

研究種目：若手研究(B)
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19740282
 研究課題名(和文) 海底地動水圧同時観測による海洋潮汐エネルギー散逸過程の検出

研究課題名(英文) Detection of tidal dissipation energy by seismic-acoustic observation

研究代表者

杉岡 裕子 (SUGIOKA HIROKO)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部ダイナミクス領域・技術研究主任

研究者番号：00359184

研究成果の概要(和文)：

本研究は、深海底における海洋潮汐エネルギー散逸過程に関わる現象を海底地震観測で検出し、そのメカニズムを解明することを目的とした。代表者は深海底における広帯域地震観測から得られたデータ解析により、長周期海洋重力波が海洋潮汐と共鳴するという新規の事実を見出し、海洋潮汐エネルギー散逸過程として長周期海洋重力波との共鳴励起という全く新しいメカニズムを提案した。一方でこれを検証する理論を構築し観測を説明した。以上の結果を Nature communications 誌に投稿した。

研究成果の概要(英文)：

We detected resonance between these two ubiquitous phenomena in the deep ocean diversely different in spatiotemporal scale. The evidence comes from the long-term, large-scale array observations of broadband ocean bottom seismometers at depths more than 4000 m in the Pacific Ocean. Theoretically the resonance can happen in rather surprisingly wide area of the Pacific Ocean in accord with our observation. Such resonance may provide a driving force of infragravity waves in the deep ocean and in turn a dissipation mechanism of tides there.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	3,200,000	0	3,200,000
2008年度	100,000	30,000	130,000
2009年度	100,000	30,000	130,000
総計	3,400,000	60,000	3,460,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・固体地球惑星科学

キーワード：海底広帯域地震観測 海洋潮汐 長周期海洋重力波

1. 研究開始当初の背景

海洋潮汐エネルギー散逸過程のメカニズムを解明することは、海洋物理学においては最も重要な研究のひとつである。浅海における散逸プロセスについては観測が比較的容易

であるため、そのメカニズムは確立されつつある一方、深海における散逸プロセスについては観測が困難であるため、衛星地形データから海底摩擦エネルギーの見積もりが為されているに過ぎない。月と太陽が与える全潮

汐エネルギーをこれらでは説明することはできない。

2. 研究の目的

本研究では、従来観測が困難であった深海底における観測により、新しいメカニズムを検出するものである。

特に、新しい観測手法をもって海洋物理学でも第一級の問題に対し、固体地球物理学的観測即ち、地動と水圧を同時に観測する独自新規開発システムを投じ、地震学的研究で海洋潮汐エネルギー散逸問題のメカニズムを明らかにするものである。

3. 研究の方法

研究方法は、海底地震観測の実施、取得されたデータの解析、それを説明する理論の構築から成る3本立てとし、海洋潮汐エネルギー散逸問題に関わる地震学的側面からアプローチする。ここでは、“固体地球”と“海洋”の境界面である海底が、海洋潮汐エネルギーを相互にやりとりをする場であるという視点に立ち、海底における広帯域地震観測により相互のエネルギー変換作用を見ていくものとする。

その際、海洋にユビキタスに存在し、固体地球にとってもエネルギーピークを持つ長周期海洋重力波帯域（50-100秒帯）の地動に着目する。まず、海底広帯域地震観測では、世界的に実績のある広帯域海底地震計に加え、独自に開発した差圧式水圧計を装備し、地動と水圧を同時に観測するシステムを使用する。本研究期間中の2009年2月には、フレンチポリネシア海域のソサイエティーホットスポット近傍において9点の地震観測網を展開し、長期間の連続観測を開始した。データ回収航海は研究船舶利用の制約から2010年11月を予定しており、現時点でデータは未回収ではあるため、本研究期間以前に蓄積された膨大な広帯域海底地震観測全データを解析に用いた。中でも、フレンチポリネシア海域（2003年から2005年）ならびにフィリピン海から太平洋にわたる海域（2005年から2008年）には多点のアレイ観測を実施しており、本研究には有効なデータセットであると考えた（図1）。

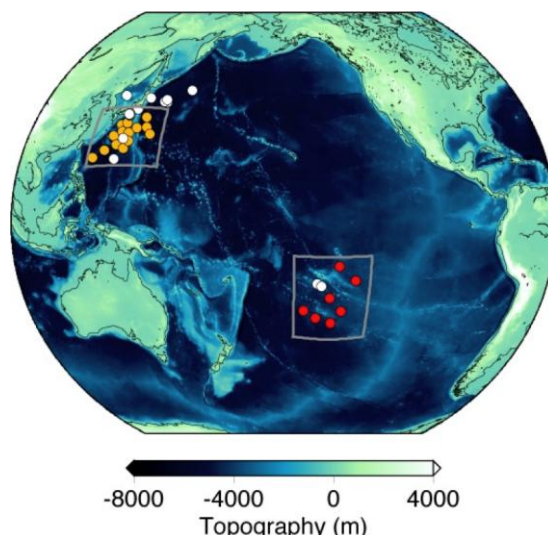


図1：広帯域海底地震観測点の配置図

データ解析から、海洋潮汐が海洋重力波と共鳴しているという現象を発見し、それに対し構築された理論から、太平洋の広範囲で共鳴現象が起き得る条件であるという全く新しい知見を示した。詳細は次項の「研究成果」で述べる。た理論から太平洋の広範囲でその現象が起きているという全く新しい知見を得た。詳細は移項の「研究成果」で述べる。

4. 研究成果

深海底に設置した広帯域海底地震波形データを解析した結果、長周期海洋重力波と海洋潮汐が共鳴しているという新しい観測事実を見出した。この結果は、長周期海洋重力波の共鳴励起という海洋潮汐エネルギー散逸メカニズムの新しい可能性を示唆するものである。また、長周期海洋重力波は固体地球の常時自由振動モードの一つと帯域が一致しており、その起源が海洋に存在するという近年の解析結果から、固体地球の常時自由振動のソースの有効候補として注目されている。しかしながら、長周期海洋重力波の起源が沿岸にあるため、海洋に振動のソースがあるという結果を十分説明していない。今回見出した海洋潮汐の共鳴現象が起これば、海洋に常時自由振動のソースがあるという解析結果を支持する可能性が出てくる。即ち、深海底において海洋潮汐は長周期海洋重力波の共鳴励起によってエネルギーを散逸し、代わりに固体地球は振動エネルギーを獲得するという固体地球と海洋の相互作用の可能性を示唆する結果であると言える。

本研究の解析対象である長周期海洋重力波は、海洋観測からその存在は古くから知られており、理論的考察はなされているものの、実態は未解明な部分が多い。殊に遠洋での振る舞いについてはほとんど知られていない。本研究ではまずは深海底における長周期海洋重力波帯域について明らかにした。深海底において実施した全観測データから長周期海洋重力波帯域部分を抽出し、そのピーク周波数を地震計設置深度に対しプロットすることにしたところ、海洋重力波の波長が水深に対し十分長いことが示された（図2）。

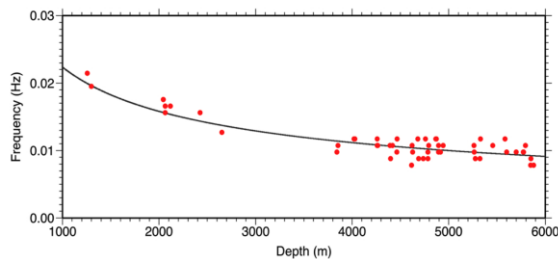


図2：各観測点の地道スペクトルから得られた水深に対する長周期海洋重力波帯におけるピーク周波数

これは長周期海洋重力波が長波であることを初めて示した結果であり重要である。長波近似が成り立つことを示した上で、長周期海洋重力波帯域における地動の任意の2観測点間の相関スペクトルを計算した（図3）。

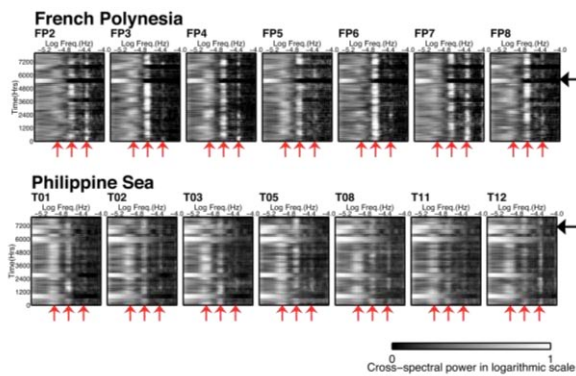


図3：任意の2観測点間の相互相関スペクトル

これらから、一年を通して海洋潮汐帯域の一日周期（K1モード）、半日周期（M2モード）に相関が高いことが見て取れる。これは北西太平洋（フィリピン海-北西太平洋海域）並びに南太平洋（フレンチポリネシア海域）に

においても共通した現象であり、太平洋の広範囲にわたって両者が共鳴しているということを示唆する。そこでこの観測事実を説明すべく理論を構築し、既存の地形データや海洋潮汐モデルを用いて数値計算を行ったところ、観測をよく説明することが分かった。即ち、太平洋の広い領域において、海洋潮汐が長周期海洋重力波と共鳴し得ることが示された（図4）。

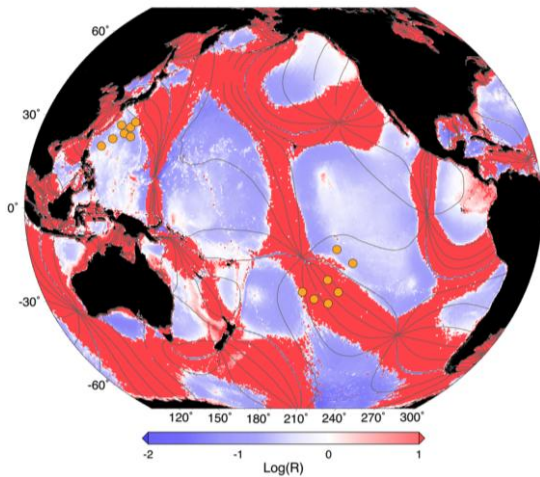


図4：海洋潮汐（M2モード）の長周期重力波との共鳴による増幅率

また、図2で示されるようにフィリピン海-北西太平洋海域ではフレンチポリネシア海域に比べ半日周期（M2モード）だけではなく一日周期（K1モード）との高い相互相関を示しており図2でもフレンチポリネシア海域の方が共鳴しやすいという結果であるが、一日周期（K1モード）でも数値計算を行ったところこれらの観測事実と整合性のある結果を得た（図5）。

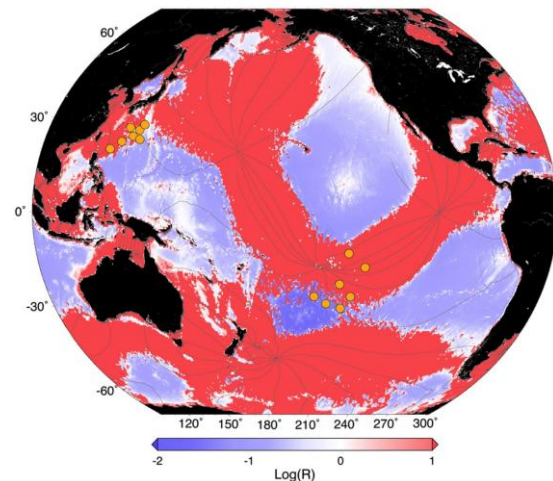


図5：海洋潮汐（K1モード）の長周期重力波との共鳴による増幅率

周期が半日から一日で波長が太平洋スケールの海洋潮汐と、周期が50秒から100秒程度で波長が数十キロメートルという長周期海洋重力波が共鳴するための条件は、線形理論では成り立たず、非線形性を考慮したときに初めて生じるものである。太平洋の深海底において、周期も波長も全く異なるスケールの二つの波が共鳴しながら、海洋潮汐エネルギーを散逸するという全く新規のメカニズムを提案する。

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2件)

- ① Sugioka, H., Y. Fukao, and T. Kanazawa, Wave-tide resonance in the deep ocean, Nature communications, in press, 2010. 査読有
- ② Sugioka, H., D. Suetsugu, M. Obayashi, Y. Fukao, and G. Yuan, Fast P-and S-wave velocities associated with the “cold” stagnant slab beneath the north Philippine Sea, Physics of the Earth and Planetary Interiors, 179, 1-6, 2010. 査読有

[学会発表] (計2件)

- ① Sugioka, H., K. Suyehiro, and M. Shinohara, Detection, location and characterizations of hydroacoustic signals using a seafloor cable networks offshore Japan at AGU fall meeting, on Dec. 16, 2009. 査読有
- ② Sugioka, H., Y. Fukao, D. Suetsugu, H. Shiobara, and T. Kanazawa, Resonance of infragravity waves with ocean tides at AGU fall meeting on Dec. 18, 2008. 査読有

6. 研究組織

(1) 研究代表者

杉岡 裕子 (SUGIOKA HIROKO)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部ダイナミクス領域・技術研究主任
研究者番号：00359184

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者