



図1 チリ・アタカマ高地に立つCMB望遠鏡

測があれば、この理論も検証できることがわかってきた。

では、「風船のふくらみ方」というとてつもないものを、観測できるのだろうか？ 幸運なことに、答えはイエスである。インフレーションという空間の急激な加速膨張にともなって、時空に「さざなみ」が立つからである。

原始重力波と呼ばれるこのさざなみは、ビッグバンの前に生成され、ビッグ

バン後の宇宙に満ちわたる。当然CMBが生成された太古の宇宙にも存在し、全天にわたるCMBの偏光パターンに特徴ある痕跡を残した。つまり、CMB偏光度を精密に測定すれば、原始重力波を発見することができるのである。

宇宙観測の最先端では、いまやビッグバンの前に何が起きたのかを科学の目で捉えようとしている。ただ、これを実現するには、とてつもなく感度の良い検出

器を必要とする。われわれの目標はここにある。

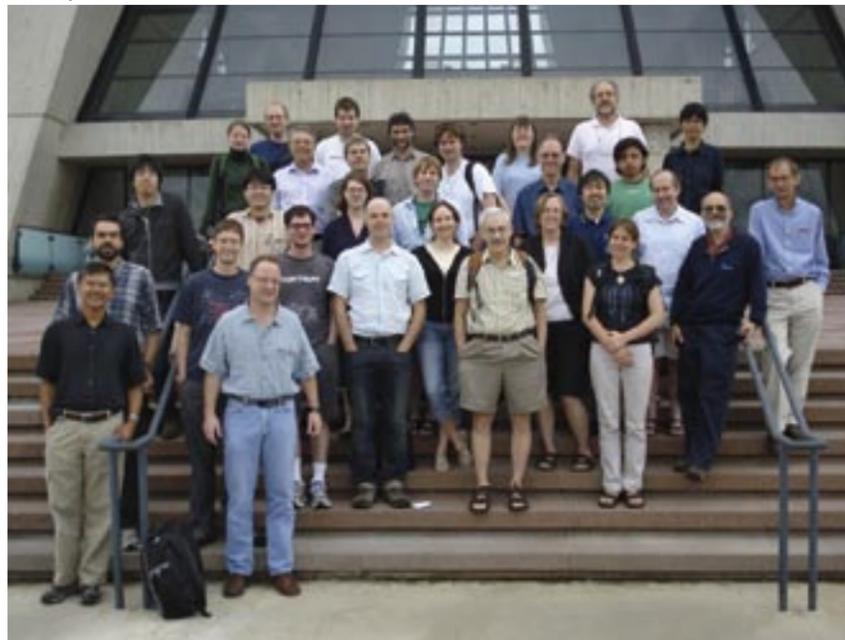
宇宙マイクロ波背景放射研究を開始する

私が所属する総研大・素粒子原子核専攻は、高エネルギー加速器研究機構(KEK)を本拠地としている。私がKEKでCMBの実験的研究を本格的に始めたのは約2年前である。それまでは、加速器を用いた素粒子物理の実験にたずさわってきた。

ところが、あるときCMBの実験・観測分野が日本では手薄になっていることを知った。私は、最先端技術のかたまりである大型加速器実験装置の開発で培った技術を有効利用できるかと直感し、42歳の厄年を過ぎてから異なる分野に飛び込んだのである。

かなりの勇気が必要だったが、今のところまったく後悔していない。ドキドキしながら実験プロジェクトを進める毎日である。かつて、鈴木厚人KEK機構長は年頭挨拶でこう語った。「良い研究成果をあげるためには、3種の“者”が必要だ。それは、若者、よそ者、そしてバカ者である」と。それを聞いて、バカ者になってもいいじゃないか、と思った。また、スタンフォード大学の卒業式に招かれたスティーブ・ジョブズ(アッ

図2 QUIET コラボレーションメンバー



プル社の共同設立者の一人)のスピーチをたまたまウェブで見つけた。若者を鼓舞する感動的なスピーチだった。最後の一言“Stay hungry, stay foolish.”に私も鼓舞された。

これらの言葉との出会いが、背中を押してくれた。自然科学も人間の営みであり情緒に左右されて当然である。新しいことをゼロから始めるために、良い言葉との出会いは意外に大事なことだった。

しかし、気持ちだけではプロジェクトは動かない。私が最初の小さな一歩を踏みだせたのは、総研大・葉山高等研究センター研究プロジェクト「新領域」のお

かけである。2007年度に、研究課題名「宇宙マイクロ波背景放射(CMB)偏光測定の前準備研究」が認められてすべてが始まった。これは、CMBをいままでにない精度で観測するために、よりすぐれた“目”として超伝導カメラを開発するものであった。

これをきっかけに、鈴木機構長、高崎史彦・素粒子原子核研究所長(当時)、KEK測定器開発室の方々にサポートしていただき、KEK-CMBプロジェクトチームの本格的立ち上げにつなげることができた。CMB研究の蓄積がゼロだった私を信頼してチャンスを与えてくれた池内了先生、菅原寛孝先生をはじめとする「新領域」関係者に深く感謝する次第である。

気持ち、予算に加えて重要なのは人材である。「若者の不眠不休の努力だけが、科学の現場で奇跡を起こせる」。これまで私は、ドイツ、米国、そして日本で大型国際協力実験に携わってきたが、仲間の研究者は異口同音にそう言う。幸いにして、KEK-CMBプロジェクトには、優秀な若手が集まっていた。とある国際研究会で私は「参加している研究者が、全員私よりかしこい(smart)ことが誇りだ」と述べたほどである。

メインプロジェクトQUIET実験

図1は、KEK-CMBグループの現在のメインプロジェクトであるQUIET実

験(Q/U Imaging Experiment)のCMB望遠鏡である。チリ・アタカマ高地の標高5080mに設置されている。白い筒状の部分とその下の箱型の部分は、周囲から来るマイクロ波を遮蔽している。内部には主鏡、副鏡、そして心臓部である偏光計が収められている。

QUIET偏光計は、日常生活で使われる高周波の電波に対する受信機(無線LANやBS放送の受信機など)と同じ原理に基づいている。ただし、とてつもない感度を達成するために、偏光計を20K(-253℃)で使用して熱雑音を減らすとともに、多数の偏光計からなるアレイを使って統計誤差を減らしている。衛星にはまだ搭載できない最新の偏光計を地上観測に使用することで、衛星観測をしのぐ感度を達成している。そのため今後5年間に於いては、地上観測が衛星をしのぐと期待されている。

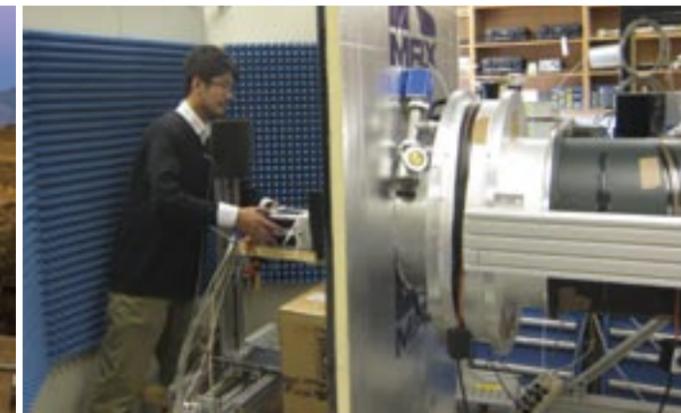
QUIET実験は2008年9月より予備観測をはじめ、順調に稼働を続けている。近い将来、初期結果を論文投稿できると思う。2011年末には偏光計の数を現在の91から1600程度に増やし、本格的観測を開始する予定である。2014年ごろには超精密測定の結果が出てくると予想される。

QUIETは国際協力実験であり、シカゴ大、カリフォルニア工科大、NASAジェット推進研究所、プリンストン大、コロニア大、KEK、オスロ大などが

図3 POLARBEAR 検出器を搭載するHTT望遠鏡



図4 POLARBEAR 検出器の試験。左は中心メンバーのKEK超伝導低温工学センター・都丸隆助教。カリフォルニア大学バークレー校にて。



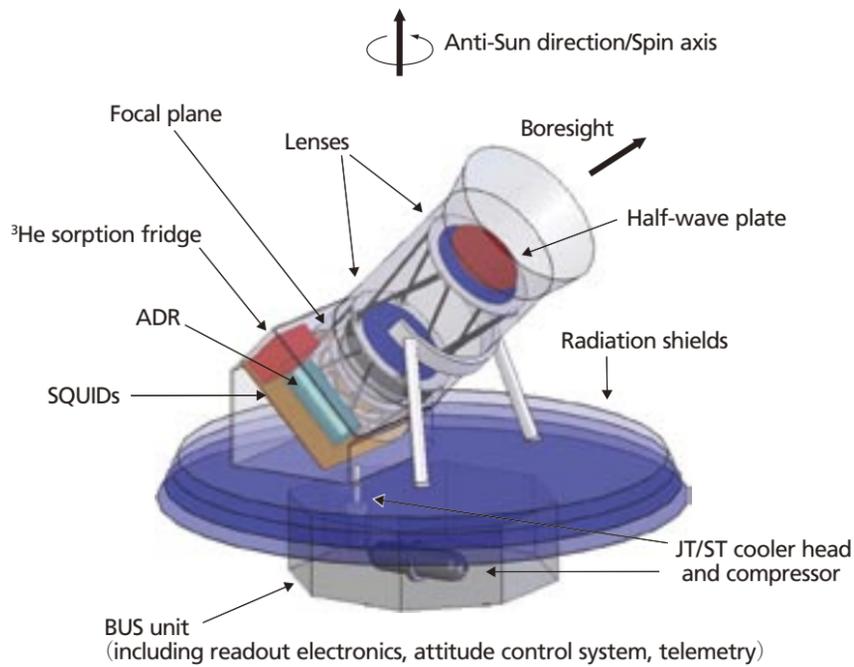


図5 小型CMB偏光観測衛星 LiteBIRDの概念図

参加している(図2)。CMB観測は天文学科より物理学科のプロジェクトとして進めている研究機関が多く、QUIETも高エネルギー実験、重力実験などの多彩なバックグラウンドをもった物理・天文・計算科学の混成部隊である。

WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe: ウィルキンソン・マイクロ波異方性探査機、コラム参照) メンバーの一部も参加している。

このうち KEK は、予備観測のデータ解析、データマネージメント、受信機の試験などに貢献しつつ、本観測のためのデータ読み出しシステムの設計製作、受信機の試験と設置、データ解析に主導的な役割を果たす。

POLARBEAR実験

KEK-CMBグループのもう1つの柱は、カリフォルニア大学バークレー校などと共同で準備中のPOLARBEAR実験

である(図3)。POLARBEAR 検出器の特徴は、バークレーで開発した先進的な超伝導転移端センサーが用いられていることである。ウェストコーストのチャレンジ精神が満載されたデザインといっただろう。

POLARBEARは、QUIETと同時期に同じ空域を共同観測する予定である。QUIETは低い周波数、POLARBEARは高い周波数のCMBに感度があるため、2つを統合することにより、今後5年間の地上実験でもっとも広い周波数をカバーできることになる。広い周波数をカバーすることは、銀河や宇宙塵に由来するマイクロ波をCMBからうまく分離する上で決定的に重要となる。KEKは、現在試験中の検出器1号機(図4)の後継となる2号機の製作、試験を担当することになり、設計を開始したところである。

地上観測の次は科学衛星

地上では観測できる空域がかぎられること、大気の影響を除去した究極の測定が必要となることを考慮すると、QUIET、POLARBEARの後には科学衛星が必須となる。KEK-CMBグループでは、日本が主導し世界に先駆けて小型CMB偏光観測衛星 LiteBIRDを打ち上げる構想を提案し、2008年9月にワーキンググループ申請を宇宙航空研究開発機構(JAXA)に提案し、認められた(図5)。

現在、KEK、JAXA、国立天文台、理化学研究所、岡山大、東北大、近畿大、テキサス大オースティン校、カリフォルニア大バークレー校、カリフォルニア工科大などから総勢40名程度の研究者が LiteBIRD ワーキンググループに参加して、基本設計に従事している。これまでKEK、国立天文台、JAXAがこのような形で協力したプロジェクトは例がないと思う。

総研大の視点で見ると、ほとんど学内

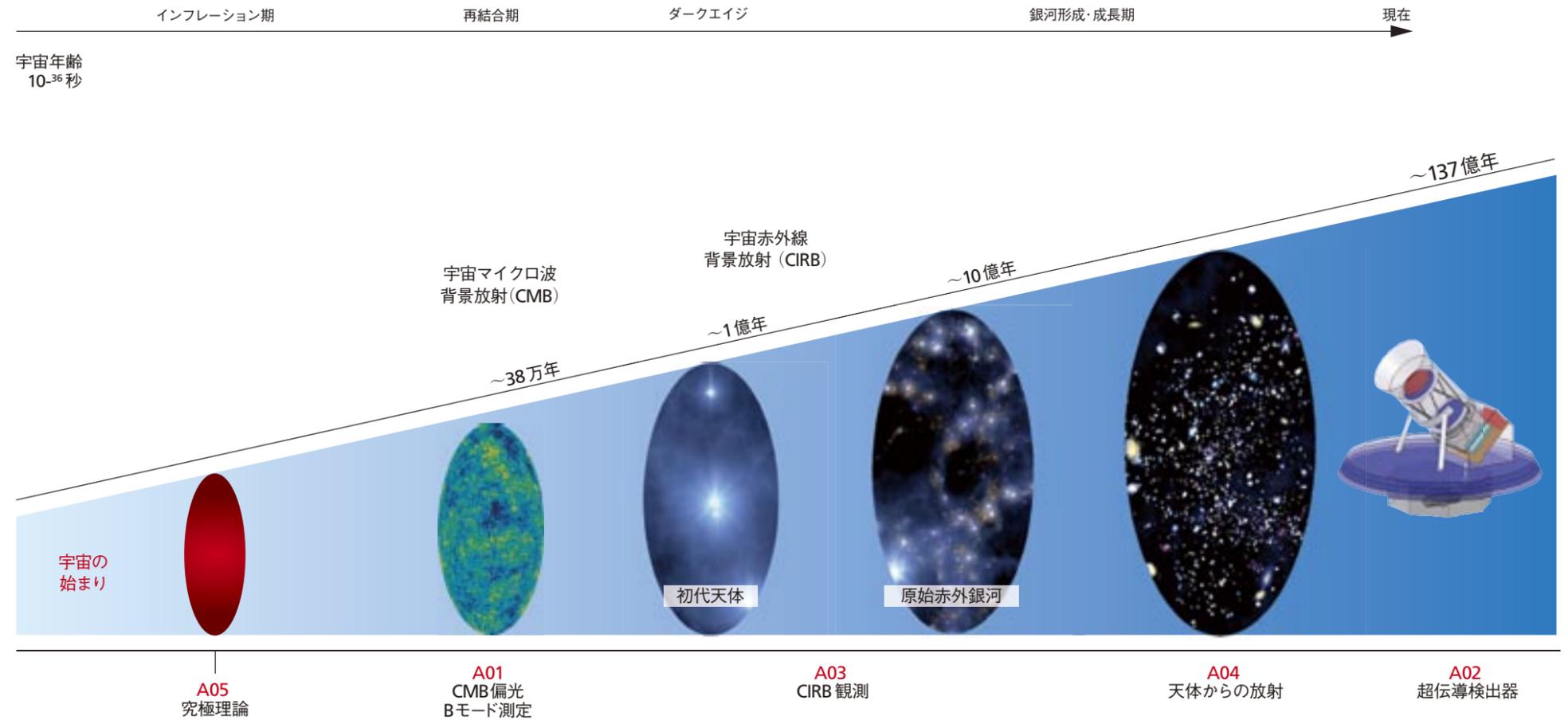


図6 科学研究費補助金新学術領域研究「背景放射で拓く宇宙創成の物理」概念図

プロジェクトに思えるほど総研大の教官が多い。宇宙と素粒子の研究については、まだまだこれから総研大の枠を進める方法があるように思う。今後の課題である。

新しい学術領域の形成をめざして

このような研究の輪は、CMBにとどまらず、さらに広がりを見せている。2009年度から私が領域代表を務める新たな科研費(新学術領域研究)「背景放射で拓く宇宙創成の物理」が採択され、5年間の研究がスタートした(図6)。これまで述べてきたKEKを中心とするCMB偏光観測は、5つある計画研究の1つとして位置づけられている。

これに加えて、宇宙を見る新しい「目」(検出器)の開発、ダークエイジ(図6参照)の終わりを探る赤外線背景放射観測、天文学と計算科学の知見を総動員してCMBと前景放射の分離に挑む研究、究極理論を探る、といったアプロー

チにより、インフレーションからダークエイジの終わりまでを解明することが目標である。わが国の宇宙、素粒子、天文、超伝導デバイス関連の研究者が、これまでにない規模の共同研究を立ち上げ、新学術領域を創成してこれらのプロジェクトを推進していく予定である。くわしくは領域ウェブページ(<http://cbr.kek.jp/>)を参照されたい。

さて、この探求のゆくえはどのようなだろう。正直な答えは「わからない」である。わからないからこそ面白いし、実験屋の血が騒ぐというものである。この世の始まりには何があったのか。この究極の問いに答えるにはインフレーションの解明が不可欠である。それこそが、現在人類に課せられた最大の知的挑戦といっても過言ではない。



羽澄昌史(はずみ・まさし) 素粒子と時空の根本法則を求めて実験・観測のアイデアを出し、プロジェクトを立ち上げて実行し、科学論文を書く毎日。Bファクトリーなど加速器を用いた素粒子実験を経て、現在は米国などのグループと共同で、CMBの偏光観測を推進している。物理学者の感性で、宇宙を実験室に“遊んで”いる。