

2022 年度  
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	柳澤実穂
研究機関名	東京大学
所属部署名	大学院総合文化研究科
役職名	准教授
研究課題名	ナノ-マクロ空間相転移の学理によるシン材料科学
研究実施期間	2022 年 4 月 1 日～2023 年 3 月 31 日

### 研究成果の概要

細胞サイズ空間での高分子挙動は、表面を含む複数の弱い相互作用により決定するため、ナノ系ともマクロ系とも異なる相転移現象が観察される。我々は、こうした変化をもたらす効果を「細胞サイズ空間効果」と名付け、それによる多様な現象を報告してきた。本研究では、平均場理論で記述可能なマクロ系での高分子挙動が、どのような空間特性により変化するのかを解明することを目的としている。2022 年度は、2 成分高分子溶液を細胞サイズ空間へ閉じ込めると、マクロ系では均一であっても相分離が誘発されるだけでなく、相分離の度合いが空間サイズ減少に伴い大きくなる我々の実験結果 (Watanabe, et al., 2022 ACS Mater. Lett.) を説明するための理論構築を目指した。着目したのは、高分子が潜在的にもつ分子量多分散性である。線状高分子では、エントロピーの寄与により鎖長が短いほど空間の壁に局在しやすく、この鎖長 (分子量) 依存的な空間分布が小さな細胞サイズ空間で顕著化することで相分離が誘発されることを示した (独・マインツ大の A. Nikoubashman 氏と共同研究: Nikoubashman & Yanagisawa, 2022 Polymers)。さらに、単成分高分子溶液に対しても、細胞サイズ空間ではこの鎖長依存的な膜局在は無視できず、高分子網目間をすり抜ける小分子の拡散が、空間サイズ減少に伴い遅くなることを実験とシミュレーションの両面から示した (Kanakubo, et al., 2023 ACS Mater. Au)。こうした分子のサイズ多分散性に加えて、2 次元空間に閉じ込めた細胞サイズ液滴のサイズ多分散性についても研究を行った。液滴サイズが冪サイズ分布となる系を実験とシミュレーションで構築し、サイズの冪指数が特定の領域内であれば、充填構造に普遍的性質が生じることを見出した (Shimamoto & Yanagisawa, 2022 Phys. Rev. Res.)。以上の成果をもとに、2023 年度はゲル化を含む複数の相転移が競合する系に対する空間効果の導出、さらにマクロな物性と分子多分散性の相関といった、マクロとミクロの接続を目指す。