



Weather observation and data analysis using nano- satellite hands-on training

超小型衛星を利用した気象観測とデータ解析体験実習

第14回気象文化大賞アジア太平洋助成 報告書
川島レイ

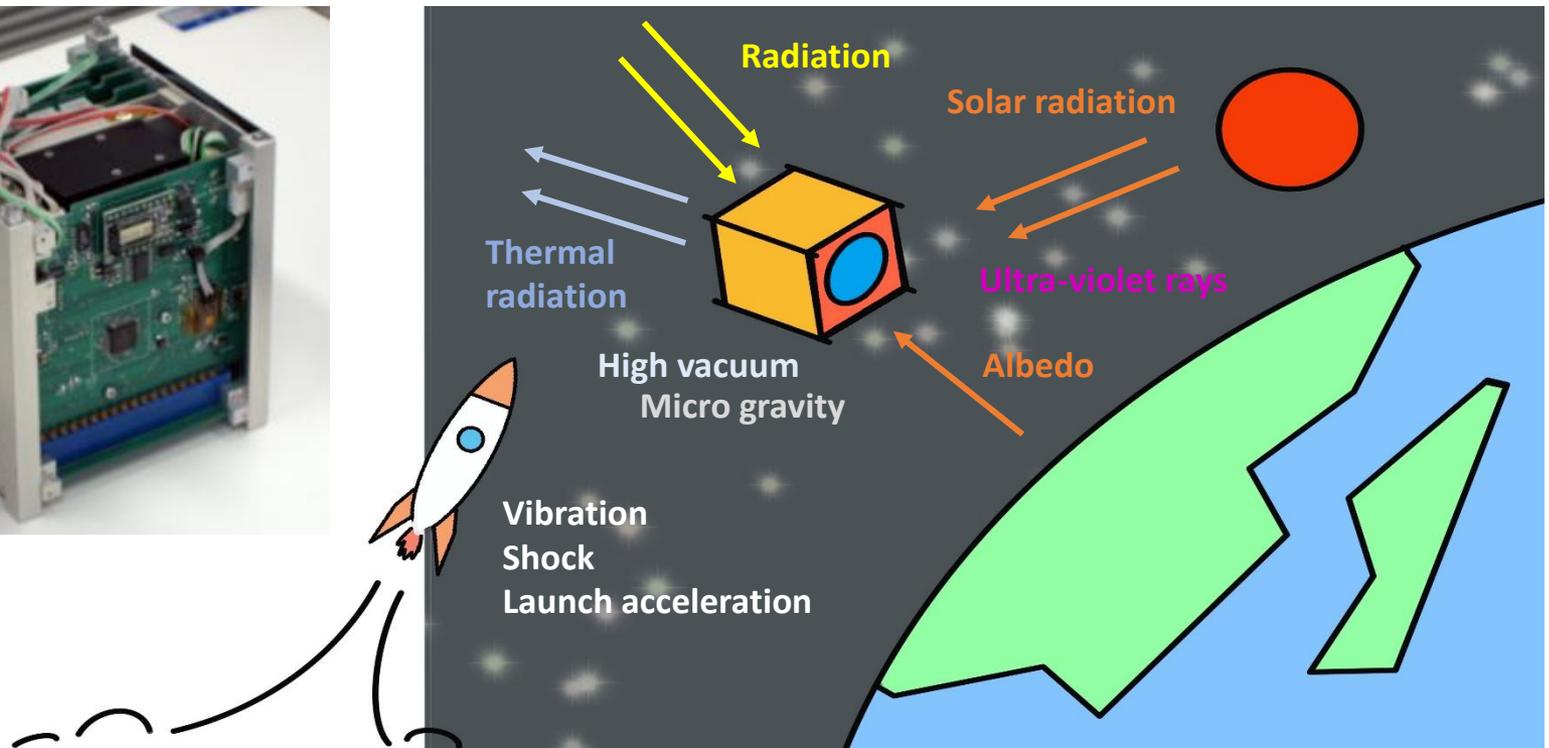
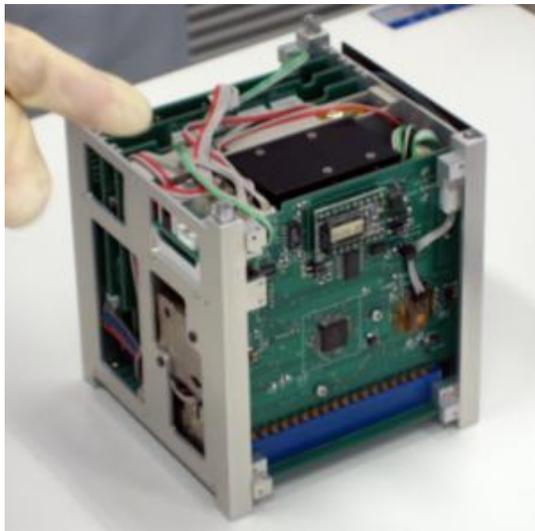
UNISEC (認定NPO法人大学宇宙工学コンソーシアム)



2. 衛星教育の課題

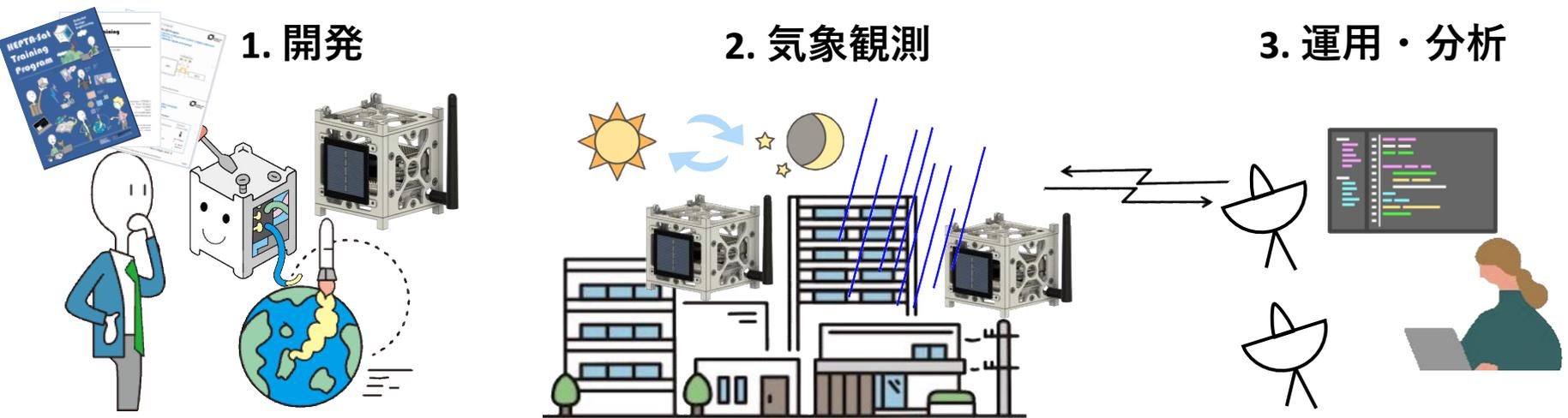
現状の衛星教育教材では開発フェーズに重点が置かれることが多く、実際の運用に近いプロセスを短期間で包括的に学ぶ機会には十分に盛り込まれていない。

- (1) 開発環境（地上）と運用環境（宇宙）の違いを踏まえた長期稼働のシミュレーション
- (2) 遠隔地からの観測機器制御や、取得データの科学的な分析



2. 本提案衛星開発教育プログラムの目標

- 衛星システムライフサイクル(設計・開発・運用・データ解析) 全工程を一貫して学習できる
- 工学・理学など学問領域を分断しない, 意識的に横断させる教育プログラムの設計
- 屋外運用ミッションの題材として“気象観測”を行う



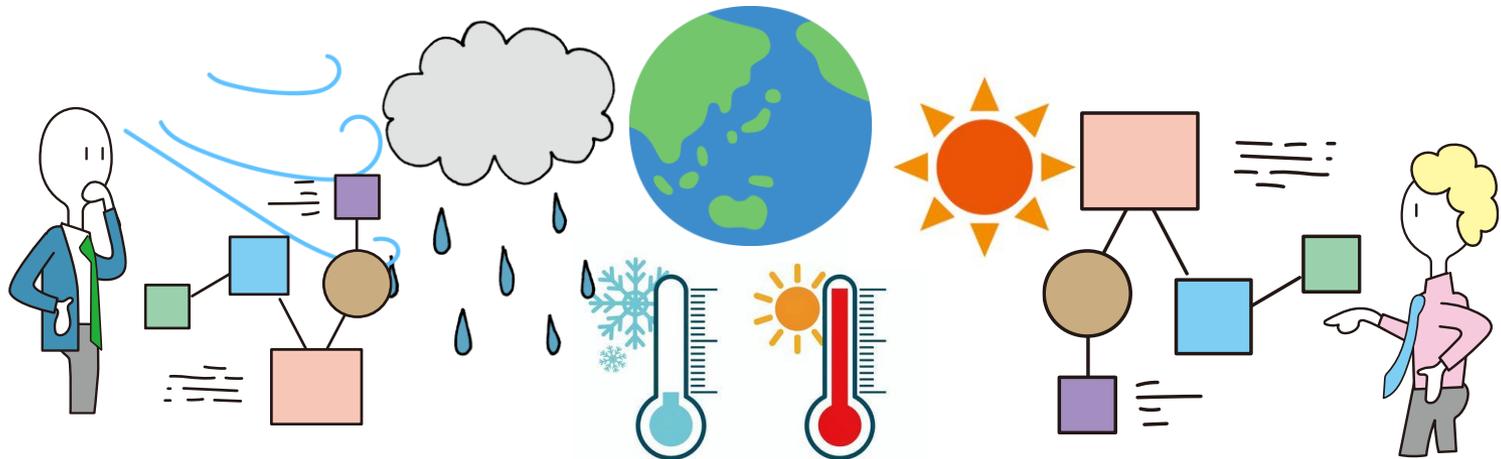
衛星システムの理論の理解
ハンズオン衛星開発・実装

→ 屋外運用・データ取得 → 運用・データ分析

設計開発へのフィードバック

2.気象観測を題材とする理由

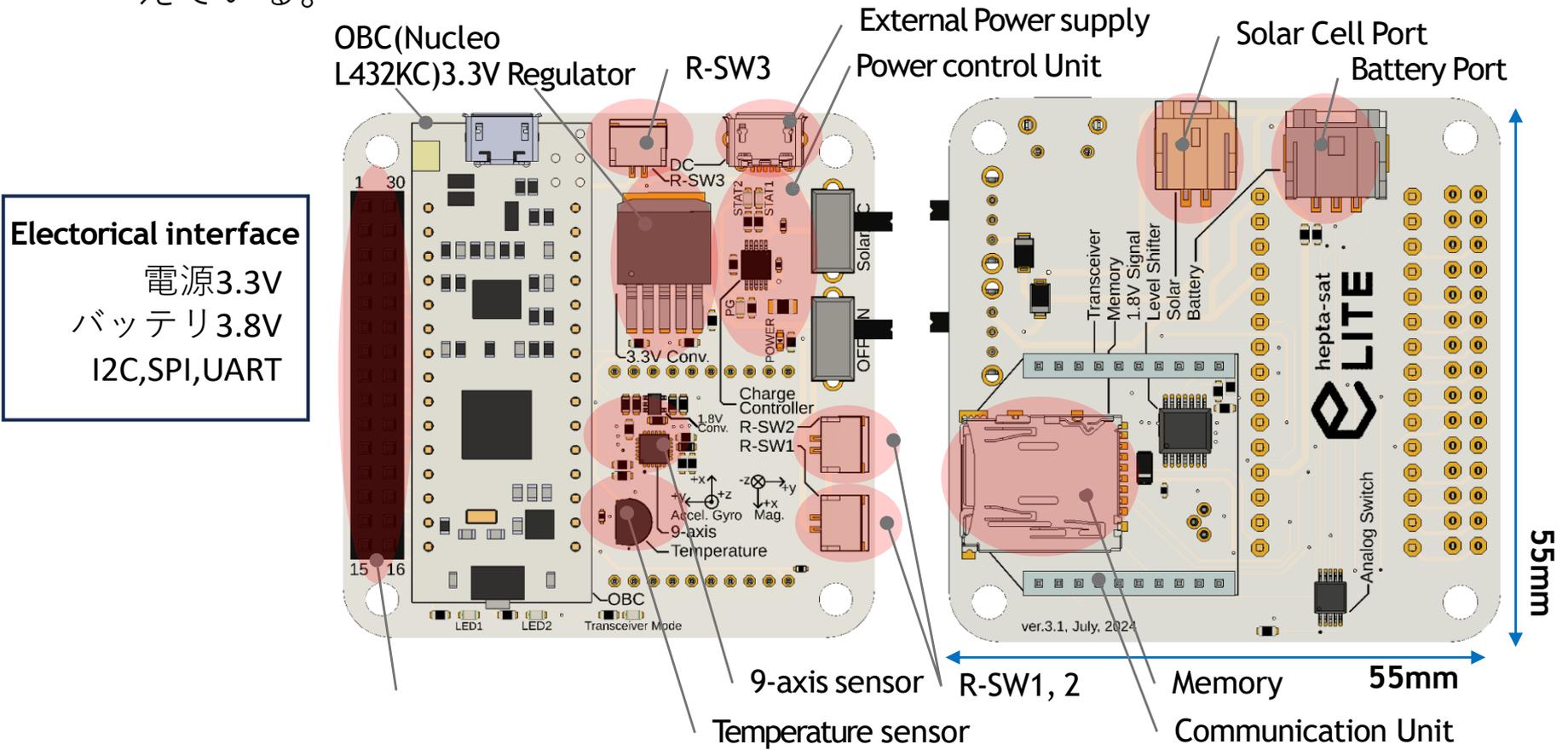
- ✓ 日常生活との結びつきが強く，専門知識がなくとも直感的にデータの妥当性を評価しやすい。
- ✓ 公共機関や民間機関が提供する豊富なリファレンスデータと比較しやすい。
- ✓ 数時間～数週間で完結するデータ取得サイクルを繰り返すことで設計のフィードバックを効率的に行える
- ✓ データをセンサ分解能・サンプリングなどの工学的観点からも，気象の自然物理の観点からも議論でき多角的な分析力を身につけられる。
- ✓ 予想できない変動や突発的なイベントが発生するため，宇宙の不確定性がある環境での運用を模擬できる。



効果的に衛星開発の工学技術と気象の自然物理を学習可能

3. HEPTA-SAT LITEとお天気SAT

- 衛星の核となる電源・通信・データ処理部のシステムや、衛星全体のシステムを学習するため、HEPTA-SAT LITEをベースとして用いる。
- HEPTA-Sat LITEは、55mm × 55mmの手のひらサイズの基板の上に衛星バスシステム(電源, 通信, データ処理, メモリ)を集約したCubeSat教育キットで、外部電源や通信インターフェースを備えており、拡張性と柔軟性を兼ね備えている。

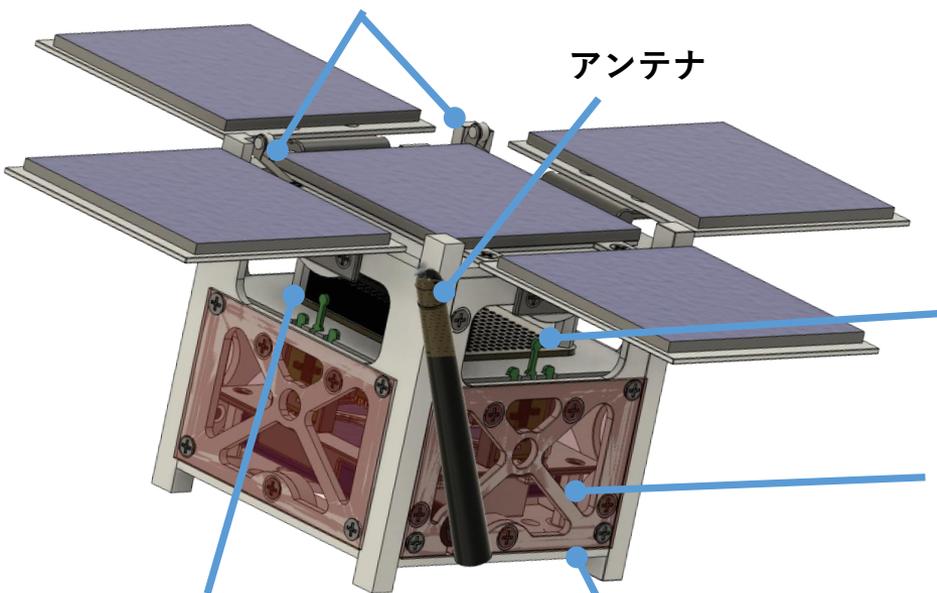


4. エンジニアリング的ポイント（工学設計）

- ・ ミッション要求・システム要求を意識した設計
- ・ 基本的なハードウェアとソフトウェアを提供
- ・ あくまで設計の要点を示す一例として、受講者に提示し、受講者は自分で立てたミッションに対し自由に設計を変更することもできる体験とする。

放出検知スイッチ

アンテナ



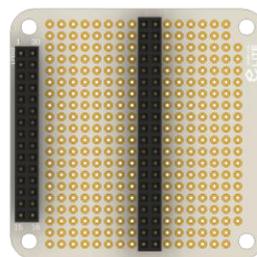
- ・ 気象観測のための通気口
- ・ 雨天時は下側をアルミパネルで覆う

3Dプリンタ製構体

基本仕様

サイズ	85 × 85 × 93.2 mm
動作消費電力	0.3~0.4W（基本動作時の平均）
搭載ミッション機器	気温・湿度・気圧センサ（BME280）

気象観測ミッション用追加コンポーネント



ミッション用
ユニバーサル基板



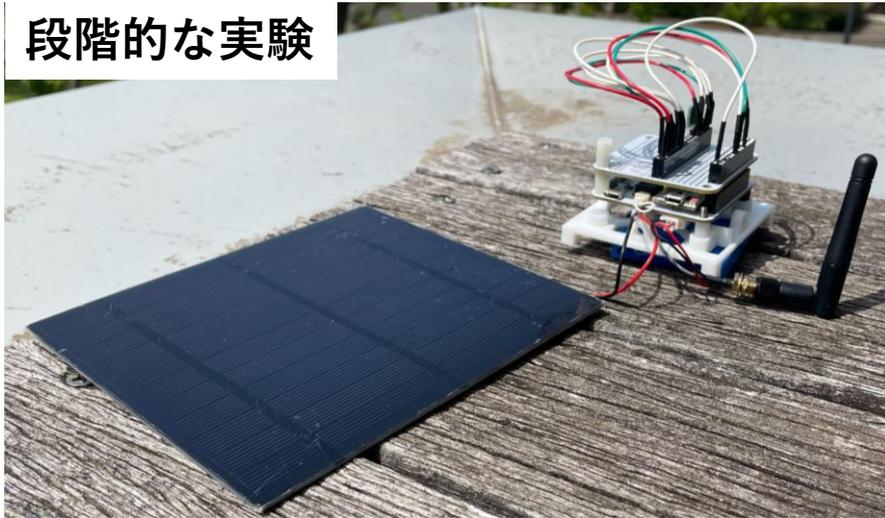
気温・湿度・気圧センサ(BME280)
(ユニバーサル基板に取り付ける)



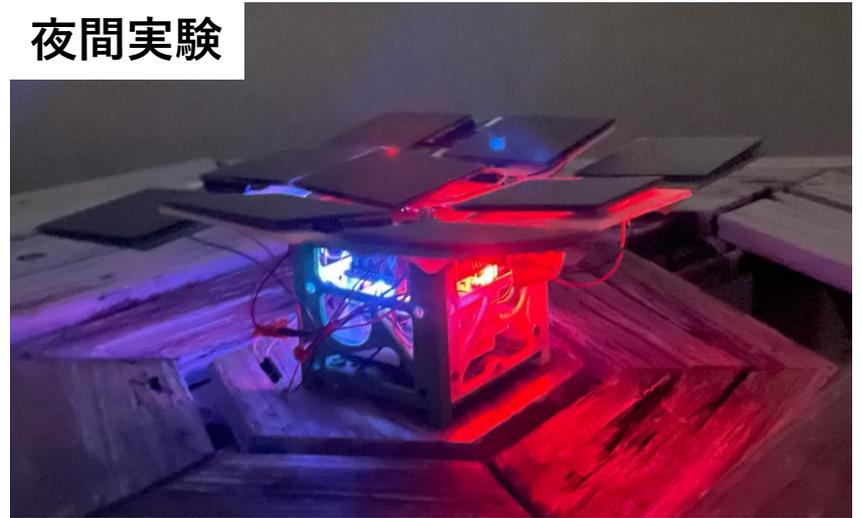
4000mAh リチウムイオンバッテリー

4. エンジニアリング的ポイント（工学設計）

段階的な実験



夜間実験



Otenki-Sat_Course Private

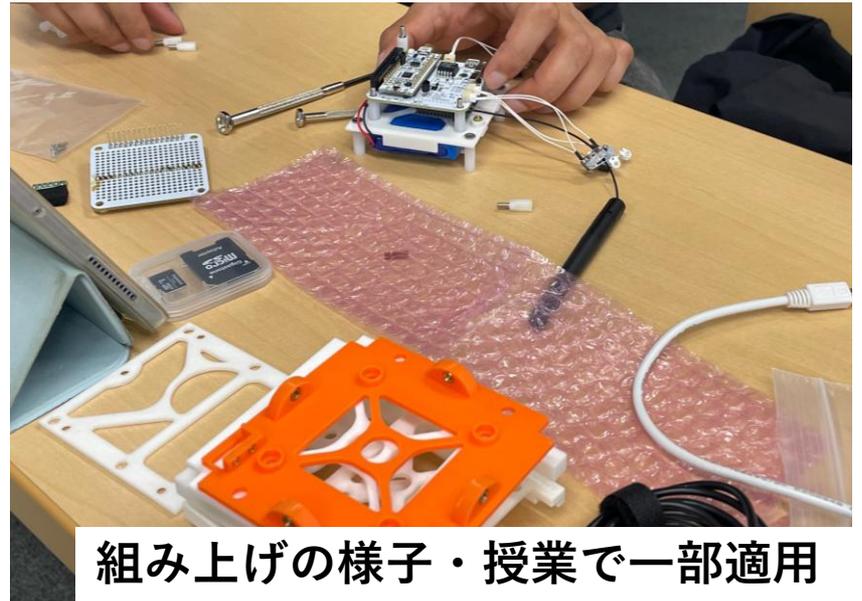
ソフトウェアの提供

main 1 Branch 0 Tags Go to file t Add file Code

Commit Message	Author	Date	Commits
Rename Labxx-02-空気中微粒子測定 to Labxx-02-空気中微粒子測定.md	sonenagisa	7a87ac5 · 4 months ago	23 Commits
Update Labxx-01_風速センサー.md			4 months ago
Rename Labxx-02-空気中微粒子測定 to Labxx-02-空気中...			4 months ago
Update Labxx_01_気象観測概要.md			4 months ago
Update README.md			4 months ago

README

HEPTA-Sat LITE を活用したリアルタイム気象モニタリングシステム "お天気サット"



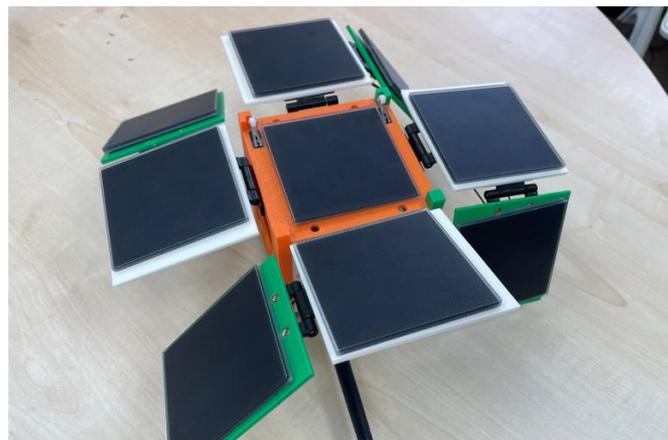
組み上げの様子・授業で一部適用

4. エンジニアリング的ポイント (工学設計)

開発した観測機で屋外試験・データ取得



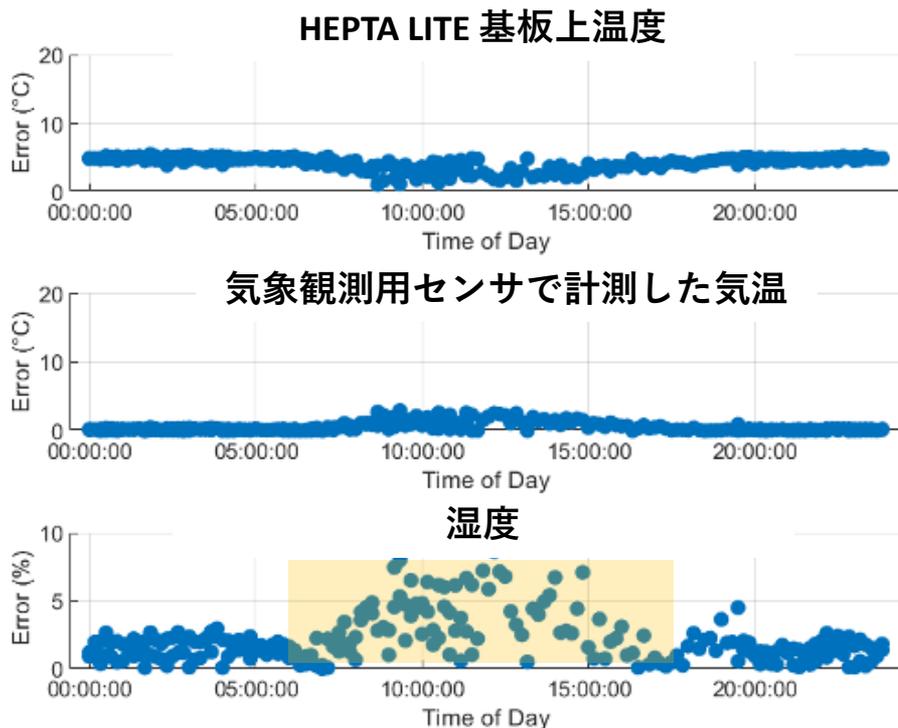
長期運用(3日間)



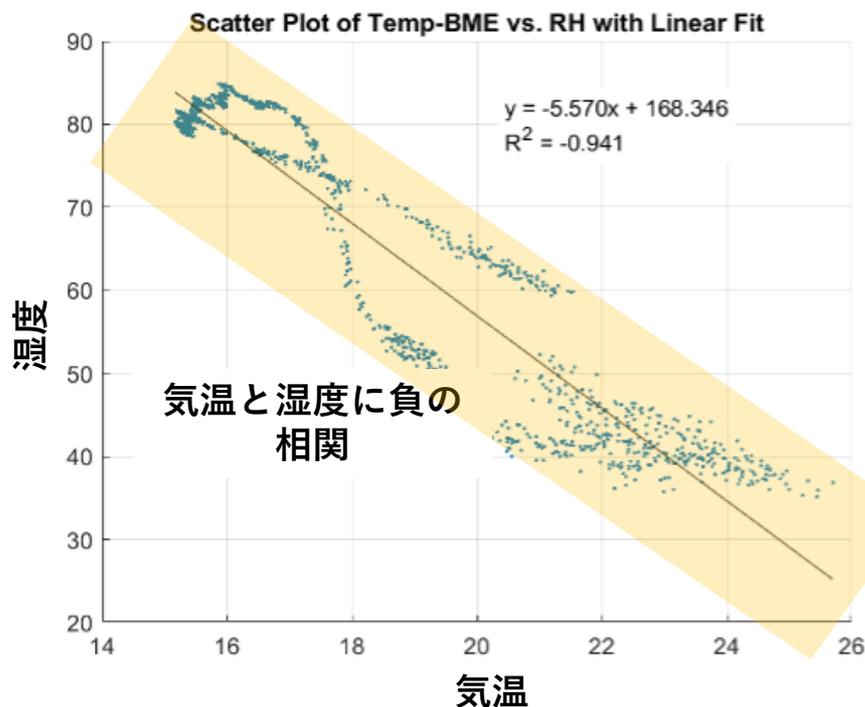
展開ソーラーセル設計(設計例)

5. サイエンス的ポイント（データ分析事例）

気象庁データと測定値の差分の分析



気象庁データと測定値の差分の分析



- ✓ 観測データの妥当性を評価する力の育成
- ✓ 設置条件・観測環境の影響を意識
- ✓ データ取得の満足にとどまらず「信頼性」や「誤差要因」を問う姿勢の育成

- ✓ センサ出力を物理現象として解釈し、現象の結果として読み解く力を育成
- ✓ 科学的根拠に基づいたセンサ選定・運用・データ活用が求められることを体感

設計開発だけでなく、気象データを使うことで、データの評価・解釈・自然物理学の理解の体験

6. 実施事項

2024年	7, 8月	・教育プログラム概念設計 ・マルツアイデアコンテスト受賞
	9, 10 月	・本教育教材に用いるHEPTA-SAT LITEをIAC(International Astronautical Congress)で論文化・発表
	11-12 月	・テスト用のセンサ選定・実装, 構造設計
2025年	1-3 月	・データ解析要素を取り入れたパイロットワークショップの準備と実践
	4-5 月	・センサ実装, 統合試験, 3日間の屋外自立運用試験 ・大学学部4年~修士1年を対象としたデモ授業カリキュラム作成と実施(4~7月)
	7 月	・ISTS(International Symposium on Space Technology and Science)にて教育教材・プログラムの設計と想定される学習効果について成果発表会・論文化
	8 月	・気象観測衛星を題材としたハンズオンワークショップの実施

- ・ハードウェアとソフトウェア開発を終えパイロットワークショップや授業での一部使用を実施
- ・実験結果から想定される学習効果について論文にまとめており, 助成金期限を延長させてもらい, ワークショップを行い, その効果について確認したい

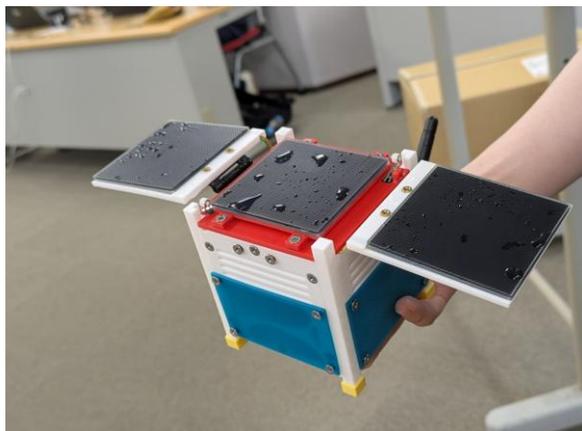
7. 予算の利用内訳

項目	単価 (円)	数量	小計 (円)
HEPTA-Sat LITE 基板製造・実装	-	20	200,000
3D プリント筐体材料 検証用電子素子類	-	-	750,000
ソーラーセル	3,000	27	70,000
追加センサ (風速)	25,000	2	50,000
追加センサ (NOx)	5,000	3	15,000
8月ワークショップ開催費用 (教科書作成と発注, 教材製造, 交通費旅費)	-	1回	500,000
合計(直接経費)			1,600,000

- ・電子素子類・3Dプリンタ用材料・ソーラーセル選定など、主に設計開発のために予算を使用
- ・8月のワークショップ開催・キットの生産のため助成金を使用させていただく予定.
- ・1キットにかかる値段は、約3万円(追加センサなし)で、今後高校生の授業で宇宙工学・理学教育実験として等でも使用・普及が可能

8. お天気サット ワークショップ実施

- 8月末まで助成金期限を延長させていただき、オリジナルの教科書と教材を作成した。
- 作成した教材を用い、8/5に高校の教員を対象に、ワークショップを実施した。



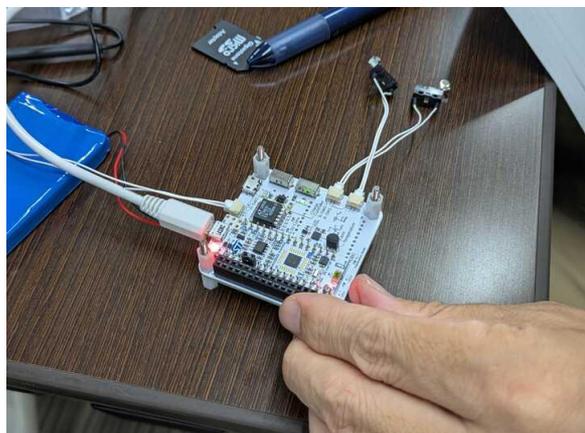
お天気サット



模擬環境での実験



気象観測用実装



HEPTA-SAT LITE



キットを自身で組み上げ



対話しながら理解を深める

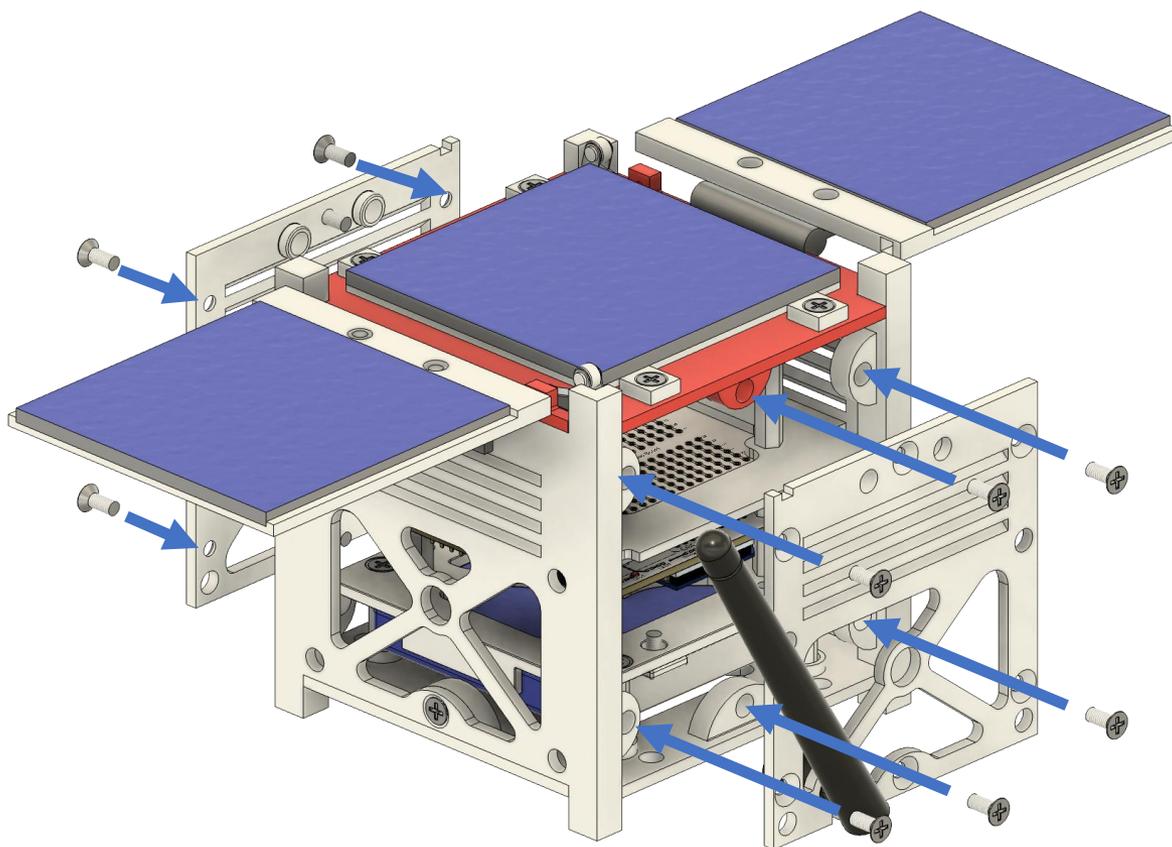
8. お天気サット ワークショップ実施

教科書の一部抜粋

キットにはパーツが分解された状態が入っており、教科書を見ながら組み上げていく

2-3 Assembly structure

- ❖ サイドパネルC, DをM3x8のねじで取り付けましょう。
- ❖ アンテナは取り外さず、ケーブルを切れ込みに通して、穴にはめ込みましょう。



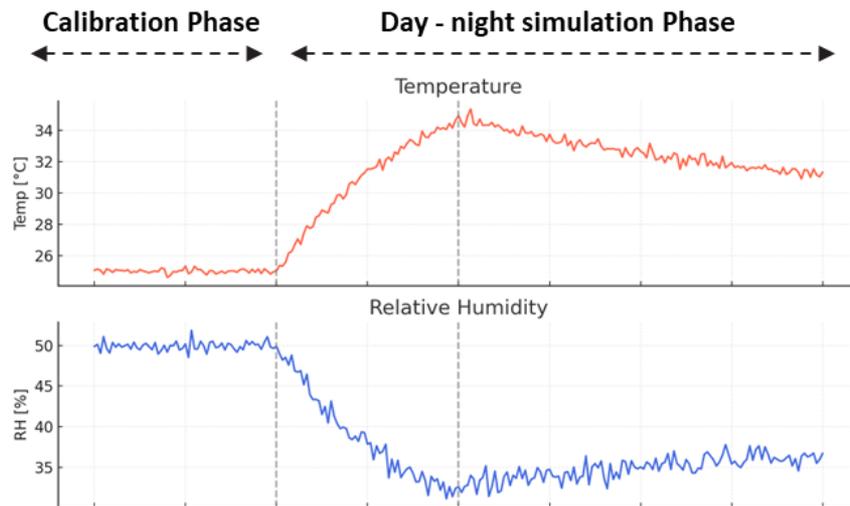
アンテナはケーブルを下の溝に通して、穴にはめる

8. お天気サット ワークショップ実施

教科書の一部抜粋

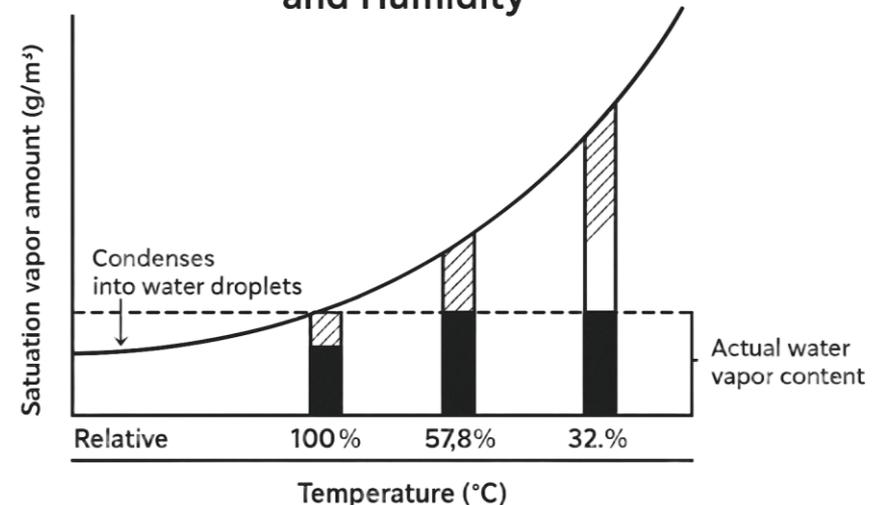
温度と湿度の逆相関について、教科書を使って“なぜ？その現象の理論”を学び、実際作成したお天気サットで、データを確認する。 onment

- ❖ データをもとに、物理現象に関する説明を加えてみましょう。
- ❖ たとえば晴れた日には、気温が上がると湿度が下がり、逆に気温が下がると湿度が上がるとい、逆の変化が見られます。
- ❖ これは、温度が高いほど空気中に含むことができる水蒸気の上限（飽和水蒸気量）が増えるためです。



熱源をつけて（昼間太陽が上り気温が上昇）温度が上がるにつれて、湿度が下がっている。

Relationship Between Temperature and Humidity



模擬環境を通して、実際の自然現象と同様の気象と物理のつながりを観察

8. お天気サット ワークショップ実施

- 参加者アンケートでのフィードバック結果
- お天気SATワークショップ全体の満足度について (5:満足,1:不満足)では, 5:(5人),4(1人)の結果で, 十分満足のいく内容であったと考えられる.
 - 参加者の声として, 宇宙システムの開発からデータ解析に関して網羅的かつ短期間で学習できた, というフィードバックをいただいた.
- 他, 宇宙システム・プログラミング・電子工作などの理解を聞く質問では, 5段階 (5:理解できた, 1:理解できなかった) 評価で, 5の評価が3人, 4の評価が2人の結果だった. この結果より専門性的なことに対しても, 短時間で理解できたことが言えると考えられる.
- 高校の教員目線で, お天気サットを使える科目について聞いたところ, 「情報」, 「工業技術基礎」, 「中学理科」などに使えるのではと意見をいただき, 将来的に高校の授業の一環としての利用も視野に入れていきたい.
- また, 教材に対する意見として下記の声をいただいた. 今後より良い物に改修していく.
 - 雲量を観察するためのカメラを搭載でさらに気象衛星らしさが出る

9. お天気サット 国際学会での成果報告

- 7月に開催された、国際シンポジウム (ISTS: International Symposium on Space Technology and Science)で、お天気サットについて発表を行った。
 - 発表タイトル「Design of an Educational Program to Learn Satellite System Development Life Cycle using “HEPTA-SAT LITE”」



7/15~7/19 徳島県アスティ徳島で開催された国際学会で発表を行った

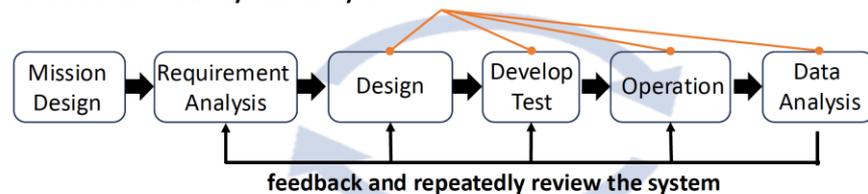
Why are grand weather observation missions adapted?

1. Weather Links to daily life

Students do not need **any special knowledge** to learn from mission design to data analysis.

2. Weather is a changing phenomenon

Students are required to **develop with operations in mind** (ex: Need to close the hole because of the expected sudden rainfall) which **naturally leads them to consider the entire system lifecycle**.



3. Weather has short natural cycles

Weather changes hourly to daily.

Can be experienced system life cycle many times in a short period of time.

発表内容概要

- ・ 衛星の設計から運用までのシステムライフサイクル全体を学習するための、地上気象観測を題材にした教育プログラムの提案、その効果（お天気サット）
- ・ これまでの宇宙工学教材に比べ、短期間で広範囲を学習できる点について

10. お天気サット 富士山での気象観測実験

- 8月に富士山山頂での気象観測実験を行った。
- 温度・湿度・気圧の観測に成功し，データを分析した。
 - リファレンスとした公の富士山山頂温度よりも，お天気サットで観測した温度・湿度が高い -> 内部に温度がこもってしまっている。ことがわかり，設計改修中。
- 富士山のような昼夜の温度変化が大きい・長期間観測中に機器の修理が難しい，環境は宇宙機の運用と類似していると考えられ，将来的には，富士山山頂のような極端環境での長期観測実験も含めた教育プログラムの作成を行いたい。

