

**研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム  
戦略テーマ重点タイプ 完了報告書(公開版)概要**

技術テーマ	:IoT、ウェアラブル・デバイスのための環境発電の実現化技術の創成
研究課題名	:3次元圧電単結晶スプリングを用いた振動発電の研究開発
プロジェクトリーダー	
機関名	:株式会社 Piezo Studio
氏名	:井上 憲司

**1. 研究の目的**

本研究開発ではマイクロ引下げ法を用いた単結晶 3次元形状制御技術による世界初の圧電単結晶スプリング構造を実現し、従来の概念を覆す圧電振動発電技術の確立を目的としている。従来のマイクロ引き下げ法に 3次元制御機構を付加することで、直接 3次元スプリング構造の育成を可能にする。スプリング構造とすることで小型化と共振周波数を両立させウェアラブルデバイス等の電力源となることを目標とする。プロジェクト後半、スプリング構造を生かしたアンテナ+センサデバイスに展開し、アンテナ専門家を加え、無給電ワイヤレスセンサの実用検証に目標を変更した。

**2. 研究成果の創出状況**

マイルストーン	達成状況
(1) 単結晶 3次元形状制御機構開発の確認	スプリング形状育成技術の体系化を達成。
(2) 集束ビーム超音波プローブによるスプリング結晶評価法、実効的圧電定数評価法、発電効率評価法の構築	新材料を含む圧電候補材料の評価、スプリング向け材料の提案、発電メカニズムの解明を達成
(3) 初期検討形状の決定と小型化に向けたシミュレーション	初期スプリング構造の決定のためのシミュレーションを実施。電極位置や巻き数、ピッチを決定。
(4) アプリケーションに関わる参画企業候補選定	展示会等を活用し参画企業候補を選定した。最終的に(15)の T社の参画を得た。
(5) 既存圧電単結晶スプリングの振動による発電量の定数依存性の関係の確認	発電に有効な材料定数の特定を達成。スプリング用圧電材料の選定にも貢献。
(6) 新規圧電結晶の材料定数の精度確認	発電に有用な材料定数が大きくなると予想される材料の定数を決定。十分な精度を確認。
(7) 単結晶 3次元形状制御技術を用いたスプリング状圧電単結晶の作製及び結晶評価	最終的に LiNbO <sub>3</sub> を用いたスプリング形状を達成の見込み。
(8) 圧電スプリングの評価	D33メータ導入をはじめ、発電量評価系を構築。
(9) 圧電スプリング形状の具体的設計及びシミュレーション	発電に望ましい構造パラメータを設定。途中、対象を機械加工スプリングに変更し、加工限界との整合を図りながら、当初より大きな起電圧を示すスプ

	リングを作製した。
(10) サファイア等によるスプリング形状への適用	スプリング構造への低抵抗な電極膜を成膜可能とした。
(11) 発電テスト及び回路検証	最終的に加振機を導入した発電量評価系を構築した。
(12) アプリケーションに関わる参画企業候補選定	中間評価見直しにより(15)に集約。
(13) デバイスの評価	中間評価見直しにより発電量の追求に代えて、スプリング形状を生かしたアンテナ+センサデバイスへの展開を進めている。アンテナ専門家が体制に加わり、散乱波を用いたリモートセンシングを実現見込みである。
(14) アプリケーションに関わる参画企業の製品構想	中間評価見直しにより(15)に集約。
(15) 無給電ワイヤレスセンサの実用化検証	デバイス実用化検証に T 社が参画し、実用性検証を進めている。プロジェクト後も引き続き実用化に向けたコラボレーションを進めることで合意している。

### 3. 今後の展開

デバイス実用化に向けて参画した T 社と共に、スプリング構造を生かした下記の様なデバイス実現を目指す。

- 無給電ワイヤレスセンサによる離れた位置からの振動状態モニタリング及び振動エネルギーを電力源としたセンサへの展開
- トリガースイッチ  
密封型 IoT センサ(カプセルタイプ)向けの起動スイッチへの展開
- スマートハンマー  
構造物等打診検査用ハンマーへの適用

以上