

ダークエネルギー時間発展について

Akira Hasuo(Kumamoto University M2)

Introduction

Ia型超新星の観測から現在の宇宙は加速膨張であることが知られている。加速を引き起こしている謎の「ダークエネルギー」の候補として「真空エネルギー」等が考えられているが、未だその全貌は明らかにされていない。そこで、さらなる遠方の天体によって、宇宙論パラメータを制限する必要がある。GRB(ガンマ線バースト)は、宇宙最大の爆発現象であり、 $z \sim 8$ のような遠方からもその情報を伝えてくれる。そのGRBを距離梯子として、昔の宇宙を観測し、宇宙の膨張の歴史を探り、宇宙論パラメータに制限をかけることが目的である。今回は、真空エネルギーが有する問題点に対し、super-decelerating model(Linder,2010)というモデルを使って考えていき、今後の展望を述べたい。

Cosmological constant problem

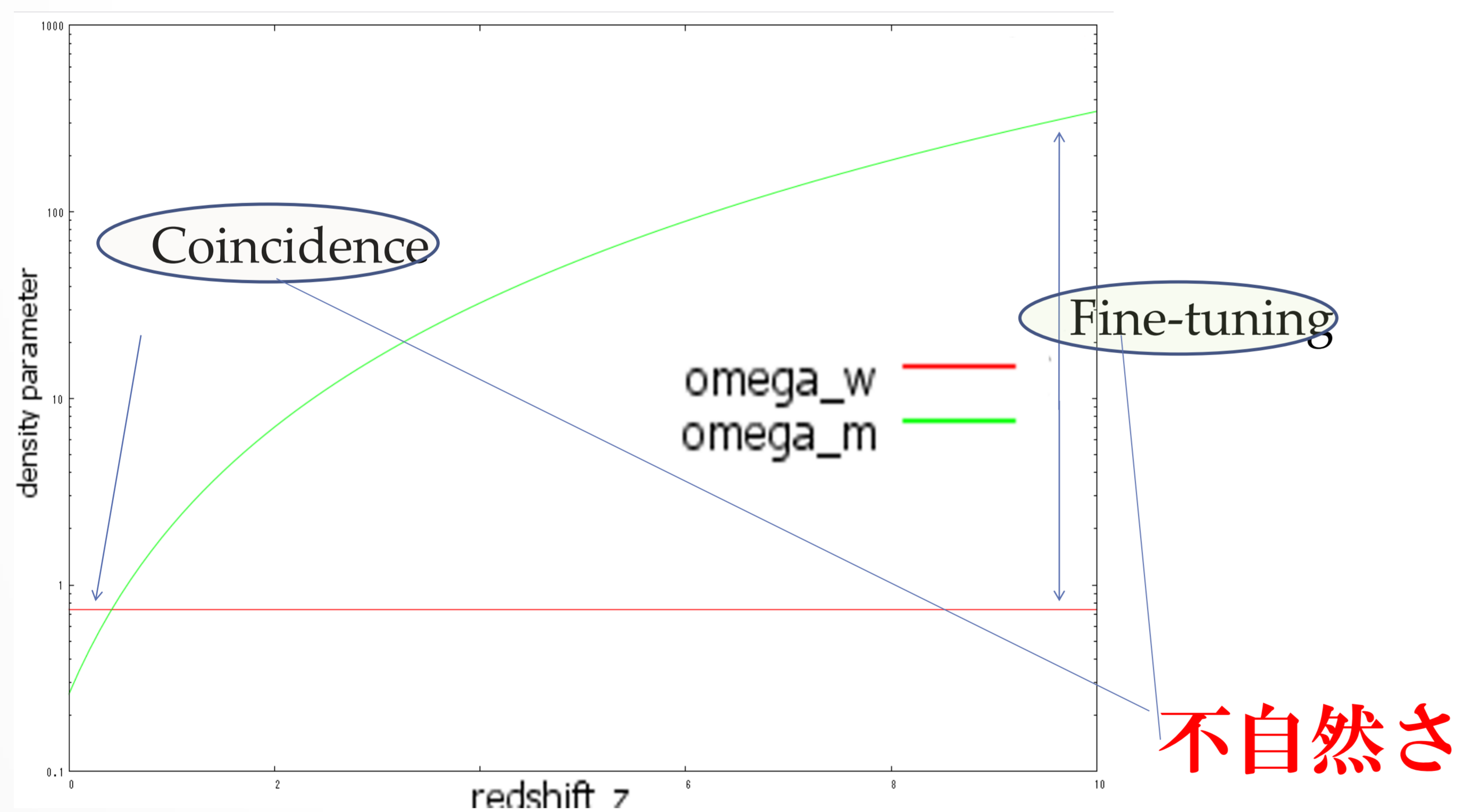
ダークエネルギーの候補である真空エネルギー(宇宙定数)には、問題点がある。

<Coincidence 問題>

なぜ現在で真空エネルギー優勢となり、加速膨張しているのか？
加速膨張は現在とインフレーションだけの特有のものなのか？

<fine-tuning 問題>

宇宙初期では、真空エネルギーの値が、小さすぎるのはどうしてか？(プランクエネルギー密度のスケールから124桁ほど違う)



今回は、これらの問題を解決するために、現在の加速膨張以前にも「加速膨張」があったと考え、次のようなモデルを考える。

Super-decelerating model (Linder,2010)

過去に大きな密度減少があったと仮定して、現在の加速膨張以前にも、早期加速膨張を考えるモデル。

→coincidence問題の解決？

• 加速条件

$$w_{tot} = \frac{P}{\rho_{DE} \rho_{DE} + \rho_m} = w_{DE} \Omega_{DE} < -\frac{1}{3}$$

であるとき加速膨張となる。 $w = -1$ では、密度が定数になってしまうので、超減速(急速な密度低下)期間 $Z_s \sim Z_e$ に対して $w = 1$ とする。すると次の式から

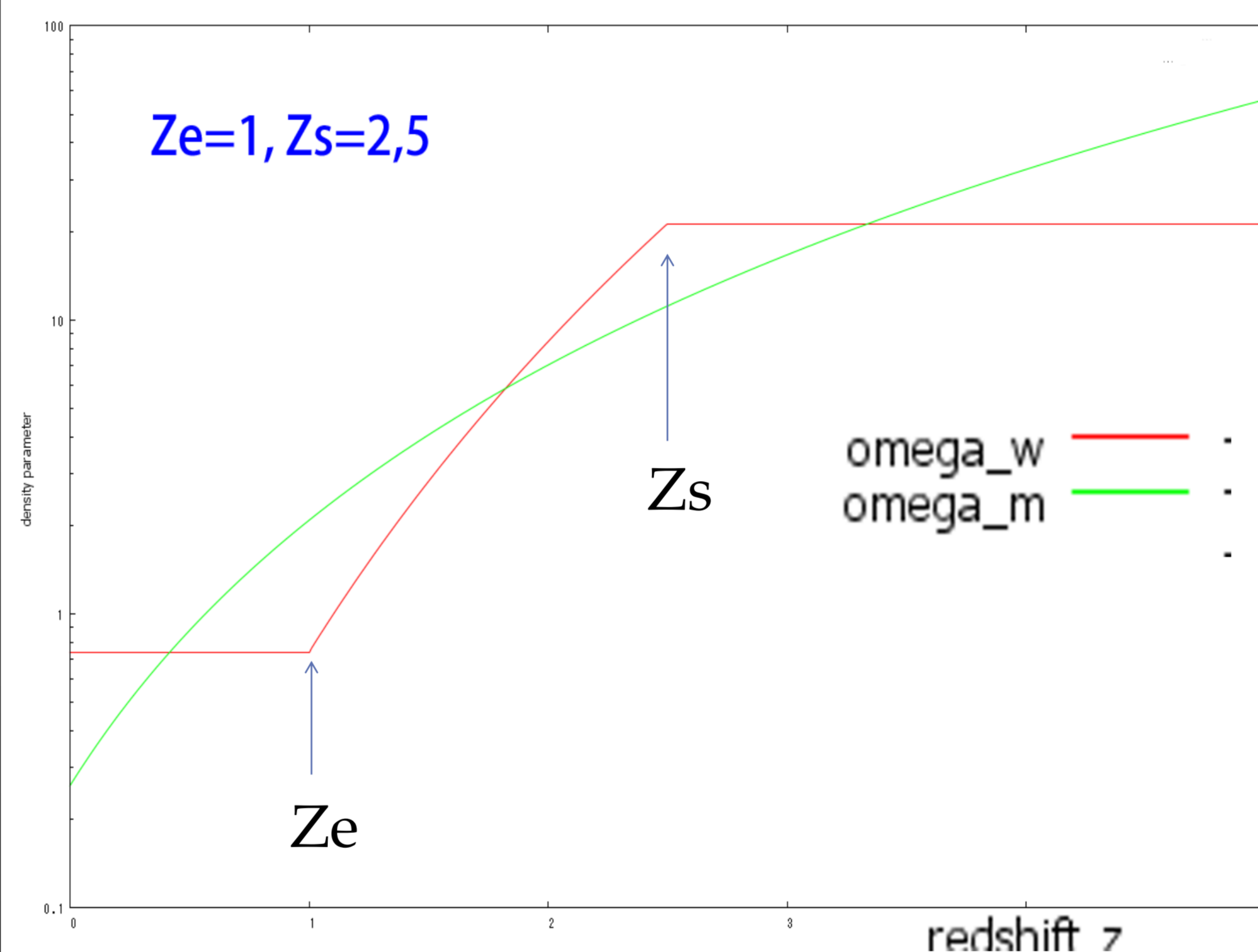
$$\dot{\rho} + 3 \frac{\dot{a}}{a} (1+w) \rho = 0$$

Dark-energyの密度変化

$$\rho_{DE} = \rho_{\Lambda} (Z < Z_e, w = -1)$$

$$\rho_{DE}(Z) = \rho_{\Lambda} \left(\frac{1+Z}{1+Z_e}\right)^6 (Z_e \leq Z < Z_s, w_j = 1)$$

$$\rho_{DE} = \rho_{\Lambda} \left(\frac{1+Z_s}{1+Z_e}\right)^6 (Z_s \leq Z, w = -1)$$



左の図は、超減速期間を $(1 \leq Z \leq 2.5)$ とした時の、ダークエネルギーと物質の密度の変化である。この場合 $z \sim 3.3$ でダークエネルギー優勢となり、早期加速膨張が起きる。その後 $z \sim 2.5$ で急激な密度減少が起り、 $z \sim 1$ で現在の密度になる。

このような簡単な機構でも早期加速膨張を示すことができる。今回は $w=1$ としてこの減速期間を設定した。パラメータは、 w, Z_e, Z_s の3つであり、これらのパラメータを制限することにより、早期加速膨張の痕跡を探ることができる。

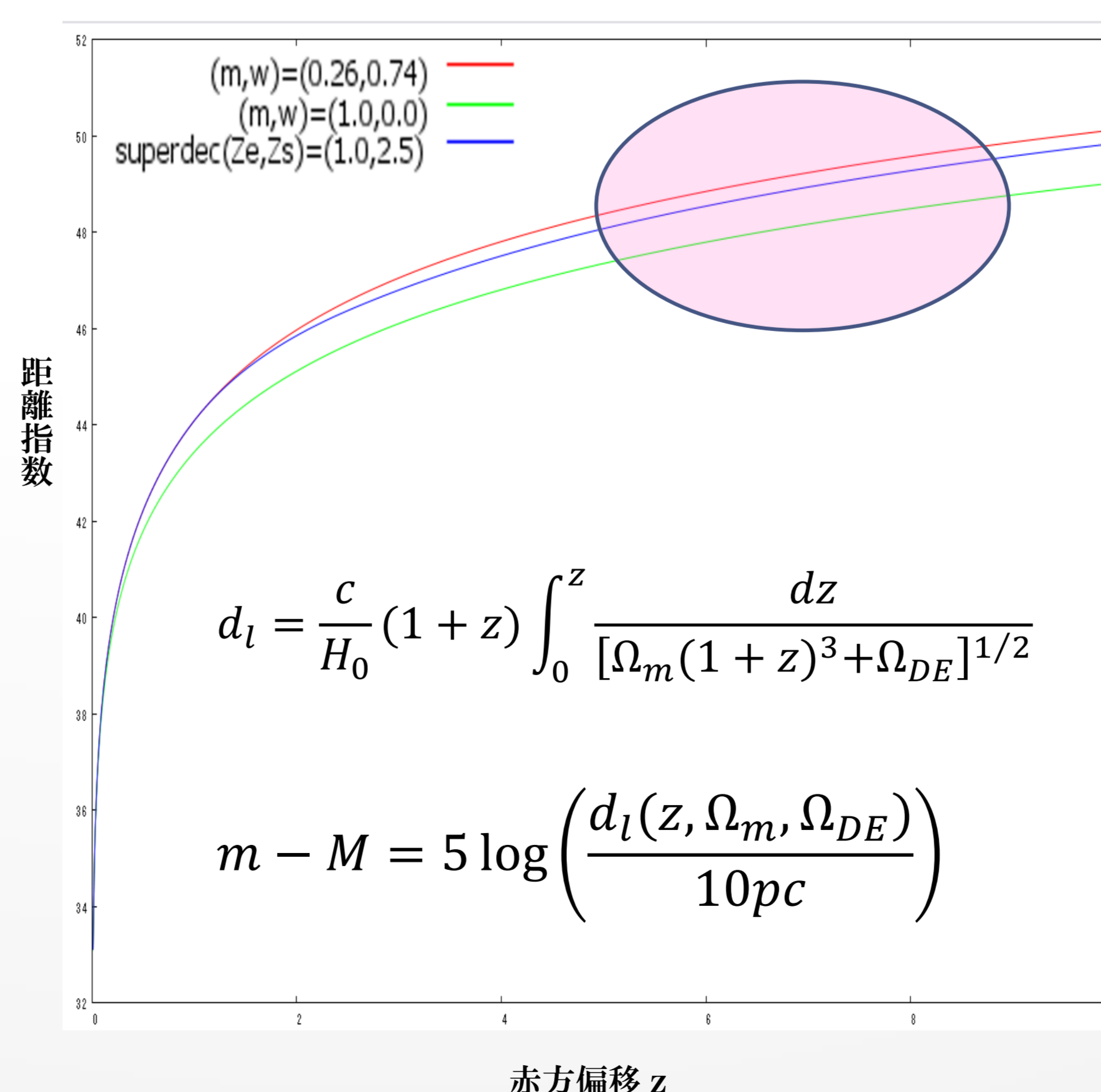
Discussion & future work

super-decelerating機構を加えて計算したmodulusが右のグラフである。超減速期間によってグラフが一段階下がり、また同じ傾きに戻るような動きをする。GRBはピンクのマルの部分でも観測されているので、このようなモデルを考えることには価値があるはずである。そのためにまずは超新星とGRBによってパラメータの制限を行っていく。

今後の課題として

- まずは超新星のデータを使って、 Z_e, Z_s を変数としてfittingを行う。それによってsuper-decelerating modelのパラメータに対し制限を行う。
- GRBのデータでもfittingを行い、更にパラメータに対し制限をかけていく。
- 結果によって宇宙論パラメータの制限、そしてダークエネルギーの正体を探っていく。

などを行っていく予定である。



acknowledgment

今回、このような発表の場を設けてもらい、「天文・天体物理若手 夏の学校2012」に対し、補助していただきました。京都大学基礎物理学研究所に感謝しております。ありがとうございました。

平成24年8月31日