

博士論文要旨

論文題名：能動ラグ型車輪と砂質土間の相互作用力学に関する実験的研究

立命館大学大学院理工学研究科
総合理工学専攻博士課程後期課程ふりがな よう よう
氏名 楊 揚

惑星探査や地質調査の現場では車輪型ロボットが多く用いられているが、砂地のような環境下では車輪が滑ったり窪みに陥ったりすることによって任務の失敗へつながる恐れがある。車輪型ロボットの砂地走行性能は、ラグ(またはグローサ)と呼ばれる突起や凸状のものを車輪モジュールの表面に取り付けることによって、大きく向上させることができる。しかし、従来の固定ラグ型車輪では、個々のラグが地面を押し出す際に、駆動力と垂直抗力に不必要な変動が生じ、結果としてロボット全体の安定性が損なわれてしまう。そこで本研究では、複数の能動ラグを一般的な車輪の中に収めた能動ラグ型車輪 (Active Lugged Wheel: ALW) と呼ばれる新しい車輪機構を提案した。ALW は、車輪が転がりながら前進する際に、ラグ軸の位置を変えることによってラグの傾斜角度や突出長さを自由に変化させることができる。本論文では、ラグの運動軌跡がロボット全体の運動に与える影響を明らかにするため、土壌の例として砂質土を用いてラグが異なる運動軌跡を描いたときの、単一ラグと土壌の間にはたらく力、及び ALW 機構と土壌の間にはたらく力、を計測・解析した。また、ラグの運動軌跡を調整することによって駆動力の不必要な変動を抑える試みについても実験的に検証した。

実験結果から、ラグの傾斜角度と沈下長さが ALW と土壌の間にはたらく相互作用力に大きく影響することが判明した。また、単一ラグを用いた実験では、ラグの移動速度が 10 [mm/s]以下の範囲において土反力は移動速度に依存しないという結論を得た。さらに、ラグが土中で水平動作を行う際に発生する土反力は、変動区間と安定区間に分けることができ、変動区間における力の遷移は主にラグ前面に盛り上がった砂によって影響するため、両区間で生じる土反力はラグの沈下長さを変数とする二次関数で表現できることが明らかとなった。ALW 機構を用いた実験においても、最大土反力がラグの沈下長さを変数とする二次関数で表されるという同様の結果が得られ、車輪リムの存在により、単一ラグと比べて ALW がより大きな駆動力と垂直抗力を発生させられることも明らかとなった。これらの結果に加え、従来の固定ラグ型車輪と比較すると、ALW はラグを早い段階で土壌へ挿入することができ、且つ長い期間土壌内に留めることができるため、より大きな土反力を広範囲に発生させられることが判明した。