

I-B 372

GAによる災害復旧工事の配分および順位決定について

北海学園大学工学部 学生員 片桐章憲 正会員 杉本博之
室蘭工業大学工学部 正会員 田村 亨

1. まえがき

ある地域が何らかの自然災害により大きな被害を受けたと想定する時、その復旧のためにはまず交通の確保が緊急の課題となる。また、道路網のみでなく、何らかのライフラインの復旧問題では、欠陥個所の復旧順位と、想定されている複数の復旧班の工事担当の配分が決定すべき項目となる¹⁾。これらは、それぞれ難しい問題であり、個別に解かざるを得なかったが、GAの線列のコーティングの工夫と、異質変数のための多点交叉²⁾を用いる事により、同時に解くことが可能となる。

本研究では、被害を受けた道路交通網の復旧効率最大化を目的とし、その工事順位と、復旧班の配分を決定する問題にGAを応用した。その時、復旧工事の進展にともなう復旧班の到達時間の変化も考慮し、更に被害の程度と復旧班の能力の間に非連続な関係を設定し、より実際的な問題設定を試みている。

2. 線列のコーティングとGAの基本操作

本研究は、図-1に示すような災害時における仮想道路ネットワークを用いている。①～⑮は、復旧班の拠点位置とその数を表し、×印は災害により道路が寸断された工事箇所を[1]～[32]まで番号付けして表している。各工事箇所と各復旧班には、表-1に示す災害による被害量D (unit)と1時間当りにできる仕事量としての能力値N (unit/時)を与え、表-2に示す様に線列の前半で工事順位のスケジューリング問題、後半で復旧班の組合せ問題となる様にコーティングする。そして、工事順位の先頭と復旧班の先頭という順で1対1に対応させて各復旧班に工事箇所を配分し、後述する目的関数である、復旧効率の最大化の計算が行われる。この目的関数値から適応度が計算され、ルーレット戦略により繁殖・淘汰が行われる。次に交叉は、線列が2つの異なる変数で作られているので、前半の工事順位側で1点、後半の復旧班側で1点となる様に線列全体で2点交叉を行う。そして、突然変異は前半で2点の入替えをし、後半は1点の変換をして前後半で突然変異を行う。

表-2 線列の前半部分と後半部分

工事順位を表す線列の前半部分																			
15	4	13	16	27	1	17	29	12	24	19	21	11	9	22	28	6	8	5	20
復旧班の配分を表す線列の後半部分																			
7	7	1	6	1	3	2	5	3	8	7	2	6	8	4	6	6	4	5	4
3	8	8	1	6	5	8	3												

3. 復旧効率最大化の計算

前述した被害量、能力値の他に、復旧工事の進展に伴い変化する各工事箇所への到達時間と、道路機能上の重要度を表-2の様に与えた。以上を基本データとして、まず、ある復旧班が担当する工事箇所に必要な作業時間の計算を行うのだが、工事箇所の被害量によって、図-2の(a)～(c)に示す様に、被害量を3段階に分けて作業時間hの計算を行う様にした。(a)は、表-1に示す被害量が $D \leq 260.0$ の小規模の場合で、復旧班の能力値の大小に関係なく、一定時間 $h_t = 6$ 時間で工事が完了する様にした。(b)は、被害

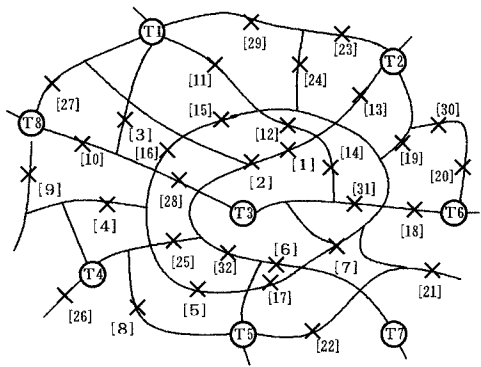


図-1 仮想道路ネットワークモデル

表-1 各工事箇所の被害量と重要度及び復旧班の能力値

復旧班	能力値	工事箇所	被害量	重要度	工事箇所	被害量	重要度
T1	5	1	254	3	17	330	2
T2	7	2	277	3	18	245	3
T3	9	3	266	1	19	260	2
T4	6	4	282	1	20	297	1
T5	10	5	270	2	21	273	1
T6	12	6	295	3	22	389	2
T7	8	7	302	2	23	291	2
T8	15	8	316	2	24	275	1
		9	290	2	25	249	1
		10	266	3	26	282	1
		11	273	2	27	266	2
		12	302	2	28	311	3
		13	322	3	29	271	2
		14	297	2	30	260	1
		15	259	2	31	299	3
		16	327	2	32	239	3

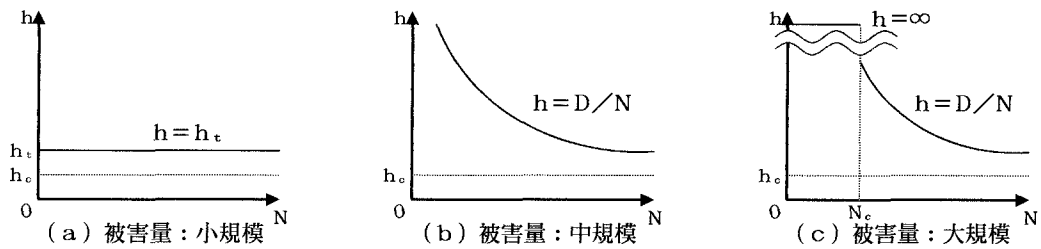


図-2 被害量毎の能力値と作業時間の関係

量が $260.0 < D \leq 300.0$ の中規模の場合で、被害量を能力値で除して、そこに必要な作業時間を計算する。(c)は、被害量が $D > 300.0$ の大規模の場合で、能力値が N 。以下の班がここを担当する時は、作業が不可能として作業時間を無限大に想定し、能力値が N_c より大きな班は、各班の能力値で作業時間が計算される様にした。次に、 j 班が i の工事箇所を担当する時の、その日の実作業時間 T_{ij} を式(1)から求め、必要作業日数 H_{ij} を式(2)で計算し、式(3)で復旧率 R を計算する。

$$T_{ij} = W - 2t_{ij} - h_c \quad (1) \quad H_{ij} = h_{ij} / T_{ij} \quad (2) \quad (j=1\sim 8, i=1\sim 32) \quad R = \sum u / U \quad (3)$$

ここに、 W は1日の労働時間で12時間とする。 t_{ij} は i, j 間の片道の移動時間、 h_c は雑用等の準備時間で3時間とする。 u は完了した箇所の重要度、 U は全重要度である。そして、図-3に示した縦軸が復旧率、横軸を復旧日数に取ったグラフの非復旧率の時間積分から斜線部分の面積を目的関数値に取り、この面積の最小値を求めて、復旧効率の最大化としている。

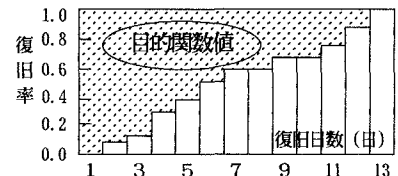


図-3 目的関数の定義

4. 数値計算例の結果と解の比較

GAで求めた解に、反復改善法¹⁾を応用した手法を用いる事で413.0の解が得られた。その結果を図-4に示す。縦軸は復旧班、横軸が復旧日数であり、各班毎に担当した工事箇所の番号を工事順に示している。また、この解の妥当性を評価するためにモンテカルロ法を50万回行ったが、750.0の解しか得られなかった。この解の比較を図-5に示す。明らかに、GAで得た目的関数値となる面積の方が小さいことが分かる。

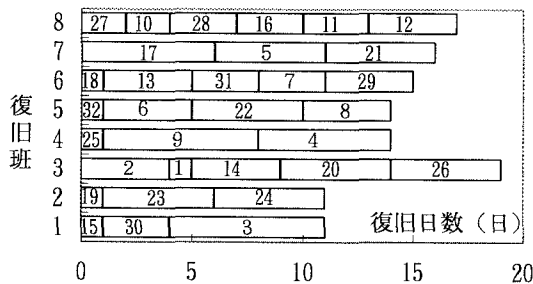


図-4 GAによる解の結果

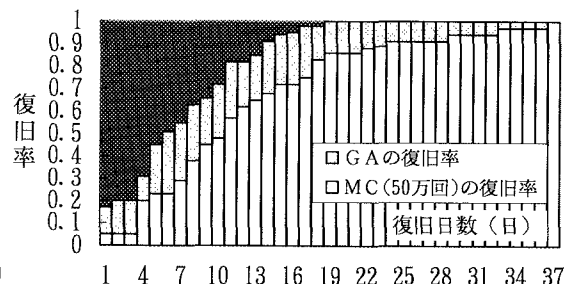


図-5 解の比較

5. あとがき

道路交通網の災害復旧における配分問題と順位決定問題をGAを用いて同時に解く方法を説明し、数値計算例によりその効果を示した。本報告は、道路交通網を対象としているが、他のライフラインにもほとんどそのまま適用でき、また、道路網と上水道の復旧等複数のライフラインが相互に関係する多ライフライン系にも適用できる。今後、より実用的な問題への適用と共に研究を進める予定である。

【参考文献】

- 1) 一井康二・佐藤忠信：遺伝的アルゴリズムを用いたライフライン網の最適復旧過程、土木学会第50回年次学術講演会講演論文集I-B、pp594~595、1995。
- 2) 鹿沓麗・杉本博之：材料・断面同時選択問題へのGAの適用に関する基礎的研究、第4回システム最適化に関するシンポジウム講演論文集、pp67~72、1995.12。