

大阪大学・宇宙地球科学専攻・理論物質学研究室
(波多野グループ)

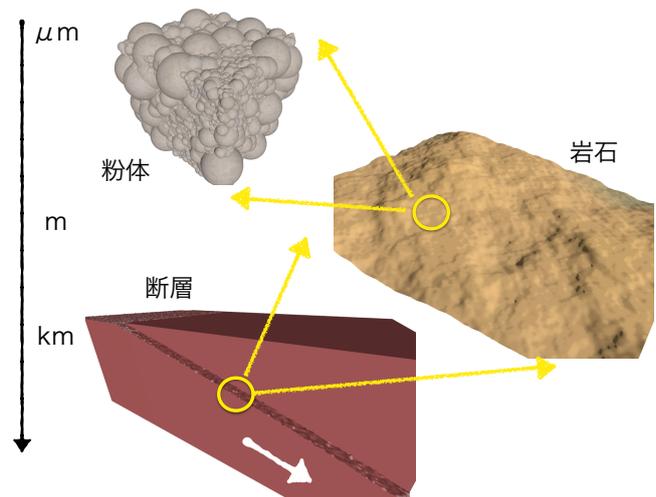
本研究室は、非平衡・非線形物理学的観点から地球惑星科学現象を研究するグループです。たとえば地震・摩擦・破壊・粉体の流動などを数理的に理解しようとしています。

動機 ～ 実験室と地球のスケールギャップをつなぐ

地球科学の面白さは、地球規模の非常に大きな現象を考えると個人的には考えています。これは空間スケールだけでなく、時間スケールに関しても同じことが言えます。いわゆる「地質学的タイムスケール」です。そのような、人間スケールとは大きくかけ離れた現象について、人間が何かもっともらしいことを言えることに素直に感動します。ただし、「時間・空間ともに人間スケールよりも全然大きい」ことは「実験が出来ない」ことも同時に意味します。精密な実験の繰り返しこそが自然科学を発展させてきた面がありますから、この「面白さ」はとりもなおさず「難しさ」も意味しているわけです。この困難をいかにクリアするか？それは実験室で起きている現象を地球スケールまでつなげるロジック・数理を考えることです。

たとえば地震は断層のすべり摩擦ですが、実験室での岩石のすべりと何が同じで何が異なるのか？実験室におけるマグマの性質から実際に火道中にあるマグマの挙動を理解出来るのか？そのような根本的疑問に、統計力学的な考え方を武器にアタックしています。

(統計力学は「スケールの異なる現象を数理的・論理的につなぐ」理論ですから、このような問題に対するほとんど唯一の武器です。)



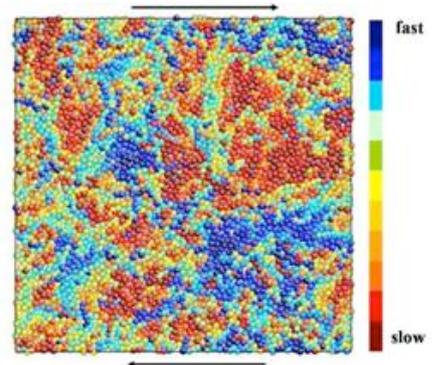
テーマ1 ～ 断層の摩擦法則

地震の基礎物理過程としての摩擦現象を、非平衡統計力学の観点から理論的に研究しています。地震は岩盤（地殻）の大規模な剪断破壊現象なので、その力学的挙動は摩擦力を用いて記述されます。逆に、摩擦力が分からなければ地震を物理的に理解することはできません。観測技術がこれだけ発達しても地震予知への道筋・展望は全く開けません。断層に働く摩擦力が分かっていないこともその大きな原因の一つとなっています。地震発生過程を根本から理解するため、実験室スケールでの摩擦法則を解明し、その知識をもとにしてよりスケールの大きく複雑な断層の摩擦を理解する理論的な研究をしています。

テーマ2 ～ 断層の状態を地震の統計法則から推定する

地震はとても複雑な破壊現象ですが、地震の「場所・時間・マグニチュード」だけに注目すると、非常にシンプルな統計法則が成り立ちます。これら統計法則に含まれるパラメータは時間/空間について変動しますが、この変動は断層の物理的状态について何らかの情

報を含んでいるはずですが。たとえばあるパラメタは断層帯の応力を反映すると思われています。しかし統計パラメタの変動を観測していても、現状ではそこから断層の状態について何か確かなことは言えません。なぜか？それは、断層の物理的状态（原因）から地震の統計法則（結果）を求める理論が存在しないからです。逆に、そのような理論が存在すれば、結果から原因を推定できるようになります。我々のグループでは、断層の力学的モデルの数値シミュレーションや解析解を用いて、そのような理論を作ろうとしています。



断層破碎物の変形シミュレーション。速く動く粒子（青）と遅く動く粒子（赤）が勝手に空間構造を形成する。

面白いことに、地震と類似の統計法則は、脳／社会／経済／インターネットなど地震以外の様々な分野でも成立しています。この研究を通じて、これら他分野とのつながりを考えることも楽しいでしょう。なお、ここでの相手は統計性ですから、やはり統計力学的な考え方が重要な武器になり得ます。

非平衡統計力学の理論

上の二つの項目では統計力学がいかにも万能の武器であるように書きましたが、実は統計力学は平衡熱力学と整合性を持つように作られた理論であり、熱平衡に無い系では非常に限られた応用性しかありません。とくに地球惑星現象では熱平衡とみなせる系は少ないですから、どうしても（非平衡系に適用出来る）統計力学の理論そのものを作り出す必要に迫られます。本研究室ではそのような理論物理学の研究も行っています。

これはミクロの力学から全てを導出するというわけではなく、現象論的な時系列解析を用いて地震の新しい特徴づけなども行っています。

その他：学生へのメッセージ

物理学的アプローチで地学現象に切り込む理論の研究室ですので、物理の理論的な美しさが好きで、地球や惑星のことにも興味のある学生が向いているでしょう。高度な理論体系をマスターしてそれを応用していくというよりも、現象そのものを虚心坦懐に捉え、そこから理論的説明を練っていくタイプの研究室ですので、既存の高度な理論の勉強が好きな人よりは、DIY的にいろいろチャレンジする人の方が向いていると思います。（研究である以上どこでも同じと思いますが）。

修士・博士問わず、大学院進学者に対しては（専攻の入試とはまた別に）受け入れ可否を独自に判断する必要性を感じています。したがって、大学院入試で当研究室を第二第三希望まで含めて志望する場合は、院試の前に面談に来て下さい。

ただし阪大物理学科の卒業研究に関しては、必ずしも上記の研究に限定せず、割と自由なテーマでやってもらっています。（例えば土中微生物多様性の数理モデルや、泡立ち方の研究など）。「簡単な数理モデルのシミュレーションに基づいて、身の回りの面白い現象をじっくり考えてみたい」という学生を歓迎します。

連絡先： 波多野恭弘（教授） hatano あつと ess.sci.osaka-u.ac.jp