

親子型群ロボットシステムにおける物体探索および協調搬送 Searching for the Target Objects and Cooperative Conveyance in Super-Mechano System

正 伊能 教夫(東工大) 鈴木 尊文(東工大) 正 小関 道彦(東工大)
市川 洋(東工大) 正 小池 関也(東工大)

Norio INOU, Takafumi SUZUKI, Michihiko KOSEKI,
Hiroshi ICHIKAWA, Sekiya KOIKE,
Tokyo Institute of Technology, Meguro-ku O-okayama, Tokyo

This paper deals with the Super-Mechano-Colony (SMC) which consists of a parent robot and children robots. First, we discussed a subject that they gather objects distributed in a field. The computer simulation examined the effective gathering ways from the point of energy dissipation. Second, we discussed cooperative conveyance with a teaser unit. The mechanism to fasten an object with the teaser unit was proposed and the cooperative actions by the children robots were also discussed.

Key Words: Super-Mechano-Colony, Group Robots, Computer Simulation, Teaser, Cooperative Conveyance

1. 緒言

惑星や海底などの極限環境や二次災害の危険がある悪条件の環境においては、人間に代わりロボットによる作業が望まれている。このような状況下では、同時に複数の作業が可能であり、リスクを分散できる複数台の自律型ロボットから構成される群ロボットシステムが注目されている。

SMC(Super-Mechano-Colony)は、大型で高機能であるが機動性が低い一台のロボット(親)と、小型で最小限の機能を備えた機動性の高い多数台のロボット(子)から構成され、未知領域の探査ミッションに適したシステムである[1]。

本稿では、SMCの子ロボットによるターゲットの探索行動および搬送行動に着目し、検討したことを報告する。まず、子ロボットの行動パターンを探索型と収集型とに役割分担したときの探索効率について計算機シミュレーションを行い検討した。次に、発見されたターゲットの搬送にテザーを用いた協調搬送を提案し、テザー操作ユニットの開発を行った。

2. 物体探索シミュレーション

SMCの子ロボットは基本スペックとして自律走行するための駆動輪と環境情報を取得するためのCCDカメラを有している。しかしながら基本スペックのみでは、ターゲットが地下に存在したり、周囲との判別が困難である場合には、情報取得能力が不足する。一方、ターゲット発見後に搬送する際にも、物体保持機構であるアームは微細な動作が困難であり、アームのみで搬送できる物体は大きさ・質量が限定される。

そこで、子ロボットによる探索時・搬送時にはそれぞれのタスクに応じた機構の追加を想定し、子ロボットはそれ

ぞれのタスクに応じた行動パターンを持つものと設定した。すなわち、子ロボットの行動パターンを探索型と収集型とに区分し、行動パターンの切り替えを子ロボットが親ロボットに帰還した時に行うものとした。

探索型ロボットの移動方式としてはランダムウォークを用いるものとし、探索型ロボットと収集型ロボットの台数比率がターゲットの収集効率に及ぼす影響について計算機シミュレーションを行った。

図1は時間ステップにおける親ロボットへのターゲット収集数を示している、探索型ロボットと収集型ロボットの比率によって得られる曲線は異なる結果となった。すなわち、ターゲット収集率が0~80%程度までは探索型3:収集型7の比率が効率的だが、収集率がそれ以上では探索型4:収集型6の比率が効率的であることがわかった。いくつかのターゲット分布について同様の検証を行ったが、いずれも同様の結果が得られた。これは、探索・収集が進むにつれてターゲットの発見が困難になることが効いている

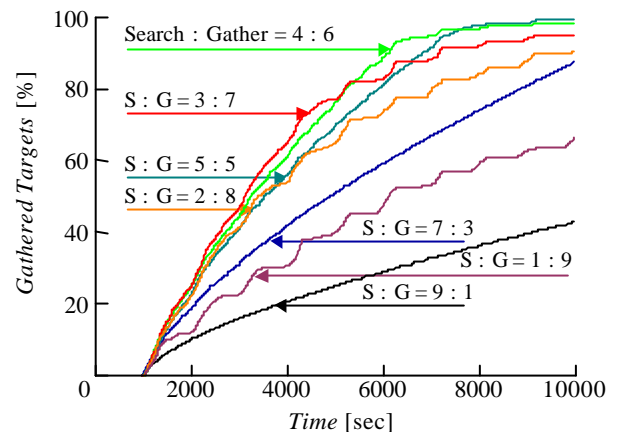


Fig.1 Acquisition curves with several ratios of searching and gathering robots

と考えられる。

さらに、子ロボットのエネルギー消費率を変更してシミュレーションを行ったところ、それに応じた適度な探索型ロボットの台数比率が存在することが明らかとなった。

3. 協調物体搬送のためのテザーユニット

複数の自律ロボットが協調して物体を搬送する方法はこれまでもいくつかの研究例がある。そのうち、協調搬送の手段にテザーを用いる方法は搬送対象物の形状への依存性が低く、またテザーの張力によって対象物を持ち上げて搬送することが可能であるなど、利点が多い。

そこで、本研究ではテザーを利用して搬送対象物を捕獲し、搬送を行うことを提案する。今回、これを実現するためのロボットの作業アルゴリズムを検討し、テザー操作ユニットの開発を行った。

3.1 テザー操作ユニット

テザー操作ユニットはロボット本体に配置する巻取ユニットおよびエンドエフェクタの2点によって構成される。この操作ユニットで様々な搬送対象物を捕獲するためにはテザーによる締め付け力をその形状や物性に依拠して調整して確実に捕獲する機能が必要である。そこで、能動的にテザーの張力を調整可能とする張力調整ユニットを提案し、テザー末端のエンドエフェクタとして実装した。張力調整ユニットの外観を図2に示す。

張力調整ユニットは小型DCモータ、リンク、張力検出機構およびマイコンチップから構成され、テザーを捕捉すると小型DCモータによってドラムが回転し、張力を調整する。さらに、リンクと歯車を組み合わせて用いることにより、捕獲および張力調整を単一のDCモータで行った。テザーには電線を用い、ロボット本体から各構成要素へ電力を供給することでエンドエフェクタを軽量化した。

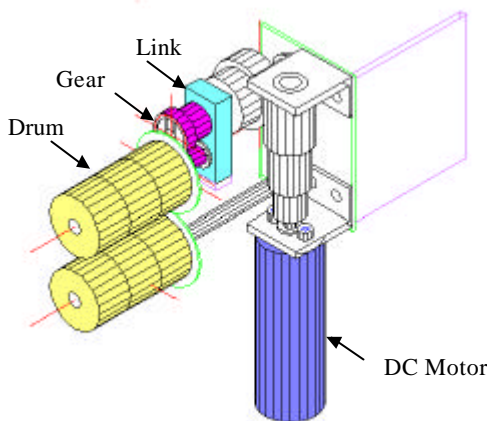


Fig.2 Proposed teaser unit to fasten a target object

3.2 物体捕獲のための協調動作アルゴリズム

テザーを用いた搬送対象物の捕獲は複数台のロボットが協調作業することにより実現可能となる。以下にこの協調作業の動作アルゴリズムを示す。

STEP 1: ロボットAのエンドエフェクタをロボットBが

把持する。

STEP 2: ロボットBが対象物の周囲を取り囲む。(図3-a)

STEP 3: ロボットBが自機のエンドエフェクタをロボットAのテザーに取り付ける。

STEP 4: 両機ともに対象物のまわりを移動し、ロボットAはロボットBが保持している自機のエンドエフェクタを受け取る(図3-b)

STEP 5: ロボットAが自機のエンドエフェクタをロボットBに取り付け、反対側に移動する。(図3-c)

STEP 6: テザーの締め付け力を調整し、捕獲を完了する。

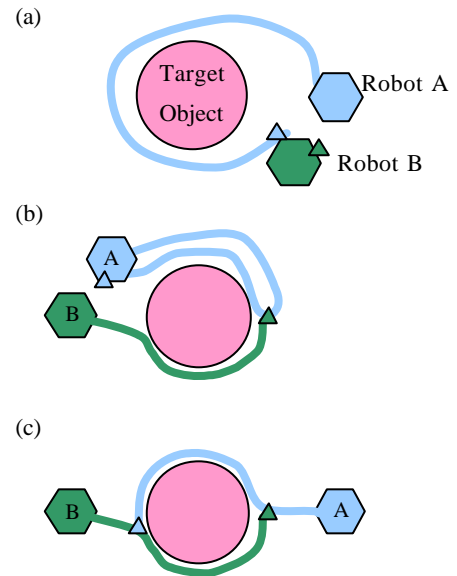


Fig.3 Algorithm for capturing the target object

4. 結論

親子型群ロボットシステムによる物体探索、協調搬送について検討を行い、以下の結論を得た。

- 1) 物体探索の計算機シミュレーションを行い、高効率な探索を行うためには探索型ロボット、収集型ロボットの台数比率を時間と共に変化させる必要があることが分かった。
- 2) テザーを利用した物体の協調搬送を提案し、それを実現するためのテザー操作ユニットの開発を行った。
- 3) テザーを利用して物体を捕獲する協調動作アルゴリズムを検討した。

謝辞

本研究は、文部科学省科学研究費（COE形成基礎研究費スーパーメカノシステム）の援助によって行われた。

参考文献

- [1] S. Hirose, A. Kawakami, K. Kato, H. Kuwahara; Super-Mechano-Colony and SMC Rover with Detachable Wheel Units, Proceedings of TITech COE/Super-Mechano-System Workshop '99, pp. 67-72 (1999)