

伸縮機構による屋根雪下ろしロボットの開発

システム科学技術学部 知能メカトロニクス学科

2年 高橋湧稀

2年 阿部立樹

2年 伊藤 海

指導教員 システム科学技術学部 知能メカトロニクス学科

准教授 齋藤 敬

1. 目的

本研究は、秋田を含む北日本地域で問題視されている、雪下ろしの際の事故を防止するための雪下ろしロボットを製作する。今回は人工生体機構研究室で開発された伸縮機構「巻尺腕Type-K」[1]に取り付ける雪下ろし用部品（以下ブレード）の設計、作成、その実地試験を行うことを目的とする。

2. 研究概要

本自主研究では、CADソフトの基礎的な使用方法を学び、これを使用して雪下ろしロボットに取り付ける雪を掻き下ろすためのブレードの設計を行い、実際に構成部品を選定、購入し組み立てた。実地試験では東由利地区にある倉庫（旧小野商店）の屋根で実際の環境で雪下ろしを行い、改善点を探し出した。

3. 研究結果・考察

3.1. 3DCADソフト (SolidWorks) の使用方法の学習

まず研究を行うにあたり、3DCADソフトの使用法を学ぶ必要があった。結果として比較的簡単な立体図形の作成方法から始まり、作成した部品データを合致させ、一つの構造物を作成する方法まで修得した。非常に基礎的な操作方法であり、詳細の記述はここでは省略する。これを利用して作成した3DCG画像が以下の図1である。また、図2は雪下ろしロボットの概形である。

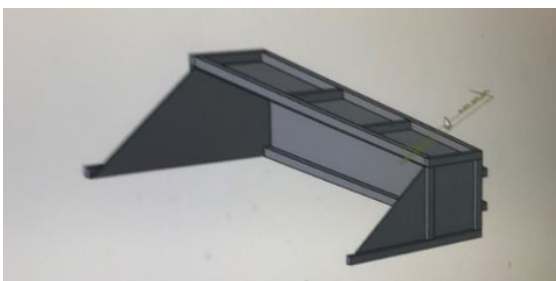


図1：作成した雪下ろしブレード

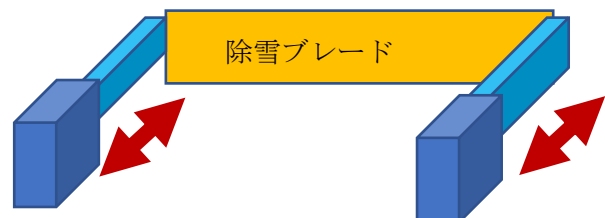


図2：雪下ろしロボットの概形
青ボックスが伸縮機構に相当（屋根に固定）
水色ボックスは伸縮部を表す

3.2. ブレードの仕組み

ブレードは片立ち上がりヒンジを利用して一部可動するように設計している。可動部分は背面のパネルであり、次の図2のように可動する。矢印は引っ張るまたは押す方向であり、引っ張る時は屋根の軒先に雪を集めるように動かし、押す時は屋根の棟に向かってずらすように動かす。

この時、図2の黄色い開閉部は引く際は閉じ、雪を逃がさないように可動する。押す際は既存の雪から受ける抵抗を少なくするため開き、雪を中に送り込む構造になっている。押し続け棟まで行き雪がなくなると開閉部が閉じ、再度雪を掻き下ろす形となる。

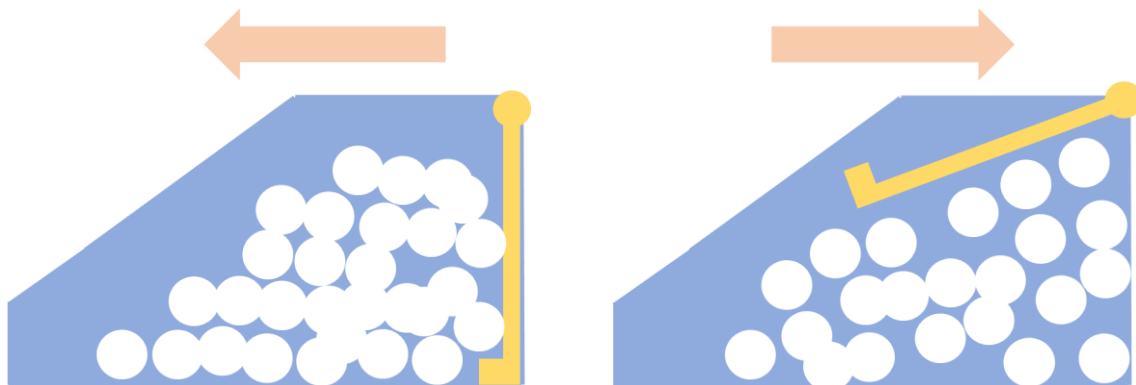


図3：ブレード可動部の略図

3.3. 構成部品・素材

以下、構成部品一覧を記載する。なお、全ての素材はミスミ株式会社のWebカタログより取り寄せており、商品コードもともに記載してある。また、部品の固定・結合に使用したネジやナット等細かい部品の記載は省略する。

商品コード	商品名	個数	使用部位
L-PNLNN-1780-270-3	アルミプレート (3mm)	1	可動版
L-PNLNN-1800-300-3	アルミプレート (3mm)	1	ブレード上面
NFE56-3030-1810	アルミフレーム	2	ブレードフレーム
NFE56-3030-240	アルミフレーム	2	ブレードフレーム
NFE56-3030-300	アルミフレーム	2	ブレードフレーム
NFE56-3030-700	アルミフレーム	2	ブレードフレーム
NFE56-3030-270	アルミフレーム	4	ブレードフレーム
NFE56-3030-100	アルミフレーム	4	可動部ストッパー
NFE56-3030-1780	アルミフレーム	1	可動部補助
KOH-80	片立ち上がり蝶番	6	可動部
コード不明 (既存であったため)	テフロンシート	数m	側面

表1：ブレード構成部品一覧

素材としてアルミを採用したのは軽量、耐久性に優れ、腐食しにくいことが挙げられる。また、可動部には黒色カラーシートを張り付けており、太陽光による熱を吸収する

ことで周辺の雪を溶かし、可動部を沈みこみやすくする狙いがある。側面のテフロンシートは軽量化のため採用した。上面のアルミプレートは雪に埋まった際設置面を広くすることで圧力を分散させ、過度に雪に沈みこまないようにしている。本体の全長は約2mほどであり、質量は20.0kgである。

3.4. 実地試験

前述した通り、東由利地区にある倉庫（旧小野商店）の屋根において、実際に雪下ろしを行った。試験の際には押す動作を伸縮機構で、引く動作を自動車に用いられるウィンチで行った。伸縮機構はブレード両端に接続されており、押し出す力は約300N、引き込む力は約600Nとブレードを動かすには十分な出力であるが、引き込む際は雪の重さも加わるため、今回より強い力にブレードが耐えられるか実験するため、引込時は約12000Nの出力がある電動ウィンチを使用する。また今回、伸縮機構やウィンチは屋根ではなく、足場に土台となる木材を介して固定した。これは本来機構を屋根の雪止めに固定しようと考えていたが、雪によって雪止めが埋まっていたためである。

3.4.1. 押込試験

伸縮機構によって屋根に積もった雪に向かって軒先から押込む試験を行った。実験開始数分はゆっくりだが数センチずつ確実に押し込まれていることが観測できた。しかし、伸縮機構の固定の緩さ、屋根との角度調整に不具合が生じ、また屋根に取り付けてあった雪止め（雪の滑り止め）部分にブレードが干渉し、10cm程進めたところで伸縮機構の腕が湾曲してしまい、それ以上動かなくなった。

3.4.2. 引張試験

次にウィンチでブレードを引っ張ることで、積もった雪を下せるか確認する試験を行った。引っ張り試験開始時は、図3中央の雪の塊左側面にブレード先端が付いている状態から始まった。ブレード本体の重量によって、若干固まった雪でも埋まりこむことが観測された。

実験開始10秒ほどは難なく引っ張ることが出来たが、それ以降は屋根の雪止めにブレードが引っかかったことに気付かず、ウィンチの引込を数回繰り返した後、最終的に片方のウィンチを固定していた木材が破断し、悪天候もあり試験は中止となった。



図4：引張試験時、固定木材が破断した際の写真



図5：雪がない状態の実験環境

4. 考察

押込試験での失敗原因は押込むための伸縮機構の固定角度、固定方法とブレードの重量、形状にあると考える。伸縮機構は屋根と平行に設置し、雪によってかなりの重量がかかるため頑丈に固定する必要がある。伸縮機構が足場と平行になるよう設置してしまったことが、途中で伸縮腕が湾曲する原因だと考えられる。

また、降雪量の多い地域では屋根に雪止めが設置されていることが多く、これを持ち上げられるようブレード前後を湾曲させ、引っかかる原因を最小限にする必要がある。ブレードの足にはタイヤやテフロンシートなど屋根・雪との摩擦を減らすことでより押込みやすくする工夫が必要である。

重量に関して、アルミフレームは耐久力もあり、軽量、腐食耐性も高いため素材の変更を行うのではなく、上面、背面のアルミパネルに穴をあけることによって肉抜きを行い、表面積を維持したまま軽量化を行う方法や、パネル部分を目の細かい網に変更する方法も考えられる。

引込試験での失敗原因は同じく屋根の雪止めに引っかかってしまったことと、引込ウィッチの固定方法にある。ブレードの形状については上述の通りであり、ウィッチの固定部分もアルミ等強度の高い素材によって頑丈に固定させる必要がある。ブレード側面のテフロンシートは試験中に捲れてしまい、側面に雪が逃げてしまったため、側面も強度の高い素材で構成する必要がある。

全体的な改善案としては、引込、押込動力部分の固定をより強固にし、かなりの重量を持つアルミパネルを肉抜きやプラスチック等別素材に変更することによって軽量化があげられる。また、ブレードや動力部以外ではバッテリーなど、電装類の漏電防止策を考えるべきである。

5. 結論

屋根の上で可動する機械を作成する際、屋根の形状や傷をつけないか、設置しやすいかどうかなど、実地試験によって得られる知見は大量に存在した。雪を下せるか下せないか、長期間使えるかだけでなく、その他の部分に目を向けるとてもよい機会となった。また、CADによる設計製図の難しさを学ぶ良い機会となった。本実験での反省を生かし、次回以降の研究ではこれらの問題点を解決できるよう期待したい。

謝辞

実地実験においては、建物を提供された小野一彦様や関係者の見学を受け、試験器具の屋根や足場への運搬にもご協力頂いた。ここに深く感謝する。

参考文献

[1] Takashi Kei Saito, Kento Onodera, Riku Seino, Takashi Okawa, and Yasushi Saito: 300-N Class Convex-Based Telescopic Manipulator and Trial for 3-DOF Parallel Mechanism Robot, *J. Robot. Mechatron.*, Vol.33, No.1, pp. 141-150, 2021