

天文学の発展	実生活の利用から知的好奇心を満たすため。		
天文学の歴史	道具：肉眼→四分儀→望遠鏡（屈折式→反射式）→宇宙望遠鏡	記録：観測のみ→スケッチ→写真（銀塩）→写真（半導体素子）	
	手段：撮影、分光、多波長（電波、赤外線、紫外線、X線、ガンマ線）		
世界観宇宙観	古代まで：神話とのつながりが濃厚	古代から中世：天動説（アリストテレス、プトレマイオス）→折衷説（ティコ・ブラーエ）	
	→地動説（コペルニクス、ケプラー）→慣性の法則（ガリレオ）、万有引力（ニュートン）		
	近代以降：銀河系の発見：恒星分布図（ハーシェル兄弟）→セファイド		
太陽系の構造	構成要素	太陽、惑星（8個）、準惑星（>5個）、衛星（>200個）、小惑星（>10万個）、彗星、惑星間塵、オールの雲	
	スケール	（1天文単位〔AU〕＝1億5000万km：太陽と地球の平均距離）海王星（約30AU）、太陽系外縁天体（>40AU）	
	惑星：岩石型（地球型）惑星、巨大ガス（木星型）惑星、巨大氷（天王星型）惑星	小惑星：メインベルト、トロヤ群、近地球型	
太陽系の組成	太陽の分光観測（フラウンホーフー線）隕石（CIコンドライト）→水素・ヘリウム・酸素・炭素・鉄など質量数が4の倍数の元素の存在量が多い		
太陽系の起源	46億年前に形成	分子雲ガスの収縮→原始太陽系円盤の形成→微惑星の形成→原始惑星の形成→地球型・木星型惑星へ進化	
	→小惑星・太陽系外縁部天体・惑星間塵などが残され現在の太陽系に		
銀河系	概念	約2000億個の星、直径約10万年光年、通称天の川（Milky Way）	
	構成要素	バルジ、ディスク、ハロー	・ブラックホール（銀河系中心）
			・暗黒物質（星の質量と銀河回転速度の不一致から示唆）
様々な波長	・電波連続波：高エネルギー電子+磁場、高温度星	・電波輝線、遠赤外線：星間ガス・分子、星間塵	・可視光線、近赤外線：星、星雲、低温度星
	・X線、ガンマ線：超高温ガス、高エネルギー宇宙線（可視光線は銀河方向を見通せない）		
様々な銀河	ハッブル分類（楕円銀河、渦巻銀河、不規則銀河）	銀河の衝突＝合体	
	銀河の活動現象	・スターバーストによる銀河風の発生	・活動銀河核
銀河の階層構造	孤立銀河→連銀河→銀河群→銀河団→超銀河団	銀河団の中央にあるとびぬけて明るい巨大な楕円銀河（cD銀河）	
	銀河団の質量比	銀河：高温ガス：暗黒物質＝1：5：30	
サーベイ観測	大規模構造：フィラメント構造、ボイド構造（泡構造）	数値シミュレーション：計算回数は質点数Nの二乗に比例	
	ミレニアムシミュレーション：過去最高のコンピューターの中の宇宙		
最遠方天体へ	赤方偏移（遠方宇宙の距離の指標） $z = \lambda - \lambda_0 / \lambda_0$	λ ＝観測波長、 λ_0 ＝静止波長	赤方偏移zの天体からの光の波長は（1+z）倍にひき伸ばす
	最遠方銀河探査暖められた水素ガスからの光（静止波長 $\lambda_0 = 1216\text{Å}$ ）をみる	最遠方銀河：z＝7（IOK-1：2006年報告：日本人報告）	
	撮像観測→フィルターを使ってほしい光だけ受け取る	分光観測→水素ガスから光（輝線）を直接検出する	
宇宙論とは	宇宙の起源、構成、発展、進化、消滅、などを研究する学問	宇宙原理（一様・等方な宇宙）、宇宙年齢、宇宙の地平線	↓宇宙項
	宇宙の将来：定常宇宙、膨張宇宙、再収縮宇宙	宇宙の形：閉じた宇宙、平坦な宇宙、開いた宇宙	宇宙の構成：物質、暗黒物質、暗黒エネルギー
ビッグバン宇宙	宇宙膨張を時間的にさかのぼると予想される火の玉状態	ビッグバン→クォークの世界→陽子・中性子の形成→電子の形成→宇宙の晴れあがり	
	→銀河宇宙	観測的証拠：宇宙膨張、宇宙背景放射、水素・ヘリウム存在比	
観測的宇宙論	オルバースのパラドックス：有限の大きさor有限の時間	宇宙放射：ペンジアス&ウィルソン→COBE→WMAP→Planck	
	宇宙放射の温度揺らぎからわかること：将来の宇宙の大構造のタネを見ている	平坦な宇宙を示唆	物質：暗黒物質：暗黒エネルギー＝5：27：68
元素合成基礎	タレス、デモクリトス、アリストテレス（古代ギリシャ人の物質観）	原子説（ドルトン）、周期律（メンデレーエフ）	安定元素、放射性元素、
	超重元素	核子（陽子・中性子）、同位体、核種、核図表	
元素合成	ビッグバン：水素・ヘリウムおよび微量の軽元素	恒星内部：核融合反応による重元素合成（鉄 ⁵⁶ Feまで）	
	超新星爆発：中性子捕獲による ⁵⁶ Feより重い元素の合成	宇宙線衝突：炭素・酸素原子核への衝突から軽元素を生成	
太陽系惑星の起源	星雲説（カント、ラプラス）、微惑星説（チェンバレン）、標準モデル（京都モデル）→現代的太陽系起源論へ		
太陽系外惑星探査	直接的探査法	直接撮像（困難だが可能）	
	間接的探査法	トランジット法→惑星の大きさ	ドップラー法→惑星の質量・速度・公転半径
		重力レンズ→軽い星の検出も可能	
移住可能な地球外惑星	ハビタブルゾーン：生命が存在しうる領域	ハビタブル惑星：ハビタブルゾーンをもつ惑星	
	ハビタブル惑星を持つ条件…単独星	太陽程度の温度	永続的ハビタブルゾーン
		METI計画：宇宙に向けてメッセージを送る計画	
宇宙生物学の歴史	圏外生物学、生物天文学、宇宙生物学	・地球外生命の有無	・地球上の生命の起源
生命の化学進化	自然発生説：アリストテレス（キリスト教への受け入れ）	反自然発生説：レディ、パスツール（対照実験）	進化論（ダーウィン『進化論』）
	生物の化学進化論：オパーリン、ホールデン	パンスペルミア説（胚種普遍説）：アレニウス（生命の起源は宇宙）	
	ユーリー・ミラーの実験：無機物から有機物の生成に成功	アミノ酸光学活性（光学異性体の存在量に偏り）→大質量星近傍の円偏光が原因か？	
	→アミノ酸の飛来→熱水噴出孔における生命の誕生？		

地球外知的生命体	ドレイク方程式 $N=N_{HP} f_L f_I f_{CL}/LG$ （銀河系内における知的文明の数）		
	フェルミのパラドックス①存在しない②発見されてない③到来できない④地球人に興味がない⑤動物園仮説		
望遠鏡発展の歴史	望遠鏡の口径→集光力（暗いものまで見える）	空間分離能（小さいものまで見える）	望遠鏡本体：屈折望遠鏡、反射望遠鏡
	架台：赤道儀、経緯儀 検出器：肉眼、写真乾板、光電子増倍管、CCD 主観：ハニカム鏡、分割鏡、薄メニスカス鏡（アクチュエータ）		
	すばる望遠鏡の3焦点：主観点、カセグレン焦点、ナスミス焦点、補償光学、レーザーガイド星		
上空からの天体観測	大気窓：可視光および、赤外線、電波の一部が透過 地上望遠鏡→航空機→気球→観測ロケット→人工衛星		
地上望遠鏡の計画	巨大化（30m級）・高コスト化（1000億円程度）→国際協力が不可欠 TMT（口径30m）アメリカ、カナダ、日本、中国、インド		
	GMT（口径22m）アメリカ、オーストラリア、韓国 E-ELT（口径42m）ヨーロッパ15か国		
天体観測の種類	測光観測：天体の明るさを正確に測る 撮像観測：天体の写真を撮り、天体の位置・形などを調べる 分光観測：スペクトルを撮り、天体の様々な情報を得る		
	偏光観測：光（電磁波）の振動方向の偏りを調べる		
観測装置の応用	検出器：天体からの光（電磁波）を捉えて記録する フィルター：特定の波長をもった光のみを透過させる		
	分光素子：様々な波長をもった光のみを透過させる 偏光素子：振動方向が異なる光を分離する 多天体分光：一度に複数個のスペクトルを取得する		
すばる望遠鏡	可視撮像・分光装置 Suprime-Cam：主焦点カメラ FOCAS：微小天体分光撮像装置 HDS：高分散分光器 FMOS：ファイバー多天体分光器		
	赤外撮像・分光装置 IRCS：赤外線分光撮像装置 COMICS：冷却中間赤外線分光撮像装置 MOIRCS：多天体近赤外撮像分光装置		
	補償光学装置 AO：188素子波面補償光学装置		
電波天文学	太陽系外（銀河中心）からの電波を初検出（カール・ジャンスキー） アンテナ：回転放物面（パラボラ） 受信機：周波数変換器＋増幅器、マルチビーム受信機		
	検波器・分光器：電波干渉計：開口合成法（マーティン・ライル）、結合素子計、超長基線干渉計（VLBI）、スペース VLBI		
	ALMA（アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計）		
高エネルギー天文学の発展	太陽系外（X線連星）からのX線を初検出（リカルド・ジャッコーニ） 検出器：比例計数管、半導体検出器		
	分光素子：回折格子、マイクロカロリーメータ コリメータ：すだれコリメータ 望遠鏡		
	太陽系外（銀河面）からのガンマ線を初検出（OSO-3衛星、アメリカ）検出器：コンプトン散乱、電子・陽電子対生成、チェレンコフ光		
ヴァーチャル天文台	データベース天文学、情報学、計算機科学 アーカイブ天文学（データの2次利用）		
歴史の中の天文学	方位を知る術としての天文観測（太陽、星座、北極星）海洋民族の移動（フェニキア人、太平洋の海洋民族）→政治・経済・文化的交流の促進		
	大航海時代：南天の星座のヨーロッパ諸国への報告 例）フェルディナンド・マゼラン→マゼラン雲		
環境問題と天文学	太陽活動の周期 黒点数の変化（約11年周期） 太陽嵐（約50年周期） 極小期（約200-300年周期）		
	太陽嵐（嵐）・地磁気嵐の影響：送電線・送電設備の破損、金属の腐食（パイプライン等）、電波通信の障害（電離層）、放射線被爆量の増加、オーロラ 宇宙天気予報：太陽活動の監視 小惑星の衝突、宇宙ゴミ（スペースデブリ）→クessler・シンドローム		
社会活動と天文学	アメリカの宇宙政策 地球近傍の宇宙活動（民間に委託） 太陽系全体を視野に入れた宇宙開発（NASA） 宇宙望遠鏡などの宇宙理学（NASA）		
	日本の宇宙政策 「宇宙基本法」→宇宙政策とともに宇宙産業の発展を促進 宇宙産業：宇宙旅行、商用ロケット、広告、宣伝、土地販売事業		
星座・占星術	星座の発祥 メソポタミア地方（シュメール人）→ブトレマイオスの48星座、南天の星座（大航海時代）全天88星座の導入（1982年第3回国際天文学連合総会）		
	占星術の発祥 バビロニア、中国 天変占星術（政治占星術）：天下・国家を占う 宿命占星術（ホロスコープ占星術）：個人の運勢を占う		
	黄道12宮、二十八宿、四聖獣、キトラ古墳		
創作活動と天文学	サイエンスフィクション（SF）銀河鉄道の夜（宮沢賢治） コンタクト（カール・セーガン）		
	組曲「惑星」（グスターヴ・ホルスト）太陽系の7惑星とローマ神話をイメージした管弦楽曲		
	1930年：冥王星の発見 2000年：冥王星「再生する者」作曲（コリン・マッシュューズ（英）） 2006年：冥王星の準惑星格下げ		
宇宙エレベータ	ロケットに代わる宇宙への進出手段 地上（海上）ステーション（高度0km）→赤道付近が最適 静止軌道ステーション（高度36000km）		
	→各種実験、宇宙船発着 質量カウンター（高度10万km）→エレベータのバランスをとる 建設費用：1兆円？ 建設期間：10年？		
	カーボンナノチューブ、静止軌道（36000km）		
スペースコロニー	国際宇宙ステーションに代わる宇宙の居住空間 円筒（シリンダー）型：ジェラルド・オニール（1974年）		
	ドーナツ（トーラス）型：スタンフォード大学（1975年） 球（ベルナル）型：ジョン・ベルナル（1929年）		
	建設費用60兆円？ 建設期間20年？ ラグランジュ点、疑似重力（遠心力）、コリオリの力		
惑星地球化計画	月面基地 目的：月面探査、月面天文台、鉱物資源、宇宙開発の前進基地、レゴリス、月振、マストドライバー		
	火星の地球化（テラフォーミング） 目的：火星探査、鉱物資源、宇宙開発の前進基地、第2の地球 計画①二酸化炭素の厚い大気を作る		
	→温室効果により温暖化→海の形成 ②光合成が可能な植物などを移植→大気中の二酸化炭素を酸素に変える		