

H-58 計測制御班 開発資料

データ回収

班長

岩井 祐樹 (2CEU1107)

2023/04/17 作成



- H-58概要
 - ミッション
 - 課題
- 取得データ
 - 1kHz加速度
 - 慣性情報
 - 高度情報
 - 制御情報
 - まとめ
- データ回収
 - 3つの方法
 - SDカード
 - EEPROM
 - ダウンリンク
 - データフロー
- 課題と対策
 - EEPROM容量不足
 - ダウンリンク速度不足
 - 修正データフロー
 - 一故障状態
 - 二故障状態
 - 水没対策

H-58概要 / ミッション

 能代宇宙イベント

 8月 中旬

 海打ち

 THR-F210L改

 1段階開傘 or 2段階開傘

1段階開傘の場合

落下速度が速く、着水時に機体破損のリスクが高い

→ 水密の破損によるデータロストの可能性

海打ちなので…

どうしても水没のリスクがある

→ ダウンリンクを重用する

→ 水没に耐えられる電氣的設計

取得データ / 1kHz加速度

H-58における搭載計器の主要なミッションの一つ
燃焼解析に使う

センサ	データ	計測レート	データ型	要求通信速度
ADXL375	加速度	1kHz	2B * 3Axis	6kBps

取得データ / 慣性情報

センサ	データ	計測レート	データ型	要求通信速度
BNO055	加速度	100Hz	2B * 3Axis	600Bps
	角速度	100Hz	2B * 3Axis	600Bps
	地磁気	20Hz	2B * 3Axis	120Bps
BNO055 (NDOF)	クオータニオン	100Hz	2B * 4Axis	800Bps
	重力	100Hz	2B * 3Axis	600Bps
	線形加速度	100Hz	2B * 3Axis	600Bps
	姿勢角	100Hz	2B * 3Axis	600Bps
算出	速度	100Hz	2B * 3Axis	600Bps

取得データ / 高度情報

センサ	データ	計測レート	データ型	要求通信速度
LPS33HW	気圧	50Hz	2B	100Bps
サーミスタ	気温	2Hz	2B	4Bps
算出	高度	50Hz	2B	100Bps

取得データ / 制御情報

センサ	データ	計測レート	データ型	要求通信速度
SAM-M8Q	GNSS	10Hz	6B	60Bps
	電圧	10Hz	2B	20Bps
	経過時間	100Hz	2B	200Bps
	フライトモード	2Hz	1B	2Bps
	ステータス	2Hz	4B	8Bps
	イベント	1Hz	1B	1Bps

取得データ / まとめ

	要求通信速度	容量(180sec)
1kHz加速度	6kBps	1.08MB
慣性情報	4.52kBps	813kB
高度情報	204Bps	36.72kB
制御情報	291Bps	52.38kB

データ回収 / 3つの方法

データ回収には3つの方法がある

SDカードとEEPROMは水没に対する脆弱性がある

冗長化のため全て使う

SDカード

- + 容量が大きい
- + 通信速度が速い
- 振動に弱い
- 水没に弱い

EEPROM

- + 振動に強い
- + 水没に強い
- 容量が小さい
- 通信速度が遅い

ダウンリンク(無線)

- + 水没前にデータ回収
- 通信速度が遅い

データ回収 / SDカード



SPI



125kBps



32GB

着水衝撃, 水没に耐えられれば文句なしの性能

H-57では主力だったが、振動への機械的な耐性は未知数

データ回収 / EEPROM



I²C



50kBps



512kB

H-49の着水衝撃, 水没に耐えた実績あり

通信速度, 容量ともに貧弱、すべてのデータ保存は不可能

データ回収 / ダウンリンク



LoRa



480Bps



500GB

破損の心配なくデータを回収できる

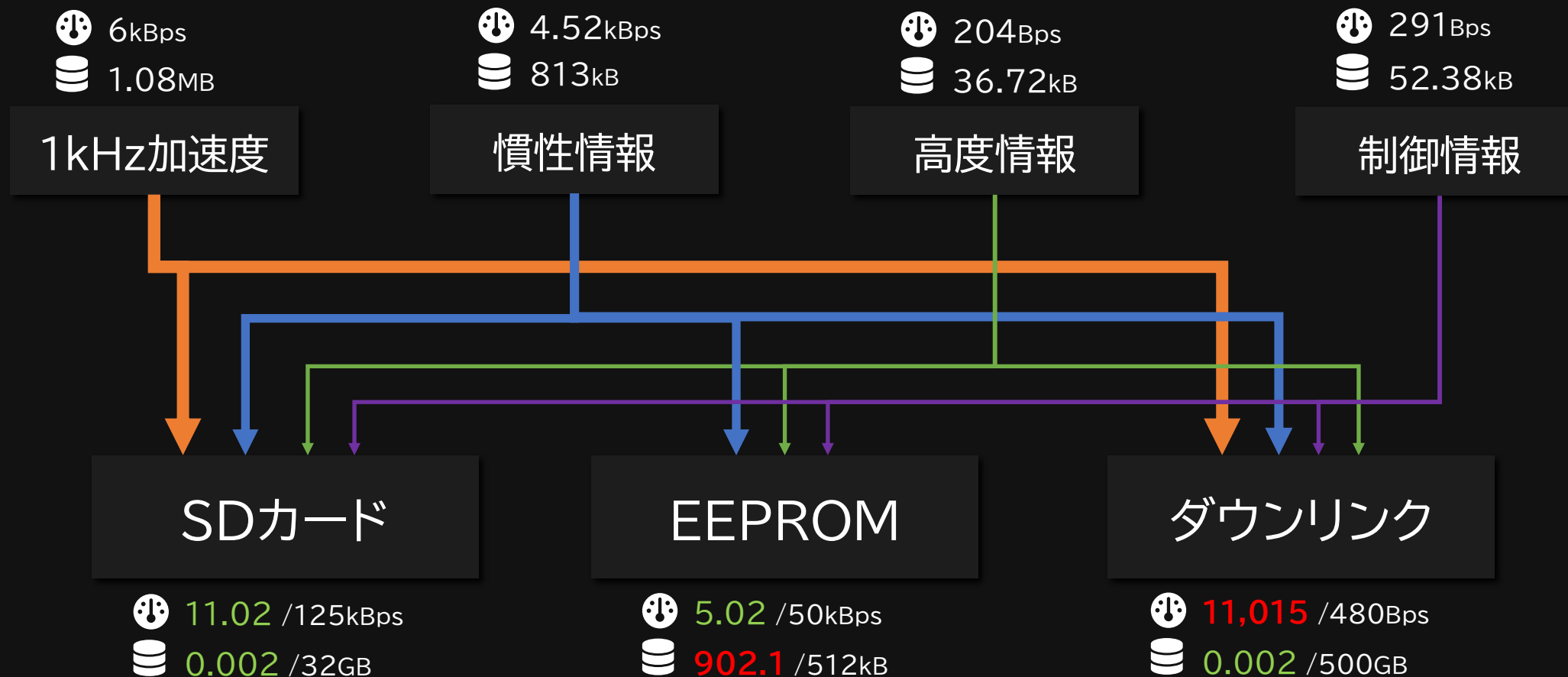
通信速度が遅く、送信方法に癖がある

例えば10Hzのデータを送信したい場合...

5回分のデータを2Hzで送信する必要がある

(送信回数を減らすため)

データ回収 / データフロー



① EEPROM容量不足

② ダウンリンク速度不足

課題と対策 / EEPROM容量不足

海打ちのH-58は飛行時間が長い(2~3分程度)



EEPROMの容量不足が顕在化した

H-57は30秒程度なので余裕だった



→ 慣性情報のEEPROMへの保存を最大50Hzに間引く

50Hzならまだ有用なデータとして扱えるのではないか



慣性情報

 4.52kBps
 813kB





 2.32kBps
 417.6kB

EEPROM

 5.02 / 50kBps
 902.1 / 512kB



 2.82 / 50kBps
 506.7 / 512kB

課題と対策 / ダウンリンク速度不足

Arduino MKR WAN 1310 のテスト結果

LoRaの通信速度が遅すぎる

あるLoRaモジュールは36.5~2.73kBpsなのでMKR WANが特別遅いわけでもない

→ LoRaを複数チャンネル運用する

チャンネル数だけMKR WANを搭載する必要があるので5つ程度が限度

→ 慣性情報のダウンリンクを最大10Hzに間引く

10Hzでもデータロストよりはまし...

→ 1kHz加速度を燃焼中のみ計測

一度SDに保存しておき1~2分かけて後から送信

課題と対策 / ダウンリンク速度不足

慣性情報のダウンリンクを最大10Hzに間引く

慣性情報

4.52kBps
813kB



380Bps
68.4kB

1kHz加速度を燃焼中のみ計測

3秒間計測して1分かけて送信する場合

1kHz加速度

6kBps
813kB



300Bps
18kB

課題と対策 / ダウンリンク速度不足

LoRaを複数チャンネル運用する

1kHz加速度
ダウンリンク

 300 /480Bps

慣性情報
ダウンリンク

 380 /480Bps

高度情報
ダウンリンク

 204 /480Bps

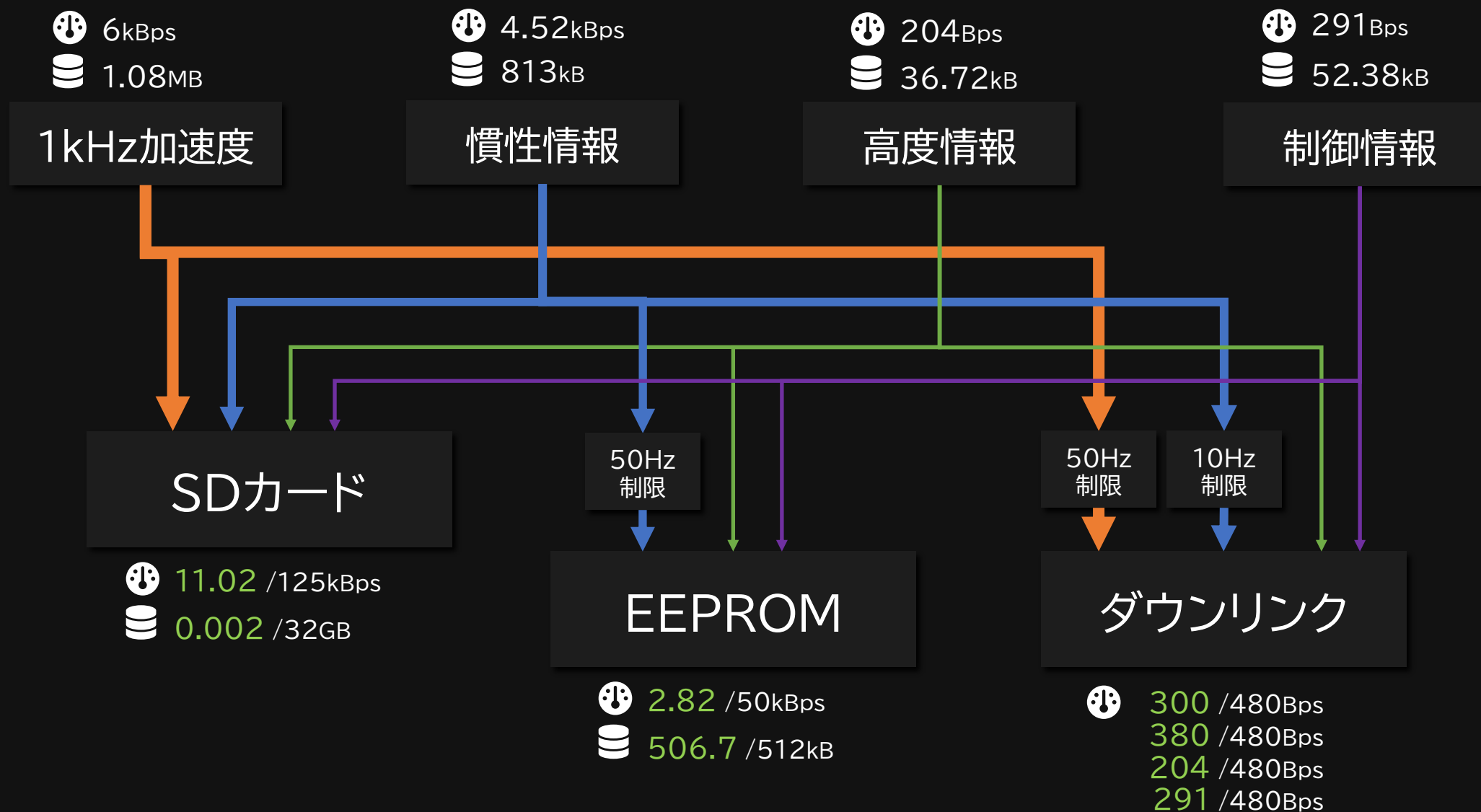
制御情報
ダウンリンク

 291 /480Bps

汎用
アップリンク

 随時 /480Bps

課題と対策 / 修正データフロー



課題と対策 / 一故障状態

SDカード故障

- 慣性情報 (50Hzのみ)
- 高度情報
- 制御情報

- 1kHz加速度 (燃焼中のみ)
- 慣性情報 (10Hzのみ)
- 高度情報
- 制御情報

- 1kHz加速度
- 慣性情報
- 高度情報
- 制御情報

EEPROM故障

- 1kHz加速度 (燃焼中のみ)
- 慣性情報 (10Hzのみ)
- 高度情報
- 制御情報

- 1kHz加速度
- 慣性情報
- 高度情報
- 制御情報

- 慣性情報 (50Hzのみ)
- 高度情報
- 制御情報

ダウンリンク故障

課題と対策 / 二故障状態

SDカード故障

EEPROM故障

- 1kHz加速度 (燃焼中のみ)
- 慣性情報 (10Hzのみ)
- 高度情報
- 制御情報

- 1kHz加速度
- 慣性情報
- 高度情報
- 制御情報

EEPROM故障

ダウンリンク故障

SDカード故障

- 慣性情報 (50Hzのみ)
- 高度情報
- 制御情報

ダウンリンク故障

水密は搭載するものの、機体破損による水没は可能性として大きい

→ 水没してもデータロストしない工夫が必要

水没時に通電していなければSDカードも助かる可能性がある

着水衝撃を検知してSDカード, EEPROMへの給電を停止する

基板のエポキシ漬け

フォトカプラを使えば電源系統を分離できる

SDカードは電力消費が大きい(200mA)ので電源系統を分離するメリットはある

回収後は直ちに真水につける

回収隊へ周知

精製水をもっていく



*TOKAI STUDENT
ROCKET PROJECT*