

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<br>法人名 | 財団法人<br>富山県新世紀産業機構 | 代表者名 | 中 沖 豊 | 所在地 | 〒930-0866<br>富山県富山市高田 527<br>Tel : 076-444-5600 |
|-------------|--------------------|------|-------|-----|---|

|                 |  |  |
|-----------------|--|--|
| 管理番号<br>15R - 9 | 技術分野<br>技術区分<br>技術開発課題<br>テーマ名<br>研究開発期間 | ロボット部品分野<br>センサ関連技術<br>小型・軽量化技術、高精度化技術<br>ロボット用 6 軸運動センサに関する研究開発<br>平成 15 年 8 月 4 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

従来、加速度センサと角速度センサは別々に商品化され、両センサとも 1 軸のものが大半を占めている。元来、加速度、角速度とも力と同様、ベクトル量であり、従来の 1 軸加速度センサでは正確に測定するためには 3 個必要であり、それぞれ直交する方向に配置する必要があったため、3 軸センサと比べ 3 倍のコストを要している。また、物体の動きを正確に捉えるためには、3 軸加速度と 3 軸角速度を同時に検出する 6 軸運動センサが不可欠といえる。しかしながら、6 軸運動センサは、株式会社ワコーが所有する特許で保護されている商品であり他には存在しない。但し、昨年度は財団法人富山県新世紀産業機構を管理法人とした富山県工業技術センター、マイクロジェニクス株式会社及び株式会社ワコーの 3 者を構成メンバーとするコンソーシアム事業でマイクロマシンニング技術を用いて、1 個の素子で 3 軸加速度及び 3 軸角速度を測定する 6 軸運動センサを世界で初めて試作し出力を得た。しかし、主なターゲットを自動車用にしたためにロボット特有の仕様を満たすものではない。

そこで、ロボットの動作や姿勢を制御するのに適した加速度及び角速度を同時に検出することができる運動量センサを開発するため、マイクロマシンニング技術により検出素子部の小型化及び信号処理回路部の IC 化による小型化を行い、検出部と同一のパッケージ内に納め、劇的な小型軽量化を行う。また、IC チップ内に出力補正用データを記録した EEPROM を内蔵して高精度化を図る。更に、センサ単体で高精度化できない他軸感度や直線性について MPU による演算処理で補正し更なる高精度化を行う。また、ロボット内の環境（温度、振動、ノイズ）に対応するため、MPU とセンサパッケージを筐体内に納め、センサ出力をデジタル出力するユニットタイプを作成する。さらに開発された試作センサを評価し仕様としてフィードバックするためのロボット組み込み実装試験を行う。

## 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

現在 3 軸加速度と 3 軸角速度を 1 個の検出素子で検出できるセンサは、国内外を問わず先に述べた昨年度の試作以外に存在しない。即ち、世界で唯一の 6 軸運動センサ技術である。3 軸加速度センサ、3 軸角速度センサ及び運動センサに関する特許については、日米欧で取得済みであるが、各国の特許庁の特許審査において先行技術は殆ど見あたらなかった。従って、本研究開発で類似特許に抵触するおそれはないと考える。また、日本、米国、欧州に登録された特許は 43 件あるが、拒絶された特許は一件もない。これらより、6 軸運動センサは構成メンバーである株式会社ワコーが基本特許を有する独占的商品と考える。

### ( 2 ) 技術目標値

研究開発終了時の主な技術目標を下記に示す

|       |   |
|-------|---|
| 検出範囲  | : 加速度 ; 2G、角速度 ; 180deg/sec   |
| 感度    | : 加速度 ; 1V/G、角速度 ; 10mV/deg/sec   |
| 分解能   | : 加速度 ; 100 $\mu$ V、角速度 ; 0.01 ~ 0.1deg/sec   |
| 応答周波数 | : 加速度 ; DC ~ 150Hz、角速度 ; DC ~ 150Hz   |
| 他軸感度  | : パッケージタイプ ; 加速度 : $\pm 5\%$ 、角速度 : $\pm 5\%$ 、<br>ユニットタイプ ; 加速度 : $\pm 1\%$ 、角速度 : $\pm 1\%$     |
| 直線性   | : パッケージタイプ ; 加速度 : $\pm 1\%$ 、角速度 : $\pm 1\%$ 、<br>ユニットタイプ ; 加速度 : $\pm 0.1\%$ 、角速度 : $\pm 0.1\%$ |

### 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

#### (1) パッケージタイプセンサ

##### イ) 検出素子部

(課題) 静電容量を構成するガラス基板に形成された電極とSOI基板(共通電極になる)の平行度とその距離の制御。角速度を効率よく検出するために、振動子の置かれている環境の真空維持。X,Y,Z軸方向の共振周波数の一致(縮退)。

(解決方法) ガラスよりSiのエッチングの制御性が優れていることから、Siをエッチングして電極間距離を制御し、電極間距離を $\pm 0.1\mu\text{m}$ 程度の誤差に収める。振動子の置かれている環境を真空に維持するため真空中で陽極接合を行う。X,Y,Z軸方向の共振周波数を合わせるため、SOI基板からなる振動系モデルについて有限要素法(FEM)による構造解析を十分に行い、各軸方向の共振周波数が一致したモデルを見出す。

##### ロ) 信号処理回路部

(課題) 信号処理回路での環境ノイズへの対応を確実に行う必要があるとともに、次年度以降の信号処理回路IC化のため、各回路ブロックの仕様の確定を速やかに行う。

(解決方法) 検出素子のFEMによる構造解析を踏まえてある程度自由度のある回路設計を行い、検出素子が出来上がった時点でのセンサ出力の各性能試験を速やかに実施し、性能を確定する。

#### (2) ユニットタイプセンサ

(課題) 目標仕様の分解能はフルスケールの1/40000という小さな値であり、この値を保証するために、信号処理回路の構成、A/Dコンバータのビット数及び変換方式、デジタル出力を得るためのデータ演算処理について検討する。

(解決方法) 信号処理回路部分では、特にノイズを留意した設計を行う。A/Dコンバータのビット数については、MPUによる演算処理によってビット数を抑えて実質的に高ビット数のデータが得られるかを検討する。また、データ演算処理では、他軸感度補正演算、直線性補正演算等の演算途中での桁落ちに留意し、しかも演算時間の小さいプログラムを作成する。

### 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)

感度: 加速度(目標:300mV/G、実績:2V/G)

角速度(目標:3mV/deg/s、実績:0.6~3.6mV/deg/s)

直線性: 加速度(目標: $\pm 5\%$ FS、実績: $\pm 1\sim 8\%$ FS)

角速度(目標: $\pm 5\%$ FS、実績: $\pm 4\sim 10\%$ FS)

他軸感度: 加速度(目標: $\pm 10\%$ 、実績: $\pm 10\sim 75\%$ )

角速度(目標: $\pm 10\%$ FS、実績: $\pm 8\sim 10\%$ FS)

共振周波数: 目標:2kHz、実績:1637Hz~2850Hz

・検出素子部: パッケージングして動作可能なチップを取得し、各軸の共振特性を測定した結果、共振周波数は1.6kHz~2.8kHzとほぼ目標共振周波数に近い値となった。課題であった縮退と真空室の形成・維持の問題を解決したことを確認した。

・信号処理回路部、パッケージタイプセンサ: 加速度、角速度とも上記特性を得て、6軸出力を同時に検出できた。検出素子の数aFという微小な容量変化をとらえ、6軸の信号を同時に検出することはかなり困難であると考えられていたが、高精度な部品の選定からフィルターや同期検波の回路定数を合わせ込むことで、6軸を同時に検出する信号処理回路を構成することができた。

・ユニットタイプセンサ: MEMS開発機器の故障等の遅れで評価を終了していないが、電子回路の設計が終了し、ソフト開発に於いても・データ処理のモジュール分割、各モジュールのフローチャート及び実行タイミングの検討は終了した。

・実機組込評価: パッケージタイプ(但し、3軸角速度センサはワコー独自開発品)で評価した所、用途を歩行制御以外に限定し出力のドリフトが影響しない短期的(数秒間程度)な計測、或いはドリフト除去フィルタを導入することにより用途に応じた加速度・角速度の物理現象の計測は可能であるが、2足歩行ロボット姿勢センサとして評価した場合、現状の精度では2足歩行制御を行うことは困難である。特に安定した制御を行う場合、温度ドリフト特性の改善は最重要事項であることが分かった。

今年度製作したセンサは、3軸加速度センサ及び3軸角速度センサをひとつにするという目標は達成できたと考える。次年度の開発課題はパッケージ(ケース)の小型

化、重量の低減、温度ドリフトの改善及び感度の向上である。

今年度開発したセンサによって、解決した技術と改善点すべき技術が明確になり、今年度のセンサ開発は非常に意義のあるものと思われる。

#### 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

事業化目標として以下、5分野に分け開発終了時売上高目標を立てた。

自動車分野：

開発終了シェア獲得時の売上高：118億円

ロボット分野：

開発終了シェア獲得時の売上高：3.32億円

計測器分野：

開発終了シェア獲得時の売上高：43億円

アミューズメント分野：

開発終了シェア獲得時の売上高：31億円

その他民生分野

開発終了シェア獲得時の売上高：19億円

平成15年に、携帯電話などのモバイル機器にマン・ナビゲーションと呼ばれる新しいサービスが登場した。このサービスは自動車におけるカーナビゲーションの人間版として、今後の普及が期待されるものである。現在においてはGPS単独によるシステムが大半を占めるが、自動車に見られるように角速度・加速度センサとGPSを組み合わせたより精度の高いナビゲーションに向かうことは必然である。さらに徘徊老人やペットの追尾、誘拐防止用新サービスの登場など、人間・動物の場所を特定するようなサービスは今後、増えていくものと考え、民生分野においては携帯機器に実装可能な超小型6軸センサの需要は高まっていくものと考え、6軸運動センサの市場は更に拡大するものと思われる。