

Sloan Digital Sky Survey (SDSS)の データベース・データアーカイブ

安田直樹(IPMU)

Sloan Digital Sky Survey (SDSS)

- 専用の望遠鏡、CCDカメラ、ソフトウェアによる
銀河の撮像分光レガシーサーベイ
 - 我々の近傍($z \sim 0.2$)の宇宙の地図を作る
- すべての天体が同じシステムで観測され、
クオリティコントロールされたデータを生み出す
- SDSS(-I) : 2000-2005
- SDSS-II : 2005-2007 (Legacy, SEGUE, SN)
- SDSS-III : 2008-2014 (BOSS, SEGUE-II, MARVELS,
APOGEE)

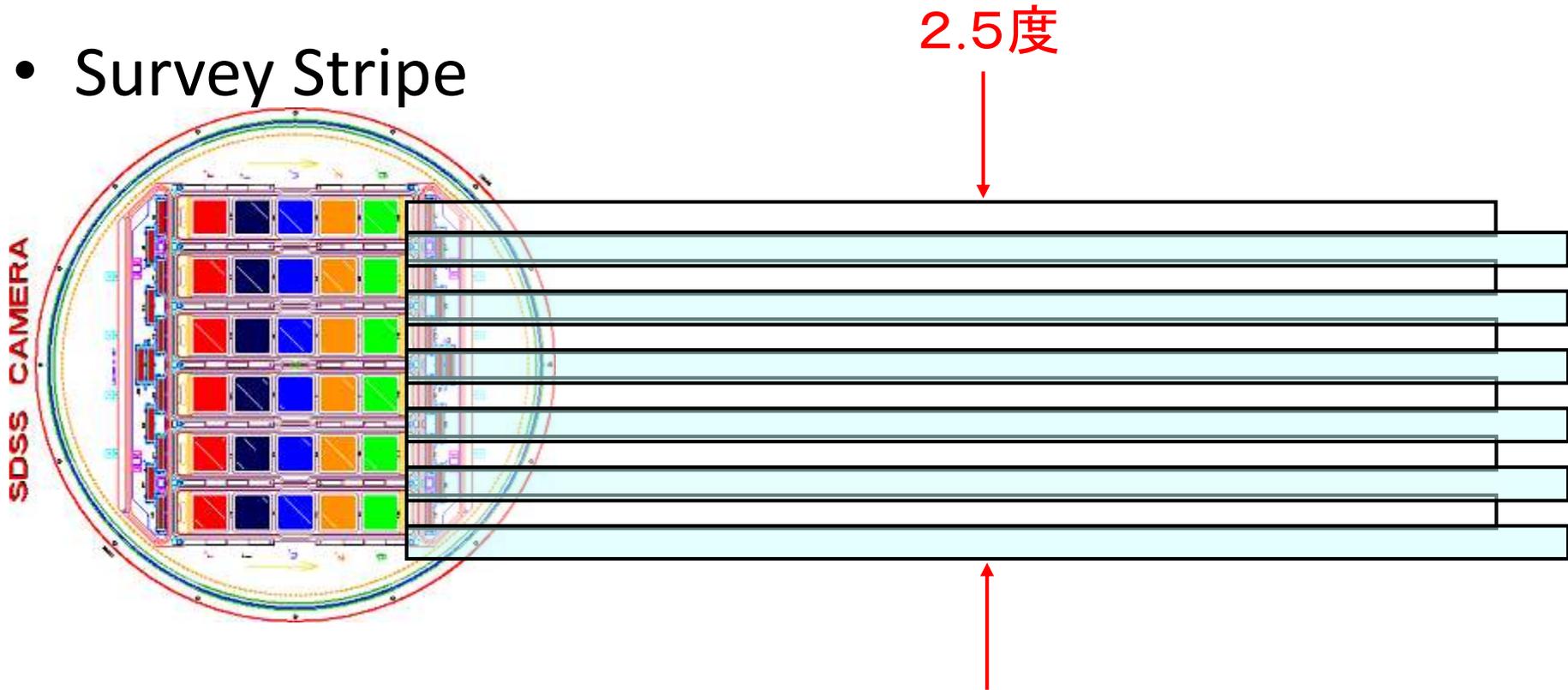
SDSS (撮像サーベイ)



- 北銀極(春): 10,000 平方度
- 南銀極(秋): 2.5 x 90 平方度のストリップ3本
 - SDSS-II SN Survey もあり深いデータのある stripe82 が有名
 - SDSS-III BOSS で秋のフィールドを3,000平方度拡大
- u' , g' , r' , i' , z' -band の5色同時TDI (Time Delay and Integrate) 撮像
- フラックス較正は Photometric Telescope で行う。
 - 最終的には ubercalibration
- 位置較正は Astrometric CCD を使って UCAC (USNO CCD Astroglyph Catalog) にマッチさせる。
- 1億個の銀河と5千万個の星を検出 ($r' < 23$)
- 深さはパロマーサーベイと同程度

SDSS (撮像サーベイ)

- Survey Stripe

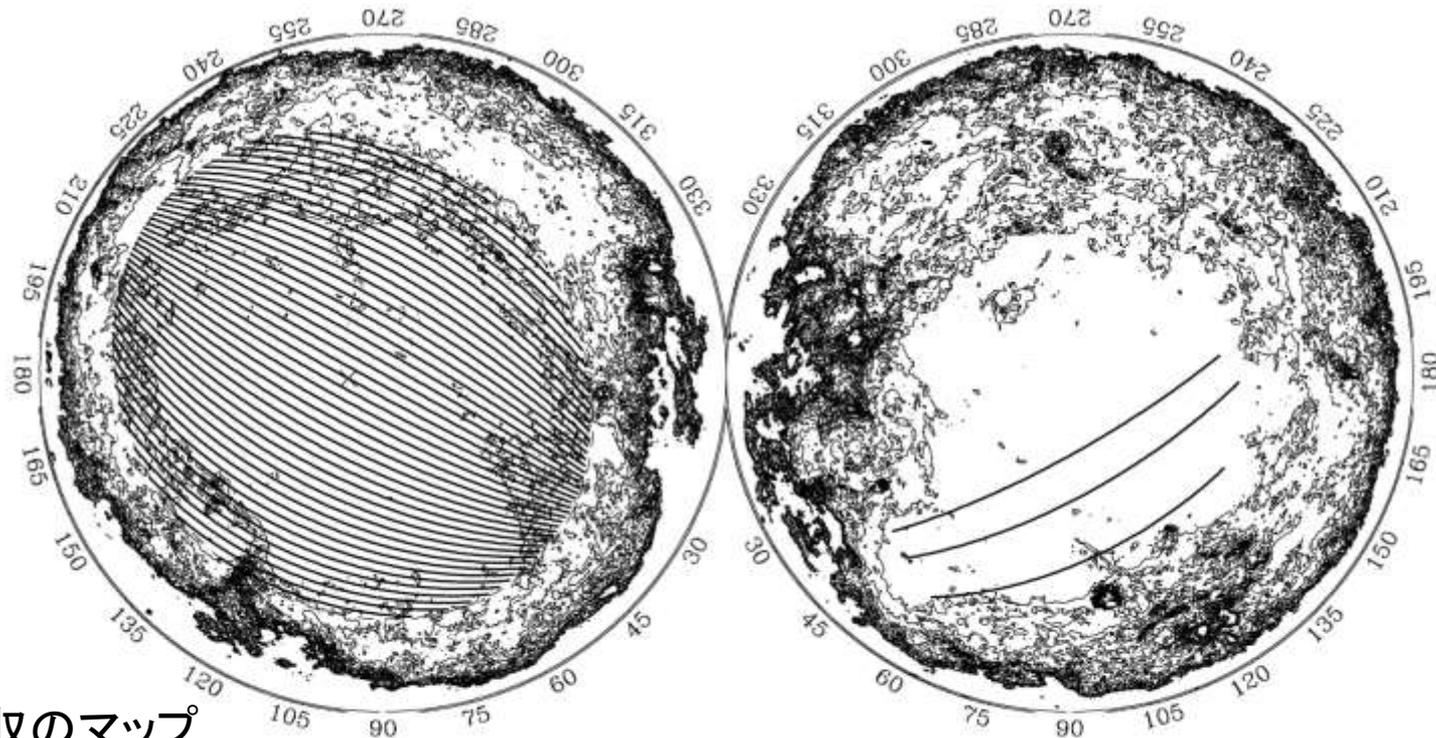


1回の観測では6本の細長い領域が観測できる。
次の日に望遠鏡を向ける方向を少しずらして、間を埋めるように観測する。
この2回の観測を合わせて幅2.5度の領域の観測が完成する。
このような帯の領域を45本分観測する。

SDSS (撮像サーベイ)

- 観測領域

銀河吸収の少ない銀極を中心に観測



銀河吸収のマップ

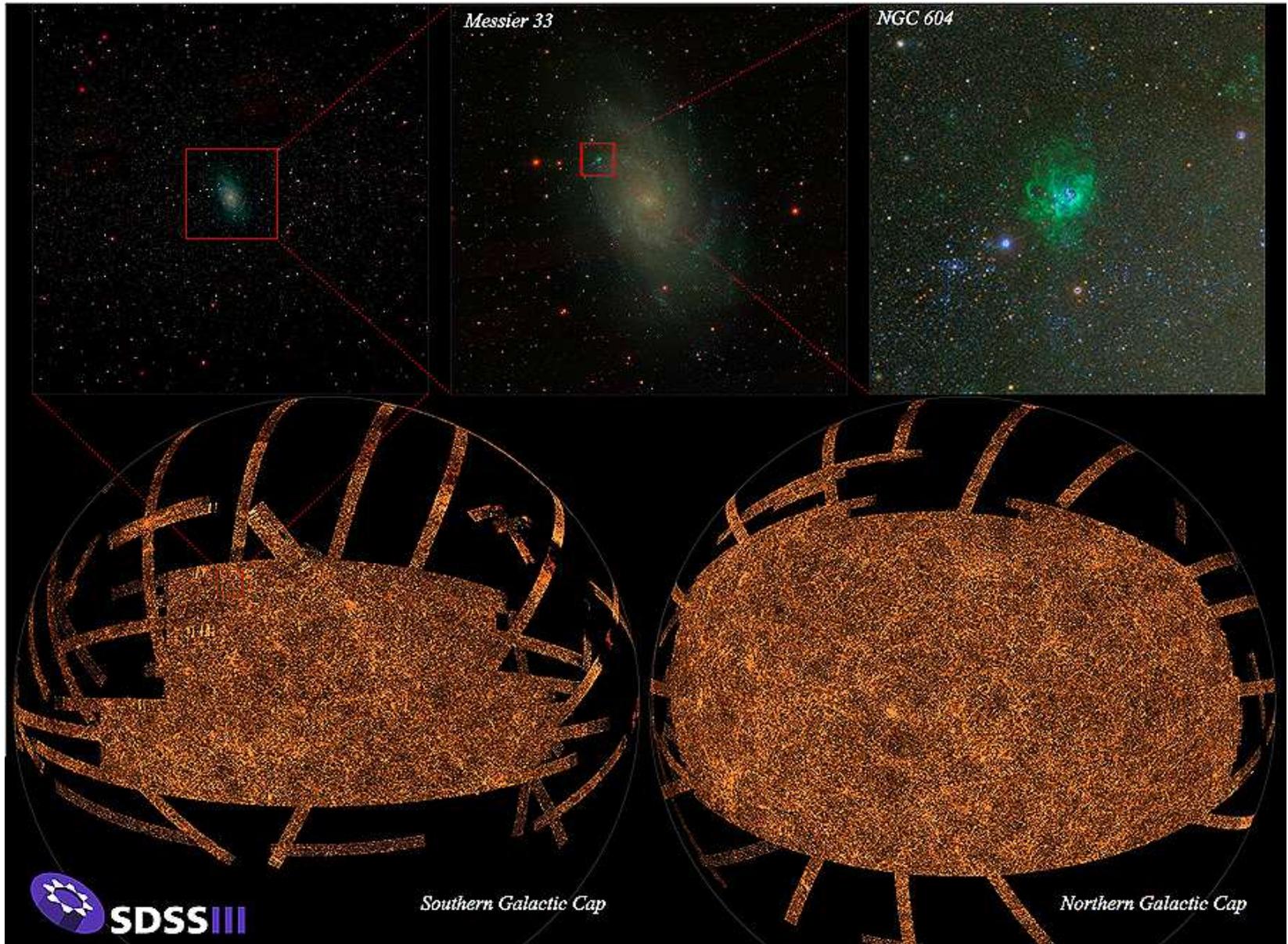
FIG. 2.—Projection on the sky (Galactic coordinates) of the northern (*left*) and southern (*right*) SDSS surveys. The lines show the individual stripes to be scanned by the imaging camera. These are overlaid on the extinction contours of Schlegel, Finkbeiner, & Davis (1998). The survey pole is marked by the cross.

SDSS (分光サーベイ)

- 2台の分光器によるファイバー分光
320ファイバー×2=640天体／プレート
- 100万個の銀河 ($r' < 18.2$; $z_{\text{med}} \sim 0.1$) と
10万個のクエーサー ($g' < 19.2$)、
3万個の星、3万個の特異天体を分光
- 分光範囲は3900-9100 Å
- 分解能は $\lambda/\Delta\lambda=1800$



SDSS DR8 の Footprint



SDSSのデータアーカイブ

- Data Archive Server (DAS)
 - フレームごとの画像、カタログ、さらに、キャリブレーションなどの情報を FITS ファイルで提供
 - http, rsync などでのアクセス
- Catalog Archive Server (CAS)
 - 天体カタログ、JPEG 画像などを検索可能な形で提供
 - Web でのアクセス、GUI

SDSS DB の優れた点(1)

- 内容

- レガシーデータセットである
- 10,000平方度にわたる多色(5バンド)撮像データ
 - すべての天文学研究で有用なデータである
 - ただし、銀河面付近の観測はない
 - サーベイなのでデータの素性の均一性に気が使われている
- Flux limited な銀河/QSOの分光データ
 - 最も自然なselectionによる銀河/QSOサンプル
 - すべての種類の銀河を含んでいる
 - 撮像データと consistent な calibration がされている

SDSS DB の優れた点(2)

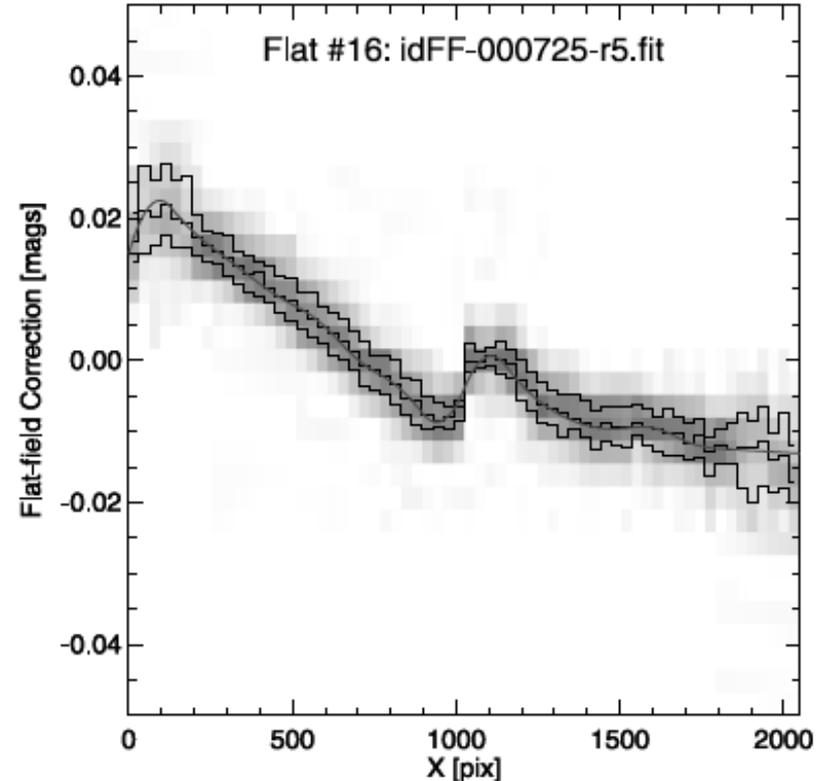
- データ解析
 - 測定値の誤差は photon noise のレベルまで押さえ込むことを目標とする
 - Calibration はサーベイ領域全体で一様であるように最大限の注意を払う
 - Relative calibration は1%の一様性
 - 撮像については Princeton 大学 (Robert Lupton, Jim Gunn) を中心にデータ解析パイプラインが開発された。
 - 分光についてはシカゴ大学(?)

Ubercalibration

- 系統誤差の要因をモデルに取り込んで、それらもパラメータとして、星の明るさといっしょに解く

$$m = m_{\text{ADU}} + a_{\alpha} - \left[k_{\beta} + \left(\frac{dk}{dt} \right)_{\beta} (t - t_{\beta,\text{ref}}) \right] x + f_{\gamma}(j),$$

- 5×10^7 個のパラメータ
- 手法は CFHTLS, Pan-STARRS などにも応用されている



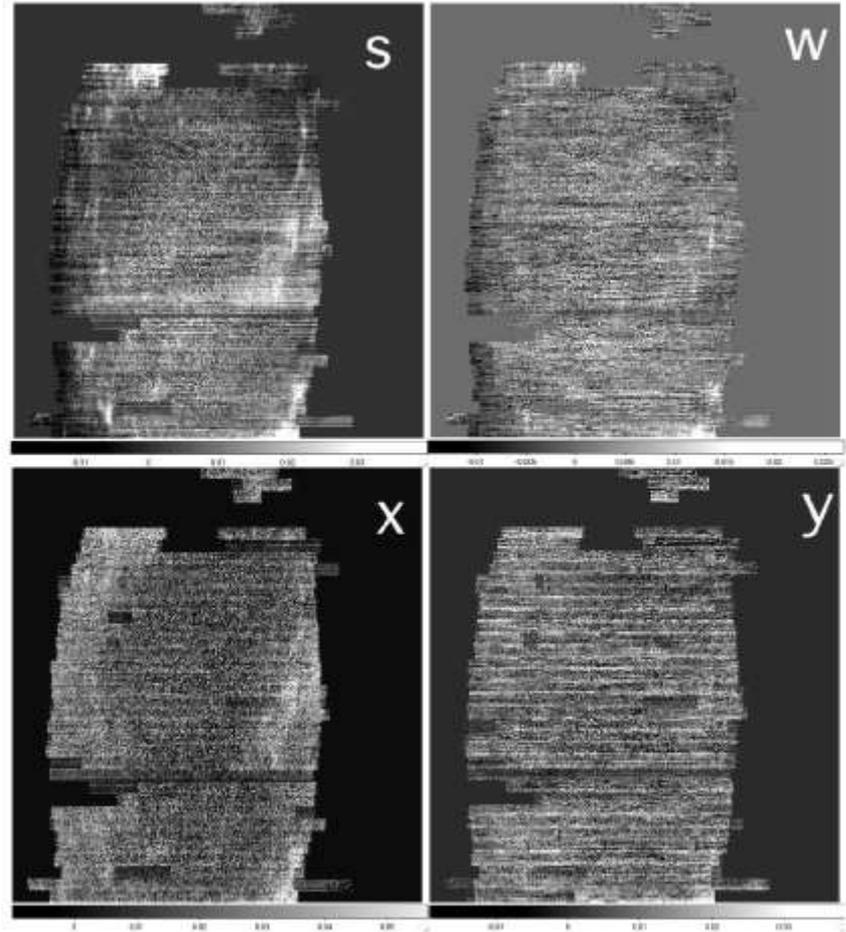
Flat Field vector の例

Ubercalibration

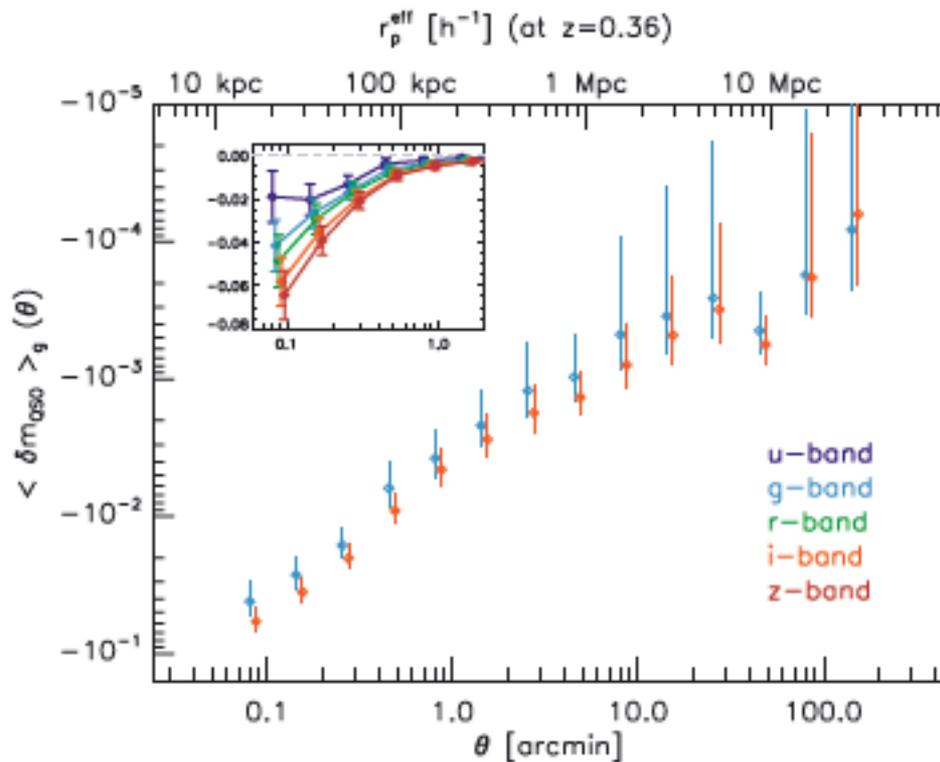
- 系統誤差の要因をモデルに取り込んで、それらもパラメータとして、星の明るさといっしょに解く

$$m = m_{\text{ADU}} + a_{\alpha} - \left[k_{\beta} + \left(\frac{dk}{dt} \right)_{\beta} (t - t_{\beta, \text{ref}}) \right] x + f_{\gamma}(j),$$

- 5×10^7 個のパラメータ
- 手法は CFHTLS, Pan-STARRS などにも応用されている



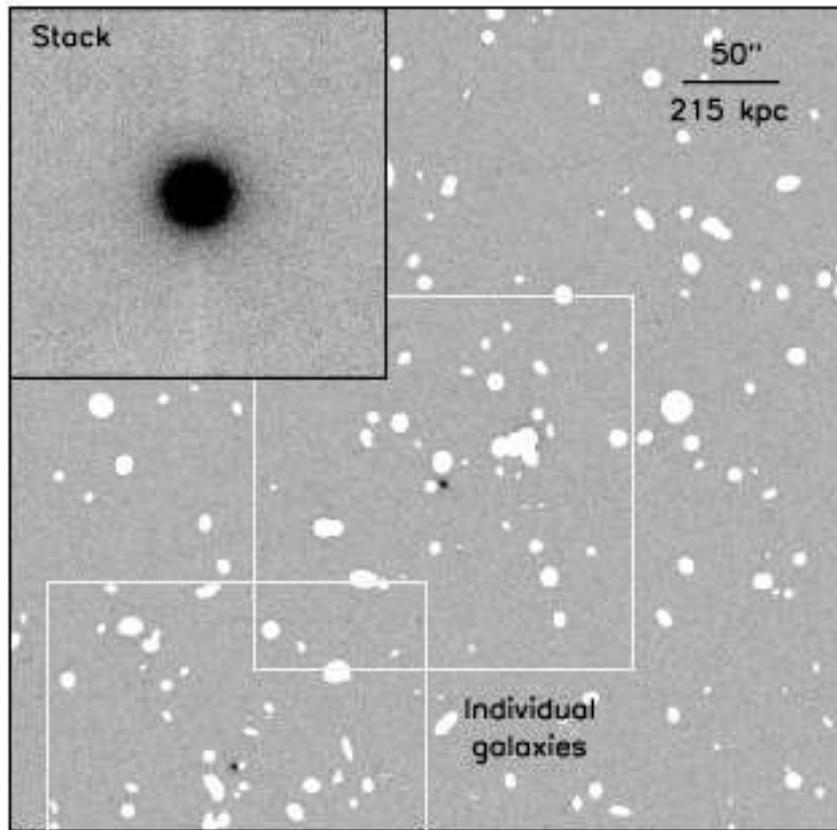
大量サンプルによる統計的研究



Ménard et al. (2010)

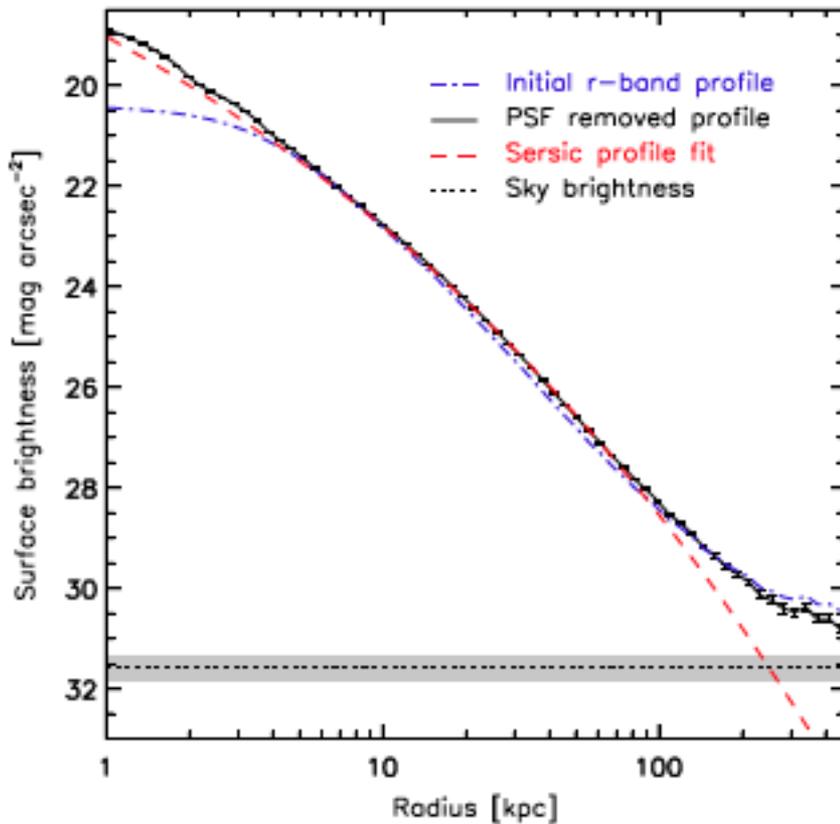
- 85,000個のクエーサーの明るさと24,000,000個の銀河との位置との相関を調べた
- 1/1,000 mag レベルの gravitational magnification と 1/100 mag レベルのカラーによる違いを検出
- 系統的な誤差が非常に良く押さえられていることを表している

大量サンプルによる統計的研究



- 42,000個のLRGのlight profile をstack

大量サンプルによる統計的研究



- 42,000個のLRGのlight profile をstack
- 30 mag / arcsec² までプロファイルを作成
- 系統誤差が非常に小さいことを表す

Tal and van Dokkum (2011)

SDSS DB の優れた点(3)

- データベース
 - 天体カタログが様々な検索可能な形で提供されている。
 - 単純な領域検索から SQL を用いた複雑な検索まで
 - Cross-ID も可能
 - g, r, i-band から作成したカラー画像も提供
 - スペクトルの画像も提供
 - 時間のかかる検索向けに CasJobs というキューイングシステムも

SDSS DB の優れた点(4)

- データベース
 - JHU (Alex Szalay) が Microsoft Research と協力して開発
 - 研究者向けのデータベースと同じものを教材として使った教育用プログラム
 - Galaxy Zoo に発展



DR7 Tools

[Getting Started](#)[Famous places](#)[Get Images](#)[Scrolling sky](#)[Visual Tools](#)

Search

[- Radial](#)[- Rectangular](#)[- SQL](#)[- Imaging Query](#)[- Spectro Query](#)[Object Crossid](#)[CasJobs](#)

SQL Search

This page allows you to directly submit a [SQL \(Structured Query Language\)](#) query to the SDSS database server. You can modify the default query as you wish, or cut and paste a query from the [SDSS Sample Queries page](#).

Please note: To be fair to other users, queries run from SkyServer search tools are restricted in how long they can run and how much output they return, by **timeouts** and **row limits**. Please see the [Query Limits help page](#). To run a query that is not restricted by a timeout or number of rows returned, please use the [CasJobs batch query service](#).

[Clear Query](#)

```
-- This query does a table JOIN between the imaging (PhotoObj) and spectra
-- (SpecObj) tables and includes the necessary columns in the SELECT to upload
-- the results to the DAS (Data Archive Server) for FITS file retrieval.
SELECT TOP 10
  p.objid,p.ra,p.dec,p.u,p.g,p.r,p.i,p.z,
  p.run, p.rerun, p.camcol, p.field,
  s.specobjid, s.specClass, s.z,
  s.plate, s.mjd, s.fiberid
FROM PhotoObj AS p
  JOIN SpecObj AS s ON s.bestobjid = p.objid
WHERE
  p.u BETWEEN 0 AND 19.6
  AND g BETWEEN 0 AND 20
```

 Check Syntax Only?

Output Format

 HTML XML CSV

To find out more about the database schema use the [Schema Browser](#).

For an introduction to the Structured Query Language (SQL), please see the [SQL Intro](#) help page. In particular, please read the [Optimizing Queries](#) section.

The inclusion of the imaging and spectro columns for DAS upload in your query (as in the default query on this page) will ensure that when you press **Submit**, the appropriate button(s) are displayed on the query results page to allow you to upload the necessary information to the DAS to retrieve the FITS file data corresponding to your CAS query. The imaging columns needed for upload to the DAS are *run*, *rerun*, *camcol*, and *field*. The spectroscopic columns needed are *plate*, *mjd*, *fiberid*, and optionally *sprerun* (the latter requires a join with the PlateX table).

Your SQL command was:

```

SELECT TOP 10
  p.objid,p.ra,p.dec,p.u,p.g,p.r,p.i,p.z,
  p.run, p.rerun, p.camcol, p.field,
  s.specobjid, s.specClass, s.z,
  s.plate, s.mjd, s.fiberid
FROM PhotoObj AS p
JOIN SpecObj AS s ON s.bestobjid = p.objid
WHERE
  p.u BETWEEN 0 AND 19.6
  AND g BETWEEN 0 AND 20

```

objid	ra	dec	u	g	r	i	z	run	rerun	camcol	field	specobjid	specClass	z	plate	n
587725073921474764	146.44833941	-0.71342989	19.012621	17.927675	17.341618	16.884993	16.702686	1239	40	2	174	75094093193019392	2	0.114681	266	51
588848898824274111	146.51281644	-0.84577181	17.416025	16.201288	15.535498	15.084999	14.817842	756	44	1	205	75094093180436480	2	0.064857	266	51
588848898824274160	146.57132235	-0.95719938	18.535383	17.050571	16.264538	15.798815	15.460427	756	44	1	205	75094093138493440	2	0.065066	266	51
588848899898343534	147.32102993	-6.57628E-3	19.269053	18.788694	18.923374	19.10795	19.312033	756	44	3	210	75094093121716224	1	-2.27177E-4	266	51
587725074995609782	147.32950414	0.02890341	17.963612	16.401266	15.575814	15.132483	14.847518	1239	40	4	180	75094093117521920	2	0.048089	266	51
588848899898212441	147.01791383	-0.12726758	18.7045	18.269962	18.333794	18.457584	18.597795	756	44	3	208	75094093096550400	1	2.49497E-4	266	51
587725074458673337	147.17639124	-0.3540289	18.435514	17.251513	16.737843	16.500662	16.299618	1239	40	3	179	75094093079773184	2	6.32467E-3	266	51
587725074458738699	147.25535095	-0.31932367	16.94639	16.502197	16.638393	16.812626	17.01622	1239	40	3	180	75094093075578880	1	-1.69719E-5	266	51
587725073921343655	146.09368482	-0.79309523	18.646595	16.774982	15.848703	15.413627	15.082405	1239	40	2	172	75094093314654208	2	0.067598	266	51
587725073921277983	145.92003927	-0.78353137	18.722021	18.434917	18.697615	18.593168	18.54113	1239	40	2	171	75094093495009280	3	0.517187	266	51

Use the button(s) below to upload the results of the above query to the DAS and retrieve the corresponding FITS files:



Home | Help | Chart | Navi | Explore | Use query to fill form

name	ra	dec
274-51913-230	159.815	-0.
275-51910-275	161.051	0.
275-51910-525	161.739	0.
276-51909-19	164.090	-0.
278-51900-39	168.470	0.0

Cut and paste ra/dec list

Parameters

scale "/pix

opt

Get Image



- Drawing options
- Grid
 - Label
 - Photometric objects
 - Objects with spectra
 - Invert Image
- Advanced options
- Spectroscopic Targets
 - Outlines
 - Bounding Boxes
 - Fields
 - Masks
 - Plates

obj list page 1





Home | Help | Tutorial |
Chart | List | Explore |

Parameters

ra deg
dec deg
opt

Get Image



Drawing options

- Grid
 Label
 Photometric objects
 Objects with spectra
 Invert Image
- Advanced options
- Spectroscopic Targets
 Outlines
 Bounding Boxes
 Fields
 Masks
 Plates



Selected object

ra 164.08988
 dec -0.88900
 type GALAXY
 u 18.18
 g 16.93
 r 16.14
 i 15.68
 z 15.40



- Quick Look
- Explore
- Recenter
- Add to notes
- Show notes



Click to open Sky Maps ?

To see Sky Maps, install the latest [Flash](#) and [Shockwave](#) players.
 Sky Maps does not work in Safari. It does work in Firefox on Macintosh.



SDSS J105621.57-005320.4

Explore Home

Search by

- ObjID
- Ra,dec
- 5-part SDSS
- Plate-MJD-Fiber
- SpecObjID

Summary

PhotoObj

- PhotoTag
- More Observations
- Field
- Frame
- PhotoZ
- Neighbors
- Finding chart
- Navigate
- FITS

SpecObj

- All Spectra
- SpecLine
- SpecLineIndex
- XCredShift
- ELredShift
- Spectrum
- Plate
- FITS

- NED search
- SIMBAD search
- AKARI FIS
- AKARI IRC
- ADS search

Notes

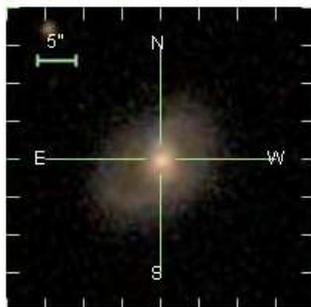
- Save in Notes
- Show Notes

Print

Type	RA,dec		ObjID
	Decimal	Hexagesimal	
GALAXY	164.08988044,-0.88900081	10:56:21.57,-00:53:20.4	588848898831941750

Column names link to glossary entries. Move mouse over a column name to get its units.

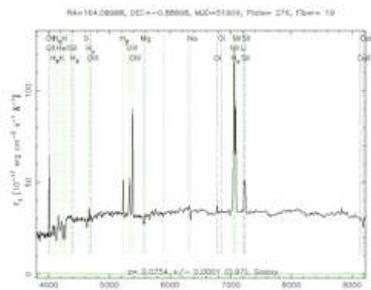
mode	PRIMARY
status	TARGET PRIMARY OK_STRIPE OK_SCANLINE PSEGMENT RESOLVED OK_RUN GOOD SET
flags	STATIONARY BINNED1 INTERP COSMIC_RAY CHILD
PrimTarget	TARGET_GALAXY
SecTarget	



u	g	r	i	z		
18.18	16.93	16.14	15.68	15.40		
err_u	err_g	err_r	err_i	err_z		
0.02	0.00	0.00	0.00	0.01		
run	rerun	camcol	field	obj	rowc	colc
756	44	1	322	118	1207.7	1525.0
fiberMag_r	petroMag_r	devMag_r	expMag_r	psfMag_r	modelMag_r	
17.60	16.13	16.14	16.55	17.66	16.14	
extinction_r	petroRad_r	parentid	nChild			
0.14	7.997	588848898831941749	0			

SpecObjID = 77910041109200896

plate	mjd	fiberid	z	zErr	zConf	specClass	ra	dec	fiberMag_r	objid
276	51909	19	0.075	0.00005	0.974368	GALAXY	164.08988	-0.88898	17.38	588848898831941750



zStatus	EMLINE_XCORR
zWarning	NOT_GAL
PrimTarget	TARGET_GALAXY
SecTarget	
eClass	0.091343
emZ	0.075
emConf	0.974368
xcZ	0.075
xcConf	0.957057

SDSS DB の優れた点(5)

- 公開するために作っているのではなく、Collaboration 内での研究を効率的に進めるために開発されている
- Collaboration 内で実際の研究に使われることで、デバッグ、機能向上が行なわれることになる
- 一般向けに公開する前に様々な論文が書かれ、データの信頼性を高めることになる
 - 外部の人と同じデータプロダクトを使うことになる
- そのようなデータプロダクト、アクセスツールなどをそのまま一般向けに公開している

まとめ

- SDSSはレガシーサーベイであり、データそのものが広く使われやすいものである
- データの精度についても、特定の目的にとらわれることなく、可能な限り最高の精度を追求している
- 本格的なデータベースシステムを利用して、大量のデータを効率よく検索できるシステム
 - 画像、スペクトルもWeb上で簡単に表示できる
- Collaboration、天文コミュニティ、一般社会に同じデータを公開している