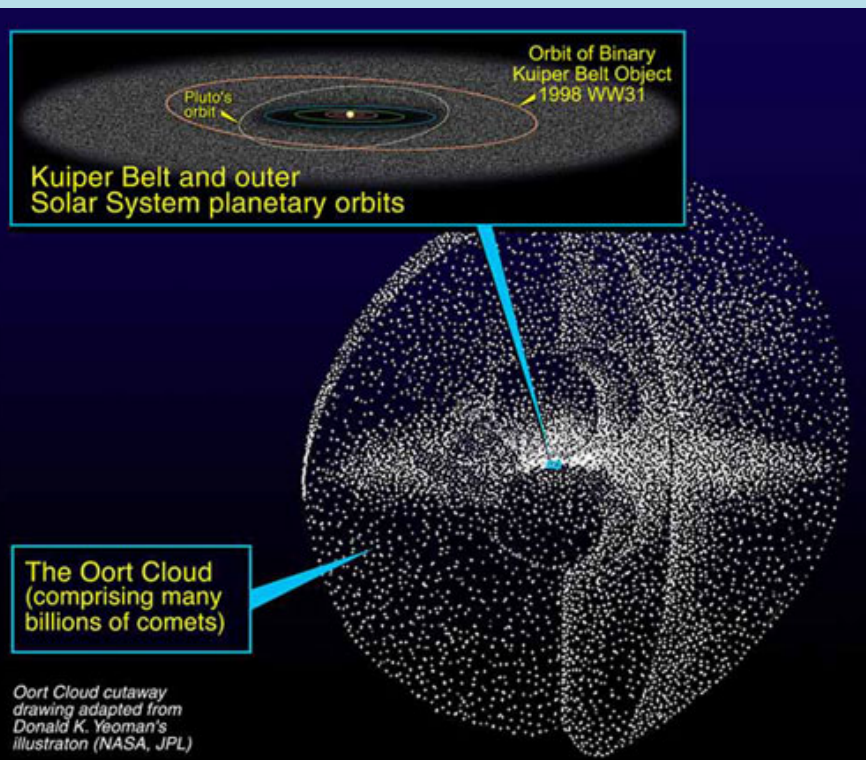


ダークマターハローによる 太陽系天体の軌道進化

鈴木 貴之 (M2),
樋口 有理可, 井田 茂
東京工業大学



Oort雲



- 新彗星の軌道から見える構造
- 新彗星、長周期彗星の供給源
- 数万～十万AUの軌道長半径をもつ
～ 10^{12} 個の微惑星群


銀河潮汐力や恒星通過等

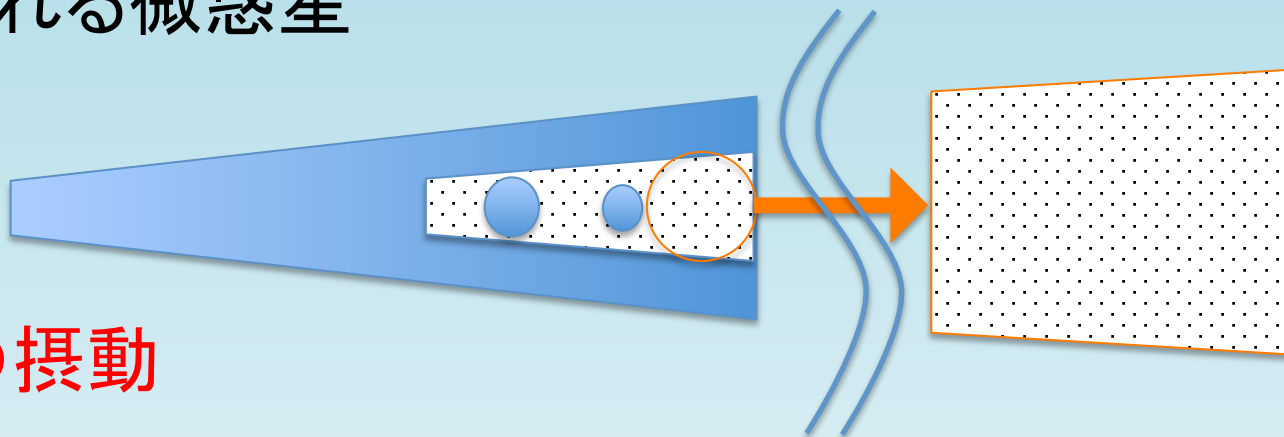
太陽系外天体の摂動

→落下 & 新彗星として観測

Oort雲の形成過程

- 惑星領域で作られる微惑星

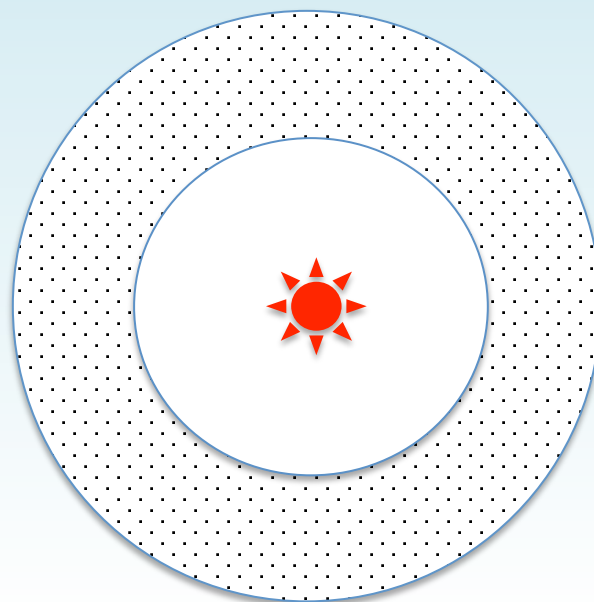
- 弾き飛ばし 



- 太陽系外天体の摂動

- 近日点移動 & 傾斜角増加

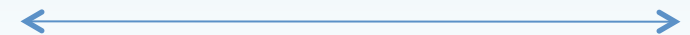
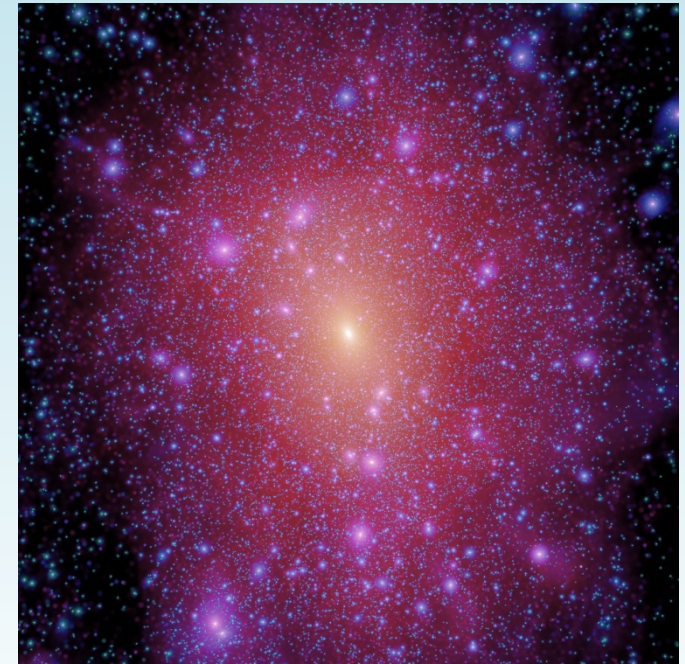
- 球殻様構造へ



太陽系外の摂動源

オールト雲の形成、新彗星の出現率
その両方に深く関わる。

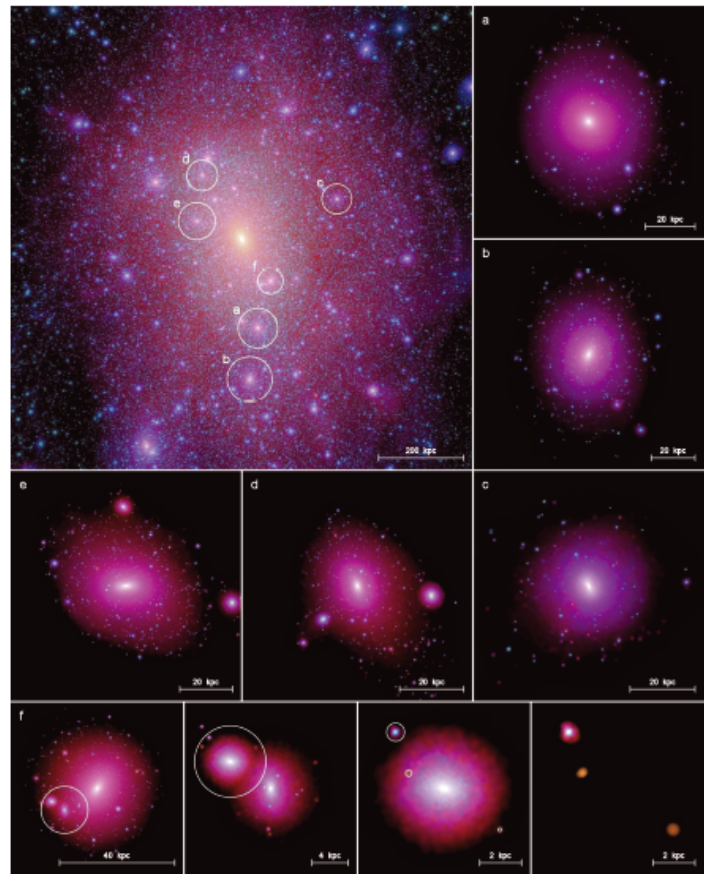
- 銀河潮汐力
- 恒星の通過
- 巨大分子雲の通過
- **ダークマターハロー**
(DMハロー)の通過



1100Kpc

ダークマターの構造

銀河サイズ
↔



(Navarro et al., 2008)
によるシミュレーション

- 銀河サイズから、最小構造であるマイクロハローまで広い質量範囲で存在
- 無数のサブハローが存在する。
- 個数分布は $\frac{dn}{dM} \propto M^{-1.9}$
- 最小のマイクロハローは $10^{-6} M_{\text{sun}}$ 程度と予想されている。
- ~ 100 個/ pc^3

我々の銀河系にもこのようなDMハローが飛び回っている。

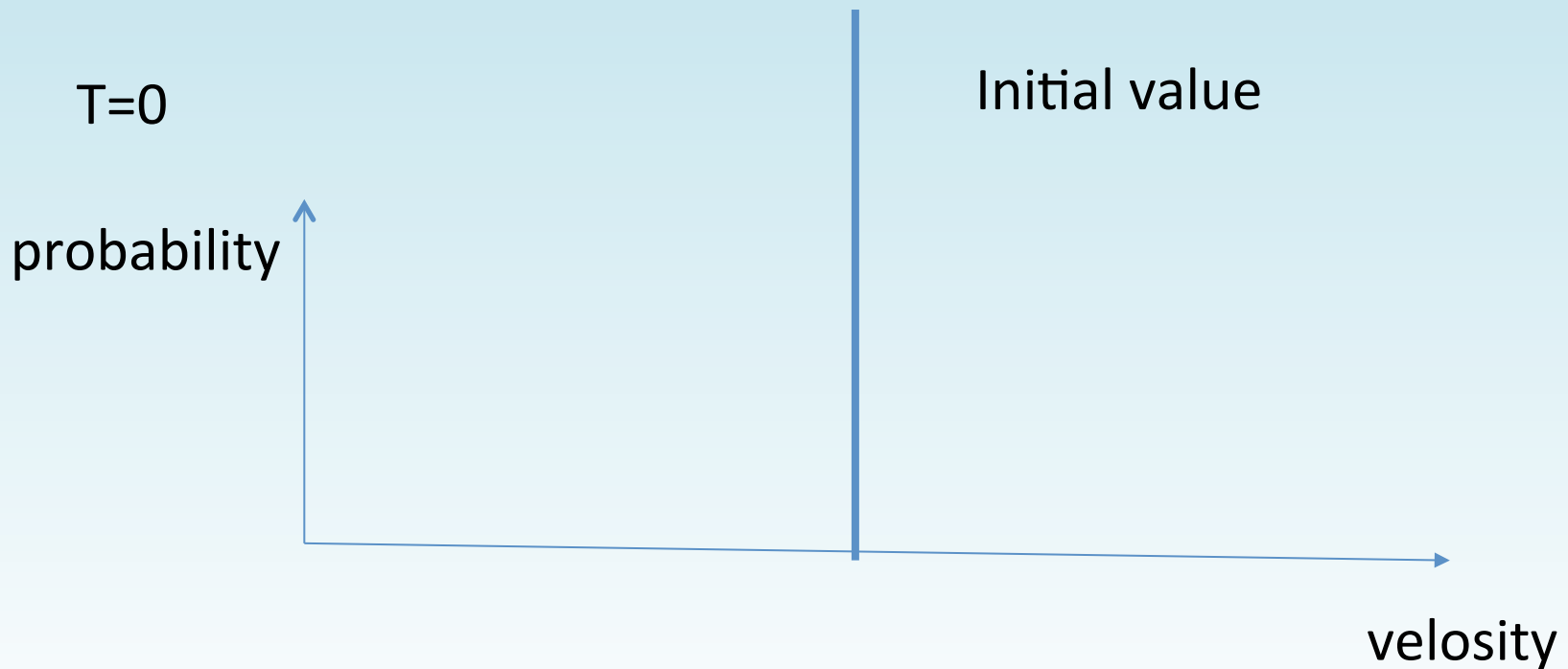
研究目的

DMハローによる摂動の強さを、
「速度分散の増加率」を調べ、
恒星などと比較することで評価する。

無視して良いのか？ それとも意外とダメ？

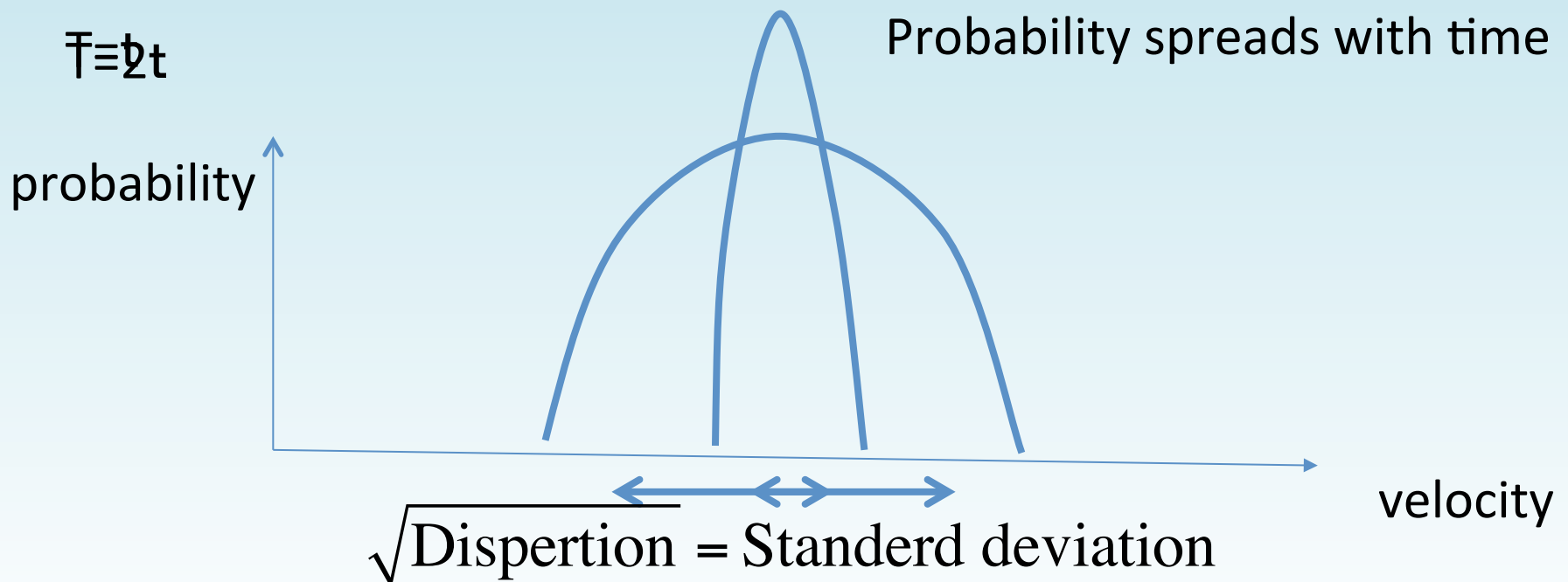
速度分散の増加率

二体緩和時間に対応する量



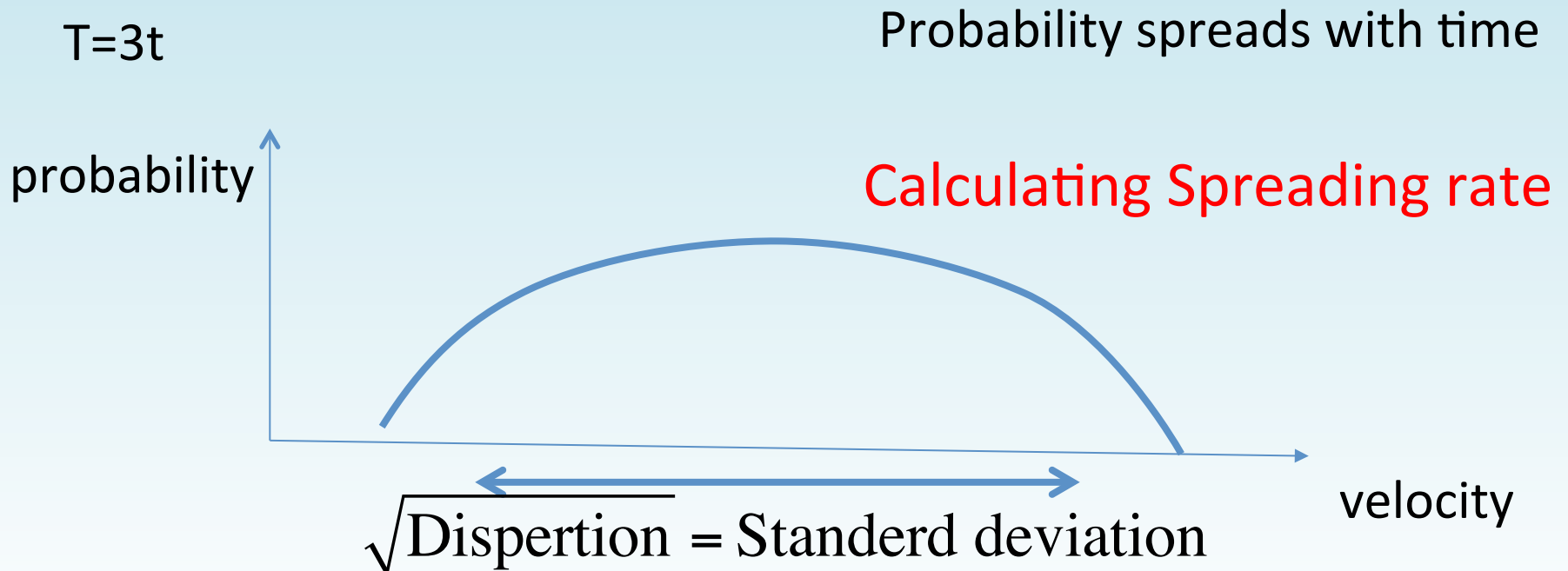
速度分散の増加率

二体緩和時間に対応する量



速度分散の増加率

二体緩和時間に対応する量



時間とともに分散は増加する。→その増加速度を調べる

モデル

- インパルス近似・・・通過速度に対して太陽-彗星の相対速度は小さい
 - エルミート積分法で確認してある。
- 恒星、DMハローが等方的に接近



Oort cloud comet



sun

- 太陽-彗星の相対速度変化を計算

様々な質量、衝突パラメータでの接近について和をとる。
IRVDの期待値を求める。

基礎方程式

速度分散の増加率 (IRVD): dv^2/dt

$$\text{IRVD} = \frac{dv^2}{dt} = \int db \int dM \left\{ (\Delta v)^2 \times 2\pi v b \frac{dn}{dM} \right\}$$

(M,b)での接近通過一回あたりの相対速度変化

(M,b)で接近する確率

$\Delta v(b, M)$: 衝突パラメーターb, ハローの質量M
での接近一回あたりの相対速度変化

台形則で数値積分

DMハローのパラメーター

- 質量プロファイル β
- 個数密度 γ
- 最大ハロー質量 M_{\max}
 - ✓ 太陽周辺に存在する最大のハロー

以下で、これらのパラメータについて説明する

β :DMハローの質量プロファイル

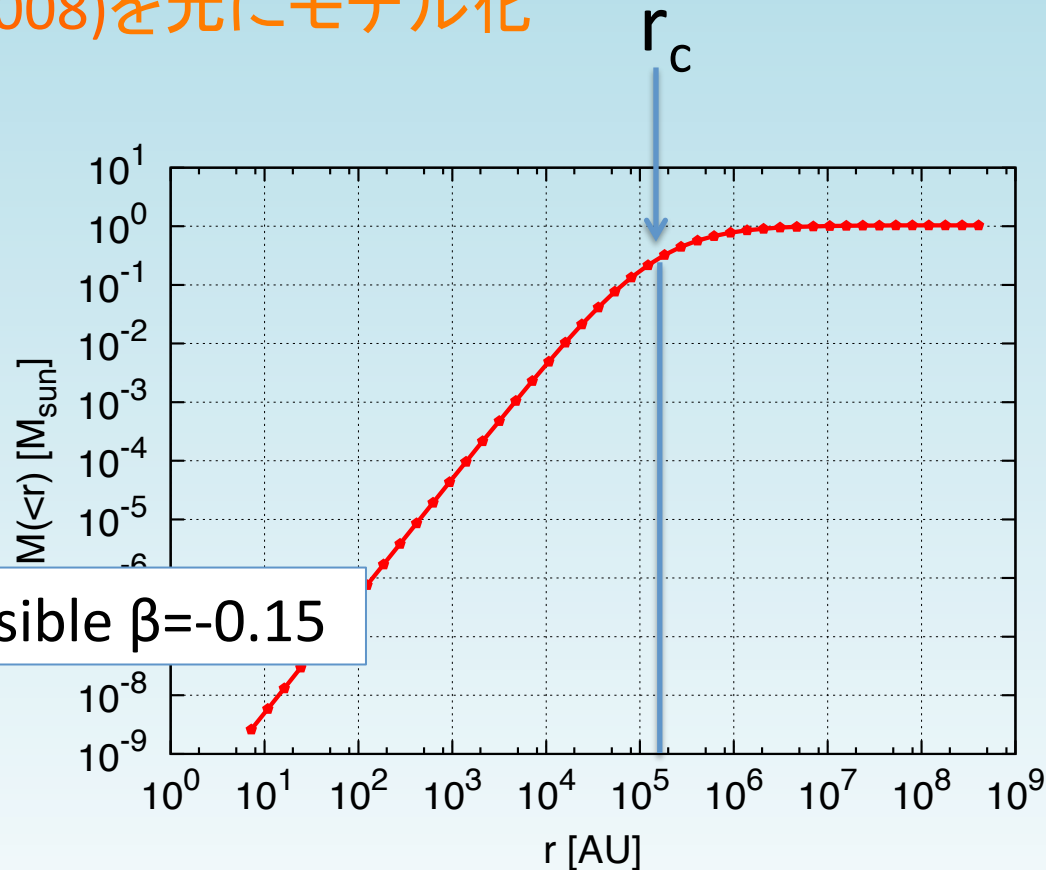
(Navarro et al., 2008)を元にモデル化

$$M(r) = \frac{1}{A^3 B} r_c^3 \rho_c \frac{(r/r_c)^2}{(1+r/r_c)^2}$$

$$\rho_c = B \left(\frac{M}{M_\odot} \right)^\beta$$

$$r_c = A \left(\frac{M}{M_\odot} \right)^\alpha$$

$$3\alpha + \beta = 1$$



$$\frac{dv^2}{dt} = \int db \int dM \left\{ (\Delta v)^2 \times 2\pi v b \frac{dn}{dM} \right\}$$

γ : DMハローの体積個数密度

$$\frac{dn}{dM} \propto M^\gamma$$

Plausible $\gamma = -1.9 \sim -2.0$

(Navarro 2008)などより

$$\frac{dv^2}{dt} = \int db \int dM \left\{ (\Delta v)^2 \times 2\pi v b \frac{dn}{dM} \right\}$$

最大ハロー質量

太陽周辺に存在する最大のハローの質量 M_{\max}

$$\frac{dv^2}{dt} = \int db \int^{M_{\max}} dM \left\{ (\Delta v)^2 \times 2\pi v b \frac{dn}{dM} \right\}$$

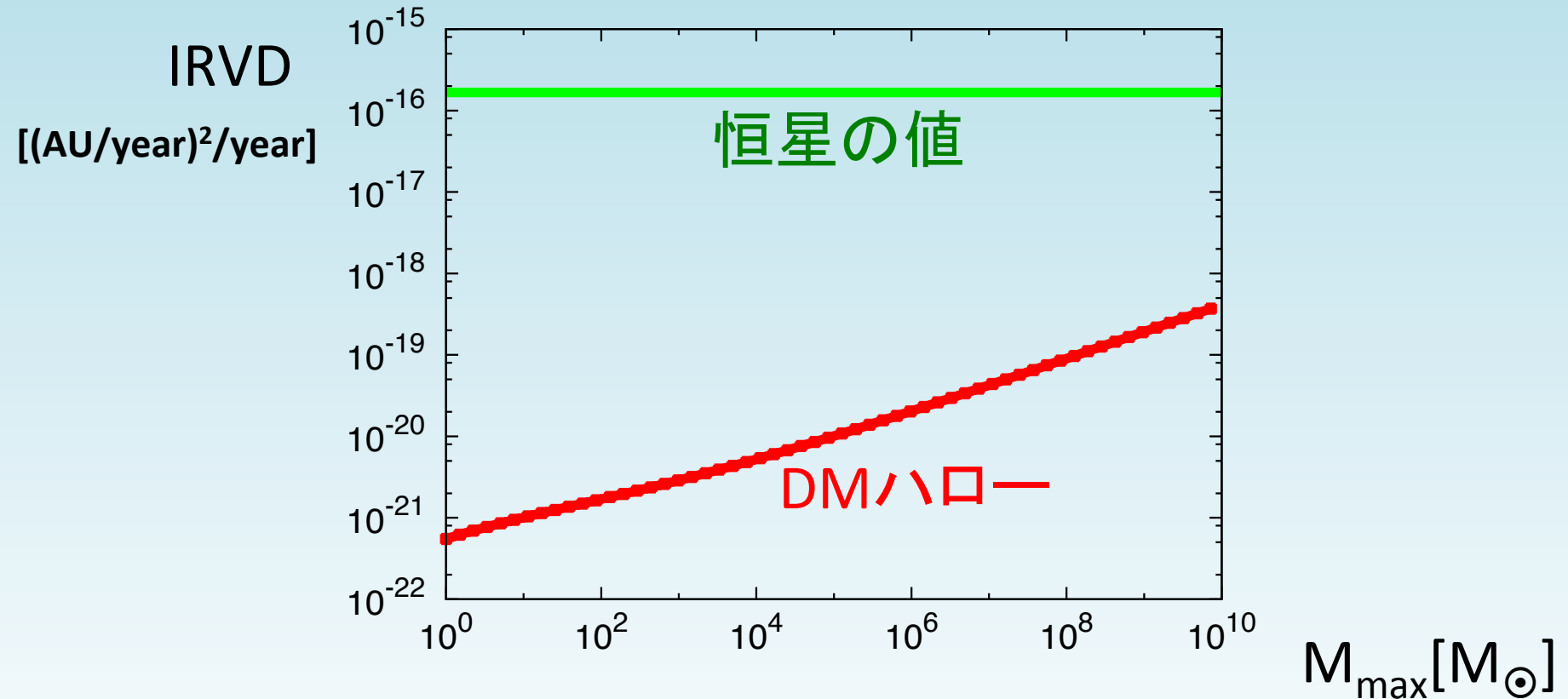
パラメーター

- 質量プロファイル β
 - ✓ $\beta < 0 \Rightarrow$ 質量小さい方が高密度
 - ✓ $\beta > 0 \Rightarrow$ 質量大きい方が高密度
- 個数密度 γ
 - ✓ $\gamma < -2 \Rightarrow$ 大きいハローが質量を担う
 - ✓ $\gamma < -2 \Rightarrow$ 小さいハローが質量を担う
- 最大ハロー質量 M_{\max}
 - ✓ 太陽周辺に存在する最大のハロー

結果

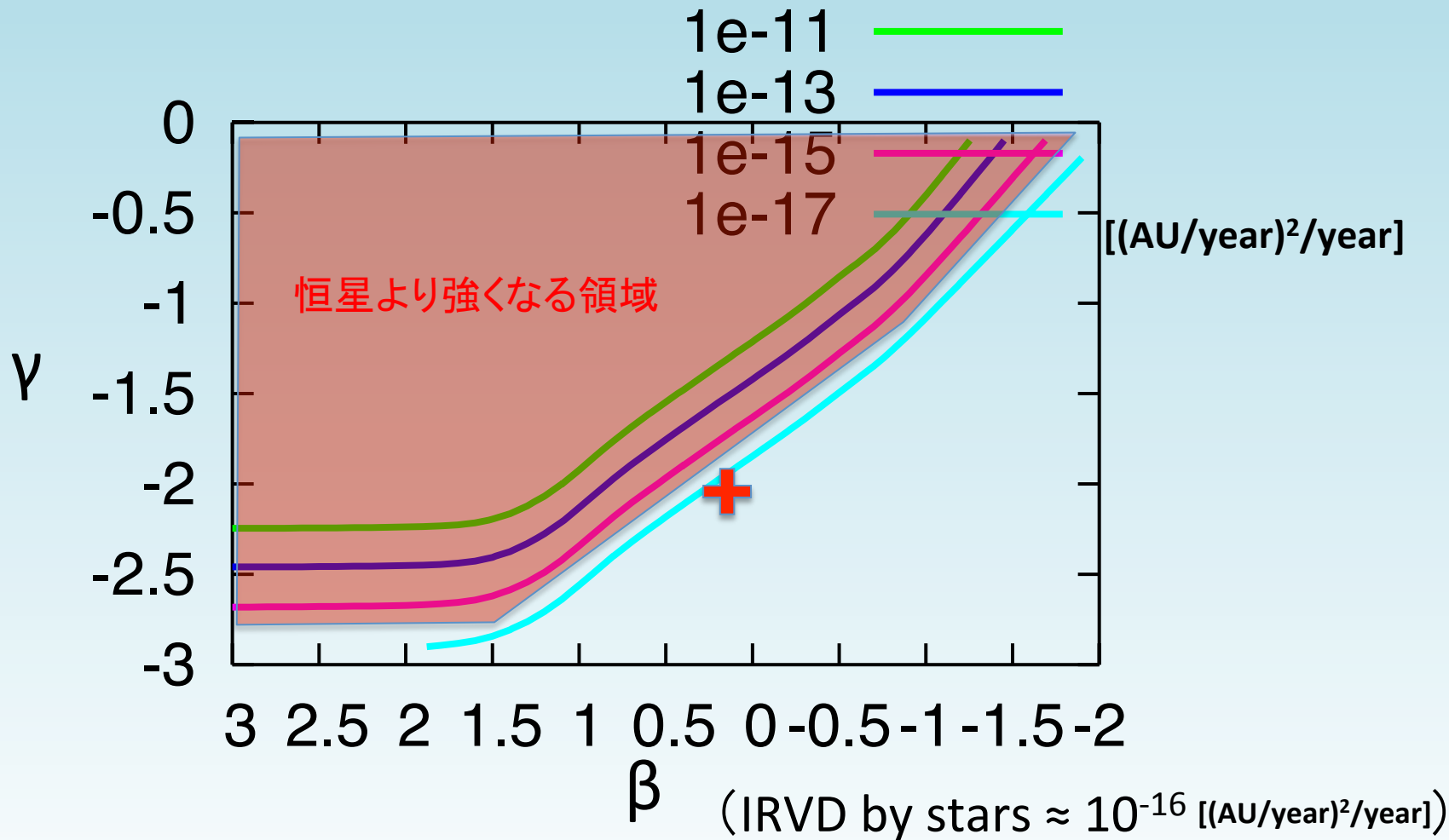
最大ハローの質量 M_{\max} による変化

at $\gamma=-1.9$ $\beta=-0.15$



- M_{\max} が大きいほど、IRVDは大きくなる。
- 銀河サイズの手ローでも、恒星に比べて小さい。

βおよびγによる変化



βやγによっては大きくなる可能性がある。

結論

- 現実的な γ, β ならば、
ダークマターハローによるIRVDの値は、
恒星の値よりも小さい
- つまり、Oort雲形成などにおけるDMハローの
効果は小さいと予想される。

まとめ

- Oort雲に属する天体が、DMハローから受ける摂動の大きさを評価した。
- 評価は速度分散の増加率(緩和時間に対応する)を用いて行った。
- 現在のシミュレーションで予想されているパラメータだと、その効果は恒星よりも十分小さい事がわかった。
- 巨大分子雲についても同様の考察を行うつもりである。