

令和2年度
北海道 IoT 普及推進事業
道路除雪作業の人員コスト削減と
安全性向上を実現する
IoT リスク予見システムの開発
事業報告書

令和3年3月25日

補助事業者 株式会社ヴィッツ

目次

第1章 事業概要	4
1-1 開発の背景・研究目的及び目標	4
1-1-1 地域が抱える課題	4
1-1-2 解決策における事業の位置づけ	4
1-1-3 研究目標	5
1-2 事業期間と体制	5
1-3 研究成果概要	7
1-4 当事業の連絡窓口	7
第2章 IoT リスク予見システムの開発	8
2-1 移動体認識技術	8
2-1-1 概要	8
2-1-2 開発内容	9
2-2 ハザードマップ技術	13
2-2-1 概要	13
2-2-2 開発内容	13
2-3 リスク予測・通知技術	16
2-3-1 概要	16
2-3-2 開発内容	16
第3章 実証実験	18
3-1 計画	18
3-1-1 日時と場所	18
3-1-2 実証実験スケジュール	20
3-1-3 実証実験での確認項目	21
3-1-4 想定されるリスクと予防措置	22
3-1-5 緊急時の連絡体制	22
3-2 実施	23
3-2-1 実施内容	23
3-2-2 実施課題	27
3-2-3 実施のまとめ	29

第4章 全体総括	30
4-1 新規性・独自性	30
4-2 継続性・発展性	30
4-3 費用対効果	31
4-4 今後の展開	32

第1章 事業概要

1-1 開発の背景・研究目的及び目標

1-1-1 地域が抱える課題

北海道は広域分散型社会であることに加えて、自動車交通への依存度の高まりから、冬期間の道路除雪は住民生活及び社会経済活動を支える上で極めて重要である。しかしながら、自治体の財政難、除雪業者や除雪車オペレータの減少等により、除排雪が追い付かず、道路の通行止めが長期化することが大きな懸念となっている。そのため、除雪コストの低減、除雪車オペレータ不足の解消は、喫緊の課題である。

6年間で約60億円増加

	除雪予算
2012年	149億円
2014年	187億円
2016年	195億円
2018年	207億円

札幌市の除雪予算の推移

2027年までに2割減少

	オペレータ数
2017年	2,056人
2022年	1,857人
2027年	1,640人

札幌市の除雪従事者の将来推計

出典: 札幌市「札幌市冬のみちづくりプラン2018」

図1-1 除雪予算の増加とオペレータ減少

出典: 札幌市「札幌市冬のみちづくりプラン2018」

1-1-2 解決策における事業の位置づけ

本事業では上記の課題の解決策として、IoT 技術を活用したリスク予見システムを開発する。これにより、除雪車オペレータの削減を可能とし、除雪コスト低減、除雪車オペレータ不足の解決を目指す。

現状の除雪作業は、除雪車オペレータに加えて、複数人の誘導員を必要としている。誘導員は周囲を監視し、除雪による対人及び対物の危害を防止する役割を担う。本事業ではこの安全監視の役割を IoT 技術によって代替・高度化する。これにより、除雪車オペレータ 1 名による除雪作業を可能とする。

この IoT システムは、「移動体認識技術」、「ハザードマップ技術」及び「リスク予測・通知技術」を基盤技術とし、これらを連携させることによって実現する。これらの基盤技術は、株式会社ヴィッツがこれまでに開発したものを活用できる状況にある。補助事業においては、これらの基盤技術を除雪作業に適用するためのカスタマイズ開発を行い、全体のシステ

ム連携を実現する。そして、除雪作業における実用性を、積雪環境における実地試験によって確認する。

1-1-3 研究目標

「移動体認識技術」、「ハザードマップ技術」及び「リスク予測・通知技術」の3つの基盤技術をベースとするIoTリスク予見システムを開発し、除雪作業のリスク予見における有効性を確認することを目標とする。

今回、実証実験を行う北広島市では、地域住民の高齢化等による除排雪ニーズの増加から、除排雪に係る費用は毎年増加しており、平成30年度は6億7千万円、令和元年は8億円、令和2年度は8億4千万円に至っている。

最終的な目標としては本事業により、オペレータ1名による除雪作業を安全かつ効率的に実現することで、現状の予算規模で交通弱者を含む市民のニーズに十分応えられる除雪の実施に繋げることを目指す。

1-2 事業期間と体制

本事業の期間を以下に示す。

表1-1 各主体の役割

事業期間	2020年9月15日～2021年3月10日
------	-----------------------

本事業のスケジュールを以下に示す。

表1-2 スケジュール

	2020年				2021年		
	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
IoTリスク予見システムの開発	←————→				→		
移動体認識技術	←————→				→		
ハザードマップ技術		←————→			→		
リスク予測・通知技術		←————→			→		
実証実験					↔		
実証実験後の課題対応						←————→	
事業報告書記載							←————→

本事業におけるスケジュールとして、2020年9月末～2021年1月中旬にかけて、IoTリスク予見システムの開発を実施し、2021年1月末に北広島市において実証実験を行う。

開発においては、既に株式会社ヴィッツが開発済みの基盤技術を活用できる状況にあるため、本事業での追加開発は、除雪作業に対応するためのカスタマイズ開発に留めることができる。これにより、コストを抑えつつ、短期間で実現可能な開発計画となっている。

実証実験においては、北広島市のご協力の下、試験に適切な経路を決定する。さらに、交通量や過去の事故発生情報等に基づいて、積雪路で評価済みの遠赤外線センサを設置する交差点を決定する。これにより、開発成果物であるIoTリスク予見システムの妥当性評価を短期間で効率的に試験可能な計画としている。

積雪路で評価済みの遠赤外線センサを活用し、短期間でシステムの実装が行え、北広島市の協力のもと、除雪作業における効果評価が行える。

なお、これらの実現には、新たな設置コストとして遠赤外線センサの設置コストが必要であるが、設置箇所は事故が起こりやすい地点や死角となる場所に限定することにより、設置コストを削減する計画である。また、通知はIoT端末などの既存機器に通知し、導入コストを大幅に削減する計画である。

研究開発体制を図1-2に示す。



図 1-2 研究開発体制図

表 1-3 各主体の役割

No	名称	役割
1	株式会社ヴィッツ	実証実験の全体統括 IoT リスク予見システムの設計 成果報告書の取りまとめ リスクポテンシャルシンセサイザ™ (ヴィッツ製) の提供
2	株式会社ヴィッツ沖縄	IoT リスク予見システムの開発 ディープラーニング向け教師データ作成
3	北広島市	実証評価場所の提供 実証実験に関する各種調整

北広島市と実施団体である株式会社ヴィッツは、「次世代移動サービスに関する覚書」※1を締結しており相互協力関係にあり、IoTシステム開発及び検証試験において、事業を円滑に実施できる体制にある。

※1 ヴィッツと北広島市が次世代移動サービスに関する覚書を締結
<https://ssl4.eir-parts.net/doc/4440/tdnet/1816335/00.pdf>

1-3 事業成果概要

オペレータ1名による除雪作業を安全かつ効率的に実現することで、現状の予算規模で交通弱者を含む市民のニーズに十分応えられる除雪の実施に繋げることを本事業では目指した。

今回、開発したIoTリスク予見システムと自動運転除雪車を費用面で比較すると、仮に自動運転除雪車をリスクある交差点10か所に10台が稼働をした場合の費用を試算すると1000万円 x 10台 = 1億円となる。IoTリスク予見システムをリスクある交差点10か所に設置した場合の費用を試算すると60万円 x 10か所 = 600万円となるため、低コストでの導入が可能となる。

また、実証実験の結果からも除雪車オペレータは、除雪走行中に潜在的な事故リスクの情報を事前に受け取ることができ、オペレータ1人であっても安全に作業を行うことが可能となることがわかった。そのため、除雪事業者はオペレータを確保するためのコストを低減できる。さらに各地方自治体は、除雪に係るコストを低減でき、きめ細かな除雪ニーズへの対応が可能になる。

IoTリスク予見システムの導入により、年々減り続ける従事者不足を解消し、コスト増を抑え、ワンオペでの除雪作業でも安全性の維持が可能になる。

1-4 当事業の連絡窓口

<事業管理者>

株式会社ウィッツ

愛知県名古屋市中区栄2-13-1 名古屋パークプレイス

<研究代表者>

株式会社ウィッツ

基盤サービス技術開発部

後藤 孝一

TEL : 052-220-1218 FAX : 052-218-5855

E-mail : k-goto@witz-inc.co.jp

第2章 IoTリスク予見システムの開発

今回、開発するIoTリスク予見システムの概要を図2-1に示す。

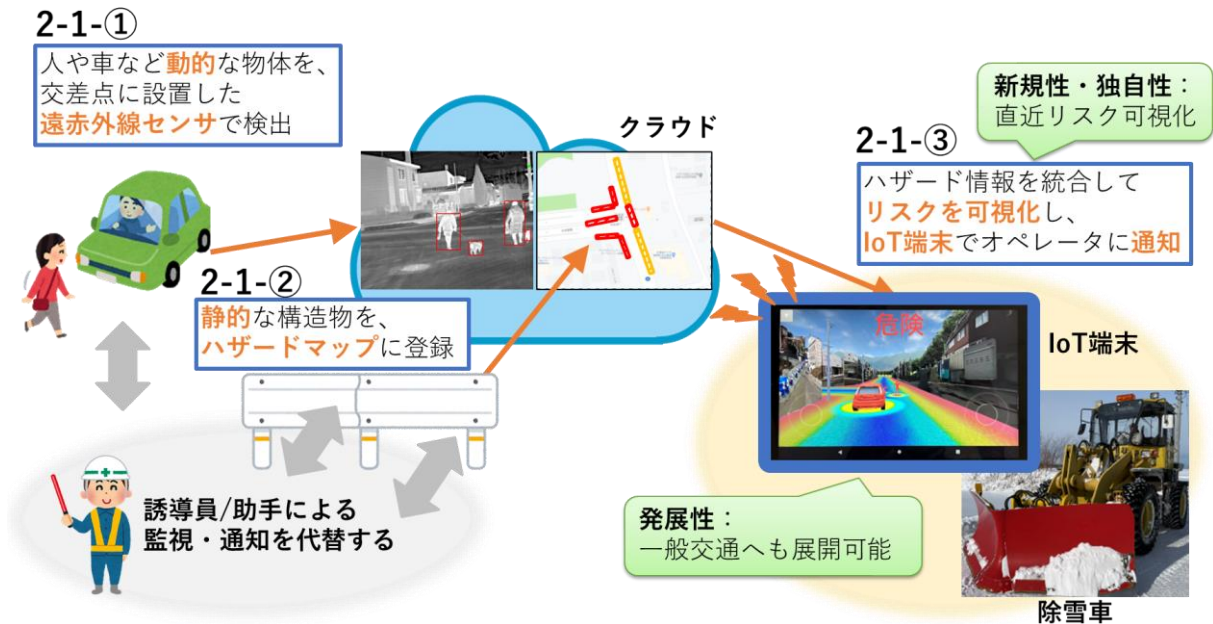


図2-1 IoTリスク予見システムの概要図

2-1 移動体認識技術

2-1-1 概要

移動体認識技術とは図2-1の図中2-1-①の部分を目指す。遠赤外線カメラにより発熱体（人間、車両等）の存在及び接近を確実に検知する技術である。

積雪路での遠赤外線カメラ評価は、北海道経済産業局の戦略的基盤技術高度化支援事業「積雪寒冷地域の交通弱者移動支援のための雪道走行を可能とする自動運転技術の開発」（2017年度～2019年度）にて実施済みである。

<https://www.chusho.meti.go.jp/keiei/sapoin/portal/seika/2017/2910102005g.pdf>

上記で実施した技術を除雪作業に応用し、北広島市内で実証実験を行うために、次のカスタマイズ開発を施す。

移動体認識技術のカスタマイズ開発：

北広島市内の除雪作業の対象地域で、見通しが悪く、死角が多い交差点を選定して、遠赤外線カメラで交差点内を撮影し、撮影した画像をIoTエッジデバイスで解析を行う。解析にはディープラーニングの技術を利用し、人、車、動物、トラック、バスを判別できるようにIoTエッジデバイスに実装する。交差点内で判別した危険な情報をクラウド上へアップロードする。

2-1-2 開発内容

移動体認識技術の開発範囲を以下に示す。

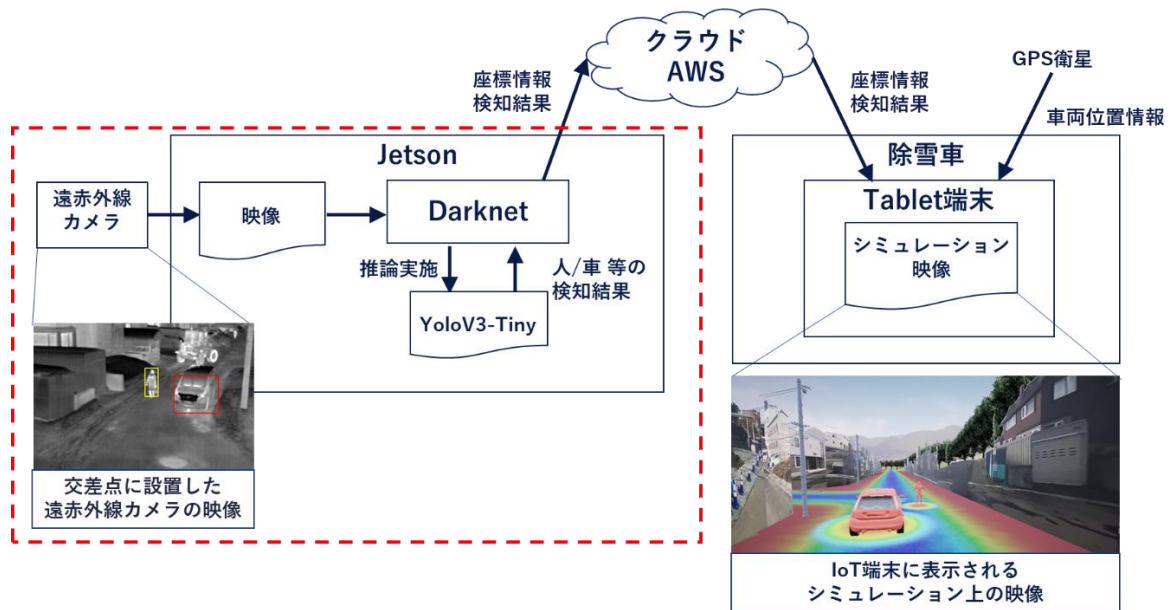


図2-2 移動体認識技術の開発範囲

今回の開発では、遠赤外線カメラで撮影した映像をディープラーニングで解析するために NVIDIA Jetson Nano を使用した。NVIDIA Jetson AGX Xavier とも性能比較したが、処理能力、精度では NVIDIA Jetson AGX Xavier の方が勝るが、コスト面では NVIDIA Jetson Nano が勝る。両方の IoT エッジデバイスを使用し、比較した結果、今回のシステムでは NVIDIA Jetson Nano でも十分であることがわかったため、NVIDIA Jetson Nano を採用した。移動体認識技術に使用した機材一覧を以下に示す。

表2-1 移動体認識技術に使用した機材一覧

No.	機材	概要
1	遠赤外線カメラ	Boson 320・34°(6.3mm) lens
2	IoTエッジデバイス	NVIDIA Jetson Nano
3	Wi-Fiモジュール	AX200NGW
4	アンテナ	INKECI B08CSQFCRN
5	モバイルバッテリー	Lcsriya 25000mAh
6	ケース	タカチ電機工業 BCAL型防水・防塵プラボックス BCAL191913G
7	モバイルルータ	Speed Wi-Fi NEXT WX06

また、深層学習フレームワーク darknet で YOLOv3 及び YOLOv3-Tiny を比較し、性能を比較し、YOLOv3-Tiny を採用した。

表 2-2 Jetson Nano と Jetson AGX Xavier の比較

		速度(秒)			精度	コスト	消費電力
		Min	Max	Ave			
Jetson Nano	tiny	0.15	0.16	0.15	低	低	低
	標準	0.72	0.73	0.72	低		
Jetson AGX Xavier	tiny	0.08	0.08	0.08	高	高	高
	標準	0.23	0.23	0.23	高		

ディープラーニングさせるための教師データは、遠赤外線カメラを建物の 2 階より交差点内を撮影し、教師データとなる元画像を約 1000 枚撮影し、タグ付けを行った。1000 枚では教師データとしては枚数が少ないが、開発の期間から多くの枚数のタグ付けするにも時間が足りないため、「積雪寒冷地域の交通弱者移動支援のための雪道走行を可能とする自動運転技術の開発」の際に 1 枚の画像を反転、コントラスト調整、ガンマ変換、平滑化などの返還を行えるツールを開発済みであったため、そのツールを活用し 1000 枚の教師データを 10000 枚以上にし、教師データとして採用した。

遠赤外線カメラを建物の 2 階より交差点内を撮影したのは、今回交差点内を撮影するために電柱にカメラを取り付けることを計画したが、北広島市より電柱管理会社に問い合わせをしたところ機器設備等の電柱中間部への共架基準というものがあり、高さ 4.5m 以上（最上限 6.5m）に設置しなければならないためである。



図 2-3 カメラボックス



図 2-4 カメラボックスを電柱（高さ4.5m）に設置した状態

2-2 ハザードマップ技術

2-2-1 概要

ハザードマップ技術とは図2-1の図中2-1-②の部分を目指す。地図情報に人工構造物など接触・衝突を回避すべき箇所や、過去の事故発生地点の分布情報などをあらかじめ設定しておく、車両の位置情報と照合する技術である。

弊社保有技術であるリスクポテンシャルシンセサイザ™(※2)を用いて、静的な構造物をハザードマップに登録することが可能である。

上記で実施した技術を除雪作業に応用し、北広島市内で実証実験を行うために、次のカスタマイズ開発を施す。

ハザードマップ技術のカスタマイズ開発：

パソコン上でフリーの地図を読み込み、3Dシミュレータ上にマップを作成する。建物等の構造物は360度カメラを用いて、本事業で実証実験を行う北広島市新富町/高台町の交差点周辺の街並みを撮影し、3Dシミュレータ上に取り込む。

また、360度カメラで撮影した情報から、除雪作業で危険となる、マンホール、消火栓等の情報も登録する。それら登録した情報を元に交差点のリスクを可視化し表示する。

※2

リスクポテンシャルシンセサイザ™とは、一般公道での歩行者や自動車の交通状況を再現したシミュレーション結果と、移動体や人工構造物などに潜む事故リスク（例えば飛び出しや信号無視による事故リスク）や重篤度（事故を起こした対象の違いによる重篤性）を情報統合する事により、自律化システムの状況判断能力を高める交通事故リスク情報を提供する。現在の自動運転や自律ロボットは搭載された各種センサによる状況判断で、“今”のリスクは判断できるが、“近い将来”のリスクは十分に予見できていない。十分な予見を可能にする交通事故リスク情報が自律化システムの危険予測を高性能化するシステムである。

<https://ssl4.eir-parts.net/doc/4440/tdnet/1857613/00.pdf>

2-2-2 開発内容

ハザードマップ技術の開発範囲を以下に示す。

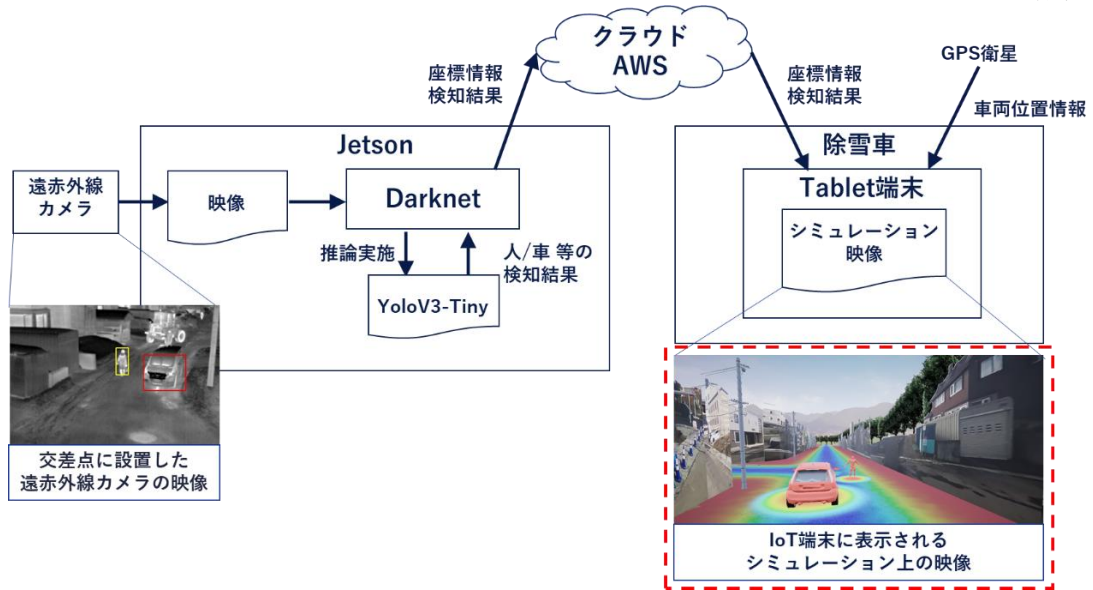


図2-5 ハザードマップ技術の開発範囲

今回、基盤となるリスクポテンシャルシンセサイザ™はUnreal Engine 4がベースとなっている。ハザードマップのベースとなる地図はOpenStreetMapをUnreal Engine 4へインポートすることで、今回実証実験を行う、北広島市新富町/高台町の地図のベースを作成した。

建物やハザード情報となるマンホール、消火栓の情報はOpenStreetMapにはないため、北広島市新富町/高台町へ行き、360度カメラを用いて建物及びハザード情報を撮影した。



図2-6 360度カメラを使った地図情報となるデータ撮影

撮影したデータを元に建物及び除雪作業で危険となる、マンホール、消火栓のデータをリスクポテンシャルシンセサイザ™に登録する。登録したデータをリスクポテンシャルシンセサイザ™上で可視化すると以下ようになる。



図 2-7 リスクポテンシャルシンセサイザ™で可視化された情報

人及び車は 2-1 移動体認識技術で認識された際にのみ表示される。



図 2-8 人及び車を動的に認識し表示した状態

2-3 リスク予測・通知技術

2-3-1 概要

リスク予測・通知技術とはとは図2-1の図中2-1-③の部分を目指す。移動体認識技術及びハザードマップ技術による車両周囲の情報から、車両の移動に伴うリスクを総合的に判断する技術である。

例えば、2ブロック先の交差点に人が侵入した場合、車両速度を考慮して車両通過時の近未来リスクを評価し、通知するというイメージのもの。

2-2 ハザードマップ技術と同様に基盤システムとして、弊社保有技術であるリスクポテンシャルシンセサイザ™を用いて、静的な構造物をハザードマップに登録することが可能である。

上記で実施した技術を除雪作業に応用し、北広島市内で実証実験を行うために、次のカスタマイズ開発を施す。

リスク予測・通知技術のカスタマイズ開発：

リスク予測は、2-1 移動体認識技術及び2-2 ハザードマップ技術のデータに基づいてクラウド上でリアルタイムに計算する。その際、視界不良や、凍結、雪塊等の路面状況等の積雪環境に特徴的な要因を加味できるようにする。またリスク予測結果はタイムリーに除雪車オペレータに通知されるようにする。通知方法は、聴覚情報及び視覚情報（地図上に危険個所の情報を重ねた合わせた画像を含む）によりオペレータのIoT端末に送信する。

2-3-2 開発内容

リスク予見・通知技術の開発範囲を以下に示す。

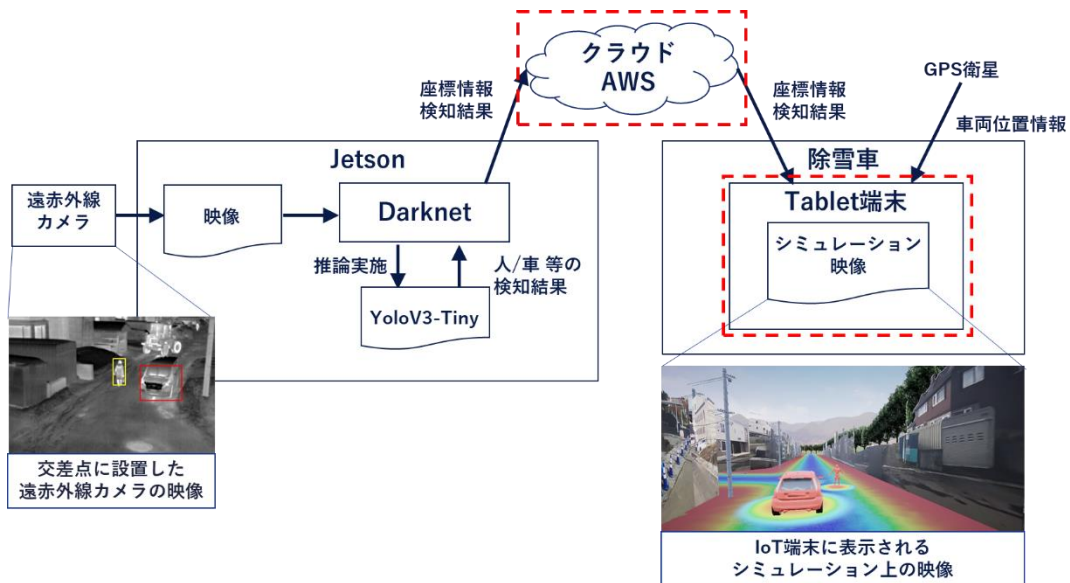


図2-9 ハザードマップ技術の開発範囲

ハザードマップ情報を登録したリスクポテンシャルシンセサイザ™をIoT端末（今回はAndroid OSのタブレット端末）に移植する。2-2ハザードマップ技術でも記載したが、リスクポテンシャルシンセサイザ™のベースはUnreal Engine 4であるためUnreal Engine 4のプロジェクトを再設定し、ビルドすることで移植が可能となる。

また、今回コスト面を考え、GPS情報はIoT端末に付随しているGPSを使用することとした。

クラウド上より交差点内で物体を検知した情報、車両の位置情報をIoT端末より受信した情報、静的に登録されているハザード情報の3つを組み合わせるとIoT端末上に表示することが可能となる。リスクを事前に予測し、除雪車ドライバーに通知することが可能になる。



図 2-10 IoT端末にハザードマップ情報を移植した状態

第3章 実証実験

3-1 計画

第2章で記載したIoTリスク予見システムの実証実験を北広島市において、除雪作業に見立てて実施する。なお実証実験試験は、除雪車だけではなく一般車も用いて実施する。これにより、リスク予測及びオペレータへの通知が降雪時でも確実に行われ、IoTリスク予見システムが除雪作業においても適用可能であることを確認する。

3-1-1 日時と場所

本実証実験の日時と場所は以下の通りを行う。

表3-1 実証実験の日程

日時	2021年01月27日：17:00～19:00(最大) 1時間程度を予定 2021年01月28日：17:00～19:00(最大) 1時間程度を予定
場所	〒061-1127 北海道北広島市新富町西2丁目 〒061-1146 北海道北広島市高台町5丁目



図3-1 北海道北広島市新富町西2丁目

出典：Google Map <https://www.google.co.jp/maps/>



図 3-2 北海道北広島市高台町5丁目

出典：Google Map <https://www.google.co.jp/maps/>

3-1-2 実証実験スケジュール

天気予報（天候、注意報・警報発令状況等）を参考に実験が困難なほどの大雨、大雪等に高い確率で見込まれる場合は中止とする（実験当日 14:00 までに判断する）。

1/27 のスケジュールを以下に示す。

表 3-2 1/27 実証実験スケジュール

日時	担当	内容
16:00～17:00	ヴィッツ ヴィッツ沖縄	北海道北広島市新富町西 2 丁目にて実験の準備とカメラバッテリーの交換（※1） 新富町西のバッテリー交換後、北海道北広島市高台町 5 丁目へ移動。 実験の準備とカメラバッテリーの交換（※1） ※1：バッテリー交換は工業者へ依頼
17:00～18:00	全員	高台町にて確認項目に従い、IoT システムの動作確認及びデータ取得

18:00～18:30	全員	新富町西へ移動し、翌日の実証実験の確認
18:30～	全員	撤収作業/撤収

1/28 のスケジュールを以下に示す。

表 3-3 1/28 実証実験スケジュール

日時	担当	内容
16:00～17:00	ヴィッツ ヴィッツ沖縄	北海道北広島市高台町 5 丁目にて実験の準備とカメラバッテリーの交換 (※1) 高台町のバッテリー交換後、北海道北広島市新富町西 2 丁目へ移動。 実験の準備とカメラバッテリーの交換 (※1) ※1：バッテリー交換は工事業者へ依頼
17:00～18:00	全員	新富町にて確認項目に従い、IoT システムの動作確認及びデータ取得
18:00～	全員	撤収作業/撤収

3-1-3 実証実験での確認項目

実証実験では以下項目に関して確認を行う。

表 3-4 1/27及び1/28 実証実験確認項目

概要	項目	詳細
GPS 動作確認	-	仮想マップの緯度経度を実際の位置に合わせ、実際のマップと連動するかどうか確認
人・車判別	-	人か車かの判別
ルーターの接続範囲	-	1つのルーターでタブレットと Jetson 複数台が接続可能か
通信速度検証	-	人車検知情報の更新速度が問題ないか確認
検知速度検証	-	人・車がカメラの表示範囲内に入り、どれくらいの時間で検知できるか確認する
低温時の連続稼働時間確認	-	バッテリーの駆動時間を確認する
カメラ取付角度・方位確認	位置確認	取り付けたカメラの角度と方位を調整する
人・車撮影	-	実際の高さに取り付けた映像の教師データを作るための撮影
学習データ取得	-	今後のためのデータ収集
アプリ修正	-	実験を行っている際に見つけた不備修正
Jetson 動作確認	-	電源を入れて起動するか、リモートデスクトップ使用可能か
Jetson 修正	-	実験を行っているときに見つけた不備修正
除雪車を使用した実験	実験	除雪車を走らせての実験
乗用車を使用した実験	実験	乗用車を走らせての実験

3-1-4 想定されるリスクと予防措置

実験の実施にあたっては、実施者だけではなく、利用者・住民・通行者・通行車両等の第三者の安全が確保されるよう、労働基準法・労働安全衛生法等関係法令、その他の安全諸規則を遵守し、安全管理を実施する。

3-1-5 緊急時の連絡体制

【基本的な考え方】

事故・労働災害・苦情等が発生した場合は、緊急時連絡体制に従い、速やかに管理責任者に連絡するとともに必要な措置を講じる。

【中止の判断】

天気予報（天候、注意報・警報発令状況等）を参考に、プロジェクト内部で協議を行い、管理責任者が中止の判断・決定を行う。

- ① 気象台が大雨、大雪、暴風等の警報を発表し、走行を実施することに危険が伴う等と判断した場合
- ② 警報が出ていない場合でも、現地の状況が、走行を実施することに危険が伴う等と判断した場合
- ③ その他、大規模災害の発生や大事故等により、プロジェクトが中止することが適当であると判断した場合

3-2 実施

3-2-1 実施内容

3-1 計画に従い、2021年1月27日/28日 北広島市新富町・高台町の住宅街にて、今回開発したIoTリスク予見システムの実証実験を実施した。実証実験場所は北広島市の住宅街では比較的車通りの多く、見通しのよくない交差点を選定している。

除雪車は北広島市内の除雪作業を行う業者様にご協力を頂き、実証実験時に交差点を走行していただき、今回開発したIoTリスク予見システムのIoT端末でのリスク表示の見え方、使用感などを確認した。

また、3-1-3 実証実験での確認項目に対し、すべての項目の確認を行い問題ないことを確認した。



図3-3 実証実験で使用した除雪車



図 3-4 実証実験での除雪車走行



図 3-5 電柱に取り付けた遠赤外線カメラとIoTエッジデバイス



図 3-6 乗用車内でのIoTエッジ端末の使用感



図3-7 北広島市新富町の交差点に設置した遠赤外線カメラの映像

3-2-2 実施課題

実証実験を行い、見つかった課題について以下に記載する。

【移動体の認識】

実証実験後、交差点の電柱に設置した遠赤外線カメラで撮影した画像を確認したところ、車を認識しないパターンがあった。認識しないパターンの車は駐車時間が長く車が冷えてしまっておりディープラーニングで認識できていないことがわかった。また、車が走行していても冷え切った状態（駐車後すぐに移動した）の場合も同様に認識できていないことがわかった。これは寒冷地特有の状態であり、ディープラーニングを行う際の教師データが走行中かつ温まった状態の教師データが多かったためと推測される。

そのため、冷えている車の教師データを増やす必要があることがわかった。



図3-8 冷えている車の認識

【IoT端末の通知】

除雪車の誘導員の方が座る助手席に同乗させていただき、IoT端末のリスク表示の見え方、使用感などを確認したが、除雪車の走行中は揺れと音が激しいため、IoT端末の表示が見えにくい、また危険通知の音も聞こえにくいということがわかった。

そのため、実用化をしていくためにはパトランプのような視覚的な危険通知が必要であることがわかった。



図3-9 車高が高く揺れる除雪車

【モバイルバッテリーの電力不足】

移動体認識技術の遠赤外線カメラ、IoTエッジデバイスをモバイルバッテリーで動作させたが、通電してから12～14時間ほどで電源供給が途絶えてしまう。そのため実証実験の前にモバイルバッテリーの交換が必要となった。交差点を常に監視できるようにするためには電柱から電力を供給できるように電力会社と交渉が必要であることがわかった。

【モバイル通信】

移動体認識技術で検知し、解析したデータをクラウドへ送る際に市販のモバイルルータを使用した。今後、本システムを設置する際に交差点の数が増えると、比例してモバイルルータの数も増えてしまうため、本システムをスムーズに稼働させるためには、IoTエッジデバイスにワイヤレスWANモジュールをあらかじめ内蔵しておくこと必要であることがわかった。

3-2-3 実施のまとめ

本システムにより、課題は見つかったが、除雪車オペレータは、除雪走行中に潜在的な事故リスクの情報を事前に受け取ることができ、オペレータ1人であっても安全に作業を行うことが可能となることがわかった。除雪事業者はオペレータを確保するためのコストを低減できる。さらに地方自治体は、除雪に係るコストを低減でき、きめ細かな除雪ニーズへの対応が可能になる。

第 4 章 全体総括

本事業は、1-1-1 地域が抱える課題で記載した通り、自治体の財政難及び除雪業者や除雪車オペレータの減少に伴う除雪の遅れは避けなければならない、本事業はその解決策を提示するものであった。

除雪車の運行経費を削減するための試みとしては、乗用車において実用化が進んでいる、GPS 情報及び各種の走行空間センサ、障害物検知センサを用いた自動運転技術を応用し、自動運転除雪車の研究を行う試みがある。また、従来の 2 人乗りから、周囲カメラ及び運転席モニタを搭載して 1 人乗りでも安全確保ができるようにした 1 人乗り用の除雪車が開発されている。しかしながら、これらの導入費用は依然として高額であり、自治体による導入は困難である。

本事業では、除雪車本体には手を加えず、交差点への遠赤外線カメラと、IoT エッジデバイス、クラウドサーバ、IoT 端末による構成で、安価にシステムを導入できる解決策とすることを目指した。

また、除雪車が関係する事故も少なからず発生しており、事故を減らすことも必要である。北海道では国道だけでも毎年 20 件前後の事故があり、橋梁地覆、縁石、マンホール蓋枠などへの衝突による自損事故が含まれる。また、周囲の監視を担う誘導員も、除雪車の近傍の転倒しやすい路上での危険な作業を強いられる。本事業では、誘導員を必要とせずして、激しい降雪時でも除雪車オペレータの死角に潜む危険性を察知することを可能とするため、作業の安全性を高めることを可能とする IoT リスク予見システムを開発した。

4-1 新規性・独自性

人工構造物の情報と移動物体（車両や人）の情報をリアルタイムに総合的に評価してごく近い将来（数秒～数十秒先）のリスクを推定し可視化するしくみは、ヴィッツが独自に開発したリスクポテンシャルシンセサイザ™の技術である。この技術は、道路交通や工場内の自動搬送ロボット、ドローン運行など様々な分野での応用が期待されるものであるが、本事業では除雪作業に特化するものであり、他に例がない。

遠赤外線カメラやIoT端末を利用することで、大規模なインフラ投資や設備投資を必要とせず、安価な方法を組み合わせる工夫により、除雪コストの低減を目指すものである。

除雪車オペレータへのリスク情報通知は、音声と画像を組み合わせることで、オペレータにとって事故リスクを即座に認知できるものとなるよう工夫することを目指したが、実証実験時に音声と画像を組み合わせに加えて除雪作業には視覚的なリスク通知も必要であることがわかった。

4-2 継続性・発展性

本システムは、高額な設備投資やインフラ投資を必要とせず、また維持費もあまりかからないため、継続的な実施、対象範囲の拡大が可能である。各地域のハザード情報を反映することで、除雪作業を実施する他地域への展開が可能となる。また、本システムの交差点情報（車両や人など）のリスク予測を一般車両に展開することで、一般車両の交通事故防止にも展開することができる。

4-3 費用対効果

1-1-1 地域が抱える課題で記載した通り、除雪コストは札幌市だけで6年間で60億円増加（労働単価/機械損料、市民ニーズ）しており、オペレータは2027年までに2割減少する可能性が見えている。（2056人→1640人 同等数の作業員も減少傾向）

表4-1 本システムと自動運転除雪車での比較

	IoT リスク予見システム	自動運転除雪車
デバイス	サーモカメラ、制御デバイス、IoT 端末 総額：1セット 30万円 1つの交差点に2セット 60万円	LiDAR/ステレオカメラ/ミリ波レーダー/高精度 GPS/それらを制御するコンピュータ 総額：センサだけで1000万円以上
ソフトウェア	北海道 IoT 普及推進事業にてプロタイプを開発し、実証実験済。カメラの認識率向上のため追加で2000万円	上記センサの認識技術のソフトウェア開発で数億円規模。またソフトウェアの完成、稼働にはまだ数年かかると想定される。
保守費	交差点カメラの設置/保守とソフトウェアの保守費が必要	除雪車及びソフトウェア、センサのメンテナンス保守費が必要
除雪作業員	助手/誘導員なし、オペレータ1名（1名減）	完全自動運転ならば0名（2名減）

仮に北広島市内のリスクある交差点10か所にIoTリスク予見システムを設置した場合の費用を試算すると60万円 x 10か所 = 600万円となる。

また、自動運転除雪車をリスクある交差点10か所に10台が稼働をした場合の費用を試算すると1000万円 x 10台 = 1億円となる。

将来的に自動運転除雪車が導入されれば、除雪コストの増加はさげられ、オペレータの減少も考えなくてもよくなるが、導入には時間がかかる。本事業のIoTリスク予見システムであれば、残りの課題が解決されることで導入ができ、導入することにより、ワンオペにすることで年々減り続ける、従事者不足を解消し、オペレータの安全性も向上させることが可能であると考えられる。

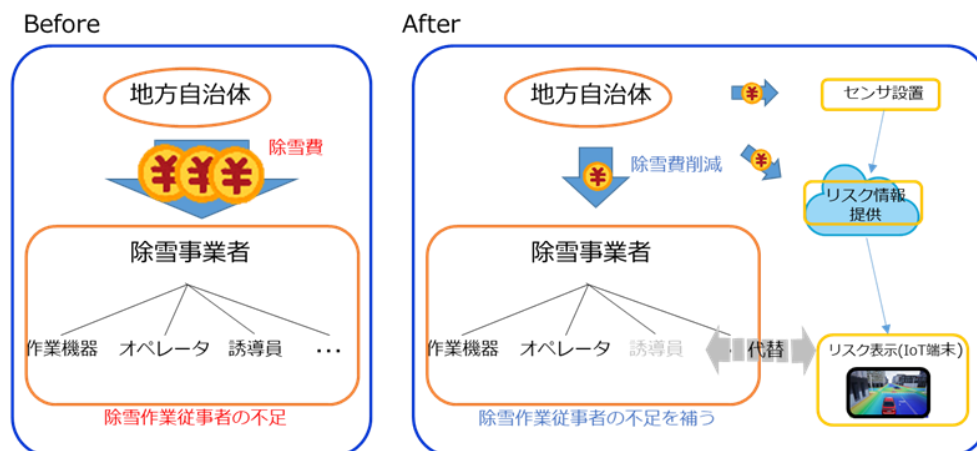


図4-1 IoTリスク予見システム導入による費用の流れ

4-4 今後の展開

本システムの導入によって除雪事業者はオペレータの確保にかかるコストを低減でき、また、オペレータの安全性も向上させることができる。地方自治体にとっても、除雪にかかる人件費を低減させることができる（札幌市では歩道除雪（車道は含まない）に約200台の除雪車が稼働しているが、この場合誘導員が1名削減できると1億円強の経費削減が見込める）。

さらには、事故による損失（人身傷害や物損対応、事故による作業効率低下）が未然防止され、その結果、保険料を低減できるなど、トータルコストの削減が期待できる。



図 4-2 他地域への今後の展開