

光の重力回折はあるか

*Dr. キッチュ

はじめに

近年のHST(Hubble Space Telescope)の成功のおかげで、我々は超遠方の宇宙への新しい知見を多々得てきた。特に、重力レンズ効果という光の屈折により、重い物体のさらに遠方の銀河が2重や4重に見えるという現象も確認できた。

しかも、超遠方のこのような現象が光学の基本的性質を満たしているという事実に驚きを感じずにはいられない。

もし、この現象が光学的屈折にとどまらず、回折現象をも含んでいたらどうだろうか。

その場合、回折格子のスケールはまさに数万光年のサイズとなり、しかもそのサイズでの干渉が成立すれば、あらためて宇宙スケールと量子スケールの間の直接的関係を認識できるだろう。

HST が発見した重力レンズ効果

図1に、HSTが撮った重力レンズ効果による銀河写真を示す。矢印で示された中央の青い渦巻銀河から発する光が、手前にある巨大重力クラスタにより屈折し、複数のリング状虚像となってこのまわりを取巻いている。

重力レンズは、空間に等方的に影響を及ぼすはずなので、単一のレンズによる虚像はレンズの光軸に対照的に1~2点の像として観測されると考えられる。(図2)

ところが、その他にも多数の変形した青い輝点があり、これらも中央の渦巻銀河を起源とする光

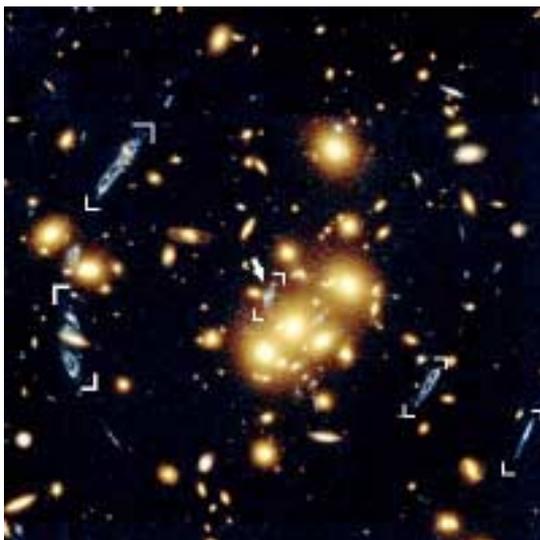


図1 HSTによる重力レンズ効果がある銀河像

* 超越科学研究所・ワークスキッチュ
マッドサイエンス学会正会員
Laboratory of Hyper-Science
Tokyo JAPAN
dr_kitsch@muf.biglobe.ne.jp

とは考えられないだろうか。(図3の輝点)

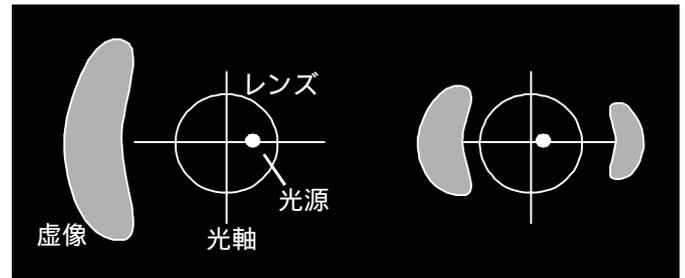


図2 レンズと光源、虚像の関係

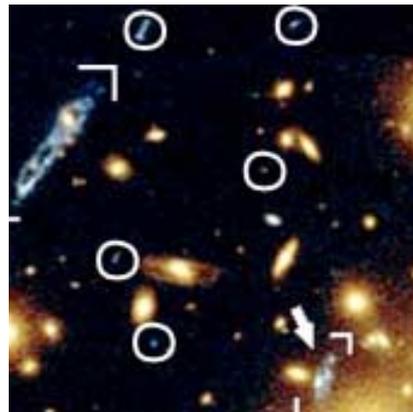


図3

図1の部分拡大
重力レンズ効果による銀河虚像のほかに、小さい輝点が見られる。興味深い事に、すべて矢印の渦巻銀河や虚像と同等な色である。

光の干渉について

光は波の性質を持っているために、2つのスリットを通りぬけた光は互いに干渉する。(図4) これは2点間の距離と波長によるものであるが、そのほかにレンズの開口径による回折現象による干渉もある。

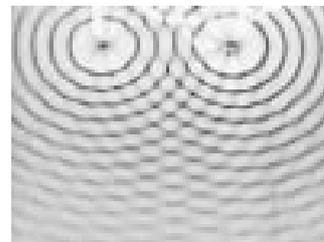


図4 波の干渉画像

すなわち、望遠鏡などのレンズの直径いっぱい到達した波面は平行光束のため位相が揃っているため、このレンズのふちによる回折により結像のまわりに回折縞が発生するのである。

これと同様な現象が重力レンズにより発生することは、スケールの大小は非常に異なるが、考えられない現象ではない。

ここで図1のHST写真をみると、虚像である銀河像が複数の光軸まわりに発生しており、レンズが単一のものによる虚像ではない可能性がある。

この場合、複数のレンズによる像もレンズ間の干渉により複雑な輝点を発生させることになるだろう。

HST 画像の解析手法

このような観点に立ち図 1 の解析を実施した。図 1 (原版はカラー) を用いて、そこに存在している青い輝点を中央銀河由来のものと仮定する。

この輝点が、結晶 X 線解析で有名なラウエ斑点と同様なものとする、その輝点は

$$Z_1(\cos \theta_1 - \cos \theta_0) = m \quad (1)$$

$$Z_2(\cos \theta_2 - \cos \theta_0) = n \quad (2)$$

$$Z_3(\cos \theta_3 - \cos \theta_0) = l \quad (3)$$

に従って発生し、この数式はほぼフーリエ級数列と同等である。従って、文献 2 で報告したフーリエ変換手法を用いて、このように散らばった輝点を逆フーリエ変換で戻すことにより、重力レンズの位置情報を引き出すことができるであろう。

解析結果

図 5 に、解析の際に採用した輝点位置と、逆フーリエ変換用マスクを示す。レンズ効果と思われるものは削除し、で示された部分を採用した。回折中心を中央の光源である青い渦巻き銀河とし、ここを中心に回して X-Y 2 次元 FFT プログラムで扱いやすいように光軸調整を行った。

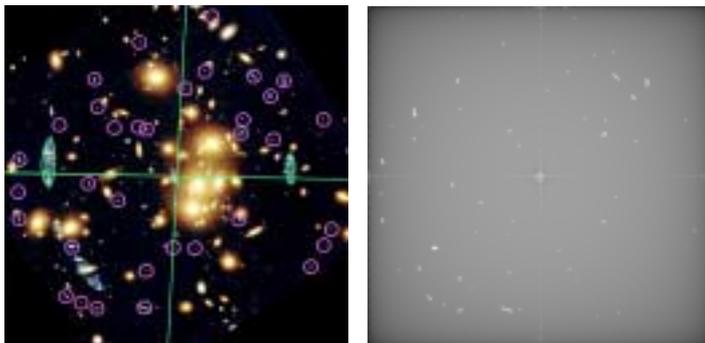


図 5 解析に用いた輝点と、逆フーリエ変換用マスク画像

図 6 に、その解析で得られた中心部画像を示す。光源となる青い渦巻き銀河の近傍に、黒いドットが現れた。これが、逆フーリエによって求められ

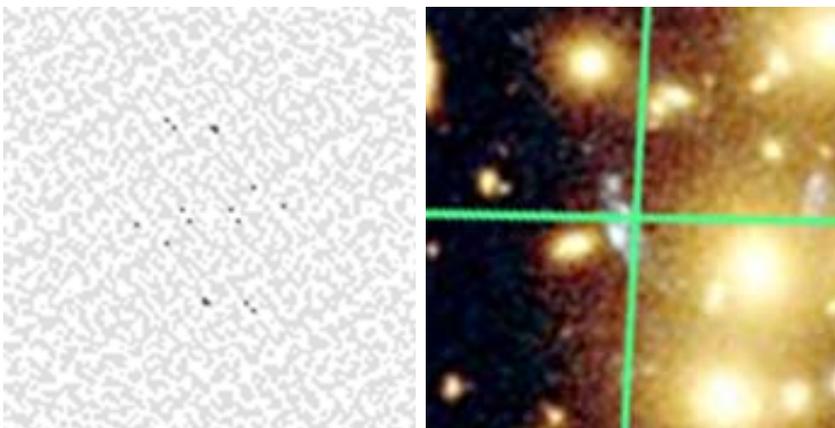


図 6 逆フーリエ変換により求めた重力レンズによるグリッドと、その付近の HST 画像。十文字部分に光源である渦巻き銀河がある。

た重力レンズ格子のグリッドイメージと考えることができる。場所もコンパクトであり、解析に採用した輝点情報は妥当であったと言える。

ただし、輝点の空間的分布の情報が完全ではないので、グリッドのスケールは変化しうることを指摘しておく。また、点对称にグリッドが見られるが、これも輝点の位相情報が無いためである。実際には点对称グリッドのどちらか一方にしか重力レンズの実体は存在しないはずなのだ。

しかしながら、本研究で解明したいのは、重力レンズによる回折効果の有無であり、その点において逆フーリエ画像に意味のあるパターンが現れたことは非常に意義深いものである。

なぜなら、重力レンズを生成しているクラスター銀河の直径は 10 万光年 ~ 100 万光年のオーダーであり、このスケールにおいて光が干渉するという事は、量子力学の奇妙さ...すなわち、位置の非局在性が 100 万光年の大きさでも維持される事を意味し、光子という概念もこのスケールでも維持できることを表しているからだ。

言いかえると、量子力学とはミクロの力学ではなく、もっと本質的な物質の相互作用に関する法則であると再認識できるからである。(図 7)

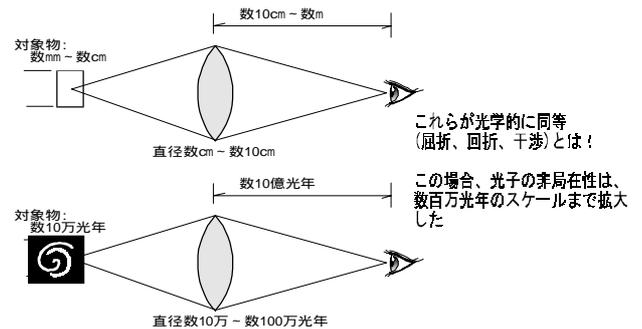


図 7 光子干渉のノンスケール性

まとめ

重力レンズ効果のほかに、このレンズによる回折効果がないかを検討した。HST 画像を解析することで、重力レンズグリッドを導出できた。

これにより、光子が直径 10 万光年もレンズにおいてすら回折・干渉することが示唆された。

この結果が、量子力学のさらに本質点究明のために役立つことを期待するものである。

文献

1) HST 画像

<http://oposite.stsci.edu/pubinfo/SubjectT.html>

<http://oposite.stsci.edu/pubinfo/PR/96/10/A.html>

2) T.M.S.R. Vol.17 Dec.30 1994

2次元フーリエ変換の画像処理への応用

3) 基礎物理学ハンドブック