

ニューラルネットワークを用いたデジタルカメラでの粉じん濃度計測

株式会社間組 正会員 檜本 陽史
 山口大学大学院 学生会員 ○岸田 展明
 山口大学大学院 正会員 進士 正人

1. はじめに

山岳トンネル施工における地山掘削時やずり出し作業時、吹付けコンクリート作業時等に発生する粉じんが作業環境の悪化や、健康被害を及ぼすことが問題視されている。そのため、粉じん障害防止規則等の一部改正がなされ、作業現場の粉じん濃度を一定以下に保つために定期的な粉じん濃度計測が義務化された。このことに伴い、作業現場では粉じん濃度計測を行う頻度が増加している。現在、粉じん濃度計測には一般的に「デジタル粉じん計」が用いられている(写真-1)。この計測器は一定の吸引量で空気を吸引し、吸引孔内の粉じんをレーザーを用いてカウントし、粉じん濃度を換算する。しかし、この計測方法は設置地点で継続的に10分以上の計測を行わなければ評価ができず、また計測器が比較的高価であるため、手軽に利用ができない問題等がある。



写真-1 デジタル粉じん計



写真-2 トンネル坑内の撮影



写真-3 デジタルカメラを用いた粉じん濃度計測状況

2. デジタルカメラを用いた粉じん濃度計測

トンネル坑内の作業現場において、デジタルカメラを使用してフラッシュ撮影を行うと写真内に粉じんが白く写り込む(写真-2)。著者らはこの現象を利用し、デジタルカメラを用いたトンネル坑内の粉じん濃度計測法¹⁾について研究を行ってきた。この方法では撮影画像を統計解析することで粉じん濃度を算出する。写真-3に計測状況を示す。このように現場での測定作業は非常に簡易であり、他の作業の妨げはほとんどない。また、市販のデジタルカメラを使用しているため誰でも容易に入手可能であり、撮影画像がデータとして残るため作業時の粉じん濃度計測の証明になるという利点がある。しかし、この計測法は、画像によって算出される濃度の誤差が大きく出るケースもあり、高い精度が期待できるまでには至っていない。

本来、画像解析では、「前処理」、「特徴量抽出」、「識別」、「後処理」といった過程で解析が行われる²⁾。これまでの研究では「識別」という項目に関して特に注意が払われておらず、画像の分散値のような一つの特徴量から粉じん濃度を求めていた。しかし、今後粉じん濃度計測の精度向上のため、複数の特徴量によって画像解析を行う際に「識別」は欠くことのできない項目である。本研究では代表的な識別器であるニューラルネットワークを適用することで、この粉じん濃度計測の精度向上を図る。

3. ニューラルネットワークについて

ニューラルネットワークとは、動物の脳神経組織を数学的に模擬したコンピュータアルゴリズムのことである。本研究では入力層、中間層、出力層という複数の階層で構成される階層型のニューラルネットワークを用いる。このネットワーク構造では、各ニューロンを層状に配置し、同じ階層同士のニューロンはお互いに結合

キーワード デジタルカメラ、粉じん濃度、トンネル、ニューラルネットワーク

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学理工学研究科 TEL 0836-85-9011

せず、異なる階層同士のニューロンが相互に結合している。そのため信号の伝播は、前の層から次の層への一方方向のみに行われる。階層型ネットワークの特徴は、信号の伝播処理を繰り返し行うことにより、与えられた問題に対する望ましい入出力パターンを得ることである。本研究では入力層1、中間層1、出力層1の3層の階層型ニューラルネットワークを用いる。

4. ニューラルネットワークの適用実験

写真-3のように吹付けコンクリート作業中にデジタルカメラでのフラッシュ撮影と同期させながらデジタル粉じん計を用いて粉じん濃度を計測した。適用実験で得られた全撮影データ151枚のうち120枚は教師データ、残り31枚を未知データへの汎用性を評価するための検証用データとした。表-1に解析手順を示す。まず、撮影画像を図-1のようにグレースケール化した画像から求められる平均値・分散値・標準偏差値を特徴量として算出する。次に、この3つの特徴量を入力値として、そのデータ計測時に測定した粉じん濃度を正解値とした教師有り学習を繰り返し行いニューラルネットワークを構築した。図-2に出力値と粉じん濃度の相関を示す。なお、従来法を用いて粉じん濃度を推定した結果もあわせて示す。図-2から明らかなように、従来法よりもニューラルネットワークを用いた場合の方が傾き45度の直線に近い値が求められていることがわかる。また、粉じん濃度との相関を定量的に評価するために、粉じん濃度を正解値として、平均二乗誤差を求めた。なお、評価に当たっては学習に使用したデータを用いた出力結果と学習に用いていない検証用データでの出力結果をそれぞれ再現性と汎用性として評価した(表-2)。平均二乗誤差は0に近いほど良い結果であり、表-2からわかるように、ニューラルネットワークを用いた計測法がより良い結果を得ることがわかる。

表-1 解析フローチャート

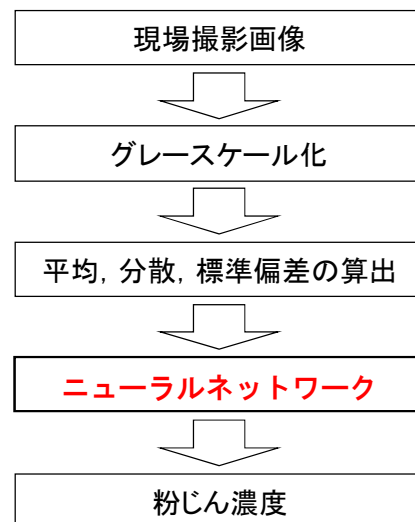


図-1 グレースケール化画像

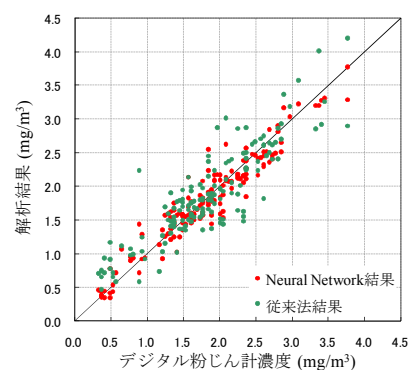


図-2 相関図の比較

5. 結論

本研究によって、従来法よりもニューラルネットワークを適用した場合の方が、精度が向上するという結果を得ることができた。従って、デジタルカメラを用いた粉じん濃度計測において、ニューラルネットワークの適用が粉じん濃度推定の精度向上に役立つことがわかった。今後さらなる精度向上を検討する場合には、撮影画像中の粉じんをカウント値を特徴量とする等、明るさに関係しない特徴量を抽出し、ニューラルネットワークに組み込むこと等が今後の研究課題であると考えている。

参考文献

- 1) 渡辺亮, 岸田展明, 進士正人, 平間昭信, 筒井隆規: デジタルカメラを用いたトンネル坑内の粉じん濃度計測法, 土木学会第63回年次学術講演会, pp635-636, 2008
- 2) 東京大学出版: 新編 画像解析ハンドブック, pp25-27, 2004

表-2 平均二乗誤差の比較

	再現性	汎用性	全体
Neural Network	0.2058	0.2386	0.2132
従来法	0.3566	0.3476	0.3547