

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 大阪産業振興機構	代表者名	遠藤 義一	所在地	〒540-0029 大阪市中央区本町橋2番5号 Tel: 06-6947-4307
-------------	------------------	------	-------	-----	---

管理番号 15R-10	技術分野 技術区分 技術開発課題 テーマ名 研究開発期間	ロボット部品分野 センサ関連分野 超音波3次元画像センサ 自律移動ロボットのリアルタイム3次元計測用超音波マイク ロアレイセンサに関する研究開発 平成15年8月28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

(1) 委託事業実施の背景と委託事業の概要

現状、業務やパーソナルなロボットの障害物回避センサは、超音波、機械式、光学式等、それぞれ得意分野に応じて複合的に組み合わせて使われている。しかし、これらのセンサは、コストが高く、リアルタイム制御が困難である等の課題があり、ロボットの普及のため、人の目の機能を代替するセンサを出現させることを目的に、業界で初の空気中で3次元で人や物体をリアルタイム計測できる革新的な超音波センサを開発することにより、今後のロボットの普及を一気に加速させる。

(2) 委託事業の国が提示した技術課題との整合性

ロボット部品として有用な3次元計測用超音波マイクロアレイセンサを開発するものであり、本委託事業のセンサ関連技術分野において、超音波センサの高精度化をはかることにより、次世代ロボットのビジネス化に貢献するので、この制度と整合性を有するものである。

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

技術の内容

MEMS技術により作製した微細構造上に、高い圧電性を有する強誘電体薄膜を作製し、超音波センサと超音波の周波数およびセンサの電気特性に最適化した回路と音波の2次元信号を回路で処理したのち、3次元画像に復元して物体の正確な形、大きさ、挙動を認識し、距離を正確に測定するアルゴリズムの開発を行う。

技術の新規性、独創性、改善性又は技術基盤強化性

従来、空気中での超音波計測に関する商品は、センサに圧電のバルクセラミックスを用いたものがほとんどで、代表的なメーカーとして本多電子(株)があるが、3次元計測できる技術水準には至っていないのが現状である。また、水中超音波でも研究開発はバルクセラミックスが多く、シリコン集積化を目指した研究はC.S.DraperLaboratory(米)のJ.J.Bernsteinやスタンフォード大学(米)のKhuri-Yakubらの報告がある程度であり、本研究のように空気中を対象にシリコンモノリシック化、集積化を目指している事例はほとんどなく、副総括研究代表者である大阪大学の奥山らがパイオニア的研究を行っており、大学内の実験室レベルでは、世界で初めて空気中で障害物を3次元で計測し認識することに成功している。その実現手段として、マイクロマシニング技術(MEMS加工)、強誘電体薄膜形成(1 μ m)等の新規技術があり、これらの技術を用いることで超音波受信素子を超音波発信波長の1/2以下のピッチで2次元アレイ状に配列させることが可能になり、さらに3次元空間から入力する複数の音波の位相演算処理を高速高感度させることで、空気中で5m距離の実用レベルの3次元計測を実現する。

< 要点 >

既存技術の保有水準

- ・ 本多電子（株）のバルクセラミックスを用いた圧電型センサ新規性
- ・ センサのシリコンモノリシック化、集積化（音波受信素子を超音波発信波長の1/2以下のピッチで2次元アレイ状に配列）を目指している事例はC.S.DraperLaboratory（米）のJ.J.Bernstein やスタンフォード大学（米）のKhuri-Yakubらの報告がある程度3次元空間から入力する複数の音波の位相演算処理を高速で行わせることで、空気中での3次元計測を世界で初めて実現させ、製品としての実用化の目処をつけた。
- ・ マイクロマシニング技術（MEMS加工）、強誘電体薄膜形成技術（膜厚：1μm以上）
認知した場所
- ・ 大阪大学の奥山（サブリーダー）の国際学会等でのベンチマーク

（2）技術目標

技術目標値

測定方位：全周 360° 測定距離：0～5m 角度分解能：2～3°
距離測定精度：10mm 応答速度：0.2秒(5fps) 計測範囲：縦横各±45°(1.84sr)
素子サイズ：15mm 重量：10g 素子単体 共振周波数：100kHz±2%
3次元画像化 画素数：361～2025画素相当

技術目標値の妥当性

業務・パーソナルロボットが、自律移動する場合を想定すると、ロボットの高さを150cmとしてセンサ部の高さは50cm程度となる。歩行速度を最大1m/秒(3.6km/時)のときを想定して技術目標値を設定した。受信素子の技術目標値は、測定距離3mを達成するためにSN比10以上を確保するのに必要とされる共振周波数を設定した。

研究開発終了後3年間での事業化に向けて、ユーザ側のニーズを収集して、ユーザの仕様に対応し、製品をカスタマイズする必要がある。そのときの課題とその対応策（事業化できる根拠）は次のとおりである。

1) アルゴリズムの強化、冗長設計

ユーザからの仕様に応じて、アルゴリズムをカスタマイズする。
アルゴリズム本体は、ほぼ開発完了しており、容易に開発可能。

2) センサの充電対応

ユーザ仕様に合わせた充電対応。参加メンバーに充電器開発のノウハウがある。

3) 耐環境性

屋内での使用を前提としたロボットを対象にしており、腐食、異物に対応した設計を視野にいれており、研究中に評価可能。

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

業務区分	A	B	D		
サブテーマ名	超音波センサの開発	センサ試作	信号処理・画像化		
	課題 1	課題 2	課題 3	課題 4	課題 5
課題	超音波センサの開発	センサ試作	微小信号高感度高速応答処理技術開発	小型化設計とASIC化検討	3次元画像復元アルゴリズム開発
設定根拠	超音波センサの特性を安定化させ、電子走査可能なアレイを構成できるようにする課題がある	センサのプロセスを安定させることが困難	実用化のためには、外部からのノイズの影響を抑え、数mVの電圧を増幅する必要がある	大阪大学と大阪府立産業技術総合研究所での基礎研究では未着手	大阪大学と大阪府立産業技術総合研究所での基礎研究では未着手
解決策	シリコンマイクロマシニングにより高精度加工を行い特性の揃ったセンサ素子を作製、SOIを用いたプロセスにより歩留まり良くセンサアレイを作製、振動構造体の解析を行い特性の向上と安定化を図る。	基本プロセス開発、異方性エッチング液にTMAH用いた超音波マイクロアレイセンサの作製プロセスの開発と電極用金属薄膜パターニング工程のドライプロセス化によるプロセスの安定化	低ノイズプリアンプ回路と出力低インピーダンス化設計 共振周波数最適化調整技術	電気回路の設計開発及び遅延加算演算回路のASIC化設計による小型化と低コスト化	コスト除去のための画像連続差分処理による3次元画像復元画像処理アルゴリズム設計 特徴点抽出による高速画像処理アルゴリズム設計

解決方法の具体的実施内容

年度	実施項目	実施内容
平成 15 年 度	業務区分 A : 超音波センサの開発 圧電薄膜を用いた超音波マイクロアレイセンサの開発	プロトタイプの開発
	業務区分 B : センサ試作 超音波マイクロアレイセンサの作製プロセス開発	基本プロセス開発
	業務区分 C : 評価、製品化 評価、製品化	4 インチ化製品プロセス開発
	業務区分 D : 信号処理・画像化 微小信号高感度高速応答処理技術開発 小型化設計とASIC化検討 システム開発	設計開発 検討 アルゴリズム検討
平成 16 年 度	業務区分 A : 超音波センサの開発 圧電薄膜を用いた超音波マイクロアレイセンサの開発	改良型の開発
	業務区分 B : センサ試作 超音波マイクロアレイセンサの作製プロセス開発	プロトタイプへの新プロセス適用、作り込み
	業務区分 C : 評価、製品化 評価、製品化	プロトタイプへの 4 インチ製品、プロセス適用
	業務区分 D : 信号処理・画像化 微小信号高感度高速応答処理技術開発 小型化設計とASIC化検討 システム開発	プロトタイプとの接続評価、改良設計、試作、評価 プロトタイプとの接続、評価改良
平成 17 年 度	業務区分 A : 超音波センサの開発 圧電薄膜を用いた超音波マイクロアレイセンサの開発	センサの特性改善とその条件の製品化プロセスへのフィードバック
	業務区分 B : センサ試作 超音波マイクロアレイセンサの作製プロセス開発	改良型への適用、作り込み
	業務区分 C : 評価、製品化 評価、製品化	改良型への 4 インチ製品プロセスの適用、作り込み
	業務区分 D : 信号処理・画像化 微小信号高感度高速応答処理技術開発 小型化設計とASIC化検討 システム開発	改良型との接続評価、改良設計、試作、評価 改良センサ、多チャンネル信号遅延加算回路、ASIC と接続評価

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）

（1）当該年度の技術目標値

計測範囲：縦もしくは横 $\pm 45^\circ$ (D)、測定距離：0 ~ 1 m(D)、
 角度分解能： 20° (A B C)、距離測定精度：20mm(D D)、応答速度：0.5 秒
 (2fps)(D)、素子サイズ：10mm(A B C)、重量：30g 素子単体(C D)、
 共振周波数：100 kHz $\pm 5\%$ (A B C)

（2）当該年度の技術目標値を達成するための課題と解決方法

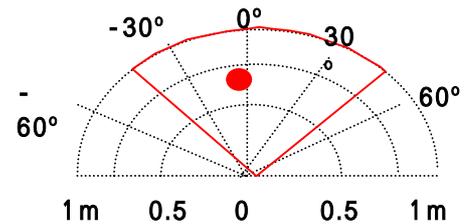
1. 波マイクロアレイセンサの新規開発：
SOIを用いたプロセスにより歩留まり良くセンサアレイを作製
2. 波マイクロアレイセンサの共振周波数ばらつき低減：
シリコンマイクロマシニングにより高精度加工を行い特性の揃ったセンサ素子を作製
3. 高信頼性信号処理回路と超音波画像復元アルゴリズム開発：
多点からの信号遅延加算フィードバック回路のASIC化基本設計と3次元距離画像表示方法検討

（3）当該年度の解決方法の具体的実施内容

実施項目	実施内容
業務区分A：超音波センサの開発 圧電薄膜を用いた超音波マイクロアレイセンサの開発	プロトタイプの開発 振動体の構造解析
業務区分B：センサ試作 超音波マイクロアレイセンサの作製プロセス開発	基本プロセス開発、異方性エッチング液にTMAHを用いた超音波マイクロアレイセンサの作製プロセスの開発と電極用金属薄膜パターンニング工程のドライプロセス化によるプロセスの安定化
業務区分C：評価、製品化 評価、製品化	4インチ化製品プロセス開発 電極用金属薄膜パターンニング工程のドライプロセス化によるプロセスの安定
業務区分D：信号処理・画像化 微小信号高感度高速応答処理技術開発 小型化設計とASIC化検討 システム開発	低ノイズプリアンプ回路の設計と試作 からの遅延加算演算回路のASIC化検討 検討、設計評価
業務区分E：プロジェクト遂行管理 プロジェクト管理	プロジェクト管理

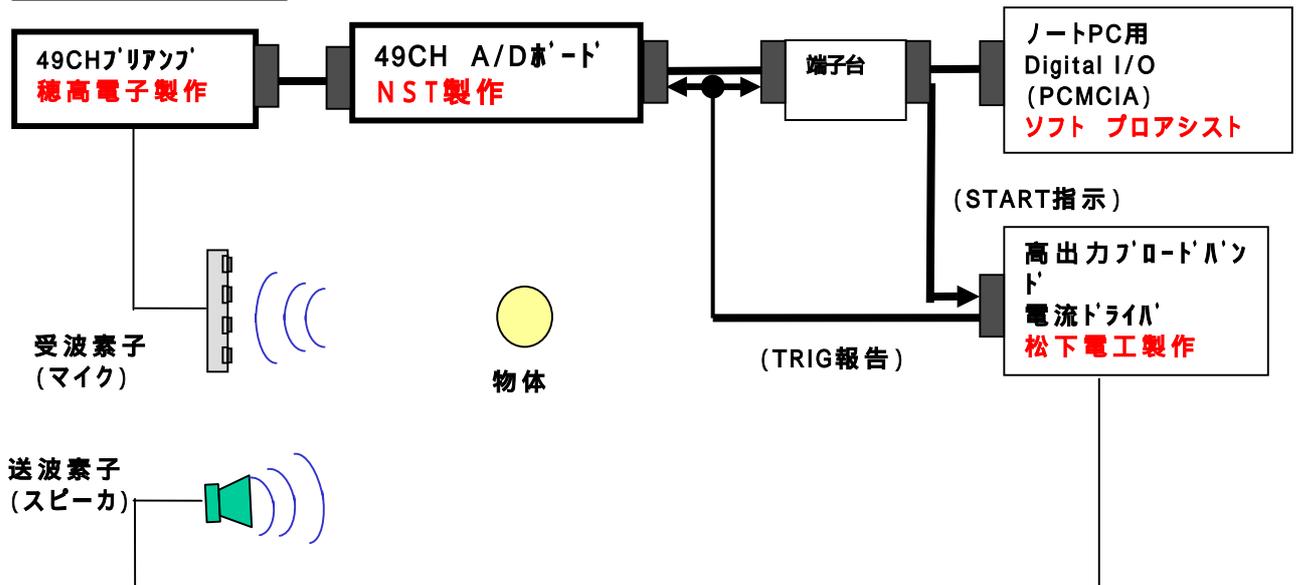
技術目標値

検知距離	1 m (精度 ± 20 mm)
検知範囲	$\pm 45^\circ$ (分解能 20°)
共振周波	100 kHz $\pm 5\%$
応答速度	0.5 s
素子	100 mm 50 g



物体の距離と方向をリアルタイム(0.5s/cycle)で表示

試作したシステム



技術目標達成値

検知距離	1 m (精度 ± 20 mm)
検知範囲	$\pm 30^\circ$ (分解能 20°)
共振周波数	112 kHz $\pm 3.6\%$ (阪大試作)
応答速度	0.5 s (画面表示 2 s)
素子	100 mm 50 g

意義

ロボットセンサとして、応用した場合、以下のとおり。

1. 距離は、1 mでは不足で、最低3 mを実現することが望まれる。
2. 距離精度 ± 20 mmは、実用に耐えうる数字である。
3. 検知範囲は、 $\pm 30^\circ$ では不足で、 $\pm 45^\circ$ を実現することが望まれる。
4. 共振周波数は、ほぼ実用に耐えうるレベルと考えます。
5. 応用速度 0.5s/cycleは、ロボットの移動速度からして、十分な処理速度である。
6. 素子サイズと重量は、モジュールとして評価すべきなので、言及できない。

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

事業化の目標

- ・事業化するセンサ：ロボットの視覚センサ
- ・事業化対象のロボット：HOSP i（松下電工（株）製）
- ・事業化の時期：平成19年
- ・コスト目標：1万円/ケ（センサ単体）
- ・売上げ目論見：1億円/年（センサ単体の売上げ）

当該年度に把握した事業化を取り巻く環境変化

パーソナルロボットの市場は、順調に成長すると予想され、とくにエンターテインメントのロボットに加えて、業務用ロボットへの関心も高まっている。松下電工（株）の業務用ロボットHOSP iは、平成16年に発売開始予定である。また、HOSP iは、SEMICON JAPAN 2003（2003年12月3日～5日）に出展しており、新製品として国内外から注目をえている。

このような状況から、超音波マイクロアレイセンサの事業化への期待は、大きいと考えられる。