

## 論文内容の要旨

論文題目： Dark Matter Search Experiment with NaF Bolometer  
(フッ化ナトリウムボロメータを用いた暗黒物質探索実験)

氏名：竹田 敦

宇宙に存在する物質の大部分は、電磁波を放出しない暗黒物質として存在することが多くの観測結果から導かれている。様々な理由から、この暗黒物質のほとんどは、通常物質を構成しているバリオンではなく、非バリオンの物質であることが知られている。しかし、この非バリオンの物質が何なのかは現在のところ不明であり、いくつかの候補が挙げられているにすぎない。宇宙物理学及び素粒子物理学両方の観点から、この非バリオンの暗黒物質の候補として最も有力なものに、超対称性理論から予言される neutralino という素粒子がある。neutralino は、電気的に中性で WIMPs (Weakly Interacting Massive Particles) に分類される。WIMPs は、現在のところまだ存在の確認はされていないが、通常物質との弾性散乱を利用して直接検出される可能性のあることが知られており、実際に直接検出実験が様々な検出器を用いて世界各地で行なわれている。

我々のグループは、2001年11月から2002年1月にかけて神岡地下実験室においてフッ化リチウムボロメータを用いた暗黒物質探索実験を行い、WIMPs とスピンに依存した相互作用について、WIMPs と核子の

結合である  $a_p$ - $a_n$  平面での新しい制限をつけることに成功した。また、スピンに依存した相互作用をする neutralino と proton の断面積に最も厳しい制限をつけている UKDMC 実験の結果で排除されていない  $a_p$ - $a_n$  平面の大部分の領域を排除することにも成功した。ただし、検出器の感度を制限しているバックグラウンドレートのさらなる低減が必要であることも結論された。

本論文では、神岡地下実験室においてフッ化ナトリウムを用いて行なった暗黒物質探索実験について述べる。本実験では、 $a_p$ - $a_n$  平面でのより厳しい制限が得られることを予想して、ボロメータの吸収体としてフッ化リチウムのかわりにフッ化ナトリウムが用いられた。これは、 $^{23}\text{Na}$  が  $^7\text{Li}$  よりも大きな中性子スピン期待値を持つことによる。さらに、リチウム中に含まれる同位体である  $^6\text{Li}$  が中性子を吸収することにより生成される  $^3\text{H}$  のベータ崩壊が起源となるバックグラウンド事象を除去することもできる。

本実験の結果から我々は、質量  $103 \text{ GeV}c^{-2}$  をもつ WIMPs とのスピンに依存しない相互作用断面積  $\sigma_{\chi-p}^{\text{SI}}$  に対して  $0.036 \text{ pb}$  という上限値を、またスピンに依存した相互作用断面積  $\sigma_{\chi-p}^{\text{SI}}$  に対して  $47 \text{ pb}$  という上限値を得た。図 1 に NaF を用いて得られた  $a_p$ - $a_n$  平面における制限を、Na と F のみから得られる制限と合わせて示す。図から、Na と F は  $a_p$ - $a_n$  平面で感度がほぼ直交していることが見てとれる。このことから、Li と F を用いた結果に比べて、Na と F を同一検出器内で使うことにより systematic error を少なく制限領域を狭めることが可能になった。図 2 に、特定の質量をもつ neutralino に対して、これまでにフッ化リチウムを用いて得られていたものよりもさらに厳しい制限が本実験によって得られたこと及び、フッ化リチウムと同様、UKDMC 実験では排除されていなかった一部の領域が排除されたことを示す。

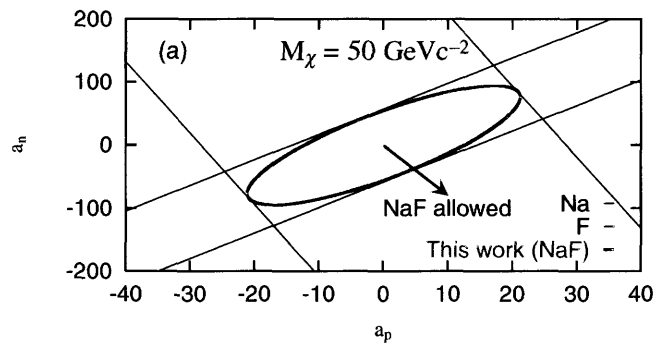


図 1: 本実験で得られた、 $a_p$ - $a_n$  平面における質量  $M_\chi = 50 \text{ GeVc}^{-2}$  の neutralino に対する制限を赤線で示す。赤い曲線の外側が実験により排除された領域を示す。緑と青の線は、それぞれ、Na あるいは F のみによる制限曲線を表している。

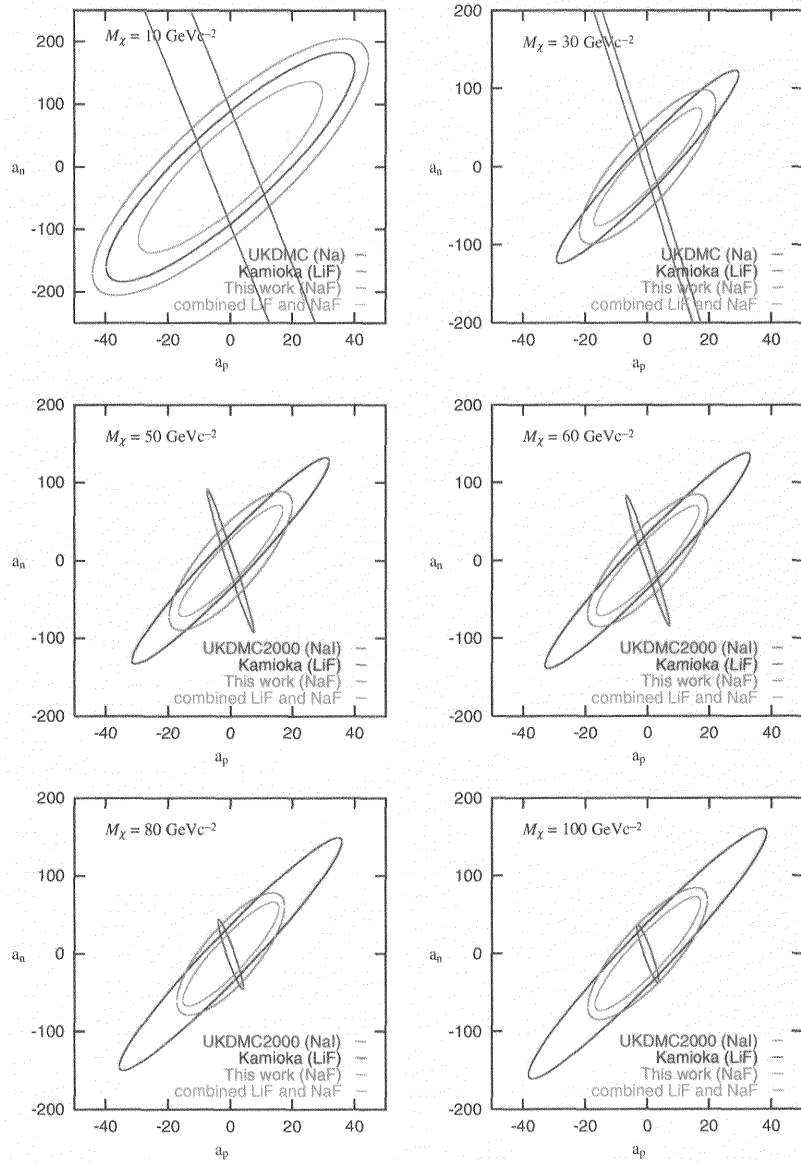


図 2: 本実験で得られた、様々な質量の neutralino に対する  $a_p$ - $a_n$  平面における制限を赤の線で示す。LiF を用いてこれまで既に得られている結果と UKDMC 実験による結果を、それぞれ青と緑の線で示す。また今回の実験結果と LiF による結果を combine した結果を紫の線で示す。