

# 白色矮星の回転が Ia 型超新星の明るさに及ぼす影響

上西達大・野本憲一（東京大学理学系研究科天文学専攻）

蜂巣 泉（東京大学総合文化研究科）

## 概要

Ia型超新星は、優れた標準光源として宇宙論パラメータの決定などにおいて広く使われている。しかし、実際の観測では完全に一樣ではなく、経験則による補正を施したもの用いている。

我々は元となる白色矮星の回転を考えることにより、明るさのばらつきを説明できるのではないか、と考えて計算を行った。その結果を示すとともに、Ia型超新星が持つ、母銀河に対する依存性についても触れる。

## 回転の効果とモデル

Ia型超新星は、ガスの降着により限界質量に達した白色矮星が爆発したものである、と考えられている。回転を考えることにより遠心力の効果によって正味の重力が減少し、限界質量が増大する。

Ia型超新星は爆発時に合成される $^{56}\text{Ni}$ の量が多いほど明るい。また、爆発前の白色矮星の質量が大きい程合成される $^{56}\text{Ni}$ の量も多いので、結果として回転が強いほどより明るい超新星になる。

計算の際には軸対称を仮定し、状態方程式としては完全縮退電子ガスを用い、回転則には  $j$ -constant を採用した。計算の開始時には白色矮星は静止しており、降着に伴ってガスから質量と角運動量を受け取る。ガスはケプラー運動しているとし、ある一定の効率で角運動量を白色矮星に与える。超新星爆発を起こす閾値は  $2.0 \times 10^9 \text{ g/cm}$ とした。

一方で回転が強くなり過ぎると白色矮星は安定に存在できない。これらの閾値は  $T/W=0.14$  ( $T$ :回転エネルギー、 $W$ :重力エネルギー) である。

## 計算結果

図1を見てわかるように、効率を1（即ち、ガスの角運動量は全て白色矮星に与えられる）とした場合は初期質量に関わらず、白色矮星は力学的に不安定となる。しかし、効率を下げていくことで白色矮星は不安定にならずに超新星爆発を起こすことができるようになる（図2参照）。この時の質量の差に対応する明るさの差を W7 モデルによる球対称の爆発計算の結果を用いて見積もったところ、約 0.4 等であった。これは観測される明るさのばらつきを説明できる。

更に、白色矮星の初期質量と爆発直前の質量との間に興味深い関係がある。初期質量が小さい白色矮星ほど、降着するガスの量が多く回転が強くなるために最終

的に重くなるのである。従って、もともと軽い白色矮星ほどより明るい超新星になる。

## 母銀河への依存性

一般的な Ia 型超新星のうち最も明るい部類に属するものは渦巻銀河でのみ見つかっている。これは、次のように考えることで説明できる。

楕円銀河では質量の大きな星は既に進化してしまっているので、軽い（従って明るい超新星になる）白色矮星が超新星になるために必要なガスを供給できない。初期質量の重い白色矮星しか超新星になれないで、比較的暗い超新星が観測される。

一方で渦巻銀河では質量の大きな星が白色矮星に十分なガスを供給できるため、明るい超新星も暗い超新星も観測される。

このように、回転の効果を考慮することにより観測される Ia 型超新星の性質をうまく説明することができる。

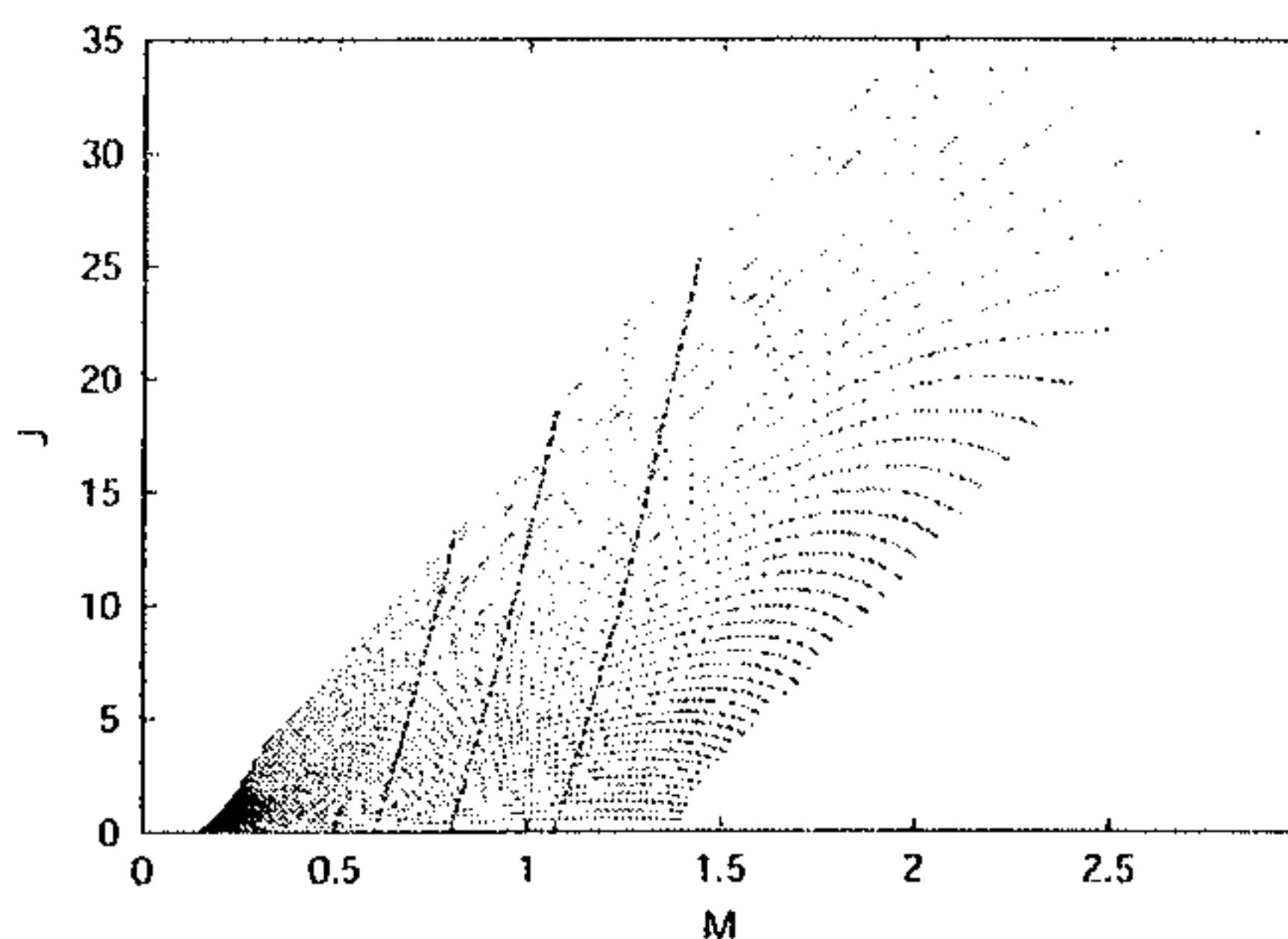


図 1

角運動量の効率を1にした場合の結果。初期質量はそれぞれ0.6、0.8、1.07太陽質量である。右端が超新星爆発に対応し、上端が不安定化に対応している。初期質量に関係なく、不安定化条件に達していることがわかる。

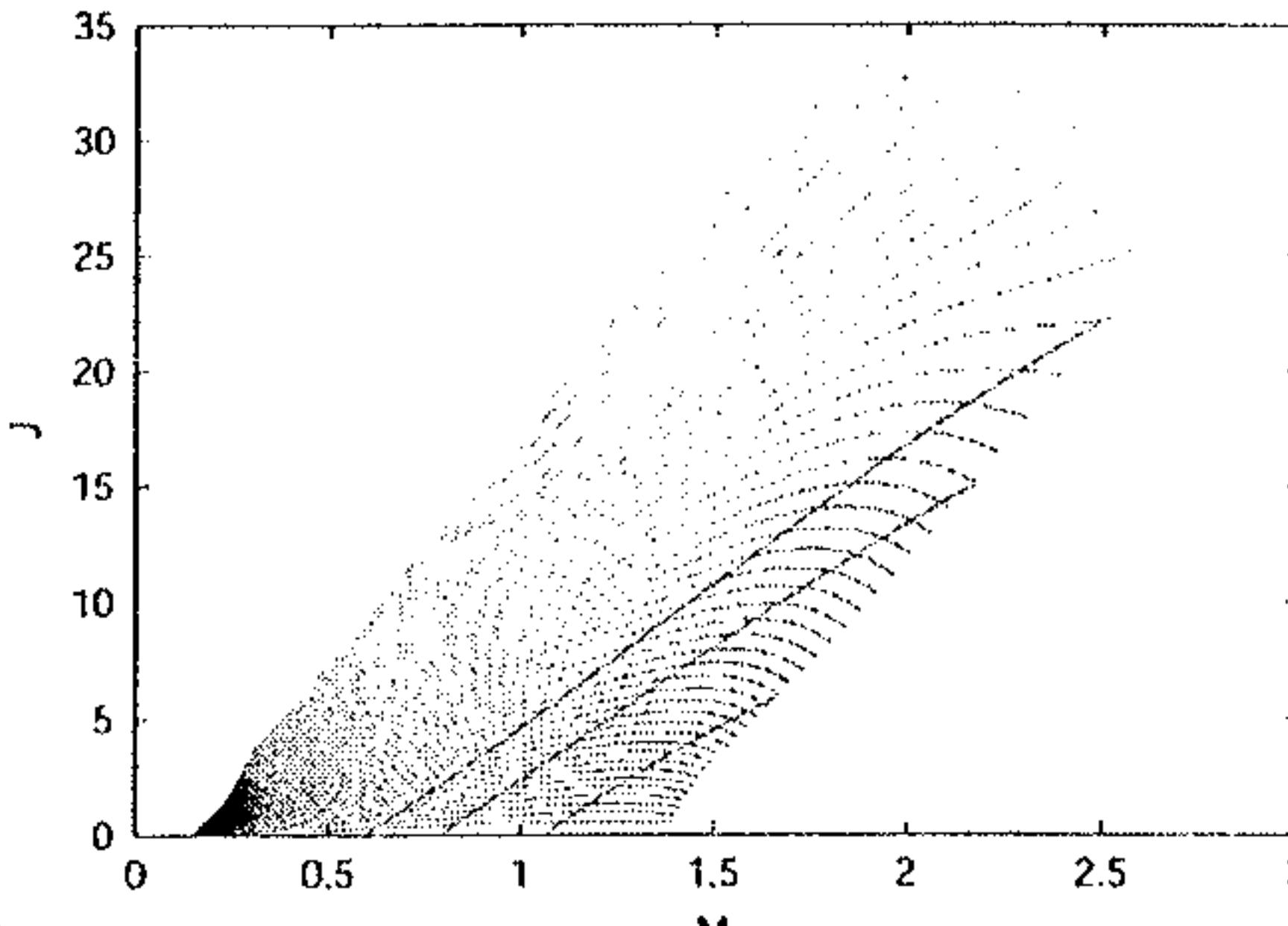


図 2

図1と同じだが効率は0.2である。一番軽い0.6太陽質量の白色矮星は効率0.2以下で超新星爆発の条件を満たす。