

【特別推進研究】

理工系（数物系科学）



研究課題名 時空階層性の物理学:単純液体からソフトマターまで

東京大学・生産技術研究所・教授 **たなか はじめ**
田中 肇

研究分野： 化学物理・生物物理

キーワード： ガラス転移、液体・液体転移、水の異常、結晶化、ソフトマター、非線形流動

【研究の背景・目的】

液体状態は、気体・固体状態とならび、我々人類にとって最も重要な物質の存在様式である。しかしながら、液体状態、そしてそれが凍結した状態であるガラス状態の理解は、気体・結晶状態に比べて著しく遅れているのが現状である。一方、液体状態には物質輸送・反応の場として極めて重要な機能が備わっており、工業的な輸送プロセス、マイクロfluidics、生命活動など、多くの場面で極めて本質的かつ重要な役割を果たしている。特に、ソフトマターの動的挙動が流体の存在によりどのような影響を受けるかという問題は、「生体における水の動的側面での役割」という未解明問題を明らかにする上でも避けては通れない基本問題である。

本研究では、単純液体ならびにソフトマターを対象として、液体の基本的性質にかかわる以下に示す6つの未解明問題について、これらの系が共に内包する時空階層性(図1参照)に焦点を当て研究を行う：(1)水型液体の熱力学・運動学的異常の解明、(2)単一成分液体の液体・液体転移現象の起源の解明とその応用、(3)ガラス転移現象の解明、(4)液体の階層性と結晶化の素過程(結晶核形成)の関係の解明、(5)液体・ガラス状物質の非線形流動・破壊現象の解明と制御、(6)液体が流体力学的相互作用を介してソフトマター・生体系の動的な挙動に及ぼす影響の解明。これらの研究を通して、現象を支配する統一的な物理描像を描くとともに、単純液体・ソフトマターの物理学に新しい展開をもたらすことを目指す。

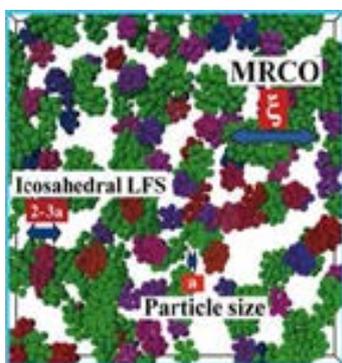


図1 剛体球液体の階層構造

【研究の方法】

理論的研究、分子動力学等の粒子レベルシミュレーション、粗視化モデルを用いた数値的研究、コロイド分散系の一粒子レベル3次元観察、各種熱・構造・ダイナミクス解析手法を用いた実験的研究の有機な連携により、液体、ソフトマターについて、【多体相関】【時空階層性】【動的対称性の破れ】という基本概念を柱とし、新たな物理描像を定量的レベルで確立することを目指す。

【期待される成果と意義】

液体状態は物質の基本状態の1つであり、その基礎的な理解の進展の意義は計り知れない。特に、液体における上記の未解明問題は物性科学分野の長年にわたる基本問題であり、それらが解明されれば化学、材料科学、生物学を含めた他分野への波及効果も極めて大きいと考えられる。応用面でも、生命現象、化学反応、多くの工業的なプロセスにおいて水に代表される液体が不可欠であることは言うまでもない。ソフトマター分野では、本研究により「異なる階層の自由度が、液体の階層性・流れの自由度等を介し如何に動的に結合し協同的な機能の発現に至るか」という自然界における階層的自己組織化の動的側面の理解が進み、のろまでありながら極めて多様な機能を効率よく発現するたんぱく質に代表される生体物質の機能発現機構の理解の深化につながると期待される。このような非平衡の問題は、ソフトマターの分野で最も深く研究されてきた問題であるが、この研究を通し、マンツル流動に関連した地球科学を始め、絶縁破壊現象や電子系の非線形電導現象など異分野へも貢献できると考えている。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ A. Furukawa and H. Tanaka, Inhomogeneous flow and fracture of glassy materials, *Nature Mater.* **8**, 601-609 (2009).
- ・ H. Tanaka et al., Critical-like behaviour of glass-forming liquids, *Nature Mater.* **9**, 324-331 (2010).
- ・ K. Murata and H. Tanaka, Liquid-liquid transition without macroscopic phase separation in a water-glycerol mixture, *Nature Mater.* **11**, 436-443 (2012).

【研究期間と研究経費】

平成25年度-29年度
368,800千円

【ホームページ等】

<http://tanakalab.iis.u-tokyo.ac.jp/>