

# 協調ポジショニングシステムの研究

- 第 8 報 : CPS-III による長距離移動測定実験 -

東京工業大学 ○ 倉爪 亮 広瀬 茂男

Study on Cooperative Positioning System

Tokyo Institute of Technology : \* Ryo Kurazume and Shigeo Hirose

**Abstract** - We have proposed a new positioning method called "Cooperative Positioning System (CPS)." For CPS, we divide the robots into two groups, A and B. Group A remains stationary and acts as a landmark while group B moves, group B then stops and acts as a landmark for group A. This process is repeated until the target position is reached. In this paper, we report on the experimental results of long distance movements with the third prototype CPS model, CPS-III, and its positioning accuracy on uneven surfaces.

**Key Words:** Multi robots, Positioning, Accuracy

## 1 はじめに

筆者らはこれまでに移動ロボットに対し、未知/不整地環境でも高精度な位置同定を可能にする、複数ロボットによる「協調ポジショニングシステム, Cooperative Positioning System, CPS」を提案し、実機を用いた移動測定実験によりその有効性を検討してきた [1]。本報告では、これまでに開発した第三次機械モデル CPS-III [2] を用い、起伏のある屋外環境において長距離移動実験を行い、CPS による位置同定精度を測定した結果を示す。

## 2 協調ポジショニングシステム

協調ポジショニングシステム (CPS) とは複数台のロボットを交互に移動、静止させ、各ロボットが静止ロボットの観測による位置同定と静止ランドマークとしての役割を繰り返すことで、群全体として位置同定を行うものである。CPS の一例を Fig. 1 に示す。これはまずあらかじめ初期位置を計測してある親ロボットを静止させ、

1. 子ロボット 1, 2 を矢印のように移動させた後、停止させる。
2. 親ロボットに搭載した計測器により、子ロボット 1 までの相対距離、方位角、仰角を計測し、子ロボット 1 の位置を同定する。
3. 同様に子ロボット 2 までの相対距離、方位角、仰角を計測し、子ロボット 2 の位置を同定する。
4. 親ロボットを矢印のように移動、停止させ、親ロボットにより子ロボット 1, 2 までの相対距離、方位角、仰角を計測して、親ロボットの位置を三辺測量法により同定する。

という動作手順に従い移動、測定を繰り返すものである。

著者らはこの CPS の工学的実現可能性を検討するために、これまでに第三次機械モデル CPS-III を構築した [2]。これは Fig. 2 に示すように、レーザレンジファインダ (TOPCON 社製, AP-L1) と姿勢センサを搭載

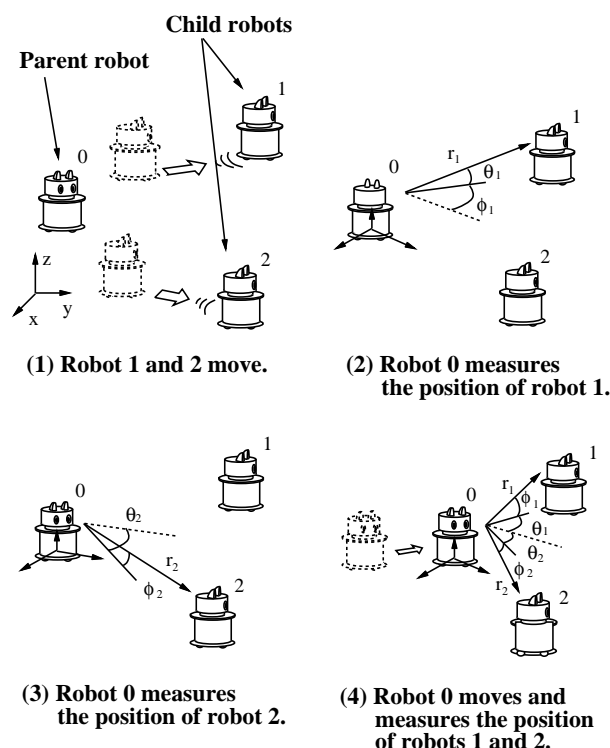


Figure 1: Basic principle of CPS

した親ロボットと、6つのコーナキューブを搭載した2台の子ロボットからなる。レーザレンジファインダの諸元を Table 1 に示す。

## 3 平坦地での長距離移動実験

まず平坦な屋外環境で移動測定実験を行った。測定された親ロボットの移動軌跡を Fig. 3 に示す。親ロボットの総移動距離は 277.1[m] であり、途中 Fig. 1 に示す 9 回の CPS 動作を行っている。本実験では、CPS は姿勢センサ及び仰角の測定値を用いて高さ方向も含む三次元位置同定を行っており、移動中の最大高低差は 2.3[m] であった。さらに移動開始前に測定した固定点を移動終了後に再び観測し、移動後の CPS の同定精

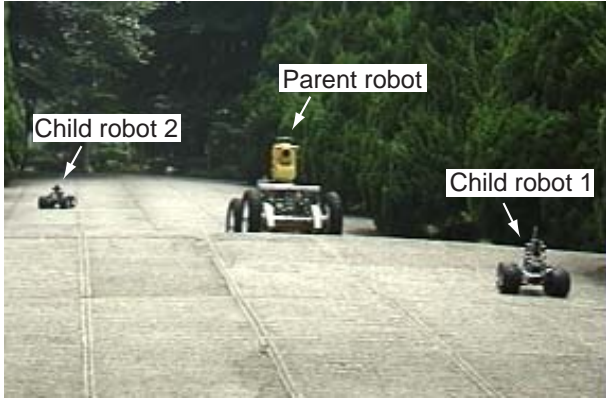


Figure 2: Appearance of CPS-III

Table 1: Specifications of range finder.

AP-L1 (TOPCON Ltd.)	
Range	4 ~ 400 [m]
Resolution (distance)	0.2 [mm]
Resolution (angle)	5 [°]
Precision (distance)	$\pm 3 + 2\text{ppm}$ [mm]
Precision (angle)	$\pm 5$ [°]

度を求めた結果を Table 2 に示す．このように高さ方向も含む三次元位置同定誤差は 450.7[mm]（移動距離の 0.16%），姿勢同定誤差は 0.12[deg.]であった．

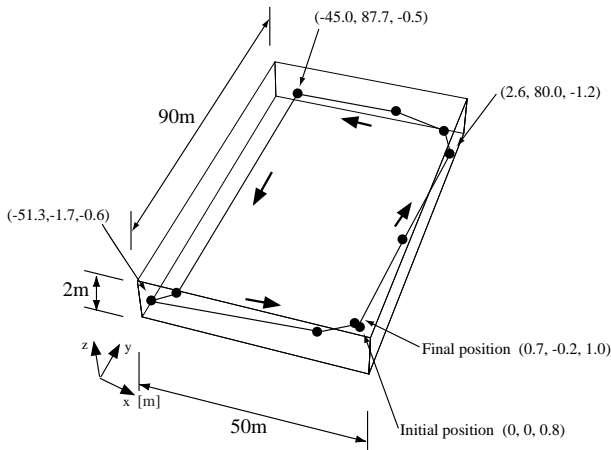


Figure 3: Experiments of long distance movements on even surfaces

#### 4 傾斜地での長距離移動実験

次に起伏のある傾斜地で同様の実験を行った．親ロボットの移動軌跡を Fig. 4 に，移動後の位置同定誤差を Table 3 に示す．親ロボットの総移動距離は 323.9 [m]，最大高低差 10.2[m]，三次元位置同定誤差は 976.3[mm]（移動距離の 0.30%）姿勢誤差は 0.40[deg.]であった．同定精度が平坦な環境での実験に比べて低い一因として，傾斜面でのコーナキューブの見え方の変化や姿勢センサの測定誤差等が考えられる．

Table 2: Experimental results of long distance movements on even surfaces

Distance of movement	Error	
	Position	Attitude
277.1 [m]	450.7 [mm] (0.16 %)	0.12 [deg.]

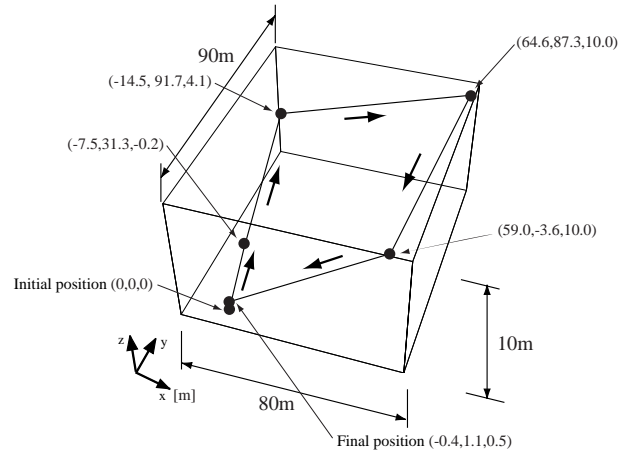


Figure 4: Experiments of long distance movements on uneven surfaces

## 5 まとめ

第三次機械モデル CPS-III を用い，起伏のある屋外環境において長距離移動実験を行い，CPS による位置同定精度を測定した．その結果，高さ方向も含む三次元位置同定精度は移動距離の 0.3% であり，CPS により極めて高精度な三次元位置同定が実現できることを確認した．

この研究は文部省科学研究費 (COE 形成基礎研究費スーパーメカノシステム) を使用して行なわれました．

## 参考文献

- [1] 広瀬，長田，倉爪：群ロボットによる協調ポジショニング法，日本ロボット学会誌，13, 6, pp.838-845 (1995).
- [2] 倉爪，岩崎，広瀬，群ロボットによる協調ポジショニングシステム - 第 5 報：第三次機械モデル CPS-III の構築，第 15 回日本ロボット学会学術講演会予稿集，pp.207-208, (1997).

Table 3: Experimental results of long distance movements on uneven surfaces

Distance of movement	Error	
	Position	Attitude
323.9 [m]	976.3 [mm] (0.30 %)	0.40 [deg.]