

論 文 要 旨

2019 年 1 月 9 日

※報告番号	甲第 243 号	氏 名	藤原大佑
<p>主論文題名</p> <p>Push-Pull Locomotion 機能を搭載した車輪型月惑星探査ローバの支持力推定手法の構築</p>			
<p>内容の要旨</p> <p>本論文では Push-Pull Locomotion 機能を搭載した月惑星探査ローバの車輪と地盤のせん断現象に着目し, Push-Pull Locomotion が移動する際の支持力=牽引力の推定手法を GLEM 理論をもとに構築する.</p> <p>車輪型探査ローバの走行性能に着目した研究では, “地盤と車輪の相互作用 (テラメカニクス)” を基本とした力学モデルの構築や車輪形状検討, そして, それらを応用展開・利用したトラクションコントロール (制御) などいくつかのアプローチが存在する. その中でも高い走行性能を確保できる Push-Pull Locomotion の移動機構に関する研究が近年様々な機関で行われている. Push-Pull Locomotion 機能を搭載した Scarab ローバ (CMU) ではローバの牽引力や沈下の動向, 車輪下の地盤の動きの解析などが行われている. その結果, Push-Pull Locomotion の移動は, 地盤と車輪のせん断力を牽引力として移動するため, 高い牽引力が発生可能であり, 通常の回転走行と比較して有効であるとされている. しかしながら, これまでの解析では, 単輪と地盤との相互作用に着目した力学的観点からの検討がされていない. 惑星探査では人が現地に行くことが困難なため遠隔操作による移動や自動・自律型の移動が不可欠である. つまり, ローバ自身が走行性能を把握し, 判断するためには車輪と地盤の間に作用する力学情報を知る必要がある. また, 車輪の力学モデルを含めたローバのモデルを構築することで Push-Pull Locomotion ローバの設計指針にも役立つ. テラメカニクスでは円形車輪と軟弱地盤の相互作用について力学的モデルが構築されている. しかしながら, このモデルは車輪が回転している動的な現象のモデルとなっており, Push-Pull Locomotion の移動で起こる車輪が地盤をせん断する現象には適用できない. そこで, 本論文では, 車輪が地盤を排土する際の土圧に着目する. 土質力学を専門としている分野では様々な研究が報告されている. その中で Coulomb(1776)や Rankine(1857)の土圧モデルを基本として, 擁壁やトンネルの土圧, ホイールローダや履帯の排土抵抗などの研究が行われている. 本論文ではその中でも榎ら(1991)によって提案された汎用性が高い一般化極限平衡法 (GLEM) を応用し円形車輪が牽引される時の力学モデルを構築し, 牽引力を推定する. 提案する牽引力-推定モデルは以下のステップで検証する.</p> <p>[1] 既存の土質力学モデルによる理論値は, 指定した沈下量を維持(沈下量を強制的に任意の値に拘束)させながら地盤をせん断するときの牽引力と比較して, 理論値の妥当性が一般に</p>			

検証される。また理論値に入力する地盤パラメータは参照する文献によっても異なることが多いためその妥当性は事前に確認する必要がある。そこで、まず GLEM 理論の妥当性と地盤パラメータを板の排土実験から検証し、モデル及び実験環境の妥当性を確認する。

[2] 妥当性を確認した GLEM 理論を用いて沈下量を動的に変化させた際の沈下量と牽引力の関係を明確化する。動的な沈下現象は実際の Push-Pull Locomotion 機構が運動している際の沈下現象と類似しており、沈下量の動的変化とその際の牽引力の変動状態を時系列的に表現することができる。この検証から継続的な牽引と沈下量の動的変化を把握でき、かつその際の時変あるいは安定状態になる牽引力(排土抵抗)を把握できる。

実験条件として設定した各車輪径や荷重、斜度のもとで、推定した車輪の牽引力は排土実験で得られた値と近い値を示し推定モデルが妥当であることが確認できた。

また、車輪と地盤の力学モデルが構築できたことで、Push-Pull Locomotion ローバ上での支持車輪の牽引力が推定可能となる。そこで、Push-Pull Locomotion ローバの斜面登坂時の車輪の沈下やそれに伴う荷重移動を考慮し、その登坂性能についてテストベッドを用いて検討を行う。力学的な検討の結果、Push-Pull Locomotion ローバに沈下量を増加させる移動や荷重変化を利用する移動を行うことで高い走行性能が得られることが示唆され、走行実験からも、その効果が確認された。

以上、これらの結果から提案した車輪牽引時の牽引力推定モデルを利用することで、Push-Pull Locomotion ローバの移動シーケンスやホイールベース長等の設計指針の立案に役立つと考えられる。また、モデルを利用した Push-Pull Locomotion ローバの自律移動への寄与も期待される。