

赤外背景放射で探る宇宙最初の星形成

松本 敏雄

〈宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部 〒229-8510 神奈川県相模原市吉野台 3-1-1〉

e-mail: matsumo@ir.isas.jaxa.jp

COBE と IRIS による独立な観測で近赤外背景放射光に銀河の重ね合わせでは説明できない超過放射成分が存在することが明らかとなった。この放射は WMAP によって示された $z \sim 17$ における宇宙の再電離を起こした宇宙最初の星、種属 III の星の赤方偏移した光ではないかと考えられている。超過放射成分は 2-3 度のスケールの大きな揺らぎをもつが、その起源についてはまだ明らかではない。観測の現状と問題点、将来の観測計画などについて紹介する。

1. はじめに

宇宙はビッグバンによって 134 億年前に始まったが、われわれは宇宙マイクロ波背景放射（以後 CMB と略す）の観測から、始まって数十万年後の宇宙、熱いプラズマが中性化した時代の宇宙を直接知ることができる。この時代の宇宙は極めて一様、等方であった。CMB の揺らぎがあるとはいえ、10 万分の 1 程度にすぎない。一方、われわれが住んでいる現在の宇宙は銀河団、銀河、星団、星、惑星系と多様な階層構造をもち、極めて非一様である。水素とヘリウム原子よりなる一様な中性ガスからどのようにして星・銀河が作られ、現在のような宇宙になったか、は現代天文学の最大の課題の一つであり、昔から多くの天文学者の興味をひきつけてきた。本稿はこの謎に迫る一つの試み、近赤外宇宙背景放射—宇宙の再電離—種属 III の星、の 3 題断である。

2. 宇宙最初の星とは？

昔の宇宙を知るためにはできるだけ遠い天体を観測することが最も手っ取り早い方法である。遠くの星の光はずっと昔に天体を発しているからである。できるだけ遠くの天体・銀河（宇宙膨張の

ため high- z galaxies と呼ばれる）を観測する試みはずっと昔から行われてきたが、近年の望遠鏡の大型化、高性能化によって人類の目ははるか遠い宇宙まで見通すことができるようになった。その結果、赤方偏移 $z \sim 6$ 、宇宙が始まって約 10 億年後にすでに銀河が存在していることがわかってきた。しかしこれらの銀河はすでに金属を含んでいるため、宇宙初代の天体ではないとされている。宇宙が中性化してから 10 億年間はこれまで観測的には未知の世界であり、宇宙史の暗黒時代とも呼ばれてきた。一方、宇宙最初の星・銀河形成についての理論的な検討はかなり前からなされていた。その嚆矢となるのは 1967 年の Partridge and Peebles の仕事である^{1),2)}。今読み返してみても当時としてはかなり先見的な仕事であったと感心する。彼らの仕事は“最初の銀河 young galaxies がどのように観測されるか”であるが、その中で、個々の銀河の観測は難しくても、背景放射としてなら観測可能ではないか、との提案がされている。筆者は 80 年代始めに背景放射の観測を思いついたが、あとで彼らの仕事を“再発見”し、ちょっとがっかりしたことを懐かしく思い出す。

最近の理論は計算機によるシミュレーションの進歩や宇宙モデルがかなりはつきりしてきたこと

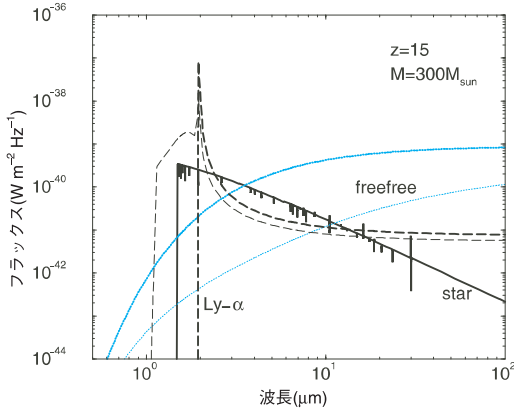


図1 赤方偏移 15, 太陽質量の 300 倍の種族 III の星のスペクトル⁴⁾。星自身から放射される紫外線が周囲のガスに吸収され、ライマン α 線、ガスからのフリーフリー放射などにリプロセスされる様子を示している。

などをうけ、大きな発展を遂げているが、まだ観測と十分かみ合っているとはいえない。とりわけ、宇宙最初の星、種族 III の星は昔から研究がされ³⁾、大質量星が生まれるとされていたが、これまでその直接的な証拠はなかった。

図1は赤方偏移 $z \sim 15$ にある太陽質量の 300 倍の種族 III の星がどのように見えるかを示したものである⁴⁾。この種の大質量星は当然エディントンリミットの放射をするのでその光度は $4\pi G mcM/\sigma_T \sim 1.3 \times 10^{38} M/M_\odot \text{ erg/s}$ 、したがって寿命は質量によらず $t_L \sim \epsilon Mc^2/L \sim 3 \times 10^6 \text{ yr}$ となる。星の表面温度は約 10 万度であり、紫外線にそのエネルギーのほとんどを放射する。しかし、その紫外線は周囲の中性ガスに吸収され、最終的にライマン α 線にそのエネルギーのかなりがリプロセスされる。また、赤方偏移のため、われわれには近赤外領域で観測される。しかし、その実視等級は K バンドで ~ 33 等であり、個々の種族 III の星の観測は極めて難しい。一方、背景放射は視線方向のすべての星を足し合わせるので、個々の星の観測よりは検出することが易しい。これが、われわれが近赤外背景放射の観測を始めた動機で

もあった。

3. 近赤外背景観測の観測

このように赤外背景放射の観測の意義は以前から認識されていたものの、実際の結果が出るようになったのはごく最近のことである。その主たる原因は手前の前景成分の差し引きの困難さにある。地上からでは高度 100 km にある OH 夜光が予想される背景放射より何桁も強く、宇宙起源の背景放射の観測は難しい。惑星間空間に存在する宇宙塵は太陽光を散乱し（黄道光）また熱放射を中間赤外線領域に放射する。銀河系の中の暗い星や手前の通常の銀河からの光も前景成分となって、宇宙初期の星からの光を検出するのを妨げる。

われわれは 1980 年代半ばから近赤外領域での宇宙背景放射光の観測を目的としてロケット実験を試みてきた。近赤外領域での空の明るさ、そのスペクトルの観測には成功したが、観測時間の短さ、観測領域の狭さから、銀河系外起源の放射成分を検出するには至らなかった。結局何らかの結果を得るには衛星による観測、COBE, IRTS を待たねばならなかった。

COBE は 1989 年に打ち上げられた宇宙背景放射の観測を目的とする NASA の衛星である。搭載された観測装置の一つ DIRBE (Diffuse Infra-Red Background Explorer) は近赤外からサブミリ波までの広帯域測光によって宇宙背景放射の観測を目的とするものであった。COBE/DIRBE は 10 カ月の観測期間で精度のよい全天マップを提供したが、ビームが 0.7 度と広く、銀河系内の星のコンフュージョンが厳しいことが問題であった⁵⁾。

IRTS は 1995 年に打ち上げられた SFU (Space Flyer Unit) の搭載計器の一つであり、わが国初の軌道赤外線望遠鏡である⁶⁾。望遠鏡は口径 15 cm と小さいが超流動液体ヘリウムで冷却され、拡散光の観測に最適化されていた。IRTS に搭載

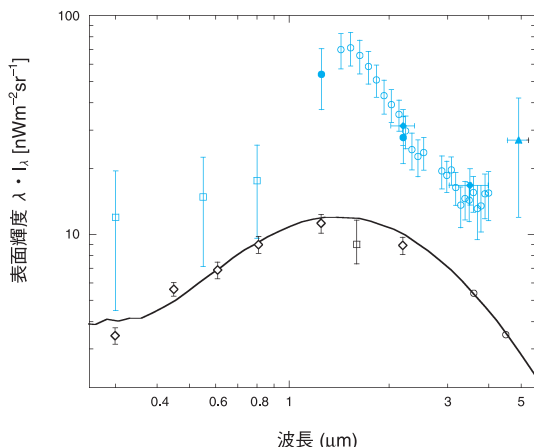


図2 近赤外宇宙背景放射の観測の結果を示す。(●⁷⁾, ◆⁸⁾, ▲⁹⁾はCOBEのデータによるもの。(○)はIRTSの結果¹⁰⁾。(□)は可視域での系外銀河光¹¹⁾を示す。)併せて、銀河ディープサーベイによって得られた背景放射成分(◇, □, ○), それに基づいた理論的予想値¹²⁾(実線)を示した。

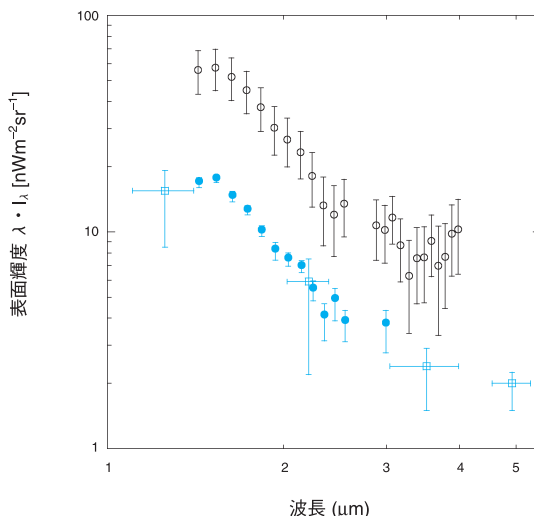


図3 近赤外銀河系外背景放射の揺らぎのスペクトル。●はIRTSの結果¹⁰⁾, □はCOBEデータによるもの。○は観測された背景放射から銀河の寄与を差し引いた超過放射成分を示す¹⁰⁾。

された観測装置の一つ、近赤外分光器 (NIRS) は波長 1.4-4 μm を分解能 0.13 μm で拡散光を分光する能力をもっていた。ビームは 8' 角と DIRBE に比べれば小さく、暗い星まで取り除くことが可能であった。一方、IRTS の観測期間は約 1 カ月であり、全天の 7% しか観測できていない。COBE/DIRBE と IRTS/NIRS は相補的な観測であったと言える。

さて、空の明るさから前景成分を差し引き、銀河系外からくる放射成分 (系外銀河光, Extragalactic Background Light; EBL と呼ばれる) を求める方法であるが、詳細は省き、概略を述べる。まず、星が入っているデータは除き、暗い空のデータのみを選択する。個々の星として区別できない星の寄与は銀河モデルを使って差し引く。黄道光については COBE チームが 10 カ月間の観測で得た黄道光の季節変化を利用したモデルを使ってその寄与を推定する。結果として残った放射成分が銀緯や黄緯によらない等方的なものであれば、銀河系外からの放射成分と見なすのである。

このようにして得られた銀河系外からくる放射成分、宇宙背景放射の結果を図2に示す。COBE チーム自身は銀河系外放射成分について上限値しか出していないが、公開されたデータを用いた有意な結果がいくつか報告されている (●⁷⁾, ◆⁸⁾, ▲⁹⁾。IRTS の結果 (○)¹⁰⁾ は COBE とよい一致を示していることがわかる。図2には可視域での系外銀河光 (□)¹¹⁾ を示したが、IRTS, COBE と比較すると 1 μm 付近にギャップがあることがわかる。銀河系外からの放射成分としては銀河の光を足し合わせたものが必ず含まれる。図2には銀河ディープサーベイによって得られた背景放射光 (◇, □, ○), それに基づいた理論的予想値¹²⁾ (実線) を示した。銀河を足し合わせただけでは IRTS, COBE によって観測された放射成分を説明できないことがわかる。この超過成分のエネルギーフラックスは ~25 nW · m⁻² · sr⁻¹ に相当する。参考までに IRTS の結果では高黄緯での黄道光、暗い星、系外銀河光の空の明るさに占める割合は 7:1:2 である。

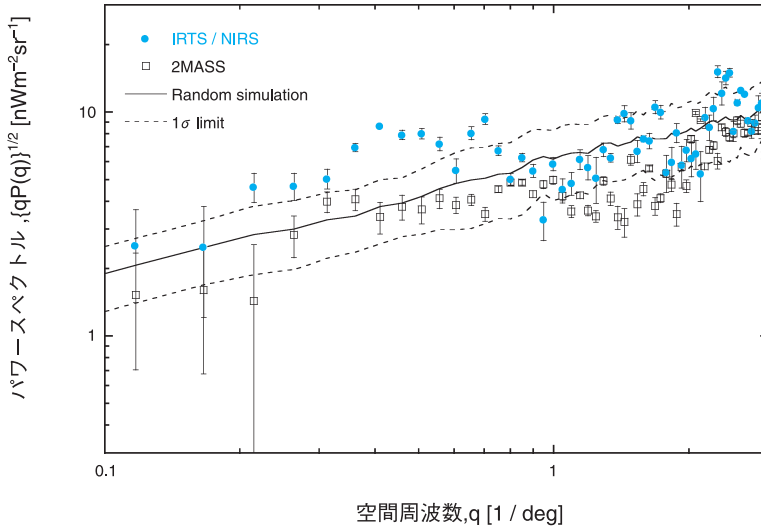


図4 2点相関から求めた揺らぎの空間周波数に対するパワースペクトル (●)¹⁰⁾。同じ場所に対する 2 MASS 星による揺らぎ (□), ランダムシミュレーションによる結果 (実線, 点線) が示されている。

空の明るさの絶対値, そのスペクトルと並んで観測的に重要な情報は空の明るさの揺らぎである。高黄緯でのデータのばらつき, 標準偏差を図3に示した¹⁰⁾。COBEの結果は誤差が大きいものの, IRTSの結果と矛盾はない。図3には系外銀河光から銀河が寄与する放射成分を除いた超過放射成分 (○) を示した。観測された揺らぎのスペクトルが超過成分のそれとよく似ていること, また揺らぎの大きさが超過放射成分の1/4に達する大きなものであることがわかる。この揺らぎがどのような角度成分をもつかも重要な情報である。COBEのビームサイズ0.7度より大きいことは確かであるが, COBEのデータは星の寄与が大きく, 有意な解析が困難である。IRTSでは1.4–2.1 μm のバンドを足し合わせ, 読み出し雑音を無視できるようにし, 2点相関解析を行った。IRTSの観測点が帯状に分布しているため1次元的な解析ではあるが, その結果得られたパワースペクトルを図4に示す。同じ領域での星の揺らぎ (2MASSの暗い星), および同じ分散をもつランダムデータによるシミュレーションと比較して, 2–3度の角度スケールに有意な結果が見られる。

COBEとIRTSによる結果は近赤外領域に説明できない超過放射成分があること, しかもそれが数度のスケールで同じスペクトルを保ちながら大きく揺らいでいることが特徴的である。

4. WMAP, 宇宙の再電離

COBEとIRTSの結果が出だしたのは2000年前後のことであり, 2000年8月マンチェスターで開かれたIAU総会のシンポジウムの一つ“The Extragalactic Infrared Background and Its Cosmological Implications”において大きく取り上げられた。未知の超過成分については関係者の間では大きな話題になったが, ほかに比較できる観測がなかったため, 分野を越えてまで関心は広がらなかった。この状況を大きく変えたのがWMAPである。

WMAPは周知のようにCMBの揺らぎを詳しく観測し, 宇宙論の各種パラメーターを高い精度で決定した。しかし, WMAPの全く新しい結果といえば, CMBの偏光を観測しCMBに対するトムソン散乱の寄与を初めて見積もったことである。現在の銀河間空間は高度に電離されており,

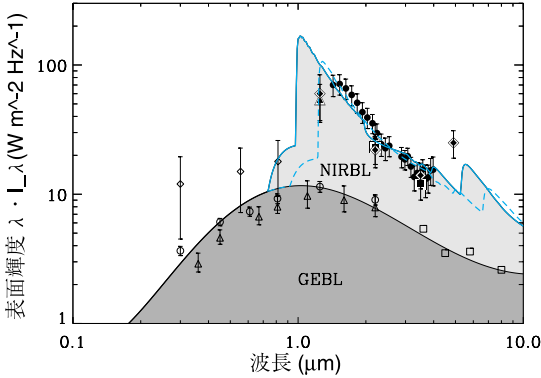


図5 近赤外背景放射光のスペクトルを種族 III の星の光で説明したモデルの例を示す¹⁶⁾。種族 III の星生成終了時期の赤方偏移 z が 7 (青色の実線) と 9 (青色の点線) の場合について示されている。

いつどのようにこの電離が起きたか、かねてからの謎であったが、WMAP は宇宙の再電離の時期が従来思われていたより過去、赤方偏移 17 までさかのぼることを初めて示した¹³⁾。

この宇宙の再電離を起こすものとして最も考えやすいのが宇宙初期の大質量星、種族 III の星が発する紫外線である。この種族 III の星が発する光が赤方偏移によって近赤外領域での超過背景放射として観測されているのではないかと、いわれるようになった¹⁴⁾⁻¹⁶⁾。その一例として Dwek らのモデル¹⁶⁾を図 5 に示した。最初に述べたように星からの紫外線はかなりがライマン α 線に転化されるため、波長が短いほど手前の星の光に相当する。可視域との間に飛びがあるのは種族 III の星生成があるときに止まったからと考えられる。図 5 には種族 III の星生成終了時の赤方偏移 z が 7 と 9 の場合について示されている。5-7 ミクロン付近に山があるのは H α に相当する波長である。

スペクトルを種族 III の星で説明することは可能であるが、一方、観測された揺らぎはあまりに大きく、相当なバイアスを必要とする。J バンド付近では通常の銀河から予想される揺らぎより 1 桁以上大きい。この揺らぎの理論的な説明はまだ

なされていない。

5. 問題点と関連する観測

宇宙の再電離と関連して近赤外領域での背景放射が注目を浴びるようになった。しかし、まだまだ定性的なモデルの段階であり、観測、理論ともに今後の課題が多い。ここでは、現状での問題点と課題、関連する観測について述べる。

●黄道光モデル？

近赤外領域で空の明るさの最も大きな成分は黄道光である。この差し引きが本当に正しいかと、疑問をもつ人もいる。観測された超過成分のスペクトルは黄道光のスペクトルとよく似ているし、COBE と IRTS は独立な観測とはいえ黄道光を差し引くのに同じモデルを使っているからである。確かに、モデルに依存している部分は否定できないが、超過放射成分が黄道光ではない一つの証拠は観測された揺らぎである。揺らぎは空の明るさの 6% に相当し、1% 以下の揺らぎしかないとされている黄道光では説明できないからである。とはいえ、黄道光の寄与をしっかりと見積もることは将来の課題ではある。

●エネルギー収支？

宇宙最初の星、種族 III の星は魅力的なシナリオであるが、問題がないわけではない。その最大の問題はエネルギー収支である。簡単化のためにある z_f のときに一斉に星ができたとしよう。そのとき星からのエネルギーフラックス I は以下のように書ける。

$$I \sim 25 \cdot (h^2 \Omega_B / 0.02) \cdot (\Delta X / 0.05) \cdot (10 / (1 + z_f)) \text{ nW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$$

ここで、エネルギー源は星の内部の核融合反応と仮定し、 ΔX は水素がヘリウムに変わる割合を、 h はハッブル常数、 Ω_B はバリオン密度を示している。観測された超過放射光を説明するにはバリオンの 5% が燃えてしまっていることになる。 z_f より大きな赤方偏移の天体からの寄与は $1+z$ に逆

比例するため、5%は下限値であり、厳密には10%に近い。この値は現在の星生成率からは想像できないほど大きく、ありえないという人もいる。また、燃え尽きた星が超新星となって重元素をまき散らすと現在の金属量と矛盾するので、最終段階はブラックホールとなってその中に作られた金属を閉じ込めねばならない。現在の星の進化の理論によれば、進化の最終段階がブラックホールとなるのは星の質量が太陽質量の40–130倍もしくは260倍以上のときである。つまり、トップヘビーな初期質量関数IMFを必要とする。確かに、これらの状況は現在の星生成から考えると異常ではあるが、銀河系内での星生成についても理論的にわかっているとはいえず、まして水素とヘリウムだけからなるガスからの星生成について明確なことはまだ何もないというべきである。

• TeV ガンマ線

COBEとIRTSで観測された超過放射成分が銀河系外起源かどうかについて調べる一つの方法が遠方のガンマ線天体の観測である。TeV領域のガンマ線は近赤外線光子と衝突し電子・陽電子の対生成を起こす(電子・陽電子の対消滅の逆過程)。実際、 $z \sim 0.129$ のブレイザーH1426+428のスペクトルは源でのパワースペクトルを仮定するとIRTS、COBEで観測された超過近赤外光子の吸収によってよく説明できるとの報告がある¹⁷⁾。しかし、他のブレイザーでは必ずしも吸収が明瞭ではない例もある。いずれにせよ、発生源でのスペクトルがはっきりしないのでまだ断定的なことはまだいえない状況である。観測対象がもっと増えること、X線からガンマ線までの広い範囲の観測が整うこと、が今後の課題である。

• ULX (Ultra Luminous X-ray source)

ULXは系外銀河で観測されている中間質量ブラックホール(数十太陽質量以上)と考えられている天体である。種族IIIの星のなれの果てがこのULXであるとの理論がある¹⁸⁾。超過放射成分が種族IIIの星であるなら、相当数の中間質量ブ

ラックホールが銀河ハローに存在するはずであり、たまたま分子雲を通り過ぎるものがガスを取り込んでX線を出す(Bondi-Hoyle accretion)のがULXである、と考える。観測されているULXの数はこのシナリオで説明できるとされている。ULXの正体についてはまだまだはっきりしない点が多いが、種族IIIのシナリオが正しければこの種の天体は当然存在するものであり、ULXの観測から種族IIIの星生成の状況がわかることも期待される。

• 宇宙最初の星形成の現場の観測: 水素原子 (21 cm), H₂分子

宇宙が中性化したあと最初の星形成に至るまでの宇宙を知りたいのは天文学者の当然の発想である。その一つが水素原子の出す21 cm線を観測しようとする試みである。赤方偏移が20以上になるので波長は数mより長い長波を観測することになり、角分解能を得るには大きな口径のアンテナが必要である。さまざまな前景成分を取り除くことも簡単ではないが、多周波で観測すること、偏光観測で見分けるなどいろいろな提案がされている。実際に赤方偏移した21 cm線の観測を主ターゲットとしていくつかの計画(PAST, MWA, LOFAR, SKAなど)が進んでいる。

星が生成されるにはガスが冷却され、収縮しなければならぬ。宇宙初期には塵も重元素もないので冷却は主として水素分子の振動、回転順位からの放射によると考えられている。振動・回転順位は近赤外から中間赤外線領域に存在するため、赤方偏移により中間赤外・遠赤外領域で観測される¹⁹⁾。個々の分子雲は暗くて検出は難しいが、かなりの数のクラスターであれば観測される可能性がある。わが国で現在計画中の次期赤外線天文衛星SPICAの恰好な観測対象になると思われる。

• 遠赤外・サブミリ波背景放射

これまで近赤外領域での背景放射について述べたが、遠赤外・サブミリ波領域でも背景放射の観測例が報告されている。サブミリ波領域では

SCUBA によって背景放射が点源として分解されている。しかし SST の観測によれば遠赤外領域での背景放射に対する遠方の銀河の寄与は $70 \mu\text{m}$ で 23%, $160 \mu\text{m}$ で 7% 程度しかなく²⁰⁾, その起源は未だ不明である。遠赤外背景放射は基本的に宇宙塵からの熱放射と思われるのであり、種族 III というよりは種族 II の星形成に関連した天体からの寄与が考えられる。今後の遠赤外線領域でのディープサーベイが待たれるところである。

6. 近赤外背景放射の観測計画

これまでに述べたように近赤外背景放射の観測で信頼できるのは COBE と IRTS しかなく、最近の研究状況を反映したより新しい観測が求められている。課題として以下の3点が挙げられる。第一は可視から近赤外へのスペクトルの飛びを確認することである。これにより種族 III の星生成が終わった時代をより詳しく調べることができる。第二は揺らぎの観測である。COBE や IRTS で観測された揺らぎを確認することも大事であるが、さまざまな角度スケールの揺らぎを調べることで、種族 III の星の形成過程がより明らかになると期待される。第三は黄道光のモデルによらない、系外銀河光の絶対値の観測である。

これらの課題を達成するためにいくつかのプロジェクトが進められている。第一は 2006 年はじめに打ち上げられるわが国初の赤外線天文衛星 ASTRO-F である。ASTRO-F には赤外線カメラ IRC が搭載されており、K バンドより長い波長で数秒から度にわたる角度スケールでの揺らぎが観測可能である。また、分光機能を使うことにより図 5 に示された $5\text{--}7 \mu\text{m}$ にあると思われる赤方偏移した $H\alpha$ 線を観測できる可能性もある。

ASTRO-F に対する期待は大きいですが、波長範囲が $2 \mu\text{m}$ 以上であること、広い視野の観測には適さないことから、われわれは日、米、韓の3カ国協力によりロケット実験 CIBER (Cosmic Infra-red Background Experiment) を計画している。

CIBER は小口径望遠鏡により、I バンドと H バンドでの撮像、 $0.8\text{--}2 \mu\text{m}$ での分光を行う。これにより $1 \mu\text{m}$ 付近でのスペクトルの飛び、IRTS、COBE で観測された揺らぎの確認が可能である。また、I バンドと H バンドでの揺らぎの違いから超過放射成分が銀河系外起源であることを確認することもできる。

背景放射の系外銀河成分の絶対値の観測は簡単ではない。黄道光のモデルに依存せずにこれを行うには、黄道光の外に出て背景放射を観測することが一番確実である。宇宙研では現在ソーラーセイルによる深宇宙探査(木星探査)が計画されており、われわれはこのミッションに簡単な撮像、分光器を搭載することを提案している。これが実現すれば、系外銀河からの放射成分を確実に観測できることになる。

7. おわりに

以上述べたように、わが国は赤外宇宙背景放射の観測において世界をリードできる立場にいる。また、理論面でも宇宙最初の星形成に関する研究の発展が目覚ましい。わが国がこの分野で大きな役割を果たし、宇宙最初の星形成の解明が早い機会になされることを期待したい。

参考文献

- 1) Partridge R. B., Peebles P. J. E., 1967, ApJ 147, 868
- 2) Partridge R. B., Peebles P. J. E., 1967, ApJ 148, 377
- 3) Bond J. R., Carr B. J., Hogan C. J., 1986, ApJ 306, 428
- 4) Cooray A., et al., 2004, ApJ 606, 611
- 5) Hauser M. G., et al., 1998, ApJ 508, 25
- 6) Murakami H., et al., 1996, PASJ 48, L41
- 7) Cambrésy L., et al., 2001, ApJ 555, 563
- 8) Wright E. L., Reese E. D., 2000, ApJ 545, 43
- 9) Arendt R. G., Dwek E., 2003, ApJ 585, 305
- 10) Matsumoto T., et al., 2005, ApJ 626, 31
- 11) Bernstein R. A., Freedman W. L., Madore B. F., 2002, ApJ 571, 56
- 12) Totani T., Yoshii Y., 2000, ApJ 540, 81
- 13) Kogut A., et al., 2003, ApJS 148, 161
- 14) Santos M. R., Bromm V., Kamionkowski M., 2002,

MNRAS 336, 1082

- 15) Salvaterra R., Ferrara A., 2003, MNRAS 339, 973
- 16) Dwek E., Arendt R. G., Krennrich K., 2005, ApJ, submitted.
- 17) Aharonian F., et al., 2002, A&A 384, L23
- 18) Mii H., Totani T., 2005 ApJ, in press.
- 19) Mizusawa H., et al., 2004 PASJ 56, 487
- 20) Dole H., et al., 2004, ApJS 154, 87

Near Infrared Extragalactic Background Light and First Stars

Toshio MATSUMOTO

*Institute of Space and Astronautical Science,
Japan Aerospace Exploration Agency, 3-1-1
Yoshinodai, Sagamihara, Kanagawa 229-8510,
Japan*

Abstract: Independent observations of COBE and IRTS delineate that the near infrared background light shows excess emission that can not be explained by the known sources, such as the zodiacal light and the integrated light of faint stars and galaxies. This emission could be the redshifted light of the first stars (pop. III stars) that re-ionized the Universe at $z \sim 17$ as found by WMAP. The excess emission has a large spatial fluctuation with an angular scale of a few degrees, but its origin is not known yet. The present status and issues of the observations, and the future observation plans are presented.

☆ 解説コラム ☆

「オルバースのパラドックス」をご存じでしょうか？ ビッグバン宇宙論をちょっと忘れて、時間によらず定常な、無限で様に広がった宇宙を想像してみましょう。簡単な計算により、無限遠方までちらばっている星からの光を足し合わせると、発散してしまうことがわかります。つまり、夜空は無限に明るくないといけない、というパラドックスです。現代のビッグバン宇宙論では、少なくとも時間の過去方向には宇宙は有限であることにより、このパラドックスは解決されます。つまり、普段何気なく見上げる夜空が暗いのは、実はビッグバン宇宙論の一つの証拠とも言えるのです。

しかし夜空は真っ暗ではなく、ある有限の明るさ（単位立体角あたりからくるフラックス）をもっていて、これを宇宙背景放射と呼んでいます。有名な絶対温度3度のマイクロ波背景放射はビッグバンの名残の黒体放射ですが、X線や可視、赤外など他の波長域では、天体からの光の重ね合わせが背景放射を作っています。暗すぎて望遠鏡では分解できないものの、宇宙の年齢に対応するおよそ百数十億光年の距離までは天体がちらばっていて、夜空を明るくするのです。

可視、赤外領域の背景放射は、普通の銀河からの光の重ね合わせで説明できると考えられてきました。しかし、今回の松本さんらの観測結果は、通常の銀河形成論では説明できないほどの背景放射強度を示しており、第一世代星の爆発的星形成など、何かとんでもないことが宇宙初期に起きたことを示唆する、極めて興味深いものです。

(京都大学理学研究科宇宙物理学教室 戸谷友則)