

# 移動ロボットの非ホロノミック拘束に依存しない絶対位置制御系の一構成法

## A Construction of Absolute Position Control Unrelated to Nonholonomic Constraints in Mobile Robot

80222667 菅原俊晴 (Toshiharu Sugawara) Supervisor 村上俊之 (Toshiyuki Murakami)

### 1 序論

自動車, 車椅子に代表される移動システムの走行支援や自動走行は, 産業, 福祉等の様々な分野で強く求められており, その実現意義は極めて大きい. そこで本研究は, 移動システムの自動走行を実現する上で基盤となる位置制御法の実現を目的とする.

本研究は, 車椅子に代表される2輪独立駆動型移動ロボットと自動車に代表されるステアリング型移動ロボットを制御対象とする. これらの移動ロボットは非ホロノミック拘束(車軸方向には動けないという拘束)を持つため, 位置, 姿勢( $x, y, \theta$ )の3自由度を同時に制御しようとすると, 姿勢の制御が支配的となり所望とする位置制御が実現し難いという問題があった. しかし, 軌道追従制御の場合, 位置指令( $x, y$ )の2自由度に対して非ホロノミック拘束の影響を受けずにロバストな追従が実現できれば, 姿勢の応答も自ずと決まり, 所望とする姿勢へ収束させることが可能である. そこで本研究では, 絶対位置( $x, y$ )に対してロバストな制御系を構成することによって, 移動ロボットの位置及び姿勢を任意に実現可能な制御手法を提案している.

### 2 移動ロボットのモデル化

制御対象である2輪独立駆動型移動ロボットとステアリング型移動ロボットのモデルを図1, 2示す. 2輪独立駆動型移動ロボットは, 「駆動輪の車軸方向に速度を出せない」, ステアリング型移動ロボットは「前後輪ともに車軸方向に速度を出せない」という拘束を受ける.

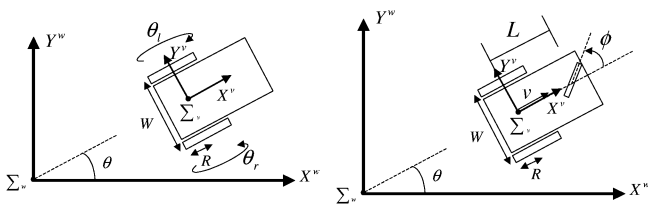


図 1: 2輪独立駆動型移動ロボット

図 2: ステアリング型移動ロボット

### 3 制御系設計

序論で述べたように, 移動ロボットを位置指令( $x, y$ )に追従させることを目標に制御系を設計する. 作業空間で構成された位置制御系では, 図3に示すように非ホロノミック拘束により台車の車軸方向の指令が無効になってしまうため, 位置指令に追従させることが出来なかった. そこで, 非ホロノミック拘束の影響を示す指標として, 無効になってしまう車軸方向の指令を作業空間オブザーバで推定する. そして, その影響がなくなるように, 仮想的な回転力を移動ロボットに加えることで姿勢を制御する(図4). この仮想力により, 移動ロボットを常に非ホロノミック拘束の影響を受けない姿勢に保つことができ, 非ホロノミック拘束に依存せず所望の位置に追従させることが可能となる. 又, 非ホロノック拘束以外の外乱については, 外乱オブザーバと絶対座標系で構成した作業空間オブザーバで抑圧する. 提案手法のブロック線図を図5に示す.

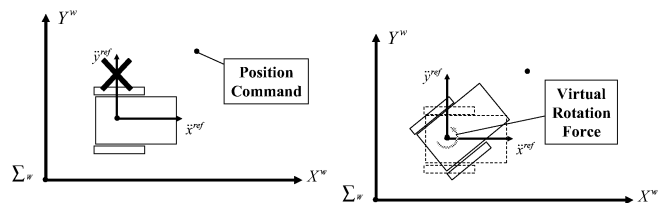


図 3: 非ホロノミック拘束の影響

図 4: 回転仮想力

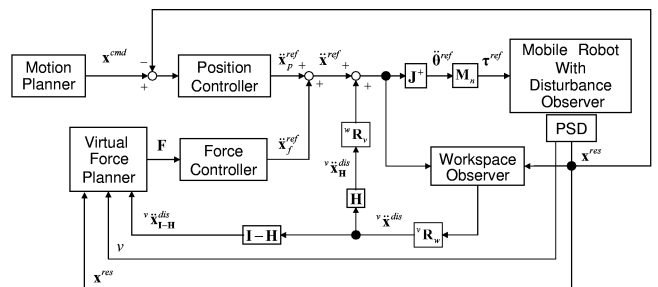


図 5: 提案手法のブロック線図

## 4 シミュレーション

本手法の有効性を実証するため、それぞれの移動ロボットでシミュレーションを行った。

### 4.1 2輪独立駆動型移動ロボット

移動ロボットの初期位置と指令値がずれた状態から  $\sin$  カーブの指令を移動ロボットに与えた。又、作業空間で構成した位置制御系を従来法とした。従来法と提案手法の位置、姿勢の応答をそれぞれ図6から図9に示す。図6, 7より、従来法では姿勢の制御が支配的となり、位置指令に追従できていないことが分かる。一方、図8, 9より、提案手法では非ホロミック拘束に依存せず所望とする位置、姿勢を実現できていることが確認できる。

所望の軌道の上に障害物が存在する場合、従来の制御法では軌道を再計画しなければならなかった。しかし、本手法は力制御系をベースとしており、非ホロミック拘束に依存せず移動ロボットを制御することが出来るので、ポテンシャル法等の導入も容易であり、軌道を厳密に再計画することなく、障害物の回避動作等の実現も可能となる。提案手法の有効性を実証するため、軌道の上に2つの障害物がある状況を想定しシミュレーションを行った。障害物回避のスティック線図を図10に示す。図10より、移動ロボットは軌道を再計画することなく障害物回避動作を行っていることがわかる。

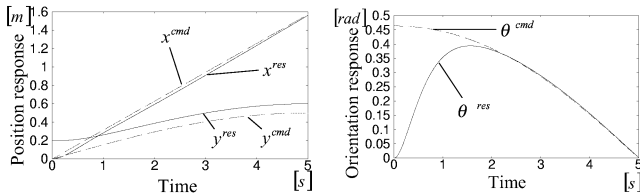


図 6: 従来法の位置応答

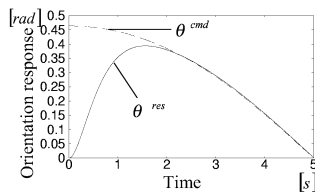


図 7: 従来法の姿勢応答

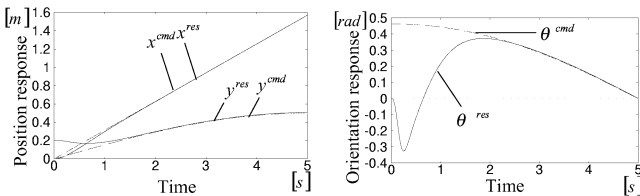


図 8: 提案手法の位置応答

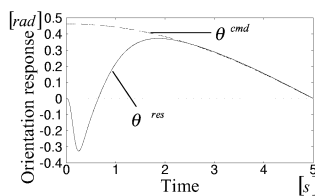


図 9: 提案手法の姿勢応答

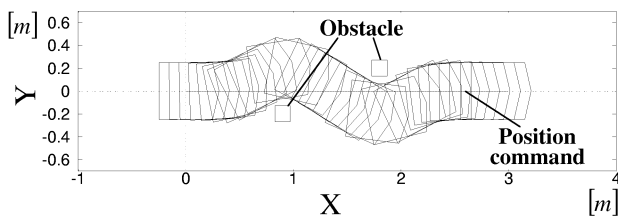


図 10: 障害物回避のスティック線図

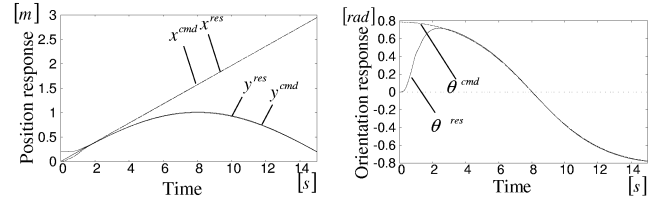


図 11: 提案手法の位置応答

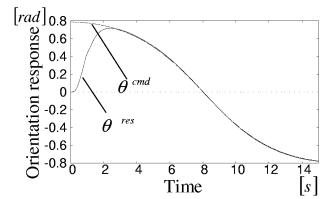


図 12: 提案手法の姿勢応答

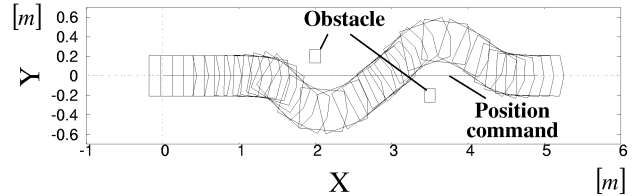


図 13: 障害物回避のスティック線図

### 4.2 ステアリング型移動ロボット

移動ロボットの初期位置と指令値がずれた状態から  $\sin$  カーブの指令を移動ロボットに与えた。提案手法の位置、姿勢の応答をそれぞれ図11, 12に示す。図11, 12より、提案手法では非ホロミック拘束に依存せず所望とする位置、姿勢に追従していることが確認できる。

又、所望の軌道の上に障害物が2つある状況を想定し、ポテンシャル法を導入したシミュレーションを行った。スティック線図を図13に示す。図13より、軌道を再計画することなく障害物回避動作を行っていることがわかる。

## 5 結論

本論文では、非ホロミック拘束に依存しない移動ロボットの絶対位置制御法を提案した。

本手法は、外乱オブザーバ、PSDの絶対位置情報を利用した作業空間オブザーバにより、外乱に対しロバストな制御系を構成した。更に、移動ロボットの制御の問題となっていた非ホロミック拘束の影響を作業空間オブザーバで検出し、それを仮想力という形で移動ロボットにフィードバックすることでその影響を間接的に抑圧した。以上の制御系により、非ホロミック拘束に依存せず移動ロボットの位置、姿勢を制御することが可能となった。又、本手法は機構の異なる移動ロボットに適用可能な汎用的な制御系となっている。

提案手法の有効性を移動ロボットを用いたシミュレーションと実験により確認した。

### 参考文献

- [1] T. Sugawara and T. Murakami, "An Approach to Absolute Position Control of Mobile Robot by PSD Based Robust Control" IEEE Conf., IECON'03, pp.2053-2058.