

## 科学研究費補助金研究成果報告書

平成 25 年 6 月 12 日現在

機関番号：12601

研究種目：特定領域研究

研究期間：2006～2012

課題番号：18072005

研究課題名（和文）広視野深宇宙探査によるダークエネルギーの研究の総括

研究課題名（英文）Research Lead to Probe the Dark Energy through an Extremely Wide &amp; Deep Survey with Subaru Telescope

研究代表者

唐牛 宏 (KAROJI HIROSHI)

東京大学・カブリ数物連携宇宙研究機構・特任教授

研究者番号：30221196

研究成果の概要（和文）：

本特定領域はダークエネルギーの謎を広視野宇宙探査によって解明することを目指し、その第一の柱である「すばる望遠鏡超広視野カメラ（HSC）の開発研究」では平成 24 年 8 月に HSC カメラを完成させてすばる望遠鏡に搭載（“ファーストライト”）し、もう一つの柱の「大規模観測計画の策定とダークエネルギーの理論研究」では観測と理論をつなぐシミュレーション研究、最適な観測計画の立案、重力レンズ解析法の改良など、重力レンズ効果を用いた宇宙のダークマター分布や宇宙の加速膨張に関する先駆的な科学成果を創出した。

研究成果の概要（英文）：

For unveiling the nature of the hypothetical existence of the “Dark Energy”, the most important enigma of the last decade in Astronomy, it was proposed, firstly, to develop and manufacture an extremely wide field camera (named *HSC*) to be mounted on Subaru Telescope’s prime focus. This has been successfully accomplished with the camera’s first light in August 2012. Secondly, it was projected to develop optimal observation plan, to improve analysis methods of the weak lens effect to extract pseudo-three dimensional mass distribution, to conduct computer simulation works to link the observational data with theoretical models. Many original theoretical works have been published on the Dark Matter distribution and on the acceleration of the expansion rate of the Universe, among others.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	5,200,000	0	5,200,000
2007 年度	8,800,000	0	8,800,000
2008 年度	8,800,000	0	8,800,000
2009 年度	8,800,000	0	8,800,000
2010 年度	8,800,000	0	8,800,000
2011 年度	8,800,000	0	8,800,000
総計	49,200,000	0	49,200,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：天文学・天文学

キーワード：ダークエネルギー、ダークマター、重力レンズ、すばる望遠鏡

## 1. 研究開始当初の背景

1998年に宇宙が加速膨張していることが明らかにされて以降、ダークエネルギーとダークマターの存在は広く知られるところとなり、その解明は天文学と素粒子物理学にまたがる、基礎科学の今世紀最大の課題の一つとなった。広視野深宇宙探査を行って宇宙の質量分布の進化を調べることでこれを解明しようという計画が欧米で多数提案されるなか、広視野の主焦点をすでに持つすばる望遠鏡を有する日本のコミュニティは極めて優位な立場にあった。また、超広視野カメラHSCの製造に不可欠な大型非球面レンズや新型CCDの開発など本研究に追い風となる動きがすでに進みつつあり、一刻も早い装置開発・研究着手が待ち望まれた。

## 2. 研究の目的

本研究課題では、HSCの製造開発を旨とする研究項目Aと、その観測データから理論的にダークエネルギーを解明することを目指す研究項目Bを統括することをその目的とする。そのためにもまず、すばる望遠鏡ユーザーコミュニティの合意を得てこれと協調しながら観測計画を策定していくことと、広くサイエンスの議論を行う場を提供することが優先課題であった。また計画の規模とその優位性から、装置開発においては国際協力の道も視野に入れつつ、これに取り組んでいくことが重要であると考えられた。これらの要素を鑑みながら領域全体が効率よく運営され最大の成果をもたらすことを目指してきた。

## 3. 研究の方法

- (1) 領域の進展を把握し調整・統括する。成果の取りまとめとして毎年領域主催の研究会を行う他、国内外の関連研究会への参加を補助する。
- (2) すばる望遠鏡ユーザーコミュニティと連携する。
- (3) 装置開発に携わる主要な業者と研究項目Aの間で毎月打ち合わせを行う。また海外研究機関との共同開発研究を模索する。

## 4. 研究成果

- (1) 研究期間中、毎年開催する領域主催の研究会を含め15回の研究集会在開催され、うち8回が国際集会であった。参加者は延べ950名に及ぶ。これらを通じて装置開発の進捗状況は常にコミュニティに報告され、合わせて科学観測開始に向けての研究手法について様々な分野と角度から議論が尽くされた。また2年毎に開催されるSPIE(装置開発に係る世界最大規模の研究会)においても常にHSC開発状況を発信し注目を集めた。
- (2) 2007年すばるユーザーズミーティングにおいてHSCとそのもたらすサイエンスについ

て広く議論され、開発の重要性についてコミュニティと認識を同じくするに至った。合わせてHSCの目指す広視野大規模サーベイ(5年間で300夜の規模。これまでは20夜程度が上限)を可能とする画期的な「すばる望遠鏡戦略枠」の新設がこの会議において承認された。HSCの性能評価のための試験観測が進められるなか、この「戦略枠」への応募が2013年5月に採択され、要求どおり5年間で300夜の観測が保証された。これにより2014年2月から科学観測が開始されることで本特定領域が目的とする広視野深宇宙探査が実現するところとなり、ダークエネルギー・ダークマターの解明は言うに及ばず、観測の結果もたらされる広域深宇宙データベースを公開することにより、様々な分野の研究で世界をリードすることになる。

(3) 領域採択当初より「HSC製作者会議」を毎月開催し、製造開発に向けての綿密な情報交換と進捗管理を行ったことにより、大きな事故やミスなく、また東北大震災の影響など想定外の問題にも臨機応変に対応して装置を完成することができた。また2008年に台湾中央研究院、Princeton大学(米)と共同開発契約を締結したことで、国際協力によって製造されることとなり、両機関とはサイエンスにおいても深い繋がりを持つに至ったことで国際発信力をより高めることが出来た。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計18件)

(1) H. Miyatake, A. Nishizawa, M. Takada, R. Mandelbaum, S. Mineo, H. Aihara 他22名 “Subaru weak lensing measurement of a  $z = 0.81$  cluster discovered by the Atacama Cosmology Telescope Survey” Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 査読有, 429巻 2013年 P3627-3644  
DOI:10.1093/mnras/sts643

(2) T. Y. Lam, T. Nishimichi, F. Schmidt, M. Takada “Testing Gravity with the Stacked Phase Space around Galaxy Clusters” Physical Review Letter, 査読有, 109巻 2012年 issue5  
DOI:10.1103/PhysRevLett.109.051301

(3) T. Hamana, M. Oguri, M. Shirasaki, M. Sato “Scatter and bias in weak lensing selected clusters” Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 査読有, 425巻 2012年 P2287-2298  
DOI: 10.1111/j.1365-2966.2012.21582.x

(4)M. Shirasaki, N. Yoshida, T. Hamana, T. Nishimichi “Probing Primordial non-Gaussianity with Weak-lensing Minkowski Functionals” APJ, 査読有, 760 巻 2012 年 article45  
DOI: 10.1088/0004-637X/760/1/45

(5)Y. Kamata, S. Miyazaki, H. Nakaya, H. Suzuki, Y. Miyazaki, M. Muramatsu “Characterization and performance of Hyper Suprime-Cam CCD” Proceedings of the SPIE, 査読有, 7742 巻 2010 年 774229-11  
DOI: 10.1117/12.857806

(6)H. Furusawa, N. Yawsuda, Y. Okura 他 12 名中 11 番 “A prototype of Hyper Suprime-Cam data analysis system” Proceeding of the SPIE, 査読有, 7740 巻 2010 年 774021-10  
DOI:10.1117/12.856823

(7)Y. Utsumi, T. Goto, N. Kashikawa, S. Miyazaki 他 3 名 “A Large Number of  $z > 6$  Galaxies Around a QSO at  $z = 6.43$ : Evidence for a Protocluster?” APJ, 査読有, 721 巻 2010 年 P1680-1688  
DOI:10.1088/0004-637X/721/2/1680

(8)T. Hamana, S. Miyazaki, N. Kashikawa, R. Ellis, R. Massey, A. Refregier, J. E. Taylor “Subaru Weak Lensing Survey II: Multi Object Spectroscopy and Cluster masses” PASJ, 査読有, 61 巻 2009 年 P833-872  
<http://pasj.asj.or.jp/v61/n4/610427/610427.pdf>

(9)Y. Zhao, J. Huang, M. Ashby, G. Fazio, S. Miyazaki “The deep optical imaging of the extended Groth Strip” Research in Astronomy and Astrophysics, 査読有, 9 巻 2009 年 P1061-1077  
DOI:10.1088/1674-4527/9/10/001

(10)N. Yasuda, H. Furusawa, M. Tanaka, R. Itoh, N. Katayama, Y. Yasu, S. Y. Suzuki, Y. Komiyama, S. Miyazaki, Y. Utsumi, T. Uchida, H. Aihara “Hyper Suprime-Cam: Data Analysis and Management System” Astronomical Data Analysis Software and System Conference Series, 査読有, 411 巻 2009 年 P536-539  
[http://articles.adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-iarticle\\_query?2009ASPC..411..536Y&data\\_type=PDF\\_HIGH&whole\\_page=YES&type=PRINTER&filetype=.pdf](http://articles.adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-iarticle_query?2009ASPC..411..536Y&data_type=PDF_HIGH&whole_page=YES&type=PRINTER&filetype=.pdf)

(11)M. M. Kasliwal, R. Massey, R. Ellis, S. Miyazaki, J. Rohdes “A Comparison of

Weak-Lensing Measurements from Ground and Space Based Facilities” APJ, 査読有, 684 巻 2008 年 P34-45  
DOI:10.1086/588517

(12)T. Hamana, S. Miyazaki “Note on Artificial Deformation in Object Shapes Due to Pixelization” PASJ, 査読有, 60 巻 2008 年 P1363-1370  
<http://pasj.asj.or.jp/v60/n6/600613/600613.pdf>

(13)H. Nakaya, T. Usuda, H. Miyatake, H. Aihara, Y. Doi, H. Furusawa, H. Karoji 他 7 名 “Hyper Suprime-Cam: CCD readout electronics” Proceeding of the SPIE, 査読有, 7014 巻 2008 年 70144X  
DOI:10.1117/12.789197

(14)M. Tomoki, D. Mamoru, N. Yasuda 他 19 名 “The Subaru/XMM-Newton Deep Survey (SXDS). V. Optically Faint Variable Object Survey” APJ, 査読有, 676-1 巻 2008 年 P163-183  
DOI:10.1086/527467

(15)T. Morokuma, M. Doi, N. Yasuda, M. Akiyama 他 10 名 “The Subaru/XMM-Newton Deep Survey (SXDS). VI. Properties of Active Galactic Nuclei Selected by Optically Variability” APJ, 査読有, 676 巻 2008 年 P121-130  
DOI:10.1086/528788

(16)K. Yamamoto, D. Parkinson, T. Hamana, R. C. Nichol, Y. Suto “Optimizing future imaging survey of galaxies to confront dark energy and modified gravity models” Physical Review D, 査読有, 76 巻 2007 年 023504  
DOI:10.1103/PhysRevD.76.023504

(17)T. Hamana, T. Yamada, M. Ouchi, I. Iwata, T. Kodama “Masses of high- $z$  galaxy hosting haloes from angular clustering and their evolution in the cold dark matter model” Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 査読有, 369 巻 2006 年 P1929-1938  
DOI: 10.1111/j.1365-2966.2006.10472.x

(18)S. Miyazaki, Y. Komiyama, H. Nakaya 他 6 名 “HyperSuprime : Project Overview” SPIE proceeding, 査読有, 6269 巻 2006 年 62690B  
DOI: 10.1117/12.672739

[学会発表] (計5件)

(1)宮崎 聡 “Subaru Hyper  
Suprime-Cam:the instrument and the  
survey” First eROSITA International  
Conference 2011年10月19日  
Garmisch-Partenkirchen ドイツ

(2)小宮山 裕 “Hyper Suprime-Cam:CCD  
Dewar” 日本天文学会秋季年会 2010年9月  
22日 金沢大学

(3)宮崎 聡 “Hyper Suprime-Cam” ESO  
Workshop:Detectors for Astronomy 2009,  
2009年10月16日 Garching ドイツ

(4)浜名 崇 “Reports from activities so  
far ongoing in  
Japan” Japan-Princeton-Taiwan HSC  
Workshop 2009年1月17日  
国立天文台

(5)浜名 崇 “Subaru weak lensing cluster  
survey” XXIIIrd IAP Conference, 2007年  
7月2日 Paris, フランス

[その他]

ホームページ等

[http://www.naoj.org/Projects/HSC/j\\_index.html](http://www.naoj.org/Projects/HSC/j_index.html)

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

唐牛 宏 (KAROJI HIROSHI)

東京大学・カブリ数物連携宇宙研究機構・  
特任教授

研究者番号：30221196

### (2)研究分担者

相原 博昭 (AIHARA HIROAKI)

東京大学・大学院理学系研究科・教授

研究者番号：60167773

杉山 直 (SUGIYAMA NAOSHI)

名古屋大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：70222057

二間瀬 敏史 (FUTAMASE TOSHIFUMI)

東北大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：20209141

宮崎 聡 (MIYAZAKI SATOSHI)

国立天文台・先端技術センター・准教授

研究者番号：20290885

### (3)連携研究者

なし