

実験室から宇宙へ 重力波と暗黒物質をとらえろ！

東京大学 物理学専攻 修士1年
大島 由佳

自己紹介

1996年 東京生まれ
2015年3月 筑波大学附属高校 卒業
2016年4月 東京大学 理科二類 入学
2020年3月 理学部物理学科 卒業
2020年4月 大学院物理学専攻 入学

小さい頃から宇宙が好き

望遠鏡で月や木星を眺めたりJAXAに行ったり

高校生のときに宇宙物理を志した



今日のお話

- 研究内容紹介
 - 重力波って何？
 - 重力波望遠鏡の仕組み
 - 暗黒物質って何？
 - 暗黒物質をさがす方法

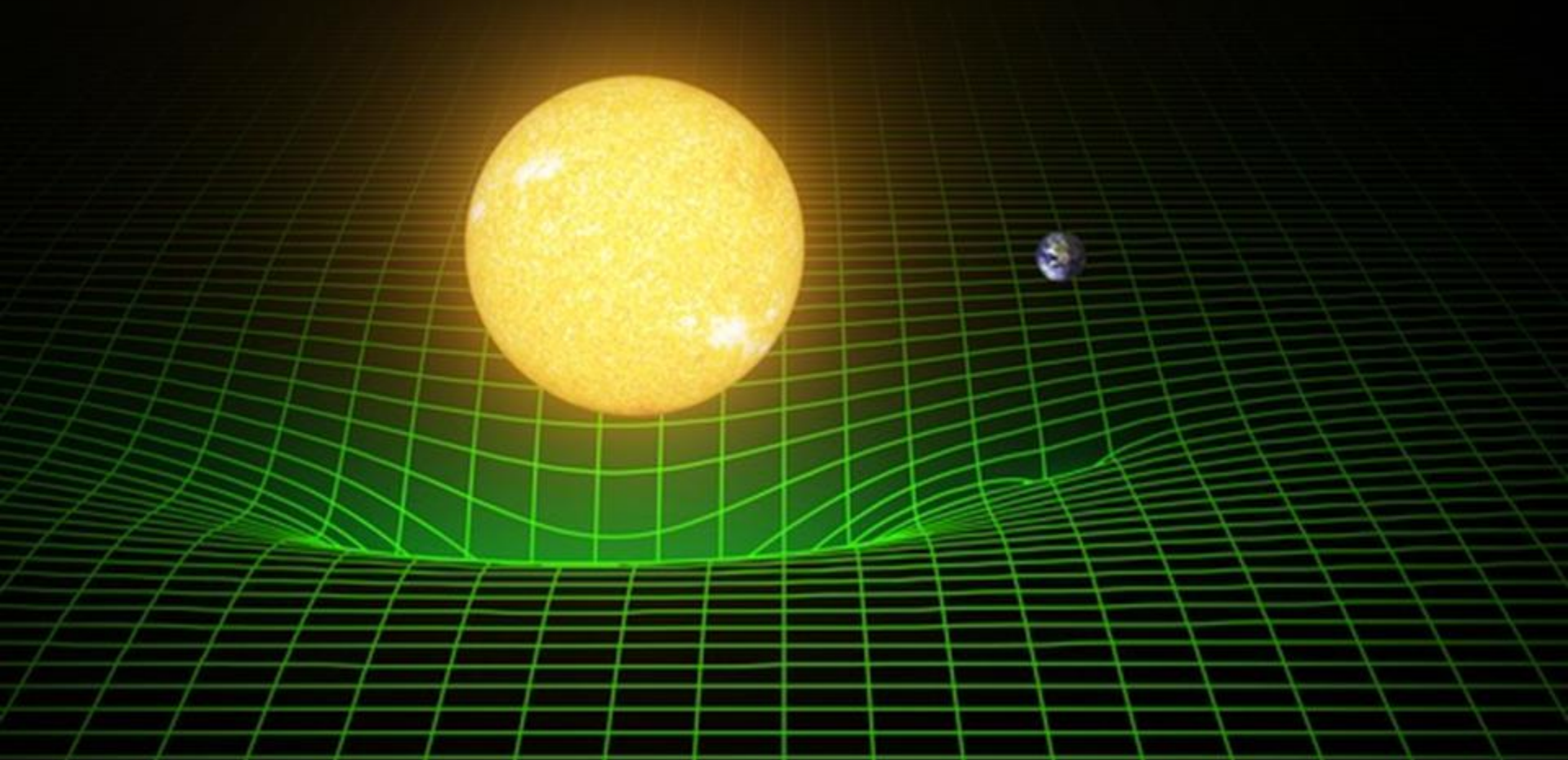
- 大学5年間の授業と生活
 - 理科二類
 - 理学部物理学科
 - 大学院物理学専攻

今日のお話

- 研究内容紹介
 - 重力波って何？
 - 重力波望遠鏡の仕組み
 - 暗黒物質って何？
 - 暗黒物質をさがす方法
- 大学5年間の授業と生活
 - 理科二類
 - 理学部物理学科
 - 大学院物理学専攻

一般相対性理論における重力

- 物体があると空間が歪む
- 空間の歪みで物体を引きつける → これが重力



一般相対性理論における重力

- 物体があると空間が歪む
- 空間の歪みで物体を引きつける → これが重力

なにもないトランポリンは平ら

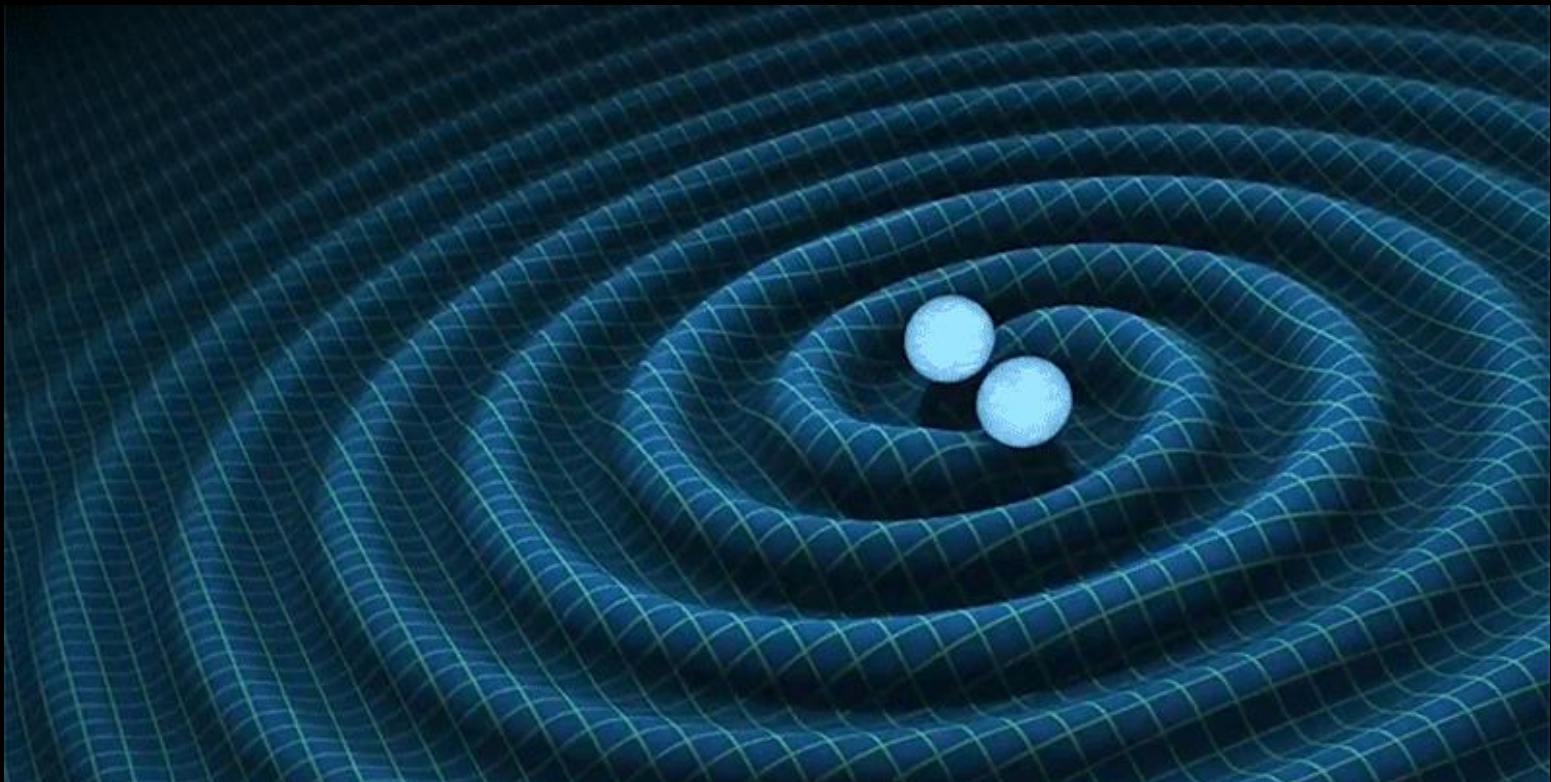
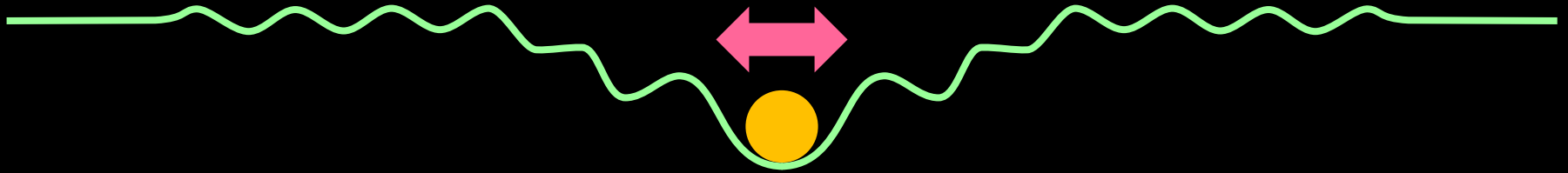


ボールを置くと
トランポリンが歪む

近くのボールは
歪みに沿って引き寄せられる

重力波は「時空のさざ波」

- 物体が動くと空間の歪みが増減し光の速さで伝わる
→ これが重力波



重力波の発生源

- とても重くととても速く動く天体

連星ブラックホール合体



超新星爆発



重力波の特徴

- 何にも遮られない (透過性が高い)
 - 星の内部を探ることができる
 - 光で見ることができない天体を見ることができる
- ブラックホール 暗黒物質 未知の天体？

エコー写真(音波)でお腹の中が見えるように



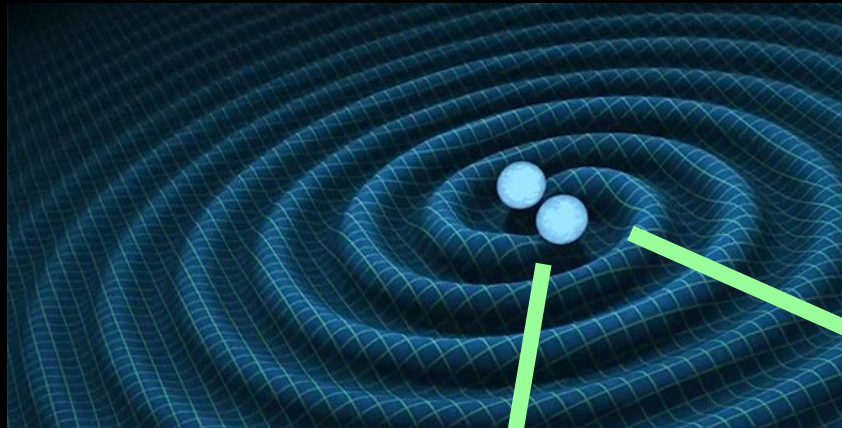
「光で見て重力波で聞く」

重力波で内部が見える

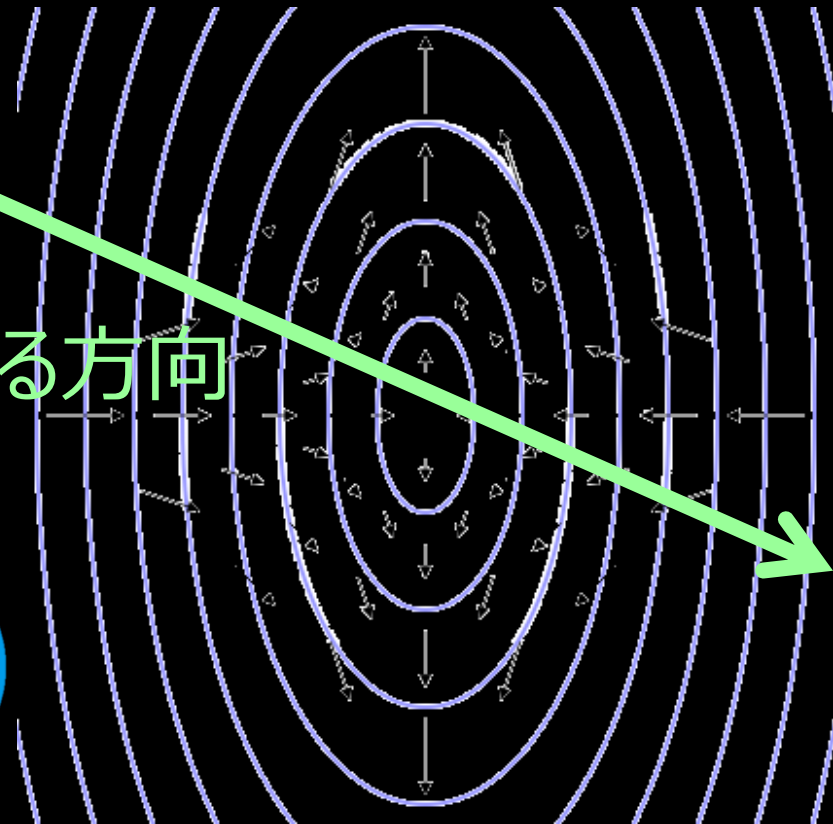
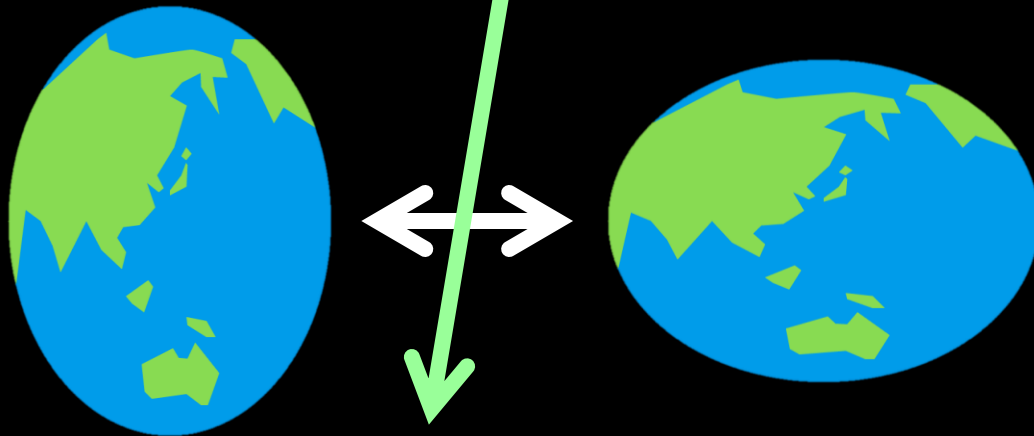


重力波の特徴

- 縦方向が伸びると横方向が縮む

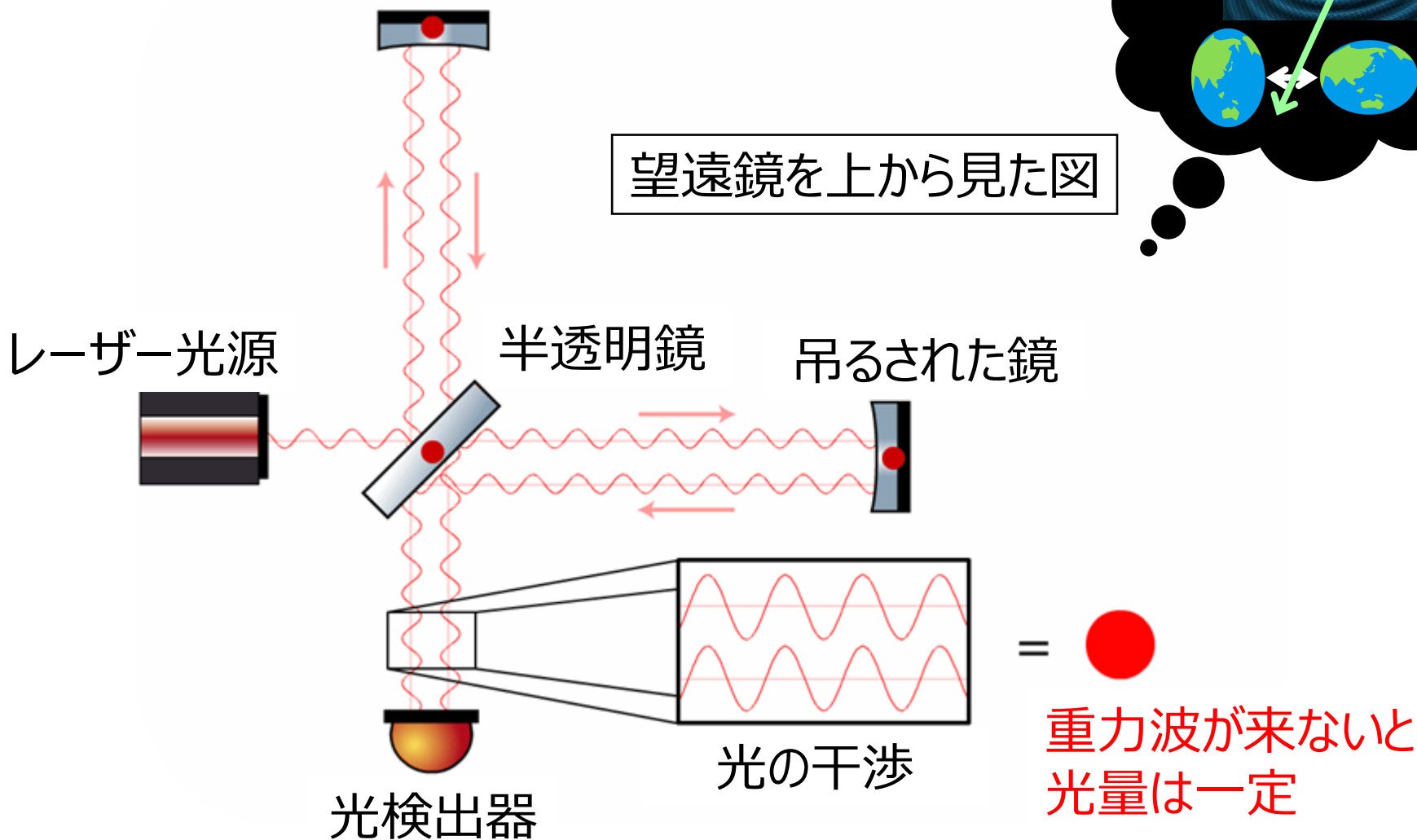


重力波の伝わる方向



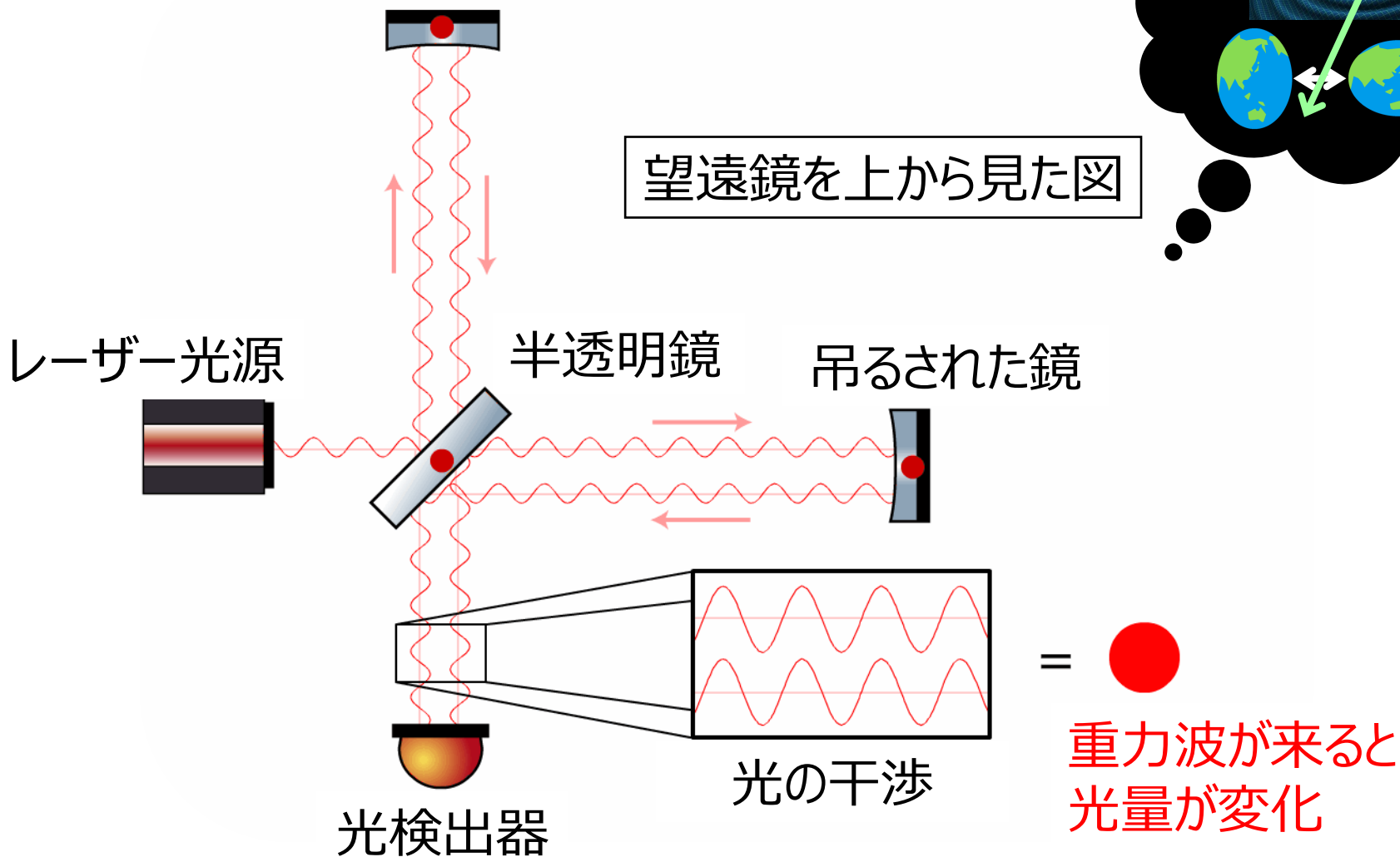
重力波望遠鏡の仕組み

- 縦横の長さの差をレーザー光で測る



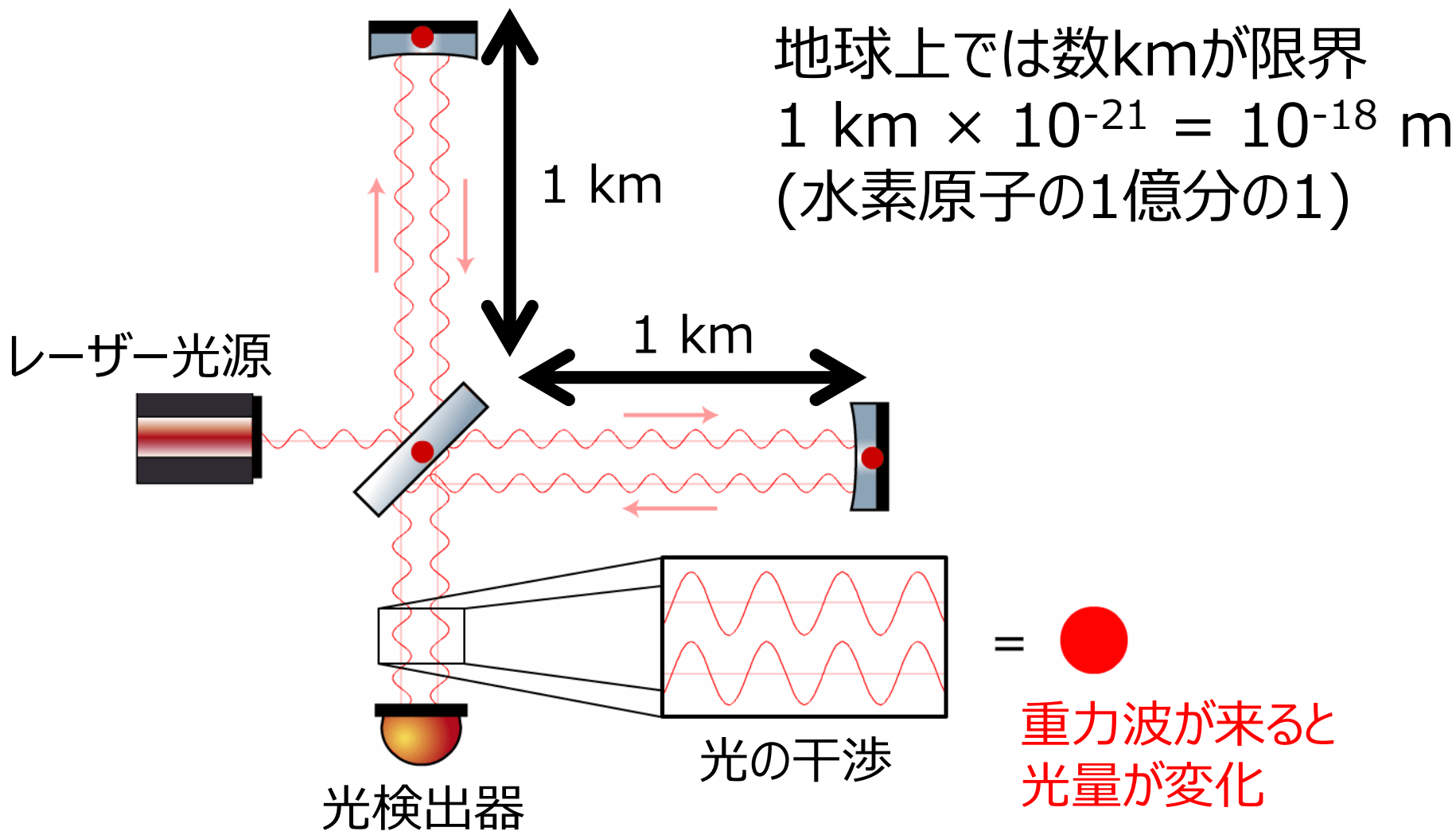
重力波望遠鏡の仕組み

- 縦横の長さの差をレーザー光で測る



重力波の振幅

- 空間のひずみ量 : 10^{-21}



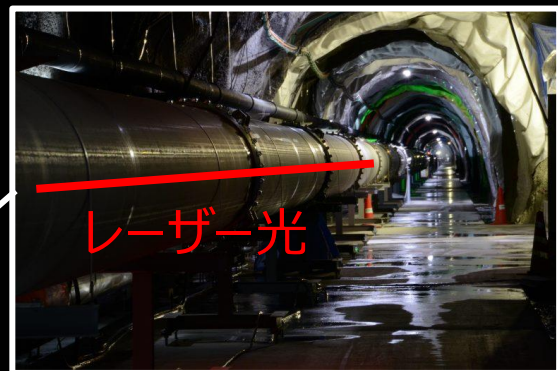
重力波望遠鏡の大敵

- 重力波望遠鏡は鏡のごく小さな揺れを測る
- 重力波望遠鏡の大敵は雑音
重力波で鏡が揺れたのか別の原因で揺れたのか区別できない
重力波が来ないときは全く揺れない状況を作る
- 雑音を極限まで減らす必要がある
地面の揺れ 空気の揺れ 温度の揺れ…



重力波望遠鏡KAGRA

- 2015年 アメリカが観測に成功 → ノーベル物理学賞
- 東大はKAGRAを岐阜県神岡に建設
→ 雑音を減らすため現在改良中



今日のお話

- 研究内容紹介
 - 重力波って何？
 - 重力波望遠鏡の仕組み
 - 暗黒物質って何？
 - 暗黒物質をさがす方法

- 大学5年間の授業と生活
 - 理科二類
 - 理学部物理学科
 - 大学院物理学専攻

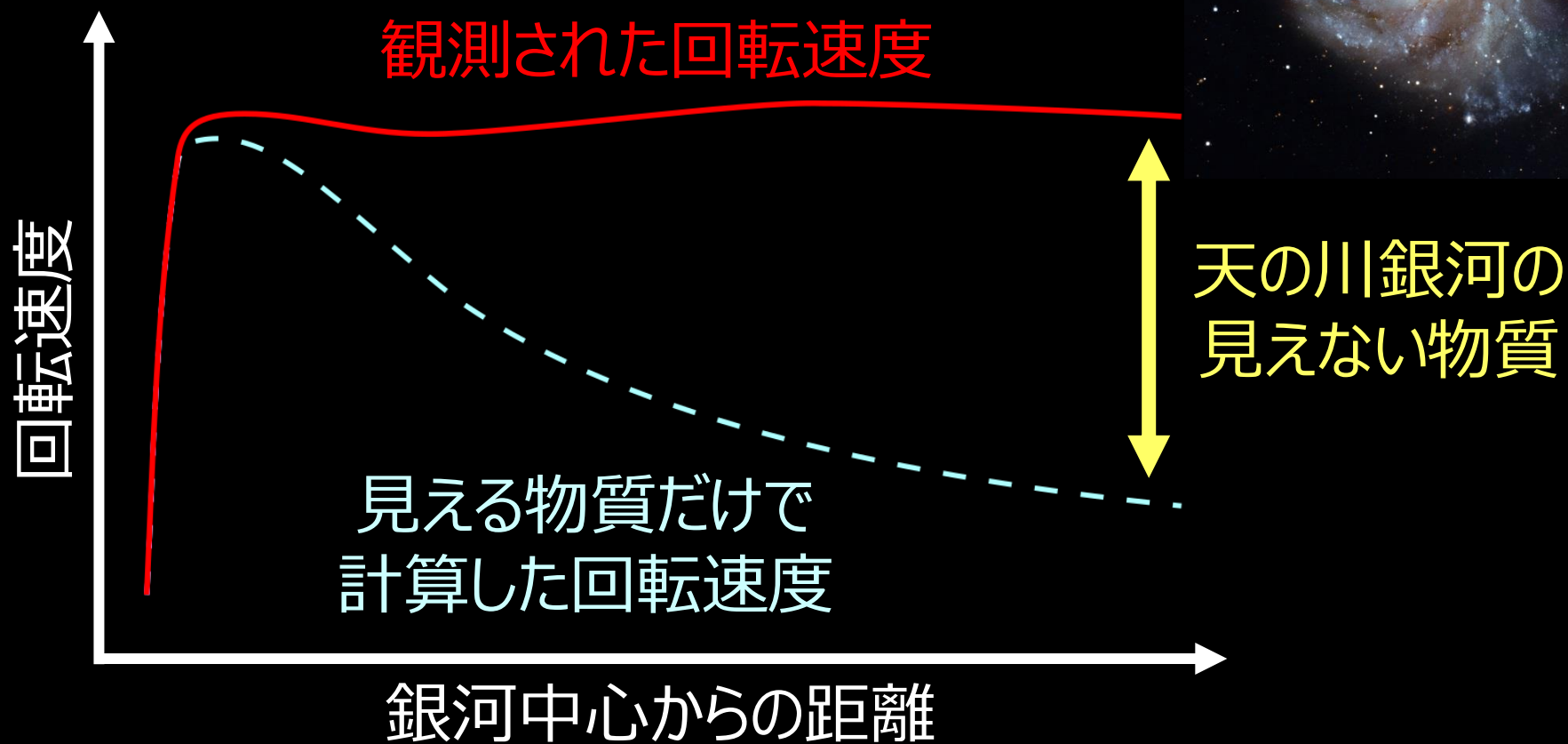
万物は原子でできている？

- 高校の理科までは or 昔は 正しい
現代の宇宙物理学ではウソ！

The Elements

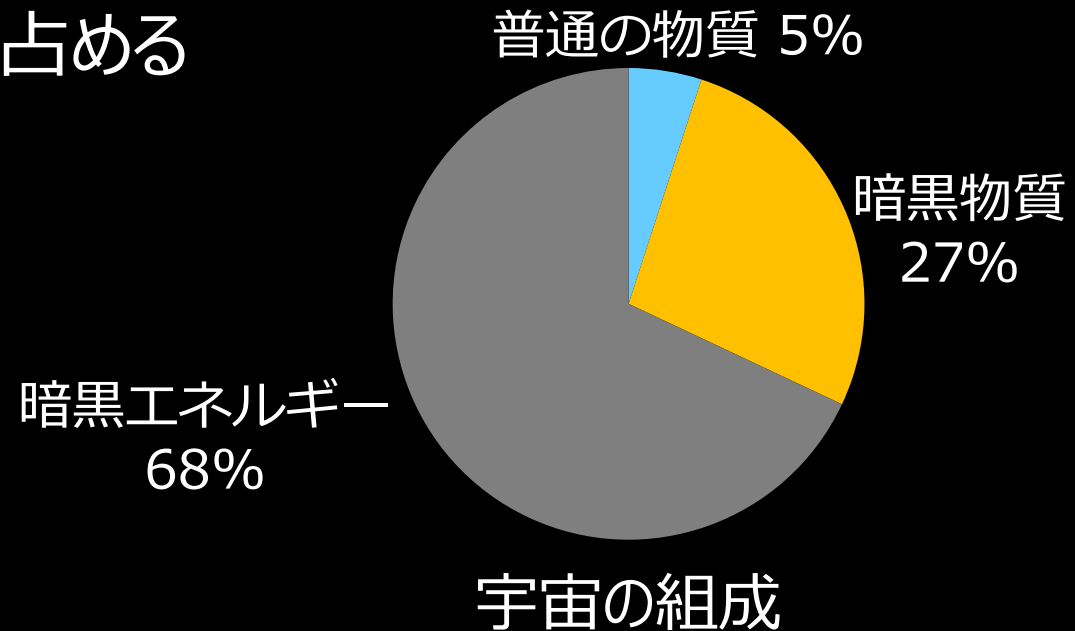
H Hydrogen	He Helium																
Li Lithium	Be Beryllium	B Boron	C Carbon	N Nitrogen	O Oxygen	F Fluorine	Ne Neon										
Na Sodium	Mg Magnesium	Al Aluminum	Si Silicon	P Phosphorus	S Sulfur	Cl Chlorine	Ar Argon										
K Potassium	Ca Calcium	Sc Scandium	Ti Titanium	V Vanadium	Cr Chromium	Mn Manganese	Fe Iron	Co Cobalt	Ni Nickel	Cu Copper	Zn Zinc	Ga Gallium	Ge Germanium	As Arsenic	Se Selenium	Br Bromine	Kr Krypton
Rb Rubidium	Sr Strontium	Y Yttrium	Zr Zirconium	Nb Niobium	Mo Molybdenum	Tc Technetium	Ru Ruthenium	Rh Rhodium	Pd Palladium	Ag Silver	Cd Cadmium	In Indium	Sn Tin	Sb Antimony	Te Tellurium	I Iodine	Xe Xenon
Cs Cesium	Ba Barium	Hf Hafnium	Ta Tantalum	W Tungsten	Re Rhenium	Os Osmium	Ir Iridium	Pt Platinum	Au Gold	Hg Mercury	Tl Thallium	Pb Lead	Bi Bismuth	Po Polonium	At Astatine	Rn Radon	
Fr Francium	Ra Radium	Rf Rutherfordium	Db Dubnium	Sg Seaborgium	Bh Bohrium	Hs Hassium	Mt Meitnerium	Ds Darmstadtium	Rg Roentgenium	Cn Copernicium	Uut Ununtrium	F1 Flerovium	Uup Ununpentium	Lv Livermorium	Uus Ununseptium	Uuo Ununoctium	
La Lanthanum	Ce Cerium	Pr Praseodymium	Nd Neodymium	Pm Promethium	Sm Samarium	Eu Europium	Gd Gadolinium	Tb Terbium	Dy Dysprosium	Ho Holmium	Er Erbium	Tm Thulium	Yb Ytterbium	Lu Lutetium			
Ac Actinium	Th Thorium	Pa Protactinium	U Uranium	Np Neptunium	Pu Plutonium	Am Americium	Cm Curium	Bk Berkelium	Cf Californium	Es Einsteinium	Fm Fermium	Md Mendelevium	No Nobelium	Lr Lawrencium			

銀河の回転曲線問題



暗黒物質

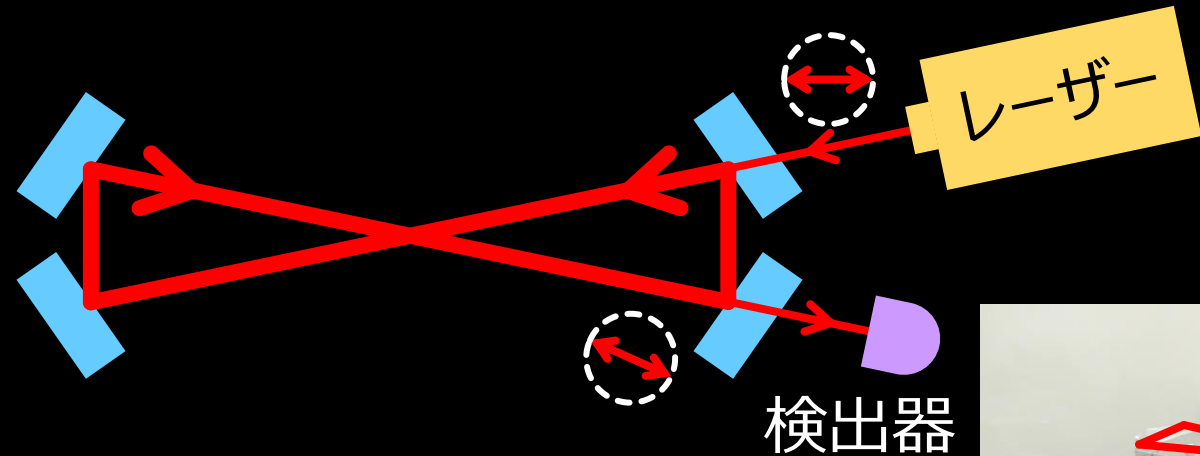
- 私たちの知らない物質 = 暗黒物質
- 宇宙の約4分の1を占める



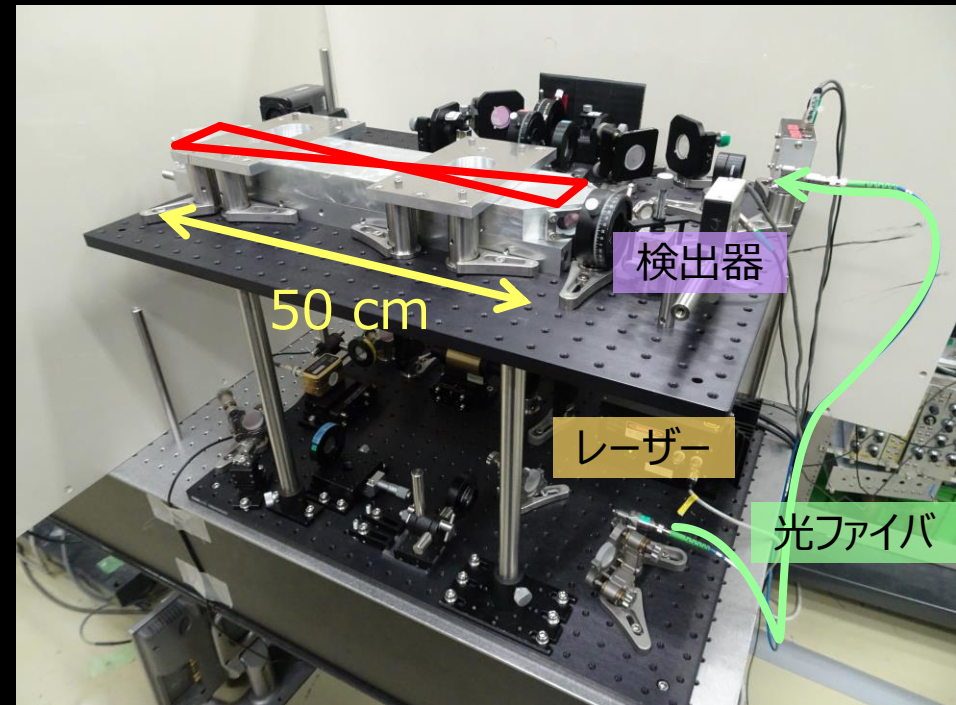
- 暗黒物質の候補
アクシオン ニュートリーノ 原始ブラックホール…
- 研究者が長年必死に探しているが**正体は不明**のまま
暗黒物質を見つけたらノーベル賞間違いなし！

暗黒物質探し

- 重力波望遠鏡の技術を使える
- レーザー光を使ってアクションと光の反応を調べる



アクションがないと光は不変
アクションがあると光が回転

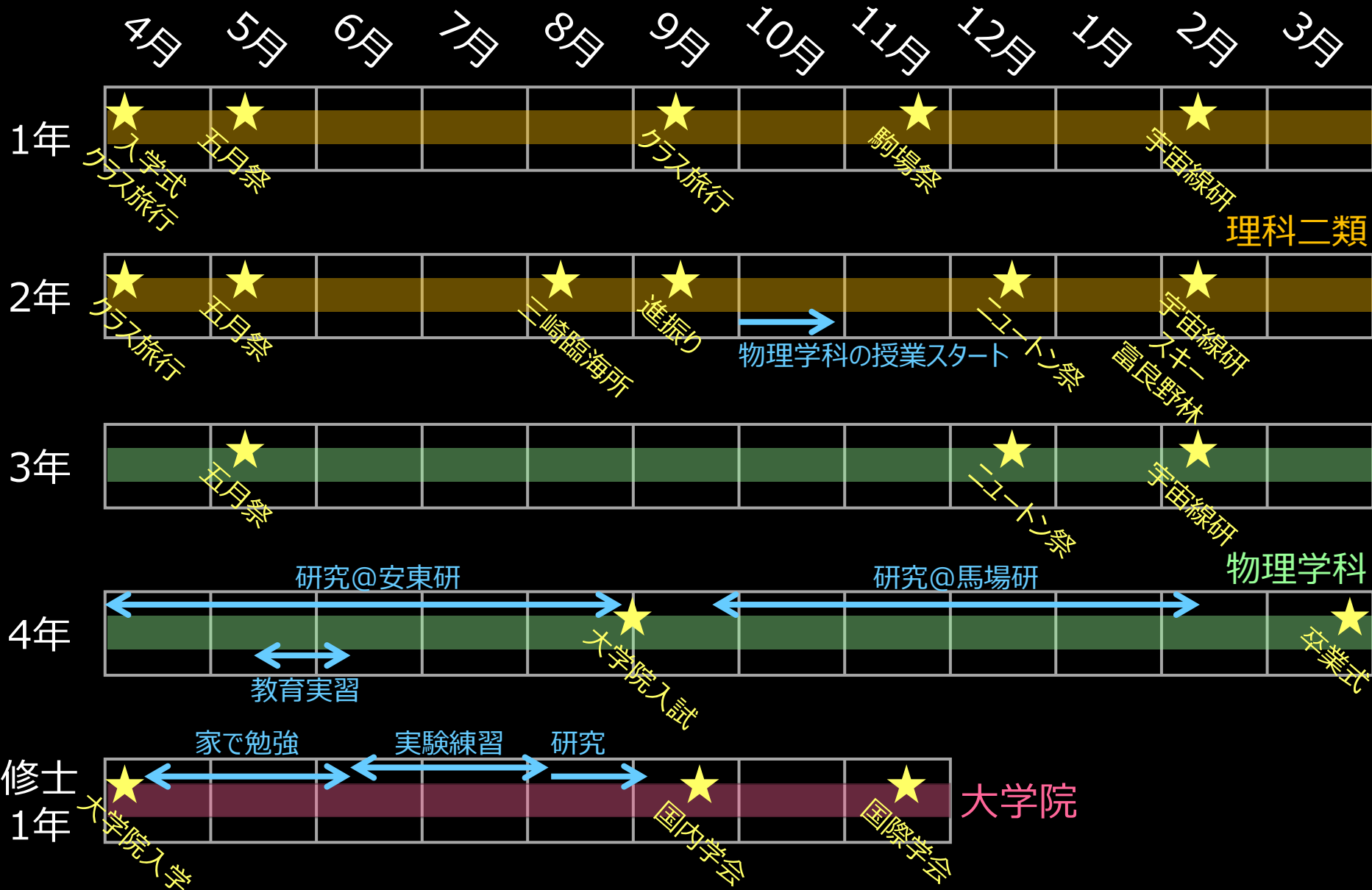


大敵はやっぱり雑音

今日のお話

- 研究内容紹介
 - 重力波って何？
 - 重力波望遠鏡の仕組み
 - 暗黒物質って何？
 - 暗黒物質をさがす方法
- 大学5年間の授業と生活
 - 理科二類
 - 理学部物理学科
 - 大学院物理学専攻

私の東大での5年間



理科二類での授業と生活

- 語学や数学・理科の**基礎を広く学ぶ**
- **文系科目**や**野外実習**なども好きに選べる
例) 三崎臨海実験所 富良野演習林 宇宙線研究所
- 科類と第二外国語で**クラス分け**
例) 理二三ドイツ語クラス
- クラスの友達との五月祭出店や遊びが楽しい
- **バイト**や**部活・サークル**をする時間も十分にある



← クラス旅行 @秩父



スキー実習 @菅平 →

物理学科での授業と生活

- 午前は**講義**・午後は**実験**または**演習**
- 実験レポートや講義の宿題で**とても忙しい**
- 4年生では2つの研究室で**理論か実験の研究**をする
- ニュートン祭などの**学科イベント**もある

4年前期

一般相対論 /
場の量子論

研究 実験 / 理論 物性 / 生物物理 /
素粒子 / 宇宙

3年後期

固体物理学 /
生物物理学

実験
原子核 / レーザー

ゼミ

3年前期

統計力学 /
流体力学

電気回路 /
放射線 / 真空

**プログラ
ミング**

2年後期

講義

解析力学 / 量子力学 /
電磁気学 / 物理数学

演習

ニュートン祭 @山上会館

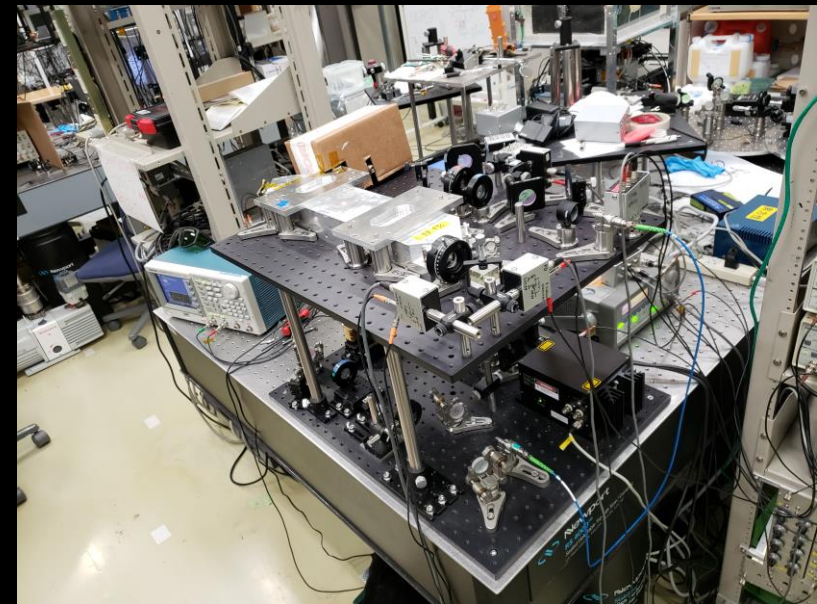


大学院での研究と生活

- 授業は週2コマと少ない
- 残りの時間は研究室でとにかく研究
自分の実験 研究室ミーティングで進捗報告
論文を読んで研究室セミナーで発表 学会で成果発表…
- わからないことばかりだけど楽しい！



実験装置 @実験室



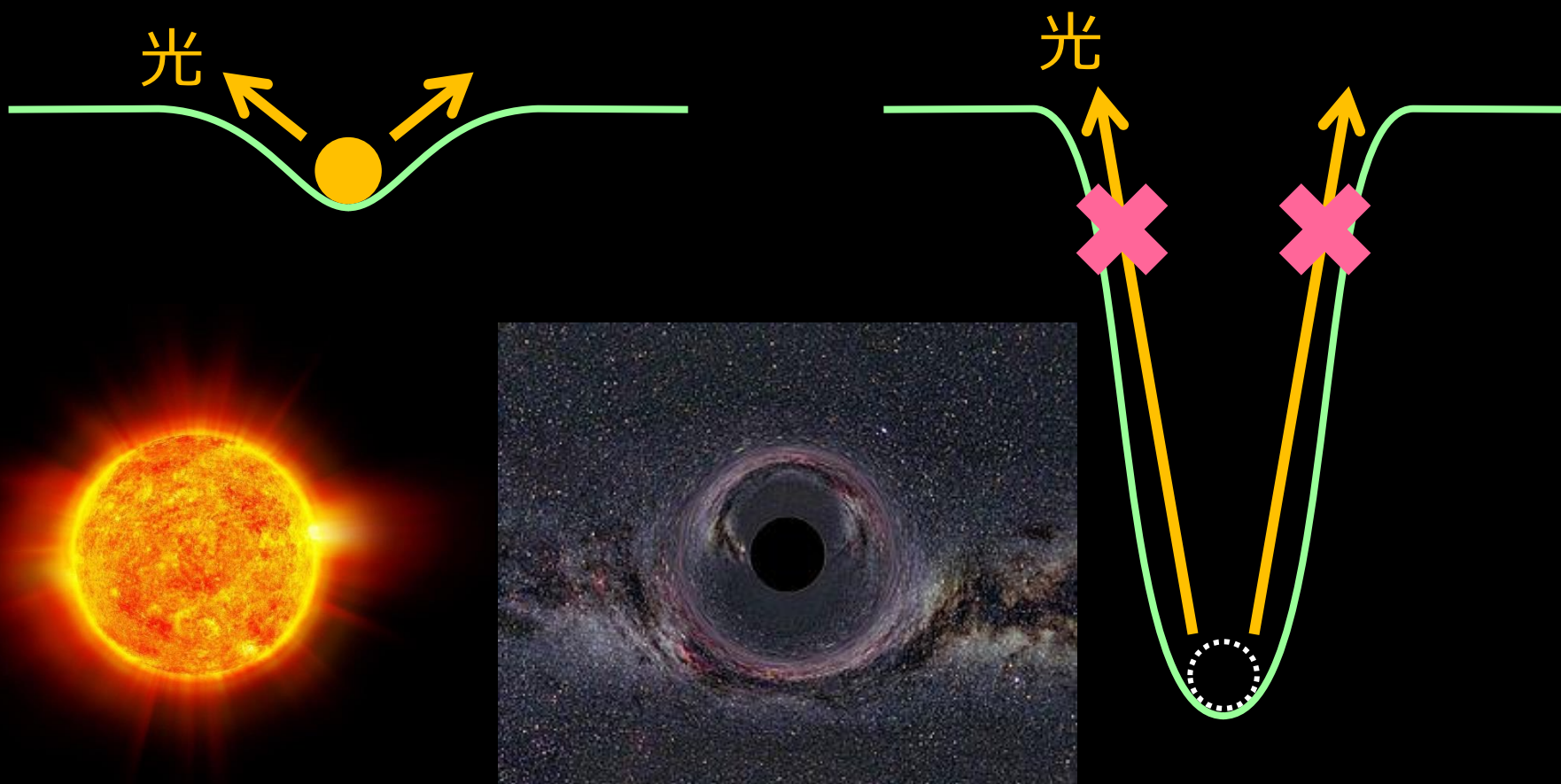
今日のお話のまとめ

- 研究内容紹介
 - 重力波って何？ → 時空のさざ波
 - 重力波望遠鏡の仕組み → レーザー光で縦横の差を測る
 - 暗黒物質って何？ → 宇宙にたくさんある正体不明の物質
 - 暗黒物質をさがす方法 → 重力波望遠鏡を応用
- 大学5年間の授業と生活
 - 理科二類 → 基礎を広く学ぶ
 - 理学部物理学科 → 物理の講義と実験
 - 大学院物理学専攻 → とにかく研究

予備スライド

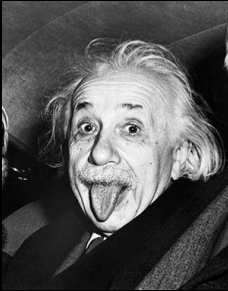
ブラックホール

- 極端に小さく重い天体
- 空間が歪みすぎて光も何も脱出できない
→ 光で見ることができない天体

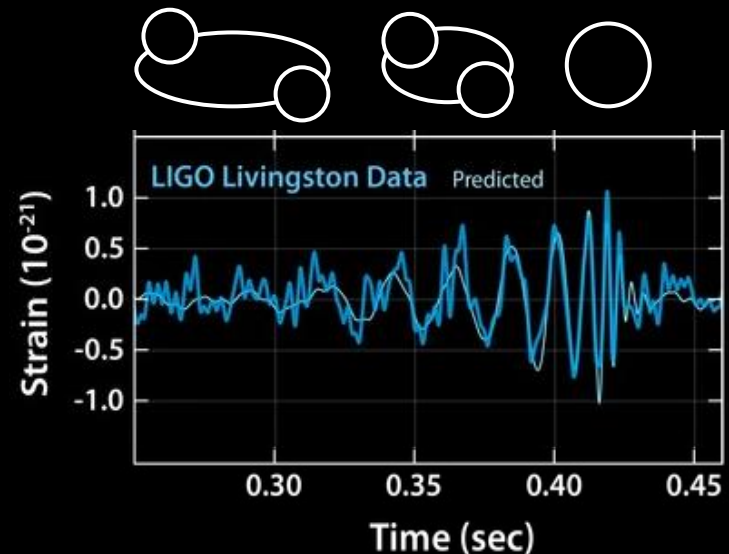


重力波観測の歴史

- 1916年 アインシュタインが重力波を**予言**
- 1960年代 ヴァイスが重力波の**検出方法を提案**
- 2000年代 各国が最初の重力波探査を開始
→ 重力波は**見つからず**
- 2016年 アメリカLIGOが**初検出**を発表
連星ブラックホール合体

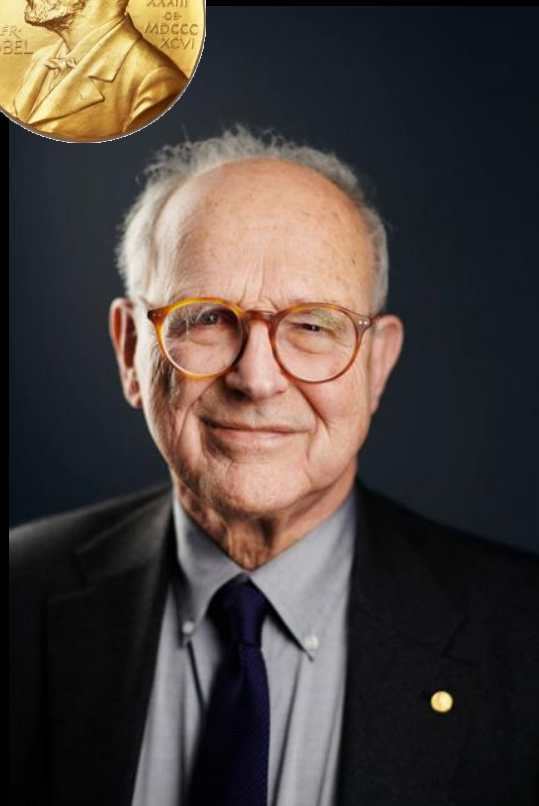


予言から100年
提案から50年

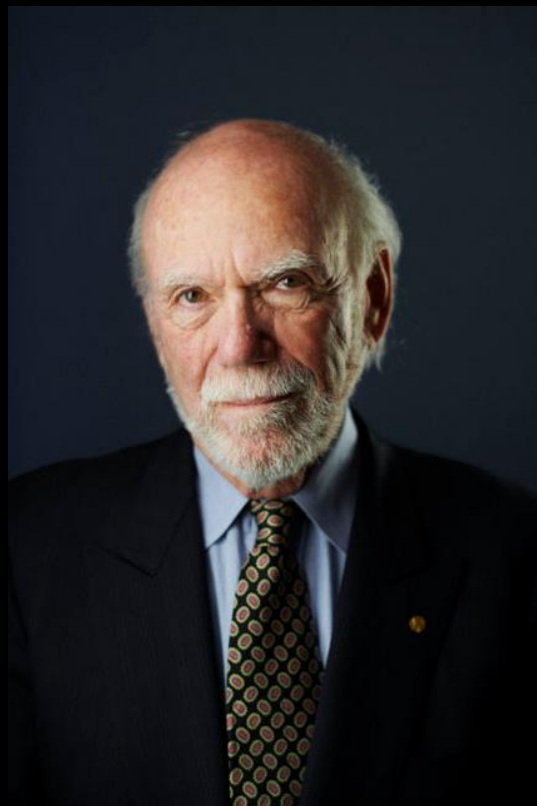


2017年ノーベル物理学賞

- LIGO検出器および重力波の観測への決定的な貢献
「重力波天文学の幕開け」



Rainer Weiss



Barry C. Barish



Kip S. Thorne