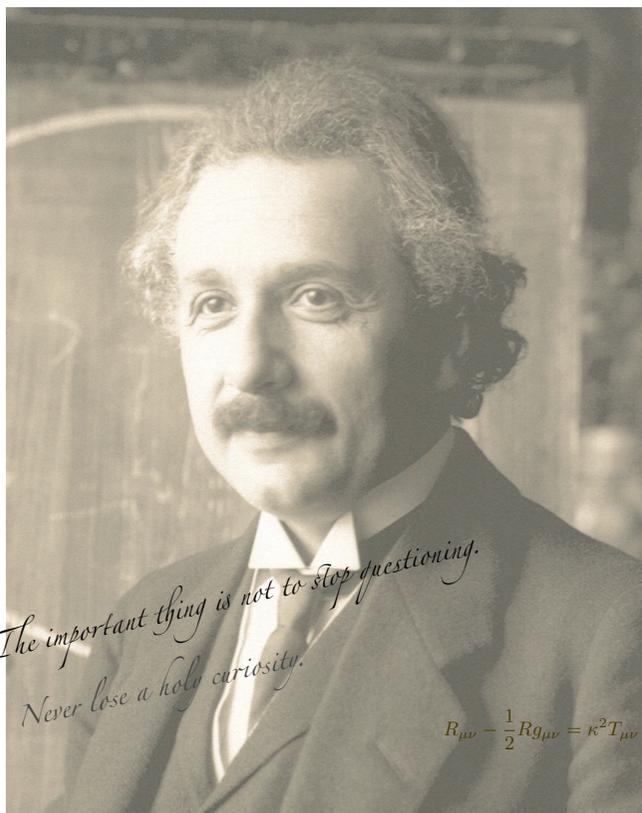


Albert Einstein, 1879-1955

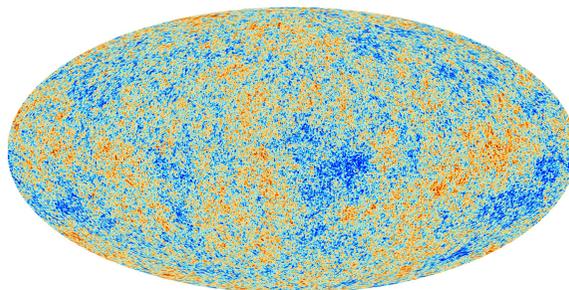


開催にあたって

「一般相対性理論」と聞いて、みなさんはどのようなイメージを思い浮かべるでしょうか。「難しい」、「分けわからん」、「アインシュタイン」、「宇宙」…。人それぞれ、いろいろあるかもしれません。1915年にアルバート・アインシュタインによって提唱された一般相対性理論は今年で100周年を迎えることになりました。そのため、世界のさまざまな場所で一般相対性理論に関する催しが行われています。大阪工業大学でも、この機会に一般相対性理論を紹介するために展示会を開催することになりました。

一般相対性理論は「重力」に関する理論です。ニュートンの万有引力理論を超えた新たな理論なのですが、ただそれだけでなく、宇宙の真の姿に迫り、時間と空間に対する考え方を180度変えてしまいました。また、完成に至る過程には「光」に関する奥深い考察がみられます。量子力学の構築にも貢献したアインシュタインには光が最も不思議だったのかもしれませんが、折しも、今年が国連が定めた「国際光年」です。遠い昔の1015年、イブン・ハイサムによってモノが見える仕組みが明らかになってから1000年目だそうです。そして、光子仮説から110年、マイクロ波宇宙背景放射発見と光ファイバーの理論発表から50年、人類が光の研究を脈々と続けてきたことが伺えます。

今回の展示会では「アインシュタイン☆プロジェクト」を立ち上げて、学生メンバーを中心として活動してもらいました。みんなが基本事項を勉強した後に4チームに別れ、各チームがそれぞれのテーマについて調べ、協力しながら展示品の作成にあたりました。その成果を見ていただければと思います。



宇宙マイクロ波背景放射の温度揺らぎ

誕生して38万年後の宇宙の姿。ビッグバン宇宙論の観測的証拠のひとつ。この揺らぎから138億年の宇宙年齢やダークエネルギーの存在など多くの情報を得ることができます。

●大宮キャンパス

2015年 11月9日(月)～11月14日(土)

8号館図書館玄関ホール 開室時間/10:00～17:00 会期中無休

●枚方キャンパス

2015年 11月24日(火)～11月28日(土)

1号館4階ラーニングcommons 開室時間/10:00～17:00 会期中無休

大阪工業大学 工学部一般教育科 | 情報科学部 |
アインシュタイン☆プロジェクト | 図書館 (共催)

〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1 | URL: <http://www.oit.ac.jp> |
TEL: 06-6954-4335 (事務局)

General Relativity

一般相対性理論

1915年に完成した一般相対性理論は、「一般相対性原理」と「等価原理」という2つの基本原理をもとに作られた非常にきれいな理論です。しかし、アインシュタインがそこに至る過程は困難なものでした。

もともと、アインシュタインは光に興味を持っていました。「光の速度で動く自分を鏡で映したら、どのように見えるのか」という素朴ではありますが、普通の人では思いつかないような疑問が、1905年の特殊相対性理論へとつながりました。また、「光は波なのか、波動なのか」という問いかけで、量子力学と向かい合いました。最終的にアインシュタインは「確率」という概念を受け入れられませんでした。理論の発展に大きな貢献をしたことは間違いありません。

そして、「自由落下する観測者が直進する光を見たとき、外の観測者にとって光はどのように進むのか」という思考実験から、重力によって光が曲げられることに気づき、曲がった時空間という概念に進みました。曲がった時空間を記述するためにはリーマン幾何学という高度な数学を用います。計量や曲率という幾何学的量が導入され、これが一般相対性理論を難解にしているひとつの原因でしょう。しかし、私たちの身近なところにも曲がった空間は存在します。例えば地球がそうです。地球儀を見ると確かに丸まっていますね。赤道上で平行だった2本の経線は北極に行くこと交わります。これがリーマン幾何学の本質です。

理論の完成間近に数学者ヒルベルトとの先取権争いを制して、どうにかゴールにたどり着いたアインシュタインが導き出した式が

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R = \frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu}$$

です。アインシュタイン方程式と呼ばれる重力場の式で、10本の非線形連立偏微分方程式です。左辺は時空間の曲率を、右辺は物質の質量やエネルギー密度などを表します。物質の存在が時空間のゆがみを決め、そして、その曲がった時空間の中で物質自体が運動します。

アインシュタイン方程式は宇宙の誕生や進化、ブラックホールも表します。一般相対性理論により、「タイムマシン」や「どこでもドア」が作られる可能性が出てきました。宇宙は無数に存在するという理論も提唱されてます。この方程式の中には宇宙の謎や神祕が隠されているのです。

「我々はどこから来たのか、我々は何者なのか、我々はどこに行くのか」

これは、後期印象派の画家ゴッガンが描いた絵のタイトルです。一般相対性理論はこの画家の問いかけに答えを与えてくれるかもしれません。私たちは物理学の枠組みを超えて、世界や人間の存在そのものの根源に迫ろうとしているのではないのでしょうか。



I. その人、アインシュタイン

一般相対性理論という名称は聞いたことがあるかもしれませんが、アインシュタインがどんな人だったのかは、あまり知られていないと思います。ここでは幼少期から理論の思考過程、過ごした家などを紹介していきます。



自転車に乗るアインシュタイン

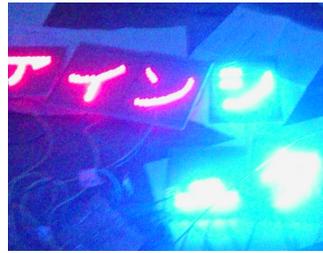
アインシュタインはおとなしく、真面目な性格でした。ヴァイオリン、そして物理学をこよなく愛していました。

- アインシュタイン年表
- アインシュタインの人物像
- アインシュタインと日本人
- アインシュタインの肉声ムービー
- 3大論文 (1905年)
- 一般相対性理論の原論文
- アインシュタイン・ハウス
- アインシュタインと写真を撮ろう (第5回ソルベー会議の記念写真)

II. アインシュタインと光

アインシュタインを語る上で「光」を無視することはできません。量子力学、特殊相対性理論、そしてその拡張である一般相対性理論も光に関する深い考察から完成に至っています。

光 --- 考えれば考えるほど、不思議な存在です。



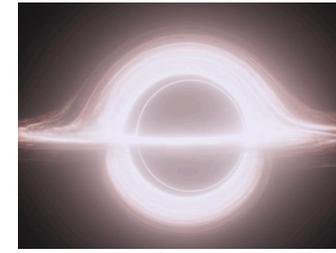
青色LEDを使用したサイン

アインシュタイン☆プロジェクトの学生による作品。LEDとマイコンを組み合わせて「アインシュタイン」の文字を浮かび上がらせた。

- 光のスペクトルの観察
- マイケルソン・モーレーの干渉実験模型
- 光速一定の原理
- 光の粒子性と波動性
- 青色LEDを使用したサイン
- 国際光年

IV.アインシュタインと相対性理論

一般相対性理論は空間や時間がゆがむことを予言しました。そして、そうした現象がいくつも見つかり、理論の正しさが確かめられています。時空のゆがみは日常では考えられないことですが、私たちの世界はそのような性質を持っているのです。実際にGPSでは相対性理論の補正を考慮して正確に作動させることができました。



(<http://arxiv.org/abs/1502.03808>より引用)

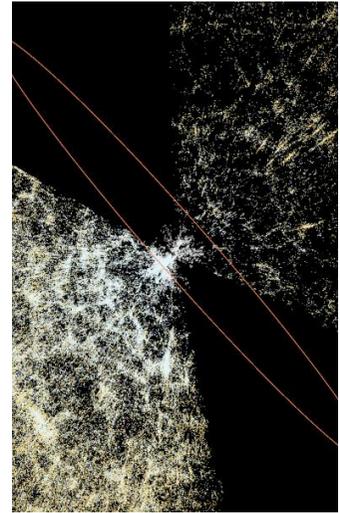
ブラックホールのCG

映画「インターステラー」のコンピュータ・グラフィックス。まわりの時空が大きくゆがめられ、向こう側から来る光がより輝いて見えます。

- 一般相対性理論とは
- 時空のゆがみの模型
- 時空のさざ波：重力波
- 重力レンズとアクリル模型
- ブラックホール
- ブラックホールによる潮汐カシミュレーション
- GPSにも相対性理論
- GPS衛星の運動を示す天球模型

III. アインシュタインと宇宙

一般相対性理論の登場により宇宙の理解は一変しました。宇宙には始まりがあり、その進化の過程で物質や銀河などが形成されたことが示されました。宇宙の大きさや未来も分かります。さらに、時間とは、空間とは、宇宙とはといった哲学的な問題も科学的に議論できる対象になったのです。



宇宙の大規模構造

銀河の集団である銀河団がたまって、泡状の構造を形成します。ひとつの泡のサイズは3億光年。宇宙で一番大きな構造です。

- 宇宙の始まり：ビッグバン宇宙論
- 宇宙の歴史図
- フリードマン方程式
- 宇宙の大きさと階層構造
- 4D2U コズミック・ビュー
- Sloan Digital Sky Survey
- 銀河までの距離を測れ：アルミの穿孔板
- 宇宙のダークサイド
- ニュートリノ天文学
- スーパーカミオカンデの光電子増倍管