

専門分野	機械工学	氏名	高橋 寛之	指導 教員	川本 広行 印
研究指導	精密工学				
研究 題目	電磁界中における電磁粒子のダイナミクス				

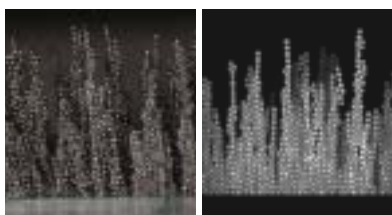
1. まえがき

高速レーザープリンタなどに利用される二成分磁気ブラシ現象では、電磁粒子として、トナーとキャリアが使用されている。磁性粒子であるキャリアは磁界中で磁化して相互に磁気作用を及ぼし、図1(a)のようなチェーンを形成する。このチェーンの先端が感光体に接触し、チェーンに静電的に付着したトナーを感光体表面の静電潜像に移送することで現像が行われる。この現象システムにおいて高画質化を図るためには、形成されるチェーンの特性と磁束密度、キャリア量などの設計パラメータの関係を精度よく把握する必要がある。本研究では、まず画像劣化の原因となるチェーンの長さや間隔のばらつきを低減する検討を行ったチェーン形成の際に高さ規制板を用いることで長さを制御し、周期的強度変化を持つ空間変調された磁界により間隔を制御する実験を行い、三次元個別要素法シミュレーションによる結果と比較・検討した。

さらに、実際のプリンタで用いられているマグネットローラは、本研究で使用したソレノイドコイル（最大磁束密度0.02 T程度）より1桁大きい磁界である。そこで、実際のプリンタに則した高磁界中でのチェーン特性を把握し、さらにはより強い磁界中でのチェーン特性に特徴的な変化が現れるかどうかを検討するため、超高磁場発生装置（最大磁束密度1 T程度）を用いた実験を行い、チェーン長さや間隔に対する磁界の影響を調査した。

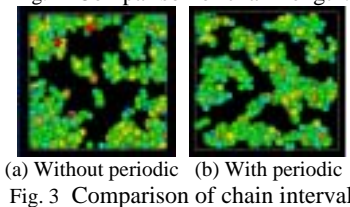
2. チェーン形成

磁界発生源としてソレノイドコイルを使用して、チェーン形成を行った。図1には、実験で観測されるチェーンと三次元個別要素法によるチェーン形成シミュレーションの結果を並べて示したが、ツリー状に形成される実際のチェーンの様子がシミュレーションによって良好に再現されていることがわかる。

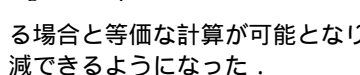


(a) observation (b) simulation
Fig. 1 Comparison of chain profiles.

これまでのシミュレーションでは、チェーンが磁気相互作用によって側壁近傍に集中する傾向にあり、チェーン長さや間隔を正確に再現できなかった。本研究では、新たに周期境界を導入することで図2, 3に示すようにこの問題を解消した。また、周期境界条件の導入により、狭い領域でも広い領域を対象とする場合と等価な計算が可能となり、計算時間を約50~80%削減できるようになった。



(a) Without periodic (b) With periodic
Fig. 2 Comparison of chain length.



(a) Without periodic (b) With periodic
Fig. 3 Comparison of chain interval.

3. 均一チェーン形成



Fig. 4 Configuration of bottom boundary.

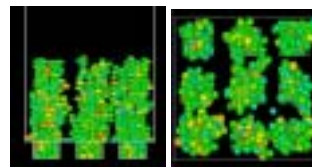


Fig. 5 The chain which made the hole in the bottom.
(Height restrictions 1.5 mm)

チェーンの高さや間隔の均一化を図るため、チェーン形成の際に高さ規制板を用いることで長さを制御し、周期的強度変化を持つ空間変調された磁界中により間隔を制御するシミュレーションを行った。底面に一定間隔で $0.3 \times 0.3 \times 0.3 \text{ mm}^3$ の穴9つを設け(図4)、

初めに底面と平行に高さ規制版を設置してチェーンを形成し、チェーンの形状が安定したのちに高さ規制版を取り除いて、チェーン形状の変化を計算した。図5に示すようにチェーンの長さ・間隔共に均一化でき、さらに、同様の実験を行ってこの効果を実証した。

3. 超高磁界チェーン形成

ソレノイドコイルでは実現できない高磁界中(0.1 T以上)のチェーン特性を調べるために、超高磁界装置を用いたチェーン形成実験とシミュレーションを行った。本検討で得られたチェーン長さや磁束密度の関係は図6に示すとおりである。チェーン長さは0.1 Tまで増加傾向にあり、10 mm程度まで達するが、それ以上の磁束密度では減少に転じることがわかった。この傾向はシミュレーションによっても再現されている。また周期境界条件を導入することにより、実験により近い結果となることが示された。

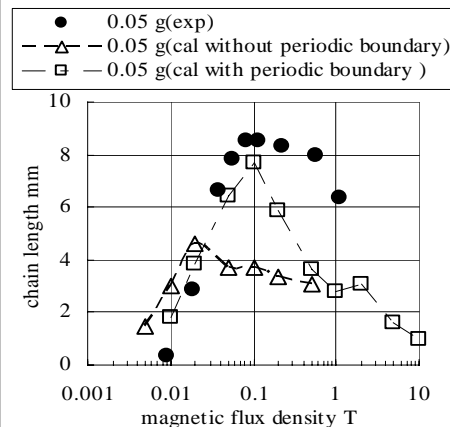


Fig. 6 Chain length depending on magnetic field.

発表論文

- 高橋・中山・川本, 磁界中における電磁粒子の力学, 第15回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム講演論文集(2003), 227-230.
- 中山・山田・高橋・友松・川本・廣田, 高磁界中における磁性粒子チェーンの力学特性, 第16回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム講演論文集(2004), 69-72.
- N. Nakayama, S. Yamada, H. Takahashi, M. Nakatsuhara, J. Tomomatsu, M. Doi, and H. Kawamoto, Studies on the Mechanics of Carrier Bead Chains in Two-Component Development Process, The 20th International Conference on Digital Printing Technologies (2004), 41-46.