

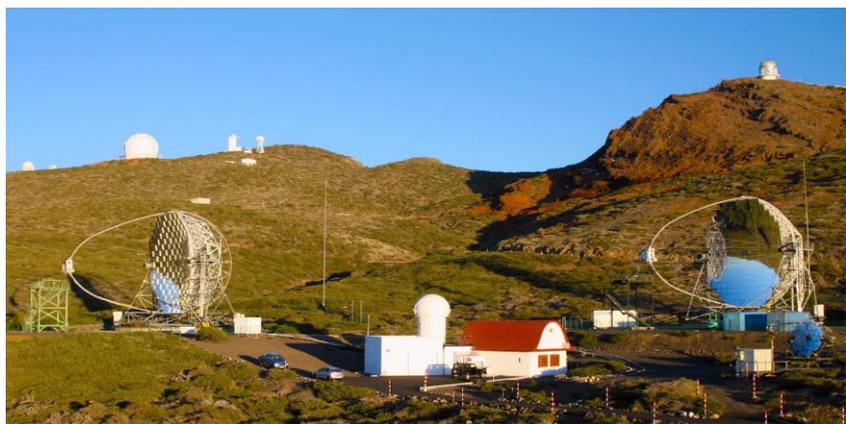
## マックス・プランク研究所は、遠方の星の直径を測定するためにスペクトラム社のデジタイザを使用しています

超クリーンな信号処理とナノ秒のデータ精度により、世界最大のチェレンコフ望遠鏡の前例のない感度を実現

カナリア諸島のラ・パルマ島にある MAGIC 望遠鏡は、高エネルギーのガンマ線を放出する宇宙物体、つまり超新星やブラックホールを観察するために建設されました。天文学者は、この双望遠鏡を使用して星の直径を測定し、星のライフサイクル全体のプロセスを調査します。星の角直径はわずか数ミリ秒角と非常に小さいため、これは地上望遠鏡にとっては困難な作業です。これは、ニューヨークから見たエッフェル塔の頂上にあるコインとほぼ同じ大きさです。世界最大の望遠鏡でもそれらを直接測定することはできません。代わりに、研究者らは、数十メートルの距離にある複数の望遠鏡からの光を組み合わせて、物体の光の強度を記録します。これは強度干渉法と呼ばれる技術です。ただし、信号は非常に弱いため、スプリアス信号やクロストークによって信号が埋もれてしまいます。いくつかのメーカーのデジタイザ カードを評価した結果、スペクトラム社の M4i.4450-x8 デジタイザ カードが選択されました。現在は M5i.33 シリーズに変更されています。

このプロジェクトの電子開発を担当するマックス プランク物理学研究所のデビッド フィンク氏は述べています。「これらのカードは、テストしたすべての PC カードの中でスプリアス信号とクロストークのレベルが最も低いだけでなく、各カードの性能も同一でした。後者は、各望遠鏡からの信号間の違いを比較しようとしているので非常に重要です。この技術は、相関信号や、途中で拾われたものを含むチャンネル間のクロストークに非常に敏感です。光センサーからデジタイザが搭載され

ているコンピューターまで接続されます。大局的に言うと、これらのスペクトラム社のカードを使用すると、ナノ秒の時間スケールで光強度の変動を正確に測定できるようになり、1970 年代にナ



ラブライ干渉計が使われたときに達成された感度よりも約 10 倍優れた前例のない感度が得られます。」

ラ・パルマ島の標高 2200 メートル以上にある双望遠鏡 MAGIC

「スペクトラム社のデジタイザを選択する際のもう 1 つの重要な要素は、信頼性に対する優れた評判です。このカードは、スペインのカナリア諸島の 1 つであるラ パルマ島の山の上にある 2 つの

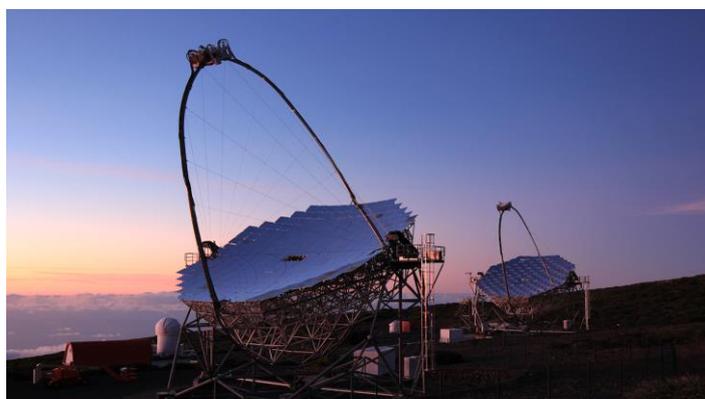
望遠鏡の近くにありますが。問題が発生した場合は、新しいカードに交換するだけで済みますが、機器のダウンタイムと観察時間の損失というコストが発生します。スペクトラム社が 5 年間の保証を提供しているという事実は、カードの高品質と信頼性に対する彼らの信頼の表れです。これは、科学コミュニティの他のユーザーに確認したときにサポートされていました。最後に、スペクトラム社は、5 年が経過した後もカードを修理できると保証してくれました。長期にわたる実験では、システムを中心となる元のハードウェアが利用できなくなった場合、システムを再開発する必要がありますが、多くの場合、多大な労力がかかるため、これは非常に心強いです。」

大量のデータが処理されるために、システムでは スペクトラム社の SCAPP ソフトウェア (Spectrum の CUDA Access for Parallel Processing) が使用されています。これは、デジタイザから収集されたすべてのデータを、8 または 16 プロセッサ コアを備えた PC の GPU ではなく、NVIDIA PC グラフィック カードに送信する方法です。GPU グラフィック プロセッサには最大 5000 コアが搭載されており、より高速なデータ処理が可能です。これにより、1 秒あたり 500 メガサンプルの高速で記録を実行できます。

遠くにある星の直径は、星から受け取った光の変化を数値化することで測定されます。次に相互相関が計算され、観測中に平均化されて、望遠鏡間の距離の関数としての相互相関の変動が決定されます。星が空を移動するにつれて、幾何学形状が変化します。形状を測定するには、複数の軸に沿った観察が必要です。

#### 背景

イメージング大気チェレンコフ望遠鏡 (IACT) は大きなミラーを備えており、光子によって生成された少数の光電子の信号に 1 ナノ秒程度の時間で応答します。これは、光学干渉観察に最適であることを意味します。可視波長に対する感度と IACT による長いベースライン光強度干渉計の



*MAGIC (Major Atmospheric Gamma-Ray Imaging Cherenkov) は直径 17m の世界最大の航空チェレンコフ望遠鏡*

のおかげで、数十からマイクロ秒の角度分解能を達成できます。このプロジェクトでは、直径 17 メートルの 2 台の IACT のカメラの上部に簡単な光学装置を設置し、3 つの異なる星について 2 台の望遠鏡で測定された光子強度のコヒーレントな変動を観察しました。

MAGIC (Major Atmospheric Gamma-Ray Imaging Cherenkov) と呼ばれるこのプロジェクトに関する同研究所の論文へのリンクは次のとおりです。

<https://arxiv.org/abs/1911.06029>

干渉計の詳細については、

<https://arxiv.org/abs/1204.3624> を参照してくだ

さい。



*M5i.33xx-x16*

*5GS/s 2チャンネルデジタイザ*

火山はラ・パルマ島の南に位置しているため、島の北部にある望遠鏡は現時点では火山噴火の脅威にはさらされていません。

写真提供：MAGIC Collaboration、写真 1 は Robert Wagner 氏、写真 2 は Giovanni Ceribella 氏による。