

鉄道総合技術研究所 正会員 三和雅史

鉄道総合技術研究所 正会員 内田雅夫

1. はじめに

良好な軌道状態を維持しながら費用を最小とする効率的な保守活動の実現を目指す上で、マルチプル・タ イタンバ (MTT) の運用計画を適切に決定することは極めて重要である。本研究では、この MTT 運用計画問題に対して遺伝的アルゴリズム¹⁾ (GA: Genetic Algorithm) を用いた解法を示す。

2. MTT 運用計画問題のモデル化

(1) 用語の定義

期 : 保守計画の単位。1 期間中に 1 ロットの MTT 作業を行なうものとする

劣化速度 : 劣化量の単位時間あたりの増加量 残存率 : 保守前の劣化量に対する保守後の劣化量の割合

事後保守 : 軌道検測の結果、劣化量が保守限度を超過していた際に投入される緊急の保守

予防保守 : 軌道検測の結果、劣化量が保守限度を超過していないが必要と判断した際に投入される保守

(2) 前提条件

- ・ 軌道検測は n 期ごとの一定間隔 t_m で行なわれる。
- ・ 劣化速度、残存率は全期を通して一定とする。
- ・ 事後保守の必要なロットが生じた場合、MTT は直ちにそのロットの事後保守に向かい、その期に他のロットで計画されていた予防保守を行なわない。
- ・ 保守は期の開始時に行なわれる。

(3) MTT 運用計画の決定

図-1 に示す情報が与えられたとき、保守に伴う総費用を最小とするように MTT 運用計画を決定する。この決定にはスケジューリング問題に有効とされる GA を応用する。

(4) 劣化・保守モデル

劣化量の推移モデルと基準との関係を図-2 に示す。

(5) MTT 運用計画の評価

MTT 運用計画は、計画期間中に見込まれる総保守費用 C により評価される。費用は予防保守費用 C_p 、事後保守費用 C_b 、MTT の単位距離あたりの移動費用 L から構成される。

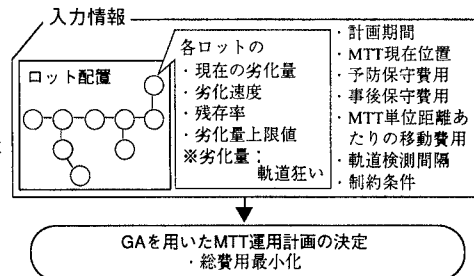


図-1 MTT 運用計画決定法

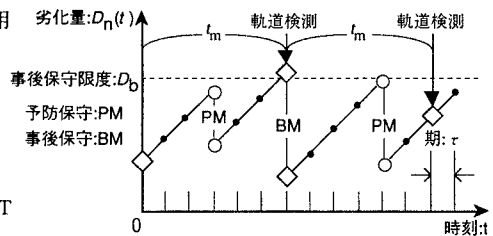


図-2 劣化量の推移モデルと基準

3. GA の適用

(1) 個体表現

本問題に対する個体表現は図-3 に示すような各期の MTT 投入箇所の順列で表される。

(2) アルゴリズムの概要

- STEP1 初期個体 M 個をランダムに作成する。
- STEP2 個体群の中から 2 つの個体を選択し、新たに 2 つの個体を生成する (交叉)。
- STEP3 STEP2 で生じた各個体に対して確率 P_m である変化を与えて新たな個体を生成する (突然変異)。

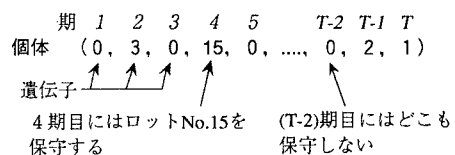


図-3 個体表現

キーワード : 軌道保守計画、遺伝的アルゴリズム、スケジューリング

連絡先 : 〒185 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL. 0425-73-7278 FAX. 0425-73-7296

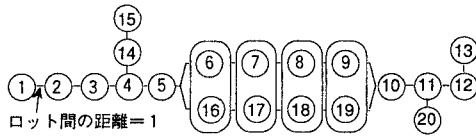


図-4 ロット配置例 (i)

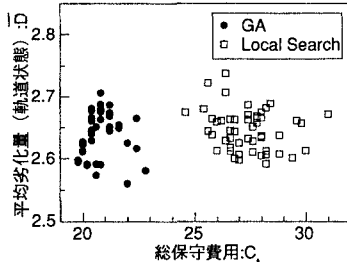


図-5 解と軌道状態の関係

表-1 解法別の総保守費用

	平均値	標準偏差	最大値	最小値
GA	20.7	0.71	19.8	22.8
Local Search	27.4	1.27	24.6	31.0
☆事後保守による保全政策 41.4 (事後保守費用: 32, MTT移動費用: 9.4)				

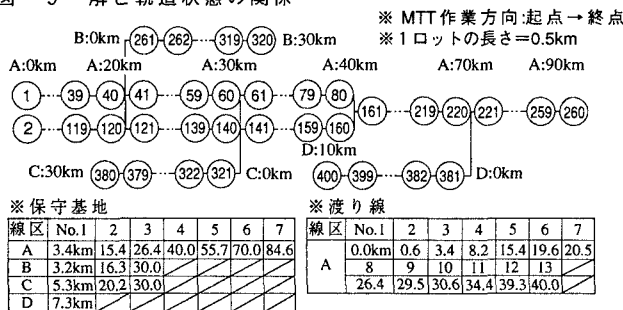


図-6 ロット配置例 (ii)

表-2 MTT運用計画の例 (ii)

時期	ロット	基地	渡線	時期	ロット	基地	渡線
30	162	A4	—	144	182	A4	—
32	178	A4	—	157	188	A5	—
44	80	A4	A13	164	215	A5	—
48	67	A4	A12	166	381	A6	—
57	41	A3	—	167	230	A6	—
65	267	B1	—	168	259	A7	—
66	40	B1	—	211	247	A7	—
68	36	A2	—	221	224	A7	—
69	372	A3	A6	222	217	A6	—
70	377	C3	—	223	393	A6	—
73	356	C2	—	226	70	C1	A13
75	322	C1	—	229	355	A6	A11
78	123	A3	—	242	324	C1	—
79	24	A2	A7	251	144	C1	—
90	25	A2	—	252	56	A3	A10
91	110	A2	A5	258	136	A3	A8
96	19	A2	A5	260	36	A3	A8
101	44	A2	—	262	115	A2	A5
102	280	B1	—	263	98	A2	—
103	312	B2	—	264	15	A1	A3
106	318	B2	—	265	87	A1	—
116	297	B2	—	266	96	A1	—
117	282	B1	—	268	8	A1	A3
125	120	B1	A6	275	122	A2	A4
126	145	A3	—	296	149	A3	—
128	166	A4	—				
総費用、保守費用 51.0				[PM: 51 BM: 0]			
155.36 MTT 移動費用 104.36				[移動距離 521.8km]			
※平均軌道状態							
線区 A (0～40km): 2.86 A (40～90km): 2.69							
B: 2.63 C: 2.63 D: 2.57							
☆事後保守による保全政策							
総費用、事後保守費用 255.0							
464.58 MTT 移動費用 209.58				[移動距離 1047.9km]			
※平均軌道状態							
線区 A (0～40km): 2.96 A (40～90km): 2.73							
B: 2.71 C: 2.67 D: 2.60							

STEP4 個体群の中から適応度の大きい順に M 個選び、次世代に残す。

STEP5 世代数 x が既定値 x^* に達したならば、最も適応度の高い個体を解として終了する。達していないならば $x = x + 1$ として STEP2 へ戻る。

4. 数値実験

(1) 20ロット／40期の MTT 運用計画

図-4 に示すロット配置の問題（ロット数 20／計画期数 40）を想定する。ここでは Local Search により得られる解との比較を行なう。Local Search では初期解として解を 1 通りランダムに生成し、順列中の数字列の 1 箇所だけを別の数字に置き換える操作（最急降下法）を解の改善ができなくなるまで繰り返す。解法別の総保守費用を表-1 に、全ロットの平均劣化量（軌道状態）を図-5 に示す。GA では Local Search と同程度の軌道状態を Local Search より小さな費用で実現している。

(2) 400ロット／365期の MTT 運用計画

実態に近い大規模な問題（ロット配置：図-6，ロット数 400／計画期数 365）に対して GA を適用する。ここでは保守基地、渡り線、計画対象外ロット、MTT 作業方向を考慮する。得られた MTT 運用計画の例を表-2 に示す。このように本手法によれば保守作業に関連した一連の計画の決定、評価が可能である。

5. おわりに

本研究では、MTT の運用計画問題に対して GA を用いた解法を示し、数値実験により得られる解の性質を調べ本手法の実用性を検討した。今後は、更にアルゴリズムの改良を図り、本手法の有効性の向上に努める。

【参考文献】 1) Goldberg, D. E. : Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Addison-Wesley, 1989.