

細胞シートの粘弾性応答計測

(関西医大物理学教室) 影島賢巳、丸山敏朗
(関西医大薬理学講座) 赤間智也、中邨智之

【はじめに】

単一細胞レベルの厚さでミリメートルスケールの広がりを持つ細胞シートを人体外で培養する技術は、再生医療において新たなブレークスルーとなると期待されている。細胞シートは構造的にヘテロかつ階層的であり、細胞シート全体としての物性をそのまま計測することが必要であるが、極薄で繊細であるために測定が困難である。そこで、我々は細胞シートの静的および動的な力学応答を計測できる新たな装置を開発している。培養した細胞シート、およびそれより細胞を取り除いて細胞外マトリックスのみとしたシート（マトリックスシート）の2種類の試料について、ステップ応答を比較したところ、興味深い物性が次々と浮かび上がってきている。

【結果と考察】

図1に装置の模式図を示す。直径4 mmの円形孔のある基板の上に置いたシート状の試料の中央に、直径0.8 mmの着磁性ステンレス鋼の球を置き、下方の電磁石から力学負荷を与えて、変位量を光学式変位センサーで読み取る原理である。電磁石は電圧—電流変換回路で高精度に駆動されるため、任意の波形の負荷力を与えることができる。

この装置を用いて、ヒト繊維芽細胞の細胞シートとマトリックスシートについて、力の設定値を約13 μN から約110 μN の範囲で段階的に変えながら負荷をステップ状にオンオフし、応答を解析したところ、以下のことが明らかになった。細胞シート及びマトリックス試料の両方ともに、異なる時定数を持つ2つのフォークト要素と、ほぼ瞬間的に変形する要素の3つが直列的に結合したモデルで表されることがわかった。これら3者による変形の割合を評価したところ、マトリックスシートでは、負荷力値や負荷のオン・オフの違いによる差異が少なく、純力学的な応答を呈しているのに対し、生細胞を含んだままの細胞シートでは、負荷オンの際には純弾性的に変形した成分が、オフ時には他の2つの粘弾性モードに分配されて戻る様子などが観測された。以上から考えて、3種の力学要素は完全に独立なものではなく、生細胞の負荷に対する応答としてフレキシブルに切り替えられる可能性が考えられる。

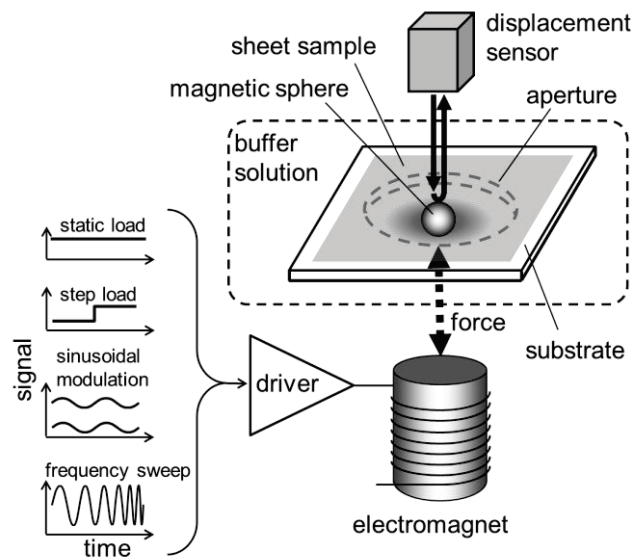


図1 装置の模式図

【参考文献】

(1) M. Kageshima, T. Maruyama, T. Akama and T. Nakamura, submitted.