

# 協調ポジショニングシステムの研究

## 第6報：CPS-IIIを用いた自動清掃ロボットシステムの開発

東京工業大学 ○倉爪 亮 広瀬 茂男 岩崎倫三

(株)富士通研 長田 茂美 指田 直毅

Study on Cooperative Positioning System

Tokyo Institute of Technology : ○ Ryo Kurazume, Shigeo Hirose, and Tomomitsu Iwasaki

FUJITSU LABORATORIES LTD. : Shigemi Nagata and Naoki Sashida

**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. One 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 third prototype CPS model, CPS-III, that is designed specifically as an automatic floor-cleaning robot system, and its experimental result.  
*Key Words:* Multi robots, Positioning, Optimized strategy, Cleaning robot

## 1 はじめに

筆者らはこれまでに未知/不整地環境でも高精度な位置同定の可能な、複数ロボットによる「協調ポジショニング法, 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]。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。本発表では CPS を具体的な用途に使用する際の問題点を検討していくこととし、従来手法では実現困難であった地下や屋内などでの完全自律型床面自動清掃ロボットシステムに対して CPS を導入することで、床面の特性や周囲環境の情報が得られない場合でも、正確な掃引作業が可能になることを示す。

## 2 第三次機械モデル CPS-III と床面自動清掃ロボットシステム

床面清掃ロボットシステムによる自律的な掃引清掃作業の実現には正確な位置同定技術が必要不可欠である。現在までに提案されたシステムは車輪回転角度の積分や光ファイバジャイロ、超音波センサなどにより自己位置を推定しているため、例えば絨毯上や濡れた床面で生じる車輪の横ずれやスリップ量の推定、センサオフセット変動の補正など、正確な位置同定のためには多くの複雑で困難な処理が必要であった。さらにロボットが走行中に障害物と衝突してその方位がずれる場合には、その出力に大きな誤差を生じることから、未知の障害物が数多く存在すると予想される環境での自律的な掃引清掃作業で用いるのは非現実的と考えられ、また GPS の利用は、ビル内部や地下環境の床面の清掃作業を想定した場合には困難であった。

これらの従来手法に対し、CPS は床面の状態や環境が未知/既知に関わらず高精度な位置同定が可能であり、さらにロボットが移動中に障害物と接触しても同定精度に

何ら影響がないため、床面自動清掃ロボットに用いた場合有効性が高いことが予測される。ただし CPS では、移動中の各瞬間で何台かのロボットが常に静止している必要があり、群全体として移動速度は制限され、また静止ロボットが作業に直接参加できないため、作業能率が低下してしまうという問題がある [1]。そのため本システムでは、CPS により常に正確な位置同定を行う移動ロボット群と、CPS 動作には参加せず掃引作業を継続して行うロボットの 2 種類のロボットを組み合わせ、掃引作業ロボットは CPS ロボットの観測により大まかな位置同定を行い、CPS ロボットは正確な位置情報をもとに掃引作業ロボットを作業目標に沿って誘導することにより、CPS が効率的な掃引作業の妨げとなることなく、しかも群全体として正確な作業遂行を実現するシステムを導入することとした。

試作した床面自動清掃ロボットシステムの構成を Fig. 1 に示す。本システムは高性能レーザーレンジファインダ

Figure 1: Total view of the automatic cleaning robot system with CPS-III and ACRO-V.

(AP-L1, TOPCON 製) を搭載した 1 台の親ロボットと、コーナキューブを搭載した 2 台の子ロボットからなる第三次 CPS 機械モデル (CPS-III)、及び著者らがこれまでに提案したクローラ型全方向移動機構 [2] を採用し、ノン

ホロノミック運動が可能な掃引作業ロボット (ACRO-V) (Fig. 2) の, 4 台のロボットからなる .

Figure 2: ACRO-V (Automatic Cleaning RObot using the Vuton architecture)

ACRO-V には, 新たに開発したレーザ光と CCD カメラによるコーナキューブ自動検出 / 追尾機構を搭載した . 本機構は赤色レーザ発信器 (10mW, キコー技研製), ハーフ及び全反射ミラー (シグマ光機製), バンドパスフィルタ (ケンコー製), CCD カメラ (EDM-D40, SONY 製) からなる . 赤色レーザ発信器から照射されたレーザ光は, CPS-III の子ロボット上部のコーナキューブで反射され, CCD カメラと画像入力ボード (FDMPCI, フォトロン製) よりボードコンピュータ (PCI586HV, Pentium 200MHz, 日本データシステム製) へ送られ, HSV 変換, 二値化処理により画面上でのコーナキューブの位置が求められる . また CCD カメラのピッチ, ヨー軸回りにステッピングモータを取りつけ, コーナキューブの画面位置に対するビジュアルフィードバック系を構成し, 自動追尾を行うようにしている .

この機構により ACRO-V の位置は, クローラ回転角度を積分することにより推定される位置情報を, コーナキューブ追尾機構から得られる CPS ロボットの方位角情報により補正することで得るようにしている .

### 3 床面掃引作業実験

構築した床面自動清掃ロボットシステムを用いて, 屋内環境における実際の清掃作業を想定した掃引作業実験を行った . 実験は滑りやすいプラスチック製のパネルで覆われた建物内の直線廊下で行い, ACRO-V を掃引作業を行いながら約 100m 移動させる目標軌道を与えたときの各ロボットの位置同定誤差を測定した .

まず CPS-III は用いずに ACRO-V だけをデッドレコニングにより走行させる実験を行った . 実験結果の一例を Fig. 3(a) に示す . このように走行とともに姿勢誤差が次第に蓄積し, 20.3m 移動後に壁と衝突した .

次に CPS-III を同時に動かし, 子ロボットの観測による位置補正を行いながら ACRO-V を掃引作業させる実験を行った . ただし ACRO-V は, CPS-III の 2 台の子

ロボットのうち, 先頭に位置する子ロボットを常に観測するものとし, 物陰に隠れた場合など子ロボットが確認できない場合には, デッドレコニングだけを用いて位置同定を行うこととした .

Fig. 3(b) に ACRO-V の軌跡を示す . Fig. 3(b) 中の 2 個所の楕円は, 移動の途中で ACRO-V から子ロボットが見えなくなる領域を示しており, この区間では ACRO-V はクローラ回転角度を積分するデッドレコニングだけで位置同定を行っている . そのため, この区間で目標軌道から若干のずれが生じているが, その後子ロボットを再度観測し始めることにより, 次第にずれが修正され, 誤差が小さくなっていく様子が見られる . この実験での ACRO-V の位置同定誤差は移動距離 101.7m に対して 140.8mm, CPS-III の親ロボットの位置同定誤差は 148.4mm であった .

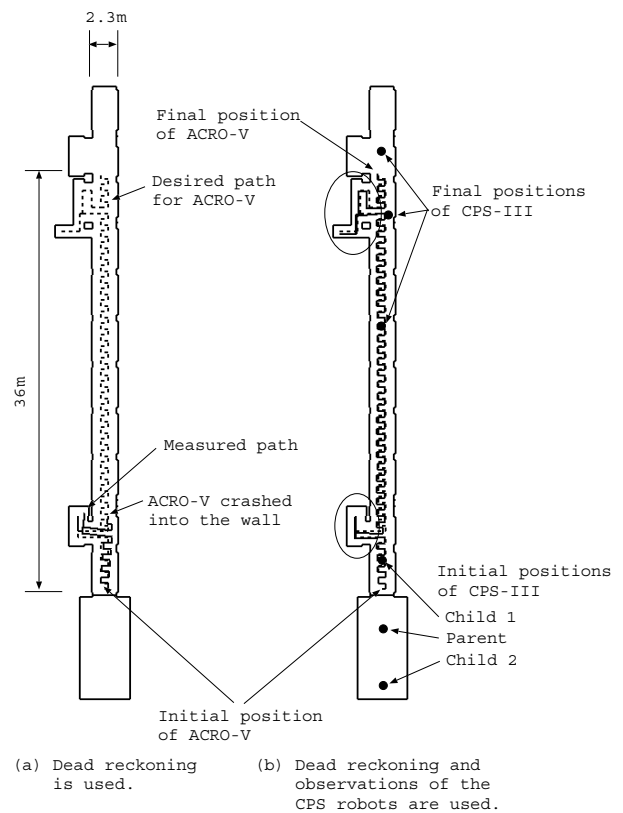


Figure 3: Path of ACRO-V with and without CPS.

### 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, Vol.13, No.6, pp.838-845 (1995).
- [2] S. Hirose, S. Amano, The Vuton: High Payload High Efficiency Holonomic Omni-Directional Vehicle, Proc. Int. Symp. on Robotics Research, pp. 253-260, 1993.