

LightGBM を用いた穿孔データからの岩盤の圧縮強度指数推定に関する検討

安藤ハザマ 正会員 ○鶴田亮介 正会員 谷口 翔
 フェロー会員 谷口裕史 非会員 森田 亨
 筑波大学 システム情報系 正会員 松島亘志
 日本システムウェア株式会社 正会員 野村貴律

1. はじめに

近年、トンネル切羽の地質状況を定量的に評価する手法が種々提案されており、その一つに、ドリルジャンボが岩盤を穿孔する際に得られるデータ(以降、穿孔データ)を解析することで切羽を評価する手法がある。例えば、岩盤の硬軟によって穿孔速度が変化することに着目した手法¹⁾や、単位体積あたりの岩盤を穿孔するために要したエネルギーである穿孔エネルギーに着目した手法が提案されている²⁾。

従来、これらの手法の現場導入にあたっては、大量の穿孔データを用いるためにデータ処理の複雑化や処理時間が課題となっており、高性能なデータ処理用のPCが必要であった。そこで筆者らは、一般的なPC上で短時間に評価可能なシステムの構築を目的として、LightGBMを用いて穿孔データから岩盤の圧縮強度指数を推定する手法の検討を行った。

2. 圧縮強度指数推定の手法

穿孔データから岩盤の圧縮強度指数を推定する際に、AIの機械学習における勾配ブースティングのアルゴリズムであるLightGBMを用いた。LightGBMは、Light Gradient Boosting Machineの略で、Microsoft社によって2014年に開発された機械学習用の無料のオープンソース分散型勾配ブースティングフレームワークである。本フレームワークは決定木アルゴリズムに基づいており、ランク付け、分類、その他の機械学習タスクに使用されている。

LightGBMは他の機械学習手法と比較して、①モデル訓練に掛かる時間が短い、②メモリ効率が低い、③推測精度が高い、④大規模な教師データを訓練可能といった特徴がある³⁾。このため、メモリ容量が少ないラップトップ等のPC上で穿孔データのような大規模な教師データを使った学習を行う手法として適している。

3. 検討現場

本検討を行う際に、施工中のトンネル現場のデータを使用した。現場の概要を以下に示す。

工事名：玉島笠岡道路六条院トンネル工事

発注者：国土交通省 中国地方整備局

受注者：株式会社安藤・間

施工場所：岡山県浅口市鴨方町六条院東～六条院中地内

試行期間：令和2年12月11日～令和3年3月25日

工事内容：掘削延長 L=1,088m

掘削方式：NATM（発破掘削）

本トンネルの地質は白亜紀の花崗岩類からなり、岩質は不均一で未風化部と弱風化部が混在して出現する。



写真-1 ドリルジャンボを用いた穿孔状況

4. AIの学習方法

マシンガイダンス機能付きドリルジャンボを用いて取得した穿孔データを使用して、圧縮強度の学習を実施した。学習に用いたデータ数は27切羽から取得した3255孔分の穿孔データである。学習データの説明変数は、穿孔データの穿孔速度、打撃圧、回転圧、フィード圧であり、ばらつきを抑えるため、これらのデータを標準化して学習し

キーワード 山岳トンネル、穿孔データ、切羽、AI、地質評価

連絡先 〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20 ㈱安藤・間 TEL03-6234-3673

た。学習データの目的変数は、「切羽地質情報取得システム」⁴⁾で作成した切羽観察シートに記載されている各切羽の左肩部、天端、右肩部ごとの圧縮強度指数を使用した。表-1 に LightGBM の学習時のパラメータを示す。

LightGBM に学習期間での穿孔データと圧縮強度指数を入力しモデルの作成を行った。図-2 に説明変数の重要度の結果を示す。この結果より、打撃圧の重要度が最も高くなった。

5. 圧縮強度指数推定の結果

AI 学習モデルの構築が完了したのちに、同じ施工現場の106切羽から取得した穿孔データを学習モデルに入力し、圧縮強度指数の推定を行った。推定結果と切羽観察シートの圧縮強度指数との比較を行い、以下の結果が確認できた。

(1)観察シートで圧縮強度指数 3 と 4 が分布する切羽において、穿孔データからの指数の推定精度は 100%であった (図-3)。

(2)観察シートで圧縮強度指数 4 と 5 が分布する切羽において推定精度は 87%であった。圧縮強度指数の 1 ランク以上の誤推定は生じなかった (図-4)。

圧縮強度指数 3 と 4 の推定精度と、圧縮強度指数 4 と 5 の推定精度に差が生じた理由として、学習した穿孔データの数の差が考えられる。全学習データ 3255 孔分の内、圧縮強度指数 3 の領域の穿孔データ数は 1969 孔分、圧縮強度指数 4 の領域の穿孔データ数は 1005 孔分、圧縮強度指数 5 の領域の穿孔データ数は 281 孔分であり、指数の違いにより用いた学習データ数に偏りがあった。

6. まとめ

切羽に花崗岩が分布する山岳トンネル工事において、岩盤の圧縮強度指数を高精度に推定する軽量なアルゴリズムを LightGBM を用いることで作成した。今後、本システムをマシンガイダンス機能付きドリルジャンボを適用する現場に導入することで、他の現場でも圧縮強度指数の推定に活用する予定である。

なお、本システムの開発および試行は、国土交通省の令和 2 年度「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」(PRISM) で実施したものである。

参考文献

- 1) 宮嶋保幸, 福田博之, 川野広道, 大塚隆明, 松下智昭 : 装薬穿孔速度データを利用した切羽の定量評価, 土木学会第 70 回年次講演会, 2016.
- 2) 山下雅之, 山本悟, 三井善孝, 塚田純一 : トンネル掘削時の穿孔データを使用した 3 次元地山評価システムの開発, トンネル工学報告集, vol.28, pp.I 32, 2018.
- 3) Microsoft Corporation : Lessons Learned From Benchmarking Fast Machine Learning Algorithms, 2017-07-26, <https://docs.microsoft.com/ja-jp/archive/blogs/machinelearning/lessons-learned-benchmarking-fast-machine-learning-algorithms>, (参照 2021-03-26)
- 4) 鶴田亮介, 谷口翔 : 切羽地質情報取得システムの開発, トンネル工学報告集, vol.30, pp.I 16, 2020.

表-1 LightGBM の学習時のパラメータ

項目	値	説明
objective	regression	目的関数は回帰
metric	rmse	平均平方二乗誤差で評価

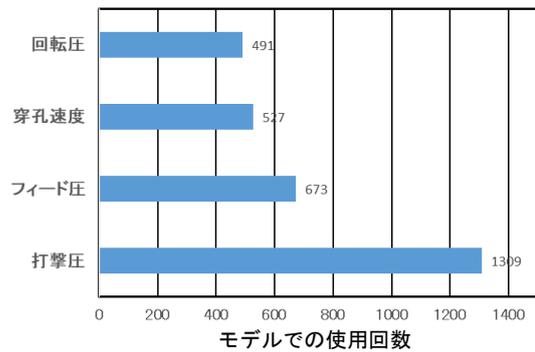


図-2 説明変数の重要度

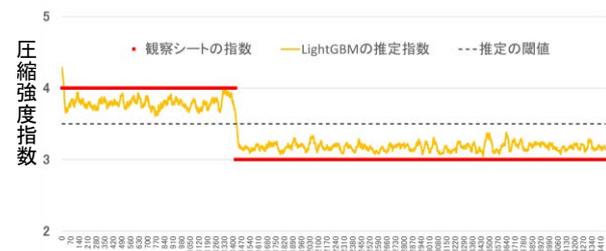


図-3 圧縮強度指数の推定結果 (指数 3,4)



図-4 圧縮強度指数の推定結果 (指数 4,5)