

# 大型赤方偏移サーベイ

松原隆彦 (名古屋大学)

2004 理論懇シンポジウム (12/25/2004)

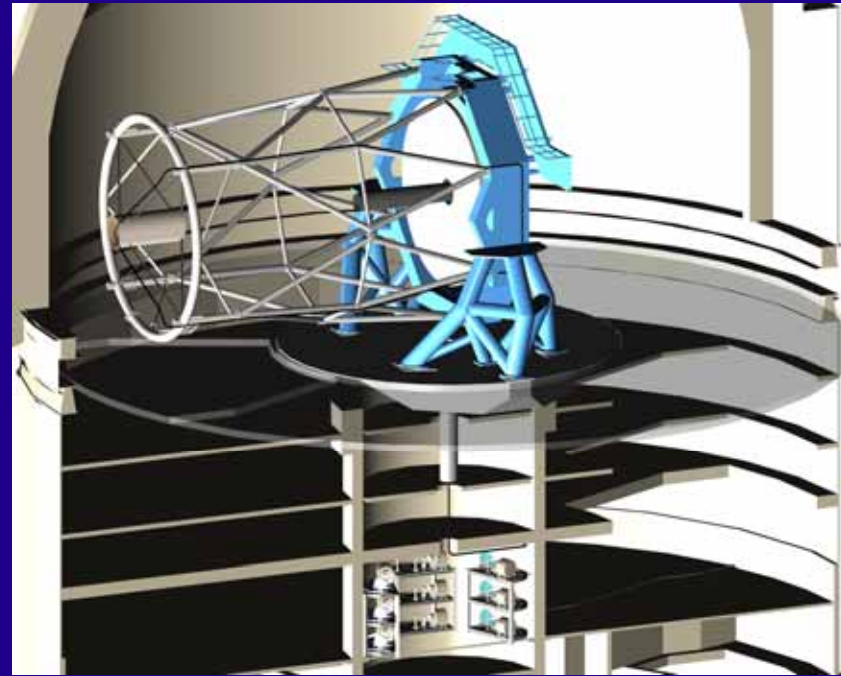
# KAOSプロジェクトの紹介

- KAOSプロジェクト(提案中)の概要

- Kilo-Aperture Optical Spectrograph
- KAOS分光器の開発
- Geminiのひとつ(8.1m)を占有的に使用(したい)
- 分光 20,000天体/1晩
- 時期: ~ 2010年, コスト: \$ 20 - 30 M

- 主な科学的目標

- $z \sim 1$  および 3 の集中的な銀河サーベイ
- 大規模構造からダークエネルギーを調べる
- 天の川銀河の起源(ディスク、ハロー形成)



# “Multilayered Redshift Survey” の提案 (1)

- これまでの銀河サーベイ

- Magnitude-limited survey

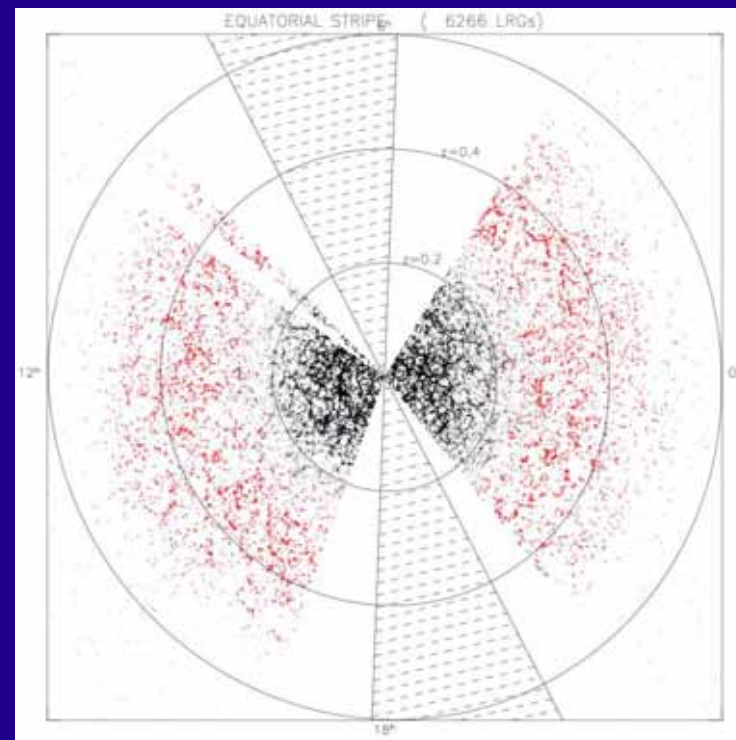
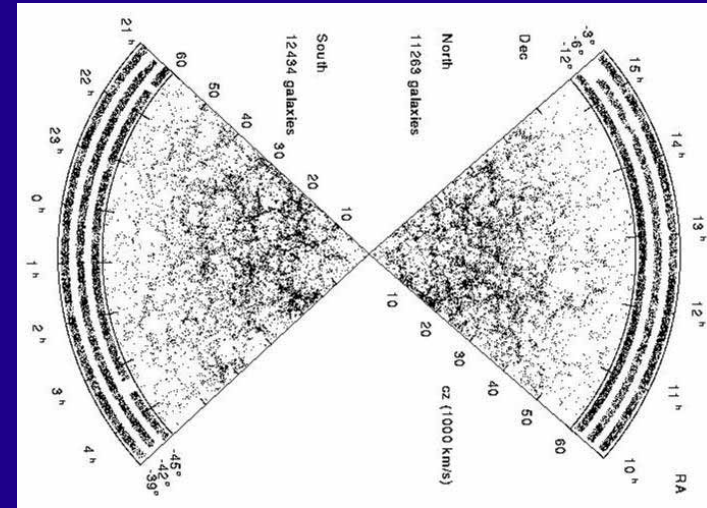
通常の銀河サーベイ

手前の銀河は密に、遠くの銀河は疎にサンプリング

- Volume-limited survey

例: SDSS LRG (Luminous Red Galaxy) サーベイ

空の一定領域をほぼ一定の空間密度で銀河をサンプリング (Color selectionによる)



# “Multilayered Redshift Survey” の提案 ( 2 )

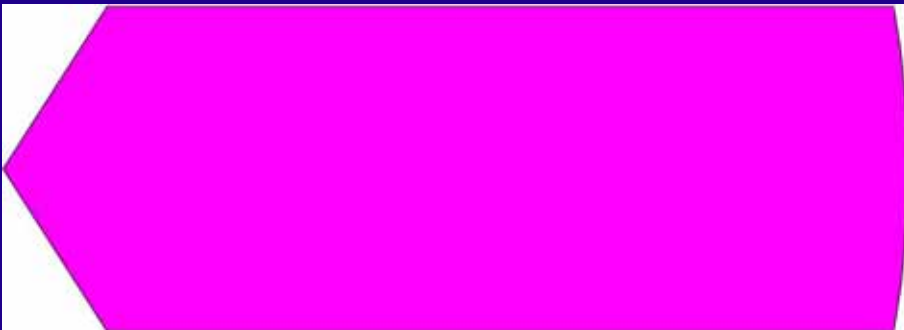
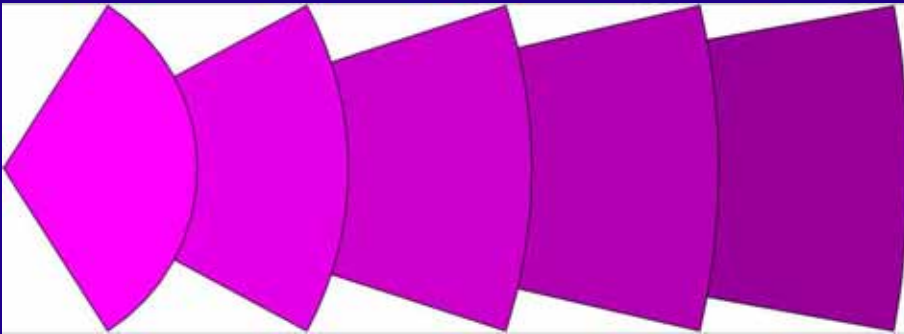
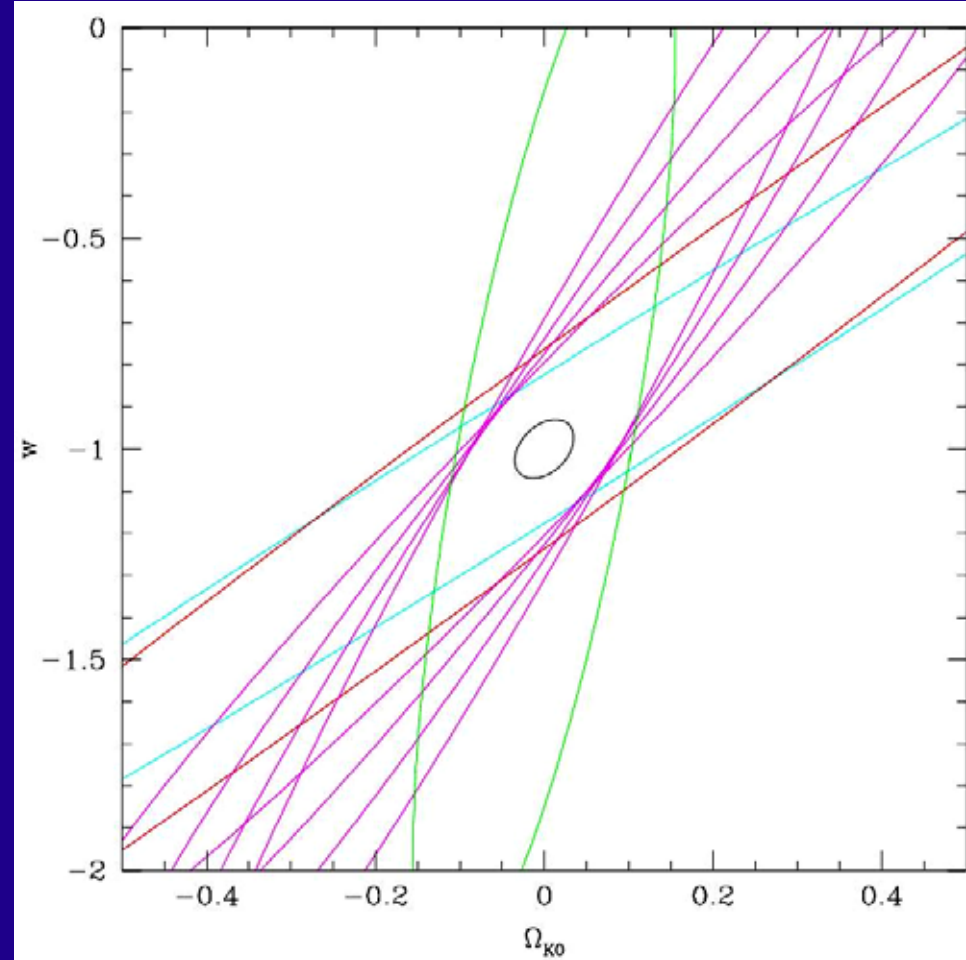
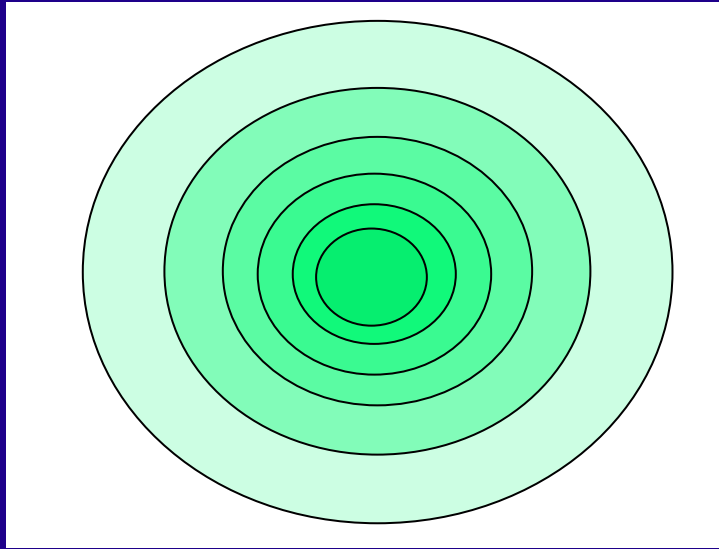
- これまでのサーベイの欠点

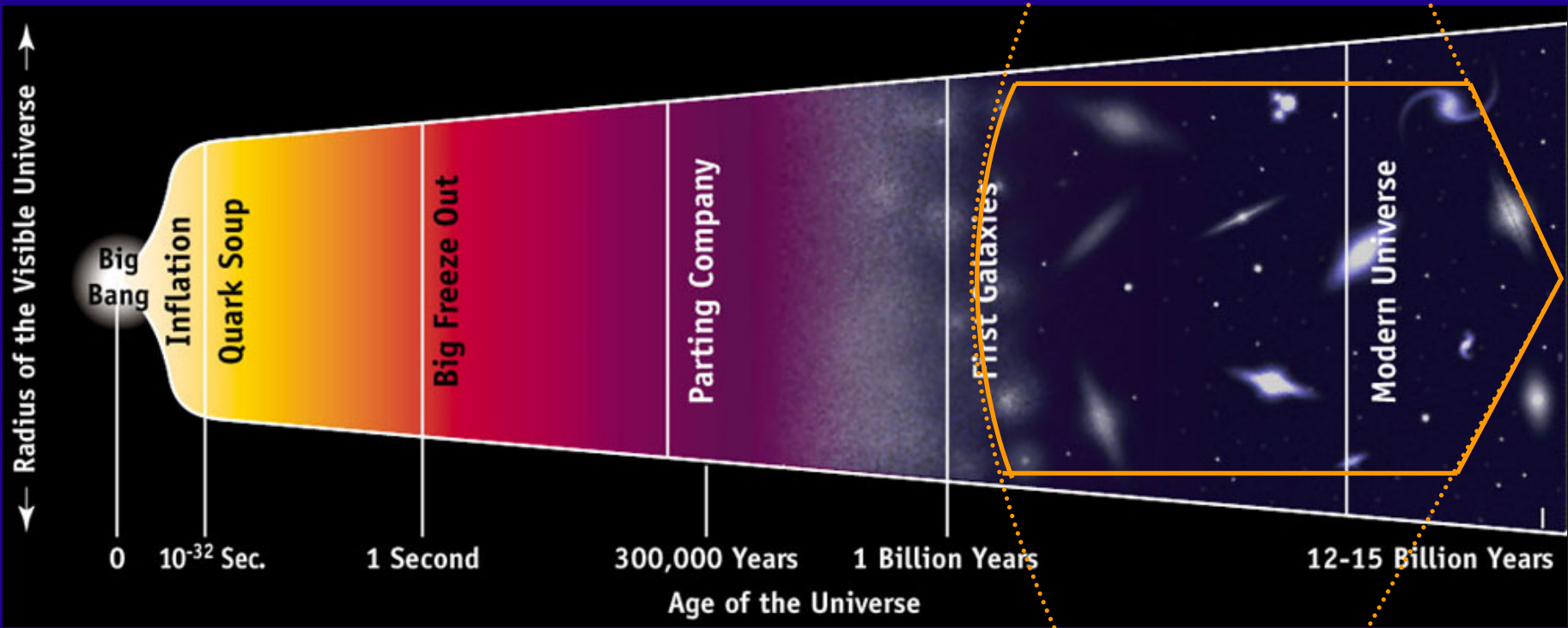
- 近傍領域 : 体積小、サンプリング密度大    Cosmic Variance
- 遠方領域 : 体積大、サンプリング密度小    Shot Noise
- 宇宙論的な解析には都合が悪い

- Multilayered Redshift Survey

- 空間的に一定密度でサンプリングする
- 赤方偏移に応じてサーベイする空の広さを最適化する
- サーベイデザインの理論的最適化

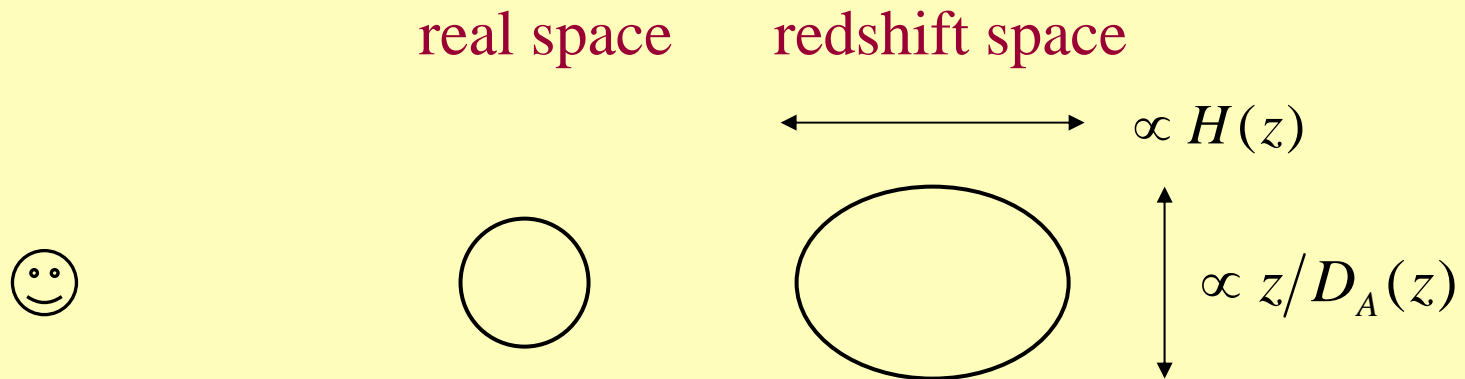
# “Multilayered Redshift Survey” の提案 (3)





# Anisotropy of Clustering

- Geometric Distortion ( $z \neq 0$ )
  - Extended Alcock-Paczynski (EAP) Effects
  - Sensitive to Dark Energy Component



$$\frac{H(z)}{H_0} = \sqrt{(1+z)^3 \Omega_M + (1+z)^2 (1 - \Omega_M - \Omega_Q) + (1+z)^3 \exp\left(3 \int_0^z \frac{w_Q dz'}{1+z'}\right) \Omega_Q}$$

$$D_A(z) = \frac{1}{H_0 \sqrt{1 - \Omega_M - \Omega_Q}} \sinh\left(H_0 \sqrt{1 - \Omega_M - \Omega_Q} \int_0^z \frac{dz'}{H(z')}\right)$$

# “Multilayered Redshift Survey” の提案 (4)

- メリット

- 低赤方偏移から高赤方偏移までの一様なクラスタリングデータが得られる
  - 例えば、ダークエネルギー探索に最適 (AP テスト)
  - 宇宙構造の時間的進化、バイアス進化
- 系統的な銀河の進化の研究
  - 系統的な時系列データ
- 重複領域におけるクロス相関:
  - 重力レンズ
  - 吸収線系と銀河



# “Multilayered Redshift Survey” の提案 ( 5 )

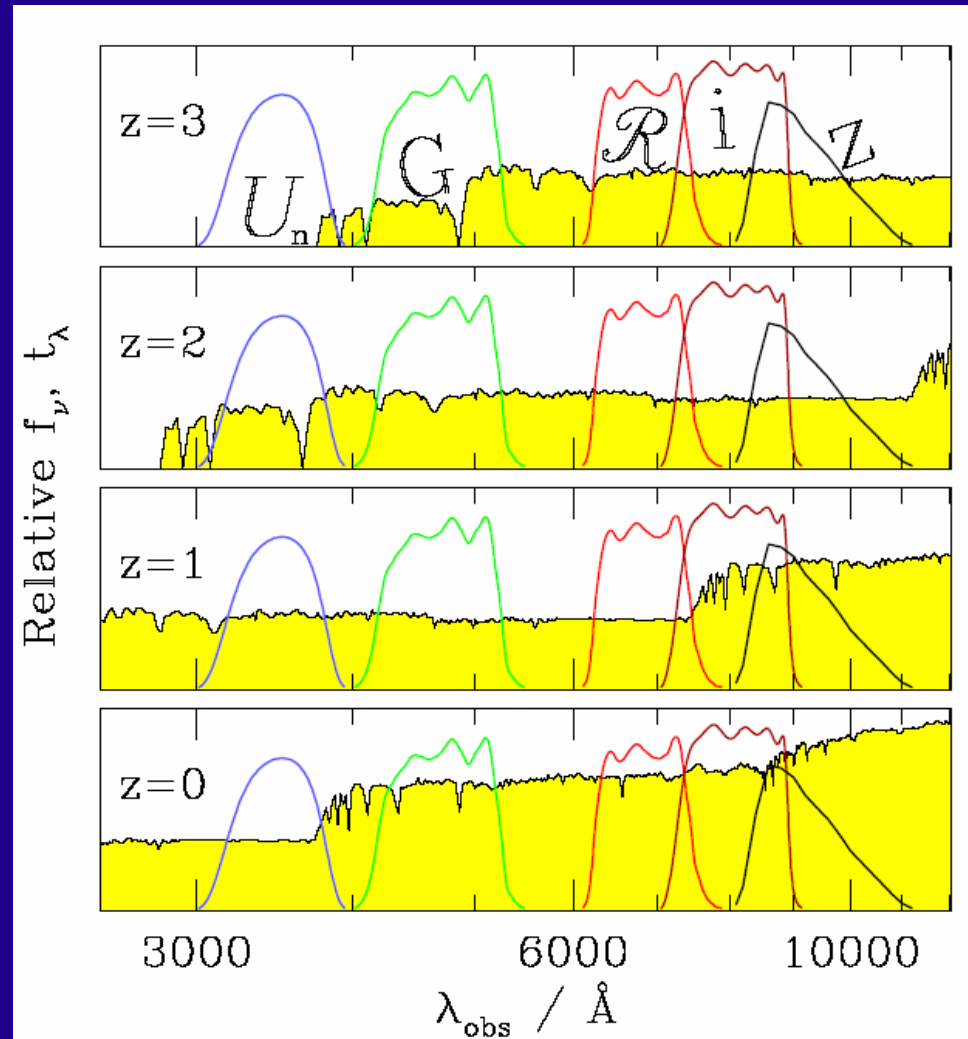
- 必要条件

- 遠方銀河の効率よいセレクション  
測光サーベイによるカラーセレクション
- 前もって大雑把な赤方偏移を知る必要  
測光的赤方偏移の精密化

# 銀河のセレクション(1)

- 遠方銀河をいかに効率よくセレクションするか
  - 遠方天体のセレクション: Color selection による

- Steidel, Adelbergerらの試み
- Star-forming galaxyとフィルター



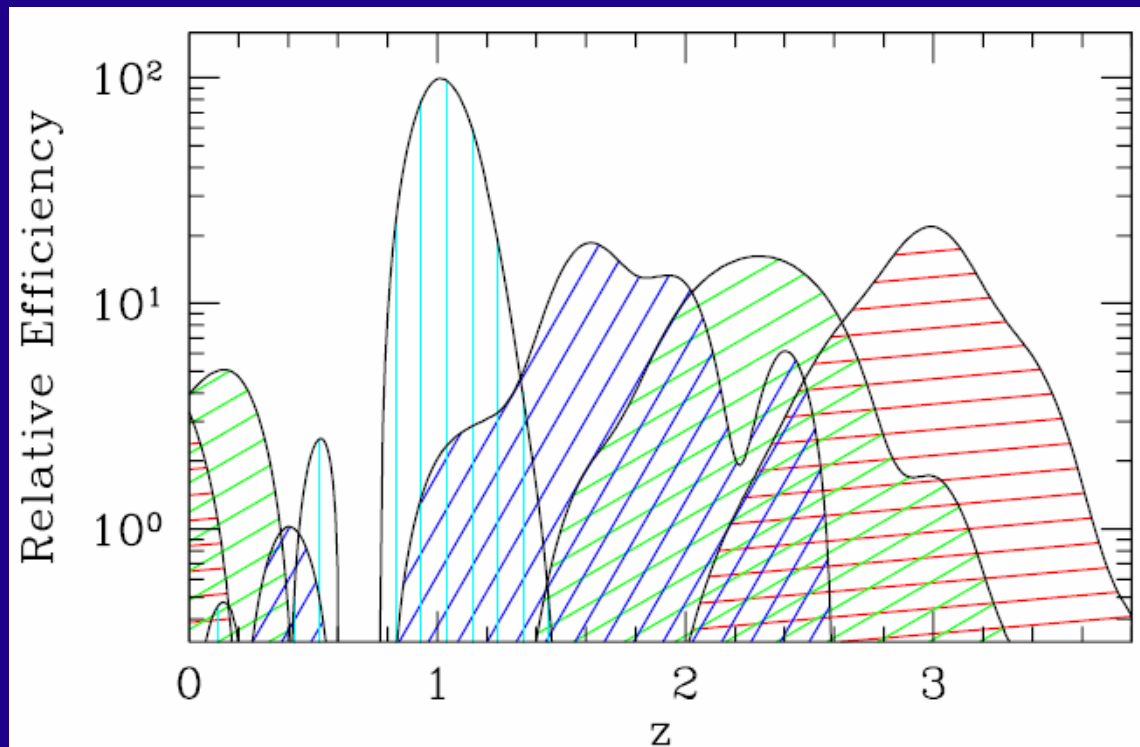
# 銀河のセレクション(2)

## 可能な空間的数密度

Adelberger et al. (2004), Steidel et al. (2003):

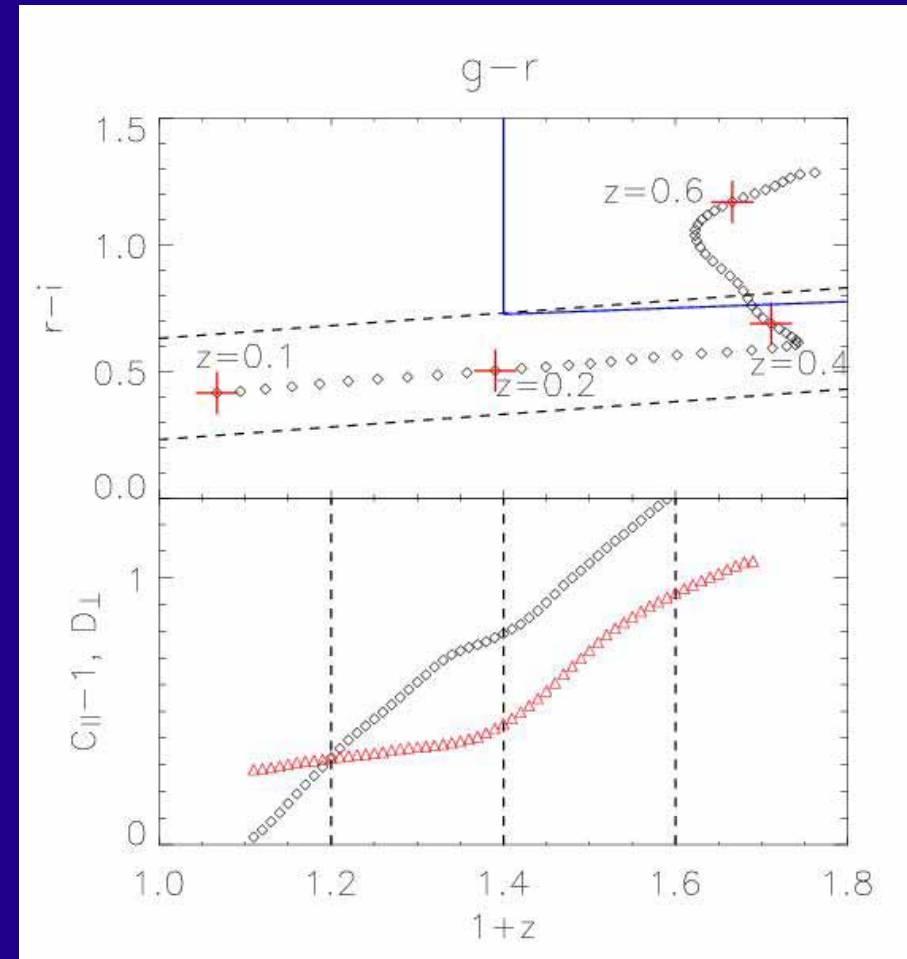
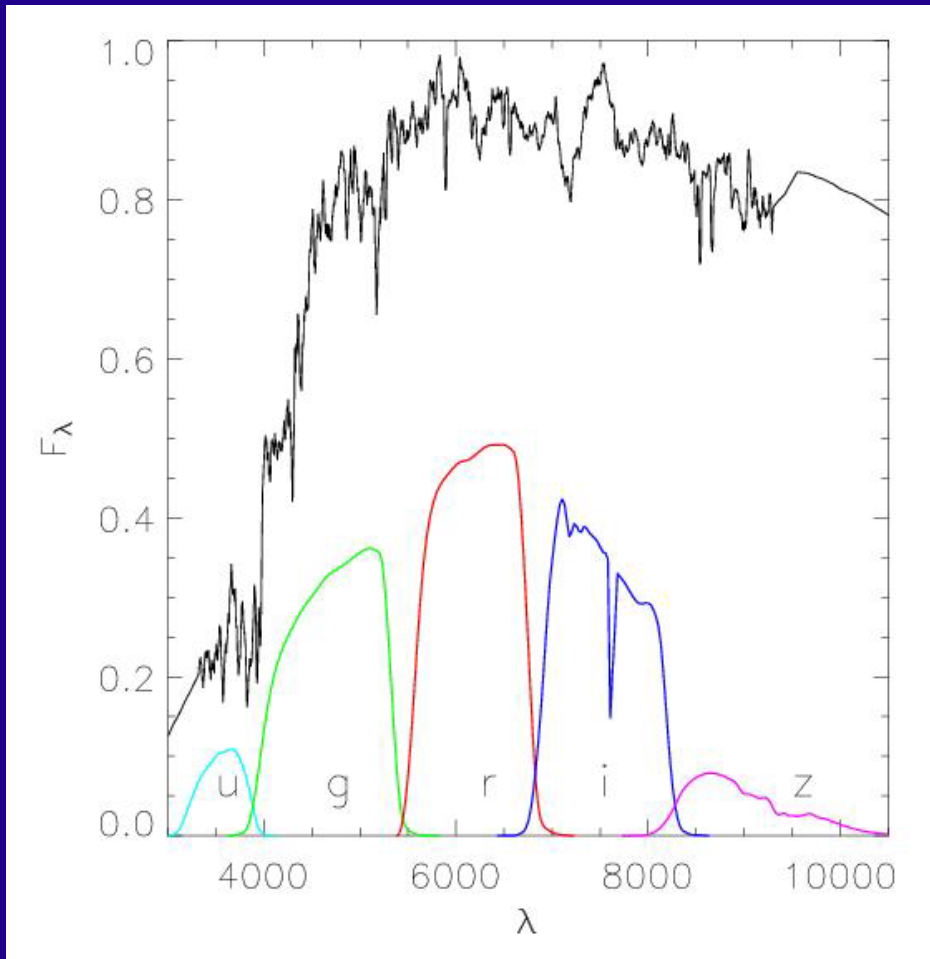
1 < z < 3.3まで、単純なカラーセレクションでも十分な空間密度 ( $d_{\text{sep}} = 6-10 h^{-1} \text{ Mpc}$ ) が得られることを実証

10m-class telescope による spectroscopic follow-up: success rate  $\sim 0.5$



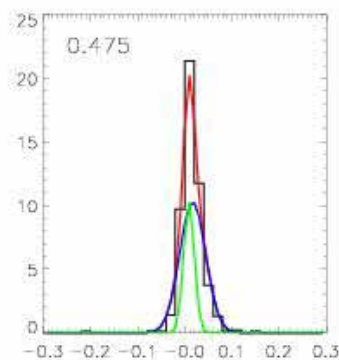
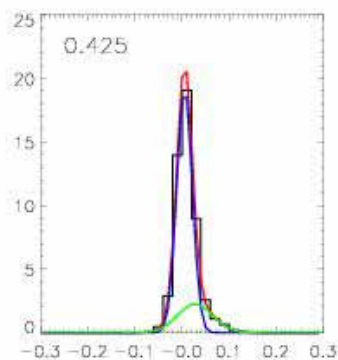
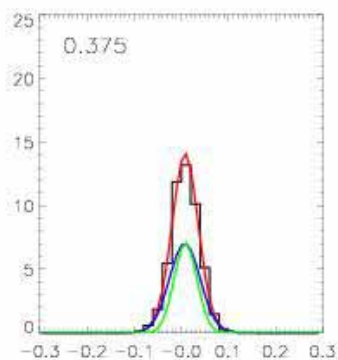
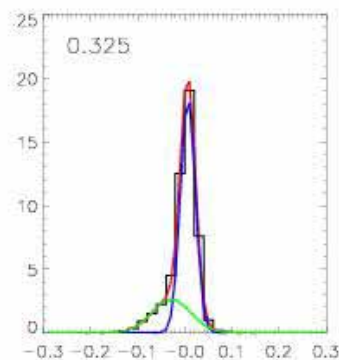
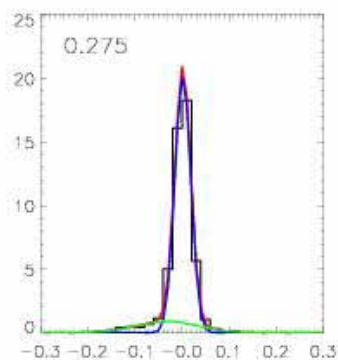
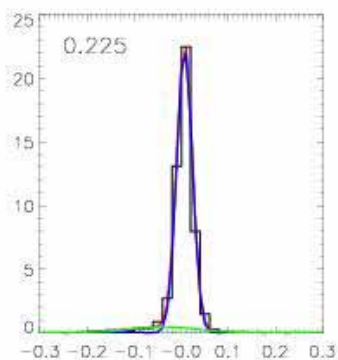
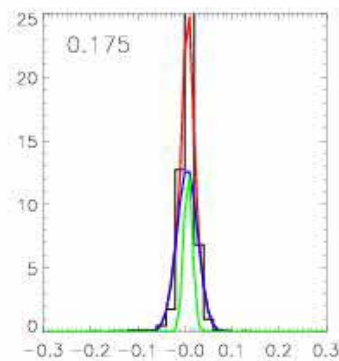
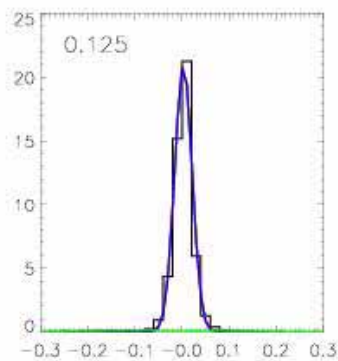
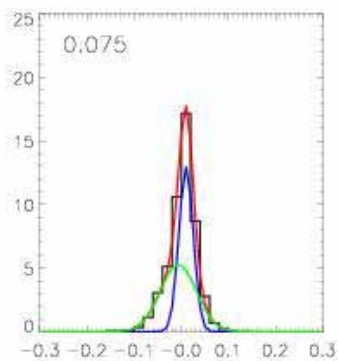
# 測光的赤方偏移(1)

- 測光的赤方偏移の精密化
  - SDSS LRG の例 (Padmanabhan et al. 2004)

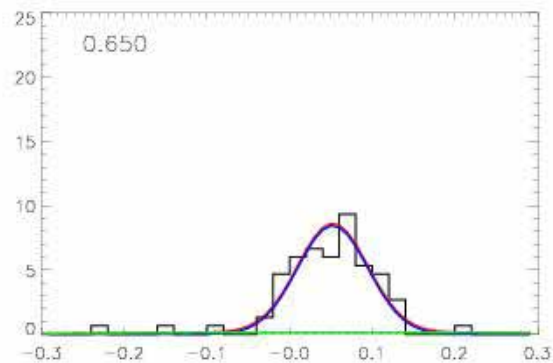
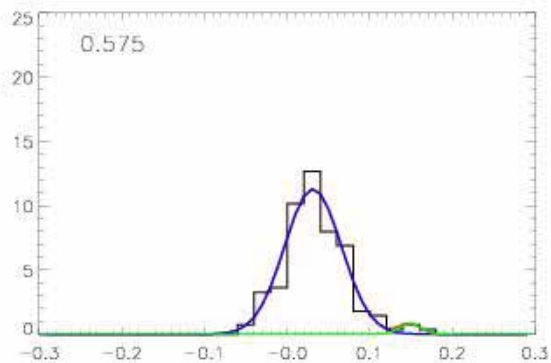
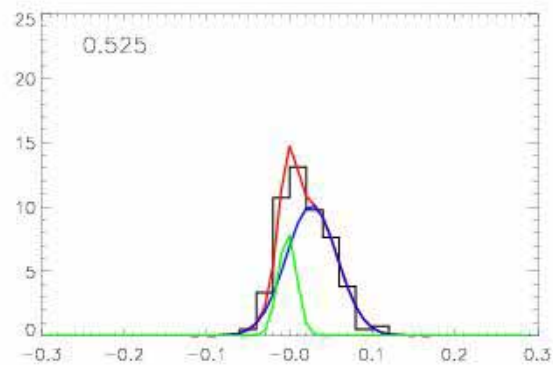
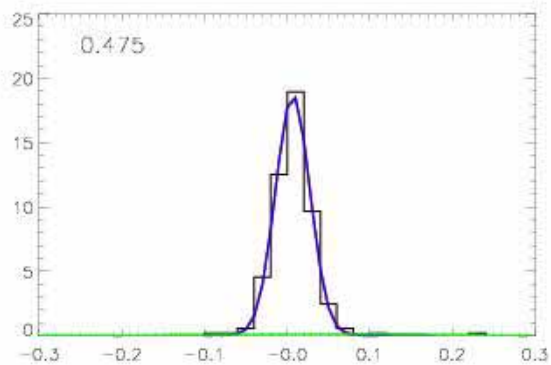
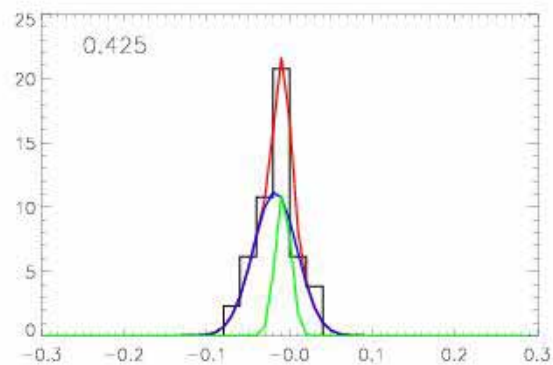
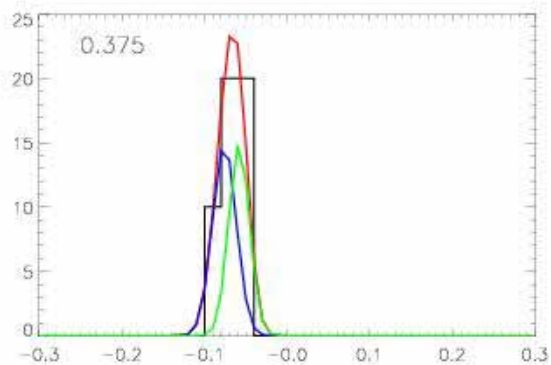


(LRGモデルスペクトル)

# 測光的赤方偏移(2)



# 測光的赤方偏移(3)



# どのくらいの規模のサーベイが可能か？(1)

(銀河セレクション、多天体分光技術の進展に大きく依存するが、、、)

## • 10mクラス望遠鏡の場合

– 既存技術では、KAOSの期待値が参考になる

z ~ 1: 110晩, 1000 sq.deg.,  $9 \times 10^5$  天体の分光

z ~ 3: 60晩, 150 sq.deg.,  $6 \times 10^5$  天体の分光

– 仮に1000晩(4 ~ 5年)占有するなら

10,000,000 天体の分光が可能

– Adelberger et al. の数密度  $6 \times 10^{-3} / (h^{-1} \text{Mpc})^3$  を仮定するなら

体積 約  $1 (h^{-1} \text{Gpc})^3$  をサーベイ可能

# どのくらいの規模のサーベイが可能か？(2)

(銀河セレクション、多天体分光技術の進展に大きく依存するが、、、)

## • 30mクラス望遠鏡の場合

- 集光力が10倍      単純にスケールすれば効率は10倍？  
測光・分光技術の大幅な進展が必要であろう
- $z \sim 5$ ぐらいまでの遠方銀河を十分な密度(平均距離 $10h^{-1}\text{Mpc}$ 以下)でサーベイし得る可能性が高い  
Color-selection効率、同時分光可能数に大幅に依存  
遠方銀河のライン？  
自動化多天体分光器:ファイバー衝突の解決
- これまでの技術革新の進展から十分期待できる