



|              |                                                                                                                                                       |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title        | Dynamic Gap Structure for High-Throughput Measurement of Cellular Mechanical Properties                                                               |
| Author(s)    | 馬, 豆豆                                                                                                                                                 |
| Citation     | 大阪大学, 2026, 博士論文                                                                                                                                      |
| Version Type |                                                                                                                                                       |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/105598">https://hdl.handle.net/11094/105598</a>                                                                 |
| 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、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>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

論文内容の要旨

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 氏 名 ( 馬 豆 豆 )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                 |
| 論文題名                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Dynamic Gap Structure for High-Throughput Measurement of Cellular Mechanical Properties (薄板ガラスの可変流路構造を備えたマイクロ流体デバイスによる細胞力学特性の高スループット高感度計測方法の確立) |
| <p>論文内容の要旨</p> <p>Precise quantification of cellular mechanical properties (Young's modulus) is essential for understanding cellular physiology, disease progression, and therapeutic responses. In contrast to existing deformability cytometry approaches that rely on fixed static constrictions, extensional flows or hydrodynamic shear, I present an all-glass microfluidic platform incorporating a Dynamic Gap Structure (DGS) formed by an ultra-thin glass membrane integrated into a rigid microchannel. This design enables high-throughput mechanical characterization of suspended cells under well-defined compressive loading. The DGS allows large populations of cells to traverse a tunable constriction gap under precisely controlled pressure, thereby accommodating cell-to-cell mechanical heterogeneity while effectively preventing clogging. By quantitatively correlating the applied pressure with the resulting whole-cell deformation during passage through the gap, I estimate the population-averaged Young's modulus of A549, C6, and NIH3T3 cells. Compared with atomic force microscopy (AFM), the proposed method provides substantially higher throughput and improved measurement consistency, yielding markedly narrower modulus distributions. This label-free platform enables robust, quantitative mechanical phenotyping of cells and offers significant potential for applications in cancer diagnostics, drug screening, and mechanobiology research.</p> |                                                                                                                                                 |

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

| 氏 名 ( 馬 豆 豆 ) |     |             |        |
|---------------|-----|-------------|--------|
|               | (職) | 氏 名         |        |
| 論文審査担当者       | 主 査 | 教 授         | 上田 昌宏  |
|               | 副 査 | 教 授         | 井上 康志  |
|               | 副 査 | 招へい教授       | 泰地 真弘人 |
|               | 副 査 | 教 授 (NAIST) | 細川 陽一郎 |

## 論文審査の結果の要旨

細胞の「硬さ」は、がん化や老化など細胞の状態を知る上での重要な指標であり、その高速かつ正確な測定方法の確立が求められている。従来法である原子間力顕微鏡（AFM）は高精度である一方、多数の細胞を効率的に計測することが困難であった。本研究では、超薄板ガラスを用いた可変ギャップ構造有する微細流路デバイスに構築し、圧力によりギャップ高さを制御しながら通過細胞を圧縮し、その変形量からヤング率を定量化する手法を確立している。本論文では、微細流路デバイスの作製方法および性能の検討、A549・C6・NIH3T3細胞を用いた実験でAFMよりも細胞の個体差を考慮した一貫したデータ、その結果に基づく細胞内の構造と機械的特性の関連性について述べられている。これらの成果は細胞の機能解明の一助となる新しい方法論を提示しており、審査員一同は本論文が博士（工学）の学位論文として価値あるものと認めた。

なお、チェックツール「iThenticate 2.0」により剽窃・引用漏れ・二重投稿等の確認を完了していることを申し添える。