

2015. 11

特集号



(題字：脇口宏学長)

国立大学法人
高知大学学報

高知大学学位授与記録第七十七号

総務課広報戦略室発行

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14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。

 *
 *
 *
 *
 *
 *

高知大学学報

本学は、次の者に博士（理学）の学位を授与したので、学位規則（昭和28年文部省令第9号）第8条の規定に基づき、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
甲総科博第17号	加藤 弘徳	四国東部における中央構造線の断層面の低角度化と地すべり運動への転化	1
甲総科博第18号	加藤 諒	Stable homotopy categories and stable homotopy groups of spheres (安定ホモトピー圏と球面の安定ホモトピー群)	3

ふりがな	かとう ひろり
氏名(本籍)	加藤 弘徳 (広島県)
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	甲総科博第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27年9月18日
学位論文題目	四国東部における中央構造線の断層面の低角度化と地すべり運動への転化
発表誌名	Rediscovery of the Hakuchi thrust associated with the Median Tectonic Line active fault system in Awa-Ikeda town, eastern Shikoku, southwest Japan, Earth Science. Vol. 68, 165~172, December 2014.
	審査委員 主査 教授 横山 俊治 副査 教授 田部井隆雄 副査 教授 白井 朗

論文の内容の要旨

中央構造線は西南日本内帯の領家帯と外帯の三波川帯の境界をなす大断層であるが、領家帯が白亜系和泉層群に覆われている四国地方では、和泉層群と三波川結晶片岩類の地質境界断層をもって中央構造線とされている(須鎗ほか, 1991)。そして和泉層群の南縁付近において第四紀に活動している断層群は中央構造線活断層系と呼ばれている(岡田, 1973など)。

四国東部では、複数箇所低角度断層面を持つ衝上断層が発見され、それが中央構造線であるとして報告された(中川・中野, 1964など)が、岡田(1973)などが、第四紀に活動した中央構造線は右横ずれ成分と鉛直成分を併せもつ高角度断層であると結論したために、この認識が日本の活断層研究者の間では主流となり今日に至っている。低角度断層面を持つ衝上断層については、高角度の活断層がノンテクトニックな要因で後成的に低角度化したものであると解釈された。しかしながら、低角度化の機構についてはこれまで詳しく論じられることはなかった。

本研究では、深部で高角度であった断層が地表付近で初生的に断層運動によって低角度化したものが低角度断層面を持つ衝上断層であると結論した。断層面の低角度化は、和泉層群の岩盤と軟質な更新統土柱層が断層接触するところで、土柱層の短縮によって発生することを明らかにした。

中央構造線活断層系ストリップマップ(水野ほか, 1993)によると、衝上断層は山地側(北側)に分布する和泉層群の南縁部に沿って土柱層が分布しているところで多発している。未～半固結の土柱層は和泉層群の岩盤に比べ強度が低いために、土柱層側が一方的に変形する。このとき、土柱層はドラッグ褶曲で折りたたまれて短縮するほか、シルト層中のせん断面に沿って上盤が低地側に向かってせり出すことで、和泉層群と土柱層の境界断層は低角度化した。境界断層の断層粘土には三波川結晶片岩起源の岩片が多数含まれていることから、深部では、和泉層群と三波川結晶片岩類の地質境界断層としての中央構造線に連続していることが確認された。このことは境界断層の変位センスも右横ずれ成分を持つことでも支持される。

中央構造線活断層系沿いでは、低角度化した境界断層を地すべり先端部のすべり面とする和泉層群の

地すべりが多発している。井ノ久保地すべりやシンヤマ地すべりがその例で、地すべり移動体の長距離移動によって河川をせき止めた痕跡が残っている。境界断層の運動センスと地すべり運動のセンスが一致していることから、断層運動時にそれが地すべり運動に転化しやすく、河川のせき止めも同時に起こった可能性がある。

近年各地の山地—平地境界の活断層の活動では、低角度の地表地震断層が発生しており、断層面の低角度化の認識は地震防災の上で重要である。低角度断層面は地すべり面への転化の恐れもあり、斜面防災の観点からも重要である。

論文審査の結果の要旨

中央構造線は日本最大の活断層で、現在、断層面は高角度であるということが定説になっている。しかし、低角度断層も各地で発見されている。低角度断層について、低角度化のメカニズムについて論じることなく、後成的に高角度断層が低角度になったと主張する高角度説派、中央構造線は深部でも低角度であるとする低角度説派、低角度断層はテクトニック断層ではなく、巨大地すべりのすべり面(ノンテクトニック断層)であるとする地すべり説派が40年以上に渡って対立してきた。

本研究では、高度なテクニックを要する複数の調査手法を組み合わせ、3派の主張のいずれにも真実が含まれていることを突き止め、巧みな論理展開によって、三者を統合した構造モデルを構築し、その形成過程を解明した。

まず低角度断層は、硬質な岩盤である和泉層群と軟質な堆積物である土柱層とが断層接触しているところで発生していることに着目した。つぎに土柱層側の地層はドラッグ褶曲や層面断層によって一方的に短縮変形していることを明らかにした。土柱層の短縮によって断層面が低角度化し、結果として、和泉層群が土柱層に低角度で乗り上げることで形成されたのが低角度断層であると結論した。

このような断層面の低角度化は、ふたつの断層セグメント(両端をもつ独立した断層)が接するところで、その配置関係によって圧縮の場がつけられる拘束性屈曲の条件場で発生しやすいことを明らかにした。

さらに、土柱層分布深度以深に位置する和泉層群と三波川結晶片岩との境界の高角度断層に由来する結晶片岩岩片を低角度断層の断層粘土が多量に含んでいること、低角度断層も高角度断層と同様の右横ずれ成分をもっていることから、低角度断層は高角度断層に繋がっていると結論した。

和泉層群中の地すべりのすべり面粘土には結晶片岩の岩片は含まれない。結晶片岩岩片を含むすべり面粘土は低角度断層がすべり面に転化したものである。和泉層群からなる地すべり移動体の末端付近に低角度断層が位置し、それがすべり面の末端部を構成している。低角度断層の運動センスと地すべりの滑りのセンスが一致するので、巨大地すべりは地震時に滑動する可能性が高い。

低角度活断層は日本の各地で発生しているが、その断層構造は理解されていない。本研究の成果は、防災・土木地質学分野でも大きな貢献をするものと確信している。

以上の成果は査読付きの学術雑誌に1編まとめられている。なお、本大学院入学前に受理された関連論文1編で論文賞を受賞している。そのほか、書籍にも成果を執筆している。

本研究は、四国東部の中央構造線について、その断層構造と形成過程を研究したものであり、高角度断層から低角度断層へ、さらに地すべりへの転化について重要な知見を得たものとして価値ある集積であると認める。よって、学位申請者加藤弘徳は、博士(理学)の学位を得る資格があると認める。

ふりがな 氏名(本籍)	かとう りょう 加藤 諒(宮崎県)
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	甲総科博第18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27年9月18日
学位論文題目	Stable homotopy categories and stable homotopy groups of spheres (安定ホモトピー圏と球面の安定ホモトピー群)
発表誌名	1) The TR-groups of the sphere spectrum at the prime two, submitted. 2) Products of Greek letter elements dug up from the third Morava stabilizer algebra, Algebraic and Geometric Topology 12 (2012), 951-961. 3) The first line of the Bockstein spectral sequence on a monochromatic spectrum at an odd prime, Nagoya Mathematical Journal 207 (2012), 139-157. 4) Generalized Bousfield lattices and a generalized retract conjecture, Publ. Res. Inst. Math. Sci. 50, No. 3 (2014), 497-513.
	審査委員 主査 教授 下村 克己 副査 教授 逸見 豊 副査 講師 仲野 英司

論文の内容の要旨

本博士論文は、第二章にまとめられている

Ryo Kato, *The TR-groups of the sphere spectrum at the prime two*, submitted,
の内容を主とした4つの論文の内容をまとめている。

ホモトピー論では、位相空間をホモトピー同値で分類し、空間のホモトピー論的性質を調べることを目的とする。任意の空間 X は適当な CW 複体 X' で近似され、また J. H. C. Whitehead の定理により、 CW 複体の間の連続写像 f がホモトピー群における同型を全次元で導くならば、それはホモトピー同値写像となることが知られている。よって、ホモトピー群はほぼ完全なホモトピー不変量と言える。空間 X に対し $Q(X) = \text{hocolim}_n \Omega^n \Sigma^n X$ を考えることで、 X の安定ホモトピー群 $\pi_*^S(X) = \pi_*(Q(X))$ が定義される。 $Q(X)$ はスペクトラムという概念に一般化され、スペクトラムの圏は安定ホモトピー圏と呼ばれるものへ一般化される。この安定ホモトピー圏の構造解析が、広義での安定ホモトピー論の目的である。任意の CW スペクトラム X のホモトピー群 $\pi_*(X)$ は、sequential filtration により0次元球面 S^0 の安定ホモトピー群 $\pi_*^S(S^0) = \pi_*(Q(S^0))$ に分割される。よって、球面の安定ホモトピー群 $\pi_*^S(S^0)$ の構造が完全に把握できれば、スペクトラムの安定ホモトピー圏の構造もほぼ把握できる。本論文での研究での(最終) 目的は

- $\pi_*^S(S^0)$ 等の代数的量を用いたスペクトラムの安定ホモトピー圏の解析,
- 代数的 K 理論を介することによる $\pi_*^S(S^0)$ の他分野への応用

の2つである.

適当な数学的対象 X に対し, 代数的 K 理論を施すことでスペクトラム $K(X)$ が得られる. これにより, 様々な数学的対象をホモトピー論に帰着させることができるが, $K(X)$ をどう解析するかというのもまた極めて難しい問題である. その問題への1つの答えとして, 跡手法による, X の素数 p でのレベル n の TR 理論 $TR^n(X; p)$ を用いた $K(X)$ の近似が挙げられる. 特に興味深い対象として, $\mathbb{S} = Q(S^0)$ の代数的 K 理論 $K(\mathbb{S})$ が有り, その TR 理論は Greenlees-May の仕事により

$$TR_*^n(\mathbb{S}; p) = \pi_*(TR^n(\mathbb{S}; p)) \cong \pi_*^S(S^0)^{\oplus n} \oplus \bigoplus_{1 \leq k < n} \pi_*^S(BC_{p^k})$$

を満たす. ここで, BC_{p^n} は位数 p^n の有限巡回群 C_{p^n} の分類空間である. 特に, $TR_*^n(\mathbb{S}; 2)$ の構造は5次元までは Hesselholt による Atiyah-Hirzebruch スペクトル系列の計算により決定されていた. 本論文の第二章では, Atiyah-Hirzebruch スペクトル系列に加え mod 2 Adams スペクトル系列を用いることで $TR_*^n(\mathbb{S}; 2)$ を9次元まで決定した結果の詳細を述べている.

論文審査の結果の要旨

本論文は, 安定ホモトピー圏に関する一般理論と, スペクトラムのなす安定ホモトピー圏の球面の安定ホモトピー群の見地からの研究及び, その代数的 K 理論への応用を英文でまとめたもので, 以下の知見を得ている.

第1章では, 球面の安定ホモトピー群の生成元のひとつ $(\beta_{[p/p]})^{\wedge p}$ の存在を示し, さらにそれを含むギリシャ文字元たちの合成のうち生成元になるものを, Morava の K 理論 $K(3)$ を用いて分かる範囲で, すべて決定した.

第2章では, 博士論文の主論文に対応する部分をまとめている. 球面スペクトラムの代数的 K 群を trace method で研究する上で重要な役割を演ずる TR 群を9次元まで決定した. それまでは, Hesselholt により5次元までしか決定されていなかったが, Adams スペクトル系列を導入することにより, 拡張することが出来た.

第3章では, スペクトラムの安定ホモトピー圏を研究する方法の一つである chromatic 理論に現れてくる加群を chromatic level $n \geq 4$ の場合に決定した.

第4章では, スペクトラムのなす安定ホモトピー圏に同伴する Bousfield 束における retract 予想を一般の安定ホモトピー圏に一般化し, 各整数 $n \geq 0$ に対する Morava の K 群 $K(n)$ で局所化して得られる安定ホモトピー圏, 及び, 調和スペクトラムのなす安定ホモトピー圏に同伴する Bousfield 束の構造を決定し, これらの場合には一般 retract 予想が成り立つことを示した.

以上の成果は, 筆頭著者論文として, 審査付の国際的学術雑誌 4 編 (うち 3 編は出版済み, 1 編は受理) にまとめられている. よって, 学位申請者 加藤 諒 は, 博士 (理学) の学位を得る資格があると認める.