

大学での装置・技術開発の人材育成

特に光赤外線天文学の分野について

酒向重行（東京大学天文学教育研究センター）

アウトライン

- 大学での装置・技術開発の人材育成
- ソフトウェアを大切に

木曾とTAOの装置・技術開発の話はまたの機会に、

学部大学生（特に天文学専攻の学生）

先生の研究室は何をやっているのですか？

天文学観測用の装置を開発しているよ。

天文学っぽくないですね。

実験物理学

物理現象を実験によって研究し、現象の量的関係を求める物理学。実験の方法、原理、技術、装置の研究および理論の実験による証明などを研究対象とする。

理論の結果は実験により証明されなければならない。

ブリタニカ国際大百科事典

対象が遠方にある宇宙物理学においては、**観測**と**装置開発**の**両輪**でもって実験物理学が成り立っている。

先生方、講義でこの点をしっかりと教えてください。

大学での光赤外線装置開発の道のり

1960年	岡山188cm完成
1970年	宇宙物理実験としての装置開発が手探りではじまる 木曾105cm完成
1980年	装置開発の基礎を確立 東京大学 → 国立天文台発足
1990年	8m級用大型装置の開発を開始。
2000年	すばる8.2m完成 あかり衛星打ち上げ
2010年	中小大学望遠鏡の登場、大学の独自色が強まる。
2020年	計画の大型化、長期化、複雑化の問題が露呈。 大学望遠鏡の維持運用の負担。

ビッグサイエンスの境界

黎明

拡大

独自
多様
(大学)

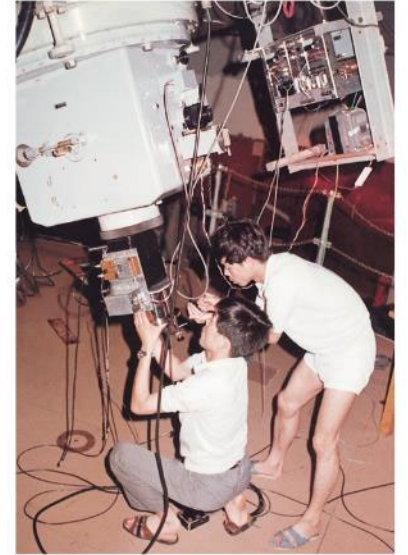


図3-61
188cm反射望遠鏡カセグレン焦点に赤外線測光器を取り付ける
筆者（左）と佐藤修二さん（1967）

岡山天体物理観測所
40周年記念誌より
奥田先生と佐藤先生(修士)
1967年

プロジェクト
事業化
(NAOJ, JAXA)

大学院の研究テーマとしての装置開発

研究テーマ（装置開発に限ったことではない）

- 創造的であること
- 新規性を含むこと
- 修論・博論を期日内に取得できること

最近、私が気をつけていること

- ブラック研究室にならないこと
- ハラスメントがおきないこと
- 本人の意思を尊重すること
- 大型計画の大義名分を主張しないこと。
- 国籍問題

自分の頃はそうではなかった。
でも、時代はかわった。

2020年代の装置開発に大学として
どのように向き合っていけばよいか？

日本天文学会の観測装置V2の様子

2022年秋季年会V2講演初日

大学院生の発表数

- 全V2講演に占める学生発表の割合
➔ 20年前から変わらない印象（数えてはいない）

大学院生の発表の内容

- 要素技術の開発が主
- 稀に小型装置の全体
➔ 20年前から変わらない印象。
アイデアに富んでいる。
正直、プロジェクト報告より面白い。

学生の意欲に加え、指導教員の不断の努力が感じられる。

観測機器（光赤外・重力波・その他）

2022年9月14日（水）午後（13:00-15:40）【G会場】			
13:00	V201a	TMT計画 -- 進捗報告 臼田知史（国立天文台）	
13:12	V202a	TMT第一期観測装置 広視野可視撮像分光装置WFOSの開発進捗 尾崎忍夫（国立天文台）	
13:24	V203a	SuMIRE-PFS[33]: プロジェクト概要と装置開発進捗状況まとめ2022年秋季 田村直之（東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構）	
13:36	V204a	すばる望遠鏡広帯域分光装置NINJA：装置概要 東谷千比呂（国立天文台）	
13:48	V205a	すばる望遠鏡広帯域分光装置NINJA：科学目標 守屋堯（国立天文台）	
14:00	V206a	すばる望遠鏡HSCデータを用いた小惑星検出アプリCOIASの開発2 浦川聖太郎（日本スペースガード協会）	
14:12	V207a	銀河画像の空間分解能改善:最適化正則化と主双対近接分離を用いた解法 村田一心（国立天文台）	
14:24	V208a	MITSuME望遠鏡画像に対する深層学習を用いた突発天体検知システムの構築 伊藤尚泰（東京工業大学）	
14:36	V209a	自由曲面のための3点計測法の開発 徳地研人（京都大学）	
14:48	V210a	自由曲面を用いた超広視野光学系の設計 橋ヶ谷武志（京都大学）	
15:00	V211a	広視野近赤外線望遠鏡PRIMEの光学調整と試験観測 山響（大阪大学）	
15:12	V212a	南アフリカ望遠鏡用近赤外ドップラー分光器SANDの光学設計 高橋葵（アストロバイオロジーセンター/国立天文台）	
15:24	V213b	PRIME望遠鏡におけるノルトマンテストを用いた光学調整方法 鈴木大介（大阪大学）	
15:24	V214b	恒星フレアのH α 輝線を検出する25cm自動望遠鏡の開発 井出善心（兵庫県立大学）	
15:24	V215b	遠方QSOモニタリングに向けたなゆた・NIC測光精度向上の試み 斎藤智樹（兵庫県立大学）	
	V216c	PRIME望遠鏡近赤外主焦点撮像装置：PRIME-Camの開発 平尾優樹（大阪大学）	

最近、装置開発をやっている大学院生が少ない気がする。

という声を聞くことがある。本当か？

- そのようなことは無い。
- V2講演を見ると、最近では大阪大(PRIME)が活発。
- 東工大は多様なテーマで発表しており面白い。
- 望遠鏡を保有する大学を中心にコンスタントに発表がある。
- AOやコロナグラフ関係については望遠鏡を保有しない大学の活躍も目立つ（東北大、北大など）

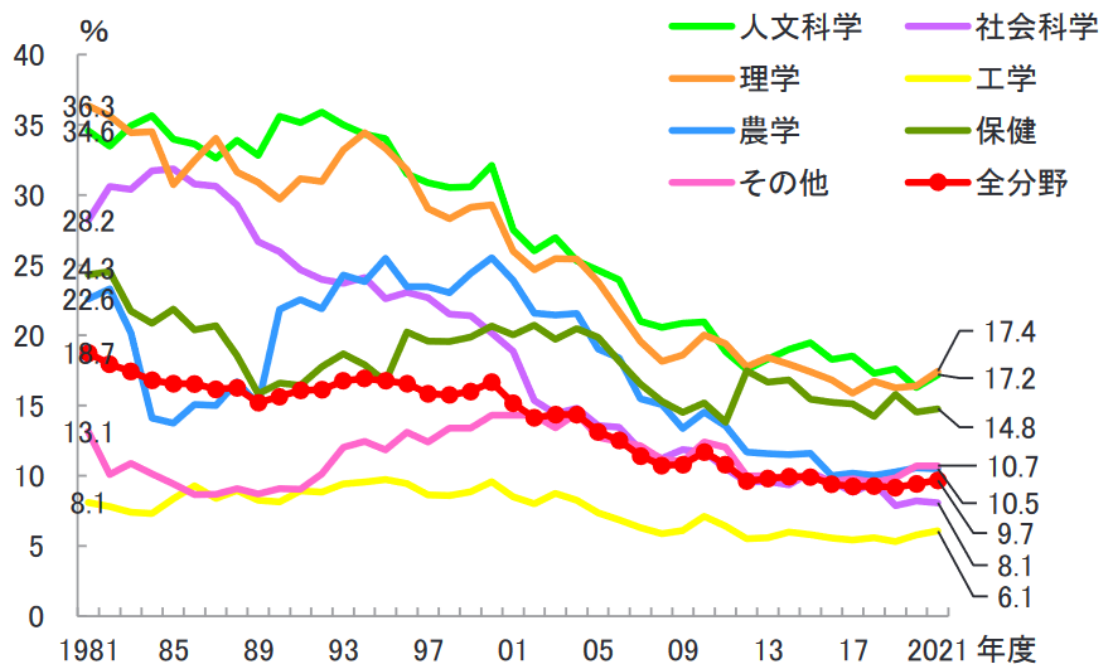
いや、でもやっぱり、装置開発をやっている大学院生が減っている気がする。

- 博士課程が少ないような？
- SPIEに学生がいない
- PD公募に装置の経験があるひとが応募してこない。

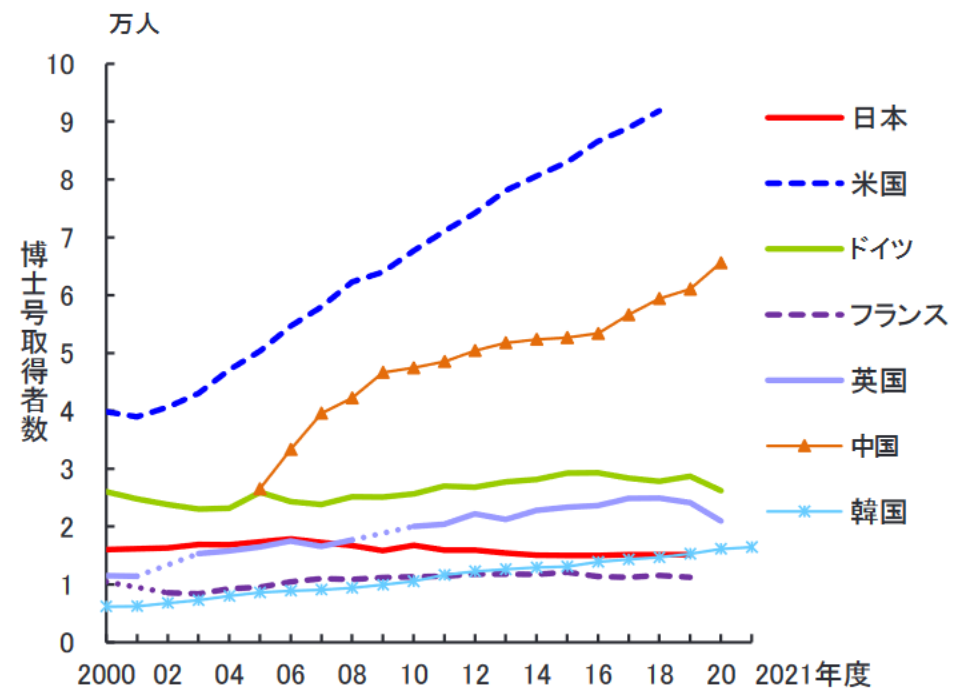
博士課程の学生が減っているのは社会全体の傾向

理学全体では2000年頃から29% → 16%に減少

博士課程への進学率



博士号取得者数の推移



日本天文学会の正会員の人数の推移

人数

1600

1400

1200

1000

800

600

400

200

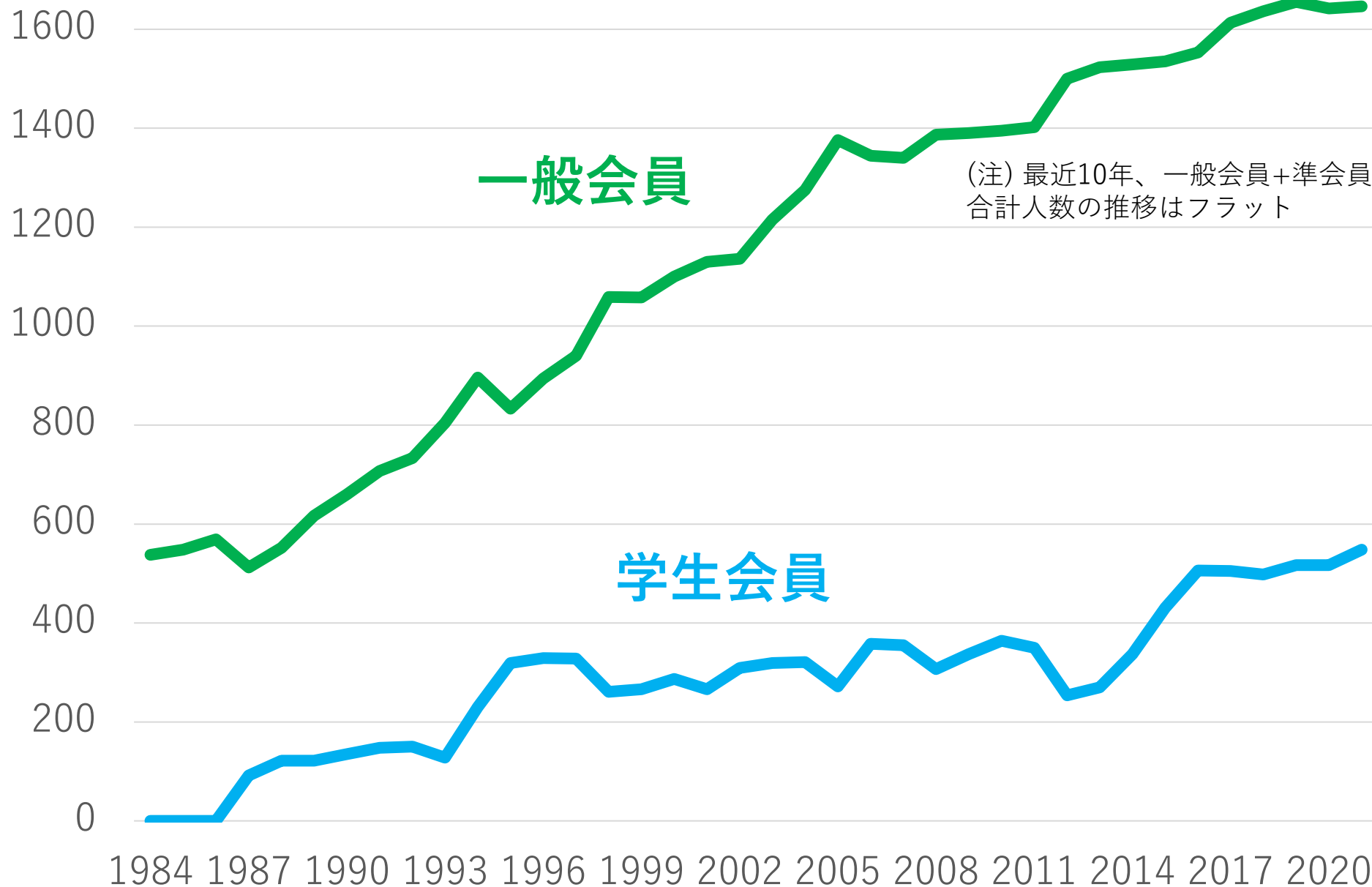
0

一般会員

(注) 最近10年、一般会員+準会員の
合計人数の推移はフラット

学生会員

1984 1987 1990 1993 1996 1999 2002 2005 2008 2011 2014 2017 2020



博士課程の装置開発のあるある

- でも君、サイエンスは少ないよね、という周囲からの声の圧力。
- これはあなたの独自の研究ですか？という質問への恐怖。
- 装置をばらして、組み立てて、こんなことを繰り返していて大丈夫かという恐怖。
- 博士論文のコアに装置開発を置くと印象がよくないので、装置開発はそこそこで止めておこう。
- それは天文学ですか？という声。

必要なのは周囲からの評価と理解。

次のキャリアパスである科学計画からの評価と理解（装置開発の研究は1人ではできない）

大型（長期）計画の開発研究を担う人材をどのように育てるか？

大型（長期）計画を推進する側の声

- 素晴らしい科学計画なのに装置を実現してくれる人がいない。
- 人手が足りないので装置開発で大学に参加してほしい。
- 装置ができる優秀なポスドクを急募。

（自分も半分はこちら側の立場なのだが）ずいぶんと虫のいい話である。

開発研究を担う人材をどのように育てるか？

近道はない。人材育成とは効率が悪いものである。

基本は

- 大学が1人の自立した研究者として育てる（博士まで）。
- 各科学計画がその目的に特化して育てる（PD以降）。

人材育成の意識が消えた時（予算ではない）、その団体が消滅することは人類が何度も証明している。

育成される側、

そもそも、20年後に完成する装置計画にときめくか？

大学院生が20年後に完成する装置計画に情熱をそそげるか？

観測装置のファーストライトの感動なしに、まして観測経験もなしに、想像で情熱を傾けられるか？

その装置が完成したら何をやりたいですか？ そのようなことは正直、期待はしていない。

指導者たちへ

あなたは、過去に体験したかもしれないが。

あなたは、他の観測装置をつかって科学成果を出しながらその日を待つことができるかもしれないが。

あなたの頃は、サイエンスも装置もシンプルだったから両立できたでしょ？

驚きの事実

今年の修士1年は、すばるファーストライトの頃に生まれた人。

装置開発を志望する学部大学生

大学院で何をやりたいの？

不勉強ではっきりわかりませんが、2年間で自分がこれをやったという実感が持てるテーマにとりくみたいです。

TMTとかALMAとか？

そういう視点では、とくべつな思いはありません。

再度、

大型（長期）計画の開発研究を担う人材をどのように育てるか？

コミュニティとして短期サイクル計画を推進することが、長期計画を支援することにつながる。

- 経験を積むプラットフォームが無いと人は育たない。
- **短期サイクルであることが重要。**
- **大学**：最先端科学・技術を短期に取り込み、常に生まれ変わること、創造的であることに努力すべき。

大型計画は規模は大きいけど時代遅れの技術を使うところ。大学こそ先端にいるという自覚を持つ。

- **大型計画**：大学に仕事を発注する、PDを雇用してやる、という感覚を見直す。短期サイクル計画を支援し、そこから熱をくみ取る。

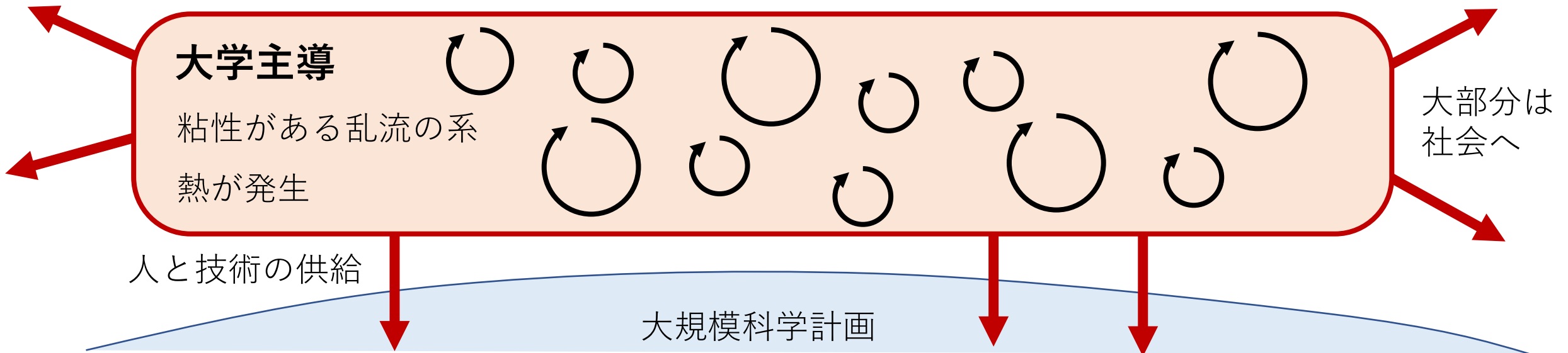
大学主導

粘性がある乱流の系
熱が発生

大部分は
社会へ

人と技術の供給

大規模科学計画



大型（長期）計画の開発研究は企業にまかせるのでよいのでは？

→ 積極的に活用すべき。日本には世界に誇る企業がある。

科学計画には装置を理解している研究者が必須

- 装置研究者の重要な仕事は、
 - 仕様の決定
 - 仕様のダウングレード（スケジュールを意識した見極め）
- 経験なしで采配はできない。いかに修羅場をくぐってきたか。
- そのためには**短期プロジェクトでの経験**が必須。

サイエンス目標と予算のみで長期計画の規模を決めるのはやめよう

- 人はお金があればどうにかなるよ、は大きな間違い。ここはIT企業ではない。
- むしろ、一番どうにかなるのはサイエンス（天文の場合）。
人類は実に豊かな使い方でサイエンスを創出している。

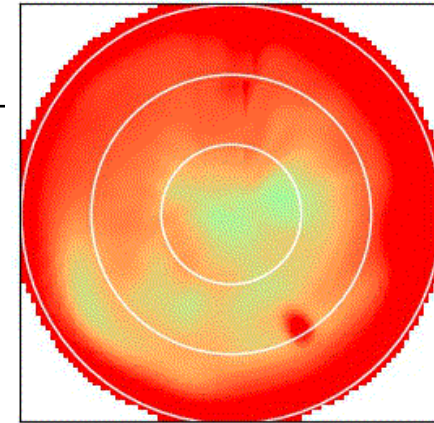
未来の日本の天文学と装置開発

- 計画を達成した時代の研究者に恩恵を与えるが、その間の研究者の機会を奪っていることを認識せよ。
- その計画を達成した後に滅んでは意味がない。
- 未来の日本の天文学を思うのであればサステイナブルでなくてはならない。
- いっそのこと日本は全てをメーカーさんに作ってもらうという話もある（実験物理学の放棄）。

スモール観測装置プロジェクトの例

東京大学天文学科4年 津々木里咲さんの例

テーマ	中間赤外線全天雲モニタの開発
開発期間	1年（卒業研究）、チーム1名
目的	木曽観測所の全天サーベイを支援する気象装置の開発
内容	概念設計 赤外カメラの制御、評価、キャリブレーション 光学設計、光学調整と評価、鏡保護膜の選定試験 メカ設計（3D CAD）、加工、組み立て 木曽観測所で試験観測、遠隔制御、ウェブ可視化
成果発表	ワークショップ、天文学会、SPIE、特許申請中
今後(修士)	機械学習による予測、サーベイ経路最適化、O4重力波追観測



東京大学天文学科2021年度
課題研究発表会資料より

TMT、次世代赤外衛星計画に全く関係しない技術テーマ。しかし、
TMT、次世代赤外衛星計画ともっとも関係する人材育成テーマではないでしょうか？

自分が大学院生のころ

先輩たち、ライバルたち

みんなかっこよかった。

環境は大切。



<https://marvel.disney.co.jp/>

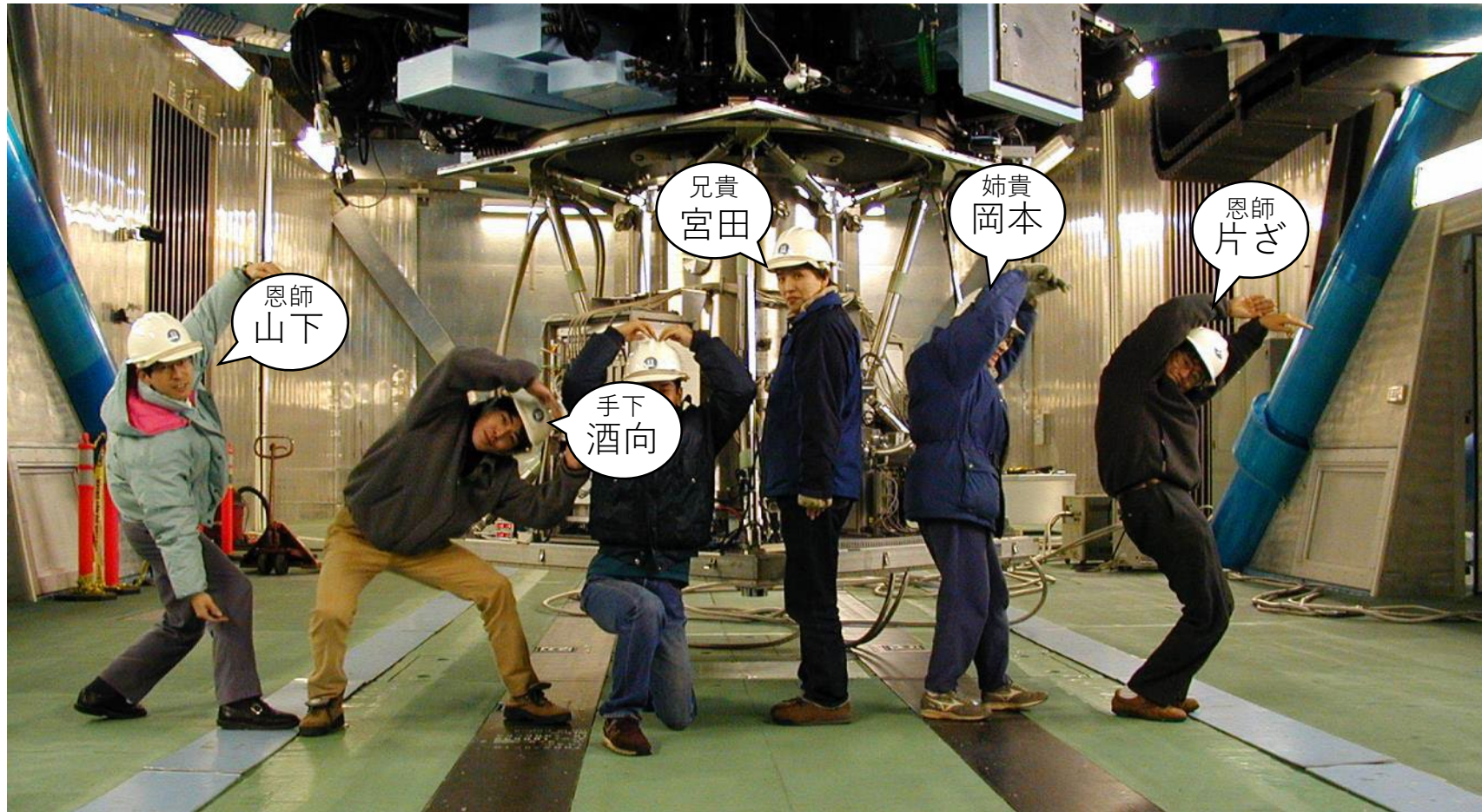
研究の話をした記憶はない

2003年、ヒロ湾カヤック大会



2000年頃、ハワイ観測所の駐車場

すばるCOMICS開発チーム。
ついていくのがギリギリだった。容赦なく鍛えてくれた。



2000年頃、すばる望遠鏡カセグレン観測床

情報処理技術を大切に（特にシニア世代へ）

- すばる建設時(2000年頃 = Googleが無いころ)とは全く別物
- 装置の基礎設計の段階から情報処理部の融合をよく考えましょう。

ソフトウェア技術の人材はますます重要に

- FITSで画像解析ができます、Pythonができますというのではない。
- ミドルウェア開発、データベース構築、ネットワークプログラミングができる人。
- インフラ・システム目線でデータサイエンス、機械学習ができる人。
- それって、天文学じゃないみたい。どこかで聞いた声。

どうやって育てるのか？

- 短期プロジェクトで一通りやる必要があります。
- 現在、ミドルウェアができる天文研究者は大変貴重です。

データサイエンス、機械学習と天文装置開発

- 天文学ではデータサイエンス、機械学習の利用が遅れている
- 天文装置開発に新しい方向性をもたらす可能性がある。
- 最近の大学生は情報処理に魅力を感じている。
- ここ数年は学生のテーマにことかかないと思います。
- データサイエンス、機械学習を装置セッションVの常連になるようがんばりましょう。



炊飯器 タイガーJPA-X100
IoT炊飯器。AIで銘柄ごとに炊き分け、
米の再注文や家族の見守りも

未来を切り開こうという
現場での葛藤と情熱を感じる。

日本天文学会V2講演でのデータサイエンス、
機械学習関連の講演数の推移

2022年秋	2件
2022年春	2件
2021年秋	1件
2021年春	0件
2020年秋	0件
2020年春	1件
2019年秋	0件
2019年春	1件

「大学での装置・技術開発の人材育成」のまとめ

- 大学院では実験物理学をやきましょう（大型計画のための研究ではない）。
- 博士課程での装置開発研究に評価と理解を。
- 短期サイクル計画を推進することが、長期計画を支援することにつながる。
- 未来の日本の天文学を思うのであればサステイナブルでなくてはならない。
- 人のつながりは大切。
- 情報処理技術の装置への組み込みはますます大切。

大学院とは、

○ 大学院の位置づけ（学校教育法第65条第1項）

大学院は、学術の理論及び応用を教授研究し、その深奥をきわめ、又は高度の専門性が求められる職業を担うための**深い学識及び卓越した能力を培い、文化の進展に寄与すること**を目的とする。

○ 修士課程（昭和49年大学院設置基準）

広い視野に立つて精深な学識を授け、専攻分野における**研究能力**又は**高度の専門性を要する職業**等に必要な**高度の能力を養うこと**を目的とする。

○ 博士課程（平成元年大学院設置基準）

専攻分野について、**研究者として自立して研究活動を行い**、又はその他の高度に専門的な業務に従事するに必要な**高度の研究能力**及びその基礎となる**豊かな学識を養うこと**を目的とする。