

岩盤調査用登攀ロボットの設計・製作

釧路高等専門学校専攻科 ○吉田 大輔、釧路高等専門学校 荒井 誠 池田 裕一 梶原 秀一

要旨

1996年2月、余市町と古平町にまたがる豊浜トンネルにおいて、大規模な岩盤崩落事故が発生し、20名の命が失われた。道内には、岩盤が崩落する危険性がある崖が300箇所以上存在し、このような崖には小規模崩落を防止するためにロックネットと呼ばれる金網が張られている。このロックネットの上を移動して岩盤の調査用のロボットを開発することにより、より詳細かつ安全な調査方法を考案したので報告する。

1 目的

1996年2月、余市町と古平町にまたがる豊浜トンネルにおいて、大規模な岩盤崩落事故が発生し、20名の尊い命が犠牲となった。道内には岩盤崩落の危険性のある崖が300箇所以上あり、われわれの生活は常に岩盤崩落事故の危険にさらされているといえる。豊浜トンネルでの崩落事故をきっかけに、北海道開発局では道内各地で崩落の危険性のある崖の定期的な調査を行っている。調査の方法は、双眼鏡による目視、ラジコンヘリによる岩盤の撮影、またとび職人による岩盤の確認などである。しかし、これらの方法にはコストや安全性などの問題がある。

現在、崩落の危険性のある岩盤の多くには小規模崩落を防止する金網(Rock-net)が張られている。本研究ではこの金網を利用して確実な調査を安全に行うための岩盤調査用登攀ロボットを開発することを目的とした。

2 ロボットによる岩盤調査の方法

2.1 調査概要

岩盤調査ロボットには以下の機能が必要である

- (1) 岩盤上を移動するための機構
- (2) 岩盤を観察するためのカメラなどの調査機器
- (3) ロボット制御のための制御回路および電源。

しかし、金網の移動と調査を行うロボットでは、本体重量が増え、バッテリー稼働時間が少なくなり、結果的に十分な調査ができないなどデメリットが多い。そのため、金網に登攀しワイヤを敷設する『登攀ロボット』と、カメラで岩盤の調査をする『調査ロボット』の二台に作業を分担し岩盤調査を行うことで、軽量化とローコスト化を実現することとした。

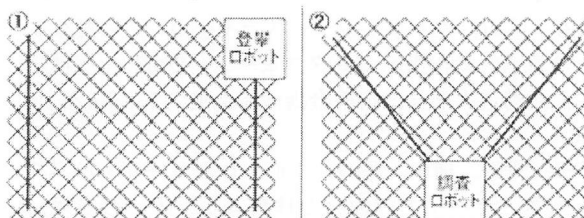


Fig.1 Method of Investigating bedroc

ロボットによる岩盤調査は Fig.1 で概略を示すように、次の手順で行われる

- (1) 登攀ロボットは金網に登攀し調査する岩盤の上部に移動した後、ワイヤを金網に固定し、降下する。同様の手順で岩盤の左右に2本のワイヤを敷設する。
- (2) ワイヤの下端を調査ロボットに固定する。調査ロボットは左右のワイヤを巻き取ることで岩盤上の任意の場所へ移動する。

2.2 岩盤の登攀方法

登攀ロボットは4節リンク機構を用いて以下の手順で岩盤に登攀する。(Fig.2)

- (1) アーム側のつめを金網の目から引き抜く。
- (2) アームを持ち上げつめを金網の目に差し込む。
- (3) 本体側つめを金網の目から引き抜く。
- (4) 本体を持ち上げ、つめを金網の目に差し込む。クランクを1回転させるとこの一連の動作によってロボットは金網を2マス分(約150mm)上昇する。この一連の動作を連続して行い登攀ロボットは金網を登っていく。

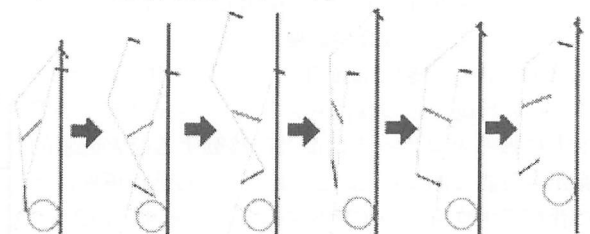


Fig.2 Method of climbing in Rock-net

3 登攀ロボットの設計

登攀ロボットの概要図をFig.3に示す。登攀ロボットは本体重量を低減するためモータの使用個数を抑え、また調整が容易であるリンク機構の中でのクランク機構を用いた。登攀ロボットには金網を上昇し、ワイヤを敷設した後、降下する一連の作業が要求される。梶原らの研究⁽¹⁾によって登攀装置はほぼ完成している。よって、登攀ロボットには、ワイヤ敷設、降下の機能を付与することを課題とした。

降下方法はワイヤを敷設した後、ドラムリールによってワイヤを繰りだしていき、降下する方式

とし、ロックネット上にワイヤを固定するための金具に鉤状のアンカーフックを用いた。フックはリニア機構によって金網に押し付けられ、アンカー(碇)のフック状の部分が、かえしとなって抜け落ちないような構造となっている。

降下する際、モータを回転させて、ワイヤを繰り出して降下していくため、ドラムには速度調整のためブレーキ機構が必要となる。そのため減速比 300 のギアモータと軸を歯車で結合した。また、岩盤の登攀距離を 100m とした。

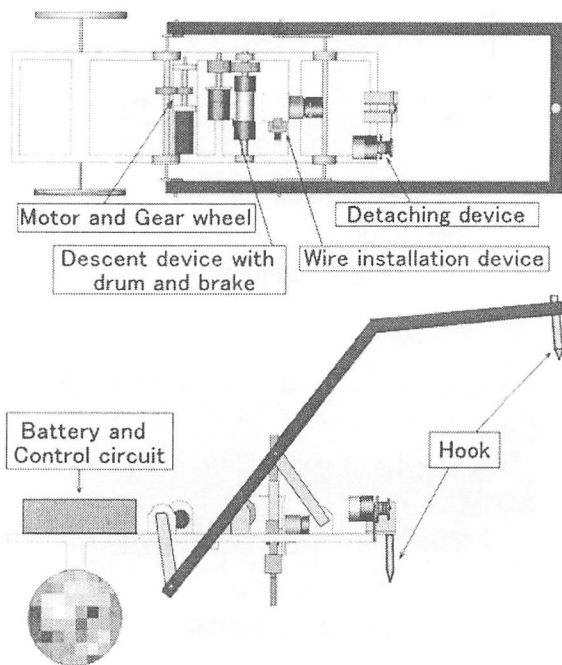


Fig.3 Structure of Climbing Robot

4. 調査ロボットの設計

調査には記録方法や操作性を考慮し無線ネットワークカメラを用いることとした。これにより調査ロボットは、比較的軽量となるため、左右両端に位置する 2 本のワイヤの長さを調整することで左右上下に、ロックネット上を移動する方式を採用した。基本形状は金網上が比較的平坦であると想定し、ソリ型にした。また、全体の軽量化のために、基本構造をシンプルにし、使用材料もアルミニウム製のパンチングメタルとパイプを多用している。ロボットのデッキ部分には巻き取り部、制御回路を、ロボット下部にはカメラや電源を配置し全体の重心バランスに配慮している。

5. 実験

登攀用ロボットの登攀実験は釧路高専グラウンドの野球用のフェンスで行った。その結果、最終的に金網上に固定された状態からワイヤ敷設と降下が確実に行われることを確認した。

調査ロボットの移動実験も同様に行った。その

結果、いくつかの改良が必要となったが金網や壁を移動し調査記録が行われることを確認した。

6. まとめ

完成した登攀ロボット、調査ロボットの外観図をそれぞれ Fig. 4、Fig. 5 に示す。

現段階において本研究の目的である

- (1) 登攀ロボットがワイヤを敷設
- (2) 調査ロボットが敷設ワイヤを使い移動
- (3) 岩盤上を調査

を行うロボットによる岩盤調査のプロセスが可能となった。

今後は開発したロボットの適用可能性を確認するために、実際の岩盤に敷設されているロックネットでの実証実験を行う予定である。

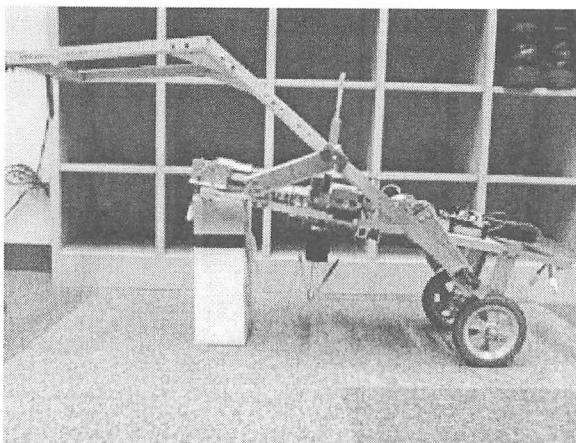


Fig.4 Climbing Robot

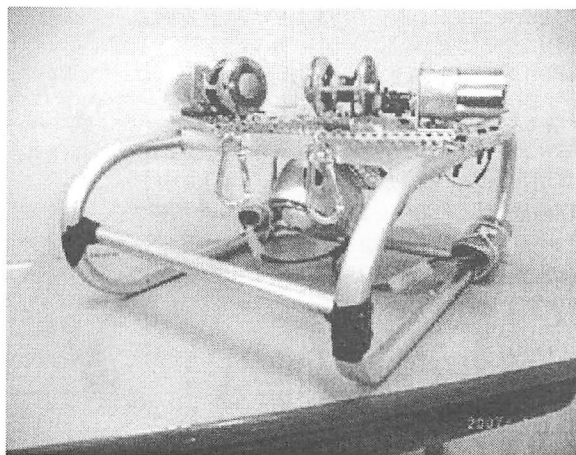


Fig.5 Investigation Robot

参考文献

(1)Hidekazu Kajiwara, Development of Rockfall Prevention Net Climbing Robot Using a Quadric Chain,Journal of Robotics and Mechatronics Vol.18 No,3 2006,P312-P317