

新しい手持ち除雪用具の試作

山 岸 郷 志

Development of prototypes of new handheld snow remover

YAMAGISHI Satoshi

New handheld snow removing equipment were researched in this study. Concept for the equipment that “Easy to use for many people, and reduce physical burden on the snow removing work” was established. Two types of prototype; snow shovel with heating system and snow pusher with variable plow system were developed and evaluated. Both prototypes indicated potential of the concept with some problem to be solved. Throughout all of investigation in this study, what is an “ideal” handheld snow remover for today, were discussed.

キーワード：除雪用具，スノーショベル，スノープッシャー，加熱機構，可変機構

1. 諸 言

日本の国土の約 5 割が豪雪地帯（特別豪雪地帯含む）と認定されている¹⁾ほか、その周辺地域でも冬季の日常生活を維持するために除雪が必要不可欠である。本研究では、行政や交通インフラにかかる事業者が実施するような大規模な除雪ではなく、一般家庭などで実施する除雪の課題に注目した。たとえば、除雪の作業は寒冷な環境下で強度の高い運動を伴う身体的負担の大きな作業であるが、高齢化社会の進行に伴い体力や健康状態に不安を抱える高齢者が主たる除雪作業の担い手にならざるを得ない状況が多い²⁾。一方、除雪機を使用することで除雪作業に要する労力を大幅に低減することができるが、その操作には習熟が必要であり常に重大な事故の危険性が伴う。加えて除雪機そのものが非常に高価でありその利便性を活かせる環境は限られている。そこで本研究では、「多くの人が簡単に取扱うことができ、除雪作業の労力を軽減する除雪用具」の開発を目指して除雪用具の試作を行った。本稿ではそれらの評価とその結果を踏まえた理想的な除雪用具の在り方について検討する。

2. 既存の手持ち除雪用具の課題

前章で述べたコンセプトの前半部分「多くの人が簡単に取扱うことができる～」を実現できるのは、手持ちタイプの除雪用具であると考えた。手持ちタイプの


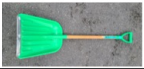


除雪用具にも様々な種類があり古くから作業内容により使い分けられてきた³⁾。表 1 に多くの降雪地域で使用されている主要な除雪用具の特徴をまとめる。各用具で実施する除雪作業の動作は次の 4 つの形態から構成される。すなわち、雪を「押す」、「すくい上げる」、「投げる」および「運ぶ」の 4 形態である。表 1 中の (1) のスノープッシャーは雪を「押す」という単一の機能に特化した用具であるが、近年、日本国内で急速に普及が進んできた。スノープッシャーはブラウの下端を地面に接触させた状態で前方に押し出すことでブラウが雪をかき除雪を行う用具であり、比較的広い範囲を手軽に除雪できる。(2) のスノーショベルは雪を「すくい上げて」あるいは「投げて」移動させる機能を有し、積雪量が多く深い雪に対しても有効であるが広い範囲の作業には適していない。(3) の雪はねはスノーショベルの「投雪」する機能を強化した用具であり、比較的積雪量が少ない場合に適している。そして(4) のスノーダンプは雪を載せて、そりを押すようにして「運ぶ」。積雪量が多い場合に適しており広い範囲を短時間で除雪することができるが、本体下面を滑らせて使うためその経路が雪に覆われている必要があり積雪量が少ない場合には使いにくくなるほか、用具そのものが大型で保管場所を選ぶ。これら既存の除雪用具の課題が次 2 点にあると分析した。すなわち、(i) 従来の用具を用いた除雪作業の本質が「雪の移動」となっている点。および(ii) 各用具を単独で用いる場合、効果的に作業可能な条件（用途や積雪量など）の範囲が狭い点である。まず(i)については、除

* 工学科・機械ロボティクス系・准教授

原稿受付 2023 年 5 月 19 日

雪は降り積もった雪を人の生活の妨げにならない場所に移動する作業であり、当然、積雪量が多くなれば必要な作業量とそれに伴う作業者の負担は大きくなる。また、その移動先の空間は有限でありそれを超過すると別の移動先へさらに移動が必要となり作業者の負担はより大きくなる。そして(ii)については、一戸の生活者でも除雪を行う対象や環境がひとつでないほか積雪量や雪質などは刻一刻と変化し、各除雪用具に不適な条件で使用することが多くなり、作業者の負担が大きくなる。これらは既存の除雪用具の課題である同時に、は前章で述べた開発すべき除雪用具のコンセプトの後半「除雪作業の労力を軽減する除雪用具」を実現するための課題でもある。本研究では、以上の課題を解決するための技術的な要素を検討するため、2種類の新しい除雪用具の試作を行なった。

表1 従来の手持ち除雪用具の特徴

Equipment	Appearance	Type of motion	Working area Width × Height [cm]	Weight [kg]
(1) Snow pusher		Push	64×29	1.0
(2) Snow shovel		Shovel up Carry Throw	35×40	1.1
(3) Snow plow		Throw Shovel up Carry	43×41	1.1
(4) Snow scoop		Push Carry	57×62	4.8

3. 加熱機構を備えた用具

3-1 コンセプト

前章で述べた既存用具の課題(i)に対して、「加熱機構」を備えた用具の可能性を検討した。これは、加熱機構により融雪しながら除雪を行うことで、移動すべき雪の量を減じ作業負担を低減することを狙った用具である。これに関連する既存技術について、知的財産情報の調査を行なった。調査には、独立行政法人工業所有権情報研修館が提供する特許情報プラットフォーム(J-Plat Pat, <https://www.j-platpat.inpit.go.jp/>)を用いた。ここでは、「除雪」および「加熱」をキーワードとして検索を行なったところ、174件(特許ならびに実用新案)の発明があった2023年5月16日現在)。それらの中から代表的な発明の例を以下に示す。
 図1は持ち手付き温熱融雪用具⁴⁾の代表図に説明文を追記した模式図である。これは、既存のスノーダンプのような形状をしており、その雪受け面の下部に電気式的加熱装置が組み込まれており、雪受け面に載った雪が溶けて流れ落ちようになっている。これは雪受け面を積雪した箇所へ次々と挿入することで除雪作業を進めていくような使用方法が想定されている。こ

の発明では、非常に簡単な操作でかつ少ない労力で除雪作業を実施できそうであるが、加熱装置を作動させるための電源が大きな課題となる。蓄電池方式とした場合、現在の蓄電池の技術では大容量の蓄電池を搭載した場合には重量がかさみ可搬性が低下するとともにコストが増大し高価となり、逆に蓄電池容量を減らせば稼働時間が短くなり実用性が低下する。一方で、外部から電源ケーブルで電力供給を受ける方式とするならば、用具を使用できる環境が制限を受ける。

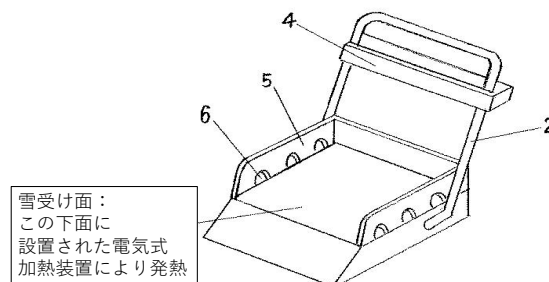


図1 持ち手付き温熱融雪用具(特開2019-152082)の模式図(代表図⁴⁾に追記)

図2は消雪機⁵⁾の模式図である。この発明は、先端の熱量反射分散装置からふく射熱を照射し雪に直接接触することなく雪を溶かす装置である。熱源は電気式で外部から電源供給を受けることが想定されている。持ち手を備え、使用者が用具の先端を除雪したい積雪箇所へ接近させて雪を溶かす作業を行う。この発明によれば、作業者は単に用具を保持するだけで除雪を行うことができ、身体的負担はかなり軽く作業を実施することができる。しかし、ここで想定されている熱源による除雪能力に関しては未知数である。また、電源ケーブルを必要とすることから使用環境は限定される。

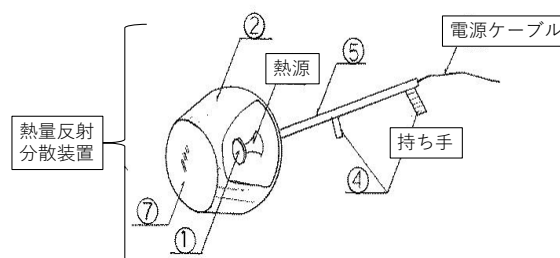


図2 消雪機(実登3120208)の模式図(代表図⁵⁾に追記)

これらを含めた、知的財産の調査結果から、加熱機構の熱源の選択が極めて重要であることが明らかとなった。必要とされる特徴を改めて整理すれば、「その用具を使った除雪動作中に雪を溶かすことができる十分な加熱能力を備えること」そして、「可搬性/機動性を大きく損なわないこと」である。これらのことから本研究では、熱源にカセットガス(LPG:液化ブタン、250g入)を燃料としたガスバーナーを利用し雪

受け面を加熱する機構を備えたスノーショベルタイプの用具を試作した。熱源および加熱方法の選定にあたり、その他の想定される方法との比較を行なった結果を表2にまとめた。本研究の試作用具に採用した方法は、この表では「燃焼ガスによる間接加熱」と示しており、能力、安全性および機動性/可搬性のバランスが良好であることがわかる。

表2 除雪用具に搭載する熱源および加熱方法の比較

熱源/加熱方法	融雪能力	安全性	機動性 (可搬性)	備考
各種電熱器	○	○ 感電注意	△ バッテリー式○	電力供給の方法に強く依存
燃焼ガスによる 直接加熱	◎	△	○ 例)カセットガス	燃料の取扱い注意
燃焼ガスによる 間接加熱	○	○	○ 例)カセットガス	燃料の取扱い注意
流水	○	○	△	水道ホース接続または 給水機構、要凍結防止措置
地熱・太陽熱	△	○	-	手持ち除雪用具への 適用困難

3-2 試作用具の概要

試作した加熱機構を備えた除雪用具の模式図を図3に示す。この用具は市販のスノーショベル（ショベル部分はアルミニウム合金製）に、市販のカセットコンロの部品を組合せて試作した。カセットコンロを分解し、バーナーをショベル部の雪受け面の背面に取付け、カセットボンベおよび火力調整ツマミはショベルの柄の周辺に取付け手元に近いところで点火や火力調整が行えるようにした。バーナーとボンベとの間は、延長したガス配管ならびに点火装置用配線で接続した。また、除雪作業中にバーナーが地面に衝突しないようにバーナー下面をカバーしているが、このカバー自体が作業中に地面に接触しにくくするため図3に示すとおり、SUS製の板材によって雪受け面を下方に延長している。この用具は全長約90cm、（ショベル部の）幅約35cmであり、重量は約3.6kg（元のスノーショベル単体では約1.9kg）であった。

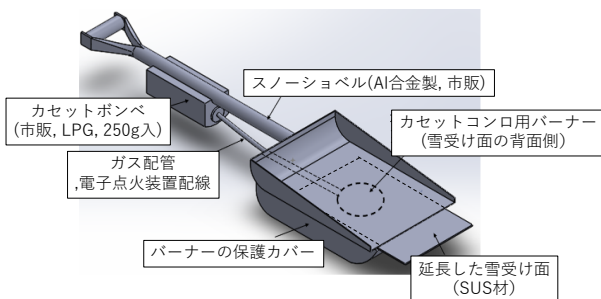


図3 加熱機構を備えた試作除雪用具の模式図

3-3 試作用具の評価

図3の試作用具を用いて実際に除雪作業を行なった。作業環境の外気温は3℃、作業対象はアスファルト舗装された面上に高さ20cmほどに積もった雪で、新雪の状態から時間が経過しシャーベット状になっ

ている部分があった。このような雪に対して、加熱機構を作動させた状態（火力は安定して燃焼ができる状態に調整、詳細は後述）でショベルを挿入し雪をすくい取り、別の場所に投げる動作を繰り返した。

その結果、延長したSUS材製の雪受け面に触れた雪はただちに溶解したが、ショベルの（元の）雪受け面では、雪受け面に接触した箇所がわずかに溶ける程度（これによって雪受け面からの雪離れ性が良くなり雪を投げる作業がしやすくなる）にとどまった。これは、通常のスノーショベルを使った除雪作業の動作の時間（ショベル雪受け面上での滞留時間：約5秒間）での評価である。この結果から、雪受け面の温度が十分ではないと考えられる。実際に温度測定（放射温度計による非接触測定）を行なったところ、雪受け面の中央付近で最高温度が70℃弱（点火してからおよそ3分程度で定常状態となり、その時の温度）であった。本試作用具では、雪受け面はその下部にある延長した雪受け面の板材を介して間接的に加熱されている。さらに、それらの中には各種部品の固定などのために隙間が存在し、バーナーによる熱が雪受け面に伝わりにくい構造になっている。この点の改善により雪受け面の温度を高めることができる。なお、バーナーにより直接加熱されている延長した雪受け面の板材の温度が最高300℃超となる予備実験の結果も得られており、上記のような構造の変更により、比較的容易に融雪性能を高めることができると考えられる。

実際の除雪作業の中では、ショベルの傾きによって加熱装置の燃焼状態が不安定になるという課題も明らかとなった。ショベルとともにバーナーの角度が変化するとバーナーまわりの火炎の形状が変化するとともに、ススの発生や燃焼が継続できずに立ち消えることもあった。これは、本試作用具では調理用カセットコンロを流用したため、そのバーナーは水平で使われることを前提に設計されているため、傾けて使用した場合に適切に保炎できずに正常な燃焼ができなくなったためと考えられる。当然、火力の設定とも密接な関係があり、本研究では傾けてもなるべく燃焼が継続できる火力を予め調べ、除雪作業による評価はその火力で実施した。なお、そのような火力の設定のもと、250g入のLPGカセットガス1本で40分程度運転を継続することができた。しかし、低温環境で長時間使用していると、ボンベの内圧が低下し火力が適切な範囲から外れ、燃焼を継続できないこともあった。

以上のことから、加熱機構を備えたスノーショベルは、概ね狙い通りの働きを期待できるものの、バーナーの最適化とそれによって雪受け面が効率よく加熱されるような構造変更の必要があるといえる。

態は一度に除雪できる幅は狭くなるものの、大量に降り積もった雪の中に通路を作るような作業に適している。また、**図 6 (d)**が最もコンパクトになる形態であるため収納状態としても想定している。このような変形に係る操作は、主軸上に配置したリング（エンドエフェクタへのリンク機構が接続されている）部分を軸方向にスライドする操作を基本に行うことができ、操作の簡便さも意識して開発した。本試作用具は、プラウの変形機構の機能や使用感を検討することに主眼を置き、部品の組換えや調整がしやすいように市販の汎用アルミニウム合金製フレームと各種締結具から構成されている。また、プラウ部分にはポリプロピレン製の市販のスノープッシャーのプラウ部分を流用している。試作品は全長約 136 cm、最大幅（**図 6 (b)**の形態）83 cm で、重量は 3.0 kg であった。

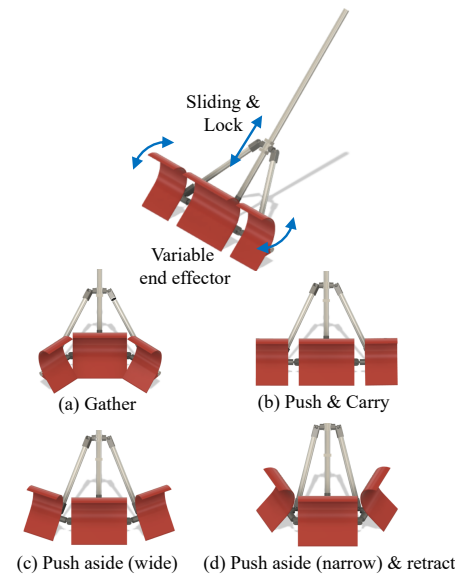


図 6 可変機構を備えた試作除雪用具の模式図

4-3 試作用具の評価

図 6の試作用具を用いて実際に除雪作業を行なった。作業環境の外気温は -1°C 、作業対象はインターロッキングされた面上に高さ 6 cm ほどに積もった雪で、ほぼ新雪の状態である。このような雪が降り積もった 4 m 四方の領域を本試作用具によって除雪を行いそれに要する時間を計測するとともに使用感を評価した。作業者は 19 歳男性（身長約 175 cm、体重約 65 kg）である。比較のために、市販のスノープッシャーでも同様に除雪を行い本試作用具との比較を行った。その結果、除雪に要した時間は、市販のスノープッシャーでは 4 分 55 秒であったのに対して、本試作用具では 3 分 11 秒と作業時間が短くなった。本試作用具は作業中のほとんどの時間を **図 6 (b)**に示す除雪幅が最も広くなる形態で使用された。その除雪後の様子を **図 7**に示す。この図から本試作用具を使用した

場合（**図 7 (b)**）は雪が線状に残っていることがわかる。これは、プラウの隙間（左右の可変プラウと正面の固定プラウとの隙間からのかき残しであり要改善点であるといえるが、その隙間を柔な素材で覆ったりヒンジ部の構造を工夫したりすることにより隙間を埋め、改善を図ることが可能である。一方の市販のスノープッシャーでは作業中に大量の雪がこぼれ落ち、同じ場所を何度も除雪を行う必要があり、その結果、作業に要する時間が長くなった（しかし、作業後の仕上がりは良好となった）。除雪作業中のプラウ面と作業面との角度の関係について **図 8**に示す。この図から、市販品よりも試作用具の方がプラウ面と作業面とのなす角度が大きいことがわかる（プラウと柄のなす角度はそれぞれの用具で固定されているが、プラウ面が曲率を持っていることならびに作業中に使いやすいと感じる柄と作業面との角度は作業者によって異なるため、ここでは角度を相対的な大小関係として定性的に表している）。この角度の小さな市販品では、作業中にプラウの上部を雪が容易に乗り越えてこぼれ落ちた。それに対して、試作用具はその角度が大きいことに加えて曲率を持ったプラウが雪に覆い被さるような状態になりプラウ上部からの雪はさらにこぼれ落ちにくくなっている。また、この試作用具のプラウと作業面との角度の大きさは、作業中の用具の押し出し動作のしやすさにも寄与している。市販品では作業面上に突起があるとプラウ先端が引っかかりプラウを押し出すには少しプラウを作業面から浮かせるような動作が必要であったが、試作用具では作業面状に多少の突起があってもそれに影響されにくく、押し出し動作を比較的容易に行うことができた。試作用具の **図 6 (b)**以外の形態でも、概ね想定したとおりの機能を果たすことが確認できた。

以上のことから、簡単な操作で目的に応じてプラウの形状を変形させることのできる可変機構を備えたスノープッシャーは実現可能であり実用に耐える可能性も示した。一方で、可変機構のヒンジ部の隙間や、使用中のプラウ面の作業面との角度の設計など細部の設計の最適化の重要性が明らかとなった。

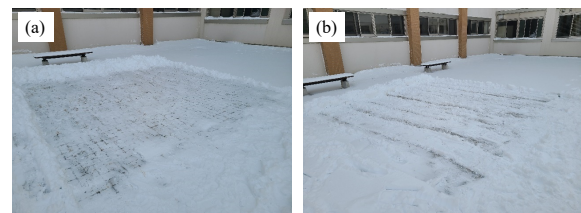


図 7 除雪作業後の様子、
(a)市販のスノープッシャーを使用した場合（作業時間：4 分 55 秒）、(b) 可変機構を備えた試作除雪用具を使用した場合（作業時間：3 分 11 秒）

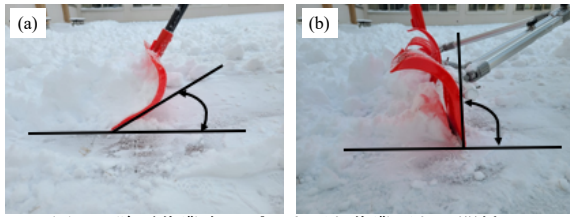


図7 除雪作業中のブラウ面と作業面との関係，
(a)市販のスノープッシャー，(b)可変機構を備えた試作除雪用具

5. 理想的な手持ちタイプの除雪用具 (結言に代えて)

本研究では、「多くの人が簡単に取扱うことができ、除雪作業の労力を軽減する除雪用具」を実現するための要素技術として「加熱機構」と「可変機構」に注目しそれぞれ試作用具を製作しその可能性について検討してきた。それらの検討結果については第3章ならびに第4章の各章末で述べたとおりであり、もちろん「加熱機構」と「可変機構」以外のアプローチも有効であろう。本章では、これら技術の検討の過程で明らかとなった「理想的な手持ちタイプの除雪用具」を実現するための要素について述べる。まず第1に用具の軽さである。表1にまとめた既存用具は(4)のスノーダンプ以外は1 kg 台と軽量に作られている。それに対して、本研究の2つの試作用具は、加熱機構の検証用で3.6 kg、可変機構のそれで3.0 kgであった。本研究の試作用具は機能や機構の検証を優先し、軽量化には特別な配慮をしていないとはいえ、使用中には明確に重いと評価された。可変機構付きの試作用具については、基本的な構造を同じくし十分な強度を保ったまま材料置換や寸法変更などで容易に10%程度の軽量化を実現できる見込みがある⁸⁾。しかし、「多くの人が簡単に扱える」ようにするためには、本研究の評価を通して、できれば1 kg 台に抑える必要があると感じた。また、先に述べた重量低減についての研究では、用具の重心位置の解析についても検討しており、闇雲に軽量化を図るのではなく、用具の使い方に応じて重心位置の最適化も意識することの重要性についても明らかにした⁸⁾。たとえば、スノーショベルのように作業面から持ち上げて扱う頻度が高い用具では、重心の位置はなるべく作業者が保持する位置に近づけた方が軽い使用感が得られ作業者負担が低減する。「理想的な手持ちタイプの除雪用具」を実現するための第2の要素は価格である。既存用具の調査の際には併せて価格も調査したが、表1に示した用具は1,500～6,000円程度であった。季節商品であり先に述べたコンセプト「多くの人が～」の部分には購入しやすい

価格であることも含まれているが、次に述べる第3の要素に関連して単に安価なのではなく、適正な価格であることが望ましいと考える。その第3要素とは、使用する素材と商品としての環境適合性(～持続可能性)である。既存の用具にはプラスチック素材が多用されている。これは軽量化とコストを追求した結果であるが、毎年、冬季間の終わりには雪受け面や柄などが破損した用具が多く廃棄されている様子を目にする機会が多い。人類がプラスチック素材を多用することのリスクは、現在、多くの人の知るところであり、その対策として除雪用具の分野では、かつて利用されていた木材や竹などの素材を利用した除雪用具³⁾に回帰することも検討するべきであると考え。それは単に過去の遺産を発掘して利用するのではなく、現在の材料加工や解析技術を用いて新しい除雪用具として再構築することである。それを実現するためには当然コストが高くなり、従来の商品と比較すれば価格の面で競争力が低くなるように見えるが、きょうびそのような競争から脱却した商品を目指すべきである。消費者に低価格であると感じさせることは、その商品を軽んじる、すなわち使い捨ててもよいという意識を長年にわたって消費者に植え付けてきた。そこで、十分に管理され厳選された素材を用いて製造された高機能なものでかつ長く使い続けられるのであれば、それらの価値が反映された(見かけ上高い)価格であっても十分に消費者には受け入れられる。このような考え方を、除雪用具という日用品であり生活必需品にも導入することで、新しい価値観を生む商品となると期待される。以上が、新しい理想的な手持ちタイプの除雪用具であると考え。

参考文献

- 1) 国土交通省，令和4年4月1現在の豪雪地帯及び特別豪雪地帯の指定に係る資料(概要)，<https://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/chisei/content/001584511.pdf>，(2023年5月18日アクセス)
- 2) 森田勲，須田力，雪氷，Vol.67, No.3(2005) pp. 233-243(2005)
- 3) 東晃，雪氷，Vol.30, No.2(1968) pp.1-5.
- 4) 公開特許公報，持ち手付き温熱融雪具，特開2019-152082
- 5) 実用新案，消雪機，実登3120208
- 6) 実用新案，スコップ，実登3217866
- 7) 公開特許公報，マルチブラウ，特開2016-199877
- 8) 芦沢祐弥，齋藤広弥，山岸郷志：新しい手持ち除雪用具の開発，日本機械学会北陸信越支部2023年合同講演会予稿集，P308，(2023.3)