

南極点の研究を支えるウィンターオーバー

牧野 友耶 (Wisconsin IceCube Particle Astrophysics Center, University of Wisconsin-Madison ymakino@icecube.usap.gov)

1. ここで研究するということ

朝食をいつものように逃したあと、起き抜けの身体をコーヒーで醒まして、ほぼ日課となっている検出器のチェックに向かう準備をする。デスクの横に大きく広げて乾かしてあるのは、北アルプス厳冬期用のシュラフをそのまま縫い合わせたような、通称ビッグレッドと呼ばれる特注のジャケットである。ジャケットの胸部には大きく名前のラベルが貼り付けられている。目出し帽やゴーグルで顔を完全に覆ったあとは、見た目では誰が誰だか判断できないからである(図1)。全身をどうしてもなくかさばる装備に着替えたあと、厚さ10インチはあろうかという厳重なドアを開けて外に出るのだが、三重の手袋をしているために操作が難しくいつも手間取ってしまう。外に出てはじめての息を吸うと、あまりに空気が冷たいために息がとまりそうになる。横から吹く風が直接当たらないよう大きなフードをいっばいに広げて顔を守りながら、数mおきに設置された旗を頼りに極夜のなか約1マイル先の観測施設に向かう。その途中、ルートの手右見える雪面から突き出た赤色のボールが目に入るたびに、ここに来てから半年以上経過した今でもぞくぞくせずにはいられない。1959年の南極条約に批准した、各国の国旗に囲まれたそのボールが示すのは南緯90度。いま筆者が暮らし研究しているここは、南極点である。

2. IceCube とウィンターオーバー

IceCube Neutrino Observatory は、南極点アムンゼン・スコット基地の真横に建設された、 1 km^3 もの有効検出体積をもつ世界最大のニュートリノ望遠鏡である。主に、銀河系外の高エネルギー天体現象で生まれる宇宙ニュートリノ($>100\text{ TeV}$)をターゲットとするIceCubeは、氷床中に掘削された86本の深さ2,500 mに及ぶ縦穴に、合計約5,000台の光検出器モジュールを埋設しニュートリノが残す信号を観測する。巨大な氷床があること、また基地から電力等のインフラを享受できることから選ばれた南極点であるが、そのユニークな地理的特徴はロジスティクスや通信を始めとしてあらゆる観点から検出器の運用を極めて困難にしている。1年の半分以上が世界から完全に孤立するこの場所で、1年間にわたって観測と運用の責任を負うのがIceCube Winteroverである。

初めてこのポジションの存在を知ったのは、修士1年のときだった。Large Hadron Collider (LHC) でハドロン散乱の前方領域の粒子生成を観測するLarge Hadron Collider forward (LHCf) 実験の一員としてCERNを訪れていた際、



図1 顔が凍りつき目が開けられなくなることもある。

機関誌CERN Courierの巻尾にポジションの応募を見つけた。職務内容は簡単には以下である。

- ・11月からの1年間、南極点のアムンゼン・スコット基地に滞在し、二人一組24時間体制でIceCube検出器の運用と保守を行う。
- ・3-9月の6か月間は太陽が一切昇らない極夜が続く。
- ・基地が閉鎖される2月中旬から10月下旬の越冬中は何があっても絶対に帰れない。誰も助けに来ない。

この募集を見たときは、これだ!と鳥肌が立つ程の衝撃を受けた。なにしろ筆者は研究室選択の段階から、普通じゃ行けない遠くの海外にできるだけ長く行かせてくれる研究室をわざわざ選んだような人間である。ただ当時は各種要件を全く満たしておらず、さらには飛行機で水を頼んだつもりが出てきたトマトジュースを文句も言えず我慢して飲むような英語力だったため、とても現実的なオプションとしては考えられなかったが、このとき以来いつもこのポジションのことが頭の片隅にあった。

LHCf実験は全体で30人程というLHCで最小規模のグループということもあり、博士号を取得するまでにLHCという大きな舞台で、開発・測定・解析まで実験がどう機能するか実務レベルで広く経験させてもらえた。その後は、IceCubeの千葉大グループに拾ってもらい、ポスドクとして主に拡張計画用の新型光検出器の開発に2年間携わることができた。気づいてみると、これまでの経験から自分がウィンターオーバーになっても不自然ではないと思えるようになり、千葉大の仲間からの後押しもあって、ついに応募することを決めた。

ともすると実験グループ内の罰ゲームとも勘違いされるウィンターオーバーであるが、実際には厳しい競争を勝ち抜かなくてはならない。世の中には想像以上に変な奴がた

くさんいるのである。選考は書類審査、ビデオ面接に続いてIceCubeの本拠地ウィスコンシン州マディソンでの3日間にわたる面接と身体検査によって決定される。最終面接の段階では純粋なオペレータとしての能力よりも、1年間南極点で精神的、肉体的に問題なくやっていく能力やパーソナリティが見極められていたように思う。晴れて採用されたのは筆者と、Kamland-Zen実験に参加していたJohn Hardin氏である。今日まで一緒に働いているミズーリ州出身のジョンは、システムに話しかけながら検出器を操作するような変わり者であるが、抜群に頭の切れる、話していて飽きない頼りになるいい相棒である。

3. 南極点に行くまで

採用後は、夏からマディソンでIceCubeの検出器と測定システムのすべてを頭に叩き込むための3か月間のトレーニングが待っている。トレーニングでは南極点の実際の測定システムを完全に模した施設を使用する。毎日の流れは、測定システムの各要素のエキスパートから詳細な講習を受けたのちに、「どこかは言わないけど、システムの一部に(ハード/ソフトウェア的に)わざと問題を起こしたから自分たちで見つけて直してみて」というのが基本である。マディソン自体は素晴らしい街で、3か月間の滞在をとても楽しむことができた。ここぞとばかりに好きなものを好きなだけ飲み食いした結果、トレーニング中に体重をミドル級まで数階級上げることに成功した。なにしろ南極点に行くのである。腹回りの脂肪は身体を寒さから守る断熱材であって、あくまで準備の一環である。

その後、南極に向かう直前にアメリカ南極プログラムの本拠地のあるデンバーにて、アムンゼン・スコット基地のウィンターオーバーはほぼ全員が参加する緊急時対応訓練とチームビルディングを行う。越冬期間中はいかなる事態が起きても、自分たちだけで対応しなくてはならないため、全員が消防や救急医療といった班に割り当てられる。筆者がサインアップした消防隊の訓練は生半可なものではなく、本物の消防士を養成するためのアカデミーで1週間にわたって徹底的に行われた。想像とは裏腹に座学はそこそこ、ほとんどの時間が実際の消防士と同じ全重量が20 kg近い完全装備を着た上での実技訓練に費やされる。最終的に訓練は、天井を猛烈な火が這い回り、煙で10 cm先が何も見えないような燃え盛る訓練用のビルに突入、救助と消火を行うというレベルにまで達した(図2)。まったく何しに南極点に行くのかわからなくなるような濃い訓練であった。消防隊と救急医療隊が合流したあと最後に行うチームビルディングは、ほぼレクリエーションといったところだが、実際にはサイコロジカルテストも兼ねており、残念ながらここで弾かれるメンバーもいた。そしてついに、南極大陸の玄関口であるクライストチャーチを経由して、アメリカ空軍の特別機で大陸沿岸のマクマード基地、そこから南極点のアムンゼン・スコット基地に向かう。



図2 消防訓練を終えたあとの記念撮影。筆者中央右。ちなみに背景は燃えそうに熱い。

4. 南極点とウィンターオーバー

南極大陸のほぼ中心に位置する南極点は大陸内部を覆う世界最大の氷床の上にあり、標高は3,000 mに達する。気温は真夏でも-20度を上回ることとはなく、冬には-70度を下回る。夏と冬はそれぞれ昼と夜に対応し、1年の半分は地球で最も長い極夜が続く。1956年にアメリカによって南極点に建設された科学研究用の基地は、初到達を競った二隊を讃えアムンゼン・スコット基地と名付けられた。以来、毎年越冬隊が派遣され、気象学、天文学や素粒子宇宙物理学の研究が通年で行われている。10月下旬、冬が終わる頃になると気温が上がり航空機の発着が可能になる。夏の間は基地の補修や、望遠鏡・検出器の改修のために多くが南極点を訪れ、最大で150名程度が基地に滞在する。年が明けて、しばらくすると滞在する人間は急激に減っていき、輸送機の発着が不可能になる2月中旬に基地の閉鎖を迎える。次の夏まで基地に残るのはウィンターオーバーのみである。

南極点のウィンターオーバーは精鋭の集まりである。これまでに複数回の南極大陸での越冬を繰り返してきた猛者や、アメリカ軍出身者、さらにはNASA/SpaceX/MIT/Google等の名だたる機関・企業を前職にもつエンジニアなどが集まっている。だれもが、聞くべき話をもった魅力的な仲間ばかりである。今年の場合ウィンターオーバーは42人で、オーストラリア人と日本人一人ずつを除くほぼ全員がアメリカ人で構成される。ちなみにアムンゼン・スコット基地64年の歴史の中で、日本人ウィンターオーバーはHenry Morizumi氏(1960年)、与儀格氏(1977年)に続いて筆者が3人目である。本音を言えば、自分が第一人者に違いないと踏んで知り合いに触れ回った上で南極点までやってただけに、基地内の資料に記された歴代のウィンターオーバーの中に日本人の名前を見つけたときの感情はまったく複雑であった。以来、「21世紀では初」、「43年ぶり」などの枕詞を使うようにしている。



図3 写真中央下がIceCubeの観測施設で水中の全検出器の信号がここに集まる。なお気温-60度での撮影は過酷なもの。凍傷との戦いである。

5. 南極点での暮らし

筆者とジョンのここでの仕事は、南極点におけるIceCubeの観測に関するすべての業務である。現地にいるのが我々のみであること、また通信環境が極めて悪いことから遠隔での操作も難しいためである。普段の作業では、通常の観測に加えて各種較正のためのテストランなどをスケジュールし、それに合わせて検出器を操作していく。同時に、5,408台の光検出器とそこから上がってくるデータを処理する274台のサーバー、さらにサーバーで走る8,881のサービスが常に正常に動作するように24時間体制で監視、点検ないし修理を行う。基本的には検出器は基地内の端末から制御できるようになっているが、問題が深刻な場合、例えば午前3時にシステムからの緊急連絡が入って-60度、寒風（というか地吹雪）吹きすさぶ極夜のなか修理のために1マイル先の観測施設（図3）に向かう、というようなこともある。

極夜が始まってもうしばらく経つ。ここでの複雑な心境の変化や閉鎖的な環境特有の問題、またそれにどう対処したか書けたら良いと思うのだがとても困ってしまう。まったく問題がないからである。特殊な環境には違いないが、むしろ越冬が始まってからの毎日は驚くほどに充実している。ここでの生活は退屈するほうがよっぽど難しい。帰りたいなど初日から今日まで思ったことがないし、何かが恋しいということもない。しいて言うなら、ケンタッキーを山のように買ってNetflixをひたすら観るという、日本での長年の趣味がここでは叶わないことくらいである。それも前者については大した問題ではなく、基地の一流のシェフがアメリカ各地や世界の郷土料理を作ってくれるので基本的に食べ物の不満は全くない。味噌汁すすってない



図4 Ceremonial South Pole (写真中央) の上に広がる天の川とオーロラ。写真奥に見えるのがアムンゼン・スコット基地。

やってられないような人には南極点での越冬は向いていないと思うが、筆者のようにベーコンをポリポリかじっていれば幸せな人間には、ここは南の果てに見つけた桃源郷である。

ところで南極点を示すマーカーは、毎年GPSに基づいて位置が決められている。しかし一応研究者の端くれ、「ここが南極点です」と言われて鵜呑みにしてるようでは駄目である。そこで、Amazonで六分儀を購入（夏の間はちゃんと南極点まで届く）、測量チームのいうところの南極点の真上に立って天測を試みたところ、結果は89度53分であった。どうやら“筆者の南極点”はここから13 km離れたところにあるようである。筆者の六分儀による天測とGPS、どちらを信じるかは読者に任せたい。

6. おわりに

南極点でのウィンターオーバーはポストドクが進むべきアカデミアのキャリアとしては“正しく”はないと思う。ただ、これが筆者のやりたいことであった。今日までの毎日、南極点という場所でIceCube検出器を運用していることに誇りを感じている。

IceCube実験はこれから段階的に検出器を拡張していくため、ウィンターオーバーに限らずとも、これから先南極点に来て能力を発揮する機会は確実に増えていく。南極点に世界最大のニュートリノ検出器を構えて高エネルギー宇宙を観測するなんて、こんなに胸躍る話はないと筆者は思っている。同じように思う学生の方もいるかもしれない。ぜひ挑戦してみてほしい。

（2020年5月6日原稿受付）