

陽子
中間子
崩壊
粒子

宇宙線から発生するミューオンという粒子は、光速に近い速度で走るため、相対論により寿命が伸び、地球に届くようになります。

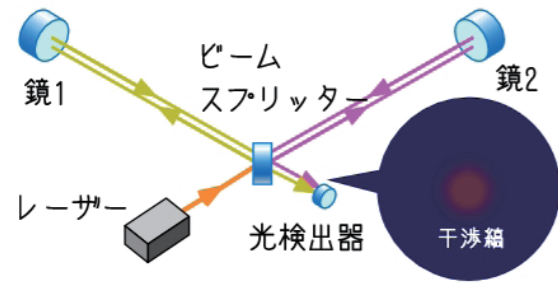
崩壊

重力波がきたらどうなる？

重力波が来ると、時空が歪み、二地点間の長さが変化します。しかし、先の重力波の源から来る重力波による長さの変化量は、発生源までの距離にもよりますが、だいたい太陽と地球の間の長さ（1.5億km）が水素原子一つ分（0.0000000001m）伸び縮みする程度です。この微小な長さの変化を捕える装置が、今、神岡鉱山内で建設中の、「大型低温重力波望遠鏡・KAGRA」です。この微小な変化をとらえるために、数多くの最先端技術が結集されています。

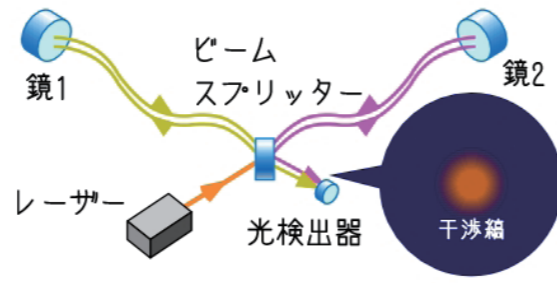
重力波望遠鏡では、普通の光や電波の望遠鏡と異なり、レーザー干渉計というものを利用します（下図）。レ

重力波望遠鏡はレーザー干渉計を使います



ザー干渉計では、一つのレーザー光源からの光を直交する二つに分け、遠くに置いた鏡で反射させて、戻ってきた光の到達時間の差を測ることで、長さの変化を計ります。光は、曲がった空間にそって進む性質があるので、曲がった空間を通過した光は、そうでない光よりも、速く到着したり、遅く到着したりします。その結果、干渉縞が明滅しますのでその明滅から重力波の到来を察知します。現在すでに、0.0000000000000000001メートルの変化まで検出可能ですが、より鮮明に重力波をとらえるために、さらにあと1/10のレベルまで性能を上げる努力がなされています。

重力波で空間がやがむと干渉縞が明滅



重力波の観測で何がわかる？

重力波の観測により、一般相対性理論の正しさが証明されます。また、強い重力場においても、一般相対性理論は正しいのか、あるいは、修正が必要なかがわかります。さらに、重力波により、人類が今まで道具としてきた光やX線のような電磁波では知ることのできない過去の宇宙まで、究極的には宇宙誕生の瞬間まで知るこ

とができると期待されています。また、「重力」の本質は、他の物理の研究対象と比べると著しく理解が進んでいません。重力波の観測は、重力の特性をより詳しく知る助けになるかもしれません。また、重力波望遠鏡のために開発された要素技術は、様々な分野で最先端の技術として応用され、役立っています。



世界の重力波望遠鏡

次世代重力波観測ネットワーク

日本の大型低温重力波望遠鏡・KAGRA

2010年より、岐阜県飛騨市神岡町池の山にある神岡鉱山内において、日本の重力波望遠鏡（KAGRA）の建設が開始されました。山裾地下200メートルのところに、一辺3kmのL字型トンネルを新たに掘削し、その中に設置されます。地下に設置することで、地面振動を大幅に低減し、か

つ、レーザー干渉計を構成する鏡を、 -253°C まで冷却することで、熱雑音を抑え、感度を高め、年数回の重力波イベントの観測により、重力波天文学の創生を目指しています。KAGRA計画には、250人に及ぶ国内外の研究者が協力しています。



実は、相対性理論では、重力が強い場所の時計ほどゆっくり進むことも示されています。よってGPS衛星の時計の補正は、「速度」と「重力の強さ」の二つの補正が必要で、結果的には地上の時計のほうがゆっくり進むこととなります。



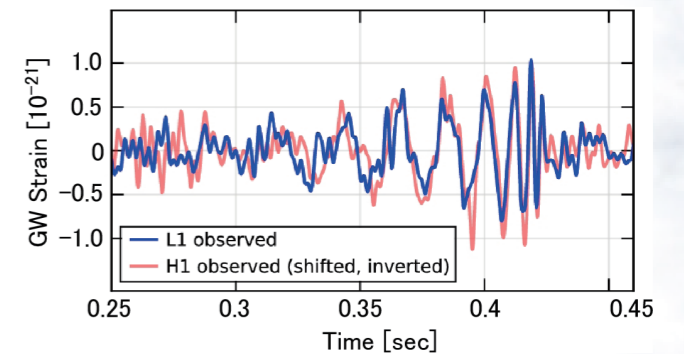
地上の時計

人類史上初の重力波の検出にLIGOが成功！

アメリカのLIGOグループが、2015年9月14日の観測において、人類史上初となる重力波の検出に成功したと、2016年2月11日に発表しました。3000km離れた場所にある2台の重力波望遠鏡が、7ミリ秒の時間差でほぼ同じ波形の信号を検出し、その波形は、質量が29太陽質量と36太陽質量のブラックホール連星の合体から発生する重力波の予想波形とほぼ一致しました。さらに、その信号は、同時計測しているどの環境雑音とも相関がなく、かつ、雑音でそのような特徴的な波形が偶然に発生する確率は20万年観測して1回という低さであったため、この信号は、重力波によるものに間違いなく判定されました。ついに、人類は、重力波という新しい観測の「窓」を手に入れたのです。ただ、残念ながら、LIGOの2台の

重力波望遠鏡では、波源の位置の推定誤差が大きいため、今後VIRGOやKAGRAが同程度の感度を持ち、ネットワーク観測を行うことにより、より正確で多くの情報を得ることが期待されます。

(下図: Physical Review Letters. 116, 061102 (2016), Fig.1)



NASA Hubble



相対論では、重力による空間の曲りで「重力レンズ」が発生する事を予言しますが、実際に、写真のような歪んだ銀河が観測されています。