

平成 22 年 3 月 4 日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2006～2009

課題番号：18403012

研究課題名（和文） 大陸衝突によるアジア大陸東部域の大陸変形の研究

研究課題名（英文） Deformation aspect of Asian continent due to continental collision

研究代表者

乙藤 洋一郎 (OTOFUJI YO-ICHIRO)

神戸大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：90160895

研究成果の概要（和文）：チベット東部からインドシナ半島の地域に分布する白亜紀・ジュラ紀の岩石の古地磁気測定を行い、インドシナ半島基部の広い地域が 30 度以上の時計周り回転したことを見出した。この時計周り回転運動を GPS による現在の回転運動と比較すると、回転している地域が異なることがわかった。この地域の違いは、アジア大陸にインド亜大陸が衝突を開始して以降 5000 万年の間に、インドシナ半島を構成する地殻が南東に 1000 km 移動したために引き起こされたと結論した。

研究成果の概要（英文）：A quantitative comparison between the GPS and paleomagnetically determined clockwise rotation suggests that following an initial India-Asia collision a crust of the present Indochina peninsula displaced from paleoposition at 30° N, 94° E by about 1000 km during the past 50 million years.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
2007 年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2008 年度	4,800,000	1,440,000	6,240,000
2009 年度	3,200,000	960,000	4,160,000
年度			
総計	14,100,000	4,230,000	18,330,000

研究分野：地球科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地質学

キーワード：大陸・大陸衝突・変形・アジア大陸・古地磁気学

## 1. 研究開始当初の背景

ポストプレートテクトニクスの理論構築に要求されている大きな研究課題の一つは、非剛体の大陸のテクトニクスの理解である。大陸は、変形しない剛体の海洋プレートと異

なり、分裂・合体を経験し、姿・形を変えていく。大陸のテクトニクスの解明への一歩は、大陸の変形過程のよりよい理解である。

大陸の変形は、大陸衝突によって引き起こされる。衝突現象にともなう大陸変形を探し、

変形の様子を定量的に解明することが、非剛体の大陸の力学的性質理解への近道である。

アジア大陸東部を例にとれば、中生代から新生代に3つの大陸衝突がおこった。(1)北中国・南中国の大陸ブロックの衝突、(2)シベリア大陸・モンゴル小大陸の衝突、そして(3)インド・アジア大陸衝突である。それぞれの衝突に伴う大陸変形に着目し、変形の様子を古地磁気を用いて定量的に記述し、非剛体の大陸のテクトニクスの変形を解明することにした。

## 2. 研究の目的

中生代-新生代に、アジア大陸でおこった大陸衝突によるアジア大陸東部の変形現象を、古地磁気学の観点からあきらかにすることを目的とする。

## 3. 研究の方法

- (1)アジア大陸東部に連続体力学を適用して変形現象を論ずることが出来るように、東アジアの広い地域から多くの古地磁気データを求める地点をシステムティックに選定し、それらから古地磁気データをもとめる。
- (2)三つの大陸衝突に注目する。①インドの衝突によるアジア大陸の変形、②北中国地塊と南中国地塊の衝突に伴う両地塊の変形 ③シベリア地塊とモンゴル-中国地塊の衝突に伴う両地塊の変形。
- (3)三通りの大陸衝突の変形の様子を比較し、大陸プレート内部の力学的性質と大陸下部のマントルの流動性を探る。

## 4. 研究成果

### (1) インドシナ半島の変形テクトニクス I

インドシナ半島の中央部を占めるシャンタイ地塊の変形現象を、チベット、中国雲南とタイのナンで採取した白亜紀・ジュラ紀の岩石の古地磁気から明らかにすることができた。古緯度の比較から、シャンタイ地塊は、インド衝突以前には、現在のチベット高原を形成するチャンタン地塊とラサ地塊の間に存在したことをまず証明し、インドがアジア大陸に衝突した直後にシャンタイ地塊は時計回りに回転し、その後南下を行ったことをあきらかにした。南下に伴って、シャンタイ地塊は内部変形をこうむったことがわかった。

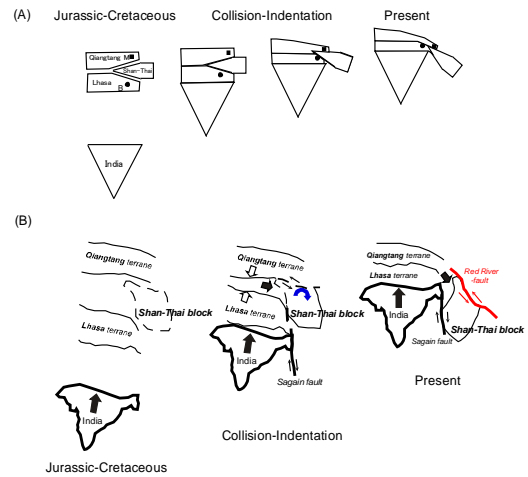


図 インド衝突に伴うアジア大陸の変形 (シャンタイ地塊の南下モデル)

### (2) インドシナ半島の変形テクトニクス II

インドシナ半島の中央部を占めるシャンタイ地塊の内部変形の様子を、中国雲南の3箇所 (Zhengyuan (24.0° N, 101.1° E), West Zhengyuan (24.0° N, 101.1° E), South Mengla) などて採取した白亜紀の岩石の古地磁気から明らかにした。変形の様子はつぎのように記述できる: インド大陸が衝突してすぐにシャンタイ地塊は剛体として20度の回転を経験し、32Maまでに南下を行い、その後南北方向の圧縮応力を受け Chongshan-Lancang-Chiang Mai Belt の曲線の形をつくるように内部変形をこうむった。

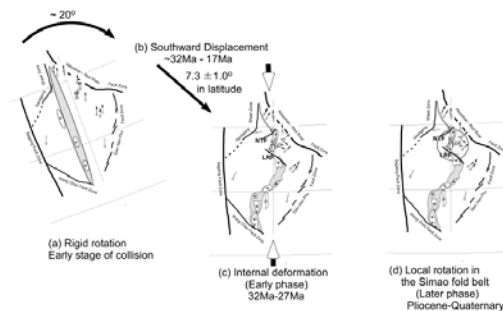


図 シャンタイ地塊の変形過程

### (3) インドシナ半島の変形テクトニクス III

インドシナ半島の東南部を占めるインドシナ地塊の変形の様子、ラオスの Phong Saly (21.6° N, 101.9° E), Borikhanxay (18.5° N, 103.8° E) そして Muang Phin (16.5° N, 106.1° E) の3箇所で採取した白亜紀・ジュラ紀の岩石の古地磁気データに、シャンタイ地塊の古地磁気データを組み合わせ、推測した。シャンタイ地塊は大きな内部変形をこうむっているのに比べ、インドチャイナ地塊は

一様回転はしているものの内部変形をしていないことが明らかになった。インドシナ半島地下の地震波トモグラフィーと古地磁気で求めた変形の様子を比較すると、リソスフェアが柔らかい地域が地表で変形をこむることが明らかになった。

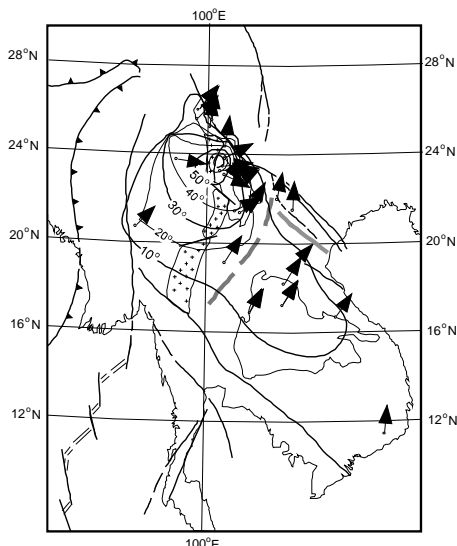


図 古地磁気から求めた回転の様子 (矢印の方向は北から回転した量を示す。回転量をコンターでも示している)

#### (4) 東アジアの変形

過去 10 年間世界の研究者が求めてきた白亜紀の古地磁気データを編集し、変形の研究をおこなった。これら古地磁気データのうち 4 割は、私たちに研究グループのものである。東アジアの変形は時計回りの回転運動が卓越していることがわかり、特にヒマラヤ山脈東部では 40 度から 100 度に達した。現在の回転運動を GPS データから見積もり、古地磁気から求めた回転運動と比較すると、回転の卓越する地域の時間的変遷を明確に見ることが出来た。

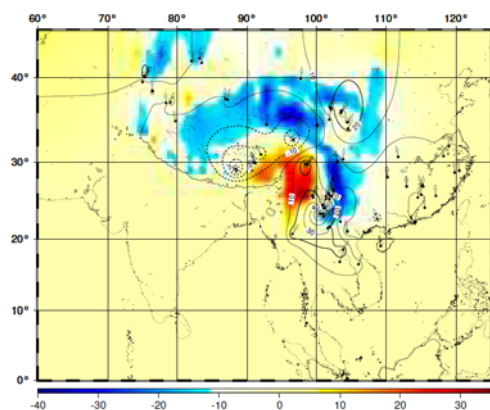


図 古地磁気 (コンター) と GPS (カラー) からみつけた回転運動の比較

#### 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 13 件)

- ① Otofuji, Y., M. Yokoyama, K. Kitada and H. Zaman, Paleomagnetic versus GPS determined tectonic rotation around eastern Himalayan syntaxis in East Asia, *J. Asian Earth Sci.*, 査読有, **37**, 438-451, (2010).  
doi:10.1016/j.jseaes.2009.11.003
- ② Kidane, T.B., M. Fuller and Y. Otofuji, Shipboard paleomagnetic age estimates for an acoustic basement emplacement in Marion Plateau, off northeast Australia, *Australian Journal of Earth Sciences*, 査読有, **57**, 231-242, (2010).
- ③ Miki, M., A. Taniguchi, M. Yokoyama, C. Gouzu, H. Hyodo, K. Uno, H. Zaman, and Y. Otofuji, Palaeomagnetism and geochronology of the Proterozoic dolerite dyke from southwest Greenland: indication of low palaeointensity, *Geophys. J. Int.*, 査読有, **179**, 18-34, (2009).  
doi:10.1111/j.1365-246X.2009.04258.x
- ④ Takemoto, K, S. Sato, K. Chanthavichith, T. Inthavong, H. Inokuchi, M. Fujihara, H. Zaman, Z. Yang, M. Yokoyama, H. Iwamoto, and Y. Otofuji, Tectonic deformation of the Indochina Peninsula recorded in the Mesozoic palaeomagnetic results, *Geophys. J. Int.*, 査読有, **179**, 97-111, (2009).  
doi:10.1111/j.1365-246X.2009.04274.x
- ⑤ Kidane, T., Y. Otofuji, Y. Komatsu, H. Shibasaki and J. Rowland, Paleomagnetism of the Fentale-magmatic segment, main Ethiopian Rift: New evidence for counterclockwise block rotation linked to transtensional deformation, *Physics. Earth Planet. Int.*, 査読有, **176**, 109-123, (2009).  
doi:10.1016/j.pepi.2009.04.006
- ⑥ Tanaka, K., C. Mu, K. Sato, K. Takemoto, D. Miura, Y. Liu, H. Zaman,

- Z. Yang, M. Yokoyama, H. Iwamoto, K. Uno and Y. Otofujii, Tectonic deformation around the eastern Himalayan syntaxis: constraints from the Cretaceous palaeomagnetic data of the Shan–Thai Block, *Geophys. J. Int.*, 査読 有, **175**, 713–728, (2008). doi:10.1111/j.1365-246X.2008.03885.x
- ⑦ Baba, A.K., T. Matsuda, T. Itaya, Y. Wada, N. Hori, M. Yokoyama, N. Eto, R. Kamei, H. Zaman, T. Kidane and Y. Otofujii, New age constraints on counter-clockwise rotation of NE Japan, *Geophys. J. Int.*, 査読 有, **171**, 1325–1341, (2007). doi:10.1111/j.1365-246X.2007.03513.x
- ⑧ Otofujii, Y., C. Mu, K. Tanaka, D. Miura, H. Inokuchi, R. Kamei, M. Tamai, K. Takemoto, H. Zaman and M. Yokoyama, Spatial gap between Lhasa and Qiangtang blocks inferred from Middle Jurassic to Cretaceous paleomagnetic data, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 査読 有, **262**, 581–593, (2007). doi:10.1016/j.epsl.2007.08.013
- ⑨ Kidane, T., Y. Otofujii, F. H. Brown, K. Takemoto and G. Eshete, Two normal paleomagnetic polarity intervals in the lower Matuyama Chron recorded in the Shungura Formation (Omo Valley, Southwest Ethiopia), *Earth Planet. Sci. Lett.*, 査読 有, **262**, 240–256, (2007). doi:10.1016/j.epsl.2007.07.047
- ⑩ Sato, K., Y. Liu, Y. Wang, M. Yokoyama, S. Yoshioka, Z. Yang and Y. Otofujii, Paleomagnetic study of Cretaceous rocks from Pu'er, western Yunnan, China: Evidence of internal deformation of the Indochina block, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 査読 有, **258**, 1–15, (2007). doi:10.1016/j.epsl.2007.02.043
- ⑪ Aihara, K., K. Takemoto, H. Zaman, H. Inokuchi, D. Miura, A. Surinkum, A. Paiyarom, B. Phajuy, S. Chantraprasert, Y. Panjasawatwong, P. Wongpornchai, Y. Otofujii, Internal deformation of the Shan–Thai block inferred from paleomagnetism of Jurassic sedimentary rocks in Northern Thailand, *J. Asia. Earth. Sci.*, 査読 有, **30**, 530–541, (2007). doi:10.1016/j.jseaes.2007.01.002
- ⑫ Narumoto, K., Z. Yang, K. Takemoto, H. Zaman, H. Morinaga, and Y. Otofujii, Anomalous shallow inclination in middle-northern parts of the South China block: palaeomagnetic study of Late Cretaceous red beds from Yichang area, *Geophys. J. Int.*, 査読 有, **164**, 290–300, (2006). doi:10.1111/j.1365-246X.2005.02820.x
- ⑬ Otofujii, Y., D. Miura, K. Takaba, K. Takemoto, K. Narumoto, H. Zaman, H. Inokuchi, R.G. Kulinch, P.S. Zimin and V.G. Sakhno, Counter-clockwise rotation of the eastern part of the Mongolia block: Early Cretaceous palaeomagnetic results from Bikin, Far Eastern Russia, *Geophys. J. Int.*, 査読 有, **164**, 15–24, (2006). doi:10.1111/j.1365-246X.2005.02790.x
- [学会発表] (計 5 件)
- ① Otofujii, Y., Mesozoic opposite tectonic rotations of two blocks along the eastern margin of the Asian continent, 日本地質学会、第 116 年学術大会、岡山大学、2009/9/18–20
- ② Otofujii, Y., Tectonic deformation of the Indochina Peninsula recorded in the Mesozoic paleomagnetic results, 地球電磁気・地球惑星圏学会 124 回講演会、東北大学、2008/10/9–12
- ③ Otofujii, Y., Baba, A.K. and M. Yokoyama, , New Age Constraints on Differential Rotation of NE and SW Japan, AOGS, BUSAN Korea, 2008. June 16–20
- ④ Tanaka, K., C. Mu, K. Sato, K. Takemoto, D. Miura, Y. Liu, H. Zaman, Z. Yang, M. Yokoyama, H. Iwamoto, K. Uno and Y. Otofujii, Tectonic Deformation

around the Eastern Himalayan  
Syntaxes: Constraints from the  
Cretaceous Paleomagnetic Data of the  
Shan-Thai Block, AOGS, BUSAN Korea,  
2008. June16-20

- ⑤ 馬場あゆみ、横山昌彦、乙藤洋一郎、  
阿武隈地域における白亜紀花崗岩と中  
新世火成岩を用いた年代学及び古地磁  
気学的研究、JpGU Meeting, 幕張、  
2007/5/19-24

〔図書〕 (計 0 件)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

乙藤 洋一郎 (OTOFUJI YO-ICHIRO)  
神戸大学・大学院理学研究科・教授  
研究者番号：90160895

### (2) 研究分担者

山崎 和仁 (YAMAZAKI KAZUHITO)  
神戸大学・大学院理学研究科・助教  
研究者番号：20335417

糸田 千鶴 (ITOTA CHIZU)  
太成学院大学・人間学部・准教授  
研究者番号：80246800

和田 穰隆 (WADA YUITAKA)  
奈良教育大学・教育学部・准教授  
研究者番号：00252825

三浦 大助 (MIURA DAISUKE)  
(株)電力中央研究所・主任研究員  
研究者番号：50371414

宇野 康司 (UNO KOJI)  
岡山大学・大学院教育学研究科・講師  
研究者番号：10510745

森永 速男 (MORINAGA HAYAO)  
兵庫県立大学・理学部・准教授  
研究者番号：4021018