、粉体フィーダの構成部品の加工誤差や組付誤差などの低減により改善することが可能である。なお、流動性の悪い粉体に対しては、アーチなどの閉塞現象が発生する。閉塞現象の発生を防止するためには、円錐体の形状などの改良が必要であり、今後の課題である。