



(題字：相良祐輔学長)

# 国立大学法人 高知大学学報

## 高知大学学位授与記録第十四号

評価広報課発行

本学は、次の者に博士（理学）の学位を授与したので、高知大学学位規則第15条に基づき、その論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

## 目 次

学位記番号	氏 名	学 位 論 文 の 題 目	ページ
甲理博第 16 号	渡部 豪	Geodetic and seismological studies on the mechanism of plate subduction and back-arc spreading (プレート沈み込みと背弧拡大過程の測地・地震学的研究)	1
甲理博第 17 号	砂長 毅	群体ホヤの生殖系列幹細胞とその増殖分化に関する分子生物学的研究	3

ふりがな 氏名(本籍)	わたなべ つよし 渡部 豪 (愛媛県)
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	甲理博第16号
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位授与年月日	平成18年9月20日
学位論文題目	Geodetic and seismological studies on the mechanism of plate subduction and back-arc spreading (プレート沈み込みと背弧拡大過程の測地・地震学的研究)
発表誌名	地震(第2輯), 第57巻, 1-10, 2005.
	審査委員 主査 教授 田部井隆雄 副査 教授 小玉 一人 副査 教授 東 正治

### 論文の内容の要旨

The Okinawa and Mariana Trough are active back-arc basins formed by subduction of the Philippine Sea and Pacific plates, respectively. In this study, I discussed the mechanism of plate subduction and back-arc spreading based on GPS velocity field, earthquakes moment tensor and numerical simulation. In the southeast of the Ryukyu arc, the Ryukyu Trench runs parallel to the arc, where the Philippine Sea plate subducts, while the Okinawa Trough is northwestern boundary of the arc. To estimate the effects of plate subduction and back-arc spreading from the motion of the Ryukyu arc, I modeled that of the arc based on horizontal GPS velocities. Moreover I discussed plate coupling using crustal strain rates calculated from earthquakes moment tensor. I concluded that the Ryukyu Trench behaves as a free boundary due to weak plate coupling, thus the Ryukyu arc can easily move trenchward like rigid blocks when back-arc spreading occurs at the Okinawa Trough. In the east of the Mariana arc, the Pacific plate subducts at the Mariana Trench, then the Mariana Trough is western boundary of the arc. I determined spreading rate from the motion of the arc using GPS velocities for the period from 1992 to 2004. The result showed that spreading rate increases towards the south, and is generally consistent with other spreading rate inferred from geological and geophysical observations. Furthermore, to clarify the mechanism of plate subduction and back-arc spreading in more detail, I conducted numerical simulation. Because GPS sites are confined to land area and seismicity is low in these regions, it is insufficient to discuss that of plate subduction and back-arc spreading occurred on sea area. Therefore I try to construct two-dimensional viscoelastic finite element models to account for the surface displacement observed by GPS and the stress distribution estimated from earthquake focal mechanisms. In this analysis, considering slab pull force accompanied with density contrast and introducing weak zone with low viscosity material beneath the back-arc portions, I examined whether back-arc spreading caused by slab sinking occurs or not.

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、海洋プレートの沈み込みに伴って背弧海盆が拡大する過程を測地学および地震学データを用いて考察したものである。

背弧拡大は海底地形や地磁気異常などの海洋地質データから推定され、数百万年間にわたる平均的な拡大速度は数 cm/年と見積もられている。しかし、現在も拡大が進行しているか、プレートの沈み込みによって圧縮されているはずの地域が伸張応力場になるメカニズムは何か、背弧拡大が起きる沈み込み帯と起きない沈み込み帯を分ける要因は何か、等の疑問が残されている。近年、陸上では GPS（全地球測位システム）による精密位置決定が可能となり、プレート運動の実測や地殻変動観測が劇的な進歩を遂げている。一方、海水が存在するため海底の精密位置決定はまだ技術開発の途上にあり、現在の背弧拡大を議論する手段はきわめて限定される。

本論文は背弧拡大が起きている代表的な地域として南西諸島（琉球諸島）とマリアナ諸島を取り上げた。南西諸島における全国 GPS 連続観測網の観測結果は、プレート境界に向かって島弧がせり出すきわめて特徴的な変動を示す。本論文では、この地域のプレート境界がプレート間カップリングがきわめて低い擬似自由境界であることを考慮し、背弧の沖縄トラフの拡大に支配された地殻ブロック運動をモデル化した。日本周辺の地殻変動の議論としては初めて、プレート間カップリングの推定に地震のモーメントテンソルから変換したひずみ速度を導入した。

次にマリアナ諸島では、GPS 観測により決定した島弧の変位速度からグローバルプレートモデルによる予測変位速度を引き去ることで、背弧拡大による島弧の変位を間接的に算出し、この変位速度から現在の背弧拡大速度を推定した。この手法は共同研究者による先駆的研究に倣ったものであるが、申請者も自ら無人島での GPS 観測に参加し、過去も含めたすべてのデータを処理するなど、手法の有効性を追証した。求めた拡大速度は海洋地質データから推定した長期間の平均速度と良く一致し、この地域では依然として背弧拡大が進行中であることを確認した。

2つの地域の実測結果を踏まえ、2次元有限要素法を用いて背弧拡大の物理的メカニズム推定を行った。マントルに対し沈み込んだスラブに密度差を与え、スラブの自重による海溝の後退をモデル化すると同時に、マントルの粘性や背弧の強度低下域の粘性が及ぼす影響を調べた。南西諸島とマリアナ諸島ではプレートの厚さ、スラブの傾斜角、スラブの密度差に明らかな違いが存在するので、それぞれに有効な有限要素モデルを設定した。その結果、マリアナにおける背弧拡大は単純な海溝後退モデルで説明可能であるが、南西諸島で予想される拡大速度を説明するためには、海溝後退に加えて背弧でのマントル上昇流が必要であることが示された。今後はモデルを3次元に拡張し、境界条件やパラメータ設定を再検討する必要があるが、今回示した単純モデルでも背弧拡大の本質的なメカニズムを説明できることは注目される。

本論文は2つの背弧拡大地域を研究対象とし、手法としては無人島での臨時 GPS 観測から地震のモーメントテンソル解析、そして有限要素法による数値シミュレーションまで、実に多様な領域をカバーしている。異なる種類のデータを組み合わせた解析を行う重要性と、観測とシミュレーションの両面からアプローチする必要性を示した好例として、本研究は評価できる。

本研究は、プレート沈み込みと背弧拡大について測地学的・地震学的データに基づいて拡大メカニズムを研究したものであり、現在の運動様式と物理的な拡大メカニズムについて重要な知見を得た価値ある集積であると認める。よって、学位申請者・渡部豪は、博士（理学）の学位を得る資格があると認める。

ふりがな	すななが たけし
氏名(本籍)	砂長 毅 (茨城県)
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	甲理博第17号
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位授与年月日	平成18年9月20日
学位論文題目	群体ホヤの生殖系列幹細胞とその増殖分化に関する分子生物学的研究
発表誌名	(1) <i>Development Growth &amp; Differentiation</i> 48(2): 87-100. 2006 February.
	審査委員 主査 教授 川村 和夫 副査 教授 鈴木 知彦 副査 教授 松岡 達臣

### 論文の内容の要旨

生殖細胞はゲノム情報を次世代に渡すことを使命とする細胞である。生殖細胞は線虫やショウジョウバエのように前成的に運命決定される場合と、哺乳類胚のように後成的に誘導される場合が知られている。他方、原始的な体制をもつ動物では、成体においても生殖細胞の決定、分化が可能である。これは生殖系列と体細胞系列に共通した全能性幹細胞が成体に保存されているからだと考えられている。ホヤは脊索動物門に属し、脊椎動物に近縁であることから発生進化的に注目されている。ホヤのいくつかのグループは無性生殖を営むが、新個体の生殖腺は他の器官と共に新生されるのが一般的である。生殖腺、および生殖細胞はヘモブラストと呼ばれる未分化細胞に由来するが、この細胞が既述の原始的な動物のように全能性幹細胞なのか、それとも新規なタイプの細胞なのかは明らかでない。さらに、その細胞の増殖分化のメカニズムは全く不明である。

本研究ではまず、透過型電子顕微鏡により微細構造を調べた。ミダレキクイタボヤの生殖腺はヘモブラストの凝集塊として発生を始める。生殖系列ヘモブラスト (G-hem) は微細形態の点から等価であり、体細胞系列ヘモブラスト (S-hem) の微細形態と際立った違いは認められなかった。生殖系列に特徴的な nuage は G-hem から生じる卵原細胞に初めて出現した。凝集期の G-hem はミトコンドリア型 *large ribosomal RNA (MLR)* を強く発現した。ミダレキクイタボヤ由来の培養細胞株で、アンチセンス法により *MLR* をノックダウンした結果、細胞増殖が抑制されたことから、*MLR* が細胞増殖に関与する遺伝子であることが示唆された。*MLR* に続いて、アルカリ性フォスファターゼが検出された。精巣、卵巣の分化が始まると活性は卵巣に限定されるようになった。さらに特異性の高い分子マーカを得るために *Vasa* ホモログ (*BpVas*) を単離した。*in situ* 解析の結果、*BpVas* は予想通り、生殖腺でのみ発現していた。*BpVas* の発現は G-hem の凝集期に始まり、その後、卵原細胞と発達中の卵母細胞、また、精原、精母細胞に見られた。次に、群体から生殖腺、および G-hem を除去する目的で、群体から全ての芽体、個虫を切除した (vascularization)。その3日後、血管系から再生した群体では *BpVas* 陽性細胞が完全に消失することを RT-PCR、および *in situ* 解析により突きとめた。つまり、vascularization により生殖系列を欠く群体を作製することができた。この *BpVas* 陰性群体の飼育を続けると、14日から30日後までに G-hem の凝集塊が現れ、生殖細胞が形成された。ミサキマメイタボヤの芽体を用いて *Vasa* ホモログ (*PmVas*) の発現を調べたところ、成長期の芽体は *PmVas* 陰性であるが、発生後1週間後には *PmVas* を発現するようになることが RT-PCR 法により明らかになった。この結果は無性生殖において生殖系列が芽体内で新生されることを明確に示している。

これらの結果から、群体ホヤのヘモブラストは、全能性をもつ体細胞系列幹細胞 (S-hem) として存在していると考えられた。即ち、S-hem から G-hem が派生する可能性を示している。本研究は、脊椎動物で厳密に分離されている体細胞系列と生殖系列が、同じ脊索動物門の群体ホヤにおいては、容易に転換し得ることを示すものである。

## 論文審査の結果の要旨

生殖細胞は世代から世代へゲノム情報を運ぶことに特化した細胞である。線虫、ショウジョウバエ、無尾両生類などでは、生殖系列が胚発生の早い時期に体細胞から隔離され、生殖細胞はその系列の子孫細胞のみから出現する。他方、哺乳類の生殖細胞は発生学上等価な細胞群から後成的に形成される。では、前成的であれ後成的であれ、一たび決定された生殖系列は体細胞から厳密に区分されているのだろうか。草や木が決まった季節に花(生殖器官)をつけることから明らかなように、植物界の生殖系列は体細胞から厳密に区別されていない。動物界では、生殖細胞が分化全能性幹細胞から後成的に分化することがごく稀に知られているものの、初期発生過程で生殖系列が隔離される事例が強烈なインパクトをもって受け入れられたので、体細胞と生殖系列の調節性が隠れてしまった可能性がある。上記の疑問を背景にして、ホヤの生殖系列を論じたのが本論文の骨子である。

まず、ミダレキクイタボヤとミサキマメイタボヤの生殖細胞と生殖腺形成を光学顕微鏡及び電子顕微鏡で調べた。生殖腺原基は間充織細胞の凝集塊として出芽中の個虫に出現した。凝集細胞はヘモブラストと呼ぶホヤの未分化細胞であった。次に、生殖系列を追跡するために Vasa 遺伝子ホモログを上記のホヤから単離した。全長約 2.5kb の cDNA からプローブを作成し in situ hybridization を行ったところ、凝集期以降の生殖系列でシグナルが認められた。RT-PCR 法によりシグナルを定量化したところ、出芽のたびに de novo に Vasa 陽性細胞(生殖系列)がつくられていることがわかった。ミダレキクイタボヤから Vasa 陽性細胞を完全に除去したところ、約 1 ヶ月後に Vasa シグナルと生殖細胞が再生した。また、RNAi 法で Vasa をノックダウンすると、生殖腺と生殖細胞が全く形成されなかった(修士課程学生との共同研究)。これらの結果は、ホヤ生殖系列が調節的に出現すること、その出現に Vasa が重要な役割を果たしていることを示している。

本論文は系統進化上高等な動物で、生殖細胞隔離説に従わない事例を十分な証拠をもって示した点で特筆される。また、Vasa 遺伝子が、間葉系未分化細胞から生殖腺が分化する際、生殖系列の決定因子として働くことを示した点は秀逸で、高く評価される。よって、本論文は博士(理学)の学位論文として十分な価値を有するものと判断される。