

## 3次元的大規模構造の発見

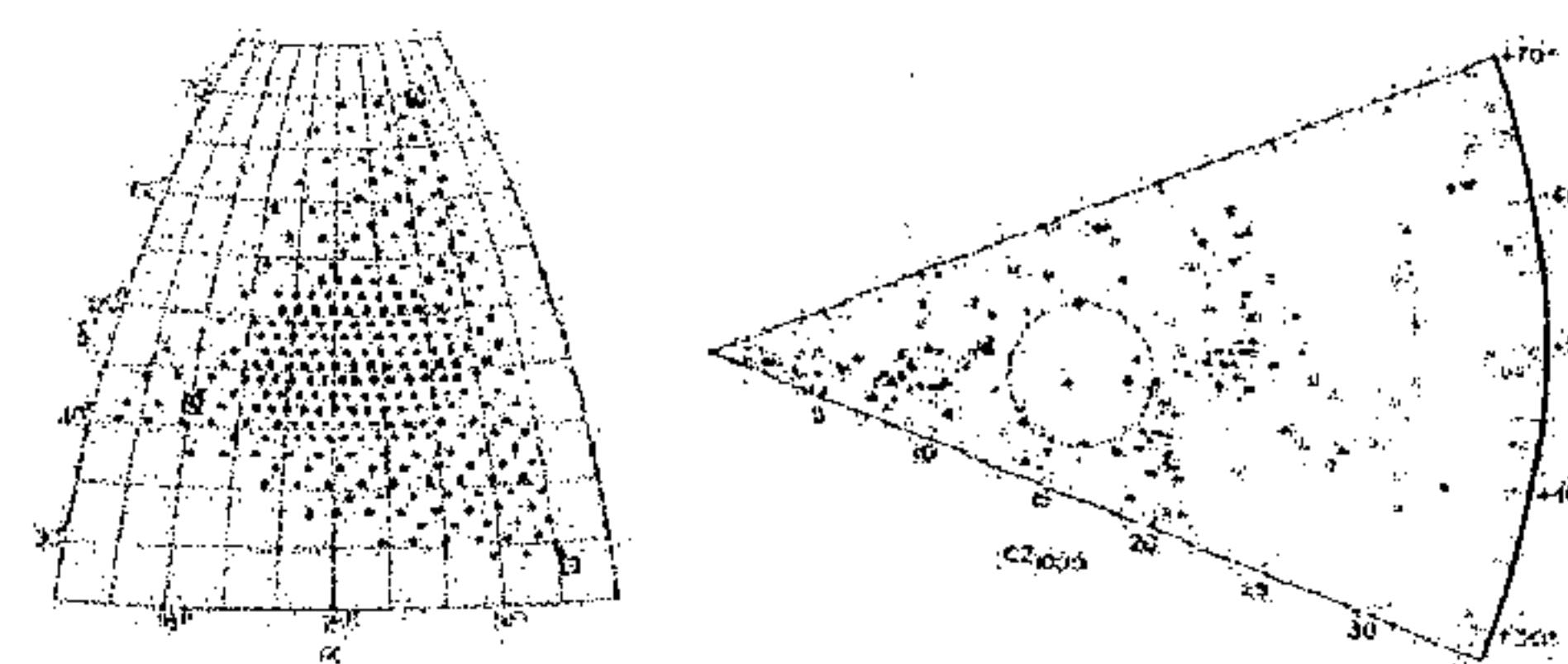
- **Bootes Void:**

- Kipshner, Oemler, Schechter & Shectman (1981)
- 239 galaxies

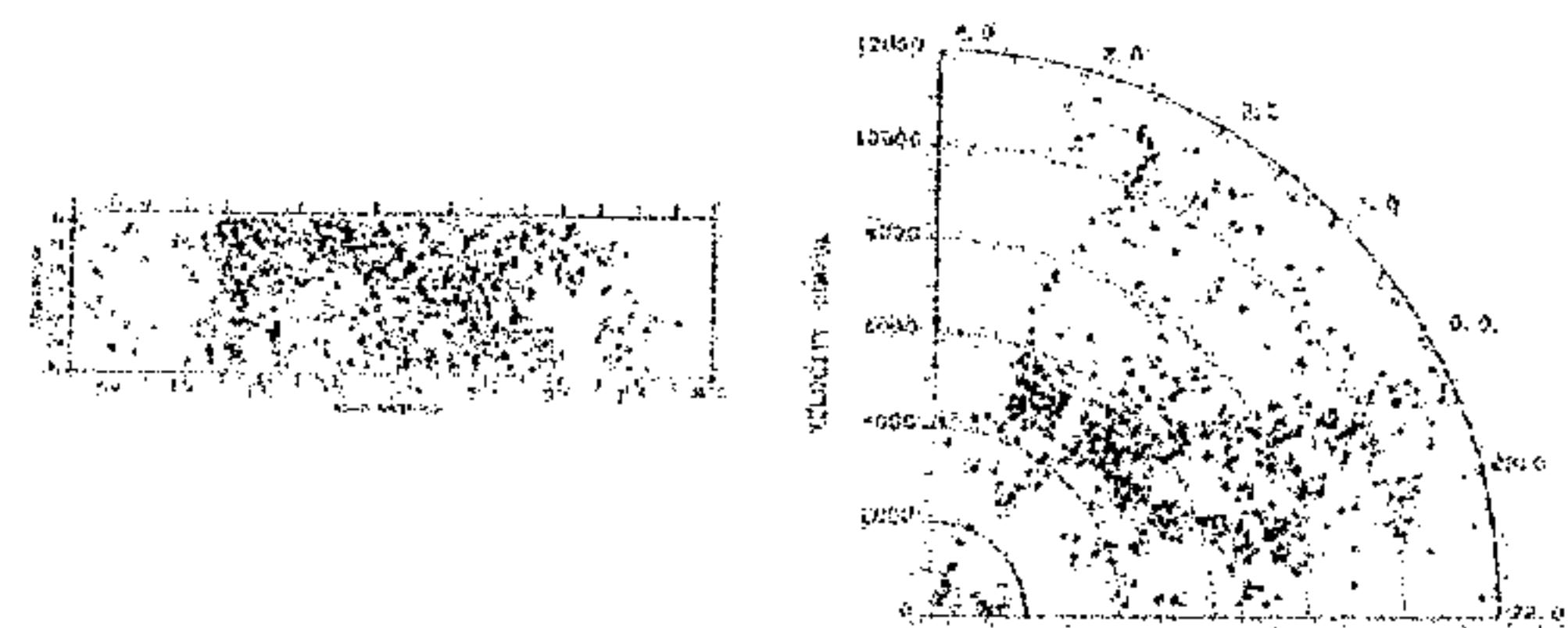
### 宇宙の大規模構造

Chronological Cosmological Aspect

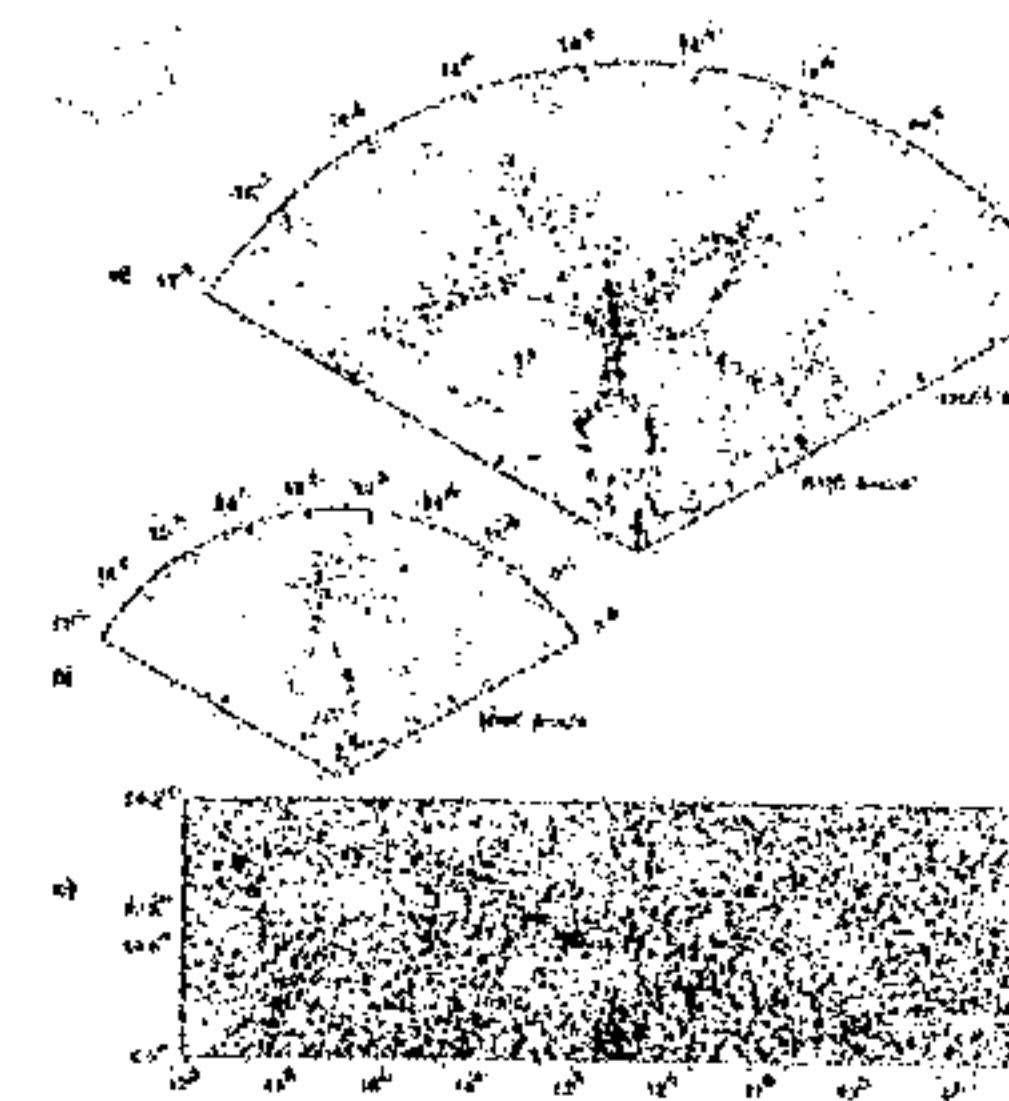
松原隆彦（名大理）



- **Perseus-Pisces chain: 21cm redshift survey**
  - Giovanelli & Haynes (1985), Giovanelli et al. (1986)
  - 342 + 275 galaxies



- **Bubble構造: CfA redshift survey**
  - de Lapparent, Geller & Huchra (1986)
  - 1100 galaxies



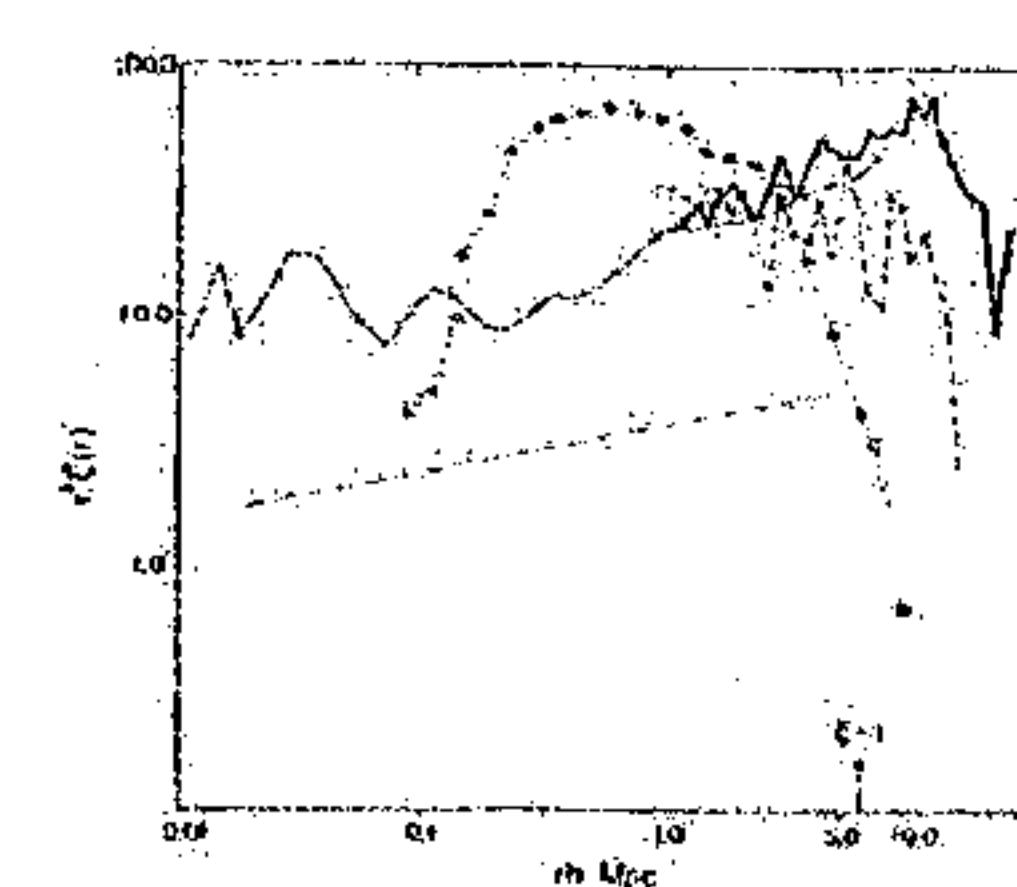
## 80年代までの定量的解析

- **1980年代**
  - 10-100 Mpcのスケールに目立つ構造: 予期しない発見
  - 最大スケールの観測: 常に新しい構造の発見



- Redshift Survey:  
宇宙全体の構造へ迫る重要なアプローチとなる

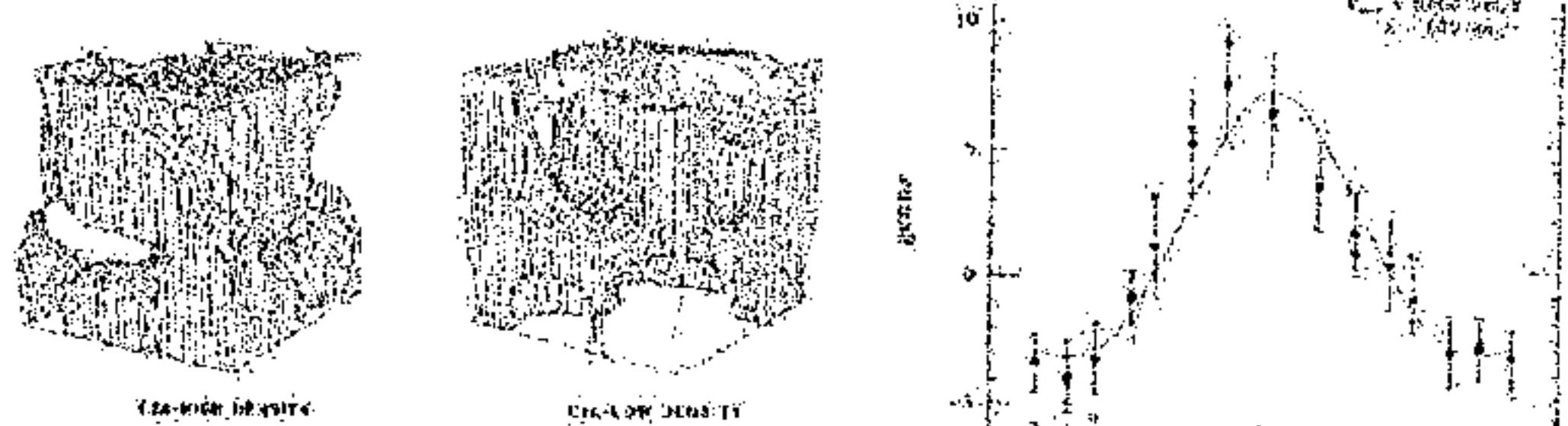
(Davis & Peebles 1983)



- Void, chain, bubble, ...

: 2点相関関数による定量化は不可能

→ トポロジカル解析 (Gott, Melott & Dickinson 1986)



⇒ 初期ゆらぎの Non-Gaussianity に sensitive

- ここまでに観測データが統計的に確実だったのは非線形領域  
⇒ 理論的な解析が難しい

- 非線形成長: 理論からのプロバーな解析計算が不可能

- バイアスの不定性  $\Leftrightarrow$  銀河形成の理解の欠如

⇒ 数値シミュレーションの方法、非線形領域のモデル化による方法、などの発展

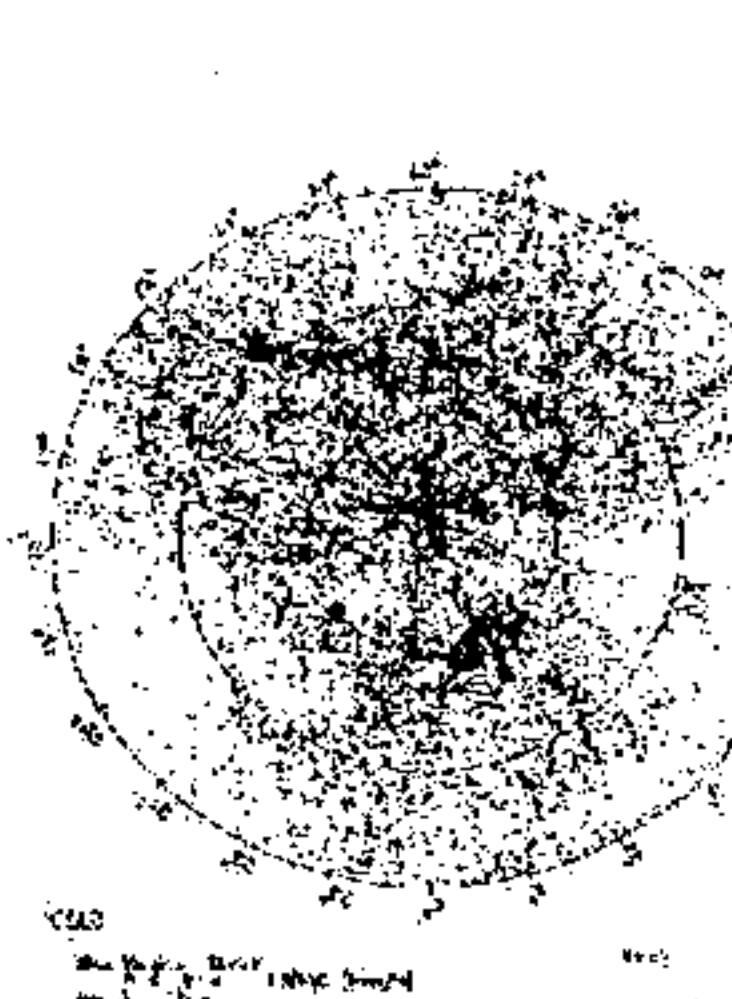
- より大きなサーベイを求める動き

未知のさらに大きなスケールの構造?

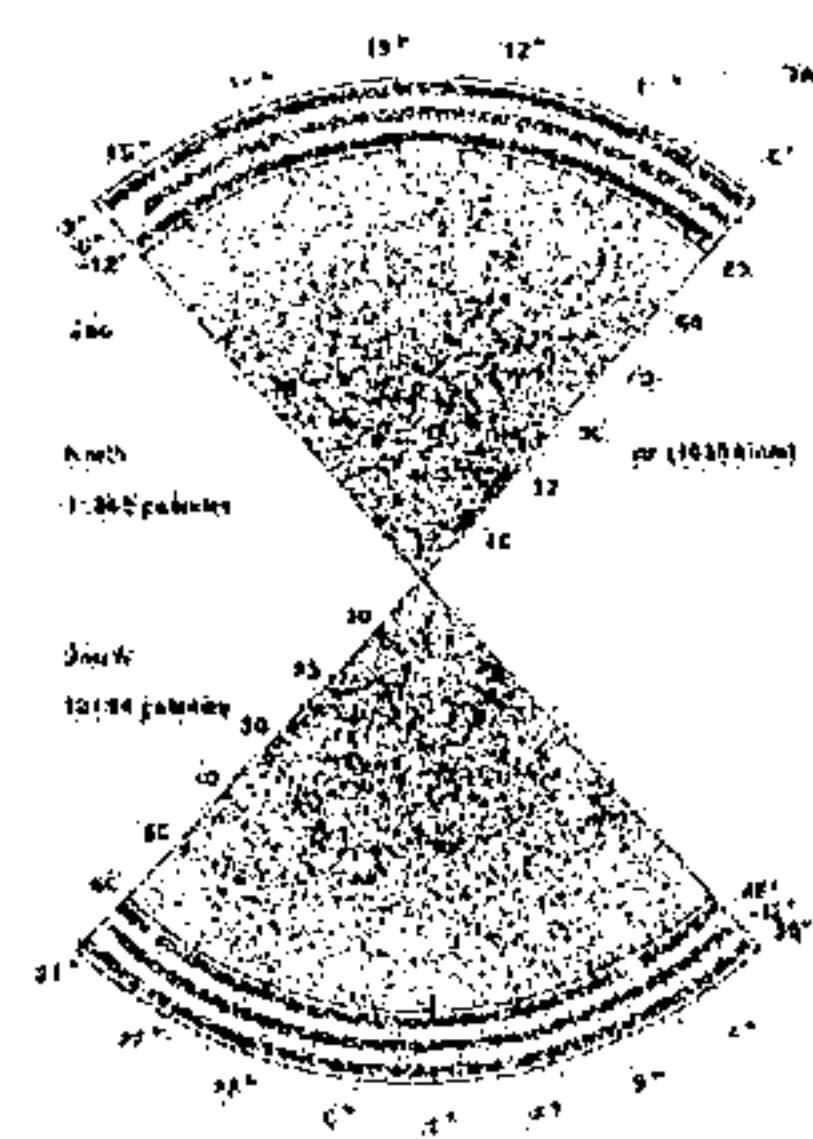
初期ゆらぎのよりダイレクトな情報: (準)線形領域

## Redshift Survey の大規模化

CfA II Survey (1989-):  
11,000 galaxies



Las Campanas Redshift Survey (1996):  
26,000 galaxies



## 線形パワースペクトル

- サーベイサイズ:  $100 \text{ Mpc} \rightarrow 500 \text{ Mpc}$

- (準)線形領域を調べることが可能になる  
⇒ 初期ゆらぎのダイレクトな探索

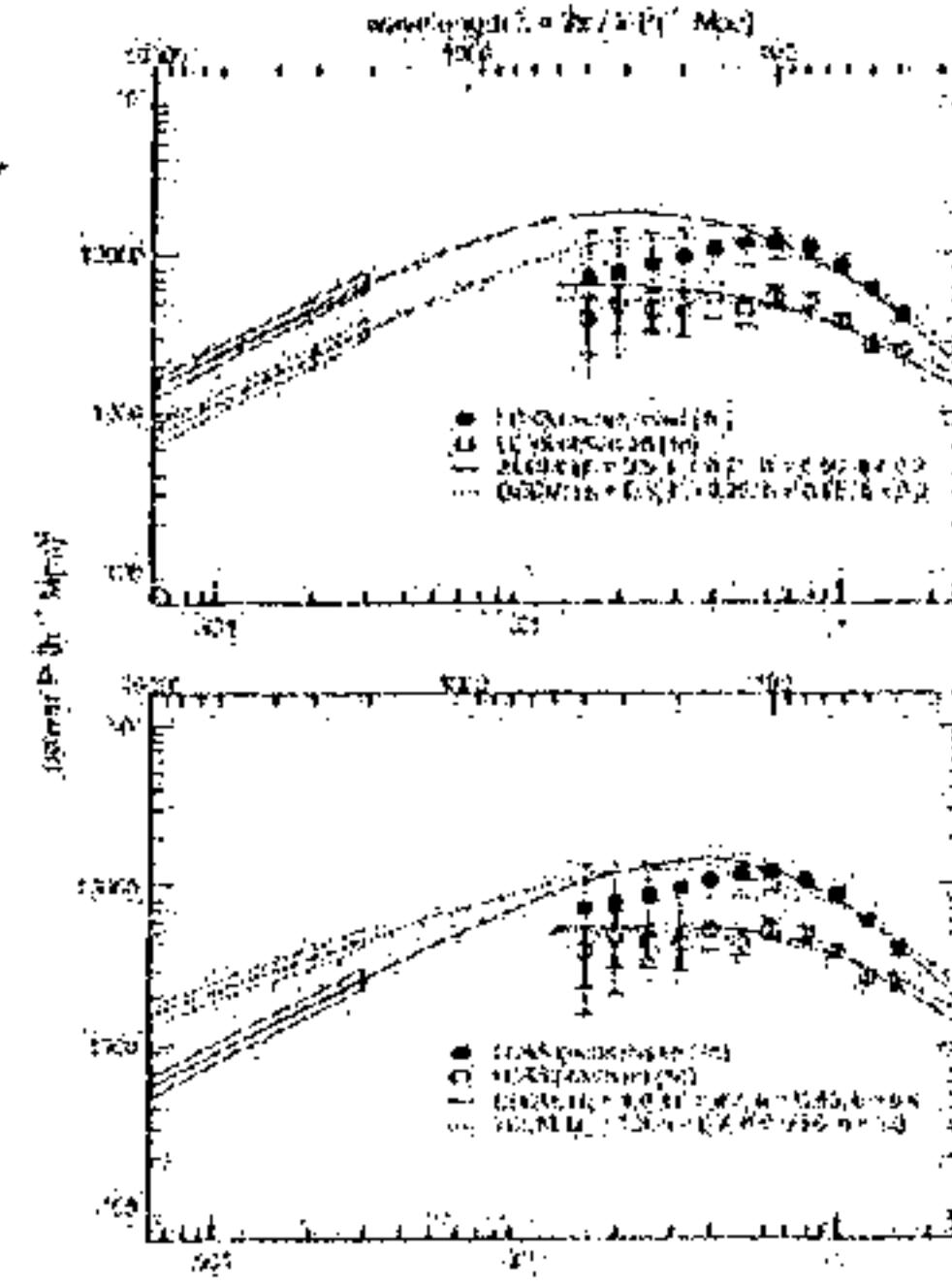
- 線形パワースペクトル  $P(k)$ : 波数  $k$  のゆらぎの振幅  
... 宇宙論モデルの直接的予言

- COBE による CM B ゆらぎの発見 (1992)  
⇒  $1000 \text{ Mpc}$  のゆらぎの振幅が決定

- LSS と CM B: 相補的役割

- Example:

Las Campanas Redshift Survey  
によるパワースペクトル



基本パラメータ:

・  $\Omega$  : 次元質量密度  
・  $\Lambda$  : ラムダ  
・  $H_0$  : Hubble 常数  
・  $\sigma_8$  : 大きなスケールでのゆらぎの標準偏差  
・  $n_s$  : パワースペクトルの指数  
・  $\tau$  : 光子の再結合率

## コールドダークマターモデルの躍進

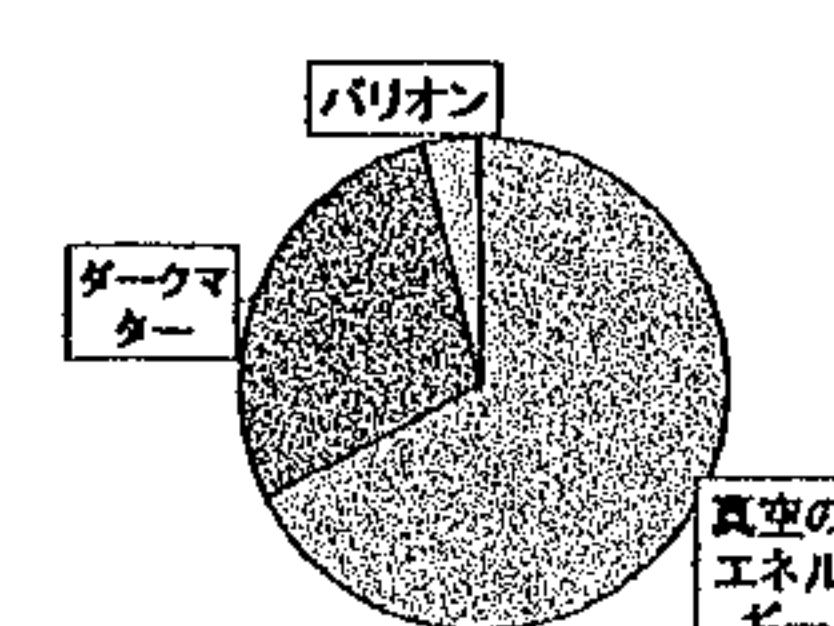
- LSS  $\Rightarrow$  コールドダークマター: Low-density CDM model

ただし縮退あり:  $\Omega \gg 1$  の場合、宇宙は膨張するが止まらない

- Supernova Cosmology の登場、CM B acoustic peak の観測

$\Rightarrow$  宇宙は膨張するが止まらないが、止まらなければ止まらなくなる

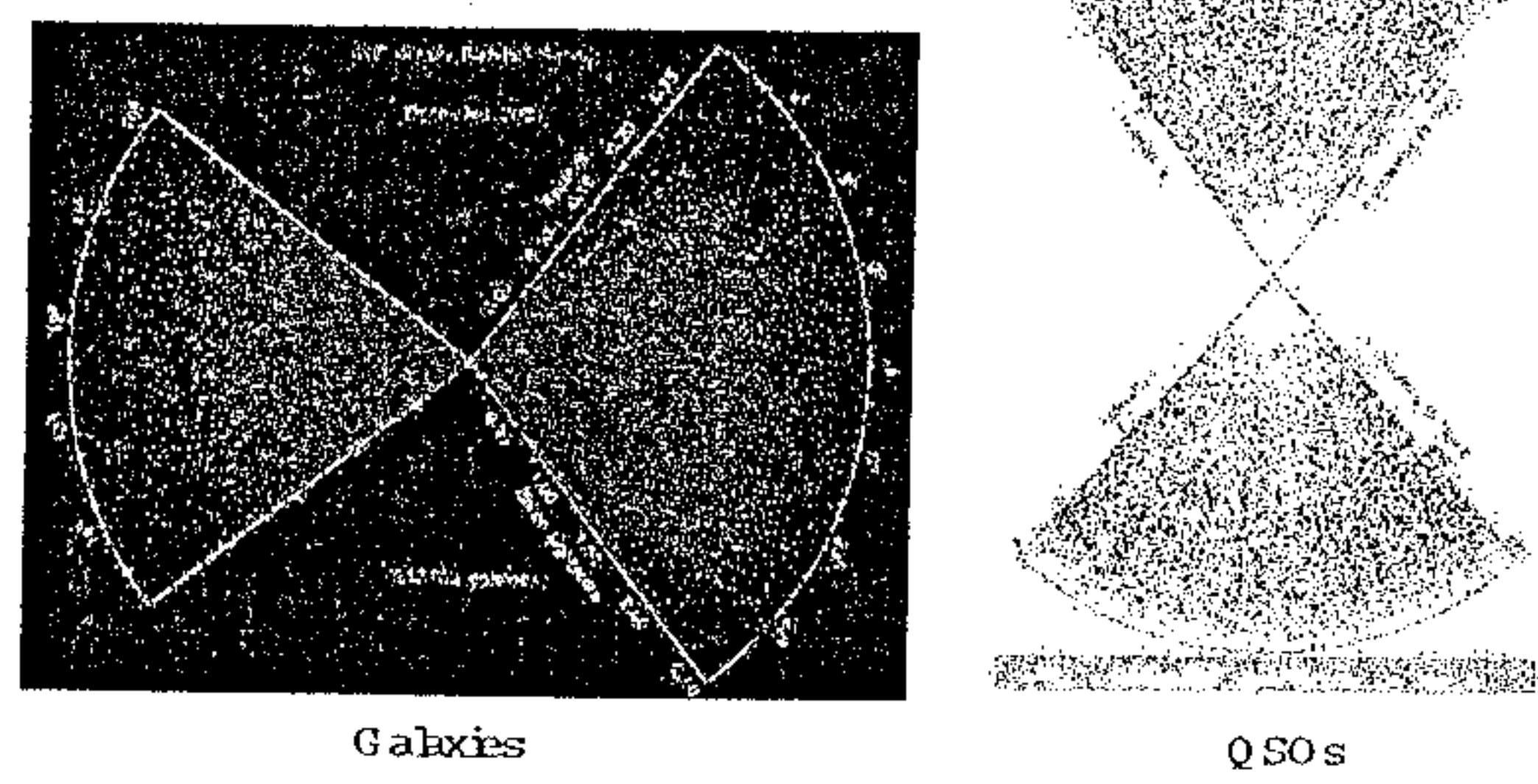
: 精密宇宙論の波



## Redshift Survey の超大規模化

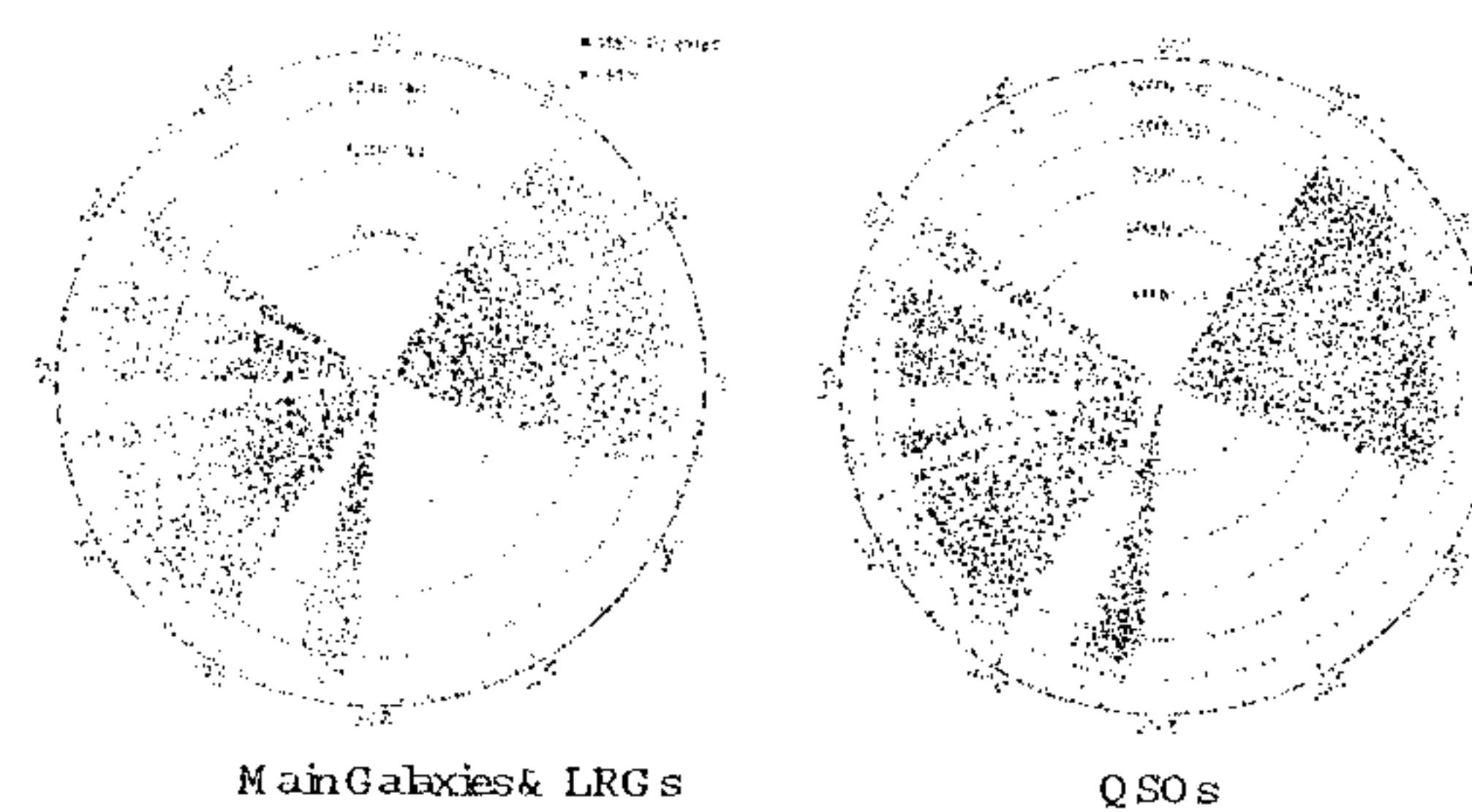
- Two-degree Field Redshift Survey (2dF)

- 2001, 進行中, 85% 完了:
- 250,000 galaxies; 25,000 QSOs

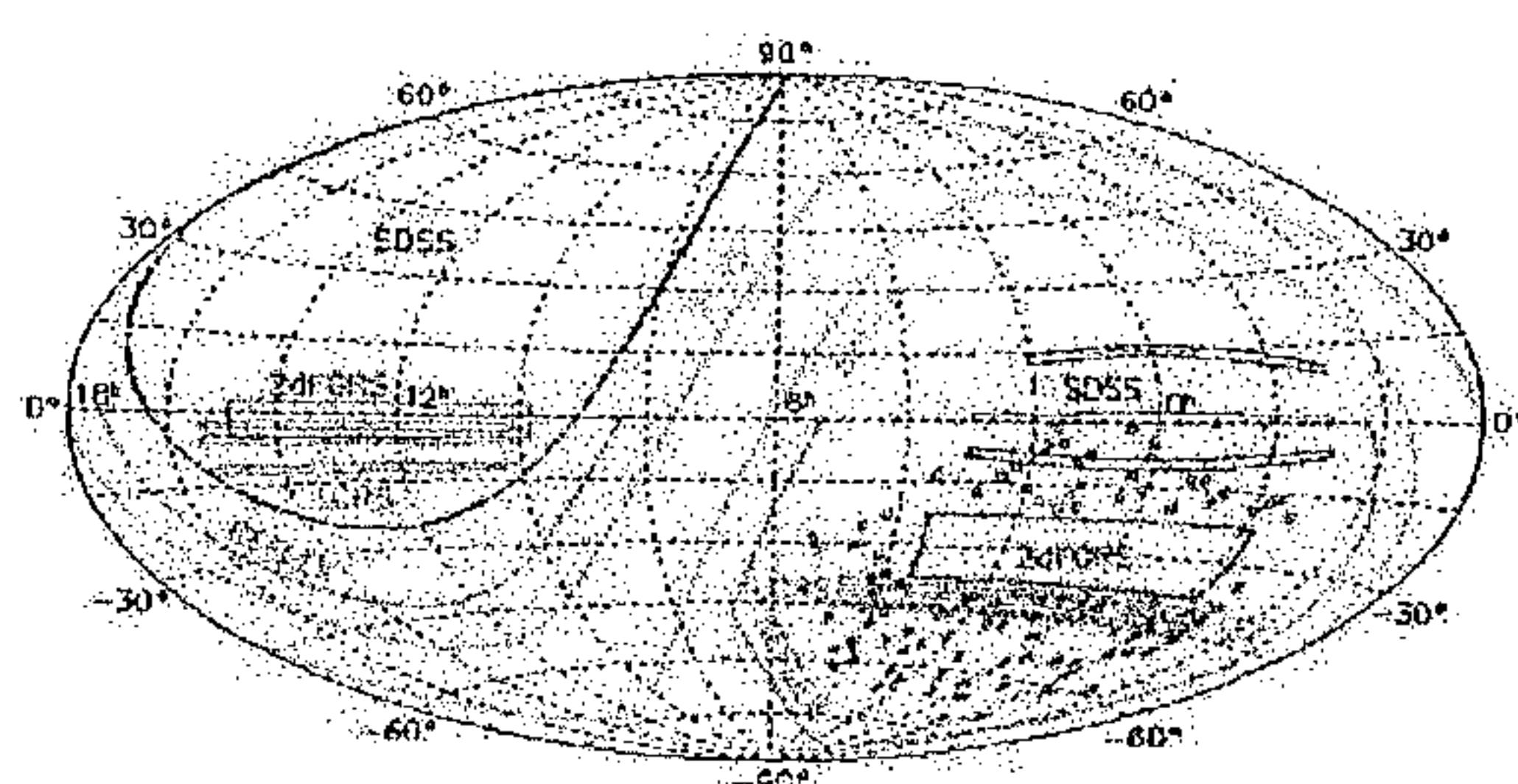


- Sloan Digital Sky Survey (SDSS)

- 2001, 進行中, 18% 完了
- 1,000,000 galaxies; 120,000 LRGs; 100,000 QSOs



- Sky coverage の拡大



## 2dF の成果

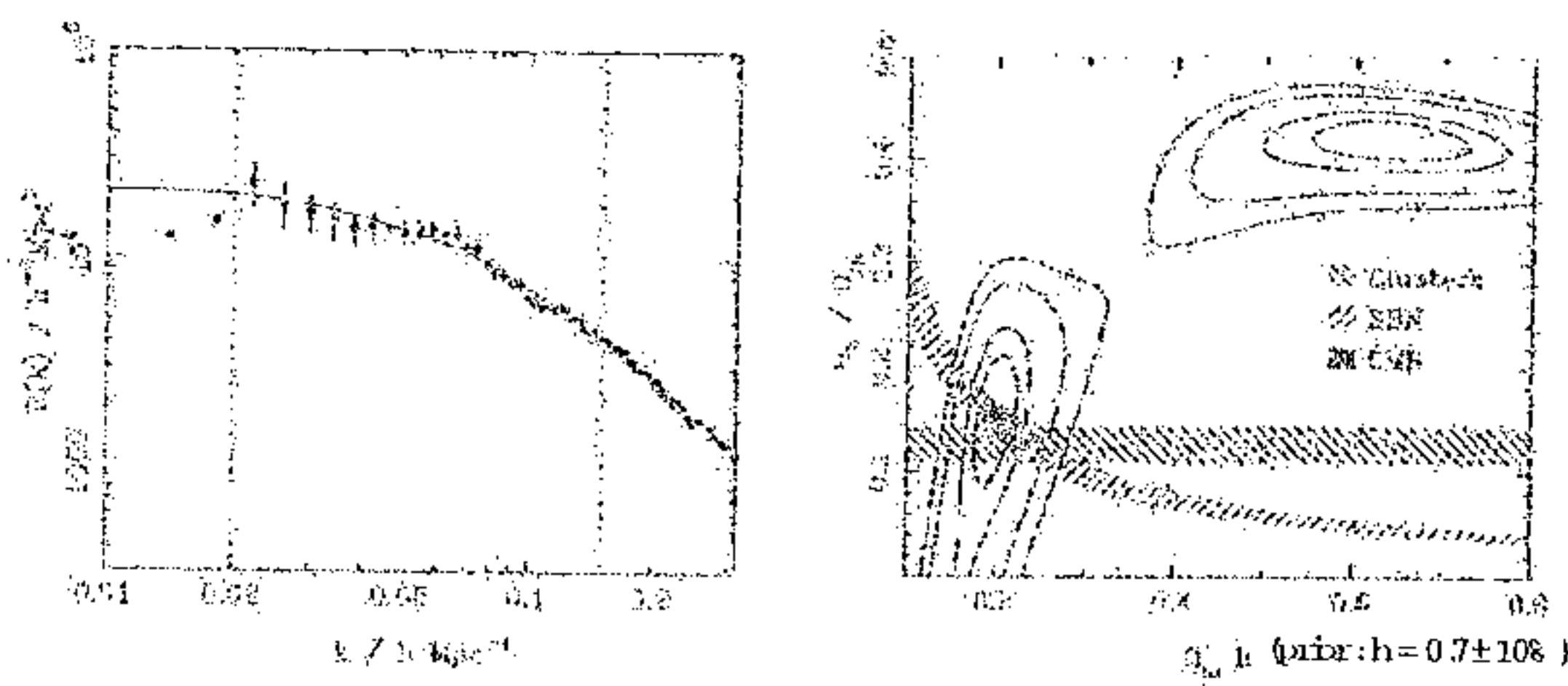
- 2dF Survey... 8割方完了

- 大規模構造のデータとしてこれまでのところ最大規模

- 解析結果: 続々と発表されている

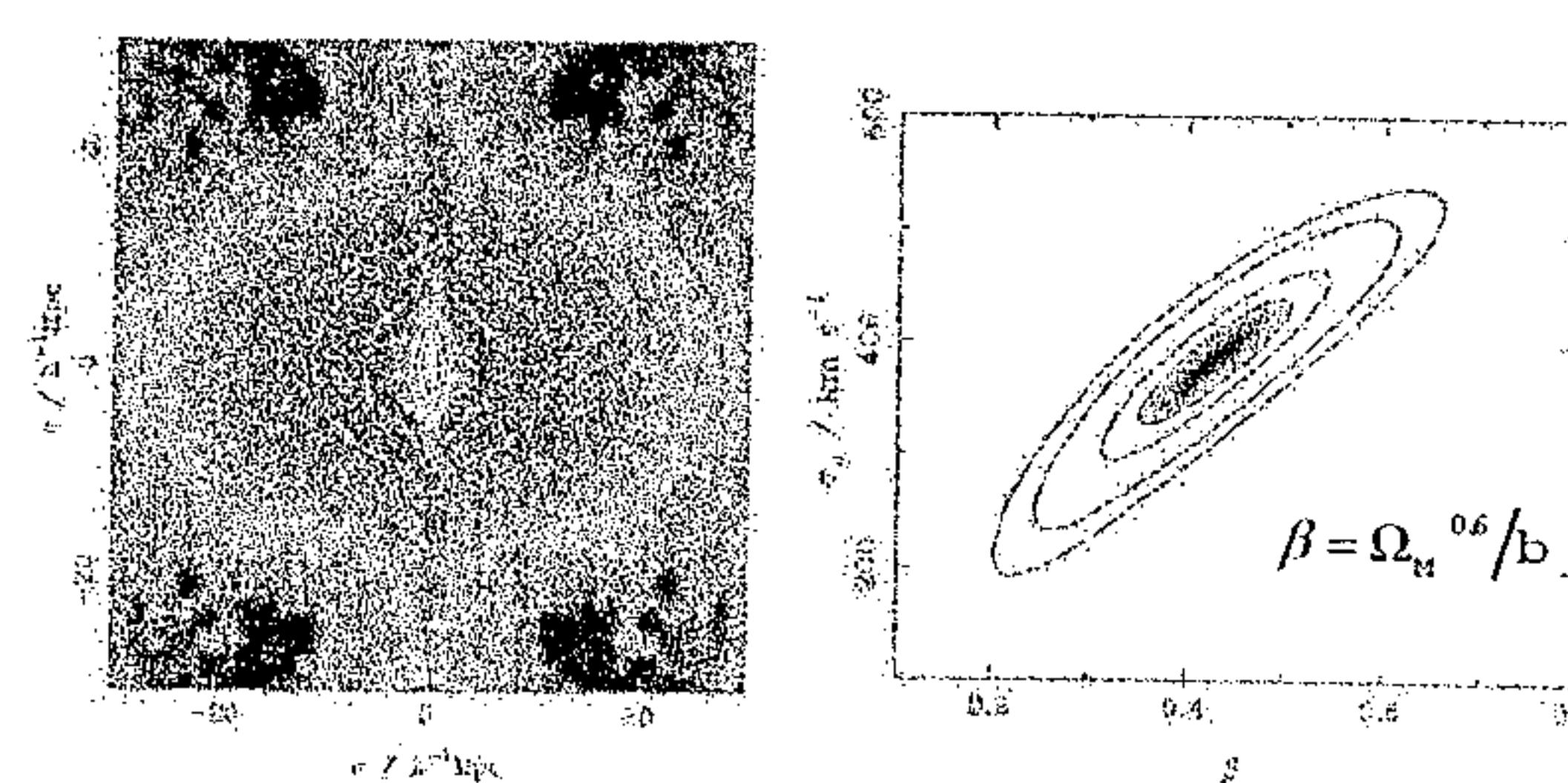
- 2dF パワースペクトル

- Norberg et al. (2001)
- バリオンパラメータも見積り可能に



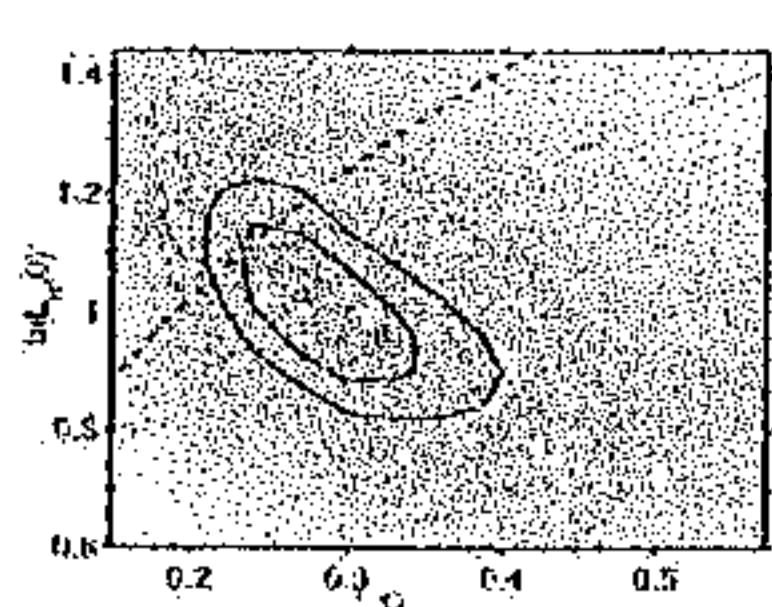
- 2dF Redshift-space Distortion

- Peacock et al. (2001)

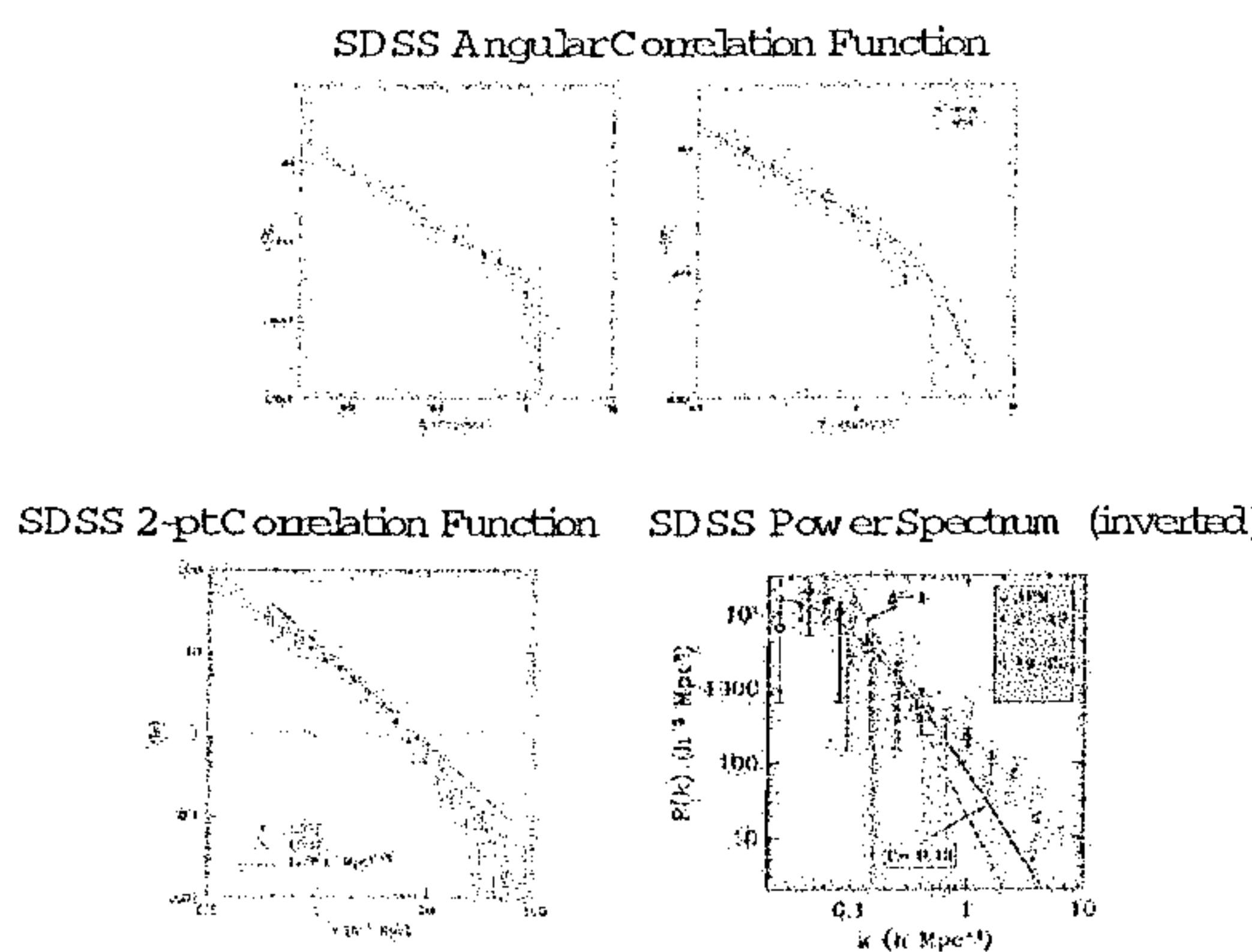
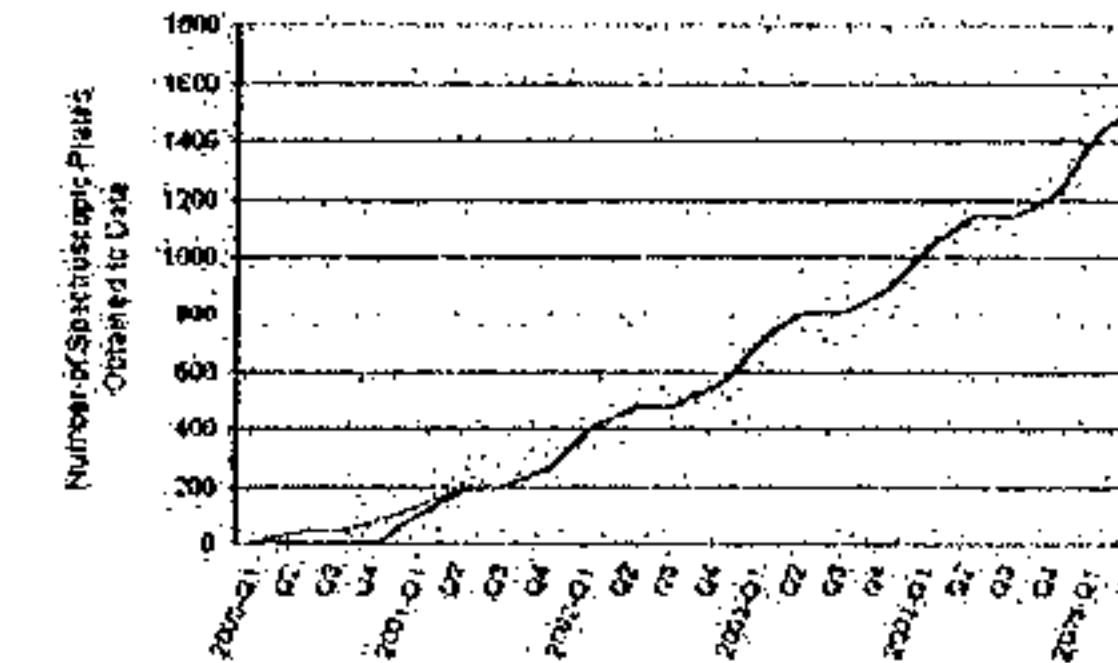


## SDSSの現状

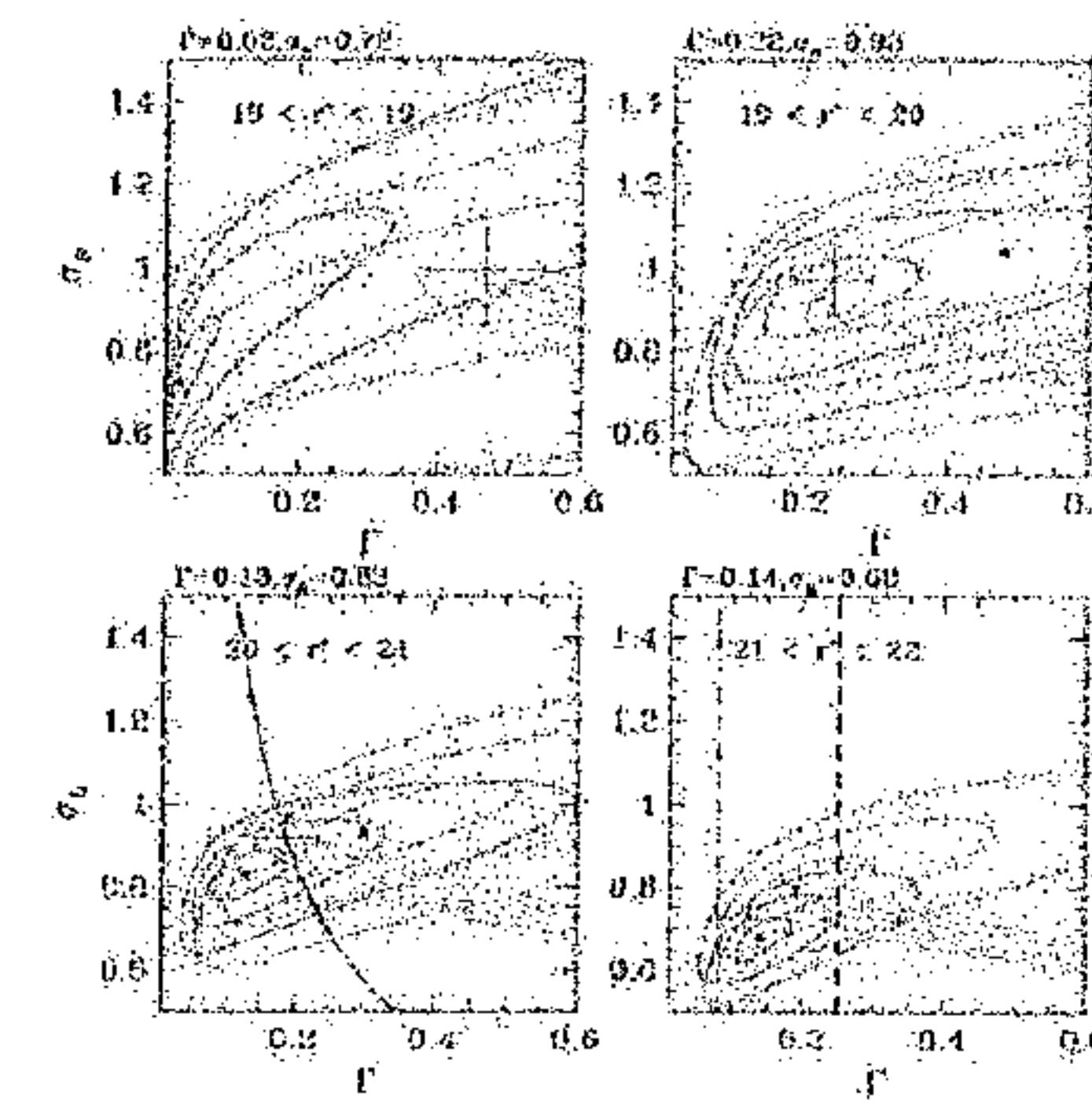
- バイアスパラメータ
  - バイアスパラメータ : これまで他のパラメータと縮退
  - Redshift-distortion パラメータ
  - ゆらぎの規格化
- Bispectrumによる方法 (Verde et al. 2001):
- CM Bゆらぎと組み合わせる方法 (Lahav et al. 2001):



SDSS Northern Spectroscopic Survey  
Cumulative Spectroscopy: Actual Number of Plates Observed vs.  
Baseline Plan



SDSS Cosmological Parameters from Power Spectrum



## まとめと展望

- 予期しない大規模構造の発見から20年  
⇒ 宇宙のマッピングという手法の拡大路線
- 宇宙論の実証科学化
- さらに精密科学化、プロジェクトの巨大化  
... しばらくは可能?

?????

