

共同利用(産業利用トライアルユース: 先端研究施設共用促進事業『みんなのスパコン』TSUBAME によるペタスケールへの飛翔) 成果報告書 平成 22 年度 課題種別

移流/抵抗/放電を考慮した3次元電界計算の電子写真設計への適用

Study of three-dimensional electrostatic calculation with the consideration of convection, conductivity and discharge, and application for frontloading design of electrophotography

利用課題責任者白石恵美子
Emiko SHIRAISHI

株式会社リコー
Ricoh Company, Ltd.
URL <http://ricoh.co.jp/>

邦文抄録(300 字程度)

電子写真の転写プロセス(感光体からベルトへ荷電粒子であるトナーを移動させるプロセス)の設計開発課題を解析する 3 次元シミュレータ(TransT3D-BFC)を開発した。物体移動、電気伝導、放電による電荷移動を考慮して電界計算を行い、さらに荷電粒子であるトナーの挙動を計算し、設計課題である転写チリ(トナー飛散)を解析する。非常に計算時間を要するため、TSUBAME2にて OpenMP による並列化を検討した結果、ベルト抵抗を無視した場合には実用的な計算時間(OpenMP: 4コアで1週間以内)で解析可能となった。今後は抵抗を考慮した計算を行う予定であるが、計算時間の増大が懸念されるため、さらなる高速化(OpenMP + MPI のハイブリッド並列化)を導入し、実際の機器設計に活用していく。

英文抄録(100 words 程度)

A three-dimensional simulator of a transfer process of an electrophotography is developed. The simulation consists of an electric field calculation and a toner movement calculation. In order to calculate electric field precisely, Boundary Fitted Coordinate (BFC) is adopted with the consideration of convection, conductivity and discharge. With OpenMP technique, computation time decreases and it costs less than a week (usage of 4-core) with an insulated transfer belt. In near future, MPI technique will be applied to reduce computation time to design an electro-photographic machine with a conductive belt.

Keywords:

electric field simulation, electrophotography, toner, OpenMP, MPI

背景と目的

複写機やプリンタに代表される電子写真機器は、現在オフィスには欠かせないものとなり、広く一般に普及している。その市場規模はますます拡大しているだけでなく、そのシェアの多くを日本企業が占めているもので、日本の製造業の中でも重要な位置付けにある。また計算機の進歩により、計算機シミュレーション技術は、日本におけるものづくりプロセスを支えるまでに発展している。しかしながら、電子写真プロセスは静電気と粉体を取り扱うため、物理モデルが複雑であり、商品開発にシミュレーション技術を適用するには非常に大規模な計算が必要となる。本プロジェクトでは、3次元でトナー挙動を予測するシミュレータを開発する。また並列化による計算の高速化を検討し、電子写真機器の設計開発への工学的な応用を試みる。具体的には、開発したシミュレータによって、主要な設計パラメータの画像品質への影響を明らかにする。

概要

電子写真の転写プロセス(感光体からベルトへ荷電粒子であるトナーを移動させるプロセス)の設計開発課題を解析する 3 次元シミュレータ(TransT3D-BFC)を開発した。本シミュレータは、高精度な電界計算を実現するために、移流/放電/抵抗を考慮した一般化座標上での 3 次元大規模電界計算手法を採用している。またトナーに作用する力を算出し、ニュートンの運動方程式を計算することでトナー挙動を予測する。物理現象が複雑であり、また多数の粉体挙動を計算するために、大規模計算となる。TSUBAME2上でOpenMPによる並列化を行うことによって、ベルトが絶縁体の場合には、実用的な計算時間(OpenMP:4コアで1週間以内。約 5 倍の効率化)で転写の設計課題を解析可能となった。

結果および考察

図1は計算領域全体、図2はトナー近傍の計算メッシュを示している。また図3、図4に計算結果の例を示した。図3は感光体(OPC)上のトナーが時間とともに転写ベルトに移動していく様子を示している。図4は各時刻でのベルト上に転写したトナー像である。ただし左端の図のみ、転写前の感光体(OPC)上画像である。感光体上ではきれいなドットが、転写することで乱れたドット画像となっている(転写チリと呼ぶ)ことが理解される。いかに転写チリを抑制し、きれいなドットを転写ベルト上に形成するかが設計上の課題のひとつである。

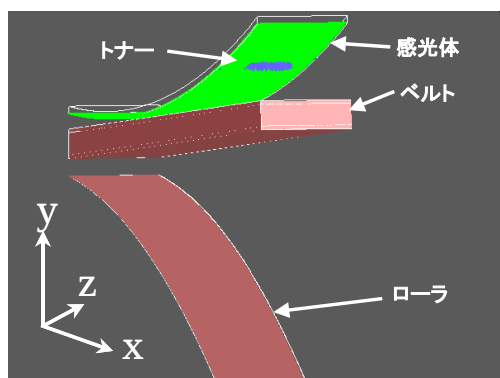


図1 計算領域全体図

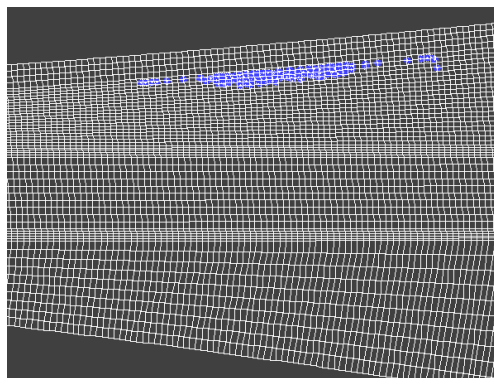


図2 計算メッシュ(トナー近傍拡大)

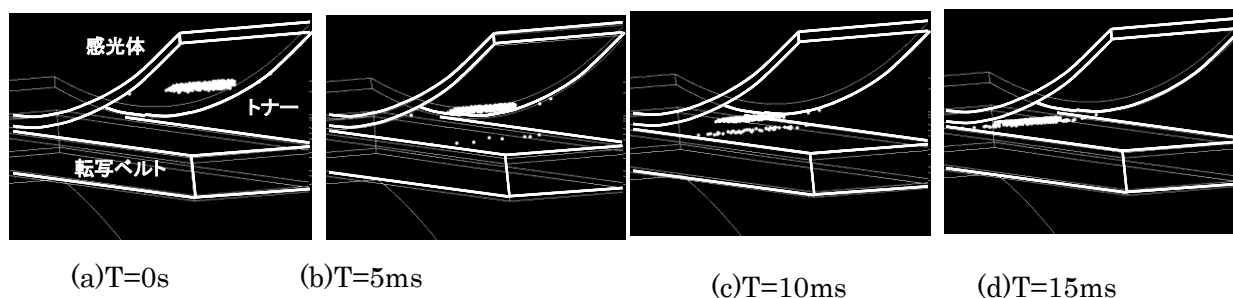
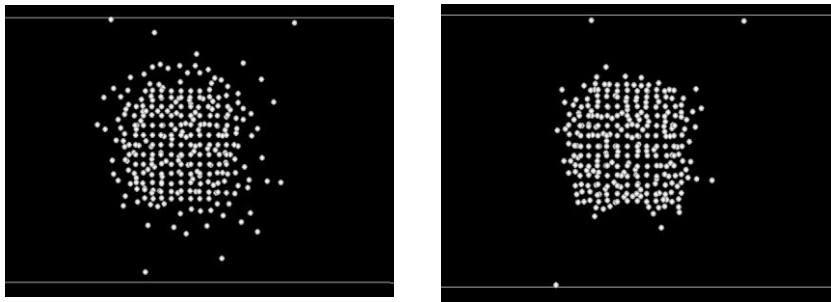


図3 トナー転写の様子



図4 転写前の OPC 上トナー像とベルト上の転写トナー像

開発したシミュレータを用いて、いくつか主要なパラメータの影響を解析した。図 5 に一例を示す。トナーと感光体の付着力を変えた場合のドット画像の様子である。付着力が大きいとチリの少ない良好なドットが形成されることがわかる。



(a) 付着力 50nN

(b) 付着力 70nN

図 5 付着力とドット画像の関係

ローラ位置、転写電圧、トナー帯電量、トナーと感光体付着力を変えて計算を行ったところ、以下の組み合わせで良好なドットが形成されることがわかった。

ローラ位置: 感光体中心より下流、転写電圧: 小、帯電量: 小、付着力: 大

まとめ、今後の課題

電子写真の転写プロセス(感光体からベルトや紙へ荷電粒子であるトナーを移動させるプロセス)の設計開発課題を解析する 3 次元シミュレータ(TransT3D-BFC)を開発した。TSUBAME2上で OpenMP による並列化を行い、実用的な計算時間(OpenMP: 4コアで1週間以内)で解析が可能となった。今後はベルト抵抗を考慮した計算を行う予定であるが、一層の計算時間の増大が懸念されるため、さらなる高速化(OpenMP+MPI のハイブリッド並列化)を導入し、実際の設計に活用する予定である。