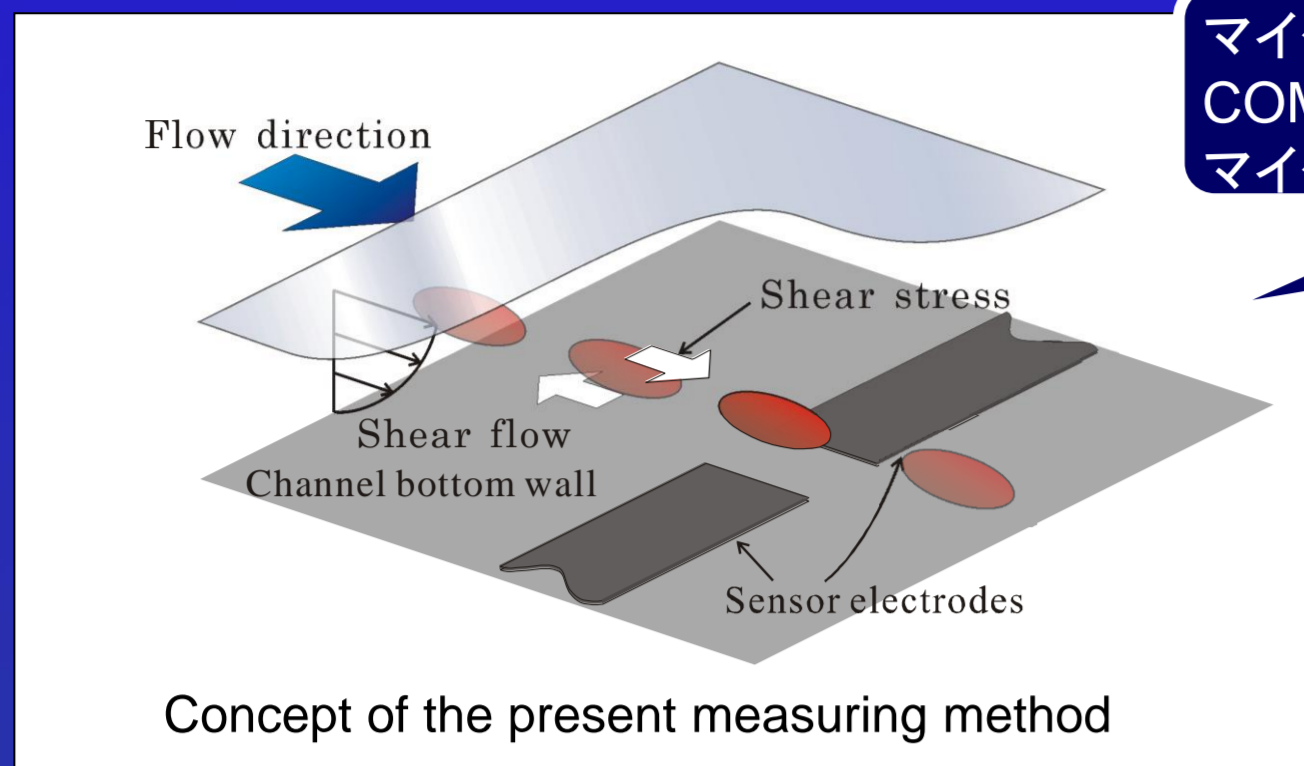


マイクロ流路と電気センサを用いた赤血球変形能測定法の開発と評価

Numerical and Experimental Evaluation for Measurement of Single Red Blood Cell Deformability Using Microchannel and Electric Sensors



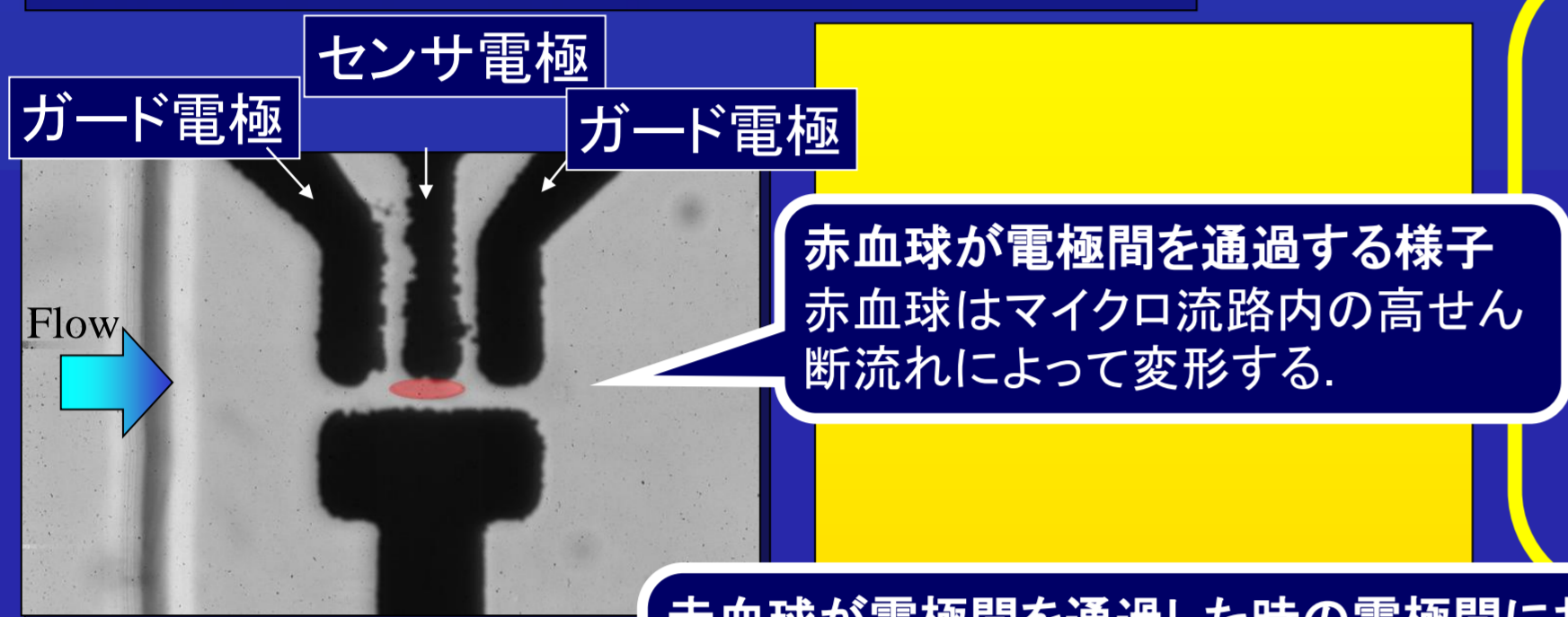
異 和也, 勝本洋一, 藤原良治, 中部主敬
京都大学 工学研究科 機械理工学専攻



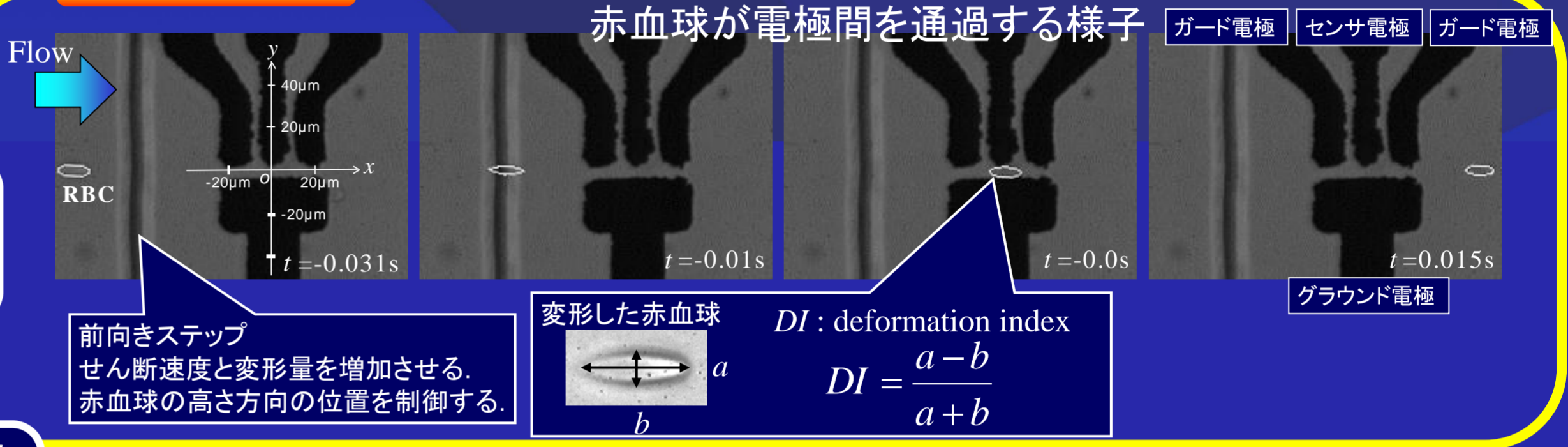
マイクロ流路と電気センサを用いて、単一赤血球の変形能を測定する。COMSOLを用いて赤血球通過時の流路内の電場分布を計算し、マイクロチップの設計指針を示す。

測定原理 赤血球はマイクロ流路内の高せん断流れによって主流方向に伸びるように変形する。その赤血球に対して、流路下壁に付設した薄膜白金電極対によって、電極間の抵抗の時系列変化を測定する。測定抵抗の時系列変化は赤血球の形状に依存するため、測定抵抗分布を解析することで赤血球の変形量を評価できる。

結論 COMSOLを用いて赤血球形状や位置、流路寸法が測定抵抗に与える影響を検討し、それに基づいてマイクロチップを設計した。実験では抵抗の時間分布の半値幅を測定抵抗の評価指標として、赤血球変形能と測定抵抗の相関を確認し、本手法の妥当性を確認することができた。

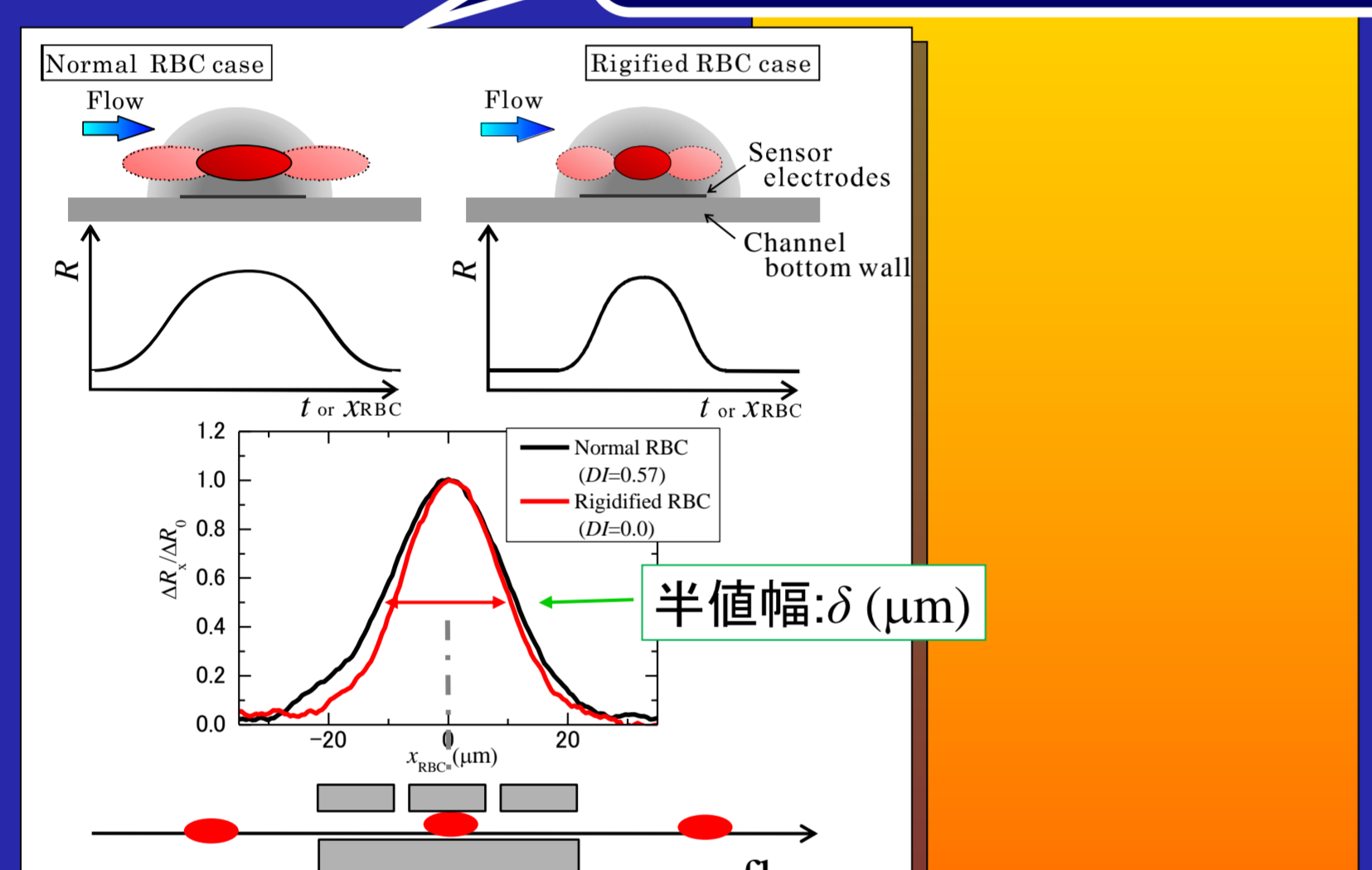


赤血球の挙動

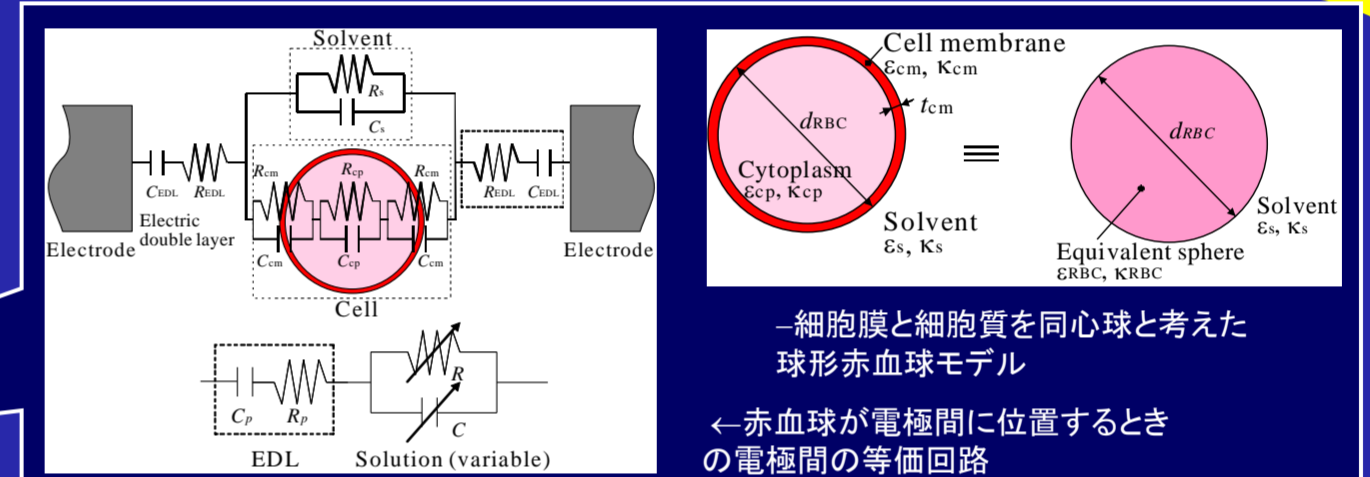
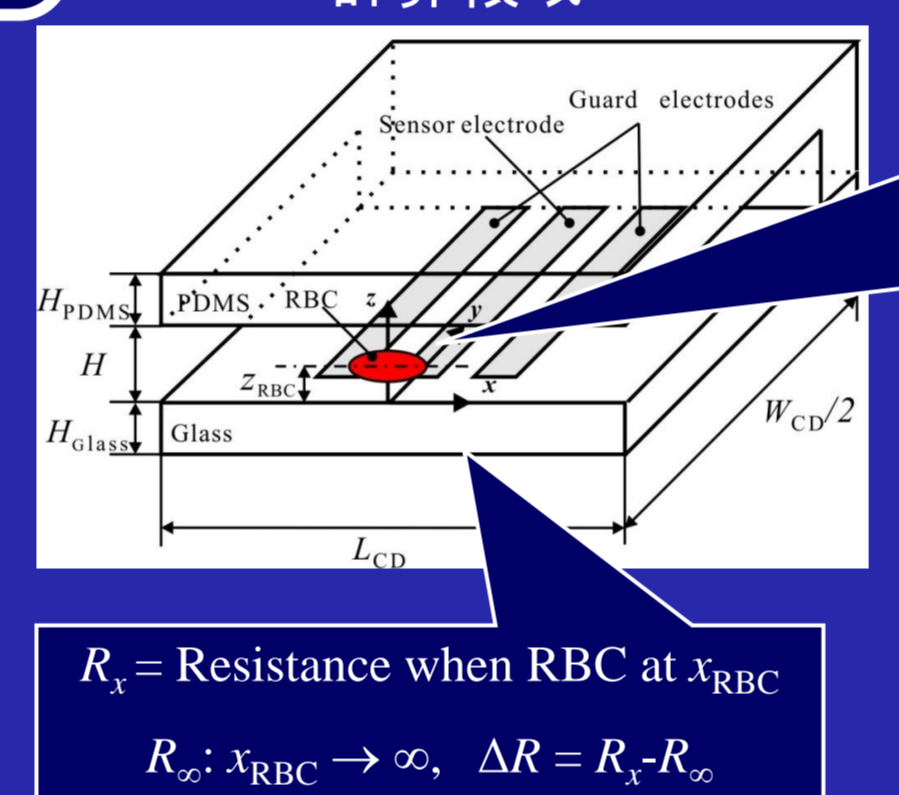


赤血球が電極間を通過した時の電極間における抵抗の時系列変化
抵抗Rとその分布は赤血球形状に依存する。

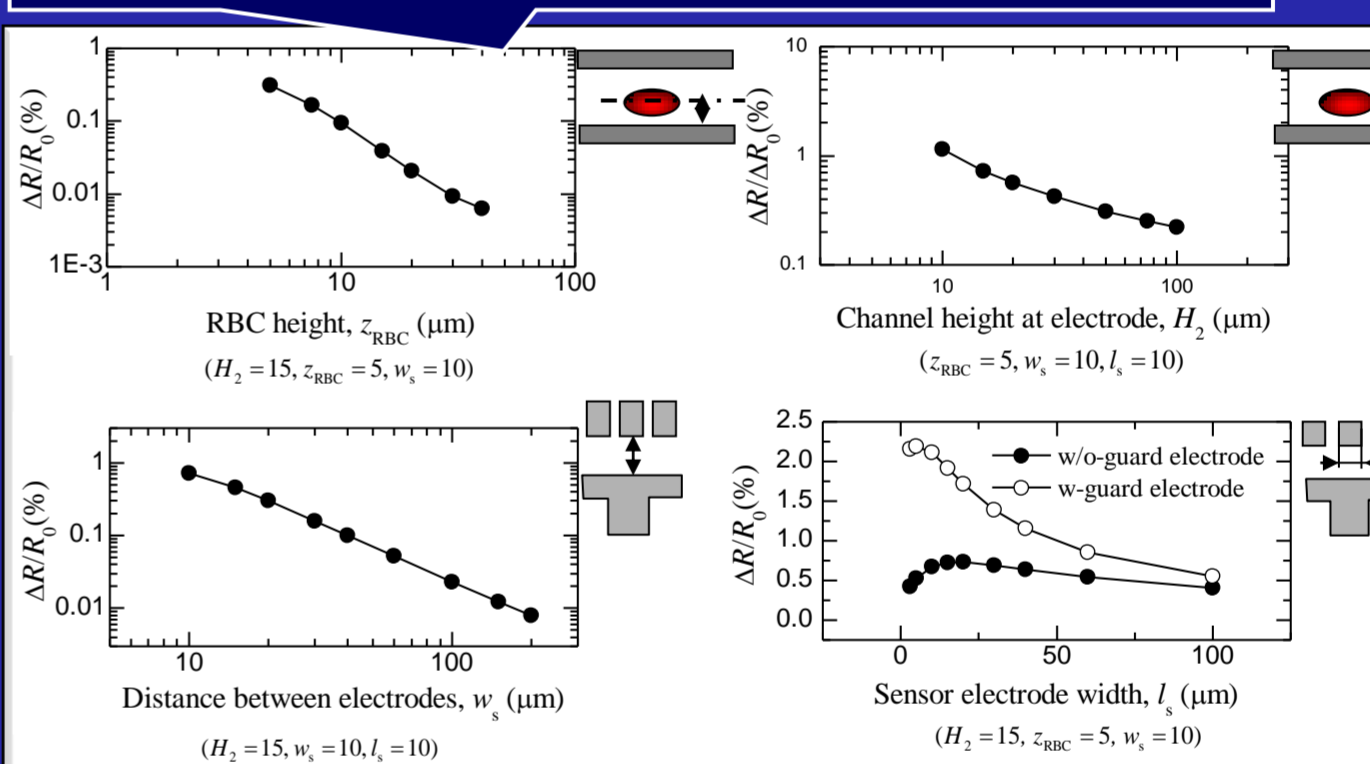
数値解析



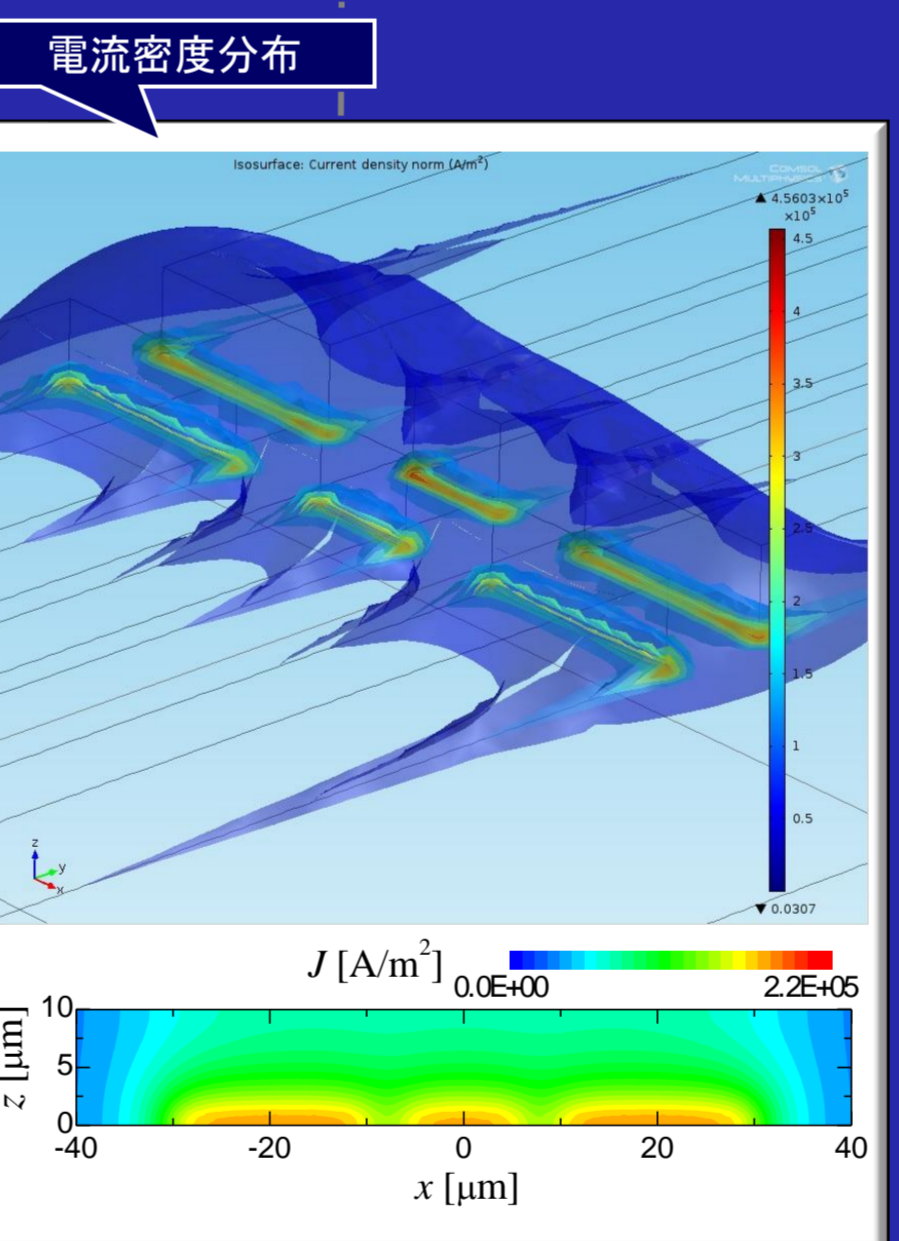
計算領域



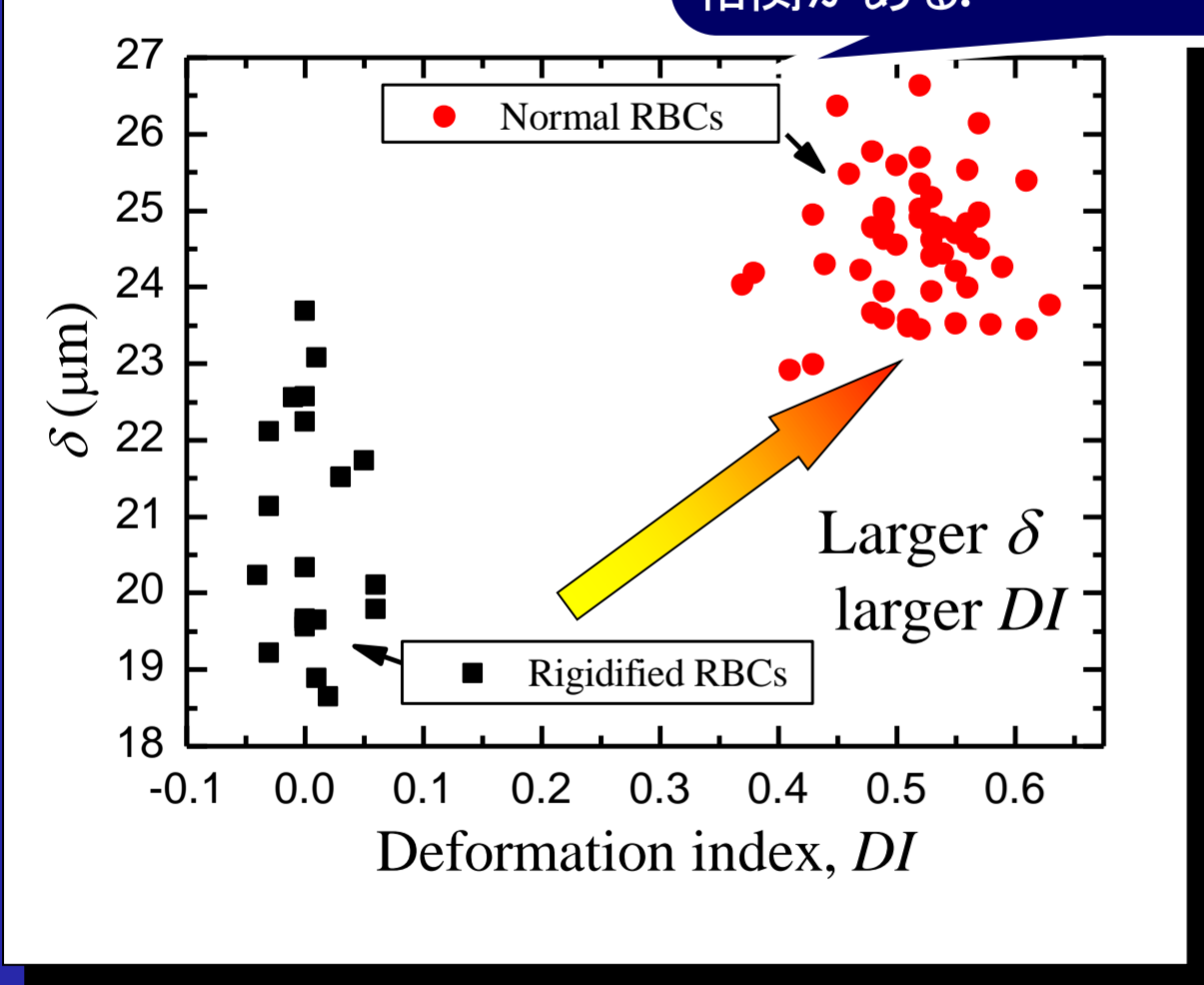
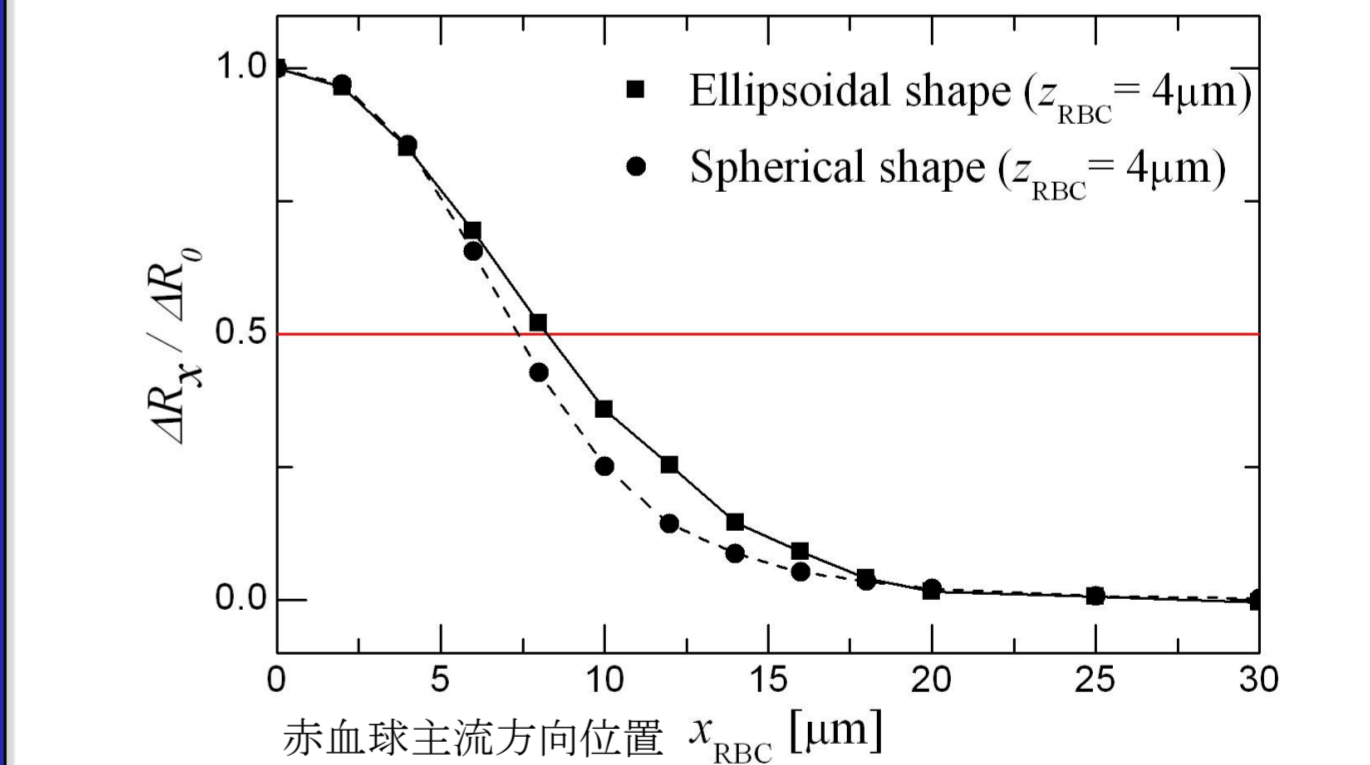
最大抵抗値変化 $\Delta R_0 / \Delta R_\infty$ に及ぼす流路形状や細胞位置の影響



赤血球の変形量 DI と測定抵抗の時間分布の半値幅 δ の関係。
DI (= 赤血球の変形量) は半値幅 δ と強い相関がある。



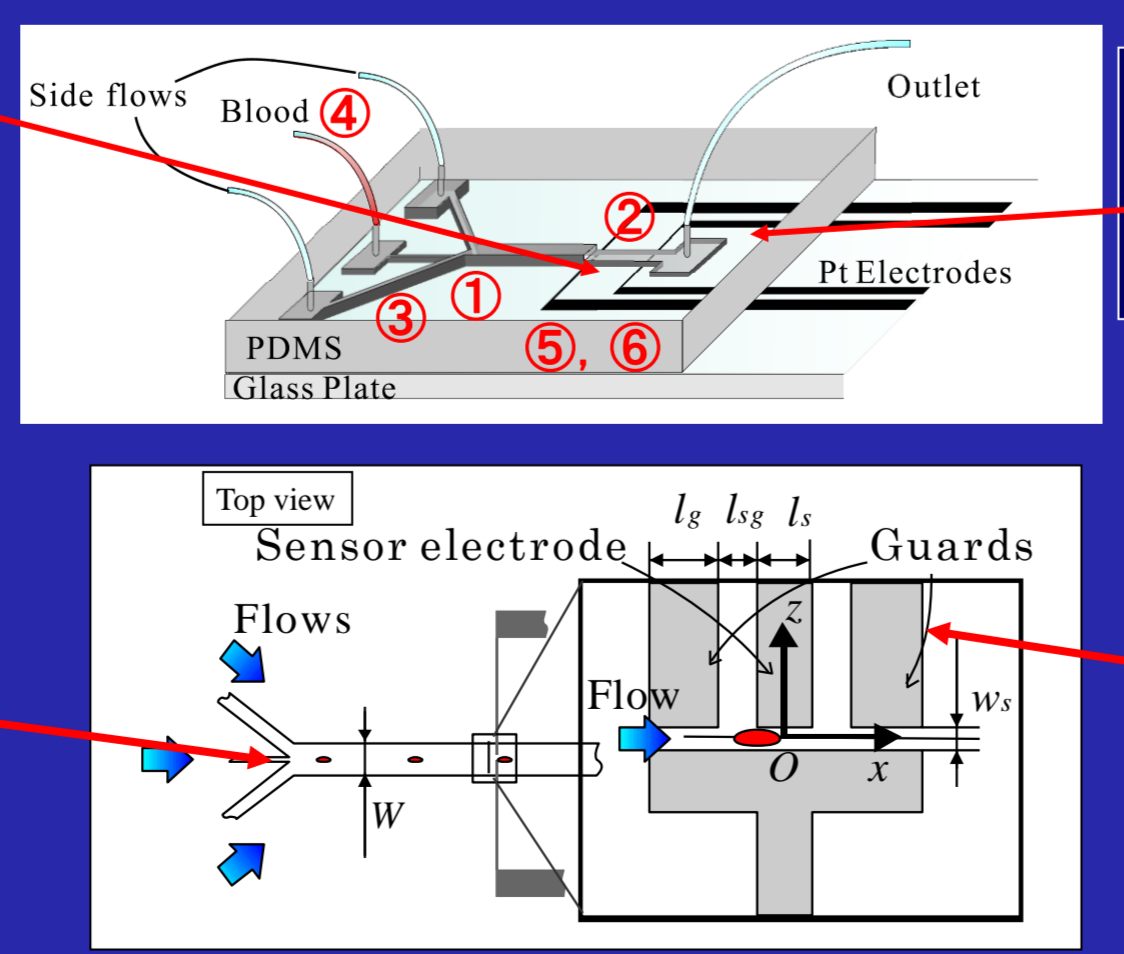
赤血球通過に伴う抵抗の時間分布



性能評価から流路と電極寸法を決定

マイクロチップの設計と実験手法

- ① 流路入口の後ろ向きステップ
赤血球の高さ方向の初期位置を下壁付近に制御する。
- ② 電極付設位置上流の前向きステップ
赤血球の高さ方向の位置を電極対に近付ける。
- ③ 3つの入口(中央の赤血球供給口と2つの側流)
赤血球のspan方向位置を制御する。



- ④ ⑤ ガード電極
電場のフリッジ効果を抑える。

Sensor dimensions	
Parameter	size
Channel height at the sensor, H ₂	10 μm
Height of the RBC's center, z _{RBC}	5 μm
Distance between electrodes, w _s	3.7 μm
Distance between the sensor and guard electrodes, l _{sg}	2 μm
Width of the sensor electrodes, l _s	8.6 μm
Width of the guard electrodes, l _g	15.7 μm