

すばる望遠鏡HSCオンサイトデータ品質評価システム GUIアプリケーションOBSLOGの開発

小池美知太郎, 古澤久徳, 高田唯史, 宮崎 聡, 能丸淳一,
Kiaina SCHUBERT, Tom WINEGAR

(2016年11月11日受付; 2017年2月9日受理)

Development of OBSLOG; the GUI Application for Subaru/HSC On-site Data Quality Assurance System

Michitaro KOIKE, Hisanori FURUSAWA, Tadafumi TAKATA, Satoshi MIYAZAKI, Junichi NOUMARU,
Kiaina SCHUBERT and Tom WINEGAR

Abstract

Hyper Suprime-Cam (HSC) is an optical wide-field camera at Subaru Telescope. HSC saw the first light in August 2012 and has been producing valuable data to date. Due to a significantly higher data rate (2 GB per exposure) than with the previous instruments, data checking by individual researchers after observations is no longer a practical way to maximize scientific outcomes. To assist the observers' tasks, we developed a GUI application system OBSLOG, which automatically generate observing log for each exposure. The OBSLOG provides quality information (quicklook image, seeing, sky transparency etc) of data through a web application immediately after the data acquisition, to help observers performing quick lock of the data. The system has been used every night for not only strategic program (SSP) but also open-use and engineering programs, as an essential tool for HSC observations. It has also assisted data analysis in SSP as well as survey planning and progress management, and is expected to continuously help the coming science programs with HSC.

概要

Hyper Suprime-Cam (HSC) はすばる望遠鏡の可視光広視野カメラであり, 2012年夏にファーストライトを迎え, その後大量のデータを産出し続けている。HSCはこれまでの観測装置と比べるとデータレートがはるかに大きく (2GB/露出), 観測者個人にデータ整理を委ねてきた従来のスタイルは, 科学的成果の促進の観点からもはや現実的でない。我々はHSC観測者のデータ整理を支援するため, 観測中に自動的に露出目録を作成するGUIシステムであるOBSLOGを開発した。OBSLOGは, データが取得されると直ちにクイックルック画像¹⁾, シーイング²⁾, 大気透明度などの品質情報をユーザーにWebアプリケーションを通して可視化提供することで, 観測者が取得データのクイックルックを容易に行うことができる。本システムは, 現在HSCの全ての共同利用, 戦略枠 (SSP) 観測, エンジニアリング観測で使用され, HSCの観測立案・観測遂行に不可欠なユーザー支援ツールとして役立てられている。SSPにおいては観測進捗の確認や観測計画の立案に加え, データ解析の効率化にも用いられており, 今後もHSCによる科学成果導出の一助を担っていくことが期待される。本論文ではOBSLOGの開発の詳細について述べる。

1) 観測データ確認用の低容量で高速に表示できる画像。

2) 画像上での星像の広がり = 半値全幅。大気による星像のゆらぎの度合いを表す。

1 はじめに

Hyper Suprime-Cam (HSC) [1]はすばる望遠鏡[2]の主焦点カメラである。HSCの焦点面には116枚(サイエンス用104枚, フォーカス用8枚, オートガイド用4枚)のCCDが並べられ, 直径1.5°の視野を一度に撮影できる。観測者がHSCから取得するデータは1露出につき各CCD(サイエンス用, フォーカス用)に対応する112個のFITSファイルである。1つのCCDに対応するFITSファイルは寸法が約4k×2kピクセル, ビット深度は16, 容量は約18MByteであるから, 1露出で生成されるデータの合計は2GByte強となる。HSCは2012年夏にファーストライトを迎え観測が続けられている。

現在, HSCの観測夜数のうち半分ほどはSubaru Strategic Program (SSP)に使われている。HSC SSPは5年300夜をかけ天の赤道を中心とした1400 deg²をg, r, i, z, yのワイドバンド[3](deep, ultra deepレイヤーではさらに3つのナローバンド)で観測するプログラムで, 典型的には1夜に150~200露出前後のデータが撮られる。SSPの終了時には数万露出分のデータが溜まっていることになり, 解析時にはそれらのデータを取り扱うことになる。

しかし1露出分のデータも少なくないHSCにおいてはデータの取捨選択の判断をするための処理だけでも時間がかかってしまう。個々の研究者がデータを各々サイトに持ち帰り解析前に取捨選択のための処理をまとめて行うのは非効率的である。そのため観測時にデータの取捨選択のための露出目録を自動的に作るシステムが必須である。その目録には露出ごとのFITSヘッダの情報, シーイングなどの品質情報, 観測時に観測者が残したメモなどが含まれ, 観測者が観測中や観測後に閲覧・検索できるようにすべきである。Suprime-Cam [4]では既にそのようなシステム[5]の導入が試されているが, HSCにおいても同様のシステム開発は必須である。

この目録が含む品質情報を得るには, 以前は観測者が1露出ごとに手作業で画像を確認し処理する必要があった。しかしこの目録が観測時に自動でリアルタイムに更新されれば, その情報が観測者が観測を進める手助けになることが期待できる。またSSPなどのサーベイではこの目録を使いサーベイの進捗を効率的に把握し, データ品質を均質にするような観測計画の立案にも有用である。さらに解析時にはこれらの情報を使い均質なプロダクトを作るような解析を効率的に進めることができ, 解析結果の評価にも利用できる。

これらの目標達成のために, 観測時にデータが得られると自動でデータを解析・評価しその結果を保

存していくシステム(HSCオンサイトQA (Quality Assurance) システム; Furusawa et al. 2016 in preparation. 以下QAシステム)が開発されている。このQAシステムによりバックエンドとしての基礎的な機能は実現したが, 観測者支援ツールとして便利に利用されるためのフロントエンドユーザーインターフェースの整備が喫緊の課題であった。本論文ではそのQAシステムと連携し, 目録を自動作成し閲覧・検索機能などのユーザーインターフェースを提供するシステムであるOBSLOG(以下本システム)の開発の詳細について述べる。

2 本システムに求められる機能と性能

この章では本システムに求められる機能, 本システムの入出力, 本システムが実現すべき性能などの要件を述べる。

2.1 必要な機能

HSCから産出される膨大なデータの整理を効率化するためには次の機能が必要である。

(1) 目録作成

観測時に新たにデータが届くと自動的に更新される目録を作る。目録には露出毎に次の項目を含める。

- 露出id
 - 露出をHSCのすべての観測から一意に特定するための番号でありFITSヘッダのEXP-IDの値から一意に導かれる
- プロポーザル³⁾ ID (後述のアクセス制御に必要)
- FITSヘッダ
 - 1露出について112個のCCDのFITSファイルがあるが, その中のどれか1つについて保持する (図1にHSCのFITSヘッダの一例を示す)
- 観測時に観測者が入力したメモ
 - メモを記した人, その時刻も保持する
- 品質情報
 - シーイング, 等級原点, スカイレベル⁴⁾, 大気透明度の露出ごとの代表値
 - フォーカスずれの推定値
 - 視野全面のシーイングマップ, 星像の楕円率マップ
 - 全視野の1/30, 1/4スケールのプレビュー画像

3) 観測提案

4) 天体のない領域の空の明るさ

```

SIMPLE =          T / conforms to FITS standard
BITPIX =          16 / array data type
NAXIS =           2 / number of array dimensions
NAXIS1 =          2144 / length of data axis 1
NAXIS2 =          4241 / length of data axis 2
EXTEND =          F / FITS dataset may contain extensions
BUNIT = 'ADU'     / Unit of original pixel value
BLANK =          -32768 / Value used for NULL pixels
UT-STR = '06:25:27.661'
TIMESYS = 'UTC'   / Time System used in the header
DATE-OBS = '2014-02-06'
HST-STR = '20:25:27.661'
LST-STR = '05:08:48.139'
MJD-STR = '56694.26768125594'
UT = '06:25:27.687'
HST = '20:25:27.687'
LST = '05:08:48.166'
MJD = '56694.26768156281'
UT-END = '06:25:30.399'
HST-END = '20:25:30.399'
LST-END = '05:08:50.885'
MJD-END = '56694.2677129535'
ZD-STR = '27.09964705'
ZD-END = '27.09300619'
SECZ-STR = '1.123'
SECZ-END = '1.123'
AIRMASS = '1.123051764076078'
AZIMUTH = '142.90336693'
ALTITUDE = '62.90058514'
PROP-ID = '014015'
OBSERVER = 'Miyazaki, Utsumi, Komiyama, Kawanomoto, Furusawa, Tomono, Koik'
FRAMEID = 'HSCA90828400' / /raid/Summit3/20140205/bias040_0_00.fits
EXP-ID = 'HSCA90828400' / First frame ID
DATASET = '#NODATA##'
OBS-MOD = 'LAUNCHER'
OBS-ALOC = 'Observation'
DATA-TYPE = 'BIAS' / Characteristics of this data
OBJECT = 'BIAS' / Object
RA = '06:11:54.711'
DEC = '-02:16:28.97'
RA2000 = '06:11:54.711'
DEC2000 = '-02:16:28.97'
RADECYSYS = 'FK5' / The equatorial coordinate system
EQUINOX = 2000.0
CTYPE1 = 'RA---TAN'
CRPIX1 = -5343.5
CRVAL1 = 92.9779625
CUNIT1 = 'degree'
CTYPE2 = 'DEC--TAN'
CRPIX2 = 4128.5
CRVAL2 = -2.2747138889
CUNIT2 = 'degree'
LONPOLE = 180.0
PROJP1 = 0.0 / Projection type of the axis 1
PROJP2 = 0.0 / Projection type of the axis 2
WCS-ORIG = 'Rough estimation' / Origin/quality of the WCS values
RESTFRQ = 0.0
RESTWAV = 0.0
OBSERVAT = 'NAOJ' / Observatory
TELESCOP = 'Subaru'
FOC-POS = 'PRIME' / Position of the instrument focus unit
TELFOCUS = 'P_OPT2'
FOC-VAL = 3.75
FILTER01 = 'HSC-g' / Filter barcode
EXPTIME = 0 / Exposure time
INSTRUME = 'Hyper Suprime-Cam' / Name of instrument
DET-ID = 73 / Sequential number assigned for the entire CCDs
DET-TMED = 0.0 / [Kelvin] Median of the detector temperature
DET-TMIN = 0.0 / [Kelvin] Minimum of the detector temperature
DET-TMAX = 0.0 / [Kelvin] Maximum of the detector temperature
GAIN = 0.0 / AD conversion factor (electron/ADU)
BIN-FCT1 = 1 / Binning factor of axis 1
BIN-FCT2 = 1 / Binning factor of axis 2
DET-VER = 'notSet' / Version of the detector control command
INS-VER = 'notSet' / Version of the instrument (hard/soft)
WEATHER = 'Fine'
SEEING = 0.0
ADC-TYPE = 'IN'
ADC-STR = 5.74
ADC-END = 5.74
INR-STR = -34.588257
INR-END = -34.588257
DOM-WND = 0.0
OUT-WND = 4.8
DOM-TMP = 277.05
OUT-TMP = 274.85
DOM-HUM = 57.9
OUT-HUM = 91.3
DOM-PRS = 621.2
OUT-PRS = 621.2
INST-PA = 0.0
M2-POS1 = -2.893541
M2-POS2 = -4.740484
M2-POS3 = 5.684587
M2-ANG1 = 0.750107
M2-ANG2 = 2.249937
M2-ANG3 = 1.6E-05
T_M2OFF1 = -1.8
T_M2OFF2 = -2.6
T_M2OFF3 = 3.75
T_SHTDIR = 0 / The number shows which screen did move on this
T_AG = F / AG Exposure
T_UFNAME = '/raid/Summit3/20140205/bias040_0_00.fits' / Original filename
CD1_1 = 2.89152716465347E-21
CD1_2 = -4.72222222222222E-05
CD2_1 = -4.72222222222222E-05
CD2_2 = 2.89152716465347E-21
COMMENT ----- PARAMETERS FOR HYPER SUPRIME CAM -----
COMMENT ----- PARAMETERS FOR HYPER SUPRIME CAM -----
COMMENT ----- PARAMETERS FOR HYPER SUPRIME CAM -----
T_HEDVER = '116 CCDs for Summit1' / 2013/03/27 Updated by KAWANOMOTO, S.
T_CFGFIL = '20130327.cfg'
T_BEEID = 0
T_SDVID = 0
T_GAIN1 = 3.62 / Gain for channel 1
T_GAIN2 = 3.59 / Gain for channel 2
T_GAIN3 = 3.84 / Gain for channel 3
T_GAIN4 = 3.97 / Gain for channel 4
T_CCDID = 'undefined' / Name of CCD
T_YFILL = F / CCD readout is x-flipped when create image
T_YFILL = F / CCD readout is y-flipped when create image
T_CCDSN = '099' / CCD Serial Number
T_OSMN1 = 4226 / MIN pixel of y-overscan region for ch1
T_OSMX1 = 4241 / MAX pixel of y-overscan region for ch1
T_EFMN1 = 50 / MIN pixel of y-effective range for ch1
T_EFMX1 = 4225 / MAX pixel of y-effective range for ch1
T_OSMN2 = 4226 / MIN pixel of y-overscan region for ch2
T_OSMX2 = 4241 / MAX pixel of y-overscan region for ch2
T_EFMN2 = 50 / MIN pixel of y-effective range for ch2
T_EFMX2 = 4225 / MAX pixel of y-effective range for ch2
T_OSMN3 = 4226 / MIN pixel of y-overscan region for ch3
T_OSMX3 = 4241 / MAX pixel of y-overscan region for ch3
T_EFMN3 = 50 / MIN pixel of y-effective range for ch3
T_EFMX3 = 4225 / MAX pixel of y-effective range for ch3
T_OSMN4 = 4226 / MIN pixel of y-overscan region for ch4
T_OSMX4 = 4241 / MAX pixel of y-overscan region for ch4
T_EFMN4 = 50 / MIN pixel of y-effective range for ch4
T_EFMX4 = 4225 / MAX pixel of y-effective range for ch4
BZERO = 32768
END
    
```

図1：HSCのFITSヘッダの一例。Tから始まるキーワードはHSC特有のものである。

(2) 閲覧・検索

利用者がWebページを通じて目録を閲覧・検索する機能が必要である。閲覧機能は露出目録の一覧表を作り、ユーザーはそこからクイックルック画像、画像の品質情報を露出を横断してアクセスできる。閲覧機能により作られる一覧表は露出id、観測日時、フィルタ、天域、オブジェクト名、シーイング、スカイレベル、大気透明度などの値で露出を絞り込めるべきである。また露出の一覧表示は必要に応じて各露出に対してメモを入力するインターフェースも提供する。

(3) ユーザー認証・アクセス制御

ユーザーがアクセスできる露出データをそのユーザーが属している観測プログラムのものに限定する。

2.2 本システムへの入力

本システムが取り扱うべき入力は以下の通りである。

(1) HSCの生データ

FITS [6,7]ヘッダの内容を目録に加えるために使用する。HSCの生データはQAシステムにより本システムからアクセス可能な場所に観測中に随時配置されていく。第1章で述べたようにHSCから出力される生データは1露出につき18MB×112枚のFITSファイルである。典型的な露出の間隔は数分であり、最速の場合は装置の読み出しサイクルのオーバーヘッド込みで30秒ほどとなる。なお本システムは生データのFITSヘッダを内部のデータベースに保存するが、その対象となるのは112個のFITSファイルのうちヘッダに

DET-ID=1を含む1 CCD だけである。

(2) QA システムによる解析結果

品質情報を目録に加えるために使用する。2.1 (1) で述べた次のデータを QA システムの解析結果から取得する。

- シーイング, 等級原点, スカイレベル, 大気透明度の代表値
- フォーカスずれの推定値
- 視野全面のシーイングマップ, 星像の楕円率マップ
- 全視野の1/30, 1/4スケールのプレビュー画像

これらの情報はQAシステムにより抽出され観測中に随時, 本システムからアクセス可能なファイルまたはデータベースに追加されていく。

(3) Web インターフェースからの観測者のメモ入力

観測者が本システムの閲覧用の Web ページから観測時 (または観測後) に露出別にメモを残すことができる。このメモの内容とメモの作成日時, 作成者が目録に保存される。

2.3 本システムからの出力

本システムは目録の中でユーザーが与えた検索条件に合致する露出一覧を Web ページ, CSV [8], JSON [9], Microsoft Excel [10], PDF [11] 形式で出力する。特に出力が Web ページの場合は Web アプリケーションの特性を活かし, 観測遂行の支援を最大化するため下記の機能を実装する。

- 観測中に新たな露出が得られたら, それに対応する行が自動的に画面上の一覧に追加される
- 露出を選んでメモを追加できる
- 一覧内の露出に関するクイックルック画像用の視野プレビューやシーイングマップ, 星像の楕円率マップなどの画像へ素早くアクセスできる
- 一覧内の露出の品質に関する時系列グラフが表示される

2.4 本システムに求められる性能

想定される典型的な観測において観測者にとっての利便性・有用性を確保するため, 本システムは次の性能上の要件を満たす必要がある。

- 同時に10前後のクライアントが本システムにアクセスしても5秒以内に応答をする
- 一晩で500露出分のデータが目録に追加できる
- 500夜分のデータの検索が10秒以内に完了する

3 構成

本章では, 2章で述べた要件を満たすために設計・構築したサーバー構成について述べる。

3.1 他のシステムとの関係

本システムは目録作成, ユーザー認証・アクセス制御のために既存の次の2システムと連携し動作する (図2)。

(1) QA システム

本システムはQAシステムの処理結果から目録を作成する。QAシステムはヒロ山麓のハワイ観測所データアーカイブ室内の計算機群で稼働しており, 観測中にHSCで得られたデータは随時QAシステムへ転送・解析される。処理結果はQAシステム内の PostgreSQL データベース [12], ファイルシステム上に保存される。本システムはQAシステムの処理結果へ PostgreSQL, nfs [13] のクライアントによってアクセスする。

(2) STARS [14]

本システムはユーザーがアクセスできる露出データをそのユーザーが所属している観測プログラムのものに限る必要がある。HSCのユーザーの認証情報と所属する観測プログラムの情報はSTARSのユーザー情報データベースに問い合わせることで得られる。本システムはLDAP [15] を通してSTARSのユーザー情報データベースにアクセスする。

3.2 本システムの構成

本システムはクライアント部とサーバー部からなるクライアントサーバーモデル [16] である。クライアント部は Web ブラウザ上で動作する JavaScript [17] アプリケーションであり, 露出の検索条件の入力受付, メモ入力受付, 露出情報の表示などのユーザーインターフェースを担う。サーバー部は後述の計算機 hscs-web01 上で動作し, 目録の作成, クライアントからの要求に応じた露出情報の検索, アクセス制御などを担う。また他システムとの連携は全てサーバー部が行う。

3.3 本システムのサーバー部ハードウェア

本システムはQAシステムと情報のやり取りを高速に行うため, QAシステムが動作している計算機群のうち Web サーバー hscs-web01 上 (表1) で動作させる。

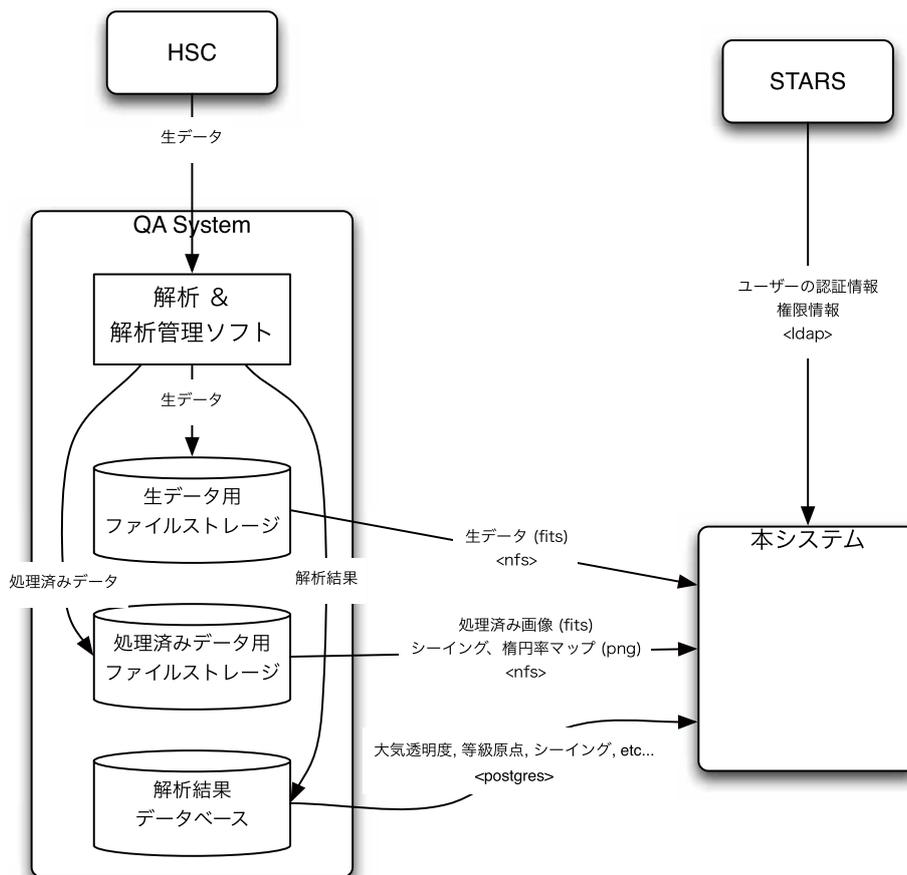


図2：本システムと関係する周辺のシステムの関係。図中の矢印はデータの流れを表す。

CPU数	2
物理コア数	12
論理コア数	24
CPU clock	3 GHz
RAM	12 GB
local disk	1 TB
OS	CentOS 6.7 x86 64

表1：本システムが動作する hsca-web01 のスペック。

4 実装

本システムの主な機能的要件は露出目録の作成、目録の閲覧・検索、ユーザー認証・アクセス制御である。目録作成、ユーザー認証・アクセス制御はサーバー部が担っており、目録の閲覧・検索機能はサーバー、クライアントの両方が協調動作し実現している。下記でサーバー部とクライアント部の主要な機能について実装の詳細を述べる。

4.1 サーバー部

本システムのサーバー部はWebアプリケーションフレームワークであるRuby on Rails [18] 上で開発した。Ruby on Railsはマルチユーザーによる利用実現のためのセッション管理やCSRF対策、SQLインジェクション対策などのセキュアアプリケーションに必要な機能を標準で備えている。

サーバー部は独自のデータベースを持ち、そこに露出目録、ユーザーが露出に対して入力したメモ、品質にかかわる情報が保持されている(図3)。品質情報についてQAシステムと重複があるが、これは本システムがQAシステムと独立に開発されたためであり時間があれば統合、整理したいところである。なおデータベースエンジンには開発の簡単のため軽量なデータベースエンジンであるSQLite3 [19] を用いている。

(1) 露出目録作成機能

露出の目録作成は本システムのサーバー部で実現している。目録へのデータの取り込みはポーリング

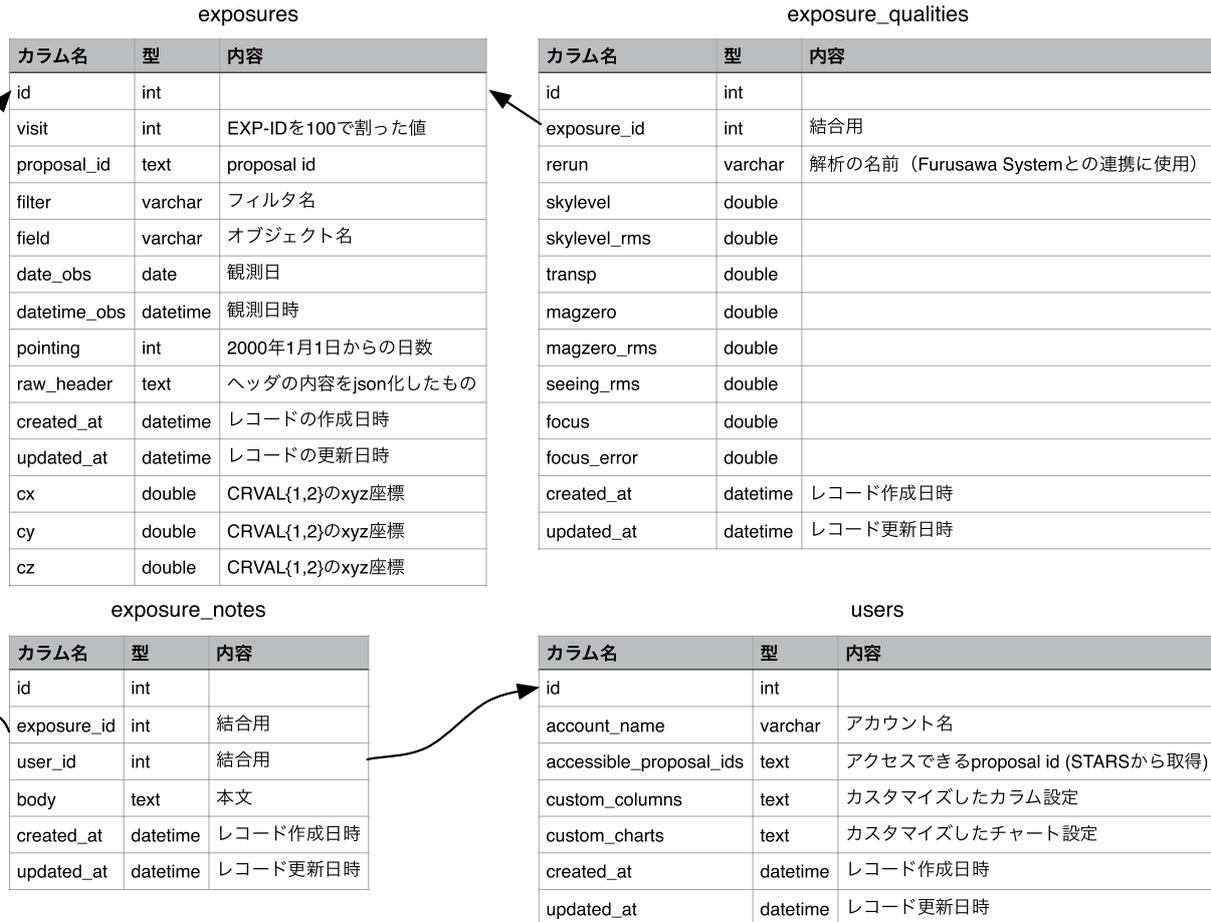


図3：本システムのテーブル。矢印は外部参照を表す。

によって行われており、定期的に（HSCの読み出しオーバーヘッドと同程度[20]である30秒に一度）HSCの生データのファイルリポジトリ及びQAシステムの解析結果の書き出し先に新しいデータがないか確認している。生データのFITSから得た情報は図3のexposuresテーブルへ、QAシステムから得られたデータはexposure_qualitiesテーブルへ保存される。またユーザーがWebページから投稿したメモはexposure_notesに保存される。

(2) 閲覧・検索機能

本システムの目録の閲覧・検索機能はサーバー部とクライアント部が協調し実現している。サーバー部ではクライアントから検索要求がくると、その検索条件から対応するSQLを生成しexposuresテーブルから対応する露出の情報を取得する。検索条件に合致する露出の情報のうち、後述のアクセス制御に基づきログイン中のユーザーがアクセス可能なデータのみクライアントへ送り返す。クライアントに送り返すデータの形式はユーザーの指定した出力形式に依る。ユー

ザーが出力先にWebページを選んだ場合、クライアントへ返送するデータはHTMLではなくJSON形式であり、クライアントは返送されたJSON形式のデータをJavaScriptによりWebページ上のテーブルに展開する。また、出力形式にCSV, JSON, excel, PDF形式が指定された場合はサーバー部でその形式のファイルを生成し、クライアントがダウンロード・保存できる形で返送する。

(3) ユーザー認証・アクセス制御

本システムはセッションの開始時にSTARSのアカウントによるログインを要求する。本システムのサーバー部はクライアントのログイン画面から送られたSTARSアカウントのユーザー名とパスワードをLDAPを通じてSTARSへ送信し認証確認を行う。認証された場合、STARSからそのユーザーの所属する観測プログラムの一覧を取得しサーバー部の独自のデータベース内へ保存する。ここで得られた観測プログラムの一覧に露出のPROP-IDカード（FITSのヘッダ内にある観測プログラムのIDを表す）の値が含まれているかど

うかを確認することでその露出へのアクセスの可否を決定する。

4.2 クライアント部

クライアント部はユーザーが操作するブラウザ上で動作し検索・閲覧のユーザーインターフェース (UI) を担う。ユーザーの利便性を考えすべての機能をページ遷移なしで利用できる構成 (Single-page Application) とした。クライアント部はJavaScriptで書かれており、Single-page Application にするにあたり MVVM [21] フレームワークである Knockout [22] と jQuery UI [23] を使用した。

クライアント部の各機能のトリガーを図4に示す。トリガーされた窓の右上のチェックボックスのチェックを外すことで、その窓を閉じることができる。

(1) 表の自動更新

クライアントのメイン画面 (図5) は新しい露出が得られたり、他のユーザーがメモを入力すると自動的に更新される。これは10秒に1回サーバーに露出に更新

がないか問い合わせをすることで調べている。問い合わせでは露出一覧の最終更新日時を送り、サーバーはそれより新しいものだけを返送する。新しい露出が得られたらそれに対応する行を露出一覧のテーブルに追加する。問い合わせの通信はAjaxで行われ表の更新はページ遷移なしでなされる。これは通信量を抑えるのと共に、不意にページ遷移が起こり入力中のメモが消えるのを防ぐためである。

(2) メモ入力

図5のメモ入力ボタンをクリックすると図4のノート編集窓が現れ、そこからメモを入力・編集することができる。メモはユーザーごとに保存され自分の書いたメモは編集・削除はできるが他のユーザーのメモは変更できない。

(3) 各種情報へのアクセス

露出一覧の各行からアクセスできる各種情報を図6にまとめた。各ボタンへマウスオーバーするとプレビュー窓内に対応する図が表示され、ボタンをクリックすると対応する図が全画面で表示される。図6に示

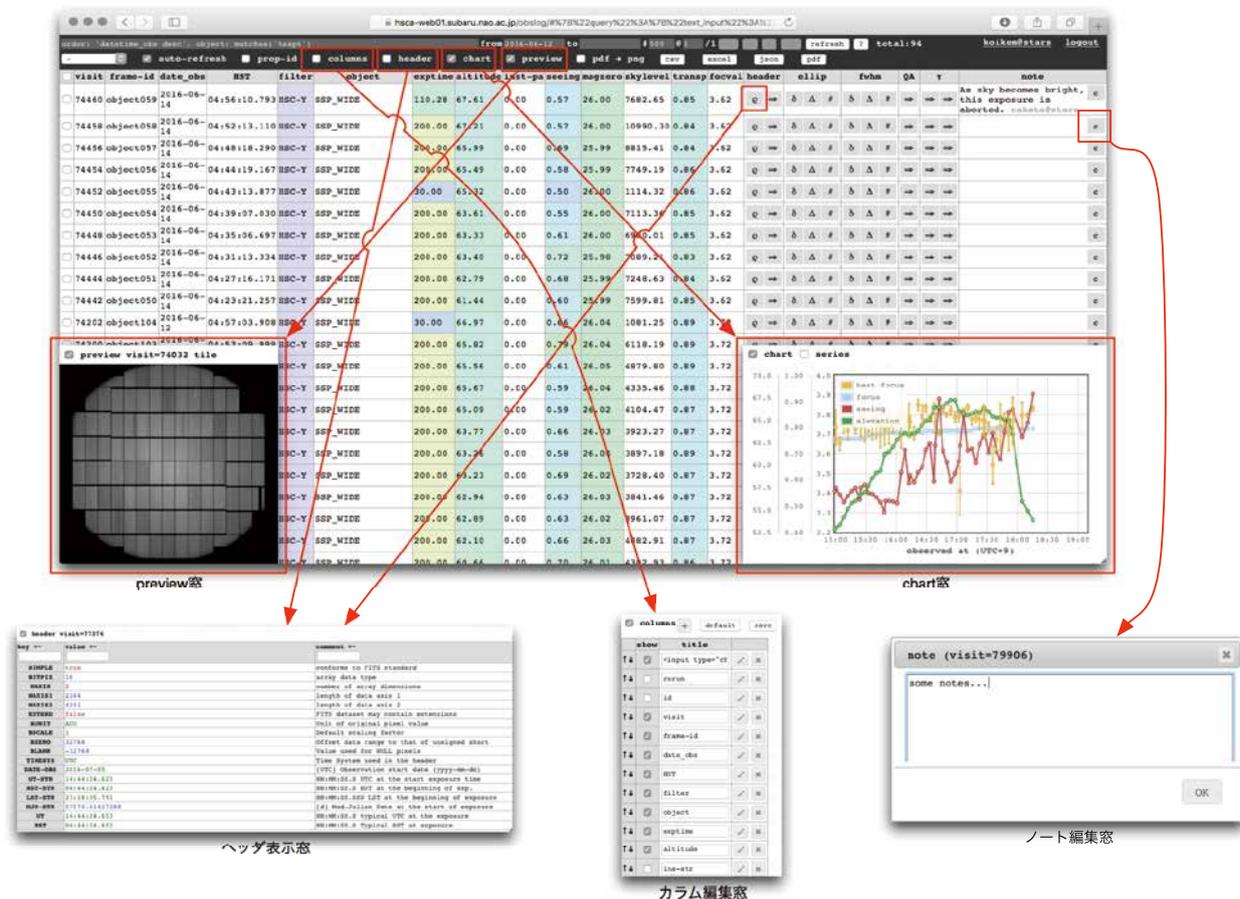


図4：画面遷移図。矢印の始点は終点の窓を表示するトリガーを表している。



図5：HTML形式で検索結果の表示。露出一覧にはフィルタ条件入力欄にマッチした露出がリストされる。マウスカーソルを露出リスト上で動かすとプレビュー窓にカーソル下の露出の全視野プレビュー、星像の楕円率マップ、シーイングマップが表示される。またチャート窓内のデータ点をマウスオーバーすることで対応する露出リストの行がハイライトされる。なおプレビュー窓、チャート窓の右下端をドラッグすることで窓の大きさを変更できる。

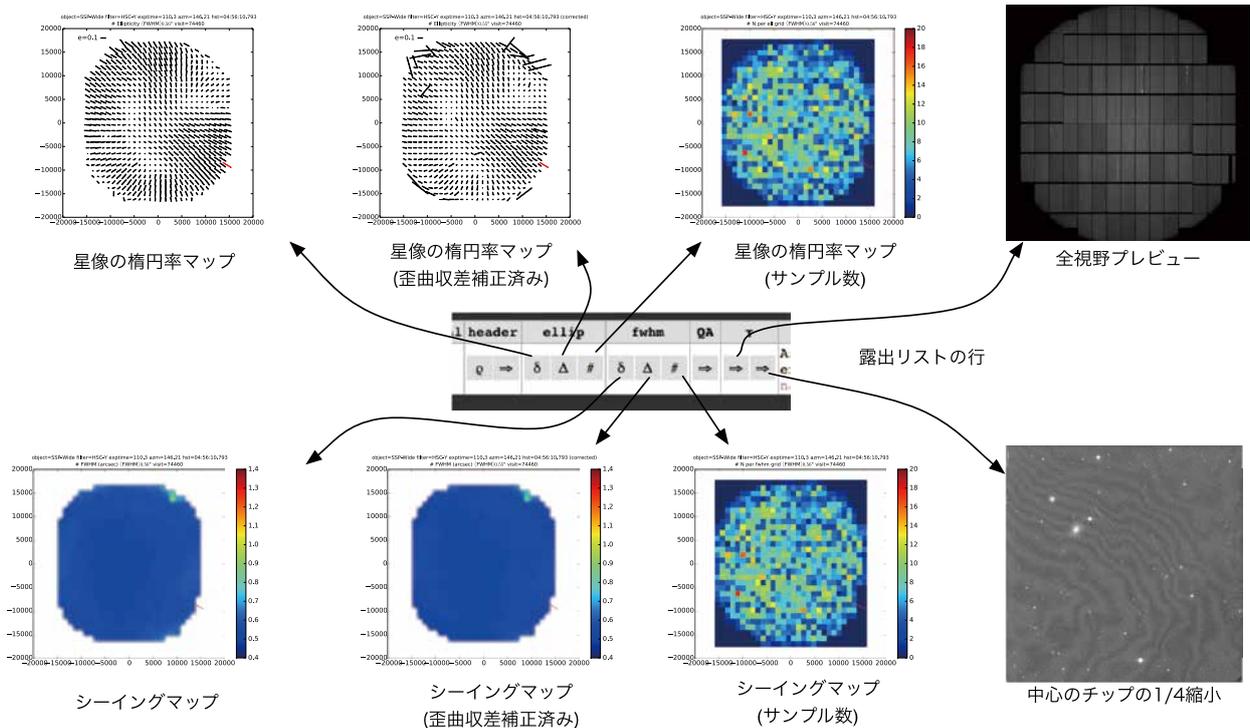


図6：プレビュー窓。露出リストの行のボタンとボタンプレビューの対応を表している。中央図のボタン上にマウスカーソルを移動すると矢印の先の内容がプレビュー窓に表示される。

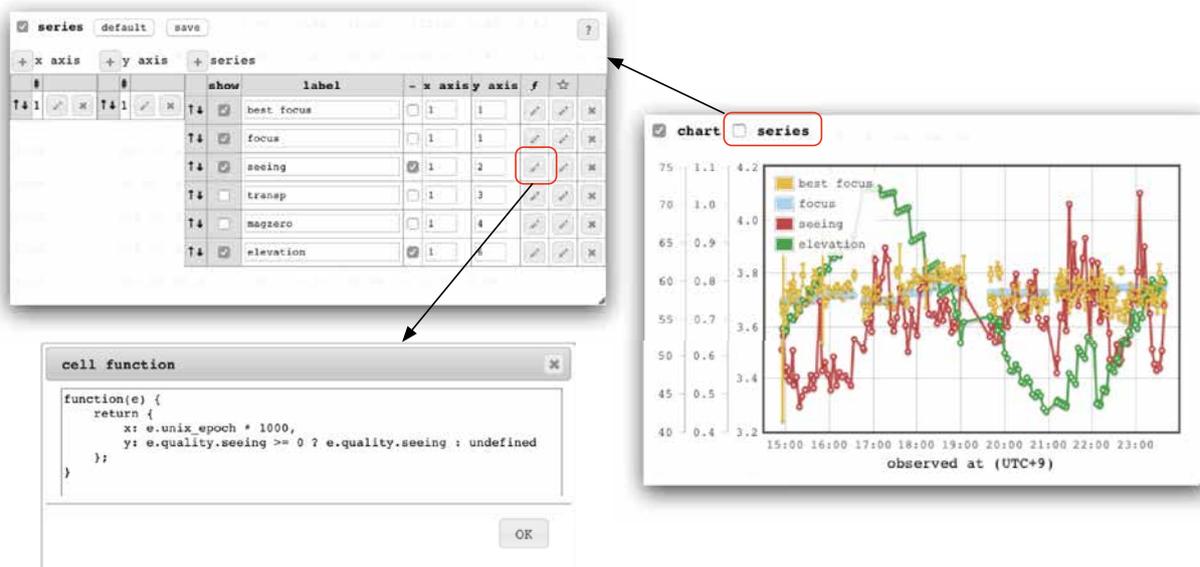


図7：チャート窓. 右図はチャート窓, 左上図はチャート設定窓, 左下はチャートのxyデータの設定窓. チャート窓の左上の“series”にチェックを入れるとチャート設定窓が現れる. チャート設定窓からは, チャートに系列を追加・削除をしたり系列の名前, 表示非表示, サンプル同士を線で繋ぐか, などの設定ができる.

したボタンと関連する情報は以下の通りである.

- ヘッダ (窓内表示)
- ヘッダ (全画面)
- 星像の楕円率マップ
- 星像の楕円率マップ (歪曲収差補正済み)
- 星像の楕円率マップの元になったグリッド内のサンプル数
- psf⁵⁾の半値全幅マップ
- psfの半値全幅マップ (歪曲収差補正済み)
- psfの半値全幅マップの元になったグリッド内のサンプル数
- (現在使われていない)
- 全視野プレビュー (1/30スケール)
- 全視野プレビュー (1/4スケール)

(4) 全視野プレビュー

全視野プレビューではサイエンス用104枚のCCD画像を焦点面に並べたレイアウトで俯瞰することができ, 人工衛星の写り込みやデューワー窓の曇りなどを一目で確認できる. ここで使われる画像は生データに対してバイアス補正をしたものである. 全視野プレビューには1/30スケールと1/4スケールの2バージョンがある. 1/30スケールのものは1つの視野で共通したレベル調整がされており, 視野全体の様子を確認するのに適し

ている. 1/4スケールのもはCCD毎にレベル調整がされており1CCD程度のスケールの構造を確認するのに適している. 1/4スケールのもは縦横8000ピクセルほどの大きさであるが, 拡大縮小のできる地図用ライブラリであるLeaflet [24]を利用することにより興味のある場所へ素早く移動できる.

(5) チャート機能

図7にグラフ機能についてまとめた. この機能により, ユーザーが指定した品質情報の時系列の変化をモニタできる. 例えばシーイングや透過率の変化, フォーカスずれをリアルタイムで把握し, 観測に反映することができる. またグラフの系列をユーザーが追加することができ, その値はヘッダ情報やQAシステムの値を組み合わせた計算式で定義する. 例えばQAシステムが計算したスカイレベルをヘッダのEXPTIMEで割った系列が必要な場合はy軸の関数に `e.quality['skylevel'] / e.header['EXPTIME']` を指定する.

なお, このチャート機能はJavaScriptライブラリーであるflot [25]を利用している.

5) 点拡がり関数 (point spread function). 点光源が画像上にどう写るかの関数.

5 本システムの実績・評価と今後の課題

本システムは2013年2月から一部の観測者に使用されながら開発が進み2014年の9月ごろまでに主要な機能が揃った。以降、本システムは全てのHSCの共同利用とSSPの観測で利用されている。

観測者は本システムを通じて観測状況を把握し、観測中に気づいたことがあれば本システムのメモ機能を使いその情報を目録に残している。観測中に残されるメモは一般的な共同利用観測では1日に数件であることがほとんどだが、SSPでは1日に数十件を超えることもあり観測ログ管理上不可欠な機能となっている。内容は「guide error」「satellite trails」「good seeing」「bad seeing」「データ再取得」などが多い。

こういった記録が他の品質情報と合わせて参照できるため共同利用観測者は観測計画立案時や観測時にデータの再取得の必要性などの判断を迅速に行えるようになった。

SSPにおいては取得データの品質情報に基づき観測の効率的な遂行・観測計画の立案・解析時のデータ取捨選択を行えるようになった。またSSPの共同研究者向けに公開した解析済みリリースデータの内容の整合性（データ数や広さ）の確認、性質（較正精度や深さなど）の評価にも利用されている。

本システム以前は、観測者が観測中にデータの品質情報を得るには手作業による解析が必要であったが、現在では品質情報のチャートをただ眺めていれば良いようになった。観測所のユーザーレポートによると実際の利用者の評価も概ね良好である。上記の状況を考えると、HSCで必須の

- 観測中のQA情報のリアルタイムモニターによる観測支援
- SSPなどのサーベイ進捗の管理支援
- 解析のためのデータの取捨選択支援

という機能は達成できたと考えられる。

しかし本システムが2年あまり運用されてきた中で下記のような問題点や要望が蓄積されている。

- データが多く溜まって絞り込みがやや遅くなっている
- 絞り込みに使えるフィールドが限定されている
- 検索式がわかりにくい
- Web インターフェースから直接FITSをダウンロードしたい

これらの問題が解消されればHSCの観測やその後の解析はさらに効率的に行われるはずである。

6 まとめ

HSCは2012年夏にファーストライトを迎え、2014年3月からは共同利用を開始した。その後も順調に安定した観測を続けている。HSCは大量のデータを産出し続けているが、これまでの観測装置とくらべるとデータレートがはるかに大きく、観測者個人に任せるデータ整理のスタイルは短期間で科学的成果を導出する観点からも、もはや現実的ではない。我々はデータ整理のための、QAシステムと連携する自動露出目録作成システムであるOBSLOGを開発した。本システムはHSCのキューモードを含む全ての共同利用、SSPの観測、エンジニアリング観測・解析において使用されている。SSPなどのサーベイにおいては進捗の確認や観測計画の立案や解析支援に利用されており、HSCの観測遂行に不可欠な支援ツールとして認識されている。本システムは観測所で統一的にデータを管理する「観測目録」を提供するだけでなく、観測者がより科学的に本質的で有意義な作業に集中できる環境を整備したことで、今後もHSCによる科学的価値創出の最大化に貢献することが期待される。

謝辞

本論文の作成にあたり、国立天文台天文データセンターDB/DAプロジェクトの市川伸一氏、古澤順子氏、野田祥代氏、本間英智氏、広島大学宇宙科学センターの内海洋輔氏から多くの助言と温かな励ましをいただいた。本システムの開発においては広島大学の内海洋輔氏、国立天文台の川野元聡氏、小宮山裕氏、仲田史明氏（ハワイ）、からの多くの助言をいただいた。また、本システムの構築には多くのフリーソフトウェアを利用している。これらの皆様に感謝する。

参考文献

- [1] Miyazaki, S., et al.: 2012, Hyper Suprime-Cam, Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy IV., *Proceedings of the SPIE*, **8446**, article id. 84460Z, 9 pp.
- [2] Kodaira, K.: 1992, Subaru, The Japanese 8-m Telescope, 180th AAS Meeting, id.31.04; *Bulletin of the American Astronomical Society*, **24**, 779.
- [3] Hyper Suprime-Cam, <http://www.naoj.org/Projects/HSC/forobservers.html>
- [4] Miyazaki, S., et al.: 2002, Subaru Prime Focus Camera — Suprime-Cam, *PASJ*, **54**, 833-853.
- [5] Furusawa, H.: 2011, First On-Site Data Analysis System for Subaru / Suprime-Cam, *PASJ*, **63**, 585-603.
- [6] Wells, D., et al.: 1981, FITS - a Flexible Image Transport System, *A&AS*, **44**, 363.
- [7] すばるのFITSヘッダルールについて, <http://www.naoj.org/Observing/fits/fits.html>
- [8] Common Format and MIME Type for Comma-Separated Values (CSV) Files, <https://www.ietf.org/rfc/rfc4180.txt>
- [9] The JavaScript Object Notation (JSON) Data Interchange Format, <https://tools.ietf.org/html/rfc7159>
- [10] Microsoft Excel, https://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Excel
- [11] The application/pdf Media Type, <https://tools.ietf.org/html/rfc3778>
- [12] PostgreSQL: The world's most advanced open source database, <https://www.postgresql.org>
- [13] NFS Version 3 Protocol Specification, <https://tools.ietf.org/html/rfc1813>
- [14] Winegar, T.: 2008, STARS 2.0: 2nd-generation open-source archiving and query software, Observatory Operations: Strategies, Processes, and Systems II. Edited by Brissenden, Roger J., Silva, David R., *Proceedings of the SPIE*, **7016**, article id. 70160M, 8 pp.
- [15] Lightweight Directory Access Protocol (LDAP): The Protocol, <https://tools.ietf.org/html/rfc4511>
- [16] Client-server model, https://en.wikipedia.org/wiki/Client-server_model
- [17] ECMAScript - tc39/ecma262: Status, process, and documents for ECMA262, <https://github.com/tc39/ecma262>
- [18] Ruby on Rails, <http://rubyonrails.org>
- [19] SQLite, <https://www.sqlite.org>
- [20] Utsumi, Y., et al.: 2012, Hyper Suprime-Cam: the control system, Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy IV. *Proceedings of the SPIE*, **8446**, article id. 844662, 9 pp.
- [21] Model-view-viewmodel, <https://en.wikipedia.org/wiki/Model-view-viewmodel>
- [22] Knockout, <http://knockoutjs.com>
- [23] jQuery UI, <http://jqueryui.com>
- [24] Leaflet - a JavaScript library for interactive maps, <http://leafletjs.com>
- [24] Flot: Attractive JavaScript plotting for jQuery, <http://www.flotcharts.org>