

東京大学地震研究所 数理系研究部門 西田究

大気・海洋現象が引き起こす固体地球の弾性振動現象： ～大気・海洋・固体地球を駆け巡る波～



研究方針：他の人にはノイズ、私には宝の山

私たちは、大量の地震計・気圧計・水圧計などのデータを丹念に解析し、ノイズと思われていた記録の中から新たな振動現象を探り当て、その謎の解明を目指しています。その際、大気-海洋-固体地球の大きな枠組みで現象を捉える事が重要です。具体的な研究テーマは大きく分けて2つあります。それぞれ、(1)地震以外が引き起こす地球の振動現象の励起メカニズムについての研究、(2)地震以外の地球の振動を使って地球内部構造推定とその時間変化の検出です。

何が地球を揺すっているのか？

常時地球自由振動の発見

ひとたび大きな地震が起ると長周期の地震波が地球を何周も伝わる様子を観測することができます。観測された地震波は定在波の重ね合わせとして取り扱うことができます(地球自由振動と呼ばれます)、周波数解析によって多くの固有周波数を測定することができます。初めて地球自由振動の存在が検出されたのは1960年チリ地震時の歪み計記録からでした。それ以降地球自由振動の観測例は蓄積され、測定された固有周波数から地球内部構造を推定する研究がさかんになりました。

チリ地震での検出以前には、大気擾乱など非地震性の現象が地球自由振動を励起する可能性も検討されていました。しかし当時の観測精度が足りず、検出は失敗に終わりました(Benioff et al., 1959)。チリ地震での検出以降は、地震活動が静穏な期間のデータは顧みられなくなりました。この Benioff らの試みは約40年後に再び日の目を見ることとなります。

太陽では、表層付近の乱流が周期5分程の音波を励起し続けている事が知られています。小林(1996)は同様なメカニズムが、地球・火星・金星に対しても有効ではないか考えました。大気擾乱の大きさを理論的に見積り、大気擾乱が観測可能なレベルの振動を引き起こしていると予想しました。それを受け1998年に名和らは、南極・昭和基地の超伝導重力計のデータを調べ、地震活動が静穏な期間においても、周期数百秒の帯域で固体地球が振動し続けている現象を発見しました。常時地球自由振動の発見です。南極のデータによる検出に続き、世界中の観測点で相次いで検出され、その存在は確定的となりました。現在では600以上の観測点で検出されています。地震波の伝播をみてとれます。発見の際、我々の研究グループを含め日本のグループが主要な役割を果たしてきました。

新たな謎：海の波は地球を捻っている！

励起された地震波を詳しく調べてみると、Rayleigh 波より Love 波が大きい事が分かってきました。これは大気・海洋現象が固体地球を捻っていることを意味しています。直感とは反するこの現象はどのように説明する事が出来る

のでしょうか？答は海の凸凹にあります。海の波の波長と海底地形の凸凹の水平スケールが一致すると、結果として固体地球を捻る力が働き Love 波が励起されるのです。このように海洋重力波が励起に深く関わっている事が分かってきました。海底水圧計・地震計の観測から、その励起メカニズムの解明を目指しています。

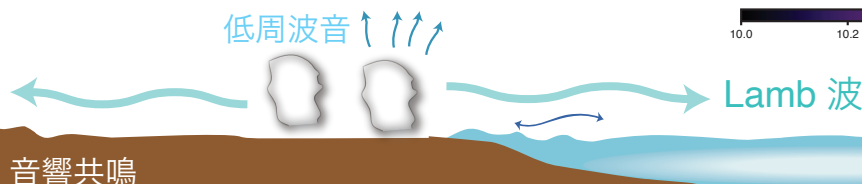
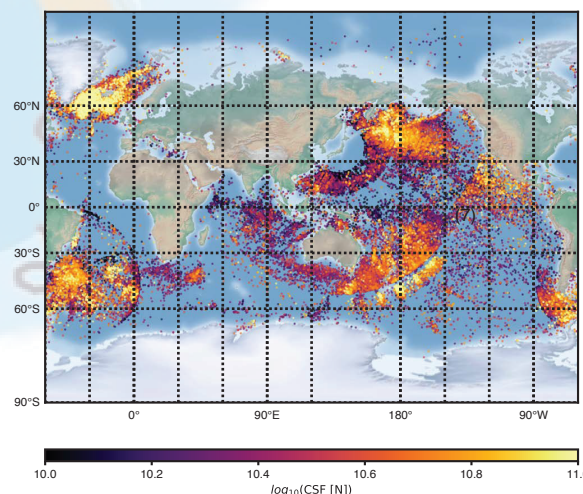
奇妙な波：Lamb 波は常に地球を駆け巡っている

Lamb 波とは水平方向には音波として振るまい、鉛直方向には静水圧平衡に達している波動です。我々は、アメリカ大陸に展開されている気圧計(300点以上)を解析し、初めてその存在を明らかにしました。カップリングを通じて熱圏の重力波に変換していると予測されています。また周期300秒付近では、固体地球と大気音波が共鳴振動している事も知られています。2022年には、フンガ・トンガ火山噴火時に Lamb 波が観測されて、津波を引き起こしたことが明らかになりました。大気・固体地球全体に興味のある学生大歓迎です。

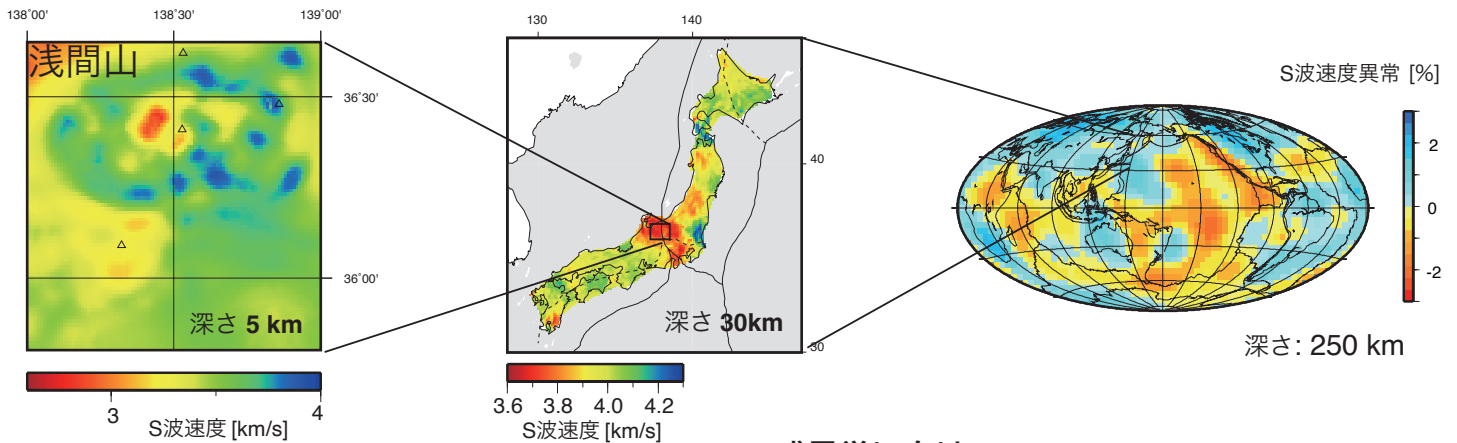
地震計で大西洋の嵐を追跡する

2014年12/9爆弾低気圧が大西洋で発生しイギリスやアイルランドに被害をもたらしました。その際に海洋波浪により発生したP波は地球深部を伝播し日本にまで到達しました。現在一歩進め、日本の地震計データから、海洋波浪活動の全球的なモニタリングを進めています(下図)。

現在、どのように大気・海洋現象が固体地球を揺すっているかに関して未解明な点が多く、大気-海洋-固体地球の大きな枠組みでの研究が進行中です。一緒に謎に迫ってみませんか？



“地震”以外の揺れを使って地球内部構造を探る！



地震波干渉法：地震を使わず地球の内部を探る

地球内部の状態を知る上で、地震学的な手法は重要な役割を果たしてきました。地震が引き起す地震波は、固い場所を通ってくる場合には観測点に早く到達し、柔らかい場所を通ってくる場合には遅く到達します。1980年代以降、この到着時間のずれをCTスキャンに似た方法により、地球の3次元的な内部構造が明らかにされてきました（地震波トモグラフィ）。

地震が起きていない期間には、地球は振動してないのでしょうか？実は、地球は常に海の波によって常に揺られている事が知られています。脈動と呼ばれる周期5秒から20秒程度の地面の振動です。しかし、この振動は地震観測をする上でのノイズであると長い間考えられてきました。常に色々な方向から到来しているため、“地震”が引き起こした地震波を隠してしまうためです。本当に脈動を使って、地球の内部構造を調べる事はできないのでしょうか？

2004年にShapiro達は周期10秒程度の脈動を使い、カリフォルニアの地殻構造を推定する事に成功しました。地震波が色々な方向から常に到来しているという事実を逆手に取り、脈動の伝わり方から地球の内部構造を調べたのです。現在、地震波干渉法と呼ばれる方法です。その後、同種の研究が盛んに行われるようになりました。

我々の研究グループでは、長周期の地震波（常時地球自由振動）を使い、全球的な構造も求めることに成功しました（上図参照）。また日本列島に展開されている地震計データを使って地殻構造を推定し公開しています。地震研・火山センターとの共同研究で浅間山付近のS波速度構造を調べ、マグマだまりのイメージングに成功しました。このテーマでは、地震波干渉法という手法を武器に丹念にデータを調べる事によって、ローカル・リージョナル・グローバルに関係無く、全てのスケールの現象に切り込んで行きます。解析手法の開発自体も大きな研究テーマとなります。

惑震学に向けて

地震を使わずに内部構造を調べられるという事は、地球以外の惑星の内部構造を探索する上で大きなメリットとなる可能性があります。他の惑星では地震活動がどの程度あるか分からない事が多いため、地震の情報を使わずに内部構造を推定する手法が非常に大切だと考えられます。2018年にはInsight missionによる火星での地震観測が始まり、火震の発見など多くの成果が得られました。地震を使わない探索の可能性を探っていく事（惑震学：惑星の震動学）は重要となってくるでしょう。

時間変化をモニタリング：環境地震学に向けて

地球の内部を調べる際に地震が起こるのを待つ必要が無いというのは、この手法の大きな強みです。地動ノイズを観測し続けてさえいれば、時々刻々と地球の内部構造の時間変化をモニタリングする事が可能となります。火山噴火や、地震現象にともなう地震波速度構造の検出し、その物理メカニズムを解明することが大きな目的です。今世界的にはさらに、多くの関連研究分野（氷床・水文学・海洋物理学）を巻き込み、環境地震学として新たな研究分野が生まれつつあります。日本には長年のデータの蓄積があります。環境地震学の創出をめざしてみませんか？

メンバー

小野寺圭祐（学振PD）、加藤翔太（D2）、正本義宗（M1）

興味のある方は、お気軽にご連絡下さい。
研究室の見学等、歓迎です。

<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/knishida/>
knishida@eri.u-tokyo.ac.jp
Room 2-409 号室：
Tel 03-5841-5723

