

特別実験・理論演習で やったこと

和田祥太郎

I 特別実験でやったこと

II 理論演習でやったこと

I 特別実験でやったこと

ねじれ振り子による重力の逆二乗則の検証

1. 目的
2. 方法
3. 結果
4. 考察

1. 目的

ニュートンの古典力学において、重力のポテンシャルは

$$\phi(r) = -\frac{GM}{r}$$

と書ける。

しかし超弦理論によれば、これに湯川ポテンシャルが足されて

$$\phi(r) = -\frac{GM}{r} \left(1 + \alpha \exp\left(-\frac{r}{\lambda}\right) \right)$$

と書ける。

この湯川ポテンシャル項のずれを測定しようというのが今回の実験の目的である。

2 方法

ニュートンの逆二乗則が成り立っているとすると、

$$\phi(r) = -G \int d^3 r' \frac{\rho}{|r - r'|} = -\frac{GM}{r}$$

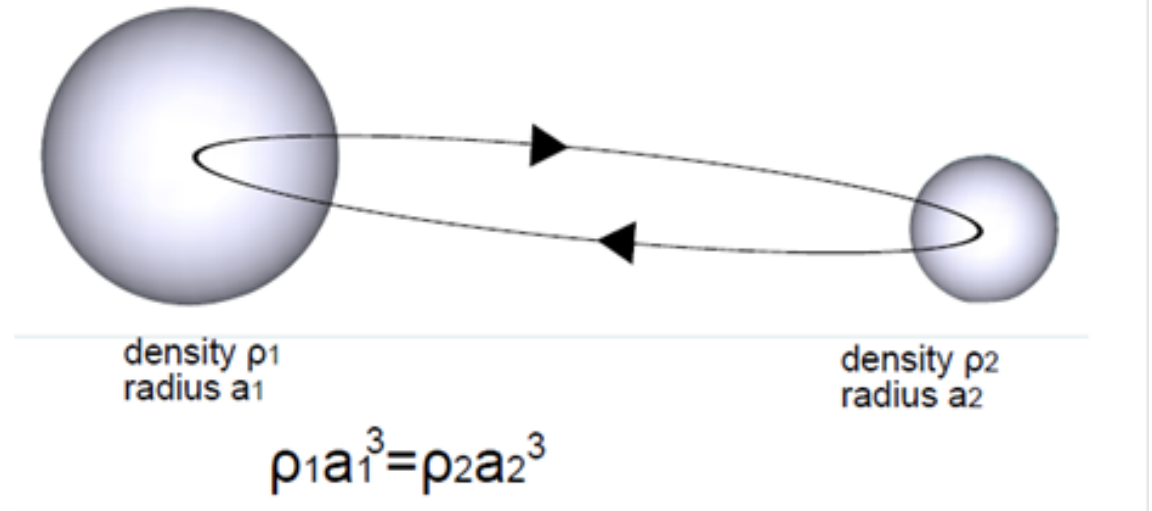
となり、質量が同じであれば密度が違っても重力は変わらない。

一方湯川ポテンシャルを含んでいると

$$\phi(r) = -G \int d^3 r' \frac{\rho}{|r - r'|} \exp\left(-\frac{|r - r'|}{\lambda}\right) = -\frac{GM}{r} F\left(\frac{a}{\lambda}\right) \exp\left(-\frac{r}{\lambda}\right)$$

$$F(x) = \frac{3(x \cosh x - \sinh x)}{x^3}$$

となり、質量が同じであっても密度が違えば重力は変わる



アトラクタの断面図

中身 ステンレスを基準としたときの密度

小さいほうの穴 何も入れない $-\rho_{\text{ステンレス}}$
大きいほうの穴 サファイア $-(\rho_{\text{ステンレス}} - \rho_{\text{サファイア}})$

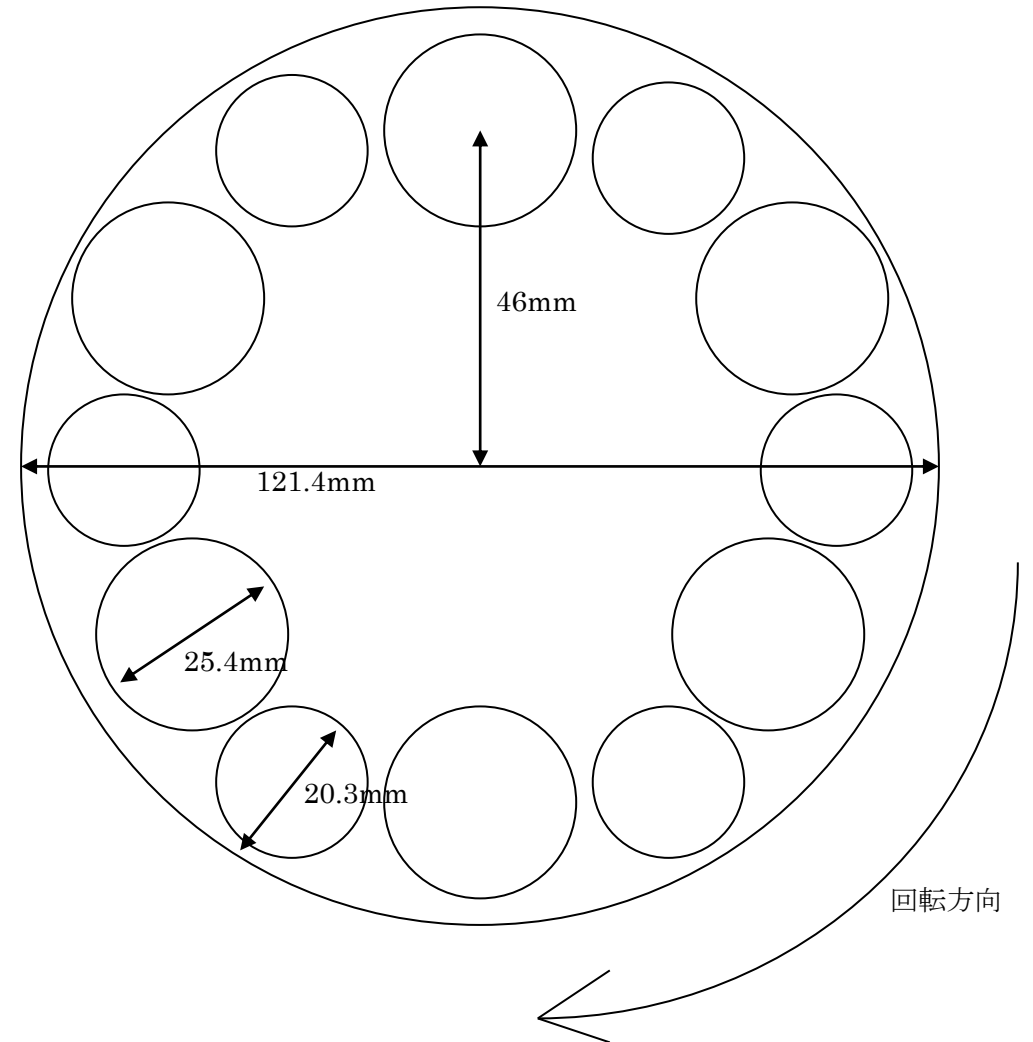
二つの穴は密度は違うが質量が同じになるように設定

もし逆二乗則が成り立っている

- ➡ 重力場は12回対称
- ➡ 回転周波数の6倍波成分はゼロ

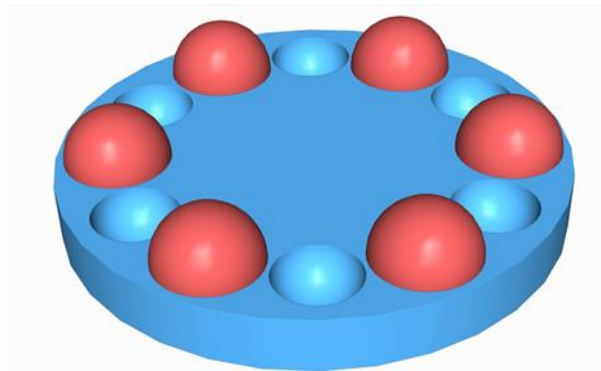
成り立っていない ➡ 6回対称
➡ 回転周波数の6倍波成分はゼロでない

したがって
アトラクタの回転周波数の6倍波を検出すれば、逆二乗則の破れを検出したことになる。

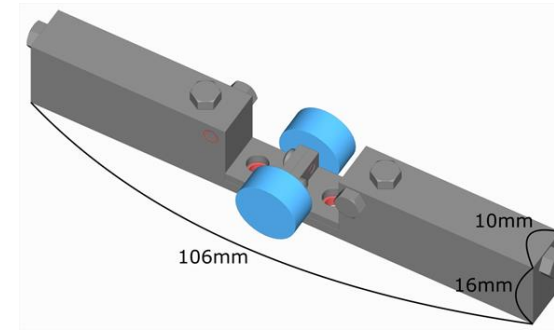


検出方法

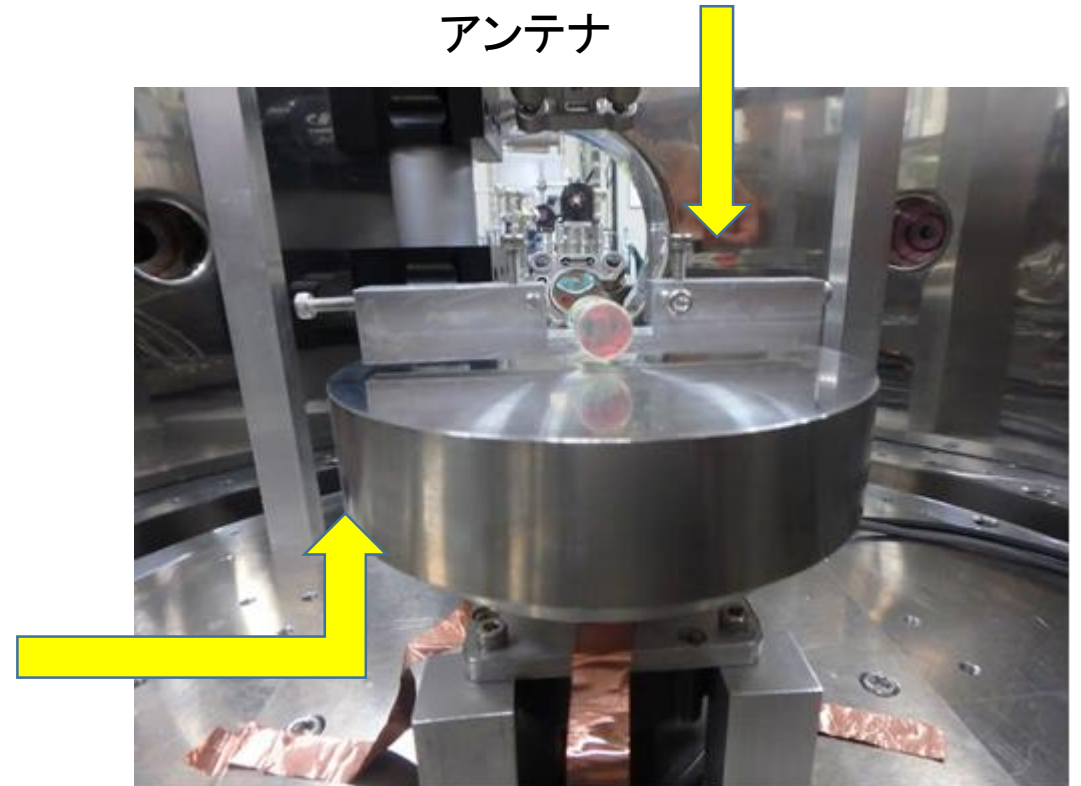
アトラクタをまわしたときのアンテナにかかるとルクを測定すればよい。



アトラクタ



アンテナ



アンテナの前後に鏡をつけ、レーザーでアンテナに光を当てる。

トルクが発生

➡アンテナが少し回転

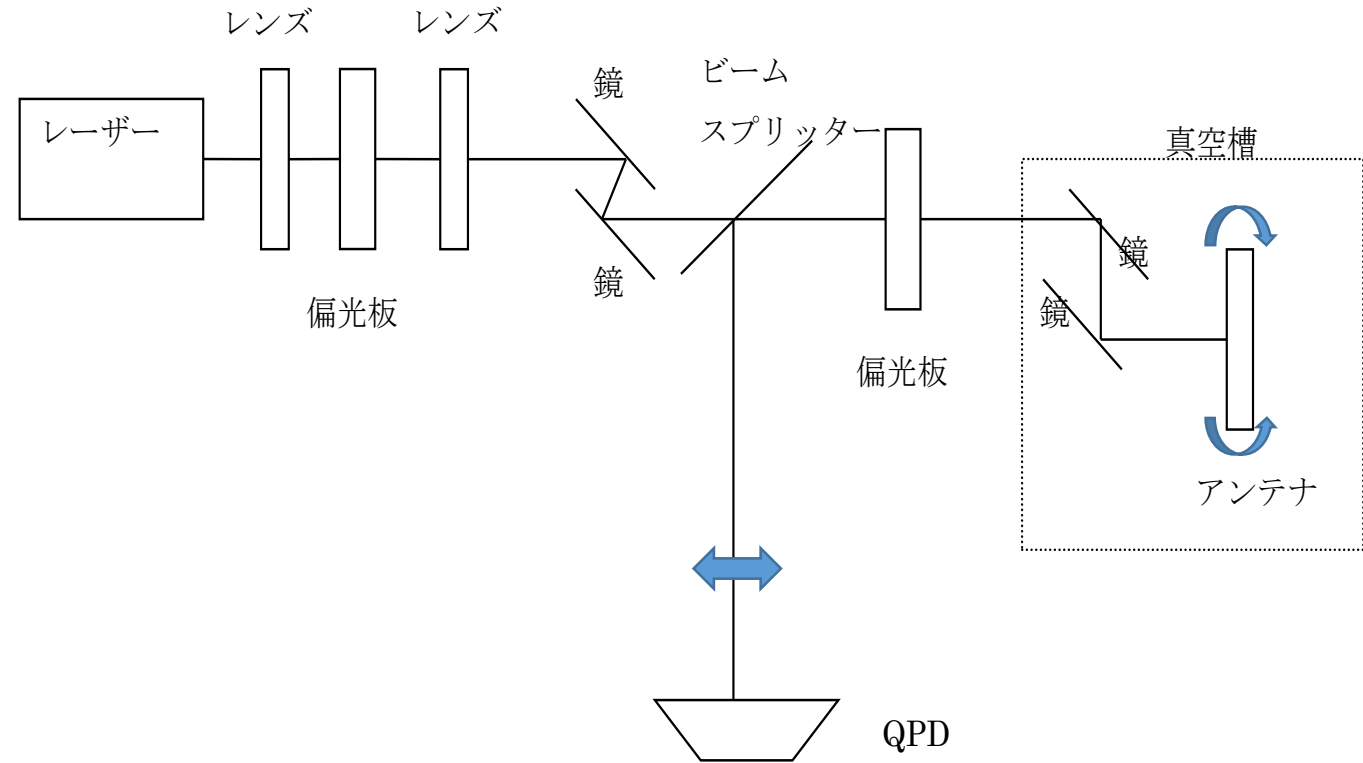
➡反射光の位置がずれる

そのずれの大きさを測定すればトルク
の大きさがわかる

反射光のずれはQPD(光の位置測定器)によって測定した。

穴をあけてないアトラクタ(ダミー)と穴をあけたアトラクタについて
両方のデータをとる

➡二つのデータの差が今回測定したい信号



3 結果

- 今回の実験は真空槽の外側からねじれ振り子を操作できる仕組みになっていなかったため、真空はひかずに単にふたをした状態で実験を行った。
- まずダミーのアトラクタで真空槽のふたを開けたままで実験しようとする、アンテナの回転方向の大きな振動が止まらなかった。そこでふたを閉めて丸一日待つと振動が止まるのが確認できた。
- しかしアトラクタを回してしまうと丸一日置いてもアンテナの振動が止まらなかった。レーザー光はQPDに収まらずに観測データは得られなかった。

4 考察

①アトラクタの回転による空気の流れ

➡真空槽の中を真空にしたい

そのために、回路の配線を真空対応に変える

• 真空槽の外から真空槽の内部を調節する仕組み

➡ピコモーターを使うこと

ピコモーターとは電圧をかけるとその分だけ移動させる装置であり、真空槽の外から電圧をかければその分だけ振り子の位置を調節できる。

②モーターの振動

今回の実験はモーターの振動が直接懸架台に伝わる構造

➡モーターと懸架台を切り離れた構造に

II 理論演習でやったこと

- ・宇宙論のゼミ

Kippenhahnの“stellar structure and evolution”を輪読
やったこと

- ・恒星の基礎方程式

- ・簡単な星のモデル(ポリトロープ等)

- ・恒星がどのように進化するかを実際にシミュレーション

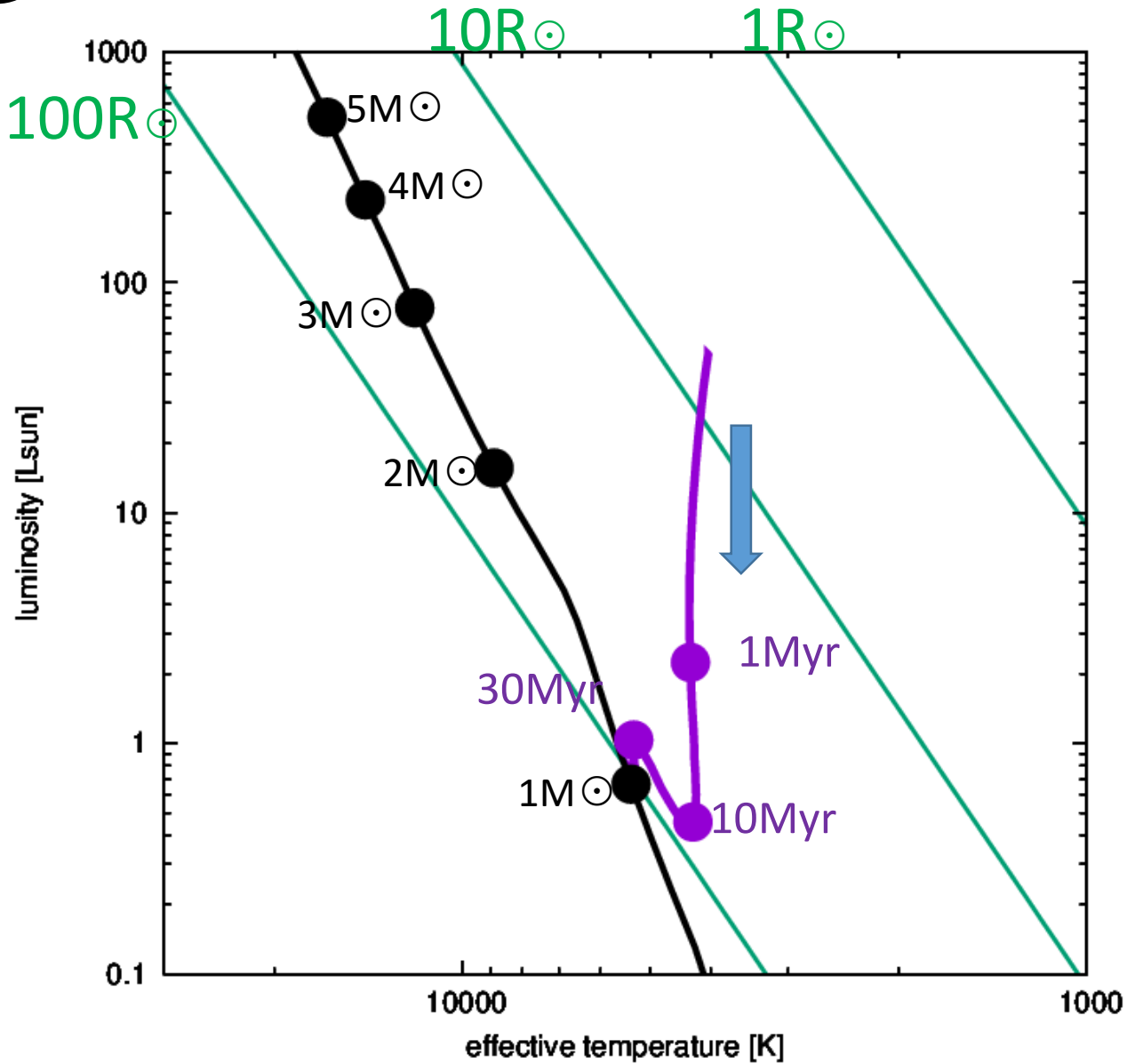
恒星進化のシミュレーション

初期条件 $M=1M_{\odot}$ $R=15R_{\odot}$ $L=50L_{\odot}$ の星の進化をシミュレーションし、

- ① HR図
- ② t と t_{KH} のグラフ

を描いた

① HR図

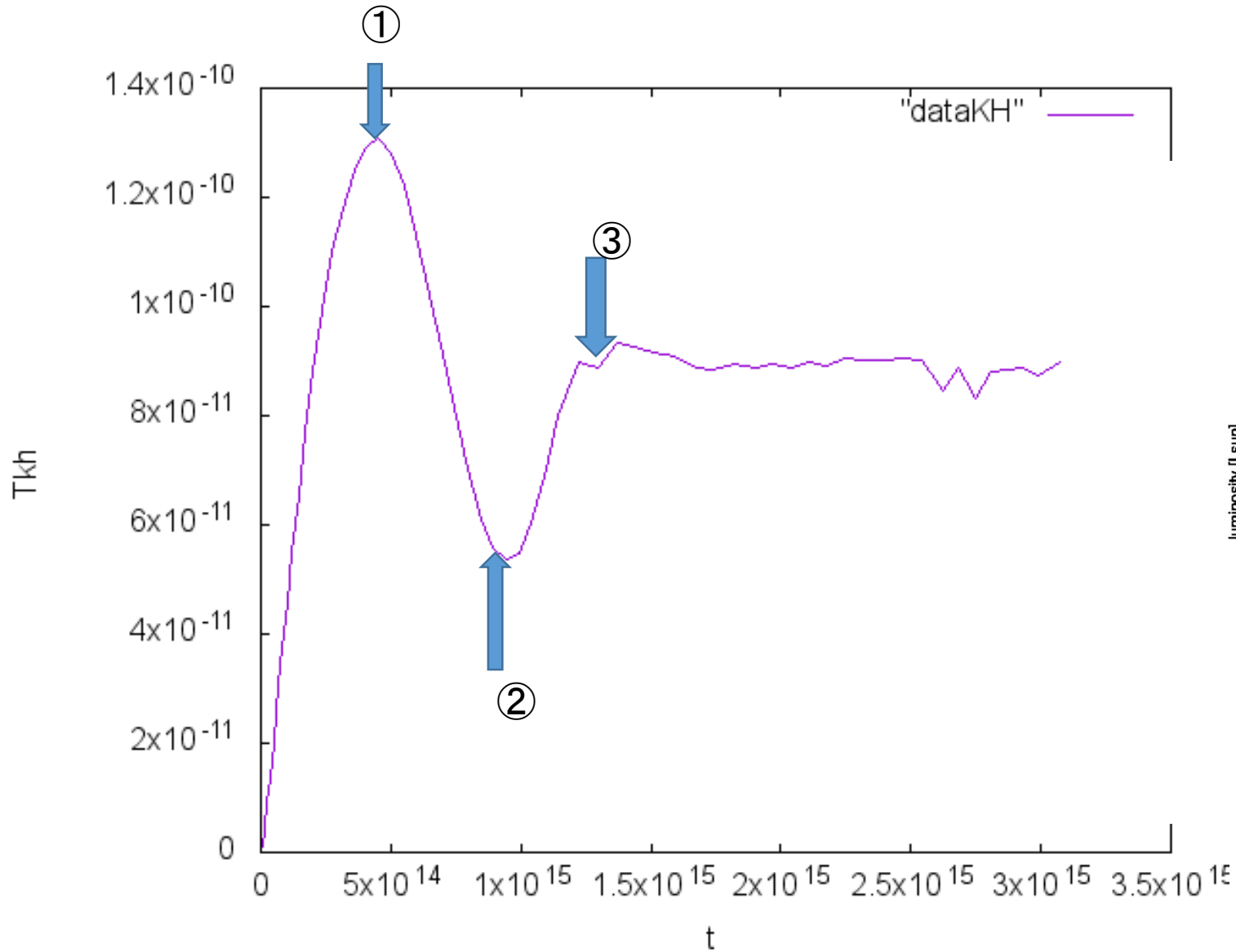


緑色の線は右上から
1R_⊙, 10R_⊙, 100R_⊙

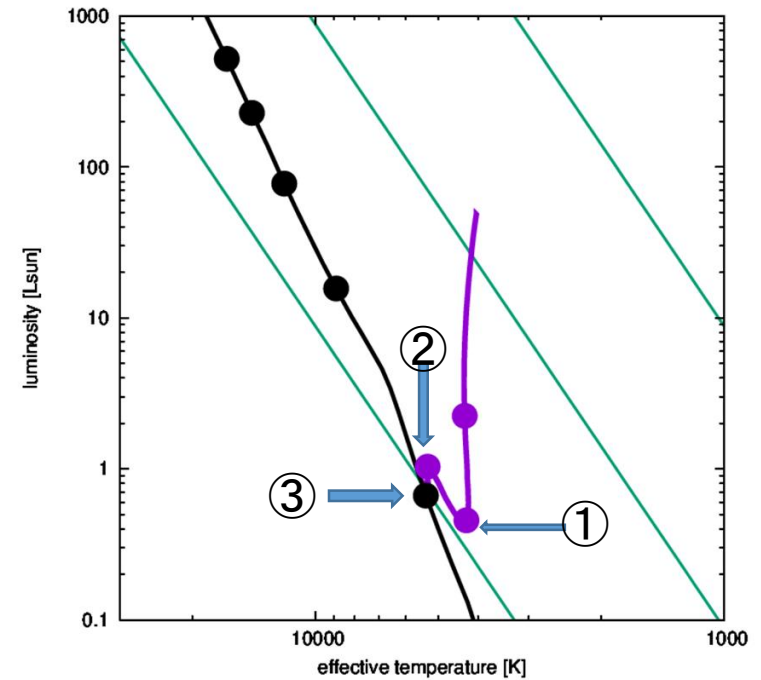
黒い線は主系列
黒い点は下から
1M_⊙, 2M_⊙, 3M_⊙, 4M_⊙, 5M_⊙

紫線が進化の曲線
1Myr, 10Myr, 30Myrをプロット

② t (経過時間) と t_{KH} (Kelvin-Helmholtz Timescale) のグラフ



$T_{KH} = \text{重力エネルギー} / \text{光度}$



終わり