

「2010年代の光赤外天文学」 におけるサイエンス検討

千葉 柁司
(東北大学)

2013年8月6日 光赤天連シンポ

背景と経緯(サイエンス班)

- 01~02年: 海外でCELT, OWL等の計画が出されていた中、日本でもすばる望遠鏡に続く光赤外天文学の将来計画について、大々的に検討する必要性が指摘されていた
- 02年9月26、27日: 光天連将来計画シンポ
 - 理論懇アンケート「天体物理学の大問題」の結果報告
 - 台内理論分野の役割認識
- 02年11月20日: 光赤外天文学将来計画検討会準備
 - 全体世話人: 家さん、サイエンス班、地上望遠鏡班、スペース班
- 02年12月26日: サイエンス班準備会
 - 世話人: 千葉(NAOJ/東北大)、杉山(NAOJ)、土居(東大)、児玉(NAOJ)
- 03年1月20日: サイエンス班立ち上げ会
- 03年1月~2月: サイエンス班員の募集と確定
- 03年3月: 学会にて光赤外将来計画企画セッション
- 03年8月21、22日: 光天連シンポにて中間報告
- 04年1月22、23日: 将来計画ワークショップ
 - キープロジェクトとサマリーの報告
- 04年10月31日: サイエンス検討結果の報告書作成
- 05年3月20日: 「2010年代の光赤外天文学」発行

2010年代の 光赤外天文学

将来計画検討報告書

2010年代の 光赤外天文学

(サイエンス編)

将来計画検討報告書

光赤外天文学将来計画検討会・編

光赤外天文学将来計画検討会・

2010年代の光赤外天文学 (サイエンス編)

将来計画検討報告書

2005年3月10日印刷

2005年3月20日発行

発行者 光赤外天文学将来計画検討会検討報告書編集委員会
編集委員長 家 正則 (国立天文台)
編集委員 本原 顕太郎 (東京大学)
児玉 忠恭 (国立天文台)
土居 守 (東京大学)
千葉 柁司 (東北大学)
中川 貴雄 (JAXA)
郷田 直輝 (国立天文台)
田村 元秀 (国立天文台)

印刷所 株式会社 ワークワン
〒 229-1124 神奈川県相模原市田名 10213-6
Tel. 042-778-6765

表紙デザイン 馬淵 晃 (馬淵デザインオフィス)
<http://www1.odn.ne.jp/mdo/>
Tel. 03-3351-3748

第3章 次世代光赤外天文学のサイエンス

3.1 科学検討班の活動目標・経過

光赤外天文学の次期大型観測装置計画発案において、将来にわたって科学的にどのような主要課題に対して研究を進めるべきか、またそのためにどのような観測装置や観測方法が必要となるかを考察することが大変重要となる。そこで、当該目的に即した科学検討班を組織した。以下に、その活動状況と検討結果を記する。

本検討班の目標は、光赤外天文学の次期大型観測装置計画に関連して、今後10年から20年にわたって解決すべき天文学上の最重要課題を検討し、観測装置の性能や構成に対して提言を行なうことである。この科学検討班の活動を推進するために4名の世話人[千葉柁司(東北大学、班長)、杉山直(国立天文台)、土居守(東京大学)、児玉忠恭(国立天文台)]を置き、この世話人によって天文学の研究分野を「宇宙論、構造形成」、「クエーサー、活動的銀河中心核」、「銀河、銀河団」、「銀河系、局所銀河」、「恒星物理、星形成、超新星、晩期型星」、「惑星系、太陽系」の6つに大別して、各研究分野における将来計画検討のためのチームを選定した(後

本検討班の目標は、光赤外天文学の次期大型観測装置計画に関連して、今後10年から20年にわたって解決すべき天文学上の最重要課題を検討し、観測装置の性能や構成に対して提言を行なうことである。

で開催された村木計画ワーキンググループにおいて検討状況の報告を行った。

次節以降において、本科学検討班による検討結果を報告する。次節では各研究分野の検討要旨、次々節ではその詳細がまとめられている。

各研究分野のチーム

宇宙論、構造形成	杉山直(国立天文台)
クエーサー、活動的銀河中心核	和田桂一(国立天文台)
銀河、銀河団	児玉忠恭(国立天文台)
銀河系、局所銀河	千葉柁司(東北大学)
恒星物理、星形成、超新星、晩期型星	茂山俊和(東京大学)
惑星系、太陽系	小久保英一郎(国立天文台)

サイエンス班メンバー 世話人: 千葉、杉山、土居、児玉

- **宇宙論、構造形成** チーフ: 杉山直 (NAOJ)
浅田(弘前大)、佐々木(都立大)、須藤(東大)、千葉剛(京都大)、千葉柁司(東北大)、土居(東大)、林野(東北大)、松原(名古屋大)、山本(広島大)、横山(大阪大)
- **QSO/AGN** チーフ: 和田桂一 (NAOJ)
梅村(筑波)、米原(筑波)、大須賀(京大)、中川(宇宙研)、寺島(宇宙研)、秋山(ハワイ)、今西(NAOJ)、谷口(東北大)、村山(東北大)、長尾(東北大)
- **銀河・銀河団、銀河形成** チーフ: 児玉忠恭 (NAOJ)
太田(京大)、松原(宇宙研)、小林尚(ハワイ)、西(新潟大)、山田(NAOJ)、須佐(立教大)、大内(東大)
- **銀河系、局所銀河** チーフ: 千葉柁司 (NAOJ/東北大)
有本(NAOJ)、青木和光(NAOJ)、生田(NAOJ)、小宮山(ハワイ観測所)
- **恒星物理、星形成、超新星、晩期型星、コンパクト星** チーフ: 茂山俊和 (東大)
青木和光(NAOJ)、泉浦(NAOJ)、犬塚(京大)、植田(ベルギー)、中島(NAOJ)、西(新潟大)
- **惑星系、太陽系** チーフ: 小久保英一郎 (NAOJ)
倉本(北大)、中本(筑波大)、井田(東工大)、田中(東工大)、渡辺(名古屋大)、相川(神戸大)、渡部(NAOJ)、田村(NAOJ)

サイエンス検討のポイント

- 各分野における10～20年後のキープロジェクトを、サイエンスに重点を置いて提案、解説。
「どんなサイエンスが重要か？」
- 各キープロジェクトに必要な観測装置の提言。
地上大口径、スペース、専用望遠鏡など
「何が必要か？」
- 今後の光赤外望遠鏡計画の戦略に向けた情報の提供。
「今後何をすべきか？」

「宇宙論」分野

～Key Projects～

主題:「宇宙の暗黒エネルギーと暗黒物質の解明」

1. 基本定数の時間変化

微細構造定数 α の時間変化をQSO吸収線を用いて測定。

物理学の基礎となる重要定数が過去においても定数かを検証する重要観測。

「過去の宇宙は私たちと同じだったのか」 高分散分光が必要

2. ダークエネルギー探査

遠方の超新星探査、及び、実空間と赤方偏移空間での構造のゆがみ

具合の違いに基づくAlcock-Paczynski効果を用いて、ダークエネルギーの時間進化などの性質を解明。

「宇宙を支配するエネルギーの正体に迫る」 広視野撮像と分光が必要。

3. ダークマター探査

ダークマターの正体に重力レンズ効果を用いて迫る。

特に、cold dark matterの予想と異なっている可能性のある、

銀河の中心のcuspの構造、及びsubhaloの検証に焦点。

「ダークマターは冷たいか」 広視野撮像が必要。

4. ガンマ線バーストを用いた宇宙論

$z > 10$ の可能性をも含むガンマ線バーストに基づいて、深宇宙を見る。
Optical Flushの測定、follow upの分光、特にQSOと同様な吸収線の測定により、QSOでは届かない深宇宙IGM状態の情報を獲得。
 $H\alpha$ 分光は中間赤外での観測が必要。

「深宇宙を見る新しい目ガンマ線バースト」

高速モニター、高分散分光、中間赤外での分光。

5. 構造形成の時間進化

銀河分布、宇宙大規模構造の進化を解明。
ダークエネルギーの時間進化も明らかにできる可能性。
可能な限り広視野で、非常にdeepなサーベイを必要。

「構造の誕生と進化」 大口径望遠鏡での広視野撮像、分光。

主なテーマと必要となる観測装置

テーマ	観測ターゲット	望遠鏡形態	観測モード
微細構造定数の時間変化	high-z QSO 吸収線	地上 > 8m	高分散分光 20-150 μm , $R > 10^5$
Alcock-Paczynski テストでの ダークエネルギー探査	LRG 銀河のサーベイ	低赤方偏移:地上 ~ 8m 高赤方偏移:地上 ~ 30m	撮像、及び分光
CMB と大規模構造の 相関	銀河赤方偏移サーベイ (Hyper SDSS)	地上 ~ 20m	撮像、分光
重力レンズでの ダークマター探査	Lensed QSOs 探査	スペース > 3m	撮像、8-26 μm
	Lensed QSOs の 輝線マッピング	地上 > 20m	分光、1 - 5 μm 、 $R > 1000$
	アーク状銀河像の 高分解能撮像	地上 > 20m	撮像 FWHM < 0.02''
ガンマ線バーストに よる宇宙論	ガンマ線バースト 天体	地上 > 10m	分光、撮像 $R \sim 10000$
初期天体探査	輝線 (Ly α , H α , CIV)	地上 ~ 30m	赤外での分光、撮像 $R \sim 10000$

「銀河・銀河団、銀河形成」分野

～Key Projects～

主題:「宇宙初期から現在までの銀河宇宙の歴史を 具に描く時代絵巻の構築」

1. 初代天体の発見と宇宙電離史の解明

宇宙で最初に生まれた天体は、初期宇宙の電離状態、物理状態を決定し、初期銀河形成を左右する重大要因。「原始ガスの収縮」、「最初の光」、「宇宙の再電離」の3大過程の解明。

スペース広視野撮像(約1平方度)と分光フォローアップ
(Ly α は地上、H α はスペース)が必要。

2. 形成途上銀河の内部構造の解明

原始銀河候補(LBGs、LAEs、極赤銀河、赤外線銀河、サブミリ銀河)の形成・進化段階を、1kpcスケールで分光・空間分解し、銀河形成過程を実証的に解明。

面(IFU)分光 (Ly α , OIIは地上、H α はスペース)が必要。

3. 銀河形態の起源の解明

銀河の基本構造がどのように分化、獲得され、進化したかを解明。銀河 building blockの集積によって形成される過程と密接に関係。遠方銀河の(1)視覚的形態、(2)質量集積、(3)内部運動を統合的に解析する。

スペース広視野撮像(星質量、 $z > 3$ の形態、数平方度以上)、
地上AO撮像($z < 3$ の形態)、地上分光(内部運動)が必要。

主なテーマと必要となる観測装置

テーマ	観測ターゲット	望遠鏡形態	観測モード
初代天体の形成現場	$\text{Ly}\alpha$ (cooling), H_2 , UV, $\text{Ly}\alpha$ (HII) at $z = 3 - 20$	スペース > 4m 地上 > 20m	NB-imaging 2-50 μm
宇宙の再電離史	$\text{Ly}\alpha$, $\text{H}\alpha$, UV at $z = 6 - 20$	スペース 4m 地上 > 20m	NB-imaging 1-10 μm
形成途中銀河の内部構造 星形成の局在、伝搬 ガスの流出入 球状星団の形成	$\text{Ly}\alpha$, $\text{H}\alpha$ at $z = 3 - 7$	地上 > 20m スペース 4m	IFU spectroscopy 0.5-5 μm
銀河基本構造の獲得 形態 (size, bulge/disk) 内部運動、質量 (TF/FP) 星形成 ($b = \text{SFR} / \langle \text{SFR} \rangle$) 化学進化 (SFH, IMF)	$\text{Ly}\alpha$, $\text{H}\alpha$, OII, Balmer lines, NIR at $z = 1 - 7$	スペース 4m 地上 > 20m	wide imaging, spectroscopy 0.5-10 μm
矮小銀河の形成	OII, $\text{H}\alpha$, NIR at $z = 1 - 10$	スペース 4m 地上 > 20m	imaging, spectroscopy 1-10 μm
宇宙大規模構造の形成 と銀河進化	NIR at $z = 1 - 10$	スペース 4m	wide imaging 1-10 μm
AGN-Galaxy connection	$\text{H}\alpha$, NIR at $z = 1 - 20$	スペース 4m	wide imaging 1-20 μm
IGM の進化	abs lines at $z = 1 - 7$	地上 > 20m	spectroscopy 0.5-2.6 μm

「QSO/AGN」分野

～Key Projects～

主題:「セントラルエンジンパラダイムの検証と
巨大ブラックホール形成史の解明」

1. 近傍から遠方のAGNにおける巨大ブラックホール質量の決定

近傍から遠方まで、低光度から高光度までの様々なAGNにおいて
巨大BHの存在を確認する。

近傍AGN: 輝線ガス領域の可視干渉計による高分解能観測により、
HSTで達成される10倍の距離におけるAGN中心部 1pc以内
の質量を決定。

遠方AGN: BLRと連続光の変動の時間差を用いたreverberation mapping
により、 $z > 5$ のQSOの巨大BH質量を決定。
10年以上の近赤外分光モニター観測。

2. 近傍AGNの中心構造の解明

BLR構造の直接分解: 数masの分解能必要。可視干渉計。

NLR最深部の構造: 近赤外域の高電離禁制線の偏光観測。

20mクラスの望遠鏡、 $R \sim 10^3-4$ の波長分解能。

トーラスの構造: masスケールでの中間～遠赤外撮像、分光観測。

スペース大口径赤外望遠鏡が必要。

3. QSO/AGNの進化：深宇宙サンプルの確立

$z > 3$ のhigh- z QSOの質の良い統計サンプルの獲得。

$z > 6$ を越えてどこまでクエーサーが存在するか？

QSOの起源、銀河形成や銀河間ガスの再電離との関連。

狭輝線1型Seyfert銀河 (NLSy1)、吸収を強く受けた2型QSOのhigh- z 探査。

クエーサー空間分布から、クエーサーの活動期間についての情報獲得。

これらのために：

広視野の可視、近赤外カメラを備えた8mクラス地上望遠鏡を占有使用。

1000 deg² 程度の超広天域の深い撮像、分光サーベイ。

主なテーマと必要となる観測装置

テーマ	観測ターゲット	望遠鏡形態	観測モード
近傍巨大 BH 質量の決定	近傍 AGN の輝線領域	地上干渉計 (基線長 ~ 1 km) 地上 30m + AO	可視分光 $R \sim 10000, 1 \sim 0.1\text{mas}$
high- z 巨大 BH 質量の決定 M_{BH} vs M_{bulge} の z 進化	AGN の BLR と連続光の 長期間 reverb. mapping	地上 8m 専用 + AO	近赤外、可視分光 $R \sim 1000, \sim 100\text{mas}$
high- z AGN の光度関数	$z > 7$ の高光度 QSO $z > 5$ の低光度 QSO	地上 8m 専用 + 広視野カメラ + 多天体分光器	近赤外、可視撮像、分光 $R > 1000, \text{FOV} > 1\text{deg}^2,$ $\sim 100 \text{ mas}$
小/大質量降着率 AGN の探査	$z > 1$ の NL Seyfert 1	地上 8m 専用	可視、近赤外撮像分光 $\text{FOV} > 1\text{deg}^2, \sim 100\text{mas}$
$z > 1$ の 2 型 QSO の探査 (近傍 AGN 種族の z 進化)	X 線を含む多波長サーベイ 領域の近赤外 deep サーベイ	地上 8m 専用 + 広視野カメラ + 多天体分光器, マルチスリット赤外線分光器	近赤外撮像、分光サーベイ $R > 1000, \text{FOV} > 1\text{deg}^2$ $\sim 100\text{mas}$
電離ガス空間構造の直接分解	近傍 AGN の BLR, NLR	地上干渉計 (基線長 ~ 1 km)	可視、近赤外狭帯域撮像、 偏光、近赤外分光、 $R > 10^3, \sim 0.1\text{mas}$
high- z AGN 電離領域の 化学組成	$z > 6$ AGN	地上 30m	近赤外分光 $R > 1000, \sim 100\text{mas}$
低光度 AGN の進化と構造： 長期モニター観測	10 万個以上 AGN spec の 長期時間変動 ($1-10^7$ yr)	地上 4-8m 専用	可視、近赤外分光 $R > 1000, \sim 100\text{mas}$
QSO の起源 近傍 ULIRG との関係	近傍 ULIRG と QSO 母銀河：	地上 8m + AO	近赤外撮像 $\sim 100 \text{ mas}$
high- z ULIRG の正体 と QSO 形成	$z > 1$ の ULIRG	4m スペース	中間赤外分光
遮蔽分子トーラス構造の分解	近傍 AGN のダスト放射、 PAH 輝線	8-10m スペース	中間～遠赤外撮像、分光 $R > 1000, 10-100\text{mas}$

「銀河系・局所宇宙」分野

～Key Projects～

主題:「恒星分離に基づく銀河の形成と進化の解明」

1. 銀河系の大局的化学動力学進化の解明

銀河系全体に渡る詳細な化学元素組成と3次元運動を獲得し、銀河系の化学動力学進化を解明。GAIAとの連携から $V \sim 20$ mag (バルジの転向点等級付近)までのハロー・バルジ星の高分散分光が重要。

2. 矮小銀河における星形成史

矮小銀河の星形成史・化学進化史が、ホスト銀河の特徴や銀河密度等の環境によってどのように変化しているかを解明。

恒星分離のための高空間分解能撮像、金属量と化学元素組成決定のための分光観測を必要。

3. 円盤銀河の初期進化とハッブル系列の起源

円盤銀河の古成分であるハロー一部の空間構造と化学動力学構造を調べる。銀河円盤・バルジの特徴との関係から、ハッブル系列の起源に迫る。

ハロー一部の空間構造の検出、さらに恒星分離に基づく化学動力学構造の決定を必要。

4. 楕円銀河における星形成史

楕円銀河がどのように誕生して現在に至ったか、その形成史は銀河本体の質量や環境に依存するのかを解明。

恒星分離に基づく撮像と分光によって、恒星系の色一等級図、金属量分布と化学元素組成を得る必要。

様々な環境下における星形成史を導く。

5. 局所宇宙の質量構造

測光によってTRGBを同定し、乙女座銀河団までのすべての銀河までの距離を決定する。

局所宇宙の速度構造と質量構造を決定する。

主なテーマと必要となる観測装置

テーマ	観測ターゲット	望遠鏡形態	観測モード
銀河系の初期化学進化	ハロー星の化学元素組成 バルジ星の化学元素組成	地上 (>30m)	高分散分光 (R=40000) 紫外～近赤外, V=20mag
矮小銀河における星形成史	色一等級図、金属量、 化学元素組成	地上 (>30m) スペース (>4m)	撮像 (FWHM<0."007) 高分散分光 (R=40000) 撮像 (FWHM<0."05) 中分散分光 (R=4000) 0.4 ~ 2 μ m, 1 ~ 5 μ m
円盤銀河の初期進化と ハッブル系列の起源	ハロー部の空間構造 色一等級図 金属量と化学元素組成 球状星団の年齢と金属量	地上 (>30m) スペース (>4m)	撮像 (FWHM<0."007) 高分散分光 (R=40000) 撮像 (FWHM<0."05) 中分散分光 (R=4000) 0.4 ~ 2 μ m, 1 ~ 5 μ m
楕円銀河における星形成史 ハッブル系列の起源	恒星系の色一等級図、 金属量と化学元素組成 球状星団の年齢と金属量	地上 (>30m) スペース (>4m)	撮像 (FWHM<0."007) 高分散分光 (R=40000) 撮像 (FWHM<0."05) 中分散分光 (R=4000) 0.4 ~ 2 μ m, 1 ~ 5 μ m
局所宇宙の質量構造	TRGB 測光による距離決定、 特異速度の決定	地上 (>30m) スペース (>4m)	高空間分解能撮像 0.4 ~ 2 μ m, 1 ~ 5 μ m

「恒星・コンパクト天体」分野

～Key Projects～

主題:「銀河の進化と元素の起源の解明に向けた 恒星進化の素過程の解明」

1. 大質量星および大規模星団の形成過程の解明

銀河進化に大きな feedback をもたらす重要な過程。

距離10 kpc以内の大質量形成領域を100 AU程度の分解能観測。

2. 星の進化の最終段階における質量放出の直接撮像

AGBから惑星状星雲に至る質量放出の様子を解明。

直接撮像・分光観測によって、非球対称性の起源などの謎に迫る。

3. 恒星と惑星の境界探索

低質量星の探索に基づいて、円盤とハローにおける星の質量関数を得る。

ダークマターの正体に重力レンズ効果を用いて迫る。

4. 星の化学組成から元素の起源に迫る

天体物理学の基本問題である元素の起源を解明。同位体組成比を測定

して、中性子捕獲元素の起源を解明。第一世代星探査も遂行。

5. Ia型超新星の起源に迫る

爆発後10～数100年経った若い Ia型超新星残骸の中に伴星を探し、

この超新星起源のシナリオを検証。

主なテーマと必要となる観測装置

テーマ	観測ターゲット	望遠鏡形態	観測モード
大質量星の形成過程	大質量形成領域	地上 (南半球) >30m	分光、撮像 (0.3–2.5 μ m) R>5000, FOV> 10', FWHM<0.05-0.1''
質量放出の直接撮像	Winds	~ 40 – 400m	撮像 (near-IR:~ 2 μ m) FWHM0.01-0.001''
	Molecular Sphere	~ 100m	撮像・分光 (near-IR:~ 5 μ m) FWHM0.01'' (100pc で 0.1AU), 0.1 km/s
	Dust Sphere	スペース干渉 (~ 600m)	撮像・分光 (mid-IR:~ 30 μ m) FWHM0.01'', 0.1 km/s
	Cold Gas Dust Shell	スペース干渉 (~ 6000m)	撮像・分光 (far-IR:< 400 μ m) FWHM0.01'', 0.1 km/s
恒星と惑星の境界	銀河円盤での 褐色矮星探査	Ground-based(8 m)	AO Coronagraph(J and H) R~300, FOV10'', FWHM0.''3
		Space(3 m)	Coronagraph(0.5 - 1.6 μ m) R~300, FOV10'', FWHM0.''3
		SPICA(3.5 m)	Coronagraph(5 μ m) R~300, FOV10'', FWHM1''
ハロー種族	低質量星と褐色矮星	Ground-based(2.4 m)	撮像サーベイ (0.4 – 1.0 μ m) R ~0.3, FOV30' x 30', FWHM0.''5
元素の起源	同位体組成解析	スペース	分光 UV(<3000Å)–可視光 超高分解能 (R>=100,000)
第一世代星探査		地上 (>25m) or 分光専用望遠鏡 (10m)	撮像・分光 高分解能 (R>=30,000), シーイング限界
Ia 型超新星の起源	若い Ia 型超新星残骸	地上 (>30m)	分光 (300–400 nm) R>300, FOV> 10', FWHM<0.05-0.1''

「惑星系・太陽系」分野

～Key Projects～

主題:「系外惑星系を含めた一般的な惑星系の構造と起源の解明、ならびに惑星進化としての生命の起源の解明」

1. ガス円盤散逸過程の解明

ガス円盤の散逸過程(惑星系形成の時間スケールを制限)を解明する。

多数の円盤の高空間分解観測: ガス・ダストの空間質量分布、温度分布、
ガスの電離度

2. ダスト成長過程の解明

ダストからの微惑星形成を解明する。

ダスト円盤の構造: 遠赤外線高分解能撮像観測・近赤外線域の分光観測

磁場の関与した星・円盤境界層: 分光・偏光観測

光学観測からダスト・アグリゲートの物性を導出

3. 星周円盤化学の統一的理解

星周円盤の化学進化を解明する。

CTTS円盤、WTTS円盤、デブリ円盤などの星周円盤の密度分布、温度構造、

ダスト進化、ガス進化: 高感度、高空間分解能のダスト連続波観測と

H₂、CO およびその同位体の高空間分解、多輝線観測

4. 惑星によるギャップ形成の理解

木星型惑星形成の兆候である原始惑星系円盤のギャップを解明する。ギャップ幅と惑星質量が独立に観測して、円盤の粘性率に制限を与える。惑星質量が小さければ、ギャップ形成の最低惑星質量に制限(上限)を付けられ、ギャップ幅を決めるメカニズムに制限を付けられる。

5. 系外惑星物理学の展開

系外惑星の直接観測により、系外惑星の物理量を解明する。惑星の扁平率、自転、組成、衛星・リングの有無、磁場などの情報を取得。

6. 中心星と惑星系の関係の統一的理解

惑星系構造の中心星の質量、金属量、進化段階への依存性を解明する。連星系か、星団内か、銀河環境依存性、についても明らかにする。

7. 太陽系最外縁部の構造の解明

50AU以上の外縁部の天体の軌道分布と物理特性を解明する。

専用サーベイ鏡： 軌道決定されたサンプルを増加し大構造を導出

大型望遠鏡： 物理観測の実施

外縁部天体による背景の恒星食を利用し、

カイパーベルト天体からオールト雲の観測へ

8. バイオマーカー探査

系外地球型惑星で生命活動もしくは地球のような惑星の兆候を示すバイオマーカーを観測する。

惑星表面に液体のH₂O(海)、大陸、植物などを検出する。

大気組成を観測し、生命関連物質を探す。

木星型惑星形成の兆候である原始惑星系円盤のギャップを解明する。

主なテーマと必要となる観測装置

テーマ	観測ターゲット	望遠鏡形態	観測モード
ガス円盤散逸過程の解明	ガス、ダスト	地上 >8m スペース (IR) ≥ 1m	分光、撮像
ダスト成長過程の解明	ダスト	スペース (IR) ≥ 1m	分光、偏光
星周円盤化学の統一的理解	ガス、ダスト	地上 >8m スペース (IR) ≥ 1m	分光
惑星によるギャップ形成の理解	ガス、ダスト	地上 >20m スペース (Opt) ≥ 8m	撮像
地球型惑星初期進化の観測的解明	地球型惑星	スペース (Opt) > 3m スペース (IR) 干渉計	分光、撮像
系外惑星物理学の展開	木星型惑星	?	分光、撮像
中心星と惑星系の統一的理解	惑星	地上 ~8m	分光、撮像
太陽系外縁部の構造の解明	EKBO 天体、彗星	地上 4-8m(専用)	撮像サーベイ、分光
バイオマーカー探査	バイオマーカー	スペース (Opt) > 3m スペース (IR) 干渉計	分光、撮像

検討された観測装置のまとめ

- 8m級地上望遠鏡 × n
サーベイ、専用、干渉、多目的使用に
基づくサイエンス
- >30m地上大口径望遠鏡 + AO
JELT or JOMONT (Japanese Overwhelming
Multi-Objective National Telescope)
高集光力・高空間分解能・高分散分光に
基づくサイエンス
- >4mスペース望遠鏡
紫外、赤外域の撮像・分光に基づくサイエンス
- 干渉計(地上、スペース)
超高空間分解に基づくサイエンス

その後の展開(一部)

- 04年12月: 理論懇シンポジウムにて他波長を含めた天文学全体の将来計画検討会が開催された(発起人:西さん)
 - 分野ごとに検討班を設置し、光赤外にとどまらず全波長域に渡る天文学の展望を行った。シンポジウムは大盛況であった。
- 05年4月: 国立天文台にELT室発足
- 05年11月: 1st Subaru/Gemini workshop on WFMOS (コナ)
- 06年6月: HSC funded (特定領域代表:唐牛さん)
- 06年~07年: すばる次世代観測装置検討会(有本さん+)
- 09年5月: Joint Subaru/Gemini Science Workshop (京都)
 - WFMOS計画がGemini ボードによってキャンセルされる
- 09年9月: SuMIRe/PFS funded (最先端代表:村山さん)
- 10年~11年: TMTサイエンス検討会(代表:児玉さん)
- 13年7月: TMT協定書への署名
- 13年7月: HSC first light press release

2010年代の光赤外天文学 サイエンス検討会の意義

- 将来計画、すばるを用いた観測、衛星を用いた観測を考える非常に良い機会であった
 - 今何が問題か、今何をすべきかを認識
 - 共同研究ネットワークの構築
- さらなる検討への橋渡し
 - その後の展開における活動母体になり得た
 - 他波長＋理論分野を含めたサイエンスからの将来計画検討の引き金となり得た

2020年代の光赤外天文学へ