

宇宙加速膨張の謎に迫る — 広視野銀河探査観測によるダークマター分布の計測 —



宮崎 聡

国立天文台 HSC プロジェクト

宇宙膨張が発見されたのは 1930 年代である。その膨張の速度は次第に減速するだろうと、長い間素朴に考えられていた。宇宙膨張の様子を決めるのは重力であるが、重力には引力しかないからである。ところが 1990 年代後半の Ia 型超新星の観測から、現在の宇宙膨張は加速しているらしいことが明らかになってきた。加速を実現するには、斥力を持つようなエネルギー（ダークエネルギーと名付けられた）が存在するか、重力法則を変更するかしなければならないが、いずれにせよ大発見であった。実際、この発見をしたチームには 2011 年にノーベル物理学賞が授与された。

この問題を解決するには、宇宙膨張の時間変化を、これまでより詳細に調べる必要がある。いくつかの方法が提案されているが、なかでも、弱重力レンズ効果を用いた方法が最も有望であると考えられている。宇宙膨張と天体の形成の進行度の間には強い関係がある。宇宙膨張が速ければ、物質（そのほとんどがダークマター）が集まる時間がなく天体の形成は遅れる。一方、宇宙膨張が遅ければ、天体は速く形成される。このように、天体の形成の進行を計測すると、これを宇宙膨張の歴史に焼き直すことができる。ただし、天体のほとんどが、光を発しないダークマターで構成されているため、普通の観測方法では全貌は捉えられない。

そこで、弱重力レンズ効果を用いる。ダークマターの集まり（つまり天体）があると、それより遠方にある銀河の像は、重力レンズ効果により変形を受ける。逆にこの変形量を調べることで、ダークマター

がどのように分布しているかを調べることができる。天空の広い領域で銀河を観測し、形状を計測、系統的な歪み情報を抽出して、前景にある天体の形成の進行度を調べ、宇宙膨張史を求める。これから「ダークエネルギーの強さと性質（どのように時間変化するか）」を推定することができる。この観測を実現するためには、数 10 億光年より遠方の暗い銀河を、広い天域で探索し、その形状を精密に計測する必要がある。つまり、「大望遠鏡に搭載した高い結像性能を持つ広視野カメラ」が計測装置として必要で、すばる望遠鏡の主焦点カメラ（Suprime-Cam）はこの目的に最適であった。しかしながら、観測すべき天域の広さは 1,000 平方度以上、と見積もられており、視野が 0.2 平方度以下の Suprime-Cam で掃天するのは、困難であった。そこで、高い結像性能は維持したまま、有効視野を 7 倍以上に拡大する Hyper Suprime-Cam (HSC) を企画・設計し、開発を行ってきた。

この観測は 2014 年 2 月より 5 年かけて行われる予定である。まず、ダークエネルギーの強さの時間変化があるかどうかを調べることが、この観測の目標である。変化するということは、その背景に新たな物理的な実体があることを意味し、現代物理学の体系を拡張する必要があるだろう。ダークエネルギーの性質をより詳細に調べるためには、さらに大規模な観測が必要となろう。理論的に強い指導原理がまだ確立されていない分野であるため、いろいろ手探りで進まざるを得ないが、逆にそこが新鮮でおもしろい。

— Keywords —

弱重力レンズ効果：

強い重力場がある空間を光が通ると、重力場の強い方向に向かって屈折する。日食時に太陽の外縁部の星の位置を記録し、半年後の夜に同じ星の位置を計測し、比較することにより、太陽重力場による光の屈折が実際に観測され、一般相対論の予想と一致することが確認された。これを重力レンズ効果と呼ぶ。一般の天体では太陽のようにレンズ側を移動させることができないため、その屈折の効果を直接調べることは不可能である。しかしながら、前景に大きい質量を持つ天体があると、背景にある天体（そのほとんどは遠方の銀河）は、重力ポテンシャルの傾きの方向に移動し、ポテンシャルの向きと直交する方向に引き延ばされる。背景の銀河の固有の形はランダムであるとする、多くの銀河の形状を観測して、その平均をとると、この引き延ばされる成分を検出することができる。この系統的な形状変形を弱重力レンズ効果と呼ぶ。これを用いると、前景にあるレンズ効果を引き起こす天体の質量分布を（前景にある天体の状態によらず、つまり明るくても、暗くても）求めることができる。このため、宇宙におけるダークマター分布の計測に用いられる。



望遠鏡に取り付けられた Hyper Suprime-Cam。