

事例ベース推論を用いた雪氷作業指示支援システム

池田 芳紀 仲谷 善雄
立命館大学 理工学研究科

あらまし これまで、雪氷作業における作業車出動の可否などは現場作業員や作業指示者の経験に基づく人的判断に頼ってきたが、熟練の指示担当者の多くが定年による世代交代を迫られている。後任者は未熟練であることが予想されるが、効率やサービスの水準を落とすことなく、今後起こりうる豪雪にも対応しなくてはならない。本研究は、雪氷作業指示業務を対象として、過去の雪氷作業事例に基づいて新たな雪氷作業に関する未熟練指示担当者の意思決定支援を図る事例ベース型システムを提案するものである。

Case-based Snow Clearance Direction Support System for Unskilled Directors

IKEDA Yoshinori, NAKATANI Yoshio

Graduate school of science and engineering, Ritsumeikan University

Abstract Experts have made direction for snow clearance in snowy regions. Direction tasks are performed by experience-based, and snowplow drivers have relied on their directors. However, many expert directors are to retire at the age limit within a few years. Successors must face difficult circumstances which they have never experienced before by keeping the quality of directions even if they were insufficiently trained. In order to support such unskilled directors, we propose a case-based direction support system which reuses past direction cases. Each case stores data of weather, snow, number of snowplow, time taken to complete a snow clearance task, and evaluation of tasks by a director. When an unskilled director specifies task conditions and the system searches for similar cases to the conditions. When the director selects the most similar case, the system estimates the time required to complete the task based on the snow and road conditions. The director can also manage the snow clearance task progress on this system.

キーワード : 事例ベース推論、人工知能、雪氷作業

Keywords : case-based reasoning, artificial intelligence, snow clearance

1. はじめに

国土の約6割を雪国(2月の平均積雪が50センチ以上、1月の平均気温が零度以下の地域)が占める我が国では、雪氷作業は冬季における経済基盤の維持の為に重要な役割を担っている。これまでも様々な手法で対策

が講じられてきたが、出動の可否などは現場作業員や作業指示者の経験に基づく人的判断に頼ってきたのが現状である。しかし、団塊の世代が定年退職を始め、労働力が減少する2007年問題を控え、熟練の指示担当者の多くが世代交代を迫られている。この入れ替えの期間中であっても、未熟練な作業指示者

が、作業効率やサービスのレベルを落とすことなく、今後起こりうる記録的な大雪にも対応しなくてはならない。また、生活に密接した事業であるために住民関心は非常に高く、作業の鈍化が許されないことは勿論、市街地拡大に伴って要作業区域は年々拡大を続けている。

本研究はこうした状況に対応すべく、雪氷作業指示業務を対象として、過去の雪氷作業事例に基づいて新たな雪氷作業に関する未熟練指示担当者の意思決定支援を図る事例ベース型システムを検討するものである。事例は降雪量、除雪地域、車両数、作業時間などの項目を記録し、同時に実施した作業の評価も含む。利用時には、降雪量などの条件を入力すると、類似検索によりもっとも似た事例を検索し、似た順番に提案する。ひとつの事例を選択すると、その事例を入力した現在の状況に合わせて修正した解を提案する。現在の状況への対応として最適と思われる過去の事例を提案するだけでなく、大雪時に混乱しがちな作業全体の進捗状況を的確に把握するための方法も提案する。提案システムをWindows PC上のプロトタイプシステムとして実装した。最後に、専門家の意見に基づいた評価や問題点の整理を行う。

2. 雪対策事業の概要と課題

除排雪作業の現状を調査するためと、システム仕様を決めるために、2005年5月に札幌市建設局雪対策室事業課に対してヒアリング調査を実施した。要約したものを以下に列挙する。

- ・ 作業は指揮や出動要請を含めて外部(主に建設業者)に委託。市は予算に関わる

業務(資金の配分、入札など)を行う。

- ・ 委託業者の担当は道路幅員に分けて配分され、それぞれ投入する作業車両、人員体制が異なる。
- ・ 作業車両は市で保有しているが、数が充分では無いため、多くは業者の保有。
- ・ 渋滞を避けるため夜の作業を基本とし、原則として朝の通勤、通学の時間帯までには作業を終わらせる。
- ・ 積雪が10cmになると作業がなされ、作業中の状況報告は無線で行われる。

業務の体制として、上記の5点が挙げられたが、これらは札幌市に限らずどの自治体にも言えることと思われる。元来、業者にとって雪氷作業は赤字業務であるが、これを夏の公共事業で補填する、といった構図を採っていた。しかし、公共事業の減少によってこれが崩れることにより、業者は自治体から作業依頼されても拒否する、といった事例が既に起きている。自治体側の「作業をしなければ夏の事業発注はしない」という殺し文句は最早通用しなくなり、予算の増額も難しい状況にある。そのため、作業維持のためには業者側での効率化が必要と思われるが、前述のように建設業者にも経営や作業を効率化するための人的、経済的な余裕は少ないと言える[1]。

また、内閣府の地域経済レポートによると、建設業界の8割以上の事業所が従業員10人以下の中小企業で、他の業界に比べて離職率が高いなど、組織として脆弱な上に新人も育ちにくい、といった問題を抱えている[2]。その上、雪氷作業に使用する車両は多くが雪氷作業の専用車両であるため、高額であるこれらを多数導入することは難しい。また、これまで指揮を執っていた熟練の作業員が今後急速

に定年退職を迎えることで、大幅な組織改革を迫られている。

以上から、次の問題点が浮かび上がる。

- ①建設業界の高齢化により、主に指揮系統において熟練の担当者が急速に定年退職を迎える。
- ②人的な入れ替えが激しい業界のため、前年までの経験の蓄積が生きない場合がある。
- ③高額な雪氷作業車両を業者が大量に導入することは難しく、少ない車両での効率運用が求められる。
- ④大雪時には作業員からの無線による状況報告で指示本部が忙殺され、本来の仕事が出来なくなる。

①についてはどの業界でも世代交代が進んでいるが、建設業ではそれが特に顕著である。比較的若い現場作業員に対し、その上に立つ指示担当者は高齢な人員であることが考えられ、今後急速な入れ替わりがあることは容易に想像できる。元々入職・離職率が高く入れ替わりの激しい職業だが、豊富なノウハウを持った人員が一斉に退職することによって生じる停滞は最小限にしなくてはならない。さらに、就労人数は減少しているのに対し、市街地拡大によって作業対象地域は拡大を続けており、より一層の効率化が求められている。また、豪雪時にも言えることだが、作業の手が回らない場合には幹線道路優先の除排雪となる。一般的に降雪の翌朝までには通学路の除排雪も完了している必要があり、時間などの制約下で効率的に作業をする必要がある。除雪箇所の変更や他地区からの応援を要請する場合もあり、慣れない指示担当者だと現場に混乱を招くことにもなりかねない。

②については、雪氷作業が入札のために毎年のように人員が変わることも考えられ、除雪判断が大きく変わる可能性がある。また、季節労働が多いために労働移動性が高く、同じ組織に長期に渡って在籍する人材は少ない。作業行為に関してはベテランであっても、所属組織や担当地区が変わることで前年までの経験が生かせない、といった事態が考えられる。そのために生じる作業に遅れやミスは最小限に止めなければならない。

③について、建設業界が縮小傾向にあることから、これまでと同様の体制を今後も維持することが難しい。そのため、少ない作業員と機材で、これまでと同等の作業レベルを実現する必要がある。現在、雪氷作業分野において最も盛んに研究が行われている分野であり、二人一組で行われている雪氷作業車両のワンマン化や、作業梯団編成の見直し、GPS やレーダーを用いた車線保持支援などが代表的な例として挙げられる。

④については、大雪時には作業車両からの無線連絡回数が飛躍的に増加することで、本部は情報収集に忙殺されることになる[3]。現在、各作業車両にはGPSを搭載しておらず、本部では無線連絡無しには現在地すら把握できない。また、カメラも無いために状況伝達はすべて口頭によるものとなる。

現在位置や作業の進捗状況を自動的に伝達することで、本部と作業員の双方が自分の仕事に専念出来るようになることが期待される。以上の4点を課題として挙げたが、③については様々な研究がなされている反面、その他については手付かずの状況にある。本稿では、これらの部分、とりわけ①で挙げたような急速な世代交代に対応すべく、雪氷作業指示業務

について事例ベース推論を用いて解決を試みた。未熟練な指示担当者でも、ある程度の確かな雪氷作業指示を出せるように支援する方法として、熟練者の判断事例を参考にすることが有効である。そこで、過去の作業指示事例を蓄積し、新たな降雪があったときに、類似の事例を検索して参考にできる環境の構築を考えた。これにより、同様の問題である②も同時に解決することが出来る。

④は、技術的には目新しいものではないが、問題の解決手法として十分効果を見込むことが出来る。

3. 実現方式

3.1 事例ベース推論について

事例ベース推論 (Case-Based Reasoning: CBR) は、元々は判例を探し出すことで、現在直面している裁判の解決策を探る手段として 1980 年代に J. Kolodner らの Roger Schank グループによって開発されたものである[4]。蓄積された過去の経験事例を検索、修正・再利用することで現在直面している問題を解決することを特徴としている。そのため、柔軟な類似検索機能を持ち、探索キーワードと完全に一致した事例がない場合にも、類似の事例を探索できるという点で、ルールベース推論やモデルベース推論とは異なる。現在の問題に対する解法は、解決の手順や評価、反省材料と共に新たな事例として登録することで更に蓄積されていく。事例の数が増えるほど推論の精度が高まり、失敗事例を参考にすることで失敗の回避も期待することが出来る。また、既存の事例を利用して新たな事例を作成することで提案内容をパターン化しやすいという特徴を持つ。しかし、未知の事態に遭遇した際は適当な事例を探索することが難しい。そのため、これを補うためには別の手法を用いる必

要がある。

今回のシステムが解決する課題は、「雪氷作業指示業務を対象として、過去の雪氷作業事例に基づいて新たな雪氷作業に関する未熟練指示担当者の意思決定支援を図る」ことにある。この分野ではヒューリスティクスをルール化する意識が弱いために、ルールベース推論を用いることは容易でなく、また、根底に物理的・科学的な基本原理がないためにモデルベース推論を用いたりすることはできない。

以上のことから、本研究では、過去に経験をした降雪条件に対しては事例ベース推論によって支援することとした。

3.2 推論方法

朝までに雪氷作業を終わらせるために、特に大雪時においては作業開始時刻を早める必要がある。そのためには、事前に作業時間の予測が有効な手段と考えられる。

システムの概要を図1に示す。現在の降雪と過去の降雪を照らし合わせ、繰り上げの必要があればそれを指示担当者に促すことで時間内での作業を実現する。

実際の作業報告書では項目数が多岐に渡るため、本稿では推論材料として天候、気温、積雪量、出動した作業車両の種類と台数、所要時間、5段階での作業評価、作業員の簡単なコメントを事例の項目として盛り込んだ。雪氷作業において必要不可欠な気象状況の他に作業評価やコメントを盛り込むことで、失敗事例を排除すると共に、数値化しにくい項目や事例当時の特殊事情(事故やイベントなど)を参考にする手立てとする。具体的には、積雪量が最も大きなファクターであるため、積雪量が現在のものと近似の事例を探し出す。その中から天候や気温、作業車両台数が近い事

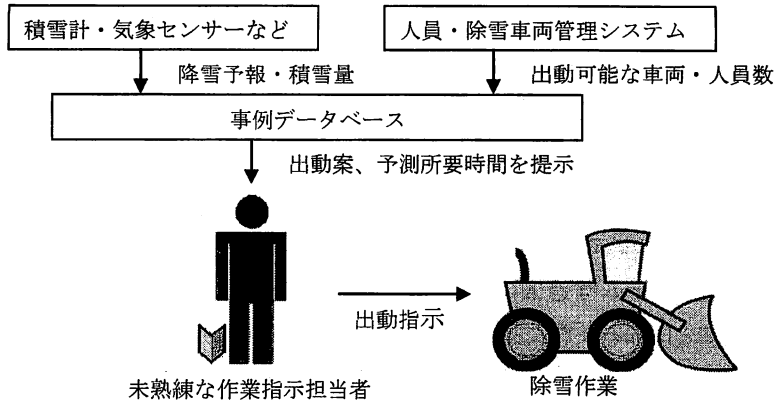


図1：システム概要

例を絞り込み、それらと現況の降雪を比較することで線形的に所要時間を予測する。過去に事例の無い豪雪に対しては、最も近い事例を参考に線形的に補完することで予測した。

3.3 位置、作業把握

作業の進捗を測るために、作業車両の現在位置の把握は欠かせない。作業中の連絡に必ず含まれる項目であるが、これを自動化することで作業員と指示担当者双方の負担が軽減できると考えられる。地図上に要作業区域と未作業区域を色別に描画し、その上に作業車両のアイコンを表示することで現在位置と作業の進捗具合の把握を促すものとした。例を図2に示す。



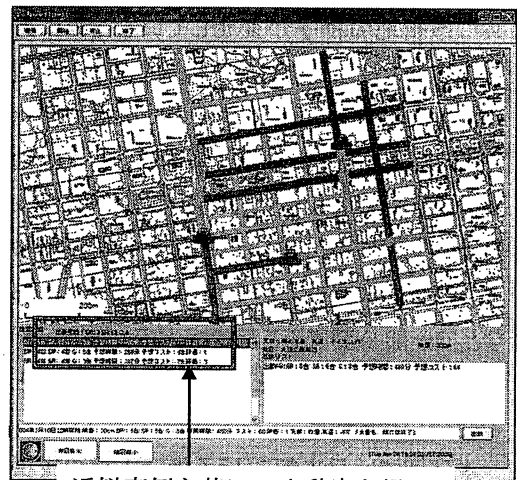
図2：表示アイコン例

4. 試作および適用効果の検証

4.1 システムの概要

3で述べた内容をもとにシステムを試作した。気象情報や積雪はシステム起動時に自動的

に取得し、最適と推測される事例を選出した後に、現在の降雪に対する予測を立て、出動案を提示する。指示担当者は提示案の中から1つを選び、出動指示を出す。出動指示が行われた時点で、今回の出動事例が新たな事例としてデータベースに登録され、作業終了後に所要時間や評価、コメントなどが手作業で登録されることとなる。作業中は地図上に用作業区域と未作業区域、作業車両が描画され、一目での作業の進捗把握を実現した。実行例を図3に示す。



近似事例を基に、出動案を提示

図3：システム実行画面

4.2 検証

札幌市建設局の担当者に試作システムを解説し、試用してもらうことで、現行作業と照らし合わせた際の本システムの考え方、有効性、要改善点などについて意見を求めた。

本システムの考え方について、過去の事例を利用したこういったシステムは過去に無く、今後新しく担当することになる人員にとって役立つものになると思われる点などで好意的な評価を得た。また、積雪で絞った後に検索項目に「作業後の評価」に優先度を置いている本システムに対し、天候や気温なども現況と似ている順での抽出であった方が良い点、実際の報告書には雪質の項目があることから、雪質も考慮した方が予測精度向上には良いなどの指摘を受けた。確かに、現況と過去の事例を照らし合わせる段階において検出方法が大雑把であった点は否めず、雪質や形状によって重量や作業速度が大きく変化する点は本来考慮しなければならない項目であり、今後の課題である。加えて、本システムは降雪を判断材料にしているのに対し、実際は時と共に市街地の様子が変化しているために過去の事例では追いきれない場合もある点が指摘された。これは事例を扱う上では必ず付き纏う問題であるが、新たな降雪に対して出勤案を出すための土台には成りえると考えられる。一方、作業の進捗が画面上で把握出来るのは大いに有効であるものの、それを web などで一般公開することについては作業が深夜であることから需要と効果が見込めない、との回答が得られた。

本研究では将来起こりうる指示人員の支援について述べたが、作業従事者やダンプカーの不足など、現場作業での人員や機材不足の問題が既に起きている。札幌市としてはこ

ちらの問題解決の方が急務であるとの意見を得た。

5. おわりに

札幌市での除排雪事業のヒアリングに基づき、未熟練指示担当者を対象にした、事例ベース推論を用いた雪氷作業指示の意思決定支援方法を検討した。毎年のように各地で記録的な大雪を記録するなど、熟練者であっても判断の難しい事態が増えてきている。本システムにより、状況が変わっても、その変化を新たなキーとして類似事例を検索することで、最適な判断を下しうると期待される。

本システムは指示作業に慣れない者を想定してはいるが、慣れた者にとっては機能的に物足りないものであることも事実である。たくさんの過去の事例が記憶として担当者に蓄積された場合、本システムが使われなくなってしまう可能性もある。そういった人員に対しては、提案にあったような、より高度な機能も提供することでサービスの効率化と向上を促すことが可能である。

参考文献

- [1] 丸山大：雪寒道路事業転換期における請負除雪隊制裁構築手法の提言，第 17 回ふゆトピア研究発表会論文集（2005）
- [2] 内閣府：平成 13 年度 地域経済レポート 2001
- [3] 結城哲哉，井上豊基，岡田治憲：道東を中心とした豪雪時の国道維持管理について～平成 16 年 1 月における北見市内 4 車線区間の除雪体制～，第 17 回ふゆトピア研究発表会論文集（2005）
- [4] Kristian J. Hammond：Case-Based Planning, Academic Press（1988）