

SLIM画像航法系の検討

福田盛介(ISAS/JAXA),鎌田弘之(明治大),小沢愼治(愛知工科大),
 高玉圭樹(電通大),金澤慧(総研大),水見翔人(明治大),
 中谷幸司,澤井秀次郎(ISAS/JAXA)

SLIMにおける画像処理の研究

- 小型月実験機SLIMは、ウェット400kg級の小型探査機単独で、月面への高精度な着陸(誤差100メートルオーダの「ビンボイント」着陸)を狙う野心的な試みである。
 このような高精度な着陸を実現するため、光学カメラ画像を用いた自律的な画像航法、
 - 具体的には以下が鍵技術となっている。

- 対表面の自己位置推定

- 自律的な障害物検知

これに対し、大学の画像処理研究者、メーカ研究者、ISAS研究者、学生などでサブ WGを構成し、ここ1年で12回もの検討会を重ねてきている。



SLIM画像処理検討の前提条件

単眼カメラに限定(厳しい重量リソース)
 距離・速度測定は他のセンサが担当(着陸レーダなど)



対表面自己位置推定

- ・探査機が取得した光学カメラ画像と、事前に取得した表面データを何らかのレベルで照合し、対表面の自己位置を推定
- 誘導誤差に繋がる外乱要因や、搭載するIMUの精度などを勘案すると、画像による地形 照合を連続的に実施し、誘導系に逐次フィードバックすることは不要
- 必ずしもハードリアルタイムな制約は必要なく、例えば数秒の処理時間を要したとしても、誘導制御系で時間遅れを加味してIMU誘導航法を補正することが可能
- SLIMにおいての画像照合航法は、「予定ルート+蓄積誤差範囲+マージン」分の領域において、探査機が取得した画像とリファレンス画像とのシフト量を推定することと等価
- 画像処理の分野の'image registration' に類似しており、ランドマークの活用は そこでの常套手段 (例: パレータマッチングペースの方法)
- Controls a galaxie act a galaxie a
- (リファレンス画像の領域を比較的限定することが可能な場合、探査機が取得した画像とリファレンス画像を直接相関処理にかけるintuitiveな方法も候補 (当然、計算量はそれなりの負荷となると予想され、ハードウェア実装の効率化が必要)

障害物検知

- 垂直降下フェーズで実施
- 急斜面などは着陸地点選定の際に除外可能なため、
 対象となる障害物は岩や比較的小さいクレータ
- 影を利用したアルゴリズムが現在のベースライン (SLIMの着陸は朝方を想定)
- 高高度で分解能が不足している際に、サブビクセルに 埋もれた障害物の検知が課題





対表面自己位置推定

- Haar-like特徴と機械学習アルゴリズムによるクレータ抽出 (明治大・鎌田研) ・・・(A)
- テンプレートマッチングによるクレータ抽出
- (ミッションシステム担当メーカ) •••(B)
- 進化的アルゴリズムによるクレータマッチング(電通大・高玉研)
- 位相限定相関による画像レジストレーション(宇宙研)
 ・・・(C)
- SIFT特徴量による画像レジストレーション(愛知工科大・小沢研)
 ・・・(D)

障害物検知

- 影を利用したアルゴリズム(宇宙研)
- 高高度からの障害物検知(総研大・金澤)









C言語からのソフトウェア・ハードウェア協調設計のツール を利用し、アルゴリズム評価環境を整備

 画像処理アルゴリズムの選択においては、「ソフトウェア処理と ハードウェア処理との切り分け」という視点が非常に重要 (ソフトウェア処理が有するアルゴリズムやバラメータの変更に 対する柔軟性とハードウェア処理が有する高速性のトレードオフ) C言語ブログラム (ANSI-C準拠) ト/W処理指定 H/W処理指定 S/W処理指定

- 民生用FPGAを搭載した汎用基板に32bit CPUの子基板を接続したもので、VGA動画の入出力や、USB経由でのPCからの静止画入力などが可能
- FPGA(Xilinx Spartan3E XC3S1200, 1.2Mシステムゲート)やCPU(V850)の選択、外部SRAMの容量(4MB)、動作周波数(<50MHz)などは、探査機で標準的に利用可能なリソースにおおむね近く、アルゴリズムの実装性評価に有用な構成
- 影ベースの障害物検知アルゴリズムなどを仮実装





