

日本における重力波観測の今後

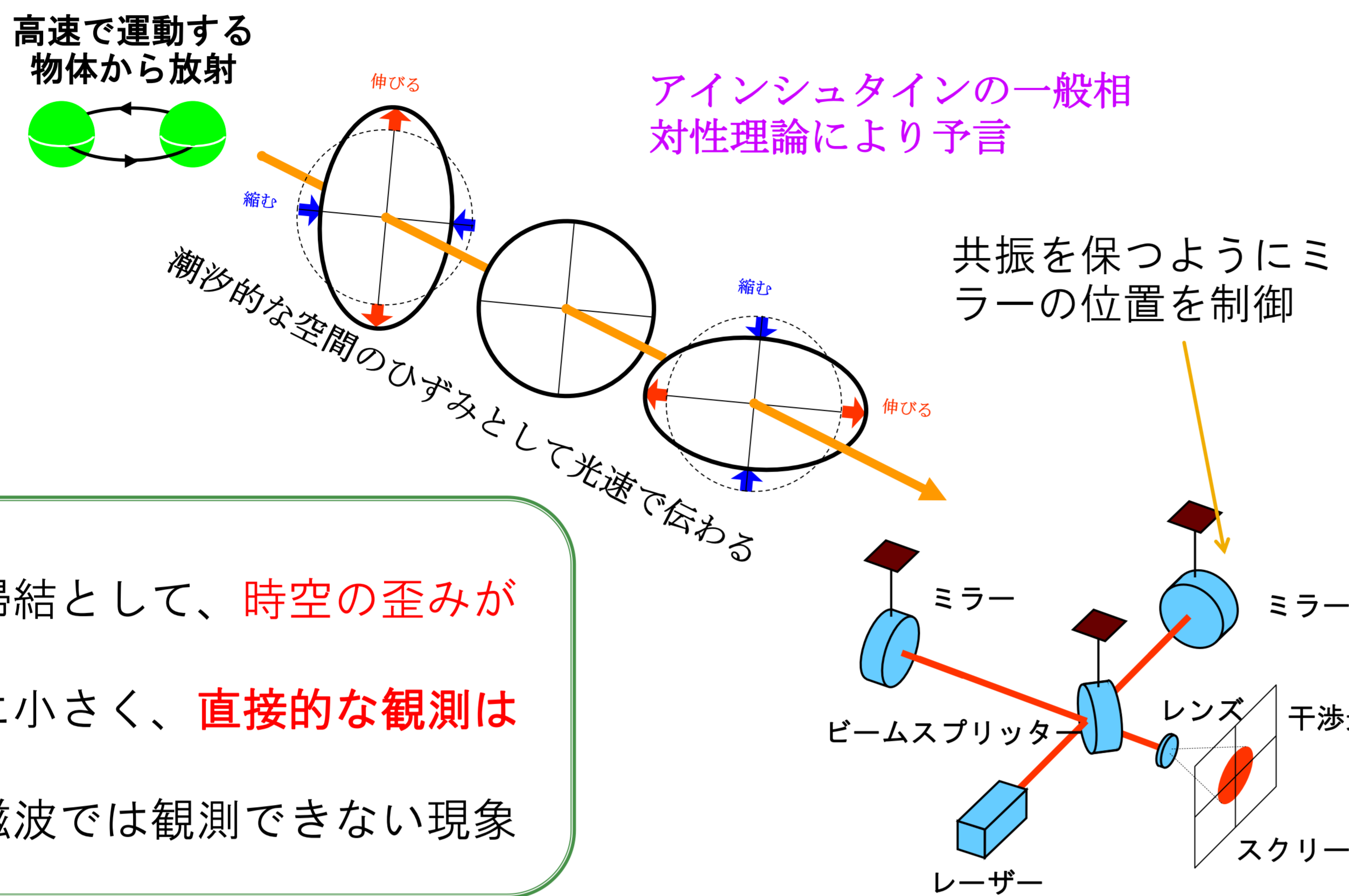
東京大学理学系研究科天文学専攻 国立天文台重力波プロジェクト推進室 チンタン

概要

重力波とは質量を持った物体の加速度運動によって生じる、時空の変化が波として伝わる現象である。現在、日本が予定している重力波検出のための計画にLCGTとDECIGO計画がある。本ポスターではこの二つの計画を紹介し、さらにDECIGO計画で進められている開発を紹介する。DECIGO計画ではDECIGO本体を宇宙空間に打ち上げる前段階として基礎技術の実証としてDECIGOパスファインダー(DPF)を打ち上げ予定である。DPFにおいて干渉計中の鏡(テストマス)の位置を制御するシステムには静電センサーと静電アクチュエーターが採用されている。この原理を本ポスターで説明する。

イントロダクション

- 重力波源の例
- 中性子連星の合体
 - 超新星爆発
 - インフレーション



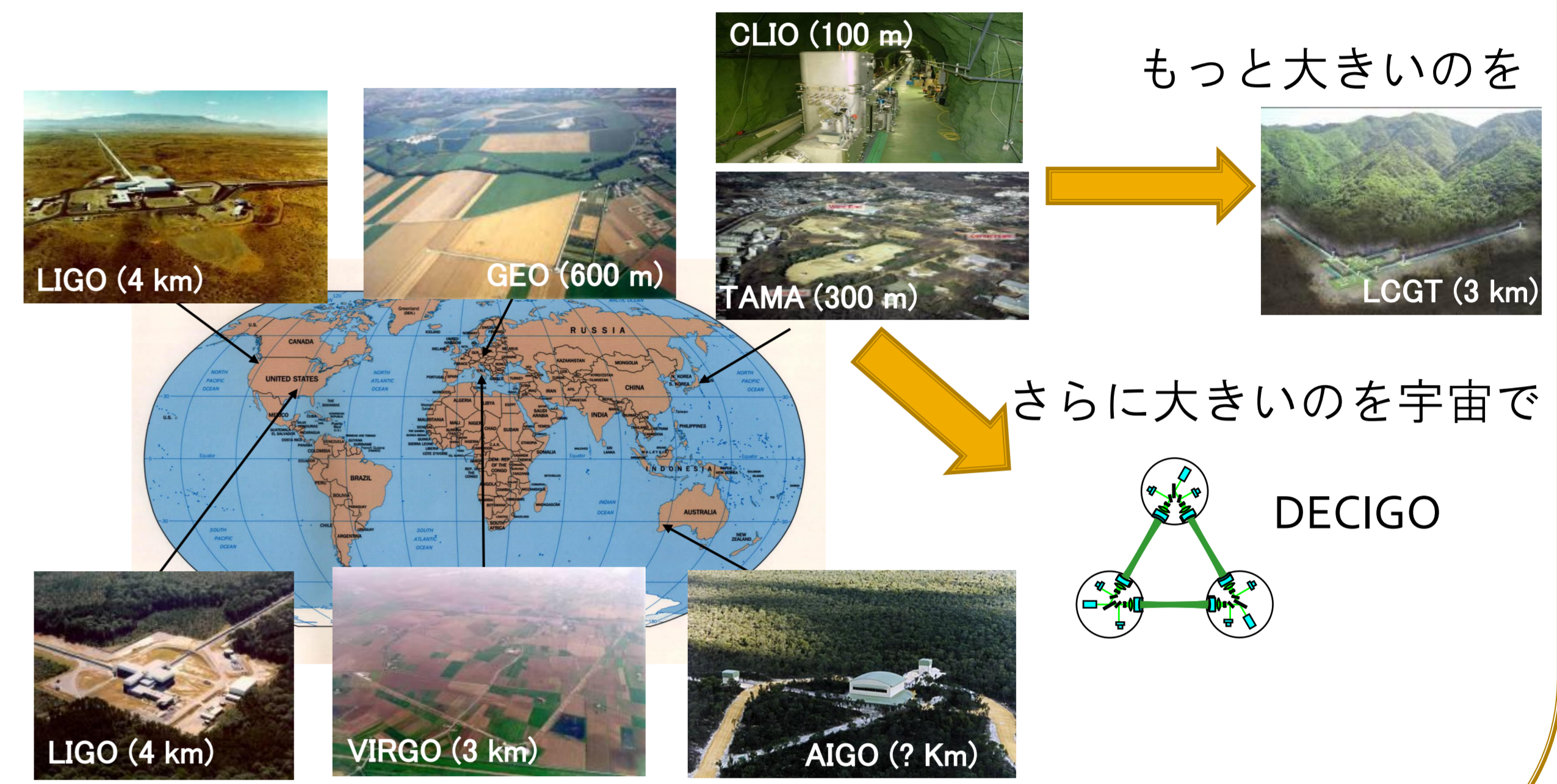
アインシュタインの一般相対性理論により予言

重力波

- 一般相対性理論の帰結として、時空の歪みが光速で伝搬する現象
- 時空の歪みは非常に小さく、直接的な観測はまだされていない
- 透過性が高く、電磁波では観測できない現象の観測が期待される

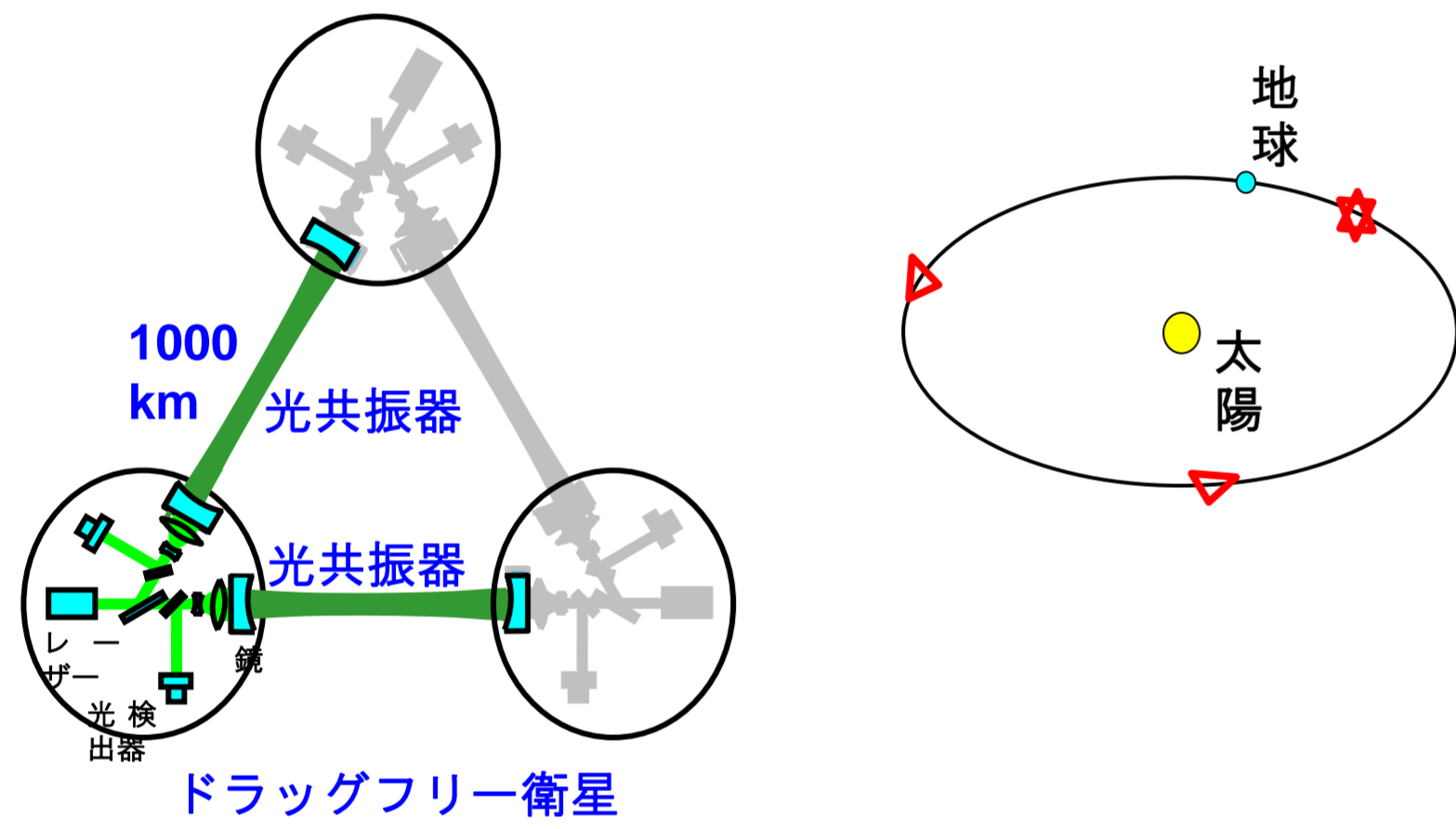
重力波検出器

- 現在の世界では主にレーザー干渉計を用いた検出器が使われている
- 干渉計の長さが長ければ長いほど感度がよくなる
- 重力波が来ると自由質点のミラーが動き、干渉光が変化する



DECIGO

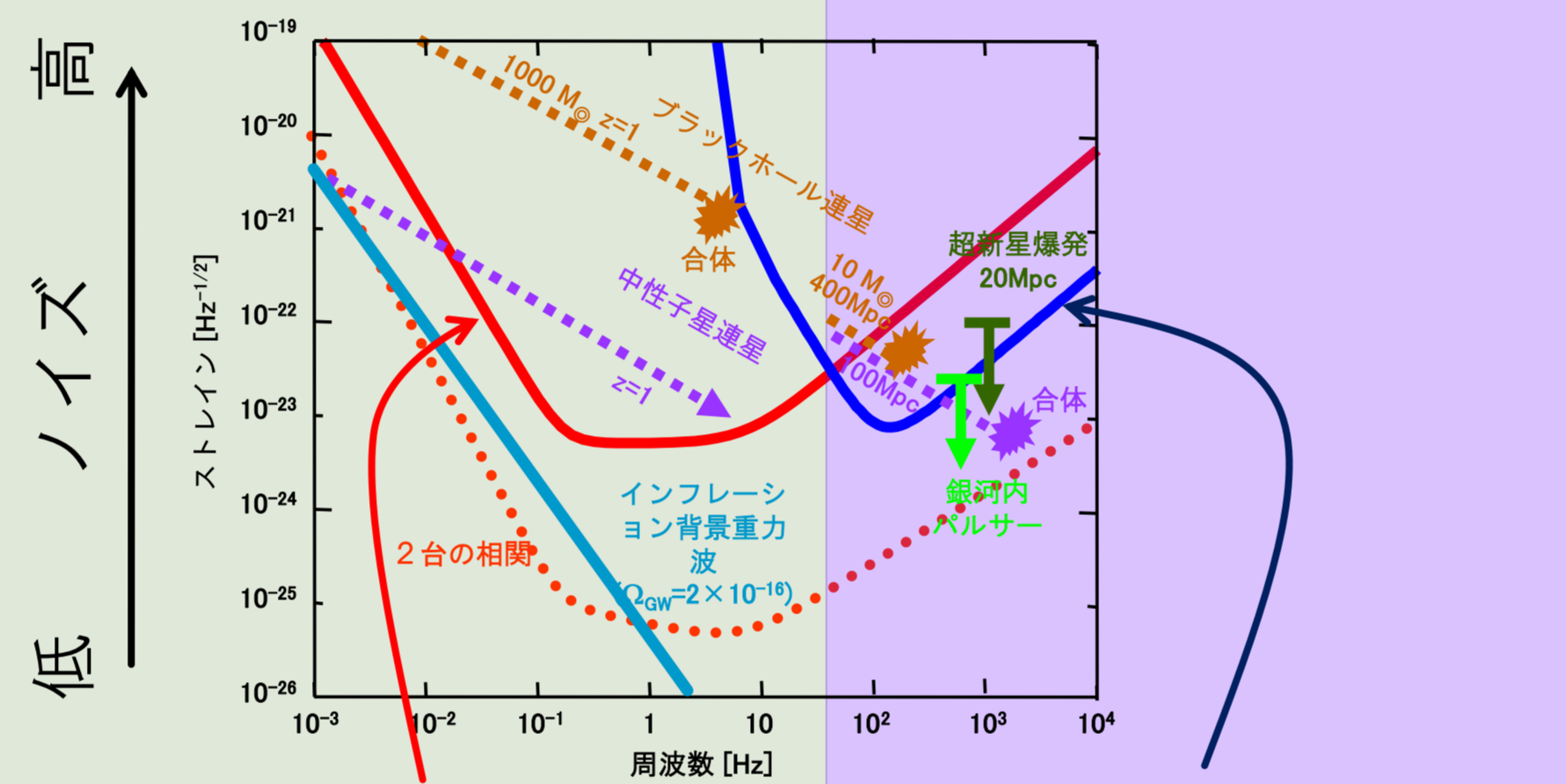
DECI-hertz Interferometer Gravitational wave Observatory



- 基線長
レーザーの腕を1000kmまで伸ばし、重力波との相互作用を長くさせる。
- 宇宙空間
外乱の少ない宇宙空間での観測を行う。

低周波での感度がよくなる。

LCGTおよびDECIGOの観測ノイズレベル



- DECIGO** 重力波源：宇宙論的現象
- サイエンス：
 • 巨大BHの形成
 • ダークエネルギー
 • インフレーション
- 検出頻度：常時、~10⁵回/年
- LCGT** 重力波源：天体現象
- サイエンス：
 • 一般相対論の検証
 • 超新星爆発のメカニズム
 • ガンマ線バースト
 • 中性子連星の合体
- 検出頻度：~10回/年

LCGT

Large scale Cryogenic Gravitational-wave Telescope



- 低温
サファイア鏡を20Kまで冷却し、熱雑音を低減。
- 防振
岐阜県の神岡鉱山の地下に建設することで、地面振動による影響を低減。さらにTAMAで開発された低周波防振装置を導入。

これらは世界に先駆けた特徴

100億の予算が確定し、本格的に動き出した

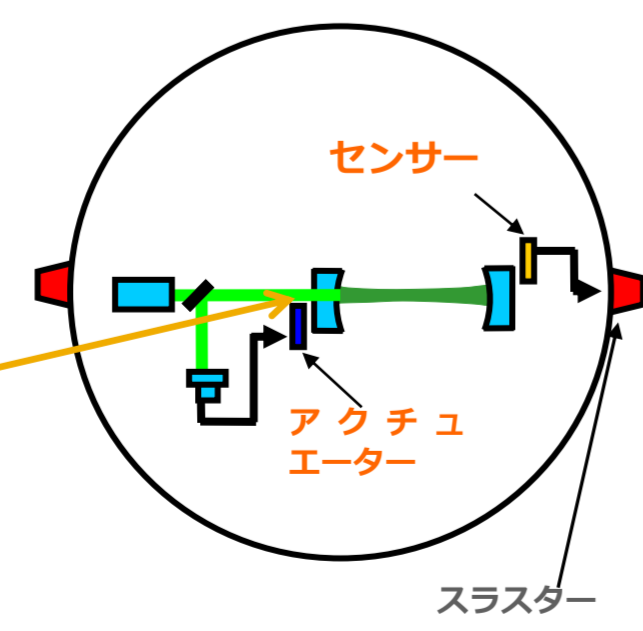
DECIGOで進められている開発

DECIGOパスファインダー (DPF)

- ◆ DECIGOのための第一前哨衛星
 - 最短2015年度 打ち上げを目指す
 - 小型衛星 1機 (~300kg)
 - 地球周回低軌道 (軌道高度 500km, 太陽同期軌道)
 - 基線長30cm光共振器

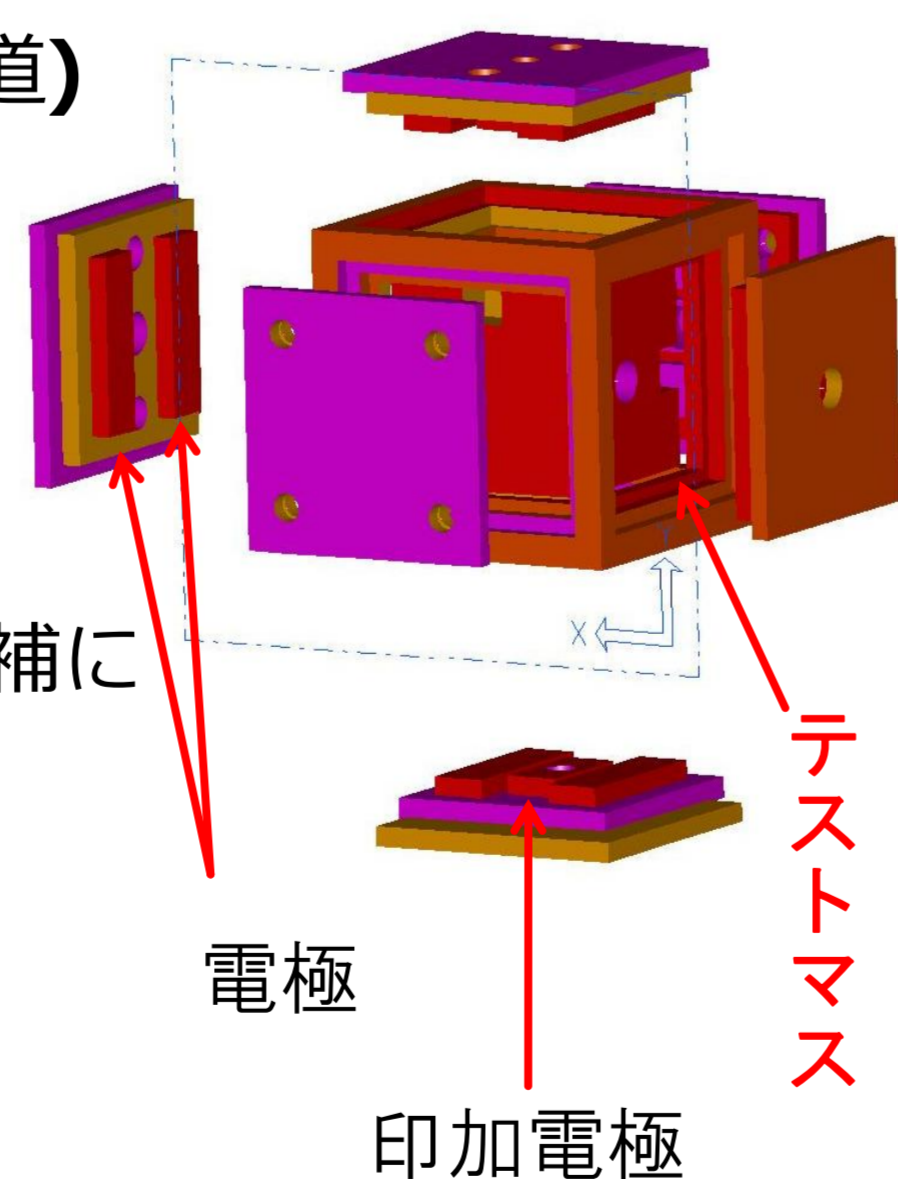
- ◆ 目的：
 - DECIGOのための基幹技術の宇宙実証
 - 0.1Hzでの重力波検出

- ◆ JAXA/ISASの「小型科学衛星シリーズ」の重点候補に選ばれている
- 3号機としての打ち上げを目指す



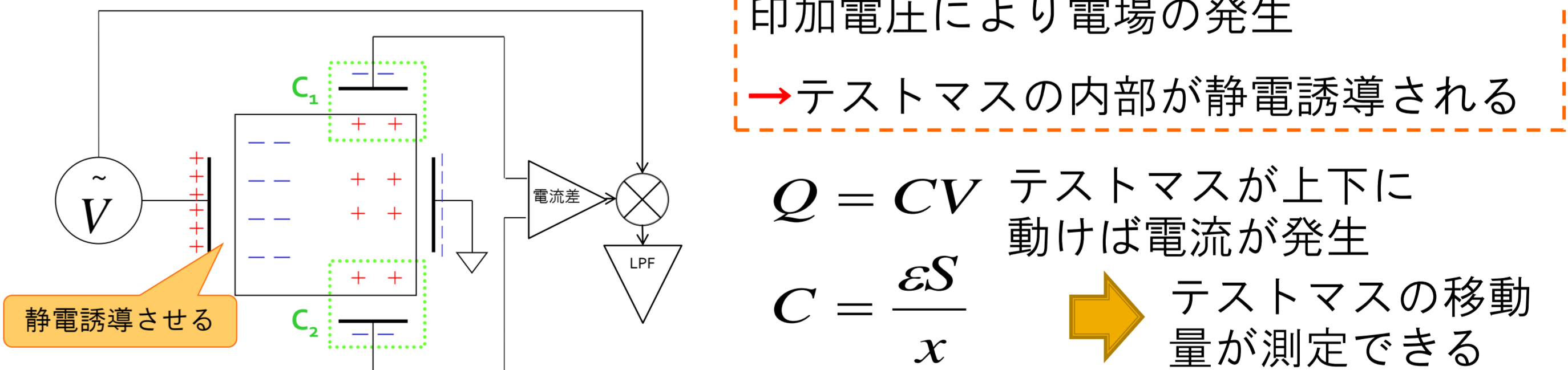
共振を保つように自由質点(テストマス)の位置を制御

テストマスの制御に非接触型の静電センサーと静電アクチュエーターを使用

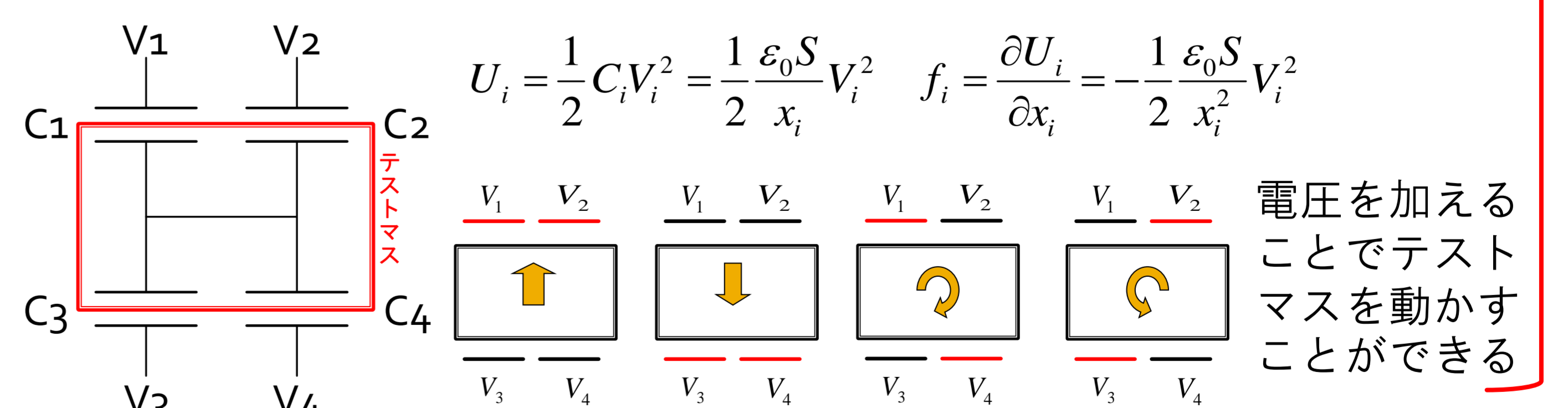


静電センサー：テストマスの位置を測る 実験：江尻氏

図はイメージです



静電アクチュエーター：テストマスの位置を動かす 実験：鈴木氏



今後の課題：制御する自由度を増やす→6自由度制御を目指す

1自由度の制御に挑戦中!!

まとめ

未だに観測がされていない重力波を捕えようと、日本では大型低温干渉計LCGTと宇宙空間での重力波観測を行うDECIGOの開発が行われている。DECIGOでは基幹技術の宇宙実証を行うためにDPFの打ち上げを目指している。DPFではテストマスの非接触制御を行うにあたって、静電センサーと静電アクチュエーターを使用する予定である。現在は1自由度制御の開発を行っているが、最終的には6自由度制御を目指す。

参考文献

- [1] LCGT Collaboration, 大型低温重力波望遠鏡(LCGT)計画, 2009
- [2] 江尻悠美子, 鈴木理恵子, DPFのための静電センサーの開発, 2009
- [3] 江尻悠美子, 鈴木理恵子, DPFのハウジングの開発, 2009
- [4] 川村静児, アインシュタインの奏でる宇宙からのメロディー：重力波, 2009