

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2011

課題番号：21740321

研究課題名(和文) 光アクチュエータによる地球観測機器制御の研究

研究課題名(英文) Study on a photon actuator for control of geophysical instruments

研究代表者

高森 昭光 (TAKAMORI AKITERU)

東京大学・地震研究所・助教

研究者番号：00372425

研究成果の概要(和文)：本研究では、地球上で用いる地震計や傾斜計、地球観測用人工衛星で用いる加速度計(重力計)などの観測機器で必要とされるフィードバックのために光の輻射圧を利用する「光アクチュエータ」についての研究開発を行った。具体的には、数ワット程度のレーザー光源を用いることによって磁気浮上支持した小型回転体の姿勢制御が可能であることを示し、光アクチュエータが地球観測装置の参照マス制御手段として有効であることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Feasibility and potential performance of a photon actuator that utilizes radiation pressure to generate feedback forces necessary in geophysical instrumentation such as seismometers, tiltmeters, accelerometers (gravimeters) on satellites has been studied in this project. By testing controllability of a tiny proof mass that is supported by a magnetic levitation system, the feasibility and effectiveness of the photon actuator was successfully demonstrated.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・固体地球惑星物理学

キーワード：固体地球物理学 地球観測 光アクチュエータ

## 1. 研究開始当初の背景

地震計など、多くの地球観測機器ではフィードバックのために様々なアクチュエータが用いられているが、これらは電力・信号供給用のワイヤによる機械的接触や背景磁場、制御対象が帯電することなどに影響されて雑音を発生し、観測精度を制限する要因となる場合が多い。そのような問題を解決する手段として、光の輻射圧を用いる光アクチュエータが有効であると考え、その実現可能性に

ついて研究することを計画した。

## 2. 研究の目的

光の輻射圧によって物体に力を加える光アクチュエータを地震計等の地球観測機器へ応用するための基礎的な開発研究を行うことを目的とする。特に、観測機器を広範囲・高密度に展開して行うネットワーク観測の手法は基礎科学的視点や防災の観点から極めて重要であり、今後もネットワークの多

点化や高密度化を進めるべきである。一方、従来個々の観測点では既存の地震計などが利用されており、必ずしも大規模なネットワークを構成するために最適化されていない。本研究では、光アクチュエータを大規模ネットワーク用観測装置を実現するための鍵となる要素技術としても位置づけ、試作機の開発および評価を通じて基礎的な開発研究を行う。

### 3. 研究の方法

円筒型の永久磁石を組み込んだ軽量の参照マスを、超伝導ピン止め効果を応用した磁気浮上により支持すると、対称軸周りの回転制御に要する力は非常に小さなものとなる（図1、図2）。このような力学系のモデル計算を行い、比較的 low 出力の光源を用いた光アクチュエータによる制御の可能性を検討する。また、実際に浮上体の制御を試みて、その性能を評価することによって、光アクチュエータの特性、実現可能性などについての研究を行う。そのための装置概要を図2に示す。中央の回転浮上体は軸対称となるように鏡を取り付け、制御のための光を反射するのに用いる。アクチュエータの光源としては、商用の数ワットクラスの YAG レーザーを2台用いる。出射光は音響高圧素子（AOM）を通じて回転浮上体に取り付けた鏡に照射される。AOM に印加する信号を調整することによって、その透過光強度、すなわち光アクチュエータが回転浮上体に及ぼす力の大きさを制御することが可能である。

回転浮上体の姿勢（回転角）は、光てこやレーザー干渉計といった角度センサーによって検出し、その信号を適切なサーボ回路で処理することによって、浮上体を地面に対して静止するような制御を行う。

このような系の制御可能性や雑音特性の調査を通じて、光アクチュエータの実現可能性や性能評価を行う。

また、回転浮上体の制御に必要な力はそのまま地面の加速度（地震）の回転成分に対応するため、制御信号の取得は地面振動の回転成分を観測することと等価であり、本実験に用いる装置は回転地震計と捉えることもできる。したがって、この実験を行うことによって、アクチュエータの実現可能性に関する調査のみならず、これまであまり観測例のない地面振動の回転成分の直接観測も行うことも期待できる。

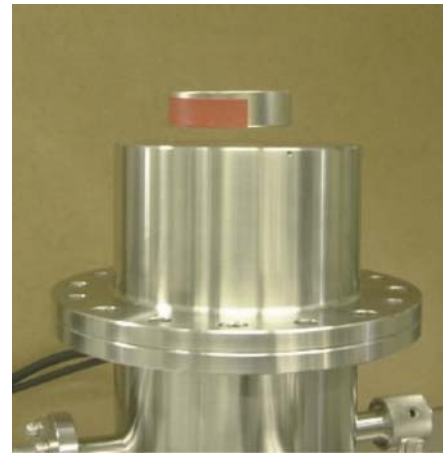


図1 超伝導ピン止め効果によって浮上支持される永久磁石  
下の真空容器に超伝導体が收容されている。

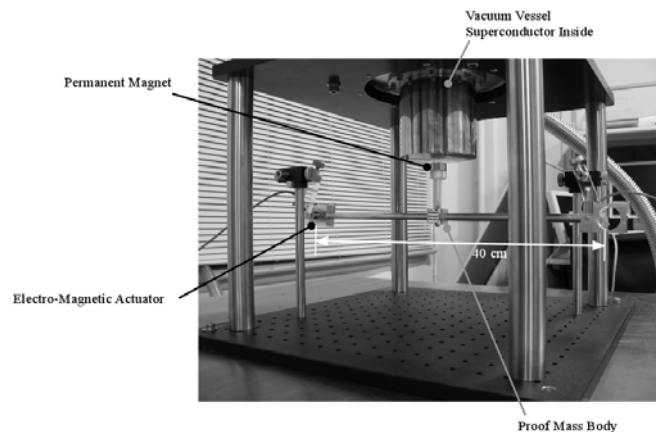


図2 回転地震計の参照マス（中央、逆 T 字型の浮上物）

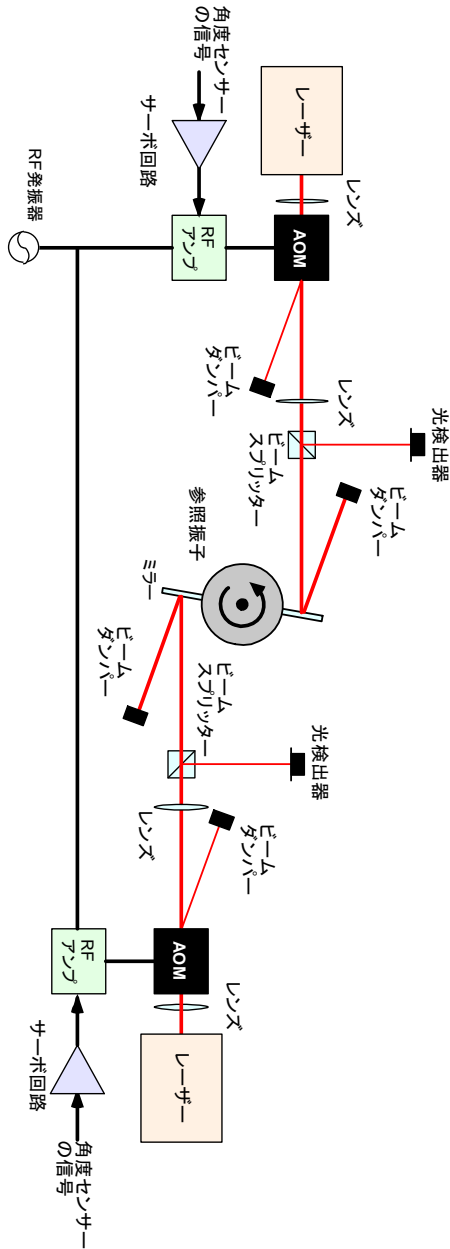


図2 光アクチュエータを用いた回転浮上体制御実験系の構成図

#### 4. 研究成果

数ワット程度の商用レーザー光源を用いることによって磁気浮上支持した小型回転体の姿勢制御が可能であることを示し、光アクチュエータが地球観測装置の参照マス制御手段として有効であることを明らかにした。それと同時に、実際に光アクチュエータによる制御を行うためには参照マスの長周期化（制御に必要とされる力を小さくすると同時に、観測帯域を低周波側に拡張することが可能となる）したり、光源の低消費電力化などが必要であることも明らかとなった。

当初は本研究で開発した装置を用いて、実

際に地面の回転成分を観測することも計画したが、時間的制約によってこれは達成できなかった。

光アクチュエータは原理的には環境雑音に対して非常に有効な対抗手段であるため、これらの技術的課題が克服できれば、地球観測機器のみならず多くの分野にわたって制御のためのアクチュエータとしての応用が開けると考えられる。

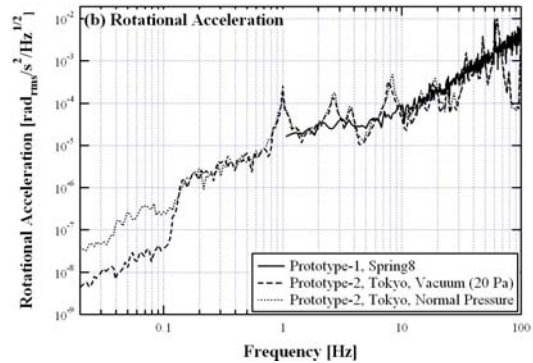


図3 磁気浮上した参照振子の制御信号から得られた、地面振動回転成分のスペクトル

#### 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計0件）

〔学会発表〕（計0件）

〔図書〕（計0件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計0件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

国内外の別：

○取得状況（計0件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年月日：

国内外の別：

[その他]  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

高森 昭光 (TAKAMORI AKITERU)  
東京大学・地震研究所・助教  
研究者番号：00372425

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：