

能動型 2 次元重心位置制御機構を備えた車輪型ローバの不整地での走行性能の検討

知能制御工学研究室 長塩 拓馬

1. 緒言

ローバを用いた惑星探査方法は惑星表面を直接移動して探査する方法であるため、より詳細な地質調査やサンプル収集を行う事ができる。しかし惑星の表面は細かな砂で覆われているため地盤が軟弱であり、また急な坂道・大きさが様々な岩石が散乱しているなど不整地となっている、そのためローバには高い走行性能が求められる。

これまでは重量や供給電力の関係上ローバのサスペンションはパッシブな機構のみを用いたものが考えられてきた。しかし、近年では技術進歩により宇宙環境においてもアクティブな機構を用いることが可能となりアクティブな機構を有するローバの研究が進められてきている。

本研究では重心位置を二次元方向に移動することが可能なローバについて不整地での走行性能を路面粘着性、転倒安定性の二つの指標を用いての数値計算を行い検討した。

2. 能動型 2 次元重心制御ローバ

不整地を走行する性能を表す値として今回は路面粘着性と転倒安定性に着目した。路面粘着性とはいかに各車輪が地面に均等に接地しているかを表す指標である⁽¹⁾。各車輪に均等に荷重がかかっているほど走破性能は高い。転倒安定性とは車体の転倒しにくさを表すもので今回は正規化エネルギー安定余裕を用いた。それぞれの性能の評価を表す式は以下の通りである。式(1)で n は車輪総数、 i は車輪番号、 \tilde{N} は各車輪に荷重が均等にかかったときの接地荷重を表す。式(2)で h_{max} は転倒時に重心が描く最大軌跡、 h_0 は転倒開始時の初期の高さを表す。

$$\Phi = \sqrt{\sum_{i=1}^n (N_i - \tilde{N})^2} \quad (1)$$

$$S_{NE} = h_{max} - h_0 \quad (2)$$

重心移動による方法の特徴は、各車輪の接地荷重を容易に変更することが可能であると考えられた。提案するローバの構想図を図 1 に示す。走行部と可動重心部で構成される。以下では下部を走行部、上部を重心部と呼ぶ。数値計算は x - y 平面、 z - y 平面、 x - y - z 面で重心部を一方方向に移動させたときの各車輪の垂直抗力の計算を行う。 x - y 平面では後輪での静的沈下量も考慮した計算を行う。またピッチ方向とロール方向へ

の転倒安定性の計算も行う。

3. 計算結果と考察

計算結果の一例を図 2 に示す。図 2 は斜面角度 10[deg]、15[deg]、20[deg] で重心部を斜面下部から上部へ移動させたときの路面粘着性を表す。図 2 の結果より重心部を移動することで路面粘着性を変化させることができるとわかった。この結果より重心位置を適切に制御することによって各車輪の接地荷重を均一にすることが可能である。

図 3 は重心部を移動しないときと重心部を前後方向にそれぞれ 20[cm] 移動させたときのローバのピッチ方向の回転に対する転倒安定性の結果である。重心位置を前輪側に移動させたことでピッチ方向への転倒限界角度が大きくなり安定性がよくなることがわかる。これは重心位置を前方に変更することで転倒する際の重心位置の描く軌跡が大きくなったからであると考えられる。

4. 結言

重心位置を移動することによりローバの各車輪の垂直抗力を均一化することが可能であることが確認された。またピッチ方向の転倒限界角度を大きくすることも可能であることがわかった。このことから重心移動を行うことは走行性能を向上させることに関して有効な手法であることがわかった。今後は実機を製作し実験によって有効性を検証する予定である。

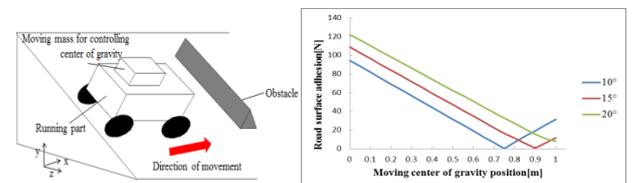


Fig. 1 Model of rover

Fig. 2 Road surface adhesion

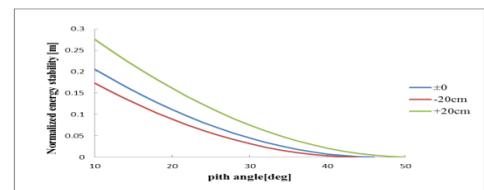


Fig. 3 Normalized energy stability

文献

- (1) 内木考将: アクティブサスペンションを有する惑星探査ローバの不整地走破性に関する研究, 東京大学大学院工学系研究科電気系工学専攻修士論文, 2010.