



- セル間の接続としての走行経路：一般的な双方向性走行経路を表現するために、環境をセルに分割し、セル間の接続関係を走行経路として表現する。
- 共進化の適用と効率的な解探索：統合設計の方法として、協調的共進化の関係に着目し、妥当な時間での妥当な解を得るための手法として AGV 搬送システムに適用する。また、協調的共進化における問題をしてパートナー選択と進化周期に注目し、これらの解決を行う。

この目的とアプローチを達成するために、本論文の各章の構成を以下のようにしている。

第 2 章では、本研究で取り扱う AGV 搬送システムの問題設定について述べ、入出力システムおよび各入力要素のモデルと仮定について説明し、また、AGV 搬送システムに求められる要求仕様について説明している。ここにおいて、本論文において仮定している事柄の妥当性について説明している。

第 3 章では、AGV 行動則の設計手法を説明し、その有効性を、シミュレーションを用いて考察している。『他の AGV を把握する範囲』と『他の AGV の行動予定を把握する量』という 2 つのパラメータにより行動則を表現することにより、AGV 行動則の連続的表現を可能としている。また、計画時間をパラメータとして設計することにより、計画時間と実行時間のトレードオフ問題を解決可能としている。シミュレーションの結果、25% 近くの搬送効率の向上が見られ、本研究で提案した AGV 行動則の設計法が有用であることを示している。

第 4 章では、走行経路の設計手法を説明し、その有効性を、シミュレーションを用いて考察している。走行経路を設計するにあたり、AGV 搬送システムの妥当なモデルによる繰り返し順問題を解く方法によって、妥当な走行経路を設計することを可能としている。この時の探索手法としては、遺伝的アルゴリズムが問題の質から有効であり採用している。環境をセルに分割し、そのセル間の接続として、走行経路を表現することにより、退避路や迂回路と言った形状の走行経路を分離することなく、まとめて設計することが可能としており、シミュレーションの結果、入力として与えた AGV 行動則の内容にふさわしい走行経路の設計が可能であることがわかり、本研究の走行経路設計手法が有用であることを示している。

第 5 章では、第 3 章および第 4 章で説明した各設計手法を、統合的に設計する手法の提案を行っている。2 つの進化的手法である遺伝的アルゴリズムを同時に適用する方法として、共進化の枠組みを取り入れた手法を提案している。AGV 搬送システムという大規模問題に対し、統合的な設計を行うためには、妥当な時間で妥当な設計解を得る方法が必要であることから、協調的共進化の収束速度が速いことを利用し、本研究での適用を行っている。ここにおいて、本研究のような異質な設計対象同士を共進化させる際に考えなければならない、パートナー選択と進化周期という 2 つの設計について、その適用可能性を考えると共に収束速度による周期の変化という手法を提案している。この提案手法の有効性を示すために、シミュレーションによるシステム設計を行っており、比較の対象として、単純に 2

つの設計対象の遺伝子を直列に繋いだ単純 GA を採用している。そして、単純 GA では問題の規模から解決できない問題を共進化により設計可能であることを示し、また、パートナー選択の方法として、best vs. all 選択とランダム選択という 2 つの方法を比較し、本研究ではランダム選択の方法が有効であることを示している。更に、本研究で提案した手法が様々な環境で有効であることを示すために、大きさの異なる 3 つの環境で手法の有効性を調べ、考察している。そこにおいて、進化周期を個体群の分散により適切に変更する方法が有効であることを示している。

第 6 章では、実データを用いた設計シミュレーションを行い、提案手法の考察を行っている。提案した共進化手法は実データにおいて、単純 GA や統合設計でない手法よりも良質な設計解を得ることを示し、また、障害物の占有率の異なる環境を 3 種類用意し、手法の比較を行っている。この結果から、常に共進化手法が有効であるとは限らないという結果が得られ、探索空間が大きな環境では、共進化手法が有効であることも示している。

最後に第 7 章では、本論文を結論付け、提案手法の有効性と今後の展望について述べている。

以上をまとめると、本論文で提案した設計手法は次のようにまとめられる。

- 本研究で提案した AGV 行動則の設計手法は、設計段階で知ることの出来ないタスクに対し有効な AGV 行動則を設計可能であると共に、従来提案されている AGV 行動則を連続的に表現可能である枠組みを設計することができている。また、行動計画時間中の行動を考えることにより、効率的で実用的な AGV 行動則の設計ができたと考えられる。
- 本研究で提案した走行経路の設計手法は、非現実的なモデル化や仮定を置くことなく、現実的な問題に対処可能である。それは、設計を解析的ではなく、繰り返し順問題を解くことにより、行っているためである。ここにおいて、解探索に遺伝的アルゴリズムを適用することにより現実的で有用な走行経路の設計が可能としている。
- AGV 搬送システムを設計するために、AGV 行動則と走行経路を統合的に設計する手法の提案を行い、その有効性を示している。協調的共進化により、従来の単純 GA では解決が困難であった大規模問題に対して有効な設計を行うことが可能となっている。
- 本手法において、2 つの設計対象が異なる形質を持つ異質な系での統合設計に対し共進化を用いる場合、進化周期を適切に設計することが重要である。収束速度が異なる 2 つの設計対象を同じ世代数での進化をすることは有効な方法とはいえないことを示している。
- 各設計対象の評価関数は設計段階において、あらかじめわかるものではない。したがって、どちらの設計対象の進化を進めるかを適応的に選択する必要がある。個体群の分散をとることは、その 1 つの解決策であることを示している。
- 実データに対し提案した共進化手法による設計が有効であることが示されている。環境によっては共進化の問題点である局所解への落ち込みが見られ、常に有効な手法で

はないことが考察できている。

- 統合設計を行わない手法においては、入力要素を問題に適したものとすれば、良質な解が得られる。しかし、入力要素を問題に適したものとするためには、経験と勘が必要であり、熟練者のみに可能な方法であることが示されている。

以上から、本論文で提示した AGV 搬送システムの統合設計手法により、より効率の高い AGV 搬送システムの設計が可能な場面が多くあることがわかり、産業の分野での実用化が期待される。