

専門分野	機械工学	氏名	関 京悟	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

従来のベルトコンベアに代わる新しい粉体搬送コンベアとして、静電気を用いた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、この分野の研究対象は10 μm程度のごく小さな粒子のみに偏っており、またその搬送メカニズムについても十分には解明されていない。そこで、100 μm程度の粒子を対象として、実験・数値計算を行った。

2. 搬送装置

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π/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。

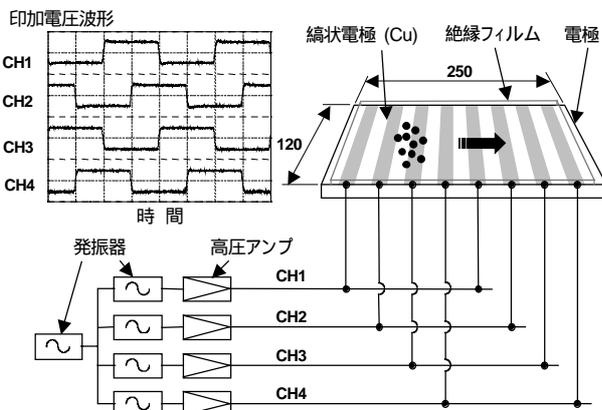


図1 搬送装置図

3. 実験結果と計算結果

(1) 数値計算 進行波の周波数をパラメータとして、搬送された粒子の速度を測定した実験結果と数値計算による結果を図2に示す。ただし計算では、電界分布を有限要素法により解き、粒子の運動は下記の運動方程式に基づいた。また、粒子間のクーロン力や機械的接触力も考慮してある。ただし、 m : 粒子の質量, R : 半径, q : 帯電量, E : 電界強度, l : 回転モーメント, $x = (x, y, z)$, $\theta = (\theta_1, \theta_2, \theta_3)$ である。

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

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

数値計算結果が実験値とほぼ一致していることから、粒子の運動はクーロン力によりほぼ支配されているといえる。

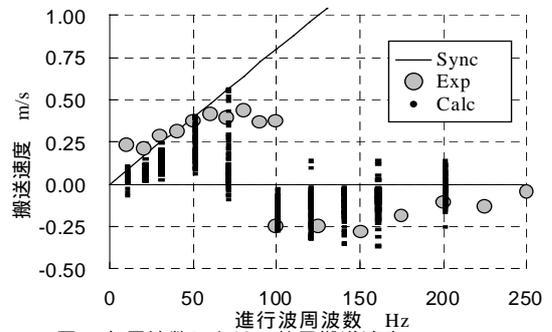


図2 各周波数における粒子搬送速度 (106 μm)

(2) 挙動観測 微視的に粒子の挙動を観察した結果の代表的なものを図3に示す。粒子は進行波の周波数により、それぞれ特徴的な挙動をしている。特に粒子が飛翔する段階での空間におけるポテンシャル分布を考慮すると、進行波を追い越す運動や、同期する搬送、逆搬送されることを説明することができる。

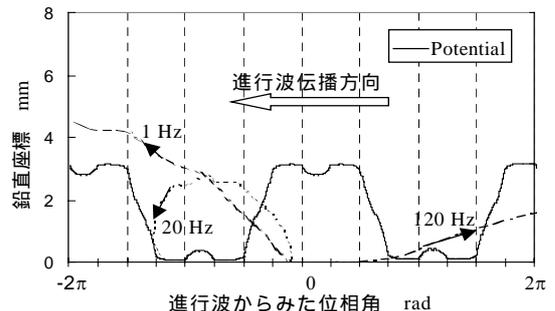


図3 各周波数における粒子の挙動 (実験値 106 μm)

発表論文

- 川本, 関, 長谷川, 電界による粒子の搬送, 第13回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム (2002) pp.135-140.
- 川本, 長谷川, 関, 早川, 進行波電界による粒子の搬送基礎特性, 第40回粉体に関する討論会 (2002) pp.17-21.
- 前嶋, 小出, 長谷川, 関, 川本, 進行波電界による粒子の粒度分別, 機械学会関東学生会第42回学生員卒業研究発表講演会 (2003) pp.231-232.
- 早川, 長谷川, 関, 川本, 電界による粒子の搬送基礎特性, 機械学会関東学生会第42回学生員卒業研究発表講演会 (2003) pp.229-230.
- 川本, 長谷川, 関, 進行波電界による粒子の搬送と粒度分別, 機械論 C, 69-68 (2003) pp.1216-1221.
- H. Kawamoto, N. Hasegawa and K. Seki, Traveling Wave Transport of Particles and Particle Size Classification, 2003 JSME-IIP/ASME-ISPS Joint Conf. on Micromechanics for Information and Precision Equipment: IIP/ISPS Joint MIPE (2003) pp.315-316.
- H. Kawamoto, N. Hasegawa and K. Seki, Traveling Wave Transport of Particles and Particle Size Classification, IS&T's NIP19: Int. Conf. on Digital Printing Technologies (2003) pp.100-106.
- 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).