

札幌市の雪対策における デジタル技術の導入・活用可能性に関する調査研究

調査研究報告書

2025 年 11 月

札幌市議会自由民主党市政研究会

目次

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | はじめに..... | 1 |
| 1-1 | 調査目的・背景 | 1 |
| 1-2 | 調査実施方法 | 1 |
| 1-3 | 調査実施に際しての視点 | 2 |
| 2 | 札幌市の雪対策における業務課題の調査..... | 5 |
| 2-1 | 札幌市における雪対策関連事業の整理 | 5 |
| 2-2 | 札幌市内の除排雪事業者へのヒアリング調査 | 7 |
| 3 | 国内外の雪対策における AI・ICT 等のデジタル技術の導入・活用事例の調査..... | 10 |
| 3-1 | 除排雪作業における課題解決に資する事例抽出の考え方 | 10 |
| 3-2 | 各作業工程の課題に対応する事例および効率化の方向性 | 10 |
| 3-3 | AI・ICT 技術の導入による除排雪作業の効率化事例 | 12 |
| ① | モントリオール（Montréal）、カナダ | 12 |
| ② | カンザスシティ（Kansas City）、アメリカ | 14 |
| ③ | 北海道旭川市 | 15 |
| ④ | 北海道富良野市 | 17 |
| ⑤ | 北海道留萌市 | 18 |
| ⑥ | 石川県加賀市 | 20 |
| ⑦ | 兵庫県朝来市 | 22 |
| ⑧ | 札幌市立大学 | 24 |
| ⑨ | 清水建設株式会社 | 26 |
| 4 | 札幌市の雪対策における AI・ICT 等のデジタル技術の導入・活用可能性の検討 | 27 |
| 4-1 | AI・ICT 技術の導入による各作業工程の課題解決方針 | 27 |
| 4-2 | AI・ICT 技術を活用した目指すべき除排雪のあり方 | 29 |
| 4-3 | AI・ICT 技術を活用した除排雪の実現における課題と今後の取組方向性 | 33 |

1 はじめに

1-1 調査目的・背景

札幌市の雪対策は、冬季の都市機能と経済活動の維持に重要である。札幌市内の除排雪事業者は、成り手不足や従業員の高齢化が進み、札幌市雪対策室による 2018 年時点の推計では、従業員数は 20 年後に約 40%減少すると予測されている。

除排雪ニーズの多様化等を理由に市内の除排雪需要が増大し続ける中、事業者数の減少を鑑みると、現状の雪対策を今後維持し続けることは難しいと考え、除排雪事業者の業務生産性向上に繋がる AI・ICT 等のデジタル技術の事例を調査し、札幌市の雪対策における導入・活用可能性を検討する。

1-2 調査実施方法

本業務は、次に掲げる項目を業務の範囲とする。

(1) 札幌市の雪対策における業務課題の調査

実施内容 雪対策関連事業者数社を対象にヒアリングを行い、除排雪に係る具体的な業務内容（実施主体、内容、頻度、人数・工数等）を整理する。AI・ICT 等のデジタル技術の導入・活用により効率化が期待される作業を 3～4 程度選定し、現状の課題、効率化による方向性・効果、効率化に求められる技術要件等を整理する。作業の選定にあたり、意見・クレームの対応、降雪・積雪、交通状況等のモニタリング、降雪・積雪、交通状況等のシミュレーション、除排雪車両の通行ルート構築、雪堆積場とのマッチング等の視点を踏まえ、効率化が期待される作業を選定すること。

(2) 国内外の雪対策における AI・ICT 等のデジタル技術の導入・活用事例の調査

実施内容 上記(1)で整理した効率化の方向性等を踏まえ、雪対策において AI・ICT 等のデジタル技術を導入・活用している国内外の事例を 3～4 程度選定する。公表資料等に基づき、事例ごとに実施主体、実施方法、導入・活用による効果等を整理する。

(3) 札幌市の雪対策における AI・ICT 等のデジタル技術の導入・活用可能性の検討

実施内容 上記(2)の事例調査結果に基づき、札幌市の雪対策への導入・活用に係る課題、導入・活用時の効果等を検討する。

(4) 成果のとりまとめ

実施内容 上記(1)～(3)の実施内容等について、調査研究報告書としてまとめる。

1-3 調査実施に際しての視点

先述したように、札幌市内の除排雪事業者の従業員数は、20年後に約40%減少すると予測されている。他方で、市民の除排雪ニーズの多様化による除排雪需要の増大、労務単価や燃料費の上昇などにより、除排雪予算は直近の10年間で約100億円増額されるなど大幅な増額が続いており、将来的な除排雪作業の維持に必要な予算が確保できなくなる可能性が指摘されている。

このような現状を鑑みると、担い手の確保や除排雪予算の削減などの対症療法による雪対策の維持は困難になることが予想される。そのため、本調査では、効率化・省力化により除排雪業務の生産性向上に繋がるAI・ICT等のデジタル技術の活用に着目した調査を行う。

まずは、除排雪作業の流れの中で特にAI・ICT技術の活用により効率化が期待できる工程を抽出するため、除排雪作業の全体像を整理し、作業の分類を行い、後述する調査においてはそれぞれの作業工程を切り口に課題の整理や事例収集等を行った。

【札幌市における除排雪作業の全体像の整理と調査対象とする作業工程の抽出】

札幌市における除排雪作業の全体像については、市内10区の土木センター、区内に2～3か所設置される除雪センター、除雪センターの指揮のもと作業を行う除雪事業者が主たる関係者となっており、これらの関係者の元で作業を行っている。(図1-1)

本調査では、AI・ICT技術の活用による効率化に向けた検討を行うことから、これらの作業の中から、AI・ICTの活用可能性が高い作業を特に検討対象として抽出・分類を行った。(表1-1)

図 1-1. 除排雪事業の全体像

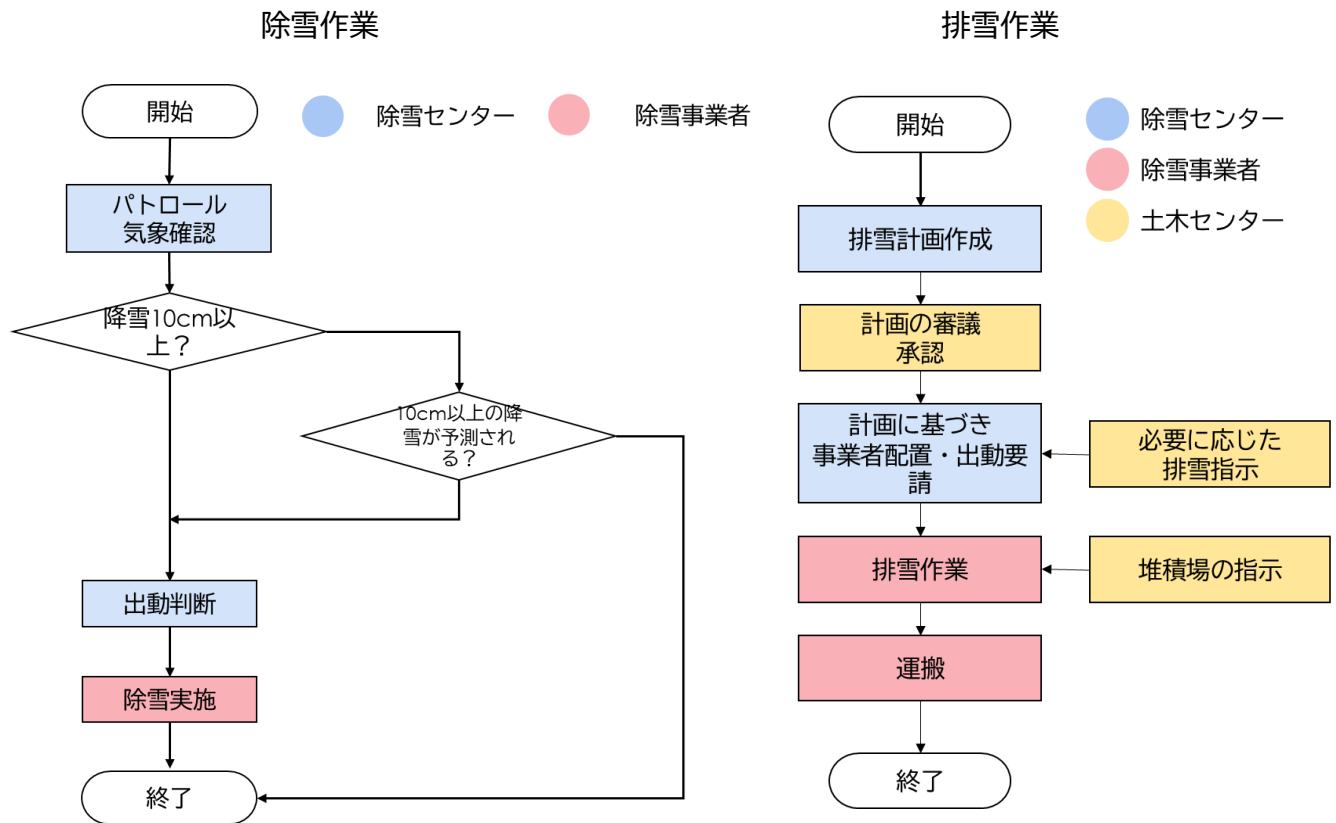


表 1-1. 本調査における除排雪作業の分類

| 作業工程 | 作業の概要 |
|-----------|---|
| 1. 気象判断 | <ul style="list-style-type: none"> 除雪に係る出動判断を行うため、複数の民間の気象予報サービスに基づき、除雪センターが夜間の降雪予定を確認する。 |
| 2. パトロール | <ul style="list-style-type: none"> 除雪に係る出動判断を行うため、各地区の除雪センターが 1～2 班に分かれ、車両による積雪状況の確認を日次で行う。 |
| 3. 除雪作業 | <ul style="list-style-type: none"> 路面の雪を道路わきに寄せる新雪除雪、路面を平らにする路面整正、道路わきの雪を積み上げる拡幅除雪などを行う。 重機 3 台・作業員 6～8 名程度のユニットで、市の指定する緊急輸送道を優先し、朝 3 時までに行う。 |
| 4. 業務日報 | <ul style="list-style-type: none"> 除雪を行うたびに、走行ルートや作業時間などを記録した日報を共通システム（S ネット）上で作成し、市に提出する。 |
| 5. クレーム対応 | <ul style="list-style-type: none"> 原則として、交通障害等の緊急対応が必要な事案が対象に、除排雪に係る市民からの問い合わせを 24 時間体制で受け付け対応する。 電話対応の結果、現地の確認が必要であると判断された場合は、2 名体制で現地へ赴き、状況確認や除雪作業、市民との折衝を行う。 パトロール担当が事務所で内勤している時間帯は、クレームの受け付けと対応を担当することが多い。パトロール中は事務所の人員が不足するため、事務職員や管理責任者が対応にあたることもある。 |

| | |
|-------------|-------------------------------------|
| 6. 堆積場マッチング | ・ 距離や排雪量等に応じて、雪の運搬先を適切な雪処理施設に振り分ける。 |
| 7. 排雪作業・運搬 | ・ 道路わきの雪をダンプに積み込み、雪処理施設に運搬する。 |

2 札幌市の雪対策における業務課題の調査

札幌市の雪対策における業務課題を明らかにするため、札幌市が現在推進する取組の整理と、札幌市内の除排雪事業者に対するヒアリングを実施した。

2-1 札幌市における雪対策関連事業の整理

札幌市では、雪対策基本計画を示した「札幌市冬のみちづくりプラン 2018」（計画期間：2018～2027 年）において、除排雪作業従事者の減少を見据え、除排雪作業の効率化・省力化、従事者の労働環境改善を図るため、ICT など先進技術を活用した取組を推進することとしている。

同プランに記載された取組を対象に、先述した除排雪作業の分類に沿って、札幌市の雪対策関連事業における作業項目別の取組内容と、その課題を整理した。（表 2-1）

その結果、札幌市においては、幅広い分野で ICT 等を活用した取組が試行されているものの、情報の収集や統合といった点で課題があり、現場にとって満足のいくオペレーションの大幅な改善に至っていないことが明らかになった。

表 2-1. 札幌市の雪対策における ICT 等を活用した取組一覧

| 大項目 | 小項目 | 具体的内容 | 課題 |
|---------------------|--------------------|--|---|
| 1. 気象判断 2. パトロール | ビッグデータを活用した作業支援の検討 | 研究機関等と連携し、気象・道路・交通状況などのビッグデータを活用して、最適な作業判断を支援するシステムを検討する。 | ・リアルタイムでの気象情報の取得や、局所的な気象変化への対応が不十分で、目視によるオペレーションを大きく改善するには至っていない。 |
| 3. 除雪作業 | 除雪機械の 1 人乗り化 | 除雪オペレータ不足に対応するため、1 人乗り機械を導入する。また、2 名乗車としてきた除雪機械を対象に、バックカメラやセンサーなどの安全補助装置を設置し、1 名での乗車を可能とした除雪機械を導入する。 | ・オペレータ育成にあたっては、1 人乗り機械では指導員が助手席に乗車できず、不便が生じている。 |
| | 除雪機械の運行管理の効率化 | 除雪機械の効率的な運用に向け、GPS 端末を活用して取得した位置情報を基に 1 台当たりの作業距離の最適化を図るなど、作業に必要な機会台数の縮減を図る。 | ・計器不具合が時折発生していることから、従来のオペレーションを置き換えるまでに至っておらず、却って電子と紙での二重作業・二重納品を発生させている。 |
| 4. 業務日報 | 作業日報等の提出書類の電子化 | 除雪オペレータ等の労働時間の短縮に向け、これまで手作業で作成していた作業日報等の提出書類の一部について、ICT を活用し電子化を図る。 | ・計器不具合が時折発生していることから、従来のオペレーションを置き換えるまでに至っ |

| | | | |
|-------------|----------------|---|--|
| | | | ておらず、却って電子と紙での二重作業・二重納品を発生させている。 |
| 5. クレーム対応 | 市民対応の効率化に向けた検討 | 冬期間 24 時間体制で行っている除雪センターの電話対応を対象に、ICTを活用した電話記録の一元管理等を見据えたうえで、段階的にコールセンターへの移行を検討する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 住民からのクレームにはその地区やその街路特有の問題も多く、通報の緊急性を判断するには土地勘や専門性を要する。 ・ 電話の内容を基に現場確認や作業が生じるため、電話記録の管理のみでは作業時間の削減効果には限界がある。 |
| 6. 堆積場マッチング | 雪堆積場等選定システムの構築 | 排雪作業で使用するダンプトラックや雪堆積場等の効率的な運用を図るため、排雪作業からの搬入先を選定する全市的なシステムを構築する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 現状は雪堆積場の自動選定にあたり、移動距離のウエイトが極端に高く、道路状況等を踏まえた場合に最善の搬入先とは言い難い状況にある。 |
| 7. 排雪作業・運搬 | 雪堆積場の運用見直し | 効率的な除排雪作業を行うため、RFタグを活用した車両管理システム及び一般排雪車両の画像解析の導入を進める。 | <ul style="list-style-type: none"> ・ （途上段階にあり、現状の評価は困難） |

（出典）札幌市「札幌市冬みちプラン 2018 実行プログラム」（2023 年 12 月）

2-2 札幌市内の除排雪事業者へのヒアリング調査

札幌市内の除排雪事業者における現状の課題や AI・ICT 等のデジタル技術の導入・活用に対する考え等を把握するため、「令和 7 年度道路維持除雪業務」受託者を対象に、以下のとおりヒアリングを実施した。（表 2-2、図 2-1）

その結果、除排雪の実作業において、実施判断を行うためのデータ収集や作業の実施状況の管理、排雪の最適化等に対する課題が存在することがわかった。また、先述の札幌市における雪対策関連事業を整理した結果を踏まえると、ビッグデータを活用した作業判断の高精度化・迅速化、GPS 等を用いた作業記録の集約、堆積場と排雪現場とのマッチングの適正化など、各除排雪事業者が有する課題感は、札幌市が推進する施策の方向性と合致しているといえる。

表 2-2. ヒアリング結果の整理

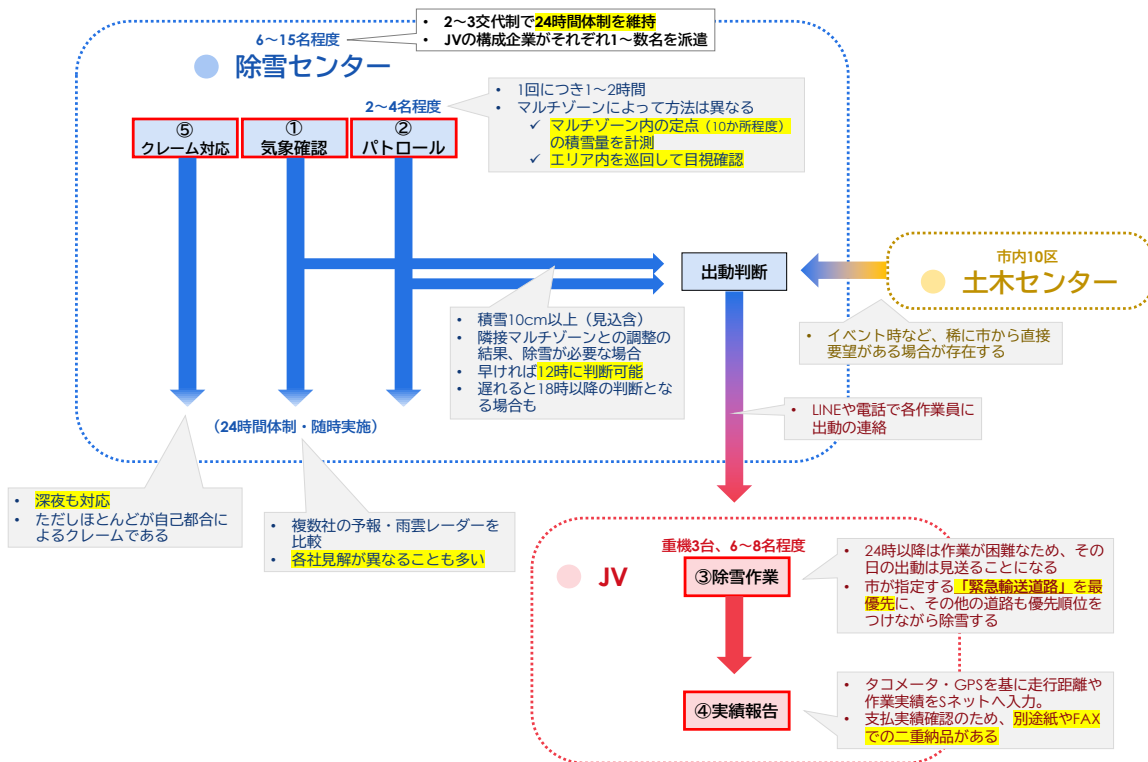
| 作業工程 | 現状の課題（ヒアリングから抜粋） |
|-------------|---|
| 1. 気象判断 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 気象予報の不確実性が高く、出動要否の早期判断が困難であることから、作業員の待機や出動判断の取り消し等が発生することがある。 ・ 同じ地区内でも気象や予報がバラバラなことも多く、予報が難しい局地的な積雪も発生することから、全域の目視確認が求められる。 |
| 2. パトロール | <ul style="list-style-type: none"> ・ 除雪センターに配置される人員が車両による巡回のうえ目視確認を行っており、作業時間が長時間かつ業務仕様に定められる以上の人員を必要としている。 ・ 地区内でも積雪状況が異なることも多く、特定地点の計測では除雪実施判断が困難なことから、全域の目視確認が必要となる。 ・ 現状では積雪の計測装置の全域への設置は費用面から困難である。 |
| 3. 除雪作業 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 道路種別による優先度の判断が複雑で、走行ルートのお最適化が十分でない。 ・ 0 時以降に除雪の必要が生じた場合、作業時間と作業員の確保ができないことから、除雪の実施が困難となる。 ・ 除排雪ルートの決定は積雪状況や幹線道路などの優先順位を考慮し決定しており、作業負担が大きい。 ・ 1 人乗り重機の導入による効率化が進む半面、ベテランが同乗した新人の育成が困難となった。 |
| 4. 業務日報 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 走行ルートや稼働状況の記録の自動化が進んでいないほか、紙や FAX 提出が残り、除雪事業者の負担が大きい。 |
| 5. クレーム対応 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 緊急度の低い問い合わせにも全件対応する必要があるため、除雪センターの運営業務を担当する職員が兼務しているため本来業務が圧迫されている。 ・ 特に日報作成や除排雪の計画策定などの内勤業務が大幅に圧迫されている。クレームにより現場確認が生じると、その対応が優先されるため内勤業務を後ろ倒しにせざるを得ない。 ・ 緊急性の高い案件に即時対応する必要から、コールセンターへの委託の議論が進まず、除雪センターの負担軽減が困難である。 |
| 6. 堆積場マッチング | <ul style="list-style-type: none"> ・ 走行距離のみで搬入先が割り振られ、道路・交通状況や排雪量が考慮されないため、走行時間の最適化がなされておらず、ダンプの不足や作業時間の長時間化につながっている。 |

7. 排雪作業・運搬

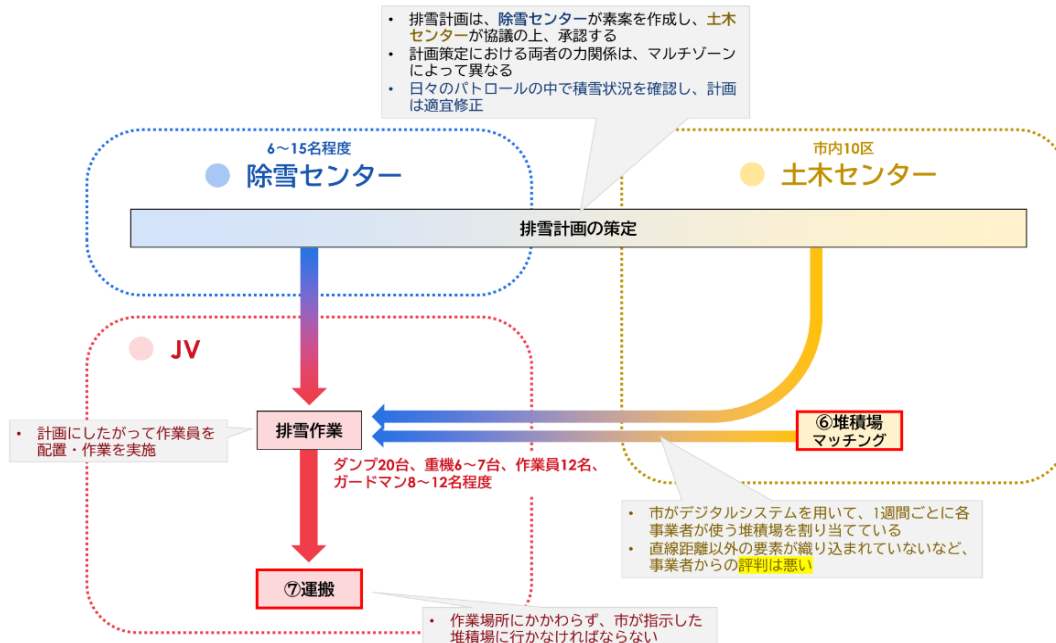
- ・ 除雪と排雪は同じ部隊が行うため、排雪作業中にドカ雪が降った場合は、新雪除雪に切り替えるため、排雪は止めざるを得ない。
- ・ 重機・オペレータとも市内で大幅に不足しており、道内の他地域からの応援で維持している。また、排雪実施のタイミングが予測できないことから確保した場合も稼働しない、確保していない期間に排雪が必要となるといった状況が発生し得る。

図 2-1. 除排雪作業フロー図

除雪作業の流れ（簡略版）



排雪作業の流れ（簡略版）



3 国内外の雪対策における AI・ICT 等のデジタル技術の導入・活用事例の調査

3-1 除排雪作業における課題解決に資する事例抽出の考え方

除排雪事業者へのヒアリングを通じて把握した各工程における課題について、AI・ICT 等のデジタル技術を活用した解決方法を検討するため、国内外の AI・ICT 技術の活用事例を調査する。

AI・ICT 等のデジタル技術を活用した除排雪作業の効率化では、各作業工程の効率化はもとより、作業工程全体を通して最適化していくことが重要と考える。こうした視点に立ち、本調査では、①パトロールや除雪作業等の個々の作業工程の効率化につながる事例、②作業工程全体を通しての最適化する事例の2つの観点から情報を収集する。

なお、②については、近年、国や地方公共団体などでの活用が進んでおり、現実空間で発生する多様なデータをリアルタイムで収集し、仮想空間上で総合的に分析・シミュレーション・最適化ができる「デジタルツイン」を活用した事例を収集する。

3-2 各作業工程の課題に対応する事例および効率化の方向性

ヒアリング調査の結果を踏まえ、除排雪の各作業工程における課題に対応する事例を国内外あわせて9件を選定し、調査を行った。

また、事例調査の結果から各作業工程において、札幌市において今後目指す効率化の方向性、必要な技術要件を検討した（表 3-1）。

表 3-1. 各作業工程の課題に対応する事例および効率化の方向性・求められる技術要件

| 作業工程 | 現状の課題 | 対応する事例 | 効率化の方向性・効果 | 効率化に求められる技術要件 |
|----------|--|--|--|---|
| 1. 気象判断 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 早期・未来予測の判断が困難である。 ・ 参考にしている天気予報も各社食い違うことが多く、判断の不確実性が高い。 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 加賀市 ・ 朝来市 | <ul style="list-style-type: none"> ・ デジタルツインによる気象予測モデルを活用し、既存のモデルよりも高精度な予測を実現し、より迅速かつ正確な出動判断が可能になる。 | <ul style="list-style-type: none"> ・ リアルタイムでの路面状況や気象情報を踏まえ、今後の積雪状況等をシミュレーションするシステムの開発・運用 |
| 2. パトロール | <ul style="list-style-type: none"> ・ 除雪センターに配置される人員からパトロール要員を捻出しており、追加の人工がかかっている。 ・ 現地訪問と目視中心のため効率性に限界がある。 | <ul style="list-style-type: none"> ・ モントリオール ・ 加賀市 ・ 富良野市 | <ul style="list-style-type: none"> ・ センサーやカメラによる自動観測で、人間によるパトロールを補完・代替する。これまでパトロール業務にあたっていた人員の一部を、他の作業へ振り替えることが期待される。 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 市内各地へのカメラの設置 ・ 画像解析システムの研究開発 |

| | | | | |
|---------------------------|---|--|--|--|
| | | | る。 | |
| 3. 除雪作業 | <ul style="list-style-type: none"> 道路種別による優先度の判断が複雑で、走行ルートの最適化が十分でない可能性がある。 | <ul style="list-style-type: none"> モントリオール カンザシティ | <ul style="list-style-type: none"> シミュレーションとルート最適化により、緊急路線と生活道路のバランスを考慮した効率的ルートが構築できる。 | <ul style="list-style-type: none"> ルート最適化アルゴリズムの研究開発 各作業車の位置・作業状況等データのクラウド化（Sネットの機能拡充） |
| 4. 業務日報 | <ul style="list-style-type: none"> 紙や FAX 提出が残り、二重作業・非効率さが目立つ。 | <ul style="list-style-type: none"> 留萌市 | <ul style="list-style-type: none"> S ネットのさらなる機能拡充により、リアルタイムでの作業状況の記録・送信を行う。 | <ul style="list-style-type: none"> 各作業車の位置・作業状況等データのクラウド化（Sネットの機能拡充） |
| 5. クレーム対応 | <ul style="list-style-type: none"> 夜間の苦情は自己都合によるものが多いが、まずそのすべてを職員が受けて対応判断を行っているため、職員の対応負担が大きい。 | <ul style="list-style-type: none"> 旭川市 | <ul style="list-style-type: none"> 音声認識やチャットボットで一次対応を自動化し、現場確認や作業が必要な案件のみを人間が処理することで負担を軽減できる。 | <ul style="list-style-type: none"> 音声認識や自然言語処理モデルによる、問い合わせ案件の分類や重要度判断の確立 |
| 6. 堆積場マッチング 7. 排雪作業・運搬 | <ul style="list-style-type: none"> 堆積場と作業現場間の距離に基づき、車両の搬入先が割り振られる。 堆積場までの移動経路上の事故や渋滞などの道路・交通情報が考慮されず、総走行時間が長くなり、排雪作業の効率が低下する。 | <ul style="list-style-type: none"> モントリオール カンザシティ 朝来市 札幌市立大学 清水建設株式会社 | <ul style="list-style-type: none"> 走行距離にのみ基づくマッチングを変更し、堆積場の受入可能量、道路・交通状況を新たな評価指標として加える。総走行時間が短縮され、排雪車両の稼働率を向上させる。 | <ul style="list-style-type: none"> 道路・交通状況をリアルタイムで取得できる、ルート最適化アルゴリズムの研究開発 堆積場の受入可能状況等のクラウド化（Sネットの機能拡充） |

3-3 AI・ICT 技術の導入による除排雪作業の効率化事例

①モントリオール（Montréal）、カナダ

実施体制

- ・ モントリオール市

事業内容・成果

- ・ 市が提供するモバイルアプリ「INFO-Neige MTL」では、市のオープンデータに接続することで、道路の除雪状況をリアルタイムで把握することができる。GPS による現在地表示と、街路の除雪状況や、除雪作業に伴う臨時の交通規制などの通知機能も有する。「お気に入り」登録しておけば、除雪時に市が提供する無料駐車場についての情報も検索可能。
- ・ 少なくとも 10 万件以上のダウンロードがなされている。これにより、311 通報（Non-emergency call：緊急時以外での警察への通報）による除雪関連の苦情は前年比で 1,500 件減少。アプリのレビューには「通知が遅い」「誤報が多い」といったネガティブなレビューも多く、発展途上の状態にあるといえる。
- ・ 「Planif-Neige」システムは、モントリオール市内の各区の除雪トラック運用を統合管理するシステムで、上記の INFO-Neige へもデータの送信・連携を行っている。各除雪車には GPS ロガーが搭載されており、現在の除雪状況についてリアルタイムで把握することができる。2020-21 年の冬にはすべての除雪車両に統一ツールが導入され、AI による除雪ルート最適化が進められている。
- ・ 2021 年時点で、市内 19 区すべてが Planif-Neige のシステムに組み込まれている。

導入理由・解決したかった課題

- ・ 年間の平均降雪量は 210cm 程度。札幌の 4 割程度だが、北米大陸の大都市ではトップクラスの豪雪地帯とみなされている。
- ・ 除雪費用は、2024 年に 2 億 1100 万 CAD（約 230 億円）となり過去最大を更新。気候変動に伴う不規則な降雪・降雨により、道路環境が悪化したことで、作業量やそれに伴う費用が増大している。また、除雪の遅さや効率の悪さについて、長年住民からのクレームが出ている。
- ・ 市内の車道や歩道の総延長は約 10,000km にわたり、除雪には約 3,000 台の作業車が稼働している。

実施検討・導入過程とその議論

| | |
|-------------|--|
| 2014 年 | モントリオール市がモバイルアプリ「INFO-Neige MTL」をリリース |
| 2018 年 | モントリオール市と富士通が、AI を活用した市民サービス向上に係る連携協定を締結 ⇒以降、富士通により除排雪に関する技術提供も行われている |
| 2020-21 年冬季 | 市内すべての除雪車両に GPS ロガーを設置。「Planif-Neige」システムによる統合管理と、AI による除雪ルート最適化を実現 |

参考：モントリオールと AI

- ・ モントリオール市は、1970 年代からモントリオール大学で人工知能の研究が進められていた背景もあり、近年の AI の技術革新をいち早くキャッチアップし、北米における主要な AI 研究拠点となった。
- ・ 2018 年、モントリオール市と富士通は、AI を活用した市民サービスの改善に関する連携協定を締結した。この連携の一環として、除排雪のルート構築にかかる技術提供も行われている。

参考：モントリオール工科大学による AI 除雪の研究

- ・ ロクマン・スブイ（Lokman Sboui）教授が率いるモントリオール工科大学の研究者チームは、AI を活用した除雪作業の効率化に向けた研究を行っている。
- ・ 市内の 1 万 km の道路を対象に、AI を活用した動的優先順位付けの除雪を導入し、2022～2023 年の冬に 4 万枚以上の交通カメラ画像を使い、路面の積雪状態を分類する AI モデルの訓練データセット「ViSnow」を構築した。
- ・ ViSnow を基に、CNN（畳み込みニューラルネットワーク）で積雪レベルを高精度（通常時で 97%の精度、悪天時でも約 79%の精度）で判定し、どの除雪作業（雪かき、雪塊除去など）が必要かを判断できる。
- ・ YOLOv5（物体検出アルゴリズム）を用いて映像中の車両数をカウントし交通量を推定し、GCN（グラフ畳み込みネットワーク）でカメラがない道路の状況も推定できる。優先度は 4 段階（第 1 優先：病院・消防署等の緊急施設、2 番目：幹線道路、3 番目：補助道路や主要住宅街、4 番目：低交通量の住宅街）に分類され、重要施設へのアクセス路が最優先となる。
- ・ 交通カメラ映像について、市のオープンデータを活用するなど、市との協力体制は構築されているものの、本研究自体がモントリオール市の除雪システムを変革したわけではなく、まだ研究段階である。ただし、ÉTS の試算では、AI により除雪が 1%効率化されれば、年間 100 万 CAD の節約が見込めるとされている。

②カンザスシティ（Kansas City）、アメリカ

実施体制

- ・ ミズーリ州カンザスシティ、Rubicon Global 社（現・Routeware）

事業内容・成果

- ・ 約 300 台の除雪車すべてにソフトウェアシステム「RUBICONSmartCity」を導入。住宅街を含めて市内全道路の 24 時間除雪体制を確保。降雪や道路状況の変化に応じてリアルタイムで走行ルートを変更できるほか、融雪剤（塩）やガソリンの補給によるルート中断後の復帰もスムーズになった。
- ・ 走行ルートがすべてアプリケーションからの指示に基づくものとなったため、新人ドライバーでもナビ通りに運転するだけで業務を遂行できるようになった。短期間でのドライバーの戦力化が可能になったことで、他部門からの臨時での応援要請も容易になり、人手不足対策につながった。加えて、本部と各車両間の通信効率向上したことで、積雪の多い路面については別々の除雪車によって複数回の除雪を行ったり、道中で故障車が生じた場合には近隣の除雪車に残作業を引き継いだりと、複数台の除雪車による効率的なルート構築も可能となった。
- ・ この除雪システムの導入により、除雪車の走行距離は 3%削減、アイドリングなどの非作業時間も 12%短縮した。
- ・ 燃料費の削減や車両・人員配置の効率化を通じて、除雪費全体の圧縮に貢献したほか、除雪車の走行データを踏まえ、「気温」「積雪予測」「これまでにその道路を何回除雪車が走行し、どれだけの融雪剤が散布されたか」といった情報を組み合わせることで、気象状況の変化による除雪費用をより高精度に見積れるようになり、予算編成の効率化を実現した。

導入理由・解決したかった課題

- ・ 従来のカンザスシティにおける除雪は、紙の地図と無線通信によって指示出しを行うアナログな方式。幹線道路こそ 24 時間体制で除雪を行うが、住宅街の生活道路は 12 時間のみの対応となっていた。
- ・ 2019 年に、ゴミ収集サービスの分野で RUBICONSmartCity を試験導入。この成功を受けて、2021-2022 年冬季に除雪サービスにおける同システムを試験導入することとなった。

実施検討・導入過程とその議論

| | |
|-------------|-------------------------------|
| 2019 年 | ゴミ収集で RUBICONSmartCity を試験導入 |
| 2021-22 年冬季 | 除雪サービスで RUBICONSmartCity 試験導入 |
| 2022-23 年冬季 | 除雪サービスで RUBICONSmartCity 本格稼働 |

③北海道旭川市

実施体制

- ・ 旭川市、株式会社インターパーク

事業内容・成果

- ・ 旭川市総務部管財課、行政改革推進部行政改革課が主体となり、株式会社インターパークの技術提供のもと、対話型電話自動応答システムを 2025 年 10 月に共同開発した。
- ・ 自動音声応答システム（IVR）では、「〇〇の方は〇番のボタン…」と自動音声に対応し、電話をかけた側が内容を選択する。旭川市全体で 120 以上の課があり、各課で 30～50 程度の業務を担当しているため、5,000 以上の組み合わせとなる。IVR では市民の選択作業が煩雑になるため、新規のシステム開発に至った。
- ・ 開発したシステムでは、音声認識 AI が電話の音声を聞き取り、問い合わせ内容を判断する。データベース化した庁内全部署の業務内容と照会し、適当な部署の内線に転送する。発言に曖昧な内容や誤りを含むと AI が判断した場合、AI が質問を投げかけながら用件を特定する。
- ・ 2025 年 11～12 月の 2 か月間、市政モニターを対象に試験導入を行う。十分な費用対効果が得られると判断した場合、2027 年 4 月からの全庁導入を目指す。
- ・ 電話応答を AI で自動化できるが、転送先の職員は従前どおり対応するため、省力化効果は限定的となる。今後、AI が発言内容に基づく優先度を判断し、優先度の高い電話のみ職員に転送し、優先度が低い電話は AI が内容をテキスト化し、担当部門にメールで共有するなど、追加機能の実装を検討し、電話応答業務の本質的な省力化を目指す。特に、ゴミ収集や除排雪など、問い合わせ件数が多い部署ほど、自動化による省力化効果が期待される。

導入理由・解決したかった課題

- ・ 代表電話・各課直通電話では、年間約 110 万件（1 日あたり約 7,000 件）を受信している。
- ・ 全体の 98% は平日の日中に集中しているため、電話交換業務を外部委託している。平日 8:45～17:15 の間、4 名の電話交換オペレータが用件を聞き取り、HP に掲載している。一般的な内容の問い合わせには委託先で対応する仕様としている。
- ・ 市の事業全般のため対応範囲が広く、専門性・機密性の高い内容もあるため、市職員が対応しなければいけない案件が多い。近年では、クレーマーや「カスハラ」に類する電話も増え、長時間にわたり職員の対応を求める例もあることから、庁内全体で 1 日あたり約 200 時間を電話対応に費やしている。
- ・ 電話取次業務がコア業務の時間を圧迫し、職員の作業効率低下や時間外勤務の増加に繋がっていた。限られた人員体制で行政サービスを維持・向上するため、効率的な対応体制の整備が必要となっていた。

実施検討・導入過程とその議論

| | |
|----------------|---|
| 2021 年 9 月 | 行政サービスのデジタル化を公約に掲げ、今津寛介氏が旭川市長に当選 |
| 2022 年 4 月～現在 | 日本マイクロソフト株式会社出身の森本登志男氏が最高デジタル責任者（CDO）に就任し、庁内業務のデジタル化を推進 |
| 2023 年 5 月 | 一般社団法人ノーコード推進協会に参画し、日本初のノーコード宣言シティとなる |
| 2025 年 6～10 月 | 同協会理事を務める船越裕勝氏が経営する株式会社インターパークと電話対応業務の省力化システムを共同開発 |
| 2025 年 10～12 月 | 市政モニターを対象に試験導入（予定） |
| 2027 年 4 月 | 全庁導入（予定） |

④北海道富良野市

実施体制

- 富良野市除排雪業務 DX 推進コンソーシアム（富良野市、ワイズ公共データシステム株式会社）

事業内容・成果

- 新雪除雪の出動判断を行うための巡回・目視判断に替わり、定められた計測地点に状況確認用カメラと積雪深センサーを配置し、AI 画像解析による積雪状況の面的把握と出動要否判断、出動要請の自動化を行った。システム開発及び実証費用の総額は、2022 年度で 1,903 万円となり、北海道「北海道デジタルチャレンジ推進事業（地域づくり総合交付金）（補助率 1/2）」を充当した。
- カメラや積雪深センサー単体の場合、点での計測となるため吹き溜まりや轍による凹凸から誤った状況判断を行うことから、カメラ・ミリ波センサー・レーザー型センサーを組み合わせ、AI 画像解析により出動判断を実施。過去 6 時間以内の積雪量が一定以上となった場合に事前登録したメールアドレス宛に出動要請を行うアルゴリズムとした。
- 要出動、出動不要の精度は、郊外で 95%、市街地で 66%と周辺環境により異なるものの一定程度の精度を達成し、巡回～出動判断の業務負担軽減を実現できる見込みとなった。将来的に、設置個所を増やし市内全域をカバーすることで、除雪以外の道路管理や防犯、交通安全等への活用により費用対効果を向上させることを目指し検証を終了した。
- 正式導入に向けた検討の結果、設置個所を増やし市内全域をカバーするためには電柱等のインフラ設備の新設・改修などを要することから、予算措置が困難であり 2025 年 10 月現在では導入は予定されていない。

導入理由・解決したかった課題

- 新雪除雪の際の除雪事業者に対する出動要請は、市職員と協力事業者の巡回・目視判断により行われており省力化・効率化が必要であった。また、積雪深センサーによる計測も、吹き溜まりや轍による凹凸が生じた際の自動判断が困難であるという課題があり、巡回・目視判断との置き換えには至っていなかった。
- 市政全体で DX を推進しており、実証の前年度には除排雪車両への GPS 機器設置の実証実験、導入に向けた開発を行うなど、除排雪のデジタル化の取り組みの一環として実施している。

実施検討・導入過程とその議論

| | |
|-------------|--|
| 2020 年 12 月 | 富良野市・TIS 北海道株式会社が IoT 除排雪効率化実証実験を開始 |
| 2021 年 1 月 | IoT 排除設効率化実証実験の実証を終了 |
| 2021 年 3 月 | 実証結果を基に製品化を目指した開発を開始 |
| 2022 年 10 月 | 富良野市除排雪業務 DX 推進コンソーシアムにより北海道デジタルチャレンジ交付金を活用した本取組の実証試験を開始 |
| 2023 年 2 月 | 実証試験を終了 |
| ～現在 | 費用面などの課題から、導入の可否を検討中 |

⑤北海道留萌市

実施体制

- ・ 留萌市、ワイズ公共データシステム株式会社

事業内容・成果

- ・ ワイズ公共データシステム株式会社が主体となり、リアルタイムで除排雪作業の重機の位置や作業状況、移動距離などのデータを取得し、過去の稼働状況や移動経路を地図上に描画できるシステムを構築した。システム構築及び実証には、北海道「令和 2 年度北海道 IoT 普及推進事業（補助率 1/2）」を活用した。
- ・ シガーソケットから給電する GPS 端末を通じて車両の位置情報を取得するため、除排雪業務を行う 22 事業者に GPS 端末 80 台を無料配布した。システム操作の映像研修、訪問説明を実施し、スムーズな導入を図った。
- ・ 位置情報のデータから、走行経路や作業時間中の走行/休止のステータス、留萌市が定める作業区分のいずれに該当するかを自動で集計し、結果に基づき作業日報を自動作成できる。2020 年 11 月～2021 年 3 月に実証を行い、これまで 1 日あたり約 70 分を要していた日報作成作業、10 日間の実績集計作業がそれぞれ約 38 分（削減率 46.5%）、約 49 分（削減率 35.9%）に短縮された。短縮時間は 1 事業者あたり月間で約 14.8 時間となるため、登録事業者全体で月間 325.6 時間の作業効率化を達成した。一方、GPS 端末未対応の車両における不具合が顕在化した。給電用バッテリーを使用した場合に GPS データを取得できないケースが発生し、給電方法の改善が必要となった。
- ・ 実証結果を踏まえ、GPS 端末による除排雪日報自動化システムを 2021 年度から正式導入した。一般競争入札に基づき落札した事業者は株式会社ナカノアイシステムであり、実証と異なる事業者となったが、システムの仕様書は実証実験を基に作成されたものであることから、概ね当時のシステムに準じた構築・運用が現在も行われている。
- ・ 現状の課題としては、GPS の記録にエラーがないかの点検、エラーの報告・修正は依然として手作業で行わざるを得ないことから、GPS 端末のデータ取得・送信精度の向上が望まれている。

導入理由・解決したかった課題

- ・ 除排雪作業における稼働実績管理にあたり、重機備え付けのタコグラフを受託事業者が目視確認し、稼働時間の算出や日報作成を紙ベースで作成していた。その後、提出された日報を市職員が目視確認・修正後、支払い業務を行っていた。
- ・ 各事業者では、日報作成にあたり平均 70 分を要していたため、1 事業者あたり月間で約 1,750 分（29.2 時間）の作業時間がかかり、多大な事務負担となっていた。除排雪事業者が不足する中、業務効率化・省力化のため、日報作成の自動化に取り組むこととした。
- ・ 業者選定にあたっては、市に対して営業のあった企業の中から、市の持つ課題感やそれぞれの企業の得意分野などを検討し、ワイズ公共システム株式会社が選定された。

実施検討・導入過程とその議論

| | |
|---------------|--|
| 2020 年 11 月 | 留萌市・ワイズ公共データシステム株式会社が、北海道「令和 2 年度 北海道 IoT 普及推進事業」を活用した除排雪日報自動化の実証事業を開始 |
| 2021 年 3 月 | 実証事業を終了 |
| 2021 年 4 月～現在 | 実証事業の成功を受けて、システムを実装。株式会社ナカノアイシステムが実装・運用・保守を受託。 |

⑥石川県加賀市

実施体制

- ・ 加賀市デジタルツイン基盤協議会（北陸先端科学技術大学院大学、清水建設株式会社、西日本電信電話株式会社、株式会社エヌ・ティ・ティ・データ北陸、加賀市）、福井大学

事業内容・成果

- ・ 幹線道路に設置した道路管理用屋外カメラと複合気象センサーで画像データを収集し、NTT データの有する独自の AI 技術を用いることで、画像データから車両交通データをリアルタイムで取得する。この車両交通データと気象予測会社から得られる気象予報を数理予測モデルに投入し、ピンポイントでの路面の積雪状態や車両スタックの危険性、除雪の開始時期などを割り出すデジタルツイン上でのシミュレーションを実施した。
- ・ 2023 年度時点では、目標の予測精度を達成した。さらに予測精度を上げ、除雪が必要な地域や時間帯をシステム上で判断し、効率的な除雪オペレーションを目指す。
- ・ 職員のパトロールによる路面状況がカメラによる路面確認に置き換わり省力化されたほか、気象予報との組み合わせによるシミュレーションの結果、除雪開始のタイミングや地域を早期かつ適切に判断することが可能となった。
- ・ 実証成果を踏まえ、精度向上と作業オペレーションの仕組みづくりにより雪害対策をシステム化し、他地域への横展開等の可能性を検討する方針とし、検証を終了した。
- ・ 実証の結果、シミュレーションの効果は高く、さらなる精度向上と市のオペレーションへの組み込みを目指していたが、オペレーション上重視されている市民の通勤時間帯や作業員の出勤可能なタイミングといった変数がモデルに搭載されておらず、現場導入には改修を要するが、モデルを有する民間事業者における費用面・技術面の負荷が多大であることから、2025 年 10 月現在では改修及び市の除排雪業務への導入と検討は行われていない。なお、「デジタルツインコンソーシアム」の活動は継続し、官民連携での取り組みは実施している。
- ・ 実証事業の費用は 2023 年度で 4,896 万円、全額国費（総務省「令和 5 年度地域デジタル基盤活用推進事業」）。

導入理由・解決したかった課題

- ・ 2018 年の記録的な大雪により、大規模な車両立ち往生や交通網の麻痺といった深刻な雪害が発生、被害を未然に防ぐ方策として検討が進められた。
- ・ また、冬季の除雪作業に際して、出勤の要否判断のために札幌市同様に気象判断とパトロールを行っており、気象の不確実性が高く早期の出勤判断が下せない、目視確認が必要なためパトロールに多大なリソースを要しているといった課題を抱えており、デジタルツインの活用による解決を目指した。

実施検討・導入過程とその議論

| | |
|------------|--|
| 2017 年 4 月 | スマート加賀 IoT 推進協議会設立 |
| 2018 年 4 月 | 加賀市イノベーションセンター整備 |
| 2019 年 8 月 | 「加賀市スマートシティ推進官民連携協議会」設立 |
| 2020 年 | 国交省主導の都市デジタルツイン実現プロジェクト「Project PLATEAU」に参画 |
| 2022 年 3 月 | 「加賀市デジタルツインコンソーシアム」を設立し産学官で議論を開始 ⇒デジタルツインによるシミュレーションの構想 |
| 2023 年 8 月 | 「地域デジタル基盤活用推進事業」に採択 |
| 2024 年 1 月 | 実証開始 |

⑦兵庫県朝来市

実施体制

- ・ 事業主体：株式会社ウエスコ、株式会社構造計画研究所
- ・ 実証フィールド：兵庫県朝来市
- ・ 協力機関：国際航業株式会社、日本 ESI 株式会社、新潟工科大学、香川大学、株式会社三菱総合研究所

事業内容・成果

- ・ 実証実験では、PLATEAU の 3D 都市モデルの屋根形状を活用した三次元の風雪・融雪シミュレーションを行うことで、雪の吹き溜まりや屋根への積雪量の偏在などを把握し、この情報に 3D 都市モデルの属性情報（建物用途、構造、建築年、寸法・規模など）を組み合わせることで、積雪による建築物の損壊及び落雪のリスクを広域で評価するツールを開発した。積雪リスクの評価結果を行政が活用できるよう、街区における屋根雪被害の発生リスク、除雪困難路地の状況、積雪量に応じた除雪作業量などをわかりやすく可視化する雪下ろし優先度マップを作成した。
- ・ 3D 都市モデルを用いた風雪・融雪シミュレーションにより街区レベルでの気流の再現、吹きだまりの状況、融雪による積雪荷重の増加などの推定が可能となった。
- ・ 建屋リスク評価は、風雪シミュレーションの結果、3D 都市モデルの建築年や構造種別を用いて、建物一棟ごとに積雪荷重による建物倒壊リスクの評価を実施した。雪下ろしの優先度評価では、高齢化率等の情報が小地域のデータでしか得られなかったため、建物ごとではなく小地域単位での評価となった。
- ・ 道路除雪については、3D 都市モデルを活用することで、街路や路地等の細かな区間での積雪量や閉塞リスクの高い箇所を把握することが可能となった。これらの結果を 3D 可視化することで、大雪時に多様な関係者との意思疎通のためのリスクコミュニケーションツールとして活用可能であり、雪害への備えとして、地域防災計画や除雪計画等の行政計画作成への活用、雪害に対する様々な施策検討への活用が可能であることがわかった。
- ・ 本実証で開発された融雪シミュレータのソースコードがオープンソースで公開され、他の豪雪地域における活用も可能となった。

導入理由・解決したかった課題

- ・ 豪雪地域では、高齢化や人口減少、建設業の衰退が進んでいるが、近年の地球温暖化を要因とした気候変動による降雪強度の変動も相まって、屋根雪下ろし中の事故や家屋損壊、長期的な都市機能の麻痺等の豪雪による災害が顕著化し、人命に関わる社会的課題となっている。
- ・ PLATEAU の 3D 都市モデルを活用し、路面の積雪量に応じた除雪作業計画の立案や除雪体制の検討、雪かき・雪下ろし支援等の幅広い地域の雪害対策への活用を目指す。

実施検討・導入過程とその議論

| | |
|---------------------------|---|
| 2022 年 4 月～ 2023 年 3 月 | <p>株式会社ウエスコ・株式会社構造計画研究所が国土交通省「Project PLATEAU」に参加、兵庫県朝来市を実証フィールドとして 2022 年度ユースケース開発の実証を実施。</p> <p>委託者：国土交通省 都市局 都市政策課 受託者：株式会社ウエスコ・株式会社構造計画研究所 共同企業体 契約種別：業務委託契約</p> <p>※Project PLATEAU 令和 4 年度全体予算 都市局予算：約 50 億円規模（3D 都市モデル整備・ユースケース開発含む） ユースケース開発：約 10～15 案件を同時実施 （参考事例として石川県加賀市が 4,896 万円（全額国費）でデジタルツイン雪害対策を実施しているため、朝来市の事業規模も数千万円レベルと推測）</p> |
|---------------------------|---|

⑧札幌市立大学

実施体制

- ・ 札幌市立大学

事業内容・成果

- ・ デマンド応答型公共交通システム（Smart Access Vehicle System：SAVS）の最適化アルゴリズムを使用し、排雪作業現場と雪堆積場のマッチング最適化のシミュレーションを行った。SAVS は、固定経路を持たず、呼び出しに応じて乗り合いながら乗客を目的地まで運搬するシステムである。SAVS には定員が設定されており、満車の場合には呼び出しに対応しない。排雪作業では、ダンプトラックは雪堆積場への経路上で雪を積み込むことはないが、類似点が多いことから、排雪作業の最適化シミュレーションに SAVS を適用した。
- ・ 雪堆積場の受け入れ能力を超過しないこと、ダンプトラックは 1 つの作業現場と雪堆積場を往復することの 2 条件を設定し、令和 2 年度に実施した幹線道路の排雪作業のうち、現場数が最も多かった令和 3 年 1 月 27 日の排雪作業を対象にシミュレーションを実施した。
- ・ ダンプトラックの総走行距離が最小になるように作業現場と雪堆積場の組み合わせを最適化したところ、総走行距離は実作業での 43,158km に比べて 7,162km（16.6%）短縮された。地区別の短縮効果では、中央区中地区（48.7%）と最も多く、次いで中央区南地区（41.6%）となった。中央区は、市中心部に位置する雪処理施設が少ない地域であり、実作業では市の端部まで運搬する場合があったため、短縮効果が大きくなったと考えられる。
- ・ シミュレーション結果を参考にし、市では 2021 年度に「令和 3 年度札幌市雪堆積場等選定システム構築業務」の公募型企画競争入札を実施し、システム構築業務を札幌総合情報センター株式会社が 4,411 万円で落札した。構築したシステムは、2024 年度から試行されている。
- ・ なお、同システムにおける堆積場選定の評価指標には、ダンプトラックの総走行距離しか設定されておらず、総走行距離が最小であっても走行時間が最適化されていない可能性が除排雪業務の受託事業者によって指摘されている。今後、リアルタイムの道路・交通状況に応じた総走行距離・走行時間の最適化の検証が必要である。

導入理由・解決したかった課題

- ・ 1,100 万㎡以上の雪を延べ 80 万台程度のダンプトラックで運搬する排雪作業の費用は特に大きく、雪堆積場や設備などの管理費用を含めると、札幌市の雪対策の約 5 割を占めていた。
- ・ 排雪作業では、ダンプトラックが作業現場と雪堆積場間を往復するため、運搬距離が作業効率に大きな影響を与える。各作業現場と雪堆積場のマッチングが最適化されておらず、運搬距離が長くなっていた。
- ・ 市内の作業現場数は多く、1 日最大 300 か所程度であった。他方、市内及び近郊に約 90 か所ある雪堆積場のうち、約 5 割は札幌駅を中心に半径 10km 以上離れた場所に配置されていた。雪堆積場の少ない地区では、他地区と調整のうえ郊外の雪堆積場に排雪を運搬する必要があり、排雪作業記録の集計の結果、札幌市中心部では排雪の平均運搬距離が 10km を超え、最大

16.5km となる事例もあった。

- ・ 排雪作業の質・量に直結するため、年間積雪量と市域の総人口は事例選定にあたり重要な要素となる。札幌市は 6m を超える年間積雪量、200 万人を超える人口を両立する世界的にも類を見ない地域であり、参考となる先行研究が存在しなかったことから、本事例を選定した

実施検討・導入過程とその議論

| | |
|---------------------------|--|
| 2019 年 4 月～ 2022 年 3 月 | AI 分野の著名な研究者である中島秀之氏が理事長・学長に就任したことを契機に、AI ラボを地域連携研究センター内に設置。AI を活用した公共事業の最適化に関する研究を開始 |
| 2022 年 4 月～現在 | AI ラボの機能を拡充し、AIT センターを開設 |
| 2021 年 | 札幌市が実施した平成 31 年 1 月 28 日～2 月 3 日までのパートナーシップ排雪の実作業を対象に、SAVS を用いた排雪作業の最適化シミュレーションを適用し、結果を第 20 回情報科学技術フォーラムにて報告 |
| 2022 年 | 札幌市が実施した令和 3 年 1 月 27 日の幹線道路の排雪作業を対象に、SAVS を用いた排雪作業の最適化シミュレーションを適用し、結果を第 21 回情報科学技術フォーラムにて報告 |

⑨清水建設株式会社

実施体制

- ・ 清水建設株式会社、株式会社グルーヴノーツ

事業内容・成果

- ・ 量子コンピュータによる高速演算処理可能なクラウドプラットフォーム「MAGELLAN BLOCKS」を利用し、約 1,600 万パターンの運搬経路の最適化シミュレーションを行った。量子コンピュータとは、量子状態を利用して並列計算を実現するコンピュータであり、膨大な量の組み合わせから短期間で最適解を導出することが可能である。これまでに工場の生産ラインや廃棄物の収集ルート、鉄道ダイヤの運行計画などの最適化に利用されてきた。
- ・ ダンプトラックに GPS 搭載のモバイル端末を携帯し、土砂の発生場所、搬出場所、待機場所、各経路の位置情報を登録したマップと、GPS 上の位置情報を照合し、各ダンプトラックの所在地、走行経路を常時判定した。ダンプトラックが搬出場所に接近すると、次の運搬におけるタイムロスが最も少ない最適経路の計算を実行し、モバイル端末上に表示した。混雑状況に基づく各経路の運搬予測時間、各経路のトラック走行台数、待機場所の待機トラック台数を使用し、最適経路の算出を行った。運搬予測時間は、Google マップの移動所要時間予測データを利用し、走行・待機台数はモバイル端末の GPS データから算出した。
- ・ 約 40 台のダンプトラックを対象に、最適計算システムを用いた試験運用を行ったところ、1 台あたりの走行時間が約 10%減少した。また、従来の運搬経路と CO2 排出量を比較したところ、走行時間の短縮により約 10%の CO2 排出量削減が可能となることを確認した。
- ・ なお、本システムは清水建設の資金で開発したため、自治体への提供・販売は実施していない。

導入理由・解決したかった課題

- ・ 国土交通省では、建設現場への「ICT の全面的な活用（ICT 土工）」などの導入により、建設生産システム全体の生産性向上を図る施策「i-Construction」を 2016 年 4 月から推進している。建設事業者では、2025 年度までに生産性を 2 割向上させることが求められている。
- ・ 建設現場では、地盤の掘削や盛土などに伴い、土砂が発生する。土砂の搬出入量が膨大であるため、運搬作業の効率が工事全体の進捗に影響する。従来、土砂運搬に複数の経路がある場合、ダンプトラックごとに当日の走行経路を定めるが、経路の揭示的な渋滞状況の変動や突発的なトラブルへの対応が困難であった。

実施検討・導入過程とその議論

| | |
|------------|--|
| 2020 年 | 建設現場の運行ルール、業務プロセスのヒアリング 土運搬に必要な制約条件の洗い出し、データ化 |
| 2021 年 | 最適化モデルの構築 建設現場における実証 |
| 2022 年 1 月 | 実証結果の公表 |

4 札幌市の雪対策における AI・ICT 等のデジタル技術の導入・活用可能性の検討

4-1 AI・ICT 技術の導入による各作業工程の課題解決方針

ここまで整理した 9 事例に基づき、除排雪の各作業工程における課題解決に有効と考えられる AI・ICT 技術を活用した取組を整理するとともに、その取組を札幌市に導入することで、各作業工程において見込まれるコスト削減効果、導入時の課題について検討した。(表 4-1)

その結果、AI・ICT 技術を活用した業務効率化の導入は、個々の作業工程における業務課題の改善やコスト削減効果につながると見込まれることがわかった。他方、導入にあたる技術的課題や市民の理解促進が必要であるなどの課題も存在していることから、今後の導入に向けた制度設計、受け入れ可能な体制の構築が必要となる。

表 4-1. 各作業工程における AI・ICT 等のデジタル技術による課題解決方針、削減効果及び導入

| 課題 | | | | |
|----------|--|--|---|---|
| 作業工程 | 現状の課題 | AI・ICT 技術による課題解決方針 | コスト削減効果 | 導入課題 |
| 1. 気象判断 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 早期・未来予測の判断が困難である。 ・ 参考にしている天気予報も各社食い違っており、判断の不確実性が高い。 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 気象予報の早期化・高精度化により、除排雪の実施判断を早期化させ、人員の待機時間や出勤取りやめによる無駄を削減する。 ・ リアルタイムでの路面状況や気象情報を踏まえ、今後の積雪状況等をシミュレーションするシステムの開発・運用 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 作業員の待機時間として 6,720 人時の削減が期待される。 ・ 1 ユニットの人数を 8 人、待機時間を 17～24 時の 7 時間、作業期間を 4 か月間（120 日）として算出した。 | <ul style="list-style-type: none"> ・ データソースとなる気象予報は特定の事業者や省庁のものに限られており、より高精度のデータ入手にはパブリッシャーによる対応が必要となる。 ・ 詳細なメッシュデータの提供、陸上観測施設の設置による予測の高精度化が行われている例は存在する。 |
| 2. パトロール | <ul style="list-style-type: none"> ・ 除雪センターに配置される人員からパトロール要員を捻出しており、追加の人工がかかっている。 ・ 現地訪問と目視中心のため効率性に限界がある。 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 観測カメラと画像解析により積雪状況を確認し、パトロールの人員を削減する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・ パトロールの作業時間として 960 人時の削減が期待される。 ・ パトロールの人員を 2 班各 2 人、作業時間を 2 時間、作業期間を 4 か月間（120 日）として算出した。 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 画像診断 AI により、カメラ画像のみでは精度が低く複数のセンサーとの組み合わせが必要な場合があり、設備投資が高額になる場合がある。 ・ 主要な交差点ごとに観測カメラの設置が望ましいが、プライバシー保護や市民理解が必要となる。 |
| 3. 除雪作業 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 道路種別による優先度の判断が複雑で、走行ルート最適化が十分でない可能性 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 観測カメラと画像解析により積雪状況を確認し、各道路の除雪優先度を踏まえた | <ul style="list-style-type: none"> ・ 緊急輸送道路の迅速な交通確保が期待される。 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 主要な交差点ごとに観測カメラの設置が望ましいが、プライバシー保護や市民理 |

| | | | | |
|-------------|---|--|--|---|
| | がある。 | 最適な除雪ルートをシミュレーションする。 | ・ 除雪済みのルートを走行するなどの無駄を削減し、除雪作業効率の向上が期待される。 | 解が必要となる。 ・ 除雪に要する台数や人工は削減できるが、1 台あたりの除雪時間やルートは長く複雑になる傾向がある。 |
| 4. 業務日報 | ・ 紙や FAX 提出が残り、二重作業・非効率さが目立つ。 | ・ 各作業車両の GPS データを基に、作業経路や作業時間を自動記録・送信する。 ・ 各作業地点の積雪状況・路面状況の把握とデータベース化する。 | ・ システム入力や納品に充当されてきた作業時間の削減が期待される。 | ・ 計器不具合による記録漏れへの対応が必要とされる。 ・ GPS 端末の一斉導入やデータによる支払確認を認める等、利活用効果を高めるための制度運用が必要。 |
| 5. クレーム対応 | ・ 夜間の苦情は自己都合によるものが多く、職員の対応負担が大きい。 | ・ 問い合わせの自動対応により、緊急性の高い通報のみ人員が対応することで、除雪センターの作業員を削減する。 | ・ 問い合わせ対応に要する作業時間として 5,250 時間の削減が期待される。 ・ 問い合わせ総数を 21,000 件、1 件あたりの対応時間を 15 分として算出した。 | ・ 技術的には実現が見込まれるが、札幌市の運用や業務仕様の変更、市民に対する理解の促進が必要とされる。 |
| 6. 堆積場マッチング | ・ 走行距離のみで搬入先が割り振られるため、事故や渋滞なども踏まえた道路・交通状況に合わず不満が多い。 | ・ 観測カメラと画像解析により積雪状況を確認し、排雪量を推定する。 ・ 各現場からの距離、道路・交通状況、堆積場の空き状況等を踏まえ、総走行時間が最小となるマッチングを実施する。 | ・ ダンプによる総走行時間の短縮による排雪作業効率の向上が期待される。 | ・ 道路・交通状況、ダンプや堆積場の空き状況など、最適化に要する変数が多い。 ・ 現状は縁故による堆積場の融通も行われており、システム化においてはこれらの利害関係の調整も必要とされる。 |
| 7. 排雪作業・運搬 | ・ 堆積場マッチングが不十分であり、走行ルートや効率の最適化余地が大きい。 | | | |

4-2 AI・ICT 技術を活用した目指すべき除排雪のあり方

前項「4-1 AI・ICT 技術の導入による各作業工程の課題解決方針」で示したとおり、AI・ICT 等のデジタル技術を活用することにより、除排雪作業の各工程の効率化が見込めることがわかった。さらなる効率化を考えると、気象情報、積雪等の路面・交通状況、排雪作業に要する時間、堆積場のキャパシティ、作業場所と堆積場との位置関係など、様々な条件を総合的に踏まえたうえで、除排雪作業全体を最適化することが理想的である。この理想像を実現するための一つのツールとして、「3 国内外の雪対策における AI・ICT 等のデジタル技術の導入・活用事例の調査」において示したデジタルツインが有効と考えられる。

デジタルツインは、現実空間で発生する多様なデータをリアルタイムで収集し、仮想空間上で総合的に分析・シミュレーション・最適化ができるツールであり、国土交通省「PLATEAU」や静岡県「VIRTUAL SHIZUOKA」など、国や地方公共団体においても活用が進んでいる。建築物や地形といった 3D データを地図上に配置し、様々なデータと掛け合わせることで、現実の鏡写しのシミュレーションがデジタルツインの強みである。災害時の浸水範囲の可視化や自動運転導入のための検証、公共工事の効率化等の取組が全国で行われており、地図情報や 3D 点群データといった基本的なデータに加え、気象情報や道路交通情報、人流等の様々なデータを掛け合わせることでより高度なシミュレーションを実施できる可能性がある。

デジタルツインの活用による除排雪作業の変化を整理する。(図 4-1～4-2)

デジタルツイン上では、気象情報、路面・交通状況、作業車両の動き、堆積場のキャパシティ等の多種多様なデータをリアルタイムで統合でき、仮想空間上で冬期間の市域全体を再現・分析・予測することが可能となる。また、複数の異なる情報を組み合わせることによって、個別データでは把握できなかった積雪の偏在や交通障害のリスク、堆積場の状況などがシミュレーション上で可視化される。さらに、こうした“複雑な現象の構造”を、専門知識がなくても直感的に理解できる形で地図上や仮想空間上に“見える化”できる。

1. 積雪・雪山の偏在状況の把握

センシングと画像解析により、市内各地点の積雪状況や雪山の成長をリアルタイムで集積・可視化する。気象予測と連動させることで「どこに」「いつ」「どの程度」除排雪が必要になるか事前に予測できる。

2. 作業車両ルート設定の合理化

交通量や優先道路の重要度、除雪の履歴等を複合的に考慮し、最も効果的な除雪ルートを AI が算出する。緊急輸送路や生活道路への対応のバランスも最適化できる。

3. 排雪作業の効率向上

作業現場の積雪量、ダンプの位置、堆積場のキャパシティ、道路混雑情報等に基づき、排雪に最適なルートや搬入先をリアルタイムに提案する。

4. 記録業務の自動化と作業の透明性向上

除雪車の GPS、車載カメラデータに基づき、作業日報や報告書を自動生成する。作業の可視化により、除排雪作業への市民理解が向上する。

図 4-1. 除排雪作業工程の効率化の方法とデジタルツインの関係

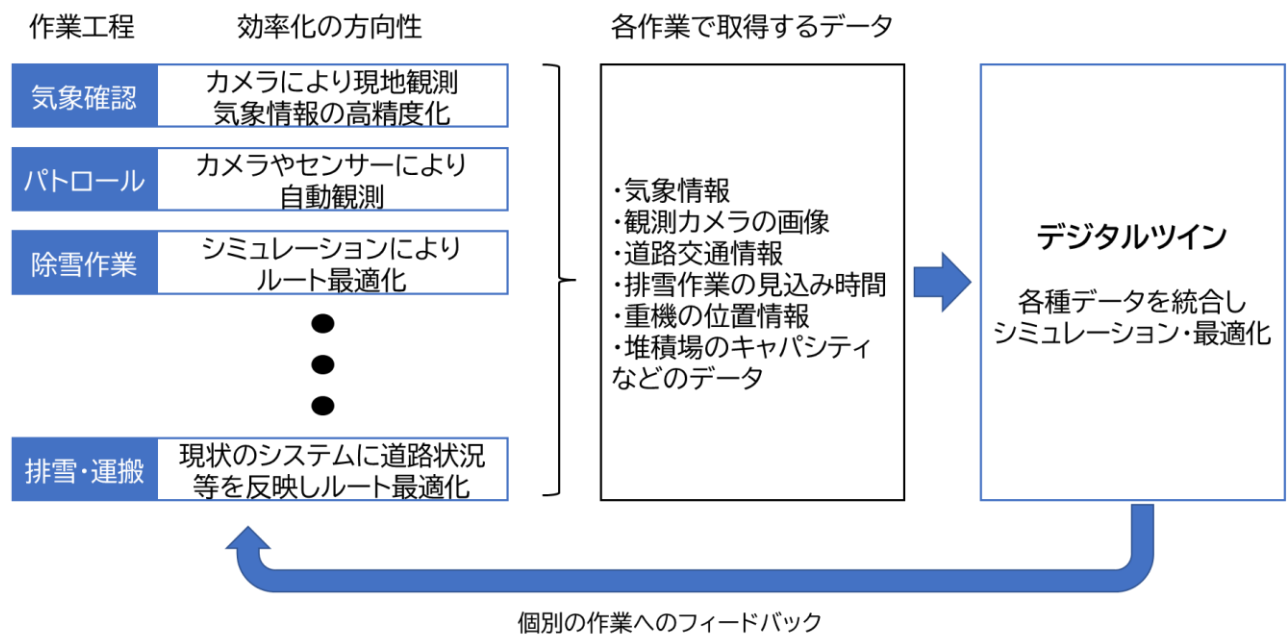
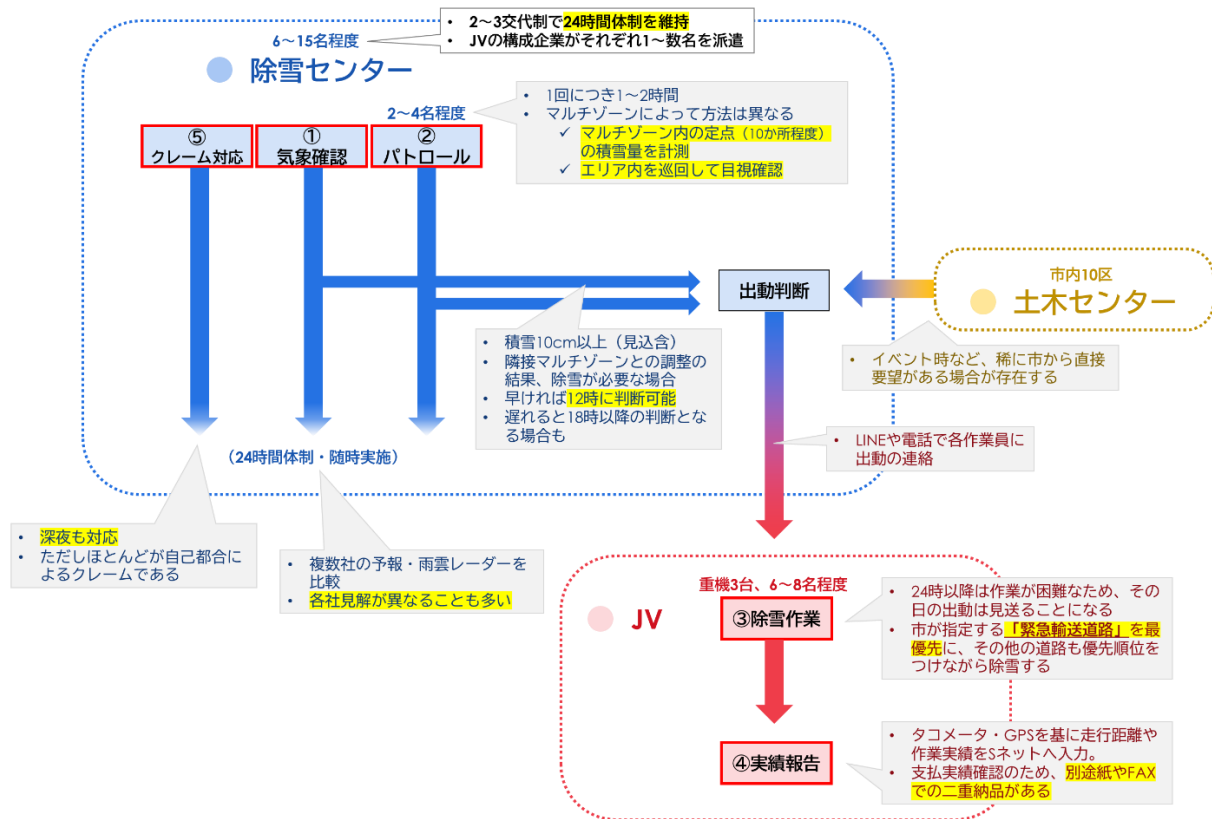
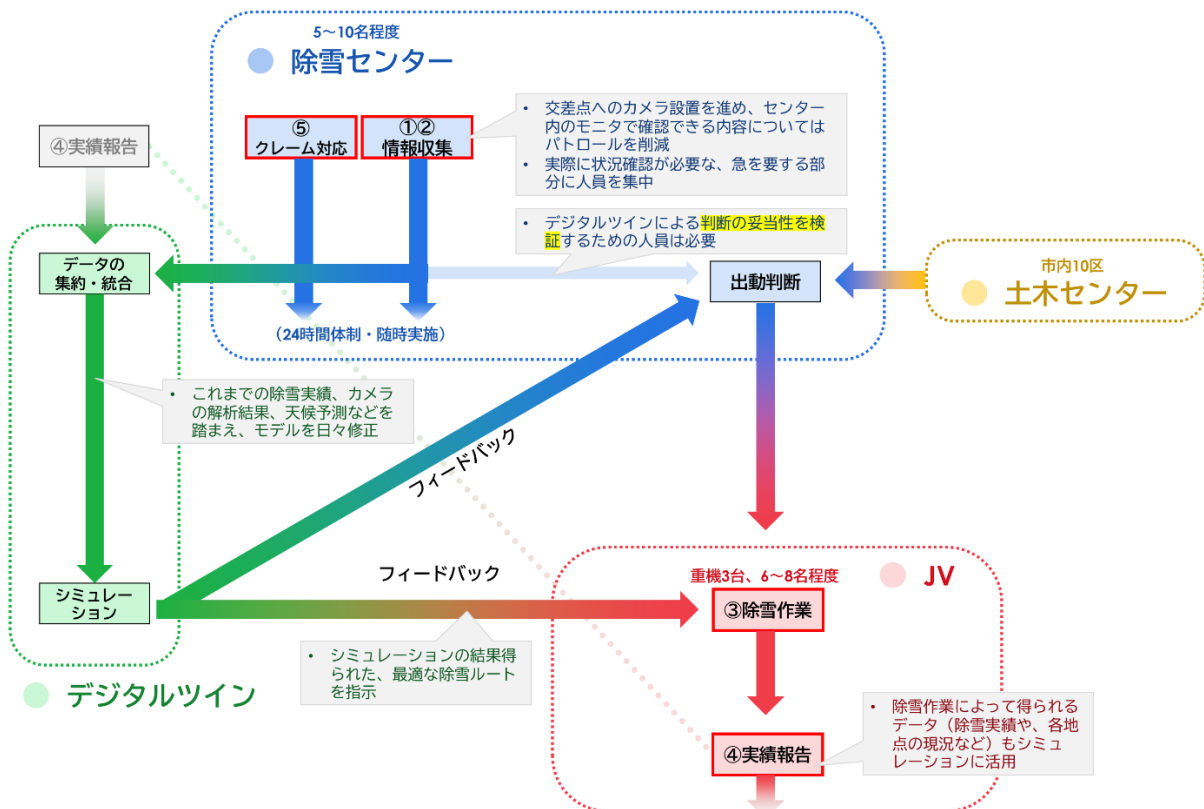


図 4-2. デジタルツインの活用による除排雪作業の変化

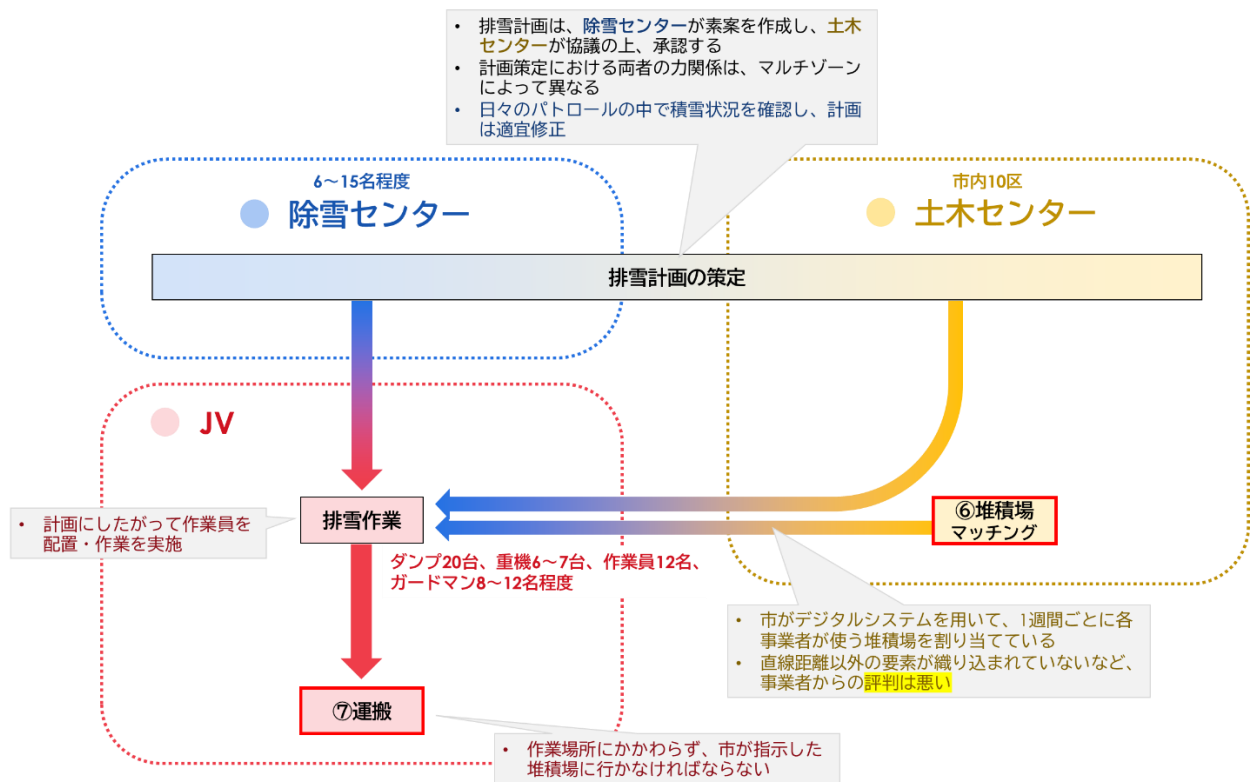
除雪作業の流れ（再掲）



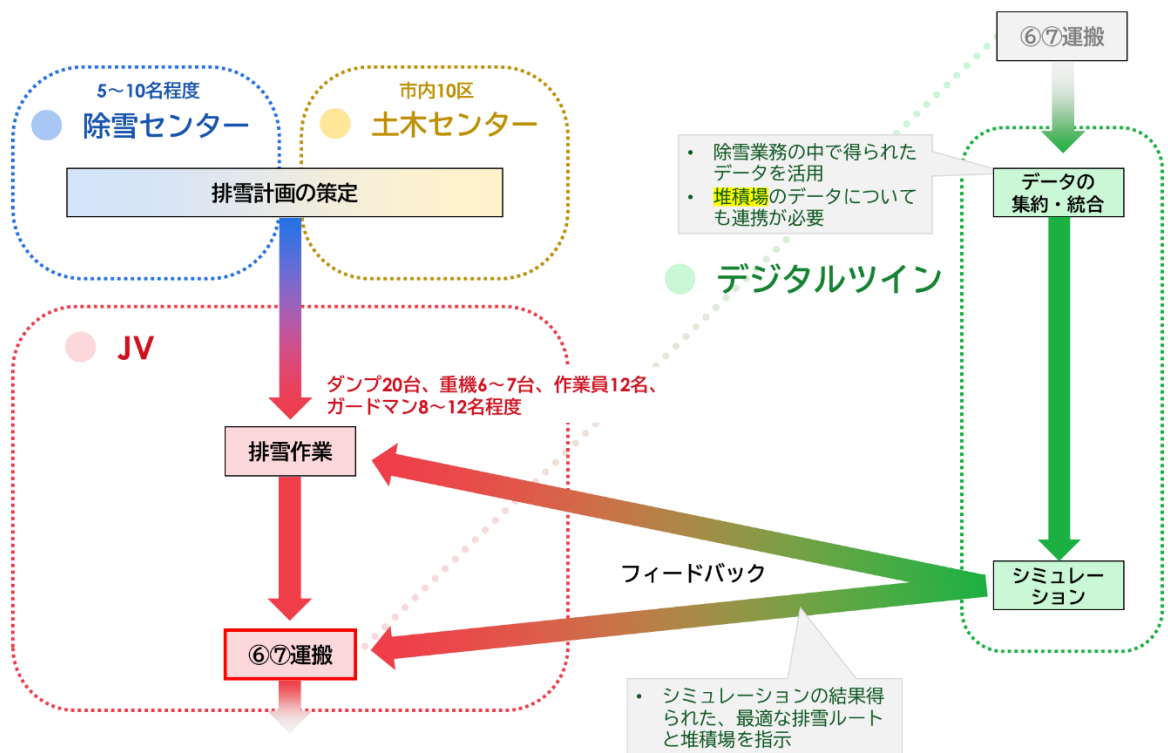
除雪作業の流れ（with デジタルツイン）



排雪作業の流れ（再掲）



排雪作業の流れ（with デジタルツイン）



4-3 AI・ICT 技術を活用した除排雪の実現における課題と今後の取組方向性

除排雪作業におけるデジタルツインの活用は、複数の工程を横断的に最適化し、限られた人員・資源の中でより効率的かつ持続可能な雪対策を実現するための理想的なアプローチである。しかしながら、そうした理想像と現状との間にギャップが存在することから、札幌市が今後の施策検討にあたり検討・実施すべき課題と、解決に向けた今後の取組方向性について整理する。

1. デジタルツインの理解促進

北海道内自治体への導入は限定的であることから、札幌市内の関係部署、除排雪事業者デジタルツインの意義や価値は十分浸透していない。

デジタルツインは、単なる「3D 地図」や「データの可視化ツール」でなく、様々なデータの組み合わせによって、個別には見えなかった全体構造や最適な作業方針を視覚的に理解・共有できる仕組みである。他分野における ICT 活用にも波及することから、その意義や価値は札幌市関係部署に留まらず、市民とも共有することが望ましい。

日常生活に直結するため、除排雪は札幌市において市民の関心がとりわけ高い分野である。その改善を切り口に、市民と共に「雪をめぐるデジタル化の将来像」を考える機会を設け、市民の理解と合意を得ながら進めることで、他分野における将来的な ICT 活用の社会実装の土台とすることが必要となる。

2. オペレーションに活用できる人材の育成、体制の構築

デジタルツイン活用のためには、従来の除排雪業務と異なる知識（データ分析、GIS、ICT 等）を要することから、現場で運用可能な人材の確保・育成が必要となる。現状では、それらの知識や経験を有する人材が不足しており、育成や学習体制も未整備である。

職員研修や OJT を通じた内部人材の育成に加え、実証段階から外部人材を積極的に巻き込み、ノウハウを共有・蓄積する仕組みが必要となる。

3. デジタルツイン活用を前提としたデータ収集・保存体制への転換

デジタルツインの実現には、業務で発生する情報がリアルタイムかつ機械判読可能な形で収集・保存されることが不可欠である。現状の作業日報は紙で残されることも多く、将来的なデータ活用を想定した運用になっていない。加えて、除排雪車両への GPS 搭載、道路や交差点に設置する観測カメラ、車載カメラによる路面状況の取得、気象データを取得する観測施設など、除排雪の各工程を効率化するために有効なセンシング機器も限定的な導入にとどまっており、将来的に必要な観測データの収集・蓄積の基盤が整っていない。

デジタルツインが実現した際に構築した際に必要な観測データをすぐに入手できるような作業設計に転換していく必要がある。

4. 外部パートナーとの協働体制の構築

AI 解析やルート最適化等の要素技術は、札幌市単独での開発が困難であり、民間企業や大学・研

究機関との連携が不可欠である。長期的な共創関係の構築や、制度・財政面を含めた持続的な実装基盤の整備に着手できていない。

単発的な実証事業や委託にとどまらず、中長期の視点で共創を前提とした協働体制の構築が重要である。そのためには、国の補助制度の活用による資金確保、複数年度にまたがる予算繰越への対応、制度面での柔軟性確保等を通じて、実装を見据えた持続的な枠組みを整える必要がある。

最後に、デジタルツインは、防災やインフラの維持管理、都市計画など、様々な用途で活用されている。除排雪の効率化のために構築するデジタルツイン上では、積雪量や堆積場のキャパシティ等の雪対策に固有の情報以外に、地図情報データや交通情報、観測カメラの画像データ等も統合されており、除排雪以外の行政課題に対しても活用の可能性が見込まれる。このように、デジタルツインは様々なデータを活用するためのプラットフォームとなっており、都市そのものの可視化・最適化のための基盤的なインフラとしての活用も期待される。