

# 複数 AGV による協調搬送に関する研究

旭川高専 ○谷口 茂正, 渡辺 美知子, 古川 正志

## 要旨

工程間の多くの搬送作業を複数台の AGV で協調搬送する為のスケジュールを行うために、AGV への作業割り当てとそれらの経路決定を同時に決定する必要がある。このような問題は単なる経路決定のみならず、複数 AGV 間の衝突回避問題も含んでいる。本研究では、このスケジュール策定に GA を適用する方法とそのシミュレーション結果を報告する。

### 1. はじめに

他品種少量生産工程では、素材や半製品の効率的な搬送が重要であり、効率的に搬送車の経路を決定することが望まれている。従来の研究では、この問題をあらかじめ決定された経路上で搬送車間の通信を用いて衝突回避を行うか、搬送車の経路が一方方向走行を行い衝突が生じないようにあらかじめ与えられていた。このような問題の意志決定を行うために、本研究では、仮想的な工場と複数 AGV、搬送作業を任意に与え、遺伝アルゴリズム(Genetic Algorithm, GA)を用いて衝突のない作業割り当てと作業順序の(準)最適な計画を求める方法を提案し、その数値計算シミュレーション実施した。数値計算シミュレーションにより得られた結果からは、衝突回避をおこないながら搬送を実施することが実証された

### 2. 協調搬送問題

工場内において、複数の搬送作業を仮定する。これを複数台の AGV で効率的に搬送するために AGV への各作業割り当てと作業搬送にともなう AGV の経路決定を実施する。この時に、各 AGV は衝突が生じないような経路を選択する協調搬送が要求される。本研究では、与えられた工場内に図1の点で示されるようなノードを設定し、ノード間を AGV が移動するときはその経路を既知とした状況で作業割り当てと AGV が各作業を搬送する順序を決定し、それをそれぞれの AGV の経路として決定する。

### 3. 仮想工場モデル

取り扱う工場のモデルとして図1の搬送環境地図で示された仮想工場を用いた。この工場モデルに1番から52番までのノードを与えた。ここで、23番から52番までは AGV が格納されている初期位置とした。交差点と搬送作業のある点と AGV の初期位置には必ずノードを存在させ、搬送作業はこのノード間で実施するものとする。搬送作業としては表1に示す20作業を与える。

### 4. GA の協調搬送問題への適用

強調搬送問題を解くために、GA を以下のように適用した。

- (1) 作業割り当てと作業順序をランダムに決定する。
- (2) 搬送シミュレーションによって最大滞留時間を計算し、その逆数を GA の適用関数とする。
- (3) シミュレーション時に AGV 間に衝突が起きた場合は、一方の AGV はその場で待機する。それで回避できない場合はそ

のまま待機を継続し、1000秒で作業を中断させる。

- (4) (1)~(3)を GA に適用して最適解を求める。

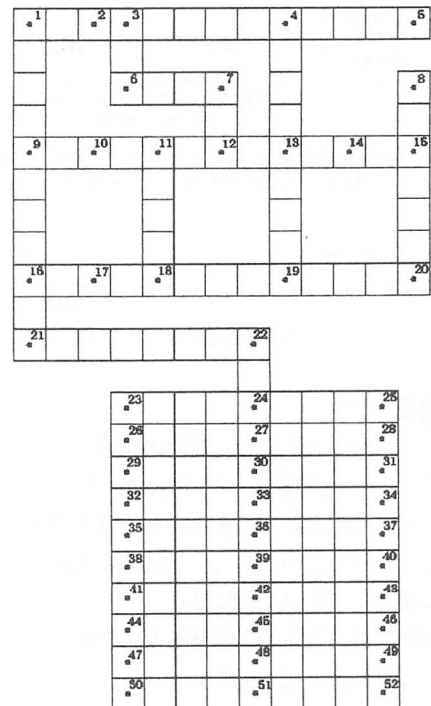


図1.搬送環境地図

#### 4.1 遺伝子の設計

仕事の割り当てと経路を同時に決定するために、遺伝子の上位ビットを各 AGV が持つ仕事数の割り当て部とし、続く下位ビットを搬送作業の搬送順序をあらわすようにした。割り当て部には2進表現を採用し、AGV の搬送順序には順序表現を採用した。従って、遺伝子の長さは「AGV の数+仕事の数」である。

#### 4.2 適用関数

適用関数を数式的に定義することは困難なため、遺伝子によって決定される搬送時間をシミュレーションによって計測し、その最大滞留時間の逆数を適用関数として利用した。すなわち、最大滞留時間が短い程適用関数が大きくなるように設計を行った。従って、適用関数は

$$f = 1 / F_{\max}$$

と表現される。ここで、

f : 適用関数

F<sub>max</sub>: 最大滞留時間

である。

### 4.3 適用アルゴリズム

適用したGAのアルゴリズムは以下の様に示される。

- (1) 初期個体を生成
- (2) 初期個体の遺伝子を経路表現に変換
- (3) シミュレーションにより適用関数の計算
- (4) 再生(淘汰圧を採用)
- (5) 交叉
- (6) 突然変異
- (7) 指定世代で終了、そうでなければ(2)へ。

### 5. 数値計算実験

ここで提案した方法の有効性を確認するために数値計算実験を以下のように実施した。

#### 5.1 実験条件

GAのパラメータ及び搬送するAGVの台数を実験条件とし、以下のように設定した

- ・個体数 50
- ・交叉率 60%
- ・突然変異率 30%
- ・世代数 1000世代
- ・搬送作業の数 20行程(表1)
- ・AGVの台数 5, 10, 15, 20
- ・AGV初期位置 表2

#### 5.2 実験結果

上記の実験条件を用いた数値実験シミュレーションを実施したとき求められた5台の最大滞留時間の変化を図2に示した。結果から、ほぼ400世代で収束が見られることがわかる。5~10台でも同様の実験を行い、最大滞留時間を求めたが、10台以上はほぼ同じ最大滞留時間に収束した。この結果、与えられた工場環境の中では10台以上AGVを増やしても効果がないことを示している。

表1.搬送作業の例題

番号	開始ノード	終了ノード
1	1	8
2	1	11
3	1	17
4	1	20
5	2	5
6	2	13
7	2	14
8	2	18
9	5	6
10	5	9
11	5	16
12	5	18
13	10	1
14	10	5
15	10	14
16	10	17
17	19	1
18	19	5
19	19	6
20	19	10

表2.AGVの初期位置

AGVの番号	初期位置(ノード)
1	23
2	25
3	26
4	28
5	29
6	31
7	32
8	34
9	35
10	37
11	38
12	40
13	41
14	43
15	44
16	46
17	47
18	49
19	50
20	52

### 6. おわりに

搬送作業の例題は表1に示した20個の作業で行い、仮想工場として図1の様な環境を用いてシミュレーションを行った。遺伝演算には1点交叉と突然変異と淘汰を用いた。突然変異を行わない場合も収束したが、突然変異を行った場合の方が収束は早まり、解も良くなった。本研究では、与えられた経路のなかでの最適経路を決定する方法を提案した。しかし、経路も必要に応じて変化させる方が、より最適な経路が求められることが想定され、今後の課題として、衝突回避時の経路変更と、経路を人間が与えない状況で最適経路を見つけ出すようなシステムを実現したい。その経路と作業割り当てを同時に改良していけるように、遺伝子のコーディングも考慮する必要がある。

参考文献

- 1)前田和秀(院)、山口智実、矢野章成、樋口誠宏 ; 複数のロボットによる協調搬送に関する研究、精密工学会春季大会学術講演論文集(2000)
- 2)古川正志、渡辺美智子、玉川裕也、喜教信昇 ; 一方向走行レーンをもつFMS工場における複数AGVの運行スケジューリング、日本機械学会論文集(1996)

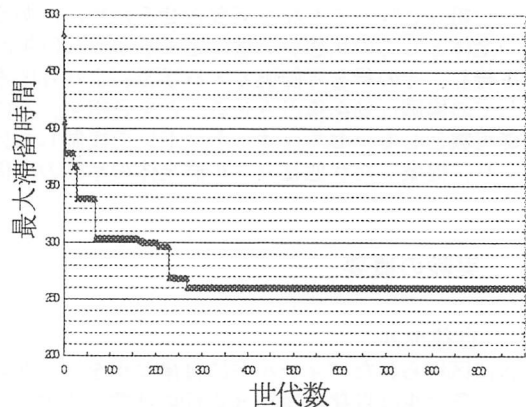


図2.最大滞留時間収束グラフ

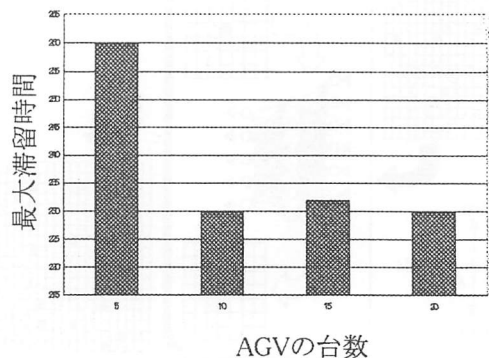


図3. AGVの台数による滞留時間の比較