

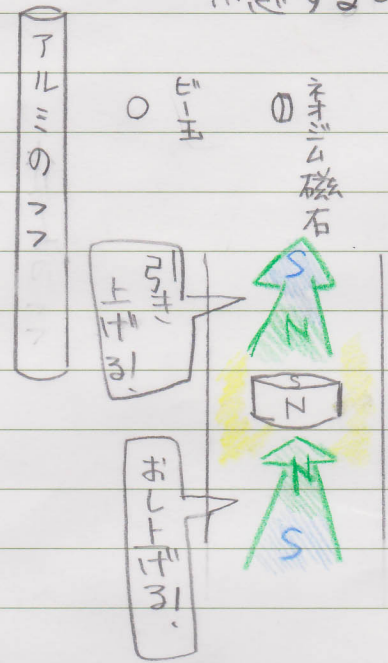
重力波のお話 井上直也教授

No. 1

川越市立牛子小学校 中島涼花

実馬矢の答え

1. 用意するもの

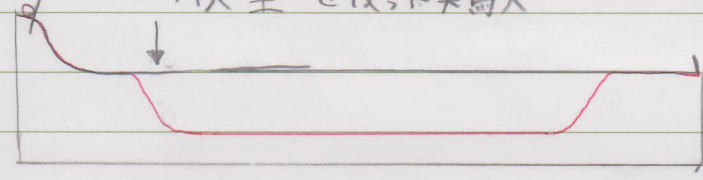


1. つつの中にビー玉を落とすと、すぐに落ちてくる。

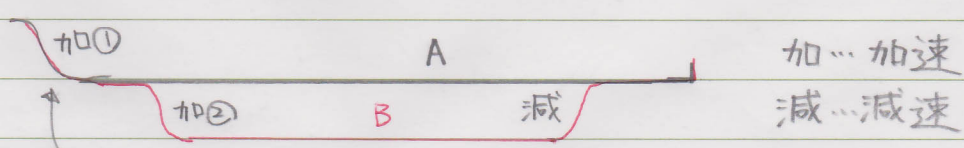
2. しかし、磁石をつつの中に入れると、ゆっくり落ちてくる。

3. これは、アルミのつつの中に強力な石磁石を落とすとアルミに電流が流れ、電磁石になるから。そのため落とした石磁石の下からは、石磁石をおし上げようとする力がはたらく、石磁石の上からは引き上げようとする力がはたらく。なので、石磁石がつつの中をゆっくりと落ちていく。

2. この模型を使った実馬矢



(A→黒線 B→赤線)

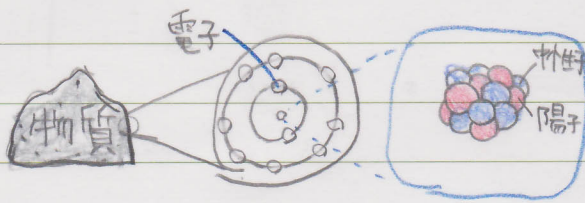


はじめに①で加速する。A方には加速が①しかないが、Bは①と②で加速することができる。Bには減速もあるが、二回加速しているのだから減速される時間が短い。なので、Bの方が速い。



サイエンスカフェの中で話し合った時は「一般道路と最後に少し渋滞のある高速道路」に例えていただきました。分かりやすかったです。

原子とは、私たちの身体、液体、金属、空気、衣料品、木材など身の回りのすべての物質のことです。原子は、とても小さな粒子の結びつきで作られています。原子は、原子核とその周りにある電子からなり、さらに原子核は

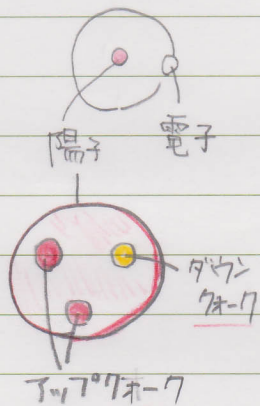


物質 → 原子 → 原子核

陽子と中性子からできています。放射線は、高いエネルギーを持った高速で運動する小さな粒子や電磁波(光の一種)のことで、もちろん目に見えませんが、その特徴として物質を透過

「構造がシンプルな水素とヘリウム」

水素



ヘリウム



する性質や原子をイオン化する性質があります。(電離作用ともいい、放射線が原子近くを通過するとき原子中の電子数を増減させる働き)

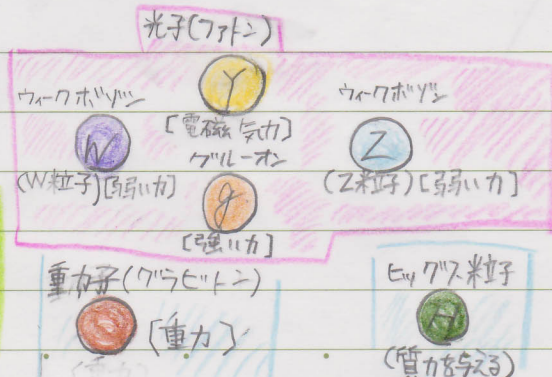
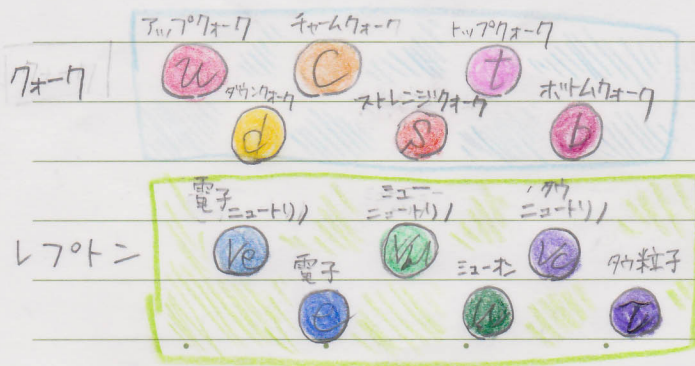
素粒子とは、それ以上分割できないとされる究極に小さい粒子のこと。現在では6種類のクォークと、電子の仲間である6種類の「レプトン」が、物質を構成する素粒子であると考えられます。

物質粒子

ゲージ粒子

1. 物質を構成する素粒子

2. 力を伝える素粒子



No. 3

放射能 という性質を持つ放射性物質から放射線が出る。

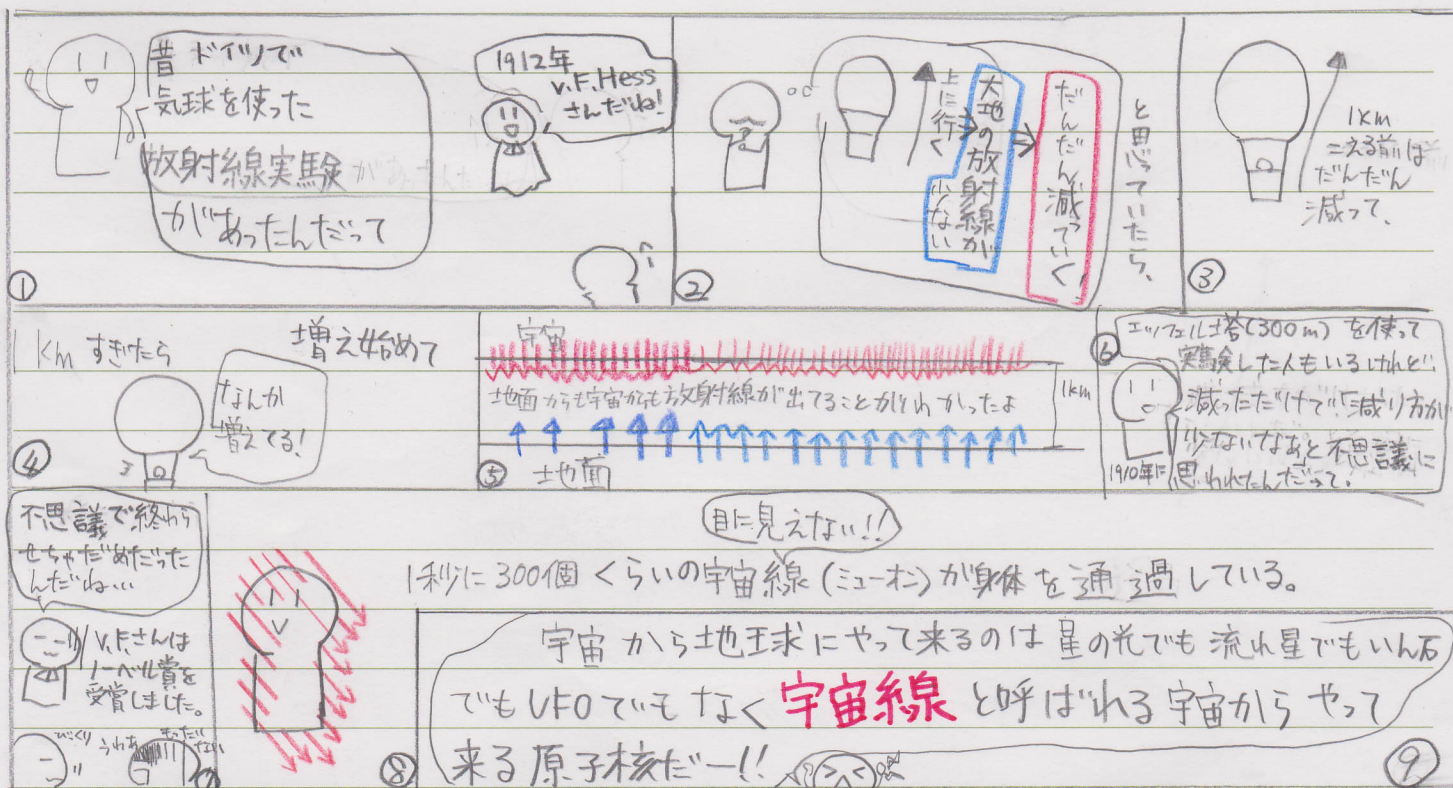
宇宙起源放射線(宇宙線)

大地にふくまれる自然物質

飲食物

大気中にふくまれるラドン

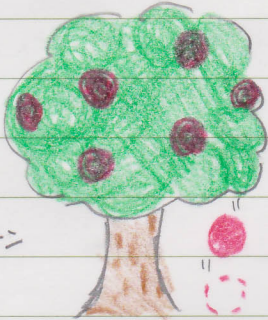
宇宙線はふくまれている。



万有引力とヒッグス粒子

No. 4

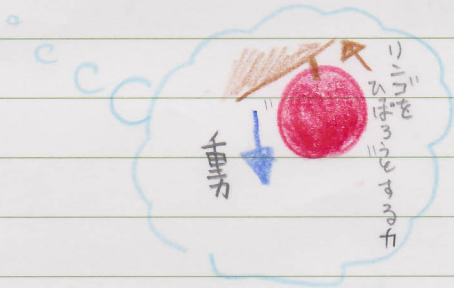
万有引力とは「万物(あらゆる物体)が有する引き合う力」を意味する。



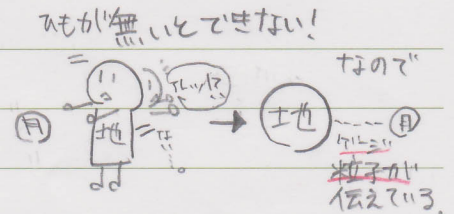
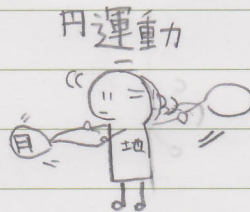
ニュートン

慣性の法則
作用反作用の法則

リンゴが木から落ちる。
よく考えると、そこに力がある。



地球と月の間に僅かく力がある



万有引力(重力): 物と物の間には必ず引きつけあう力が僅かく。

ヒッグス粒子...「神の素粒子」と呼ばれ、物質に重さを与え、「万物を生み出す神の粒子」とも呼ばれてきた。

質量がない世界 → ヒッグス粒子 → 質量を持たせた。

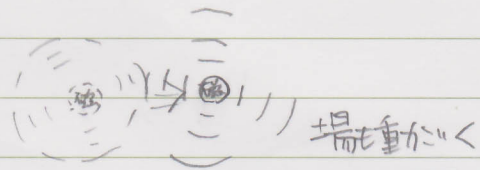
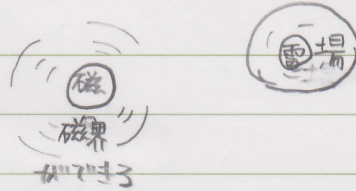
ここで言っている質量とは、体重計などにのって計る重さではなく、力を加えたときの「重力がしにくさ」の事を物理学では「質量」と呼んでいる。

物体(粒子)の性質 重みにくい? 重みやすい?

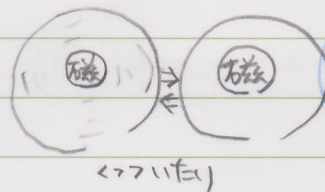
・磁場(地磁気) ← 磁石

・電場 ← 電荷

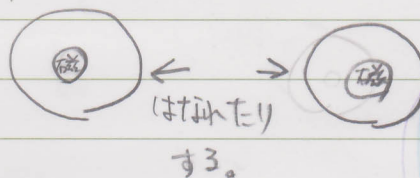
・重力場 ← 質量



※場はヒッグス粒子とはいわない。



高速で飛び回っていた素粒子があるとき、重みにくい場についた。(ヒッグス場)



重みにくくなったことにより、質量をもった素粒子が集まり、原子核や原子ができ、物質が生まれた。

重力波について

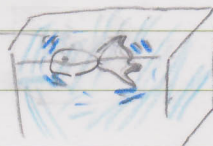
巨大な
質量をもつ
天体

・ブラックホール
・中性子星
・白色矮星

なにか「光速に近い速度で重たいたり、質量が急に変わったりすると重力波の波もんが」できる

例)

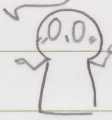
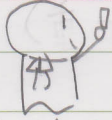
川に石を投げたり、水の中で物が「重たいたり」すると波もんが「できる」。



重力波とレーザー干渉計

No. 6

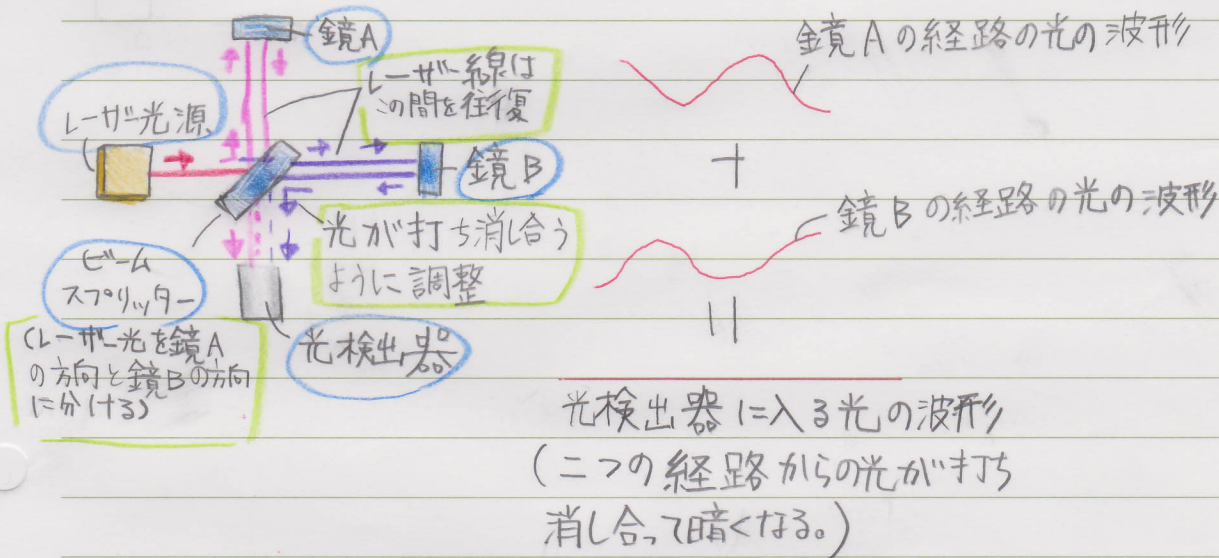
物質、ないしは、エネルギーが存在すると、その周りの空間にゆがみが生じる。さらに運動すると空間のゆがみの様子が変わり、それが波として伝播する。(これを重力波というよ！)



重力波をとらえるのに現在主流となっているのは、「レーザー干渉計」という手法だ。

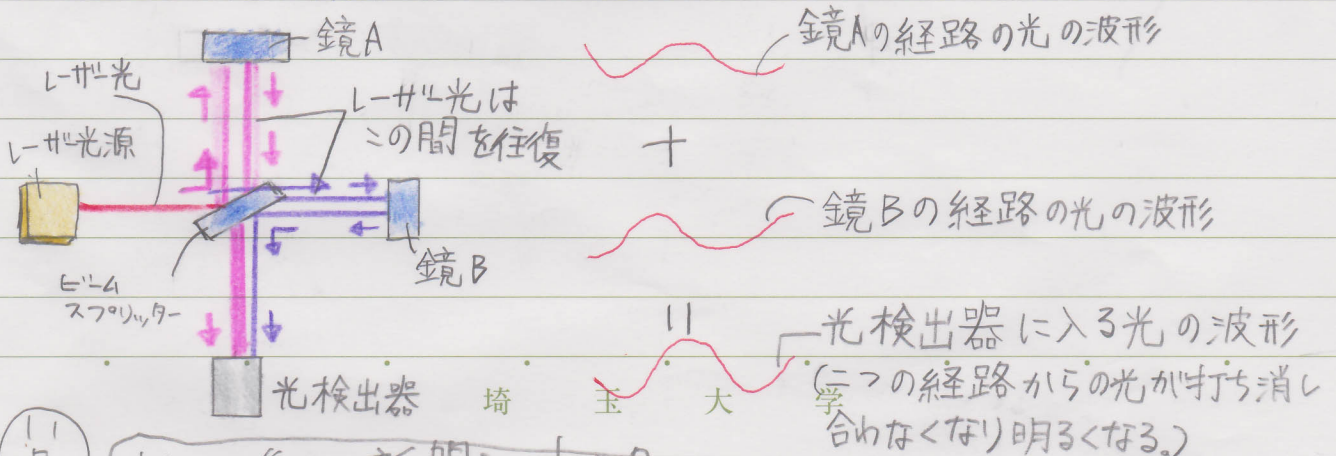
重力波の測定原理(レーザー干渉計)

① 通常時



② 重力波の通過時

(縦方向が伸びて横方向が縮む場合)



去年に集めた新聞記事を見てみよう

科学の扉

一般相対性理論100年上

証明続く「予言」の数々

アインシュタインの生涯	
1879年	ドイツウルムに生まれる
1905年	「特殊相対性理論」の論文を完成
15年	プロイセン科学アカデミーに「一般相対性理論」の論文を提出
11月25日	
19年	英国の天文学者が皆既日食の際の観測で光が曲がるのを確認
22年	理論物理学への貢献が認められ、ノーベル物理学賞を受賞が決定
32年	来日し、約6週間滞在
米、軍用にはアインシュタイン	米、軍用にはアインシュタイン
米、軍用にはアインシュタイン	米、軍用にはアインシュタイン
45年	原爆投下
55年	特許局長を務める「ラッセル・アインシュタイン賞」に同意
4月11日	
18日	プリンストンで死去、76歳

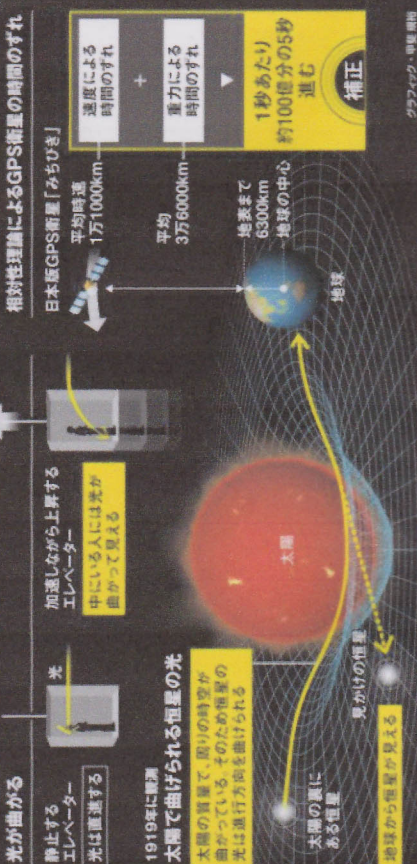


1915年当時(35歳)のアインシュタイン

1919年に観測

光が曲がる

相対性理論によるGPS衛星の時間のずれ



先陣争い

一般相対論の方程式には先陣争いがあった。ドイツの数学者ヒルベルトの論文の初稿は提出が5日早かった。決着は97年。史料で、初期の方程式は完全でないことが判明した。

記念展も

100周年を記念した東京理科大学近代科学資料館の「アインシュタイン展」(～12月10日)では、イーストランドのペブライ島に格納された自筆原稿のレプリカや写真などが展示され、一般向け講演会も開かれていく。

時空のやがて波のやがて伝わる現象少重力波

「科学の扉」は毎週月曜日に掲載します。次回の扉とは、最新の研究を取り上げます。ご意見は「読者」kagaku@asahi.comへ。

GPSでも利用

成果は幅広く使われている。身近な例は、人工衛星を利用したGPSだ。一般相対論によると、上空は地上に比べて重力が小さく、時間の流れ方が速い。高速で進む物体は時間の流れ方が遅くなる。この特殊相対論の効果も働く。日本版GPS衛星では、差

引き1秒あたり100億分の5秒速い。地上では15分のずれに相当し、補正が必要になる。宇宙物理学で注目されるのは、重力波、時空のゆがみが波のようには伝わる現象だ。産研の中心に置いたボールが動く。揺れが波となって周囲に伝わる。宇宙誕生直後の膨張の際も、大きな重力波が出たと考えられている。観測できれば、力の統一理論の構築につながる。この

世には四つの力(重力、電磁力、強い力、弱い力)が存在するが、宇宙初期は統一されていたと考えられ、重力と電磁力の統一は、アインシュタインの「統一」を駆使して、相対論を超える理論を築くことが、物理学の次の100年の課題だ。東京理科大学の辻川信教授はこう話す。(読者投稿)

皆既日食で観測

一般相対論が生まれたきっかけは、1907年の「ひらめき」だ。それまでのニュートン力学では重力は速く動く物体にも瞬時に伝わると思われており、光速を超えない特殊相対論との矛盾を解く必要があった。ひらめきとはこうだ。ロケットが地上に静止していると、中

ると、乗客は引き戻されたりする。電車の加速に際しては「力」が消失したり現れたりするのだ。重力もまた同じく、ある空間が加速運動すると、重力が働くことは等しい。これを「等価原理」といい、ここから重力によって光が曲がる現象が導かれた。どうしてか。エレベーターの窓に穴をあけ、光を入れた乗客を考えると、地上に加速すると、中の人にとっては光は必ずしも曲がって進む。これに等価原理をあてはめれば、重力が働く空間では光は曲がる。実際、1919年の皆既日食の際、本誌の大きな重力で光が曲

がるのが観測され、理論の正しさが裏付けられた。アインシュタインは、重力の主体は「空間のひずみ」と考えた。ひずみは、産研の中央にボールを置いたときに、周囲の空間に伝わる。重力もまた、空間のひずみによって伝わる。玉の動きのようには、重力が働く。重力が働くのではなく、産研のひずみが重力を生み出す。ひずみと物質やエネルギーの分布との関係を示す重力場の方程式が完成し、論文を提出したのは1915年11月25日だった。

アインシュタインの業績

アインシュタインの一般相対性理論が完成して、この月でちょうど100年が経つ。20世紀の物理学に革命を起し、人々の世界観や宇宙観を覆しただけでなく、21世紀の科学にも大きな影響を与えている。理論ができた経緯をたどり、果たした役割と今後の展望を、同にわたり紹介する。

アインシュタインの業績でよく知られているのは、特殊相対性理論(1905年)だ。光の速度は絶対不変で、物をどこまで加速しても光速を超えないこと、空間の長さや時間の流れは運動によって伸び縮みする相対的なものであることを示した。エネルギーは質量に光速の乗をかけたものと等しいという有名な法則(E=mc²)もここから導かれる。その10年後に生まれた一般相対性理論は、特殊相対論を拡張し、より一般的な理論を作る試みから生まれた。その集大成が「重力場の方程式」(別名アインシュタイン方程式)だ。方程式からは、時空がゆがみ、光が曲がる、重力の波が伝わるという不思議な現象が導かれる。

「アインシュタインの『予言』を実際の観測で見つけ出すことで、人類は一般相対論の正しさを証明してきた。それがこの100年だった」。東北大学の「理論物理学教授」はこう話す。「一般相対論が研究するブラックホールも、この方程式から導かれる。地球全体をパチンコ玉の大きさ以上に圧縮するほどの大きな密度で、極めて強い重力が働く。光を含めてあらゆるものを吸い込む。人間はもちろん近寄れないが、相対論の計算で「風船」を描ける。ブラックホールの周りを回ると、七色に輝く光の中を進んでいるように見えるからだ」。

朝日新聞社、無断複製転載を禁じます。すべての内容は日本の著作権法により保護されています。

科学の扉

日曜日

享月

四

新

星

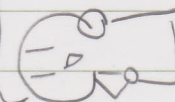
第3種郵便物認可

埼 玉 大 学

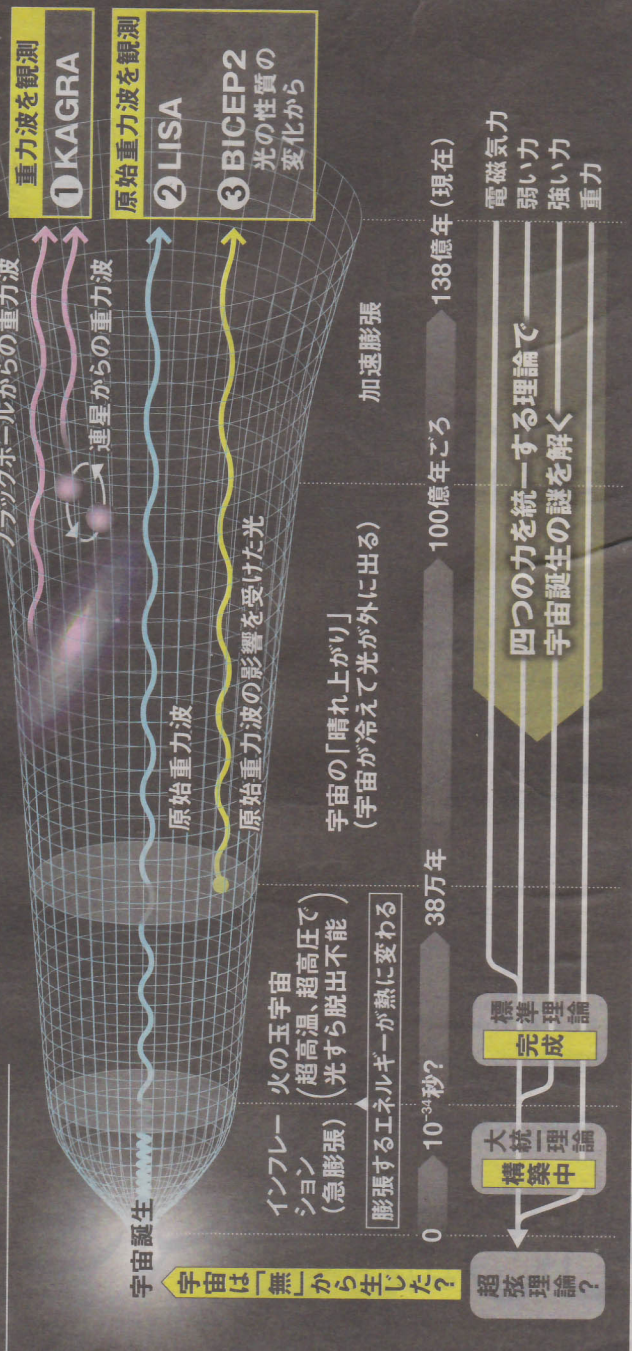
重力波で迫る宇宙誕生

一般相対性理論100年下

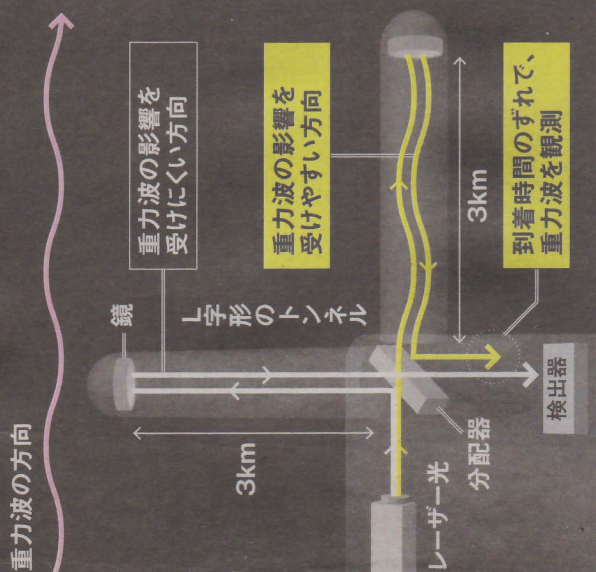
この世には四つの力
(電磁気力、弱い力、強い力、重力)を統一する
理論で宇宙誕生の
謎を解く



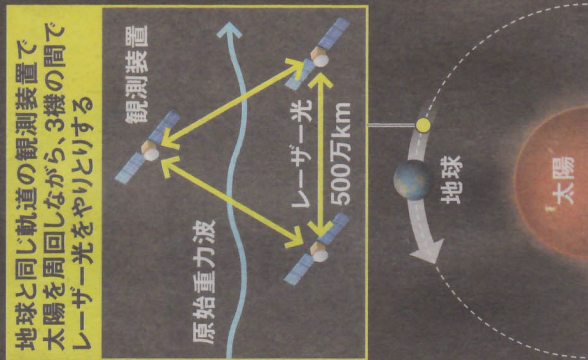
重力波が描く宇宙史



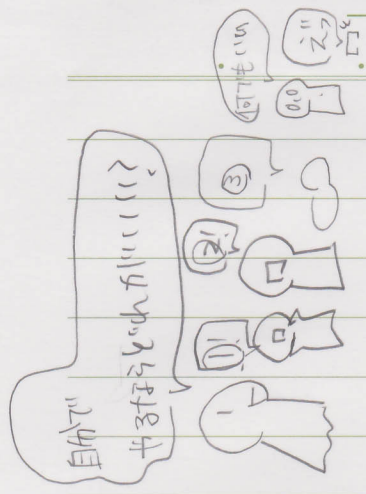
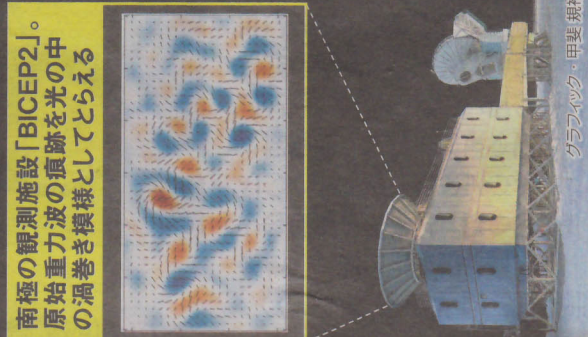
① KAGRAのしくみ



② 欧州宇宙機関のLISA計画



③ BICEP2



大 間接的な観測

原始重力波の観測には間接的な手法もある。晴れ上がりから出た光「宇宙背景放射」の中に、重力波の影響を示す痕跡を見る方法だ。光の中の渦巻きパターンとして現れる。観測は宇宙や極地、高地といったノイズの少ない場所に限られる。昨年、米国のチームが、南極の施設「BICEP2」で観測した信号が原始重力波らしいと発表し、世界を驚かせたが、他のチームのデータと突き合わせなどの解析の結果、誤りとされている。

人生最大の過ち

宇宙は不変であると固く信じたアインシュタインは、膨張する宇宙像を嫌い、自ら完成させた重力場の方程式にわざわざ「宇宙項」を付け加え、膨れも縮みもない宇宙を作り出した。後年、観測で膨張がわかると、誤りを認めて「人生最大の過ち」と語ったとされる。ただ、真相は謎だ。出どころは、火の玉宇宙論で知られる物理学者ガモフが、本人から聞いたとして著作に残したもののだけ。「偉大な失敗」(マリオ・リヴィオ著、早川書房)では、ガモフが話を「盛った」可能性を指摘している。

膨張の謎解く「究極の道具」

10

アインシュタインが予言し、いまもとらえることのできない宿題に「重力波」がある。一般相対性理論の完成から100年の今年、観測をめざす二つの計画が節目を迎える。宇宙の誕生直後に迫るただ一つの「究極の道具」とされる重力波。観測によって垣間見えるであろう宇宙の姿とは。

来月2日、宇宙の成り立ちに迫るための観測装置が南米から打ち上げられる。欧州宇宙機関(ESA)の「LISAパスファインダー」。目指すのは、原始重力波の観測だ。

重力波とは「時空のひずみ」が波のように伝わる現象のことだ。物体が運動すると発生し、波紋のように周りに伝わる。宇宙空間には天体運動で発生した重力波が光速で飛び交う。

原始重力波は138億年前に

宇宙が誕生し、急膨張したのに伴って生じた重力波。138億光年先から届き、波長は極めて長い。このためLISA計画では、3機の観測装置を互いに500万km離して宇宙に配置。レーザー光で結んで距離の伸び縮みを観測する。三角測量の原理で空間のゆがみをとらえる。

もう一つの計画は、東京大学宇宙線研究所などの大型低温重力波望遠鏡「KAGRA」。今月ほぼ完成し、ブラックホールや連星など比較的近い天体からの

重力波の観測を目指している。

神岡鉱山(岐阜県)の地下にL字形に掘った2本のトンネルで、それぞれ3km先の鏡に向けてレーザー光を往復させる。重力波の影響は方向によって異なるため、2本のレーザー光の波にはずれが生じる。往復させた後に重ね合わせれば、「波の干渉」と呼ばれる現象によって光が明滅するはずだ。とらえられるゆがみはわずかで、成否は機器の調整にかかっている。

三代木伸二准教授は「だれも経験がない観測になる。想定通りに装置が働くかの確認も含め、本格観測までに2年はかかる」。はるかにスケールの大きいLISAの観測開始は、10年以上先とみられる。今回は試験のための打ち上げだ。

力の統一めざす

138億年前に何が起きたのか。初期の宇宙は「真空のエネルギー」によって急激に膨張したとされる。インフレーション(加速膨張)理論を研究する自然科学研究機構の佐藤勝彦機構長によると、10京分の1(京は1億の1億倍)のさらに10京分の1秒といくつとわずかな期間に膨張し、エネルギーは熱に転じて「火の玉宇宙」になった。

火の玉といっても、光は飛び

交う粒子に反射されて閉じ込められていた。少しずつ冷えて、38万年後に光が外に出た。これを「晴れ上がり」という。

インフレーションは、アインシュタインの一般相対論から導かれる。佐藤さんは「一般相対論の最大の意義は、宇宙全体をダイナミクスに議論できることにしたこと」という。重力波も、「宇宙誕生の謎に迫れる唯一の道具」と話す。

インフレーションは100以上もの仮説があり、頻繁に更新されているが、重力波を詳し

く観測できれば一つに定まる可能性がある。さらに、力を統一する「大統一理論」に迫れる。

世界には重力、電磁気力、弱い力、強い力があり、この時期の宇宙は重力以外の三つが統合されていたとされる。宇宙が冷えるにつれて強い力、弱い力が順次分かれて今に至った。観測事実では裏付けられた現在の標準理論では、電磁気力と弱い力は統一的に説明できる。三つをまとめる大統一理論は現代物理学がめざす次の目標だ。

裏付けに限界も

では、インフレーションが始まる前はどんなだったのか。

宇宙はクォークのような素粒子よりも小さく、一般相対論の適用には限界があると考えられている。東京理科大の辻川信二教授は「一般相対論と、極小の世界を記述する量子力学とを統合した新たな理論が必要にな

る」と説明する。力でいえば、重力も含めた四つの力の統一につながる理論でもある。

その有力候補の一つに、宇宙をひものようなものに例える「超弦理論」がある。力は素粒子によって伝わるが、超弦理論では、すべての素粒子は1本の弦であると考ええる。弦ははじき方によって様々な音が出る。これが素粒子の種類に相当する。

さらに時間をさかのぼると誕

生の瞬間にたどり着くが、重力波の観測で裏付けるのは難しい。空間の膨張とともに波が極限まで引き伸ばされるからだ。

しかし、膨張の過程が詳しくわかれれば、宇宙は無から生まれたのか、別の宇宙がいったん終わりを迎えて再生したのか、今はぼんやりしているイメージが焦点を結び始める。私たちの宇宙観は大きく変わるだろう。

(轟幡久敏)

火の玉宇宙へ次へ!

月 日 年 2016年(平成28年)2月13日 土曜日 13版

重力波による 宇宙のはじまりの観測

KAGRAのホームページなどをもとに作製

宇宙誕生

「火の玉宇宙」
超高温、超高压で
光すら脱出不能

光では観測
できない範囲

138億年前

「宇宙の晴れ上がり」
誕生から38万年後

地球から約7億光年



今回見つかったブラックホール

13億光年

重力波 宇宙の空間
がゆがんで
起きる波

約6千万光年

改造前の
LIGOで観測できた範囲

現在のLIGOで観測できる範囲

GEO600 600m
ドイツ
ハノーバー(地上)

LIGO 長さ4km
米国(地上)
ワシントン州・ルイジアナ州

世界の観測施設

VIRGO 3km
イタリア
ピサ(地上)

KAGRA 3km
岐阜県
神岡鉱山(地下)

地球

重力波を観測したのは、昨年9月の観測開始からわずか2日後だった。二つのブラックホールが合体した瞬間に周りに生じた「時空のひずみ」が波となり、13億光年先から地球に届いていたことが解析で分かった。米国の2カ所にある装置はそれまで6年間かけて精

「ガリレオが400年前に望遠鏡で宇宙を見た。同じように、我々は今日、重力波による天文学の窓を開いた」。研究チームのデビッド・レイツェ博士は、ワシントンで開かれた会見でこう喜びを語った。さらに「本当にエキサイティングなのは次に来るものだ」と述べ、今後の天文観測で予想される大きな発展に期待を寄せた。

米「LIGO」初観測

装置改造 2日後の成果

アインシュタインの「最後の宿題」とされた重力波を初めて観測したと米研究チームが報告した。重力波を使えば、これまでの望遠鏡では見えなかった天体現象や初期の宇宙に迫ることができる。今後の成果に期待が高まるが、国際的な観測態勢づくりや観測予算の確保といった課題もある。

度を上げる改造工事をしていた。そこに、ツキも味方した。観測された波形は、予想される重力波の特徴と一致。データの明確さに、物理学の研究者からは驚きの声が上がった。重力波によるわずかなひ

ずみをとらえるには、巨大な施設による精密な観測が必要になる。1970年代に研究構想が始まり、完成したのは99年。初代の装置は性能の確認が主な目的で、重力波をとらえられるとしても10年に1回程度という精度だった。2008年に始まった大幅な改造で、1年に10回は観測でき

火の玉宇宙 超高温 超高压で
光すら脱出不能

るほど精度が飛躍的に向上した。

観測は今年1月まで続いたが、これまでに解析したのは一部のデータに過ぎない。まだ、ほかのブラックホールなどから届いた重力波が埋もれているかもしれない。装置は調整作業を経てさらに精度を高める。運

転を再開する7月以降も成果が期待される。

全米科学財団(NSF)がこれまでに投じた費用は約11億ドル(約1240億円)。NSFのフランス・コードバ理事は会見で「米国が世界の先端知識のリーダーであり続けるため、開拓者に投資する」と述べた。

未知の窓を開く

ブラックホール・宇宙の初期 解明期待

重力波を観測すれば、光や電波を使う望遠鏡では迫りきれなかった天体の新たな姿が見えてくる。ブラックホールや中性子星がその例だ。今回の発表は「重力波天文学」の幕開けでもある。

LIGOのチームがとらえたのは、二つのブラックホールが互いの周りを回る「連星ブラックホール」が最後に合体する現象。予想

されていたが、実際に観測されたのは初めてだ。合体では、太陽3個分の巨大なエネルギーが放出されたとみられる。

岐阜県・神岡鉱山にある日本の観測装置KAGRAが目標に挙げる一例が、ブラックホールの誕生の瞬間だ。巨大な星が一生を終える「超新星爆発」が起こると、その中心にブラックホ

ールが生まれる。ガスに包まれて光は遮断されるが、重力波はすべての物質を通り抜けるので観測できる。

中村卓史・京都大教授（宇宙物理学）は「本当に面白いのはブラックホールのぎりぎり近くまで見えること」と話す。重力波でその様子を調べ、従来の物理理論が成り立たないことがわかれば、理論の書き換え

につながる可能性がある。重力波はすべての物質を通り抜け、どれだけ遠くにも到達するため、宇宙の初期の姿にも迫れる。

宇宙は138億年前に誕生した後、急膨張し、火の玉となった。光は飛び交う粒子に反射されて閉じ込められ、やがて冷えて38万年後から外に出た。「宇宙の晴れ上がり」と呼ばれ、こ

れより前の宇宙の姿は光では観測できない。

宇宙の膨張で生じた「原始重力波」をとらえれば、この空白期間を埋めることができる。直接、間接に観測する計画が世界で進む。

波長が長いため、複数の人工衛星の間でレーザー光をやり取りして観測する計画が欧州で進む。

ただし、重力波天文学には課題も多い。重力波がやって来た方向を知るには3カ所以上の施設で同時に観測する必要がある。観測施設が多いほど精度が上がり、国際協力が欠かせない。観測所の建設費や運営費も巨額だ。3月15日から試験観測を始めるKAGRAの建設費は今年度までで約155億円。LIGOに劣らぬ高い性能を誇るが、存在感をどう発揮するか試験の時を迎える。

日本人も貢献

LIGOの論文には1千人以上の研究者が名を連ねた。日本人は数少ないが、成果には大きく貢献した。成功の力ギとなった装置の改造にあたり、精度を上げるための機器の総合調整を担当したのが、LIGOハンフォード観測所の河邊径太・統合テスト主任だ。高精度の光検出器、出力が極めて安定したレーザー、熱による振動が起きにくい鏡、地面の振動を遮断するしくみなど一

つずつ組み上げていった。「新たな技術を開発しながら少しずつ改善していく作業。車でいえば、車体もタイヤもハンドルもすべて組み付けられ、エンジンも回って

いるのに、なぜか走り出さないこと。もたくさんあった」。まだ最初の観測を終えたばかり。「最終的な性能には達しておらず、仕事はこれから続く」

LIGO研究所の山本博章上級研究員は計画当初の94年からチームに加わる。「初代の装置は予定の感度を達成するまでに5年もの歳月がかかった。原因不明の雑音に長い間悩まされた時期もあった。その苦しい経験が生きた」と話す。

日本や欧州の観測が始まれば、連携して位置の精度が高い観測が可能になる。2人ともその日を心待ちにしている。

原始重力波をとらえれば、空白期間を埋めることができる。

第3種郵便物認可

享まとめ

いちから
わかる!

じゅうりよくは 重力波ってなに？

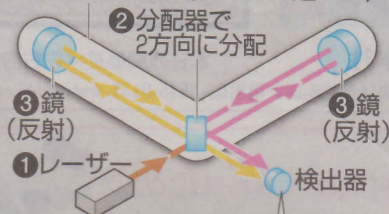
重力波研究の歩み

- 1916年 アインシュタインが存在を予言
- 79年 米科学者の間接観測が認められる
- 2002年 LIGO (ライゴ) が本格観測開始
- 10年 KAGRA 建設開始
- 15年 第1期実験施設が完成
研究代表者の梶田隆章さんが
ノーベル物理学賞を受賞

重力波望遠鏡の仕組み

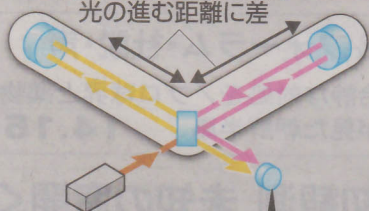
通常

L字形のパイプ(LIGOは1辺4km)



④同着すると打ち消しあって暗くなる

重力波が届くと

時空にひずみがあると
光の進む距離に差

時差があると打ち消しあわず明滅する

重力波の観測は、光や電波を手がかりにしてきたこれまでの天文学とは異なる学問の始まりだ。(福島慎吾)

コブク郎 米国の研究グループが重力波を観測したと発表したけど、どんなものなの？

A 重力波は、宇宙の空間がゆがんで起きる波のことだ。重い星やブラックホールが合体したり動いたりすると、周りの空間が伸び縮みし、そのゆがみが水面の波紋のように広がっていくんだ。

コブク郎 米国の研究グループが重力波を観測したと発表したけど、どんなものなの？

A アインシュタインが存在を予言した現象だ。アインシュタインの一般相対性理論では、重さを持った物体の周りでは空間にゆがみが生じるとされる。

コブク郎 米国のグループは、L字形のトンネルの中央に置いた光源からレーザー光線を飛ばし、4ヶ先の両端に置いた鏡に反射させて往復させた。重力波が来たら、その影響によって光線

コブク郎 日本でも観測を狙っていたんだ。

A 東京大などのグループが、岐阜県の神岡鉱山の地下に「KAGRA(かぐら)」を建設している。

重力波の観測は、光や電波を手がかりにしてきたこれまでの天文学とは異なる学問の始まりだ。(福島慎吾)

重い星などが動くと、宇宙空間がゆがんで起きる波だよ

重力波は、宇宙の空間がゆがんで起きる波のこと。重い星やブラックホールが合体したり重かいたりすると、周りの空間が伸び縮みし、そのゆがみが水面の波紋のように広がっていく。

感想

宇宙に存在する物質のうち、私たち人類がわかっているものは4%しかたないそうです。

ブラックホールの中は、どうなっているのでしょうか。知りたいです。

2016・2・13

■質問のテーマを募っています。あて先は wakaru@asahi.com