

多様な移動ロボットとそのミッション

2足以外の移動ロボットとしては、車輪型、クローラ型、2足以外の多脚型、ヘビ型などがある。世界の移動ロボットの開発史を紐解くと、1950年代にアメリカや旧ソ連で、車輪型、多脚型ロボットの開発が始まった。その多くは昆虫や4足動物を規範にしたものだった。

日本では30年以上の開発歴をもつ、東京工業大学広瀬茂男・福島 E. 文彦研究室による4脚ロボット TITAN シリーズが世界的に知られている(本誌60号"4足歩行ロボットの進化の足跡"も参照)。ここでは、この TITAN シリーズのほか、多脚型、ヘビ型、クローラ型のユニークな移動ロボットを取り上げる。キーワードは「お役立ち」。作業代行や人を助けることを前提に作られた、歴史上のロボット、今に続くロボットを紹介する。

多脚型ロボット

山斜面で作業する、世界最大の4脚ロボット TITAN-XI

最大震度7を記録し、死者68人、約12万棟の家屋被害が出た新潟県中越地震は10月で発生から4年たった。仮設住宅は被災地から撤去されたが、集団移転地の周辺では地震で崩れた山の斜面の補強工事が今も続く。空撮の写真を見ると、碁盤の目のようなコンクリート構造が斜面一面に張り付いている。

このように、崖崩れを防止するために、鉄筋コンクリートフレームを設置して、法面(斜面)を安定させる工事や、ロックボルト・永久アンカーボルトを岩盤まで打ち込み、法面を補強する工事が行われる。ボルトやアンカーを打設する補強工事では、法面にドリルで穴を掘る削孔工事が必要だが、これはほとんど人手に頼っている。しかし、この作業は高所で行われ、大規模なので、非常に非効率で、多大なコストと時間を要し、滑落などの事故につながる危険も小さくない。

この作業の自動化に広瀬・福島研開発の4脚ロボット TITAN が参画した。TITAN シリーズは、1976年にザトウグモという昆虫を模したロボットが初号機。その後、



這うように法面を上る TITAN-XI の勇姿

30年余かけ、機構の改良を重ね、稼働能力やエネルギー効率の向上を測ってきた。その途上でさまざまなアプリケーションを想定したバージョンを生み出したが、建設現場での運用を考えた TITAN の開発は1994年に始まった。

現場に行くと、そのニーズを目で見て肌で感じてきた広瀬さんは「最初、歩行なんて考えていなかったが、現場で使われていたクローラ型では鉄筋を削ってしまい、あとで時間をかけて補修する必要があり、歩行型がいちばんいいとわかった」。実際に、現在、現場で使われているのは、車輪型やクローラ型の削孔用建設機械だが、この移動方法では全体としての作業効率はあまりあげられなかった。

斜面のある地点に停止して、鉄筋を地面に押し込むには「姿勢制御」が必要だが、「脚型だとその足の調整で姿勢制御も容易に行える」。しかし、平地ではクローラで移動した方が効率がよい。また、クローラがあれば不測の事態では、「4脚の油を抜いて(油圧シリンダで駆動されている)、脚を縮め、底面に収納してあるクローラにボタンタッチすれば回収も可能だ」ということで脚とクローラの「得意の」ハイブリッド方式を採用した。7トンもの巨大な4脚ロボットの底に、救命ボートよろしく、クローラを隠し持つなんて、なかなか思いつかない発想だ。

TITAN 本体はワイヤでけん引されながら、どんな急斜面でも確実に登れ、落下の心配もない。最新バージョンの TITAN-XI のシステム構成は次のようになっている。

- 1) 2.2m×3.4m×0.2mの箱形の本体
- 2) 脚数は4本(各脚は3自由度)



TITAN-XI の底部に控えているクローラ

- 3) 整地移動のための補助移動クローラ
- 4) 牽引ワイヤを巻き取るためのウィンチ
- 5) 削孔機構
- 6) エンジンを水平に保つエンジンリフト(動力として、2800ccのエンジンを搭載している)
- 7) TITAN の姿勢や斜面の勾配を計測する姿勢センサ
- 8) 地形を計測し、地図を作成するための光学測距システム

TITAN-XI は安全のために、操作者の遠隔操作によって、制御される。操作者はジョイスティックを操作し、TITAN に移動、削孔作業、緊急時の動作などの指令を送る。脚運動と歩行の基本動作実験を経て、今年1月、南アルプスの法面現場で、各種動作実験を完了し、現在、最終調整を行っている。



TITAN-XI は現場近くまでトラックで搬送され、降車後はクローラで工事現場の法面近くまでの整地を移動する。