



SLIM画像航法の研究開発状況 (その3:ハードウェア実装, その他)

福田盛介(ISAS/JAXA), 鎌田弘之(明大), 高玉圭樹(電通大), 本田翔平, 入江順也,
永田心(明大), 杉本悠太, 原田智広(電通大), 金澤慧(総研大),
小沢慎治(愛知工科大), 中谷幸司, 坂井真一郎, 澤井秀次郎(ISAS/JAXA)

画像処理 アルゴリズムの H/Wリソース 評価

PC上での性能評価に用いるC言語プログラムをシームレスに
FPGA化し、ゲート数や処理速度等のH/Wリソースを評価する
スキームを確立

目標・制約条件等

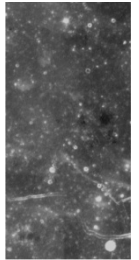
- 月面画像を撮影してから、クレータ抽出・マッチング処理を経て、対月面の探査機位置を誘導制御系に出力するまでの所要時間として、「数秒」程度を目標
- クロック周波数は取りあえず50MHz以下を目安として検討
- 宇宙用SRAM型FPGAをターゲットデバイスとして想定

提供元	Xilinx
Family	Space-Grade Virtex-4QV
Device	XQR4VLX200
Package	CF1509
Speed	-10

テクスチャ付 CG画像の 作成

「かぐや」のTCオルソ画像から、地形効果や撮影条件の
影響を除去した反射率マップを作成(MHH周辺)

- 画像処理アルゴリズムの検討には、「かぐや」により得られた数値地形データ(DTM)を、太陽方向や探査機姿勢などを考慮しつつ陰影処理して得られたCG画像を利用
→これらCG画像と実際に得られる画像の同質性が極めて重要
- DTMについては、クレータ直径/深さのべき乗則等に基づき小クレータを掘り込むなどして高精細化
- 地形モデルを用いて月面反射率を推定した上で、さらにクレータ放出物によるテクスチャを付加(右図)



進化的三角形相似クレータマッチングの評価 (アルゴリズム詳細: P2-165)

項目	値
Number of Slice Flip Flops	33,673 out of 178,176 18%
Number of 4 input LUTs	103,885 out of 178,176 58%
Number of occupied Slices	56,845 out of 89,088 63%
Number of Slices containing only related logic	56,845 out of 56,845 100%
Number of Slices containing unrelated logic	0 out of 56,845 0%
Total Number of 4 input LUTs	105,465 out of 178,176 59%
Number used as logic	103,147
Number used as a route-thru	1,580
Number used as 16x1 RAMs	640
Number used as Shift registers	98
Minimum period	19.912ns (Maximum frequency: 50.221MHz)

遺伝世代数	クレータマップ総数	乱数の種	一致度最小閾値	サイクル数	10 MHz動作時換算時間 (ms)	50 MHz動作時換算時間 (ms)
0	150	123123	1.0×10^{-6}	961,603	96.160	19.232
1	150	3656	1.0×10^{-6}	2,141,477	214.148	42.830
2	150	956842	1.0×10^{-6}	3,319,545	331.955	66.391
3	150	123	6.0×10^{-7}	4,740,958	474.096	94.819
100	150	3656	1.0×10^{-6}	128,258,628	12,825.863	2,565.173

- PC上での性能評価では、10世代程度でマッチング処理が完了しており、数100ms@50MHzでの動作が可能
- 入力のC記述には、float型のデータや、乱数の取り扱いなど、さらなる高速化の余地が残されている

クレータ抽出アルゴリズムの評価 (アルゴリズム詳細: P2-164)

- Haar-Boosting方式は、画像の縮小、積分画像の作成、及び多段の弱識別器演算を、クレータサイズ毎に繰り返す必要があり、メモリアクセスや演算処理に要する時間を抑えきれないことが明らかになった
※デジカメの顔画像抽出は顔の大きさや数をノウハウで限定?
- 主成分ベクトルとの積和演算のみで構成可能なPCA方式は、1.5s@50MHzでのクレータ検出が可能。クレータサイズの推定方式の検討や評価を実施中

搭載カメラ ONCの 検討

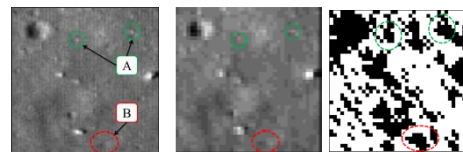
生データ/圧縮データを同時出力可能な
CMOSセンサをベースとしたONC (BBM) を試作

- ONC内包のエレキでJPEG圧縮も行い、YUV及びJPEGデータの双方を同時に出力可能な構成を検討
- 周辺エレキは、SRAM型FPGAにソフトコアCPUを搭載して1チップ化
- 高速な帯域を要するYUVデータ伝送にはSpaceWireを採用予定(未実装)
- 組み合わせレンズ光学系の概念設計、及びCMOSカメラモジュールとのI/F調整試作も実施

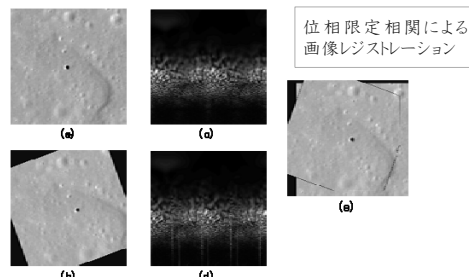


その他

サブピクセルレベルの障害物検知手法や、
クレータ情報を利用するアルゴリズムのバックアップとしての、
直接的な相関処理による対表面自己位置推定など



複数画像の撮像位置ずれを積極的に利用して、
分解能以下の岩などの
存在を推定



本研究の多くの部分は、専門的な個別技術を有する民間企業と共同で進めている。具体的には、
FPGAリソース評価は(株)ソリッドシステムズ殿、ONC
のCMOSセンサ及び周辺エレキは(株)シキノハイテック殿、光学系は日東光学(株)殿、「かぐや」データを
用いたCG画像生成関係は(株)NTTデータCCS殿で
あり、関係各位に感謝申し上げます。



Questions & Comments:
Please mail to fukuda@isas.jaxa.jp

