

最新科学情報ポッドキャスト番組  
ヴォイニッチの科学書



2012年3月3日  
Chapter-382  
大型低温重力波望遠鏡「かぐら」

<http://www.febe.jp/>

配信資料

<http://obio.c-studio.net/science/>

アインシュタインの一般相対性理論によると、重さのあるものが存在すると、それだけで時空にゆがみができます。さらにそれが運動をすると、この時空のゆがみが光の速度で遠方へ伝わっていきます。これが重力波です。

重力波はアインシュタインの一般相対性理論からその存在が予言されているものの、いまだに直接には検出されていません。この重力波の世界最初の直接検出を目指し、東京大学宇宙線研究所を中心に国立天文台や高エネルギー加速器研究機構(KEK)などが参加して進めている大型低温重力波望遠鏡(Large-scale Cryogenic Gravitational wave Telescope : LCGT)

「かぐら」の建設が、いよいよ岐阜県飛騨市神岡町の地下で始まりました。神岡鉱山内という極めて地面振動が少なく、温度・湿度の安定な環境に設置するという事です。

実は地面は、風や打ち寄せる波、地球自身の固有な振動で常に振動しています。それが地下に潜ることにより低減され、神岡鉱山内の振動は地上の1/100まで小さくなっています。このことは重力波検出装置を長時間運転し、観測する上で大きな利点となっています。



ものを観察するという事について、太古の人類は可視光でのみ自然を観察していました。それが19世紀に入って電波やX線が発見されると、それらを使って自然を観察することが可能になり、可視光では見えなかった人体や物質の中の様子が観察できるようになりました。その後も赤外線・紫外線やガンマ線など、次々と新しい「観測手段」が発見されるごとに、それ以前には見る事のできなかった世界を見ることができるようになりました。同様に私たちが、重力波を観測手段で利用する技術を獲得すれば人類に未知なる世界を垣間見ることが可能にするであろうと期待されています。

ただし、可視光にしてもX線にしてもすべて電磁波の仲間です。ところが重力波は波動現象ですので、これまで人類が開発した様々な観測方法とは全く異なっていて、重力波を使った自然の観察が、電磁波の仲間を使った観察と根本的に異なる世界を切り開くことが期待されています。

「かぐら」による観測成果で科学者たちが期待しているものは、  
・アインシュタインの一般相対性理論の検証

- ・宇宙誕生のより初期の情報の取得、および宇宙重力波背景放射の検出
- ・非常に強い重力場での物理現象の観察などです。

重力波が到来すると、二つの物体の間の距離が変化して見えます。しかも重力波による物体間距離の変化は、直行する二つの方向のうち、片方が伸びた時はもう片方が縮むという変化を繰り返します。その伸縮量は、物体間距離が離れていればいるほど大きくなる性質があります。その距離の変化を検出することが重力波望遠鏡の基本的な仕組みです。

ところが、問題はその距離の変化がほんのわずかしかでしかないということです。たとえば、銀河系とは違う他の遠い銀河で発生した現象による重力波が地球に与える影響は地球と太陽との間の

距離を、わずか水素原子 1 個分動かす程度なので。けれど、そのような天体現象が、銀河系の中で発生すればその数十倍程度に大きな時空の変化となるので現在の技術でもその重力波を捕らえることができます。けれど、銀河系の中で検出可能な重力波を発生させるほどの激しい天文現象が起きる確率は数十万年に一回しかないので、遠くの銀河で発生した重力波も検出できるほど高性能な重力波望遠鏡を建設しようとしているのです。

さて、その重力波の検出方法ですが、重力波は、全てのものを貫通してしまうため、マイクや CCD のような仕組みでは検出できません。けれど、光は重力波によってゆがんだ空間に沿って走る性質があり、それに時空は直行方向で伸縮するという性質を利用して検出することが可能です。このような仕組みの装置を「マイケルソン干渉計」といいます。長さを測るには、同じ光を直行する二方



向に向けて発射し、遠くに置いた鏡で反射させ、戻ってきた光の到達時間を両方で比較します。重力波によって伸びた方向に走った光のほうが帰ってくるのに時間が長くかかるため、伸縮の有無が分かります。ただし、地球上では地球が丸いという理由から、光が走る腕の長さはせいぜい4キロメートル程度にしか取れません。そのため鏡を二枚用意して、その間を何度も反射して折り返させ光が70キロメートル程度走るようにしています。

重力波をアインシュタイン博士が提唱したのは1916年のことでした。当時は重力波の効果はあまりに小さすぎて、実際には検証が極めて困難であろうと思われていました。その後、1960年代にメリーランド大学の研究者らが重力波を検出する装置として、「共振型重力波アンテナ」を考案しました。これは重力波によって、金属でできた大きな共振体の共振振動が励起されることを検出しようとするものです。地球上由来の人為的な信号を除去するために、2台の検出器を離れた場所に設置して観測を行った結果、この装置によって重力波ではないかと思われる信号の検出には成功しましたが、それが本当に宇宙からの重力波に間違いのないと言うことは確認できませんでした。けれど、この実験をきっかけとしてアメリカの「ALLEGRO」、ヨーロッパの「EXPLORER」「AURIGA」「NAUTILUS」など、様々な共振型重力波検出装置が開発されました。

重力波の直接的検出は、困難を極め、世界中の研究者がそれぞれの共振型重力波検出器の性能向上に関する研究を続けました。そんな試行錯誤の真っ最中の1974年、連星中性子星という、極めて強い重力場を持つ中性子星同士が互いに近接して連星系をなす、非常に珍しい天体（PSR1913+16）が発見されました。連星はお互いの周りを公転す

る運動をしていますので、強い重力波を発生させているはずで、もしそうならば、連星系の回転の勢いが奪われ、連星の公転周期が短くなるはずだと予測しました。その後、この連星系の公転周期の観測が続けられ、1979年、ついに、その公転周期の短縮変化が重力波が原因であると仮定して得られる理論的な予想と、誤差1%程度で一致する結果を得て、結果、これが重力波の間接的な存在を検証となりました。この成果に対し、1993年にノーベル賞が授けられました。

1970年代に活躍した共振型検出器は、原理が簡単で作成しやすい長所がある一方、検出できる重力波の周波数帯域幅が観測装置の設計によって限定されることからマサチューセッツ工科大学の研究者らは、「かぐら」の構造の基本となる干渉計型重力波検出器を提唱しました。マサチューセッツ工科大学とカリフォルニア工科大学の共同研究では40メートルの長さのレーザー干渉計が開発されました。

日本においては、1990年代に、20m~100mクラスのプロトタイプ干渉計が、国立天文台や、宇宙科学研究所で開発され、その後、その要素技術を結集し、国立天文台にTAMA300という重力波望遠鏡が建設されました。（下写真）





TAMA300 は一時期はその性能と観測において世界をリードしましたが、現在では日本の干渉計は欧米の装置に比べて性能で劣っているため、「かぐら」を新たに建設することによって世界に先駆けた重力波の初直接検出を目指しています。先に紹介したように、巨大な天文現象による重力波はある確率で地球に到達し、検出装置の感度が高いほど重力波を検出する確率は高くなります。現在世界で最も感度のよい LIGO 重力波望遠鏡（下写真）は、数百年に一度の重力波イベントを捉える能力がありますが、世界の重力波観測グループは、感度をさらに 10 倍改善することで、人類初の重力波の直接検出を行い、さらに感度を向上させることによって 1 年に数回の重力波イベントの観測による重力波天文学の創生を目指しています。



ちょきりこきりヴォイニッチ  
今日使える科学の小ネタ

▼オーストラリアで全長 1500 キロの無人列車運行計画

鉄鉱石生産で世界 2 位のリオ社がオーストラリアで鉄鉱石を鉱山から輸出港まで運ぶ貨物列車を 2015 年までに無人運転に切り替えると発表しました。現在使用中の電気機関車 148 台を無人運転用に改造し、運行延長は 1500 キロでこれほどの長距離を重量物を積載した貨物列車を無人運行するのは世界で初めてとのこと。リオ社では 2011 年 11 月にコマツの超大型無人運行ダンプトラックを 2015 年までに 150 台導入すると決めるなど、事業の無人化・効率化を加速しています。



1

その背景には資源・エネルギー開発が相次ぐオーストラリアで優秀な技術労働者の確保が難しくなっていることが背景にあると言います。無人列車のためのシステムは、イタリアの鉄道メーカーのアンサルド S T S や米ゼネラル・エレクトリック（GE）と共同開発します。

<sup>1</sup> <http://www5.wind.ne.jp/ikawa/Ceduna.htm>

### ▼脳がどのように言葉を聞いているかを解読する方法

米カリフォルニア大学バークレー校などの研究チームは、被験者の脳に電極を装着し、聴覚系の中枢である側頭葉が会話中にどのように音声を聞き、どの部分が反応しているかを把握することによって脳が聞いた言葉を再現することに成功しました。

言葉を聞くことによって活性化される脳部位と実際に聞こえている音声周波数の帯域が明らかになったこの研究によると、たとえば「structure」という単語では高周波の音「s」と低調波の音「u」は、脳内でそれぞれ異なるパターンを形作ることが確認されました。音の特徴とそれによって起きる脳活動はある程度、対応しているため、脳内に物理的に記録されたものをつなぎ合わせれば言葉を再現できるということです。

### ▼iPS 細胞などの先端医療の実用化を加速するため、厚労省が20の大学連携して臨床研究を支援することとなりました。

厚生労働省は iPS 細胞など日本での先端的な医療研究を早く実用化するため、国内15~20の大学や研究所と2012年度中に連携し、有望な技術ごとに審査・承認する基準をつくります。それによって企業が臨床研究に着手しやすくして医薬品や医療機器の開発力を高めることが目的です。日本は基礎研究が進んでいる一方で、実用化に時間がかかり、有望な技術が海外に流出することが多いため、成長戦略の柱である医療分野で巻き返しを狙います。

医薬品に関しては日本は輸入大国で、2010年度では1兆円以上の輸入超過に陥っています。日本の医療費が年間40兆円程度ですのでこれは少なく

ない額です。iPS 細胞などの革新的な技術を医療の現場で実用化されるにあたって、安全性や有効性の評価が難しく、実用化に向けた研究開発が足踏みしてしまい、臨床研究の段階に進めない例も多く、進めたとしても実用化までには10年程度かかります。厚労省はこれを数年分は短縮したい考えです。たとえば、iPS 細胞の場合、がんになるリスクや、がんの発生率がどこまで抑えられれば実用化できるかなどについて、国が承認の基準をつくることとなります。またあわせて、臨床研究の手続きの簡素化、規制の緩和が行われ、先行している米欧、シンガポール、韓国などに対抗します。

お知らせ

今後のスケジュール

3月17日（土曜日）19時～

食事とお酒を楽しみながらのトークライブ

Talk & Music Diner Voynich in Tokyo 2012

「ここまで進んだ次世代医薬品」

会場：LoftA（東京・阿佐ヶ谷）

出演：中西貴之／薬師るり

前売：¥2000-

ローソンチケットLコード：38657

4月14日（土曜日） 10時30分～11時30分

教科書が教えないホットな科学の講演会 第27回

会場：下関市生涯学習施設ドリームシップ 1階音

楽練習室（山口県）

入場無料 事前申し込み不要

4月21日 16時～17時頃開演予定

大阪なんば<sup>べにつる</sup>紅鶴

くりらじイベントでヴォイニッチの科学書 2時間

スペシャル開催

iPad アプリ新発売

第一弾

写真集

「花技炸裂その美と花火の科学」

打ち上げ花火を上空の炸裂する間近で見るとどんな感じでしょうか。

そこには、遠くから見るのとは全く違った、宇宙開闢の瞬間さえ想像させるような迫りに満ちた世界が展開していました。このアプリはそんな花火の炸裂の瞬間をとらえた 120 枚の写真に花火にまつわる科学の小ネタを添えた電子写真集です。

<http://obio.jp/v-books/fw.htm>

[iTunes App Store](#)

