



# 継続は力なり 1

## 大阪教育大学の高校生向けイベントなど 福江 純(大阪教育大学)

大阪教育大学の天文系グループでは、中高生向けの模擬授業や出前授業そしてSSH研修などを除く、本務以外の天文普及・アウトリーチ活動として、

「子どものためのジオカーニバル(2000～)」

「宇宙(天文)を学べる大学合同進学説明会(2008～)」

「ひらめき☆ときめきサイエンス(2006頃～)」

「天文高校生集まれ(2011～)」

「柏原キャンパス市民観望会(1995頃～)」

「天王寺キャンパス市民観望会(2009～)」

「真美ヶ丘中学校観望会(2004～)」

「ジュニアサイエンス土曜教室(2005頃～)」

などなど、多くのイベントや観望会に関わってきた。10年以上にわたり継続してきた活動も少なくない。講演では、主に前半の高校生向けイベントに関して、まとめて紹介したい。



# 大阪教育大学での 天文普及・アウトリーチ活動

		9				0				0					1				1	1
		5				0				5					0				5	7
小	ジュニアサイエンス 土曜教室									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
中	真美ヶ丘中学校観望会									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
高	ひらめき☆ときめき サイエンス										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
高	宇宙(天文)を学べる 大学合同進学説明会											■	■	■	■	■	■	■	■	■
高	天文高校生集まれ															■	■	■	■	■
一 般	柏原キャンパス市民 観望会	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
一 般	子どものためのジオ カーニバル					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
一 般	天王寺キャンパス市 民観望会														■	■	■	■	■	■



10年線



# ひらめき☆ときめきサイエンス

- 日本学術振興会の事業
- 科学研究費補助金(科研費)の成果還元事業
- (一度でも科研費を取っていれば実施可能)

- 小学5・6年生
- 中学生
- **高校生**

The screenshot shows the website for the 'ひらめき☆ときめきサイエンス' program. At the top, it features the JSPS logo and the text 'JAPAN SOCIETY FOR THE PROMOTION OF SCIENCE 日本学術振興会'. There are navigation tabs for '一般の方へ', '研究者/機関担当者の方へ', and 'English'. A main navigation bar includes links for '日本学術振興会について', '事業のご案内', '事業の成果', '調達情報', '職員採用情報', '情報公開', and 'アクセス方法 お問い合わせ'. The main content area has a green sidebar menu with categories like 'メニュー', '実施機関の方へ', and 'ひらめき☆ときめきサイエンス 推進員'. The main banner features colorful illustrations of beakers and the program title. Below the banner, there is a section titled 'ひらめき☆ときめきサイエンス KAKENHI とは?' which explains the program's purpose: to share cutting-edge research results from KAKENHI grants with elementary school students, middle school students, and high school students. At the bottom, a flowchart shows the process: '参加申込' (Application) from '受講対象' (Target Audience: elementary school 5-6th graders, middle school students, high school students) leads to '結果通知' (Result Notification), which then leads to 'プログラム企画&実施' (Program Planning & Implementation) by the '日本学術振興会' (JSPS). The JSPS role includes '制度設計' (System Design), '実施機関の募集と選定' (Recruitment and Selection of Implementation Institutions), '経費支援' (Financial Support), and '事業全体の広報' (Publicity of the Entire Project).



# ひらめき☆ときめきサイエンス

- ブラックホール活動天体について、

- 天文関連は少ない！

- 講義
- 演習
- 観測
- 実習

8月21日(月)	京都府宇治市	京都大学	<a href="#">古文書を読んでむかしの災害を調べよう</a>	地学・歴史	中学生
11月23日(木・祝)	京都府京都市	京都大学	<a href="#">「見えない放射線を光らせる」～放射線可視化装置作成～</a>	物理・工学	高校生
8月20日(日)	京都府京都市	京都教育大学	<a href="#">分解して楽器のしくみを探ろう</a>	物理	中学生、
8月18日(金)	大阪府吹田市	大阪大学	<a href="#">顕微鏡で見るがん細胞：がんの謎を探る</a>	医歯薬学	高校生
8月9日(水)	大阪府吹田市	大阪大学	<a href="#">ものづくり道場：放射線検出器を作ってみよう！</a>	工学・医歯薬学	高校生
8月5日(土)	大阪府豊中市	大阪大学	<a href="#">化学でせまる身の回りの機能物質への理解</a>	化学	高校生
8月2日(水)	大阪府柏原市	大阪教育大学	<a href="#">光と色を武器に、ブラックホール天体現象を攻略しよう！?</a>	自然・地学	高校生
9月30日(土)	和歌山県有田郡	神戸大学	<a href="#">寄生虫が溪流魚を育む!?ハリガネムシを通して自然をみてみよう</a>	自然・生物	中学生、
9月10日(日)	兵庫県神戸市	神戸大学	<a href="#">生命現象を形作る生体組織の巧みな構造－瀬戸内の豊かな食材を例に学ぶ生物の「超」ミクロの世界－</a>	生活・生物	中学生
9月24日(日)	兵庫県神戸市	神戸大学	<a href="#">身近にある食品や生物の蛋白質や遺伝子を調べよう。</a>	生物・農学	中学生、
11月18日(土)	奈良県奈良市	奈良教育大学	<a href="#">だれでもできます、やってみましょう有機合成</a>	化学	高校生
7月23日(日)	滋賀県彦根市	滋賀県立大学	<a href="#">琵琶湖の水生植物の隠された能力をしらべよう2017</a>	自然・生物	中学生、
8月5日(土)～8月6日(日)	京都府京都市	京都府立大学	<a href="#">生物バーコードプロジェクトを体験しよう～植物観察からDNAのコンピュータ分析</a>	生物・	中学生



# ひらめき☆ときめきサイエンス

## 『光と色を武器に、ブラックホール天体現象を攻略しよう』

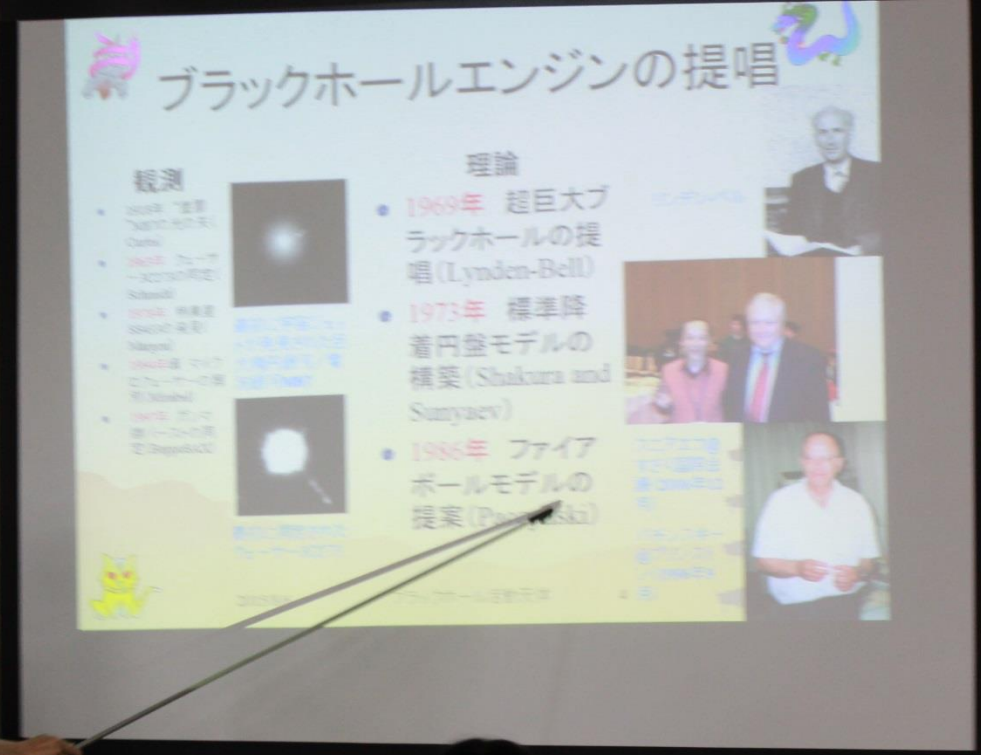
- 受付、開講式
- 講義：**ブラックホール天体現象とは**
- 昼食：研究者や学生と交流しながら
- 実習：**OJ287測光データの処理（マカリで）**
- 見学：大学51cm望遠鏡の見学
- 実習：**星とブラックホール天体のスペクトル**
- 修了式（未来博士号授与）、解散

# ひらめき☆ときめきサイエンス

## ブラックホールエンジンの提唱

**理論**

- 1969年 超巨大ブラックホールの提唱 (Lynden-Bell)
- 1972年 標準降着円盤モデルの構築 (Shakura and Sunyaev)
- 1986年 ファイアボールモデルの提唱 (Penrose & Setai)





# ひらめき☆ときめきサイエンス

『光  
略し

- 受
- 言
- 展
- 実
- 展
- 作



を攻



# ひらめき☆ときめきサイエンス

『光  
略し

- 受
- 講
- 履
- 実
- 見
- 実
- 修



を攻



# ひらめき☆ときめきサイエンス

『ナ  
略

を攻





# ひらめき☆ときめきサイエンス

『光  
略し

- 受
- 言
- 展
- 実
- 具
- 実
- 作



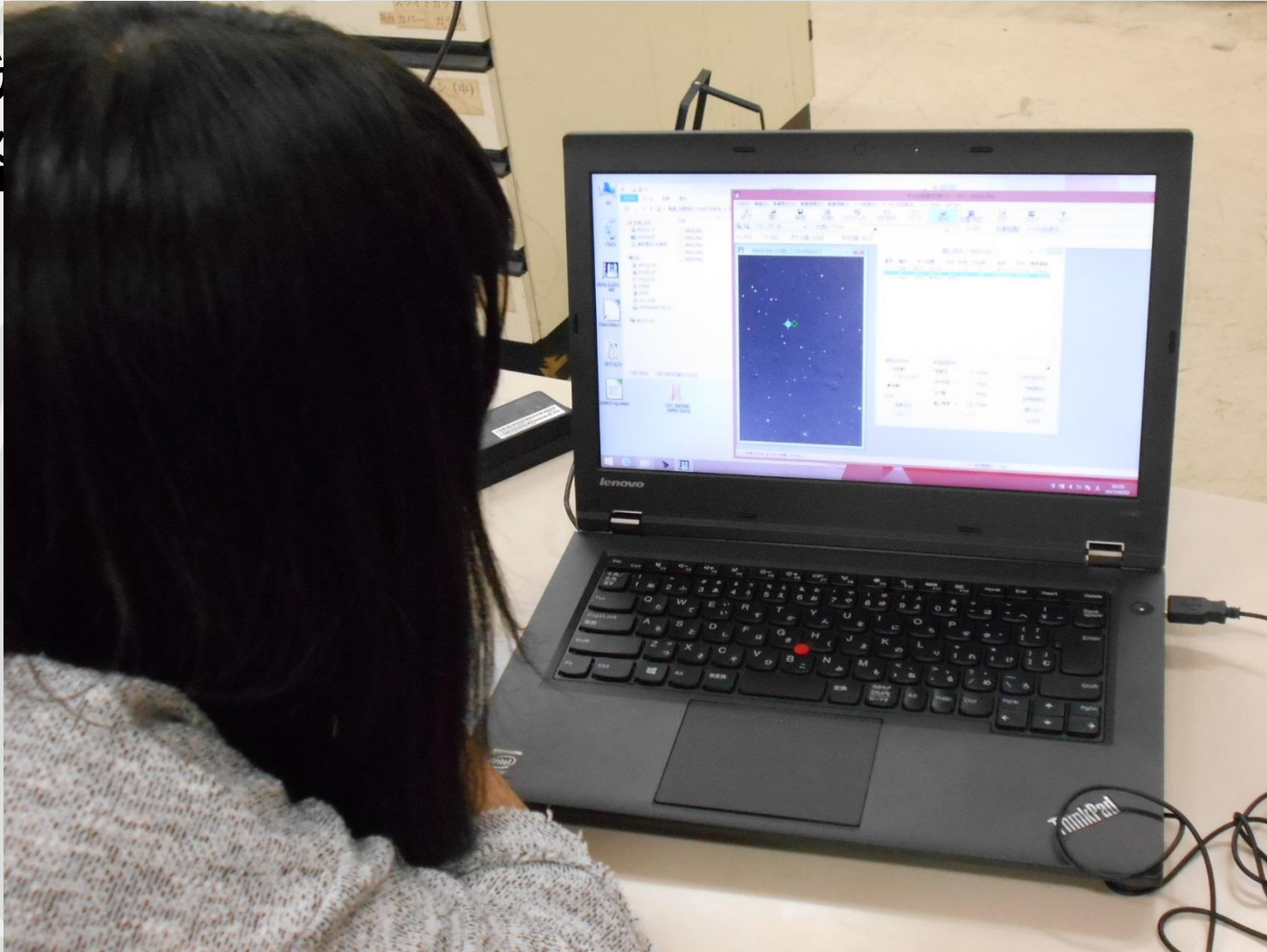
を攻



# ひらめき☆ときめきサイエンス

『大略』

- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 



を攻

レ



# ひらめき☆ときめきサイエンス

『光  
略し

- 受
- 講
- 履
- 実
- 見
- 実
- 修



攻

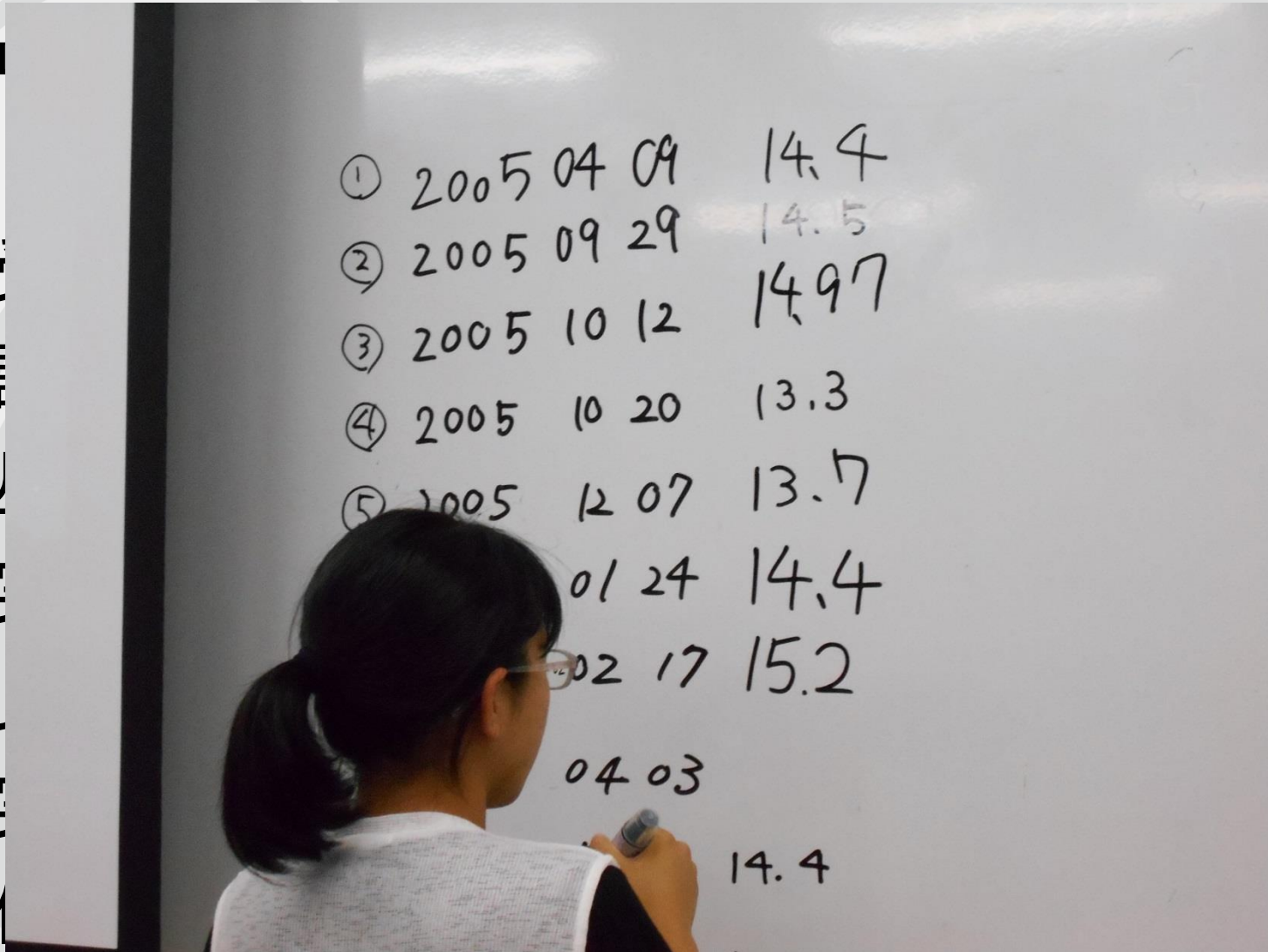


# ひらめき☆ときめきサイエンス

『ナ  
略

- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 

を攻

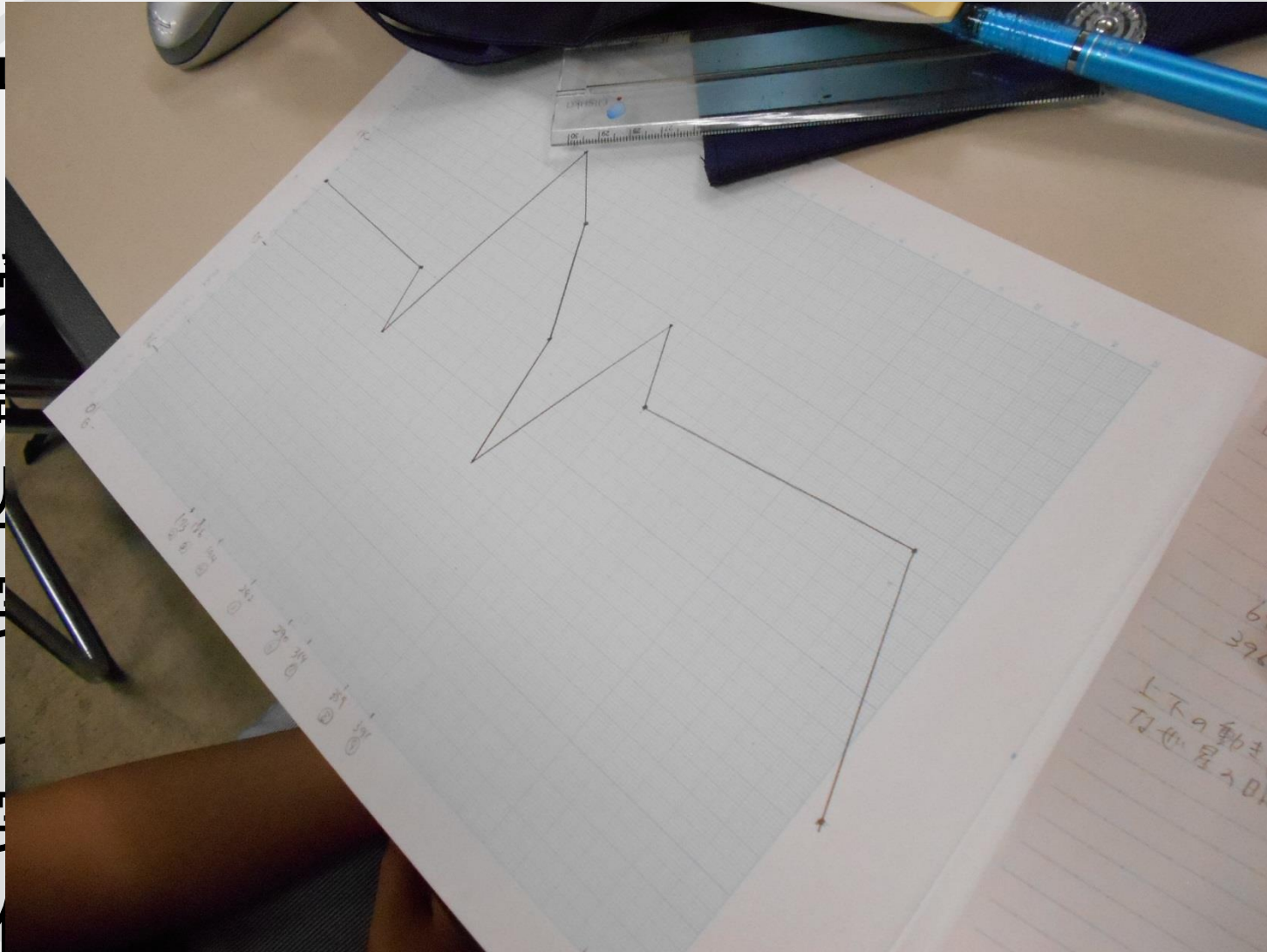




# ひらめき☆ときめきサイエンス

『ナ  
略

- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 



を攻

上下の動き  
万世屋の



# ひらめき☆ときめきサイエンス

『光  
略し

- 受
- 講
- 履
- 実
- 見
- 実
- 修

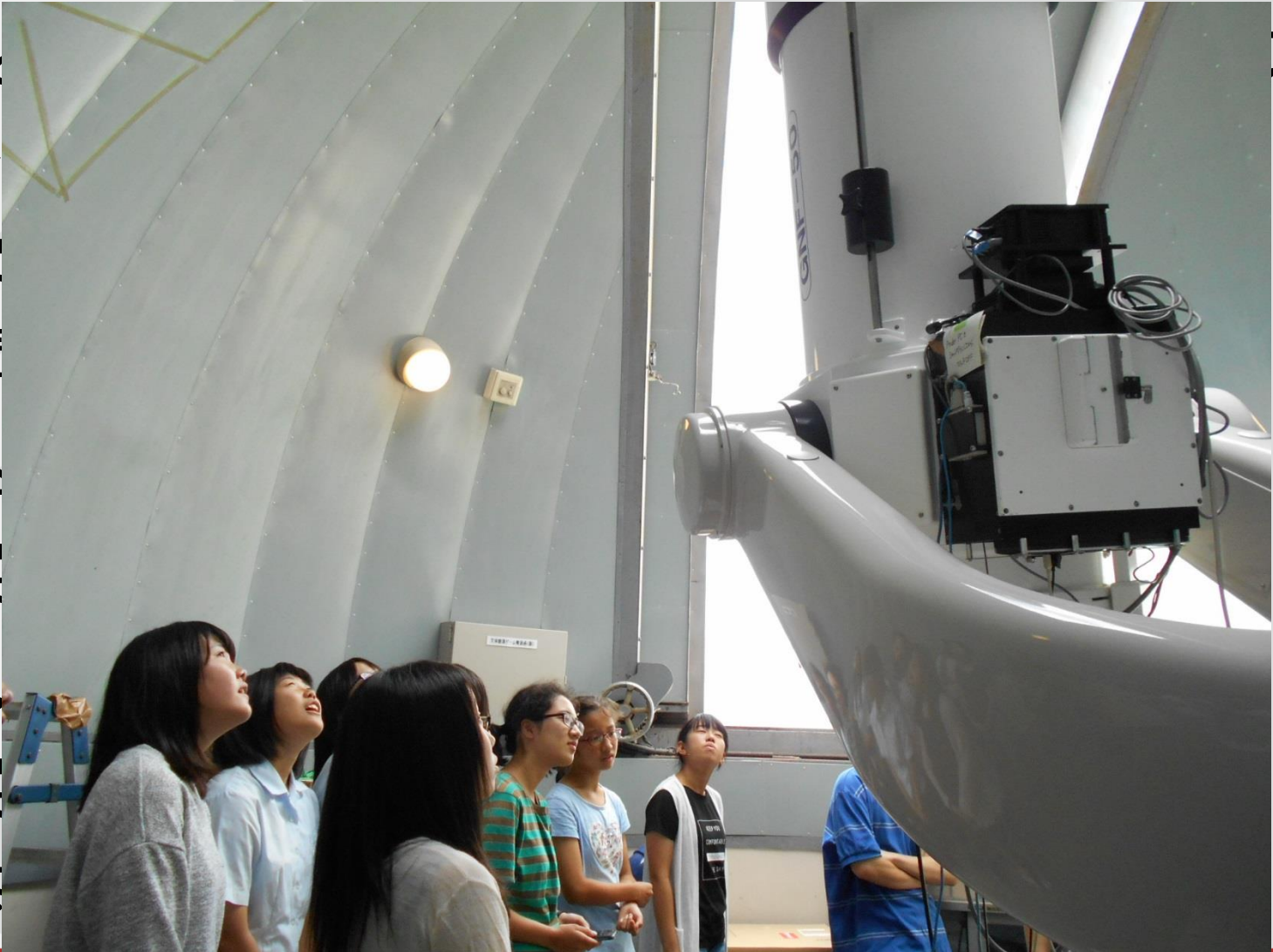


三攻



# ひらめき☆ときめきサイエンス

『光の  
略し  
・ 受  
・ 講  
・ 昼  
・ 実  
・ 見  
・ 実  
・ 修



攻



# ひらめき☆ときめきサイエンス

『光  
略し

- 受
- 講
- 履
- 実
- 見
- 実
- 修



を攻



# ひらめき☆ときめきサイエンス

『  
略

- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 



を攻

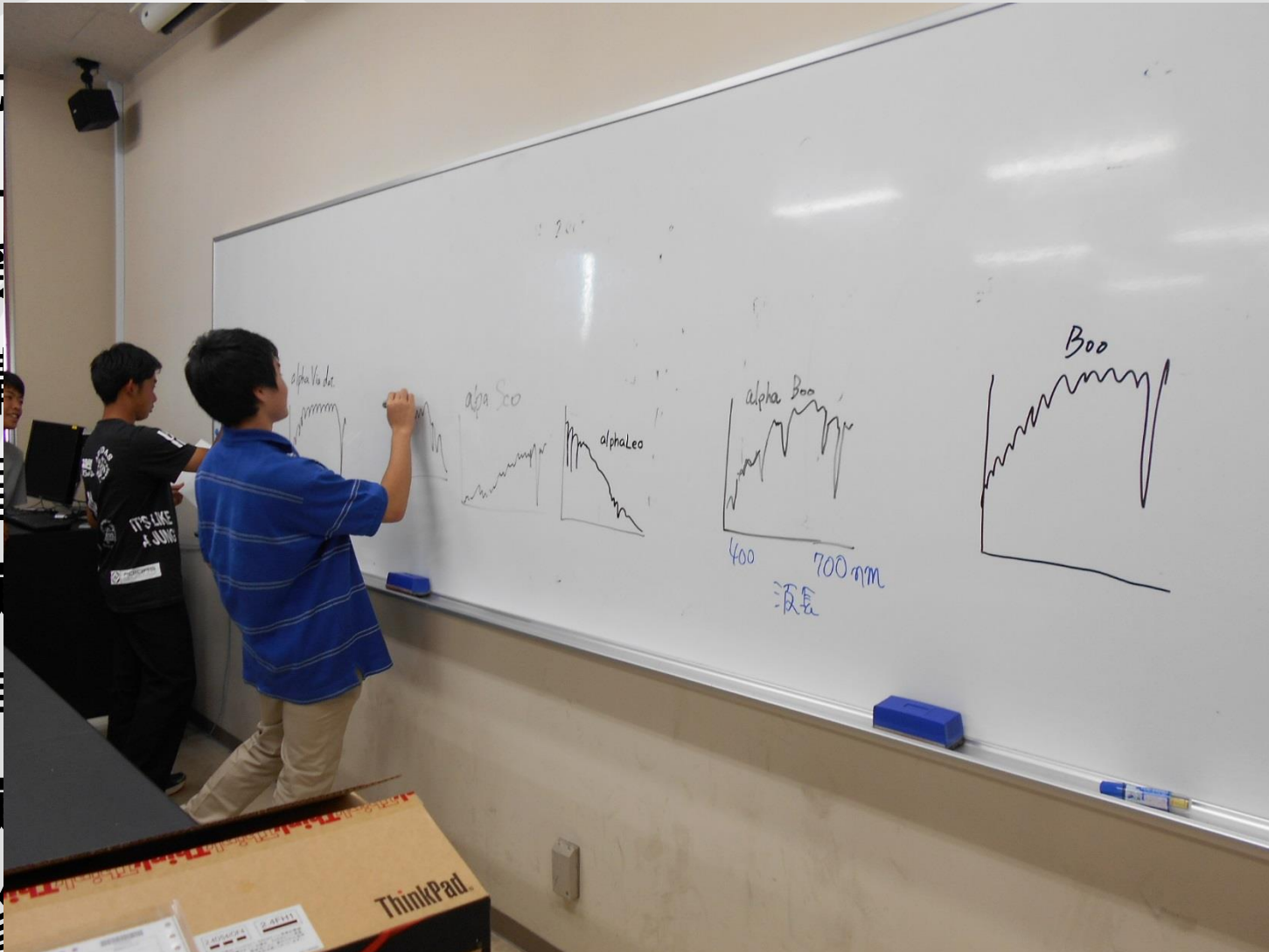
レ

# ひらめき☆ときめきサイエンス

『光  
略し

- 受
- 講
- 履
- 実
- 見
- 実
- 修

三攻



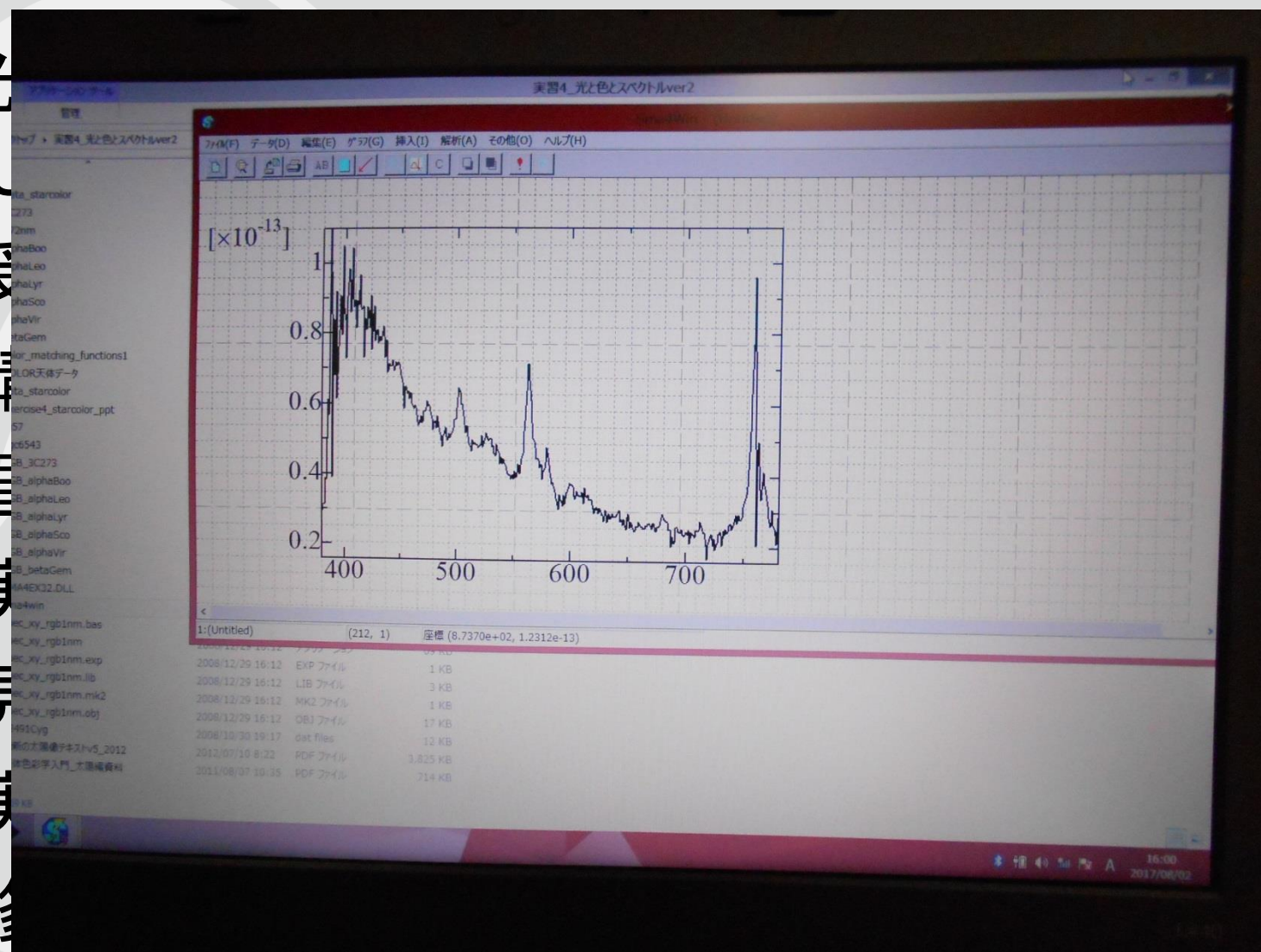


# ひらめき☆ときめきサイエンス

『光  
略し

- 受
- 講
- 履
- 実
- 見
- 実
- 修

を攻





# ひらめき☆ときめきサイエンス

『光  
略し

- 受
- 請
- 屋
- 身
- 身
- 作



を攻





# 宇宙(天文)を学べる大学 合同進学説明会

- 10年前から、中国・四国と近畿で開催開始
- その後、東北、九州、関東などへ広がる
- 口頭紹介
- ポスターセッション
- 天文講演会
- 大阪市立科学館と共催で(w渡部義弥さん)



# 宇

## 第4回 宇宙(天文)を学べる大学合同進学説明会

大学法人 大阪教育大学

# 学

### 出張オープンキャンパス

### 研究室ってどんなところ？

### 研究者ってどんな人？

2011年6月12日(日) 大阪市立科学館

## 催開始

## がる

• 10年前

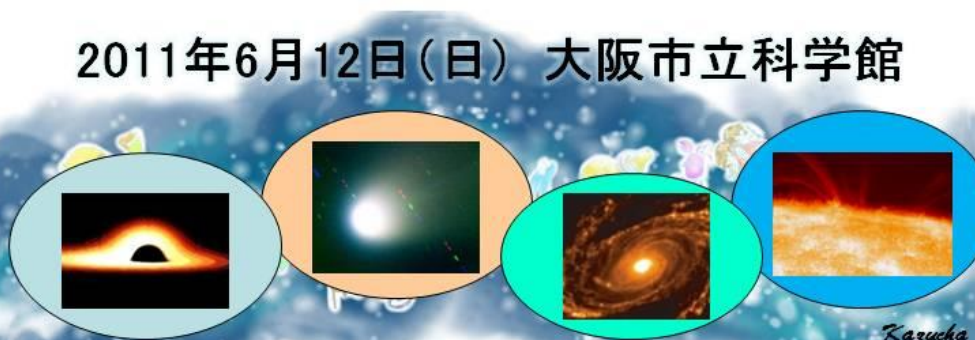
• その後

• 口頭紹

• ポスター

• 天文講

• 大阪市



Kazucha

#### 当日の予定(案)

日時: 2011年6月12日(日) 午前10時30分～  
場所: 大阪市立科学館 研修室

- 10:00 受付開始
- 第1部 ■ 宇宙(天文)を学べる研究室と先生の紹介
- 10:30 各大学の紹介 パート1
- 11:30 ランチ&ポスターセッション1  
(昼食をご持参ください)
- 13:00 各大学の紹介 パート2
- 14:00 休憩&ポスターセッション2
- 第2部 ■ 天文講演会
- 15:00 神戸大学中村昭子氏  
「実験室から挑む惑星科学」
- 近畿大学井上開輝氏  
「端はないが、有限な宇宙」
- 16:00 終了予定

#### 参加予定大学(あいうえお順)

- 茨城大学理学部
- 愛媛大学理学部
- 大阪教育大学教育学部
- 大阪市立大学理学部
- 大阪大学理学部
- 大阪府立大学理学部
- 岡山理科大学総合情報学部
- 九州大学理学部
- 京都産業大学理学部
- 京都大学理学部
- 近畿大学理工学部
- 甲南大学理工学部
- 神戸大学理学部
- 埼玉大学教育学部
- 筑波大学理工学群
- 奈良女子大学理学部
- 広島大学理学部
- 立命館大学理工学部
- 和歌山大学宇宙教育研究所

会場(大阪市立科学館)へのアクセス  
〒530-0005 大阪府大阪市北区中之島4-2-1/電話:06-6444-5184(渡部)  
地下鉄四つ橋線・肥後橋駅(3号出口)から西へ約500m  
京阪中之島線・渡辺橋駅西へ約400m  
JR大阪環状線および阪神本線・福島駅・JR東西線・新福島駅から南へ約1000m

問い合わせ先  
会場について 大阪市立科学館  
渡部義弥(yoshiya@sci-museum.jp)  
内容について 大阪教育大学  
福江 純(fukue@cc.osaka-kyoiku.ac.jp)

主催 宇宙(天文)を学べる大学合同進学説明会実行委員会・大阪市立科学館  
後援 大阪府教育委員会・大阪市教育委員会・天文教育普及研究会・日本天文学会



# 宇宙( )合

• 10年前から

## 第10回 “宇宙(天文)を学べる大学” 合同進学説明会 天文学者大集合！ 宇宙・天文を学ぶ大学。紹介します

2017年6月11日(日) 大阪市立科学館 B1研修室

主催 宇宙(天文)を学べる大学合同進学説明会実行委員会・大阪市立科学館

プログラム(午前)  
10:00 受付開始  
10:30 挨拶など  
10:40 各大学紹介パート1  
11:40 ランチ&ポスター

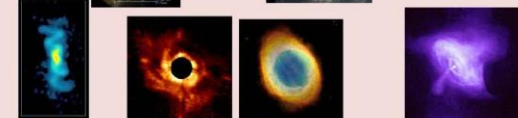
プログラム(午後)  
13:00 各大学紹介パート2  
14:00 休憩&ポスター  
15:00 天文講演会「地球外生命発見の一番乗りは誰だ！」  
16:00 終了予定

一般的な問い合わせは、  
大阪教育大学 福江 純  
fukue@cc.osaka-kyoiku.ac.jp  
まで、お気軽にどうぞ。

大学名 (所在地)	当日スタッフ (連絡先)	近畿大学理工学部 (大阪府東大阪市)	井上開輝 kinoue@phys.kindai.ac.jp
愛媛大学理学部 (愛媛県松山市)	近藤光志 kondo@cosmos.ehime-u.ac.jp	工学院大学先進工学部 (東京都新宿区・八王子市)	武藤恭之 muto@cc.kogakuin.ac.jp
大阪教育大学教育学部 (大阪府柏原市)	福江 純 fukue@cc.osaka-kyoiku.ac.jp	甲南大学理工学部 (兵庫県神戸市)	富永 望 tominaga@konan-u.ac.jp
大阪市立大学理学部 (大阪府大阪市)	石原秀樹	神戸大学理学部 (兵庫県神戸市)	上野宗孝 ueno@cps-jp.org
		徳島大学理工学部 (徳島県徳島市)	伏見賢一 kfushimi@tokushima-u.ac.jp
		奈良教育大学教育学部 (奈良県奈良市)	信川正順 nobukawa@nara-edu.ac.jp
		奈良女子大学理学部 (奈良県奈良市)	山内茂雄 yamauchi@cc.nara-wu.ac.jp
		兵庫県立大学天文科学センター (兵庫県佐用町)	伊藤洋一 yitoh@nhao.jp
		放送大学教養学部 (千葉県千葉市)	谷口義明 yoshiaki-taniguchi@ouj.ac.jp
		山口大学理学部 (山口県山口市)	坂井伸之 nsakai@yamaguchi-u.ac.jp
		立命館大学理工学部 (滋賀県草津市)	森 正樹 morim@fc.ritsumeit.ac.jp

### 宇宙・天文の研究対象と研究手法マップ

宇宙  
銀河  
恒星  
研究対象  
太陽  
太陽系  
地球

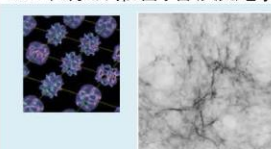


電波 赤外線・可視光 X線・ガンマ線  
観測的手法

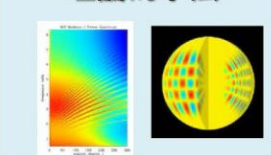


ニュートリノ  
重力波  
観測的手法

2014年6月8日 第7回宇宙(天文)を学べる大学合同進学説明会 JP



解析 計算  
理論的手法



天文学史



探査  
理学系



ロケット  
工学系



# 宇宙(天文)を学べる大学 合同進学説明会

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6



台



# 宇宙(天文)を学べる大学 合同進学説明会

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6



台



# 宇宙(天文)を学べる大学 合同進学説明会

- 1
- そ
- 日
- 本
- 天
- 大

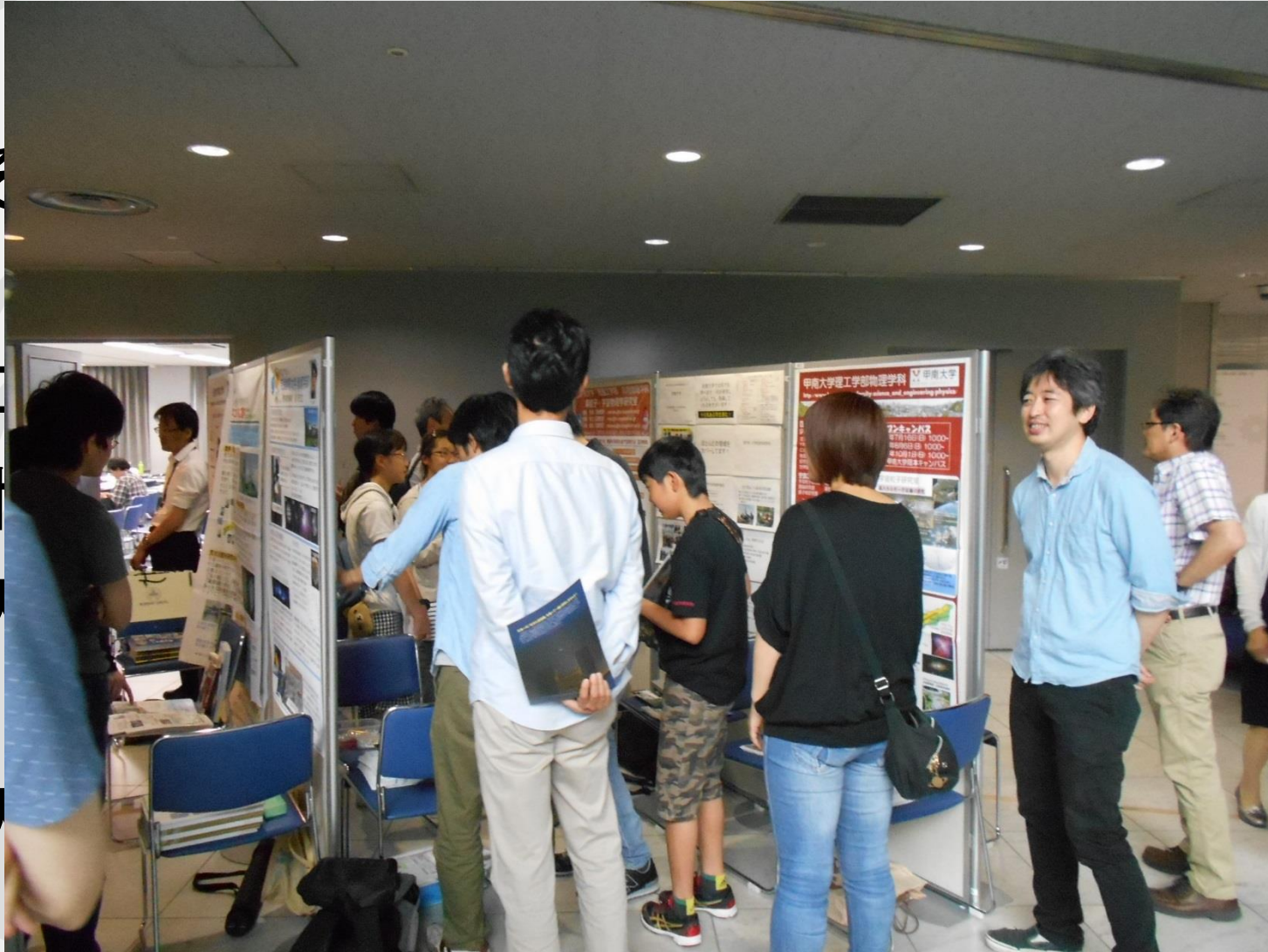


台



# 宇宙(天文)を学べる大学 合同進学説明会

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10



台



# 宇宙(天文)を学べる大学 合同進学説明会



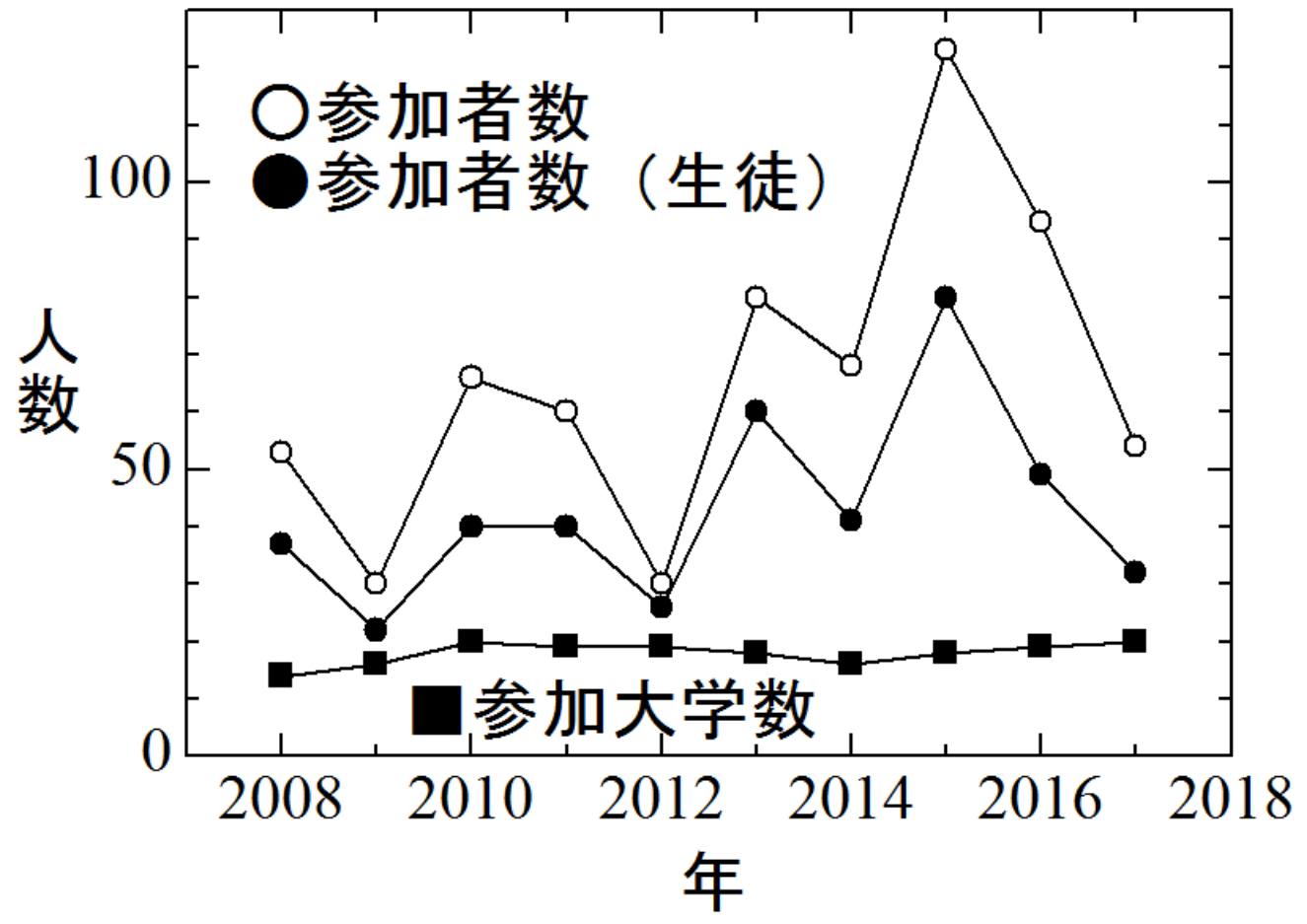
始



# 宇宙(天文)を学べる大学 合同進学説明会

- 10
- そ
- 口
- 水
- 天
- 大

台





# フルカラー32p冊子 ブラックホール、太陽、地学

## ブラックホール活動天体入門

- 1 ブラックホール活動天体と重光線シフト現象
- 2 X線星とマイクロクェーサー
- 3 活動銀河とクェーサー
- 4 ガンマ線バースト
- 5 活動天体のエネルギー源ーブラックホールエンジン



大阪教育大学 天文学研究室 福江 純

<http://quasar.cc.osaka-kyoiku.ac.jp/~fukue>, [fukue@cc.osaka-kyoiku.ac.jp](mailto:fukue@cc.osaka-kyoiku.ac.jp)

## 太陽

- 1 太陽と赤い彗星
- 2 太陽の赤い色
- 3 太陽の赤い色
- 4 太陽の赤い色
- 5 太陽の赤い色
- 6 太陽の赤い色
- 7 太陽の赤い色
- 8 太陽の赤い色
- 9 太陽の赤い色
- 10 おおむすびと太陽と生命



2015年7月版(ver.6)

大阪教育大学 福江 純

[fukue@quasar-kyoiku.jp](http://fukue@quasar-kyoiku.jp)

## 地学

- 01 「水」の歴史と地球
- 02 地球大気圏の形成と進化
- 03 大気の大気圏の形成
- 04 大気における放射
- 05 雲と降水
- 06 地球の歴史と火成岩
- 07 火成岩の形成と岩石の進化
- 08 地球の歴史と変成岩
- 09 地層
- 10 岩石・鉱物と地球時代・化石
- 11 太陽と月
- 12 宇宙の歴史と惑星(太陽系)
- 13 太陽・星の形成と進化
- 14 天の川銀河(銀河系)と銀河どうし
- 15 宇宙の誕生と進化・生命の存在



2014年版(ver.2)

大阪教育大学 地学

太陽:50部持参  
他:PDFあり



# フルカラー72p冊子 1回生向け科学リテラシー入門

## 科学の読み書き力

- 0 ガイダンス：ノートの取り方・グラフの描き方
- 1 日常の科学
- 2 科学の体系
- 3 数と単位と次元
- 4 量の変化と微分・積分
- 5 多変数関数の微分と積分
- 6 ベクトル解析
- 7 科学的な調べ方
- 8 科学的な分析
- 9 自然界のモデル化
- 10 封筒裏の計算とフェルミ推定
- 11 科学光学機器の基礎
- 12 科学的な表現

補 相対論入門(未)  
補 量子論入門(未)

2017年7月版(ver.2)  
大阪教育大学 榎江 純  
fuKue@cc.osaka-Kyoiku.ac.jp

### 1 日常の科学

**Science Index**  
科学の体系? 数と単位と次元? 量の変化と微分・積分? 多変数関数の微分と積分? ベクトル解析?

1.1 日常の科学

1.2 科学の体系

1.3 数と単位と次元

1.4 量の変化と微分・積分

1.5 多変数関数の微分と積分

1.6 ベクトル解析

1.7 科学的な調べ方

1.8 科学的な分析

1.9 自然界のモデル化

1.10 封筒裏の計算とフェルミ推定

1.11 科学光学機器の基礎

1.12 科学的な表現

1.13 補 相対論入門(未)

1.14 補 量子論入門(未)

1.1 日常の科学

1.1.1 空はなぜ青いのか?

1.1.2 夕焼けはなぜ赤いのか?

1.1.3 雨上がり雲が黒いのはなぜ?

1.1.4 雨上がり雲が黒いのはなぜ?

1.1.5 雨上がり雲が黒いのはなぜ?

1.1.6 雨上がり雲が黒いのはなぜ?

1.1.7 雨上がり雲が黒いのはなぜ?

1.1.8 雨上がり雲が黒いのはなぜ?

1.1.9 雨上がり雲が黒いのはなぜ?

1.1.10 雨上がり雲が黒いのはなぜ?

1.1.11 雨上がり雲が黒いのはなぜ?

1.1.12 雨上がり雲が黒いのはなぜ?

1.1.13 雨上がり雲が黒いのはなぜ?

1.1.14 雨上がり雲が黒いのはなぜ?

1.1.15 雨上がり雲が黒いのはなぜ?

1.1.16 雨上がり雲が黒いのはなぜ?

1.1.17 雨上がり雲が黒いのはなぜ?

1.1.18 雨上がり雲が黒いのはなぜ?

1.1.19 雨上がり雲が黒いのはなぜ?

1.1.20 雨上がり雲が黒いのはなぜ?

1.2 科学の体系

1.2.1 科学の体系

1.2.2 科学の体系

1.2.3 科学の体系

1.2.4 科学の体系

1.2.5 科学の体系

1.2.6 科学の体系

1.2.7 科学の体系

1.2.8 科学の体系

1.2.9 科学の体系

1.2.10 科学の体系

1.2.11 科学の体系

1.2.12 科学の体系

1.2.13 科学の体系

1.2.14 科学の体系

1.2.15 科学の体系

1.2.16 科学の体系

1.2.17 科学の体系

1.2.18 科学の体系

1.2.19 科学の体系

1.2.20 科学の体系

1.3 数と単位と次元

1.3.1 数と単位と次元

1.3.2 数と単位と次元

1.3.3 数と単位と次元

1.3.4 数と単位と次元

1.3.5 数と単位と次元

1.3.6 数と単位と次元

1.3.7 数と単位と次元

1.3.8 数と単位と次元

1.3.9 数と単位と次元

1.3.10 数と単位と次元

1.3.11 数と単位と次元

1.3.12 数と単位と次元

1.3.13 数と単位と次元

1.3.14 数と単位と次元

1.3.15 数と単位と次元

1.3.16 数と単位と次元

1.3.17 数と単位と次元

1.3.18 数と単位と次元

1.3.19 数と単位と次元

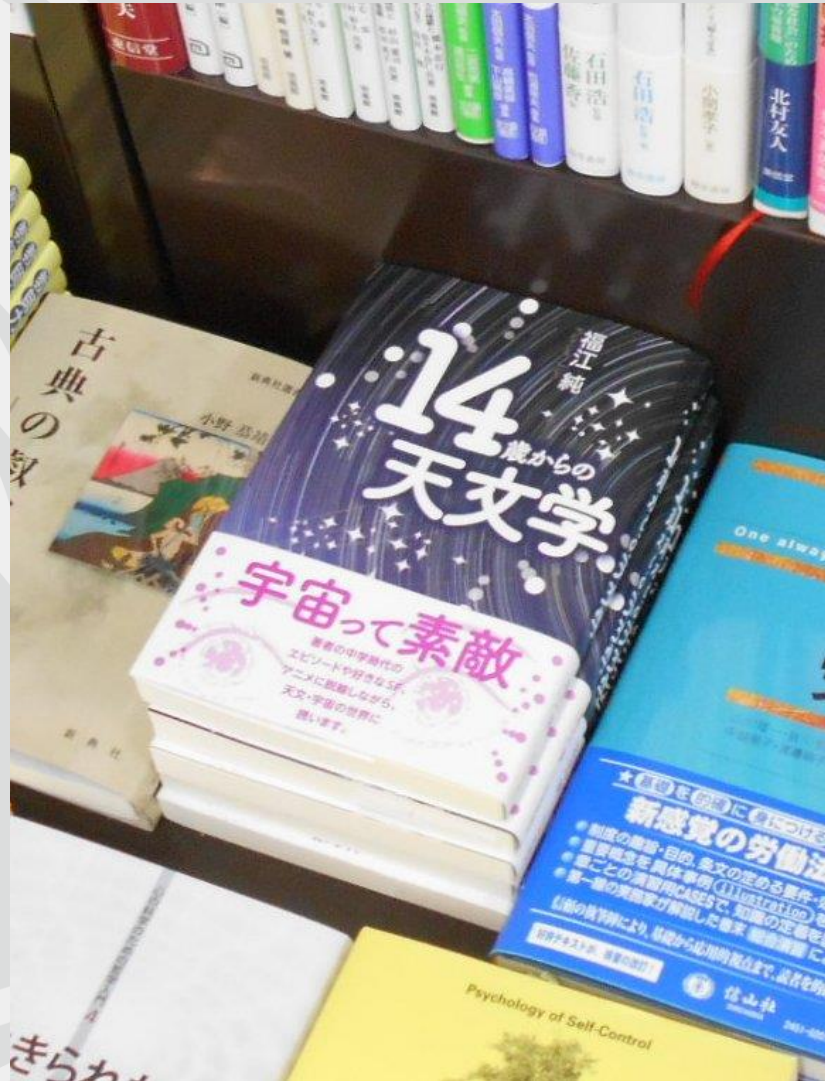
1.3.20 数と単位と次元

PDFあり



こまーしゃるたいむ

# 中高生向け『14歳からの天文学』



OSAKA  
KYOIKU  
UNIVERSITY



# データクリアファイル

## 基礎編、太陽系編、星編、宇宙編

色温度のグラフ、RGBカラーモデル、色温度のスケールなど。

### SI単位

物理量	単位	記号	数値
時間	秒	s	1
長さ	メートル	m	1.65 × 10 <sup>7</sup>
質量	キログラム	kg	10 <sup>-3</sup>
温度	ケルビン	K	273.15

### SI接頭語

接頭語	記号	数値
テラ	T	10 <sup>12</sup>
ギガ	G	10 <sup>9</sup>
メガ	M	10 <sup>6</sup>
キロ	k	10 <sup>3</sup>
ヘクト	h	10 <sup>2</sup>
デカ	da	10 <sup>1</sup>
センチ	c	10 <sup>-1</sup>
ミリ	m	10 <sup>-3</sup>
マイクロ	μ	10 <sup>-6</sup>
ナノ	n	10 <sup>-9</sup>
ピコ	p	10 <sup>-12</sup>

### ギリシヤ文字

文字	読み	数値
Α α	アルファ	1
Β β	ベータ	2
Γ γ	ガンマ	3
Δ δ	デルタ	4
Ε ε	イプシロン	5
Ζ ζ	ゼータ	6
Η η	エータ	7
Θ θ	シータ	8
Ι ι	イオタ	9
Κ κ	カッパ	10
Λ λ	ラムダ	11
Μ μ	ミュー	12
Ν ν	ニュー	13
Ξ ξ	クシー	14
Ο ο	オメガ	15

CMBの温度揺らぎの分布図。赤い部分が高温、青い部分が低温を示している。

### 星座名と異名

星座名(学名: 略称)	異名(学名: 略称)	異名(学名: 略称)
アークトゥルス(Arktochos, Arct)	北極星(Arcturus, Arct)	北極星(Arcturus, Arct)
シリウス(Sirius, Sir)	大犬星(Sirius, Sir)	大犬星(Sirius, Sir)
ベテルギウス(Betelgeuse, Bet)	赤星(Betelgeuse, Bet)	赤星(Betelgeuse, Bet)

PPTあり

### 基礎物理天文定数

名称	記号	数値
真空中の光速	c	3.00 × 10 <sup>8</sup> m s <sup>-1</sup>
万有引力定数	G	6.67 × 10 <sup>-11</sup> N m <sup>2</sup> kg <sup>-2</sup>
プランク定数	h	6.63 × 10 <sup>-34</sup> J s
ボルツマン定数	k	1.38 × 10 <sup>-23</sup> J K <sup>-1</sup>
地球の質量	M <sub>E</sub>	5.97 × 10 <sup>24</sup> kg
地球の半径	R <sub>E</sub>	6.37 × 10 <sup>6</sup> m
地球の公転半径	a <sub>E</sub>	1.49 × 10 <sup>11</sup> m
地球の公転周期	T <sub>E</sub>	3.16 × 10 <sup>7</sup> s
地球の自転周期	T <sub>E</sub>	8.64 × 10 <sup>4</sup> s
太陽の質量	M <sub>S</sub>	1.99 × 10 <sup>30</sup> kg
太陽の半径	R <sub>S</sub>	6.96 × 10 <sup>8</sup> m
太陽の公転半径	a <sub>S</sub>	1.49 × 10 <sup>11</sup> m

### 惑星の軌道

惑星の軌道と速度ベクトルの図。ケプラーの法則を示している。

### 惑星表

名称	記号	数値
水星	♿	0.387 AU
金星	♀	0.723 AU
地球	♁	1.000 AU
火星	♂	1.524 AU
木星	♃	5.203 AU
土星	♄	9.537 AU
天王星	♅	19.200 AU
海王星	♆	30.110 AU
冥王星	♇	59.539 AU

### 惑星の物理特性

名称	質量 [kg]	半径 [km]	公転周期 [年]
太陽	1.99 × 10 <sup>30</sup>	696,000	1.00
水星	3.30 × 10 <sup>22</sup>	2,440	0.088
金星	4.87 × 10 <sup>24</sup>	6,052	0.088
地球	5.97 × 10 <sup>24</sup>	6,378	1.00
火星	6.42 × 10 <sup>23</sup>	3,798	0.687
木星	1.90 × 10 <sup>27</sup>	71,492	11.86
土星	5.97 × 10 <sup>26</sup>	60,268	29.46
天王星	8.68 × 10 <sup>25</sup>	25,559	84.02
海王星	1.02 × 10 <sup>26</sup>	24,764	164.8
冥王星	1.32 × 10 <sup>22</sup>	2,300	248

### 星の物理特性

星名	距離 [光年]	質量 [太陽質量]	半径 [地球半径]
シリウス	8.6	2.1	2.5
アルデバラン	43.7	40	440
アンタレス	560	120	1,200
ベテルギウス	640	10	100
リリル	130	10	100

### 重力と軌道

$$m \frac{d^2 r}{dt^2} = -\frac{GMm}{r^2} \hat{r}$$

$$\frac{d^2 u}{d\theta^2} + u = \frac{GM}{h^2}$$

重力による軌道運動の方程式と解を示している。

### 重力と軌道

重力による軌道運動の図。重力ベクトルと軌道曲線の関係を示している。

### 宇宙の階層構造

サイズ	典型的な天体	時間	大きさ	主な出来事
10 <sup>-10</sup> m	原子の原子間距離	10 <sup>-16</sup> s	0	宇宙の誕生
10 <sup>-6</sup> m	ウイルス、有機分子	10 <sup>-14</sup> s	重力の発生	
10 <sup>-3</sup> m	赤血球、ミコトリア	10 <sup>-12</sup> s	1 cm	強い力の発生
10 <sup>-10</sup> m	クワーク	10 <sup>-24</sup> s	100 au	強い力と電磁力の分離、電子の誕生
10 <sup>-15</sup> m	クワーク	10 <sup>-24</sup> s	100 au	クワークとグルーオンの形成
10 <sup>-16</sup> m	クワーク	10 <sup>-24</sup> s	100 au	クワークとグルーオンの形成
10 <sup>-17</sup> m	クワーク	10 <sup>-24</sup> s	100 au	クワークとグルーオンの形成
10 <sup>-18</sup> m	クワーク	10 <sup>-24</sup> s	100 au	クワークとグルーオンの形成
10 <sup>-19</sup> m	クワーク	10 <sup>-24</sup> s	100 au	クワークとグルーオンの形成
10 <sup>-20</sup> m	クワーク	10 <sup>-24</sup> s	100 au	クワークとグルーオンの形成

### 物質粒子と力の粒子

粒子名	質量 [eV/c <sup>2</sup> ]	電荷 [e]	スピン	寿命 [s]
光子	0	0	1	無限
電子	0.511	-1	1/2	無限
陽子	938	+1	1/2	無限
中性子	939	0	1/2	無限
クワーク	2-5	±1/3, ±2/3	1/6	無限
グルーオン	0	0	1	無限
ニュートリノ	0.1-2	0	1/2	無限
ヒッグス粒子	125	0	0	無限



thanks\_all