九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

レーザーレンジファインダーによる小型無人探査ローバの自律移動に関する研究

雲，凱

https://doi.org/10.15017/1785415

出版情報：九州大学，2016，博士（工学），課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済

（様式２）

氏　　名　：雲　凱

論 文 名　：レーザーレンジファインダーによる小型無人探査ローバの自律移動に関する研究

区　　分　：甲

論　文　内　容　の　要　旨

これまでの宇宙探査は，地球生命の起源を探ることや新たな資源の発見，人類の活動領域の拡大などを目的として行われてきた．近年，ロボット技術の発展は，月・惑星探査分野において探査方式に様々な可能性を提供している．特に月・惑星の表面を移動できる無人探査ローバによる科学的探査は注目されている．探査ローバの科学的成果は大まかにローバの移動距離に比例すると言われる．一方で，打ち上げ重量や利用可能なエネルギーには大きな制約がある．そのため，できるだけ小型の探査ローバが短期間の内に長い距離を探査することが望ましい．しかし，火星のような地球から遠く離れた天体では，通信レートが遅く，地球までの通信遅延時間が非常に長くなる．これまで多くの探査ローバで用いられたナビゲーションは，ステレオ画像を地球に送信し，地上局にいる運用者が画像を見てローバにコマンドを送信する，という手法であった．しかし，データ送信からコマンド受信までに少なくとも数十分以上の時間が必要で，この間ローバは静止してコマンドを待つ．ステレオカメラを搭載し，コンピュータで処理することにより，環境認識を行おうとする研究もあるが，宇宙用 CPU の性能が高くなく，ステレオ画像に対し特徴点抽出や対応付けなどの処理ができないか，非常に時間が必要である．そのため，探査ローバが搭載コンピュータだけで自律的に移動し続けられるシステムが望ましい．

本研究ではレーザーの飛行時間を用いた単純な計算で対象物までの距離が得られる LRF とローバの姿勢角を常に検知し地形データを補正する姿勢センサー，の組み合わせを用いた環境認識システムについて研究する．なお本研究は，地球と離れた天体において，他のセンサーの必要性を否定しているのではない．環境認識してスタックのような探査ローバにとって致命的な問題を確実に回避しつつ移動を続けることができるようなシステムとして，LRF で自律移動システムの構成ができないかを検討する．また，そのようなシステムにとって最低限何が必要なのかを明らかにするという視点から展開していくことに注意されたい．本研究において用いる実験機は，宇宙航空研究開発機構において開発されている探査ローバ（Micro-6）の諸元に基づいて開発した．LRF がパン方向を走査するようにローバに取り付け，チルト角を外部のモータによって制御することで，三次元の距離データを取得できる．

走査型 LRF ではスキャンに要する時間が無視できず，この間に探査ローバが凸凹である惑星地形を移動しながら計測を続ける場合，レーザーの照射方向は表面傾斜の影響を受けるため，レーザーの方向がずれることが本質的な問題となる．そのため，本研究で提案する LRF による環境認識システムでは，表面傾斜によるレーザー照射方向のずれを補正することが必要である．このために本研究では，ローバに搭載した姿勢センサーの情報を利用し，地形データを補正する方法を提案する．その有効性を計算機シミュレーションより検証する．実際のシステムではセンサーのノイズ・

丸め誤差，姿勢センサーと LRF の同期誤差なども推定精度に影響を及ぼすため，さらに本研究では計算機シミュレーションによる結果を実験機を用いて検証した．その結果，本研究で提案した姿勢センサーによる地形データの補正手法は有効であることを実験的にも確認した．より良い推定アルゴリズムの開発を目指して，再構成された表面形状の推定精度を定量的に評価する方法を提案した．

天体表面はレゴリスと呼ばれる柔軟地盤が“緩く”堆積した状態で覆われ，車輪の回転により路面を掘ってしまい走行できなくなる現象，スタックも発生しやすい．しかし LRF では物体の色やテクスチャーの情報が得られないため，スタック・滑りが生じやすい柔らかい土壌と堅い岩盤を区別することはできない．ローバが完全にスタックする前には車輪と土壌との滑りの割合（滑り率）が大きくなるので，滑り率の増大をリアルタイムに捉えることができれば，後退や方向変換するという対応も可能となる．そこで，移動中に得られるスキャンラインのデータから移動距離を推定する手法を提案した. 滑り率を短い時間間隔で推定できれば, 完全にスタックして動けなくなる前に，後退・進路変更することは可能である．滑り率は，“移動したはずの距離”と“実際の移動距離”の比であるから，実際の移動距離を LRF から精度よく推定できれば，テクスチャー情報がなくても支障がない．

このように，本研究では LRF による探査ローバの自律移動の可能性について検証した．提案した LRF と姿勢センサーをあわせた環境認識システムにより，探査ローバが移動しながら表面形状を認識し，また時々刻々滑り率を推定できれば，小型探査ローバでも未知環境を長距離移動することが可能になる．