

研究成果報告書

研究テーマ (和文)	マイクロ流体デバイスを用いた微小液滴の3次元多面体ケージ化		
研究テーマ (英文)	Three-dimensional polyhedral caging of microdroplets in a microfluidic channel		
研究期間	2019年～2021年	研究機関名 お茶の水女子大学	
研究代表者	氏名	(漢字)	矢菅 浩規
		(カタカナ)	ヤスガ ヒロキ
		(英文)	Hiroki Yasuga
	所属機関・職名	お茶の水女子大学 基幹研究院・日本学術振興会特別研究員 PD	
共同研究者 (1名をこえる場合は、別紙追加用紙へ)	氏名	(漢字)	
		(カタカナ)	
		(英文)	
	所属機関・職名		

概要 (600字～800字程度にまとめてください。)

微小液滴を集めて形成される組織状材料などの研究において、微細構造を介在させることでその機械的な安定性を向上させる方法が提案されている。本研究では、微小液滴を多面体状の微細構造でケージ化し、ケージ化された液滴を集積させて組織状材料を形成するという新たな手法の開発のため、マイクロ流体工学を活用した液滴のケージ化方法を検討した。

まず、ケージ化する微細構造について検討した。具体的には、3Dプリンタを用いて立方体の面となる数mmの4角形プレート構造(上下に親疎水面)を製作し、6枚のプレートを用いて液滴の立方体状のケージ化が可能かを調べた。(なお、当3Dプリンタで製作した構造を用いて、別の手法で微小液滴をケージ化可能であることが確認された: Yasuga et al. Nat. Phys. 2021) 実験では、シリコンオイル中に挿入したニードル先端から水溶液を膨らませて液滴を形成し、その液滴上に固定したプレートを用いてケージ化が可能かを調べた。結果として、ニードルから水溶液を吸引すると同時にプレートが立方体状のケージとなる様子が確認された。

続いて、自発的なケージ化方法として次の方法を検討した。まず、ニードルが配置されたセルにフッ素系液体(比重大)とシリコンオイル(比重中)を流し込み、オイル界面を形成した。続いて、この界面に製作したプレートを配置し、ニードルからエタノール水溶液(比重小)の液滴を形成・上昇させ、オイル界面の通過と同時にプレートの液滴への固定とケージ化が可能かを調べた。プレート枚数を変更して実験を行ったところ、本実験条件ではケージ化できるプレート枚数の上限は3枚程度であり、4枚以上になるとケージ化が生じるより前に液滴が界面から離れてしまうことを確認した。今後は粘度の高いオイルの使用による液滴の上昇速度の制御や、オイル相・水相での複数液体の混合による比重の調整などを行い、マイクロ流体デバイス中での液滴のケージ化方法を確立する。

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）						
雑誌	論文課題	Fluid interfacial energy drives the emergence of three-dimensional periodic structures in micropillar scaffolds				
	著者名	H. Yasuga, E. Iseri, X. Wei, K. Kaya, G. Di Dio, T. Osaki, K. Kamiya, P. Nikolakopoulou, S. Buchmann, J. Sundin, S. Bagheri, S. Takeuchi, A. Herland, N. Miki, W. van der Wijngaert	雑誌名	Nature Physics		
	ページ	794~800	発行年	2 0 2 1	巻号	17
雑誌	論文課題					
	著者名		雑誌名			
	ページ	~	発行年		巻号	
雑誌	論文課題					
	著者名		雑誌名			
	ページ	~	発行年		巻号	
図書	書名					
	著者名					
	出版社		発行年		総ページ	
図書	書名					
	著者名					
	出版社		発行年		総ページ	

英文抄録（100語～200語程度にまとめてください。）

In the study of artificial tissues or tissue-like materials formed by connecting microdroplets, methods to enhance the mechanical stability of the materials using microstructure as a scaffold have been proposed. In this study, for the development of a novel method in which microdroplets are caged with polyhedral microstructure and the caged droplets are assembled into the tissue-like materials, we investigated a mechanism to cage droplets spontaneously by using microstructure in microfluidic devices. First, we considered the shape of microstructure for the droplet caging. In particular, square plates fabricated by a 3D printer were used for the cube-shaped droplet caging. We experimentally confirmed the cube-shaped caging of the water-in-oil droplets by using 6 square plates. Then, we tested spontaneous cube-shaped droplet caging as follows. Square plates were prepared in the interface of fluorinated liquid and silicone oil, and aqueous droplets were made to pass through the interface by buoyancy. Then, we checked if the droplets were caged by the plates. In the current stage, we successfully demonstrated partial droplet caging, in which droplets were caged by up to three plates. In the future work, we will optimize conditions such as viscosity or density of liquids to achieve the complete cube-shaped caging.