

1 銀河の衝突

銀河間の衝突力学は重力ポテンシャル中の運動であり，しかもそれが1次元運動であるという特殊な問題になっている．ここではアンドロメダと天の川銀河の衝突が起こる時期を計算しよう．Newton 方程式は $\ddot{\mathbf{r}} = -\frac{G(M+m)}{r^2} \mathbf{e}_r$ であるが衝突は1次元なのでこれは

$\ddot{x} = -\frac{G(M+m)}{x^2}$ と書ける．ここで G は重力定数， M, m はそれぞれの銀河の質量， r は2個の銀河間の相対距離である．ここで $M+m$ が現れたのは、2個の銀河の質量が近いいため換算質量を導入したからである．この式のエネルギー積分を行うと $\frac{\dot{x}^2}{2} - \frac{G(M+m)}{x} = \varepsilon$ となり， ε は積分定数である．ここで衝突するまでの時間 T は

$$T = \int_{x_1}^{x_0} \frac{dx}{\sqrt{2\varepsilon + \frac{2G(M+m)}{x}}}$$

となる．この積分は $x = \left(-\frac{G(M+m)}{\varepsilon}\right) \sin^2 \theta$ と置くと簡単に解けて

$$T = \frac{1}{\sqrt{-2\varepsilon}} \left(-\frac{G(M+m)}{\varepsilon}\right) \left\{ (\theta_0 - \theta_1) - \frac{1}{2}(\sin 2\theta_0 - \sin 2\theta_1) \right\} \quad (1)$$

と求まる．但し， ε は負である．現在，アンドロメダは天の川銀河に 1.2×10^5 m/s の速さで近づいている．よって初期条件として $t=0$ で $v_0 = 1.2 \times 10^5$ m/s を取る．さらに銀河間の距離 L が $L \simeq 2.5 \times 10^6$ 光年であり，また銀河のサイズが約 1.2×10^5 光年なので $\sqrt{-2\varepsilon} = 1.4 v_0$ と $-\frac{G(M+m)}{\varepsilon} = 3.8 \times 10^6$ 光年 が求まる．ここで銀河の質量として $M \simeq m \simeq 4 \times 10^{42}$ kg とした．これより $x_0 = 2.5 \times 10^6$ 光年と $x_1 = 1.2 \times 10^5$ 光年 が求まり，従って $\theta_0 = 0.94$ と $\theta_1 = 0.18$ である．これらの値を式(1)に代入すると計算結果は $T \simeq 30$ 億年 となっている．よって約30億年後には二つの銀河は融合する．

次に，2個の銀河が互いの重力圏に突入した時期を評価してみよう．ここでは銀河間の相対速度がゼロの時に「何か」が起こり，互いの重力圏に入り始めたと仮定する．その場合，「何か」が起こった時期の計算は上の計算と同じで初期条件のみ変えれば良い．今の場合、重力圏に入り始めた距離を R とすると $R = 1.5 x_0$ となるので、 $\theta_R = \frac{\pi}{2}$ となっている．その結果， $T \simeq 69$ 億年である事がわかり、これは今から約69億年前に「何か」が起こった事に対応している．