



Title	Active Surface Driven by Microactuator Array for Bio-Assembly System
Author(s)	Chumtong, Puwanan
Citation	大阪大学, 2014, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/50557
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Abstract of Thesis

Name (PUWANAN CHUMTONG)	
Title	Active Surface Driven by Microactuator Array for Bio-Assembly System (バイオアセンブリシステムのためのマイクロアクチュエータアレイ駆動型可変表面)
<p>Abstract of Thesis</p> <p>The advancement of micro/nano robotics allows us to get better understanding about the nature. Its application in biology certainly promotes the quality of life and helps preventing the loss of human life. Today, micro/nano robotics plays many major roles in both research and clinical use. For example, the characterization of biological and mechanical properties would not be possible without this technology. Furthermore, handling of a microscale unit, i.e., an isolated cell, for fascinating operations such as cloning, enucleation, and cell cutting mainly relies on this technology. Due to the advancement of this micro/nano robotics in biological application, another higher goal which is tissue assembly is set as an ultimate goal by many researchers. Many microrobotics technologies could possibly be used to achieve the goal. However, these technologies which were designed for handling a single unit at a time may face many difficulties during the assembly. As a result, the assembly approach integrated with scaffold-based approach presented in tissue engineering field is considered by our work. The combination of robotics technology with tissue engineering would facilitate many difficult tasks.</p> <p>This dissertation presents a cell culture chip with an Active Surface. The surface is made of polydimethylsiloxane (PDMS), a material chosen for its biocompatibility, optical transparency, high elasticity, and leakage prevention. In principle, the elastic membrane of Active Surface allows for applicability in various tasks such as cellular formation, assembly, manipulation, and stimulation. In this work, the utility of Active Surface will be demonstrated in cellular formation and manipulation. For the design, Active Surface consists of an array of membrane actuators which enable the formation of many temporary scaffolds. It certainly facilitates the construction of many different cellular structures, used as building units in the bio-assembly. The use of incompressible fluid, i.e., glycerin or plant oil, as the working fluid has confirmed the shape stability of deformed membrane over long period. As a result, the scaffold provided by our chip can support the cellular construct while cells are forming their cellular interaction. Our concept of active surface is firstly confirmed by the fabrication of micropatterned gel sheets with a thickness of 200 μm. Furthermore, with a slight modification, our Active Surface is used for the fabrication of different cellular structures including lattice, flat round, and spheroid. To demonstrate more applications, it is also used to generate the toroidal scaffolds enabling the self-assembly of toroidal cellular aggregates. Due to the elasticity of our active surface, the fabricated toroidal aggregates can be recovered noninvasively from the scaffolds. The cell viability test suggests the effectiveness of our concept in various applications in tissue engineering. Since cell cultivation normally takes at least 3 days, the scaffold structure should be maintained during that period. Generally, the cell culture chip requires a bulky connection with an external power source which limits the mobility of the device in practical experiment. Thus, a thermal latch valve which could help maintaining the scaffold structure without energy consumption over the long period is also presented in this dissertation. The functional verification and preliminary experiment with a membrane actuator demonstrates a great potential in biological experiments. The combination of active surface and thermal latch valve could certainly emerge a new dimension in micro/nano robotics for bio-assembly.</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (PUWANAN CHUMTONG)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教 授	新井 健生
	副 査	教 授	佐藤 宏介
	副 査	教 授	細田 耕
	副 査	教 授	三宅 淳

論文審査の結果の要旨

本論文では、薄膜アクチュエータをアレイ状に配列することにより構築された、Active surfaceと名付けられた駆動する表面を持つ細胞培養用チップデバイスの構成法と評価について論じている。細胞を用いた3次元構造の構築法の一つとして微細加工技術によって作製したモールドを用いる方法が提案されているが、目的とした形状を作製するためには複雑なプロセスが必要であった。提案されたActive surfaceを用いた細胞培養用チップデバイスは、即座に任意形状のモールドとして利用可能であるだけでなく、動的な刺激・形状の変化・細胞の操作も可能である点を特徴とする。

本論文では、アクチュエータを構成する薄膜として、ポリジメチルシロキサン (PDMS) を用いており、試作したデバイスの解析結果から、モールドを形成するのに十分な変形能を持つことが示された。アクチュエータの駆動には流体を利用し、いくつかの流体を検討した結果から、グリセリン、植物油等を作動用の流体として使用することで、変形した膜の形状が安定に長期間にわたって維持されることが確認された。この流体を用いることで、細胞が細胞間の相互作用を形成するのに必要な長時間の細胞構造のサポートを可能としている。以上で構成されるマイクロアクチュエータをアレイ状に配置することで、任意形状が形成可能な可変表面を実現している。作製した細胞培養用チップデバイスの実証例として、ハイドロゲルによる任意形状のマイクロパターン形成及び、マウス線維芽細胞様細胞株 (NIH3T3) を用いた、格子形状、円柱形状、球状の細胞パーツ形成に成功している。また、提案デバイスを改良することにより、細胞パーツとして有用なトロイダル細胞凝集体の形成にも成功し、駆動する足場を利用した非侵襲的な回収も実現した。作製された細胞パーツは十分な細胞生存率であり、その有効性が示された。さらに、本論文では長期にわたってエネルギー消費せずに足場構造の維持が可能であるマイクロヒータを応用した温度ラッチ弁も提案・試作しており、パッケージ化のための方向性も示している。提案されたActive surfaceを用いた細胞培養用チップデバイスは、高次の組織様3次元細胞構造体 (3次元細胞システム) の構築単位として用いられる多くの細胞パーツの構築を容易にし、さらに、マイクロデバイスとしてもさまざまな用途が考えられる。

以上の通り、本論文ではActive surfaceという新たなマイクロデバイスを提案しており、構成法や評価を通じて学術的にも実用面でも意義のある成果が示されており、博士 (工学) の学位論文として価値のあるものと認める。