

# *Measurement of seismic motion at Large-scale Cryogenic Gravitational wave Telescope project site*

**ICRR Univ. of Tokyo, KEK<sup>A</sup>, NAO<sup>B</sup>,  
AIST<sup>C</sup>, ERI Univ. of Tokyo<sup>D</sup>**

**K. Yamamoto, S. Kamagasako, T. Uchiyama, S. Miyoki, M. Ohashi,  
K. Kuroda, T. Tomaru<sup>A</sup>, R. Takahashi<sup>B</sup>, D. Tatsumi<sup>B</sup>, S. Telada<sup>C</sup>,  
A. Araya<sup>D</sup>, A. Takamori<sup>D</sup>**

*2005 September 14*

*The meeting of Physical Society of Japan*

*@Osaka City University*

# *0. Abstract*

**Measurement of the seismic motion inside and outside Kamioka mine to search the suitable location of LCGT (Large-scale Cryogenic Gravitational wave Telescope) project**

# *Contents*

*1. Introduction*

*2. Experimental method*

*3. Results*

*4. Summary*

# *1. Introduction*

**LCGT** : **future** Japanese project

to construct the interferometric **gravitational wave detector**

Length of baseline : 3 km

Location : **Kamioka mine** (Hida, north side of Gifu prefecture)

extremely **small seismic motion**

(**100** or **1000** times smaller than that near Tokyo)

(1) **low noise** (low frequency region)

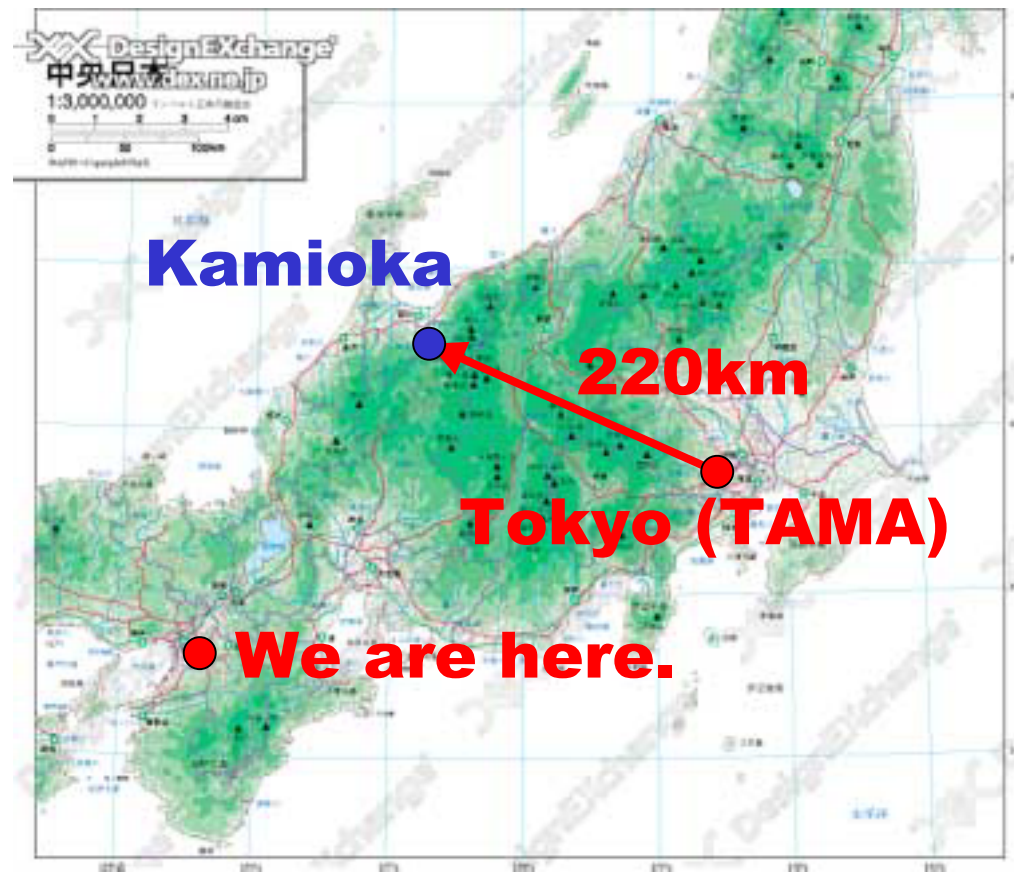
(2) **stable operation**

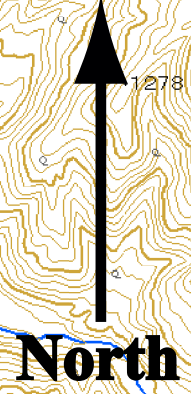
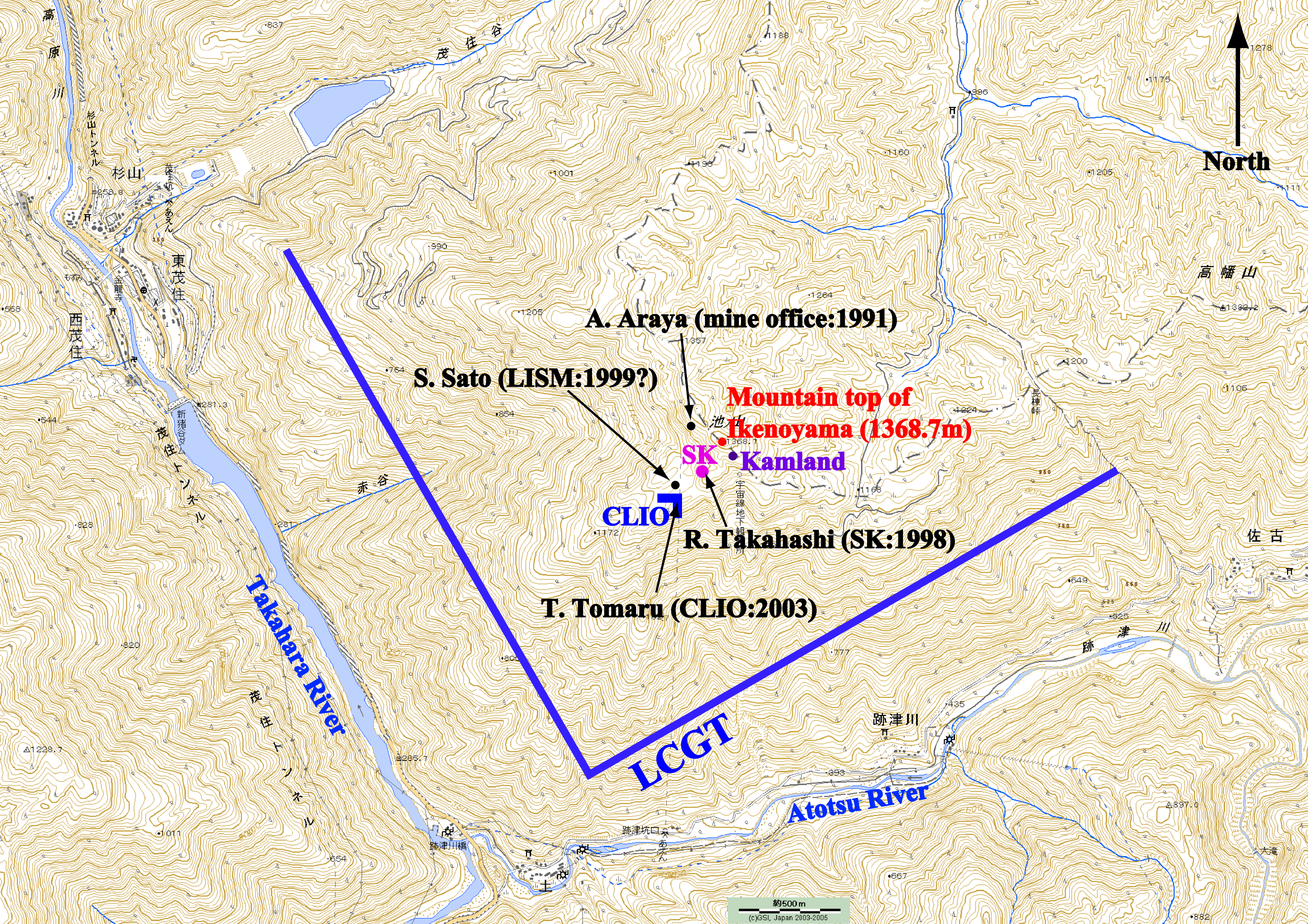
Is seismic motion small **in Kamioka mine everywhere** ?

# Site

**Kamioka (LCGT site)**

**220km west from Tokyo**





**A. Araya (mine office:1991)**

**S. Sato (LISM:1999?)**

**Mountain top of Ikenoyama (1368.7m)**

**SK • Kamland**

**CLIO**

**R. Takahashi (SK:1998)**

**T. Tomaru (CLIO:2003)**

**LCGT**

**Takahara River**

**Atotsu River**

## *2. Experimental method*

### *2-1. Sensor*

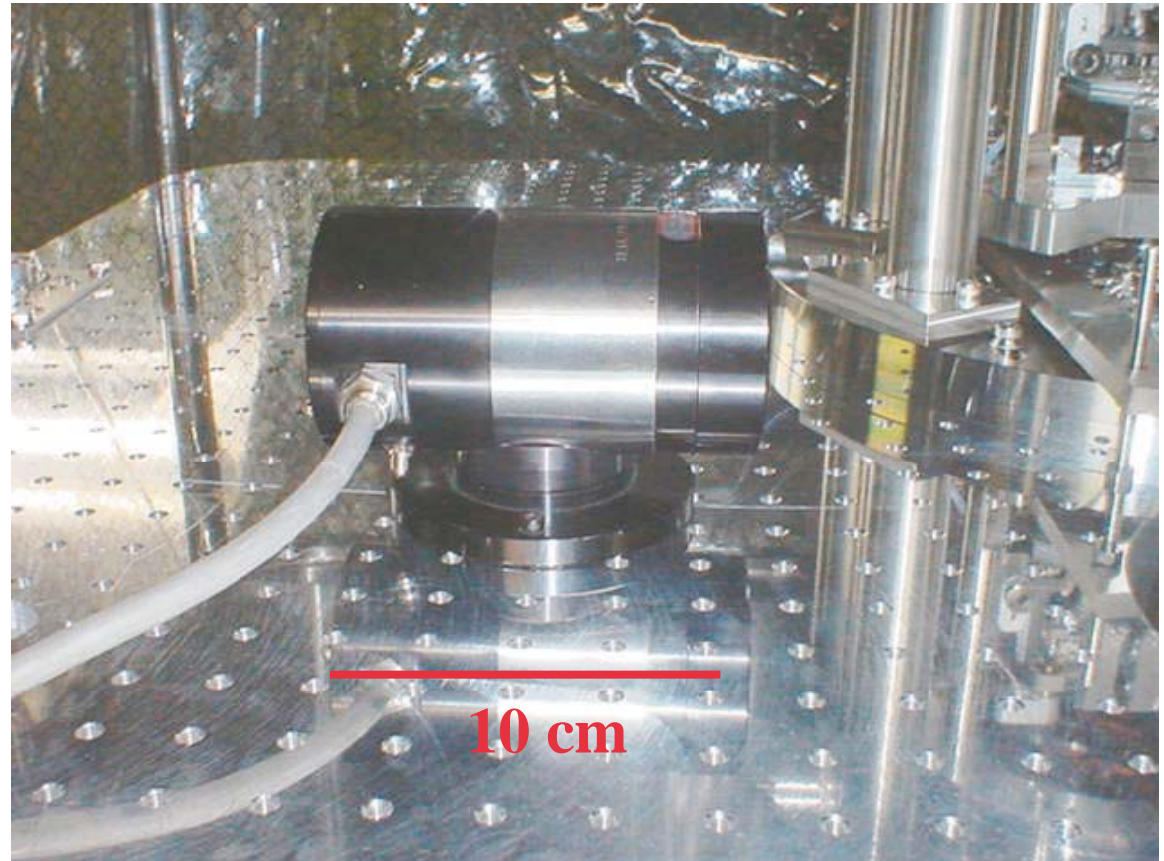
#### **Accelerometer**

**RION LA-50**

**Laser Interferometer**

**Observation band  
0.1 Hz -100 Hz**

**Horizontal and  
Vertical measurement**



## *2-2. Location*

### **Outside** of mine

**Outside of Mozumi office**

**Dormitory**

**Do**

**Atotsu office**

**West of Atotsu office (500m)**

### **Inside** of mine

**Mozumi shaft (0m, 50m,100m,200m,500m,800m from exit)**

**CLIO site**





# Measurement at Atotsu office



# Outside of Mozumi office



Exit of Mozumi shaft

Mozumi office

Measurement  
location

# Measurement apparatus



# Truck



# Electric locomotive



# Fixed accelerometer



### 3. Results

#### 3-1. Outside of mine

< 1 Hz

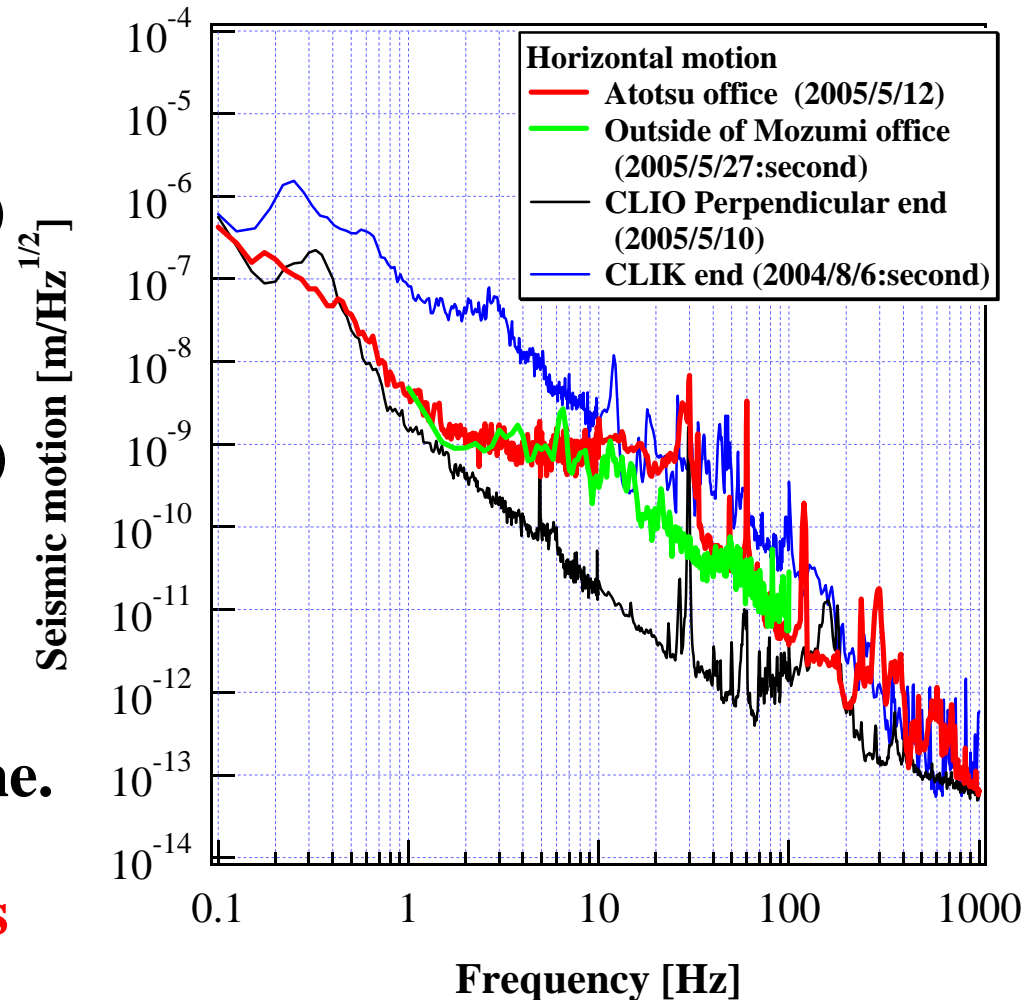
(Outside of mine) = (CLIO)

> 1 Hz

(Outside of mine) > (CLIO)

**Vertical** motion is  
**similar** to horizontal one.

Results of **other locations**  
are **similar**.





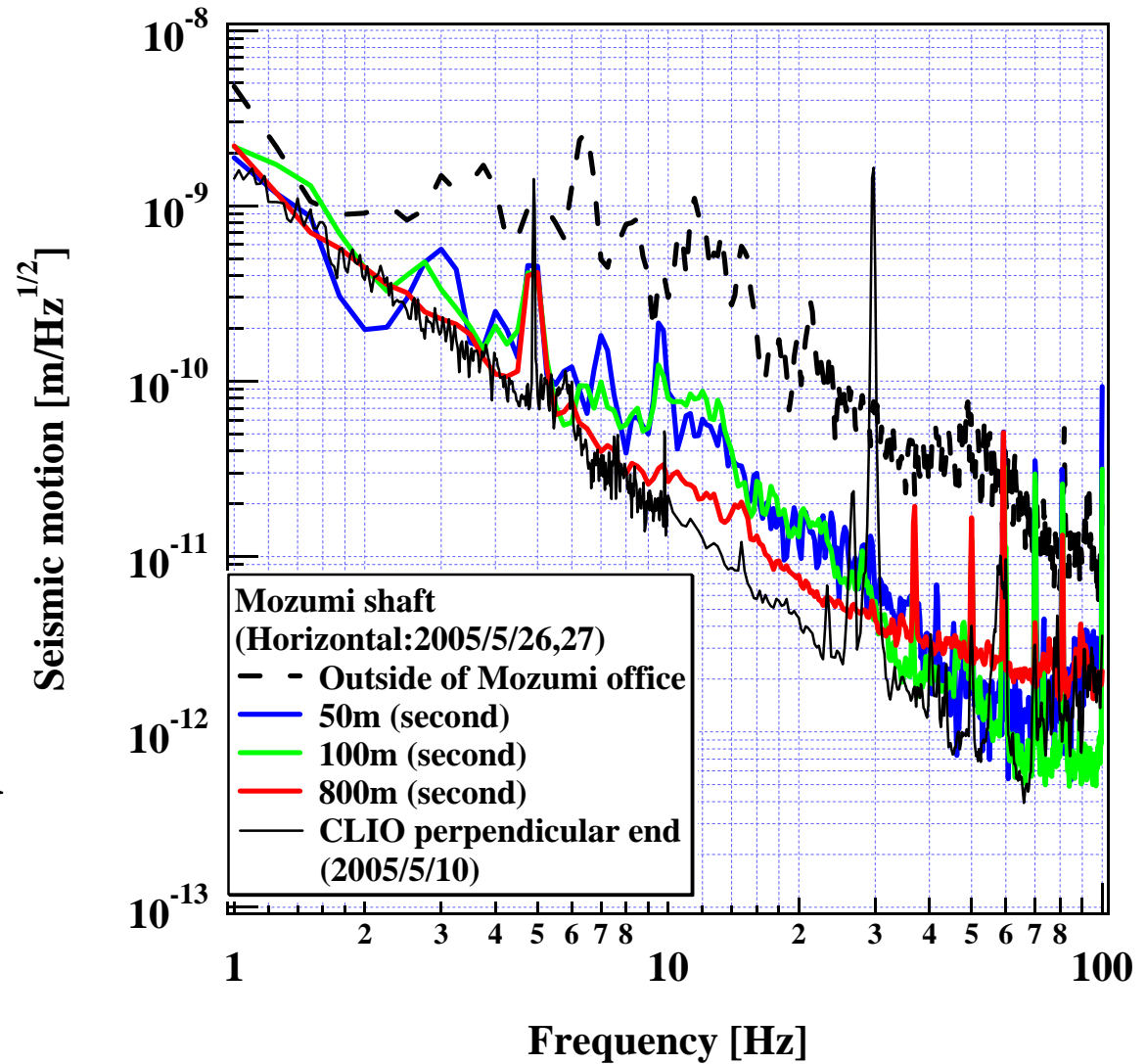
### 3-2. Inside of mine

> 50 m

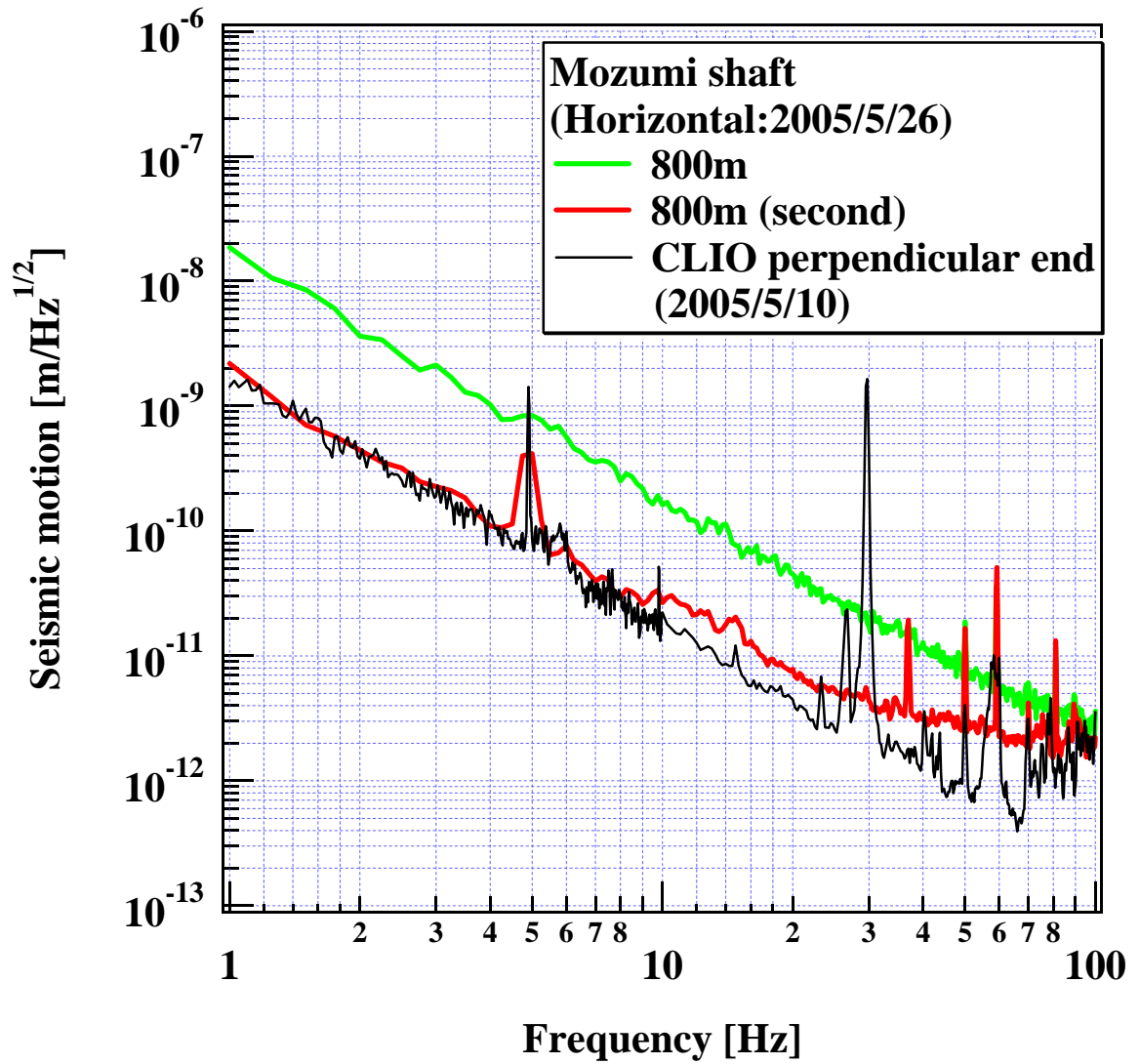
silent sufficiently !

Main mirrors

50 m from ground

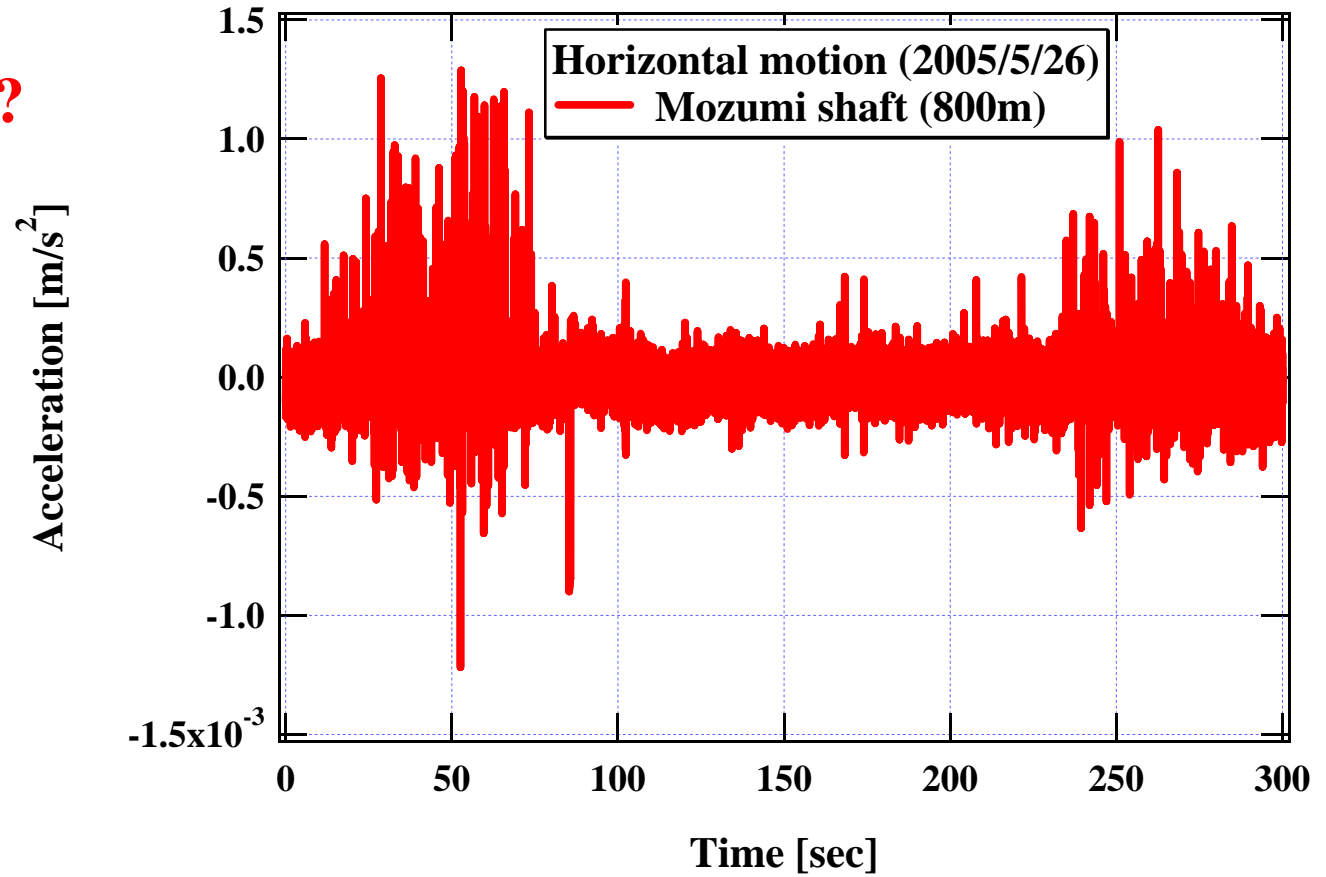


### 3-3. Reproducibility



# Data in time domain

Water current ?



### *3-4. Problem of water*

Length of baseline : **3 km**

—————→ **Ditch is necessary.**

**Ditch must be far from main mirrors.**

How far ?

**CLIO perpendicular end** : sufficiently **small seismic motion**

Distance between **CLIO perpendicular end**

and **Atotsu shaft (with ditch)** : **60 m**

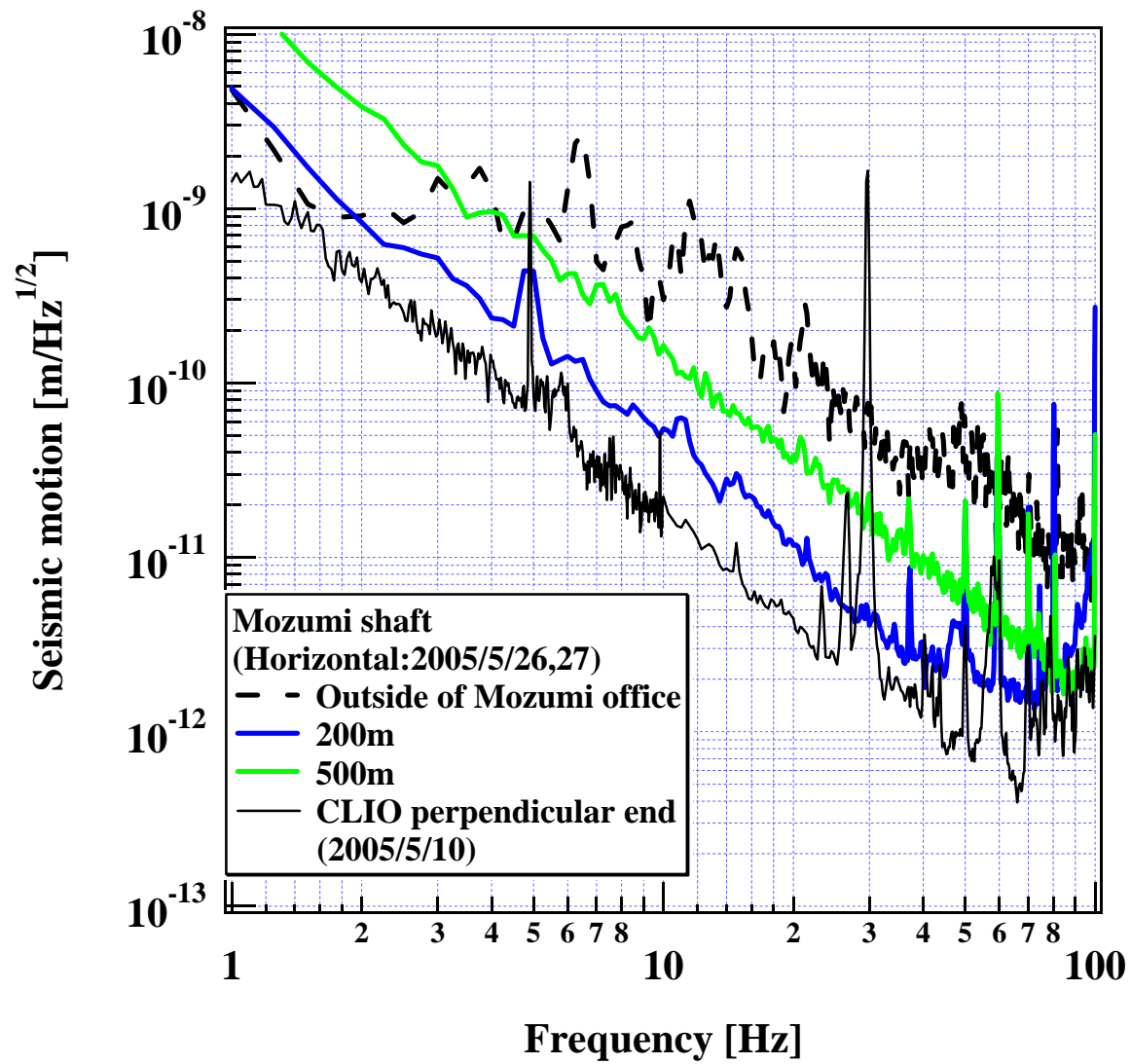
## 4. *Summary*

- (1) Measurement of seismic motion **inside** and **outside Kamioka mine**  
to search suitable location of **LCGT** interferometer
- (2) **Outside** mine : **large** seismic motion
- (3) **Inside** mine : sufficiently **small** seismic motion (**50 m** from exit)
- (4) **Water current** : source of vibration  
**Ditch** must be **far** from **main mirrors**.

# *Acknowledgment*

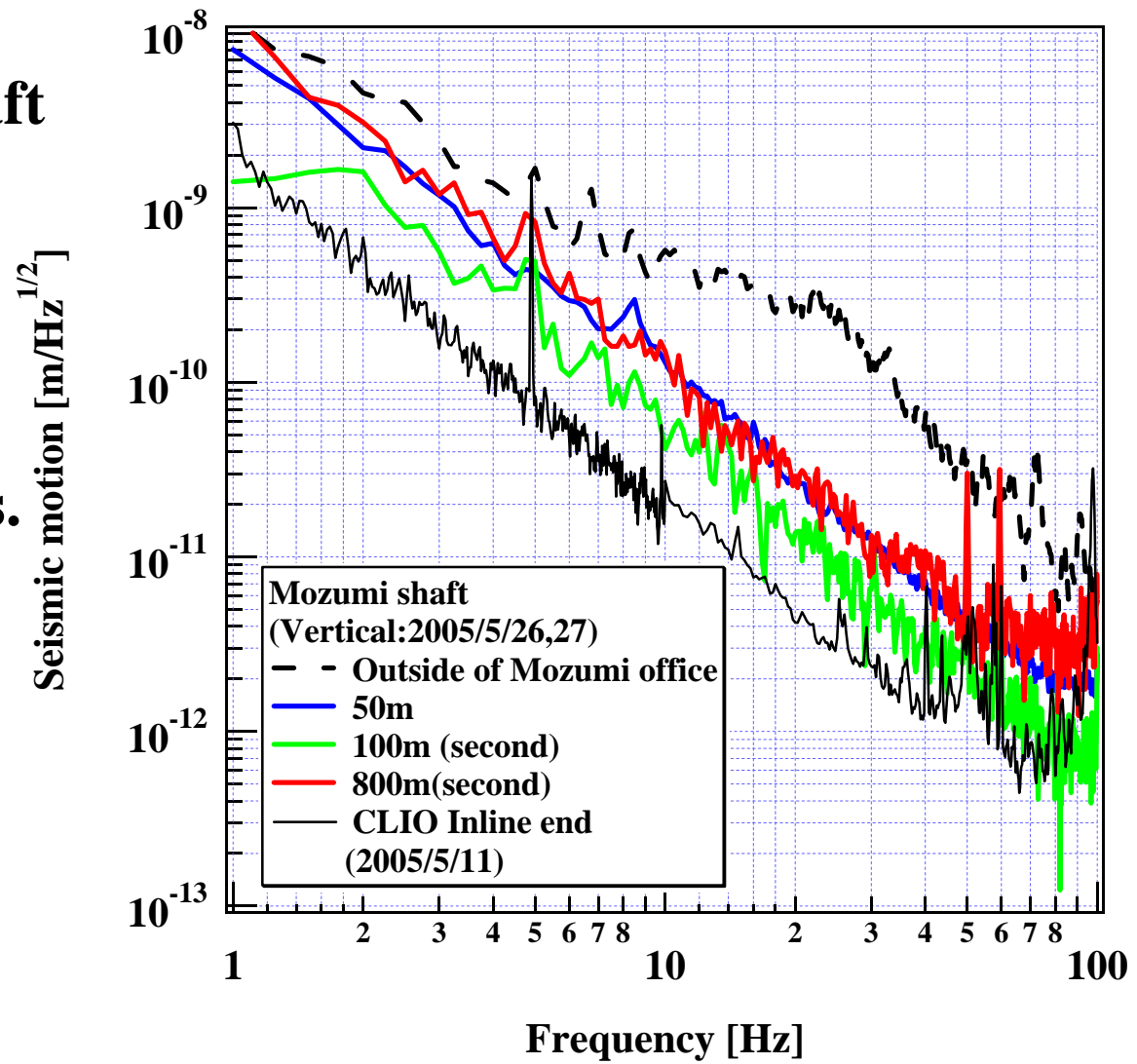
*Staff of Kamioka mine*

*(Especially, Mr. Nishitani)*

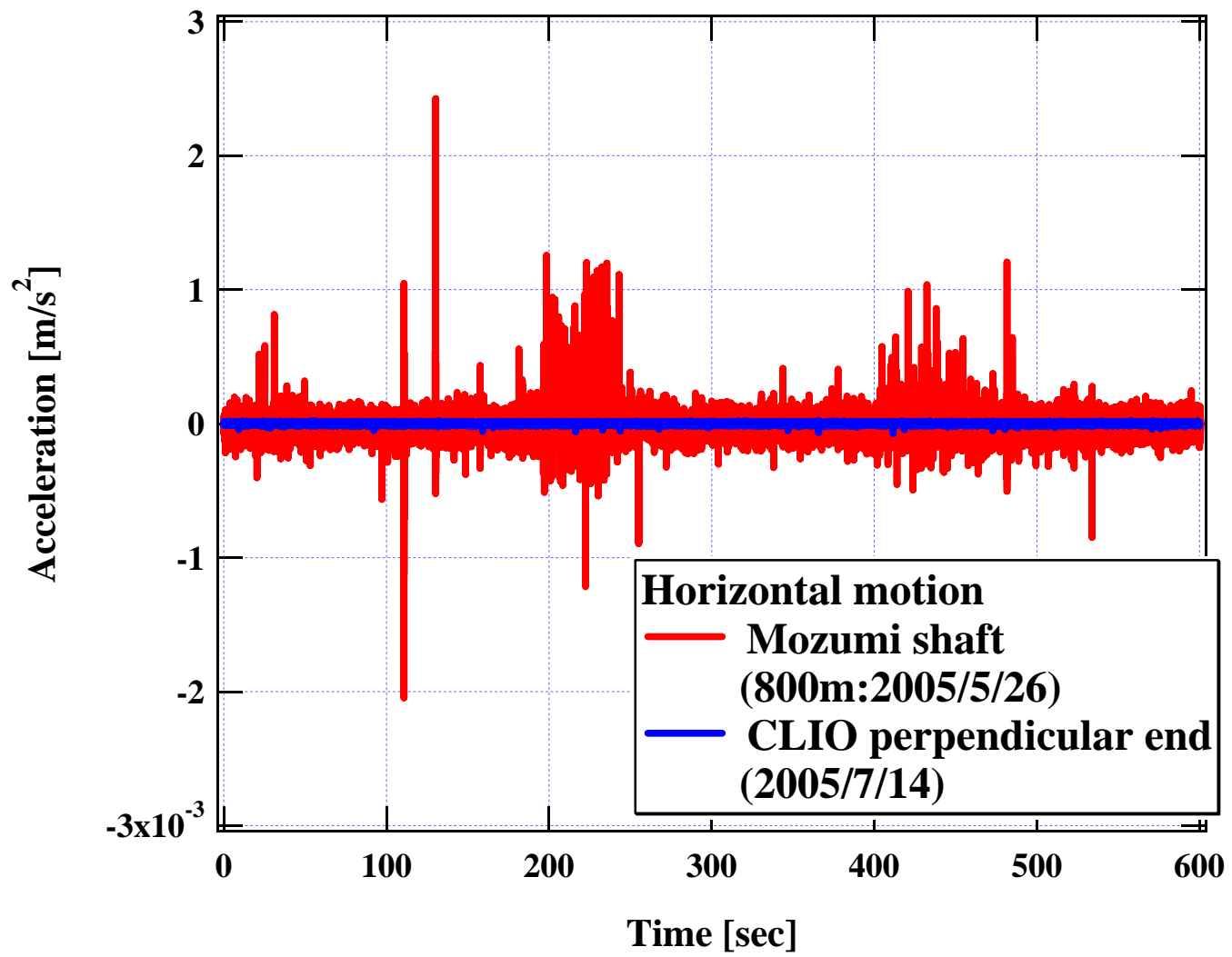


# Vertical motion in Mozumi shaft

RION has problems.







# Mozumi shaft



# Mozumi shaft



## 江刺地球潮汐観測トンネルにおける地面振動の測定

重力波検出器の建設場所の条件として地面振動のレベルが小さいことが挙げられる。国内の地面振動が場所によってどのように違うかを調査する目的で、これまでにいくつかの場所で定常的な地面振動の測定を行ってきた。今回は国立天文台水沢観測センターの江刺地球潮汐観測施設内トンネル [1] (岩手県江刺市伊手阿原山、図 1) にて測定を行なった。このトンネルは阿原 (あばら) 山の北斜面標高約 400m の山腹に掘られた横穴で、安定した花崗岩帯にある。また、市街地から離れているために人工的なノイズも小さく地面振動レベルもかなり小さいものと期待される。

今回の測定は平成 7 年 2 月から 3 月にかけて、2 つの目的で行なわれた。一つはトンネルの内部と入口付近のスペクトルを比較して地表の外乱がどの程度影響するかを調べることである。このような実験はこれまでには行なっていなかった。もう一つの目的は比較的長期間連続測定を行ない、1Hz 付近の地面振動レベルの変化をみることである。というのは、同様の測定を三鷹の天文台で行なったところ日周変化が見られたためである。人工的なものの可能性が高いが、自然現象によるものとも考えられるので江刺の測定結果により原因がある程度推測できるはずである。

測定に用いた振動計はこれまでの調査でも使ってきた (株) リオン製のレーザー加速度計 LA-50 で、水平方向の振動成分を測定した。測定データはパソコンの AD コンバーターで取り込んだ。スペクトルデータについては Quick Look の FFT プログラムでその場でフーリエ変換した。長期観測用のデータについては時系列の形でハードディスクに書き込まれ、持ち帰って解析を行なう。データ取得系のブロック図を図 2 に示す。

スペクトルの測定は図 3 に示した三地点で行なった。測定点 1 は江刺精密実験室内である。この実験室は重力計をはじめとする精密実験のために作られた、トンネルとは隔離された部屋で、湿度もある程度低くなっている。今回の測定では測定器類の保護を考え、加速度計部分以外はこの実験室内に設置してデータ取得を行なった。加速度センサーは実験室外の測定点 2 に接着剤で固定した。実験室外に設置することで室内の測定機器類から生じる音の影響を避けられる。実際に測定点 1 と 2 で振動スペクトルを比較したところ 100Hz 以上の帯域で音の影響が大きいことがわ

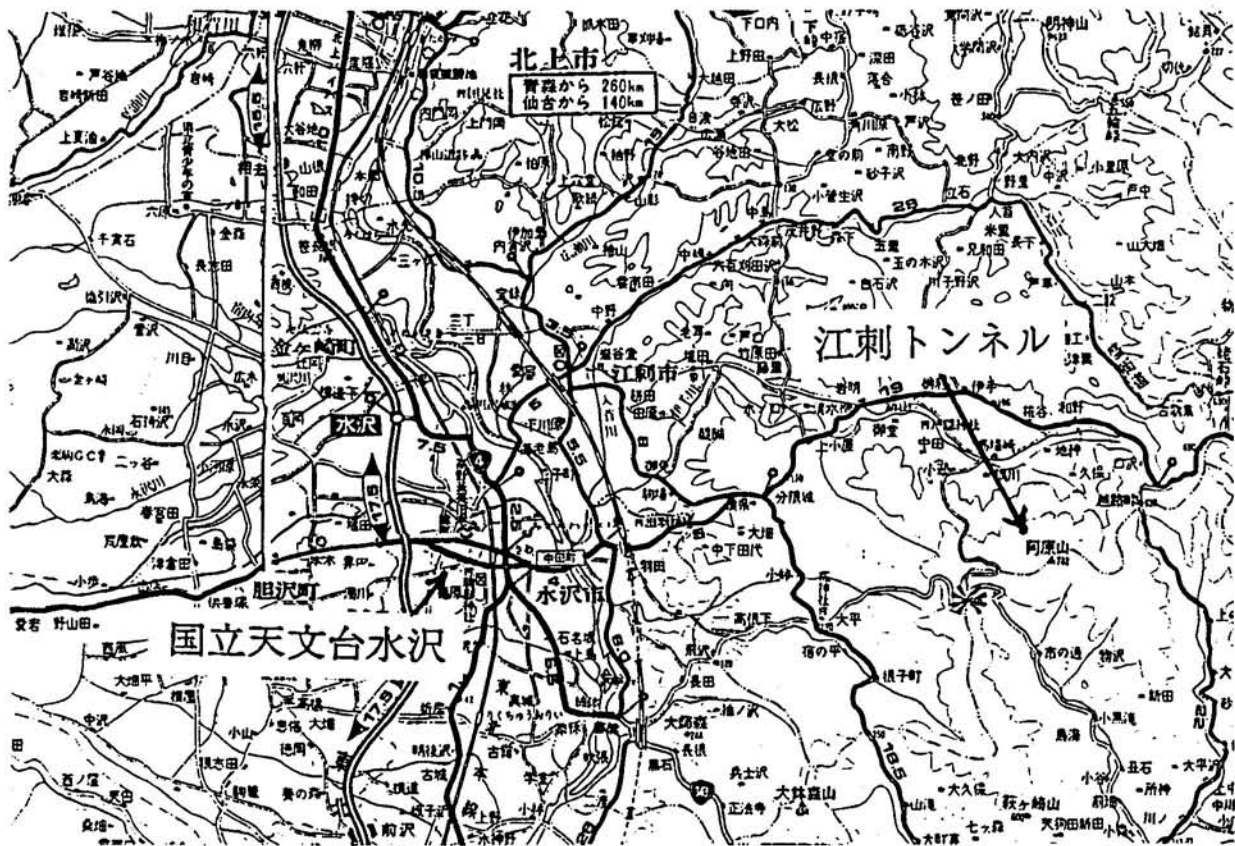


図1 江刺地球潮汐観測トンネル周辺

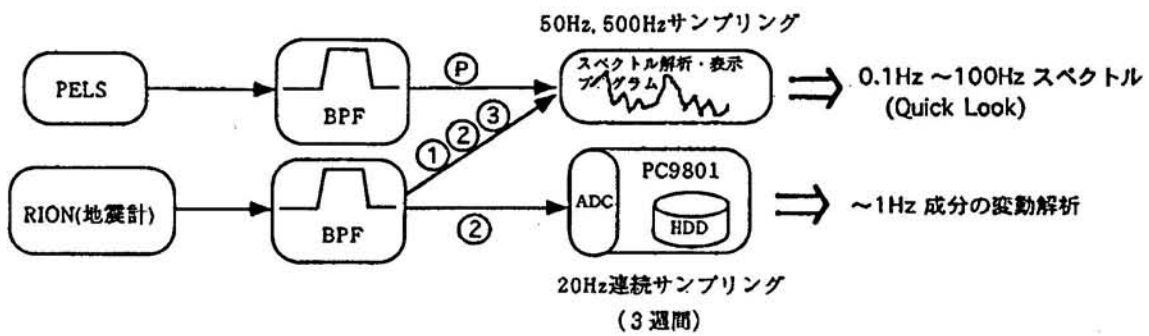


図2 データ取得系

かった。しかし、100Hz 以下ではほとんど差が見られなかった。

つぎに、得られたスペクトルの絶対値が正しいものであるかを確かめるために観測センター所有の地震計出力のスペクトルと比較した。この地震計 (PELS TYPE 73、測定点 1 に設置) は長周期 (約 10 秒) の振り子と地面との相対位置をコイルとマグネットを利用して読みとる速度計である。図 4 が加速度計 (RION) と速度計 (PELS) の出力をともに変位換算したスペクトルであり、両者はほぼ一致していて正しい変位を与えていることがわかる。

トンネルの内外での振動レベルの測定を続けて行なった。トンネル外の測定地点 3 のデータとトンネル内地点 2 のデータを比較したものが図 5 である。1Hz 以下では両者は一致しているがそれ以上の周波数になると徐々に増加して 10Hz から 100Hz の帯域ではほぼ 1 桁トンネルの外の方が振動レベルが大きくなっている。地点 3 の数 Hz 以上の振動は風や測定機器類あるいは建物関係に由来するノイズである可能性が考えられる。高周波の振動波は減衰しやすい性質があるので、地表の数 Hz 以上のノイズが減衰して図のトンネル内のレベルになっていると解釈できる。

これまで測定したいくつかの地点 (岐阜県上宝トンネル、岩手県釜石トンネル、東大本郷キャンパス) でのデータと今回測定 of データ (測定点 2) を比較したものが図 6 である。トンネル内のデータは東大のものよりも 1 桁から 2 桁小さいが、いずれも 10Hz 以下ではほぼ一致している。釜石のデータの 10Hz 以上が大きいのは地下水流などの環境の違いによるものと思われる。上宝と今回の江刺のデータはほぼ一致している。上宝のデータはマイケルソン干渉計型高感度地震計によるものであり、このレベルが地震計のノイズによるものでないことはわかっている。今回のデータがそれと細かいところまで一致しているところをみると、これが加速度センサーのノイズとは考えにくい。これらが正しい地面振動を反映しているとする、地下の地面振動スペクトルは全くはなれた上宝と江刺で一致していることになり、非常に興味深い。

長期間観測の方は現在時系列データの測定を行っており、測定点 2 の地面振動を 20Hz サンプリングでハードディスクに取り込んでいる。観測期間は 3 週間を予定している。上述のトンネル内のスペクトルの一致を考えると、三鷹でみられたような 1Hz 成分の変動は観測されないと予想されるが、実際にはどのようなものだろうか。

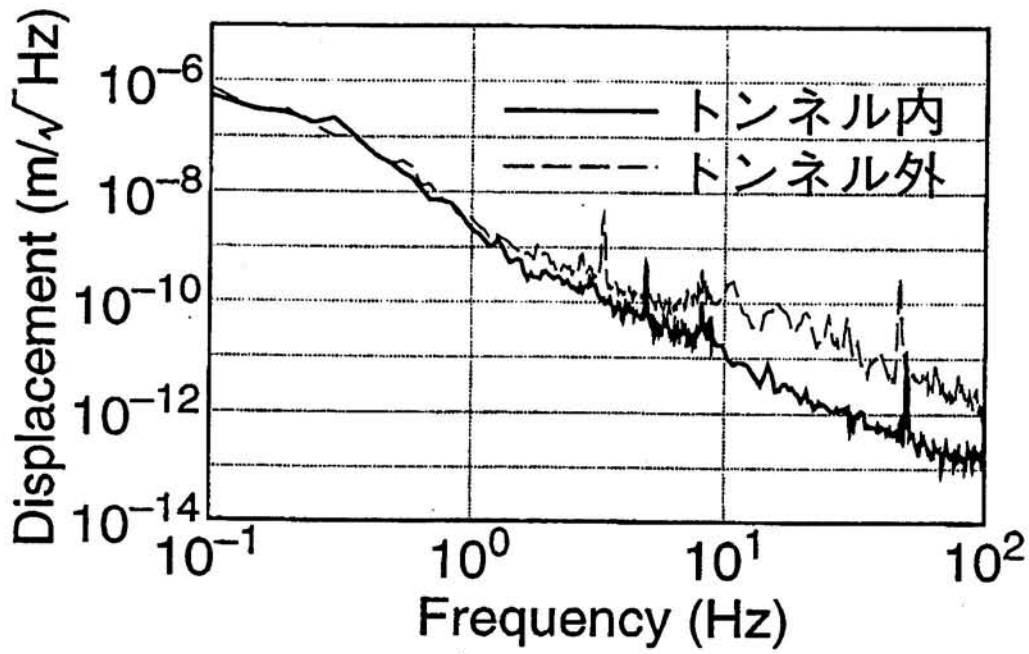


図5 トンネル内外の地面振動スペクトル

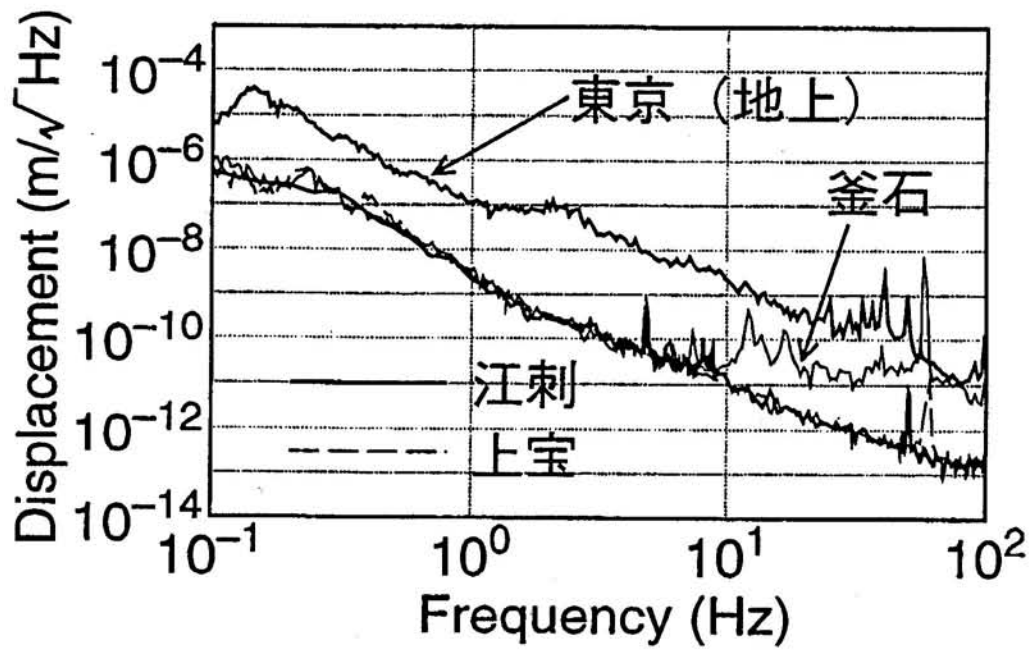


図6 他の場所の地面振動スペクトルとの比較

参考文献

[1] 坪川恒也、「江刺精密実験室」、国立天文台水沢観測センター技報 (No.3, 1991).

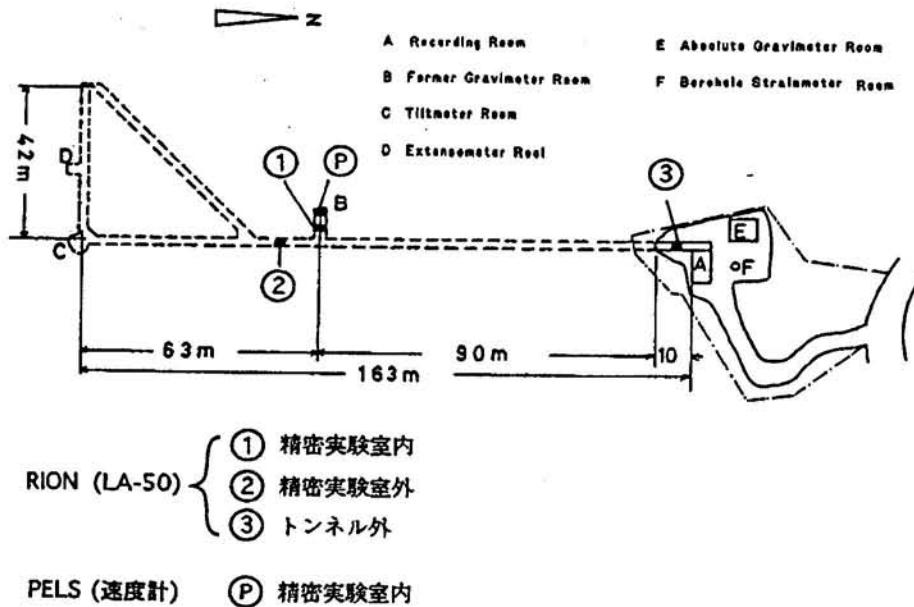


図3 地面振動測定地点 (文献 [1] より転載)

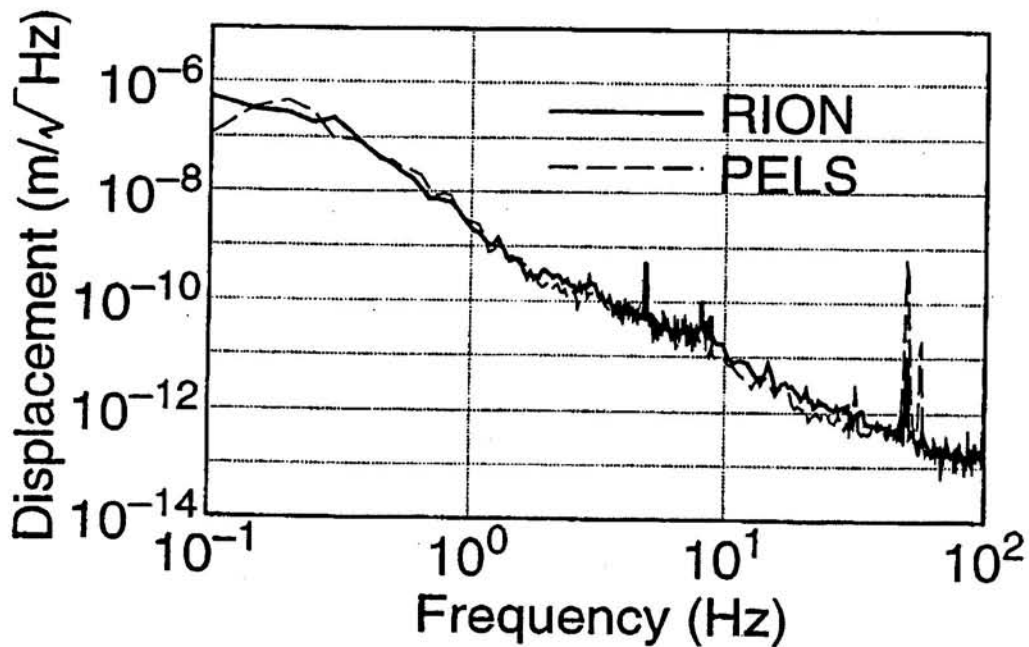


図4 RION (加速度計) と PELS (速度計) の変位換算出力