

I - B434

GAを用いた都市ガス供給網の震災復旧最適化

小松建設工業 正会員 松木 健  
鳥取大学工学部 正会員 野田 茂

1. まえがき

大震災が発生すると、阪神・淡路大震災のように都市ガスの低圧管路網は多くの被害を受け、ガス特有の復旧手順が必要となるため、復旧の長期化が予想される。そこで本研究では、震災後の都市ガス供給網に注目し、GA(遺伝的アルゴリズム)を用いて、復旧作業時間に多大な影響を与える復旧班の配分、復旧工事の優先順位を同時に最適化する方法を考案し、数値的検討を加える。

2. 前提条件

復旧の最適化を考えるため、以下に示す1)~4)の前提条件を設定する。

- 1) 被害の発生は低圧管のみに限定する。
- 2) 復旧戦略を考えていくため、被災した都市ガス供給網をモデル化し、各復旧ブロックに被害箇所数と被害程度を割り当てる。
- 3) 各被害箇所  $X_i$ ( $X$ =復旧ブロック番号、 $i$ =被害箇所番号)には効率良く復旧班を配分するため、各班に能力値(1時間に処理できる能力)を設定する。ただし、各班は協作業をせず、1つの班は1つの被害箇所を担当するものとする。各復旧班は、中圧導管の敷設された道路上を最短経路探索によって各復旧ブロックに移動する。このとき、各被害箇所において要する作業全体の復旧日数  $d$  は次式で得られる。

$$d = D / Nt$$

ここに、 $D$ は被害程度を、 $N$ は復旧班の能力値を表す。 $t$ は復旧班の1日の作業時間である。なお、被害程度が小規模であれば、復旧班の能力値によらず、 $D/N$ は同一の値をとる。逆に、被害程度が大規模になれば、復旧班には最低の能力値が必要であり、 $N$ が大きくなるにつれて、復旧工事を完了するのに必要な時間は  $N$  に逆比例するようになる。

- 4) 各被害箇所の復旧工事が終了すればガスの供給は再開されるとし、供給が再開された需要家件数を復旧の指標として、復旧率を定義する。

以上のことを考慮して、最適復旧アルゴリズムを構築する。

3. 最適化の方法

ここでは、スケジューリング問題に有効な GA を用いて最適化問題を定式化する。GA の基本プロセスは、繁殖・淘汰、交叉、突然変異の3つであり、コーディングと交叉に工夫を加えれば、復旧班の配分と復旧工事の順位付け問題を同時に決定できるメリットがある(参考文献 1)参照)。コーディングにおいては、図-1に示すように、復旧ブロック、各復旧ブロックでの被害箇所、配分される復旧班の3つに関する線列を考え、それらを組み合わせて目的関数の値を得る。

目的関数については、得られた復旧曲線から図-2に示すような累積非復旧率を計算し、この累積非復旧率を最小にするように復旧モデルを求める。この手続きを任意に定めた終了条件を満たすまで世代更

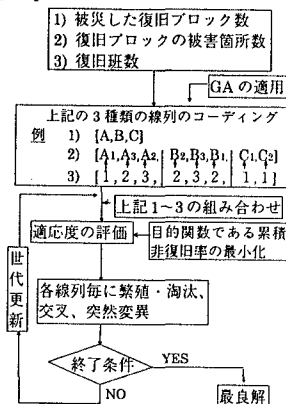


図-1 復旧最適化のための計算フロー

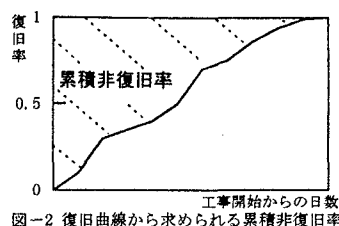


図-2 復旧曲線から求められる累積非復旧率

GA、都市ガス供給網、震災、復旧最適化

〒106 東京都港区芝公園 3-5-4(渋沢ビル)

Tel 03-3434-5131 Fax 03-5570-0755

〒680 鳥取市湖山町南 4-101

Tel 0857-31-5307 Fax 0857-31-0882

新して繰り返す。なお、GA の計算においては、上述した 3 つの基本プロセスを各線列ごとに行うが、図-1 に示す 2)と 3)の線列については、各復旧ブロックごとに、交叉、突然変異を行う。

最終的には、GA の解の有効性を吟味するために MC 法(モンテカルロ・シミュレーション法)を用いて同様の計算を行い、比較検討する。

#### 4. 数値計算結果および考察

図-3 に示すような都市ガス供給網の簡単なモデルを設定し、A~E の復旧ブロックにそれぞれ 5,8,7,8,4 の被害箇所を考える。現存する復旧班数は 5 班とし、全ての班は予め復旧ブロック A に常駐しているものとする。

GA の計算に当たって、人口サイズは 200、最大世代数は 1000、交叉率は 0.8、突然変異率は 0.015 に設定した。繁殖・淘汰はエリート保存戦略、交叉は 1 点交叉を使用した。なお、線列のビット数(図-1 参照)は、5,32,32、考えられる組み合わせ総数は  $6.59 \times 10^{40}$  である。

求められた GA の解(最良解)から 5 つの復旧班における各工事の完了日数、時間的階層性を考慮した日程表を示すと図-4 のようになる。こ

ここで、5 班は B ブロックの被災箇所番号 4 すなわち B<sub>4</sub> の工事完了までに長時間をかけている。これは、B<sub>4</sub> の被害程度が大規模で、5 班の能力値が最低必要な値を満たしていないためである。この場合、全体の復旧工事には 13 日を要し、目的関数の値は 2.45 日となった。

上述した GA の解の検証のため MC 法でも同様の計算を行った。回数数は少ないが、7000 回のシミュレーションによる目的関数の頻度分布を図-5 に示す。図中には GA の最良解も示しているが、明らかに GA による解はかなり有効な解を与えている。この場合、MC 法の最良解における累積非復旧率は 2.81 日、復旧工事の完了日数は 12 日である。GA の解と比較すると、復旧の効率は悪いが、1 日早く工事は終了している。

GA と MC による復旧曲線を示すと、図-6 のようになる。同図より、復旧工事開始から 5~9 日目において GA の復旧率が MC のものよりも高いので、復旧の効率が良く上記のような結果に至ったと言える。

#### 5. あとがき

被災した都市ガス供給網の復旧最適化の実施のため、GA を用いて最適工事順序と復旧班の最適配分を同時に決定することを試みた。

文献 1)と同様にコーディングと交叉に工夫を加えることにより、これらのことが可能になったと考えられる。目的関数に累積非復旧率を用いたことで、時間単位でどれだけ多くの需要家にガスを供給できるかが明らかになった。また、MC 法との比較により、GA の有用性が明らかになったと言える。

本研究の遂行に当たり、日本計算工学会研究分科会 18(GaNet-18)(主査・北海学園大学工学部 杉本博之教授)での活動が大いに参考になった。ここで用いた汎用 GA の基本プログラムは杉本博之教授から提供されたものである。関係各位に深甚なる謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 杉本博之・片桐章憲・田村 亨・鹿 汀麗：震災復旧プロセスへの GA による試み、第 1 回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集、pp.295~298、1996 年 11 月。

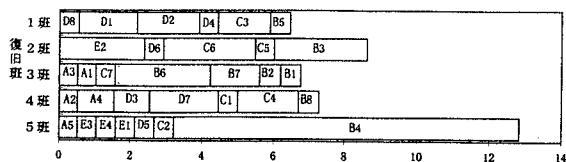
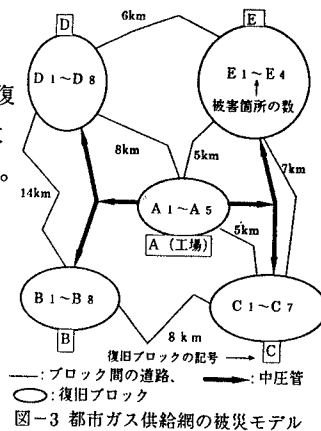


図-4 GA から得られた復旧班の作業日程

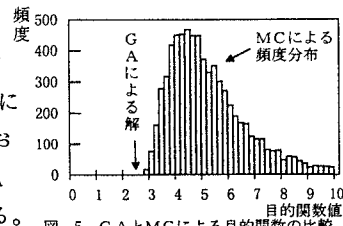


図-5 GA と MC による目的関数の比較

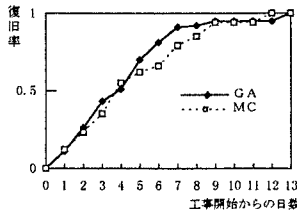


図-6 GA と MC による復旧曲線の比較