

専門分野	機械工学	氏名	黒宮 直幸	指導 教員	川本 広行 印
研究指導	精密工学				
研究 題目	進行波電界による粒子の搬送				

1. まえがき

次世代型粒子コンベアとして、静電気を用いた粉体搬送システムが注目を浴びている。このシステムは、機器に振動が発生しない、粒子に大きな熱や力が加わらない、可動部がないため潤滑油などの不純物が混入しない、などの利点がある。しかしその搬送メカニズムは十分には解明されていない。そこで、粒子搬送の主たる外力であると想定されている帯電量を測定し、さらにこの帯電量測定結果を搬送シミュレーションに用いて計算を行い実測値との比較検討を行った。

2. 実験装置

図1に粒子搬送機構の構造を示す。電極は長手方向に縞状に並べた構造で、搬送する粒子と電極との絶縁と電極間の放電防止のために、電極上を絶縁フィルムで被覆した。進行波電界は、5台の発振器を使用して位相を順に $\pi/2$ ずらした4相の交流電圧信号を出力し、高圧アンプによってそれぞれ100倍に増幅して各電極に印加した。なお、進行波の伝播する方向(順方向)はCH1 CH2 CH3 CH4(図1において左 右の方向)である。また、粒子はレーザプリンタの2成分磁気現象系に使用されているキャリア粒子を使用した。

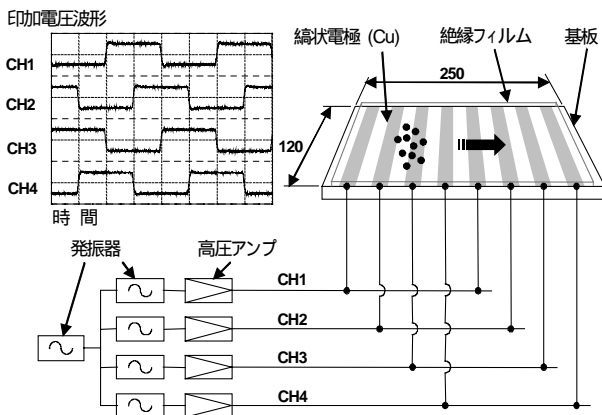


図1 実験装置図

3. 実験結果と計算結果

(1) 帯電量測定実験 粒子の搬送方向は大きく分けると、順方向・逆方向・電極上滞留の3種類がある。各状態と初期設置時の粒子の帯電量を測定した結果を図2に示す。粒子は搬送の過程で静電コンベアとの摩擦により電荷を帯びること、また、帯電量が多すぎると鏡像力によってコンベア表面に付着し、搬送されにくくなることわかった。

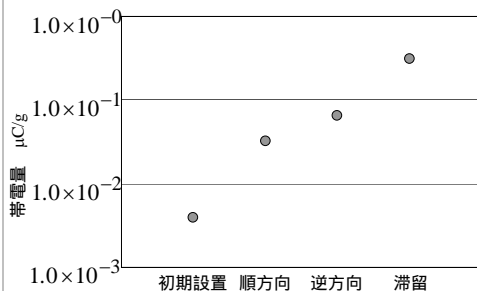


図2 搬送方向と帯電量の関係

(2) 計算方法 粒子の挙動追跡はルンゲ・クッタ法を用いて計算した。粒子*i*は剛体で6自由度(並進3成分, 回転3成分)であるとし、電界中で下記のようなさまざまな力を受けて運動するものとした。また、粒子間および粒子とコンベアとの衝突は剛体として扱い、反発係数と摩擦係数を導入した2体衝突に関する衝撃方程式を解いて、衝突後の粒子の速度と角速度を求めた。ただし、*m*: 粒子の質量、 η : 空気粘性係数、*g*: 重力加速度、*R*: 半径、*q*: 帯電量、*E*: 電界強度、 F_{dipole} : 分極力 F_{image} : 鏡像力、*L*: 回転モーメント、 $x = (x, y, z)$ 、 $\theta = (\theta_x, \theta_y, \theta_z)$ である。

$$m_i \ddot{x}_i + 6\pi\eta R \dot{x}_i = q_i E + F_{dipole} + F_{image} + m_i g \quad (1)$$

$$I_i \ddot{\theta}_i = 0 \quad (2)$$

(3) 粒子の搬送方向 周波数に対して、順方向・逆方向・電極上滞留の割合がどのようであるかの計算値と実測値を図3に比較して示す。計算結果と実験結果とにおおよそ定性的な一致がみられ、粒子の搬送方向が進行波の周波数により変化する現象と、静電コンベア上に粒子が留まる現象を数値計算でも再現できていることがわかる。

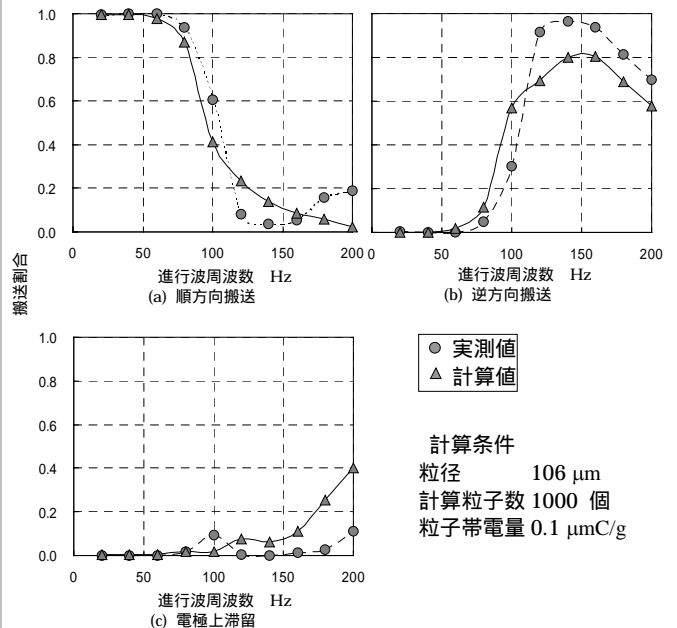


図3 各周波数における搬送方向

発表論文

- 岡田, 梅津, 曾我部, 黒宮, 川本, 静電選別を利用した粒度分別. 機械学会情報・知能・精密機器部門講演会 (2005).
- 黒宮, 関, 川本, 進行波電界による粒子の搬送. 機械学会情報・知能・精密機器部門講演会 (2004).
- 白石, 梅津, 黒宮, 川本, 斜毛シートを用いた静電駆動機構について. 機械学会 2003年次大会 (2003).