NEWAGE: 方向に感度をもつダークマター直接検出実験

中村輝石 〈京都大学大学院理学研究科 kiseki@scphys.kyoto-u.ac.jp〉
身内賢太朗 〈神戸大学大学院理学研究科 miuchi@phys.sci.kobe-u.ac.jp〉

宇宙の構成要素のうちで通常の物質は5%でしかない．—宇宙マイクロ波背景輻射の観測などの結果から導かれた，最新の宇宙像である．残りの1/4は銀河や銀河団を重力的に結び付けている「暗黒物質」と呼ばれる未知の物質，3/4は宇宙の加速膨張の源として働く「暗黒エネルギー」と呼ばれる未知のエネルギーである．

暗黒物質の存在は，1930年代に銀河団中での銀河の運動を説明するために，ツビッキーによって提唱された．その後1970年代になると銀河の回転曲線を説明するために，銀河を「ハロー」のように取り囲む暗黒物質の存在が示唆された．2000年代には，宇宙マイクロ波背景輻射の観測等によって，宇宙全体での暗黒物質の量が議論されるようになってきた．このように銀河，銀河団，宇宙全体という異なった階層での存在が確認されている暗黒物質であるが，その正体は全く不明である．

暗黒物質の性質を解明すべく世界中で様々な実験的研究が行われている．それらは大別して 1)加速器で暗黒物質を生成し信号を検出する（加速器実験）2)銀河中心などにとらえられた暗黒物質同士の対消滅からの信号を検出する（間接探索）3)暗黒物質と通常の物質との反応を検出する（直接探索）の3つに分類することができる．本稿で取り扱うNEWAGE（NEw generation WIMP search with an Advanced Gaseous tracking device Experiment）実験は直接探索実験のひとつである．

暗黒物質直接探索実験では，我々の住む天の川銀河にとらえられている暗黒物質と，検出器を構成する通常の物質との反応で検出器が得るエネルギーを検出する．ただし，こうした「検出器」は我々の身の回りに多く存在するガンマ線や中性子などの通常の物質に対しても反応し，バックグラウンドとなる（通常の粒子線検出器を，暗黒物質直接探索のための検出器に「借用」しているといった表現の方が近い）．バックグラウンドの多くは宇宙から飛来する「宇宙線」と呼ばれる粒子線に由来するため，宇宙線を避けるために直接探索実験は地下深い実験室で行うことが一般的である．NEWAGEは，東京大学宇宙線研究所神岡宇宙素粒子研究施設の地下実験環境を，共同利用により使用させて頂いている．

右下の図に暗黒物質と太陽系の銀河内での運動を模式的に示す．暗黒物質は銀河内でランダムな方向に運動していると考えられており，太陽系の速度で一定の方向に運動する我々には「暗黒物質の風」が吹き付けているように感じられる．NEWAGEではこれまでの直接探索実験で得られるエネルギー情報に加えて，反跳された粒子の飛跡という情報を加えることで暗黒物質の到来方向の検出を可能とし，暗黒物質直接検出の強い証拠を得ることを目指す．

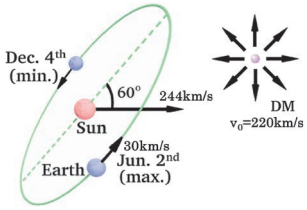
NEWAGEは，国内で開発された三次元飛跡検出器を用いた実験で，方向に感度をもつ暗黒物質探索分野で世界をリードしている．今回新たに製作した検出器「NEWAGE-0.3b′」を用いて神岡地下実験室で観測を行い，これまでに得られていた制限を約一桁更新した．現在は，感度を向上して暗黒物質の検出を目指すために，検出器起源のバックグラウンド低減を進めている．

—Keywords—

宇宙マイクロ波背景輻射：
天球上の全方向から観測されるマイクロ波で，約2.8 Kの黒体放射によく一致している．ほぼ等方的に観測されることがインフレーションおよびビッグバンの証拠になる一方，ごくわずかなゆらぎが観測されている．このゆらぎを観測することで，暗黒物質や暗黒エネルギーのエネルギー密度などの宇宙論パラメータが導かれている．

銀河の回転曲線：
恒星が円盤状に分布する渦巻銀河の回転速度を測定し，縦軸に回転速度，横軸に銀河中心からの距離をプロットしたときに得られる曲線．光学的に観測される「光る物質」のみでは，回転速度は中心からの距離の－1/2乗で遅くなることが予想されるが測定結果は外側まで一定値となる．

宇宙の加速膨張：
宇宙が膨張していることは，20世紀初頭にハッブルによって観測されていた．その膨張が加速していることが，遠方銀河の超新星爆発の観測によって1990年代に発見された．この発見に対して，2011年のノーベル物理学賞が与えられている．



©2016 日本物理学会