

深層学習を用いた革新的地球センサ・スタートラッカ

「DLAS」の開発

菊谷侑平, 佐々木謙一, 林雄希, 小澤俊貴, 新谷勇介, 小泉翔, 増田雄斗, 岩崎陽平, 竹内優一郎, 古谷航志, 渡邊奎, 間宮英生, 谷津陽一, 松永三郎(東工大)

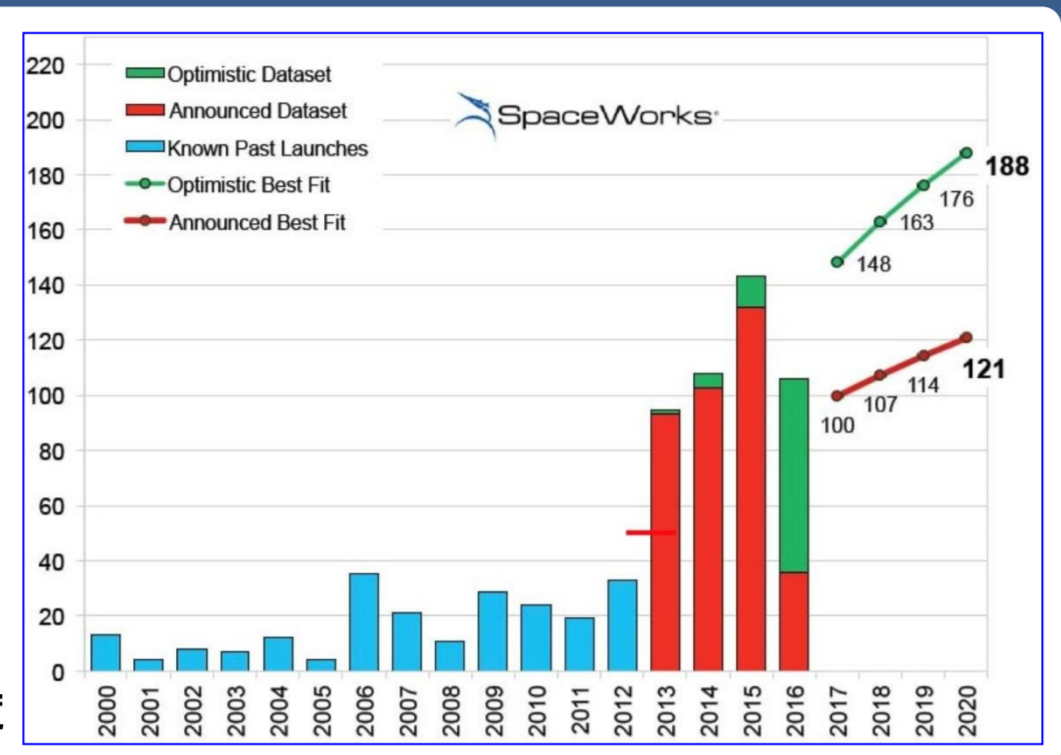
要旨

革新的衛星技術実証1号機に搭載される「DLAS (Deep Learning Attitude Sensor)」は、一般に入手可能なIoT機器とDeep LearningなどのAI技術を応用した超小型衛星のための姿勢センサ実証機であり、2018年度にイプシロンロケットで打ち上げられる。DLASには広視野のカラーカメラと高感度のモノクロカメラが搭載されており、高性能なオンボードコンピュータを駆使して、地上の陸地パターンや恒星を画像認識によってリアルタイムで識別する。現在、フライトモデルの実機開発をほぼ完了し、ソフトウェアの最終統合を行っている。本発表では、プロジェクトの概要と開発状況について紹介する。

プロジェクト概要

背景

- 小型衛星のミッション高度化
⇒高精度姿勢決定が重要
- 依然として宇宙用機器は高価
- データ増大, 地上局は有限
⇒通信リソースの律速



→超小型衛星の打ち上げ頻度

ミッション

- 安価・高性能な姿勢センサの実証
- 民生品を利用
- 放射線や迷光等を, ソフト的に対策
- 軌道上・リアルタイム画像識別の実証
- 深層学習を用いた自律画像識別
- 地球センサと画像識別による姿勢決定の実証
- 小型, 広視野な可視光カメラを用いた3軸姿勢決定

成功基準

項目	基準
Minimum HW 健全性の確認・基本動作確認	-結像性能・温度制御等H/Wの動作状況を確認 -実装した全機能が動作することを確認 -画像データの取得・転送
Full 機能実証	-軌道上姿勢決定実験の実施 -姿勢決定制度・成功・失敗率の評価 -教師画像データ取得(目標500枚) -性能目標 • ECAM: 陸地/雲/海の識別(識別成功率70%) • STT: 恒星の検知(7等級の検知成功率70%) • 寿命: ~1年
Extra 長期運用・信頼性評価・精度向上	-教師画像データ取得(1000枚以上) -センサ劣化・OBCの放射線障害の評価 -連続した安定動作の実証(軌道上1年) -性能目標 • ECAM, STT: 設定した目標精度の達成 • 寿命: 1年以上

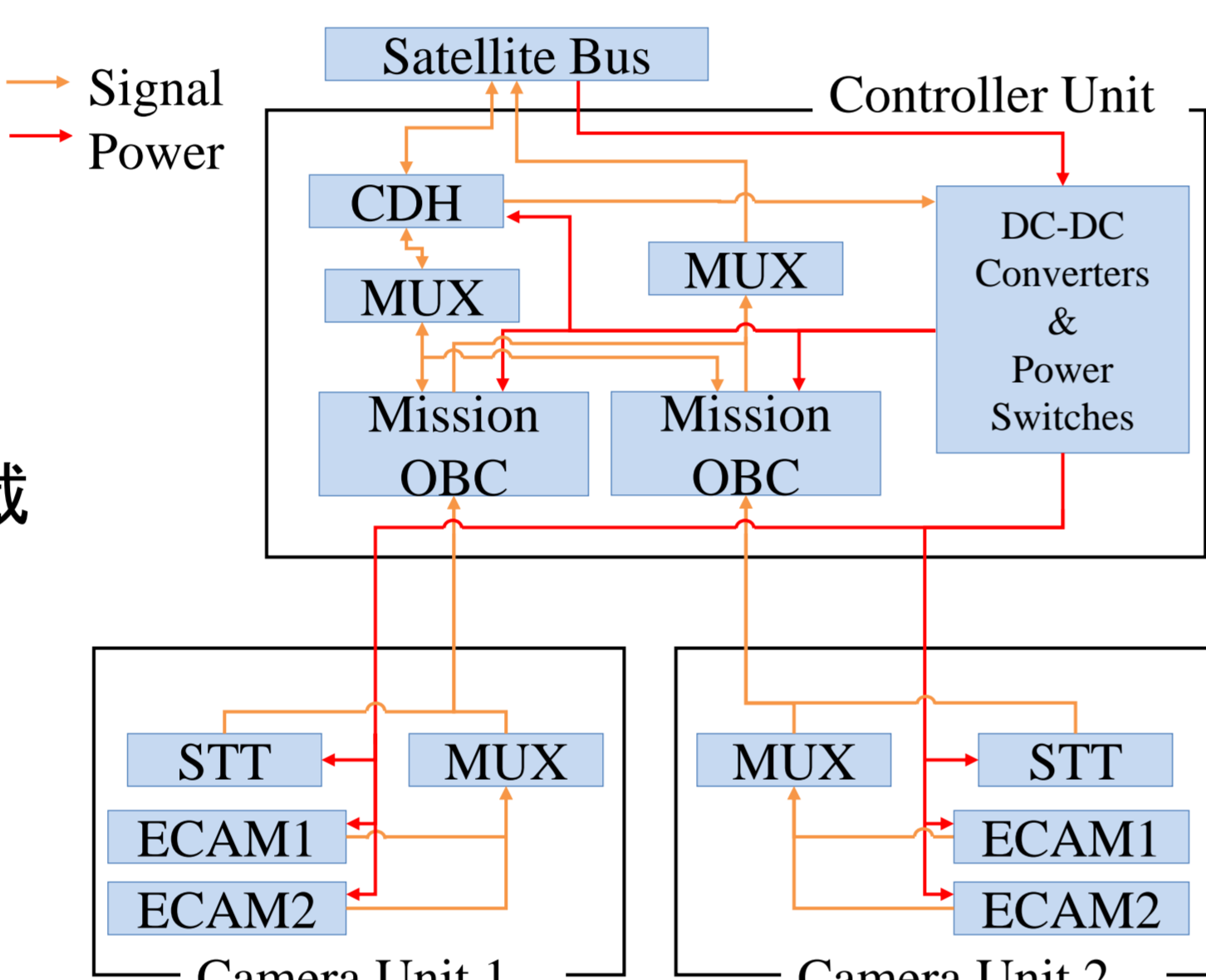
目的

- 民生品と画像識別技術を利用した姿勢センサ開発
⇒安価・高性能な姿勢センサの実現
- 軌道上で自律画像識別
⇒通信リソースの有効活用

装置概要

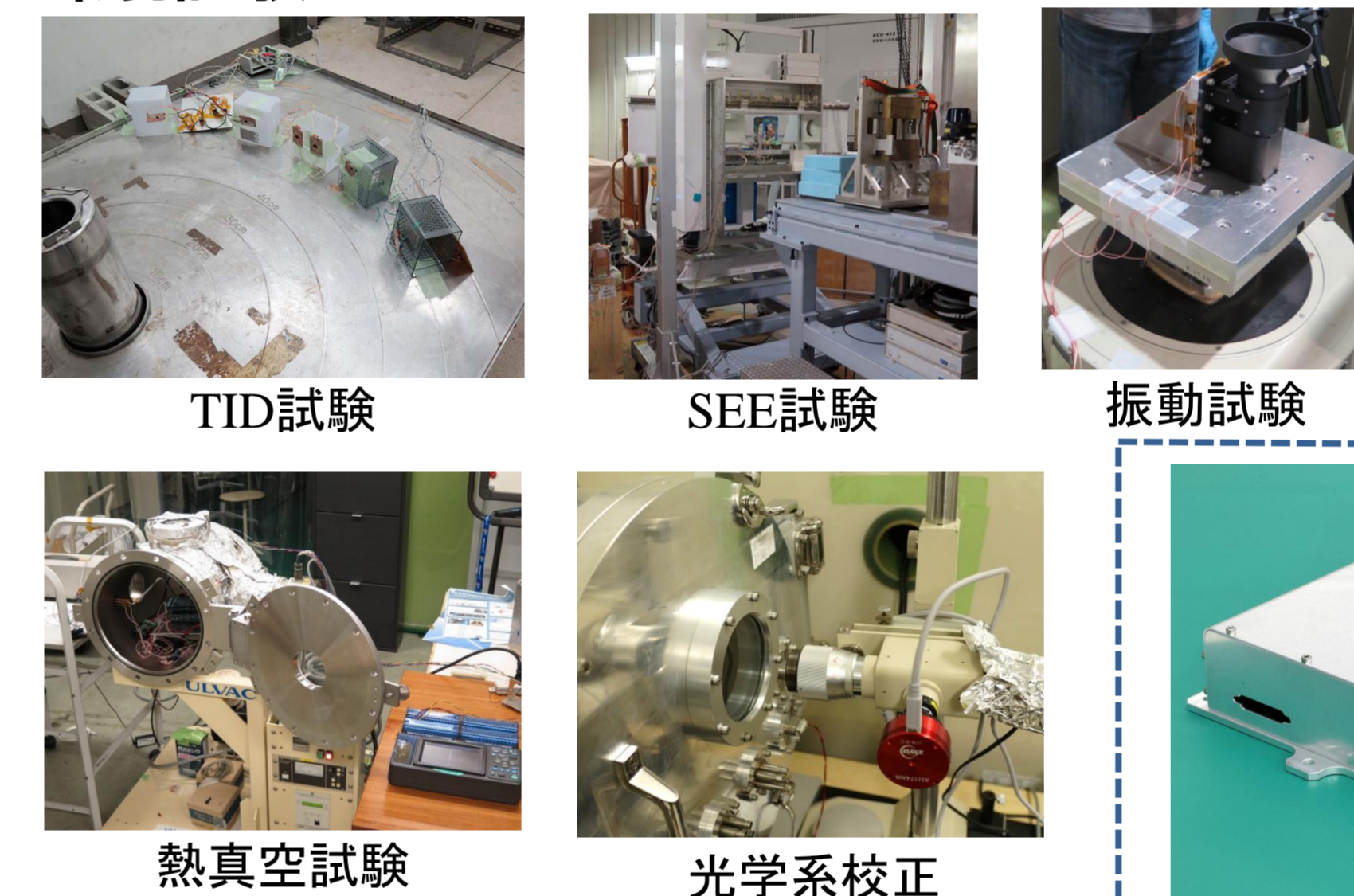
システム構成

- コントローラユニット×1
 - 衛星バスとの通信は2系統
 - コマンド用(低速)
 - データ用(高速)
 - 衛星バスから電力供給
 - 高性能ミッションコンピュータ搭載
- カメラユニット×2
 - 独立した2系統⇒冗長系
 - 各ユニットに2種類のセンサ
 - 高感度・狭視野なSTT ×1
 - 広視野なECAM ×2



ハードウェア開発状況

環境試験



PFM / FM 開発



ECAM

深層学習を用いて海岸線を検知し、3軸姿勢を決定

姿勢決定シーケンス

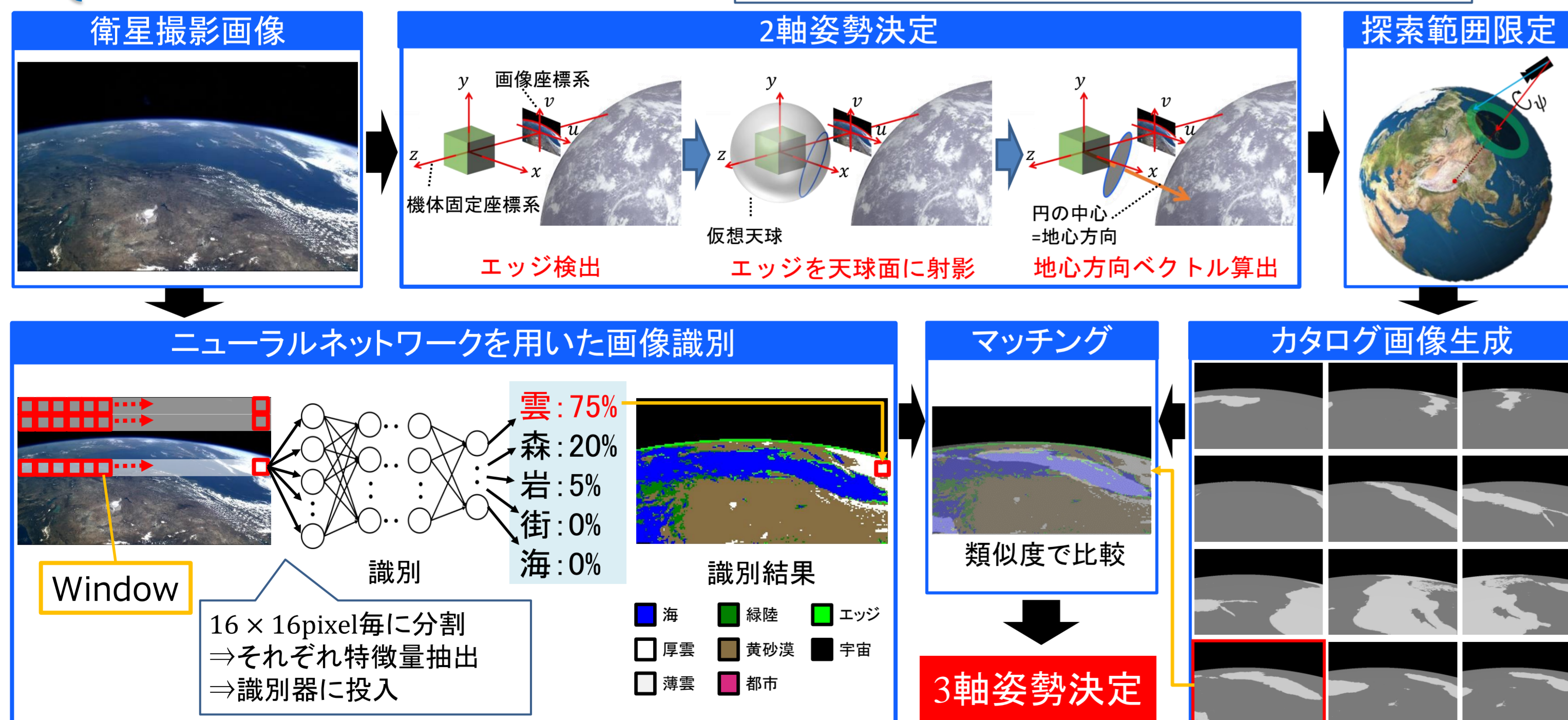
- 画像取得
- 2軸姿勢決定
- 探索範囲限定
- カタログ画像生成
- 画像識別
- ④と⑤のマッチング
- 3軸姿勢計算

2軸姿勢決定シーケンス

- 輝度値を用いた微分フィルタによる地球エッジ検出
- 仮想天球面へ地球エッジを射影
- 地心方向ベクトル算出

画像識別シーケンス

- Windowサイズ毎に切り出し
- 特徴量抽出
- ニューラルネットワークを用いた画像識別



ソフトウェア開発状況

深層学習を応用した画像識別開発状況

- オンボードで動作確認
- テスト誤差0.2%程度
- 識別時間5.0s
- パラメータ数20kB以下
⇒1パスで送信可能

今後の課題

- 識別精度の向上⇒ネットワーク選定

地表画像を利用した3軸姿勢決定開発状況

- オンボードで動作確認
- 2軸姿勢決定(シミュレーション結果)
 - 視野の94%の範囲で誤差 $\leq 0.3^\circ$, 実行時間 $\leq 3s$
- 3軸姿勢決定(シミュレーション結果)
 - 姿勢決定精度 ≤ 1 , 実行時間 $\leq 15s$

今後の課題

- 粗密探索法を用いた実行時間短縮
- 陸や海の割合が低い際のマッチング手法の検討
- 実際の識別結果を用いた際の姿勢決定精度評価

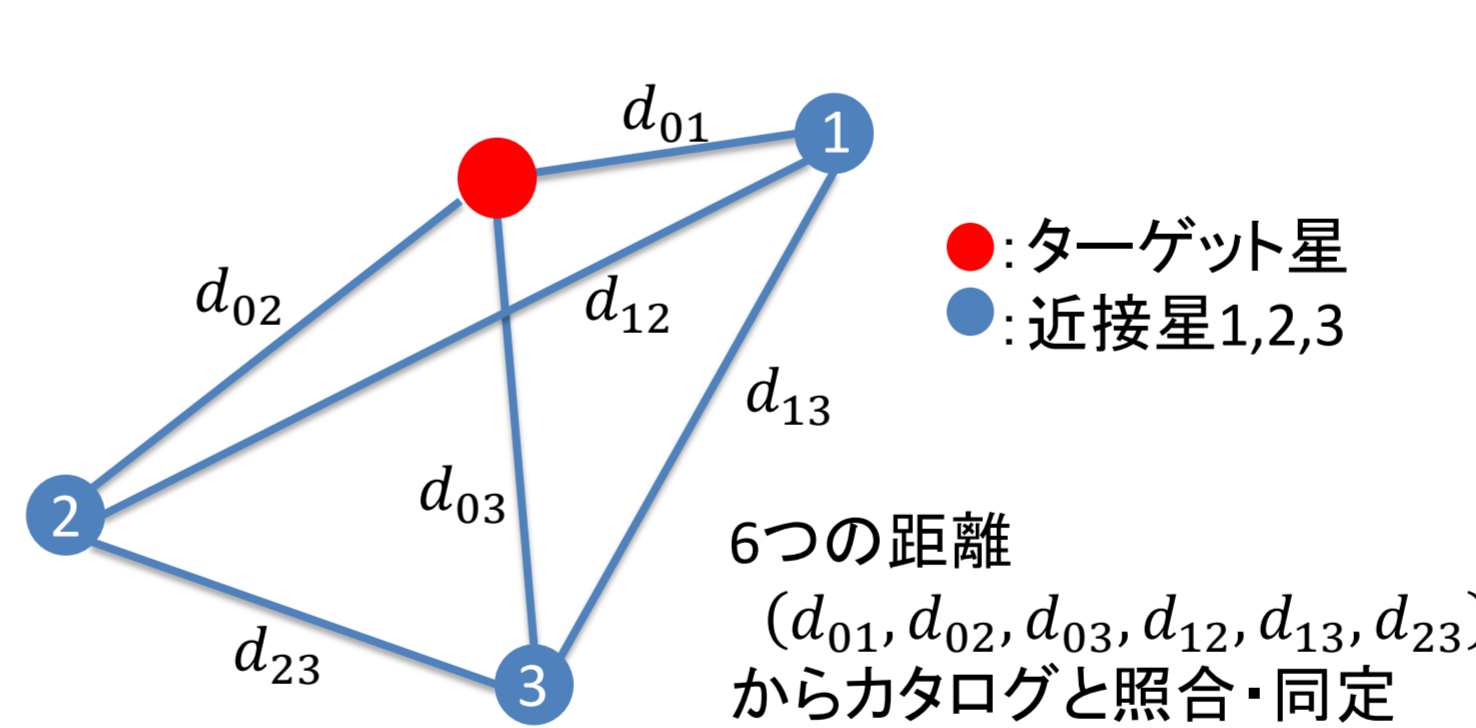
STT

写った恒星を同定して、三軸姿勢を決定

最終目標: 科学ミッションでの使用を想定

- 姿勢決定精度: 10秒角, 更新頻度: 1Hz

4天体による星の識別の実装



姿勢決定シーケンス

- 画像取得
星を撮像
- 星像検出
画像から星を抽出
星の座標(重心計算), 明るさ(開口測光)
- 星の同定
星の配置と恒星カタログを比較
- 姿勢計算
星の座標から視野中心の方向を計算

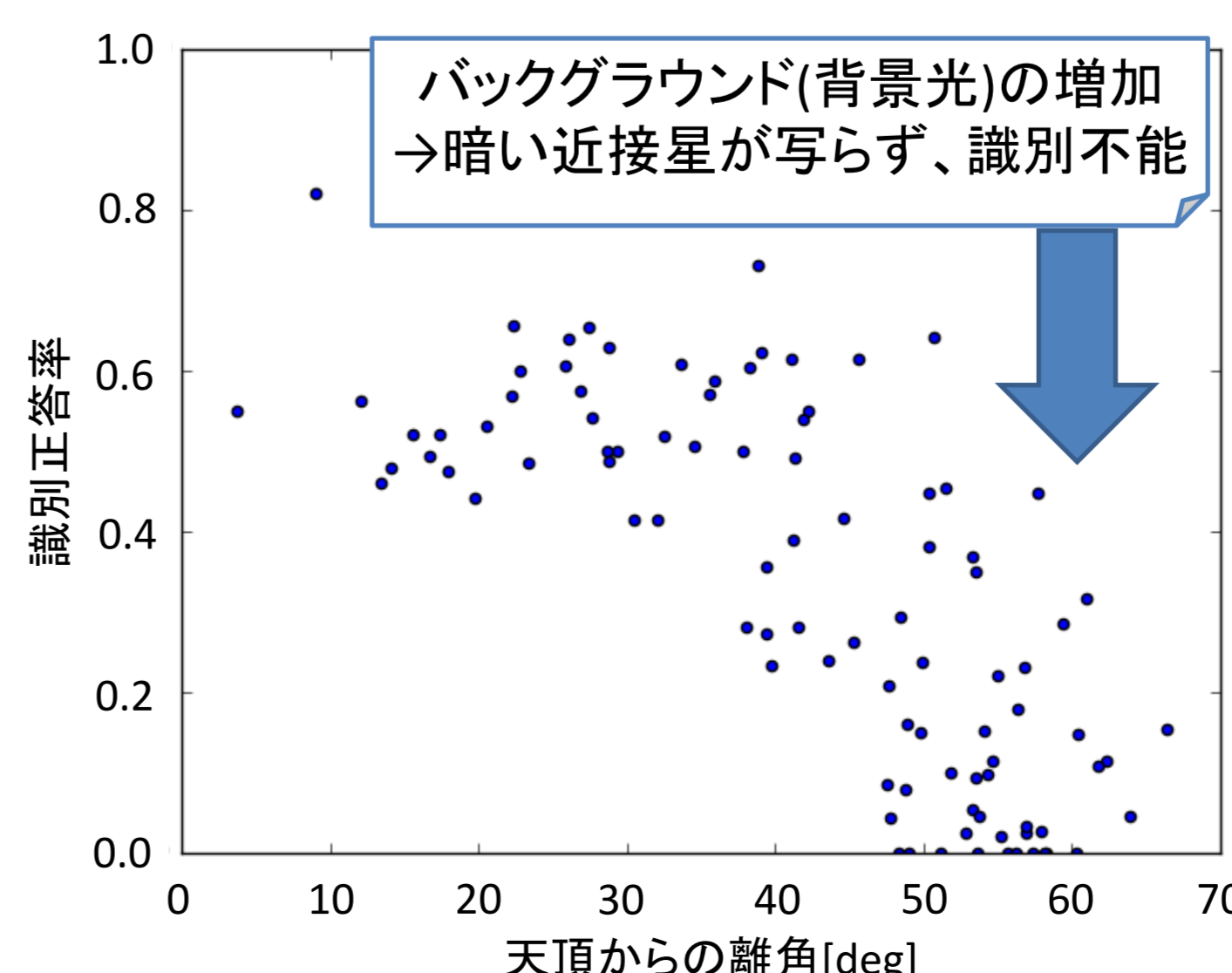
ソフトウェア開発状況

動作確認試験

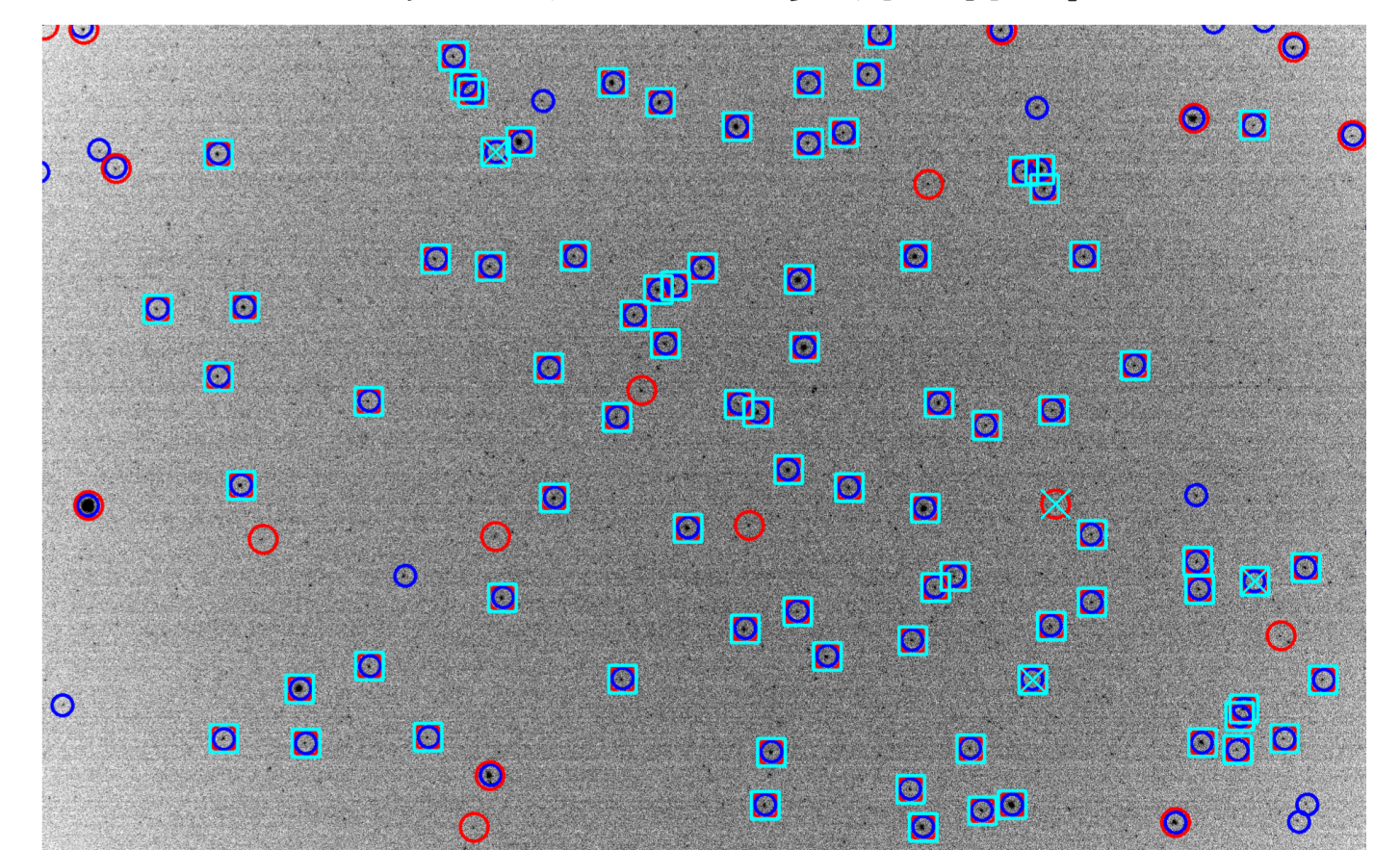
- 東工大屋上で夜空を複数回撮影
- 識別結果と計算時間を評価

実行結果

- 天頂からの離角と識別正答率



天頂付近での実行結果



識別正答率: 80%

考察

- 背景光によるバックグラウンドの変動
⇒現状では最悪恒星識別不能
⇒宇宙線によるセンサの劣化を模擬

今後の課題

- 天頂からの離角と星の抽出数で解析
⇒イレギュラーに強い識別手法へ

• 計算時間: 0.6秒以内@オンボード