

ファジィ理論の 上水道機能支障率予測への応用

広島県 正員 ○岡野誠吾
福山大学大学院 学生員 清水洋治
福山大学工学部 正員 千葉利晃

1. まえがき

近年、土木学会誌や土木学会論文集などで、ファジィ理論を土木工学分野に応用した研究が数多く発表されている。自然を相手にする土木工学分野では、そのデータに多くのあいまいさが含まれているからであろう。本研究は先に報告した上水道機能の供給支障率予測法¹⁾の改良に、このファジィ理論が応用出来るか否かの検討を行ったものである。取り上げたファジィ理論は、ファジィ数量化理論Ⅰ類およびⅡ類である。

2. ファジィ数量化理論Ⅰ類による解析

本研究で用いた供給支障率の予測モデルは、エキスパート等より得たデータを基にして重回帰分析を行い、その結果である重回帰式を用いて供給支障率を予測している。詳細は文献(1)を参照して頂きたいが、管径250mm以上の管網上に被害箇所を1,2,3,5,7,10,15,19,20および25ヶ所与え、合計46種類の被害パターンを用意し、これらの被害パターンごとの供給支障率を目的変数として重回帰分析を行っている。

46種類のデータを総て用いて重回帰分析を行うと重相関係数は、0.65と非常に悪くなる。これは、被害を任意に与えたため、ある節点あるいは、ある管路に被害を与えると、その先には水が供給されない、すなわち迂回路が全く存在しない直列結合の管路等が存在するなど、被害形態が大きく異なるものが混入されているのが最大の理由である。このように、データ数がわずかでも変わると重回帰式がうまく求められないなどの問題がある。また、市の中心部と周辺部では性質も異なり、この点も考慮した重回帰式を求める必要がある。そこで、市中心部と周辺部で供給支障率がどのように異なるかを検討するために、数量化理論Ⅰ類を用いて検討した。分析には直列結合の存在する被害パターンを削除して得られた29種類の被害パターンを用いて行った。ファジィ数量化理論Ⅰ類の説明変数は物理的被害率D1_i、被害分散度D2_iおよび重要施設被害率D3_iであり、ファジィ群としては中心部の被害の程度をデータとして用いた。中心部の被害率を考慮した場合には供給支障率FはD1、D2、およびD3と

$$F = -0.023 + 1.36 \cdot D1 + 14.28 \cdot D2 + 5.33 \cdot D3 \quad (1)$$

の関係がある。一方、中心部の被害率を考慮しない場合には

$$F = -0.013 + 2.26 \cdot D1 + 22.14 \cdot D2 + 2.67 \cdot D3 \quad (2)$$

の関係になる。このときの偏相関係数と重相関係数を表-1に示す。

偏相関係数においては、D1では中心部の被害の程度を考慮した場合もしない場合も大きな差はない。これは、D1自体が上水道管網全体に対する被害のある箇所の割合で、またその被害箇所もランダムに与えているので中心部であっても周辺部であっても大きな変化がないためだと思われる。またD2では中心部の被害の程度を考慮した場合、負の相関になっている。これは中心部のネットワークは非常に複雑で、また1つのメッシュに多くの管路や節点が存在するため、被害が起きても迂回路が多いので被害が広く分散されている方が中心部自体の被害は小さくなるためだと思われる。またD3では、中心部の被害程度を考慮した場合の方がかなり高くなっている。これは重要施設に被害が発生すると、市中心部の方が周辺部よりも影響を受け易いことを意味している。しかし今回の解析では浄水場、配水場、ポンプ場、および重要管路を重要施設とし、一つのメッシュ内に重要施設があるかないかの2つにしぼっているが、この重要施設も重要管路においては、どのくらい重

表-1 ファジィ群の考慮の有無による偏相関係数と重相関係数

		考慮する	考慮しない
偏相関係数	D1	0.517	0.443
	D2	-0.206	0.149
	D3	0.610	0.257
重相関係数		0.757	0.926

要な管路なのか、またそのメッシュにどのくらい入っているのかなどは考慮していない。また浄水場、配水場、ポンプ場および重要管路はどれも同一の重要度としているが、それぞれについて重要度は異なると思われるので、このD3は改良すべきであろう。また重相関係数を見ると中心部を考慮した場合の方が悪くなっているが、これは中心部を考慮する場合、解析が少し複雑になるためと思われ、中心部の位置の指定を改良すれば精度はもっと良くなるものと思われる。

ファジィ群である中心部の被害の程度、外的基準である供給支障率、そしてファジィ群を考慮した場合の予測値と考慮しない場合の予測値、およびファジィ群を考慮した場合の予測値から考慮しなかった場合の予測値を引いた予測値の差を見るとファジィ群の程度が高い所で負の数値が比較的高くなったが、大きな差は見られなかった。

このように上水道の供給支障率の推定にファジィ数量化理論Ⅰ類を用いることにより、中心部の被害の程度により供給支障率がどのような影響を受けるかを知ることができた。このファジィ群を変えることで、いろいろなものを考慮した場合の供給支障率に与える影響を検討できる。したがって、供給支障率を推定するにあたり、ファジィ数量化理論Ⅰ類の利用価値は高いものと思われる。

3. ファジィ数量化理論Ⅱ類による解析

供給支障率を推定する場合、従来の重回帰分析による推定値では、供給支障率は[0, 1]の値であるのに、0.0以下の数値や1.0以上の数値が生じる場合がある。ファジィ数量化理論Ⅱ類を用いると、この点を解消できるであろう。外的基準に供給支障率および給水率を与え、各アイテムにD1、D2、およびD3を与えて解析を行った。得られたサンプル値の予測式を式(3)に示す。

$$Y_s = 227.352D1 + 555.855D2 + 92.240D3$$

…… (3)

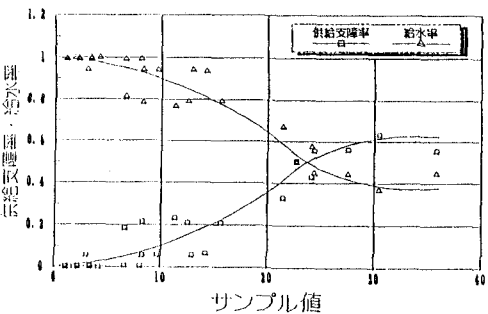


図-1 供給支障率の予測グラフ

このとき偏相関係数はD1に対しては0.131、D2に対しては0.049、D3は0.053であった。D1の偏相関係数が大きくなっているが、これは供給支障率（給水率）とD1との関係が高いことを表す。

得られたサンプル値と供給支障率（給水率）の関係を図-1に示す。この図より、サンプル値 Y_s が3を超えたところから供給支障率が少しずつ増加していることから、ここで被害が出始めていることが分かる。 $Y_s=2$ 3くらいで供給支障率と給水率が交差している。したがって、この点で全体の半分以上が被害を受けていることが分かる。この点を超えると増加率は少ないが、被害が増加していくことが分かる。また、この結果を用いることによって、アイテムD1、D2およびD3を式(3)に代入して得たサンプル値をこの図に代入することで、供給支障率（給水率）の推定を行うことができる。以上より、供給支障率を推定するにあたり、ファジィ数量化理論Ⅱ類を使うことも可能である。

4. あとがき

今回、ファジィ数量化理論の上水道機能支障予測への適用を検討した結果、有効であることが分かった。専門家へのアンケートを行うことができず、管網解析の結果を用いて解析を行った。しかし、ファジィ数量化理論はアンケートより得られたあいまいな情報をそのままファジィ・データとして入力することにより、ファジィ理論本来の力を発揮できるものである。したがって、専門家からのファジィ・データを入力できれば、ここで用いたものより良い結果が得られるであろう。また説明変数を幅広く取ることにより、正確で扱い易くなるものと思われる。

【参考文献】 1) 千葉・請川「上水道供給支障率の簡易予測法に関する検討」第21回地震工学研究発表会講演概要、pp.341-344, 1991.7