

4 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

小坂宣之，北川洋一，中本裕之，幸田憲明，才木常正

1 はじめに

現在、多くの企業・研究機関において、インフラのメンテナンスや危険箇所作業代替を目的として超小型ロボットの開発が進められている。これらの超小型ロボットの動きを検出するためには、回転運動や直線的な運動・傾斜などを検知するいわゆるモーションセンサが必要となる。しかし、現在市販されているものでは、サイズに問題があり搭載することができない。このような状況から、6軸の動作検出ができる、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されている。本研究では、そ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、(財)新産業創造研究機構、マイクロストーン㈱、川崎重工業㈱、立命館大学との共同研究により、

- 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進めている¹⁾。

2 本研究開発事業の最終目標

上記の3項目に対する本研究事業の最終目標は、以下の通りである。

A) 超小型6軸モーションセンサの開発

超小型、高精度の三次元加工に有利なシリコンを用いた独自構造の3軸加速度センサ部と、超小型発振子に有利な水晶などの圧電単結晶材料を用いた独自構造の3軸ジャイロセンサ部をハイブリッド化する構造にて超小型6軸モーションセンサを実現する。目標としている仕様は、以下の通りである。

<目標仕様>

- 加速度センサチップサイズ：1×1×0.5mm
 - 角速度センサチップサイズ：3.5×1.5×0.3mm
 - ハイブリッドセンサパッケージサイズ：5×3×1.5mm
 - 測定精度：±1%
- #### B) カード型センサモジュールの開発

超小型6軸モーションセンサを搭載し、さらに A/D 変換機能、データ演算機能、メモリ、無線通信機能等を

搭載した超小型カード型センサモジュールを実現する。目標仕様は以下の通りである。

<目標仕様>

- サイズ：30×30×2.5mm
 - 重量：10g以下
 - フレキシブル化
- #### C) プラント監視／検査ロボットへの適用と応用研究
- 独自技術も含めた種々の診断機能を実装し、更に複数のカード型センサモジュールから取得されたデータの組み合わせから、総合的に異常の判定が可能なプラント監視／検査ロボットへ適用する。

<目標>

- 複数のモジュールの稼動による運用試験の実施
- 実プラント設備における異常診断の実施

3 最終目標に対する進捗度

A) 超小型6軸モーションセンサの開発

開発した加速度センサと角速度センサのチップを図1

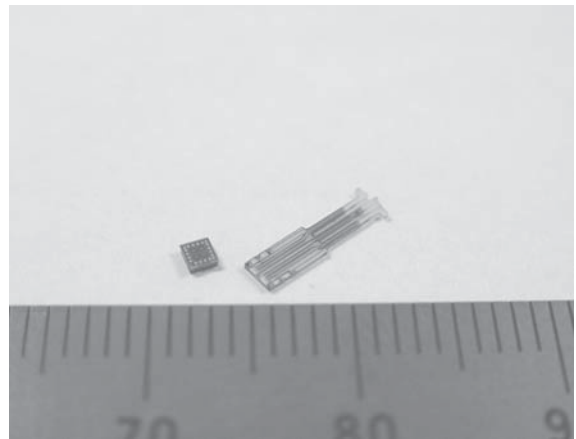


図1 試作した加速度センサと角速度センサ

に示す。左側がシリコンMEMS加工技術等を用いて試作した3軸加速度センサチップである。また、右側が水晶を用いて試作した3軸角速度センサチップである。これらのセンサは、各々単体で機能確認を行った。

平成16年度に試作したセンサの性能は、以下の通りである。

○超小型 3 軸加速度センサ

チップサイズ：1.5×1.5×0.5mm
(デバイス加工は1×1×0.5mmを達成)

測定精度：0.9%

応答周波数：1000Hz以上

ダイナミックレンジ：20m/sec²

○超小型 3 軸角速度センサ

チップサイズ：7.2×1.8×0.3mm
(デバイス加工は3.5×1.5×0.3mmを達成)

測定精度：0.4%

応答周波数：30Hz以上

ダイナミックレンジ：300deg/sec以上

B) カード型センサモジュールの開発

機能評価用カード型センサモジュールを開発し、機能の確認と評価を行った。開発したカード型センサモジュールを図2に示す。超小型6軸モーションセンサ、A/D

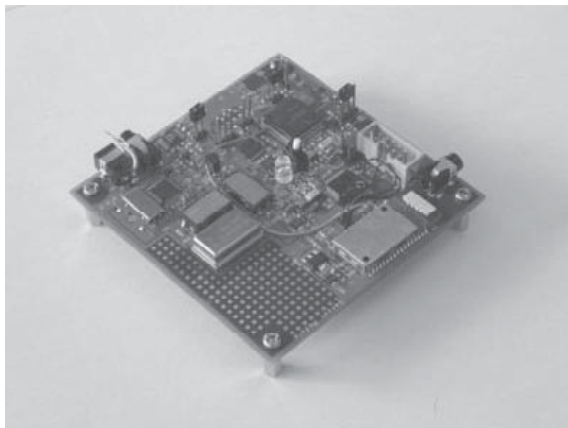


図2 機能評価用カード型センサモジュール

変換機能、データ演算機能、メモリ、無線通信機能などを搭載している。平成16年度に試作したカード型センサモジュールの仕様は、以下の通りである。

メモリ容量：16kword

無線通信距離：5m以上

C) プラント監視/検査ロボットへの適用と応用研究

実プラントにおける機能確認及びデータ収集を行い、カード型センサモジュールの機能評価を行った。ここでは、独自に開発した診断技術の採用も含め、異常診断ソフトウェアの仕様を決定した。

4 無線通信部の開発

当センターは、本事業の中でカード型センサモジュールの無線通信機能の開発を担当している。2年度は、まず前年度に選定した無線通信方式Bluetoothを搭載した評価基板ならびにパソコン（USB接続のBluetoothモジュール搭載）を使用して、図3に示す無線通信機能評価システムを製作した。ここでは、センサモジュールをマイコンとBluetooth評価基板により、また、受信モジュールをパソコンとBluetoothユニットにより構成した。このシステムを用い、Bluetoothによる通信方式がカード型センサモジュールに要求される仕様を満足する性能を有するかを調べるため、無線通信の各機能について評価検証を実施した。

4.1 データ伝送速度、通信エラーの評価

受信モジュールとセンサモジュール間の距離が5mという通信仕様に対する検証を行った。図3の評価システムを製作し評価を行ったところ、データ伝送速度約95k bpsを達成した。また、連続通信試験（24時間、45時間）を実施し、この間における通信リンク切断、パケットのチェックサムエラーなどの通信異常発生を調べた。その

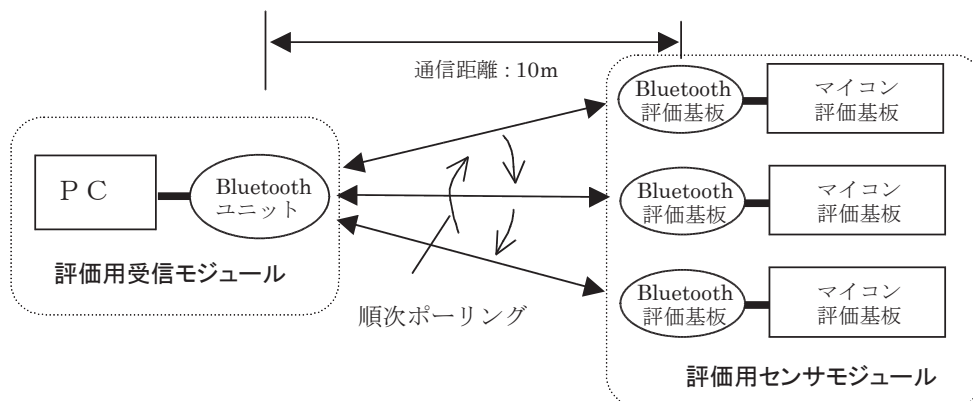


図3 開発した無線通信機能評価システム

結果、これらの通信異常の発生は全く生じないという結果が得られた。

4.2 複数台のセンサモジュールとの通信性能の評価

1台の受信モジュールで複数台のセンサモジュールとの間で通信が行えるかを検証した。評価システムを使用した検証の結果、受信モジュールが各センサモジュールに対してポーリングすることにより5台のセンサモジュールと通信できることが確認できた。以上から、Bluetoothをセンサモジュールに搭載し、仕様を十分満足できることが確認できた。

4.3 通信制御マイコンのソフト開発

無線通信機能評価システムの製作において開発した通信制御ソフトを基本として、受信モジュールとセンサモジュール間の通信仕様に対応した通信制御ソフトウェアを設計・製作し、試作したカード型センサモジュールに搭載した。

試作したカード型センサモジュールと受信モジュールを用いて、通信試験を含む総合試験を実施した。その結果、6軸モーションセンサによるセンシング情報を、受信モジュールで設定した動作モードに従い受信できることを確認した。また、通信可能距離としては、実験室内環境にて10mを達成した。

5 今後の予定

A) 超小型6軸モーションセンサの開発

○ハイブリッド化技術開発

シリコンデバイス（加速度センサ）と、圧電単結晶デバイス（角速度センサ）の結合方法を開発し、図4に示すように、1チップ6軸モーションセンサを開発する。

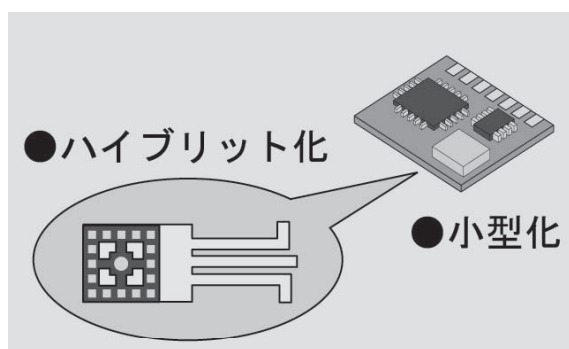


図4 1チップ6軸モーションセンサ

○小型化

シリコンデバイス、圧電単結晶デバイス共に更なる高精度・微細加工技術の開発を進めると共に、小型化しても検出効率の高いデバイス構造を得るための改良を行う。

B) カード型センサモジュールの開発

○小型・軽量化

搭載素子の小型化及び、テスト端子等の最小化を図り、カード型センサモジュールの小型化を図る。

○フレキシブル化

配管などの曲面部への取り付けを可能にするため、基板配線を簡素化してフレキシブル基板にて製作を行う。

C) プラント監視／検査ロボットへの適用と応用研究

○異常診断の妥当性の検証

種々のプラントでの診断方法の検討及び診断パラメータの精査を行う。

○異常診断の充実

独自技術の採用や、複数のカード型センサモジュールのデータを統合した総合的異常診断方法の開発など、診断機能の充実を図る。

6 まとめ

超小型自立走行ロボットに代表されるロボットの小型軽量化、多様化に対応して重要な基盤技術であるセンサ、特に動きを高精度で検出できる超小型6軸モーションセンサの開発が望まれている。本事業は、かかる市場ニーズに応えるため、「ロボット用超小型6軸モーションセンサ」および「プラント監視／検査ロボットシステム向けカード型センサモジュール」を開発し、事業化することを目的としている。この事業において、当センターはカード型センサモジュールの開発の一部を担当している。平成16年度は無線通信に使用するBluetoothの性能評価を行うとともに、カード型センサモジュールに搭載する通信制御マイコンのソフトウェアの設計、製作を行った。また、開発したセンサモジュールと受信モジュールを用いて通信試験を含む総合試験を実施した結果、安定に通信できることを確認した。平成17年度は、この成果を基に、製品化を見据えたさらに小型のセンサモジュールを開発する予定である。

参考文献

- 1)小坂宣之，北川洋一，中本裕之，幸田憲明，兵庫県立工業技術センター研究報告書，13, 19(2004)。

(文責 北川洋一)

(校閲 一森和之)