

プログラム名：タフ・ロボティクス・チャレンジ

PM名：田所 諭

プロジェクト名：ロボットインテリジェンス

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平 成 2 7 年 度

研究開発課題名：

可変型測域センサアレイを用いた環境モデリング

研究開発機関名：

公立大学法人首都大学東京

研究開発責任者：

久保田 直行

# I 当該年度における計画と成果

## 1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

(課題 1) 可変型測域センサアレイの開発

(課題 1-1) 可変機構の開発

平成 27 年度は、北陽電機製の測域センサ (URG-UST-20LX) を用い、取り付け位置と取り付け角度を変えながら、計測レンジに関する予備実験を行う。また、2 本のアームを用いた可動部に関するハードウェア構成について検討を行い、予備実験を行う。本年度の達成目標として、ロボットを停止した状態で、測域センサをパンさせながら、予備実験的に 3 次元地図構築を行い、脚型ロボットの移動に必要なとなるステップや段差を検出するために必要な相対的空間位置関係を明確にする。予備実験を行い、2 本のアームを用いた可動部に関するハードウェア構成を明確にする。

(課題 1-2) センサアレイ制御システムの開発

操作者の意図と 3 つのモードにあわせて、アーム間角度、各測域センサの角度を制御するシステムを開発するために、各モードにおける仕様を明確にする。本課題を実施するために、課題 1-1 の予備実験結果から、測域センサの姿勢制御システムを開発する。

(課題 2) 環境モデリング手法の確立

(課題 2-1) 環境センシングシステムの開発

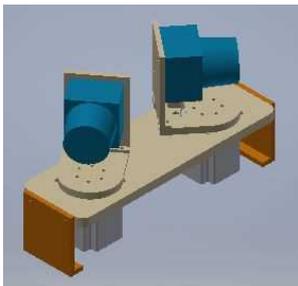
大規模信号処理システムで取り込まれた計測距離情報から、環境状態の計測・推定するシステムを開発する。平成 27 年度は、段差や階段など、移動に必要な情報を抽出する手法を開発する。達成目標として、注視領域を中心とする中心視による移動に必要な情報抽出と周辺視による周辺の大きな段差や壁などを抽出する方法論を提案し、有効性の検証を行うことによって平成 28 年度における研究開発にむけた具体的な問題点や課題を明確にする。

## 2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

### 2-1 進捗状況

(課題 1-1) 可変機構の開発

本年度においては、可変型センサアレイにおけるアーム部の仕様についての検討を行ない、高精度な 3 次元復元を行うためにチルト機構のアクチュエータとしてハーモニックドライブモータを用いた 2 個の測域センサによるプロトタイプの開発を行なった。図 1 に、アーム部の CAD 図と開発を行なったプロトタイプを図 2 に 3 次元復元を行なった結果を示す。



(a) CAD 図



(b) 実機

図 1 可変型センサアレイのプロトタイプ

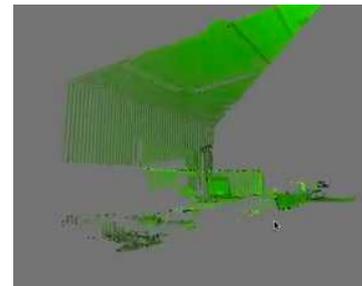


図 2 3 次元復元結果の例

#### (課題 1-2) センサアレイ制御システムの開発

ソケット通信により計測した 3 次元距離情報を取り込み、シリアル通信を用いて可変型センサアレイの姿勢制御を行うための基本システムを構築した。

#### (課題 2) 環境モデリング手法の確立

3 次元地図構築手法においては、3 次元の占有格子空間と進化計算を用いた方法論の開発を行なった。具体的には、3 次元の占有格子空間において 3 次元地図における不確定領域や未知領域の算出を行ない、その情報を元に進化計算による自己位置推定の評価関数の設計を行うことで、3 次元距離情報のみを用いた 3 次元地図構築手法に関する方法論の提案を行なった。

#### (課題 2-1) 環境センシングシステムの開発

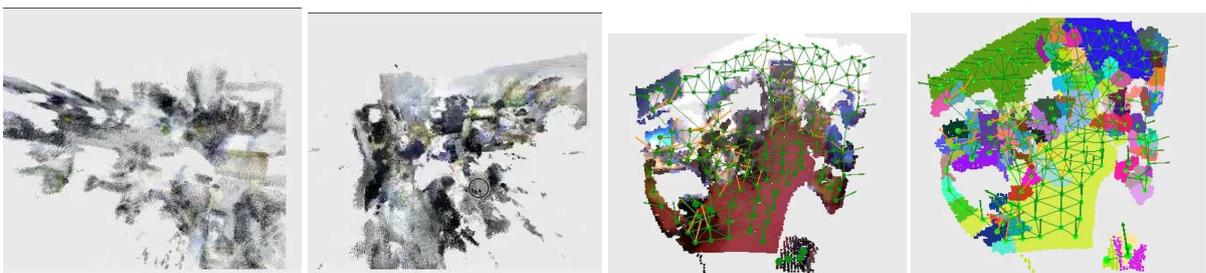
環境センシングシステムにおいては、Growing Neural Gas with Utility (GNG-U)を用いた 3 次元空間における環境情報の抽出手法に関する方法論を提案した。具体的には、GNG-U において構築を行った位相構造を元に、法線ベクトルや曲率といった特徴量の抽出手法を提案した。また、それらの特徴量から位相構造と領域成長法を用いた周辺視による周辺の大きな段差や壁などを抽出する方法論を提案した。また、中心視による移動に必要な情報抽出では、梯子等におけるパイプの勾配角度を推定するために、勾配角度ヒストグラムを用いた勾配角度推定手法に関する方法論を提案した。

## 2-2 成果

#### (課題 1-1) 可変機構の開発

#### (課題 1-2) センサアレイ制御システムの開発

3 次元距離情報のみを用いた 3 次元地図構築結果を図 3 に示す。図 3 の結果は上述の進化計算による最適化手法を用いて地図構築を行なった結果となっているが、各フレームにおける処理時間は約 0.1[s]となっており、リアルタイムにおける 3 次元地図構築が可能な手法であることを示した。



(a) 上面視点

(b) 俯瞰視点

(a) 特徴量抽出

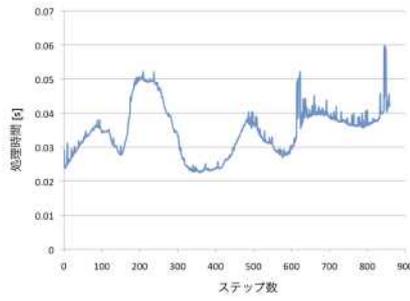
(b) 領域分割

図 3 3 次元地図の構築結果

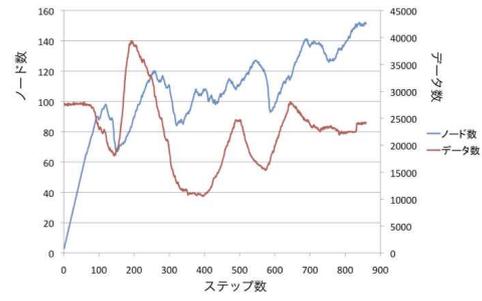
図 4 環境センシングの結果例

#### (課題 2-1) 環境センシングシステムの開発

図 4 に、上述において説明を行なった GNG-U を用いた特徴量抽出手法と領域分割の結果例を示す。提案手法により、法線ベクトル等の特徴量抽出が可能となっており、壁等の大まかな領域が分割可能となっていることが分かる。また、本実験における各ステップの処理時間、データ数とノードの関係を図 5 に示す。平均処理時間は 0.34[ms]となっており高速な特徴量抽出、領域分割が可能となっている。また、データ数とノードの関係図より、データの増減に対してノード数を適応的に変化しており、本研究で想定している時系列（非定常）のデータに対して適応可能であることを示している。



(a) 処理時間の推移



(b) データとノード数の推移

図 5 各ステップにおける環境センシングの結果

### 2-3 新たな課題など

(課題 2-1) 環境センシングシステムの開発

本研究課題における新たな課題として、周辺視 (GNG-U) におけるノード密度の制御があげられる。対応策としては、ノード削除時におけるパラメータ値とデータ数、ノード数の関係性を明らかにすることで、このパラメータを制御し、様々な状況に適応可能な方法論を提案していく予定である。

### 3. アウトリーチ活動報告

特に無し