

セッション5：サイエンス全体会及び議論（2014年9月10日（水）9:30-11:10）

*** 議論メモ ***

（Q:会場からの質問 A:発表者による回答 C:会場からのコメント）

◆宇宙論 高田 7名参加

サイエンスの柱を確認。目標がはっきりしている分野だと思う。

LiteBird CMB 実験は、広い意味で構造形成の初期条件を与え、また初期宇宙の物理の解明の道を与える。日本では HSC, PFS の銀河サーベイ計画があり、CMB 実験とは相補的である。可視近赤銀河サーベイの宇宙論のサイエンスの3本柱は、
1) 宇宙の曲率など初期宇宙物理、2) 宇宙の加速膨張の起源（ダークエネルギーあるいは重力理論）の解明、3) 多角的、統計的観点からの構造形成の物理の理解になる。HSC, PFS が今後 10 年間で実現し、その後に究極的宇宙論サーベイの Euclid, LSST, WFIRST が来る。日本は非常に有利な立場にある。

宇宙論の観点から SPICA との相補性を議論した。宇宙論では広視野のサーベイが必要なので、SPICA は直接的には関係ない。ただ、SPICA で数 10 平方度などの広いサーベイをやるのであれば、是非 HSC、PFS などの可視光撮像、分光サーベイのデータがある領域でやって頂きたい。その場合、相関関数法を用いた研究が非常に面白い。例えば、講演で触れたように、銀河カタログとクエーサーの吸収線系の相関関数を調べることで、銀河間空間を含む宇宙空間におけるコールドダストの分布を調べることができる。MgII 吸収線系の研究で分かっていることは、コールドダストが銀河ハロー内に分布し、宇宙空間のあらゆるところに存在していることだ。例えば、重力レンズ測定によるダークマターの空間分布と比較すると、コールドダストの分布はダークマター分布とよく似ていることが分かっている。現時点での研究は SDSS の銀河カタログを用いているので、 $z \sim 0.5$ までのダストの分布を調べることに成功している。HSC の銀河カタログを用いるとこの研究が、星形成の激動期である $z \sim 3$ まで伸ばすことができる。このように宇宙年齢の関数として、また星形成史と比較しながら、宇宙におけるコールドダストの空間分布の進化を調べることができる。SPICA では、dusty galaxy における、warm dust の分布が分かるので、上記の相関関数を用いると、銀河の星形成で供給される warm dust の量を調べることができる。このように cold & warm dust の供給量を調べることができ、非常に面白いのではないかと思う。

<質問>

Q: WISH とはどのようなシナジーがあるか

A: Euclid/WFIRST, LSST という究極のサーベイがあるので、普遍的な意味で重要となると考えられる $z \sim 3$ までの宇宙論という観点からは、WISH との関係は比較的薄い。

◆クエーサー・AGN (松岡)

役割は巨大ブラックホール班的 (活動的でないBHも観測可能ということで)
新たな検討課題 ジェットの起源と性質、偏光観測、光赤外干渉計による巨大
ブラックホール近傍領域探査、zero-metal quasars

SPICA は必須 ユニークな波長帯: 塵に埋もれた巨大BH、母銀河の星形成
口径 3m が必須という訳ではない

WISH は必須 初期宇宙のクエーサー探査にきわめて重要

JASMINE は有用 銀河系中心の巨大ブラックホール

<章立て案>

1. 巨大BHと活動銀河核の諸構造
2. 巨大ブラックホールと銀河の共進化
3. 巨大BHの宇宙論的進化

各小題の担当者も決めた

宇宙論、銀河・銀河団 (初代天体/再電離、銀河進化)、銀河系との境界
についてどう進めるかを議論した

<質問>

Q: SPICA と WISH ではBH 班的にはどちらがより重要か。

A: 役立つ分野が違うので、なかなか答えられない。

Q: IGM を GRB でやることについても書いてほしい

A: 銀河班でやっていると思う

Q: SFG と AGN で区別が難しいのでX線だという話があるが、X線ミッションとの
関連も議論してほしい

A: X線とは相補的。検討項目には含まれているが、章立ての中には明には表れていない

◆銀河・銀河団-初代天体・再電離班 (松田)

キーになるテーマの洗い出しを行った。2本柱

- ・天体の誕生
- ・宇宙再電離の起源

WISH, TMT, JWST

<合同議論>

w/クエーサー・AGN

w/恒星物理班: 初代星、extremely metal poor stars、超光度超新星

w/銀河系・局所銀河班: 球状星団の起源 近傍矮小銀河の星種族と宇宙再電離

<手薄だった課題への協力>

GRBの起源 米徳氏が班に加わる

宇宙近赤外線背景放射で探る初代天体 松浦氏+ α が参加

◆銀河・銀河団-初代天体・再電離班 (田中(賢))

3本柱

・星形成と質量集積の歴史 WISH

・銀河形成進化の動的過程 SPICA, TMT

・銀河基本構造の獲得 JWST

系統誤差に関する独立したセクションも設ける。

Cosmological な構造形成は宇宙論班へ。

Galaxy vs DMH は本班で

AGN feedback はそれぞれで書く

WISH 再遠方 非常におもしろい

1-5um のシームレスな撮像ができる。ギャップが無いので photo-z の精度が格段に上がる

最遠方銀河もおもしろい

SPICA 遠赤分光が可能、metallicity、中間赤外で星生成率

z~2-3 の metallicity 星生成率を測ることができるが、地上望遠鏡でも可能

中間赤外の撮像サーベイは非常に面白い

サイエンスが出てくるのは15年後 JWST の後で魅力的かということそうではない

以上の観点から、どちらかということ WISH を推す。

<質問>

Q: 日本のコミュニティとしてどこを推すかを決めないといけない。

10年前とは状況が変わっている。各班ごとにどれが必要か判断すべき。

そういうことを決めるのは、若い、しがらみのない人がやるべき。

C: 各班がどういうサイエンスが必要で、どの衛星がどの程度必要かを出し合って

総合的に判断すべき

◆銀河系、近傍銀河、星間物質班 (青木)

星間物質ー左近、近傍銀河ー金田・石原、銀河系・局所銀河 青木
主に恒星物理・超新星班と一緒に議論

<星間物質>

分子の形成・進化、恒星近傍のダスト (JWST, SPICA, TMT コロナグラフ, TAO)
室内実験の見通しー化学分野との結びつきが強い

<近傍銀河>

銀河の星生成率を決める背景物理
銀河の物質 (ガス・ダスト) の進化

<銀河系・局所銀河>

銀河分野との境界は「星に分解できる範囲」
銀河系中心 (AGN分野と)、銀河系円盤 (恒星物理分野と)
衛星では Gaia, JASMINE, TMT が必要
初代星ー銀河系で記述し後で調整、超新星元素合成ー恒星物理で記述

Q: JASMINE は必須か

A: 銀河中心など、出来ないテーマが生じる。どちらにしろ Gaia で忙しいだろう。

◆恒星物理・超新星・晩期型星 (野澤)

Gaia で HR 図はかなり完成される。恒星物理の完成を目指す

連星進化、質量放出、元素の起源

初代星については遠方銀河班と調整

晩期型星のダスト形成は星間物質班と調整

恒星班は質量放出に対するダストの役割を重視

連星系のキーサイエンス

2020 年代には重力波が検出されるだろう 中性子星連星、BH 連星

離心率・質量、軌道半径など決定

元素合成のキーサイエンス

恒星自転を入れた星の進化計算が発展してきている。

r-process 元素の起源

太陽についても記述

超新星のキーサイエンス

爆発前の親星・爆発後の伴星探し HST, JWST, TMT

サーベイ観測 Kiso, HSCX, WISH

shock breakout, GRB, 電子捕獲超新星、超高光度超新星

超新星爆発 10-100 年後の中間赤外 (マルチエポック) 観測

大質量星の爆発前数百年間の質量放出史を数年でフォロー (S/N は微妙)

Q: SPICA で口径を大きくすれば confusion limit は解決されるのでは

A: すぐに答えられない

※編者補足：マルチエポック観測での差分については、confusion limit

以下の情報が得られる可能性があります。

Q: 20 年以内に galactic SN が見つかるかも。ニュートリノが見えたらどうするか。

A: 多波長で観測ということになるだろう

C: そういった観点で夢膨らます章があってもよい

C: HESS (系外惑星探査) で transient が見つかる可能性があり、そういった展開もあると良い

◆星惑星形成 (高見 (道))

最初の 2 時間あまりは星形成班だけ、その後、惑星系、太陽系班と合同星生成、惑星系および生命系の形成と成長、系外惑星系関連

<新たに加えるテーマ候補>

小質量星生成の解明、惑星系形成、原始惑星系円盤 (および原始星) の磁場系外惑星班との境界線・または連携

進行中の惑星系探査は系外惑星系班にのみ入れる (クレジットを入れてもらう) 太陽系班、ほかとも調整あり

ミッションと期待する成果 (表あり)

確実に成果が出るテーマ、成功すればインパクトが大きいテーマ、2030 年代の萌芽的テーマ

TMT 最重要 コロナグラフと中間赤外装置を 2020 年代に搭載できるか

SPICA その次に重要 惑星系形成よりは星形成分野での重要度が大きそう
すばる WACO 投資額が少なく観測実施できそう

スペース赤外高分散、スペース中間赤外偏光 この分野では重要だが、他の分野では?
2020 年代の大部分はすばる、WACO などを中心にサイエンスを進める必要がある。

<質問>

C: WFIRST は 1.6billion USD なので大きな投資。WACO ではなく WFIRST と書くべき。

2016 年に WACO、つまり WFIRST にコロナグラフが搭載されるかどうか、またそれまで

には日本が参加どうかできるかが決まる。これはサイエンス全体に言えるが、WISH を議論するときには、WFIRST と比較した議論が必要と思う。

Q: スペース中間赤外偏光について、必要精度、サイエンステーマを知りたい

A: 磁場。まだ検討が浅い。この波長域では dichroic absorption、dichroic emission など重なっていて本当に有効かどうか要検討

◆系外惑星系 (松尾)

波長を超えて最も重要な科学は何か、そしてそれをスペース計画に落とし込むことについて主に議論

地球型系外惑星あるいは 2030 年代の足掛かりになるテーマを。

2010-2020 年 トランジット、マイクロレンズ、アストロメトリで大幅に進歩

WISH と中型 JASMINE が最も重要

2021 年に実現すれば、日本がアメリカの WFIRST-AFTA に先駆けて地球型惑星サイエンス

を実現できる

中型 JASMINE

Gaia 以降のアストロメトリプロジェクトは JASMINE のみ

赤外線アストロメトリ観測による M 型星・褐色矮星周りの惑星探査は独自

2020-30 年代の地上・スペースの直接観測計画への足掛かりになる

WISH と中型 JASMINE の両立する解を

SPICA は 20um より長波長なので系外惑星の主要な科学テーマはできない

JWST は 2019 年打ち上げで secondary 等に主要な研究が可能

Q: 一番重視したいのが地球生命の相対化なら、JWST から 10 年経ってできることもあると思うが。

A: JWST は惑星研究において重要な 20um までの観測がカバーされており、トランジット分光によるスーパーアースでの実現可能性が検討されている。先行研究が正しければ、JWST において重要な成果が創出される可能性がある。(発表者 後注) JWST における安定性の観点については疑問視されており、その実現は日本でも検討すべきである。仮に実現可能性において問題がある場合、SPICA における 20um より短波長でのトランジット分光は科学的意義が非常に高いと考えられる。

◆太陽系 (関口)

班員 4 名→9 名 (スカイプ、一部参加含む)

現状のサイエンス枠組みや担当で問題ないか確認

現状案は惑星科学を網羅しすぎとのコメントが出たが、それは敢えてそうした結果多岐にわたるのは良い。常に装置や衛星を意識して検討することに。

TNOs/Centaurs, Comet の個体成分を見るには SPICA が必要

組成を見ようとすると 3um の氷吸収探査のため WISH が有効
H2O が見たい場合は南極望遠鏡が重要に

Q: 惑星探査計画との連携についての議論はないのか

A: 協調およびテーマ棲み分けについて議論している。協調の例として、はやぶさ 2 の探査候補天体をすばるで探したり、冥王星の後に行く KBO 候補探しを行っている。探査機が出る前に決めないといけないこともある。棲み分けとしては、衛星では一点一か所を見るが、地上から多地点・時間変化を見ることについて議論した

Q: 地上観測では解らないから探査する、というふうにして地上・探査両方でムードを盛り上げて引っ張る必要があるのではないか。探査機は重要だがコストが大きいので、やれることをやるというのではインパクトが弱い。

A: 惑星学会でははやぶさ 2 をオールジャパンでやろうということになっている。

Q: はやぶさ 2 はもうすぐ打ちあがる。解析まで含めるとオールジャパンで進めるタイムスケールはどれくらいになりそうか。

A: リモートセンシングに優れているが観測になれていないひとが多く、解析も今勉強しているところ

Q: そういったところに観測の人が乗り込んでいってはどうか

A: 太陽系で観測している人が少なすぎる

C: 手を広げて異次元からお金をとるような時代。そうしないとどんどん縮小する。

C: すばるについても将来計画を考えてほしい。このままいくと、2020 年代には 3 つの装置だけしかない状態になる。サイエンスの観点で本当にそれで良いのかどうか。

(議事メモ執筆: ドラフト: 川端 校閲: 松原)