T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	エレクトレットを用いたセルフパワード口腔内ヘルスモニタリングシステムの開発
Title(English)	
著者(和文)	市川健太
Author(English)	Kenta Ichikawa
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12357号, 授与年月日:2023年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:土方 亘,岡田 昌史,初澤 毅,西田 佳史,八木 透
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12357号, Conferred date:2023/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（博士課程）

論文審査の要旨及び審査員

<table>
<tr><td>報告番号</td><td colspan="2">甲第　　　　　　　　　　号</td><td>学位申請者氏名</td><td colspan="2">市川　健太</td></tr>
<tr><td rowspan="5">論文審査
審 査 員</td><td></td><td>氏　名</td><td>職　名</td><td></td><td>氏　名</td><td>職　名</td></tr>
<tr><td>主査</td><td>土方　亘</td><td>准教授</td><td rowspan="4">審査員</td><td>八木　透</td><td>教授</td></tr>
<tr><td rowspan="3">審査員</td><td>岡田　昌史</td><td>教授</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>初澤　毅</td><td>教授</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>西田　佳史</td><td>教授</td><td></td><td></td></tr>
</table>

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「エレクトレットを用いたセルフパワード口腔内ヘルスモニタリングシステムの開発」と題し，全５章で構成されている．

第１章「緒　論」では，本研究の背景と目的を論じている．まず，高齢社会の課題として健康寿命の延伸を挙げており，生理的データを常時計測するウェアラブルセンサを使った未病状態での疾病予測が，その解決策の一つであると述べている．特に，疾病の予測や診断のバイオマーカとして用いる唾液や咬合力の計測が有望であるが，化学電池を口腔内に入れることができず，センサへの電力供給が課題であることを指摘している．そこで本研究では，口腔内の生体活動を利用した発電素子を提案し，マウスガード型エナジーハーベスタおよびマウスガード型咬合力センサに応用することを目的としている．

第２章「エレクトレットを用いた口腔内エナジーハーベスティングの提案と原理検証」では，咬合動作，呼吸，唾液の分泌などの口腔内生体活動と，それを電気エネルギーに変換する原理について検討している．その結果，エレクトレットとエラストマを上下の電極で挟んだ積層シートを用いて，咬合力で発電する静電誘導型エナジーハーベスタを提案している．次に，エラストマの圧縮変形特性を表した超弾性体モデルと，積層シートの電気的動特性を表した等価電気回路モデルを融合し，提案するエナジーハーベスタの発電量をシミュレーションしており，圧電体と比較して低周波駆動時の発電量が優れていることを示している．また，厚型の原理検証用エナジーハーベスタを試作し，咬合力シミュレータを用いて発電量を実験的に評価した結果，周波数 1.1 Hz，最大 60 MPa の咀嚼動作において，臼歯２対分の面積に対して最大 31.5 μW の発電量が得られ，同寸法の圧電体に対して 560 倍高い発電性能を確認している．

第３章「マウスガード型エナジーハーベスタの設計と評価」では，マウスガードへの埋め込みを想定した薄型の発電シートの設計と試作，および実験による評価を実施している．まず，第２章で提案したモデルを用い，エレクトレットと誘電エラストマの厚さ，および給電対象を模擬した負荷抵抗の値を設計変数とし，全体の厚さを 200 μm，上下の電極の厚さをそれぞれ 10 μm とした制約条件のもと，薄型エナジーハーベスタの発電量最大化設計を実施している．その結果，エレクトレットの厚さが 12 μm，誘電エラストマの厚さが 50 μm，負荷抵抗が 1 GΩ のときに，発電量 2.5 μW の試算結果を得ている．また，エチレン酢酸ビニル共重合体を用いた軟質マウスガードと，ポリエチレンテレフタレートを用いた硬質マウスガードの間に，発電シートを埋め込んだエナジーハーベスタの製作方法を開発している．最適化した発電シートを埋め込んだマウスガード型エナジーハーベスタを試作し，咀嚼時相当の咬合力を負荷して発電量を評価した結果，設計値に等しい 2.5 μW の発電量を得ている．

第４章「マウスガード型咬合力センサの設計と評価」では，静電誘導型エナジーハーベスタを咬合力センサとして応用するための原理を提案し，センサの設計と実験による評価を行っている．まず，第２章で提案したモデルを基に，入力をエナジーハーベスタが発生する誘導起電力，出力をエナジーハーベスタに負荷された力とする，咬合力推定逆モデルを構築している．咬合力センサを試作し，咬合力シミュレータを用いて実験を行った結果，0.17 Hz から 2.6 Hz の負荷に対して 200 N 以下の範囲では，精度よく咬合力の推定が可能であることが確認されている．一方，それ以上の負荷では誘電エラストマに用いたシリコンの圧縮方向伸長比がほぼ変化せず，咬合力センサに求められる最大 1000 N の推定レンジを実現するためには，誘電エラストマの圧縮変形特性を考慮した設計が必要であるとの示唆を得ている．そこで，高負荷領域までより一様に圧縮方向伸長比が変化するポリエチレンテレフタレートやポリイミドを誘電エラストマとして用いた咬合力センサを設計･試作し，実験で評価したところ，1000 N までの精度高い推定を実現している．以上の結果より，誘電エラストマに用いる材料の圧縮変形特性を考慮することで，所望の咬合力測定レンジを満足するセンサを設計可能であることを示している．

第５章「結　論」では，各章で得られた結論を総括し，今後の課題を述べている．

以上を要するに，本論文は，エレクトレット，誘電エラストマ，および電極を積層した静電誘導型発電シートを提案し，これを用いたマウスガード型エナジーハーベスタの設計手法，および咬合力センサの設計手法を提案するとともに，実験によりその有効性を実証したもので，工学的および工業的に貢献するところが大きい．よって，博士（工学）の学位論文として十分な価値があると認められる．

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。