

平成 21 年 5 月 25 日現在

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2007～2008

課題番号：19760166

研究課題名（和文） 共進化による高効率ロバスト AGV 搬送システムの設計

研究課題名（英文） Design for Effective and Robust AGV Systems using Co-evolution

研究代表者

千葉 龍介 (CHIBA RYOSUKE)

首都大学東京・システムデザイン研究科・助教

研究者番号：80396936

研究成果の概要：AGV 搬送システムにおいて、走行経路(ガイド)およびマルチエージェント行動則を適切に設計することは、搬送効率の向上に対して不可欠であるといえる。本研究では、エージェントの行動を知的な走行経路により制御することによって、ロバストかつ高効率な搬送システムの設計を目的とする。ロバスト化および高効率化に共進化を用い、知的走行経路には単方向と双方向を組み合わせた手法により、解決する。上記よって、従来得られているヒューリスティックスをメタヒューリスティックスによって獲得可能であることを示す。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2,300,000	0	3,300,000
2008 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	300,000	4,600,000

研究分野：ロボット工学

科研費の分科・細目：機械工学・知能機械システム

キーワード：ロボティクス, 生産・搬送システム

1. 研究開始当初の背景

生産工場で自律制御の無人搬送車(AGV)を用いた搬送システムが提案されている。多くの工場において、フォークリフト等の人手の代替として、図 1 に示す AGV 搬送システムが期待されている。

効率の良い生産システムは製造業にとって不可欠であるが、多くの設計は熟練者の経験によってなされており、体系的な設計手法が必要とされている。

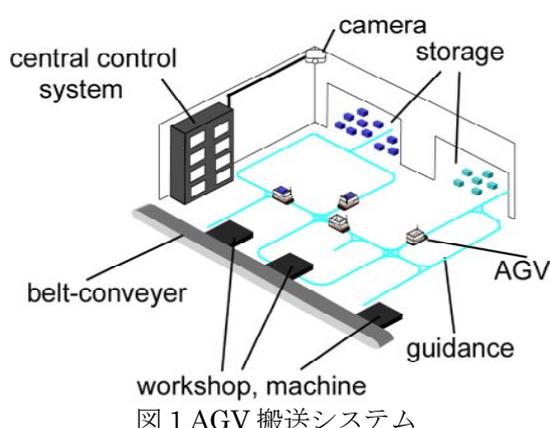


図 1 AGV 搬送システム

AGV 搬送システムにおけるタスクは倉庫・機械間の部品繰返し搬送である。搬入の関係上、各部品の所在倉庫は日ごとに異なり、生産品目の変更から部品の必要数もその日ごとに異なる。したがって、タスクのパターンは非常に膨大な数にのぼり、更にその内容は事前に予測が困難である。

ここで重要な設計要素のひとつが走行経路(ガイド)である。AGV 群は走行精度や安全面の問題から、ガイドに沿って走行し、このガイドを走行経路と呼ぶ。AGV 群はガイド上のみで走行を制限されており、この走行経路を適切に設計しなければ、渋滞を引き起こすことや、大きく迂回路を廻る現象が起き、搬送効率の低下に繋がる。

また、従来の多くの研究では、固定された1種類の搬送内容(タスク)に対し走行経路の最適化を行うが、生産システムにおいてタスクが1種類で完全に既知である場合は多くない。タスクの変更ごとに、走行経路を設計しなおし、ガイドを設置し直す事は労力・コストの面から好ましくない。したがって、生産システム設計に求められることは、日ごとに変化する様々なタスクに対して効率的である走行経路、すなわちタスクに対しロバストな走行経路を設計することである。

2. 研究の目的

上記の背景を踏まえ、本研究では、ロバストな走行経路設計のための、タスク設計を含んだ設計法を提案する。この目的に対し、可能性のある全タスクを入力し、走行経路を総合的に評価する方法が考えられるが、タスクおよびシステム双方とも小規模な場合のみ、この方法は有効である。なぜなら、搬送効率と走行経路の関係が非線形なため、シミュレーションによる繰返し最適化が必要になり、設計に時間を要する。現在の生産システムでは、タスクの多様化、システムの大規模化により、この方法では対応が非常に困難である。また、繰返し最適化ではなく、線形に近似した数理解析法による最適化も考えられるが、現実的なシステムに対応できないという問題点がある。

本研究では、競争的共進化を用いることにより、この解決を図る。これにより、システム変更の必要が少なく、労力・コストの面で効率的であるシステムの設計が可能となると考える。

3. 研究の方法

背景で述べた AGV 搬送システム設計問題に対し、有効と考えている手法として、以下の3種類に問題分割し、それぞれの解決法を提案する。

(1) 遺伝的アルゴリズム (GA) による効率的な走行経路の設計

走行経路の特性として、走行経路の構造と搬送効率の関係が非線形であり多峰性の関数となることが予想され、走行経路はガイドが有る・無いと言う離散的な問題構造(組合せ最適化問題)を成す。つまり1本の経路の有無で劇的に搬送効率は変化する。GAは非線形・多峰性関数における組合せ探索に非常に有用であることから、これを走行経路設計に用いる。この際、走行経路をどのような遺伝子として表現するか、という問題にたいしては、環境をセルに分割しセル間の接続で表現する(図2)。

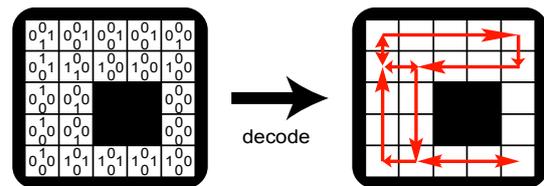


図2 走行経路設計

(2) GA による困難なタスクの設計

走行経路にとって困難であるタスクを入力することによって、その走行経路はその困難なタスクを克服する方向に進化する。したがって、ロバストな走行経路を設計することが、走行経路をロバストにするとと言える。しかし、タスクは網羅不可能なほど、その候補が多いことから、タスク候補の中から困難なタスクを発見(設計)する方法として、GAを用いる。

(3) 走行経路とタスクを競争的に共進化(交互に進化)させることによる同時設計

困難なタスクは走行経路に依存し効率の良い走行経路はタスクに依存する。この両者の関係を保つ方法である競争的共進化によって、本問題は解決可能であると考えられる。競争的共進化とは、生物世界における競争関係(捕食者と獲物)の関係に代表される、互いに利害関係にある個体群同士が相手を打ち負かすように進化していくことにより、双方がより高度なものになっていく方法である。タスクと走行経路の関係も利害関係といえ、この方法により、ロバストな走行経路になるように進化していくことが期待できる(図3)。

すなわち、走行経路は困難なタスクを克服するように進化し、効率的な走行経路を設計する。その後、タスクはその設計された効率的な走行経路に対して困難になるように進化し、新たな困難なタスクを得る。すると、再び走行経路はそのタスクを克服するように進化し、タスクは再びその走行経路にとって困難になるよう進化する。これを繰り返すことにより、最終的にタスクに対してロバストかつ効率的な走行経路を設計可能となる。

競争的共進化において、2つの個体群を同時進化させる必要があり、計算負荷が増大する。すなわち、搬送シミュレーションの回数

が多くなり、計算に多大な時間を要する。しかし、GAを用いた繰返し計算は並列処理が可能であり、現実的な時間での設計を可能とする。

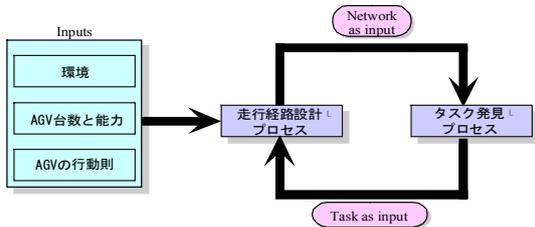


図2 共進化による設計プロセス

また、競争的共進化には同じ解候補が繰返して周期的に発現する、解巡回問題が存在する。これは、ある特定の相手にのみ強く、他の相手には効果が無い個体が繰返し発現する現象である。つまり、本研究においては、様々なタスクにロバストな走行経路ではなく、特定のタスクに対してロバストな走行経路が巡回して発現し、ロバストな走行経路が求まらない。これを解決する方法として、タスクを特定することなく、困難なタスク群をパッケージとして走行経路を進化させる手法を提案する(図3)。

この手法は、繰返し同じ解が競争的共進化によって得られないよう、走行経路の評価時に対戦するタスクをもっとも困難なタスク1つに限定するのではなく、過去に困難と判断された2つ以上の困難なタスクと対戦を行い、もっとも低い評価値を走行経路の評価値する方法である。これにより、走行経路は過去の強敵全てに対して、多くの搬送が可能なもの、すなわち様々なタスクにロバストに進化することが可能となる。

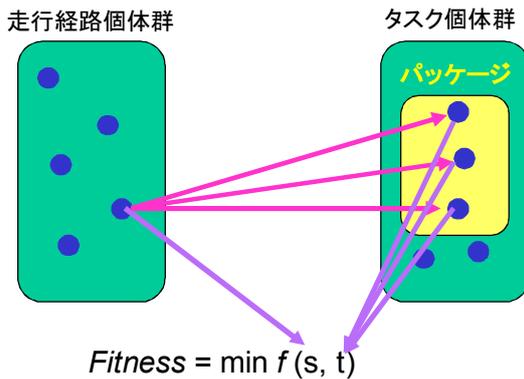


図3 パッケージ化による走行経路のロバスト化

4. 研究成果

上記手法を用いて、AGV 搬送システムの設計を競争的共進化により行った。

その結果、一方通行を用いた巡回路(ループ)構造を用いた搬送経路を得た(図4)。このときのAGV 台数は4台としている。ここで、一方通行の走行経路と双方向の走行経路の

組み合わせによる走行経路により表現されていることが分かる。

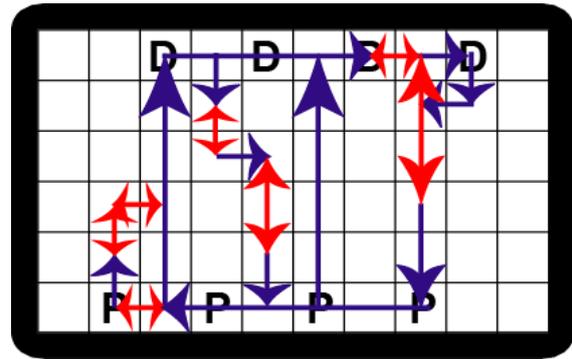


図4 設計された走行経路

この走行経路はAGV 同士の衝突を回避するため、非常に妥当な経路であるといえる。また、単純さの観点からも妥当と考える。10000種類のタスクを試行したところ、当該走行経路でデッドロックなく搬送可能であることを確認した(図5)。一方通行の走行経路の存在により、AGV は図中の矢印で示す挙動を行い、相互回避が可能となる。

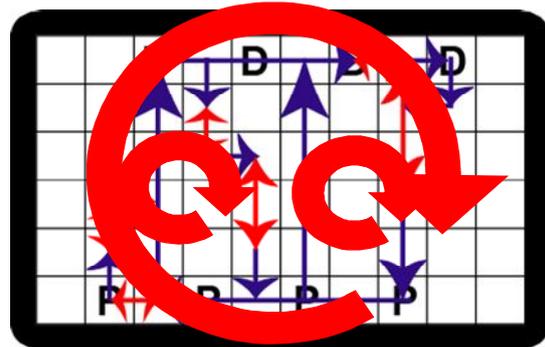
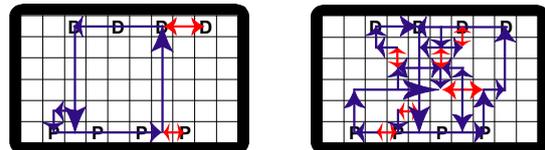


図5 AGV 群の挙動

こうしたループ構造は、従来経験的な方法が提案されていたが、その構造をメタヒューリスティクスにより獲得された報告は、これが初めてであると考え、非常に有意義な結果である。

また、本手法による走行経路設計の分析をするべく、AGV 台数の変化により設計される走行経路の変動を観察したところ、台数の変化に応じた経路を設計した。



(a) AGV2 台時に設計された走行経路 (b) AGV3 台時に設計された走行経路

図5 AGV 台数の変化による走行経路の相違

これらの全ての走行経路において、一方通行のループ構造が発現し、本提案手法の有効

性を検証できた。これによって、AGV 群は衝突することなく、タスクに対してロバストかつ高効率な走行経路を実現可能であった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

① Ryosuke Chiba, Tamio Arai, Jun Ota, Design and Analysis for AGV Systems using Cooperative Co-evolution, Distributed Autonomous Robotic Systems, To appeared, 査読あり

② Ryosuke Chiba, Tamio Arai, Jun Ota, Integrated Design for AGV Systems using Cooperative Co-evolution, Advanced Robotics, To appeared, 査読あり

[学会発表] (計 2 件)

① 千葉 龍介, 太田 順, 新井 民夫, ロバストな AGV 搬送システムのための単方向と双方向を組み合わせた走行経路設計法, 日本ロボット学会第 25 回学術講演会, 1D38, 2007.

② 千葉 龍介, 太田 順, 新井 民夫, 共進化を用いたロバスト AGV 搬送システムのための知的走行経路設計, 第 20 回自律分散システムシンポジウム資料, 109/114, 2008.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

千葉 龍介 (CHIBA RYOSUKE)

首都大学東京・システムデザイン研究科・
助教

研究者番号 : 80396936

