



Title	Development of Multimodal Biosensing Systems
Author(s)	児山, 浩崇
Citation	大阪大学, 2026, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/105539
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

論 文 内 容 の 要 旨

氏 名 （ 児 山 浩 崇 ）	
論文題名	Development of Multimodal Biosensing Systems (マルチモーダル・バイオセンシングシステムの開発)
論文内容の要旨	
本論文は、生体に存在するミクロな情報（細胞・界面レベルの力学特性）と、身体全体の生理状態を反映するマクロな情報（体液中の生化学的指標）とを統合的に捉えるための、マルチモーダル・バイオセンシングシステムの開発を目的とする。 生体は分子、細胞、組織、個体といった多階層構造を有する複雑系であり、細胞間接着や細胞―基質接着、皮膚表面での物質交換など、ミクロな界面で生じる変化が階層を超えて伝播し、最終的にマクロな生理状態として顕在化する。そのため、異なる階層に分布する生体情報を相補的に取得・解釈する計測技術の確立は、バイオエンジニアリング分野における重要な課題である。 本研究ではまず、ミクロな界面で生じる変化の代表的な現象である上皮細胞層の上皮間葉転換（EMT）を対象として、石英振動子マイクロバランス散逸測定（QCM-D）を用いた界面力学解析を行った。EGTAによるカルシウムキレート処理をEMT初期段階に類似した刺激として与え、共振周波数変化および散逸変化の時間応答を粘弾性モデルに基づいて解析した。その結果、細胞層は硬化するのではなく、より弾性的で散逸の少ない界面状態へと遷移することが示され、これは細胞間接着の破綻に伴う力の伝達経路が変化したことにより細胞層の集団的な界面粘弾性が大きく変化したことを反映するものであることが示せた。 次に、非侵襲に取得可能な体液である汗に着目し、アミノアシルtRNA合成酵素を用いた比色反応とフィルム型マイクロ流体デバイスを統合した、卓上型オンサイト汗中アミノ酸分析システムを開発した。本研究成果により、複数種類のアミノ酸を30分以内に多項目同時定量するためのシステム構築を実現した。 本研究の応用により、細胞界面における力学情報と汗中の生化学情報という異なるモダリティを統合し、生体状態を多面的に評価する新たな枠組みを示し、非侵襲ヘルスケア、皮膚科学、スポーツ科学、パーソナライズド医療に資する新たなバイオセンシング技術基盤を提供するものである。	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 （ 児 山 浩 崇 ）			
論文審査担当者	(職)		
	氏 名		
	主 査	教 授	出 口 真 次
	副 査	教 授	清 野 健
	副 査	教 授	西 川 敦
論文審査の結果の要旨 本論文は、生体に存在するミクロな情報である細胞・界面レベルの力学特性と、身体全体の生理状態を反映するマクロな情報である体液中の生化学的指標をそれぞれ解析するための、マルチモーダル・バイオセンシングシステムの開発を目的とした研究である。分子、細胞、組織、個体といった多階層構造を有する生体において、異なる階層に分布する情報を相補的に取得・解釈する計測技術の確立は、バイオエンジニアリング分野における重要な課題であり、本研究はそれに取り組むものである。 本論文ではまず、ミクロな界面で生じる代表的な現象として上皮細胞層の上皮間葉転換（EMT）に着目し、石英振動子マイクロバランス散逸測定（QCM-D）を用いた界面力学解析を行っている。カルシウムキレート処理をEMT初期段階に類似した刺激として与え、共振周波数変化および散逸変化の時間応答を粘弾性モデルに基づいて解析した。その結果、細胞層は単純に硬化するのではなく、より弾性的で散逸の少ない界面状態へと遷移することが明らかとなった。これは、細胞間接着の破綻に伴い力の伝達経路が変化し、細胞層全体の集団的な界面粘弾性が大きく変調されることを示す知見である。次に、非侵襲に取得可能な体液である汗に着目し、アミノアシルtRNA合成酵素を用いた比色反応とフィルム型マイクロ流体デバイスを統合した、卓上型オンサイト汗中アミノ酸分析システムを開発している。本システムにより、複数種類のアミノ酸を30分以内に同時定量することが可能となり、実用的なバイオセンシング手法としての有用性が示された。 このように、本論文では細胞界面における力学情報と汗中の生化学情報という異なるモダリティを統合し、生体状態を多面的に評価する新たな計測・解析の枠組みを提示している。これらの成果は、非侵襲ヘルスケア、皮膚科学、スポーツ科学、パーソナライズド医療など幅広い分野への応用可能性を有するものである。以上の通り、本論文は独創性、学術的意義、ならびに応用展開の可能性のいずれの観点からも高く評価できる成果を含んでおり、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。			