

コスモスな日々（第4話）

谷口 義明

〈東北大学大学院理学研究科 〒980-8578 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉〉

e-mail: tani@terra.astr.tohoku.ac.jp

24. 2004年まだ1月 その壱

宇宙大規模構造の謎を解き明かすコスモス・プロジェクト。宇宙進化サーベイと銘打ったこのプロジェクトは、その名のとおりに、大規模な観測が必要になる。コスモス・フィールドは2平方度もあるからだ。これを、すばる望遠鏡のスプリーム・カムで撮像する。たいへんな観測である。

第3話で書いたように、このたいへんな観測は2004年1月に始まった。6晩のうち、1晩は悪天候に災いされたものの、残り5晩は好天に恵まれた。今回の観測で取得するデータ量も凄いが、複雑なディザリングで撮ったイメージを合成することもたいへんである。私たちも経験したことがない。そのため、スプリーム・カムの方々やハワイ観測所の方々にいろいろと相談にのってもらいながら、データ解析体制の準備を行ってきた。

データ解析は私たちのグループとハワイ大学天文学研究所のチームが独立して行い、両者を比べて間違いのないようにする。これが基本路線である。ハワイ大学チームはハーベ (Herve Aussel) が責任者、私たちのチームは安食君が責任者を務めることになった。

第3話でも紹介したように、このデータ解析には、じつはもう一つ厳しい条件が課せられていた。

「できれば、1月中になんとかならないか」
 こういう要請があったからである。

「ならぬものは、ならぬ！」
 とかいつて、突っぱねることができれば幸せなのだが、もちろんそれはできない。そもそも、この

要請はコスモスの次なる戦略からきていたからだ。

25. 2004年まだ1月 その弐

1月中旬に取得した膨大なデータ。これを1月中に解析する。誰が考えたって無謀な話だ。

「安食君、どうだろう？ できるかな？」
 少し間をおいて安食君が答える。

「何とかかなと思います。ただ、M1の佐々木君と角谷さんの手助けが必要です。マクロはボクが用意しますが、データを撮った次の日から、一人1バンド対応で解析しなければ間に合わないと思います。それから、1バンドにつき、1台の解析専用マシンがあるほうが、早く終わります」

「なるほど」
 こういうわけで、ハワイ観測所でデータ解析する準備をさせていただいたのである。

そして、当時M1の佐々木俊二君と角谷涼子さんは、このデータ解析のために仙台からコスモスの観測に参加していたことになる。これが本当のリモート観測かもしれない。

26. 2004年まだ1月 その参

観測は17日から始まったので、解析は翌18日から始まった。したがって、18日以降は観測と解析がダブルで進行していたことになる。20日くらいになると、最終画像合成までいくバンドもでてきた。しかし、最後の画像合成のところであまりうまくいかない。なかなかマッチングがとれないのである。

安食君も首をかしげる。

「おかしい、どうしてかなあ。特に悪いところは見つからないんですが……」

じつはこんな悩みを抱えながら、私たちは観測をやっていたのである。

最終日の22日は、第3話でお話したように、悪天候のためにハレボクには早めにおりた。まだ午後10時である。はからずも、少しゆとりの時間ができたので、私たちはなぜマッチングがうまくいかないのか検討することにした。

安食君がマッチング直前のデータをディスプレイに出して、原因を調べだした。安食君はやはり首をかしている。皆でディスプレイを眺める。

「この二つの画像はPAが違ってはいるんですが、同じ天域を撮ったものです。でも何だか違う天域をみているようで……」

安食君の説明を聞いて、二つの画像を眺めてみた。確かにおかしい。全然銀河の位置関係が合わない。

このとき私はいやな予感がした。

「まさか、間違った天域を観測してしまったのでは……」

冷や汗がでる。

しかし、そんなはずはない。ディザリング・パターンのシーケンスは何回もチェックしている。

村山君も首をかしげる。長尾君も首をかしげる。そして私もそうするしかない。ちょっと暗い感じになってきた。

「安食君。この左の絵はそのままでもいいけど、右にはその近くの(CCD)チップのイメージを出してみてくれない？」

窮余の策である。とにかく対応関係をつけなければならぬ。

安食君がその隣のチップの画像を出す。みなで繁々と比較を始める。

「おやっ……」

そのとき私は気がついた。少し理解に苦しむのだが、右に新たに出した画像を反転させ、上下関係を逆にする。そうすると右と左の画像の対応が

く。さっそく、皆でもう一度検討してみる。確かにいいようだ。

一同、ホット胸をなでおろす。しかし、……

「なんでこうなるの？」

PAを90度変えて同じ天域を撮影すると、同じ天域が撮れない。ようするにこれが観測事実になってしまう。

「やっぱり何か、間違いがあったのだろうか……」

私はさらに暗い気持ちになっていった。

そのとき、クールにこの観測事実を眺めていた村山君が言った。

「どうも、ピクセルに座標を割り当てるとき、割り当て方を間違えてしまったんじゃないでしょうか？」

なるほど、そういうことが起こってれば、この現象は理解できる。そこでFITSファイルのヘッダーを調べてみることにした。

「これでは同じになるはずがないですね。やはり、PAの違いで逆方向に座標を割り当てています」

村山君がいう。

「これじゃあ、マッチングがとれるはずはないですね。おかしいと思いました」

安食君も言う。

安食君のマクロでは、最後の画像合成では2平方度一括マッチングという離れ業が仕込まれていた。しかし、マッチングがとれないので、合成領域を縮めながら、何とかしようとしていたのである。ところが、あろうことか、座標が間違えて割り振られていたのである。これでは、いくら合成領域を狭めてもだめである。スプリーム・カム改修の忘れ物が私たちを苦しめたのだ。

ようやく、原因はわかった。データは正しく撮られているし、座標が正しく割り当てられるように直してあげればよい。安食君は余計なマクロを作らされる羽目になったが、これで問題は解決した。そしてマッチングはうまくいった。見事であ

る。

こうして、データ解析は1月29日に終わった。本当に1月中に終わってしまったことになる。たぶん、奇跡だった。今でもそう思う。

27. 2004年2月 その壱

そして、2月を迎えた。コスモスの観測は15日から18日の4晩。これだけで済めば、1月に比べると楽である。しかし、そうは問屋が卸さなかった。安食君が代表者になっているスプリーム・カムの観測が19日から21日になっていたからである。つまり、7晩ブッチギリの観測になってしまったのである。

私たちのチームは私のほかに、村山、安食、佐々木、角谷の4氏が参加。つまり、二つの観測を総勢5人で乗り切ることになる。私と村山君、安食君は7晩フルに対応。佐々木君は主として前半のコスモスを、角谷さんは主として後半の安食君の観測のサポートという割り振りにした。1月の観測を仙台からリモートでサポートしてくれた佐々木君と角谷さんが、今回は晴れて現地参加となったのはうれしいことであった。

コスモス外人部隊からは、何とPIのニック・スコビル氏が参加することになった。彼のポスドクである幸田仁氏と大学院生のローラ・ヘインラインさんが一緒にくる。また賑やかな観測になる。

ハーベも来ることになっていたが、急な予定変更でCFHT (Canada France Hawaii Telescope) に行くことになった。今回、私たちはヒロでのリモート観測にしていた。しかし、ハーベのCFHT観測はマウナケアのサミットで行うものだった。そのため、残念ながら彼はコスモスの観測には参加できなかった。彼はそのあと、ケック (The W. M. Keck Telescope) で1晩、CSO (Caltech Submillimeter Observatory) で10晩の観測があり、よれよれ状態のようだった。

そのおかげで、ハワイ大学天文学研究所の解析

システム“クラスター”を使うデータ解析はなかなか進まなかった。担当のハーベがかくも忙しい。だが、彼を責めることはとてもできない。彼を忙しくさせている観測のほとんどがコスモス計画に関係した観測だったからである。

コスモスは確かに動いていた。私たちのすばるの観測も凄かったが、チームメンバーはいろいろな波長帯の観測に奔走していた。そして、HSTもクールにコスモス・フィールドのマッピングを続けていたことはいうまでもない。こうして、空と大地からのコラボレーションが踊っていた。

28. 2004年2月 その弐

2月15日。この日から4晩の観測が始まる。今回もリモート観測だ。しかし、1月とは違う。1月は、リモート観測室が1階の計算機室の片隅にあった。ところが2月は、2階の208号室(元会議室)に格上げになっていた。その部屋でリモート観測するのは、私たちが初めてということだった。部屋は広くはないが、落ち着いた雰囲気観測ができる。これはありがたかった。

15日の夕方、ニックたちがやってきた。ジンとローラが一緒だ。まず、リモート観測室で堅い握手をかわす。村山君、安食君、佐々木君、そして私。総勢7名での観測が始まった。

観測が始まった瞬間、異変が起きた。最初に出てきたコスモス領域の画像を見ると、明らかにおかしい。星が流れて写っている。

「ありゃ、なんだこれは！」

古澤さんも訝しげに画像に見入る。明るい星を見れば一目瞭然である。片側にきれいなループを描いて写っているのだ。暗い星だと、ループははっきりしないが、星像流れが起こっていることはわかる。

「もう1枚撮ってみよう」

しかし、結果は同じだった。もう1枚、……。むなしいトライが続いた。

「ふーむ……」

一同、暗い顔つきになる。ニックも困った顔をしてた。

その後も、何回か撮り続けたが状況は変わらない。ただ、何回かに1回は正常にとれることがわかった。しかし、とても安定して観測を続けることは不可能だった。古澤さんはすぐに所員の何人かに連絡をとった。

今までに起こったことのないエラーが起きていたようだった。原因はわからない。とにかく、いくつか対応する手立てを考え、これから三菱電機のクルーの方々がサミットまで駆けつけてくれることになった。この症状が直るかどうかはわからない。とにかく、やってみるしかない。夜のサドルロードは寂しい。ハレボハクからサミットまでの道も夜のドライブには切ない。そして故障が直る保証もない暗夜行なのだ。クルーの方々に深く感謝した。

皆、祈る気持ちだった。天気は快晴。シーイングは0.6秒角程度で落ち着いている。落としたくない夜だった。

時刻は、もう夜半に近づこうとしていた。サミットで修理を開始するまでには約2時間ある。どうする。何もせずに待つか。いやそれはできない。貴重な観測時間であることは事実なのだ。

私たちは善後策を話し合った。確かに星像流れは頻発する。しかし、積分時間を短く設定すれば、何回に1回かは有効なデータが撮れる。

「フィルターをz'に変更しよう。積分時間は1分。この設定で挑戦しよう」

今夜の観測はVバンドでコスモス・フィールドを撮る予定だった。Vバンドだと夜光が暗いので、1回当たりの積分時間を長めに設定する。しかし、星像流れが頻発するのでは長時間積分はできない。そこで、苦肉の策ではあったが、フィルターをz'に変更したのである。

フィルター交換に5分。そして、観測はすぐに再開された。しかし、結果は悲惨だった。10回に1回が関の山。とてもデータにならない。だが、まだあきらめなかった。

「積分時間30秒。これでいこう」

観測は再開された。さっきよりはいいものの、数回に1回の割合でしか、まともなデータが撮れない。もうどうしようもない状況になった頃、サミットに修理隊が到着した。修理のためにいったん望遠鏡を止める。約1時間のロスになるが、この状況で観測を続けるよりはましである。私たちは観測をストップし、うまく修理できることを祈った。

「ヨシ、どうする。もしこれでうまくいかなかったら……」

ニックがいつものバリトンで聞いてくる。

「うーん、何ともいえないけど……もしダメだったら、観測は中止になるかもしれないね。ただ、空がいいから、本当に残念だけど」

「確かに、コスモスの観測は無理だろうな。何かほかにはできることはあるかな？」

「近傍の銀河でも観測する？」

「M51か？」

「なるほど！」

「アンテナもいいな*1」

そうこうしているうちにサミットから連絡が入る。

「修理できそうなところはやってみました。観測を再開してください」

おそろおそろ観測を再開する。しかし、結果は無残だった。症状は改善されていなかった。

「オー マイ ゴッド」

ニックのみならず、皆の気持ちがこの一言であった。

今夜のまともな観測は望めない。明日、日中に

*1 有名な相互作用銀河で、NGC4038/4039のペアである。潮汐力で引き伸ばされたテールがそれぞれの銀河から出ていて、昆虫の触覚のように見えるので「アンテナ銀河」の異名をもつ。

今一度修理に挑戦するしかない。まだ夜の2時。このまま観測をやめて、明日にかけるか？ それとも……ニックが言った。

「オーケイ、ヨシ。M51だ！」

それしかないと思った。しかし、観測対象を急に変更するには所長の許可が必要である。しかし、あまりにも遅い時間。そして、星像流れ。これは尋常な状況ではい。こんなとき、判断はサポート・サイエンティストに委ねられる。古澤さんは素早く他の観測提案とのバッティングがないかを調べ、そして言った。

「問題ありません。M51に行ってください」

こうして、私たちは観測を続けることにした。もちろん、古澤さんと私はそれぞれ状況説明のメールを所長宛に書くことは忘れなかった。

29. 2004年2月 その参

明けて16日。夕方、私たち観測者はまたリモート観測室に集まった。そしてわかったことがあった。三菱電機とハワイ観測所の方々の必死の努力もむなしく、すばるは直っていない。

今夜も天気はよさそうだ。どうする。やはり気分転換も必要だ。そして思った。とりあえずこの騒動には名前が必要だろう。私は「踊る大望遠鏡事件」と名づけた。これは馬鹿受けだった。リモート観測室が少しだけ明るくなった。

しかし、状況はかなりまずい。笑っている暇はない。まさしく、どうしようもないのである。昨夜のように近傍銀河の撮像をするしかないだろう。しかし、気分は晴れなかった。撮影するからにはサイエンスにつなげたい。スプリーム・カムで近傍銀河を撮影すると、確かに凄い画像が撮れる。一瞬、星像流れのことを忘れて、ため息が出るようなデータになる。それは確かだが、やはり

サイエンスが大切なのである。

ニックと私はリモート観測室を出て、隣にあるラウンジのソファーに腰掛けた。

「ヨシ、どうする？」

「ニック、どうする？」

「……」

という感じではあった。しかし、ニックは百戦錬磨のファイターだ。決してあきらめない。

「ヨシ、ウルトラ*2はどうだ？」

「なるほど、そういう手があるね」

「ああ、スプリーム・カムでウルトラを撮像すれば、淡い潮汐痕が見えてくるんじゃないかな。確かに星像流れはあるけど、淡い構造を議論するだけならあまり問題にはならないだろう」

これはいいアイデアである。しかし、観測するターゲットを選び出さなければならない。村山君がさっそく必要な論文をプリントアウトする。表と図を見てどんどんターゲットを選んで言った。幸い、ウルトラ（赤外線銀河）の代表格であるアープ220、マルカリアン231などが観測できる。ラッキーだ。

「ニック。今夜はコスモス・ウルトラサーベイだ！」

リモート観測室のホワイトボードには“コスモス・ウルトラサーベイ”の文字が書かれ、その下にたくさんの観測ターゲットが並べられた。

「古澤さん、いいですか？」

何しろ、またまた観測対象の変更である。古澤さんは落ち着いている。今夜もターゲット変更になるだろう。こう先読みして、この日の観測の前に所長に連絡を済ませていたのである。あとはターゲットが他の観測提案とバッティングしていないかを調べればよい。そして、ホワイトボードを眺めて古澤さんが言う。

*2 Ultra Luminous Infrared Galaxies のこと。日本語では超高光度赤外線銀河、または簡単にウルトラ赤外線銀河と呼ばれる。ガスに富む2個あるいはそれ以上の銀河同士が合体し、激しいスターバーストを起こしている。最終的にはキューサーに進化するというアイデアをニックたちは提案していた (Sanders D. B., et al., 1988, ApJ 325, 74)。カルテク (Caltech) シナリオとも影で呼ばれる。



図1 踊る大望遠鏡事件の中で撮影されたアープ 220 の画像 (R バンド, 1 時間積分). 明るい星を見るとわかるように, 星の像がみな左 (つまり東側) へ流れている.

「OK です」

またしても適切な判断がなされた。古澤さんに感謝し、私たちはコスモス・ウルトラサーベイの世界へと突入した。所長へのメールも忘れなかった。

暗い気持ちを払拭するように、私たちはコスモス・ウルトラサーベイを楽しんだ。次々とでてくるウルトラ赤外線銀河の画像は、見ていて本当に刺激的だ。アープ 220 (図 1) の画像にも驚いた。いままで見たこともないような淡い潮汐痕が見えている。しかも、かなり複雑に何本ものテールがからみ合っているように見える。それを見てジンが言った。

「ニック、ヨシのアイデアの方が正しいんじゃない？」

「あん？」

「ヨシの多重合体説」

「うーん、そうかもしれないなあ」

ここで私たちは大笑いした。

ウルトラ赤外線銀河がクェーサーへと進化するアイデア (脚注 2) はまさにニックらの提案による。しかし、彼らのシナリオでは「2 個」のガスに富む銀河同士の衝突ということになっていた。しかし、私は 1998 年に「複数個」のガスに富む銀河のほうがよいという論文を出していた*3。2 個でも複数でも大勢に影響はないように思うのだが、

*3 Taniguchi Y., Shioya Y., 1998, ApJ 501, L167

ニックとデーブは頑なに2個にこだわっていた。決して「多重合体説」を認めようとしなかったのである。ジンはその事情を知っていて、茶化したのである。

考えてみれば、ウルトラ赤外線銀河に関しては、ニックと私は異なる説を提案している。その二人が仲良くコスモスプロジェクトで共同研究しているのだから、世の中面白いものである。大人の世界ということだろうか。

30. 2004年2月 その肆

こうして2晩の観測が終わった。この2晩のうちにすばる望遠鏡の星像流れは直らなかつた。16日の夜、ハワイ観測所と三鷹の国立天文台のすばる望遠鏡担当者の間では深刻な会議が行われていた。コスモス・ウルトラサーベイをやっている最中、私に呼び出しがかかった。観測代表者である私に会議の結論を告げるためである。

「残念ながら状況は深刻です。星像流れの原因が特定できていないからです。いろいろな対処はやってみたのですが……そこで、もしこのまま星像流れが直らなかつた場合ですが……」

歯切れの悪い説明が続く。しかし、すばる望遠鏡のスタッフの方々こそ、苦渋の決断をしなければならなかつたはずである。私の心情も、彼らの心情も同じだった。

「このままスプリーム・カムによる観測を続けるのは得策ではないと判断しています。つまり、他の焦点に切り替えて、少しでも星像流れの影響が少ない観測をせざるをえないことになります。その場合、今回の観測はキャンセル扱いになります」

本当に深刻な事態になりつつあった。快晴夜が続く状況の中、観測がキャンセルになる。しかも、コスモスの観測の後、安食君が代表者の観測があり、やはりスプリーム・カムを使うことになっている。彼の博士論文がかかった観測である。もし、それもキャンセルになれば、どう対応したらよい

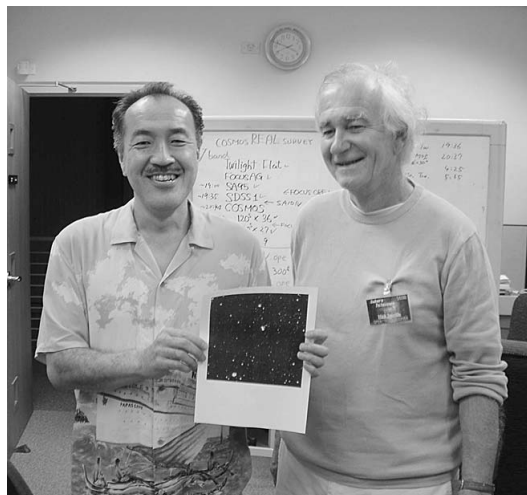


図2 ようやく望遠鏡も直り、データが取れ始めた。幸せな二人の姿。右がHST・COSMOSプロジェクトの総括責任者 Nick Scoville 氏 (Caltech)。彼の真面目さは左胸に付けられた(共同利用観測者を示す)ネームタグでわかる。ちなみに私は付けていない。ただし、特別な意味はない。たまたま着ていたアロハシャツに合わないような感じがして、付けていなかったのだと思う。

のだろう。

困った。しかし、この気持ちを皆に見せてはいけない。気分を変えて、コスモス・ウルトラサーベイで賑うリモート観測室に戻った。最終判断は17日の日中の修理作業に委ねられる。まんじりともしない夜が更けていった。時だけは、いつものように素直だった。

明けて17日、夕方、いつものようにハワイ観測所に到着した。するとすぐに声が飛んできた。

「谷口さん、直りましたよ！」

「えっ！直ったんですか？」

「はい」

まさに神に感謝する気持ちになった。これでリアル・コスモスに戻れる。おそらく必死の作業だったのである。三菱電機のクルーの方々と観測所員の熱意がすばる望遠鏡をよみがえらせたのであ

る*4。

リモート観測室の前でニックを待った。ほどなくニックの姿が玄関よりの階段に見えた。

「ニック！今夜からリアル・コスモスだぜ」

「ヨシ、本当か!? 凄いぞ!!」

ニックはその辺にいるすべての人と握手しまくった。ニックも悩んでいたのだろう。彼はいい人である。

そして、私たちは17日と18日、ようやくリア

ル・コスモスの観測を楽しむことができた。Vバンドとi'バンド。無事に、2平方度を撮りきった。1月の観測と合わせるとB、V、r'、i'、z'の五つのバンドのデータが取れたことになる。シーイングにも恵まれ、非常に素晴らしいデータセットになるだろう。HSTも快調にコスモス・フィールドの観測を続けている。これらのデータを使えば、最先端の研究ができることは間違いない。

正直なところ、この2カ月間、生きた心地がし

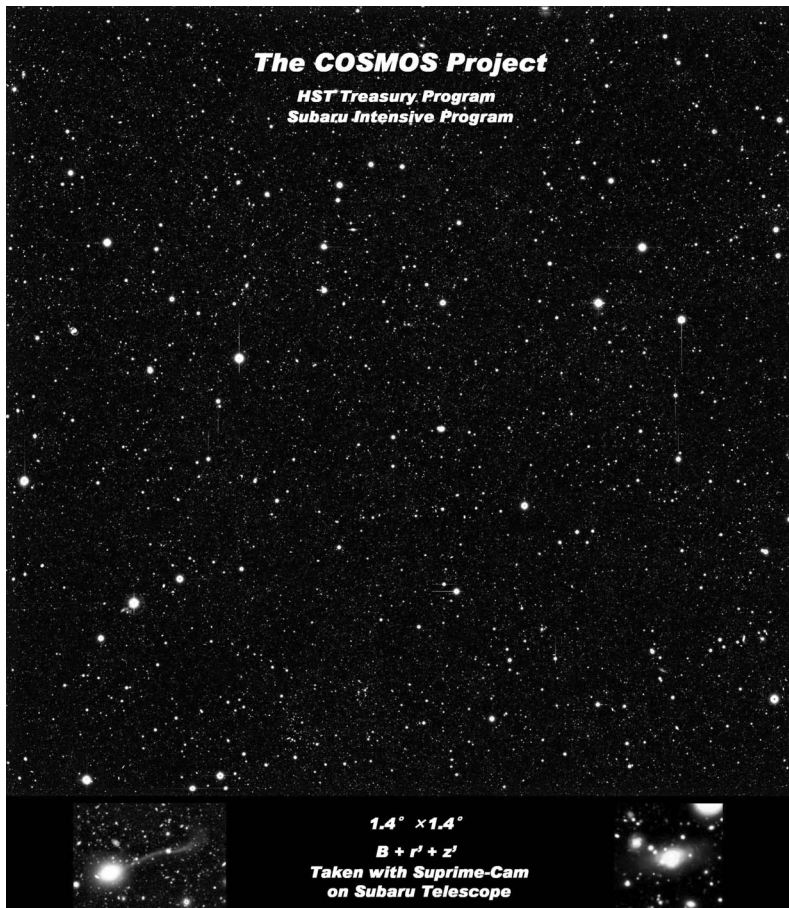


図3 完成したCOSMOSプロジェクトのポスター。100万個もの銀河が写っている2平方度画像是圧巻である。左下と右下に配置した画像は図4と図5にそれぞれ示してある。

*4 すばる望遠鏡が正確に天体をトラッキングするには、常に正確な時刻を知っている必要がある。すばる望遠鏡はタイムジェネレーターから送られてくる信号を読んで時刻を知るのである。「踊る大望遠鏡事件」の原因は、その受信線のコネクタがわずかに緩んでいたことと、運悪く望遠鏡駆動用のモーターからのノイズが時々入ってしまったことによるものであった。このような併せ技はつらい。

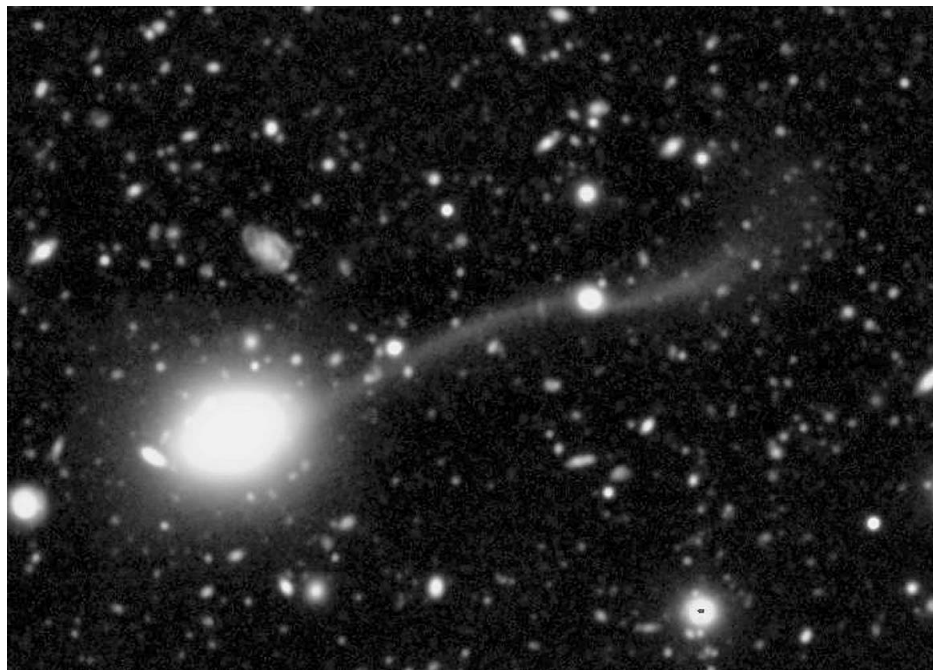


図4 珍しい galaxy threshing system の発見. 佐々木君の発見.

なかった. このすばる望遠鏡の観測がうまくいかなかったらコスモプロジェクトには暗雲が立ち込めただろう. 私たちの観測にコスモの明日が委ねられていたのである.

31. 2004年2月 その伍

「踊る大望遠鏡事件」には肝を冷やされたが, 振り返って見れば何とか冷静に対処できたのではないか思う. 観測にあせりとか怒りは禁物である. クールに対処してこそ, すべてを乗り切れる. 今回はニックの発案したコスモス・ウルトラサーベイが私たちの雰囲気のを和らげた. さすがである.

そのウルトラサーベイの最中, ニックはさらに淡々と仕事をしていた.

「ヨシ, IDLのマニュアルないかなあ?」

「IDLのマニュアル? 多分あるんじゃないかな. 誰かに聞いてみるよ」

マニュアルは直ちに見つかった.

「ニック, 何しているの?」

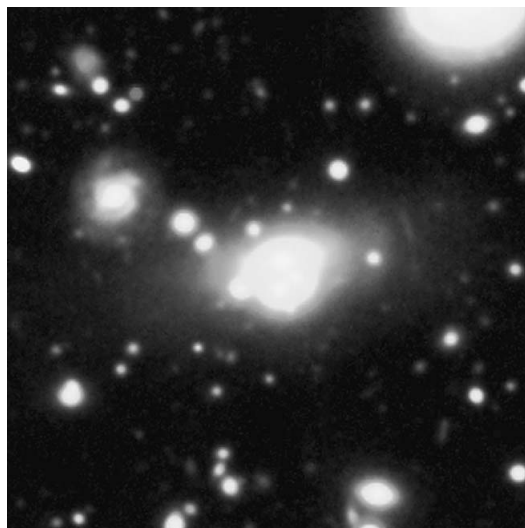


図5 ストロング・重力レンズの例. 村山君の発見.

「うん, 1月に B, r', z' の3バンドのデータを撮ったろう. それを使って, コスモス2平方度のカラー画像を作ろうかと思う」

「それはいいね. 実はタカシ(村山君)も, 今そ

れを作っているところだ」

「おお、じゃあ競争だ！」

そして、ニックもタカシも2,3時間で美しいコスモスのカラー画像を作り上げた。

「うーん、タカシの作った方がきれいかな……」

ニックは悪びれず言った。やはり、いい人である。

それにしても、スプリーム・カムの威力は凄い。さっそくA0プリンタに画像を出してみる。

「ひゅー！」

2平方度のカラー画像はうっとりするような美しさだった。

ちょっと見ただけで銀河団がある場所がわかる。かなり色の赤い銀河団もあるが、おそらく赤方偏移1程度の銀河団なのだろう。見れば見るほど、いろいろな構造が見えてくる。

100万個以上もの銀河が確かにそこにあった。銀河たちは密やかに私たちが解析するのを待っている。コスモスはまさに宇宙の大規模構造を解き明かすプロジェクトになる。その画像を眺める7人。誰もがそう思った(図3-5)。

32. 2004年2月 その陸

ニック、ジン、そしてローラはカルテクに戻った。しかし、私は戻れない。19日から安食君の観測が始まるからだ。佐々木君は仙台に戻ったが、角谷さんがやってきた。村山君を含めて、4人で静かにスプリーム・カムの観測を楽しむことになった。怒涛の $z=5.7$ のライマン α 銀河サーベイとは思えない、静かな、静かな観測だった。

(つづく)