

レーザー伸縮計と超伝導重力計の 同時観測

同時観測の目的

地球物理学における極微小信号の検出を相補的性格を持つ2種類の計測器によって行う。

レーザー歪計と超伝導重力計

レーザー歪計

水平方向の歪量を測定する。

分解能は 2×10^{-13}

(地球の直径 約12700 km が $2.54 \mu\text{m}$ 変化する量)

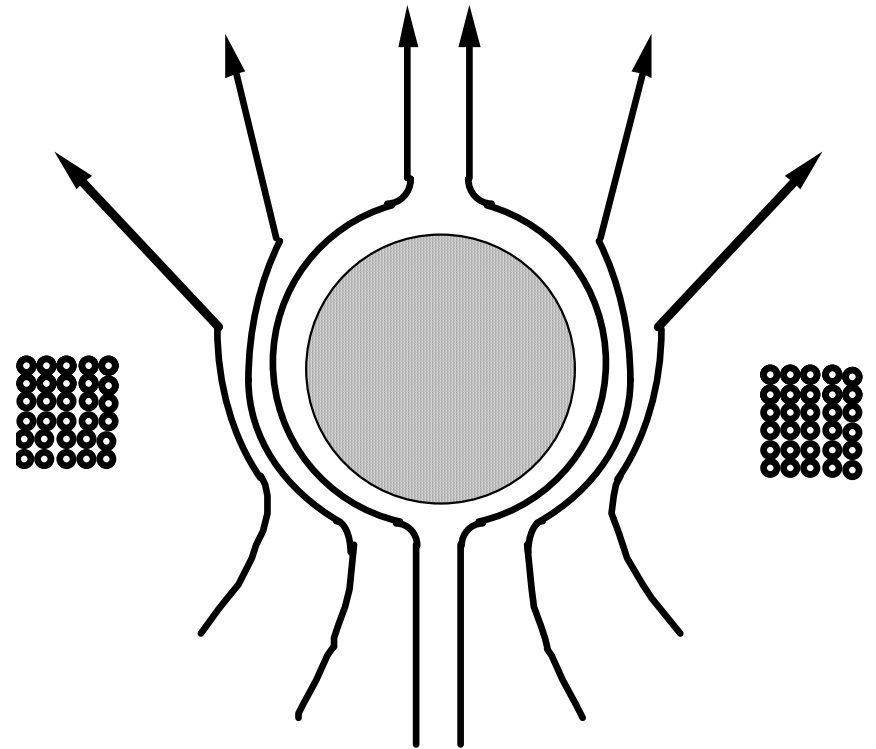
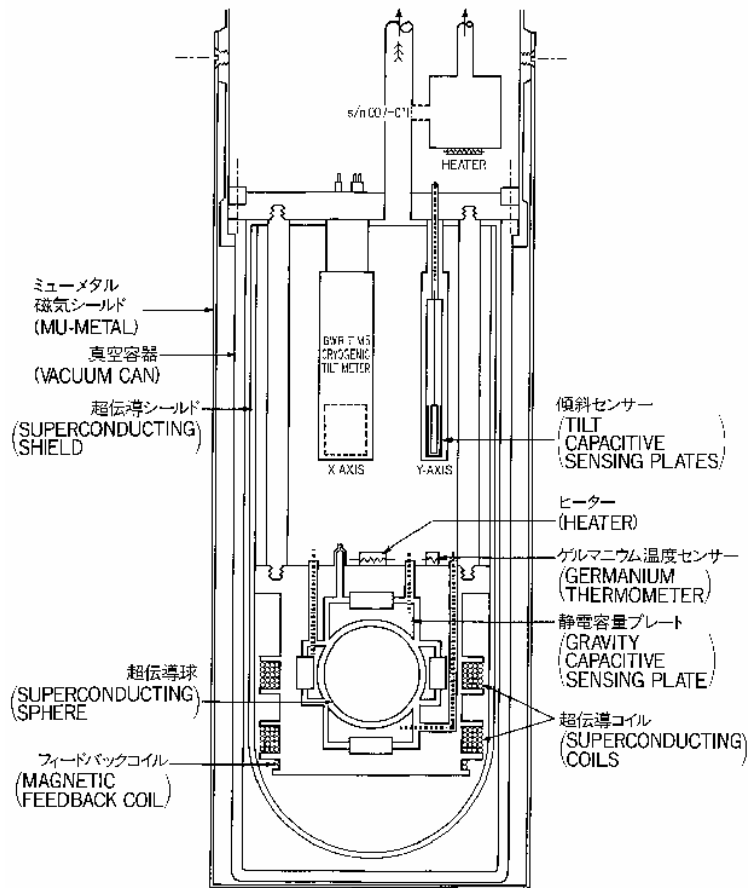
超伝導重力計

鉛直方向の加速度を測定する。

分解能はnGalの桁

(体重60kgの二人が20m離れて居る時に両者に作用する引力)

超伝導重力計の原理と構造



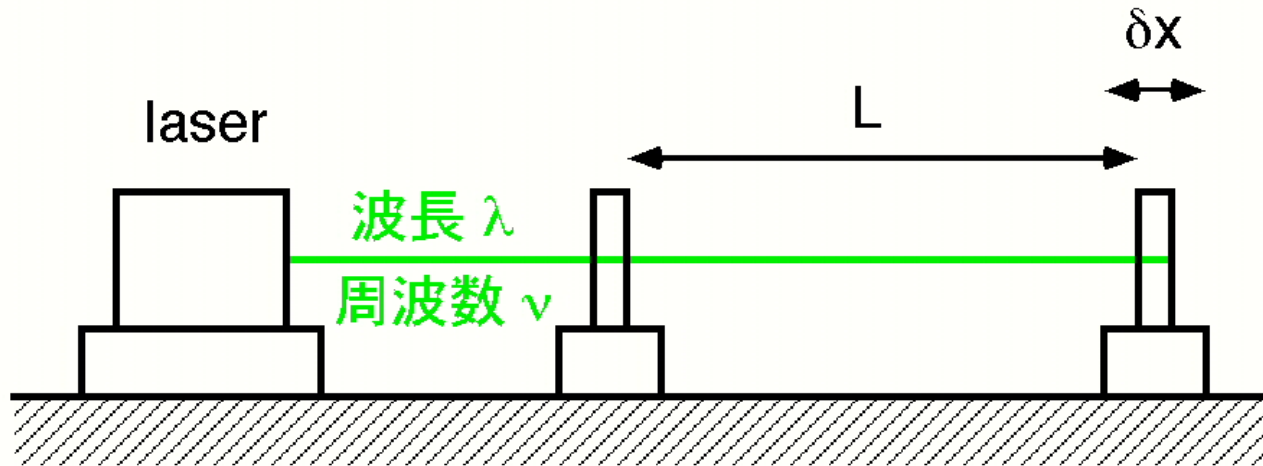
超伝導重力計の外観



神岡に設置されている超伝導重力計



レーザー伸縮計 (Vali et al., 1965)



検出位相量 : $\phi = 2k(L + \delta x)$
($k = 2\pi/\lambda$)

ひずみ量 : $\epsilon = \delta x/L = \frac{\delta \nu}{\nu}$
波長安定化

→ $\sim 10^{-13}$

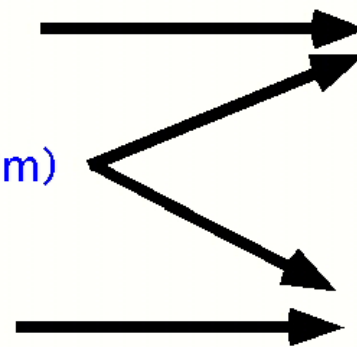
レーザー干渉計のメリット

・ 速い応答特性

・ 長基線化可能 ($\sim 1000\text{m}$)

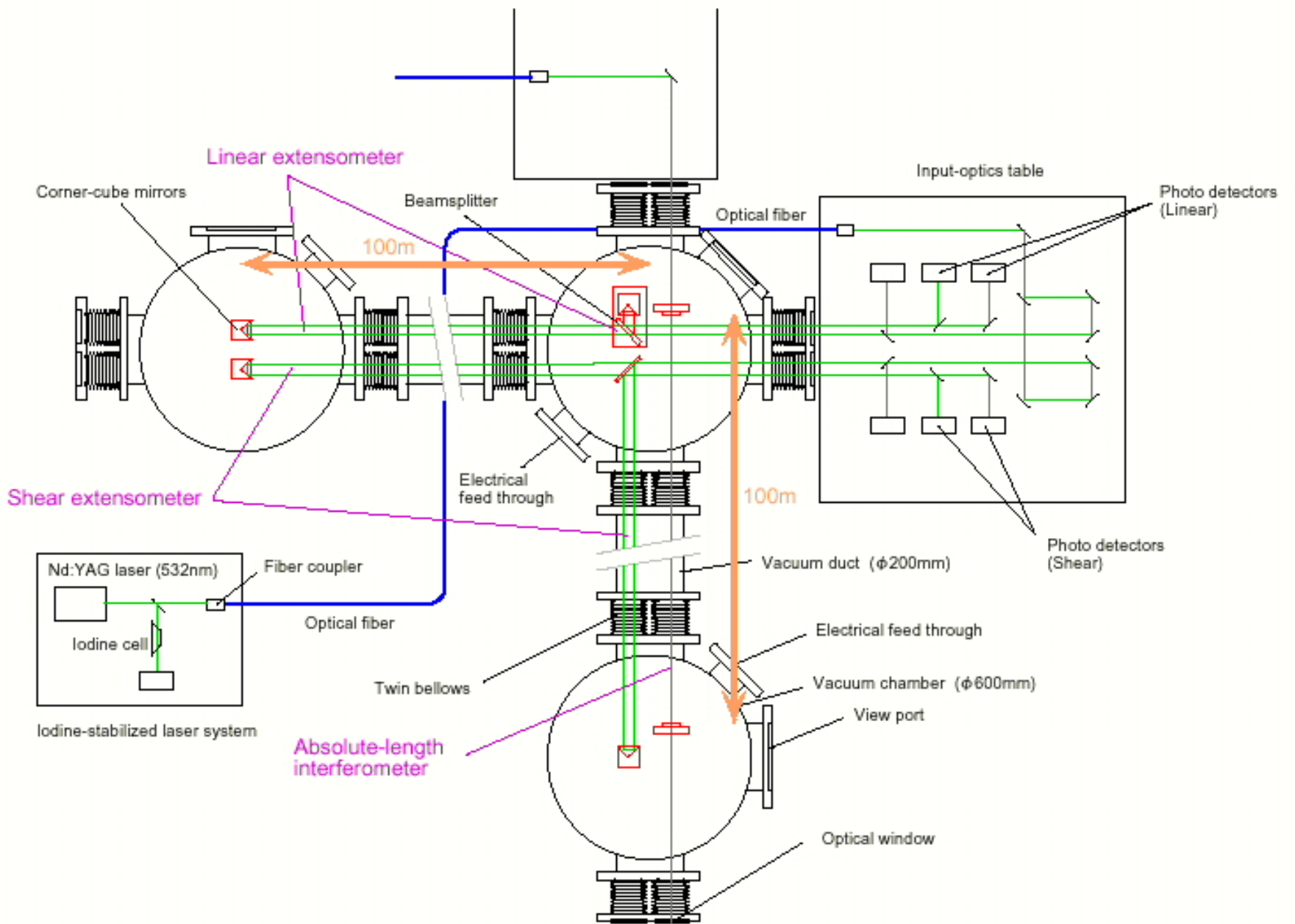
・ 長期安定性

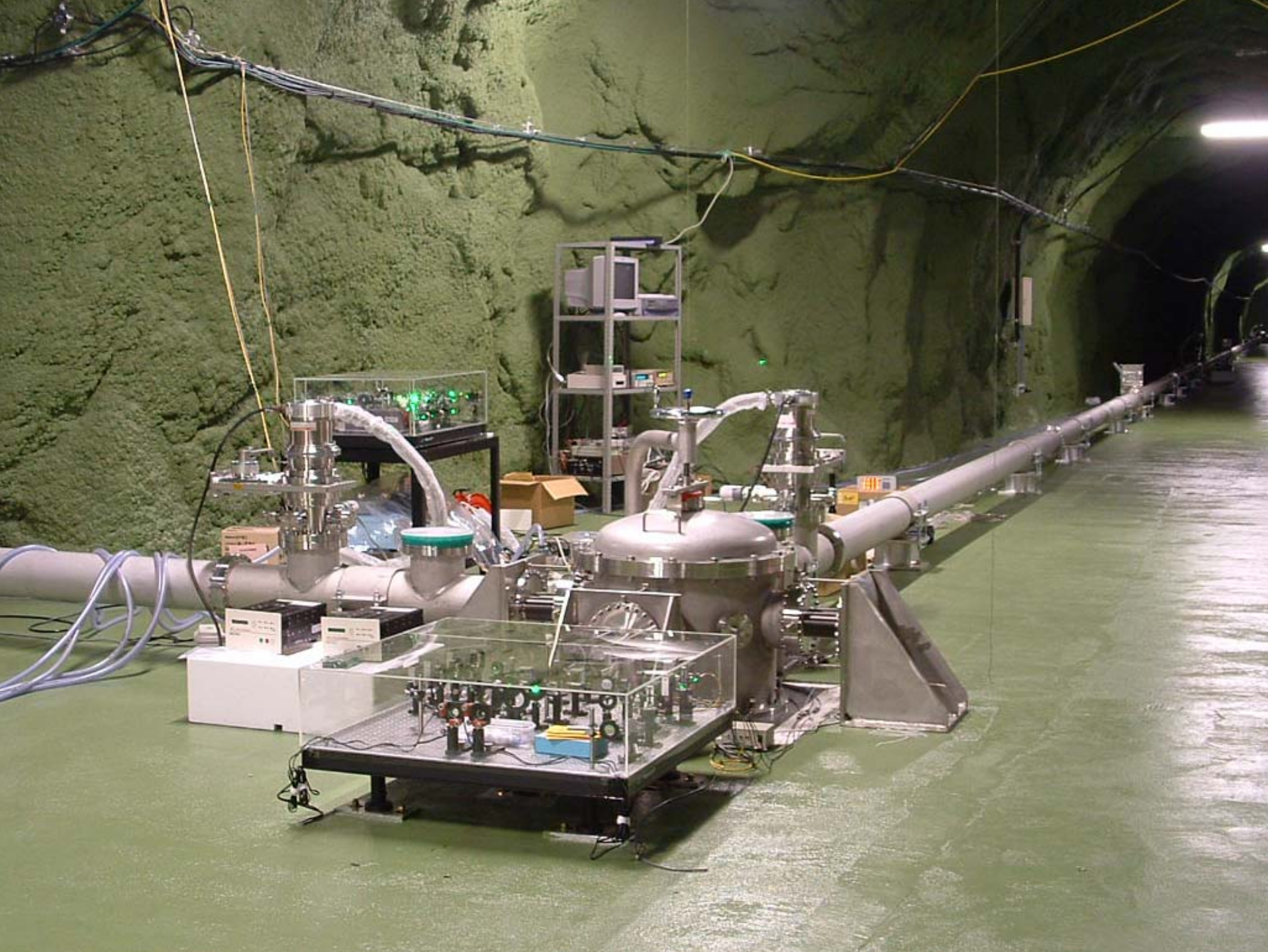
(波長安定化レーザー)



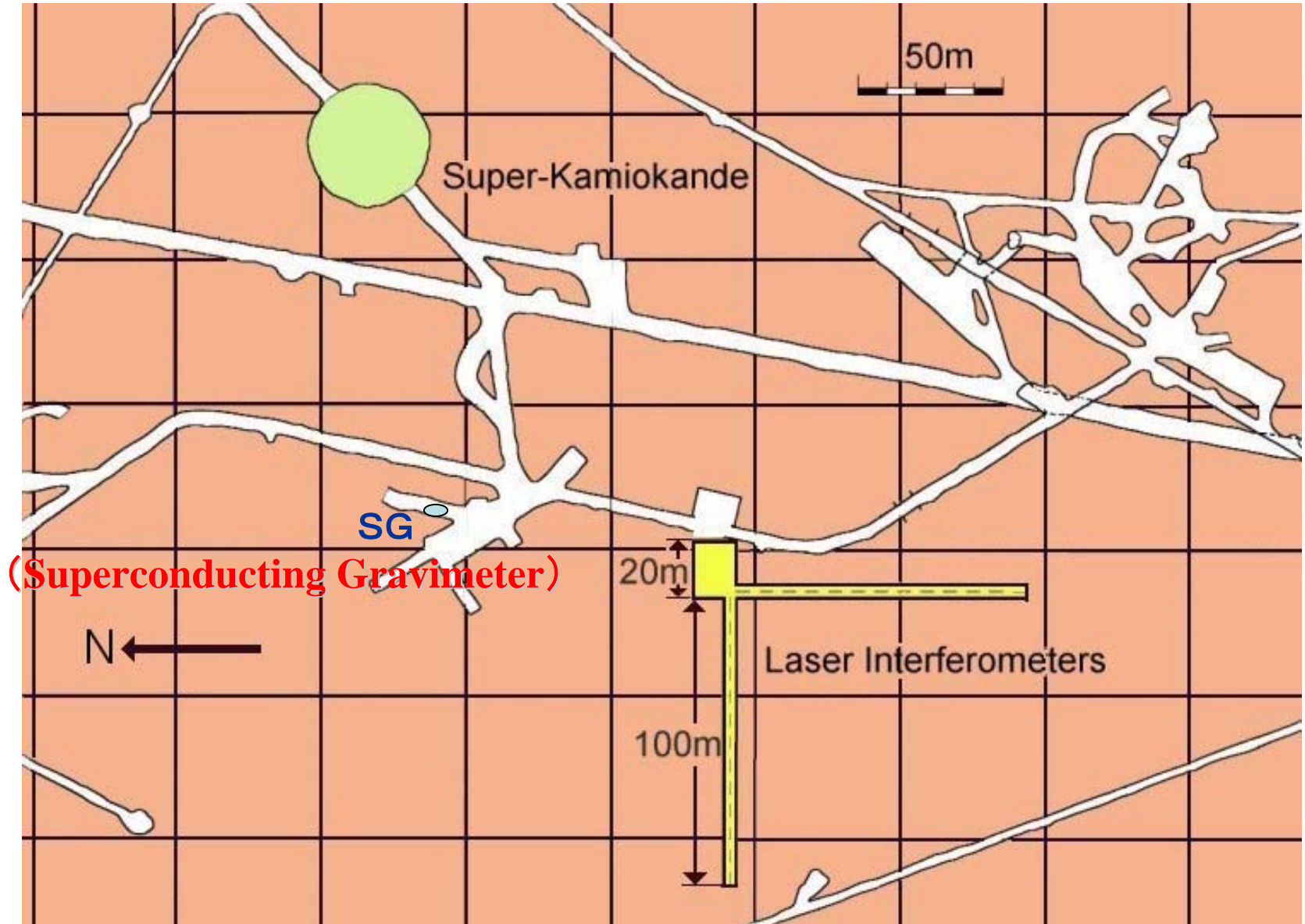
高感度広帯域地震計

地殻変動観測





Kamioka Observatory



神岡鉦山に100mレーザー伸縮計と超伝導重力計を併置すると何が見えるか

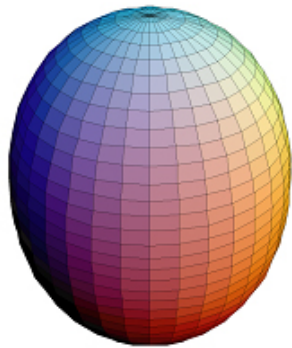
- 地球自由振動の常時励起やコア・モードの“Spheroidal Mode”と“Torsional Mode”の分離
- スリヒター・モード (1×10^{-13}) の検出
 - Slichter(1961)が提唱した内部(重力)波。外核と内核の密度差に大きく依存。地球自転のため、retrograde (4.77時間), central(5.31時間), progrede(5.98時間)の3つにスプリット。
- コア・アンダートーン (1×10^{-13}) の検出
 - 深発大地震で内核が変位したとき、重力(浮力)と地球自転によって生ずるコリオリ力を復元力とする内核の運動。時定数約13時間。
- 極運動

地球自由振動

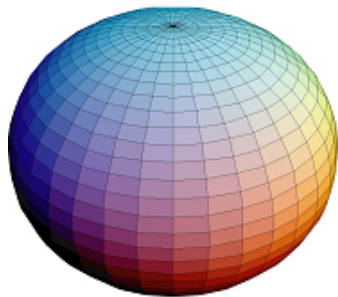
- 大地震や火山の大爆発などによって地球が特定の周期で長時間(～3ヶ月)ゆれ続ける現象
- 伸び縮み振動と捩れ振動がある
- 振動の周期は最長3233秒(伸び縮み振動)
- 振動の周期の種類は無数にある
- 最近になって、100～400秒の周期では常時振動しているらしいこともわかってきた。

地球自由振動(伸び縮みモード) の例

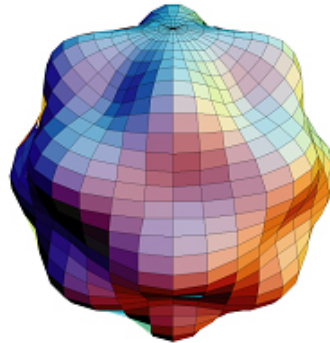
$0S_2$



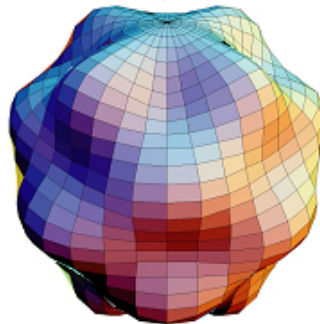
周期54分



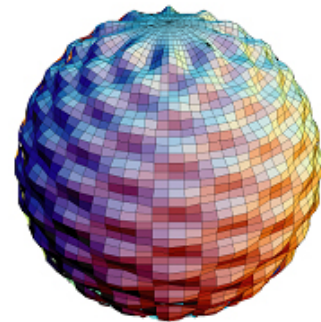
$0S_8$



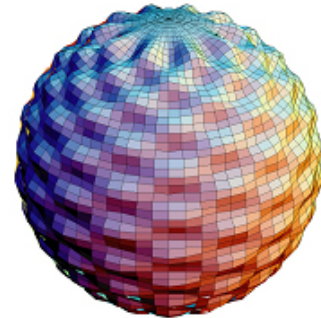
12分



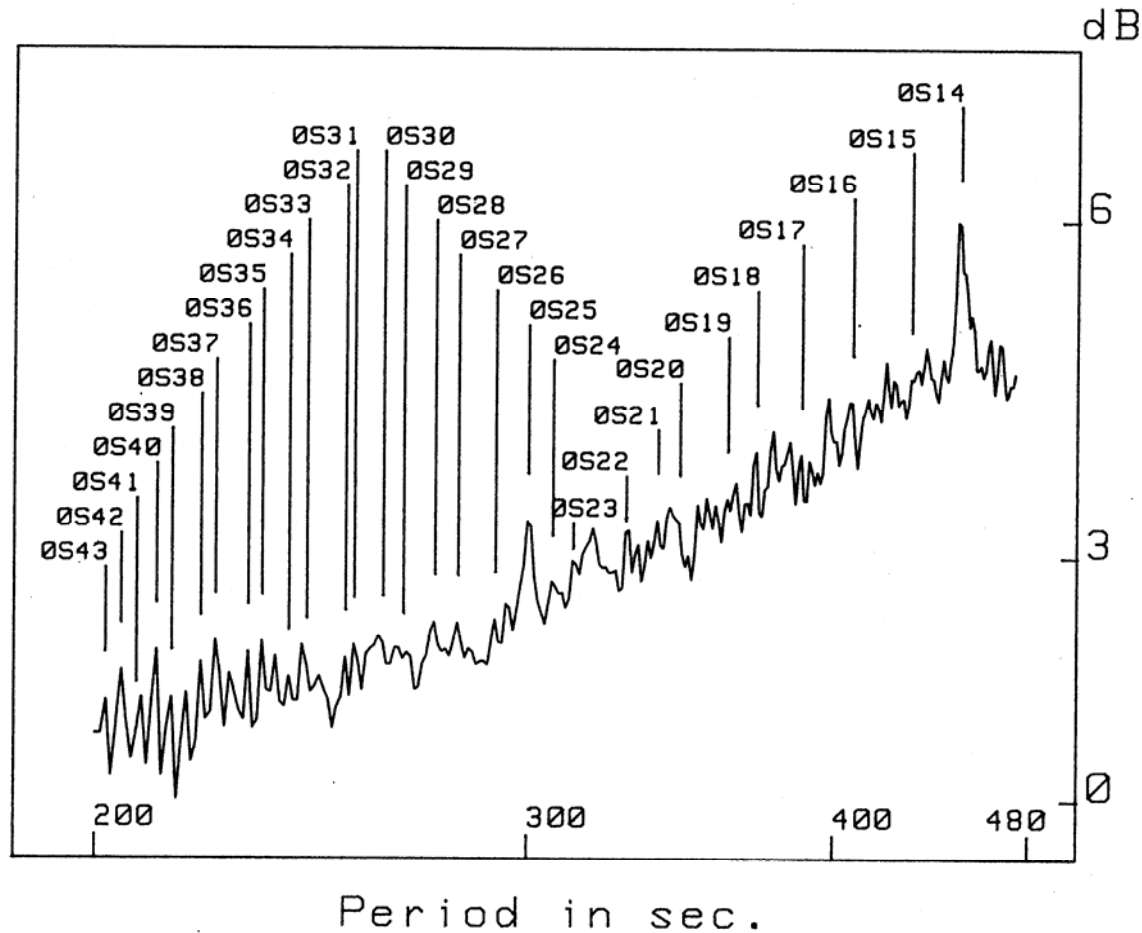
$0S_{29}$



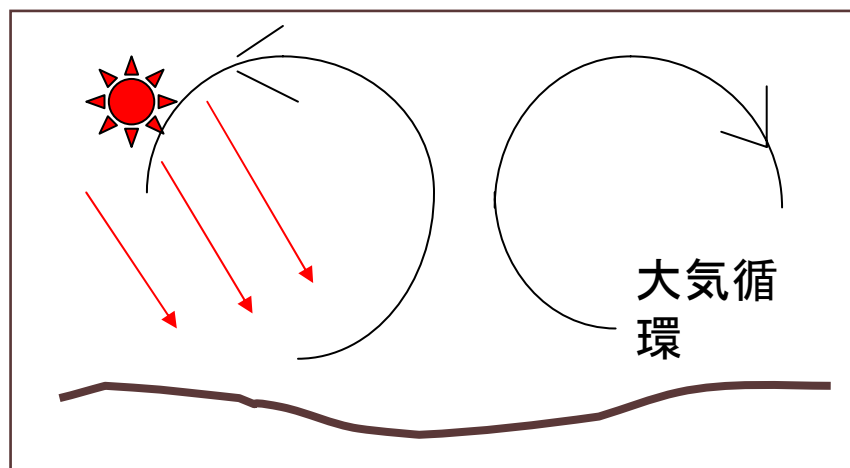
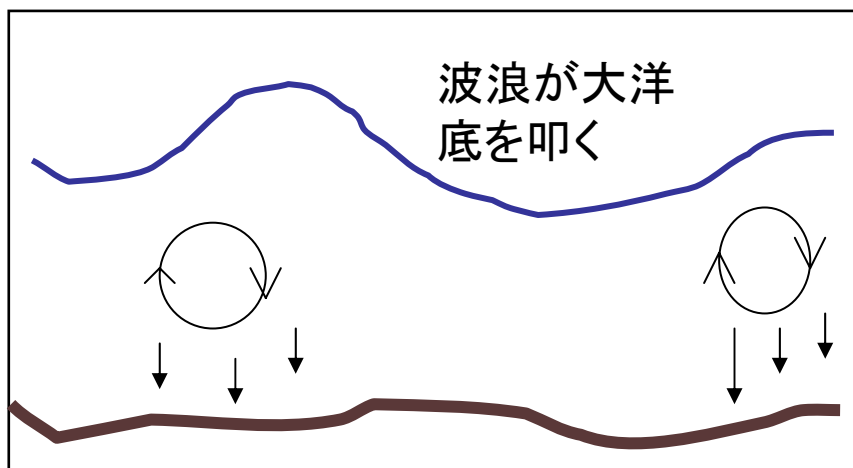
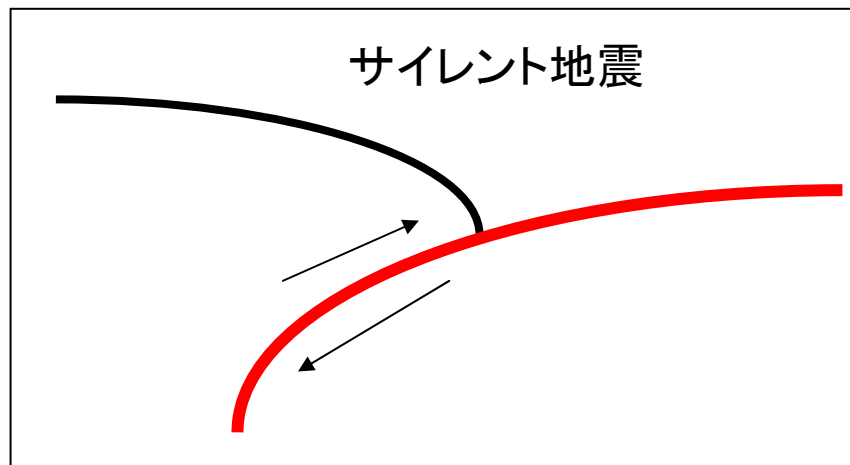
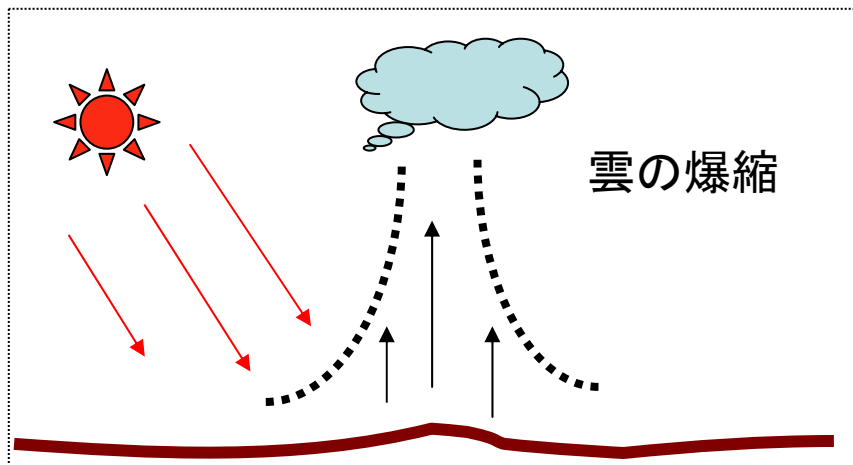
4.5分



常時地球自由振動のスペクトル



常時地球自由振動の励起源



常時地球自由振動励起源に関する 仮説の検証

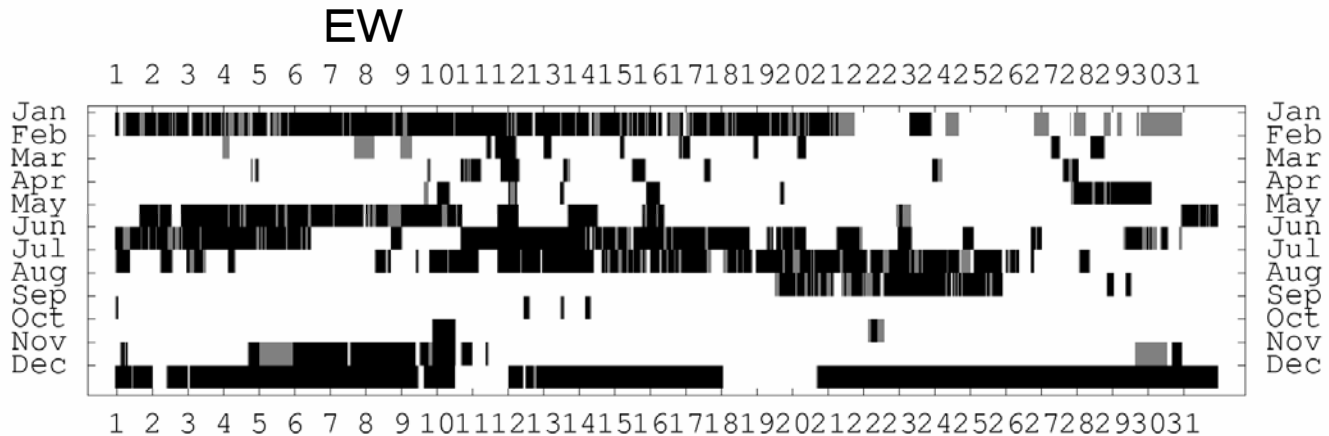
- 捩れモードの存・否を検証することが必要

常時地球自由振動は最初に超伝導重力計の記録から検出された。その後も、STS地震計の上下動成分など、鉛直成分の記録においてのみ追試されている。

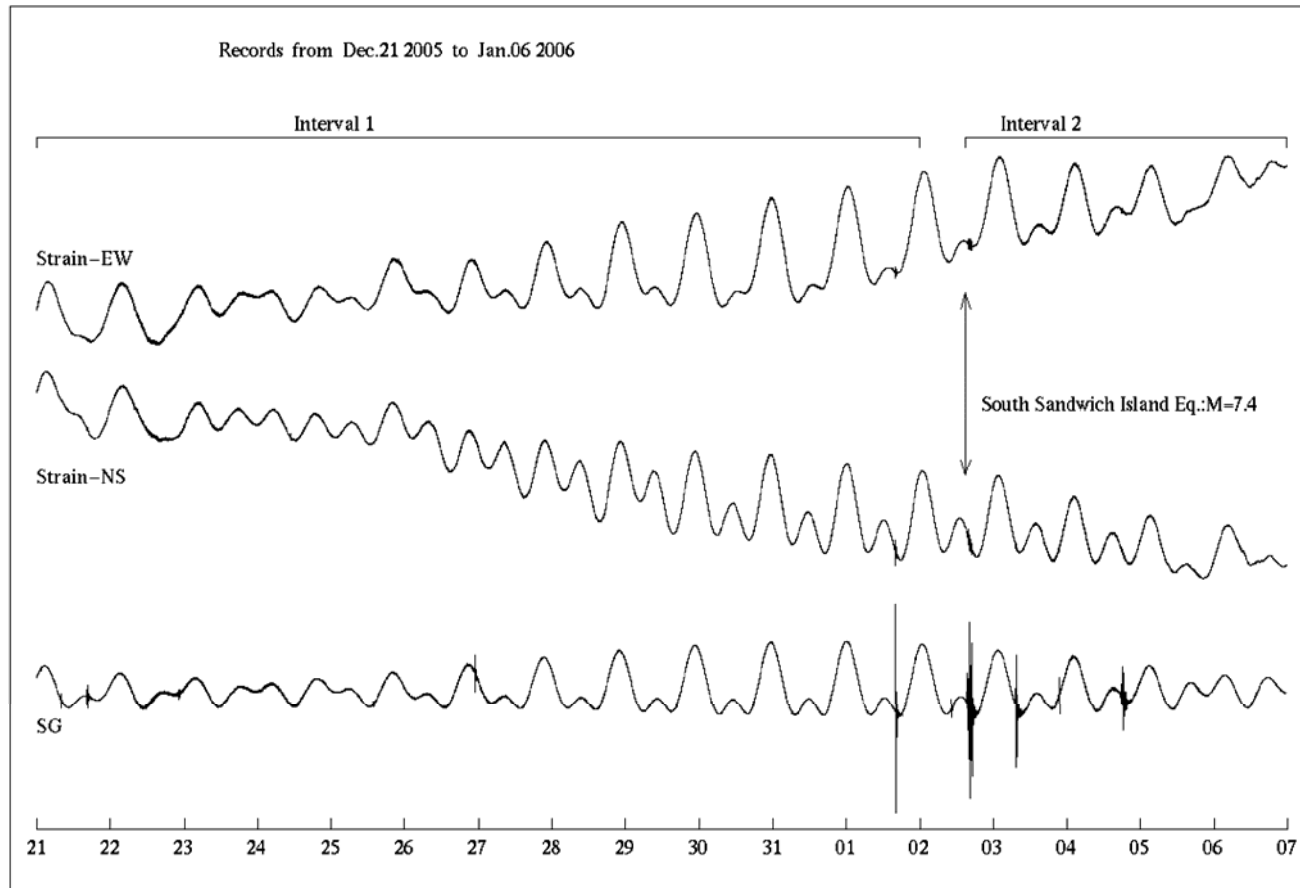
水平成分と鉛直成分の両面から検証し、捩れモードが存在するか否かを確かめることが現在の課題。

2005年のレーザー歪計記録状態

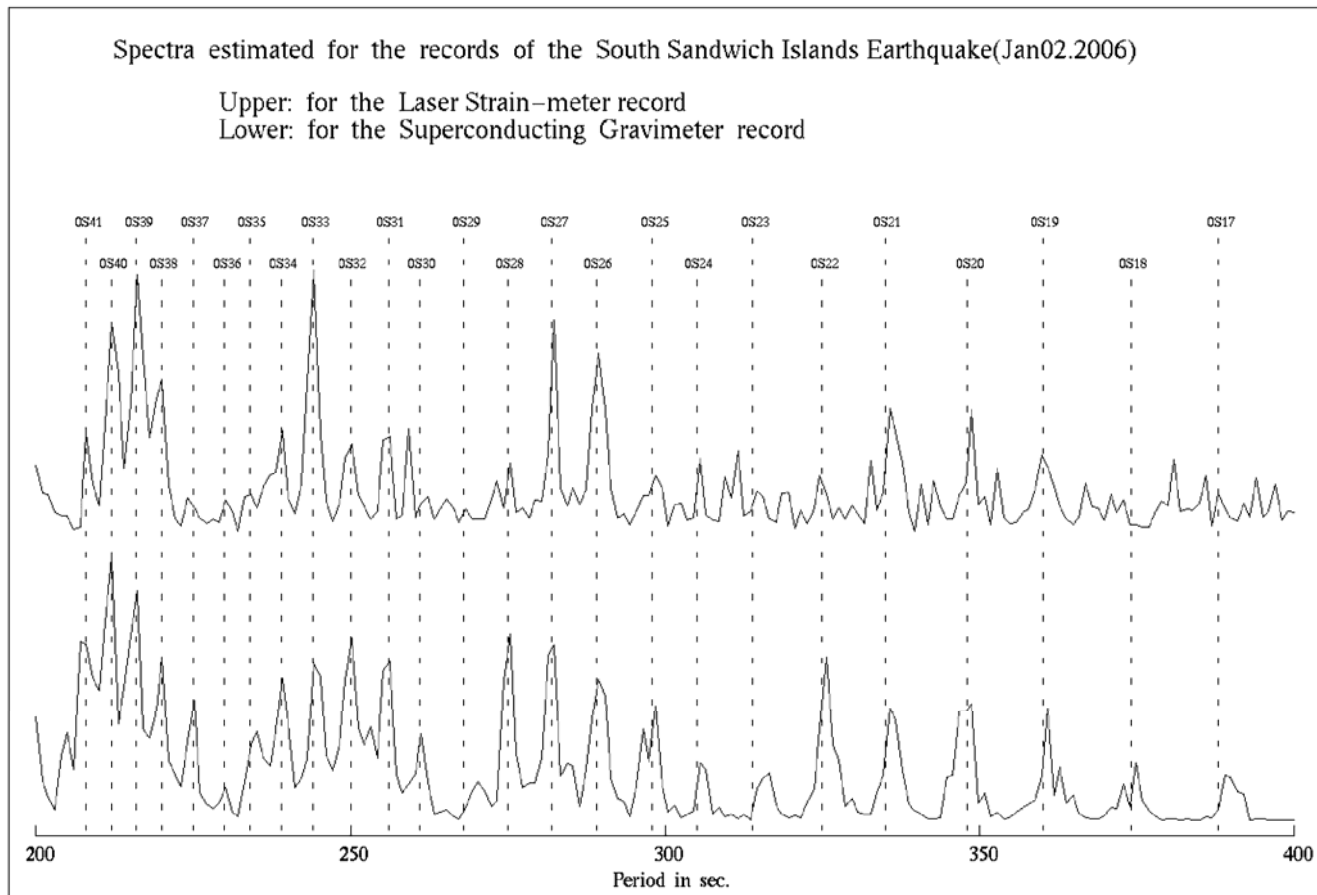
黒色の部分は歪に変換できた期間を、灰色は短時間の欠測を含む期間を示す。



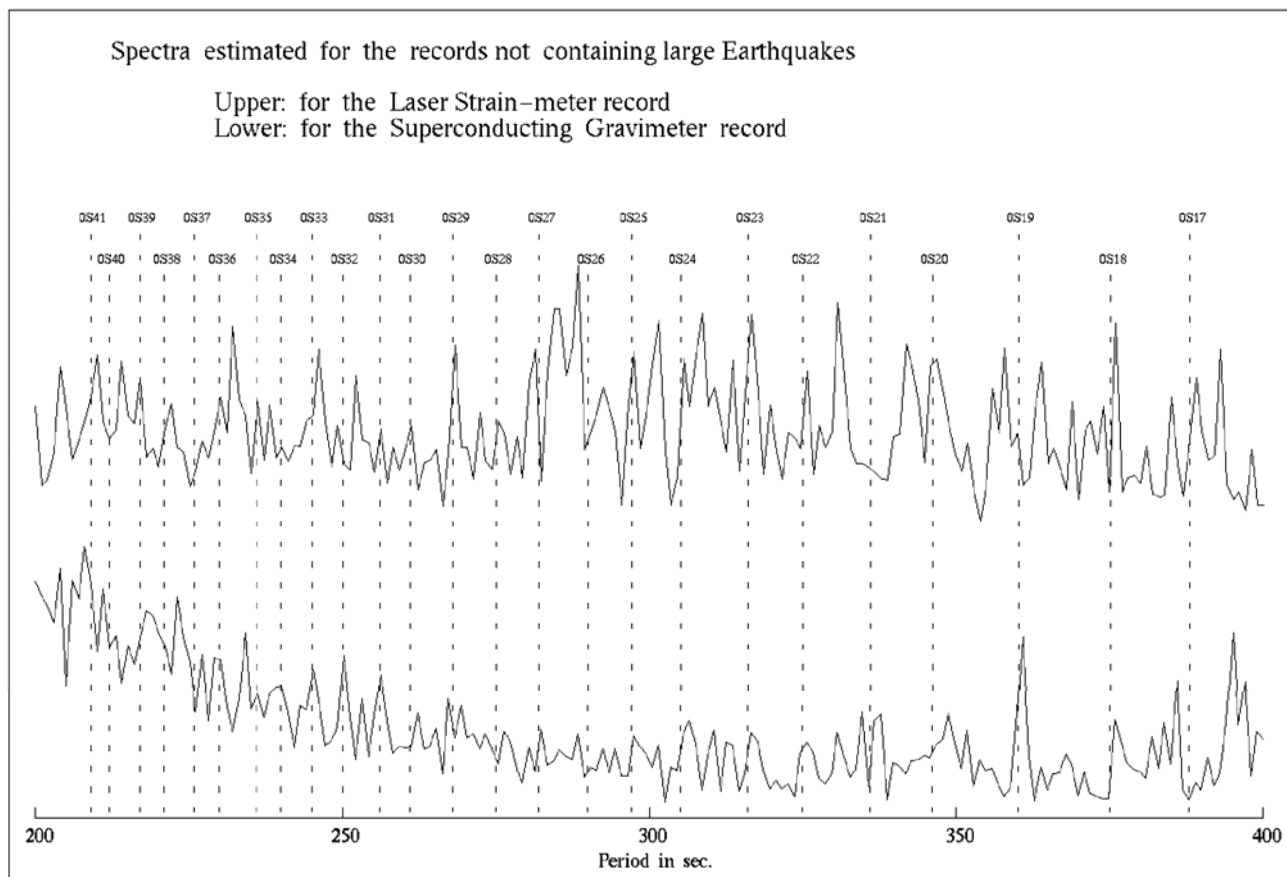
レーザー伸縮計と超伝導重力計の記録例



南サンドイッチ諸島の地震記録 から得られた自由振動のスペクトル

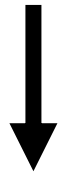


比較的静穏な時期の記録から 得られたスペクトル



今後の課題

- 常時地球自由振動を検証するためには、長期間の連続記録が必要。



- レーザー伸縮計の連続安定稼働率の向上
- 干渉縞記録から歪記録への変換作業の全自動化