

<セッション>

はやぶさ2の小惑星 Ryugu へのタッチダウンにおける画像航法誘導制御 ～自律制御と手動制御～

<質問1>

なぜ、タッチダウンはフリーフォールなんですか？スラスタで調整しながらタッチダウンすると思ってました。

<回答>

講演でご説明したように、タッチダウンにおいては高度 8.5m でホバリングして位置・速度が制御目標値に収束していることを確認した後、スラスタを下向きに吹き、その後は自由落下をしました。

この自由落下においてはターゲットマーカの画像やレーザレンジファインダから得られる高度情報をフィードバックした位置制御は実施しておりません。

この理由は主にセンサの最小計測範囲にあります。

まず、ターゲットマーカは小惑星から出したフラッシュランプ（いわゆるストロボです）の光が来た方向に光を反射させる再起反射特性を持った素材で覆われていますが、フラッシュランプと航法カメラの搭載位置が少し離れているため、距離が近くなればなるほどカメラの軸線とフラッシュランプの光の方向が角度を持つことになり、結果としてターゲットマーカの画像の中での輝度が下がってきます。地上の試験では約 5m 以下になるとこの傾向が顕著だったと記憶しています。

もう一つの理由はレーザレンジファインダの最小計測距離特性で、これも直下点高度で約 3m 以下（レーザレンジファインダのレーザビームは直下点方向から 4 方向に 30° 傾いた方向に照射されます）では信頼性の高い距離計測ができなかったと思います。

上記の2つの理由から高度 0m までの位置制御はあきらめて、高度 8.5m からの自由落下でタッチダウンしました。

また、なぜホバリング高度が 8.5m にしたかですが、これを下げれば下げるほどタッチダウンの精度は向上することは分かっていましたが、低くし過ぎると上記のセンサ計測不可範囲に近づく可能性があることと、位置制御系の高度制御精度の問題があり、目標高度の周りがある範囲で変動する可能性も無くはなく（実際はほとんど静止していました）、最悪のケースとして小惑星に衝突する可能性もゼロではなかったため、それらの trade off から 8.5m に設定しました。

<質問2>

中央制御室に大勢の方々が映っていました。何名いらっしゃったのでしょうか。

それぞれのメンバーが受け持っている役割と能力（スキル）を、それぞれが、どれだけ相互認識されているものなのでしょうか？チームづくりの観点から興味を持ちました。

<回答>

確かに、タッチダウン成功直後の管制室では、色々な意味での関係者が全員集まっていたので、かなりの多くの人間が関与していたことが分かりますが、開発や運用計画における意思決定は関連するサブシステムの担当者が集まる数人（時には、プロジェクトマネージャ、システム担当、誘導制御担当の3人だけ）の打合せで決めていました。特に運用では最終判断はプロジェクトマネージャが行いました。

これは JAXA 宇宙科学研究所の強みでもあるのですが、各サブシステム担当者はプロの研究者であることから個々のメンバーのポテンシャルが非常に高く、自分の専門分野、担当分野のみならず他のサブシステムのことでも広く把握していて、プロジェクトマネージャ、システム担当は全体を見る立場でもあり、特にその能力が高かったため、サブシステム間の調整が非常にスムーズに行ったことが大きな要因だと思います。

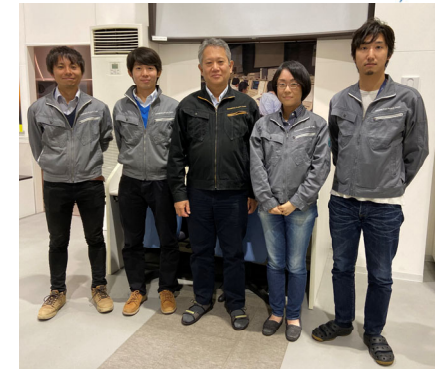
また、例えば私が担当していた誘導制御サブシステムはサブシステムの中でも最も所轄範囲が広いサブシステムで、特に運用においてリスクの高い部分を担当していたこともあり、添付のような方針で仕事を進めていました。ご参照下さい。



はやぶさ2 プロジェクトチーム 成功の秘訣



- ① JAXAの中でも1, 2を争う、士気の高いチームと自負している。
(そもそも、こんな面白いことをやりたくない人はいない)
- ② 立場にこだわらない質問、議論を厭わないことを方針とした。
(時間と手間はかかるが、メンバーの実力はついた)
- ③ 各メンバーが自分の得意分野を持ってし、他のメンバーの仕事もきちんと理解している。意思疎通の風通しが良く、抜群のチームワークが構築された。
- ④ 誰かがやった仕事は必ず他のメンバがチェックする(最低でもダブルチェック)方針とした。
(これで見つかって問題とならなかったことは山ほどある。カジュアルな雑談の中で問題が見つかったことも・・・)
- ⑤ 小惑星到着前の周到な「想定外にも適応できる計画」と、入念な実時間シミュレータを用いた運用訓練(本番より訓練の方が辛かった)の積み重ねによって「臨機応変な適応力」がメンバに身についた。
- ⑥ 想定外の困難は常に存在し、解決不可能と思ったことが何度もある。でも、誰も決して諦めないチームだった。そして、そんな時でも笑っていた。



はやぶさ2 誘導制御サブシステムメンバー



2019/07/11 第2回TD運用大成功！