

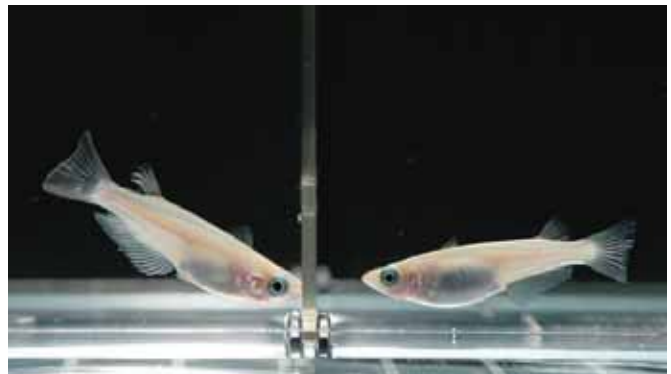
顔かお金か…恋ごころか…？

奥山 輝大 (マサチューセッツ工科大学 日本学術振興会特別研究員 SPD) ※

「世の中ね、顔かお金かなのよ」とは、なかなかシニカルな回文だが、動物界でも同様に、形態学的特徴や配偶戦略が配偶相手を選ぶときの判断基準になる例が多く知られている。たとえばグッピーでは、尻びれの赤斑点の多い個体がイケメン雄でありメスに受け入れられやすい。この摩訶不思議な現象は、ダーウィンによって配偶者選択行動と名付けられ、多くの行動生態学者を魅了してきたが、神経基盤は未知な部分が多かった。今回、私たちの研究グループはメダカを用いて終神経 GnRH3 ニューロンが配偶者選択行動の意思決定段階を司っていることを発見した。

日本人に馴染み深いメダカは「メダカの学校」という言葉で知られるように、集団で生活し社会を形成している。メダカを飼育していると、オスとメスがしばしば水槽のすみで共に泳いでいる姿をよく見かける。どうやら相手のことを見ていることが大切ようで、配偶行動前にオスとメスとをガラス水槽で仕切っておくと経験的に卵を効率良く採る事ができるそうだ。そこでまず手始めに、透明なガラス水槽で隔離しオスとメスをお見合いさせておいたグループと、不透明な壁で仕切ってお見合いをしなかったグループとを比較して、行動の変化を調べたところ、お見合いグループではメスがオスを受け入れるまでの時間が短くなることを見出した。2匹のオスと1匹のメスを用いたときにも同様で、メスは複数匹のオスの中から見知ったオスを選び好む事が分かった。この新規な行動アッセイ系を駆使して、配偶者選択行動の分子神経基盤にアプローチすることにした。

この「見知ったオスを早く受け入れる」という行動に異常を示す変異体を、多くのメダカ変異体が保存されている基礎生物学研究所の変異体ライブラリから探すことにした。その結果、*cxcr7*あるいは*cxcr4*という遺伝子が変異したメスメダカは見知らぬオスに対しても受け入れ時間が早くなることがわかった。これらの変異体では一部の神経細胞で発生異常が生じることがわかっており、その中からこの行動異常の原因となる候補神経細胞として生殖に関与している可能性が高かった終神経 GnRH3 ニューロンに

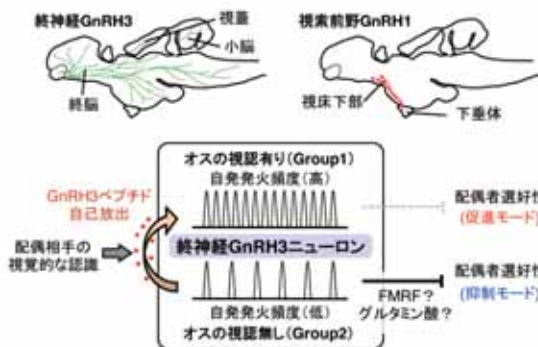


メダカのオスとメスが透明ガラス越しに互いを視認する

白羽の矢を立てた。この神経細胞のみをレーザー破壊したメス個体を作成し、その行動を調べたところ、*cxcr7*変異体や*cxcr4*変異体と同様の表現型を示すことが明らかになり、配偶者選択行動を司る神経基盤の尻尾を掴むことができた。

このニューロンに本当に配偶相手を見たという情報が入力されているのだろうか？生物科学専攻の岡良隆先生の御協力のもと電気生理学的な解析を行ったところ、配偶相手とお見合いしていることによりメスの終神経 GnRH3 ニューロンの規則的な神経興奮の頻度が有意に上昇することが明らかになった。自発発火頻度が低いときには「拒絶モード」だったメスは、配偶相手を見続けることで徐々に自発発火頻度が高くなり「受け入れモード」へとモードスイッチングすること、さらにこのスイッチングは終神経 GnRH3 ニューロン自体から分泌される GnRH3 ペプチドの自己放出が必要であることが明らかになった。「恋に落ちる」という言葉があるが、おそらくヒトでも恋ごころのドキドキの正体は何らかのモードスイッチなのだろう。この GnRH3 システムが種を越えてヒトまで通ずる恋ごころの本質なのかどうか、さらには、どのようにして特定の異性個体の情報をこの恋ごころへと繋げているのか、まだまだ魅力的な問いは絶えない。本研究は Okuyama *et al. Science* 343 : 91-94 (2014) として発表された。

(2014年1月3日プレスリリース)



終神経 GnRH3 ニューロンが配偶者選択行動を制御する神経基盤モデル

※ 2011年生物科学専攻博士課程修了

地球内部構造を高解像度で推定できる手法の開発

河合 研志 (総合文化研究科広域科学専攻 助教)
ロバート・ゲラー (地球惑星科学専攻 教授)

◇ 外核と接する最下部マントル (D" 領域) を介した物質やエネルギーのやり取りは地球の進化を考える上で重要な手がかりとなるが、その詳細な構造はまだ明らかになっていなかった。そこで私たちは、詳細な 3 次元構造推定する新しい地震波解析手法の開発を行った。さらに、その解析手法を北米の高密度地震観測網で収録された膨大な地震波データに適用し、中米下の最下部マントルの詳細な 3 次元構造を推定することに成功した。その構造には、過去に沈み込んだファラロンプレートの痕跡を見ることができる。

近年、US-Array や Hi-net といったアレイ観測網の設置に伴い、良質な膨大な地震波形データが急速に蓄積され、地球内部の微細な 3 次元構造を推定する研究への期待が高まっていた。しかし、膨大なアレイデータを従来手法によって解析することは困難なため、新しい解析手法の開発が必要となっていた。一方で D" 領域はマントル対流の熱境界層であり、液体鉄合金から構成される外核と接する化学境界層でもある。そのため、D" 領域の詳細な構造は地球進化を考える上で重要な手がかりとなる。従来の解析手法を使った研究によって D" 領域には水平方向に数千キロスケールの大規模な地震波速度不均質構造の存在が示唆されていた。しかし、その大規模な不均質構造の起源について明らかになっていなかった。さらに、近年 D" 領域の主要構成鉱物が領域内の温度圧力条件によってその高压相に相転移することが発見され、その起源の理解には D" 領域内の詳細構造が必須となっていた。また、従来手法の深さ方向の解像度は、最下部マントルでは、300 ~ 500 km にすぎなかった。そのため、その起源を考える上で情報が不足しており、詳細構造を得るための新しい解析手法の開発が必要であった。

本研究では、これまで独自に開発してきた解析手法を大幅に拡充し、ビッグデータ解析に適した地球内部の微細構造推定のための新解析手法を開発し、地球深部の 3 次元微細構造をより正確に推定することを可能とした。それをを用いることで、理論波形と観測波形を客観的に比較することができ、その結果、一本一本の観測波形では識別できないほどのわずかな波形の特徴から詳細構造の推定ができるようになった。

本研究では、南米の複数の深発地震が励起した地震波を北米の US-Array とよばれる最新のアレイ観測網で収録したデータセットに、上述の新解析手法を適用した。その結果、世界最高解像度 (水平 5° ; 鉛直 50 km) で中米下の D" 領域内の S 波 (横波) 速度構造を推定し、最下部 400 km のマントルにわたってほぼ同じ水平位置にある水平方向 250 km × 250 km のシート状の高速度領域が低速度領域に囲まれているという速度構

造を明らかにした (図)。また、その高速度領域と低速度領域の速度の違いは、深くなればなるほど大きくなることがわかった。

一般的に、高 (低) 速度領域は平均温度より低い (高い) 領域であると考えられている。そのため、シート状の高速度領域は温度の低い過去に沈み込んだプレートと解釈することができる。過去のプレート運動に関する研究および先行研究に基づいて論ずると、上述した高速度領域は沈み込んだファラロンプレートの痕跡であると解釈される。すなわち、マントル対流が地球表層からマントル最下部マントルまで運んだのである。今後、この手法を他の地域のデータにも適用することにより、D" 領域全体の理解が進み、地球の進化の理解に貢献すると期待される。本研究結果は、K. Kawai *et al.*, *Geophysical Journal International* **197**, 459-524 (2014) に掲載された。

(2014 年 2 月 5 日プレスリリース)

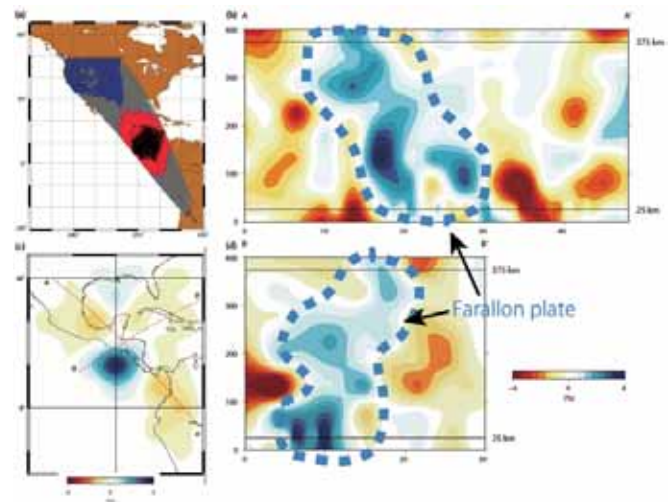


図:(a) 震源 (南米下の赤星) および観測点 (北米にある青い三角) の分布。赤領域は地震波がサンプルする D" 領域の水平方向範囲を示す。(b) 中米下の最下部 50 km マントルの S 波速度水平不均質構造 (標準的モデル PREM に対して)。(c,d) 中米下の最下部 400 km マントルの S 波速度構造 (標準的モデル PREM に対して) モデルの断面図。水平スケール 250 × 250 km の高速度領域が低速度領域に囲まれている。沈み込んだファラロンプレートの痕跡がマントル対流の熱境界層の温かい物質を巻き上げている。

原始惑星系円盤外縁部で劇的な化学変化

坂井 南美 (物理学専攻 助教), 山本 智 (物理学専攻 教授)

恒星は、星と星との間に漂うガスや塵からなる雲（星間分子雲）が自己重力で集まってできる。その際、周囲に作られるガス円盤（惑星系円盤）が惑星の起源である。惑星系円盤が周囲のガス（エンベロープガス）から形成される過程、および、それに伴う物質進化の探究は、太陽系の起源の理解にもつながる重要な研究課題である。これまで構造や運動を調べる物理的アプローチが盛んに行われてきたが、惑星系円盤とエンベロープとの区別が難しく、それらの境界は同定されていなかった。本研究では、物理的視点のみならず、構造変化に伴う化学変化に着目して、上記課題に取り組んだ。

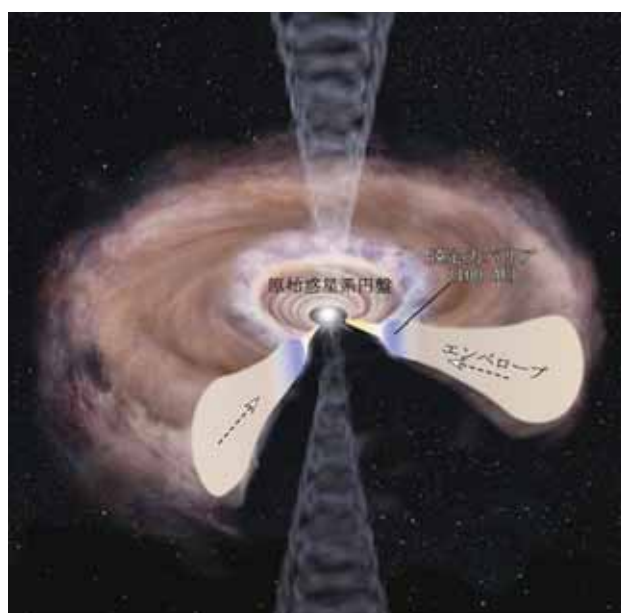
おうし座分子雲にある L1527 は、数千 AU (1 AU は太陽と地球の距離) の大きさを持つ分子雲コア^(注1)で、中心には誕生したばかりの若い原始星がある。私たちは、南米チリのアタカマ砂漠に建設されたアルマ (ALMA) 望遠鏡^(注2)を用いて、この天体の高感度・高空間分解能観測を行い、惑星系円盤が形成される様子を調べた。いくつかの分子の電波スペクトル輝線の観測から、中心星から半径 100 AU の位置よりも内側で、炭素鎖分子やその仲間の分子が急激にガス中からなくなってしまっていることを見出した。ドップラー効果の精密な測定から、100 AU という半径は、落ち込んでくるガスが遠心力のために滞留し (遠心力バリア)、惑星系円盤に移り変わっていく半径であることがわかった。すなわち、惑星系円盤形成の「最前線」を同定したといえる。いっぽう、一酸化硫黄分子の分布を調べたところ、この分子はその「最前線」の半径 (100 AU) 付近でリング状に局在していることがわかった。一酸化硫黄分子の温度が、落ち込んでくるガスの温度にくらべて高いことから、落ち込むガスが「最前線」に突っ込むとき、弱いながらも衝撃波が生じていると考えられる。その結果、ガス中に含まれる塵 (星間塵) の表層に凍りついていた一酸化硫黄分子がガス中に放出され、リングのように観測されたと見られる。惑星系円盤内では密度が非常に高いので、「最前線」を通過した後はほとんどの分子が星間塵に凍りついてしまう。惑星系円盤が作られるときにガスの化学組成がこれほどまでに変化するとは、予想すらされていなかった。

本研究では、惑星系円盤が形成されるときに激しい化学変化を伴うことを明らかにしたばかりか、形成されつつある「最前線」を特定することができた。このような観測はアルマによって初めて可能になったものであり、今後、大きな発展が期待される。惑星系形成の理解を目標とした観測は活発に行われているが、本研究のように化学組成に着目した研究はほとんどない。この新しい切り口から、惑星系形成過程とそこでの物質進化の一般性、多様性が、ここ数年程度でかなりわかってくるだろう。そのとき、われわれの太陽系が、同様の過程を経たかどうかについても検証していくことが可能になると期待される。太陽系の

物質的起源については、本研究のような天文学的なアプローチとともに、われわれの太陽系の物質を調べてその起源を辿る研究も展開されている。隕石の精密分析や彗星の分光観測、また、小惑星からのサンプルリターン (「はやぶさ」など) がその例である。それらに残された原始太陽系の痕跡の理解においても、本研究は重要な意義をもつと考える。本研究成果は、Sakai, N. *et al.*, *Nature* 507, 78-80 (2014) に掲載された。

(2014年2月13日プレスリリース)

分子雲コア (注1): 分子雲の中でとくに密度が高くなった部分を指す。自己重力で束縛されており、原始星の直接的母体である。典型的な大きさは 0.3 光年程度、質量は太陽質量のおよそ 10 倍程度である。
アルマ望遠鏡 (注2): アルマ望遠鏡 (アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計: ALMA) は、12 m アンテナ 54 台、7 m アンテナ 12 台、計 66 台のアンテナ群からなる巨大電波望遠鏡。日本、北米、欧州が南米チリのアタカマ砂漠に共同で建設している。2014 年に本格運用開始予定。感度と空間解像度でこれまでの電波望遠鏡を 10 倍から 100 倍上回る性能をもち、星間分子観測に大きな威力を発揮すると期待されている。本研究は、初期科学運用 (部分運用) 段階で行われた観測に基づくものである。



■ 回転しながら原始星へと落ち込むガスのイメージおよび断面の様子