

論文の内容の要旨

論文題目: Experimental search for hidden photon dark matter by using dish antenna method

(パラボラアンテナを用いた手法による hidden photon ダークマターの実験的探索)

氏名 堀江 友樹

ダークマターがどのようなものであるかということは物理学において最も興味をひく未解決問題の一つである。ダークマターは全宇宙のエネルギーのうち27%をも占めていると考えられている。そのダークマターの候補として有力なものに Weakly Interacting Slim Particles (通称 WISPs) と Weakly Interacting Massive Particles (通称 WIMPs) の二つが挙げられる。WIMPs は散乱実験によって探索が行われているが、一方で WISPs は通常の光子との混合を利用して探索が行われている。

本論文で探索を行ったものは”hidden photon” (または dark photon, paraphoton などとも) 呼ばれる WISPs の仲間である。標準模型の拡張を議論する超ひも理論などにおいて標準理論にはない新たな対称性を導入することがしばしばある。本粒子はこのような新たな U(1)対称性に対応するゲージボソンとして考えられている。

近年 hidden photon が初期宇宙において非熱的に大量に生成され、ダークマターとして存在している可能性が示唆されている。これまでに多くの hidden photon 探索実験が行われてきたが、そのほとんどはダークマターであることを想定していない。

一方、ADMX などのようなマイクロ波共振器を用いた探索は直接的な hidden photon ダークマター探索になる。これらの実験は元々 axion という WISPs の一種である粒子探索に用いられてきたが、hidden photon ダークマターに対しても感度がある測定になってきたため、解析的に hidden photon ダークマターのモデルに対して制限がつけられてきた。ただしマイクロ波共振器を用いた探索は狭い周波数範囲の探索を測定することに優れてい

るが、**hidden photon** ダークマターはどの周波数で現れるかというモデルが存在しないため幅広い周波数範囲の探索を行える手法が求められてきた。

そこで近年提案されているものが **dish antenna** を用いた探索手法である。**Hidden photon** ダークマターは微小な電場を持っており、このため通常の光子のように鏡に当たった際にその表面の電子を振動させ、光子を放出することがある。この際通常の光の反射と異なるところは、境界面に対してほぼ垂直に光子が放出される場所である。このためこれらの探索手法を提案した論文では球面鏡を用いた探索が提案されている。球面鏡において垂直に放出された光子は球の中心に集光されるためである。

一方市販のパラボラアンテナは放物面の形状をしており、回転軸に対して平行に入射してきた光子は焦点に集光されるが、境界面で垂直に放出された光は正しく集光されない。

しかし我々は平面鏡とパラボラアンテナを組み合わせることで **hidden photon** ダークマター探索を可能にする新たな手法を確立した。平面鏡から垂直に放出された光は平面波になるため、これとパラボラアンテナを向い合せていると **hidden photon** ダークマター由来の放射光はパラボラアンテナの回転軸に対して平行に入射するので、パラボラアンテナで正確に集光することが可能になる。

我々は海外衛星放送の受信に使われている直径 **2.2m** と口径の大きな市販のパラボラアンテナを購入し、**hidden photon** ダークマター探索を行った。受信機には **CS** 放送の受信機として使われている直線偏波用のレシーバーを購入した。また平面鏡としてはアルミ板で **2.5m**×**2.5m** のものを作成した。衛星放送で使われている電波はおおよそ **12GHz** 程度であり、この程度の周波数の電波に対してアルミは非常に高い反射率を持つ。

受信した電波は高速フーリエ変換を行えるスペクトラムアナライザを用いて周波数に対する電波の強度をだした。もし **hidden photon** ダークマターが検出された場合には一定の狭い範囲の周波数に過剰な電力が検出されることが期待されているため、この測定から周囲の周波数の電力よりも大きな電力が得られている周波数がないかを調べた。

測定は11月25日から28日までの4日間行い、その間に得られた全データで平均をとったが、それでも **hidden photon** ダークマターと思われるものは検出されなかった。

しかし我々の測定装置が持つ電波の検出限界の感度から、この周波数領域における **hidden photon** と光子との混合割合に対して制限をつけることができた。

またこの測定手法に関しては異なる周波数領域の電波に感度のある受信機をとりつけるだけで他の領域の **hidden photon** ダークマター探索も容易に行うことが可能なため、今後より広い領域での探索を行い本粒子の検出を目指す予定である。