

衛星搭載用の観測装置・技術開発 と人材育成

「2030年代の天文学と光赤外地上・スペース計画：日本の戦略」

金田英宏(名古屋大学 物理U研)

アウトライン:

0. 私の宇宙科学ミッションへの関わり
1. 名大U研とは
2. 大学における実験系人材育成の例
3. 大型プロジェクトへの関わり方
4. さいごに



0. 私の宇宙科学ミッションへの関わり

2/21

- 太陽観測衛星「ようこう」 X線フレアの解析
- X線天文衛星「あすか」 GISキャリブレーション
学位論文「銀河リッジX線放射の研究」
- X線天文衛星ASTRO-E HXD Si PINダイオード検出器の開発
FEMによる構造解析
- 赤外線天文衛星「あかり」 冷却望遠鏡、FIS、
銀河系・近傍銀河観測プログラムPI
- 赤外線天文衛星SPICA 冷却望遠鏡、中間赤外線観測装置、、
(2014-2021) SPICA 副PI、SMI PI
- 現在: GREX-PLUS, SILVIA, FIRSST, DESTINY+
日印気球T100-FPS、日米気球JUStIIInE

宇宙理学委員(2013-)、ISAS経費審査、20年委員会、ISAS大学連携TF、、

宇宙研11年: 名大13年

2014~2021: JAXA40%、名大60% 最後の3年はクロスアポイントメント

1. 名大U研とは

- 早川幸男先生がN研(原子核物理学)を創設(1959年)、
早川教授は理論屋でありながら、実験研究室を創設された。
- 田中靖郎先生が着任(1962年)、**1965年 U研創設**(N研から分離独立)
日本初の宇宙X線観測、世界で3番目のX線観測グループ。
- **X線天文衛星**: 1976年CORSA失敗、1979年「はくちょう」、1983年「てんま」、
1987年「ぎんが」、1993年「あすか」、2000年Astro-E失敗、2005年「すざく」
- **赤外線観測**(松本敏雄先生 1969着任-1996異動):
1965年～近赤外線気球観測、1980年～赤外線ロケット観測、1995年
IRTS、2006年「あかり」、1998年～遠赤外線気球、2014-2021年 SPICA
2009年～IRSF運用(旧Z研からの引継ぎ)、2011年～光赤外大学間連携
- **重力波**: 2018年～、川村先生、SILVIA, B-DECIGO,,

50年以上、宇宙観測実験系の大研究室体制を維持、人材育成に貢献。

U研: 赤外線天文 (Uir) + 高エネルギー天文 (Uxg)

赤外線グループUir: 教員3-5名、研究員: 2-4名、学生15-20名

U研が深く関与する赤外線望遠鏡群

「あかり」

宇宙望遠鏡

「あかり」全天画像、
衛星データ処理技術

衛星データ解析

Spitzer

Herschel

JWST

将来衛星
要素技術

GREX-PLUS (日本)
FIR Probe (国際協力)
SILVIA (干渉計、日本)

気球望遠鏡

干渉計JUSStInE

装置開発、実地観測

地上望遠鏡

インドFPS100

南アフリカIRSF

2. 大学における実験系人材育成の例



宇宙望遠鏡

気球望遠鏡

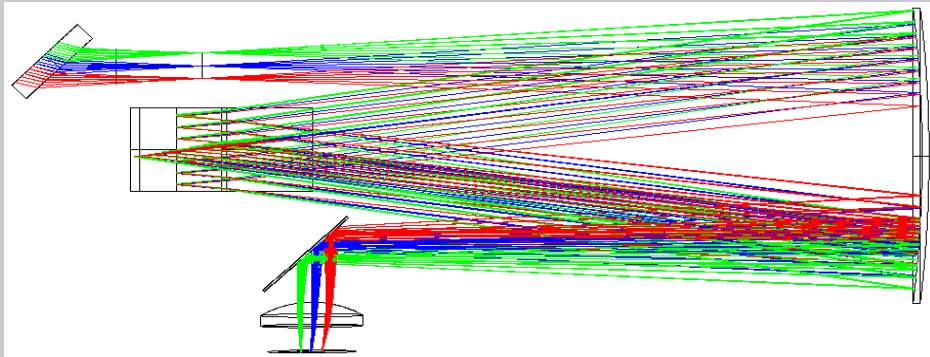
地上望遠鏡

最先端の赤外線観測技術



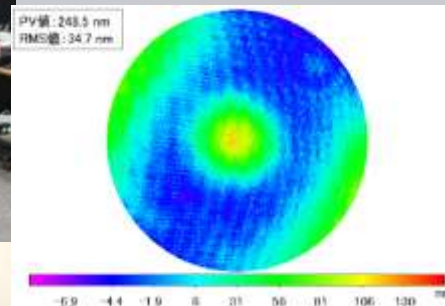
赤外線観測装置の開発に必要な基礎技術の習得 6/21

光学系の設計



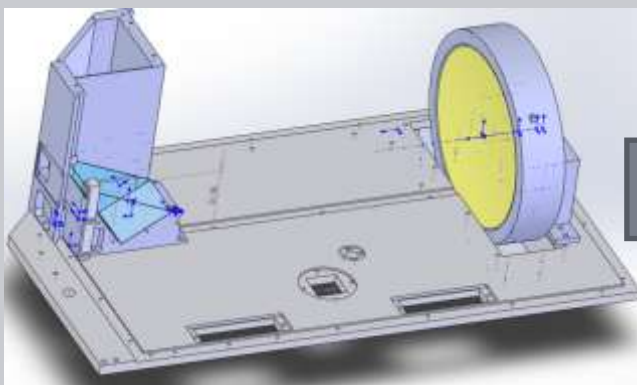
光学設計解析ソフトZEMAX

低温下(~ 10 K)での光学測定



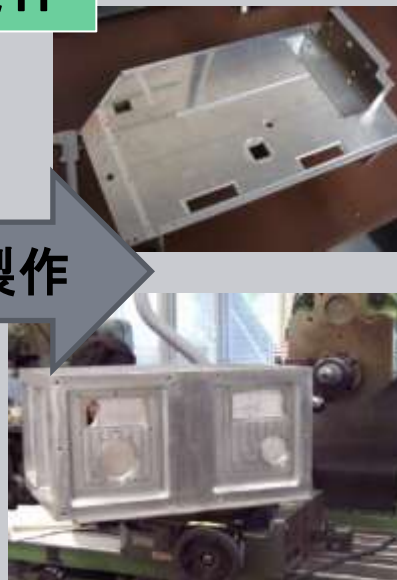
CGH干渉計

装置構造の機械設計・製作

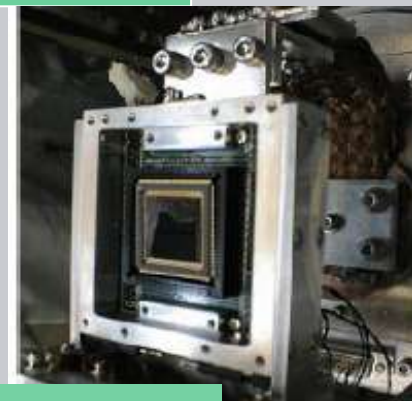
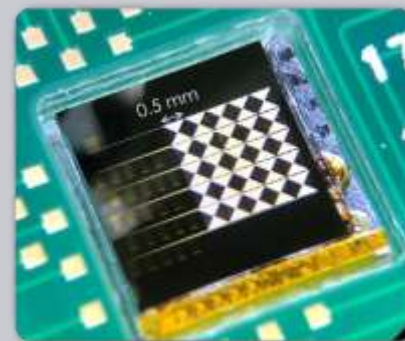


3次元設計ソフトsolidworks

製作



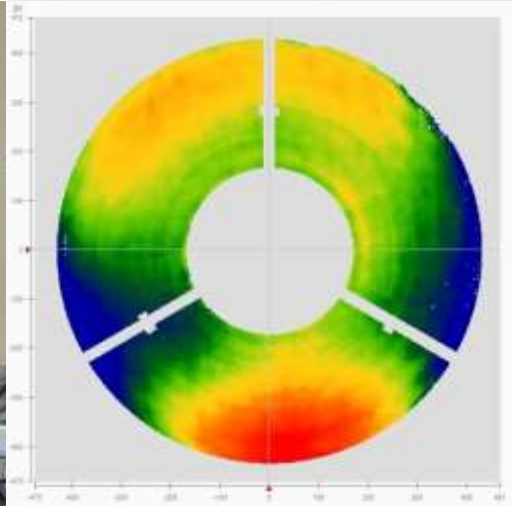
検出器、分光器



検出器読み出し
回路の設計・製作

大型プロジェクトを通して経験できる大規模実験 (@つくば)

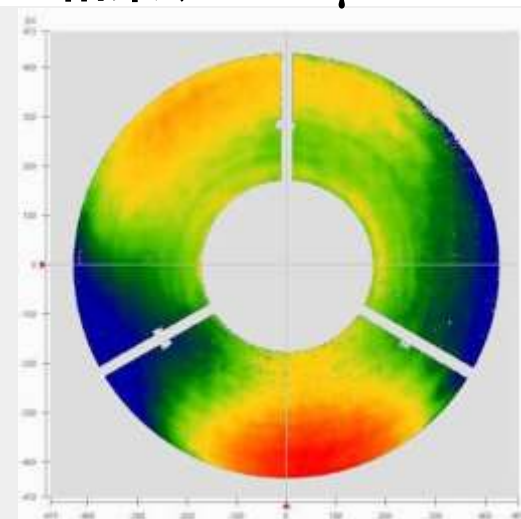
stitching interferometry



縫い合わせの結果(1.079 μmRMS)



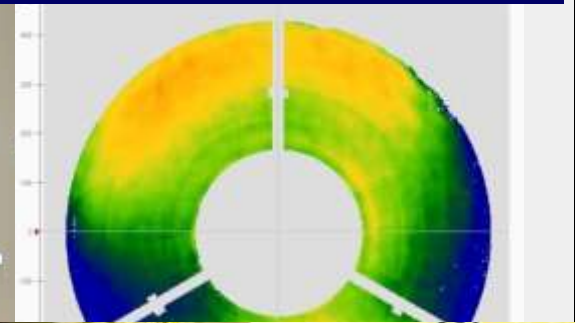
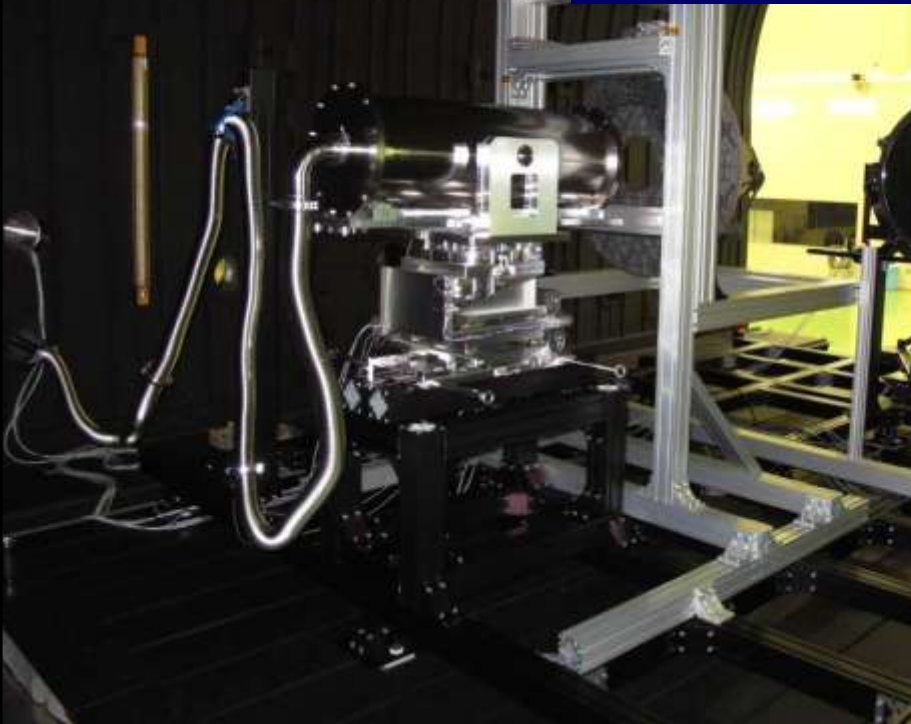
両者の結果が
良く一致。



面全体を測定(1.087 μmRMS)

大型プロジェクトを通して経験できる大規模実験 (@つくば)

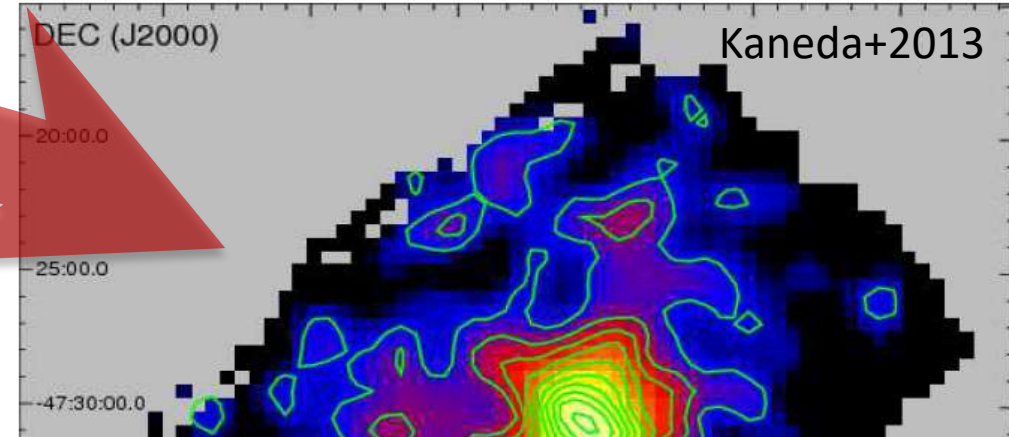
Inside the JAXA/Tsukuba 6-m space chamber



日印共同気球実験による星形成領域の 遠赤外線[CII]分光観測

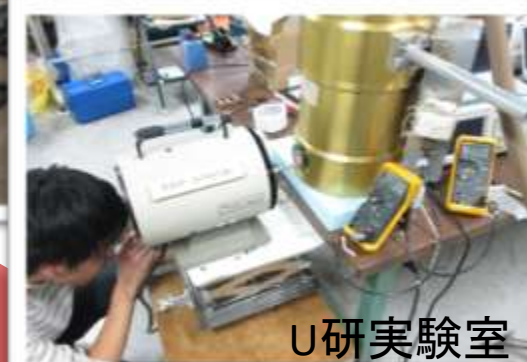


気球の打ち上げ



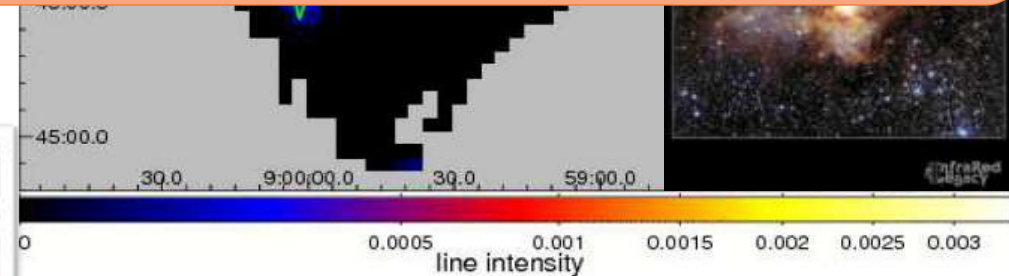
2017年11月、2018年3月、10月、2019年4月
(W3, RCW36, NGC2024, Mon-R2, Carina、
NGC6334, NGC6357, W31, RCW106, W40)

打ち上げ基地(インド)



U研実験室

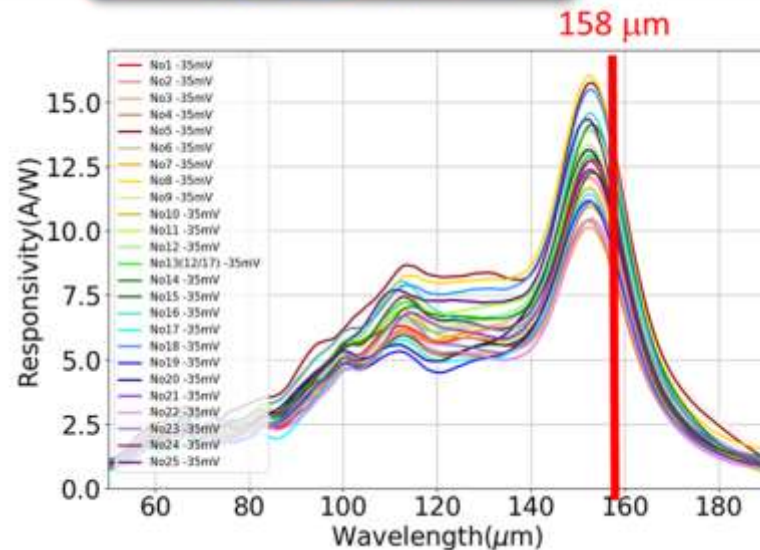
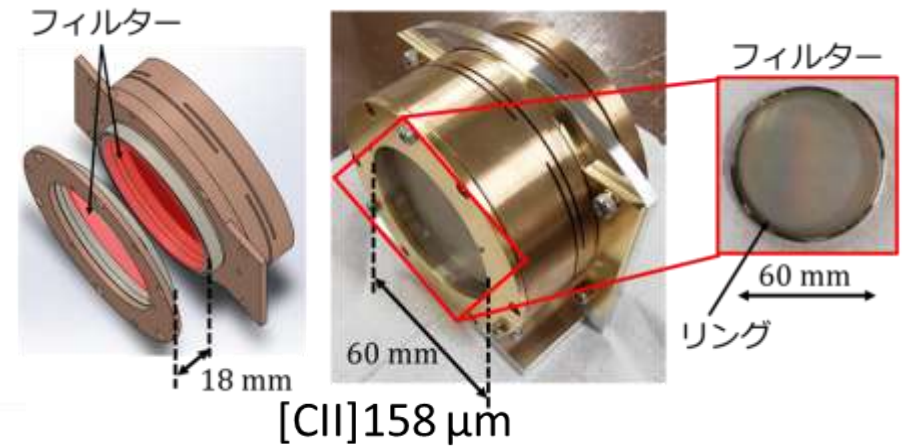
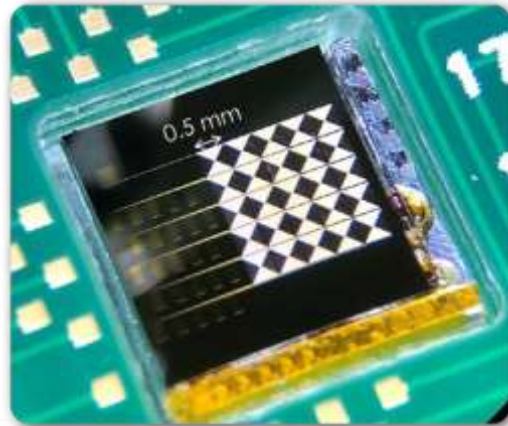
分光観測装置の
性能評価の様子



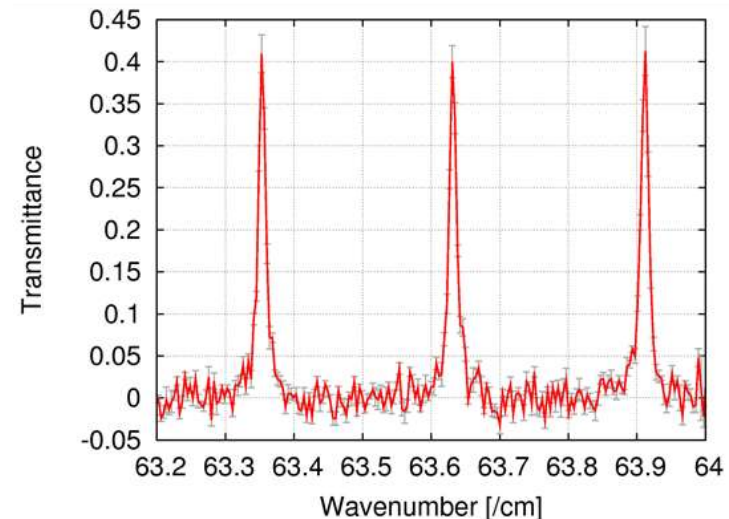
星形成領域 RCW38 の全域の
C⁺ 放射の空間分布(光解離領域)
が明らかに

日印共同気球観測のための新しい観測装置開発

遠赤外線Geアレイ検出器＋スキャン型ファブリペロー分光器



齋藤太志、2019年度、名大 修士論文



金山健也、2020年度、名大 修士論文

広域な星形成領域をカバーする[CII]マッピング機能を維持しつつ、高波長分解能化・高解像度化を目指す。

IRSF近赤外線分光器(重力波アラート即時対応)

望遠鏡からの光

球面鏡

プリズム

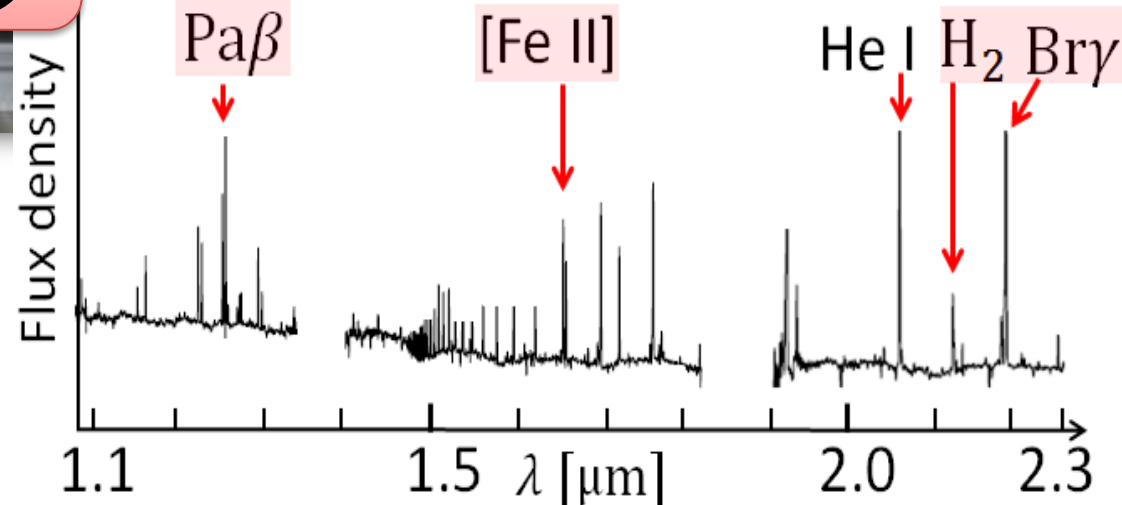
検出器

指向性・機動性を向上。定常時は広域スペクトルマッピング

テスト観測@鹿児島大1m望遠鏡

LMC

Megan+18

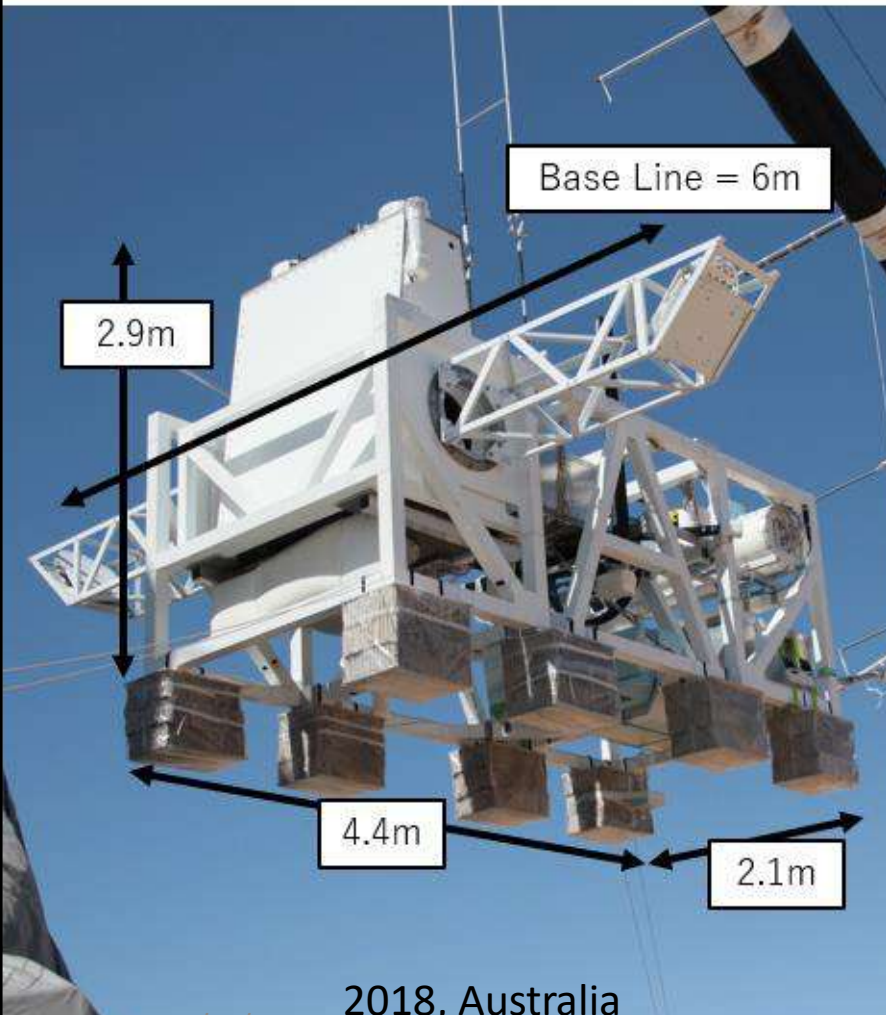


東明元輝、2021年度、修士論文

その先に向けて：宇宙赤外線干渉計

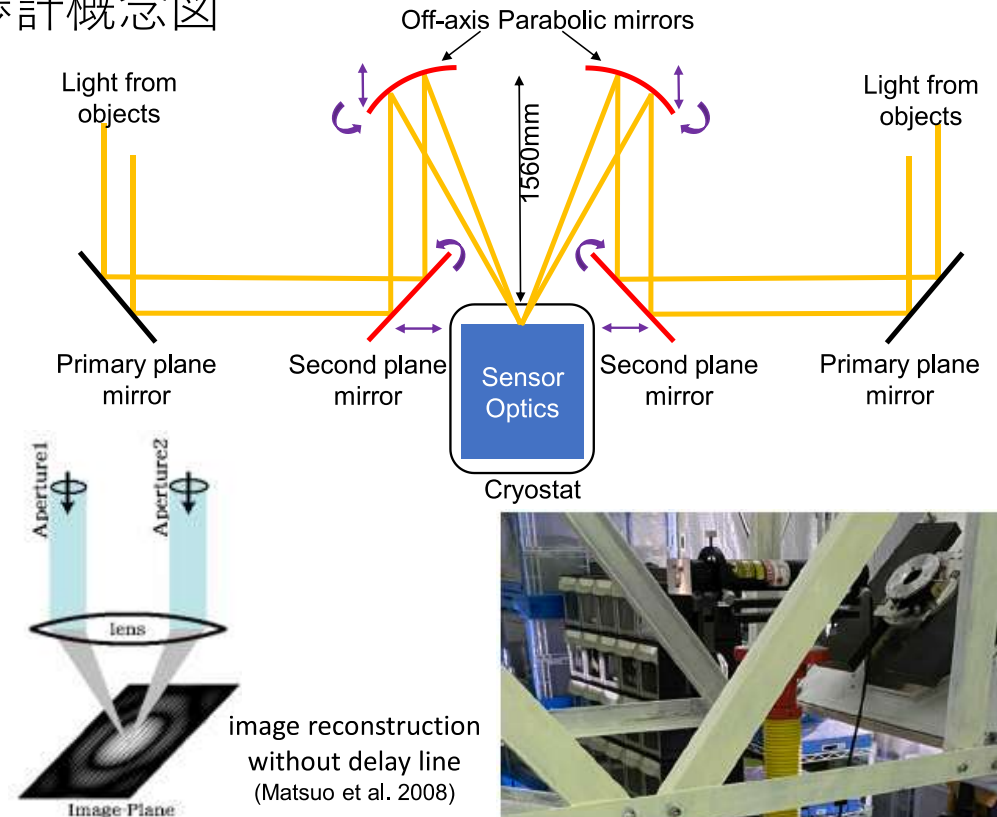
日米気球実験：遠赤外線分光干渉計(JUStInE)

12/21



2018, Australia

干渉計概念図



下川徹、2021年度、修士論文



宇宙赤外線干渉計プラットフォームの実証。

JAXA科学衛星小型ミッション候補 SILVIA（超精密フォーメーションフライト制御）

最近の学生の研究テーマ

13/21

データ解析・装置開発

20年度修士論文:

- ・Kramers-Kronig解析を用いた宇宙赤外線観測用プリズムの極低温下での光学特性評価
- ・Centaurus Aの赤外線観測で探る活動銀河核ジェットと銀河間物質の相互作用
- ・遠赤外線[CII]マッピング観測のための気球搭載用高波長分解能ファブリ・ペロー分光器の開発
- ・赤外線観測で探る大マゼラン雲スーパーシェルにおける星形成誘発過程の研究

21年度博士論文:

- ・大マゼラン雲のダスト3次元分布で探る銀河間相互作用による大質量星形成
- ・中間赤外線分光によるダスト鉱物学的アプローチで探る活動銀河核の進化史

21年度修士論文:

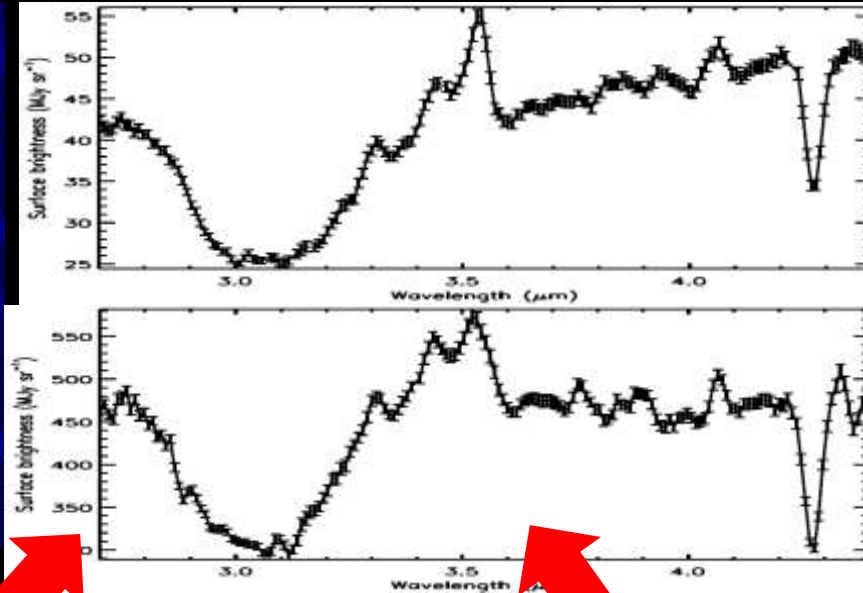
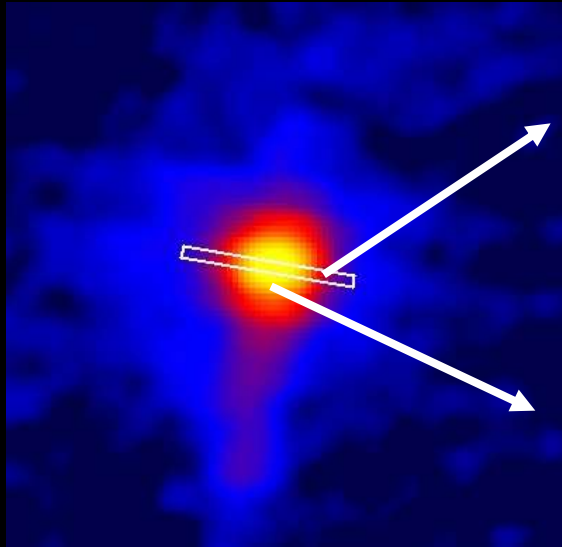
- ・赤外線観測とX線観測から探る天の川銀河面X線リッジ放射の起源
- ・日米共同気球赤外線天体干渉計の光学系調整方式の確立
- ・完全空乏型MOSFETを用いた極低温読み出し回路による気球観測用遠赤外線[CII]分光装置の評価
- ・マゼラン雲大質量星形成過程の理解のための南アフリカ望遠鏡IRSF近赤外線分光装置の検出器系の開発
- ・「あかり」近赤外線分光観測で探るYSO星周環境の炭化水素ダストの特性

2010年～装置開発の割合: 修論31/50、卒論31/46、学生筆頭著者査読論文9/44

研究スタイル:三位一体

科学研究

Hさん、Oさん、
Kさん、Tさん、Y君、
T君、M君、M君



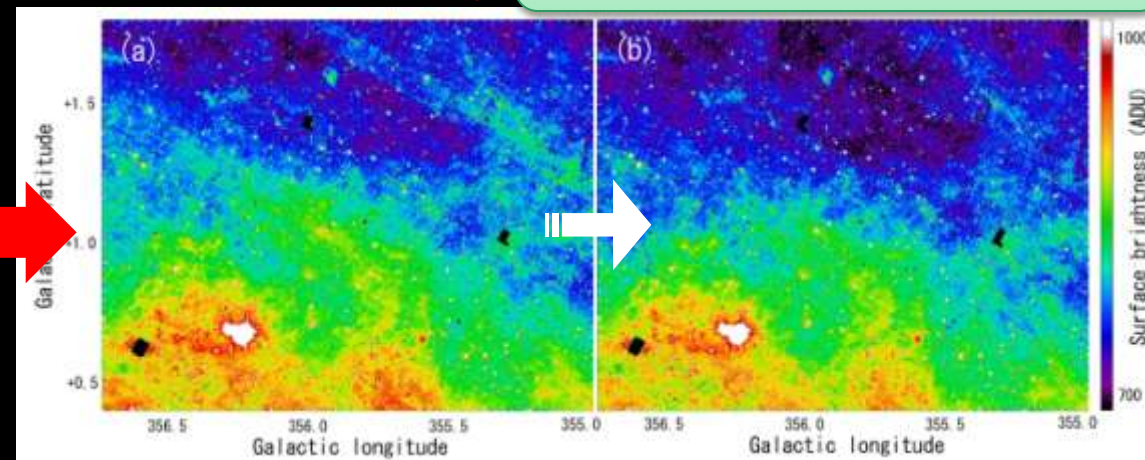
Hさん、Kさん、S君、Y君、
T君、F君、M君、M君

装置開発

開発のための開発
ではない。

コミュニケーション

衛星データ処理



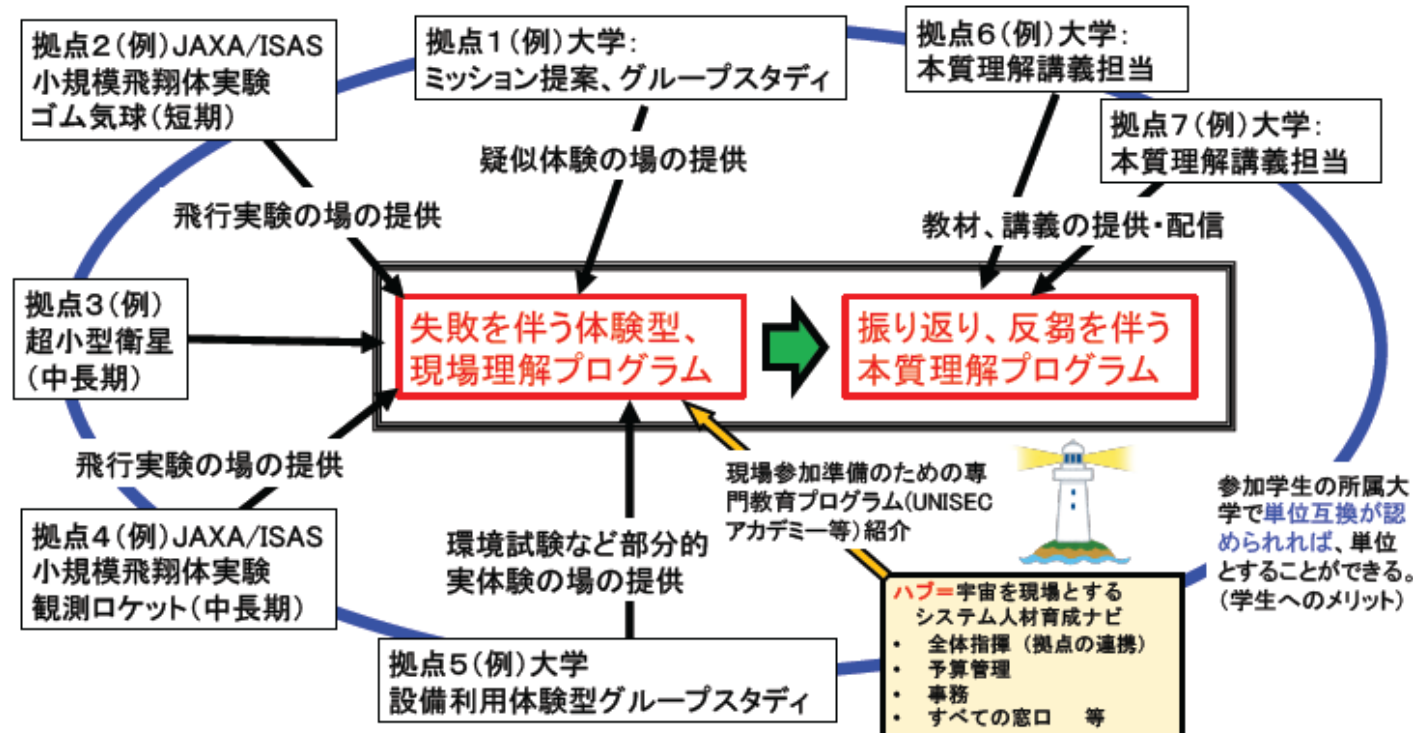
Hさん、Tさん、M君

3. 大型プロジェクトへの関わり方

大学連携による宇宙教育プログラム(8/31宇宙理工委員会 TF説明資料より抜粋)

・人材育成システムの設計とハブ構想 (TF提案) :

- 1) 現場理解と本質理解のプログラムで構成。
- 2) それぞれを得意とする機関を**拠点**とし、その**ネットワーク**を構成。
- 3) **ハブ** = 拠点の連携、全体の透明性、教育する側/される側のガイド。



提案する人材育成システムとハブ構想のイメージ (理想形)

学生のための教育プログラム：名大の例 ^{16/21}

● フロンティア宇宙開拓リーダー養成プログラム(2013-2018年度)

国のプログラム: COE ⇒ リーディング大学院 (宇宙関係は全国で名大のみ)

将来の宇宙産業界でリーダーシップを取れる人材の育成

□ 経済支援・採用枠

- 年間約100万円 (M1 ~ M2) , 年間約180万円 (D1 ~ D3)
 - 計20名/学年を採用 (M1春に10名、M2春に8名、D1春に2名)
- 現在(2017当時)、Uirは5名 (D3x2名, D2x2名, M2x1名)

□ ChubuSat実践プログラム

6~7人のチームで、小型衛星の提案・開発を行う



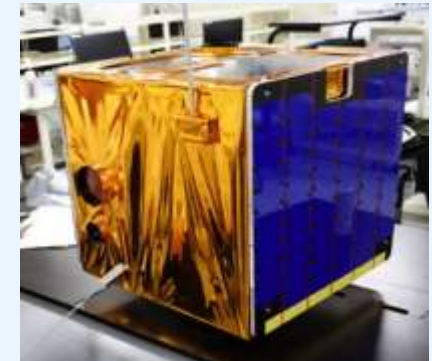
概念設計



振動試験



熱真空試験



● 民間における宇宙利用基礎コース(2019年から)

超小型衛星利用に関する実践的な2週間(基礎、上級)のコース

宇宙研に期待する役割

9/14

- 宇宙科学プロジェクトの「プロ」の集合。
- 大学共同利用機関として、関連大学を取りまとめて牽引・指導
- 宇宙プロジェクトリーダーの養成（若手研究者）
- プロジェクト中核を担えるように実践的英才教育・少数精鋭（大学院生）
宇宙研ならではの豊富なリソースを活用。
- 将来を見据えて、国家戦略的な観点からも、舵取りを。

大学と同じような研究・教育は必要か？ **NO !**

大学が果たすべき役割

10/14

- ISASプロジェクトを支える要素技術の開発を行える実践力
- ISAS衛星の観測データから科学成果を引き出す研究能力
- 将来プロジェクトで期待されるサイエンスに特化した専門家を養成。
- 教育指導経験の豊富な教員による幅広い学生教育、多種多様な講義
- ISASと大学が健全な関係であれば、大規模プロジェクトに深く関与する大学でも、研究者は研究実績・教育実績を積むことは可能。

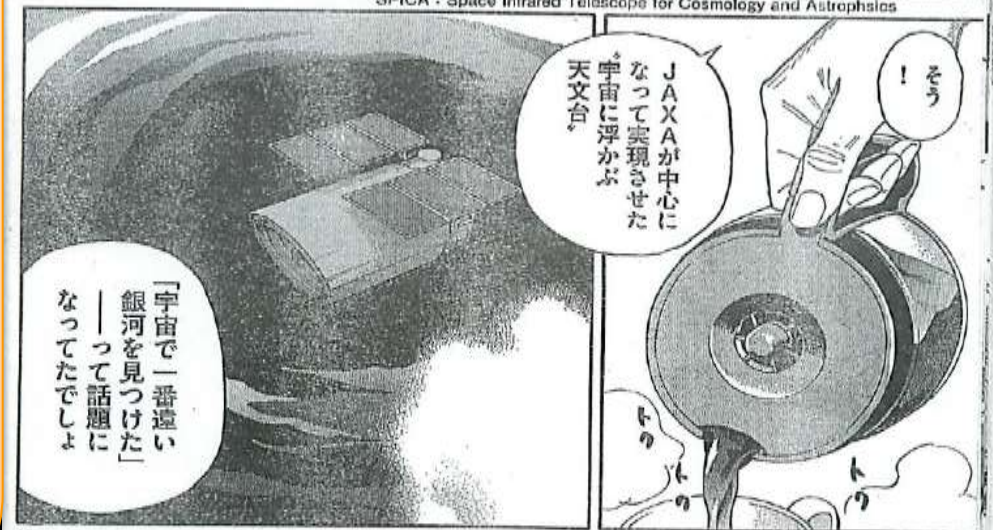
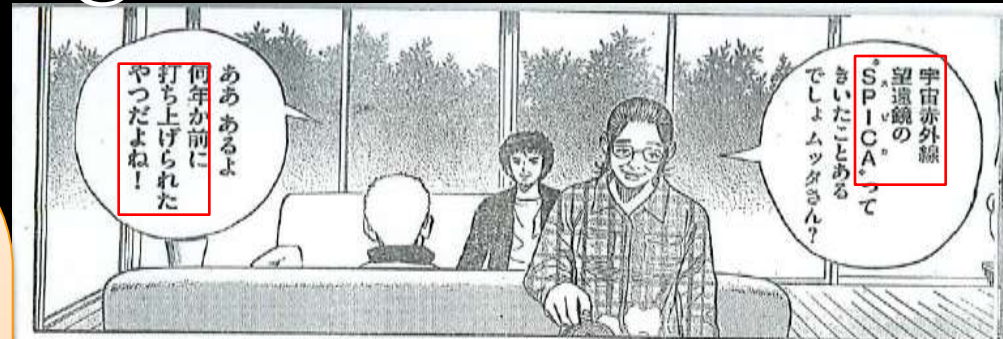
大学にmini ISASは必要か？ Yes / No

「U研の現状と将来計画」 @U研50周年記念講演会、2015年

● 新生SPICAの実現を！

SPICAプロジェクトの経緯

- 2007 大型衛星計画に提案
- 2008-2010 MDR・SDR審査合格、プリプロジェクト発足
- 2011- リスク低減フェーズ、大型は困難に
- 2013 コスト超過問題で旧SPICAが破綻
新生SPICA (PLAN-B、PI芝井教授、戦略的中型枠) へ移行
- 2014 PLAN-B破綻、PLAN-Dへ。
ESA-JAXA共同技術検討
- 2015 JAXA: 国際評価委員会、MDR審査
ESA: 中規模枠への提案



2030年代以降の宇宙科学に向けた提言

- MMX/LiteBIRD/OKEANOS/SPICA のその先へ -

本提言の範囲

2020

2030

2040

公募型小型

戦略的中型

国際小規模

国際計画

他

運用・開発中

「初期宇宙におけるインフレーション仮説の直接的検証」

宇宙用冷凍機技術

干渉計技術＋編成飛行技術

LiteBIRD

超小型衛星などによる実証実験(1)

WFIRST

重力波干渉計実証機

NASA大型計画

重力波干渉計

「銀河や巨大ブラックホールの誕生と成長の物理的解明」

宇宙用冷凍機技術

XRISM

Athena

SPICA

経量光学系技術

JASMINE

HiZ-GUNDAM

WFIRST

優先順位付けが必要

広視野X線分光探索

広視野赤外線探索

広視野硬X線探索

NASA大型計画

「生命を育む星惑星系形成の本質的理解」

宇宙用冷凍機技術

干渉計技術＋編成飛行技術

経量光学系技術

超小型衛星などによる実証実験(2)

SPICA

赤外線干渉計実証機

赤外線干渉計

トランジット分光

黄道面脱出(探査機に観測器を搭載)

WFIRST

NASA大型計画

衛星搭載用の観測装置・技術開発 と人材育成：まとめ

「2030年代の天文学と光赤外地上・スペース計画：日本の戦略」

- ・名大U研、実験系人材育成、宇宙科学プロジェクトの下支え
- ・地上とスペースの融合、科学目的を意識した開発
- ・(人材育成)大学連携による宇宙教育プログラム
(研究室の運営上)一つのプロジェクトに偏り過ぎない。

学術会議シンポジウム「大型プロジェクトと大学の関係」

さいごに

衛星搭載機器の開発経験の豊富な方が減って、
宇宙研・大学・宇宙産業界の実力が落ちてきた。

宇宙研と大学は「運命共同体」。

— お互いの役割を理解し、良い関係を築きたい。