

パソコンネットワークによるライフライン網の復旧支援システム

京都大学工学部 正員 山田善一 家村浩和
伊津野和行
五洋建設(株) 正員 〇古川忠稔

1. はじめに ライフラインの復旧過程に関する研究にあつては、多量のデータと計算時間を必要とするため大型計算機が用いられることが多い。だが実際のライフライン網では大型計算機が使用できるとは限らず、実用化のためにはパソコン・ミニコンクラスで計算が行えるようにする必要がある。そのためにはコンピュータの容量・演算速度の問題を解決する必要があるが、その一手段としてLAN、パソコン通信で結ばれた数台のパソコンを用いて大型計算をする方法が考えられる。本研究は、このような考え方にに基づき、2台のパソコンをケーブルで接続することによって1台のパソコンでは解けないような大規模な連立一次方程式を解く手法を開発し、この手法を用いて管路の機能評価システムを作成した。また、これを用いて水道網の復旧解析を行なった。

2. 機能評価システムの作成 実際にライフライン上にパソコンを数台設置してライフラインの復旧支援システムを作成する場合には、使用するパソコン間をパソコン通信等を用いて接続する必要があるが、今回は2台のパソコン(NEC PC-98XL², PC-98VX)のRS-232Cコネクタをケーブルで接続することによりパソコン間の接続を行なった。これは、本研究では使用するパソコンは2台だけであったこと、パソコン間の距離が高々数mであったためである。本研究では、上述の2台のパソコンを用いて仙台市茂庭地区の上水道配水管路網を基にネットワークのモデル化を試みた。

(図1, 2)管路網の定常流の解析は、①管路における抵抗則②管路の分岐・合流等における連続条件③Bernoulli式、の3条件の成立に基づいて行なわれる。本研究では、管路網内の独立なループ流量を未知数とするループ法を用いて解析を行なった。管路における抵抗則は非線形であるので、上記の3条件はループ流量 f_1 と初期値 $f_1^{(0)}$ の差 Δf_1 を未知数とした連立一次方程式を繰返し解くことに帰結する。解くべき連立一次方程式は、

$$[B_{10}nRB_{10}^T]\Delta f_1 = -B_{10}R[B_{10}^T f_1^{(0)} + B_{20}^T Q_2]$$

となる。ここに B_{10} ; ループ行列のうち、実の枝に関する部分行列、 R ; 管路の損失に関する項を対角成分とする行列、 B_{20}^T ; ループ行列のうち、実の枝と仮の枝に関する部分行列の転置行列である。また、連立一次方程式を解く手法にはガウスの消去法を用いたが、その際 $Ax=b$ という連立一次方程式の係数行列 A と、ベクトル b をそれぞれ2個に分割し、

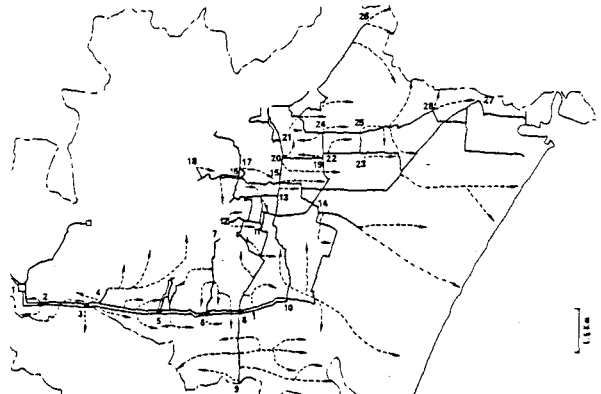


図1 仙台市茂庭地区配水管路網

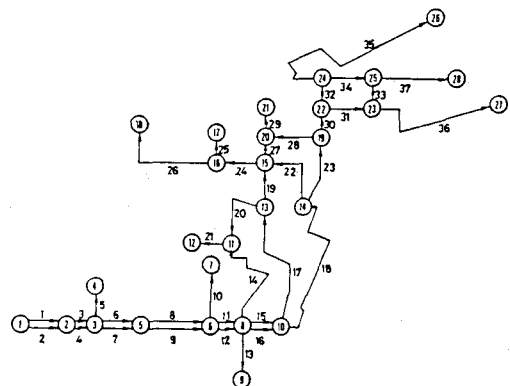


図2 管路ネットワークモデル

Yoshikazu YAMADA, Hirokazu IEMURA, Kazuyuki IZUNO, Taditoshi FURUKAWA

それぞれを2台のパソコンに分割して記憶、管理させることによってパソコンのメモリを節約し、1台のパソコンを使用する場合よりも大規模な連立一次方程式の計算を可能にしている。上述の手法を用いて作成した機能評価システムのアルゴリズムを図3に示す。また、本機能評価システムを用いて求められた仙台市茂庭地区の平常時の平均配水量時とピーク排水量時の各供給節点における全水頭および位置水頭を図4に示す。

3. 復旧計算例 図2の管路網モデルにおいて、数箇所の節点で同時に漏水が発生したと仮定し、これに対して簡単な復旧解析を行なった。本復旧例ではネットワークモデル内の管路の修理は既に完了しており、漏水箇所は各節点よりも下位の管路で生ずるものとし、これを各節点における漏水量で定義した。本ケースにおいては、漏水は図5に示す節点で各々 $0.4\text{m}^3/\text{sec}$ 発生するものとし、復旧作業は1つのSTEPで1ヵ所、 $0.2\text{m}^3/\text{sec}$ だけ修理されるものとする。また、復旧作業中の管路網の復旧程度の基準となる基準状態は、平常時のピーク供給水量時の状態とした。復旧過程の機能評価の尺度となる復旧度の評価関数 F_c は

$$F_c = \sum_{i=1}^{n_0} \frac{\text{節点 } i \text{ の人口}}{\text{全人口}} \cdot \frac{\text{そのステップにおける節点 } i \text{ のエネルギー水頭}}{\text{基準時の節点 } i \text{ のエネルギー水頭}} \times 100 (\%)$$

ただし、 $i=1,2,3,\dots,n_0$ n_0 : 総配水節点数、とする。これは、ある漏水節点の修理がネットワーク内のすべての節点に対してどの程度復旧効果を及ぼすかを求め、それに各節点ごとの供給人口による重みを付け加えることにより復旧度を評価する。すなわち、できるだけ多くの人々に、できるだけ大きなサービス水準の向上をもたらすその大きさを評価関数の尺度として示そうと試みたものである。復旧はまず、STEP 0 (初期設定状態、各節点で $0.4\text{m}^3/\text{sec}$ ずつ漏水)において、各節点で1STEPだけ作業を行なったものと仮定し、そのそれぞれの評価関数 F_c を求める。そして、これらの F_c のうち最大なもの、すなわち、最も復旧効果が大きいものを実際に復旧させ、この状態をSTEP 1とする。以後、順次同様の作業を行ない各ステップごとに最大復旧効果をもたらすようにシステム全体を復旧させた。評価関数より求められた復旧作業順を図5に、この復旧過程の各ステップにおける復旧度の推移を図6に示す。

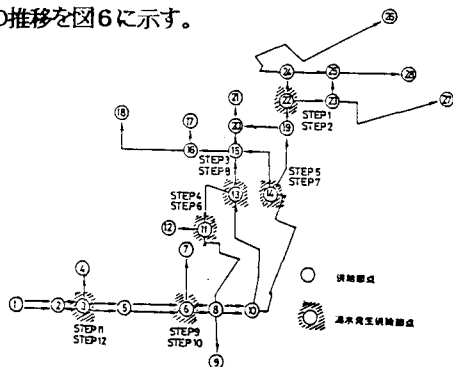


図5 漏水発生箇所と評価関数より求められた復旧順序

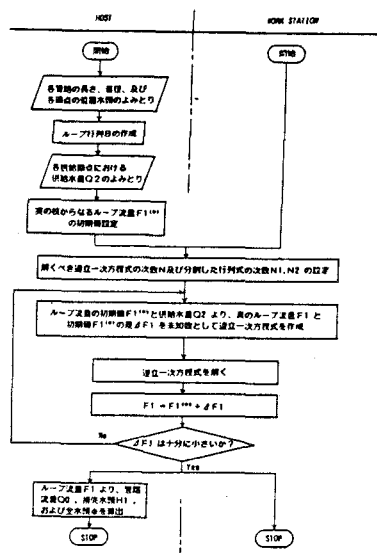


図3 機能評価システムのアルゴリズム

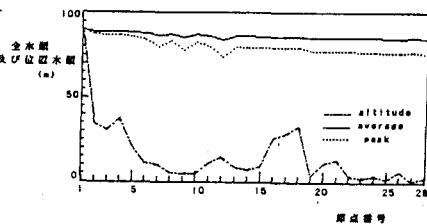


図4 各節点ごとの全水頭および位置水頭

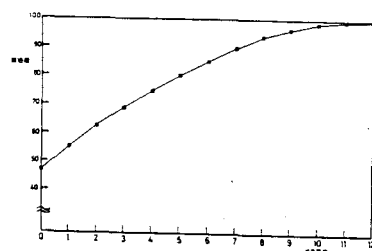


図6 評価関数値による復旧度の推移