

先端研究拠点事業—国際戦略型—
「ソフトマターと情報に関する非平衡ダイナミクス」
共同研究プログラム 派遣報告書

2014年 3月 6日

氏名(ふりがな)	内田 就也 (うちだ なりや)
所属機関・部局・専攻内の所属分野	東北大学・理学研究科物理学専攻・物性理論
職名	助教
メールアドレス	uchida@cmpt.phys.tohoku.ac.jp
電話番号、FAX	022-795-7756 (FAX 6447)

派遣先

受け入れ研究者氏名	Denis Bartoko
所属機関(国)	Ecole Normale Supérieure de Lyon (フランス)
身分	教授
メールアドレス	denis.bartolo@ens-lyon.fr
研究室 URL	http://denis114.wordpress.com
電話番号、FAX	+33 (0)4 7272 8492 (FAX 8950)

共同研究

研究課題名	和文	自己推進コロイド粒子の集団運動
	英文	Collective motion of self-propelling colloidal particles
派遣期間	2014年 2月 22日 ~ 2014年 3月 1日	

実際に行った研究活動、成果などを1-2ページ程度で記述してください。

1. 自己推進コロイド粒子の集団運動に関する研究打ち合わせ

触媒物質でコーティングしたコロイド粒子は、水溶液中において溶質の化学反応を促進し、溶質の濃度勾配およびそれに伴う流れを作り出すことによって自己推進する。従来は異方的な表面特性（反応触媒の分布）を持つ所謂ヤヌス粒子が利用されてきたが、今回の受け入れ先の Bartolo 氏ら [Phys. Fluids 25, 061701 (2013)]により、等方的な表面特性を持つコロイド粒子でも自発的な対称性の破れにより自己推進する可能性が示された。本共同研究の目的はこの系における粒子の相互作用と集団運動を解析的および数値的手法で解明し、実験と比較、検証することである。

(1) 解析的手法：今回の打ち合わせではまず、粒子と溶質の濃度場を変数とする連続体記述について検討した。これは溶質の濃度場に対する反応拡散方程式と結合した粒子の運動方程式（Langevin 方程式）を Fokker-Planck 方程式に変換し、そのモーメント展開により粒子の濃度場に対する時間発展方程式を得るものである。この手法の基本的な枠組みについて議論し共通の理解が得られたので、これに基づき解析を進めた。また

(2) 数値的手法：次にコロイド粒子の流体力学シミュレーション手法である Smooth Profile Method (SPM) の応用について議論した。従来の SPM では粒子表面での流れ場に対して滑りなし境界条件を課しているが、粒子表面上で滑り速度が非一様な分布を持つように拡張することが可能である。この滑り速度は粒子表面に生じる薄い境界層の表面における流速とみなすことができる。一方、境界層内部での化学反応と流れ場は、粒子表面を平面と近似して局所的に解くことができ、これにより境界層表面での流速と反応物質の濃度が関係づけられる。このマルチスケールモデルの基本的な枠組みについて共通の理解が得られたので、具体的なモデル方程式を確定すべく計算を進めている。

作業分担としては上記(1)(2)とも内田が主に解析を行い、Bartolo氏が計算のチェックや実験を行う研究者との仲介を担当する予定である。

2. 粘弾性媒質中における包摂粒子の多体相互作用に関する研究打ち合わせ

ゲルなど粘弾性媒質中の包摂粒子間に働く長距離弾性相互作用は古くからある問題であるが、最近 Chakrabarti らの実験 [Langmuir 23, 15543 (2013)] など再注目される兆しがある。今回の打ち合わせでは線形弾性モデルにより包摂粒子間の多体弾性相互作用について検討した。従来モデルとの違いは、包摂粒子と媒質の剛性率の差を微量ではなく任意としたことである。これによりゲルのような非常に柔らかい物質中における固いコロイド粒子の相互作用を扱うことが可能になった。また熱ゆらぎが媒介する Casimir 力と統一的に扱うことができる。技術的には弾性エネルギーの不均一項（歪みについて2次の項）を、Hubbard-Stratonovich 変換を用いて補助変数と結合する線形項に変換することで、弾性エネルギーの空間積分を実行し、分配関数を補助変数に対する Gauss 積分として表すことができる。この Gauss 積分を実行することで自由エネルギーが粒子の座標を引数とする Green 関数（逆 Lapacian）のを含む形で得られる。この基本的な枠組みについて議論し、理解を共有できたので、分配関数の計算を現在進めている所である。またダイナミクスへの拡張の可能性も検討した。また本研究に対応する実験について Sébastien Manneville 氏 (ENS Lyon 校) の協力を仰ぎ、試みとしてワームライクミセル溶液中で振動シア一下のガラスビーズの運動を観察して頂く予定となった。

3. その他

振動シア一下にあるエマルジョン中で液滴の位置記憶が失われる動的相転移の実験結果について Bartolo 氏と研究支援者の Janneret 氏から説明を受け、非可逆性の主因となると思われる、流体力学相互作用における慣性効果について議論した。