

平成 16 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)	社団法人 日本ロボット工業会 (会長 稲葉 善治)		所在地	〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 機械振興会館 213 号室 (Tel: 03-3434-2919)	
技術分野	ロボット部品分野	技術区分	センサ関連技術	研究開発課題	高速・高精度化、小型軽 量化および低価格化技術
テーマ名	移動ロボットの環境認識用レンジセンサ システムの開発			研究開発期間	平成 16 年 4 月 1 日から 平成 17 年 2 月 28 日
<p>1. 委託業務の概要</p> <p>警備ロボットが必要とする仕様の 2D 及び 3D レンジセンサを開発する。また、警備ロボットがこれら光レンジセンサを効果的に利用でき、警備ロボットシステムの普及を促進させるための環境を整備する。</p> <p>超小型軽量 2D レンジセンサ</p> <p>ホーム警備ロボット用に向けた超小型軽量で低価格な 2D のレンジセンサを開発する。</p> <p>3D 高性能レンジセンサ</p> <p>施設警備ロボット用に長距離検出可能な高性能 3D のレンジセンサを開発する。</p> <p>環境モデル作成システム</p> <p>実際の警備ロボットの運用に実装できる環境モデル作成システムを開発し、さらに、実用的な有効性を確認する。</p>					

## 2. 技術目標値

### サブテーマA：超小型軽量2Dレンジセンサ

#### 実施項目A - 1：エンジニアリングサンプルの製作と改良

##### 目標値

- ・ コンソーシアムのユーザ各社及び大学が実際に使用して評価できるエンジニアリングサンプル(ES)を(20台)製作。
- ・ 検出距離：1.5m
- ・ 測定精度：±10mm(標準白色紙)
- ・ 検出エリア：(水平)360度
- ・ 分解能：5mm/0.5m(最小検出体)
- ・ 応答速度：50ms
- ・ ユーザ各社及び大学による評価に基づく量産に適したモデル(TS)の設計・試作の完成。
- ・ 検出エリアを360度にする方法と、その優位性に関する再検討

#### 実施項目A - 2：警備ロボットのための改良型高性能システムの設計・試作

##### 目標値

- ・ 長距離型(TS)：長距離検出の達成
- ・ 簡易3D型(TS)：仰角切換機能の実現性を見極め

#### 実施項目A：エンジニアリングサンプルの評価

##### 目標値

評価用ロボットへの搭載により、事業化に向けた2Dレンジセンサの製品としての警備環境における有用性を確認する。 ロボットが既存のレンジセンサを用いたシステムより効率の良い障害物回避を行えること。

### サブテーマB：高速高精度3Dレンジセンサ

#### 実施項目B：移動ロボット用3Dセンサに求められる機能の検討

##### 目標値

- ・ 3Dレンジセンサの機能・性能の妥当性の確認
- ・ 3Dレンジセンサの出力データの通信に関する仕様の策定

## **実施項目 B : 3 Dレンジセンサの設計・試作**

### 目標値

- ・ 光学系や投受光回路の開発による検出距離の総合的な見極め
- ・ 測定精度の総合的な見極め
- ・ テクニカルサンプル(TS)の試作

## **サブテーマ C : 環境モデル生成システム**

### **実施項目 C : 環境モデル生成システムの設計・試作**

#### 目標値

- ・ 2 Dレンジセンサのデータを効果的に利用した自律走行の実現
- ・ 環境地図作成と経路設定のユーザインタフェースの実現

### **実施項目 C : 環境認識システムの評価**

#### 目標値

- ・ 2 Dレンジセンサによるロボットの自律走行能力
- ・ 環境地図作成と経路設定のためのユーザインタフェースの操作性

### **実施項目 C : 警備ロボットの使用環境における総合評価**

#### 目標値

- ・ 2 Dレンジセンサを用いた警備ロボットの自動巡回システムの総合評価準備  
巡回警備動作成功確率：80%  
(各社と各大学の建物内に設定した実験環境で、指定された経路、手順に従って巡回警備動作を行うことができる確率)

### **北陽電機㈱による事業化の準備**

- ・ H15 年度に開発した 2 Dレンジセンサの研究成果を公表し、積極的な啓蒙活動を行う。
- ・ ( 略 )

### 3. 目標値を達成するための解決策と具体的方法

現時点で把握している課題	解決策と具体的方法
<p>A - 1. エンジニアリングサンプルの製作と改良</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事業化に向けた改善</li> </ul>	<p>2Dレンジセンサを事業化させるためには、次世代ロボットの普及に貢献するものでなければならず、ロボットにとって過不足のない仕様と使い易さが必要とされる。</p> <p>そこで、光学系の改善に伴う機構部品の再設計と電子回路の再設計により、事業化のための量産化に向けた小型化、省電力化及び低価格化を実現する。</p>
<p>A - 2. 警備ロボットのための改良型高性能システムの設計・試作</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>) 長距離型</li> <li>・ クラス1のレーザ出力規制を維持した上で、長距離の計測を達成する方式の実現</li> <li>) 簡易3D型</li> <li>・ 簡易3Dセンシング方式の実現</li> </ul>	<p>レーザ駆動方式と光学系の改善</p> <p>( 略 )</p>
<p>A 2Dレンジセンサの評価</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>) ロボットが働く現場での実証</li> </ul>	<p>コンソーシアムのユーザ各社及び大学による実際の警備環境や実用的環境における環境認識や障害物回避について検証を行う。</p>
<p>B 移動ロボット用3Dセンサに求められる機能の検討</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>) 実施の警備ロボットに必要な機能の抽出及び利用の容易なインタフェースの策定</li> </ul>	<p>コンソーシアムのユーザ各社及び大学による要求仕様の具体的(検出距離、測定精度など)な検討</p>
<p>B 3Dレンジセンサの設計・試作</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>) クラス1のレーザによる検出距離：30mの実現</li> <li>) 測定精度：±10mmの実現</li> </ul>	<p>( 略 )</p>

現時点で把握している課題	解決策と具体的方法
<p>C 環境モデル生成システムの設計・試作</p> <p>)ロボットの自律走行に必要な情報のセンサデータからの効率的な抽出方法</p> <p>)操作性の良いユーザインタフェースの実現</p>	<p>環境知識を事前に準備し、リアルタイムで計測結果と比較する方式を採用し、センサデータの効率的な抽出方法を検討する。</p> <p>( 略 )</p>
<p>C 環境認識システムの評価</p> <p>)多様な環境下でのロボットの自律性の評価</p> <p>)ユーザインタフェースの操作性の評価</p>	<p>難易度の異なる環境で走破性を調べる実験を行い、ロボットの多様な環境下における自律性を評価する。</p> <p>複数の対象者(オペレータ)による実験の体験と、その使用感に関するデータを収集し評価検討を行う。</p>
<p>C 警備ロボットの使用環境における総合評価</p> <p>)システムの総合評価のために実際の巡回警備動作を行わせるには、それぞれに開発された要素技術を警備ロボットに組み込み、安定して動作させなくてはならない。</p>	<p>( 略 )</p>

#### 4．当該年度における技術目標値の達成状況と意義

##### サブテーマA：超小型軽量2Dレンジセンサ

###### 実施項目A - 1：エンジニアリングサンプルの製作と改良

###### 技術目標値の達成の状況

- ・ コンソーシアムのユーザ各社及び大学が実際に使用して評価できるエンジニアリングサンプルを製作した。(100%)
- ・ 検出エリアを360度にする方法と、その優位性に関する調査と再検討を行った。(100%)
- ・ ユーザ各社及び大学による評価に基づき、量産に適したモデルの設計・試作を行った。
- ・ 2Dレンジセンサの利用範囲を拡大するため、検出距離は4mに伸ばした。(260%)
- ・ 測定精度は±10mmを達成(100%)
- ・ 分解能(最小検出体)は3.1mm/0.5mを達成(160%)
- ・ 測定精度を達成するための補正演算処理の増加により、応答速度を100ms(50%)とし、検出エリアは240度(89%)とした。

###### 達成状況の意義

- ・ ESの評価検討の結果、2Dレンジセンサの利用範囲を拡大するため、検出距離は4mに伸ばすことに決めた。これは警備ロボットへの搭載に限定されず、自律移動機能を有する多くの次世代ロボットの普及に大きな影響を与えることを示唆している。
- ・ 測定精度と角度分解能を達成したことは、従来の大型の高精度2Dレンジセンサを大幅に小型軽量化(約1/28)できたことを意味し、これまで現実的でなかった次世代ロボットの課題解決を可能にすることが予測できる。

###### 実施項目A - 2：警備ロボットのための改良型高性能システムの設計・試作

###### 技術目標値の達成の状況

- 1 長距離型  
(略)

- 2 簡易3D型(仰角切換機能)

- ・ 光学系の実験用部品の試作・検証を行った。H17年度は研究を進めるとともに、ニーズ調査も併行して行う。

###### 達成状況の意義

- 1 長距離型

- ・ 予定以上の技術的な問題点が出て日程的に若干の遅れはあるが、H17年度中にESを完成させる目途が立った。

- 2 簡易3D型(仰角切換機能)

- ・ H17年度は研究を進めるとともに、ニーズ調査も併行して行い、実用的な製品仕様に整合していきたい。

## 実施項目 A : エンジニアリングサンプルの評価

### 技術目標値の達成の状況

- ・ 警備環境における経路走行中の障害物回避行動に関して、障害物との接触回数、到達時間において既存のセンサを用いた場合よりも優れていることを実験的に確認した。(100%)
- ・ 2Dレンジセンサの評価実験を行い、家庭内環境における有用性を確認した。(100%)
- ・ 2Dレンジセンサを評価用ロボットに搭載し、移動の障害になりそうな障害物を測定させて評価を行った。(100%)

### 達成状況の意義

- ・ 経路走行中の障害物回避行動に関して、障害物との接触回数、到達時間において既存のセンサを用いた場合よりも、本プロジェクトで試作したセンサが精度の高い環境認識を行えることを示すものである。

## サブテーマ B : 高速高精度 3Dレンジセンサ

### 実施項目 B : 移動ロボット用 3D センサに求められる機能の検討

#### 技術目標値の達成の状況

- ・ 施設および家庭内で働く警備ロボットの具体的な巡回経路の現場を想定し、3Dレンジセンサの機能・性能について妥当性の確認を行った。(100%)
- ・ 3Dレンジセンサに必要な通信プロトコルに関する仕様の検討を行った。(30%)

#### 達成状況の意義

( 略 )

### 実施項目 B : 3Dレンジセンサの設計・試作

#### 技術目標値の達成の状況

- ・ 各回路部の基礎実験により、検出距離の総合的な見極め検証を行い、目標値達成の見込みと課題が明確になった。(100%)
- ・ 基礎実験とシミュレーションによる演算アルゴリズムの検証を行い、測定精度の総合的な見極めを行った。(100%)
- ・ TSを試作して、独自 Time Of Flight 方式の総合的な達成の目途が立った。(150%)

#### 達成状況の意義

- ・ 各回路部の基礎実験による検出距離の総合的な見極め検証と、シミュレーション等を駆使した演算アルゴリズムの検証を行って、それらを具現化した TS を動作させた。  
これは、センサ用途としては国内で初めて Time Of Flight 方式のレンジセンサの製品化の目途が立ったことを意味する。

## サブテーマC：環境モデル生成システム

### 実施項目C：環境モデル生成システムの設計・試作

#### 技術目標値の達成の状況

- ・ 2D センサを効果的に利用した自律走行のアルゴリズムをロボットに実装し、基本的な自律走行を実現した。(100%)
- ・ 大学内環境において、センサから得られるデータを基に障害物を回避走行の動作を実現した。(100%)
- ・ 2D レンジセンサを利用した警備ロボットシステムの構成と必要なソフトウェアの仕様について検討した。(100%)

#### 達成状況の意義

- ・ 2D センサより得られた距離情報をロボットの位置情報とあわせて処理し、環境地図を生成するソフトウェアに関する基本的な構成を検討した。
- ・ 実現した走行アルゴリズムは、ロボットにとって未知の環境で、かつ、机や椅子などの形状が複雑な物が点在する環境においても適用可能であり、レンジセンサのデータを有効に利用した実用的な走行アルゴリズムであると考えられる。

### 実施項目C：環境認識システムの評価

#### 技術目標値の達成の状況

- ・ 警備ロボットの巡回システムとして、2D レンジセンサを用いたローカルな障害物回避などの実験を行った。(100%)
- ・ GUI により作成した地図と設定経路からロボットが走行するためのデータを出力するソフトウェアを構築した。(50%)
- ・ 環境地図作成と経路設定のための GUI ソフトウェアの操作性に関する評価方法について検討した。(20%)

#### 達成状況の意義

- ・ 2D センサを搭載したロボットを様々な環境で実際に走行させ、障害物の回避などを行うなどの実験を行った。
- ・ これらは、次年度に適切なフィールドでシステム全体の走行実験を行うことが可能であることを意味し、2D レンジセンサの妥当性が実用レベルで評価されることになる。

### 実施項目C：警備ロボットの使用環境における総合評価

#### 技術目標値の達成の状況

- ・ 大学内環境で、指定経路の巡回動作実験を繰り返し行い、100%の成功率を達成した。(125%)
- ・ 警備ロボットシステムの総合評価のための様々な現場に共通した自動巡回動作と環境について検討した。(100%)
- ・ 2D レンジセンサを利用した警備ロボットシステムの総合的な評価を行うためにロボットのハードウェアとソフトウェアを整備した。(50%)



#### 達成状況の意義

- ・ 実環境を想定した警備ロボットの走行実験について、実験経路の検討を行った。また実験に必要なハードウェア、ソフトウェアを検討し一部試作した。
- ・ 家庭内警備ロボットに搭載して、自動巡回の総合的な評価を実施するために必要な走行制御ソフトウェアの開発と既存ロボットのハードウェアを整備し、システムの実用性に関する検証を行う環境が概ね整った。
- ・ 次年度は、想定した経路上で2Dレンジセンサの情報を用いた巡回実験を実施し、警備ロボットが想定する業務への2Dレンジセンサの適応の可能性を評価する準備が概ね整った。

#### 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

##### 2Dレンジセンサ事業化の目標

( 略 )

##### 3Dレンジセンサ事業化の目標

( 略 )

##### 当該年度に把握した事業化を取り巻く環境変化

- ・ 大型で高価な2Dレンジセンサを体積比・重量費とも約1/28に小型軽量化したことは、これまで研究レベルでしか実現できなかったロボットへの応用を実用化させることを意味し、自律移動を行う多くのロボットの設計コンセプトにまでも影響を与えてきている。

( 略 )