517 ニューラルネットワークによる散水消雪施設運転支援システムの開発

Development of Operation Support System of Sprinkler Snow-Melting Equipment using Neural Network

正 樋口 良之 (福島大) ○ 三野宮 裕規 (福島大)

Yoshiyuki HIGUCHI, Fukushima University, 1 Kanayagawa Fukushima City, Fukushima, 960-1296 Japan.

Yuki SANNOMIYA, Fukushima University.

The sprinkler snow-melting equipment is operated by local inhabitants whom local public entity entrusted. There is a difference in an operating experience and the knowledge of the equipment for entrusted operators. In addition, the operator can do only the change of the ON and OFF of the water pump, cannot operate water temperature and quantity of sprinkling. In this study, an operating support system by the neural network which learned the judgment of the expert operator and the knowledge of the road with sprinkler snow-melting equipment, was developed.

Key Words : Sprinkler Snow-Melting Equipment, Operation Support, Neural Network, Winter Road

1. 結 言

道路水消雪 (散水消雪) の施設が設置されて, 約40年が経過しようとしている。この施設は地域において降雪時の経済活動の停滞を無くすために, 排雪場所の確保が困難で機械除雪が適さず, かつ, 経済活動上の重要な路線を選定して設置されてきた。現在まで様々な道路構造, 形態での活用がなされているが, これらの散水消雪施設を対象にした研究は少ない。それらの研究の成果は, 路面消・融雪施設等設計要領⁽¹⁾などに集約され, 散水消雪施設の設計実務者に有効な資料として提供されている。これらの研究の対象は, 散水消雪施設の計画, 設計, 設置 (施工), 保守保全を主体にしたものが多く, 設置後のオペレータの運用に関する検討は少なく, 施設設置後の有効運用について検討の余地が残るところである。特に, 地域住民の要望を考慮した散水消雪施設の有効利用, 消雪水のはね, 状況にあわせた適切な施設稼働などの課題を考慮した施設運用の検討は, 重要な課題である。

本調査研究では, 散水消雪施設の適切な運用を実現するしくみの提案を目指し, 散水消雪のメカニズムを検討した。このために, 散水消雪施設の稼働時刻, 散水道路状況などを調査した⁽²⁾。本報は散水消雪施設の操作者を支援する運転支援システムを検討する。

2. 散水消雪の動向

本研究の対象である道路水消雪設備とは, 図1に示す消・融雪施設の中でも散水消雪施設, いわゆる, 消雪パイプのことである。この散水消雪施設の中でも, 特に, その多くを占める地下水と河川水を利用したものを対象としている。道路における水を活用した消雪では, 路面流水工などの流水施設もあるが, 本研究では対象としない。

散水消雪の利点は, 散水地点から排水口まで無雪路面を確保できることである。特に, 主流のロータリ式除雪機械などを使用した機械除雪と異なり, 雪捨て場を必要としない。車両通行によるタイヤの攪拌によって消雪ムラが解消され, 消

Fig.1 Classification of sprinkler snow-melting equipment

雪効果が高まる。これらのことから, 密集した商業, 住宅地域などに適切である。また, 機械除雪に次いで, 経済的と言われている。さらに, 施工にあたっては, 道路全体 (面) の工事ではなく, 消雪パイプ (線) に沿った工事であり, 融雪施設などと比べて比較的小さな工事である。

一方, 散水消雪は気温と水源以外にも様々な制約を受け, 車両通行に伴う歩行者と設置物への消雪水のはね, その凍結による設置物の故障が発生するなどの課題も多い。また, 少子高齢社会の深化, 生活環境と意識の向上, 地方自治体の予算削減により, 散水消雪への要望, クレームも増え, 散水消雪に対する地域住民の期待と不満は, 毎年, 高まっている。

3. 散水消雪の運転モデルの必要性

本研究で行った実地調査で理解が深まったことの一つに, 散水消雪施設の運転を委託された者が, その運転について悩みを抱えていることである。散水消雪施設は, 設置道路の管理者である国や県, 自治体により計画, 設置され, 保守保全され, その運転については, 刻々と変わる天候, 路面状況などに対応できるように, 自治体から設置地区の方に委託することも多い。散水消雪施設の運転操作をする方の経験は多様で, 施設設置以来の継続している方, 親子2世代にわたりノウハウを引き継ぎながら今日に至っている方, 2, 3年の任期の当番で担当している方など, 経験年数, 苦勞など様々である。操作者は, 様々な経験, 天気予報などの予測, 地域の要望などを考慮し操作するが, できることは, 揚水ポンプの

電源スイッチのオンとオフの切り替えの一つだけである。

現在では、この揚水ポンプの電源スイッチのオンとオフの切り替えを、気温、路面温度、降雪量などをモニタリングし、自動化する施設もある。一方、施設の老朽化、取水量の低下、降雪や気温低下の前から対応する必要性や天候回復後にも散水の必要性があるなどの事情に応じた、より柔軟な判断操作が求められる地域も存在する。

この柔軟な判断操作が操作者の精神的な負担となることがある。柔軟な判断操作は、地域住民の間での評価に差異を生じさせる。とりわけ、道路の消雪に少しでも寄与すればいいといった散水消雪施設が導入されたばかりの時代と異なり、水はねなど散水消雪への評価も多様になり、地域住民の評価が柔軟な判断操作を行う操作者に向けられる事例がある。柔軟な判断は同じ時刻と場所であっても差異があり、地域住民の評価では、良い評価について操作者に伝わりにくく、多くの場合、悪い評価について操作者に伝わる。また、この悪い評価は、地域全体でとらえると少数意見である場合、また、経験のある操作者が数時間後の状況を考えた適切な判断に対して向けられる場合もある。

本研究では、この柔軟な判断操作について、推論を使った判断操作モデルを構築する。この判断操作モデルを活用することで、経験の少ない操作者や地域住民の理解をも深めることを支援する。

4. ニューラルネットワークによるモデリング

本研究では、経験のある操作者のより柔軟な判断操作、地域の特徴を考慮した判断操作についてモデルを構築する。モデルに状況、条件などを入力し、判断操作を出力するシステムを設計する。

このように入力値から出力値を出すシステムは多々存在する。条件を比較的に簡単に仮定すれば、入力値から出力値を数式などで唯一確定的に算定する方法がある。一方、入力と出力を明確に関連付けることが困難であったり、異なる環境でも運用させる必要があったりする場合、推論を用いる場合がある。本研究の対象のように、もともと同じ状況、条件下でも、人によって判断結果が異なるような場合、推論を用いることが多い。推論には、ファジィ理論、ニューラルネットワークなどの適用がある。本研究では、経験のある操作者の判断操作を採り入れやすいニューラルネットワークに基づき、推論モデルによる操作判断出力システムを設計する。

本研究で行った操作者へのヒアリングの結果、操作者が判断に用いるデータには、次のものがあることがわかった。

- ・現在の状況（散水状況（揚水ポンプのオンとオフ）、気温、降雪量、路面状況）

- ・天気予報（気温の変化、降雪量変化）

また、判断結果として、まず、第一に、揚水ポンプのオンとオフの操作があげられる。本研究の調査では、心労を重ねている操作者が、昼夜を問わず天気予報と実地の状況を見ながら、頻繁に判断を繰り返し、操作盤へ足を運んでいることから、次の判断を行うまでの時間も判断結果として提供することを考えた。これらの入出力項目を簡易なニューラルネットワークで簡便に表現すると図2となる。7つの入力項目と2つの出力項目の値については、定量的なものと定性的なものが

Fig.2 Neural network model of operation support system

ある。とりわけ、定性的なものについては、例えば、凍結路面は 0.8、ドライ路面は 0 というように、変換テーブルを用意して定量化している。

適切な教師信号を設定し、その教師信号を学習したニューラルネットワークを利用する。これにより、あらゆる散水消雪施設に応用できる可能性を持っているが、現実的には、機器の老朽化や取水量の変化、住民の思考の差異などによって、地域ごとに同じ教師信号で学習したニューラルネットワークの運転モデルを運用することは合理的ではない。

5. 結 言

散水消雪施設の運転は、地方公共団体が委託した地域住民が担当する。委託された者の散水消雪施設の運転経験と知識には差異がある。また、委託された者は、揚水ポンプのオン・オフの切り替えのみ操作でき、水温や散水量を調整することはできない。そこで、地域住民などの理解を深めたり、経験の浅い操作者を支援するために、熟練操作者の判断や消雪道路の知識を学習させたニューラルネットワークによる運転支援システムを開発した。

今後の展開として、これまで収集してきた熟練オペレータのデータを学習させたニューラルネットワークを用いて、様々な状況での操作指示マニュアルを作成し、それに基づき運転した場合の道路状況を観察し、モデルとマニュアルの評価を行う予定である。

本調査研究は、財団法人日本積雪連合の平成19年度と平成20年度の調査・研究委託事業の一つとして実施されたものである。最後に、実地調査にご協力をいただいた福島県只見町の関係各位に厚くお礼申し上げる。

文 献

- (1) 建設省北陸地方建設局道路部、路面消・融雪施設等設計要領、(2008)。
- (2) 樋口良之、道路水消雪設備モデルの確立と適切な設計と運用の検討、日本積雪連合、(2009)。