

SuMIReプロジェクト

**SuMIRe = Subaru Measurement
of Images and Redshifts**

高田昌広 (IPMU)



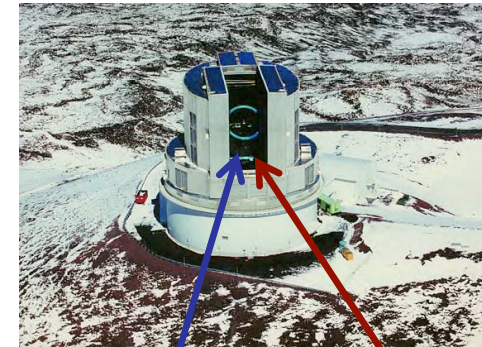
@ 光天連シンポジウム、9/7 2011



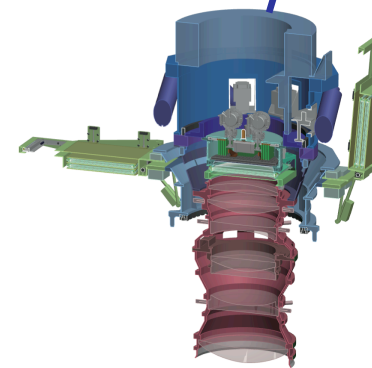
SuMIRe = Subaru Measurement of Images and Redshifts



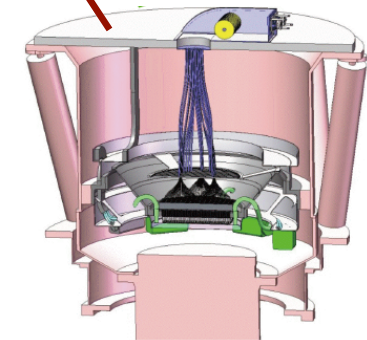
- 最先端研究開発支援プログラム (FIRSTプログラム)
- 宇宙の起源と未来を解き明かす — 超広視野イメージングと分光によるダークマター・ダークエネルギーの正体の究明 — (代表: 村山 斉): 約32億円の支援(2009-14)
- 超広視野カメラ(HSC)と超広視野多天体分光器(PFS)
- 10億個の銀河イメージの撮像
- 100万個の銀河の距離測定



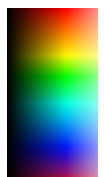
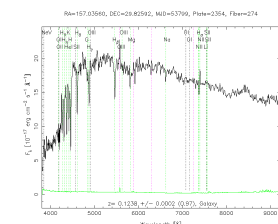
Subaru (NAOJ)



HSC



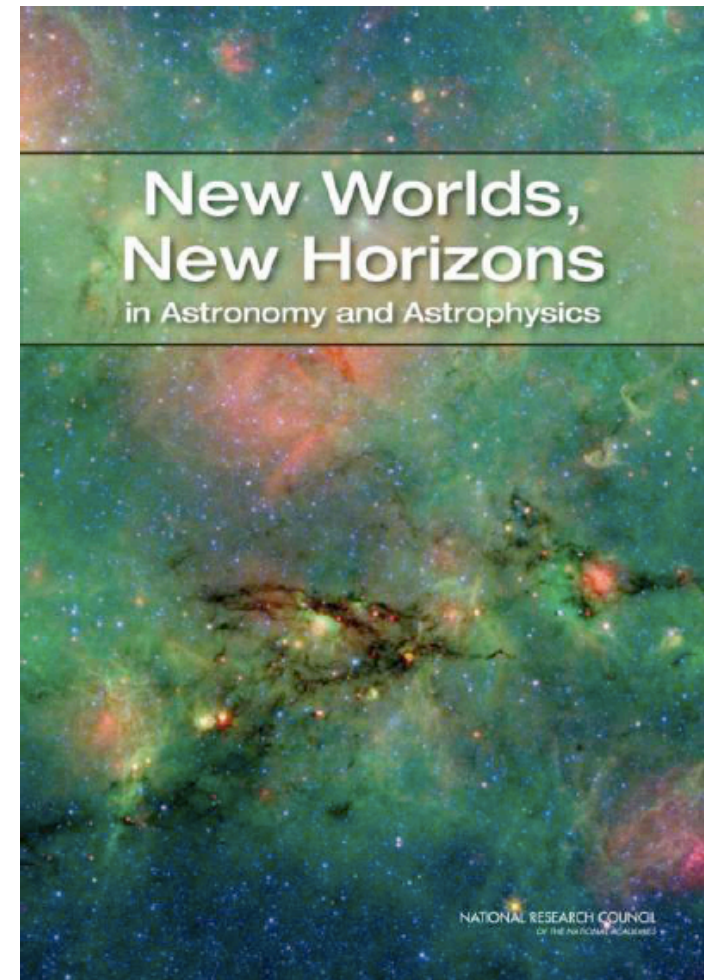
PFS



SuMIRe計画の独自性

Astro2010: 全米The National Research Councilsの天文・宇宙物理分科会 (全米科学評議会: 日本の学術会議に対応) が、全波長宇宙分野の2010年代の展望、推奨する長期計画の策定

- **Science objectives**
 - **Cosmic Dawn** (宇宙の夜明け・再電離)
 - New Worlds (惑星探査)
 - **Physics of the Universe**
 - **Dark Matter**
 - **Dark Energy**
 - **Inflation**
 - **Test of Gravity**



Astro2010 (続き)

- 衛星計画

- **I. WFIRST**: ダークエネルギーと系外惑星探査

- 1.5m; 144MPx HgCdTe detectors, 200mas, grism; L2
 - 重力レンズ、超新星、バリオン振動

- 地上計画

- **I. LSST**: ダークエネルギー、暗黒物質、時間変動宇宙

- 8.4m; 3.5 sq. degree FoV; Observe half sky every four days with 6 filters
 - 重力レンズ、超新星、バリオン振動、銀河団

- 注: ESAは **Euclid** 衛星計画を検討(10月に採択決議)

➤ *SuMIRe HSC/PFS サーベイはこれらの大型計画に先駆けて
宇宙論サーベイを行う(2013-)*

無バイアス撮像・分光サーベイ

- 天文学の王道
- Legacy data set

右のテーブル: 各望遠鏡、
サーベイのデータを元に
2008 Jan-Juneに出版された
論文の統計

SDSS(2.5m)の科学的成果
(impact factor)はHST, 8m
望遠鏡と同等かそれ以上

Virginia & Ceja (2010)

Table 6: Optical papers and citations by telescope/observatory.

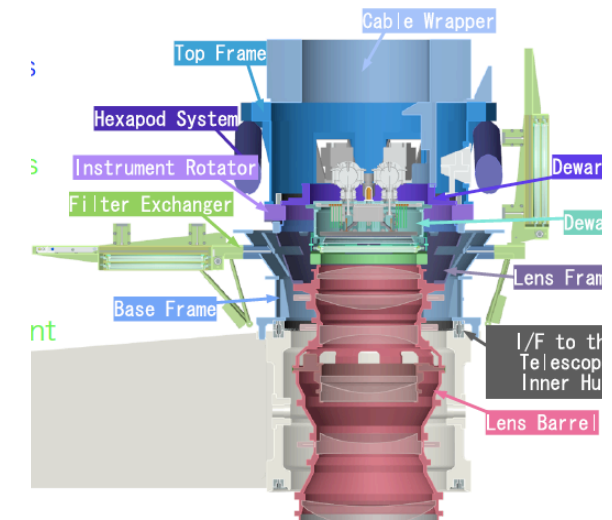
Telescope	Papers ¹	Citat. ¹	C/P ¹	Papers ²
HST	206.6	765	3.70	391.5
VLT	139.1	452	3.25	290.6
Keck	59.6	333	5.59	121.5
CFHT	38.0	152	4.00	69.6
Gemini	34.3	108	3.15	63.7
Subaru	33.0	138	4.18	70.0
AAT	23.0	83	3.61	42.4
WHT	19.5	55	2.82	34.7
IRTF	16.9	46	2.72	31.2
UKIRT	15.8	54	3.42	34.3
Okayama 1.88m	9.9	30	3.03	17.0
U.Hi. 2.2m	5.1	17	3.33	10.4
HET	5.0	35	7.00	8.9
LBT	4.8	18	3.75	8.2
MDM 2.4m	4.6	17	3.70	7.0
APO 3.5m	4.5	16	3.56	9.5
Lyot (PduM)	3.0	5	1.67	8.9

abridged ...

SDSS	133.0	863	6.49	336.1
2MASS	136.2	479	3.52	275.8
48" Schmidts	45.8	95	2.07	100.7
MACHO, ASAS, etc.	29.1	123	4.23	47.1
TOTAL OPTICAL	1233.8	4764	3.86	2530.4

HSC計画の経緯＝綱渡りの予算獲得

- April 2006-：特定領域研究「広視野深宇宙探査によるダークエネルギーの研究」採択（代表：唐牛宏）
 - 天文台、東京大、名古屋大、東北大
 - 5年間で約15億円の支援
- 2008-：国際共同研究体制の確立
 - NPAC (NAOJ-Princeton Astrophysics Collaboration): Aug 2008, \$10M
 - ASIAA, Taiwan: \$5M
- Dec 2007 IPMU発足
 - HSCは主プロジェクト：人的、資金的支援
- Mar 2009- SuMIReプロジェクト発足
 - HSCには約15億円の支援



HSC共同研究体制

- 特定領域採択直後から**コミュニティーにオープン**
 - 可能なサイエンスの洗い出し、すばる戦略枠サーベイを念頭にサーベイデザインの検討、Science White Paperの執筆
 - **在日本研究者はどなたでも、いつでも参加可能**
- 国際共同研究体制確立(2008) All Japan – Princeton – Taiwan
 - 各サイエンスワーキンググループ・メーリングリストの発足
- HSC Collaboration Policy制定 (Suto & Strauss+ 2010)
- 様々なレベルでの頻繁な研究打ち合わせ
 - 各サイエンスワーキンググループにおける研究打ち合わせ
 - メーリングリストでの議論・定期的なビデオ・スカイプ会議
 - 全体共同研究会議：天文台、IPMU, 台湾、プリンストン
- **国際共同研究の経験を積む絶好の機会**

多種・多様なサイエンス

- 宇宙論(重力レンズ、銀河団、銀河クラスターリング、超新星): hsc_wl, hsc_cluster, hsc_supernova
- 銀河団物理: hsc_cluster
- 銀河進化: hsc_galaxy
- AGN/QSOs: hsc_agn
- 宇宙の再イオン化過程: hsc_highz
- 変光・突発天体: hsc_transients
- 太陽系天体: hsc_solarsystem
- 銀河考古学
- サーベイデザイン検討班: hsc_wide, hsc_deep, hsc_ultradeep

HSC Science White Paper

355 pages! (9/5/11現在)

HSC Science White Paper

Prepared by the HSC Science Collaborations

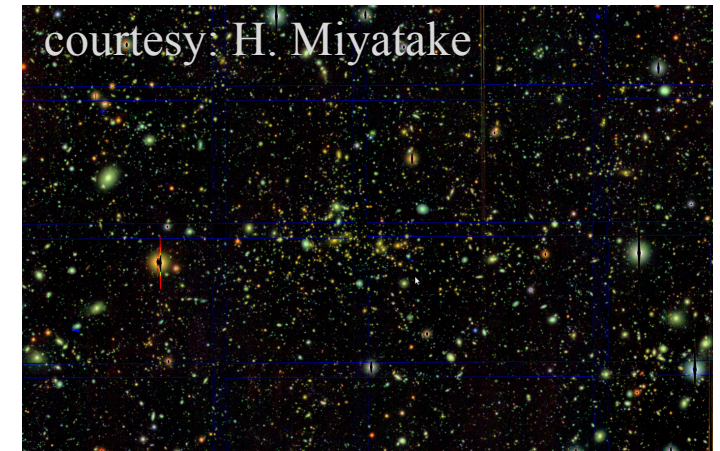
- 共同研究全体でHSCサイエンス白書の執筆(2008-)
- 各サイエンスの実行可能性の定量的評価、検討課題の洗い出し
- すばる戦略SSPの枠組み内でHSCサーベイデザインの検討
 - コミュニティーの財産になるようなサーベイデータ(e.g. SDSS)
- 約200名の研究者がこれまでHSCサイエンス白書執筆、共同研究に関与

HSC Time Line

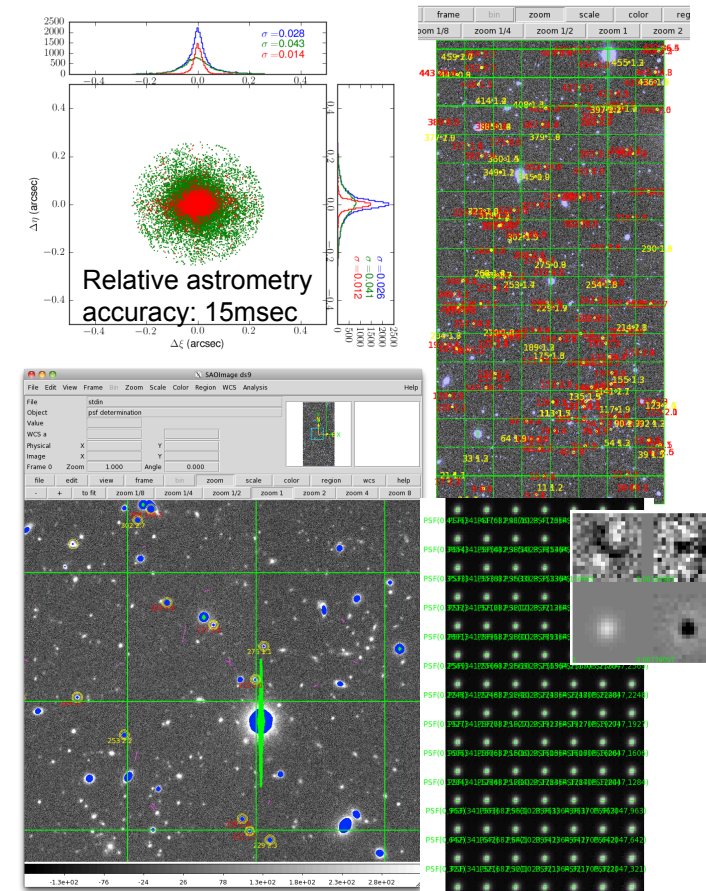
- 現在—2012年1月: HSCサーベいの確定
- 2012年2月頃: HSCファーストライト
- 2012年3月末(?): HSC戦略枠プロポーザル提出(SAC、ハワイ観測所との要調整)
- 2012年3 – 10月: 戦略枠プロポーザル審査
- *2013 – 2017年: HSCサーベイ*

HSCデータ解析パイプライン の開発・データセンター

- 天文台 – IPMU – プリンストンの研究者による共同開発 (IPMU側代表: 安田直樹)
- 完全自動化処理ソフトウェア (PSF測定、マスク、天体検出、測光、銀河形状測定)
- IPMU: 人材、資金援助、データ解析センターの設立
- 日本天文コミュニティへの還元
- 保証された、良質天体カタログの提供

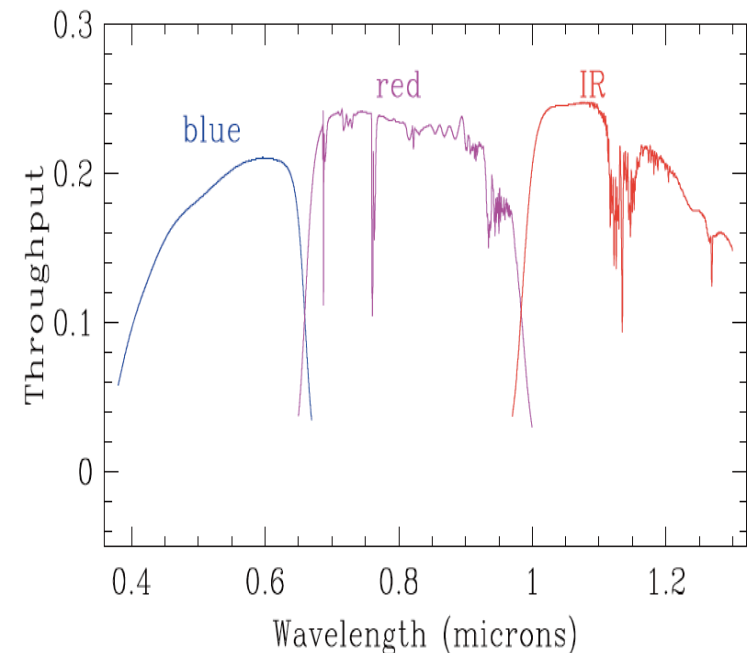
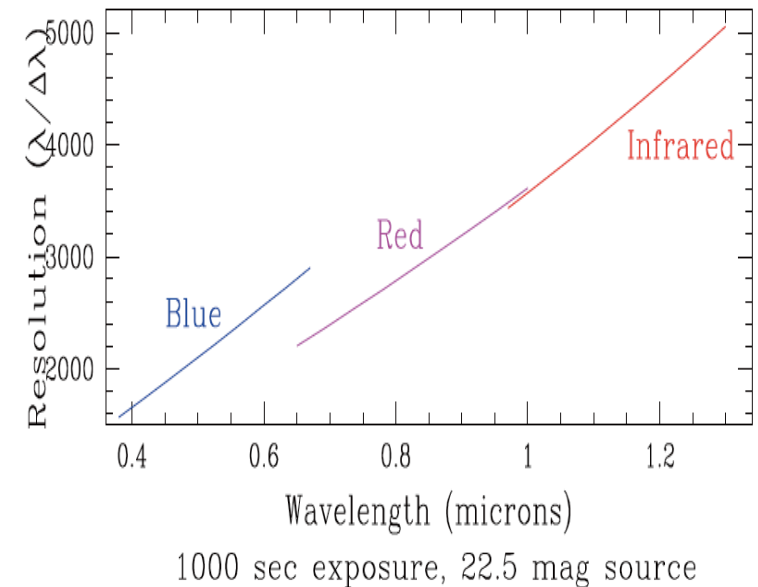


Subaru data of ACT cluster @ $z=0.8$



Prime Focus Spectrograph (PFS)

- 超広視野多天体分光器
 - 視野: 直径1.5度(=HSC)
 - 2400本ファイバー
 - 波長帯: 380-130nm (4k×4k CCD, 4k×4k CCD, 4k×4k HgCdTe)
 - 波長分解能: Blue R~2200, Red R~3500, NIR: R~4500
- 多目的装置(宇宙論だけではない!)
- SuMIReからサポート(約20億円)
- 予算: 約50億円
 - 国際共同研究による資金獲得が必要不可欠
- 国際共同研究: Caltech/JPL, Princeton, France LAM, Brazil, Taiwan



超広視野分光サーベイの必要性

2020年代

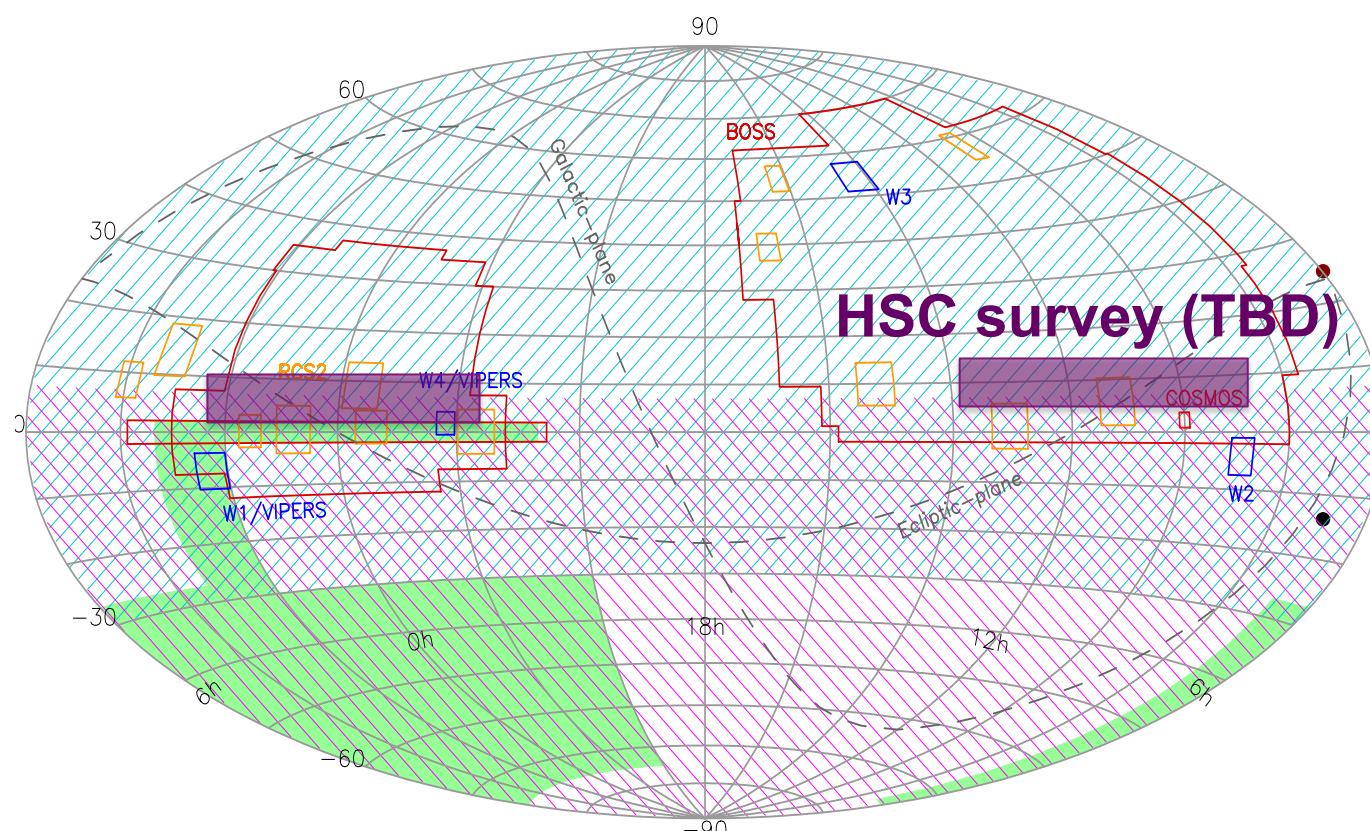
- 究極の撮像サーベイ
LSST(チリ)が始まる
(10年間)

– 6m (effective), $i \sim 27$,
10 years (2018-?)

• 全天にわたり可視光
撮像データサーベイ
がいずれ完了

- さらに近赤撮像サー
ベイも含む衛星計画
Euclid, WFIRSTも実
行中かもしれない

- 撮像銀河をフォロー
アップする多天体分
光装置計画が必要

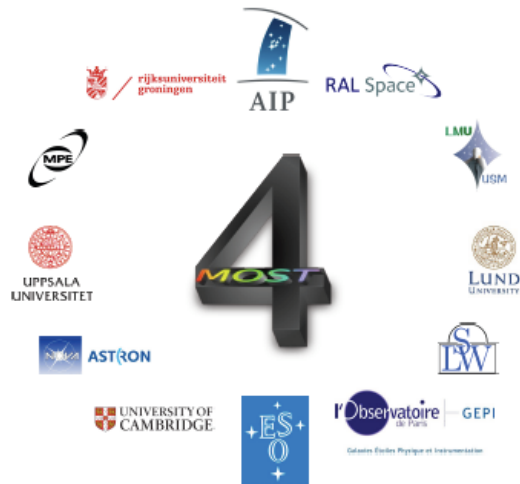


■ Dark Energy Survey (CTIO 4m, Chile; $i \sim 25$)
■ Pan-Starrs (PS1) (1.8m, Hawaii; $i \sim 23$)
■ LSST (8.4m [6m in effective], Chile; $i \sim 27$ over 10 years)

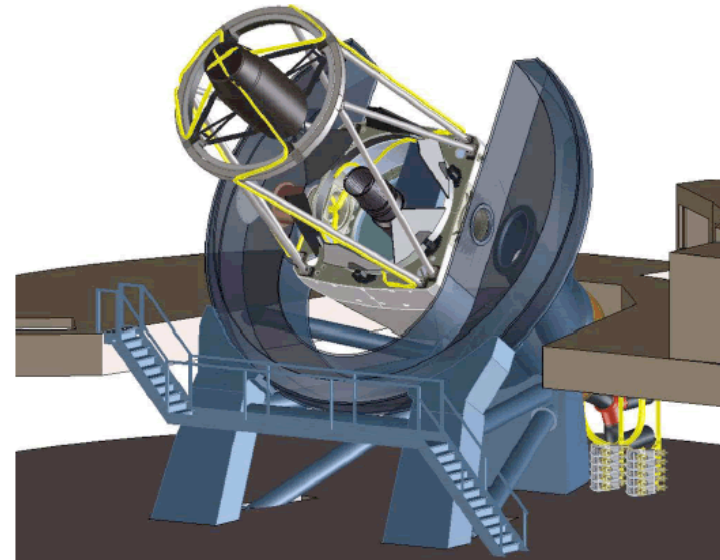
国際競争

4MOST

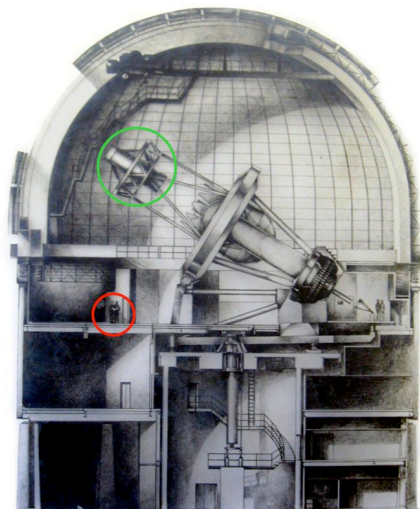
4-meter Multi Object Spectroscopic Telescope
Proposal for a Conceptual Design Study for ESO



BigBOSS



DESpec



ngCFHT



PFS: 経緯・ステータス＝今が正念場

- Mar 2009: SuMIRe計画採択
 - WFMOSの概念設計を引き継ぎ
- July 2010: 第一回共同研究会議@東大
- Sep 2010: すばる将来装置計画研究会
- Oct 2010: 共同研究会議@Caltech
- Dec 2010: PFSサイエンスワークショップ@NAOJ
- Jan 2011: 日本人光赤外コミュニティによるPFS Science White Paper執筆
- Jan 2011: すばるUMでコミュニティからPFS計画の支持を受ける
- Mar 2011: 装置開発ミーティング@Princeton

PFS: 経緯・ステータス(続き)

- Apr 2011: PFSプロジェクトオフィスの発足
 - IPMU: 唐牛宏、菅井肇、博士研究員
 - 天文台、ハワイ: 高遠、上田、田村
 - ASIAA: 大山
- July 2011: 共同研究会議@IPMU
- Aug 2011: メーリングリスト、サイエンスワーキンググループの立ち上げ: **日本人研究者にはオープン**
 - 宇宙論: pfs_cosmology
 - 銀河進化: pfs_galaxy
 - 銀河考古学: pfs_ga
 - AGN/QSO: pfs_agn
 - **興味のある方、高田のほうまでご連絡下さい!**

PFS Science White Paper

219 pages! (Jan 2011時点)

PFS Science White Paper

Prepared by the PFS Science Collaborations

http://member.ipmu.jp/masahiro.takada/pfs_whitepaper.pdf

- PFS Science White Paper: 日本人研究者(ボランティア)がメインになって執筆(219 pages!)
 - 宇宙論
 - 銀河考古学
 - 銀河天文学
 - ダスト放射銀河
 - 高赤方偏移銀河、宇宙の再電離
 - QSOs, 活動銀河核
 - QSO吸収線宇宙論
 - 系内星形成領域
- 約70名の研究者が協力
- 日本コミュニティー版

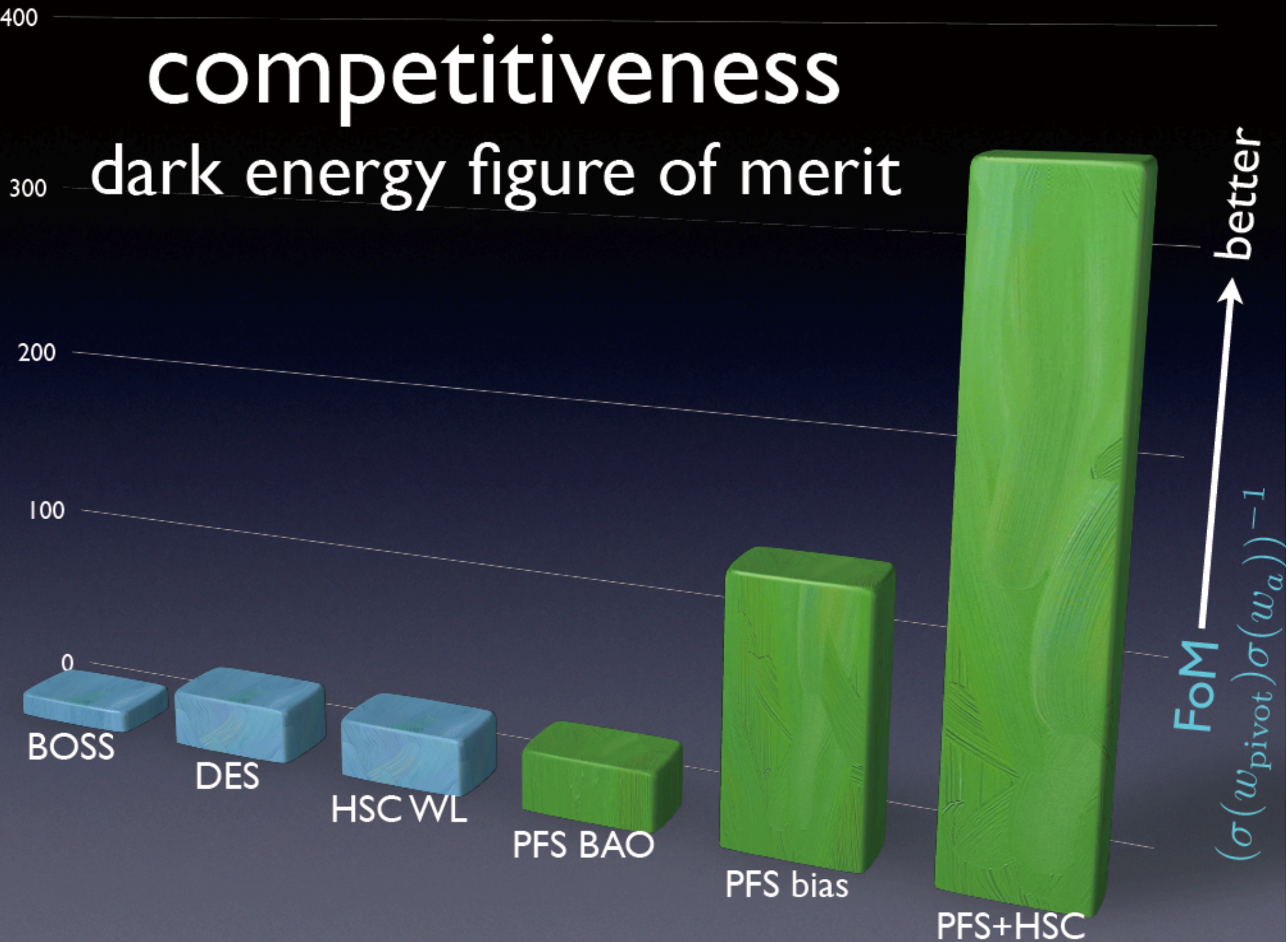
PFS計画の課題

- 開発資金獲得
 - FPS: 開発後、天文台すばるの装置
 - サーベイ夜数が保証されていない段階で、海外のソース (NSF, DOE) から資金が獲得できるか？
 - この1年が非常に大事な時期 (SuMIRe資金はMar 2014で終了)
 - 天文台、ハワイ観測所との密な連携が必要不可欠
- すばる戦略枠サーベイとの整合性
 - 3つのサーベイ: 宇宙論、銀河考古学、銀河進化
 - 各サイエンスワーキンググループの実行可能性の定量的検証
 - SACと密に連携しながら拡大戦略枠の可能性を検討
- 国際共同研究の各パートナーによる装置開発には、PFSプロジェクトオフィスのリーダーシップが必要不可欠
 - 頻繁なビデオ会議、face-to-face 会議 (ヨーロッパ、北南米、アジア)

SuMIRe=非常に魅力ある計画

- 撮像+分光サーベイは非常に強力な宇宙論実験を可能にする(Hikage, Takada & Spergel 2011; Oguri & Takada 11)
 - 暗黒物質(重力レンズ)+銀河地図
 - 撮像(銀河の形状)+分光(距離、物理状態)
- 欧米の\$1B級衛星計画Euclid, WFIRST(撮像+分光)に先駆けてサイエンスを出すことができる
- 究極の撮像サーベイLSSTに現時点では日本は不参加
 - HSC、PFSサーベイをカードとして、交渉が可能か？
- 様々な外国機関からSuMIRe参加・共同研究の打診

competitiveness dark energy figure of merit



TMTへのロードマップ =TMT時代のすばるの戦略

- HSCサーベイで発見された銀河の分光フォローアップサーベイ
 - 強い重力レンズで増光された高赤法偏移銀河の面分光(速度場、ディスクの形成:大栗、高田)
 - High-z 銀河、QSO/AGNsの分光フォローアップ
 - 日本の独自性; TMTの観測時間獲得の国際競争で優位
- PFSのmultiplicityの威力
 - HSCの天体カタログの分光フォローアップ
 - より信頼性の高いTMT分光ターゲットカタログの構築
- アメリカの戦略
 - TMT, GMTの前にLSSTサーベイ
 - CCATによるサーベイ(ALMAのフォローアップカタログの構築)

まとめ

- SuMIRe計画はすばるの特性(広視野)を活かした非常にタイムリーな計画
 - すばるとTMTの共存: すばるが今後10-20年間にわたりユニークな望遠鏡・装置であり続けられる
 - すばるでトップサイエンス
- トップクラスの海外機関との国際共同研究
 - 若手研究者育成に絶好の機会
 - 国際競争力のある研究基盤の確立。今後の大型プロジェクトへの発展
- すばる大規模サーベイの必要性・緊急性
 - 欧米の\$1B級計画(Euclid, LSST, WFIRST)に選考してサーベイを行う
 - PFS: 国際共同研究パートナーの確保。資金獲得が最重要課題
 - すばる戦略枠と共同利用との共存
- 2020年代のすばるの戦略・ロードマップを議論する時期