

宇宙に向けられた新しい目 - 重力波による未来の天文学

宇宙で起きる物理現象の観測

宇宙物理学や天文学では、様々な天体から発せられた電磁波(光)を観測する(見る)ことで、その天体についてのデータを集め、そこで起きている現象を解明します。天体現象を地上での実験で再現することはほとんど不可能だからです。

「光」以外のものでも宇宙を見る

宇宙からは「光」の他に、様々な粒子(宇宙線)や素粒子(ニュートリノなど)がやってきます。例えば、岐阜県の神岡町にあったニュートリノ検出装置「カミオカンデ」は1987年に超新星爆発で発生したニュートリノを検出しました。

「重力波」で宇宙を見る

「光」以外のものを観測できれば、「光」で得られるのとは違った宇宙についての情報を得ることができます。「重力波」は高密度天体の合体や初期宇宙の現象など、光では見えない現象の情報を運んでくると考えられています。

多波長重力波天文学の時代

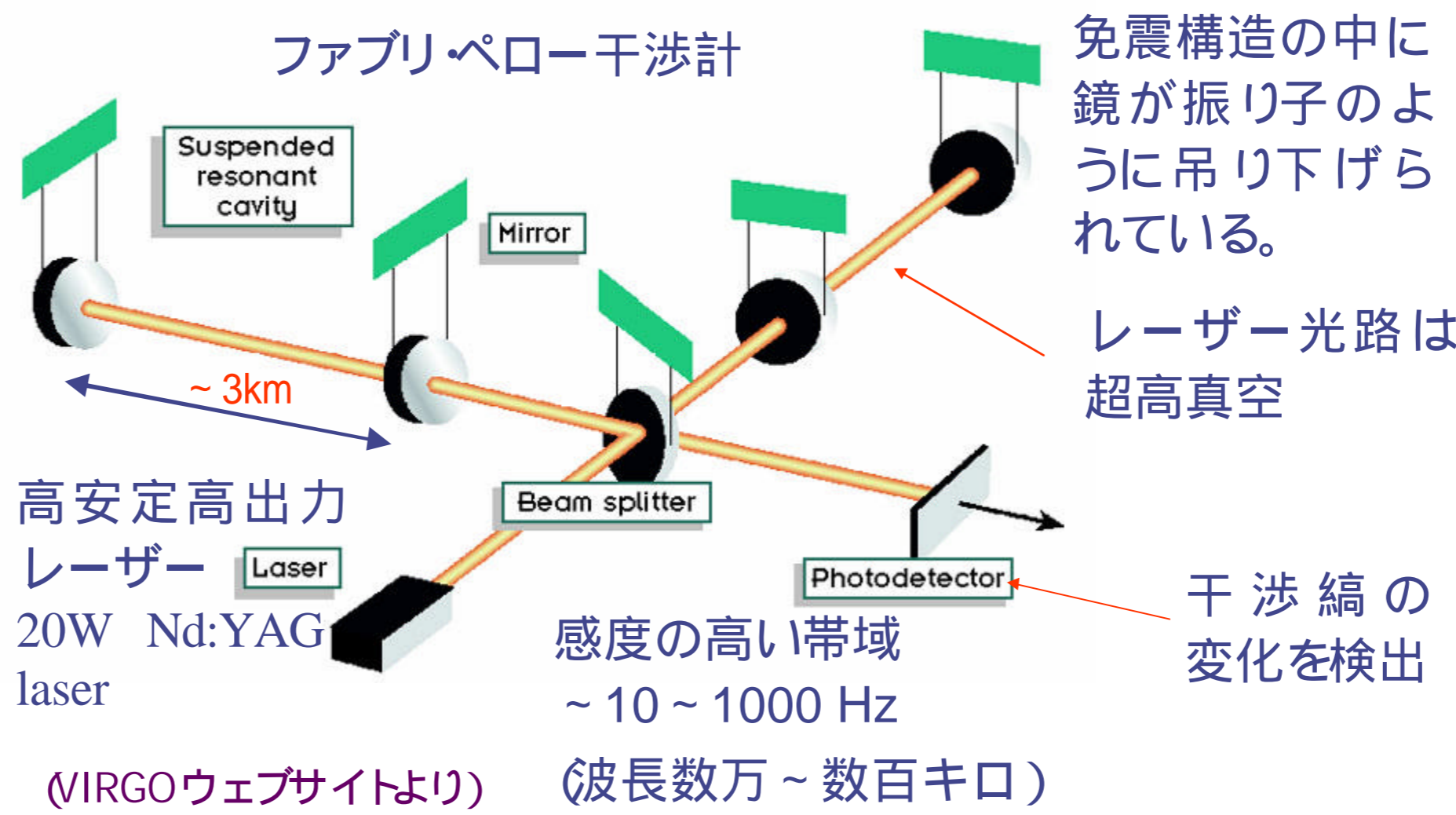
レーザー干渉型重力波検出器
宇宙空間のもの
LISA, DECIGO計画

地上のもの
LIGO, VIRGO, GEO, TAMA, 稼動中

共鳴質量型検出器
AURIGAなど
(狭い帯域)

低周波数(長波長) → 高周波数(短波長)

レーザー干渉型重力波検出器



「重力波」とは何か

荷電粒子が運動すると電磁波が放射され伝播して行きます。同じように、質量を持ったものが運動すると重力場の変動が波のように伝播して行きます。これを「重力波」と呼びます。

アインシュタインによって重力場の理論「一般相対論」が作られました。アインシュタインはこの理論から、重力波の存在を予言しました。重力波の存在は連星パルサーの周波数変化から、間接的に確認されています。しかし、重力波の直接検出には、まだ誰も成功していません。

左の図のような重力波検出器が今世紀初頭から稼働し始め、数年以内に重力波の直接検出に成功すると期待されています。

この検出器は、約100kmの長さの 10^{-14} cmぐらいの変化を検出することができます。(原子核の半径は 10^{-13} cmぐらい。)

天体の種類

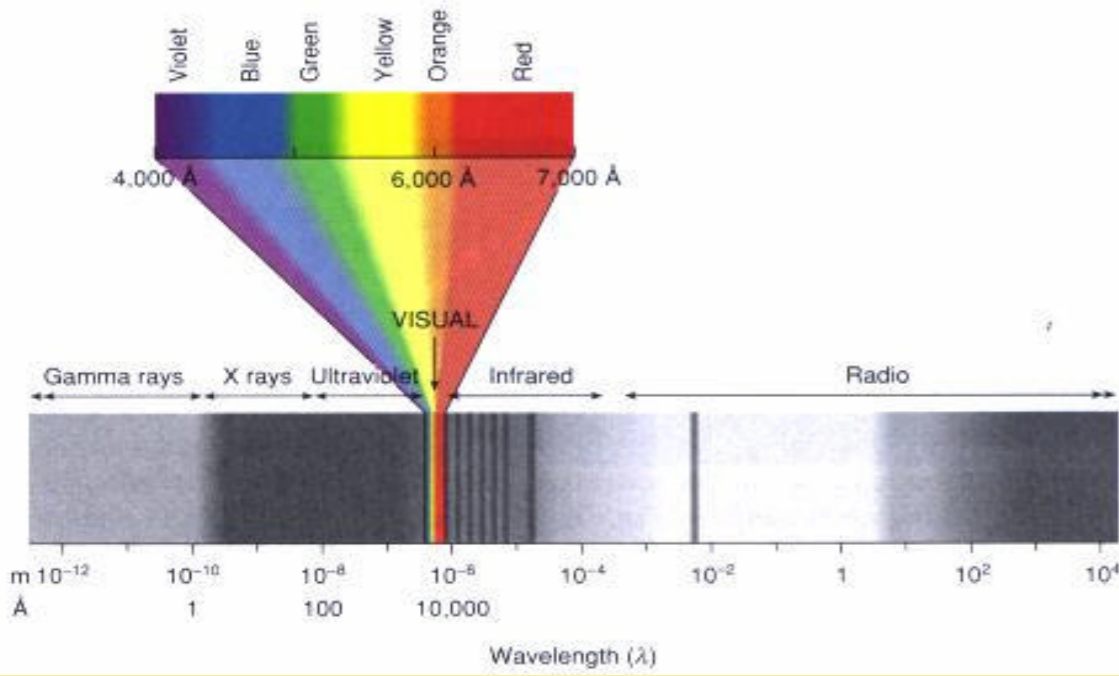
- 惑星やその衛星
- 恒星 - 原始星, 赤色矮星, 主系列星, 巨星、超巨星, 変光星、新星, 超新星
- 高密度天体 - 白色矮星, 中性子星, ブラックホール (恒星や高密度天体の連星も数多く存在する。)
- 星雲

(天体が集まってできた構造)

- 散開星団、球状星団
- 銀河 - 円盤銀河(渦巻銀河など), 楕円銀河, 矮小銀河, 活動銀河、クエーサー
- 銀河団 - 数百から数千の銀河
- 超銀河団、宇宙の大規模構造

(その他)

- ダークマター
- ダークエネルギー



<http://www.astro.uiuc.edu/~kaler/sow/spectra.html>

それぞれの天体は、そこで起きている物理現象に応じて、色々な波長の電磁波(光)を放出します。色々な波長の電磁波を観測することで、その天体をより詳しく調べたり、また、より多くの種類の天体を見ることができたりします。(例えば超新星爆発はγ線や可視光を、降着円盤は強いX線を放射します。)

これと同じことが重力波についても言えます。様々な波長の重力波を観測できるようになれば、より強力な「目」を持って多様な天体現象を見ることができるようになります。

「重力波」の源は何か？

地上の重力波検出器のターゲット

- ◆ 中性子星やブラックホール連星の軌道運動、合体、及び合体後にできる高密度天体の振動。
- ◆ 超新星爆発時のコアの重力崩壊に伴う中性子星やブラックホールの形成。
- ◆ 高速回転中性子星の非軸対称変形 (Chandrasekhar-Friedman-Schutz不安定)

宇宙の重力波検出器のターゲット

- ◆ 白色矮星と恒星からなる連星の軌道運動。振幅が大きい。
- ◆ クエーサーや銀河中心の巨大ブラックホール ($10^5 - 10^6$ 太陽質量) の合体。
- ◆ 銀河中心の巨大ブラックホールに落下する星。
- ◆ 宇宙論的距離からの重力波の背景放射。
インフレーション宇宙の量子揺らぎ。
初期宇宙に出来たコスミックストリング等の位相欠陥。真空の相転移。

宇宙物理研究室のテーマ

重力波観測が成功すれば、私達は宇宙を見るための新しい目を得ることができます。私達の研究室では将来の重力波観測に向けて、中性子星やブラックホールからなる連星の最終軌道と合体や高速回転中性子星の不安定性を中心に、重力波源の理論的なモデルを研究しています。