

MACHO 発見か

星の重力場によるマイクロレンズ効果で引き起こされる背景の星の一時的な増光から我々の銀河系のハロー内にあるだろうと予想された見えない低質量星 (MACHO) の発見が報告された。それははたして銀河系のミッシングマスへの救いの神なのか？

1. ニュース、世界を駆け巡る

在カナダの私が MACHO 発見のニュースを受けとったのは 1993 年 9 月 21 日、オーストラリアからの電子メールだった。MACHO グループが MACHO を発見したらしい。翌 22 日届いた別の電子メールによると、その時イタリアで行なわれていた会議で、MACHO グループの他に、EROS グループも 2 つ発見したと報告があったらしい。翌 23 日そのニュースを日本へ流す(他のルートは割愛)。翌週 MACHO グループの論文¹⁾が、翌々週ポーランドのグループの同様の論文²⁾が届き、MACHO, EROS グループの論文³⁾は早くも 10 月 14 日号の Nature に掲載された。

MACHO とは、Massive Compact Halo Object の略で、平たく言うと、銀河ハロー内に見えない天体、褐色わい星、木星のような惑星やブラックホールなどの、銀河系内の暗黒物質と期待される天体である。これが予想通りに発見されたと言うことは、少なくとも銀河系内のミッシングマス問題が解決できるという兆しなのだろうか。

2. MACHO 探査計画始動

そもそもはパチンスキーが 1986 年に大小マゼラン銀河などの近傍の銀河の星が、銀河系ハロー内の天体によるマイクロレンズ現象によって変光するだろうと提案したことに始まる⁴⁾。ただし、その変光を発見する確率は極めて低く、百万個もの

星を 1 年間モニターして、数例程度と予想された。

これに触発され、MACHO 探査計画が、1990 年 EROS グループで、1992 年 MACHO グループ、ポーランドグループで始まった。大小マゼラン銀河、銀河系中心方向の数百万個の星を各々一年以上モニターするのである。二つの波長帯 (青と赤、ポーランドのグループは銀河中心を I バンドのみ) で星を撮像し、星の明るさを調べ、もし明るさが変化したら変光星なのかマイクロレンズなのかを調べるのである。

3. マイクロレンズ現象

天体などの重力場によって光の進路が曲げられることはアインシュタインの一般相対性理論で予言され、1919 年の皆既日食の際の観測で確認された。普通のレンズになぞらえて重力レンズと呼ぶこの現象で、光の像と明るさが変化し、観測者とレンズとなる星と光源が一直線上に並ぶと、光の像はアインシュタインリングと呼ばれるリング上に形成される。

レンズとなるのが星の場合、このアインシュタインリングの大きさは角度にしてマイクロ秒程度であることから銀河や銀河団などによるマクロな重力レンズと対比させてマイクロレンズ現象と呼ばれている。マクロな重力レンズとは異なり、マイクロレンズは、明るさの変化のみが観測される。

銀河系のハロー内の星がその背景の星、例えば大マゼラン銀河の星との間を横切った場合にマイクロレンズによって背景の星の増光が期待される。この時、星の明るさの変化は時間に対して対称となり、変化の仕方が光の波長によらないことが特徴となる。また、変光の継続期間からレンズ天体の質量の予想も可能である。

4. そしてついに発見…

MACHO グループが 180 万個の星の中から一例、EROS グループが 300 万個の星の中から二例、ポーランドグループが 65 万個の中から一例発

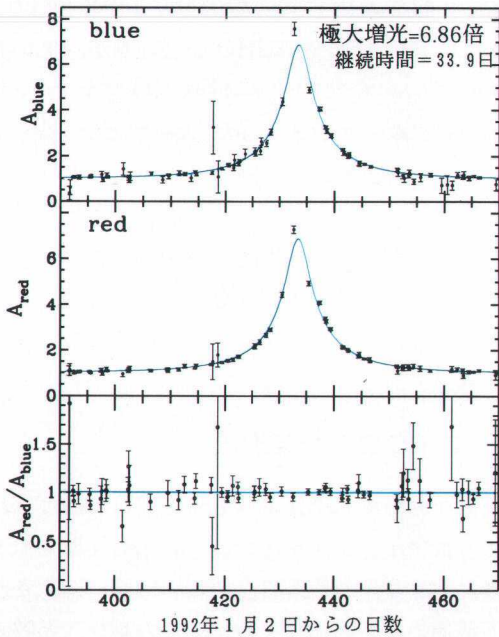


図 星の明るさの時間変化を増光の起こる前を1として、青バンド(上)、赤バンド(中)について示す。青線はマイクロレンズの理論曲線を示し、青・赤バンドとも同じものである。下図は青・赤バンドの明るさの比で、変光が波長によらないことがわかる。

見した。図に MACHO グループの例を示す。実視等級 19.6 等の星が約 34 日間にわたり(他のグループの定義にあわせると 17 日)最大 6.86 倍(2.1 等)明るくなっている。この増光の起こる前 1 年はまったく変光しなかった星である。ピーク付近で理論との不一致があるものの、赤、青バンドともに同じ理論曲線に良く一致し、マイクロレンズの特徴をよく表している。この継続時間から MACHO を予想すると 0.12 太陽質量(ただし、0.03 から 0.5 太陽質量の幅がある)ぐらいの天体である可能性が高い。だがこの評価にはハロー天体の分布や速度などのモデルが仮定されている。

EROS グループは二つの 19.3 等の星が 27 日間最大 1 等、30 日間最大 1.2 等明るくなっているのを発見し、MACHO は 0.1 太陽質量程度と予想している。ポーランドグループは I バンドで 18.8 等の星が 24 日間最大 2.4 倍明るくなるのを発見

し、0.3 太陽質量程度の星によるものと予想している。

5. ミッシングマス、解決の糸口か

銀河系内の天体の運動から予想された銀河系の質量は見えている物質よりもはるかに多く、その差をミッシングマスと呼び、見えない物質(暗黒物質)の存在を予想した。この現象は我々の銀河系だけではなくすべての銀河に当てはまる。現在の宇宙の今ある姿に到達するまでの進化を説明するには、全宇宙の 9 割以上の物質が冷たい暗黒物質と呼ばれる素粒子物理学から予言される素粒子であらねばならないとする説もある。しかしこの暗黒物質、いまだに正体が確かめられていない。

今回発見された 0.1 太陽質量程度と予想された MACHO は、暗黒物質候補のいわゆる自ら光る星になり損なった褐色わい星である可能性がある。このような低質量星が数多く銀河ハロー中に存在することが本当に確かめられたら、宇宙全体のことはさておき少なくとも銀河のミッシングマスは解決することになるのかも知れない。

しかしながら、いかに発見の確率が低いとはいえ、もっと多くの観測例から統計的に有意な結論が得られなければ確かなことは言えない。あてはめた理論曲線の詳細はまだ述べられていないし、求められた MACHO の質量の不定性は大きい。全く未知の変光星である可能性がないわけでもない。今回の発見と各グループへエールを送るとともに、望むらくは、観測の継続によるさらなる発見と、より詳細な解析が報告されるのを待つでしょう。

村上泉 (CITA, トロント大学)

参考文献

- 1) Alcock, C. et al. 1993, *Nature*, **365**, 621.
- 2) Udalski, A. et al. 1993, *Acta Astronomica*, **43**, 289.
- 3) Aubourg, E. et al. 1993, *Nature*, **365**, 623.
- 4) Paczynski, B. 1986, *Astrophys. J.*, **304**, 1.