

平成 17 年度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 (代表者氏名)	財団法人 新産業創造研究機構 (田崎 雅元)		所在地	〒650-0047 神戸市中央区港島南町一丁目 5 番 2 (Tel:078-306-6802)	
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	研究開発課題	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 17 年 4 月 1 日 ~ 平成 18 年 2 月 20 日

1. 委託業務の概要

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。現在の超小型ロボットは、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、将来はインフラの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。これらの超小型ロボットの動作部位あるいはロボット本体の動きを検出するためには、回転運動や動作角度などを検知するための角速度センサや直線的な運動・傾斜などを検知する加速度センサ等に代表されるいわゆるモーションセンサが必要であるが、現在の市販品では、サイズが大きく搭載することができない問題がある。またロボットのあらゆる方向の動作を検出するためには、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である。

上記の観点から 6 軸の動作を検知できる超小型 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、その応用分野の中でも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。プラントの状態を常時モニタリング (監視) し、必要な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

の研究開発を実施する。

2. 技術目標値

A 超小型6軸モーションセンサの開発

1 チップへ集積化・評価

超小型3軸加速度センサを超小型3軸角速度センサの1チップへの集積化・評価を行う。

集積化されたセンサは、 $5 \times 3 \times 1.5\text{mm}$ 以下のパッケージへのパッケージングを行う。

カスタムIC作製

平成17年度は、平成16年度までに設計・試作を行った加速度センサ、角速度センサの動作回路のカスタムIC化を行う。

B カード型センサモジュールの開発

カード型モジュールの試作

最終目標のカード型モジュールのサイズは $30\text{mm} \times 30\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ 以下とし、このモジュールにA/D変換機能付きマイコン、メモリ、無線モジュール等を搭載して、総重量10gとする。

マイコンに搭載するファームウェアは、16年度に開発したアルゴリズムをベースに、よりコンパクトなコードを生成し16ビット小型MPUに対応させる。

カード型モジュールの評価

受信モジュールをより実用化に即したコンパクトな構成で試作し、センサネットワークシステムとしての総合評価を行う。

また、ZigBee(小型省電力多ノードを特徴とする無線技術)などの新しい無線ネットワークについても調査を行う。

C プラント監視/検査ロボットへの適用と応用研究

ネットワーク実証試験

カード型受信モジュールへの実装、異常診断機能の追加・改善、PDA版への対応、複数のセンサによるネットワーク化への対応を行い、実プラント設備における実証テストを実施し、ネットワーク化したプラント診断システムの構築を行い、製品化への基盤を作る。

3. 目標値を達成するための解決策と具体的方法

A 超小型6軸モーションセンサの開発

1チップへの集積化・評価

< 課題 > シリコンと圧電単結晶デバイスの接合方法の確立。

< 解決方法 > シリコン・圧電単結晶材料それぞれの表面に低融点金属（金/スズ合金等）の薄膜を形成し、真空中で加熱・融着する方法などの技術開発を行う予定。精度よく接合を行うため、ボンドアライナー装置の導入、あるいは低融点金属の融着実験用として高温雰囲気炉の導入も行う予定。

カスタム IC 製作

< 課題 > 確実に動作し所定の特性を得られるカスタム IC を製作すること。

< 解決方法 > 平成16年度までに評価を行った回路構成も含め、カスタム IC 化を検討している回路は回路ブロック単位にて汎用部品の組み合わせで動作の確認を行い、設計にフィードバックを行う。

B カード型センサモジュールの開発

カード型モジュールの試作

< 課題 > 目標とする小型フレキシブルなモジュールの実現

< 解決方法 > 試作は薄型プリント基板を用いたデバッグ機能搭載の実用化試作と、部品点数を極力低減して極薄型（フレキシブル）基板に搭載した事業化イメージ試作を行う。事業化イメージ試作において、最終目標サイズ、重量、フレキシブル化を達成する。

マイコンに搭載するファームウェアは、16年度に開発したアルゴリズムをベースに改良し、よりコンパクトなコードを生成し小型MPUに対応させる。

カード型モジュールの評価

< 課題 > 高速サンプリング・高速データ転送の実現

< 解決方法 > 高速メモリを使用することで1kHzでのサンプリング、一時データ蓄積、高速データ転送を可能とする。また、耐環境特性に優れた組込型受信モジュール（PDA版等）でも、所定の性能が得られることを確認する。

C プラント監視 / 検査ロボットへの適用と応用研究

ネットワーク実証試験

< 課題 > 複数のセンサによるネットワーク化した異常診断システムの構築

< 解決方法 > 異常診断ソフトウェアのカード型受信モジュールへの実装、異常診断機能の追加・改善、PDA版への対応、複数のセンサによるネットワークシステムの構築を行い、実プラント設備において繰り返し実証試験を行い、製品化への基盤を作る。

4. 当該年度における技術目標値の達成状況と意義

A 超小型6軸モーションセンサの開発

1チップへの集積化・評価

センササイズ：集積化サンプルサイズ $3.5 \times 1.2 \times 0.8\text{mm}$ （目標達成）

カスタム IC 製作

加速度センサ部（単体での評価）

ダイナミックレンジ： $\pm 200\text{m/sec}^2$ 以上（目標達成）

応答周波数：1000Hz 以上（目標達成）

測定精度：非直線性 1%FS 以内（目標達成）

角速度センサ部（単体での評価）

ダイナミックレンジ： $\pm 300\text{deg/sec}$ 以上（目標達成）

応答周波数：20Hz 以上（目標達成）

測定精度：非直線性 1%FS 以内（目標達成）

B カード型センサモジュールの開発

カード型モジュールの試作

モジュールサイズ：

・実証試験用の実用化試作： $70 \times 50 \times 4\text{mm}$

・1チップ集積化サンプル搭載用の事業化モデル： $40 \times 12.5 \times 2.5\text{mm}$

（当初計画では $30 \times 30 \times 2.5\text{mm}$ 以内であったが、狭所への取り付け性等顧客ニーズを反映した形に目標変更を行った。なお、投影面積は当初目標を満足）

重量：

・実用化試作：18 g

・事業化モデル：2.5 g（目標達成）

カード型モジュールの評価

無線通信距離：5m 以上（目標達成）

C プラント監視 / 検査ロボットへの適用と応用研究

ネットワーク実証試験

1) カード型受信モジュールへの異常診断ソフトウェアの実装

2) 異常診断機能の追加・改善ソフトウェア製作

3) PDA 版異常診断ソフトへの対応

4) 複数のセンサモジュール稼働による運用試験

を実施し、製品化への基盤作りを行い、目標を達成した。

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

MEMS センサの市場自体は、加速度センサ、角速度センサに限らず、成長分野であることは疑いない。また依然として3軸のジャイロ及び加速度センサとの1チップ化などの事例はなく、本研究の優位性があることは明らかである。

本研究での実施分野（ロボット分野・プラント分野）以外では、自動車分野が本研究の応用先として有力と判断する。自動車分野では加速度センサ、ジャイロセンサが両方とも、しかも複数個搭載されている。

新聞等の報道で大きく取り上げられている携帯電話分野は、実情はまだ不透明な点が多い。未だ一部のみの採用にとどまっている。これは、センサのサイズ面だけでなく、コスト面の影響も大きいと考えられる。携帯電話市場への参入は慎重に判断する必要がある。

市場全体としてジャイロセンサ、加速度センサ共に、全ての仕様に共通というものはなく、特定用途向けのセンサとして仕様が細分化されてきている。本研究で開発したセンサも、事業化時にはいかに用途を絞れるかが成功のポイントと考えられる。

「プラント監視/検査ロボット」用途として、回転機械の故障診断において、振動計測のニーズが大きいことが分かっている。一度に多軸のデータを取得できる本開発センサは将来有望である。また、特に川崎重工業グループは様々な移動体を事業として扱っているため、無線機能を活かした移動体の監視、診断に着目している。ただし車両等の移動体は、耐環境条件（振動、温度等）耐久性が厳しいため、センサ単体だけでなく、パッケージングにもかなり工夫が必要で、製品化のためにはもう一歩研究開発が必要と考えられる。

一方ロボット分野では、やはり二足歩行ロボットなどでは、超小型で、一度に多軸のデータを取得でき、さらに低電圧で駆動する本開発センサに対するニーズが非常に高い。二足歩行ロボットでは姿勢制御のためには加速度、角速度センサは必須であるにも関わらず、市場に同等の製品が存在せず、既存センサ製品で同じセンサ情報を得るには高価なだけでなく、貴重なスペースや電力を消費してしまう事が問題となっている。ただし二足歩行ロボットのような非産業用ロボットは、大衆には訴求するものの、市場はまだ立ち上がっておらず、そのビジネスモデルも確立していないのが現状である。

本研究成果の事業化に向けては、

- 1) センサ単品の販売
- 2) モジュール販売
- 3) システム販売

という形で、顧客の要望や市場に応じて様々な形態で製品を提供できる点が大きな特徴である。

センサ単品販売及びモジュール販売はマイクロストーン(株)を中心に事業化を図っていく予定であるが、事業化の際はセンサの汎用可能なプロセスは本研究内でも取り組んだ形でファンドリーサービスなど、既に事業実績のある企業へ製造委託することで初期投資や新規ライン構築のリスクを最小限にし、比較的短期間に事業化を図る。