

GA による複数 AGV の搬送スケジューリング - 圧延工場モデルへの適用 -

旭川高専 ○上野 淳 渡辺 美知子 古川 正志

要旨

これ迄に複数 AGV の一方向レーン工場における搬送スケジューリングを、開発している。本研究では対象モデルを実際の圧延工場とし、可変長及び多重遺伝子を用いて、GA による複数 AGV の経路生成を行い、数値計算実験で得られた運行スケジュールをシミュレーションした結果を示す。

1. はじめに

圧延工場で生産される薄板材は、異なる幅や長さを持ったロール状に巻取られて、クレーンや台車によって倉庫へ格納される。これらの作業を行う機械群は、受注から生産までを管理するシステムの一部として無人化されている。

自動搬送台車 (Automatically Gided Vehicle, AGV) は、決められた走行レーンを複数台で走行し、走行レーン上の決められた場所で荷積や荷降をする。このような設備に対して搬送命令が与えられたとき、どの命令をどの AGV に割り当て、どのような順番で搬送させるかを決めるのが搬送スケジューリング問題である。

類似した問題を、遺伝アルゴリズム (GA : Genetic Algorithm) とシミュレーションを併用して定めた方法として、玉山¹⁾ 等による研究がある。この研究では、一方通行の走行レーン上を走行する複数台の AGV が、全ての搬送命令を完了させるまでの時間が最小となるような搬送スケジューリングを、遺伝アルゴリズムとシミュレーションを併用して定めている。

本研究では、先に述べた圧延工場の搬送作業を可変長および多重遺伝子を用いた GA によって搬送スケジューリングを決定する方法論を提案し、数値計算実験により得られたスケジュールを検討する。

2. 問題の記述

高炉から出てきた銑鉄は、転炉による精錬・成分調整、連続鋳造の工程を経てから、その後の工程によって様々な形状をした製品となる。その中で熱延と冷延の工程を経た薄板材は、アルミホイールのようにロール状に巻かれた形状をしており「コイル」と呼ばれる。コイルの重量は数トンから十数トンあり、移動にはクレーンや搬送台車を使用される。これらの搬送装置は無人化が進んでおり、コンピュータからの搬送指令を受けて自動的に走行する。

こうした無人の搬送台車は AGV と呼ばれ、走行以外にも積荷、荷降も実行する。

このような工場での AGV には、以下のような制約条件が存在する。

[制約条件]

(1) 地面に埋め込まれたレール型の磁石をたどり決められたルート上を走行する。

(2) 同じルート内で複数の AGV が走行する。そのため AGV 同士の干渉の可能性がある。

(3) バッテリーを積載して動力供給する。バッテリーの充電はルート内の充電場で行なう。

(4) コイルの荷積、荷降にはスキッドと呼ばれる台があり、コイルの搬送はスキッド間で行なわれる。

(5) スキッド上のコイルの移動はクレーンに引き継がれる。

(6) コンピュータとの交信は光通信装置 (OCD) の通信可能範囲で行なう。OCD はゾーンと呼ばれる定義された場所や、荷積、荷降のスキッド、および充電場にあり、この場所で作業を行なう。

このような制約条件の下で複数のコイルの搬送がスキッド間で割り当てられた時、本問題は以下のような評価を最小にするような全 AGV の走行経路を求めることである。

$$\text{minimize } \sum_{R_i} K_a T_r + \sum_j K_b T_c + \sum_i K_c T_w \quad (1)$$

ここで、 i は AGV に付けられた添字、 j はコイルに付けられた添字を表す。また、 R_i は AGV の工場での経路を表し、 T_r 、 T_c 、 T_w はそれぞれ AGV の走行時間、コイルの搬送待ち時間、AGV が干渉 (衝突) を避けるための退避走行時間を示す。 K_a 、 K_b 、 K_c はそれぞれの評価のウェイトである。

3. 遺伝的アルゴリズム (GA) によるコイル搬送計画の決定法

従来、コイルの搬送計画は経験的かあるいはシミュレーションに基づいてその決定が行なわれていた。ここでは、GA に基づいた決定法を述べる。

コイル割当て部	経路部 1	経路部 2	...	経路部 n
---------	-------	-------	-----	-------

図 1. 遺伝子の表現

3. 1 遺伝子の設計

AGV が n 台、搬送コイルが m ロール与えられたとする。各コイルには搬送すべき出発点と到達点のスキッドがそれぞれ同時に与えられる。このとき、AGV の搬送計画を決定するためには、搬送ロールの AGV への割当てとそれらの経路を決定する必要がある。ここでは、各 AGV に割当てたロールとその経路の二つを図 1 のように遺伝子として持たせた。割当て部は各ロールの番号を表し、経路部にはそれ

それぞれのロールの搬送経路を持たせる。それぞれは以下のように決定した。

[割当て部]

コイルの割当て個数 N_c を乱数で決定し、搬送するコイルを順序表現から N_c 個取り出す。

1234	5678	...	ns · n	アドレス部
1111	2222	...	n n n n	遺伝子部

(a) 初期リスト

8	7	8	5	10	2	5	12	9	4	1	順序表現
---	---	---	---	----	---	---	----	---	---	---	------

2-2-3-2-4-1-3-5-4-2-1 実際のスキッド経由順序

(b) 多重遺伝子による順序表現と実際のスキッド経路

図2. 多重遺伝子と順序表現による経路表現

[経路部]

経路部はそれぞれのコイル数の経路をもつ。各経路はコイルにより出発点と搬送地点のスキッドを持つから、スキッド間の経路をスキッドの多重遺伝子をもつ初期リストから生成する順序表現を採用した。すなわち、経路に含まれる同じスキッドの最大回数を S_{max} とするとき、初期リストは $N_s \cdot S_{max}$ の長さとなる。これを任意の長さの可変長で順序遺伝子として生成する。これを図2に示す。

3. 2 適用関数 (Fitness function)

適用関数の定式化を計ることは困難である。ここでは、AGV を遺伝子から同時に走行させるシミュレーションを実施する事で式(1)の適用関数を得る事とした。

3. 3 GA演算

GA の演算には順序表現で採用される単純 GA の方法をそのまま採用した。従って、全体のアルゴリズムは以下ようになる。

- (1) 初期個体 (割当てと経路の生成)
- (2) シミュレーションによる適用関数の計算
- (3) 再生計算
- (4) 突然変異
- (5) 交叉
- (6) 指定世代まで (2) ~ (5) をくり返す。

4. 数値計算シミュレーション

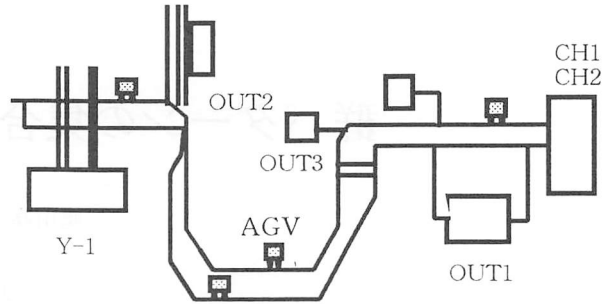
ここで提案した GA に基づく搬送スケジュールの有効性を確認するためにシミュレータを作成し、数値計算実験を行なった。走行モデルには図3に示す圧延工場倉庫モデルを採用した。このコースは往復のルートをループ場に持っている。AGV は CH から出発し、OUT で荷積し、Y で荷降を行ない、CH に戻り完了する。実験には以下のデータを用いた。

AGV の台数: 2

搬送コイル数: 3

終了点: バッテリ充電所

得られた走行ダイアグラムを図4に示す。



Out1, out2; 荷積場所

CH1, CH2; AGV 操作場兼バッテリー充電場

Y-1; 荷降場所

図3. 圧延工場走行モデル

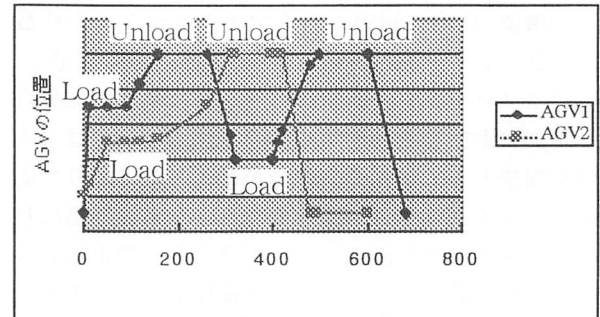


図4. 数値計算シミュレーションで得られた走行ダイアグラム

上記のダイアグラムでは、Y 軸に AGV の搬送位置を示してある。グラフの折れ線部の上部の水平な連続線が荷降点であり、その他の水平な連続線が荷積を示している。得られた結果では2台の AGV の荷降と荷積が交互に行なわれていることが分かる。グラフ上では、経路が干渉を起こしているが、これは図表示の上であって実際にはまったく干渉が起こらない経路を得ている。

5. おわりに

実際の圧延工場で走行を行なっているロールの搬送作業に対して、GA での搬送スケジュールの作成法を提案し、数値計算実験によってその有効性を確かめた。ここで示した数値計算実験は簡単なものである。今後、より多くの作業搬送工程を含んだ実験を行なう必要があると考えられる。また、現在任意の工場に対するシミュレータを作成中であり、これを用いることで、より複雑な実験を進める予定である。

参考文献

- 1) 古川正志, 渡辺美知子, 嘉数侑昇; 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 (遺伝的アルゴリズムによる調和スケジューリング), 日本機械学会論文集C編第62巻第595号 (1996) 407
- 2) 古川正志, 渡辺美知子, 嘉数侑昇; 確率的学習オートマトンによる複数AGVの自律的走行, 精密工学会誌 62巻2号, (1996) 260