

“J-PARC ハローサイエンス”  
J-PARC センターのアウトリーチ活動  
“J-PARC Hello Science” Outreach Activity of J-PARC Center

坂元 眞一

Shinichi SAKAMOTO

原子力科学研究部門

J-PARC センター

広報セクション

Public Relations Section

J-PARC Center

Sector of Nuclear Science Research

September 2020

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Review

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。  
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。  
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<https://www.jaea.go.jp>)  
より発信されています。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究連携成果展開部 研究成果管理課  
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方2番地4  
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.  
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to  
Institutional Repository Section,  
Intellectual Resources Management and R&D Collaboration Department,  
Japan Atomic Energy Agency.  
2-4 Shirakata, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan  
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2020

“J-PARC ハローサイエンス”

J-PARC センターのアウトリーチ活動

日本原子力研究開発機構 原子力科学研究部門  
J-PARC センター 広報セクション

坂元 眞一\*

(2020年6月5日受理)

J-PARC では数多くの最先端研究が進められており、価値ある成果が続々と生まれてきている。この貴重な宝を、J-PARC の建設、運用を支えていただいている一般市民の方々、とりわけ地元茨城県、東海村の皆さんへ還元するため、J-PARC センターとして様々な広報活動を推進してきた。研究内容や成果を分かりやすく伝えるアウトリーチ活動として、施設の見学、施設公開、そして、子ども達への啓発活動へと幅を広げてきた。2012 年度から 2019 年度を中心に、その活動内容をまとめた。

“J-PARC Hello Science”  
Outreach Activity of J-PARC Center

Shinichi SAKAMOTO\*

Public Relations Section, J-PARC Center, Sector of Nuclear Science Research  
Japan Atomic Energy Agency  
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received June 5, 2020)

J-PARC Center has been promoting several public relations activities to appeal the cutting-edge research programs and their outputs to the citizen, especially in Ibaraki prefecture and Tokai village.

The Public Relations Section put weight to outreach events as the best tool for this purpose, such as site tour, open house, and summer school. Here the outreach activities are summarized mainly from FY2012 to FY2019.

Keywords: J-PARC, Outreach Activity, Public Relations

---

\*Enrolled until March 31, 2020

目次

1	はじめに .....	1
2	見学者の受け入れ .....	2
3	施設公開 .....	4
4	アウトリーチ活動“ハローサイエンス” .....	6
4.1	夏休み科学実験教室 .....	7
4.2	サイエンスカフェ .....	13
4.3	出前授業 .....	18
4.4	ブース出展 .....	23
4.5	講演、サイエンストーク .....	30
4.6	プレゼンテーション・セミナー .....	37
5	季刊誌“J-PARC” .....	38
6	さらなる展開に向けて .....	41
付録:プレゼンテーションに用いたスライド等		
A.1	施設見学者に対するJ-PARCの紹介スライドの一例 .....	42
A.2	何もないのに何かある! 真空の科学(夏休み科学実験教室) .....	45
A.3	ナミナミならぬ波のパワー(J-PARCサイエンスカフェ) .....	47
A.4	偏光万華鏡の工作 .....	53
A.5	見れば納得! 素粒子ワンダーランド(KEKサイエンスカフェ) .....	55
A.6	広報 Public Relations(プレゼンテーション・セミナー) .....	62

Contents

1	Introduction .....	1
2	J-PARC site tour .....	2
3	Open house .....	4
4	Outreach activity “Hello Science” .....	6
4.1	Science summer school .....	7
4.2	Science café .....	13
4.3	Lesson at elementary school .....	18
4.4	Booth exhibition .....	23
4.5	Lecture and science talk .....	30
4.6	Seminar on presentation .....	37
5	Quarterly magazine “J-PARC” .....	38
6	Vision of further promotion .....	41
Appendices: Presentation slides		
A.1	Example of introduction slides to site tourers .....	42
A.2	Science on vacuum (science summer school) .....	45
A.3	Science topics related on wave (J-PARC science café) .....	47
A.4	Craft of polarization kaleidoscope .....	53
A.5	Introduction to elementary particle physics (KEK science café) .....	55
A.6	Public relations and science communication .....	62

## 1 はじめに

大強度陽子加速器施設 J-PARC は、日本原子力研究開発機構 (JAEA) と高エネルギー加速器研究機構 (KEK) との共同プロジェクトとして、2001 年に建設が開始された。2007 年から、初段加速器のリニアックの試運転が始まり、翌 2008 年 12 月には物質・生命科学実験において供用運転が開始された。続いてハドロン実験施設、ニュートリノ実験施設においても実験が開始され、2019 年は利用運転開始 10 周年の節目の年となった。

J-PARC で進められている数多くの最先端研究、それから生まれる価値ある成果は、J-PARC の大きな宝である。これらの貴重な宝を、J-PARC の建設、運用を支えていただいている一般市民の方々、とりわけ地元茨城県、東海村の皆さんへ何らかの形で還元することは、J-PARC センターの大きな使命の一つと考えている。

この考えのもと、筆者を中心にして、様々な広報活動、特に J-PARC で行われている研究や成果を分かりやすく伝えるアウトリーチ活動を推進してきた。施設の見学、施設公開、そして、子ども達への啓発活動へと幅を広げてきた。ここに、筆者が広報セクションに在任していた 2012 年度から 2019 年度を中心に、その活動内容をまとめた。なお、この活動は、2015 年度から 2017 年度にかけて照沼 秀文氏と宇津巻 竜也氏 (KEK)、2018 年度からは井上 直子氏 (KEK) の協力を得ている。

## 2 見学者の受け入れ

建設工事が真ただ中の 2005 年度、一般の方々も含めた施設見学の受け入れを開始した。その数は年々増え、ピーク時の 2008 年度には、年間 500 件を超え、1 万人近い見学者を受け入れることになった(図 2-1)。一般の方々、特に、地元の方には、身近な最先端の大型施設建設ということに、大きな興味を持たれた。また、高校、中学などの学校、教育関係者、国、県、村の関係者の見学を多く受け入れた(図 2-2)。

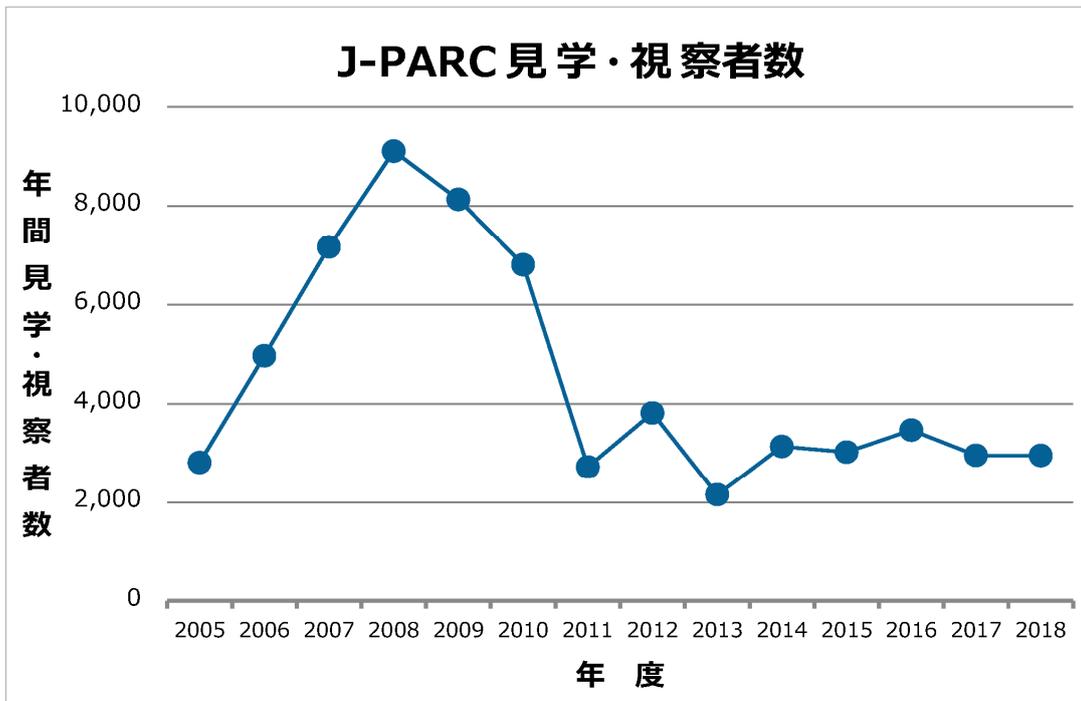
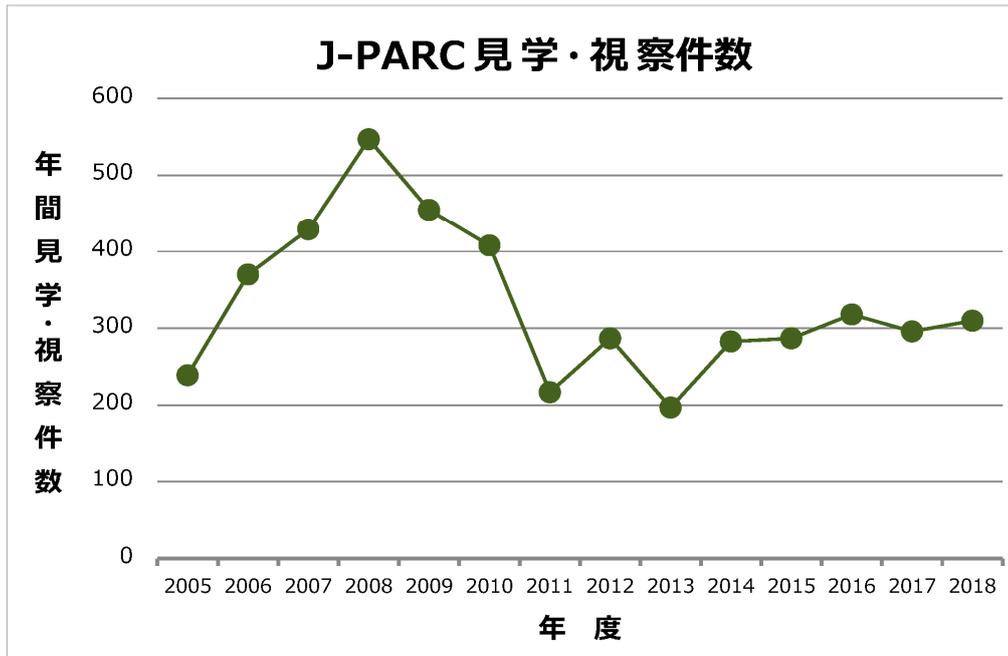


図 2-1: 見学の件数と見学者の推移

2011年の東日本大震災、2013年のハドロン実験施設での事故のため、一時、見学の受け入れを中止していたが、その後は、年間概ね300件、3000人で推移している(図2-1)。ピーク時以降、一般の方々の見学は減少したが、企業・セミナー参加者、専門家・大学関係者や外国人の見学は、受入開始以降、ほぼ変わっていない(図2-2)。最先端の大型研究施設として見学される方々が定着してきたと考えられる。

見学時に一般の方々にJ-PARCを紹介するスライドの一例を、付録A.1に示す。

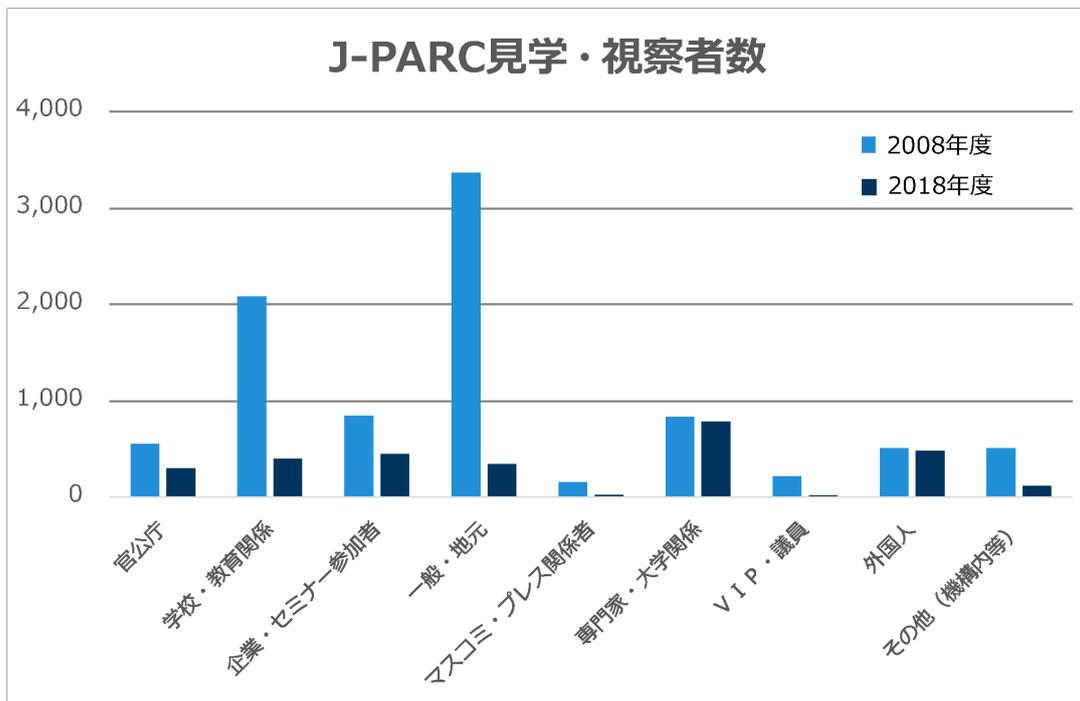
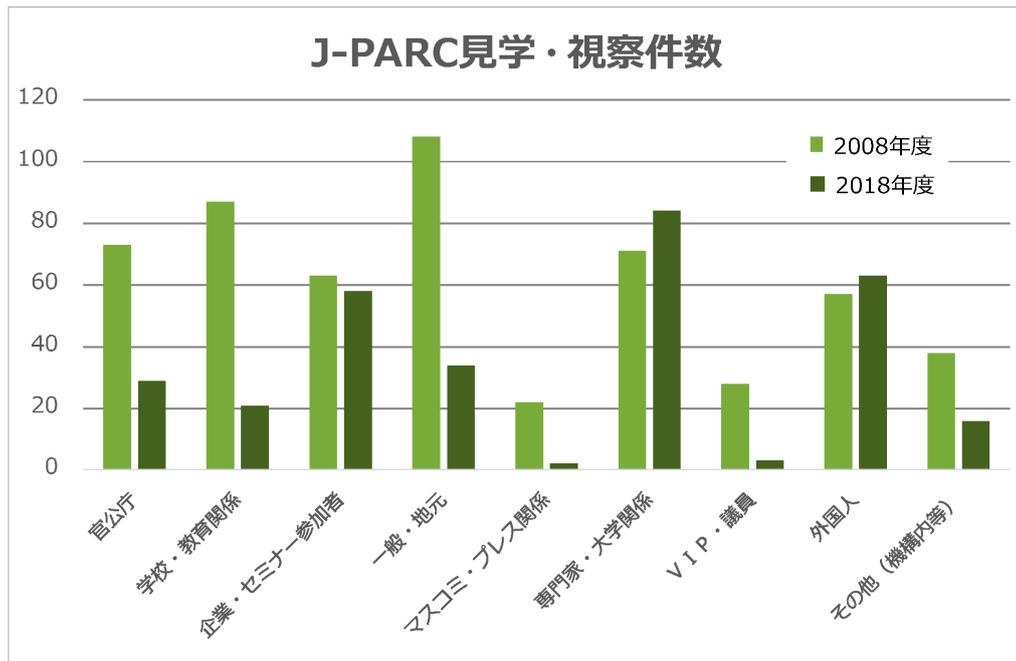


図2-2: 見学者の内訳(2008年度と2018年度の比較)

### 3 施設公開

J-PARC の巨大加速器施設を多くの方に実際に観ていただくためには、施設公開をすることが最も効果的な企画である。本格運用が始まる直前の 2008 年夏に、初めて施設公開を開催し、2,600 人を超える方々が来場された。その後、東日本大震災、ハドロン実験施設での事故のために中断した年があったが、2016 年からは毎年開催している。

当初は、すべての施設を公開していたが、原子力科学研究所の核物質管理の強化により、そのエリア内にあるリニアックと RCS 加速器施設は見学の対象から外さざるを得なかった。一方で、広報セクションを中心として、体験型、参加型のイベントを増やしてきた。特に、アンケートでも希望の多かった子供向けの工作教室を数多く手掛けてきた。2019 年のポスター(図 3-1)と施設公開の様子を図 3-2 に示す。

- 2008 年 8 月 10 日 来場者 2,600 人超
- 2009 年 8 月 1 日 来場者 約 3,700 人
- 2010 年 8 月 28 日 来場者 約 3,200 人
- 2012 年 7 月 29 日 来場者 約 2,100 人
- 2016 年 7 月 31 日 来場者 1,560 人
- 2017 年 8 月 20 日 来場者 1,506 人
- 2018 年 8 月 19 日 来場者 1,476 人
- 2019 年 8 月 25 日 来場者 1,559 人



図 3-1: 施設公開のポスター(2019 年)



図 3-2:施設公開(2019年8月25日)

#### 4 アウトリーチ活動“ハローサイエンス”

2013年のハドロン実験施設での放射性物質漏洩事故への対応の際、地域の方と接する中で、意外な事実が明らかになってきた。建設が始まって10年以上も経過したにもかかわらず、地域住民の方にもJ-PARCの存在があまり知られていないことである。東海村民の中でも、J-PARCという名前を聞いたこともない人が多いということは、大きな驚きであった。

そのような状況の中、なんらかの広報イベントを開催しても、J-PARCを知らない人が多く集まるとは、なかなか考えにくいと思われた。筆者は、“J-PARC”という名を冠した子供向けイベントを開催して、子どもを通して、その親、家族の方に“J-PARC”という名前を覚えてもらうのが良いのではと考えた。東海村には、夏休みの期間中に小学生向けのエンジョイ・サマースクールという企画がある。小学生は村内で開催される様々なイベントに参加して、スタンプを集めていく。そこで、工作教室、科学実験教室を開催して、エンジョイ・サマースクールにエントリーすることで、このJ-PARCの認知度を上げたいという願いを実現しようとした。当然のこととはいえ、最初の2014年には応募者も少なく、反響も大きくなかった。

「ローマは一日にして成らず」ということわざもあるように、その後も毎年、テーマを変えながら開催していく中で、2019年には、4回の開催で100人を超える参加があった。対象の村内小学5、6年生全生徒の1割を超える数字である。それまでには、村内の小学校の校長先生と、とある会議で私たちの活動を知っていただく機会があった。それを発端として、小学校への出前授業も始まり、地域へのアウトリーチ活動も軌道に乗ってきた。

J-PARCセンターのアウトリーチ活動を始めるに際し、何か覚えやすい名前はないかと様々考案した結果、「ハローサイエンス」とした。これを、J-PARCセンターのすべてのアウトリーチ活動の名前に冠するようにした。2016年12月から毎月開催することになったサイエンスカフェも、「ハローサイエンス」と称するようにした。2017年4月からは、会場を東海村産業・情報プラザ「アイヴィル」に移し、「J-PARC といえばハローサイエンス」というように、ブランドとしての価値を高めることで、さらなる展開を図っている。

#### 4.1 夏休み科学実験教室

これは、J-PARC の施設や研究内容に、少しでも関連づけられるテーマを選んで、実験や工作を交えた体験型のイベントである。東海村エンジョイ・サマースクールにエントリーすることで、認知度も上がってきた。対象は、小学 5、6 年生に絞り、小学校での理科の授業よりも上のレベルにすることで、子ども達の興味を広げることを狙っている。

最初の年となる 2014 年の夏休みは、いばらき量子ビーム研究センターの東海村研究交流プラザで開催し、1 回の定員を 20 人としたものの、期待に反し、半分程度しか集まらなかった。次の年からは、会場を東海村立図書館や東海村産業・情報プラザ「アイヴィル」に移し、開催回数を増やすなどすることで、参加しやすく配慮した。その甲斐あってか、参加者数は 60～70 人に増え、2019 年には 100 人を超え、うれしい悲鳴となった。以下に各年の概要を示す(図 4-1～図 4-6)。

#### 2014 年 電気磁気の力を感じよう！

テーマ:J-PARC には、電気や磁気の力を利用した装置がたくさんあります。その不思議な力を、静電気や磁石を使った工作をしながら、感じてみよう！(工作:クリップモーター、振り子ベル)

開催場所:いばらき量子ビーム研究センター2 階多目的ホール

人数:2 回開催、参加者 22 人



振り子ベル

**J-PARC ハローサイエンス 夏休み工作教室**  
**電気磁気の力を感じよう！**

J-PARC には、電気や磁気の力を利用した装置がたくさんあります。その不思議な力を、静電気や磁石を使った工作をしながら、感じてみよう！

第1回 8月6日(水) 10時～12時  
第2回 8月19日(火) 10時～12時  
(どちらも同じ内容です)

場所: 東海村研究交流プラザ  
いばらき量子ビーム研究センター2階  
東海村大字西力162番地1  
電話 029-282-2928

人数: 各回 20名(先着順)  
対象: 小学5年生、6年生  
参加費: 100円

申込方法: 電話(283-2161)または、FAX(282-5996)で  
①参加希望日 ②名前 ③学校名 ④学年 ⑤住所  
⑥電話番号をお知らせください。  
いただいた個人情報はこの催しのためだけに使用いたします。

申込期間: 7月16日(水) 9時から(先着順)

問い合わせ先:  
J-PARCセンター広報  
電話 029-283-2161



図 4-1:2014 年の工作教室(いばらき量子ビーム研究センター)

## 2015年 段ボールと割りばしで時計を作ろう

テーマ: 東海村にある巨大研究施設 J-PARC には、たくさんの装置が一つの正確な時計に合わせて正確に動いています。

身近にある時計はどうやって動いているのかな???

みんなで時計を作って、動く仕組みを見てみよう。

(工作: 段ボールと割り箸でできる棒テンプレート時計)

開催場所: 東海村立図書館研修室 3

人数: 3 回開催、38 人参加(先着申込順)



棒テンプレート時計

**J-PARC ハローサイエンス 夏休み工作教室**

**段ボールと割りばしで時計を作ろう**

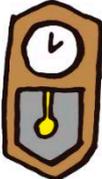


ジェイ・パーク  
東海村にある巨大研究施設 J-PARC  
には、たくさんの装置が一つの正確な  
時計に合わせて正確に動いています。  
身近にある時計はどうやって動いて  
いるのかな??? みんなで時計を  
作って、動く仕組みを見てみよう。

**エンジョイ・サマースクールのポイント: 1**

7月31日(金) 13時30分~15時  
8月 5日(水) 13時30分~15時  
8月20日(木) 10時30分~12時  
(3日とも同じ内容です)

場所: 東海村立図書館 研修室 3  
人数: 各回 10名(先着申込順)  
対象: 小学5年生、6年生  
材料費: 100円  
申込: 電話(284-4578)または FAX(284-4571)  
①参加希望日 ②名前 ③学校名 ④学年  
⑤住所 ⑥電話番号 をお知らせください  
7月1日より受付を開始します  
頂いた個人情報はこの催しのためだけに使用いたします



問い合わせ先:  
J-PARCセンター広報 電話 284-4578



図 4-2: 2015 年の工作教室(東海村立図書館)

2016年 ナミナミならぬ波のパワー

テーマ:海岸に打ちよせる大波、目には見えないテレビの電波、波はいろいろな所にあります。東海村にある巨大加速器施設 J-PARC は、波のパワーを使って研究をしています。波はどうして進むの? 波の正体は? 光も波? そんな波の疑問を、実験や工作で調べてみよう。(工作:光の万華鏡、ストローウェーブマシン)

開催場所:東海村立図書館研修室 3

人数:3 回開催、36 人参加(抽選制、応募者は 65 人)



ストローウェーブマシン

J-PARCハローサイエンス夏休み理科実験教室

## ナミナミならぬ 波のパワー

海岸に打ちよせる大波、目には見えないテレビの電波、波はいろいろな所にあります。東海村にある巨大加速器施設 J-PARC は、波のパワーを使って研究をしています。波はどうして進むの? 波の正体は? 光も波? そんな波の疑問を、実験や工作で調べてみよう。

**エンジョイ・サマースクールのポイント 1**

日時: 7月26日(火)、8月5日(金)、8月25日(木)  
 各回とも 午後2時~3時30分 (三日とも同じ内容)

場所: 東海村立図書館 研修室 3

人数: 各回 12名 (応募者多数の場合は抽選)

対象: 小学5年生、6年生

参加費: 無料

申込: 電子メール [sci-com@j-parc.jp](mailto:sci-com@j-parc.jp)  
 ①参加希望日 ②生徒氏名 ③学校名 ④学生  
 ⑤住所 ⑥電話番号 をお知らせください

**締め切り 7月13日(水)**

- ・ 受付確認のメールを返信します。届かない場合は、問い合わせください。参加の可否は、7月20日頃までにお知らせします。
- ・ 電子メールを使っていない方は電話でお申し込みください。
- ・ 頂いた個人情報はこの催しのためだけに使用いたします。

問い合わせ先: J-PARCセンター広報 電話 029-284-4578



図 4-3:2016 年の理科実験教室(東海村立図書館)

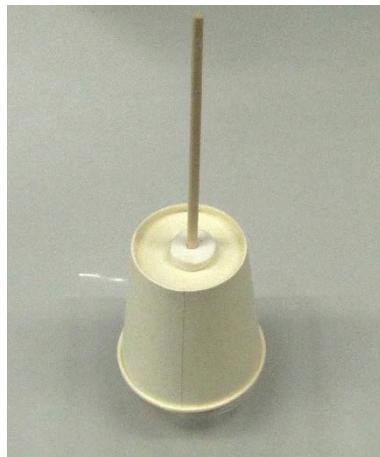
2017年 何もないのに何かある！真空の科学

テーマ: 私たちは空気がなくては生きていけません。でも、いつもは空気があることは気がつきません。空気がないとうなるの？東海村にある巨大研究施設 J-PARC には空気をなくす真空装置がたくさんあり、研究のために大切な役目をしています。空気のパワーを体験したり、真空の中では何がおこるか、実験や工作で調べてみよう。(工作: 紙コップ吸盤)

開催場所: 東海村産業・情報プラザ「アイヴィル」ラウンジ

人数: 3 回開催、69 人参加

(付録 A.2 に使用したフリップを示す)



紙コップ吸盤

J-PARCハローサイエンス夏休み科学実験教室  
**何もないのに何かある！  
 真空の科学**

私たちは空気がなくては生きていけません。でも、いつもは空気があることは気がつきません。空気がないとうなるの？東海村にある巨大研究施設 J-PARC には空気をなくす真空装置がたくさんあり、研究のために大切な役目をしています。空気のパワーを体験したり、真空の中では何がおこるか、実験や工作で調べてみよう。

日時: 7月31日(月) 8月9日(水) 8月28日(月)  
 各回とも 午後2時~3時30分 (3日とも同じ内容)  
 場所: 東海村産業・情報プラザ(アイヴィル) 1階ラウンジ  
 人数: 各回 24名 (応募者多数の場合は抽選)  
 対象: 東海村内在住の小学5年生、6年生  
 エンジョイ・サマースクールのポイント: 1  
 参加費: 無料  
 申込: 電子メール sci-com@j-parc.jp  
 ①参加希望日 ②生徒氏名 ③学校名 ④学年  
 ⑤住所 ⑥電話番号 をお知らせください

**締め切り 7月18日 (火)**

- 受付確認のメールを返信します。届かない場合は、問い合わせください。参加の可否は、7月20日頃までにお知らせします。
- 電子メールを使っていない方は、電話でお申し込みください。
- 頂いた個人情報、この催しのために使用いたします。

問い合わせ先: J-PARCセンター広報セクション 電話 029-284-4578



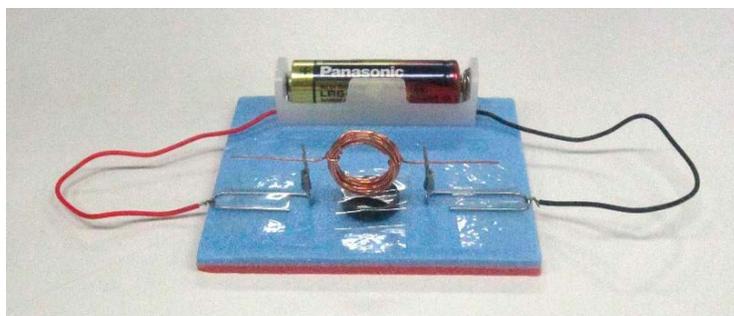
図 4-4: 2017 年の科学実験教室(東海村産業・情報プラザ「アイヴィル」)

2018年 エネルギー へんし〜〜ん!

テーマ:私たちは、いつもエネルギーを使って生活しています。東海村の巨大研究施設 J-PARC も、エネルギーを使って中性子やニュートリノを作りだし研究しています。電気は部屋を明るくし、ガソリンは自動車を走らせます。一方で、太陽の光が電気を生み出します。エネルギーは、いろいろ姿を変えて使われたり、また蓄えられたりしています。エネルギーがどう変身するか、実験で調べてみよう。(工作:クリップモーター)

開催場所:東海村立図書館研修室1・2

人数:3回開催、60人参加



クリップモーター

ジョイ・パーク  
J-PARCハローサイエンス夏休み科学実験教室  
**エネルギー へんし〜〜ん!**

私たちは、いつもエネルギーを使って生活しています。東海村の巨大研究施設 J-PARC も、エネルギーを使って中性子やニュートリノを作りだし研究しています。電気は部屋を明るくし、ガソリンは自動車を走らせます。一方で、太陽の光が電気を生み出します。エネルギーは、いろいろ姿を変えて使われたり、また蓄えられたりしています。

エネルギーがどう変身するか、実験で調べてみよう。

**東海村エンジョイ・サマースクール対象**

日時: 8月9日(木) 8月22日(水) 8月28日(火)  
各回とも 午後2時~3時30分 (3日とも同じ内容)

場所: 東海村立図書館 2階研修室1・2

対象: 小学5年生、6年生

持ち物: 筆記用具

参加費: 無料

参加希望者は電子メールで参加登録をお願いします。  
メールの宛先 [sci-com@j-parc.jp](mailto:sci-com@j-parc.jp)  
メールの内容 ①希望日 ②生徒氏名 ③学校名 ④学年  
締切: 各開催日の前日

- 受付確認のメールを返信します。届かない場合はお問い合わせください。
- 電子メールを使っていない方は、電話(029-284-4578)でお申し込みください。
- 頂いた個人情報は、他の目的に使用することはありません。

問い合わせ先: J-PARCセンター広報セクション 電話 029-284-4578



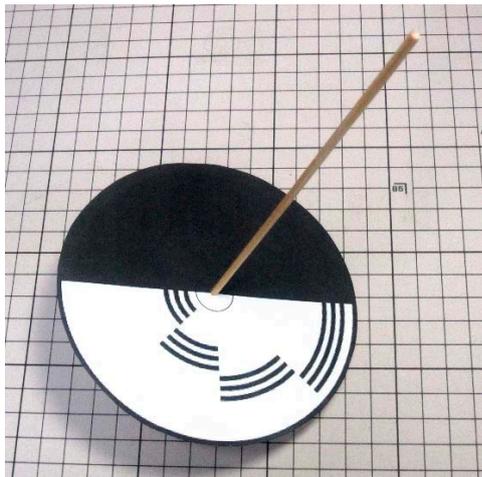
図 4-5:2018年の科学実験教室(東海村立図書館)

2019年 色・いろ・ふしぎ！色の科学

テーマ: 私たちの周りには、いろいろな色があります。テレビのたくさんの色は、三つの色だけから作られています。太陽の光は色が無いのに、虹には七つの色があります。そんな色の不思議を、実験や工作で調べてみよう。(工作: ベンハムのコマ、簡易分光器、偏光万華鏡)

開催場所: 東海村立図書館研修室 1・2

人数: 4回開催、108人参加



ベンハムのコマ



偏光万華鏡

J-ARC パーク  
J-ARCハローサイエンス夏休み科学実験教室

## 色・いろ・ふしぎ！色の科学

私たちの周りには、いろいろな色があります。テレビのたくさんの色は、三つの色だけから作られています。太陽の光は色が無いのに、虹には七つの色があります。そんな色の不思議を、実験や工作で調べてみよう。

日時: 7月31日(水) 8月9日(金)・21日(水)・27日(火)  
各回とも 午後2時~3時30分 (4日とも同じ内容)

場所: 東海村立図書館 2階研修室 1・2

対象: 小学5年生、6年生

持ち物: はさみ、のり、工作を持ち帰る袋

参加費: 無料

参加希望者は電子メールで参加登録をお願いします。  
メールの宛先 [sci-com@j-parc.jp](mailto:sci-com@j-parc.jp)  
メールの内容 ①希望日 ②生徒氏名 ③学校名 ④学年  
⑤電話番号

締切: 各開催日の前々日

- 受付確認のメールを返信します。届かない場合はお問い合わせください。
- 電話(029-284-4578)でも申し込みを受け付けております。
- 頂いた個人情報は、他の目的に使用することはありません。

問い合わせ先: J-ARCセンター広報セクション 電話 029-284-4578

**欠席される場合は、必ずご連絡ください**



図 4-6: 2019年の科学実験教室(東海村立図書館)

## 4.2 サイエンスカフェ

小学生向けの科学実験教室や出前授業が軌道に乗ってくると、大人向けのイベント開催へと拡張していくことにした。JAEA でも、年 3 回、東海村でサイエンスカフェを開催してきたが、その終了と前後する 2016 年 12 月、J-PARC センターとしてサイエンスカフェをスタートした。東海村のサイエンスタウン構想ともマッチし、東海村と東海村教育委員会の後援が得られることになった。サイエンスカフェを盛り上げるためには、毎月の開催が必須と考え、主に J-PARC の施設や研究をテーマに講師を選定してきた。

なるべく人が集まりやすい会場をという狙いから、JR 東日本常磐線東海駅前のイオン東海店の協力を得て、1 階のフードコートを会場とした。しかしながら、サイエンスカフェの会場として、必ずしも環境は良いとは言えず、第 4 回からは、東海村産業・情報プラザ「アイヴィル」1 階のラウンジに会場を移した。

回を重ねるに従い、毎月のように参加するリピーターも生まれてきた。参加者数は、テーマにもよるが、ほぼ 20 人前後になり、会場の雰囲気もこなれてきた。J-PARC センターのアウトリーチ活動の大きな柱の一つに成長してきた。この取り組みの評価が高まる中、2018 年度後期には、東海村をまるごと屋根のない博物館と捉える「とうかいまるごと博物館」という東海村の事業へのエントリーのお誘いを受け、その後も継続している。その甲斐もあり、サイエンスカフェの認知度も徐々に高まってきている。ハローサイエンスのポスター例を図 4-7 に示す。



図 4-7:ハローサイエンスのポスター(第 6 回よりデザインを統一)

ハローサイエンスの各年度の概要を示す(図 4-8～図 4-11 参照)。

2016 年

- 第 1 回 12 月 5 日 “アトム”から“超弦”へ ―素粒子に魅せられた科学者たち―  
講師:坂元 眞一 約 20 人が参加

2017 年

- 第 2 回 1 月 21 日 チョコレイト・サイエンス  
講師:山田 悟史 事前予約者 20 人参加、他約 10 名が傍聴
- 第 3 回 2 月 27 日 加速器ってどんなもの？  
講師:金正 倫計 22 人が参加
- 第 4 回 4 月 28 日 ニュートリノで解明する宇宙の究極の謎  
講師:多田 将 32 人参加
- 第 5 回 5 月 26 日 原発のゴミを加速器で減らそう！ ―使用済核燃料の分離変換技術―  
講師:佐々 敏信 38 人参加



図 4-8:J-PARC ハローサイエンス(2017 年 5 月 26 日)

- 第 6 回 6 月 30 日 ナミナミならぬ波のパワー ～水の波から素粒子へ宇宙へ～  
(付録 A.3 に使用したスライドを示します)  
講師:坂元 眞一 31 人が参加
- 第 7 回 7 月 28 日 超伝導のおはなし ～巨大科学実験を支える先端技術～  
講師:低温セクション(飯尾 雅実、荻津 透、榎田 康博、吉田 誠、山口 博史)  
約 170 人が参加(東海村エンジョイ・サマースクールに登録)
- 第 8 回 8 月 25 日 ナミナミならぬ波のパワー 今日は実験をたつぷりと  
講師:坂元 眞一 約 110 人が参加(東海村エンジョイ・サマースクールに登録)
- 第 9 回 9 月 29 日 中性子で“見る”世界 ―モノの中を中性子で透かしてみよう―

講師:篠原 武尚 20 人が参加

第 10 回 10 月 27 日 東海村から世界へ！ニュートリノ実験の最新成果

講師:関口 哲郎 22 人が参加

第 11 回 11 月 24 日 唸れ！プロトンドライバー

講師:栗本 佳典 16 人参加

第 12 回 12 月 22 日 素粒子ミュオンで見る“もの”の姿 ー大きなものから小さなものまでー

講師:髭本 亘 19 人が参加

2018 年

第 13 回 1 月 26 日 今年も J-PARC は大強度で勝負！

講師:齊藤 直人 22 人が参加

第 14 回 2 月 23 日 「本当に強い力」の話をしよう

講師:小沢 恭一郎 21 人が参加

第 15 回 3 月 30 日 ついに発見！重力波で宇宙を見よう

講師:都丸 隆行 14 人が参加

第 16 回 4 月 27、28 日 素粒子 超入門 ーズバリ疑問にお答えします

講師:坂 元真一 19/12 人参加(28 日は東海村立図書館で開催)

第 17 回 5 月 25 日 中性子で地球深部の「水」を調べる

講師:服部 高典 26 人参加

第 18 回 6 月 29 日 ハイブリッド原子炉で原子力発電のゴミを減らす！

講師:佐々 敏信 37 人参加

第 19 回 7 月 27 日 超伝導のおはなし ～超強力電磁石でビームを操る～

講師:飯尾 雅実 21 人参加



図 4-9:J-PARC ハローサイエンス(2018 年 7 月 27 日)

- 第 20 回 8 月 31 日、9 月 1 日 素粒子実験 超入門ーズバリ疑問にお答えします  
講師:坂元 眞一 16/8 人参加 (9 月 1 日は東海村立図書館で開催)
- 第 21 回 9 月 28 日 ピラミッドの秘密から宇宙の謎までー素粒子ミュオン研究の最前線  
講師:大谷 将士 26 人参加
- 第 22 回 10 月 26、27 日 リクエスト大特集  
講師:坂元 眞一 20/4 人参加 (27 日は東海村立図書館で開催)



図 4-10:J-PARC ハローサイエンス(2018 年 10 月 26 日)

- 第 23 回 11 月 30 日 鉄筋コンクリートを支える力を中性子で観る  
講師:鈴木 裕士 23 人参加
- 第 24 回 12 月 21 日 J-PARC が作るニュートリノで宇宙進化の謎に迫る  
講師:坂下 健 21 人参加
- 2019 年
- 第 25 回 1 月 25 日 “奇妙な”原子核から中性子星内部の物質を探る  
講師:高橋 俊行 25 人参加
- 第 26 回 2 月 22 日 中性子線を使ってリチウムイオン二次電池を見える化する  
講師:米村 雅雄 25 人参加
- 第 27 回 3 月 22 日 J-PARC で活躍するちょっと変わったエレクトロニクス装置  
講師:内田 智久 18 人参加
- 第 28 回 4 月 26 日 大強度陽子加速から電車の加速へー 広帯域空洞装置の幅広い応用  
講師:大森 千広 20 人参加
- 第 29 回 5 月 31 日 ミュオンを使って物質を探る！  
講師:幸田 章宏 23 人参加
- 第 30 回 6 月 28 日 液体金属が加速器と原子炉をつなぐ

－「加速器駆動システム」で原子力のゴミを減らす

講師:佐々 敏信 29 人参加

第 31 回 7 月 26 日 低温のおはなし－先端科学を支える低温技術

講師:飯尾 雅実 23 人参加

第 32 回 8 月 30 日 見れば納得！素粒子ワンダーランド

講師:坂元 眞一 27 人参加

第 33 回 9 月 20 日 ミュオン素粒子で探るエネルギー関連材料

講師:杉山 純 19 人参加

第 34 回 10 月 25 日 泡沫(うたかた)の儚さの瞬間を中性子でとらえる

講師:小泉 智 暴風雨のため中止

第 35 回 11 月 29 日 大強度ビームをつくる！～電気と磁石のハナシ～

講師:高柳 智弘 65 人参加



図 4-11:J-PARC ハローサイエンス(2019 年 11 月 29 日)

第 36 回 12 月 20 日 泡沫(うたかた)の儚さの瞬間を中性子でとらえる

講師:小泉 智 16 人参加

2020 年

第 37 回 1 月 31 日 謎の素粒子ニュートリノで探る宇宙の物質の起源

講師:小林 隆 38 人参加

第 38 回 2 月 28 日 リチウムイオン電池の革新に向けて

講師:神山 崇 新型コロナウイルス感染防止のため中止

第 39 回 3 月 27 日 止まったらおしまい ～中性子でたんぱく質の「動き」を探る～

講師:藤原 悟 新型コロナウイルス感染防止のため中止

#### 4.3 出前授業

夏休み科学実験教室の開催をきっかけに、東海村内の小学校との連携が始まった。これまでに、東海村内の3つの小学校、そして那珂市の小学校のクラブ活動の時間や学校のイベントに招かれた。参加する子ども達には、できるだけ実験装置に触れ動かしてもらったり、工作をしてもらったりするよう心がけた。小人数の希望者に対して行っている東海村子ども科学クラブにも講義を依頼されている。理科に興味がある小学生に、科学の面白さをじっくり伝えている。2016年には、前年にノーベル物理学賞を受賞した梶田隆章氏の講演会が東海村に開催されることを機に、村内の小中学校の生徒に、事前の勉強会を開催した。

東海村ハローサイエンススクール(リコッティ)

東海村内の中学生希望者

2014年12月15日 巨大研究装置 その秘密は身近なところに！！

東海村立村松小学校 サイエンスクラブ

2016年1月20日 電磁石とモーター

2016年6月22日 電磁石とモーター(図4-12参照)

2016年11月16日 静電気実験と振り子ベル工作

2017年3月1日 分光実験演示と光の万華鏡工作(担当:宇津巻 竜也)



図4-12:村松小学校サイエンスクラブでの授業(2016年6月22日)

東海村立白方小学校 科学クラブ

2016年7月7日 電磁石とモーター

2017年7月6日 分光実験演示と光の万華鏡工作(担当:宇津巻 竜也)

2018年6月21日 真空実験と真空砲演示(図4-13参照)

2019年6月13日 モーター演示と単極モーター工作

2020年2月13日 静電気実験と振り子ベル工作(担当:井上 直子)



図 4-13: 白方小学校科学クラブでの授業(2018年6月21日)

東海村立中丸小学校 理科クラブ

2017年6月21日 分光実験演示と光の万華鏡工作(担当:宇津巻 竜也)

2017年12月13日 電磁石とモーター、ガウス加速器演示

2018年6月13日 真空実験と真空砲演示

2018年11月28日 静電気実験と振り子ベル工作(図 4-14 参照)

2019年6月12日 モーター演示と単極モーター工作

2019年11月6日 静電気実験と振り子ベル工作(担当:井上 直子)



図 4-14: 中丸小学校理科クラブでの授業(2018年11月28日)

## 梶田隆章先生講演会のための事前勉強会

2015年のノーベル物理学賞の研究内容を紹介

小学生向け 2016年5月16、22日 東海村産業・情報プラザ(図4-15参照)

中学生向け 2016年5月20日 東海中学校(担当:多田 将)

2016年5月26日 東海南中学校(担当:多田 将)



図4-15:事前勉強会(2016年5月16日 東海村産業・情報プラザ)

## 東海村中丸学童クラブ

2018年8月27日 光の万華鏡工作

## 東海村子ども科学クラブ

東海村内の小学5、6年生の希望者約10名(中丸コミュニティセンター)

2018年1月15日 不思議な光の実験(担当:宇津巻竜也)

- ・黒い壁を玉がすり抜ける?(工作)
- ・セロテープでカラフルな光をつくろう(工作)

1月29日 結晶を作ってみよう(担当:宇津巻竜也)

- ・結晶ができる様子を見よう(工作)
- ・光る結晶を作ろう(工作)

2月19日 走れ!回れ!磁石の魔法

- ・いろいろなモーターを体験しよう
- ・”超強力”なモーターを作ろう(工作)

2019年1月21日 “バチッ”とキメよう静電気(図4-16参照)

- ・身の回りの静電気を体験してみよう

- ・静電気クラゲを作ろう(工作)
- ・帯電列を調べよう
- ・振り子ベルを作ろう(工作)

1月28日 何もないのに何かある！真空の科学

- ・空気の重さを測ろう
- ・紙コップ吸盤を作ろう(工作)
- ・真空中で何が起こるか見てみよう

2月4日 不思議な光の実験(担当:井上直子)

- ・黒い壁を玉がすり抜ける?(工作)
- ・セロテープでカラフルな光をつくろう(工作)

2019年11月11日 不思議な光の実験(担当:井上直子)

- ・黒い壁を玉がすり抜ける?(工作)
- ・セロテープでカラフルな光をつくろう(工作)

11月18日 “バチッ”とキメよう静電気(担当:井上直子)

- ・静電気クラゲを作ろう(工作)
- ・振り子ベルを作ろう(工作)

11月25日 磁石と電気は仲良し?(担当:井上直子)

- ・クリップモーターを作ろう(工作)
- ・磁石の上のパイプを転がそう(工作)



図 4-16: 東海村子ども科学クラブ(2019年1月21日 中丸コミュニティセンター)

創造的思考の工房 チビッ子アトリエ(西東京市)

2015年3月25日 電気磁気の力を感じよう!

2016年3月30日 時・時間・時計 ママと一緒に実験！発見！（図4-17参照）

2017年3月29日 ナミナミならぬ波のパワー

2018年3月28日 何もないのに何かある！真空の科学

2019年3月27日 エネルギー へんし〜〜ん！



図4-17:創造的思考の工房 チビっ子アトリエ(2016年3月30日)

#### 4.4 ブース出展

さまざまな科学イベントや科学館での催しなどに J-PARC のブースを出展している。JAEA や KEK が主体となって出展したブースへ協力する場合もある。東海村を始めとした茨城県内だけでなく、東京や岐阜県飛騨市にも足を延ばしている。J-PARC を知ってもらえるような単なるポスターや模型の展示だけではなく、実験の演示、工作などを交えた参加型の演出を心がけている。特に、子ども達が対象のイベントでは、訪れた皆さんに工作をして持ち帰ってもらおう教室にしている。

図書館まつり(東海村立図書館)

2015 年 8 月 29 日 走る乾電池、各種モーターの演示とクリップモーター工作

大空マルシェ(東海村村松虚空蔵堂)

2015 年 10 月 11 日 冷える世界(ボール割り、小型ロケット打ち上げ、草花を粉々にする、バナナで釘打ち等)、超伝導コースター、走る乾電池

2016 年 10 月 8 日 冷える世界、超伝導コースター、走る乾電池

2017 年 10 月 21 日 超伝導コースター、極低温実験(プラスチックボール割り、二酸化炭素ガスや酸素ガスの固化、LED の色の変化)、ガウス加速器

2018 年 10 月 21 日 超伝導コースター、極低温実験(プラスチックボール割り、二酸化炭素ガスや酸素ガスの固化、LED の色の変化)、ガウス加速器(図 4-18 参照)



図 4-18: 大空マルシェ(2018 年 10 月 21 日)

東海村立村松小学校 村小まつり

2015 年 11 月 7 日 電磁石とモーター

原子力科学館(東海村)

Christmas Festival 2015 年 12 月 23 日 光の万華鏡とクリップモーター工作

バレンタインイベント 2018 年 2 月 10 日 何も無いのに何かある！真空の科学(図 4-19 参照)

バレンタインイベント 2019 年 2 月 9 日 ガウス加速器演示



図 4-19:バレンタインイベント (2018年2月10日)

東海村子ども科学広場(東海村中央公民館、東海文化センター、東海村立図書館)

2020年3月1日 光の万華鏡工作

那珂核融合研究所施設見学会(那珂市)

2015年11月8日 走る乾電池演示、J-PARC 塗り絵

2016年11月3日 超伝導コースター、走る乾電池、ファラデーモーター、  
手動モーター演示

2017年10月22日 ガウス加速器演示

2018年10月21日 光の万華鏡工作(図 4-20 参照)

2019年10月20日 偏光万華鏡工作(付録 A.4 に使用したフリップを示す)



図 4-20:那珂核融合研究所施設見学会(2018年10月21日)

那珂市立菅谷東小学校 きぎすっこまつり

2018年11月10日 ガウス加速器演示と光の万華鏡工作(図4-21参照)

2019年11月9日 光の万華鏡工作



図4-21:きぎすっこまつり(2018年11月10日)

青少年のための科学の祭典日立大会(日立シビックセンター)

2017年11月26日 ガウス加速器演示、ミニチュアガウス加速器工作

2018年12月2日 光の万華鏡工作(図4-22参照)

2019年12月1日 単極モーター工作



図4-22:青少年のための科学の祭典日立大会(2018年12月2日)

エコフェスひたち(日立シビックセンター)

2018年7月21日 超伝導コースター演示、タイヤ展示

2019年7月20日 ガウス加速器演示、タイヤ展示

日立サイエンスショーフェスティバル(日立シビックセンター)

2019年2月3日 光の万華鏡工作(図4-23参照)

2020年2月16日 偏光万華鏡工作



図4-23:日立サイエンスショーフェスティバル(2019年2月3日)

J-PARC センター出張工作教室(大洗わくわく科学館)

2017年8月5日 分光実験演示と光の万華鏡工作

2018年8月4日 光の万華鏡工作(図4-24参照)

2019年8月3日 光の万華鏡工作



図4-24:J-PARC センター出張工作教室(2018年8月4日)

SAT テクノロジーショーケース(つくば国際会議場エポカル)

- 2008年1月25、26日 企画展示 パネル、模型、ビデオ上映  
(産業技術総合研究所)
- 2009年1月23、24日 企画展示 パネル、模型、ビデオ上映  
(農林水産技術会議事務局 筑波事務所本館)
- 2010年1月22、23日 企画展示 パネル、模型、ビデオ上映(筑波大学 大学会館)
- 2010年12月24、25日 企画展示 パネル、模型、ビデオ上映  
(つくば国際会議場エポカル)
- 2012年1月13日 企画展示 パネル、模型、ビデオ上映  
(つくば国際会議場エポカル)
- 2013年1月22日 企画展示 パネル、模型、ビデオ上映  
(つくば国際会議場エポカル)
- 2014年1月24日 企画展示 パネル、模型、ビデオ上映  
(つくば国際会議場エポカル)
- 2015年1月21日 企画展示 パネル、模型、ビデオ上映  
(つくば国際会議場エポカル)
- 2016年2月4日 企画展示 パネル、模型、ビデオ上映(図 4-25 参照)  
(つくば国際会議場エポカル)



図 4-25: SAT テクノロジーショーケース(2016年2月4日)

G7 茨城・つくば科学技術大臣会合特別展(つくば国際会議場エポカル)

- 2016年5月15-21日 パネルとスパークチェンバーを展示(KEKの出展に協力)
- 科学の甲子園ジュニア全国大会エキシビション(つくば国際会議場エポカル)
- 2017年12月2日 ガウス加速器(KEKの出展に協力)
- 2019年12月8日 ガウス加速器
- 青少年のための科学の祭典全国大会(東京都千代田区 科学技術館)
- 2015年7月25、26日 超伝導コースター、走る乾電池演示とクリップ  
モーター工作(JAEAの出展に協力)(図 4-26 参照)



図 4-26: 青少年のための科学の祭典全国大会(2015年7月25日)

サイエンスアゴラ(東京都江東区 日本科学未来館)

2016年11月3-6日 パネルと手動モーター、ファラデーモーター、  
フランクリンモーター(KEKの展覧に協力)

大学共同利用機関シンポジウム(東京都千代田区 アキバ・スクエア)

2016年11月27日 加速器内を歩くビデオ他(KEKの展覧に協力)

こども霞が関見学デー(東京都千代田区 文部科学省庁舎)

2017年8月2-3日 ガウス加速器演示(JAEAの展覧に協力)

2018年8月1-2日 ガウス加速器演示、光の万華鏡工作(JAEAの展覧に協力)

2019年8月7-8日 ガウス加速器演示、偏光万華鏡工作(JAEAの展覧に協力)(図 4-27 参照)



図 4-27: こども霞が関見学デー(2019年8月8日)

Geo Space Adventure (岐阜県飛騨市 神岡町公民館)

2017年7月15-16日 ガウス加速器、各種モーター演示、模型

2018年7月14-15日 ガウス加速器、ビデオ上映演示、模型(図4-28参照)

2019年7月13-14日 ガウス加速器、ビデオ上映演示、模型



図4-28:Geo Space Adventure(2018年7月14日)

梶田隆章先生お話し会(大阪科学技術館)

2018年2月18日 ガウス加速器演示(JAEAの出展に協力)

#### 4.5 講演、サイエンストーク

講演会、サイエンスカフェでの講演も徐々に増え、直接、間接に、J-PARC の施設や研究成果を紹介している。J-PARC センターのアウトリーチ活動としての特徴を出すために、筆者は参加型の講演にすることを心がけている。例えば、実験の演示やクイズを取り入れるようにしている。参加者自ら、手を動かして行う簡単な実験を組み込んだテーマもあり、あくまで、参加者がどんなことを知りたいかをよくリサーチし、プレゼンテーションを組み立てている。

以下に、これまでの活動実績を記す。

##### J-PARC の最先端研究 素粒子で探る極微の世界

J-PARC の施設と研究内容の紹介、加速器、素粒子、ニュートリノ振動、ヒッグス粒子、中性子、放射線等を取り上げる。

鯉光会月例会(2010年6月11日 名古屋市)

愛知県立旭丘高等学校理科特別授業(2011年12月2日 名古屋市)(図4-29 参照)

悠久会(2014年7月19日 水戸市)

愛三技術会(2014年11月14日 愛知県大府市)

科学技術者フォーラムセミナー(2015年6月11日 東京都品川区)



図4-29:愛知県立旭丘高等学校理科特別授業(2011年12月2日 写真提供:旭丘高等学校)

##### ニュートリノとヒッグス粒子の謎 「重さ」のパズルを解く素粒子研究

ニュートリノ振動の発見でニュートリノに質量があることが判明、一方でヒッグス粒子の発見で素粒子が質量を獲得する機構が確立したことを解説した。

東京鯉光会月例会(2014年4月10日 東京都千代田区)

JAEA 東海サイエンスカフェ(2014年6月21日 東海村リコッティ)

味の素イノベーション研究所(2014年7月22日 川崎市)

### J-PARC 研究開発最前線 中性子で探る物質の世界 – J-PARC での茨城県の取り組み

中性子を使った物質研究の原理を解説。後半は茨城大学石垣徹氏が「中性子が切り拓く未来～物質の不思議と生命の謎を茨城で探る～」という演題で講演を行った。

JAEA 東海サイエンスカフェ(2015年3月14日 東海村リコッティ)

### 時間って いったい何だろう？

時計の歴史や原理を紹介し、現代物理学における時間の概念を解説

KEK サイエンスカフェ(2015年11月23日 西東京市多摩六都科学館)(図4-30 参照)



図4-30:KEK サイエンスカフェ(2015年11月23日 写真提供:多摩六都科学館)

### ニュートリノ振動、T2K 実験

ニュートリノ振動を中心に、ニュートリノ振動の原理、ニュートリノの物理や研究の歴史、ノーベル物理学賞の内容、さらには、T2K 実験の最新成果や CP 対称性の破れ、宇宙の起源までをやさしく解説

茨城プラスネット例会(2015年1月19日 東海村原子力科学館)

J-PARC サイエンスギャラリー(2015年12月12日 東海村立図書館)

科学技術週間サイエンスカフェ(2016年4月24日 東京都千代田区科学技術館)

藝文学苑つくば教室(2016年4月22日、5月13、27日 つくば市常陽つくばビル)

原子力科学館講演会(2016年8月11日 東海村原子力科学館)

東海村サイエンス講座(2016年9月3、17日、10月1、6日東海村リコッティ)

サイエンストーク(2019年7月13、14日 岐阜県飛騨市ひだ宇宙科学館カミオカラボ)

(図4-31 参照)



図 4-31:サイエンストーク(2019年7月14日 写真提供:ひだ宇宙科学館カミオカラボ)

#### すごい素粒子ミューオンの魔法

主に負ミューオンを使った様々な研究を解説

茨城プラスネット例会(2016年3月14日 東海村原子力科学館)

藝文学苑つくば教室(2019年2月1、15日 つくば市常陽つくばビル)

#### 素粒子全般

素粒子理論や素粒子実験について分かりやすく解説

J-PARC サイエンスカフェ(2016年12月5日 東海村産業・情報プラザ「アイヴィル」)

J-PARC サイエンスカフェ(2018年4月27日 東海村産業・情報プラザ「アイヴィル」)

J-PARC サイエンスカフェ(2018年4月28日 東海村立図書館)

J-PARC サイエンスカフェ(2018年8月30日 東海村産業・情報プラザ「アイヴィル」)

J-PARC サイエンスカフェ(2018年8月31日 東海村立図書館)

J-PARC サイエンスカフェ(2018年10月26日 東海村産業・情報プラザ「アイヴィル」)

J-PARC サイエンスカフェ(2018年10月27日 東海村立図書館)

#### ナミナミならぬ波のパワー ～水の波から素粒子へ宇宙へ～

“波”をキーワードに中性子による物質研究、ニュートリノ振動、重力波の検出について解説

KEK サイエンスカフェ(2016年10月7、14、21、28日 つくば市 BiVi つくば)(図 4-32 参照)

KEK サイエンスカフェ(2016年11月23日 西東京市多摩六都科学館)

科学技術週間サイエンスカフェ

(2017年4月23日 東京都千代田区科学技術館)(図 4-33 参照)

J-PARC サイエンスカフェ(2017年6月30日 東海村産業・情報プラザ「アイヴィル」)

J-PARC サイエンスカフェ(2017年8月25日 東海村産業・情報プラザ「アイヴィル」)

CROSS2017 市民公開講座(2017年12月2日 つくば市役所)

大人のための科学教室(2018年2月8日 日立市日立シビックセンター)



図 4-32:KEK サイエンスカフェ(2016年10月28日 写真提供:KEK)



図 4-33:科学技術週間サイエカフェ(2017年4月23日)

すべての物は左右の違いから生まれた

対称性をメインテーマに、オズマの問題に絡めながら、社会生活、宇宙、生物、分子、原子、素粒子の世界での対称性を紹介、宇宙の成り立ちには CP 対称性の破れが重要であることを解説した。

KEK サイエンスカフェ(2017年11月23日 西東京市多摩六都科学館)(図4-34参照)  
JAEA 東海サイエンスカフェ(2018年3月24日 東海村産業・情報プラザ「アイヴィル」)  
藝文学苑つくば教室(2018年6月1、15日 つくば市常陽つくばビル)  
親子で楽しむサイエンス(2019年1月19日 日立市日立シビックセンター)  
大人のためのサイエンス(2019年3月14日 日立市日立シビックセンター)  
KEK サイエンスカフェ(2020年2月7、14、21日 つくば市 BiVi つくば)



図4-34:KEK サイエンスカフェ(2017年11月23日 写真提供:多摩六都科学館)

エネルギー へんし〜〜ん!

エネルギーにはいろいろな形態があり、それを別の形態に変換することで活用していることを参加者とともに考えていく。

KEK サイエンスカフェ(2018年11月23日 西東京市多摩六都科学館)(図4-35参照)



図4-35:KEK サイエンスカフェ(2018年11月23日 写真提供:多摩六都科学館)

見れば納得! 素粒子ワンダーランド

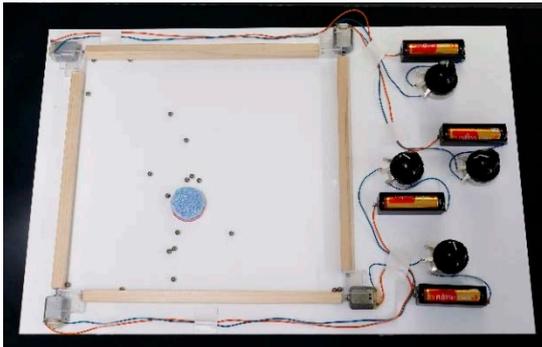
素粒子の振る舞いを再現する装置を駆使して、難解な素粒子を分かりやすく解説した(図 4-36 参照)。

J-PARC サイエンスカフェ(2019年8月30日 東海村産業・情報プラザ「アイヴィル」)

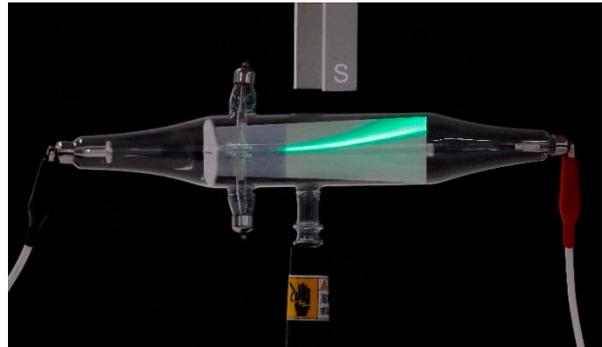
KEK サイエンスカフェ(2019年11月23日 西東京市多摩六都科学館)(図 4-37 参照)

(付録 A.5 に使用したスライドを示す)

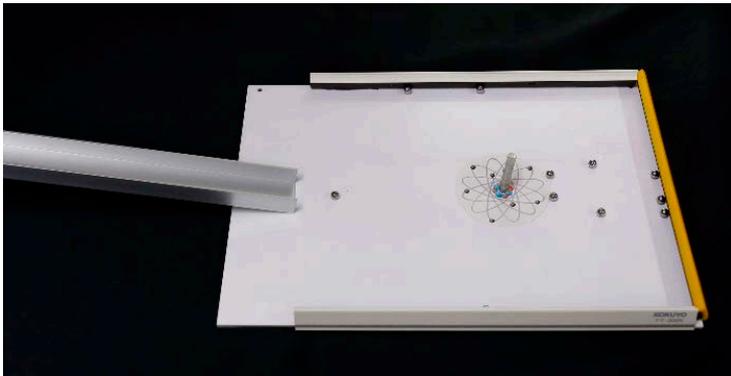
藝文学苑つくば教室(2020年1月17日、2月7日、21日 つくば市常陽つくばビル)



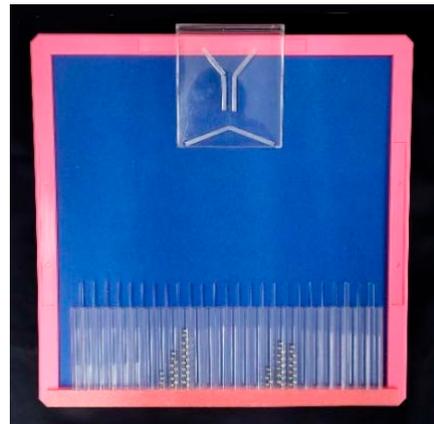
ブラウン運動の再現装置



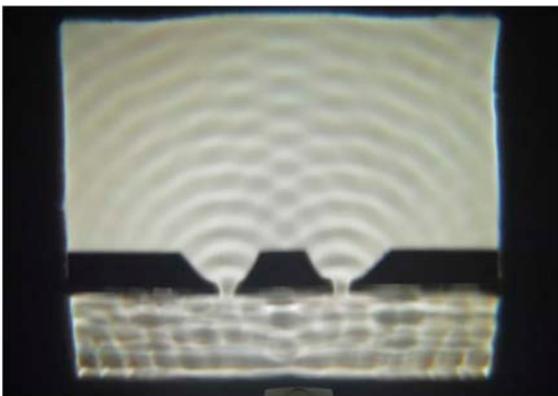
クルックス管



ラザフォードの散乱実験の再現装置



二重スリット実験(粒子)の再現装置



二重スリット実験(波動)の干渉縞



ヒッグス場の再現装置

図 4-36: 講演で用いた再現実験

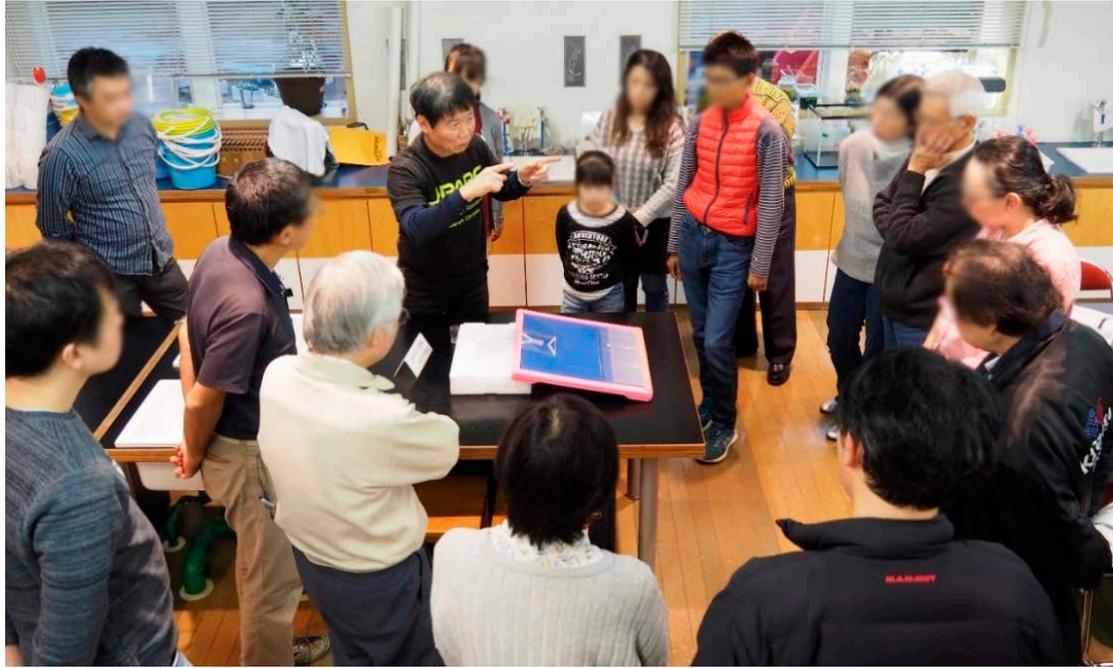


図 4-37:KEK サイエンスカフェ(2019 年 11 月 23 日 写真提供:多摩六都科学館)

#### 4.6 プレゼンテーション・セミナー

筆者の経験をもとに、オーラルプレゼンテーションをより良くするためのセミナーを J-PARC センター内で開催した。広報セクションで受け入れた夏期休暇実習生向けに行った講義を発展させ、アウトリーチ活動だけでなく、学会発表等でも役に立つプレゼンテーションの基本を講義した。

以下に、概要を示す。

広報、サイエンスコミュニケーションとは

広報の基本概念、サイエンスコミュニケーションの概要、サイエンスコミュニケーターの資質、業務(付録 A.6 に使用したスライドを示す。)

プレゼンテーションの基礎

プレゼンテーションの基本原則、構成、構築作業のノウハウ

スライドデザインの基礎

分かりやすく見やすいスライド作成のノウハウ、文字、ダイアグラム、表、図、グラフ等のデザインの指針

デリバリーの基礎

話し方、身振り、姿勢、プレゼンテーション現場での心構え

ダイアグラムの基礎

ポイントの抽出、整理、ダイアグラムへの落とし込みのノウハウ

印象のコントロール

自分はどう見られているのか、どうすればよい印象を与えられるか

写真撮影 きほんの「き」

カメラの機能と撮影の基本、よい広報写真撮影のためのノウハウ

## 5 季刊誌 “J-PARC”

J-PARC での様々な最先端研究の成果、世界をリードする技術や装置の開発の様子を定期的に紹介する季刊誌の発行を 2015 年に開始した。幅広い読者層をターゲットに、研究開発に携わる“人”をフィーチャーし、インタビューや対談をメインとして構成としている。冊子は、全国の主な大学、研究所、県内の高校や公共施設に送付するとともに、J-PARC のホームページからも閲覧できるようにした\*。

創刊準備号から第 11 号までは、宇津巻 竜也氏が編集、第 12 号以降は井上 直子氏が作成、編集している(図 5-1～図 5-8 参照)。

以下に、タイトルを示す。

創刊準備号 (2015 年夏)	ミュオンで世界を透視する！
第 1 号 (2015 年秋)	陽子の加速器 世界最高クラスの大強度陽子ビームを作る
第 2 号 (2016 年冬)	中性子で「見る」 中性子イメージングの新しい未来
第 3 号 (2016 年 3 月)	梶田隆章×小林隆 T2K 対談
第 4 号 (2016 年 10 月)	素粒子・原子核の標準理論 その先を知りたい
第 5 号 (2016 年 12 月)	超伝導の謎に挑む
第 6 号 (2017 年 2 月)	夢の技術「核変換」とは？
第 7 号 (2017 年 2 月)	$\mu$ SR —ミュオンのスピンを見る—
第 8 号 (2017 年 8 月)	ピタッと止まって低燃費 しかも丈夫なタイヤを作る
第 9 号 (2017 年 11 月)	CP 対称性
第 10 号 (2018 年 2 月)	加速空洞を知る
第 11 号 (2018 年 3 月)	iMATERIA MLF BL20
第 12 号 (2019 年 6 月)	質量は環境で変化するのか？
第 13 号 (2019 年 9 月)	中性子で蓄電池の未来を切りひらく
第 14 号 (2020 年 3 月)	高圧下の物質の状態を中性子で調べる

---

※ J-PARC 季刊誌, <https://j-parc.jp/c/public-relations/publication.html>



図 5-1: 創刊準備号(2015 年夏)



図 5-2: 第 1 号(2015 年秋)



図 5-3: 第 3 号(2016 年 3 月)



図 5-4: 第 6 号(2017 年 2 月)



図 5-5: 第 8 号 (2017 年 8 月)

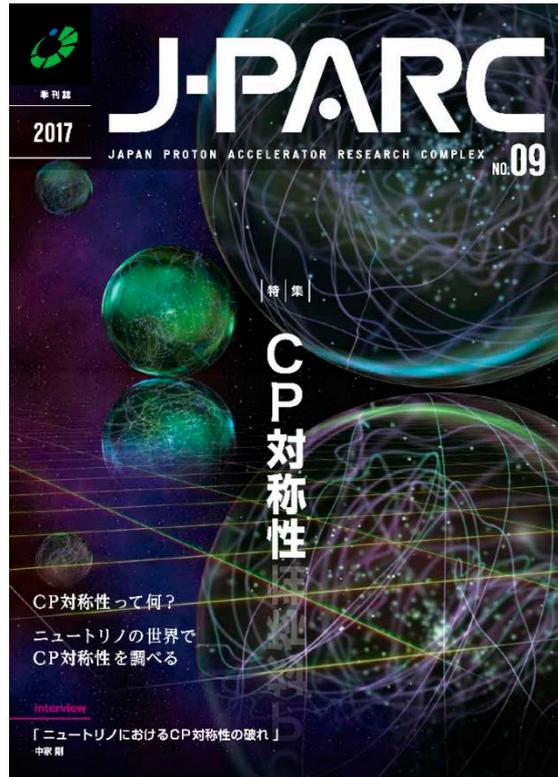


図 5-6: 第 9 号 (2017 年 11 月)



図 5-7: 第 10 号 (2018 年 2 月)



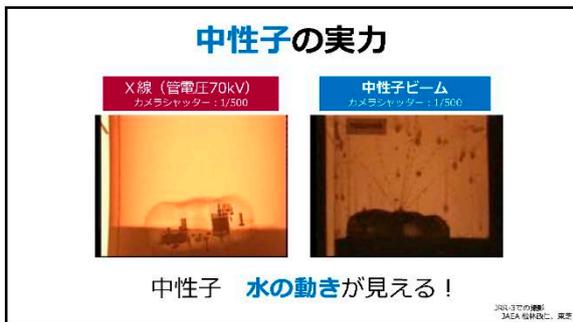
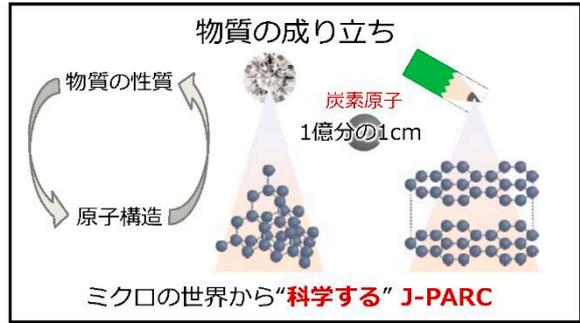
図 5-8: 第 13 号 (2019 年 9 月)

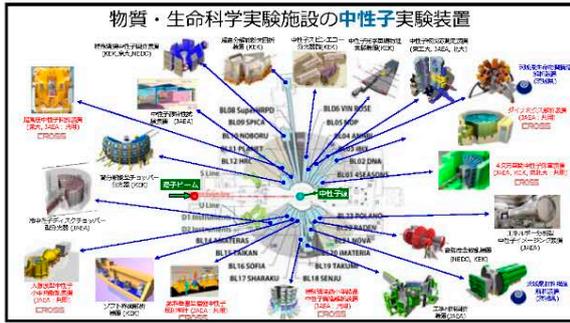
## 6 さらなる展開に向けて

2014年、東海村の小学生向けの科学実験教室を手掛かりに始めたアウトリーチ活動は、全くの手探りの状態であった。徐々にアンテナを広げながら、地道な努力の結果、点から線へ、東海村から日立市、那珂市、大洗町へ、さらにつくば市や東京へと活動範囲を拡げることができた。年を重ねるに従い、科学実験や工作のレポーターを増やすこともでき、より確実なものとなってきた。東海村でのサイエンスカフェの開催、そして季刊誌の発行は、J-PARCのアウトリーチ活動の柱として定着してきている。

しかしながら、広報メディアやコンテンツのレベルは、まだまだ低いと言わざるを得ない。様々なアウトリーチ活動を、さらに面へと拡げ、幅広い年齢層にも及ぶようにするためには、現状に甘んじることなく、広報のレベルを大きく引き上げることが必須である。さらには、受け身ではなく積極的な働きかけができるような、斬新な企画も不可欠である。それが実現できてこそ、「J-PARC ハローサイエンス」というブランドは、確固たるものになることと信じている。

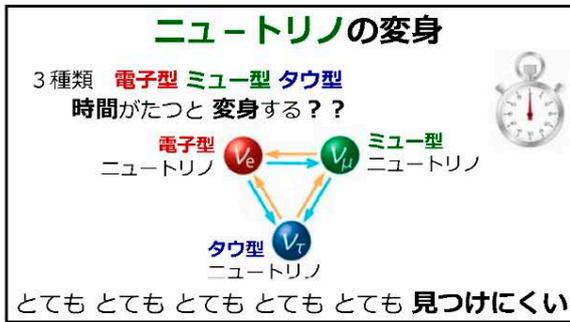
付録:プレゼンテーションに用いたスライド  
 A.1 施設見学者に対する J-PARC の紹介スライドの一例





**J-PARC**

- 中性子 その知られざる実力は?
- ニュートリノ 忍者のように変身?
- 電子加速器 どこまで加速できる?
- 核融合 現代の錬金術?



ニュートリノの研究

スーパーカミオカンデ

295 キロメートル

T2K実験 J-PARC

T2Kニュートリノ振動実験

2010年から2013年春までの実験

観測したニュートリノ 532個 電子型ニュートリノ 28個

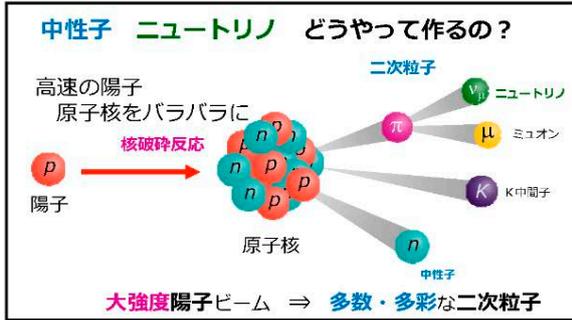
ミュー型ニュートリノの観測画

電子型ニュートリノの観測画

$\nu_\mu$  から  $\nu_e$  に変身  
T2K実験で世界で初めて観測!!!

**J-PARC**

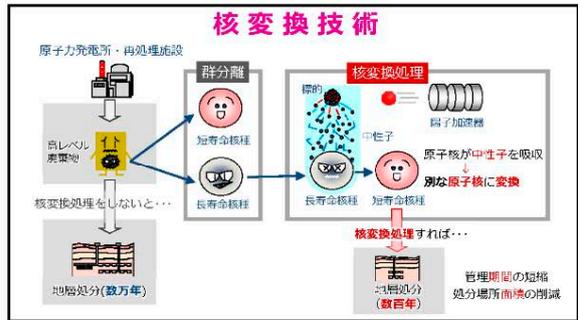
- 中性子 その知られざる実力は?
- ニュートリノ 忍者のように変身?
- 陽子加速器 どこまで加速できる?
- 核融合 現代の錬金術?



## J-PARC

- 中性子 その知られざる威力は？
- ニュートリノ 変身の様子に成功？
- 陽子加速器 どこまで加速できる？

■ **核変換** 現代の錬金術？



## J-PARC

- **陽子加速器**  
陽子を光速に近いところまで加速  
標的に当て中性子やニュートリノを作る
- **中性子**  
タンパク質や電池材料など様々な研究
- **ニュートリノ**  
変身の様子を捉えることに成功
- **核変換技術**  
中性子で高レベル放射性廃棄物の環境への負荷低減  
実現に向けて技術開発

**世界に誇る最先端研究施設！**



A.2 何もないのに何かある! 真空の科学(夏休み科学実験教室)

J-PARCハローサイエンス夏休み科学実験教室



## 何もないのに何かある! 真空の科学

### 空気に重さはあるの?

容器の容積 約1リットル(ℓ)

空気を抜く前	1 気圧	_____g
空気を抜いた後	___ 気圧	_____g
抜いた空気の量	___ ℓ	_____g
空気の重さ	1 ℓでは	_____g

### 空気の重さ

正確な値

1リットル(ℓ) 1.293g  
(0℃ 1気圧)

→ 27℃ 1気圧 約**1.18g/ℓ**

### 君に上のある空気に重さは?

どのくらいの高さまで空気はあるの?

東海村		1 気圧
奥久慈男体山	654 m	0.93 気圧
富士山	3776 m	0.63 気圧
エベレスト	8848 m	0.33 気圧

### 君に上のある空気に重さは?

0℃ 1気圧で変わらない → 約**8000m**の高さまで

**1 cm<sup>2</sup> にかかる空気の重さ?**

$$1 \text{ cm}^2 \times \underline{800000} \text{ cm} = \underline{800000} \text{ cm}^3 = \underline{800} \text{ ℓ}$$

$$1.293 \text{ g/ℓ} \times \underline{800} \text{ ℓ} = \underline{1034} \text{ g}$$

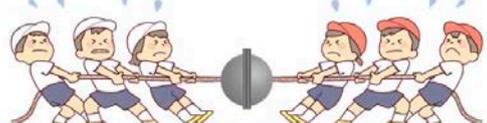
**1 cm<sup>2</sup> に 約 1 kg の重さの空気**



### マグデブルグの半球

17世紀のドイツ  
オットー・フォン・ゲーリケが実験

**16頭の馬**で引っ張って  
やっとはがれた



空気がなくなると何が起こる？

重いもの 軽いもの  
どっちが先に落ちる？

6

空気がなくなると何が起こる？

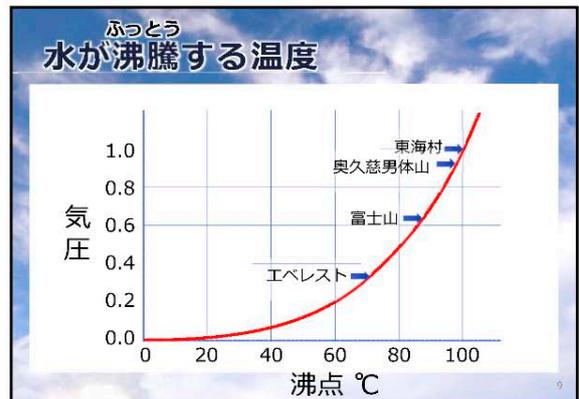
音は聞こえる？  
光は伝わる？

7

空気がなくなると何が起こる？

気温はどうなる？  
お湯はどうなる？

8

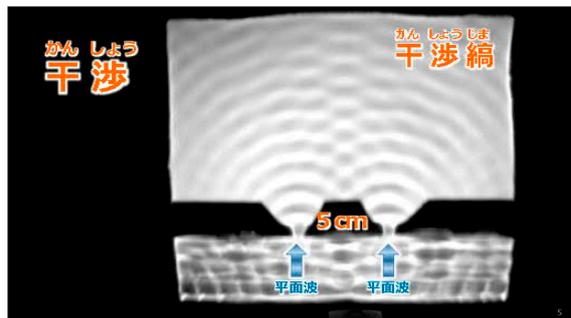
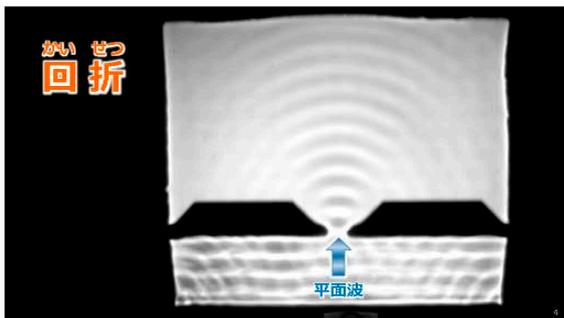
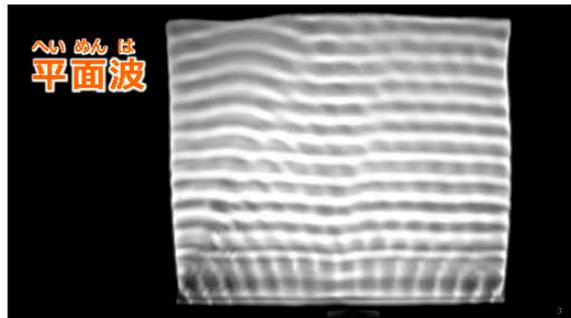
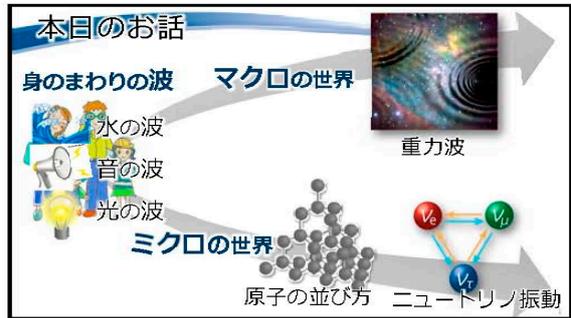


空気がなくなると何が起こる？

風船はどうなる？  
????はどうなる？

10

A.3 ナミナミならぬ波のパワー(J-PARC サイエンスカフェ)



**かんしょう 干渉**

**クイズ 第1問**  
 しま かんかく  
 “縞”の間隔はどうなる？

- ① せまくなる
- ② ひろくなる
- ③ かわらない

3cm

平面波 平面波

**かんしょう 干渉**

10cm

平面波 平面波

水の波の回折-干渉

岸壁

防波堤

長さをはかる

???

けんし なら かと

**原子の並び方**

原子での回折-干渉

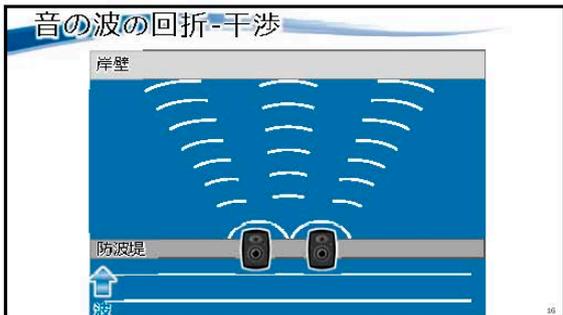
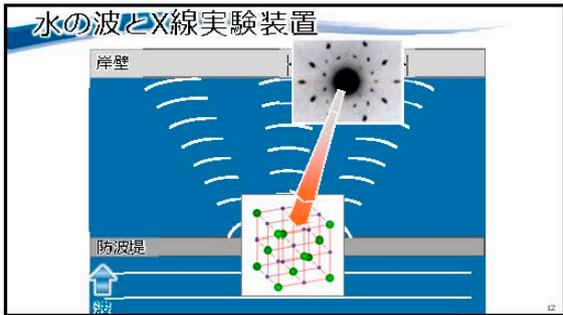
原子

ラウエ斑点

食塩にX線をあてる

ナトリウム原子(Na)  
 塩素原子(Cl)

0.28ナノメートル  
 300万分の1  
 ミリメートル



ニュートリノ振動とは

3種類 電子型 ミュー型 タウ型  
時間がたつと 変身する??

電子型  $\nu_e$       ミュー型  $\nu_\mu$   
ニュートリノ      ニュートリノ

タウ型  $\nu_\tau$   
ニュートリノ

とても とても とても とても とても 見つけにくい

不思議なニュートリノ

ニュートリノはまざりもの!!

電子型  $\nu_e = \nu_1 - \nu_2$

ミュー型  $\nu_\mu = \nu_1 + \nu_2$

顔      体の中

へんしん 変身?

牧二郎  
中川昌美  
坂田昌一

ニュートリノ振動

クイズ 波が混ざるとどうなる?

① 小さくなる  
② 小さくなったり大きくなったりする  
③ 大きくなる

ニュートリノ振動

うなり ⇒ ニュートリノ振動

2015年ノーベル物理学賞

電子型ニュートリノ 3分の1にへった  
⇒ ミュー型がタウ型に変身

スーパーカミオカンデ

サトベリーニュートリノ観測所

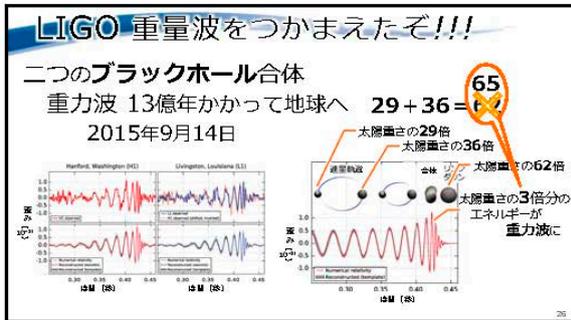
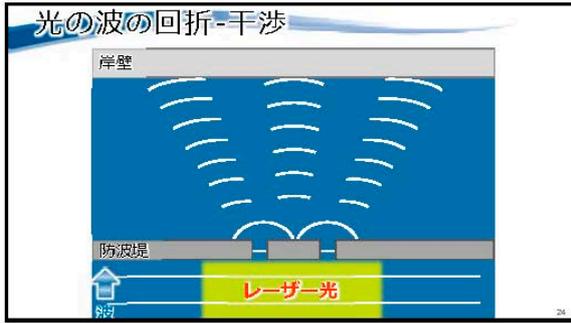
梶田隆章

アーサー スクワナルド

ミュー型ニュートリノ 半分へった  
⇒ タウ型に変身

ひかり なみ

光の波



重力波がきたら...

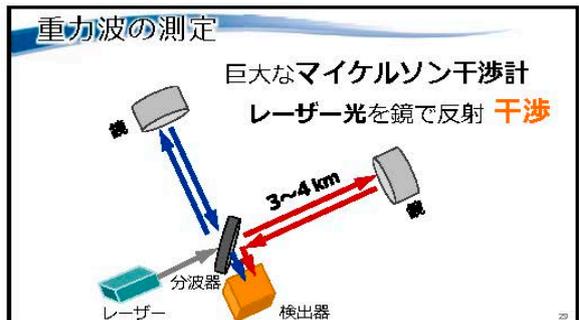
振動  $10^{-21}$  10兆分の1の1億分の1

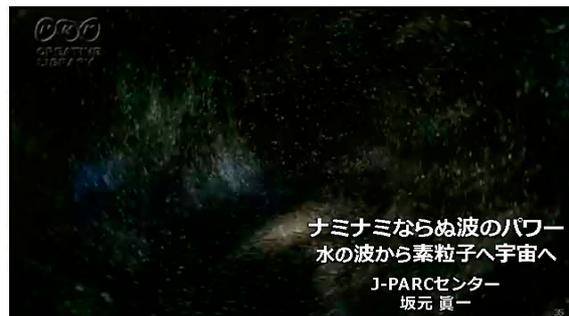
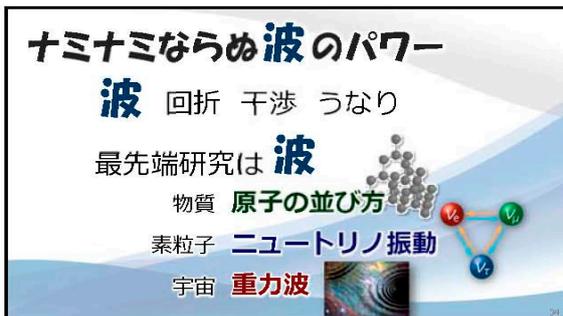
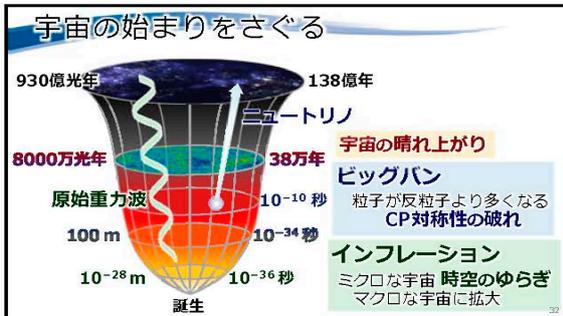
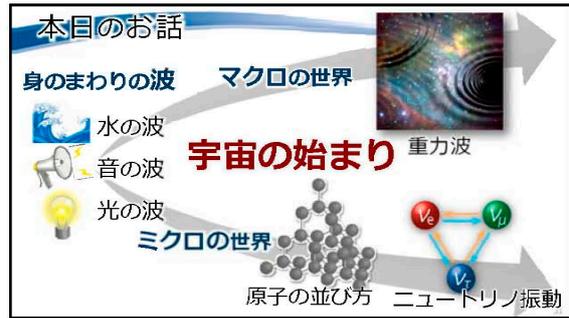
クイズ 第3問 地球から太陽までの距離  
伸び縮みした長さは?

1億5千万 km

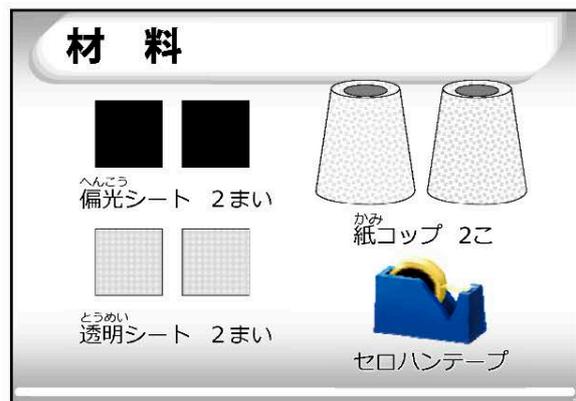
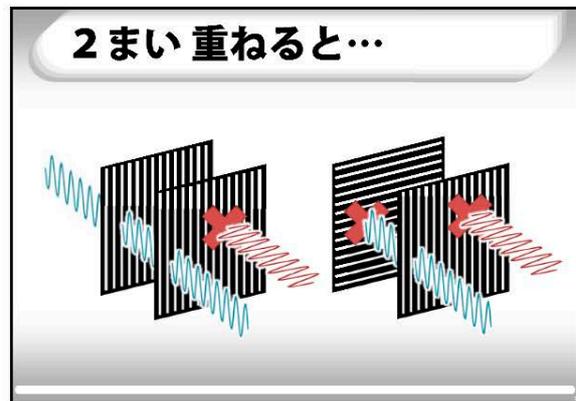
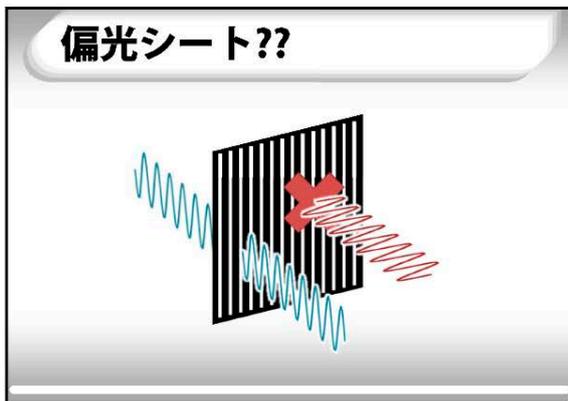
- ① 野球ボール
- ② 花粉
- ③ 原子

1億分の1 cm





A.4 偏光万華鏡の工作



### ① 紙コップに偏光シートをいれる

ほごフィルムをはがす  
1まいは紙コップの  
中がわへ  
もう1まいは  
外がわへ

紙コップをかさねてのぞいてみよう  
片方の紙コップをまわしてみよう

### ② 透明シートにセロハンテープをはってはめる

ほごフィルムをはがす  
透明シートに  
セロハンテープを  
はりつける  
紙コップにはめる

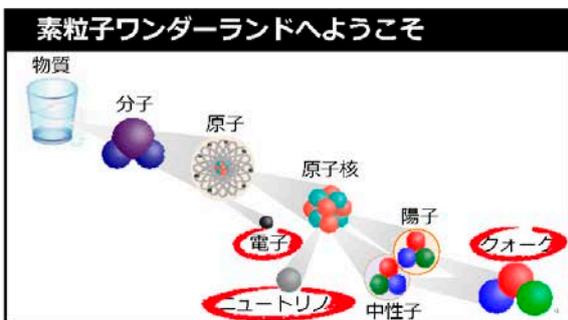
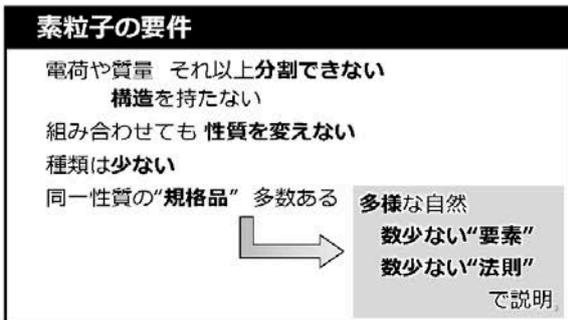
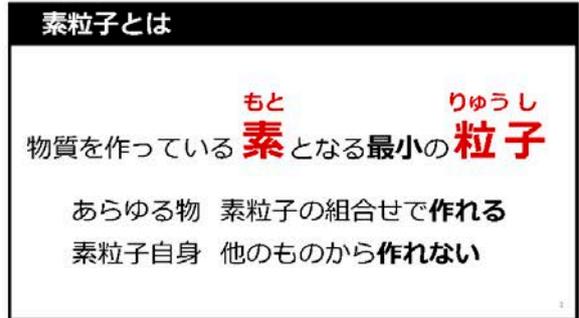
紙コップをかさねてのぞいてみよう  
片方の紙コップをまわしてみよう

### ③ 透明シートにたくさんセロハンテープをはる

両方の透明シート  
をはずす  
セロハンテープを  
たくさんはりつける  
紙コップにもどす

紙コップをかさねてのぞいてみよう  
片方の紙コップをまわしてみよう

A.5 見れば納得! 素粒子ワンダーランド(KEK サイエンスカフェ)



### 分子の発見

**ブラウン運動**  
小さな粒子が液体や気体中で **あちこち** に動きまわる

### 電子

**電子**

物質  
分子  
原子  
電子

**J.J.トムソン**  
1897年

原子中 **マイナス**の電気をおびた電子  
原子全体は電気的に**中性**  
原子の中に**プラス**の電気の部分

### 原子の構造を探る

**アルファ粒子の散乱実験**

物質  
分子  
原子  
電子

**ラザフォード**  
1913年

顕微鏡  
蛍光物質  
アルファ線源  
金属箔

蛍光物質で光った回数を数える  
顕微鏡を回す  
→ アルファ粒子の**角度分布**

### ラザフォードの散乱実験

**クイズ** ラザフォードの散乱実験 結果は？

① ほとんど 曲がらない  
② たまに大きく 曲がる  
③ しばしば大きく 曲がる

### ラザフォードの散乱実験

アルファ 粒子の散乱角の分布

**クイズ**  
ラザフォードの散乱実験 結果は？  
原子の中 どうなっている？

### 原子模型

**J.J.トムソン**  
干しドーナツ型 (1904年)

**ラザフォード**

プラスの電気の連続体  
数百~数万個の電子

プラスの電気をもつ核  
**原子核**



### 陽子・中性子

**陽子**

ラザフォード  
1919年

**中性子**

チャドウィック  
1932年

**原子 = 電子 + 陽子 + 中性子**

### 素粒子の発見ラッシュ

物質の階層図: 物質 → 分子 → 原子 → 原子核 → 電子

電子の仲間 **レプトン**  
 $e, \mu, \tau, \nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau$

100種類以上にも…  
~~種類も少ない~~  
~~構造も持たない~~

核子の仲間 **バリオン**  
 $p, n, N, \Delta, \Lambda, \Sigma, \Xi, \Omega, \dots$

中間子の仲間 **メソン**  
 $\pi, \eta, \rho, \phi, K, J/\Psi, Y, \dots$

### 新しい素粒子像

物質の階層図: 物質 → 分子 → 原子 → 原子核 → 電子

クォーク

ゲルマン  
ツワイク

**クォーク** (1964年)  
 3種類  $u, d, s$   
 バリオンは3個のクォーク  
 $p = uud, n = udd$

中間子はクォークと反クォーク  
 $\pi^+ = u\bar{d}$

**原子 = 電子 + クォーク**

### 陽子の構造を探る

物質の階層図: 物質 → 分子 → 原子 → 原子核 → 電子

クォーク

20GeVの電子を陽子に照射  
 (フリードマン他, 1968年)  
 より大きな角度に散乱  
 ⇒ 内部に点状の電荷あり  
**“クォーク”**

ラザフォードの散乱実験と同じ実験手法  
**豆大福型**

### ベータ崩壊の謎

**チャドウィック**  
 電子のエネルギー  
 小さすぎる!? (1914年)  
 エネルギー保存則が破れる???

中性子発見 (1932年)

**パウリ**  
 未知の中性粒子も発生  
 不足分のエネルギー  
 持ち去る (1930年)

中性子(仮説)

### ニュートリノの登場

ベータ崩壊を理論化  
 ? 未知の粒子を命名 (1934年)  
**neutral + ino**  
**neutrino** 中性微子

原子炉からのニュートリノ  
 $\bar{\nu}_e$  初めて検出に成功 (1956年)

フェルミ  
 ライネスとカワン



### 物質を構成する粒子

クォーク		レプトン		
$t$ (トップ)	$b$ (ボトム)	$c$ (チャーム)	$\nu_t$ (タウニュートリノ)	第3世代
$c$ (チャーム)	$s$ (ストレンジ)	$\mu$ (ミューオン)	$\nu_\mu$ (ミューニュートリノ)	第2世代
$u$ (アップ)	$d$ (ダウン)	$e$ (電子)	$\nu_e$ (電子ニュートリノ)	第1世代

原子核、分子、物質、ベータ崩壊、太陽

### “力”の働き

粒子を結び付ける 粒子の種類を変える  
 相互作用 力が働く  
 ↓  
 力を媒介する 粒子を交換する  
 ファイマン図

電磁力 (強い力)

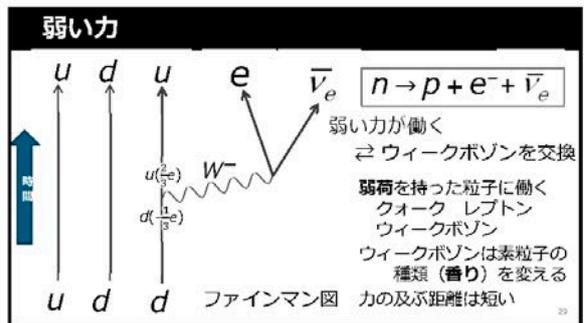
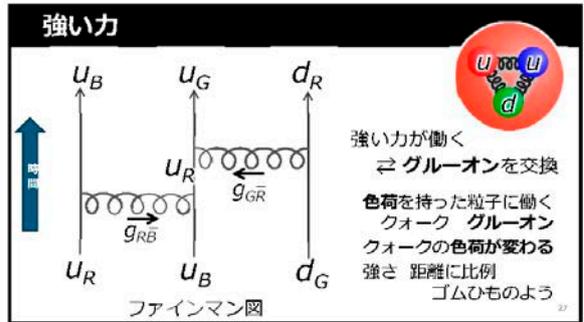
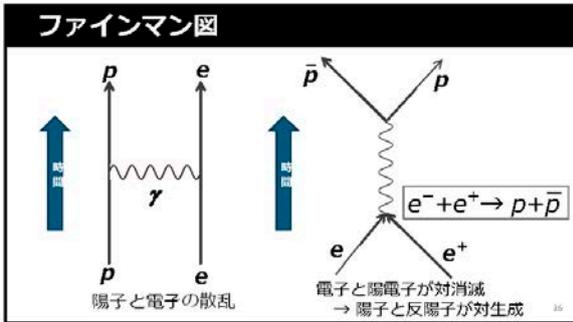
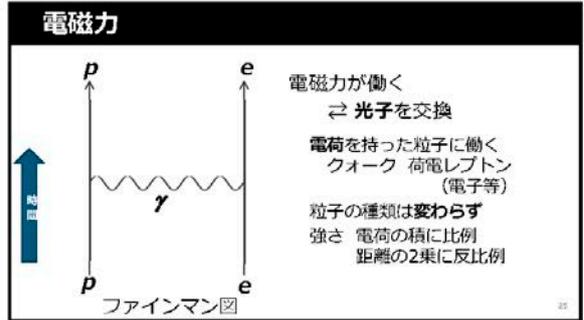
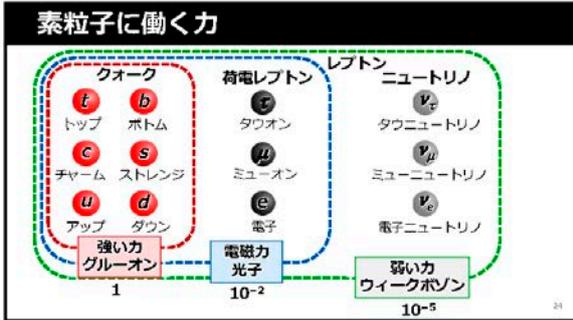
弱い力

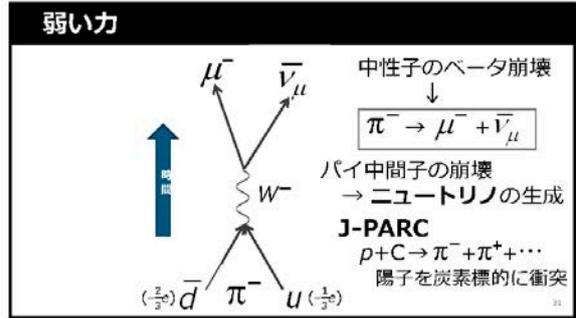
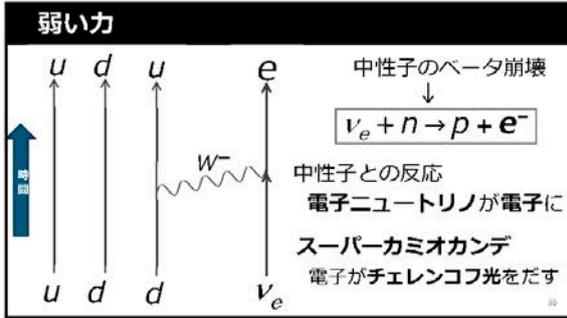
### マクロな見方 “場”

電場  
 電気力線

### ミクロな見方 “粒子交換”

仮想光子  
 不確定原理  
 $\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}$





### 自然界の四つの力

名称	力を伝達するゲージ粒子	力を感ずる物質粒子	相対的な強さ	到達範囲(m)	ゲージ粒子の質量
強い力	グルーオン (g)	色荷をもつ粒子 クォーク	1	$10^{-15}$ (強さはrに比例)	0
電磁力	光子 (フォトン γ)	電荷をもつ粒子 クォークと荷電レプトン (電子など)	$\sim 10^{-2}$	無限大 (強さはr <sup>2</sup> に反比例)	0
弱い力	W <sup>±</sup> , Z <sup>0</sup>	弱荷をもつ粒子 クォークとレプトン	$\sim 10^{-5}$	$10^{-18}$	80 GeV/c <sup>2</sup> 91 GeV/c <sup>2</sup>
重力	重力子 (グラビトン)	質量をもつ粒子 クォークとレプトン	$\sim 10^{-40}$	無限大 (強さはr <sup>2</sup> に反比例)	0

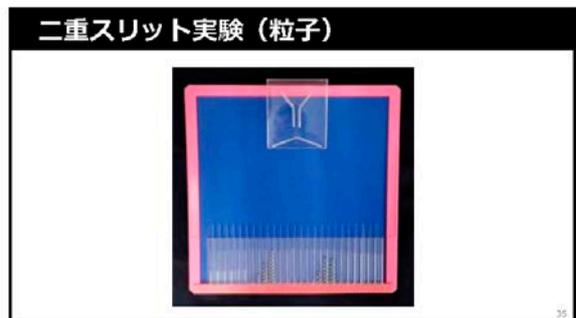


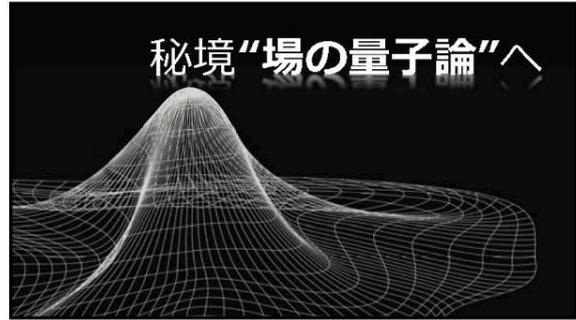
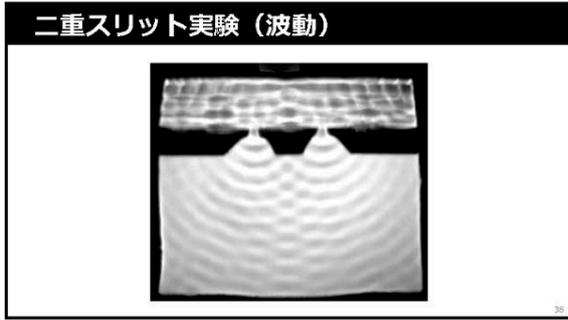
### 素粒子とは

**クイズ** 素粒子の正体は？

- ① 粒子
- ② 波動
- ③ 粒子と波動

二重スリット実験





A.6 広報 Public Relations(プレゼンテーション・セミナー)

**広報**  
Public Relations

J-PARCセンター広報セクション  
坂元真一

なぜ？ 広報

“科学”を受け入れる文化の創成

**社会の信頼と支持**  
市民の科学理解の増進 科学の価値や意義の受容  
政策形成の方向性決定へ市民の応援

**説明責任**  
納税者の理解 何のために？ 何の役に？

**地域との共生**  
地域住民の問題意識や関心、懸念 それに対する取組みを発信  
地域住民との交流 文化や教育活動への参加

↓  
**双方向的交流**      広く報しむ 広報・広聴  
**Public Relations**

広報の役割

研究者      広報      市民

**サイエンス・コミュニケーション**

**双方向的交流**  
市民の科学リテラシー  
科学者の社会リテラシー  
科学・技術の話題が日常生活で頻繁に語られるような土壌形成  
→ 科学・技術が文化として根付く架け橋

人文・社会科学とサイエンス・コミュニケーション

科学・技術  
× 人間の行為  
× 人間社会への影響

科学・技術の**外側**から科学・技術の限界を見極める  
科学・技術の価値と**政治的・社会的文脈**との関連を明らかに

科学的知識や科学・技術の内容を分かりやすく  
+

科学的知識や科学・技術が外部とどのような関係にあるのか

↑ **人文・社会科学**

人文・社会科学とサイエンス・コミュニケーション

**安全**      **安心**

科学・技術のプロセス 論理      一般市民のイメージ 主観

有害物質（ハザード）の許容上限      安全を担保する人や組織への理解 納得 信頼  
科学的データによるリスクの数値評価      技術的裏付けや経済性      安全に対する期待値 個人差は大  
危険物（ハザード）を扱う施設の安全      安全対策+安心対策で信頼を  
規模×発生確率=リスクの大きさ

**リスク・コミュニケーション**  
情報のシェア  
リスクの正しい解釈 ← **心理学 社会学**  
信頼を得る説明

普及活動 アウトリーチ

科学・技術に関する**最新情報**を収集 } **コンテンツ**  
学問的意味？ 社会的意義？  
分かりやすい表現 言葉 映像  
どのように発信      ← **チャンネル**

**コンテンツ**      **チャンネル 場 メディア**

科学・技術の専門的で難しい話 }  
→ 正確さを損なわない範囲で }  
分かりやすく }  
社会への奇与 影響 将来展望 }  
マスメディア WEB 広報誌 }  
講演会 サイエンスカフェ }  
サイエンスギャラリー 出前授業 }  
..... }

↑ **ジャーナリズム**

### サイエンス・コミュニケーターの役割

**調査活動** すべての活動の基礎  
 研究成果 研究の動向 社会的影響 専門家とのネットワーク

**普及活動** 主たる活動  
 科学・技術の魅力や面白さ 問題点や課題 広く報しむ

**提言活動** 主張  
 政策決定 税金の使い方 規制 社会や立法・行政機関に向け

**支援活動** 社会への還元  
 教育・文化活動の支援 学校・科学館・文化団体等とのネットワーク

**組織化活動**  
 人 物 資金 獲得し継続的に関連づけながら組織化

### サイエンス・コミュニケーター

**必要な素養**  
 高い科学・技術リテラシー ある程度の専門知識  
 ← 市民の目線をもって研究者の専門の話を理解できる  
 ← 人文・社会学の幅広い知識  
 コンテンツ作成能力  
 コミュニケーション能力  
 コミュニケーション環境を整える能力

↑  
**チーム力**

### J-PARCセンター広報セクションの業務

**広報**

見学者・視察者への対応  
 J-PARC News 季刊誌の発行  
 イベントへブース出展  
 IQBRC展示コーナーの運用  
 サイエンスカフェ 科学実験教室

**報道**

ホームページ  
 ツイッター  
 プレス発表  
 メディア懇談会  
 VIP視察対応

**情報**

取材 映像資料の蓄積 提供  
 広報用素材の作成、維持管理  
 パンフレット パネル スライド DVD 模型

### J-PARCセンターのアウトリーチ活動

**“科学”文化の創成** 科学の話を聞いてもらえる環境作り  
**ブランディング** “J-PARC”というブランドを創成

**“J-PARC ハローサイエンス”**  
 J-PARCでの研究内容を中心に科学のやさしいお話  
 サイエンスカフェや講演  
 イベントや展示会への出展  
 理科実験により科学の楽しさを伝える  
 小学生向けの科学実験教室  
 小学校理科クラブで出前授業  
 施設公開時の実験教室や工作教室

### サイエンスカフェ

科学を“語り合う”場

**対等の立場**で打ち解けた雰囲気での議論を促そうという発想に立つ。  
 聴き手と語り手は**お互いに尊敬しあう**関係にある。  
英国の抗酸者 ダンカン・ダラス

研究者が人々を啓蒙する場や自分の研究を広める場ではない。  
 科学研究のやりがいや達成感を分かち合う。科学をプロの研究者から  
**一般人のホビー**に開放することで、新しい知的生活をもちたすことができる。  
東京大学客員教授 米本昌平

専門家の話が専門外の人々によく伝われば成功と考えられがち。  
 本来は、**専門外の人が専門家とは違う見方**をすることに意味がある。  
大阪大学コミュニケーションデザイン・センター 平川秀幸

### サイエンスカフェ

成功のための五つのコツ

- 椅子を半円形に並べる  
 教室のイメージを払拭
- 科学者は講師にあらず  
 主役は聴き手、科学者はゲスト
- 資料の映写は最小限に  
 対話第一、学会発表ではない
- 無理をしないで有料で  
 実費負担をみんなで分け合う発想で
- 人数は少なくても良い  
 少人数の方が対話が深まることも



平川秀幸

This is a blank page.

# 国際単位系 (SI)

表1. SI基本単位

基本量	SI基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質량	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI組立単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m <sup>2</sup>
体積	立方メートル	m <sup>3</sup>
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s <sup>2</sup>
波数	毎メートル	m <sup>-1</sup>
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m <sup>3</sup>
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m <sup>2</sup>
比体積	立方メートル毎キログラム	m <sup>3</sup> /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m <sup>2</sup>
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 <sup>(a)</sup> , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m <sup>3</sup>
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m <sup>3</sup>
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m <sup>2</sup>
屈折率 <sup>(b)</sup>	(数字の)	1
比透磁率 <sup>(b)</sup>	(数字の)	1

(a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) ともよばれる。  
 (b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン <sup>(b)</sup>	rad	1 <sup>(b)</sup>	m/m
立体角	ステラジアン <sup>(b)</sup>	sr <sup>(e)</sup>	1 <sup>(b)</sup>	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
周波数	ヘルツ <sup>(d)</sup>	Hz		s <sup>-1</sup>
力	ニュートン	N		m kg s <sup>-2</sup>
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m <sup>2</sup>	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-2</sup>
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup>
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup>
電荷, 電気量	クーロン	C		s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup>
静電容量	ファラド	F	C/V	m <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>4</sup> A <sup>2</sup>
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup> A <sup>-2</sup>
コンダクタンス	ジーメン	S	A/V	m <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>3</sup> A <sup>2</sup>
磁束	ウェーバ	Wb	Vs	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup>
磁束密度	テスラ	T	Wb/m <sup>2</sup>	kg s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup>
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> A <sup>-2</sup>
セルシウス温度	セルシウス度 <sup>(e)</sup>	°C		K
光照射量	ルーメン	lm	cd sr <sup>(e)</sup>	cd
放射線量	グレイ	Gy	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
放射性核種の放射能 <sup>(f)</sup>	ベクレル <sup>(d)</sup>	Bq		s <sup>-1</sup>
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト <sup>(g)</sup>	Sv	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
酸素活性化	カタール	kat		s <sup>-1</sup> mol

(a) SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。  
 (b) ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明示されない。  
 (c) 測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。  
 (d) ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。  
 (e) セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。  
 (f) 放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。  
 (g) 単位シーベルト (PV, 2002, 70, 205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

表4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI組立単位		
	名称	記号	SI基本単位による表し方
粘力のモーメント	パスカル秒	Pa s	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-1</sup>
表面張力	ニュートンメートル	N m	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup>
角速度	ニュートン毎メートル	N/m	kg s <sup>-2</sup>
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s	m m <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> = s <sup>-1</sup>
熱流密度, 放射照度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s <sup>2</sup>	m m <sup>-1</sup> s <sup>-2</sup> = s <sup>-2</sup>
熱容量, エントロピー	ワット毎平方メートル	W/m <sup>2</sup>	kg s <sup>-3</sup>
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>
比エネルギー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>
熱伝導率	ジュール毎キログラム	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
体積エネルギー	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s <sup>-3</sup> K <sup>-1</sup>
電界の強さ	ジュール毎立方メートル	J/m <sup>3</sup>	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-2</sup>
電荷密度	ジュール毎立方メートル	J/m <sup>3</sup>	m kg s <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup>
電表面電荷	クーロン毎立方メートル	C/m <sup>3</sup>	m <sup>-3</sup> s A
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>	m <sup>-2</sup> s A
誘電率	クーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> s A
透磁率	ファラド毎メートル	F/m	m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>4</sup> A <sup>2</sup>
モルエネルギー	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s <sup>-2</sup> A <sup>-2</sup>
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル	J/mol	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> mol <sup>-1</sup>
照射線量 (X線及びγ線)	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> mol <sup>-1</sup>
吸収線量率	クーロン毎キログラム	C/kg	kg <sup>-1</sup> s A
放射線強度	グレイ毎秒	Gy/s	m <sup>2</sup> s <sup>-3</sup>
放射輝度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m <sup>4</sup> m <sup>-2</sup> kg s <sup>-3</sup> = m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup>
酵素活性濃度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m <sup>2</sup> sr)	m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> kg s <sup>-3</sup> = kg s <sup>-3</sup>
	カタール毎立方メートル	kat/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> mol

表5. SI接頭語

乗数	名称	記号	乗数	名称	記号
10 <sup>24</sup>	ヨタ	Y	10 <sup>1</sup>	デシ	d
10 <sup>21</sup>	ゼタ	Z	10 <sup>2</sup>	センチ	c
10 <sup>18</sup>	エクサ	E	10 <sup>3</sup>	ミリ	m
10 <sup>15</sup>	ペタ	P	10 <sup>6</sup>	マイクロ	μ
10 <sup>12</sup>	テラ	T	10 <sup>9</sup>	ナノ	n
10 <sup>9</sup>	ギガ	G	10 <sup>12</sup>	ピコ	p
10 <sup>6</sup>	メガ	M	10 <sup>-15</sup>	フェムト	f
10 <sup>3</sup>	キロ	k	10 <sup>-18</sup>	アト	a
10 <sup>2</sup>	ヘクト	h	10 <sup>-21</sup>	ゼプト	z
10 <sup>1</sup>	デカ	da	10 <sup>-24</sup>	ヨクト	y

表6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI単位による値
分	min	1 min=60 s
時	h	1 h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	'	1'=(1/60)°=(π/10 800) rad
秒	"	1"=(1/60)'=(π/648 000) rad
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm <sup>2</sup> =10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>
リットル	L, l	1 L=1 l=1 dm <sup>3</sup> =10 <sup>3</sup> cm <sup>3</sup> =10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
トン	t	1 t=10 <sup>3</sup> kg

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI単位で表される数値
電子ボルト	eV	1 eV=1.602 176 53(14)×10 <sup>-19</sup> J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10 <sup>-27</sup> kg
統一原子質量単位	u	1 u=1 Da
天文単位	ua	1 ua=1.495 978 706 91(6)×10 <sup>11</sup> m

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1MPa=100 kPa=10 <sup>5</sup> Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg=133.322Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10 <sup>-10</sup> m
海里	M	1 M=1852m
バイン	b	1 b=100fm <sup>2</sup> =(10 <sup>12</sup> cm <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> =10 <sup>-28</sup> m <sup>2</sup>
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的関係は、 対数量の定義に依存。
ベレル	B	
デシベル	dB	

表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI単位で表される数値
エルグ	erg	1 erg=10 <sup>-7</sup> J
ダイン	dyn	1 dyn=10 <sup>-5</sup> N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm <sup>-2</sup> =0.1Pa s
ストークス	St	1 St=1cm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> =10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>
スチルブ	sb	1 sb=1cd cm <sup>-2</sup> =10 <sup>4</sup> cd m <sup>-2</sup>
フォト	ph	1 ph=1cd sr cm <sup>-2</sup> =10 <sup>4</sup> lx
ガリ	Gal	1 Gal=1cm s <sup>-2</sup> =10 <sup>-2</sup> ms <sup>-2</sup>
マクスウェル	Mx	1 Mx=1 G cm <sup>2</sup> =10 <sup>-8</sup> Wb
ガウス	G	1 G=1Mx cm <sup>-2</sup> =10 <sup>-4</sup> T
エルステッド <sup>(a)</sup>	Oe	1 Oe <sub>e</sub> =(10 <sup>3</sup> /4π)A m <sup>-1</sup>

(a) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「△」は対応関係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI単位で表される数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 <sup>10</sup> Bq
レントゲン	R	1 R=2.58×10 <sup>-4</sup> C/kg
ラド	rad	1 rad=1cGy=10 <sup>-2</sup> Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 <sup>-2</sup> Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 <sup>-9</sup> T
フェルミ	f	1 フェルミ=1 fm=10 <sup>-15</sup> m
メートル系カラット		1 メートル系カラット=0.2 g=2×10 <sup>-4</sup> kg
トル	Torr	1 Torr=(101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm=101 325 Pa
カロリ	cal	1 cal=4.1858J (「15°C」カロリ), 4.1868J (「IT」カロリ), 4.184J (「熱化学」カロリ)
マイクロン	μ	1 μ=1μm=10 <sup>-6</sup> m

