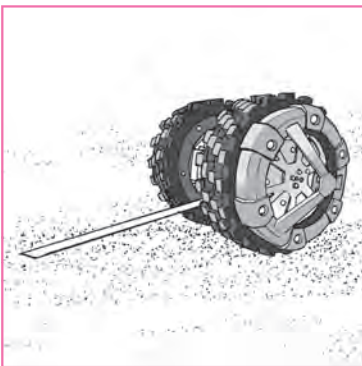


第5章 確実なミッション遂行を支える



宇宙ローバの 自律走行ソフトウェア

篠原 祐樹 Yuki Shinohara

ステータス管理の設計と実績

実際の打ち上げ現場では、予測困難なパラメータが多く存在します。例えば、ロケット搭載時の準備時間、搭載後に射場で待たされる待機時間、ロケットの到達高度、落下姿勢、着陸場所などです。我々人間の運用作業とローバ自身の動作が、限られた時間や多様な環境においてロバストに遂行できるよう、各種ソフトウェア機能が設計されています。今回の米国での実験では、電源投入からミッション完了まで123分にわたり稼働しましたが、この間いつ何の機能がどのように動作していたか、実績を交えながら解説します。

● 状態遷移

動作は表1に記載した状態ごとに厳格に区別しており、設計のレビューや動作の試験を実施しやすくしています。各状態はミッションの各フェーズと対応しており、そのフェーズで必要とされる機能の提供と、次状態への遷移条件を満たすか検知を行っています。また、今回の実験における各ミッション動作時に、内部でどのような状態にあったかの実績を表の右列に記載しています。数字は電源投入からの経過時間です。

なお、ロギングやLoRA通信は、このステート・マ

シンとは独立したプロセスで実施しており、ロジックの不具合による記録不良を防止しています。

また、パラシュートの開傘により加わる加速度で着陸を判定しないよう、ガードをかけておく工夫を施しています。

● 待機状態と動作モニタ

運用は、我々運用メンバがローバの電源を投入し、ロケットに搭載するところから開始します。問題なく搭載できたことを確認したら、ロケットを射場に運搬して打ち上げまで待機するという流れです。この電源投入から打ち上げまでの時間は、すべて「待機状態」でカバーしており、ヘルス・チェック機能の提供と気圧計の計測値監視だけを行っています。

ヘルス・チェック機能は、Bluetooth Low Energy (BLE)を使用してローバ各部の動作が正常に行われているかどうかを発信するものです。スマートフォンのアプリを使用して無線でローバの状態を作業員が監視できるようにしています。ロケット搭載後は、有線接続やランプを目視しての状況確認が不能になることや、慌ただしい打ち上げ現場で迅速に状況確認を行う必要があり、図1に示すように無線でスマートフォン・アプリと通信してローバの動作をモニタできるよう実装しました。また、モータなど各部品が正常動作するこ

表1 米国実験での動作実績

状態	動作	次状態への遷移条件	米国実験での実績
待機	気圧センサを監視し打ち上げを検知する。動作確認機能を提供する	一定時間以内にしきい値を超える高度上昇があった場合	00:00:00 ~ 00:26:21 動作確認に約2分、ロケット搭載に約3分、待機時間約21分を要した
空中	気圧センサやIMUを監視しローバが着地したことを検知する	地表近くの高度にあり、かつローバが静止していると判定した場合	00:26:21 ~ 00:35:48 最高高度到達まで約30秒、ロケット放出から着地まで約9分落下した
走行準備	パラシュートの分離やコンパスの校正などの、自律走行に必要な準備を行う	定められた動作がすべて完了した場合	00:35:48 ~ 00:37:09 パラシュート分離に約25秒、コンパスの校正に約1分要した
自律走行	あらかじめ指定した緯度経度のターゲットに向かって走行する	なし	00:37:09 ~ 02:01:59 自律走行開始後、約85分にわたり砂漠を進み続けた