IPMU INSTITUTE FOR THE PHYSICS AND MATHEMATICS OF THE UNIVERSE

SuMIReの現状

Subaru Measurements of Images and Redshifts

Hitoshi Murayama (IPMU & Berkeley)

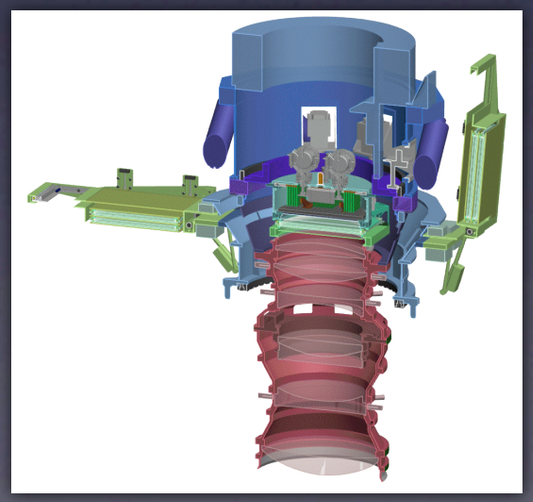
光赤天連シンポジウム, Aug 19, 2010

東京大学 THE UNIVERSITY OF TOKYO

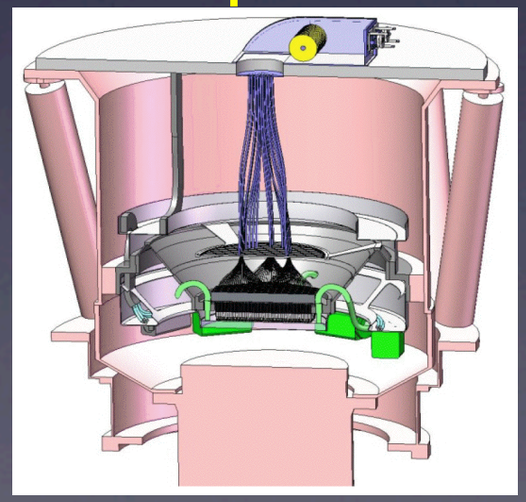
the saga

WFMOS

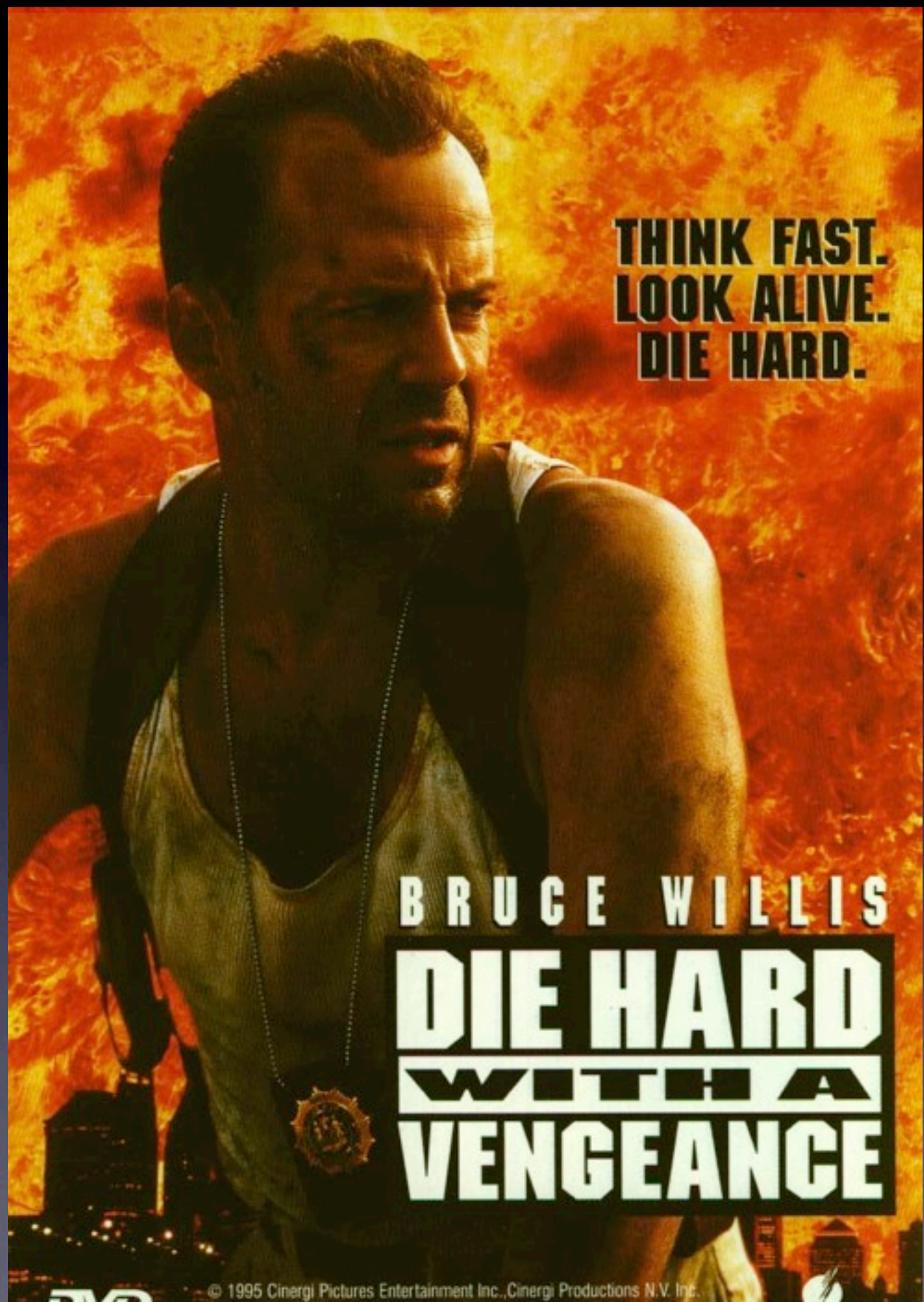
- Wide Field Multi Object Spectrograph
- designed developed by Gemini team for Subaru
- WFMOS "approved" by Subaru UM 2009
- killed in February '09
- HSC also need ~$15M more to be completed



HSC

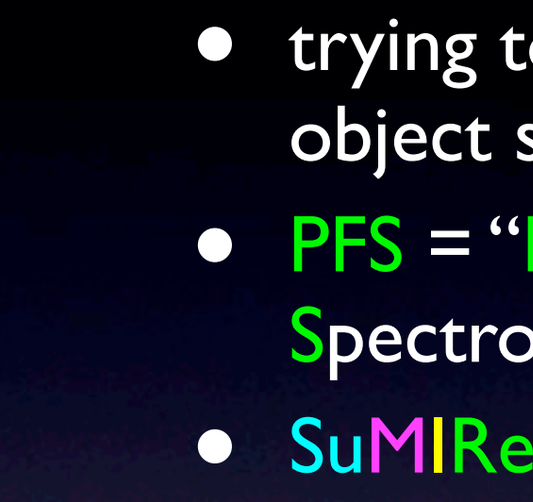


WFMOS

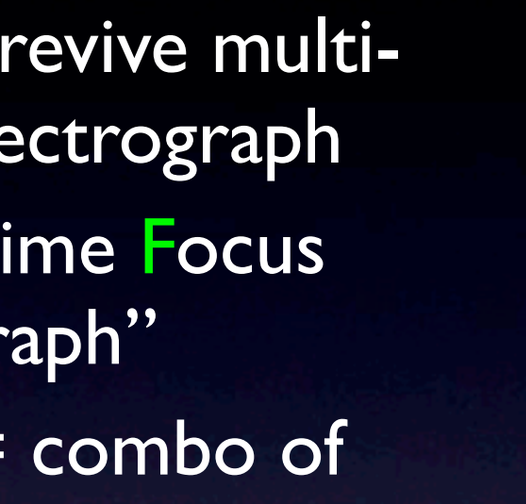


SuMIRe

- trying to revive multi-object spectrograph
- PFS = "Prime Focus Spectrograph"
- SuMIRe = combo of HSC and PFS
- trying to grab funds from the economic stimulus package



HSC



PFS

SuMIRe

- stimulus package by the previous LDP administration
- initially $2.7B for 30 scientists
- 565 proposals in July ’09
- proposed $95M for SuMIRe
- 90 chosen for presentation in Aug ’09
- initial ranking: 76th, barely within the cut of 81
- after presentation: chosen among 30 in Sep ’09
- Then the overall envelope cut to $1.0B
- I get *only* $29M

$1=¥100

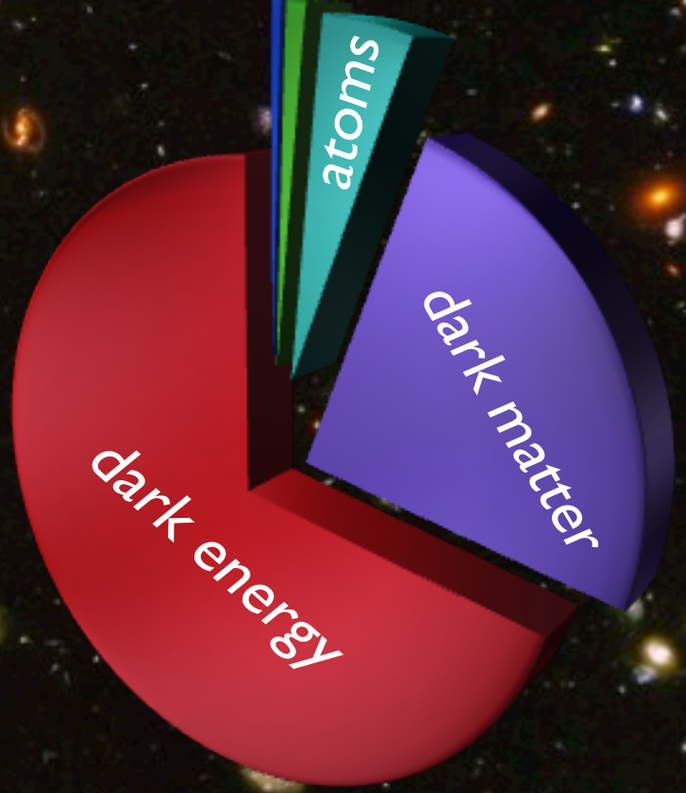
IPMU strategy

- interests: dark energy, dark matter, neutrino mass, modified gravity, inflation
- BOSS: dark energy via BAO, Lyman α
- HSC: dark energy via weak lensing, 2D dark matter map ~$10M so far
- PFS: DE via BAO, neutrino mass, gravity tests (z space distortion), 3D DM map
  - blatantly relied on the WFMOS study + help from Takada, Yoshida, Silverman
  - 2000 sq deg@z=0.6–1.6, 2M objects
  - 300 sq deg@z=2.3–3.3, 0.6M objects
  - ~100 dark nights

How I pitched it

Reveal the origin and fate of the Universe

—elucidate the nature of dark matter and dark energy via imaging and spectroscopy—



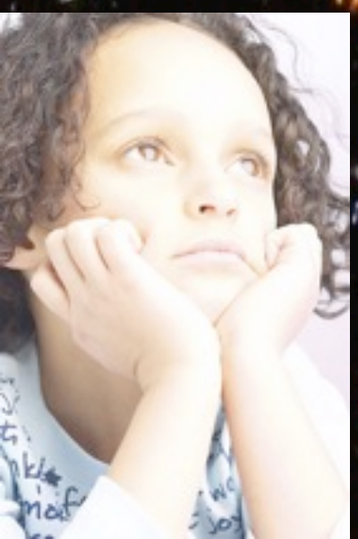
How did the Universe begin?

Does it have an end?

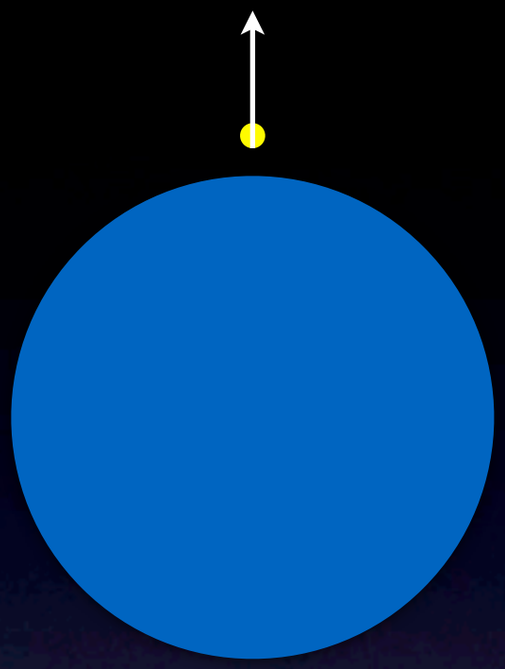
What is it made of?

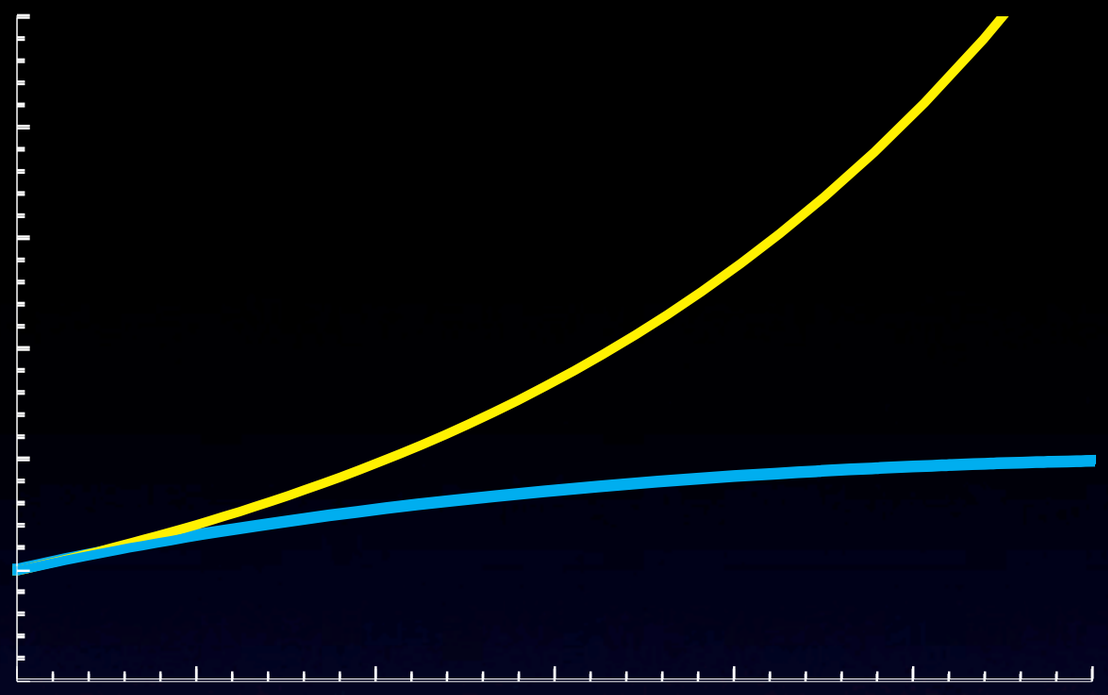
Why do we exist?

Questions since the dawn of humankind now with science!



expansion

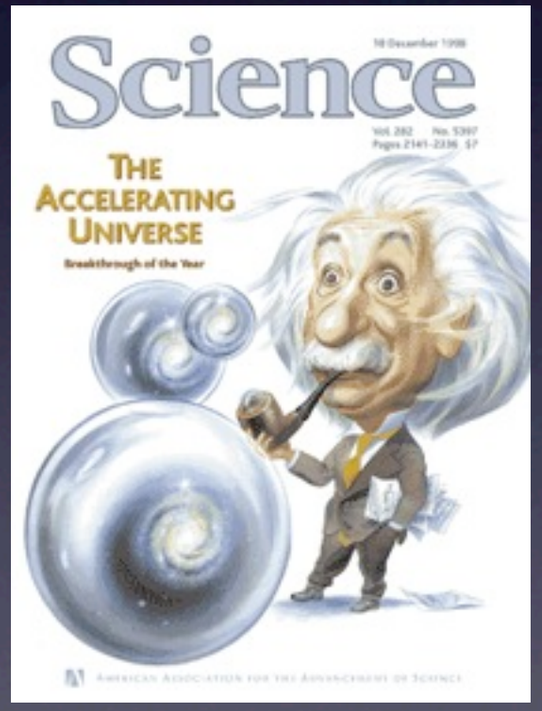




speeding up!

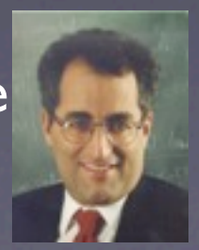
~~should slow down~~

- expansion started to speed up recently (~7Byr)



- energy is increasing!
- infinite source of energy?? dark energy
- Was Einstein wrong?
- new paradigm of the Universe, fundamental laws
- If the rate of energy increase very quick, eventually the expansion becomes infinitely fast
  ⇒ Will the Universe end??

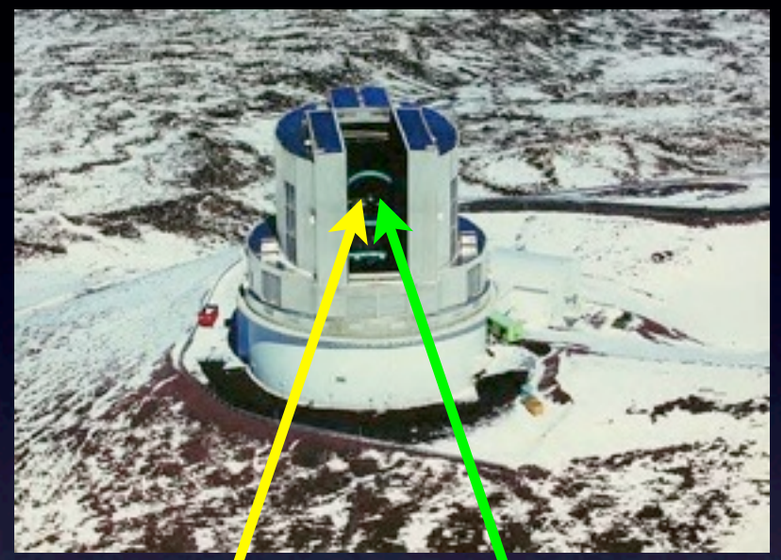
Most profound mystery in basic science (Wilczek, Nobel Prize)



Number one on my list of problems to solve (Witten, Fields Medal)

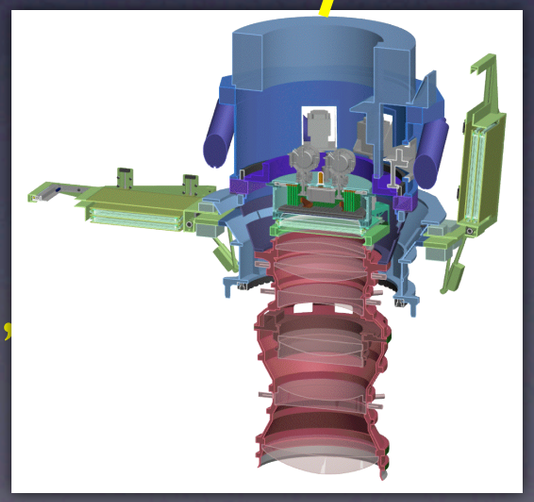
Revealing Dark Energy

- Japan is behind in this area
- measure the rate of acceleration
- ~100M galaxies
- precision imaging of galaxy shapes
  ⇒world class

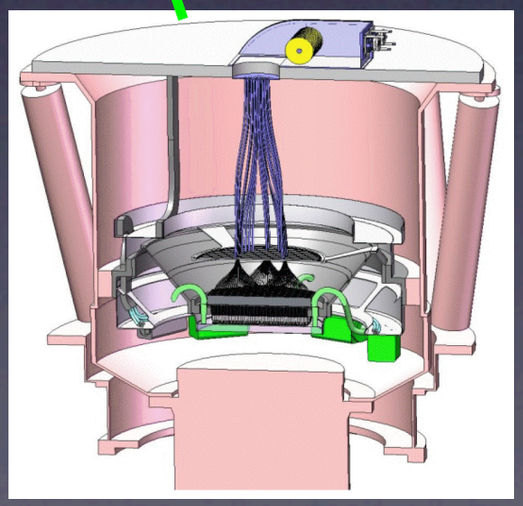


Subaru (NAOJ)

- precision wide field spectrograph to measure distances ⇒ world leading!
- push the Japanese technology in precision control, optics, detectors, materials
- Mitsubishi Electric, Canon, Hamamatsu, Kyocera have been involved in R&D



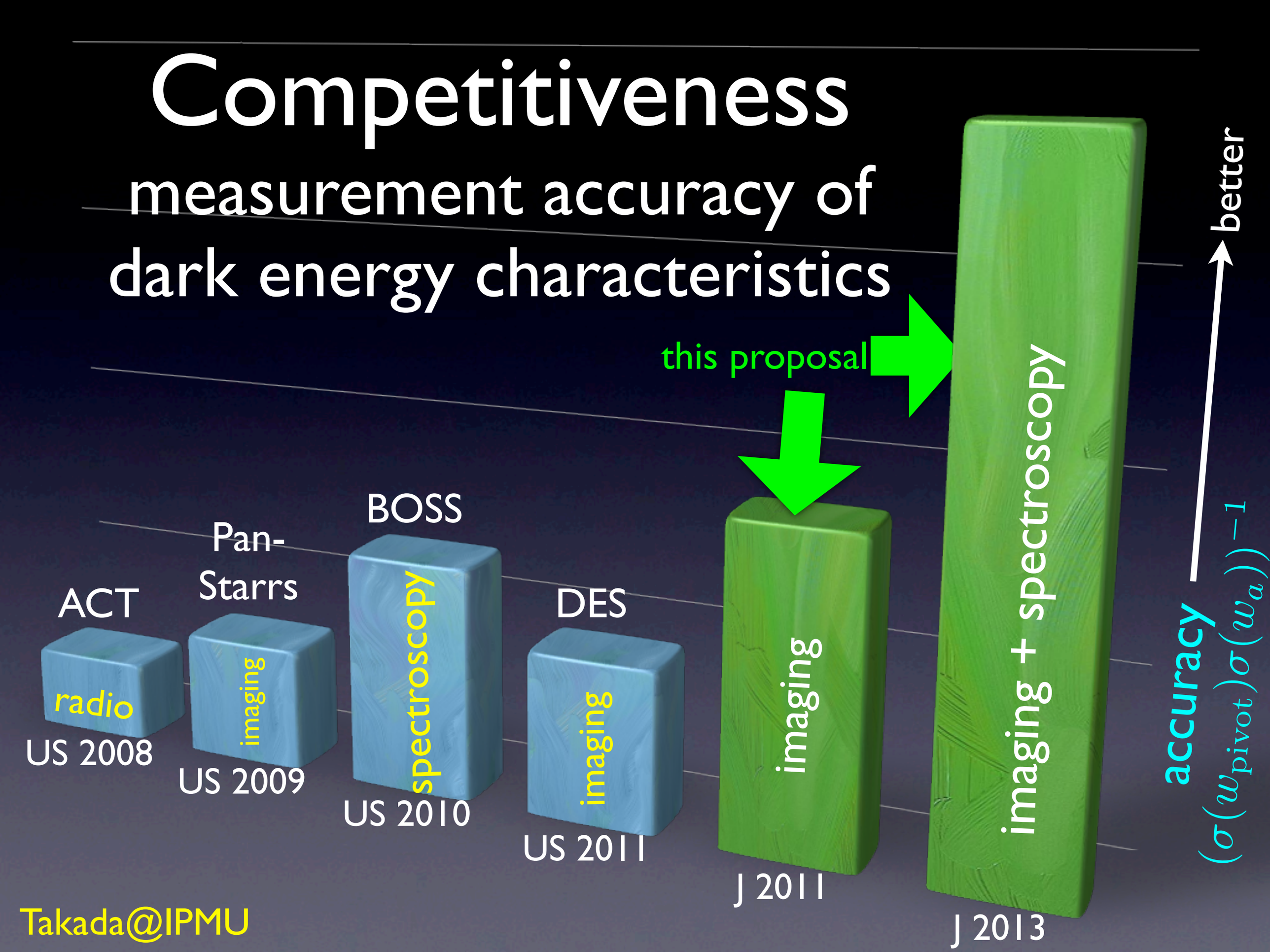
HSC



PFS

Competitiveness

measurement accuracy of dark energy characteristics



Takada@IPMU

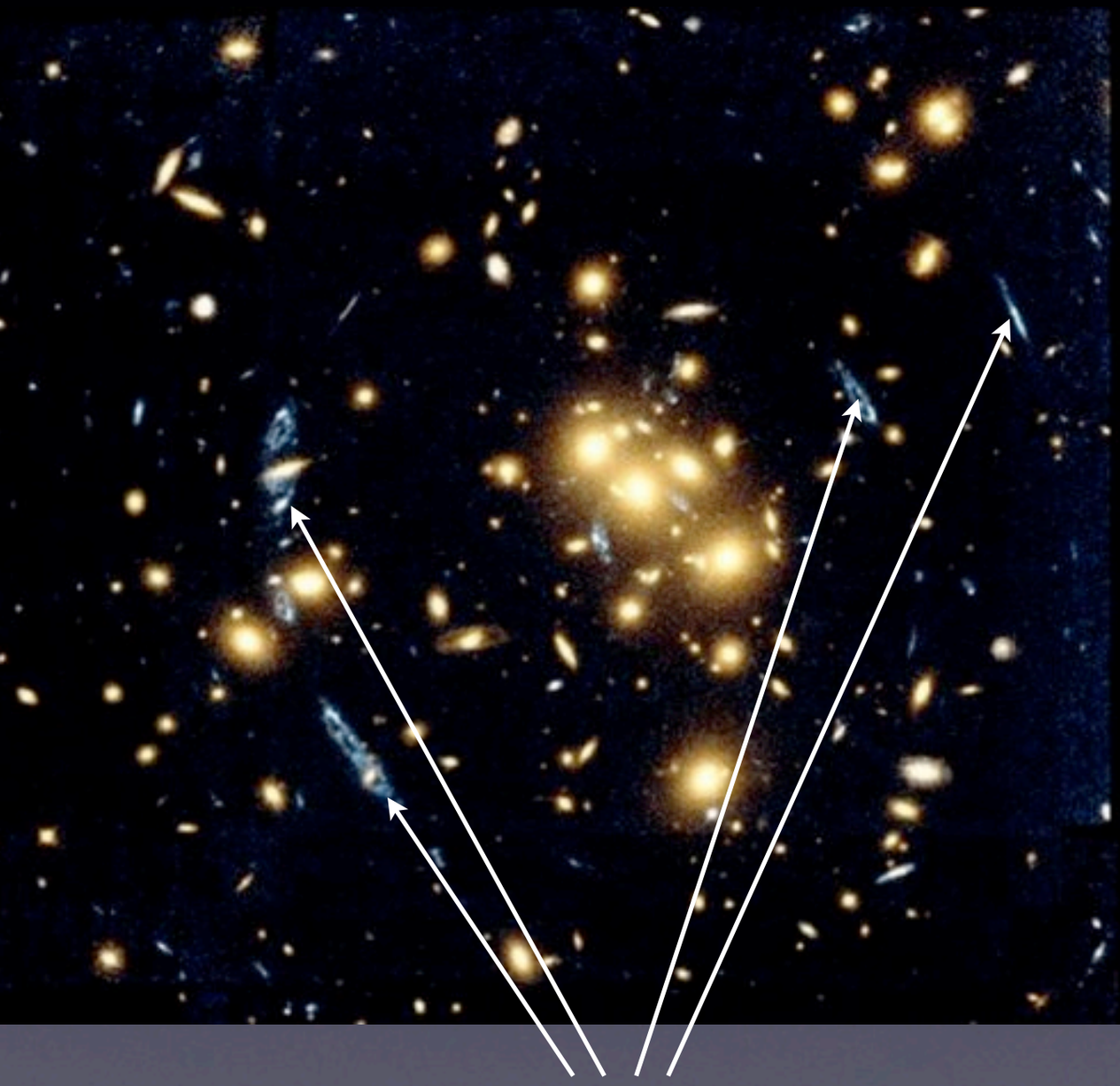
The Origin

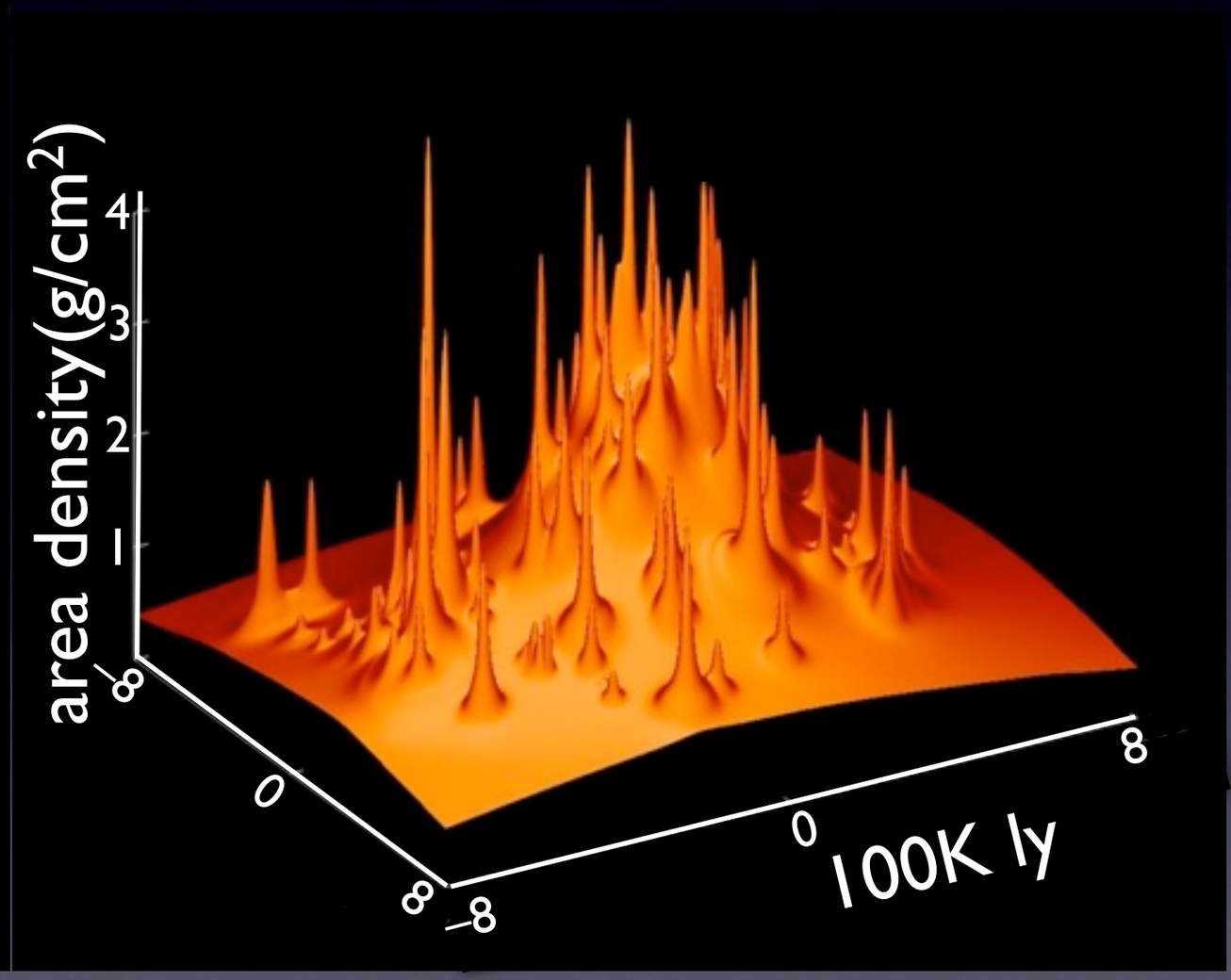
- speed of light is finite
- look far = look into past
- map at the farthest region of the Universe ⇒ origin and evolution history of the Universe
- the skeleton is invisible dark matter, 80% of matter
- but we can build maps of dark matter: imaging and spectroscopy

cosmic genome project

SuMIRe=Subaru Measurement of Images and Redshifts

maps of dark matter



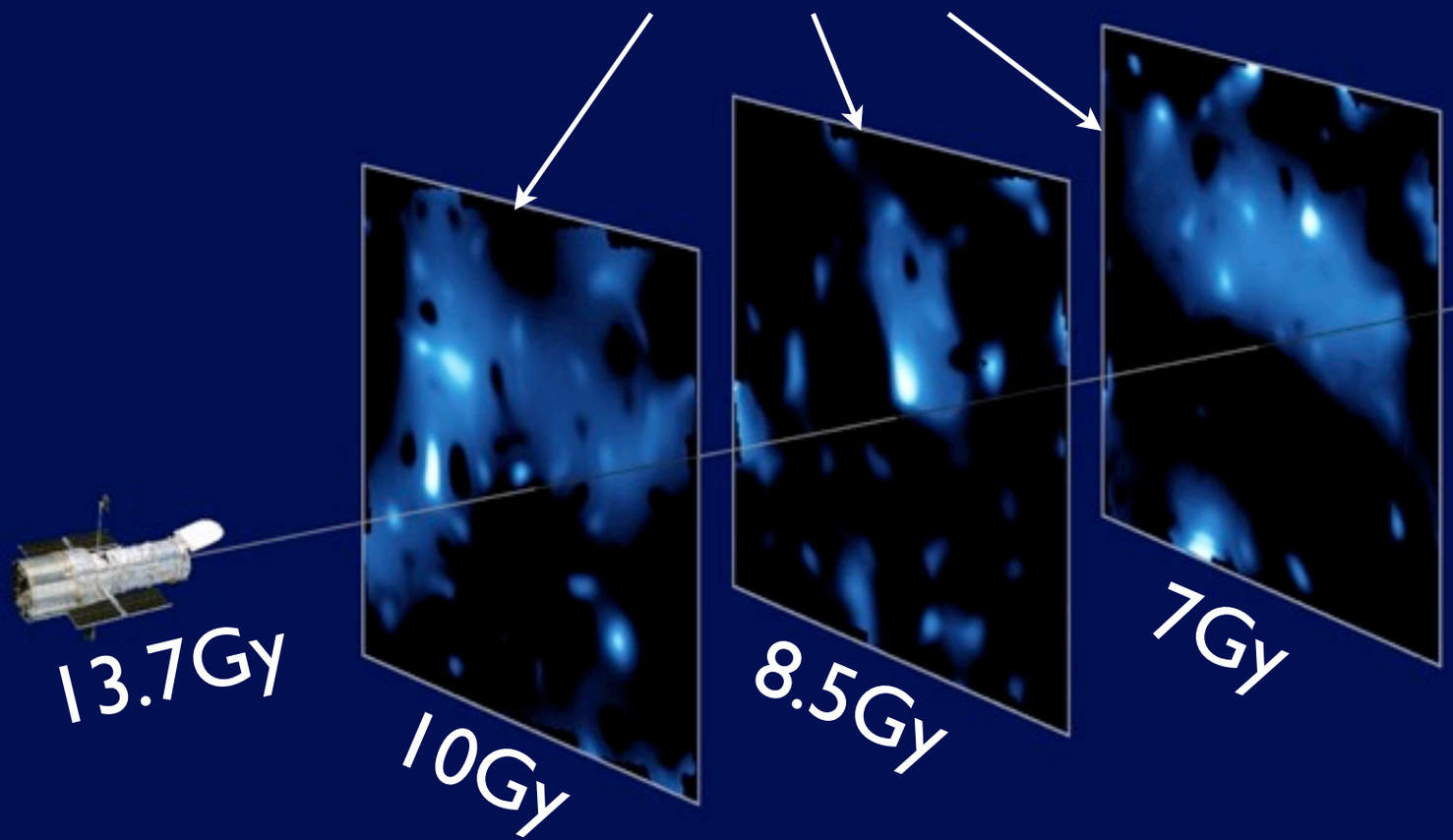


distortion in images of BG galaxies → 2D map of dark matter

3D map using depth information from spectroscopy

Current best
Hubble Space Telescope
too narrow, too shallow

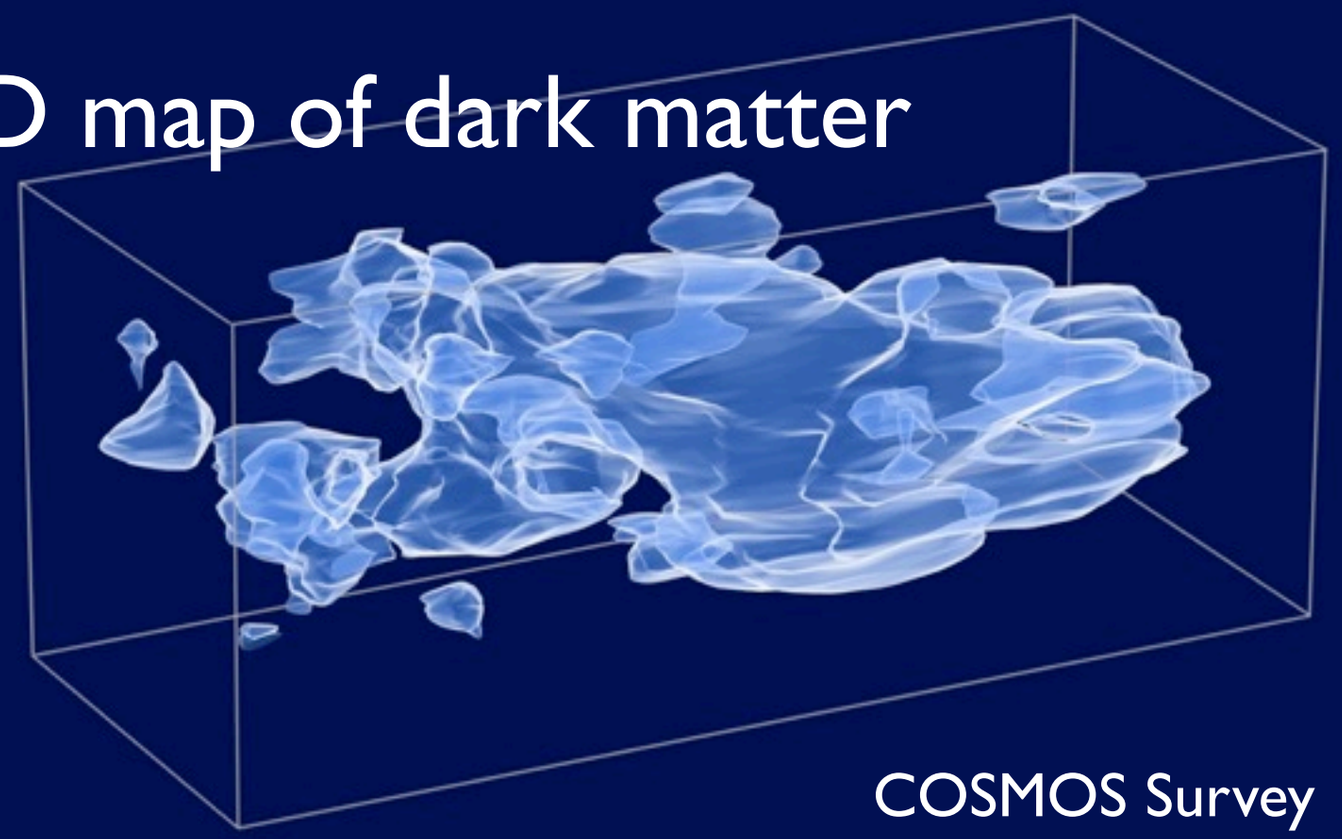
to shallow to see the evolution effects



too narrow to see
large-scale structure

1.8 sq. dg

3D map of dark matter



COSMOS Survey

Yoshida@IPMU

can clearly see the evolution of structure

2.2Gy

3.4Gy

6Gy

13.7Gy

Big Bang!

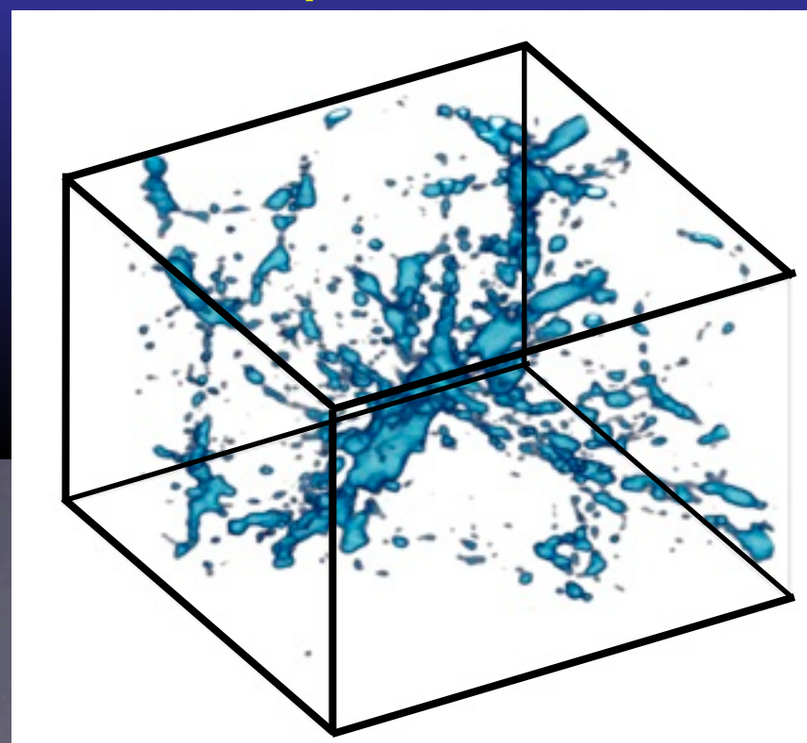
wide enough to see large scale structure

wide field: 2000 sq. dg
>1000 x HST

deep & wide
⇒world leader!

can prove that Universe was very featureless early on, and structure grew gradually thanks to dark matter

3D map of dark matter



Only Subaru can approach the Origin this well thanks to its 8.2m diameter and wide field

Where are we?

最先端研究 夢の30課題

「総額2700億円」とうたわれた最先端研究開発支援プログラム[注]が、鳩山政権によって大幅に変更される公算となった。1人あたりの研究費が激減する見通しで、9月に採択済みだった30人の研究課題への打撃が懸念される。いずれも、科学技術立国の先導役として選ばれただけに、担う期待は大きいものばかり。30課題とは、どのようなものなのか。夢あふれる研究の一端を紹介する。

● 開発支援プログラム

「宇宙の設計図」全容解明

東京大数物連携宇宙研究機構は、「宇宙の始まりと終わりの姿を解き明かす」という壮大な計画に着手する。

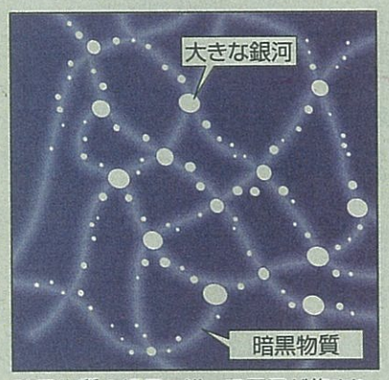
宇宙は、137億年前に誕生した。初期の宇宙には、物質とエネルギーが詰まっていたが、なぜか均一でなく、濃淡があった。それが、その後の宇宙を形作る〝設計図〟となった。

「設計図の全容を、今後6、7年で解明します」と、同機構の村山斉機構長は語る。カギを握るのは、宇宙の物質・エネルギーのうち22%を占めるといわれる「暗黒物質」だ。その分布に沿って原子が集まり、やがて星や銀河に進化したという。

しかし、暗黒物質は光を出さず、観測が難しい。プロジェクトでは、すばる望遠鏡（米ハワイ島）から見える数億個の銀河すべてを観測する。その中で、直進せずに奇妙に曲がっている光を探す。光が地球へ届くまでの間に暗黒物質があって、その重力で曲げられた可能性が高いからだ。

宇宙の観測は、遠方を見るほど、過去へさかのぼる。様々な時期ごとの「設計図」、つまり暗黒物質の3次元分布を描くのが目標だ。そのためには、最も遠いものでは100億光年かなたの銀河からの微弱な光を、高い精度で分析する必要がある。画素数9億、重さ4トンという巨大なデジタルカメラと、超高性能の分光器を新たに開発し、すばる望遠鏡に取り付ける。

一方、同じ観測データを使って、「宇宙の終わり」の予測にも挑む。宇宙は膨張しているが、今後も無限に大きくなり続けるのか、ある程度膨らんだところで安定するのか――。

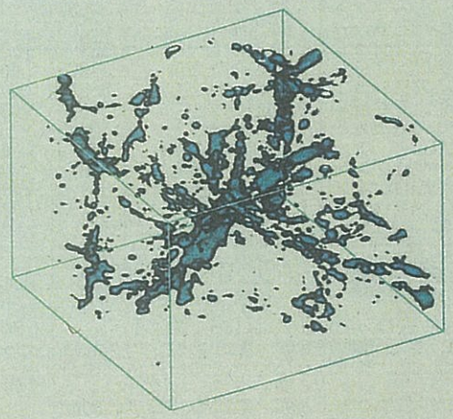


暗黒物質の網目に沿って原子が集まり、銀河ができる様子（想像図）。大きな銀河は、網目の交わる場所に集まっている

5億光年間隔

宇宙には、銀河が多い場所と少ない場所がある。多い場所同士の間隔は一定で、約5億光年だ。これを物差しに使えば、その場所が地球からどれだけ遠くにあるかが分かる。光の色を分析すると、その銀河が地球から遠ざかる速度、つまり宇宙の膨張の速度が分かるので、過去から現在までの膨張速度の変化を調べ、今後の予測につなげる。

村山機構長は「予算が削られれば、宇宙の膨張についての研究に支障が出る。大きな成果が期待できることを理解してほしい」と訴える。（本間雅江）


宇宙の一部について、衛星観測を基に計算した暗黒物質の分布。1辺が1億光年（東大数物連携宇宙研究機構の吉田直紀氏提供）

[注]最先端研究開発支援プログラム　当初は「30人に30億～150億円ずつ」という空前の巨額研究費として、国の2009年度補正予算に2700億円が盛り込まれた。鳩山政権は、総額を2000億円に減らし、配分先は大幅に増やす方針。期間は3～5年。基金にしてあり、年度をまたいで使える。

選出された研究者と課題

合原　一幸（東京大）	複雑系数理モデル
審良　静男（大阪大）	免疫の全容解明と制御
安達千波矢（九州大）	有機ＥＬデバイス
荒川　泰彦（東京大）	光科学・電子工学の融合
江刺　正喜（東北大）	半導体集積回路
大野　英男（東北大）	電子スピン利用素子
岡野　光夫（東京女子医大）	再生医療の産業化
岡野　栄之（慶応大）	脳の高次機能解明
片岡　一則（東京大）	超微細技術の医療応用
川合　知二（大阪大）	病原体１個を高速識別
喜連川　優（東京大）	高速データベース
木本　恒暢（京都大）	炭化ケイ素半導体素子
栗原　優（東レ）	省エネ淡水化システム
小池　康博（慶応大）	樹脂製光ファイバー
児玉　龍彦（東京大）	がんの抗体医薬治療
山海　嘉之（筑波大）	高齢者等の支援技術
白土　博樹（北海道大）	放射線治療装置
瀬川　浩司（東京大）	有機系太陽電池
田中　耕一（島津製作所）	次世代質量分析システム
十倉　好紀（東京大）	強相関量子科学
外村　彰（日立製作所）	高性能の電子顕微鏡
永井　良三（東京大）	がんと心臓病の撲滅
中須賀真一（東京大）	超小型衛星
細野　秀雄（東京工業大）	鉄系超電導物質
水野　哲孝（東京大）	高性能の蓄電池
村山　斉（東京大）	宇宙の起源と未来
柳沢　正史（テキサス大）	精神活動の分子的解明
山中　伸弥（京都大）	iPS細胞による再生医療
山本　喜久（国立情報学研）	量子情報処理技術
横山　直樹（富士通研究所）	電子素子、機器の節電

サイエンス

Today

$1=¥100

- Awarded $27M + $2M "boost"
- $12.5M committed to HSC
- $16.5M available for PFS
- part of the overhead $5M will come back to the project (see later)
- *cf.* WFMOS cost estimate was $68.5M

How do we fit it in?

- Three basic strategies
  - find free labor
  - contribution from international partners
  - cost reduction
- Princeton is interested in going beyond 1 μ, but neither within WFMOS scope nor current discussion; requires more funds

Possible?

- Current strategy for the instrument:
  - Japan: procuments for spectrograph, detectors, and prime focus instruments
  - French labor: build spectrographs
  - Caltech/JPL: fiber positioner
  - Brazil: fiber
  - UK: metrology+software
  - Princeton: detector work
- total: approx. $47M
- WFMOS-based estimate of the instrument: $33.9M+$7.4M (w/o high dispersion)

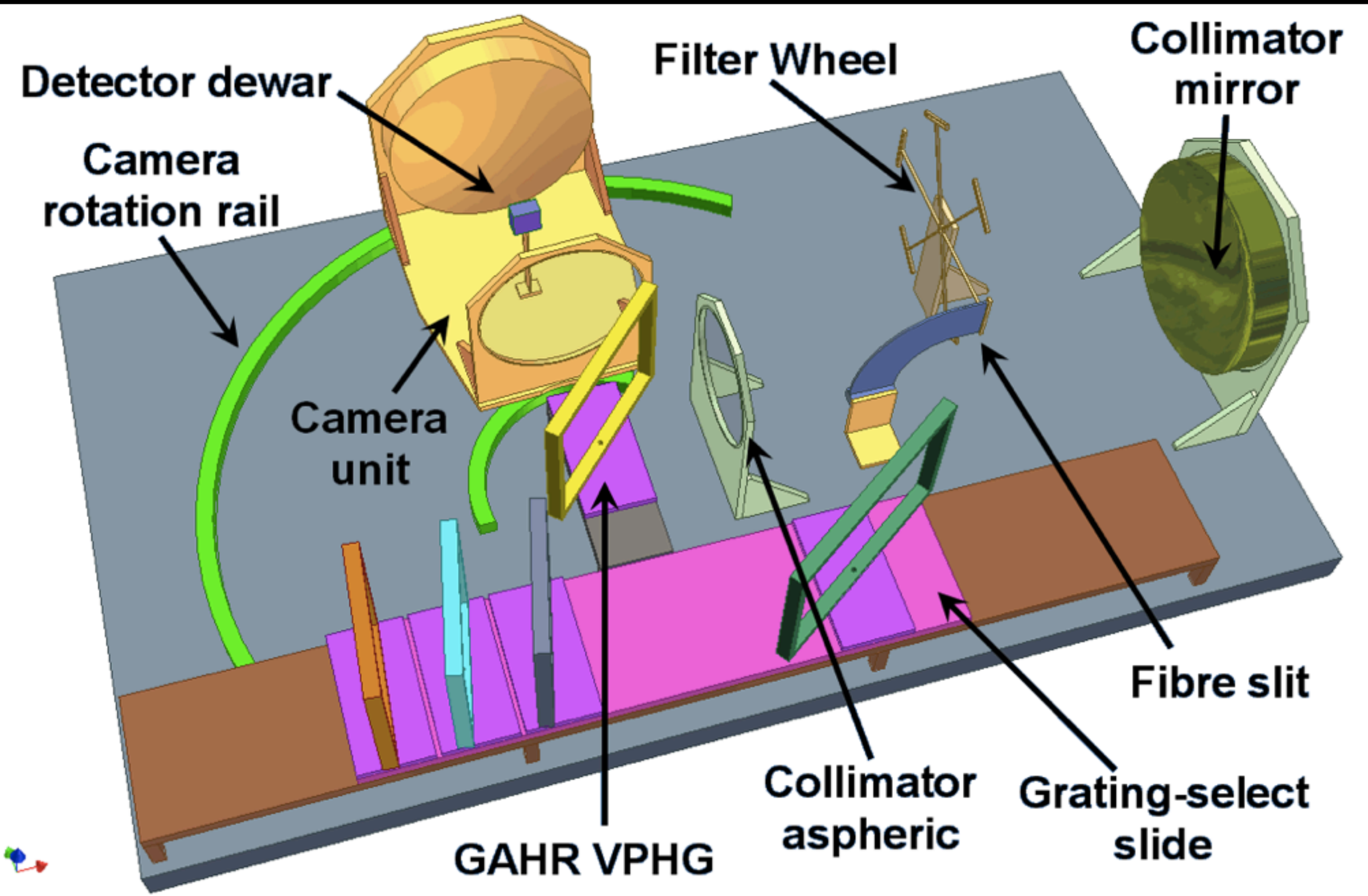
Not identified so far

- According to WFMOS-based estimates:
  - science: (community)
  - Management: (HM overhead?)
  - system engineering: (HM?)
  - integration and test: (NAOJ?)
  - data systems: (LAM?)
  - all basically labor cost
  - we need to find the right people!

difference from Gemini

- Gemini group came and "take it or leave it"
- This time, main funding source is Japan
- customize design/science for the Japanese Subaru community within cost
- "All Japan" data access like HSC
- hand-picked partners, not whole Gemini
- but won't get Gemini time

WFMOS drawing

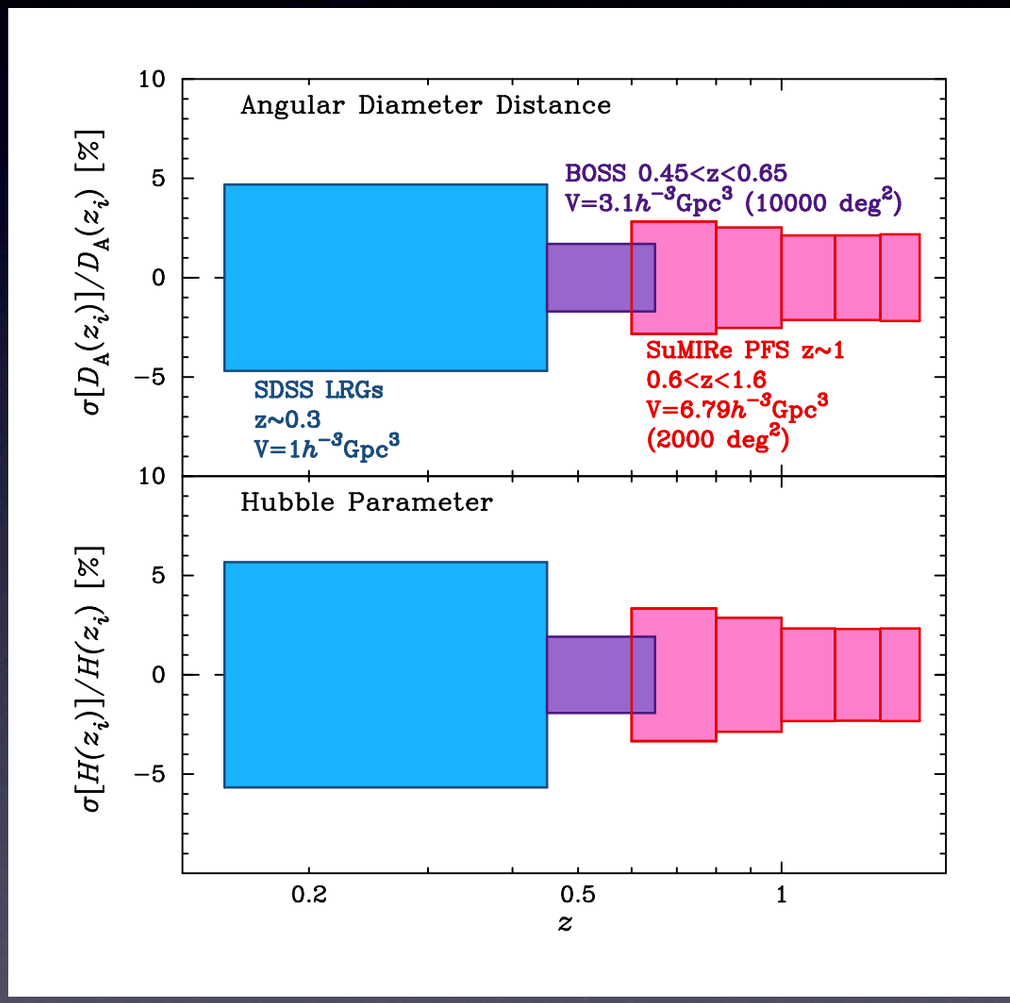


WFMOS design

- "big beam" spectrograph, 3 x (5m x 3m)!
  - Subaru people don't like this
- 6k×3k CCD from LBNL/JPL
  - better use Hamamatsu 4k×4k (cheap!)
- many moving parts to switch High & Low R
  - better have a static design

technical specs

- BAO
  - correlate distance from BAO to redshift → dark energy
- targets selected with HSC
- go beyond BOSS: z≈0.6–1.6
- most efficient (least exposure): OII emission 372.7, 373.0 nm
- need 600-1000nm, R≈3000
- measure w down to 3%
- 4k×4k CCDs, ~500 fibers x 5



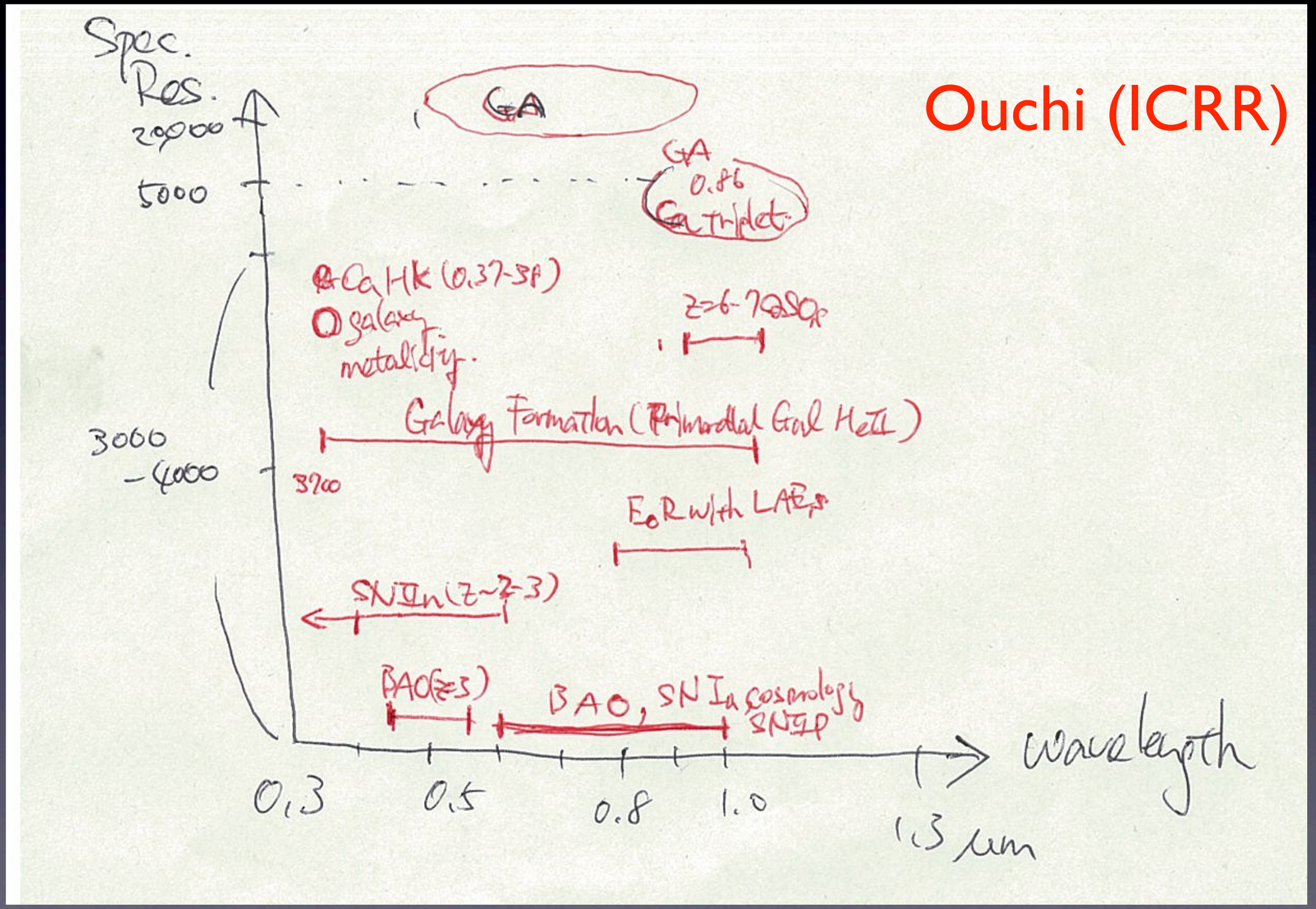
additional science

- BAO
  - also reach z≈3 with Lyα
  - need blue: 400–600 nm
- weak lensing tomography
  - HSC weak lensing survey with photo-z
  - with real z, can do tomography
  - 3D map of dark matter
  - observe structure evolution w/o bias

other science?

- galactic archaeology based on dynamics
  - 393.5 (K), 397.0 (H), R~3000?
  - 850.0, 854.4, 866.5 (CaII), R~5000?
- Galaxy evolution with primordial HeII 164?
- EoR with Lyα emitters?
- AGN with OIII 500.7?
- SNe?
- minimize cost, maximize science!

brainstorming



Ouchi (ICRR)

Conclusions

- now likely that we *can* complete HSC
- spectrograph still uncertain but possible
- detailed specs will depend on funds available
- need *lots* of negotiations/discussions
- next week visit UK, Marseille, JPL
- Princeton and Brazil in September

Need community input

- Subaru Future Instrumentation Workshop
- Sep 9 & 10, 2010 @ IPMU
  - science scope, spectrograph specs
  - *minimize cost, maximize science!*
  - hoping for community endorsement at January Subaru Users Meeting