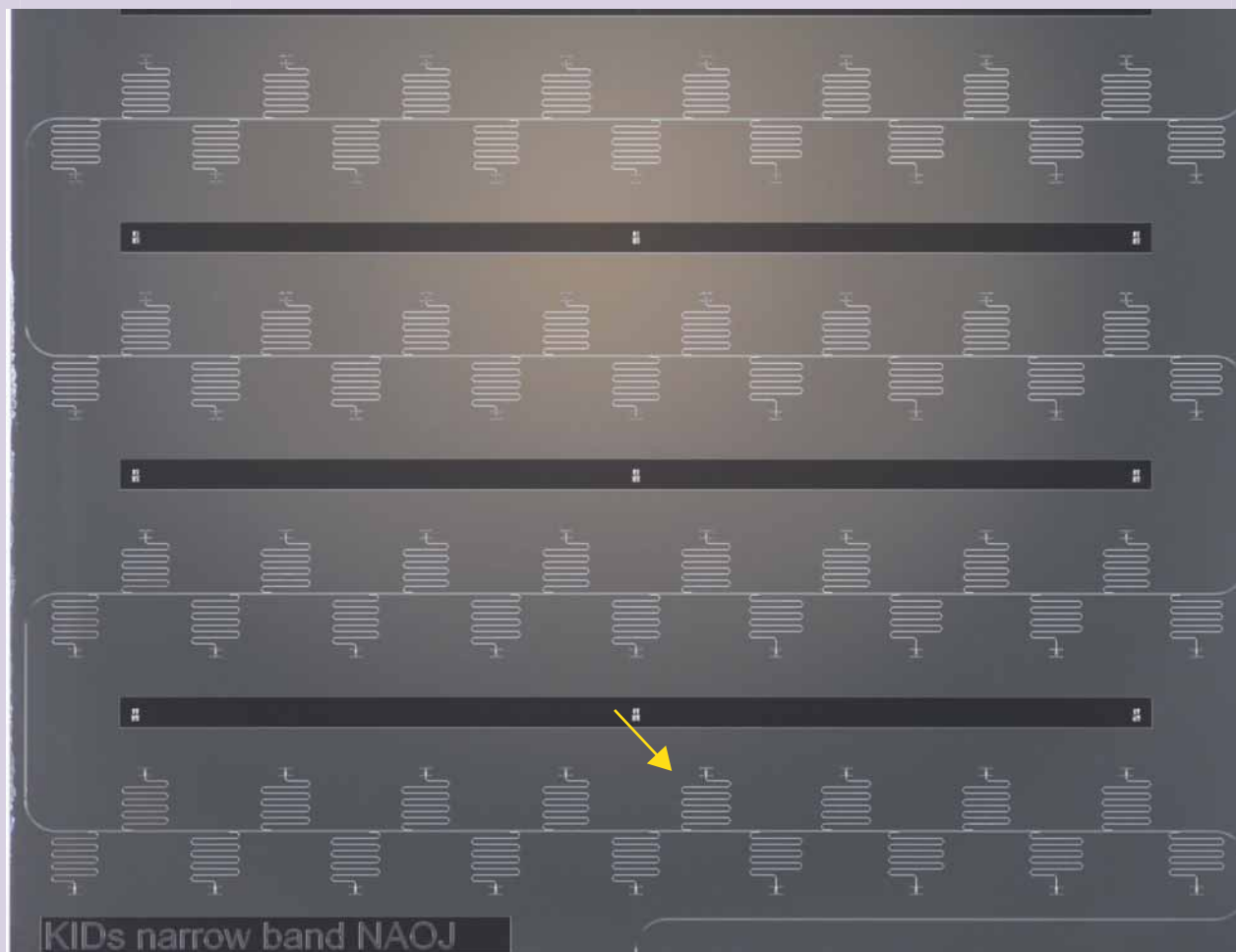


ゆらぎ



MKID 検出器（Microwave Kinetic Inductance Detector）の顕微鏡写真

インタビュー

最先端技術の開発で宇宙のはじまりに挑む！
三人の若手研究者

唐津 謙一

（自然科学研究機構 国立天文台 先端技術センター 研究員）

岐部 佳朗

（岡山大学 理学部物理学科 特任助教）

小栗 秀悟

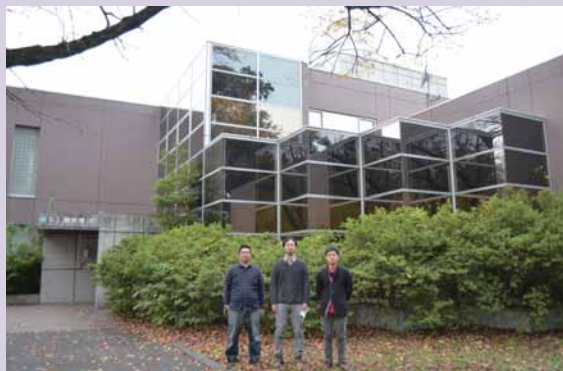
（高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 研究員）

模様のように見える部分（図中黄矢印とその他同じパターンの部分）の一つ一つが検出器。検出器 1 個 1 個に信号の読み出し線などを付ける必要がなく、1 本の線で 100 個近くの検出器の信号を同時に読み出すことが出来る。読み出し線などの数を大幅に削減できることから熱流入が抑えられ、雑音が減らせるため観測に大変有利となる。

お知らせ

・戦略会議報告

最先端技術の開発で宇宙のはじまりに挑む！



国立天文台 先端技術センターの建物前にて。
左から岐部さん、唐津さん、小栗さん

今回は、東京都三鷹市にある自然科学研究機構 国立天文台（NAOJ）の先端技術センターにお邪魔しました。先端技術センターでは様々な宇宙観測プロジェクトに不可欠な最先端技術の開発が行われています。CMB 観測実験の GroundBIRD 望遠鏡に搭載予定の MKID 検出器をはじめ観測を支える技術の開発に挑む3人の研究者に話を聞きました。

今月の研究者

唐津 謙一（自然科学研究機構 国立天文台 先端技術センター 研究員）

岐部 佳朗（岡山大学 理学部物理学科 特任助教）

小栗 秀悟（高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 研究員）

聞き手

小森 真里奈（高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 広報コーディネーター）

小森：まず、研究内容についてそれぞれお伺いしたいのですが。

唐津：僕は、国立天文台で CMB の偏光観測のための超伝導体を使った共振器検出器、MKID（Microwave Kinetic Inductance Detector）の開発をしています。

小森：みなさん、大ざっぱに言うと研究内容は似ておられるんですか？

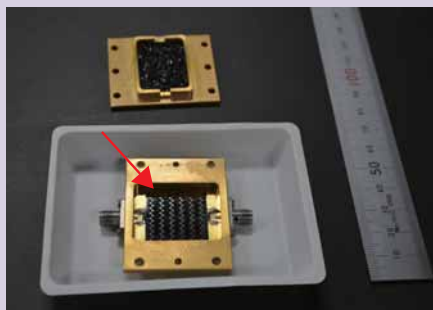
小栗：いや、だいぶ切り分けられていますよ。

唐津：天文台の先端技術センターにはクリーンルームがあって、そこで実際に超伝導検出器をつくっています。シリコン基板の上にアルミニウムを積んで露光し、エッチングすることによって、検出器を実際に手造りしています。

小森：じゃあ最初から検出器の設計もして、ここで組み合わせたり、削ったりしているんですか？

唐津：そうですね。削ったり切り出したりとかです。それで、あちらに冷凍機があるんですけども、あの冷凍機に造った検出器を入れて、冷やした上で性能評価しています。

岐部：僕の所属は岡山なんですけど、実験は基本的に KEK（高エネルギー加速器研究機構）に来て研究を行っています。やってることは、先ほど



←MKID 検出器。赤矢印の部分を拡大したのが表紙写真。
この1枚の中になんと100個の検出器がある。

唐津さんの言っていた検出器から出る信号を取得するための読み出し系の開発をメインにずっとやっています。

唐津：これが共振器検出器の MKID です。顕微鏡で見てもらったら良いんですけど、模様が見えませんか？（※上の写真及び表紙写真を参照）

小森：あっ、何か見えます！

唐津：これ1つ1つが検出器になってまして、全部で100個くらいあります。ただ、実際の観測に使うときにはもう少し大きくして、例えば7個や8個この塊を並べて、1つの読み出し回路で読み出します。

小森：じゃあ700個分ぐらいの検出器から来る信号をまとめて読み出すというイメージですか？

唐津：そうです、そういうイメージ。

岐部：まとめてポンポンと読み出せるようにしますね。具体的には全部決まっているわけじゃないですが、読み出し系のボードをいく

つか用意してそれで読み出してもいいですし、まとめて1本の線にして一枚のボードで読み出せるようにとかですね。まずは初期段階なので、この一枚にある100個の検出器からの信号を一枚のボードで読み出せるように研究をしています。

唐津：この MKID は、例えば CMB 観測装置の POLARBEAR で使っている検出器とはまた違うものです。MKID ではバイアスとかも必要なくて、本当に1本の線で100個とか200個単位の検出器からの信号を読み出せるんで、検出器に入る線の数が少なくて済むんです。その場合に何が得かという、例えば MKID を動作させるためには100ミリケルビンぐらいまで冷やす必要があるんですが、読み出し線の数が少ないので熱流入も抑えられて冷やすのに有利になるんです。

小森：将来的には例えばこういった観測装置に使うんですか？

唐津：たぶん次に小栗くんが話してくれる GroundBIRD に載せる予定です。

小栗：僕は GroundBIRD の研究です。実際に CMB における偏光パターン、B モードを観測してインフレーションまで踏み込めれば良いなと思っています。特色としましては、この共振器検出器の MKID を初めて搭載して、CMB 観測を行うこと。もう一つは速く回転して、地上なのに大角度スケールのパターンを取れるという点です。

小森：GroundBIRD は世界各地に観測装置を置くのでしたよね？



唐津さんとお子様。最近の趣味は子どもをあやして笑わせること。

からつけんいち
唐津 謙一

（自然科学研究機構 国立天文台 先端技術センター 研究員）

京都府出身。小さい頃は星座の神話が好きな文系天文少年。しかし、高校生の頃に暇つぶしで読んだ相対性理論の本がきっかけで物理の道へ。今のポストに就く前は原子核実験に携わっていた。現在は GroundBIRD に搭載予定の MKID 検出器の開発に携わっている。最近の趣味は子どもをあやして笑わせること。

小栗: そうですね、1台で空全体の4分の1ぐらいがカバーできるので、どうせなら4個置いてしまっ
て、全天カバーできたらいいなと。まだ夢の
段階ですけど。

小森: 例えば、GroundBIRD 一台目はチリあたり
に持っていくんですか？

小栗: チリのアタカマに持って行きたいとは思っ
てますけど、まだ場所がしっかり決まってるわけ
ではなくてこれからですね。まずは日本で装置と
して動くことを確認して、それからです。

小森: 皆さん、KEKと国立天文台で行き来されて
いるみたいですが、天文台でやれることと KEK で
やれることに、どういう違いがあるんですか？

唐津: GroundBIRD は、KEK、理研、岡山大学、天
文台の4つの機関が協力して進めているのですが、
理研と天文台は MKID をつくって、KEK は Ground
BIRD の望遠鏡のマウントというか鏡を含めた本体
を造る。それで、岡山大が読み出しを担当する
という形で分担してるんです。

小森: ところで、皆さんはこの新学術領域には最
初の頃から入られていたんですか？

唐津: 僕は去年からです。

小栗: 僕はまだ4カ月くらいです（笑）。

岐部: ちょうど1年ぐらいです。

小森: そうなんですね。皆さん前からやられて
るわけではなくて最近なんですね。

岐部: 前は全然違う分野にいたので。

唐津: 多分全員違う分野にいたと思いますよ。

小森: 具体的に皆さんどの分野におられたんです
か？

岐部: 前はニュートリノの実験をやっていました。
Double Chooz を東工大で一年半やって、その前
は KamLAND グループで学生の頃、6年ぐらいや
ってて。だからずっと素粒子をやってたんです。
それで、去年岡山に移ったときに今の研究に。

小森: ニュートリノの実験をやられてたときも読
み出し回路の研究をしていたんですか？

岐部: いや、全然（笑）。解析と KamLAND に入
っている液体シンチレーターを綺麗にするための
蒸溜法を使った純化装置を造っていました。

小森: そうなんですね。今の分野に来ようと思っ
たきっかけは？

岐部: 実は博士後期の時、羽澄さんの集中講義を
取っていて、そのときに CMB の話が出て面白そ
うだなと思っていました。



唐津さんと冷凍機（写真右端）。この冷凍機の中に MKID を
入れ、冷やした上で性能検査を行う



小森: なるほど。じゃあちょっと宇宙やってみよ
うかなというわけで？

岐部: そうそう。まさかこんなところだとは思っ
ていませんでした（笑）。全然今までのノウハウが
通用しない。

小森: 大変そうですね。

岐部: そうですね。新しいことがいっぱいという
意味では大変ですね。でも、苦ではないです。
まあときどき頓挫しながらも（笑）。詳しくな人
をつかまえて聞いて、ちょっとずつ進んでいけた
らなと思っています。

小栗: 僕は7月までまだ学生でした。博士後期の
間は原子炉からくるニュートリノを小さい検出器
で受けて、逆に原子炉のモニタリングをしてやろ
うという実験をしてました。最初は検出器を静岡
県の浜岡原子力発電所に置いて実験をしていまし
た。でも、地震後に全国原発が停止することにな
ったために、3カ月間バックグラウンド測定だ
けをして帰って来ました。ああ、これはもうD論
は無理だと思ったんですけど、その後、運よく滑
り込みで大飯発電所に行けることになったので、
測定しながらD論を書きました。3月では卒業で
きなかったんですが、7月に卒業できました。

小森: 博士後期のときは、装置開発もされていた
んですか？

小栗: 一からですね。プラスチックシンチレータ
ーという放射線が飛んで来たら光るものがあるん
ですけど、それを買ってきて、自分達で光学セメ
ントでフォトマル（光検出器）を付けて並べたり
とか。DAQ（データ収集システム）も自分達で組
みました。基本的には僕と1つ下の後輩と、あと
は修士の学生が1人いて、3人で大体やっていま
した。こじんまりとした全部自分たちで出来るよ
うな自由気ままな実験で。PANDA という名前がっ
ています（笑）

小森: そのときの研究が今の研究で何か役に立っ
たことはありますか？

小栗: 技術的にはだいぶ違うんですけど、
今やってる GroundBIRD は人数が少ないので、一
通り全部に関わるようなことが出来ます。そう
いう広い視野じゃないですけど、一から色々
なことをやってきた経験は、細かいところで今に
活かたりというのはありますね。

唐津: 僕は、原子核実験をやっていました。アメ
リカのブルックヘブン国立研究所というところ
にいて、そこに加速器と検出器があるんですけれ
ど

きべ よしあき

岐部 佳朗

（岡山大学 理学部物理学科 特任助教）

大分県出身。中学生の頃に読んだアインシュタインの本
がきっかけで物理学に興味を持つ。現在のポストに就く
前はニュートリノの実験に携わっていた。博士後期の集中
講義で CMB についても興味を持ち、現在は GroundBIRD
に搭載予定の MKID 検出器の信号読み出しの研究に携わっ
ている。趣味はサッカー観戦、読書。

←岐部さんの趣味はサッカー観戦。有名選手のユニフ
ォームの前で

も、その加速器で偏極陽子を加速、衝突
させて陽子のスピンの構造を見るという
研究をしてました。そういう研究を5年
間やった後、CMB のグループに来たん
です。

小森: それはどういったきっかけで？

唐津: 僕がやっていた実験以外にも、
ブルックヘブンでは金の原子どうしをぶ
つけてその時にできる高温・高密度のク
ォークグルーオンプラズマという宇宙の
初期状態を作り出して、その性質を調べ
る実験もやっています。僕はそれがやり
たくて大学院を選んだはずなんですが、
いつの間にか当時の指導教官の趣味で陽
子のスピン構造を調べることになりまし
て（笑）。なので、もともと宇宙の初期
には興味がありました。

例えば、加速器実験ですとエネルギーに
上限があるんで、それよりもさらに初期
の宇宙の状態を調べたかったら何がある
んやろう？と調べてたことがあって、
CMB を知りました。それでポストから
は CMB の研究をやってみたいなと学生の
頃に思っていたんです。

小森: その時の経験は結構今でも役に立
っていますか？

唐津: いや、そんなことはないですね。
実際に検出器を手で造ったりしたことは
なかったの。クリーンルームに置いて
ある装置を使うのもなかなか大変で、い
ろいろ覚えることも多かった。あと、
検出器を冷やすための冷凍機も全く使っ
たことが無かったので、全然知らないこ
とばかりでした。でも、経験が活きてい
るのか、取ったデータの解析は自分にと
っては簡単でした。

小森: 例えば、国立天文台の周りの人と
情報交換したりとか、そういうことはあ
るんですか？

唐津: 天文の方とはあまり交流はないで
すけど、超伝導工学系の知識も必要な
ので、今までかかわることのなかった工
学系の方としゃべることは多くなりました。

小森：そうなんです。あとお聞きしたいのが、研究してて面白いと思うことはありますか？

岐部：出来なかったことが出来るようになるのは楽しいですね、全体的に。特に今は分からないことだらけなので、1個1個壁を取り払って、分かるようにしていくのは達成感があって、とても楽しいです。意外と未知の分野にポンと飛び込んでもやれるもんだと。

小栗：やはり自分でものを造って、それが最終的に動くっていう、その動いた瞬間が非常に快感です。造っている最中にだんだん愛着がわいてくるんですよね、測定装置に。

唐津：達成感がありますね。僕も一からものを造りたい人間なので、何もできてないところから組み上げて動くというところがやっぱり楽しいです。あとは、結構飽きっぽい性格なんで、毎日同じことをずっと続けてるといやになってくるんですよね。でも、仕事で新しいもの造るとか、解析が上手くいったりとか、そういう新鮮さはあったりとかしますから、研究やっててよかったなというふうに思います。

小森：ところで、今の研究じゃなくても物理とかに興味を持った昔のきっかけは何かありますか？

岐部：確か中学生のときに、図書館でアインシュタインの本を読んで、数式がカッコいいと思った記憶があります。それで最初は素粒子理論をやりたいと思いました。それで、大学に入ってから素粒子理論にいきたくて、4年生になるときに、研究室が割り振られるんですけど、そのときに落とされて（笑）

唐津：そんな負の歴史が。

岐部：負の歴史というか事実だからしょうがなく、素粒子実験をやっているとところに行きました。そこで1個上の先輩にいろいろと感化されて、素粒子実験のほうが好きそうだなと。

小森：でも、羽澄さんの集中講義が。

岐部：そうです。集中講義は博士後期3年のときに、単位が足りないからって事務から言われて受けたんです、本当は。でも、その集中講義がなかなか面白くて（笑）。



小栗：僕は望遠鏡が家にあったんですけど、どちらかというと、星より望遠鏡自体に興味がありました（笑）。何か建物見ると上下逆になってるとか、そういうのは覚えてますね。どちらかというとそういう技術のほうに興味があって。あと中学、高校の間はわりと数学のほうに興味がありましたね。でも、大学に入ってから、手を動かすのがいいなと思って、全部一からつくれる実験のほう面白そうだと思って。

唐津：数学好きだったの？

小栗：数学っていても、どちらかというと数式をやるというよりは原理的なほうが好きでした。証明とかですね。パズルみたいなのが好きでした。

岐部：確かに実験ってパズルみたいな要素あるよね。

小森：どちらかというと観測より装置のほうに興味？

小栗：もちろん宇宙にも興味があって、どちらかと言えば惑星とか太陽系とかいうよりは、宇宙の始まりとか素粒子関係のほうに興味あります。そういう意味でCMBだったら全部を見て全体的に議論できるので楽しいかなと。

唐津：僕は、保育園の頃に、ギリシャ神話に興味がありました。

小森：星座の話とかですか？

唐津：そうです。なので、ちょっとは宇宙に興味があったんですけど、親が文系だったので、どちらかと言えば自分も文系なんじゃないかと思ってました。

でも、高校のときに親の仕事の都合で1年間イギリスに行ってたんですけど、その時にすごい暇で、何か本を読みたくてロンドンにあった屋敷書店に行ったらたまたま相対性理論の本があって。

岐部：すごいですね。

唐津：簡単なやつです。でも、読んでみたら面白くて。物理とか数学のほうが好きなんじゃないかなと思って理系に進むことに

おぐりしゅうご

小栗 秀悟

（高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 研究員）

東京都出身。小さい頃は、機械の技術や自然現象の仕組みが気になる少年時代を過ごす。学生時代に原子炉ニュートリノモニタリング実験 PANDA に携わり、少人数で一から実験を組み立てる面白さを知る。現在は GroundBIRD の本体デザインや GroundBIRD の高速回転の要となる回転ステージの研究を行う。趣味はスキー。

←小栗さんと屋久杉。研究の傍ら、趣味の一つである山歩きを楽しむ。

しました。だから僕もどちらかという理論的な話が好きなんで、大学1、2、3年ぐらいまでは理論の研究室に行きたいと思ってたんです。でも、3年生の時に学生実験の打ち上げの幹事をやらされたんです。その打ち上げの時は実験の先生も理論の先生もいたんですが、理論の先生に「君はたぶん実験系に行ったほうがいいよ」って言われました（笑）。

小森：理論の先生に拒否されてる？

唐津：違う、違う。「こういう飲み会の幹事をできる人は、理論系より実験系に行ったほうがいいよ」みたいなことを言われて（笑）。で、そうなのかなと思って、実験系に。

小森：すごいきっかけ。皆さんいろいろありますね。聞いてみるもんだなと思いました。あとは、この新学術領域のお勧めなどがあれば。

唐津：たぶん、このCMBの分野は素粒子実験と電波天文とかを結ぶ分野なわけですよね。そういう意味で境界分野というのはこれから研究の方向として伸びていくと思います。中でも、このMKIDは、さっきも言ったように、超伝導工学系の人も入ってきたりしてるので、そういう意味で今後広がる可能性があるんじゃないかと思っています。

小栗：CMB 実験って、B モードパターンを捉えようとしていますけど、まだ見つかっていないものじゃないですか。誰も見つけていないものを見つけようとするに、僕は惹かれますね。

岐部：今まで扱ってたのは液体シンチレーターとフォトマル（光検出器）という、たぶん業界スタンダードのやり方をやって、MKID なんていうのは自分の感覚としては新しい。そういう意味では新学術のこの分野に限って言えば、そういうフロンティア的なものをどんどん取り入れて、貪欲に技術を更新してみようとするのはとても素晴らしい点だと思います。新しくても良いものはどんどん取り入れましょうという哲学はとても良いと思っています。

小森：あとは、学生や一般の方に訴えたいことはありますか？ 学生さん向けでも良いです。

唐津：たぶん、やる気があればというか、やれば何とかなるというか、そういうところがあると思います。小学校とか中学校のときには自分よ



↑岐部さんの研究風景の一コマ。まずは100個のMKID検出器からの信号を1枚のボードで読み出せるように日々研究中。

戦略会議報告

本新学術領域の総括班では、ほぼ3カ月に一度「戦略会議」を開催し、領域全体の研究の進め方を討議しています。これまでに14回の会議を開催しました。5年間のプロジェクト期間では、当初予期しなかった変化が必ず訪れるものです。総括班では、変化を先取りした積極的なプロジェクトマネジメントを目指して活動しています。一例として、最近の会議(2012年10月2日)の内容を以下に紹介します。

10:00 議論：アウトリーチについて
10:30 A02 報告 大谷
11:30 A05 報告 小玉
12:30 昼食
13:30 A03 報告 松浦
14:30 A01 報告 羽澄
15:30 プレーク
16:00 議論：科学衛星計画について
17:00 A04 報告 服部
18:00 終了

★ もっと詳しく知りたい方へ ★

- ・宇宙のはじまりを見る！背景放射で拓く宇宙創成の物理
- インフレーションからダークエイジまで -
<http://cbr.kek.jp/>
- ・自然科学研究機構 国立天文台 先端技術センター
<http://atc.mtk.nao.ac.jp>
- ・岡山大学 理学部物理学科 宇宙物理実験グループ
<http://fphy.hep.okayama-u.ac.jp/sakuda-ishino/index.html#>
- ・高エネルギー加速器研究機構 CMB 実験グループ
<http://cmb.kek.jp>
- ・総合研究大学院大学 学融合推進センター HP
ビッグバン以前の宇宙を探る科学衛星に向けた小型地上観測実験
(GroundBIRD 実験についての説明)
<http://center.soken.ac.jp/project/koubo/s61umn000000336w.html>
- ・POLARBEAR 実験
<http://cmb.kek.jp/polarbear/>

編集を終えて

今回は国立天文台の先端技術センターにお邪魔しました。高校の天文部時代に4次元シアターや観望会に行ったりして、天文台にはそれなりの回数お邪魔しているはずなのですが、先端技術センターは初めてでした。良い観測精度もたゆまぬ技術開発あってこそですね。それと印象的だったのが、国立天文台、岡山大、理研、KEKなど各研究機関の連携でした。まるで各パートが全力を出して一つの音楽を作り上げていくオーケストラのようですね。GroundBIRD 実験、乞うご期待です！



歴史を感じさせる天文台の門標



インタビュー後、研究の話し合いをなさる3人の熱心な姿が印象的でした。

り周りは頭がよくて、僕とかそんなレベルの高いほうじゃなかった。それがコツコツずっとやってたらいつの間にかこんなところに来てるわけですから。だからそういう意味でも面白いと思って、いたことをずっとやってたら、そのうち努力が実るんじゃないかなと。

小栗：やりたくてやってて、やってるうちに慣れてきて、それなりになれるといううか。

岐部：まあ、この業界はやりたい人がやりたいようにやる、という人たちの集まりですから(笑)。

小栗：学生さんはきっと楽しい体験ができるんじゃないかなと思います。新しいことも沢山ありますし、やるべきことも沢山あるので。

岐部：人生を物理に捧げたいという人はぜひどうぞ。来る者は拒まずです(笑)。

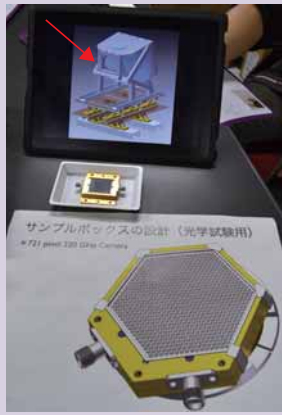
唐津：それは重い気がする(笑)。

小栗：それと、地球上にいないが宇宙の始まりを研究出来るというのは楽しいと思います。GroundBIRD は特に。

チリでもハワイでも良いですけど、地上に装置を置いて、そこにいながらにして誰も見つけていないものを探して、宇宙の始まりを研究できるというのはそうそうやってないと思うんですよね。興味がある人はぜひ来て欲しいです。

唐津：やっぱり研究やから、ハードルが高そうに見えるかもしれないですけど、結局教授とか准教授とか、僕らもそうですが、普通のオッサンなんです(笑)。研究の世界に入ってみてわかるかもしれないけど、そんなに身構えて、すごいことなんやと思わずに、ちょっと興味あるからふらっと来るみたいな、そんなのでも全然いいと思います。

小森：最後にお聞きしますが、この MKID は GroundBIRD に載せるために研究を進



←MKID 検出器(写真中央)は、六角形状のサンプルボックスに入れられ、GroundBIRD の焦点面(赤矢印部分)に設置される予定

められているとのことですが、他の装置にも載せたりというのはあるんですか？例えば、CMB の方のお話を聞いていると、そのさらに先のプロジェクトとして、LiteBIRD 衛星とかがあると思うんですけども、そういうのに載せたりは？

小栗：位置づけとしては、GroundBIRD で上手くいくことを確認してから衛星に載せるという感じですね。確実に動くものでなければ衛星には載せられないですから。

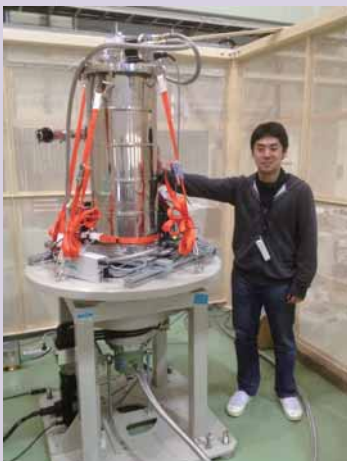
小森：他の分野での MKID の利用というのもありえるのでしょうか？

唐津：そうですね、LiteBIRD にも載せるつもりで開発はしていますけど、そうならなかった場合でも、GroundBIRD には絶対載せます。それと、MKID は色々と応用が効くというふうに思って研究をしています。

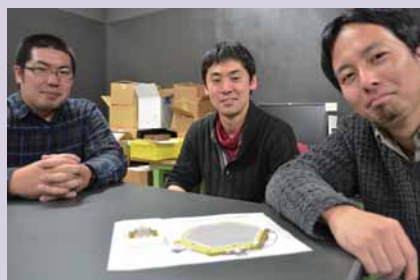
小森：じゃあどういう機会があるかはまだ分からないけれども、ほかの分野の人とか、例えば衛星など他の実験にも売り込むことも将来的には何となくは考えておられるんですね。

唐津：そうですね。まあ、売り込むというか、自分でもプロジェクトを立ち上げて何かやりたいなというのは思ってます。まだ具体的なものがあるわけではないですが。

小森：なんだか多くの可能性がありそうですね。本日はどうもありがとうございました！



↑小栗さんと冷凍機を搭載した GroundBIRD 用回転ステージ。高速で回転し、広い範囲を観測出来るよう目指す



左から岐部さん、小栗さん、唐津さん

科学研究費補助金新学術領域研究（研究領域提案型）
「背景放射で拓く宇宙創成の物理」 ニュースレター

ゆらぎ 2012 年 秋号

編集・構成：羽澄昌史、小森真里奈

協力：唐津謙一、岐部佳朗、小栗秀悟

印刷：松枝印刷株式会社

宇宙のはじまりを見る！ 背景放射で拓く宇宙創成の物理
- インフレーションからダークエイジまで -
<http://cbr.kek.jp/>

2012. 11