



印刷用インキのシミュレーションソフトウェアの プロトタイプを世界に先駆けて開発 ～印刷の品質向上からマンツルのシミュレーションまで幅広く応用可能～

1. 概要

独立行政法人海洋研究開発機構(理事長 加藤 康宏 以下、「JAMSTEC」という。)地球内部ダイナミクス研究領域の阪口秀技術研究主幹らとザ・インクテック株式会社(代表取締役社長 戸塚 巖男 以下、「INCTEC」という。;大日本印刷株式会社の子会社、[注1](#))は、平成17年度よりインキの複雑な運動をコンピュータ上に再現するための技術に関する共同研究を行い、このたび世界に先駆けてインキのシミュレーションソフトウェアのプロトタイプを開発しました。

このプロトタイプにより、従来の数値流体力学的手法では扱うことが困難だったインキの複雑な振舞いのシミュレーションが可能となり、印刷の品質管理向上につながるとともに、地殻・マンツルが連動して流れたり割れたりするシミュレーション等への幅広い応用につながることが期待されます。

2. 背景

印刷インキは、ある一定以上の力がかかると流れ出し、それが一定以下になると紙の上でピタリと止まって固まる、いわゆる「ビンガム流体([注2](#))」の性質を持っています。このビンガム流体は、コンピュータや数々のハイテク機器を利用した技術開発が進められている今日においても、その性質が発揮される本当のメカニズムが良く分かっていませんでした。

そのため、インキの製品開発の分野では、実際のインキを用いた試行錯誤的な実験に頼らざるを得ず、開発期間やコストが課題となっていました。

また、地球を構成する岩石も、温度と圧力の違いで硬さや流れやすさが非常に異なるというインキのように複雑な性質を持っています。そのことから、岩石が地球内部の熱によって対流運動することとその運動が原因で地震につながる破壊が起こることを、一つの枠組みで考えることは非常に困難で、その特異な性質のメカニズムの理解が地殻・マンツルのシミュレーション研究にとって大きな課題でした。このような課題を解決するために、JAMSTECとINCTECは、平成17年度より共同研究(「粘性コントラストが著しく高い物質の不安定流動現象のシミュレーション技術開発に関する基礎研究」)を開始しました。

3. 研究結果

INCTECがインキのレオロジー(物質の変形及び流動)物性を測定し、JAMSTECがその測定結果に基づいてシミュレーション技術の開発を行い、実験結果とシミュレーション結果を検証しながら進めてきました。

その結果、インキの流動をコンピュータ上で表すモデルとして、「二次元紐状モデル」と「三次元的鎖モデル」を開発することに成功いたしました。

二次元紐状モデルにおいては、既存の流体シミュレーション技術では表現できなかったインキが印刷機のローラーを移動する際に発生する「糸引き」現象を再現し([図1](#))、従来困難とされていた粘性の流体シミュレーションが可能であることが確認できました。

三次元的鎖モデルにおいては、「二次元紐状モデル」を発展させ、今度は個々の粒子がブルブルと振るえている状態を連結することでできる鎖によって粘弾性液体を表現するモデルを開発しました([図2](#))。このモデルによるシミュレーションにより、レオメータ(粘弾性測定装置)上でのインキの挙動を再現しました。

4. 今後の展開

INCTECがワニスやインキを用いた実験で得た測定値をもとに、JAMSTECがシミュレーションソフトウェアのパラメータをチューニングし、得られた計算結果を実物のインキを用いた実験の結果と

比較することで、シミュレーションの高精度化を進めていきます。

また、開発したプロトタイプソフトウェアを用いて今後さらにインキの流動を特徴付けるレオロジー発見メカニズム(注3)の解明を行い、シミュレーションソフトウェアの平成23年春の完成を目指します。

INCTECは、これまで経験や実験を通じて行ってきたインキの開発にシミュレーション技術を導入することで、印刷機上のトラブルを防ぎ、より鮮明な印刷のために最適な製品開発が可能となります。また、実際に目で見ることのできない印刷機の内部のインキの動きを可視化できるため、印刷の品質管理向上を強化することもできます。

JAMSTECは、共同研究の成果をインキのように複雑な性質を持つ地殻・マントルのシミュレーションに応用するとともに、溶岩流、血流(大阪大学基礎工学部和田教授との共同研究)、細胞液の動き、コンクリート流動といったインキ以外の粘弾性流体への応用を展開し、今後、様々な研究機関・企業等との共同研究を進めていきます。

また本研究は、遠い昔にビンガム氏がインキの流れを観察して考えたことをコンピュータの中で再び考えることであり、科学そのものの原点を見つめ直し、身近な物質の性質を考える科学の面白さを伝える絶好の教材にもなります。

注1 ザ・インクテック株式会社

業務 : 印刷用インキなどの製造・販売

本社 : 東京都千代田区神田須田町2-13-12

資本金: 20億円(大日本印刷株式会社100%出資)

注2 ビンガム流体

非ニュートン流体の一種で、ある一定以上の応力が生じないと流れ出さない流体。固体と流体の両方の性質をもち、ビンガム氏が印刷インキの流れを見て発見したため、この名がつけられた。

注3 レオロジー発見メカニズム

レオロジーとは物質の変形や流動のしやすさ、しにくさを考えることである。なぜ、流れやすいのか、変形しにくいのかは、物質の内部構造に強く依存している。

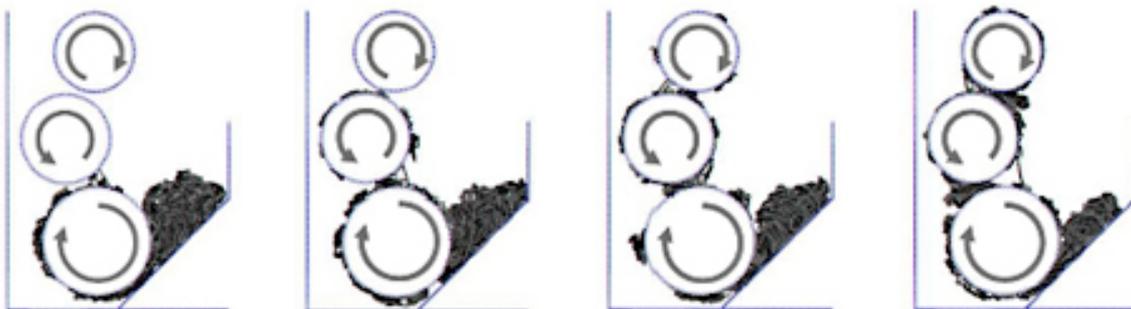
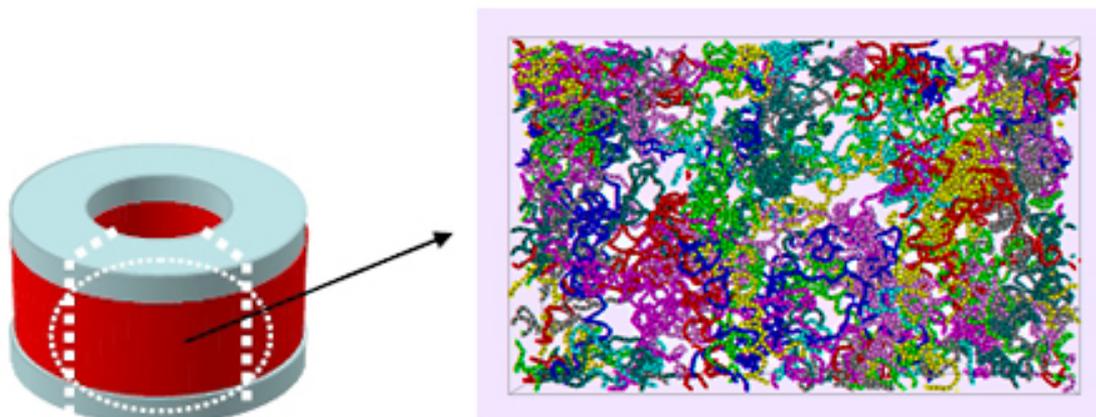
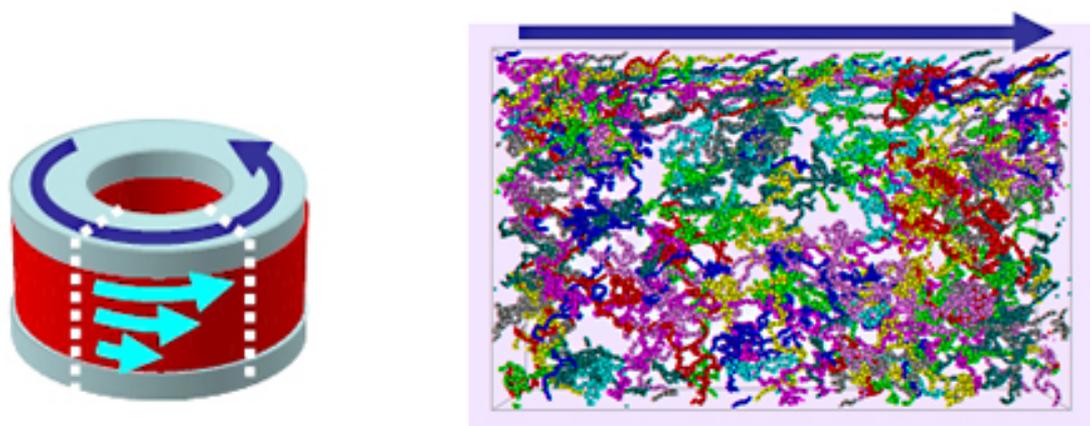


図1 再現された“糸引き”現象

多数の粒子を一次元的に連結して紐を作り、その紐をたくさん集めたモデルで、インキが印刷機のローラーを移動する様子を再現。このモデルで、ローラー間におけるインキの引きちぎれるように動くいわゆる“糸引き”現象という、既存の流体のシミュレーション技術では表現できなかった複雑な現象についても再現が可能となった。



(a) 初期状態



(b) せん断中

図2 熱運動する多数の鎖によって粘弾性液体を表現するモデル
鎖を構成する粒子が振るえることで生じる弾性的性質と鎖どうしの絡み合いと反発運動を組み合わせることで、インキが持つ降伏応力の緩和とクリープというビンガム流体と粘弾性液体の性質を表す。この図はレオメータのシミュレーション結果で、(a)初期状態、(b)せん断中の内部構造を示す。左の図の上の円筒を回転させると、鎖が引き伸ばされることで熱弾性が生じている様子が見える。

お問い合わせ先:

(本研究について)

独立行政法人海洋研究開発機構
地球内部ダイナミクス研究領域
地球表層ダイナミクスの描像と予測研究チーム
チームリーダー 阪口 秀
地球シミュレータセンター
センター長 渡邊 國彦
ザ・インクテック株式会社
取締役常務執行役員 有富 充利
技術・開発センター
シニアエキスパート 鈴木 猛

(報道担当)

独立行政法人海洋研究開発機構
経営企画室 報道室長 村田 範之
大日本印刷株式会社
広報室 久保田 幸子