

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 12 日現在

機関番号：32657

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25870762

研究課題名(和文) マイクロ吸盤アレイを用いた成長する生体組織への構造物固定方法の基礎的研究

研究課題名(英文) Basic research of the structure fixing method to the growing living tissue using micro suction cup arrays

研究代表者

桑名 健太 (Kuwana, Kenta)

東京電機大学・工学部・助教

研究者番号：00593055

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、成長する生体組織への構造物固定方法の基礎的研究として、接触面積調整用構造を持つマイクロ吸盤アレイの試作および圧縮方向・せん断方向に対する吸着力の計測を行った。計測結果から、接触面積調整用構造により圧縮方向・せん断方向の吸着力が変化することを確認した。また、生体モデルとしてよく用いられるゼラチンに対してマイクロ吸盤アレイを吸着させ、圧縮方向・せん断方向に吸着力が発生することを確認した。

研究成果の概要(英文)：In this study, as the basic research of the structure fixing method to the growing living tissue, we fabricated micro suction cup arrays with an adjusting structure of the contact area. We measured the peel-off forces in compressing and shear directions. As the result, the peel-off force changes according to the size of the adjusting structure. Moreover, we observed the peel-off forces in both compressing and shear direction when the micro suction cup arrays attached to the gelatin, which is usually used as a model of living tissue.

研究分野：医用デバイス

キーワード：マイクロ吸盤

1. 研究開始当初の背景

脊髄髄膜瘤とは、胎児期の脊椎骨の形成不全により脊髄が脊椎の外に出て、こぶのようになってしまう先天的な病気で、髄液の体外流出や脊髄の胎盤との接触により下半身に障害が出る原因となっている。近年、脊髄髄膜瘤を胎児期に治療することで出生後の障害を軽減することができる、という報告がなされている^[1]。しかし現在の治療法は、母体を開腹し、胎児の患部を治療するものが主流で、胎児の皮膚が脆いため治療に時間がかかり、母子双方に対して侵襲性が高いことが問題となっている。この問題に対し、胎児期にパッチで患部を保護し、出生後に改めて治療を行うことで胎児期の治療を簡易化・低侵襲化する試みがなされている。しかし、患者である胎児は治療から出生までの間に2倍程度のサイズに成長するため、拡大する患部へのパッチの固定方法に課題が残っている。そこで本研究では、パッチを簡単に取り付けることが可能で、かつ成長によるサイズ変化に応じて自動的に取り付け位置を調整することができる固定方法として、マイクロ吸盤アレイを用いる方法(図1)を提案し、その実現に必要なマイクロ吸盤アレイに関して基礎的な研究を行う。

2. 研究の目的

本研究では、成長する生体組織への構造物固定方法の基礎的研究として、吸着面に垂直・平行それぞれの方向に対するマイクロ吸盤アレイの吸着力制御を目的とする。胎児期疾患である脊髄髄膜瘤の治療法として、パッチで患部を保護する方法が試みられている。この治療法において、胎児の脆い皮膚に侵襲を与えず取り付けが可能で、治療から出生までの間の成長によるサイズ変化に対応可能なパッチの固定方法が求められる。本研究では、吸盤が固定対象を傷つけずに取り付けられ、表面状態によっては対象に張りついたままスライドすることに着目し、吸盤の形状を工夫することで吸着力の制御を行い、成長する生体組織への構造物固定方法の実現を目指す。

3. 研究の方法

(1) 接触面積調整用構造による吸着力の調整

吸盤は、大気圧、吸盤の復元力によって減圧された吸盤内圧力、固定対象から受ける吸盤の復元力に対する反力、および重力がつりあうことで固定される。吸盤の吸着力としては、吸着面に垂直な方向では、大気圧と吸盤内圧力の差に起因し、平行な方向では、吸盤の復元力に対する反力の分力である摩擦力に起因する。このことから、本研究では、吸盤に固定対象との接触面積調整用の構造を構成し、固定対象との接触状態を調整することで平行方向の吸着力を制御する。具体的には、図2に示すような吸盤のパラメータのう

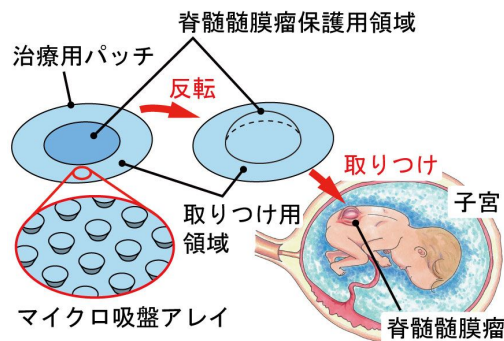


図1 マイクロ吸盤アレイを用いた脊髄髄膜瘤治療用パッチによる治療

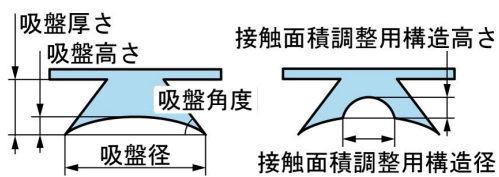


図2 吸盤のパラメータ

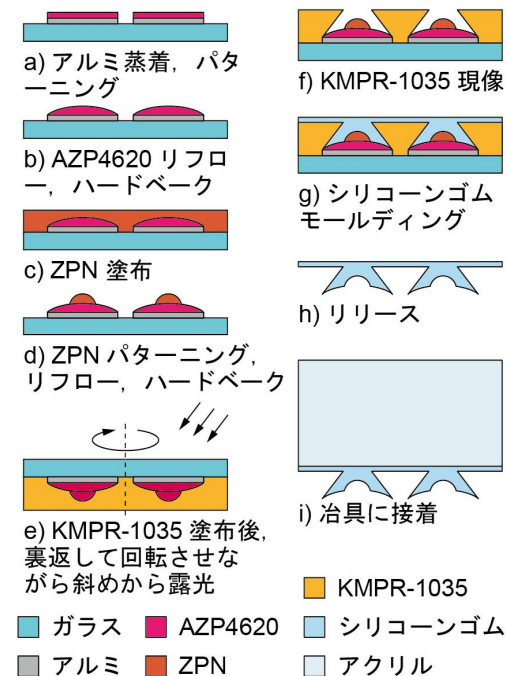


図3 マイクロ吸盤アレイ製作方法概要

ち、接触面積調整用構造の径を変化させたマイクロ吸盤アレイを10mm角のサイズで試作し、吸着特性を評価した。

(2) マイクロ吸盤アレイ製作方法

提案するマイクロ吸盤アレイの製作方法概要を図3に示す。Vinhらのマイクロ吸盤アレイ製作方法^[2]を元とし、固定対象との接触面積を調整するための構造を構成するための手順c)、d)を追加した。まず、ガラスウエハにアルミニウムを蒸着し、AZP4620をマスクとしてマイクロ構造をパターンニングした。その後、マスクとして利用したAZP4620を高温で溶融させ部分球面を形成した。この

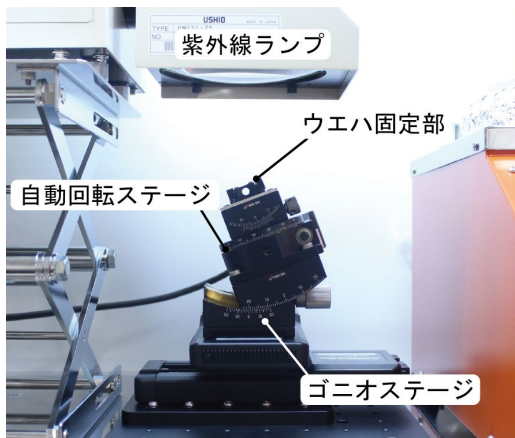


図4 斜め露光用露光装置

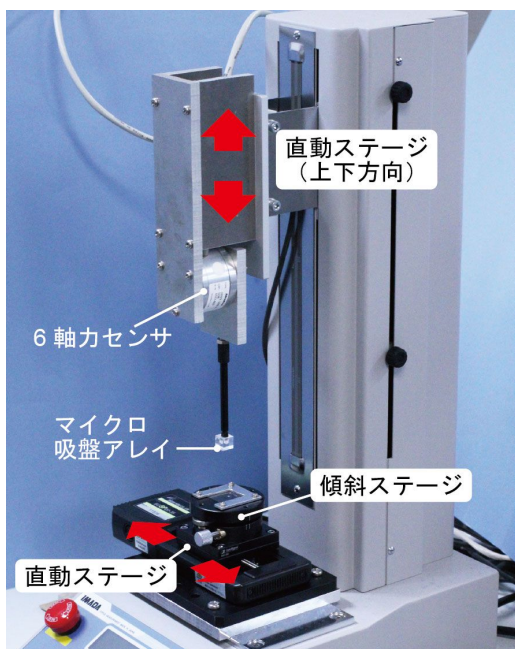


図5 吸着力計測セットアップ

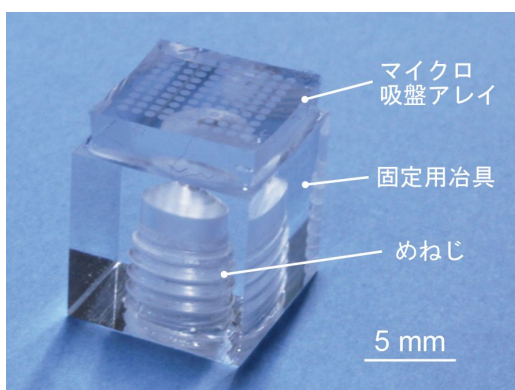


図6 マイクロ吸盤アレイ

部分球面が吸盤の吸着面を構成することとなる。次に、接触面積調整用構造を構成するため、AZP4620の部分球面アレイの上に、ZPNを塗布し、パターニングした。パターニング後、AZPと同様に溶融させることで、接触面積調整用構造を構成した。さらにKMPR-1035の裏面からの斜め露光により、吸盤の斜面部分を構成した。ここまでの過程により、吸盤の型ができあがり、シリコンゴムにより型

取りすることでマイクロ吸盤アレイを試作した。また、マイクロ吸盤アレイの試作にあたり、手順e)で用いる、ウエハを回転させながら斜めから露光するための装置の試作を行った。

4. 研究成果

(1) 斜め露光のための露光装置の試作

ウエハを回転させながら露光するための装置は、紫外線ランプ (PM25C-75、ウシオ電機株式会社) とウエハ設置面の角度を可変とするゴニオステージおよび回転速度を可変とする自動回転ステージ (SGSP-40YAW、シグマ光機株式会社) の組み合わせにより実現した (図4)。ウエハ設置面の角度は $0\sim 20^\circ$ の範囲、自動回転ステージの回転速度は最大で $30^\circ/\text{s}$ に調整可能とした。

(2) マイクロ吸盤アレイの吸着力計測

マイクロ吸盤アレイの吸着力計測にあたり、図5に示す吸着力計測セットアップを構築した。本研究では吸着面に垂直な方向 (圧縮方向) および平行な方向 (せん断方向) それぞれの方向に対するマイクロ吸盤アレイの吸着力の計測を行う。また、吸盤の吸着力は吸盤を対象に吸着させる際の圧縮力に依存することが予想される。したがって、構築したセットアップでは、圧縮方向・せん断方向の吸着力と吸着させる際の圧縮力を計測可能な構成とした。セットアップは吸着力・圧縮力を計測するための6軸力センサ (OPFT-50N-B、ミネベア株式会社)、マイクロ吸盤アレイの吸着および引きはがしのための圧縮方向に駆動可能な直動ステージ (MX2-500N、株式会社イマダ)、吸着対象をせん断方向に動かすことが可能な自動ステージ (SGSP20-35(X)、シグマ光機株式会社) により構成した。このセットアップにマイクロ吸盤アレイを組み込むにあたり、図6に示すようにねじを形成した固定用治具にマイクロアレイを接着した。

マイクロ吸盤アレイとして、吸盤径を $500\ \mu\text{m}$ とし、マイクロ構造のみで吸盤部分が平らなもの、接触面積調整用構造を持たないもの、接触面積調整用構造の径が 150 、 250 、 $350\ \mu\text{m}$ のものの計5種類を試作した。これらのマイクロ吸盤アレイに対し、吸着対象をガラス、吸着する際の圧縮力・引きはがし速度を一定とし、圧縮方向・せん断方向の吸着力の計測を行った。圧縮方向の吸着力を図7(a)に、せん断方向の吸着力を図7(b)に示す。圧縮力方向の吸着力は接触面積調整用構造の径が $250\ \mu\text{m}$ のとき最大値をとり、せん断方向の吸着力は接触面積調整用構造の径が $350\ \mu\text{m}$ のとき最大値をとった。圧縮方向とせん断方向の吸着力の取り方の傾向が異なることから、吸盤の構造により、圧縮方向・せん断方向それぞれの吸着力を個別に調整できる可能性が示唆された。この吸着力は、引きはがし速度・吸着させる際の

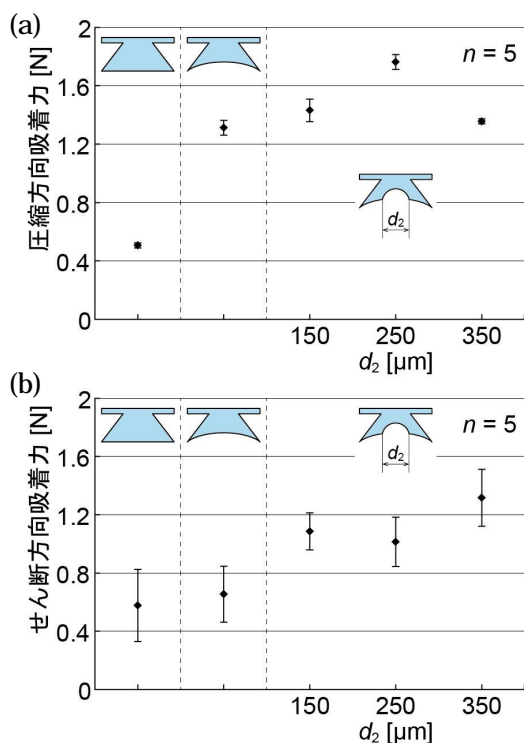


図7 ガラス面に対するマイクロ吸盤アレイの吸着力 (a) 圧縮方向 (b) せん断方向

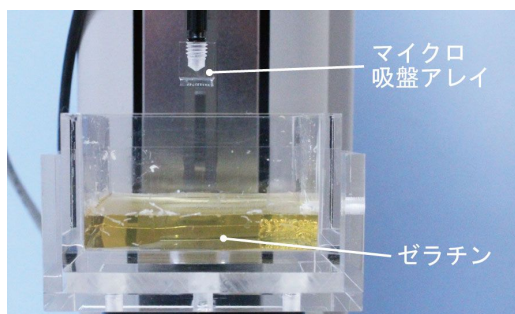


図8 生体モデル(ゼラチン)への吸着

圧縮力に依存することが予想される。したがって、今後は引きはがし速度や吸着させる際の圧縮力をパラメータとして吸着力の評価を行う。

(3) 生体モデルへのマイクロ吸盤アレイ吸着実験

図8に示すように生体モデルとしてよく用いられるゼラチンを吸着対象として、試作したマイクロ吸盤アレイの吸着実験を行った。ガラス板に比べ、対象が柔らかいことで、吸着させる際の条件が異なったが、圧縮方向・せん断方向ともに吸着力が発生することを確認し、柔らかい対象に対しても吸着することを確認した。

実際の環境は羊水という液体中なので、今後液中での評価を行っていく。

参考文献

- [1] N. Scott Adzick et al., N. Engl. J. Med., 2011.
- [2] Vinh et al., Proc. of MEMS2011, 2011.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0件)

〔学会発表〕(計 0件)

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

桑名 健太 (Kenta Kuwana)

東京電機大学・工学部・助教

研究者番号: 00593055