

原始銀河

家 正則 国立天文台助教授

現在みつまっている最も遠い銀河は、距離約119億光年の「4C41.17」である。JNLTはこれよりさらに遠い生まれたての「原始銀河」を探ろうとしている。

1929年、アメリカの天文学者エドウィン・ハッブルは、遠い銀河ほど高速で地球から遠ざかっていることを発見した。この事実は宇宙が一樣に膨張していることを示している。

高速で遠ざかっている天体からの光は、ドップラー効果のために波長が長くなって赤くなる。波長の長くなる割合を「赤方偏移」という。光速は有限であるため、遠い天体からの光がわれわれに届くには距離に比例した時間がかかる。したがって赤方偏移の大きい天体はきわめて遠方にある天体であり、われわれがみているのはその天体の遠い昔の姿であるということになる。

赤方偏移の大きい銀河を発見して研究すれば、銀河が誕生する過程を調べることができる。このため、生まれたばかりの銀河「原始銀河」をさがす試みがさかんに行われている。

原始銀河誕生のなぞ

原始銀河はいったいつごろできたのだろうか。ビッグバン宇宙論の枠組みと素粒子論の成果から、宇宙が誕生してから10万年後（赤方偏移が1000）ぐらいまでは宇宙がどのように進化してきたかが比較的よくわかる。この時代にはまだ宇宙が熱すぎて銀河は存在できなかった。

最近の観測でみつかった最も遠い銀河は「4C41.17」である。この銀河は赤方偏移が3.8で、宇宙の年齢を130億年として計算すると、地球からの距離は約119億光年になる。

この銀河が特別なものでないかぎり、

銀河の誕生は宇宙が誕生して10万年よりあとで、今から119億年前より昔の時代におこったことになる。

ちなみに最も遠いクェーサーは赤方偏移が4.73で距離約122億光年の「PC1158+4635」である。クェーサーとは強いエネルギーを出し、非常に遠くにあるなぞの天体である。

最近、赤方偏移が3.4、距離約117億光年の電波銀河「0902+34」の色が測定された。今から約117億年前の銀河であるこの0902+34が、はたして原始銀河であるかどうか調べられたのである。観測の結果、この銀河の中には誕生直後の星ばかりでなく、10億年以上も年をとった星も多く含まれていることがわかった。つまり117億年前の銀河も、すでに生まれてからかなりの時間がたっているらしいのである。

このような観測結果は、原始銀河の性質だけでなく宇宙の構造や年齢にも大き

く影響するため、原始銀河の観測はきわめて重要な意味をもっているのである。

赤外線で原始銀河をとらえる

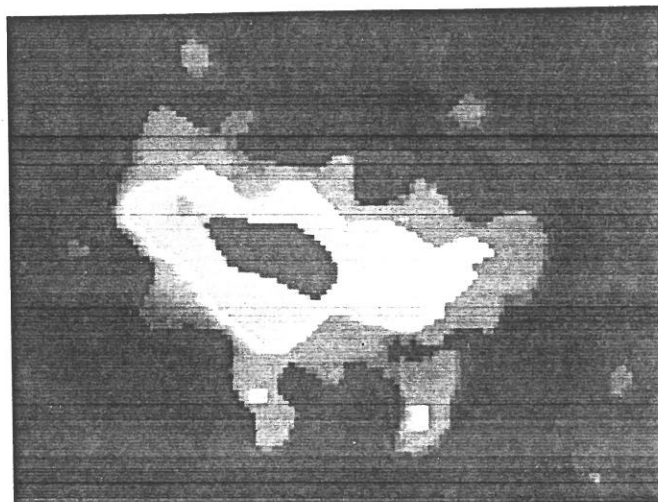
赤方偏移が大きく遠い銀河は、当然ながら非常に暗い。楽観的に見積もっても23等級程度しかない。しかも銀河は点でなく広がりがあるため、輝度は夜空の明るさのせいぜい数十分の1程度にしかならず、観測が非常にむずかしい。

原始銀河には生まれたての高温星が多く、星間ガスはこれらの星に照らされて電離し、水素原子に特徴的な紫外線スペクトルを放射しているはずである。しかし銀河の後退運動のために波長が長くなり、原始銀河からの紫外線が地球に届くころには可視光または赤外線になってしまう。

したがって原始銀河を観測するには、可視光だけでなく赤外線に対しても観測能力の高い大口径の望遠鏡が必要となる。われわれが計画しているJNLTはまさにこのような観測能力をそなえた、世界一の総合性能をもつ次世代の光学赤外線望遠鏡なのである。

JNLTが活動を開始すれば、現在われわれがさがし求めている原始銀河が発見され、その性質の研究から銀河誕生のドラマの全容がつかめるであろう。

アメリカ、ジョンズ・ホプキンス大学のケン・チェンバースと宇宙望遠鏡科学研究所のジョージ・マイリーが撮影した「4C41.17」。1988年8月に撮影されたもの。現在までに発見されている最も遠い銀河である。



動きだした「JNLT」計画

唐牛 宏

国立天文台助教授

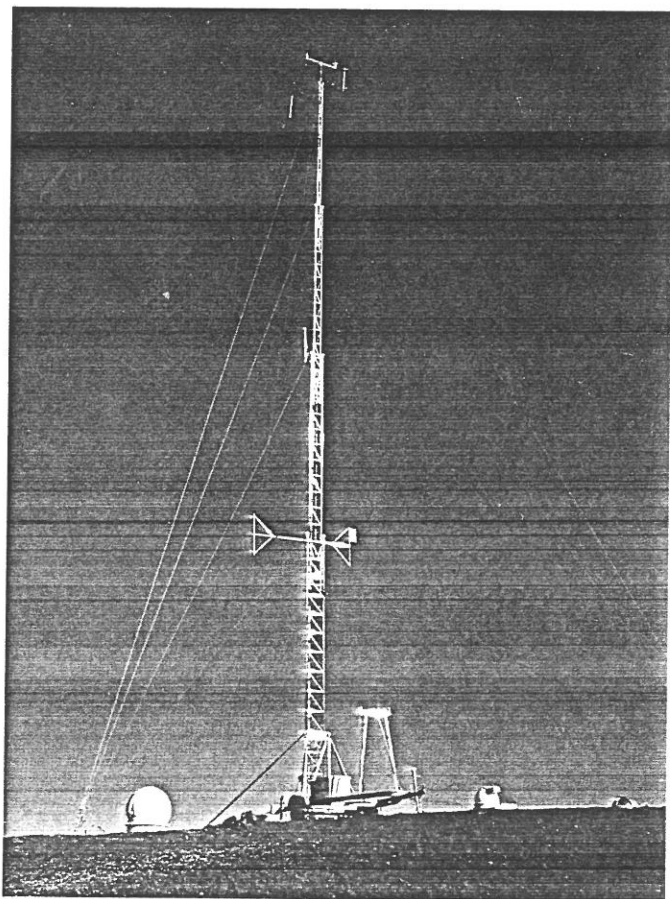
赤外線領域の観測で世界最高の性能をもつ巨大望遠鏡JNLTの調査研究プロジェクトがスタートした。宇宙の果てにいどむJNLTは日本の宇宙観測技術の結晶である。

「大型光学赤外線望遠鏡 (Japanese National Large Telescope=JNLT) 計画」は、10年近くもかけて日本の天文学者がねりあげてきた大プロジェクトである。この計画は先端技術を存分に駆使した口径7.5メートルの望遠鏡を世界的な天文観測適地であるアメリカ、ハワイ島のマウナケア山頂に建設するというものだ。

JNLTは赤外線領域の観測で世界一の性能をもった望遠鏡である。これが完成すれば、ビッグバンや宇宙の膨張といっ

た宇宙の構造や歴史にかかわるテーマだけでなく、原始星の誕生や活動、また宇宙を舞台にした極限物理学や生命科学などの分野に多大な貢献をすることは確実である。

全国の天文学研究者の共同利用機関である国立天文台から提出されたこの計画に、平成2年度政府予算案で本格的な設置調査費がもりこまれた。早ければ来年4月に建設に着手し、8年計画で1998年の完成をめざしている。21世紀のわが国の宇宙



地表近くは熱の分布にむらができるため光の屈折率に微妙な乱れが発生する。望遠鏡をどのくらいの高さにすえつけばその影響をさけられるかを調べるテストが建設予定地で行われた。

科学をにう望遠鏡として、一日も早い実現が望まれているのがこのJNLTなのである。

パロマー望遠鏡をこえて

宇宙についての人類の理解が飛躍的に深まったのは、17世紀にガリレオ・ガリレイとアイザック・ニュートンという大天才が発明した屈折および反射望遠鏡と、19世紀末の写真技術などの観測装置の発達のおかげである。偉大な理論家たちの業績もさることながら、天文学の進歩はまず第一に観測手段の性能の向上に依存しているのである。

20世紀の後半に入ると、電波からX線やガンマ線までさまざまな波長の電磁波での宇宙観測が可能になった。

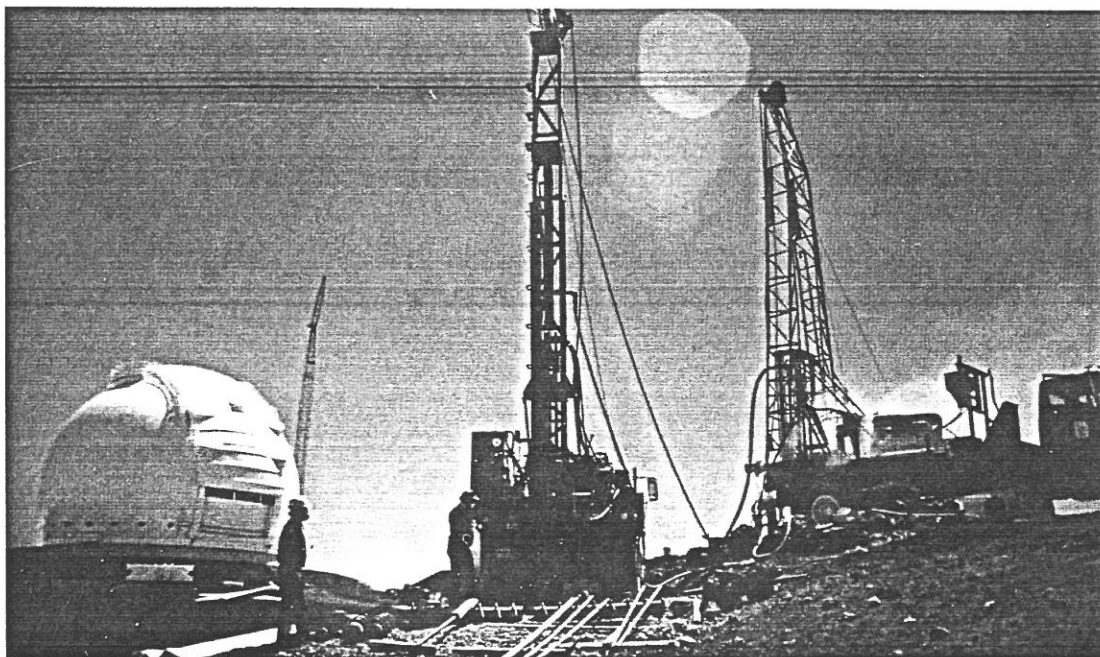
電波やX線による観測は薄いガスや高エネルギーのプラズマをとらえることができるのに対し、光や赤外線では星や誕生しつつある星など宇宙の骨格をつくる天体がみえる。宇宙の全体像にせまるために、近年の電波・X線技術の急速な進歩に見合うような光学赤外線望遠鏡の開発が期待されていた。

光学望遠鏡の分野では、1948年に完成したアメリカ、パロマー山の5メートル望遠鏡が実現可能な最大の口径であると長い間考えられていた。もっと大きくすれば、特殊ガラスでできた鏡は自分の重みで変形してしまい、必要な1ミクロン (1ミクロンは0.001ミリ) の数十分の1以下という精度を保つことができなくなってしまうからである。

ところが1980年代に入って高精度ロボット制御技術が急速に発達した。それによって口径7~8メートル級の超高精度の巨大望遠鏡を製作できる見通しがついたのである。

ロボットが支える鏡面精度

巨大望遠鏡実現のポイントは「能動光学」とよばれる鏡の支持機構にある。大型の鏡の自重変形を自動的に制御・補正し、ゆがみを最小限におさえるメカニズ



重さ数百トンの望遠鏡を支える土台の設計のために行われた地盤調査。土質の調査と地震波の影響を調べるため、地下40メートルの深さまで掘り下げた。

ムである。世界中の研究者が開発をきそう中で、国立天文台の家正則助教授を中心とするわが国のグループがトップクラスの成果を上げている。

JNLTに要求される精度は、関東平野全体を整地して凸凹を数ミリ以下におさえる精度に相当する。従来は変形を防ぐために鏡の材料を厚くしていたが、JNLTでは逆に鏡を薄くした。重さ20トン一枚の鏡で厚さが20センチと薄いので、自分の重みで鏡がゆがんでしまう。そのかわりに超高精度の“指”を無数に持つロボットが鏡を裏面から支えて変形を直してしまふ、というのが能動光学の原理である。さらに光で鏡の表面をモニターする装置を設けて鏡面の形状をつねに監視し、ゆがみが発生すればそれを補正するように“指”に指令する。

非常に暗い天体を検出できるかどうかは、鏡の口径の大小で決まる集光力もさることながら、いかにシャープな像を結ぶことができるかに大きく左右される。JNLTは星の像の大きさを角度にして0.24秒角におさえることを目標にしている。これは東京都心から富士山頂に置かれたリングをとらえる精度に匹敵する。鏡の口径を8メートルや10メートルにせず7.5メ

ートルとしたのは、これがシャープな像を得るために最も制御しやすい大きさだからである。

次世代の天文学に向けて

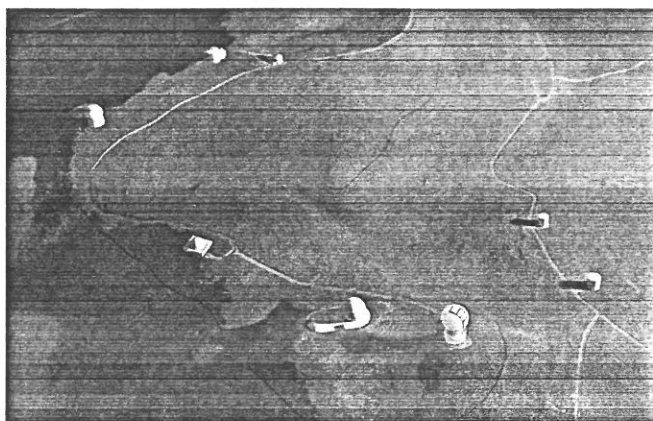
もちろん、このような巨大望遠鏡建設計画をもっているのはわが国だけではない。ヨーロッパ南天天文台（ESO）は南天の観測用にチリに8メートル鏡を4台並べて置くプロジェクトを進めており、すでに予算がつけられた。

またマウナケア山のJNLT建設予定地のとりには、36枚の分割鏡で10メートル口径のケック望遠鏡の建設作業をカリフォルニア連合が進めている。

ほかにも北半球と南半球に8メートル望遠鏡を1台ずつ建設するアメリカ国立天文台の計画など、最終的には世界中で10台ぐらいの8メートル級望遠鏡が建設される予定である。

JNLTをはじめとする巨大望遠鏡がめざす天体については、以下のページで詳説される各分野の記事を読んでいただきたい。日本の宇宙観測技術の粋を結集したJNLTはそれらの天体だけでなく、現在では想像もできないような新しい発見をすることだろう。新しい発見は新たななぞをよび、統一的な宇宙観を求めてきた人類に新たなテーマをもたらすことになるにちがいない。

マウナケア山頂の空気の流れをシミュレートするためにつくられた完成予想模型。風が原因となっておきる空気の密度の変化が光の屈折率に微妙な影響をあたえるため、周囲の気流の研究は不可欠である。右から3番目にあるのがJNLT。



副鏡・主焦点観測装置

主焦点にそのまま観測装置を置く場合もあるが、カセグレン焦点やナスミス焦点を用いる場合には双曲凸面の副鏡を取り付け、光をはね返して星像を結ばせる。副鏡には赤外用、光学用など3種類ある。

ドーム

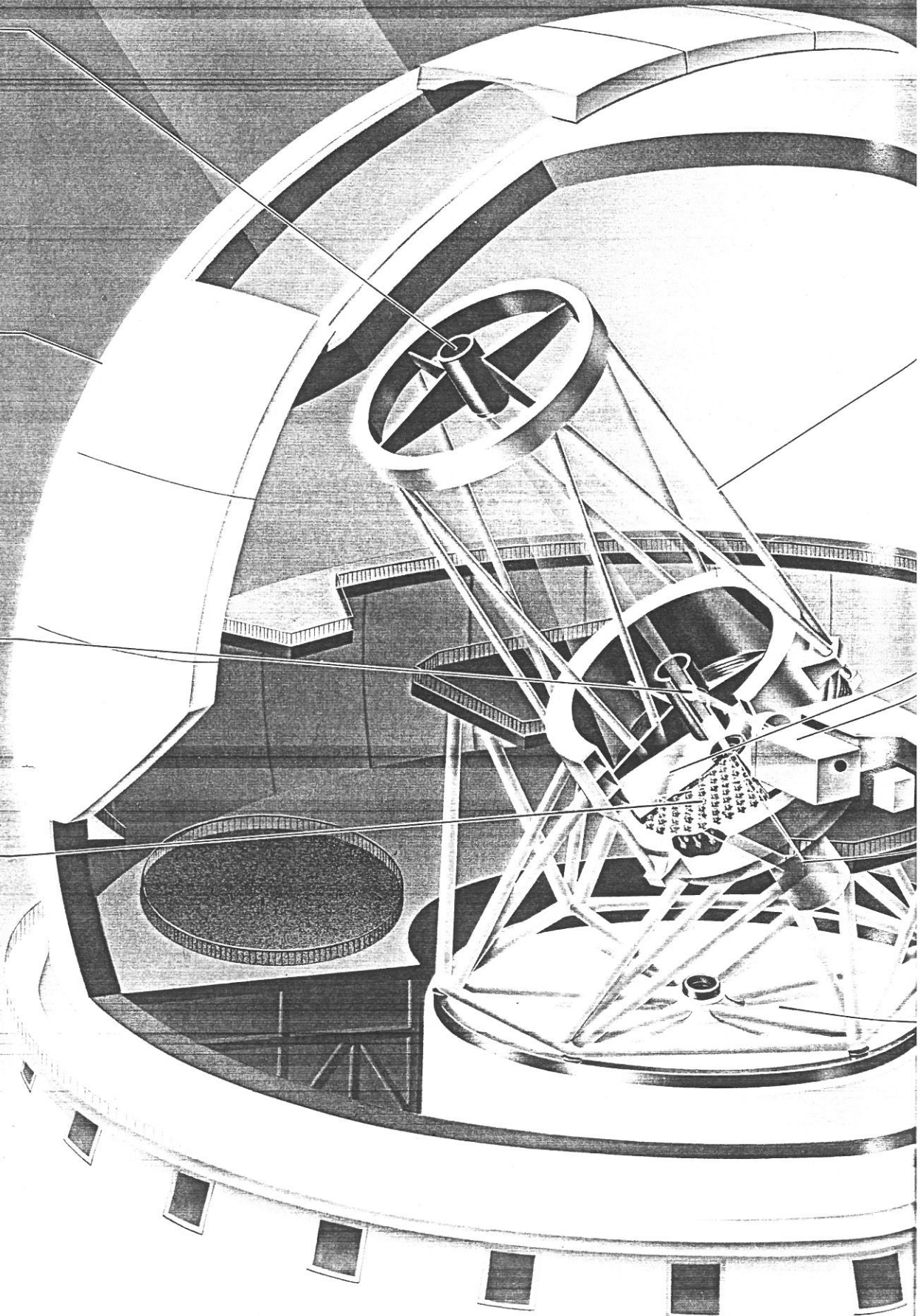
直径40メートルの半球型。ドーム内と外との温度差は星像を劣化させる原因となるので、昼間は空調でドーム内を夜の温度に保ち、夜間の観測中は自然風をできるだけ取りこみ、外との温度差を0.2度C程度におさえる。

第3鏡

カセグレン焦点への光をナスミス焦点にみちびくために設けられる平面鏡。カセグレン焦点で観測するときには取りはずされる。

主鏡支持機構

主鏡の表面をコンピュータでモニターして、かたまりが生じないよう調整される。調整する装置はアクチュエーター。全部で30個のアクチュエーターが、主鏡の裏面を支持し、主鏡の形状を調整する。



光学赤外線天文学に新時代をもたらすJNLTは最先端技術を駆使した巨大光学ロボットだ。

約20メートルの長さをもつ鏡筒は「セルリニ方式」とよばれる準柔構造をとる。重みで変形しても、副鏡などが取り付けられた先端リングと底部の主鏡が互いに平行になるように設計されている。

直径7.6メートル(有効口径7.5メートル)、厚さ20センチの双曲凹面鏡。素材は熱膨張率のきわめて低い特殊ガラス材で、鏡の表面はアルミニウムなどの金属でコーティングされる。重量は約20トン。

この焦点は望遠鏡が天体を追尾しながら角度をかえていっても不動なので、高分散分光観測などに用いられる。第3鏡の置き方によって分光用、赤外用の二つのナズミス焦点が得られる。

[illegible]

能動光学の実験用に使われた直径62センチ、厚さ2センチの薄型ガラス鏡(1)。三鏡の表面のゆがみは、このように画面にディスプレイされる(2)。鏡を支えるコンピュータ・制御のアクチュエーター(3)。遠方の天体を撮影するために開発された赤外線カメラ(4)。

