

ニューラルネットワークによるパイプライン路線多基準選定支援システムの開発

The development of multi-standard selection support system for pipeline route by the artificial neural network

田中良和、 向井章恵、 樽屋啓之
Yoshikazu TANAKA, Akie MUKAI, Hiroyuki TARUYA

1.はじめに

近年、性能照査型設計への対応を求められている。従来の農業用パイプラインの計画方法では、機能が整理されておらず、定量化が不十分であるため、複数の機能の最適化方法や費用対性能が不明確であり、コストパフォーマンスを向上させにくく、さらに、性能を外部関係者へ説明しにくい等の諸問題がある。これらを解決する手法としてAHP(Analytic Hierarchy Process)がある。AHPは一対比較表から選好度を求めて最適な路線案を多基準意思決定する手法である。ここでは、AHPの数学的な解釈を利用して路線選定の多基準意思決定するシステムの開発を目的とした。

2.方法

路線選定支援の方法は以下の通りである。
(1)農業用パイプラインの機能を抽出して、階層的に分類し、計画要因とした。
(2)複数の計画要因の重要度を計画要因の選好度とし、選好度をニューラルネットワーク(以下、ANN)の誤差逆伝播学習法を用いて、稼働中の農業用パイプラインについて学習させた。
(3)得られた計画要因の選好度を用いて、AHPの数式処理に従い、最適な路線案を決定した。

3.農業用パイプラインの計画要因の抽出

設計基準書、技術書、実施設計報告書および管理者聞き取り調査から抽出した計画要因をTable 1に示すように階層的に分類し、AHPのツリー構造に整理した。

4.計画要因の選好度の学習方法

計画要因の選好度を、誤差逆伝播学習法に

よって、教師データについてANNに学習させて決定できる。Fig. 1に示すように、ANNの構成要素は、ユニットと呼ばれる多入力、単一出力の素子である。各ユニットはユニークな他層ユニットとの結合係数を有する。ユニットへの入力値は応答関数によって出力値へ変換される。ここで、応答関数 f はシグモイド関数とした。ユニットを階層的に結合したパーセプトロンは、複数の入力層ユニット、中間層ユニット、出力層ユニットから構成される。学習終了時に、 V_{kj} と W_{ij} は同じ階層のユニット間で合計が1になるように基準化して、 V_{kj} を入力層ユニットの選好度とし、 W_{ij} を中間層ユニットの選好度とした。

5.多基準選定方法

決定した計画要因の選好度を利用して、プログラムがAHPの数式処理を用いたアルゴリズムによって、最適な路線案を決定する(Fig. 2)。レベル $i+1$ における計画要因 n 個の選好度ベクトル A^{i+1} は、次式になる。

$$A^{i+1} = [A_1^{i+1}, A_2^{i+1}, \dots, A_n^{i+1}] A^i$$

路線案の採択基準の重みを X は、計画要因 m について各路線案の一対比較から求めた固有ベクトルを P_m とすると次式になる。

$$X = [P_1, P_2, \dots, P_m] A^{i+1}$$

6.システムの概要

計画要因は、XML(拡張可能なタグ付き言語)にて記述できるため、変更可能である。実行画面は、計画者がマウスとキーボード等で操作し易く、他の関係者が見ても、計画の

内容と過程が分かりやすい表示とした (Fig. 3)。AHP の一対比較表の作成は、プログラムの対話的な案内に従い容易に行える。

7.解析例

7.1.計画要因間の選好度の学習過程：実在する優秀な施設を教師データとして選ぶ。教師データの成績をTable 2 に示す。Table 3 の尺度を用いて成績から重要度へ変換し、各計画要因における教師データ間の一対比較を行い、各計画要因における教師データ間の重みを決定する。次に教師データ間で一対比較を行い、教師データ間の重みを決定する。各計画要因における教師データ間の重みを入力値、教師データ間の重みを出力値としたANNに誤差逆伝播学習をさせて、計画要因間の選好度を決定した。

7.2.多基準路線選定過程：Table 4 に示した路線案の成績から、一対比較を行い、路線案間の重みを決定する。先に決定した計画要因間の選好度を用いて、AHPの数式処理を行い、路線案の順位を決定した。その結果、教師データの特徴を反映した路線案が選定された。

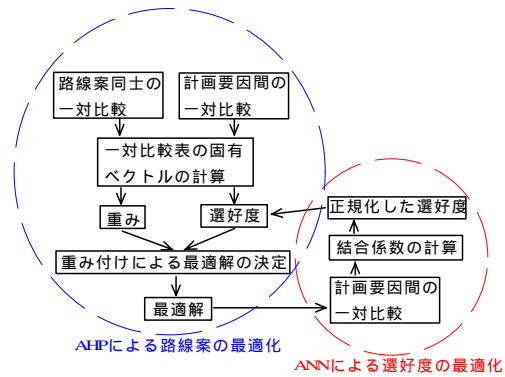


Fig.2 The outline of the multi-standard decision making method



Fig.3 The execution screen

Table 1 Classified plan factor

レベル1	レベル2	レベル3
安全性	内圧に対する耐久性	静水圧と管耐圧 水撃圧と管耐圧
機能性	施設の操作性	サージングによる圧力不均衡 サージングによる無効放流
	水資源の利用効率	定常流れ状態の圧力均等性 定常状態の無効放流
合理性	経済性	建設費 維持管理費

Table 2 The result of the teacher data

レベル3	教師データ順位	1位	2位	3位
静水圧と管耐圧		70 (点)	70 (点)	50 (点)
水撃圧と管耐圧		100	70	50
サージングによる圧力不均衡		70	80	70
サージングによる無効放流		70	70	70
定常流れ状態の圧力均等性		90	70	90
定常状態の無効放流		90	70	80
建設費		100	90	50
維持管理費		90	80	70

Table 3 The scale of the importance

重要度の尺度	表現	定義
1	同じくらい重要	0-9点差ある場合
3	少し重要	10-19点差ある場合
5	かなり重要	20-29点差ある場合
7	非常に重要	30-39点差ある場合
9	きわめて重要	40-50点差ある場合

Table 4 The result of the route plan

レベル3	路線案	A案	B案	C案
静水圧と管耐圧		60 (点)	80 (点)	80 (点)
水撃圧と管耐圧		50	90	60
サージングによる圧力不均衡		80	70	90
サージングによる無効放流		70	60	70
定常流れ状態の圧力均等性		80	70	80
定常状態の無効放流		80	70	70
建設費		60	90	80
維持管理費		80	90	90

Table 5 The result of the route plan

路線案	A案	B案	C案
重みの解析結果	0.205	0.435	0.300
候補順位の結果	3位	1位	2位

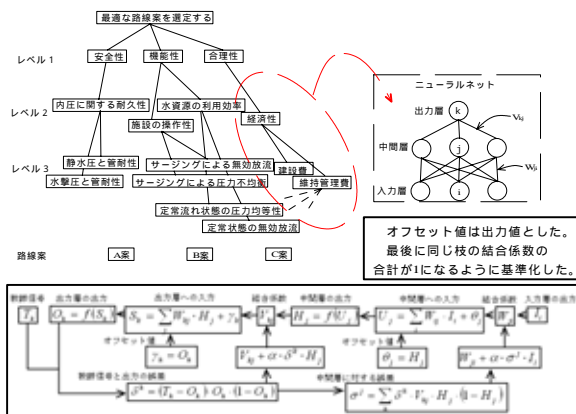


Fig.1 Learning method degree of the preference of the plan factor

8.まとめ

優秀なパイプライン施設の計画要因間の選好度を学習し、最適な路線の多基準選定を支援するシステムを開発できた。計画要因の変更が可能で、その表示も理解しやすい。