

平成 15 年 戦略的基盤技術力強化事業
研究開発成果報告概要

事業管理 法人名	財団法人 新産業創造研究機構	代表者名	大庭 浩	所在地	〒650-0047 神戸市中央区港島 南町一丁目5番2 Tel:078-306-6800
-------------	-------------------	------	------	-----	--

管理番号 15R-11
技術分野 ロボット部品分野
技術区分 センサ/アクチュエータ関連
技術開発課題 センサ関連技術・危険作業代替分野
テーマ名 ロボット用超小型6軸モーションセンサに関する研究開発
研究開発期間 平成15年8月1日～平成16年2月27日

1. 委託事業実施の背景と委託事業の概要

現在、超小型ロボットの開発が多くの企業・研究機関で進められている。例えばセイコーエプソン(株)から発表されている10mm角程度の超小型自立航行ロボットなどは、企業の技術力のアピールやアミューズメント向けであるが、将来はメンテナンスロボットや危険箇所作業代替ロボット等としての応用が期待されている。このような超小型ロボットの回転運動や動作角度を検知する角速度センサや直線運動・傾斜を検知する加速度センサは、あらゆる方向の動作を検知するために加速度3軸・角速度3軸の計6軸のモーションセンシングが不可欠となる。しかし、現在市販されているセンサは、サイズに問題があり搭載することが困難である。前記観点から、超小型6軸モーションセンサの必要性はますます高まってきており、さまざまな分野での応用展開が期待できる。

本研究では、ニーズの高いプラントの監視/検査といったプラントメンテナンス分野での応用に着目した。プラントでは、設置環境によって人が近寄れない危険区域が多く、通常様々なセンサや計測器を設置し中央制御室などで遠隔監視を行うが、それだけでは故障診断を正確に行うには情報不足であり、さらにこれら計測器が設置されない危険箇所は、運転停止時のメンテナンスしか行われず、その際には作業員などに危険な作業を強いているのが実情である。このような背景から、プラントの状態を常時モニタリング(監視)し、必要ときには能動的に振動等を与え、プラントの検査に必要なデータを収集できるロボット、およびこれらのロボットから収集したデータを蓄積して解析するシステムが望まれている。そこで本研究においては、

- A 超小型6軸モーションセンサの開発
- B カード型センサモジュールの開発
- C プラント監視/検査ロボットへの適用と応用研究

の研究開発を行う。

以下、研究開発項目 A、B、C について述べる。

2. 委託事業全体の内容と目標

(1) 技術の内容と新規性、独創性、改善性又は技術基盤強化性

A 超小型6軸モーションセンサ

- ・小型ロボットに搭載しうるサイズにて、1パッケージで6軸検出できるセンサはまだ実用化されておらず、新規性が高く小型化への優位性も高い。
- ・研究レベルにおいては6軸を1チップで開発する試みもされているが、本研究では角速度センサ、加速度センサそれぞれにおいて有利な構造で形成し、それを集積することで6軸センサを得る構造であり、これは他には例の無い独創性がある。
- ・本研究にて開発を行う、高機能圧電単結晶材料の実用化、圧電単結晶材料のドライエッチング技術、ナノスケールの piezo 抵抗素子技術などは、振動子、フィルタや他のセンサなど、幅広い分野への応用展開が期待でき、技術基盤強化性も高い。

B カード型センサモジュール

- ・小型でかつ、信号処理回路やデータの無線通信機能などを備え、かつ小型でフレキシブル性を備えているため、今回応用研究を行うプラント監視 / 検査ロボットなどでは、細い配管部や狭い部などへの取り付けも可能で、かつ多点を同時に、しかも容易に測定できるため、非常に優位性が高く、改善性が高い。

C プラント監視 / 検査ロボット

- ・プラントの定期メンテナンス時以外の経時変化が記録でき、短期や長期の経時変化から故障前の事前検知・及び部品交換時期などの確認が行うことができ、非常に新規性が高い。

(2) 技術目標値

A 超小型6軸モーションセンサの開発

- ・1パッケージにて6軸(3軸加速度・3軸角速度)が検出可能であること
- ・集積化した6軸モーションセンササイズ:5×3×1.5mm以下
- ・3軸加速度センサ部:チップサイズ1×1×0.5mm以下、ダイナミックレンジ±20m/sec²
応答周波数100Hz、測定精度:±3%以内
- ・3軸角速度センサ部:チップサイズ3.5×1.5×0.3mm以下、測定精度:±3%以内
ダイナミックレンジ±300deg/sec、応答周波数20Hz

B カード型センサモジュールの開発

- ・モジュールサイズ:30×30×2.5mm以下
- ・AD変換回路・データ演算機能(マイコン)、無線機能を備えていること
- ・回路基板がフレキシブル化されていること
- ・メモリ量:16kword以上
- ・無線通信距離:5m以上
- ・重量:10g以下

C プラント監視 / 検査ロボットへの適用と応用研究

- ・カード型センサモジュールからのデータを無線通信で受信できるシステムの確立
- ・50個のセンサモジュールのデータを収集するデータベースシステムの確立
- ・収集したデータをもとに、異常診断、設備診断を行うアルゴリズムの確立
 - 1次診断アルゴリズム:カード型センサモジュール上で実行できるレベル
 - 2次診断アルゴリズム:データベース上のデータによる診断
- ・データの収集周期、収集期間、診断周期の確立
- ・診断対象機器による上記の場合分けとカード型センサモジュールへの要求機能確立

3. 委託事業全体における技術目標値を達成するための課題と解決方法

A 超小型6軸モーションセンサの開発

- < 課題 > ・超小型化に伴い、検出部感度低下を補うため高感度が得られる構造設計及び高効率材料の開発・検討。
 - ・超小型化に対応しうる、シリコン深掘エッチングや側面露光技術などの微細加工技術及び高精度加工技術の開発。
- < 解決方法 > ・高機能圧電単結晶材料の検討(LiNbO₃/ニオブ酸リチウムなど)
 - ・圧電単結晶材料のドライエッチング技術の確立
 - ・側面露光技術の確立
 - ・EBリソグラフィ、不純物拡散、シリコン深掘りエッチング、ガラス接合を組み合わせた小型センサ専用の製作プロセス開発

B カード型センサモジュールの開発

- < 課題 > ・プラントの様々な場所への取り付けを可能にするための構造決定
 - ・センサモジュールへの電源供給方式
- < 解決方法 > ・センサモジュールの薄型化設計(厚さ2.5mm以下)
 - ・回路基板のフレキシブル化
 - ・ボタン電池の搭載、または電波整流方式による給電

C プラント監視 / 検査ロボットへの適用と応用研究

- < 課題 > ・対象機器の監視 / 検査における要求詳細仕様の抽出

- < 解決方法 >
- ・学会・展示会調査により、最新のプラント監視 / 検査ロボットの診断システム、診断アルゴリズム手法の最新情報調査。
 - ・プラント実機データを収集する事により、最適なデータベースシステム、データ収集周期、期間、診断周期の確立。
 - ・プラント実機データを収集する事により、センサモジュールの実運用上の仕様（通信距離、プロトコル、対環境性、機器への取付け方法、検査用振動周波数、検査時間等）決定。
 - ・収集した実機データに対して各種診断アルゴリズムを適用し、最適な方式を確認。

4. 当該年度における技術目標値の達成の状況と意義(実績)

A 超小型6軸モーションセンサの開発

超小型3軸加速度センサの開発

< 技術目標値 >

- ・1mm×1mm×0.6mm以下のサイズでシミュレーション設計の完了
- ・原理確認デバイスにて小型センサ製作のプロセスの確立

< 達成状況 >

- ・加速度センサ部は、1×1×0.6mm以下のサイズでシミュレーションにより設計完了し、原理確認デバイスにて小型センサ製作のプロセスを確立した。

超小型3軸角速度センサの開発

< 技術目標値 >

- ・シミュレーションにより、3.5mm×1.5mm×0.3mmサイズにて3軸感度検出が可能となる設計完了
- ・側面露光プロセスにより、ライン&スペース100μmで主面・側面の同時露光の条件確立

< 達成状況 >

- ・角速度センサ部は、シミュレーションにより3.5×1.5×0.3mmサイズにて3軸感度検出可能なデバイスを設計完了し、側面露光プロセスによりライン&スペース100μmで主面・側面の同時露光の条件を確立した。またセンサモジュール搭載用のセンサの試作10台を行った。

B カード型センサモジュールの開発

信号処理アルゴリズムの開発

< 技術目標 >

- ・プラント現場で実際に有用な出力データの仕様決定(項目およびデータ仕様)

< 達成状況 >

- ・センサモジュール部は、必要仕様の決定を行い、動作確認用回路の試作及びプログラミングを行い動作することを確認した。

無線通信部の開発

< 技術目標 >

- ・仕様決定(5m以上の無線通信距離が確保できることの確認)
- ・送信データと受信データの完全性など基本動作確認の完了

< 達成状況 >

- ・無線方式、無線モジュールを調査し、無線通信部の仕様を決定した。また無線通信部は5m以上の通信距離の確認、データの信頼性の確認を行った。

C プラント監視 / 検査ロボットへの適用と応用研究

センサの必要機能検討

< 技術目標 >

- ・プラント監視 / 検査ロボットに適用可能なセンサの仕様決定。
- ・データベースシステム、データ収集周期、期間、診断周期の確立。
- ・センサモジュールの実運用上の仕様(通信距離、プロトコル、対環境性、機器への取付け方法、等)決定。
- ・診断アルゴリズムの決定。

< 達成状況 >

・プラント監視への応用部は、データベースシステム・データ収集周期・期間・診断周期の確立・センサモジュールの実運用上の仕様(通信距離・プロトコル・対環境性・機器への取付け方法等)決定、診断アルゴリズムの決定を行った。このうち加速度センサの周波数特性については用途検討の結果、1kHz へ上方修正を行う予定である。

5. 事業化の目標と当該年度に把握した事業化を取り巻く環境変化

平成15年11月に開催された国際ロボット展では、ロボットの多様化と実用化が目を惹いた。とりわけ本事業のアドバイザーであるセイコーエプソンの宮澤氏がリーダーとなって出展した空飛ぶロボットはマスコミにも取り上げられ反響は大きかった。本事業は、超小型の万能6軸モーションセンサの実用化を目指しており、この成果はあらゆるロボットに活用できるため、戦略的基盤事業として益々成長が期待されていることを確認できた。

さらに、本事業では、センサを利用し易くする技術、解析ファームウェアや無線機能搭載の“カード型センサモジュール”の並行開発を目標としている。インテリジェントなカード型センサモジュールは本プロジェクトにおける市場環境調査でも生体系やプラントメンテナンス、車両、輸送・搬送系への大きな需要が見込めることが明らかになった。

このような好環境を睨んで、本研究開発事業を残る2年間で是非とも成功させ、中小企業が主体となって国内産業・経済の活性化、雇用創出に貢献したい。