

穿孔データを利用した地山評価手法へのニューラルネット適用の試み

西松建設技術研究所 正会員 石山宏二，山下雅之，木村 哲
西松建設 岡井崇彦
地層科学研究所 正会員 里 優

1. はじめに

トンネル切羽前方の未掘削地山に対して油圧式削岩機による穿孔を行い、穿孔油圧（フィード圧、打撃圧、回転圧、ダンピング圧）および穿孔速度、穿孔エネルギーを測定・算出することによって、穿孔した地山性状を直接的・定量的に評価しうる穿孔探査法（DRISS）を開発し、現場に適用してきた¹⁾。その評価方法は、従来、穿孔データ（主に3つの地山評価パラメータ：穿孔速度、穿孔エネルギー、ダンピング圧）の値とくり粉の性状等目視データに基づき、トンネル掘削時に得られた地山性状実績と照らし合わせて各パラメータ値の管理基準値を設定し、最終的には経験的に地山の良否を判定するものである。しかし、トンネル全線にわたって常に経験者の立ち会いが必要となれば、トンネルの掘削効率に影響が及ぶ懸念が生じる。そこで、計測データと経験者が行った良否判定との関係をパターン化し、穿孔データをパターンマッチングすることによって、地山の良否を迅速に、また自動的に判定することが可能となるニューラルネットを評価手法に組み入れ、適用を試みたので報告する。

2. ニューラルネットの概要

パターンマッチングの代表的な手法の一つは、ニューラルネットワークを用いることである。本検討では、ニューラルネットのアルゴリズムとして誤差逆伝播学習（back propagation error learning）を用いた²⁾。この手法の概略を以下に示す。

図1のようなニューラルネットを考える。このニューラルネットは、次のような2つの特徴をもっている。

入力ユニット層と出力ユニット層の間に、隠れユニット層を任意個数もった多層構造（multilayer structure）をしている。

入力ユニット層から出力ユニット層へ向かってのリンクは存在

するが、逆方向のリンクは存在しないフィードフォワード構造（feedforward structure）をしている。

このとき、このような構造をもつニューラルネットに対して、次のような学習アルゴリズムを考える。すなわち、入力データとそれに対する理想出力値の組がいくつか順に与えられるものとする。一方、その入力データに対して、実際にニューラルネットを用いて各ユニットの入出力計算を行えば、実際の出力値が求められる。そこで、同じ入力データに対する理想出力値と実際の出力値の誤差に基づいて、実際の出力値が理想出力値に近くなるようにネットにおけるリンクの重みを変化させる。

穿孔探査法においては、計測データと良否区分を結びつけた教師データを与え、これよりニューラルネットにおけるリンクの重みを求めておき、対象領域全体における4パターン（レベル）での良否区分を行っている。

3. 地山評価手法への適用

本手法を適用したトンネルは、中生代に形成された花崗岩、田村川層のホルンフェルスおよび第三紀鮎川層群の堆積岩からなり、局所的に断層あるいは熱水変質帯など地山不良部の出現が想定されていた。先進導坑の施工にはTBM工法が採用されるため、急速施工を確保するには切羽前方の地山性状を精度良く迅速に把握し、対応することが重要となることから、全線にわたり穿孔探査法が連続的に適用されることとなった。穿孔探査による計測範囲は50m程度としており、進行によっては約2日に1度の実施となり、常に迅速な地山の良否判定を行う必

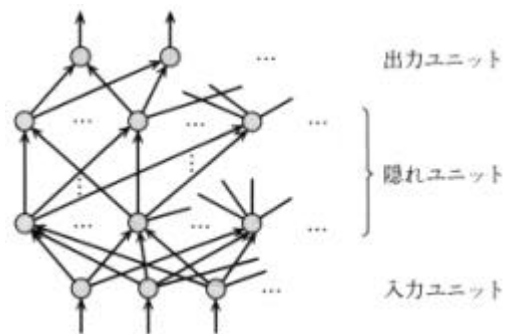
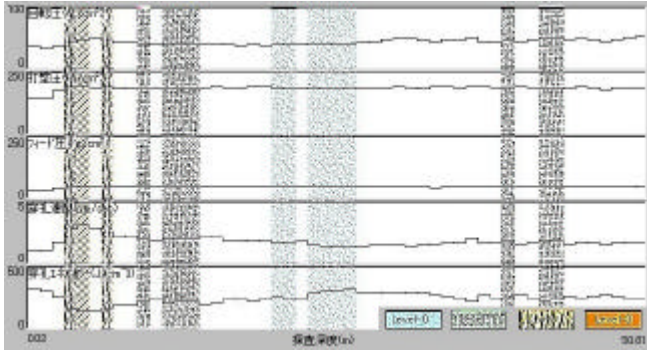


図1 ニューラルネット概略図²⁾

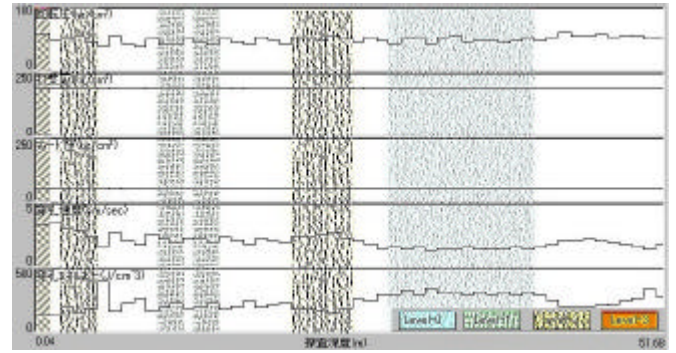
キーワード：トンネル、切羽前方探査、穿孔探査法、ニューラルネット

連絡先：〒242-8520 神奈川県大和市下鶴間 2570-4 Tel：046-275-1135 Fax：046-275-6796

〒242-0014 神奈川県大和市上和田 1794 番地 Tel：046-268-7327 Fax：046-268-7328



(a)第2回探査結果



(b)第6回探査結果

図2 穿孔データ(1m区間平均値)に基づく教師データの作成

要がある。そこで、予め NATM 工法による TBM 発進基地の施工時に計 8 回の探査を行い、得られた結果から良好な教師データを作成することによって、ニューラルネットによる地山良否の自動的な判定法の実用化を試みる。

本検討では、地山等級で B~D に相当すると考えるレベル 0~3 の 4 パターンを設定し、図 2 に示す代表的な 2 回の探査結果に対してパターンマッチングを行い、教師データと、および両者を併せた + を作成した。

第 6 回探査結果に対する、3 つの教師データを使用したニューラルネットによる地山良否判定の結果を図 3 最下層のバーコードに示す。上段は教師データを使用しているため、学習結果をそのまま反映し、レベル 3 評価は探査切羽近傍の 1m 区間のみであるが、教師データによる判定では、切羽からの 4m 区間に加え、穿孔エネルギーの値が落ち込む深度 6-7m, 24-25m 区間も判定された。同様の結果が教師データ + にも見られる。これは、教師データ

で学習させたレベル 3 の入力値が教師データのレベル 2 入力値に近くなり、結果的にレベル 3 判定としてしまったと考える。このように、ニューラルネットを活用するためには、より特徴的なパターンを学習させる必要があり、そのためには多くの計測データを収集し、良好な教師データのみを抽出・作成する必要がある。

4. おわりに

連続的に得られる穿孔探査データに対して、誰もが迅速に地山の良否を判定できるようにするために、ニューラルネットの適用を試み、その手法の実用化を目指している。問題は、判定基準となる良好な教師データの作成、さらには学習・識別法にもあると考えられ、今後、十分に検討を進めていく必要がある。

【参考文献】

- 1) 引間、石山、塚田、石井：堆積軟岩地山における油圧式削岩機を用いた切羽前方探査とボーリングコアとの比較、第 30 回岩盤力学に関するシンポジウム、pp.238-242、2000。
- 2) 安西祐一郎：岩波講座ソフトウェア科学 16 認識と学習、pp.329-371。

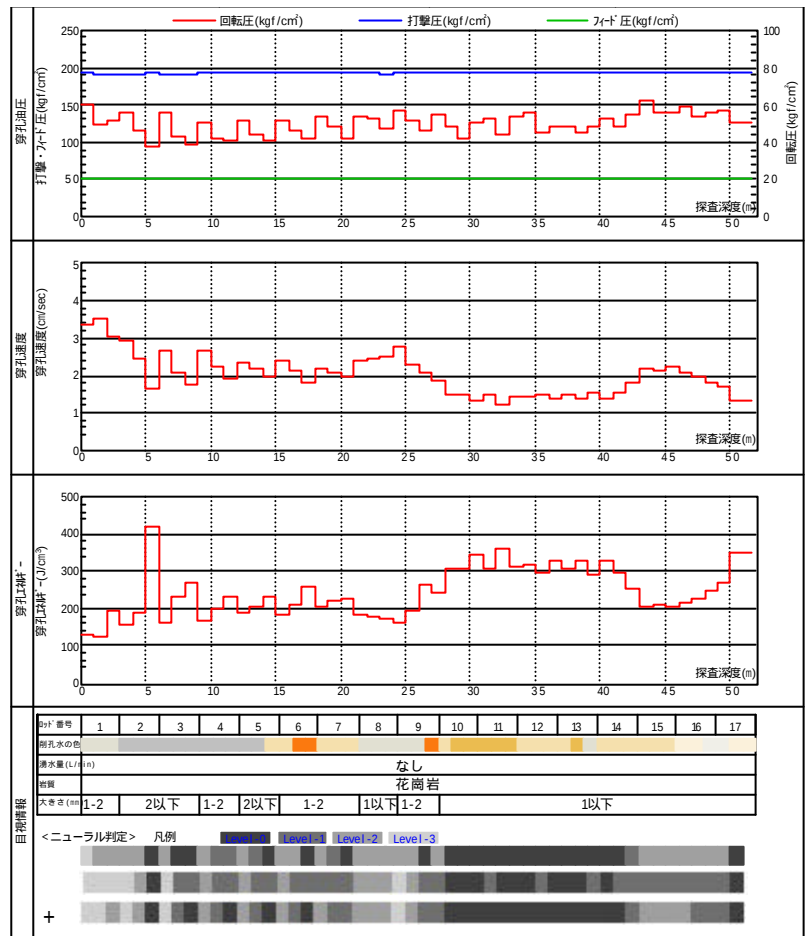


図3 第6回探査データに対するニューラル判定結果