

モーター電流値による小型除雪ロボットの雪負荷監視と制御

Load control of a snow eater robot by monitoring the motor current.

○ 長谷川和也, 笠松龍一朗, Ernesto Rivas, 水戸部和久

○ Kazuya Hasegawa, Ryuichirou Kasamatsu, Ernesto J. Rivas G. , Kazuhisa Mitobe

山形大学大学院 理工学研究科

Graduate school of Science and Engineering, Yamagata University

キーワード：除雪ロボット(Snow eater robot), 負荷検出(Detection load), 制御プログラム (Control program), 負荷軽減(Load reduction)

連絡先：〒992-8510 山形県米沢市城南 4 丁目 3-16 山形大学工学部機械システム工学科
水戸部研究室, 水戸部和久, Tel.:(0238)-26-3230, E-mail : mitobe@yz.yamagata-u.ac.jp

1. 序論

雪国の生活者にとって冬季の除雪作業は、大きな負担である。[1]一般家庭での除雪作業の自動化は長年の夢であるが、重機を自律化することの危険性、雪のハンドリングの技術的な問題などのため、現状では人手による作業が多い。

本研究は小型で完全自律運行が可能な移動型除雪ロボットを目的として、そのために必要な技術開発をおこなうものである。Fig.1 は開発中のロボットの雪取り込み部である。ロボットはロボット前方および内部のスクリュで構成されている雪取り込み装置と、左右独立駆動が可能な 2 つのクローラを用いた走行装置で構成される。本報告は、ロボットの小型化に伴う低出力・長時間作業を行う上で重要となる作業中にロボットが雪から受ける負荷の軽減方法に関するものである。ロボットへの負荷を軽減する方法を制御システム面から検討する。

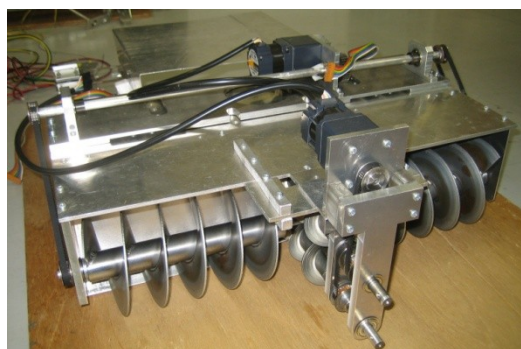


Fig.1 Snow eater robot

2. 雪取り込み時の負荷計測

市販の家庭用除雪機の多くは、高速回転のオーガにより前方の雪を粉碎し、粉碎した雪を投雪する形態である。時間当たりの投雪量は除雪機の動力および自重に見合った量となるが、作業効率を上げるためには大型、大重量な機械となる。

本研究で開発中のロボットは、自律運転を前提とし、小さな動力により低速、

長時間運転するものである。そのメリットは、小型軽量化、低コスト化である。ロボットを軽量化する場合、雪から受ける負荷によりクローラが空回りして移動が困難となる点、雪取り込み装置内の詰まりが問題となる。したがって、雪による負荷を適正範囲に制御することが技術的な課題である。

負荷を監視する方法としては、取り込み装置とクローラ取り付け部品に歪ゲージを用いる方法が考えられるが²⁾、より簡便な方法として、クローラおよびスクリュを駆動するモーターの電流監視により必要な負荷監視を行うことを検討する。

除雪作業中は負荷監視をクローラ速度および取り込みスクリュの速度へ反映し、安定な運転を維持する制御を行う。本報告は、そのための基礎実験として、作業条件の変化が各モーターの電流値に与える影響を調べた。制御に実装する際に必要となる負荷の閾値等を調査するため、駆動実験を行い負荷データのサンプルを収集した。

アイススライサーで削った氷を雪に見立て、全長 640mm、幅 180mmの雪を Fig.2 のように設置し、ロボットに雪を取り込ませる時のモーター電流を計測した。固定動作条件として走行速度を毎秒 34mm、スクリュ回転速度 32rpm に設定。さらに走行時間 2[s]、停止時間 18[s]の間欠動作を行わせ、雪の設置量を変えて実験を行った。設置量は片側 2kg ずつと 3kg ずつの 2 種類である。

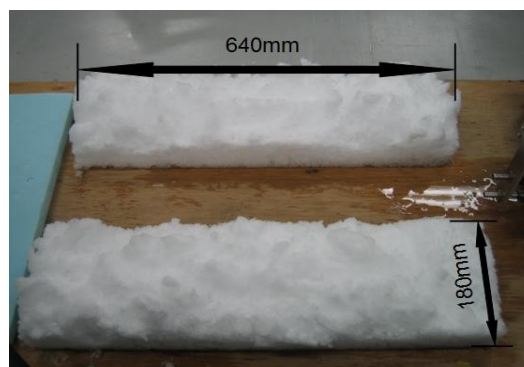


Fig.2 Experimental snow-covered area

下の Fig.3～Fig.6 にそれぞれ、内部スクリュ、前方スクリュ、右クローラ、左クローラの駆動時間とモーター電流の関係を表すグラフを示す。青のグラフが設置量 2kg、赤のグラフが設置量 3kg である。

内部スクリュ・前方スクリュ両方の電流を見ると、2kg 設置時は周期を保ったある程度安定した電流が検出されているが、3kg 設置時の電流が時間経過と共に大きくなり、ロボットへの過負荷が確認されたため最後まで走行させられなかった。左右クローラの電流についてはどちらの場合においても大きな差が見られず、過負荷検出用の信号としては不適切である事が確認できた。

これらの結果から、両スクリュの電流を監視して負荷を制御することが有効である、という結果が得られた。そこで、スクリュ電流値を制御用マイコンに取り込み安定な運転を維持する制御を行うプログラムを作成することにした。

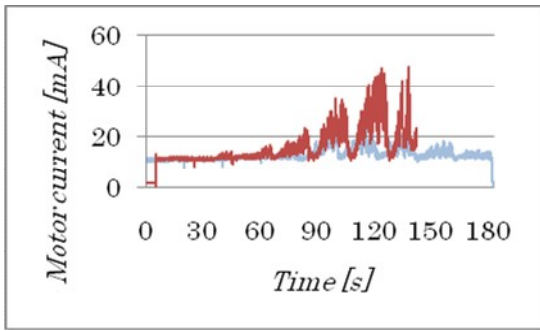


Fig.3 Inner screw load

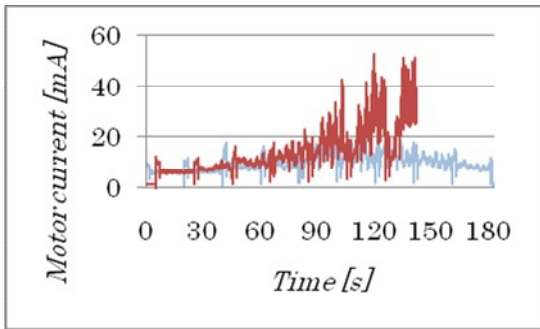


Fig.4 Front screw load

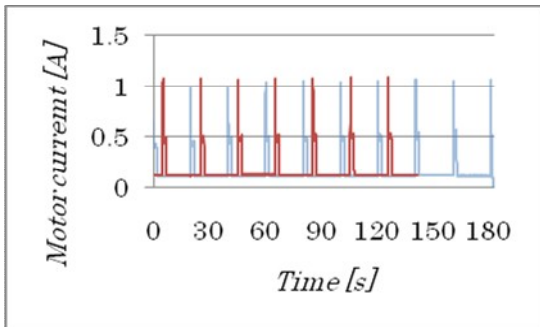


Fig.5 Right crawler load

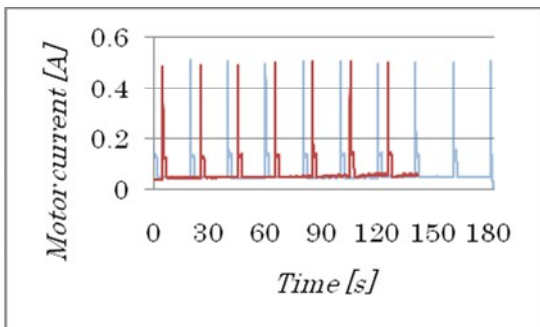


Fig.6 Left crawler load

3. 負荷監視プログラムによる制御

今回作成したプログラムは、PCに取り込まれた電流値を監視し負荷が増加した

と判断される場合に走行装置を制御し、駆動時の負荷を軽減するものである。電流値そのものは振動的であり、閾値の設定により過負荷を判断することは難しい。そこで、ロボットが走行—停止を繰り返す周期毎の平均値をもとに過負荷を判断する。

Fig.7 と Fig.8 に負荷計測実験で得られた内部・前方スクリュの平均負荷値のグラフを示す。このグラフから、前方スクリュの平均負荷値が 8 以上になった時、走行時間を 1[s]減少、停止時間を 2[s]増加させ、負荷値が 4 以下になった時、初期走行条件に戻すプログラムを作成した。

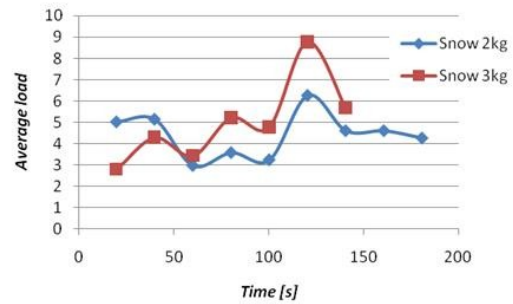


Fig.7 Inner screw average current

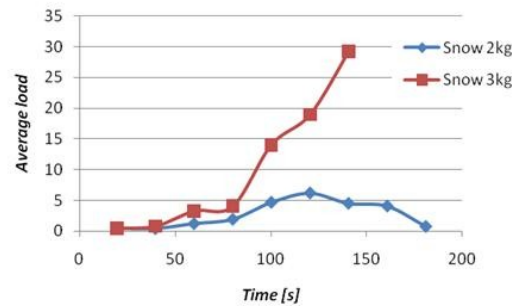


Fig.8 Front screw average current

上記の負荷制御方法の有効性を確認するため、負荷計測実験と同じ動作条件、雪設置量は片側 3kg で除雪作業実験を行った。Fig.9 と Fig.10 に、内部スクリュ

及び前方スクリュの負荷制御プログラム搭載の有無による負荷変動を比較するグラフを示す。青のグラフが新しい制御プログラムを搭載したもの、赤のグラフが従来のプログラムである。

グラフを見ても明らかなように新しいプログラムを搭載した場合、負荷の急激な増加が抑えられ、除雪作業を最後まで行えるようになった。この事から今回搭載したプログラムは、長時間除雪作業時のロボットの負荷軽減に有効である事が確認できた。

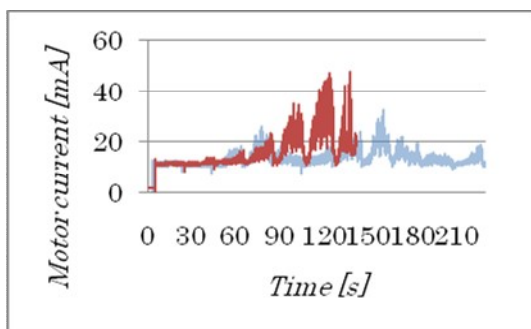


Fig.9 Comparative inner screw load

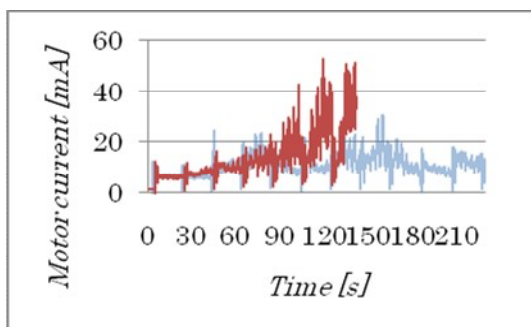


Fig.10 Comparative front screw load

4. 結論

今回の実験によって、制御用マイコンを用いた負荷監視から得られたデータによる、ロボットへの負荷を軽減するプログラム制御が可能である事を確認した。今後は積雪量および雪質に関して、広い範囲の条件下で負荷制御実験を行い、実

用的な制御パラメータを調査する。

参考文献

- [1] やまがたゆきみらい推進機構 山形県北村山地域雪 対策に関するアンケート調査結果報告書
<http://yamagatayukimirai.web.fc2.com/download/h19an.pdf>
- [2] 佐藤賢, 小型除雪ロボットの雪取り込み装置の改良および低負荷運転に関する研究, 山形大学, 2009 年度修士論文