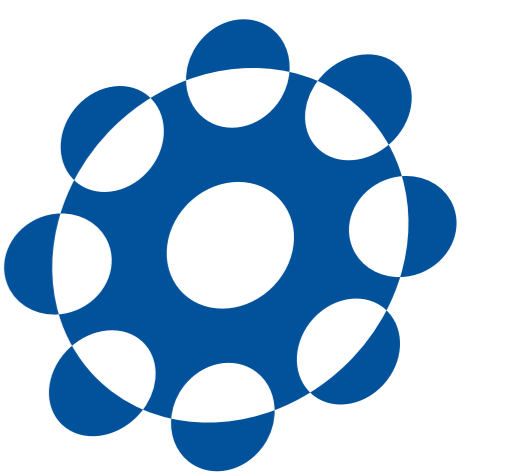


GroundBIRD実験におけるテスト観測用レシーバの準備



○石塚 光(総研大), 田島 治(KEK), 羽澄 昌史(KEK), Jihoon Choi(Korea Univ.), ほか
GroundBIRDグループ



1. GroundBIRD実験

宇宙初期にインフレーションが起こると原始重力波が生成される。原始重力波はCMB(Cosmic Microwave Background: 宇宙背景放射)偏光に痕跡を残し、大角度スケール($\gtrsim 1^\circ$)における奇パリティパターンBモードはその決定的証拠となる。

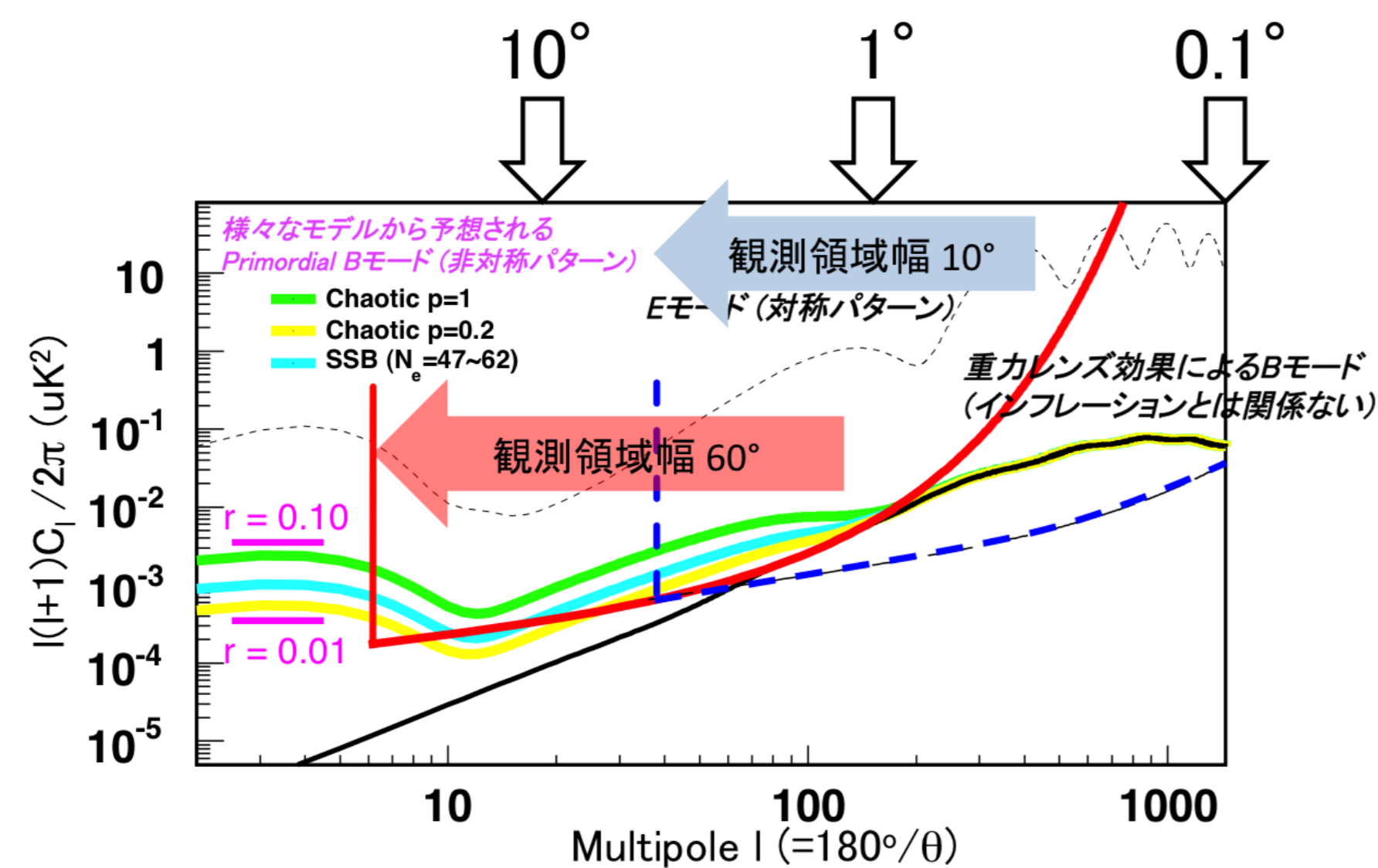


図 1: CMB 偏光のパワースペクトル。赤線はGroundBIRD実験で期待されるBモードの感度を表す。GroundBIRD実験ではBモードが強められる再結合(multipole $l \sim 100$)と再イオン化($l \leq 10$)時の2つのパンプをターゲットにしている($6 < l < 300$)。青の破線は他の地上実験がターゲットとする multipole range。

GroundBIRDは従来のCMB実験とは一線を画する特徴を持った地上観測実験である。

- 高速回転スキャン
- それを可能にするコンパクトな装置デザイン
- CMB観測と同時に検出器の較正をおこなう

これらの特徴により、 $1/f$ ノイズの影響をうけることなく、全天の30%の観測領域を達成する。これにより、原始重力波起源のBモード(大角度スケール)に最適化した観測を行う。本ポスターはGroundBIRD実験の鍵となる、ワイヤーを用いた較正の研究と、それを実証するためのテスト観測レシーバの準備状況について報告する。

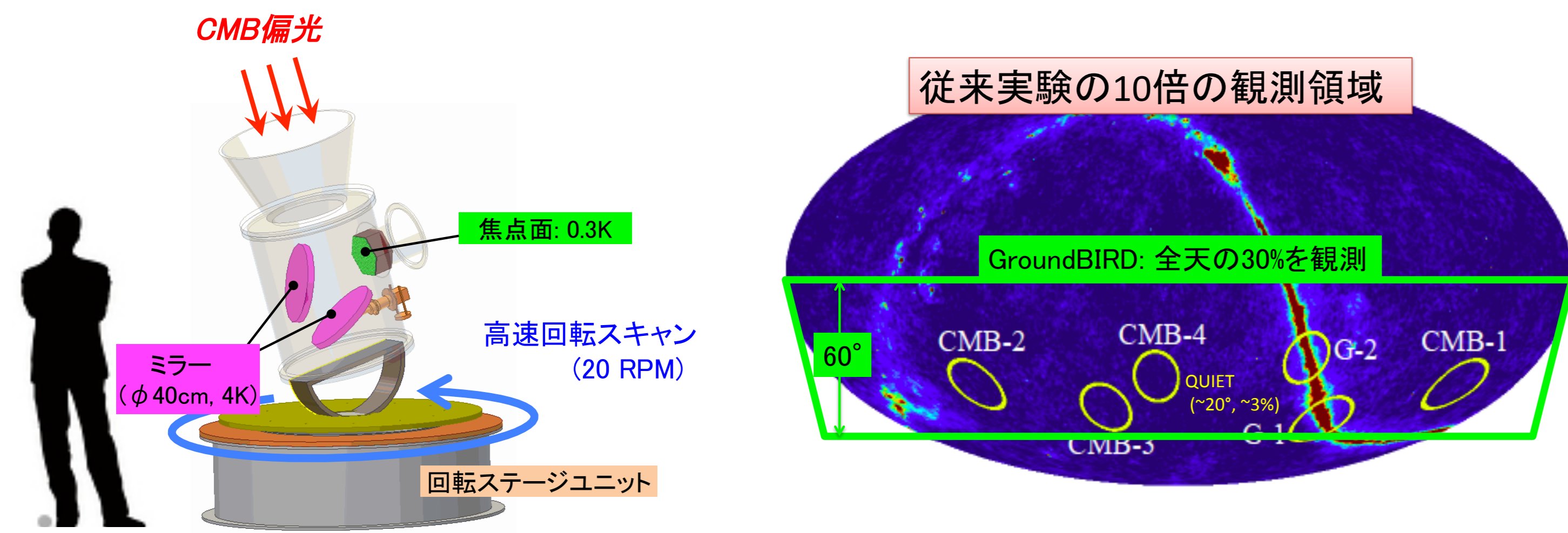


図 2: GroundBIRDの概念図。CMBは直径400mmの鏡で集光され検出器で測定される。検出器を内包するクライオスタットは天頂角20°傾けた状態で高速回転する。

2. ワイヤーを用いた偏光応答の較正

GroundBIRDは望遠鏡自身の回転を利用して、観測を行いながら偏光応答の較正を行う。一定の速さで回転する偏光信号は、回転の2倍周期の変調信号となる(図4右)、この強度をX軸アンテナ、Y軸アンテナそれぞれの出力について比較することによりGainの不揃いを較正する。

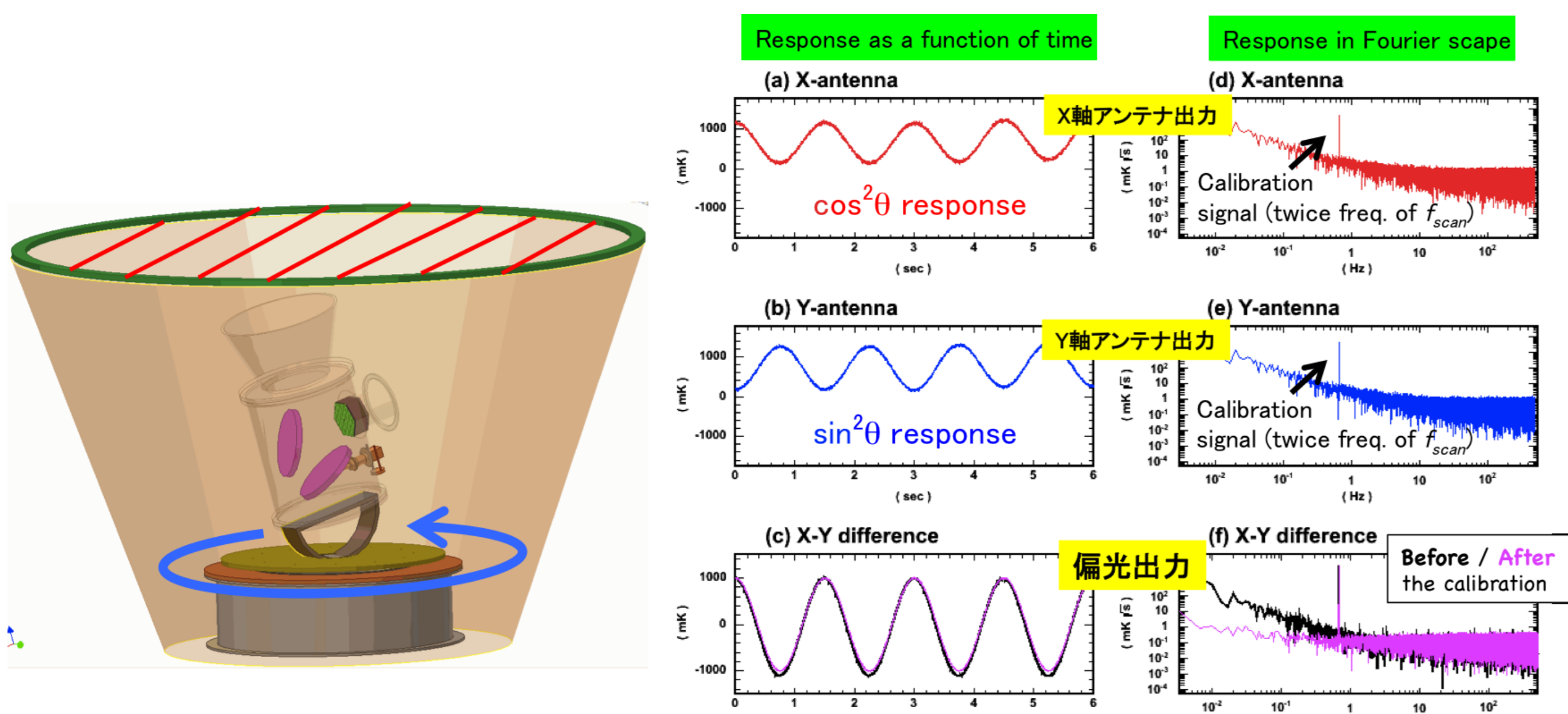


図 4: ワイヤーを用いた較正方法。望遠鏡の回転はワイヤーからの偏光信号の変調をもたらす(左)。大気ゆらぎの二周波数 $f_{knee} = 10\text{Hz}$ 、検出器の二周波数 $f_{knee} = 100\text{mHz}$ 、NET= $300\mu\text{K}\sqrt{\text{s}}$ 、Gainの違いを10%と仮定したときのシミュレーション結果(右)。

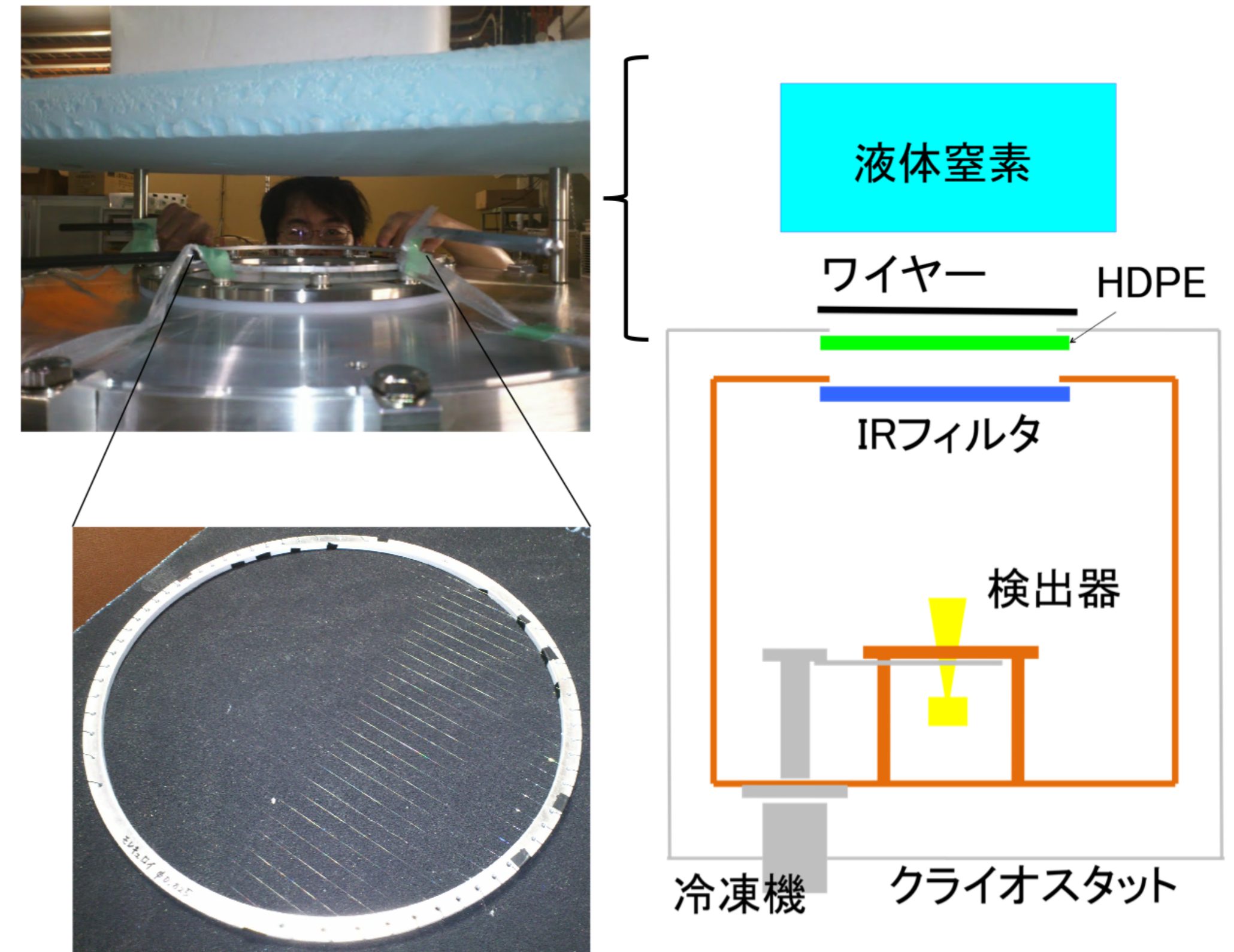
謝辞
今回の測定は総研大のラボローテーションの一環として、JAXAから宇宙科学専攻の白井博さんと山本啓太さんの協力により行った。2人にはこの場を借りて感謝の意を表す。

参考文献
[1] O. Tajima et al., "GroundBIRD – an experiment for CMB polarization measurements at a large angular scale from the ground" Proc. SPIE, 8452-58 (2012).
[2] O. Tajima, H. Nguyen, C. Bischoff, A. Brizius, I. Buder & A. Kusaka "Novel Calibration System with Sparse Wires for CMB Polarization Receivers" J Low Temp Phys 167:936-942 (2012).
[3] QUIET Collaboration "The QUIET Instrument" arXiv:1207.5562 (2012).

3. 実験室での較正方法の検証

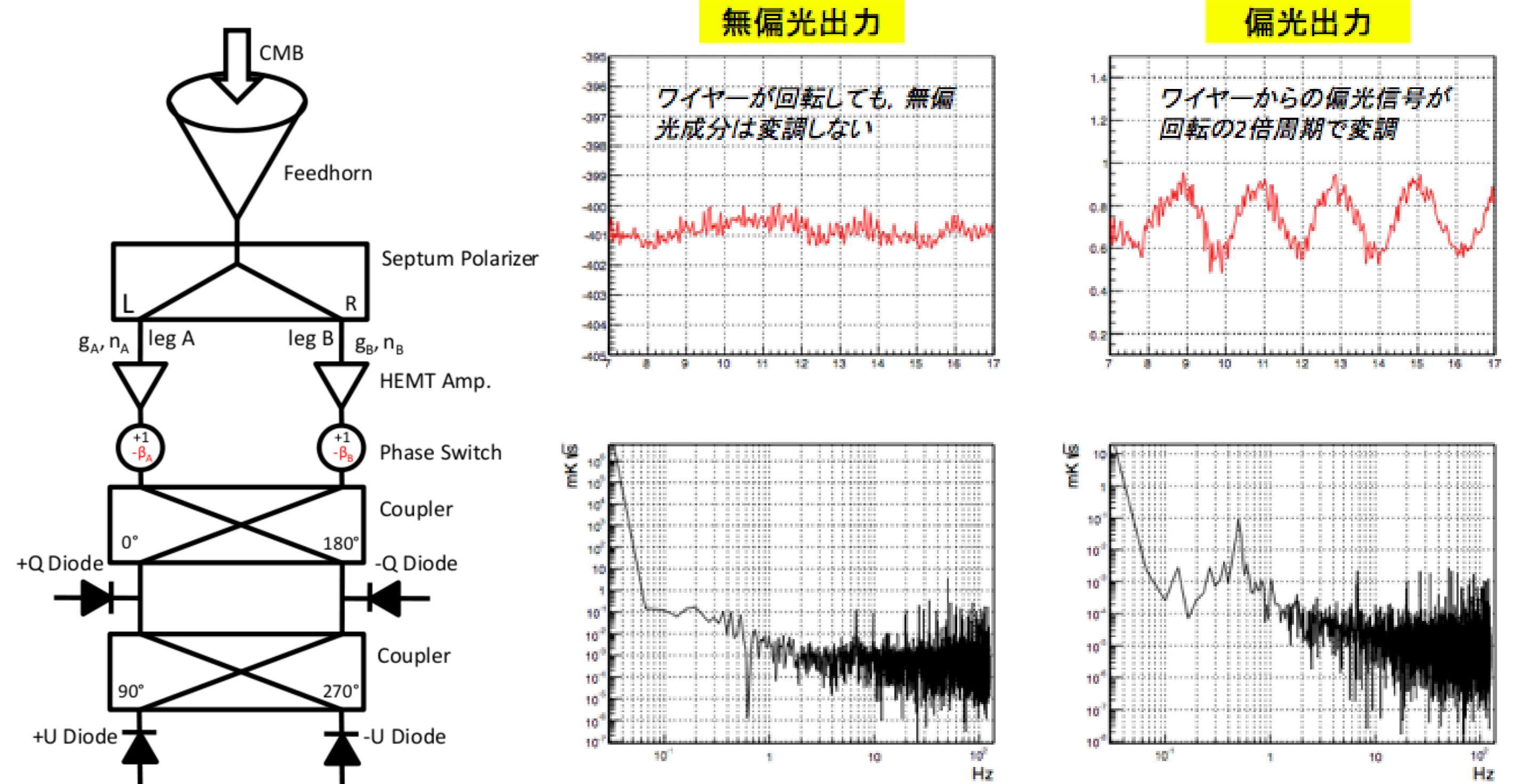
3.1 較正装置の構成

実験室では、偏光検出器を内包するクライオスタットは地面に固定されている。クライオスタットの上部はHDPE(High Density Polyethylene)の窓となっており、そこから液体窒素で冷やされた黒体(エコソープ)の放射が入射する。等間隔(1cm)に張ったワイヤーを窓と黒体とで回転させて偏光信号を得る。なお、今回は従来実験(QUIET実験)の検出器[3]を用いて実験を行った(冷凍機で15Kに冷却して使用)。



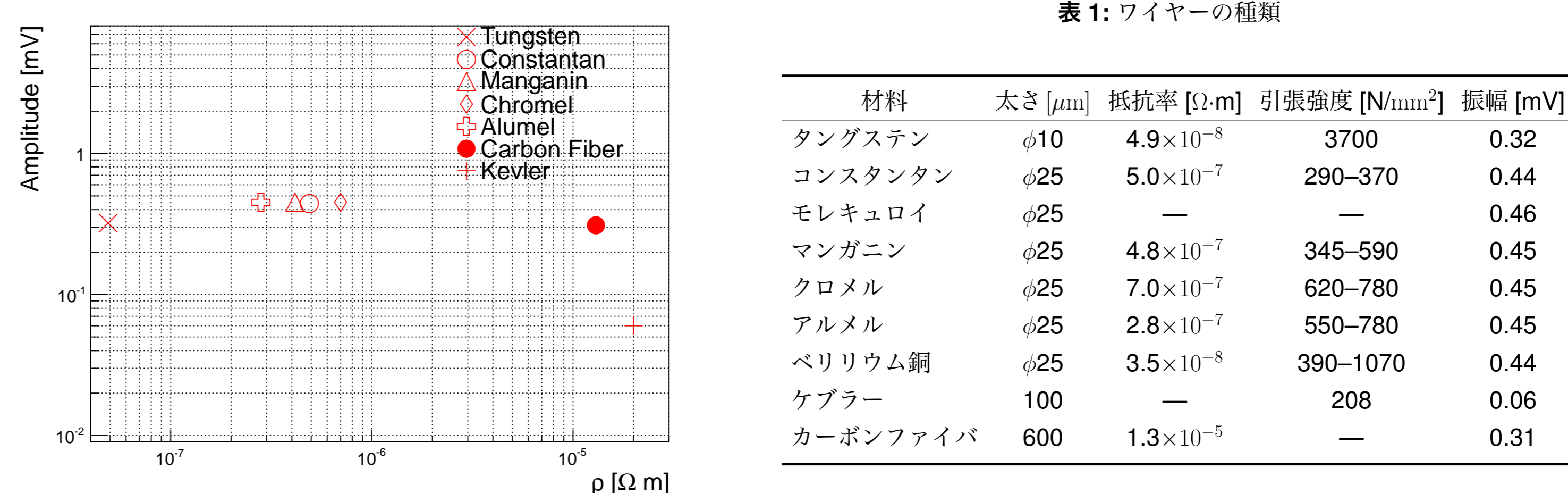
3.2 偏光信号の確認

検出器は偏光情報を表すStokesパラメータI, Q, Uを同時に測定することができる。検出器の観測周波数帯は95GHz。疎らに張ったワイヤーを検出器の視線軸に対して垂直方向に回すことにより偏光信号を変調する。



3.3 ワイヤーマテリアルの比較

GroundBIRDで使用するワイヤーを選定するために、材質による違いを調べた。ワイヤーは大きく分けて金属と非金属のものを用意した。前者は反射による偏光を、後者はワイヤー自身からの放射による偏光を測定すること意図する。



ワイヤーの材質を変えたときの偏光強度の図(左)。ワイヤーが金属の場合、偏光強度は材質に依らずにほぼ一定となる。ただし、この図におけるケブラーの点は、その抵抗値が大き過ぎて測定不能であったため、ここでは 2×10^{-5} を仮定してプロットしている。

金属の場合、材質による偏光強度の大きな違いは見られなかった。またケブラーやカーボンファイバなどの非金属は金属と比較すると、その太さに対して得られる偏光信号が小さいことがわかった。今回比較した材料の中では、金属ならばどの材質を使用しても遜色ないことが明らかになった。

- 一方、較正装置として用いるには、
- 丈夫である(実際にワイヤーを張る際や観測中に切れにくい)
 - 入手しやすさ

も重要な要素となる。したがって、タングステンがよい候補となる。

4. まとめ

GroundBIRD実験の鍵となる、ワイヤーを使った較正手法を実証する実験室実験をテストレシーバを用いて行った。較正原理を検証すると共にワイヤーの材質の選定を行った。1)十分に大きな偏光信号を作れる、2)丈夫、3)入手しやすさ、などの観点から、タングステンのワイヤーを候補として選定した。今後は、本番を想定した、ワイヤーを固定した状態で望遠鏡を回転させた場合の較正の検証を行う予定である。