

ポータブルな超音波 3次元タグ — 簡便なキャリブレーション手法 —

産総研 (CREST, JST) 西田佳史 東京理科大 ○西谷哲史 東京電気大 相澤洋志
産総研 (CREST, JST) 堀俊夫 東京理科大 溝口博

Portable ultrasonic 3D tag system — Easy-to-use calibration method —

Yoshifumi NISHIDA (AIST & CREST, JST), *Akifumi NISHITANI (Tokyo Univ. of Science),
Hiroshi AIZAWA (Tokyo Denki Univ.), Toshio HORI (AIST & CREST, JST),
Hiroshi MIZOGUCHI (Tokyo Univ. of Science)

Abstract— Rapidly constructing a human activity observing system is required for a field research of human activities. The authors have developed an ultrasonic 3D tag, which is a location sensing system for observing human activities. This study aims at establishing a systematic method for rapidly constructing an ultrasonic 3D tag system in various environments. A calibration function available in various environments is needed as one of basic functions of a portable ultrasonic 3D tag system. This paper describes a method for calibrating 3D positions of ultrasonic receivers which are put arbitrarily in a daily environment.

Key Words: Calibration, Location sensing system, Human activity observation

1. はじめに

本研究は日常空間における人間の行動の観察・認識技術の確立を目的としている。そのためには、十分な精度で確実に、しかも、実時間で人間の行動を観察できること、人の自然な行動に影響を与えないように無拘束であること、周囲の環境によらず認識機能を容易に実現できることが必要である。本研究では、これまでに開発してきた、人の活動計測のための超音波式 3次元位置計測装置（超音波 3次元タグ）¹⁾ をポータブル化し、多様な環境で手早く使用することを可能とする機能の実現を目指している。本稿では、その基本機能の一つとして、環境の任意の位置に取り付けられた超音波受信器をキャリブレーションするための簡便な手法について報告する。

2. ポータブルな超音波 3次元タグのためのキャリブレーション

2.1 キャリブレーションと計測

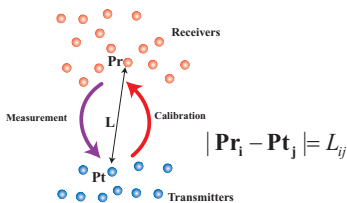


Fig.1 Calibration and measurement

ような受信器・発信器の位置に関する方程式を解くこ

本稿で扱うキャリブレーションは、超音波式 3次元位置計測装置において、3次元位置を求める際に基準となる受信器の位置を求めることを指す。Fig.1 に示すように、既知である複数の超音波受信器（図中赤色）中の位置から、図に示したような受信器・発信器の位置に関する方程式を解くこ

とで、超音波発信器（図中青色）の位置を求めることが計測にあたり、逆に、既知である複数の超音波発信器の位置から、超音波受信器の位置を求めることがキャリブレーションであり、両者は本質的には同じ問題である。

2.2 キャリブレーション手法

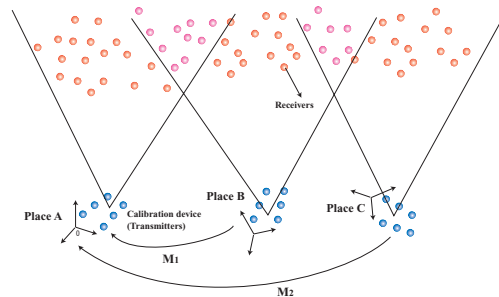


Fig.2 Calibration method

本稿で述べるキャリブレーション手法は以下のものである。

- 手順 1：適当に移動させた A, B, C, D, ... 地点にてキャリブレーション装置（図中青色）に取り付けられた複数の送信器を用いて、受信器（図中赤色）の 3次元位置を計算する（Fig.2 参照）。計算方法は、文献²⁾に記載。
- 手順 2：各地点において計算可能であった受信器の中で、複数の地点から計算可能であった受信器（図中桃色）を選択する。
- 手順 3：選択された受信器の 3次元座標をもとに、地点 A をワールド座標として、キャリブレーション装置の位置（座標変換行列）を最小二乗法で求める。

- 手順4：求められた座標変換行列を使って、各地点で求めた受信器の位置をワールド座標系へと変換し統合する。

3. キャリブレーション手法の検証実験

3-1 超音波3次元タグシステム

システム構成 超音波3次元タグシステムは、超音波発信装置（超音波3次元タグ）、超音波受信・増幅装置、距離計測装置、無線式超音波発信制御装置、データ収集装置、PCからなっている。システム構成をFig.3に示す。超音波発信装置は超音波パルスを発信し、超音波受信・増幅装置は超音波パルスを受信し増幅する。距離計測装置は、超音波発信部からの超音波パルスが超音波受信部に到達するまでの時間を計測する。無線式超音波発信制御装置は、超音波発信装置にIDを無線で送信し、システム全体に同期信号を送信する。データ収集装置は、距離計測装置により計測された時間のデータを収集し、PCに送信する。PCでは、超音波発信部と超音波受信部の距離に基づいて3次元位置を計算する。

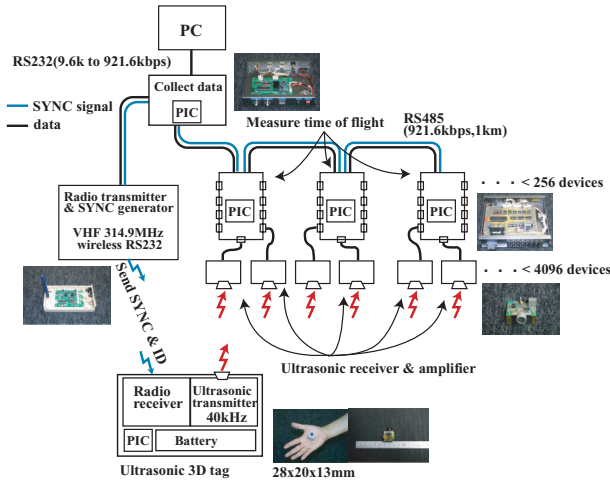


Fig.3 System configuration

超音波3次元タグシステムの基本機能

下記に超音波3次元タグシステムの基本機能を示す。
システム全体

- ・サンプリング周波数 60[Hz/個](at worst)
- ・時分割・同時ハイブリッド発信方式
- ・誤差は、2-8[cm]

ソフトウェア

- ・サポート OS : Windows/Linux
- ・3次元位置計測機能
- ・ネットワークサーバー機能
- ・任意の位置に取り付けられたセンサのキャリブレーション機能（本稿）

ハードウェア

- ・3次元タグの大きさ 28 × 20 × 13[mm]
- ・電池寿命 6日程度
- ・3個から4096個までのセンサを増設可能
- ・各装置の接続（追加）はRS485で、デージーチェーン方式

3-2 キャリブレーションの実験結果

Fig.4に示すような300[mm]間隔で並べられた9個の超音波送信器が取り付けられたキャリブレーション

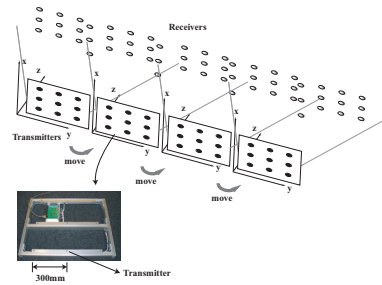


Fig.4 Experimentals using calibrating device

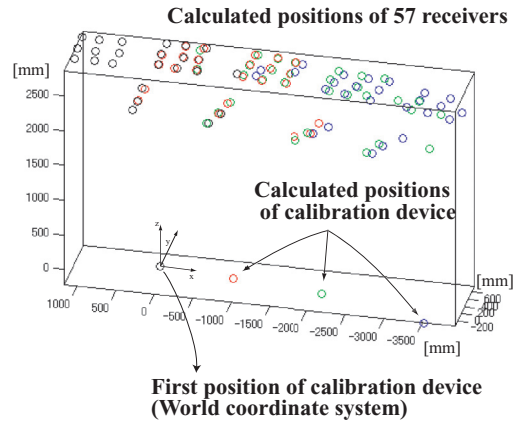


Fig.5 Experimental result

装置を用いて、2章で述べたキャリブレーション手法を用いて、5 × 1 × 1[m]の空間に配置された57個の受信器の位置を求めた。キャリブレーション装置は、3回移動し、最初の位置と合わせて合計4箇所計測を行った。Fig.5に、キャリブレーションの実験結果を示す。図中の4色は、キャリブレーション装置の各位置の計測をもとに計算した結果を示している。図より、最初のキャリブレーション装置の位置をワールド座標として、受信器の位置と移動後のキャリブレーション装置の位置が求められていることが確認できる。誤差は、8[cm]以下であった。

4. おわりに

本稿では、これまで開発してきた超音波式3次元タグシステムをポータブル化し、人の活動を観察するシステムを、実際に人の活動が生じる多様な環境で手早く構築するための必要機能として、キャリブレーション手法を述べ、検証実験により5 × 1 × 1[m]の空間におかれた受信器の位置を、誤差8[cm]以下でキャリブレーション可能であることを確認した。今後は、精度を向上させるためのアルゴリズムの改良と、より簡便なキャリブレーション手法の開発を行う予定である。

参考文献

- 1) 西田, 相澤, 堀, 柿倉: 超音波センサを用いた対象物のセンサ化に基づく人の日常活動の認識, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会'02講演論文集, 1A1-J07 (2002).
- 2) 西田, 相澤, 堀, 柿倉: 超音波式3次元タグを用いた人の日常活動の頑健な計測～冗長なセンサ情報に基づくロバスト位置推定～, 第20回日本ロボット学会創立20周年記念学術講演会予稿集, 3C18(1)-(4) (2002).