

三河山地に発達するリニアメントと地質構造の関係

The relationship between lineaments and geologic structures in the Mikawa Mountains, central Honshu

加藤 拓*・星 博幸**
Takumi Kato* and Hiroyuki Hoshi**

Key words : リニアメント, 三河山地, 地質構造, 領家変成帯

1. はじめに

愛知県の三河山地にはリニアメント（連続性のある直線状の谷や尾根などの地形）が発達している。縮尺 50 万分の 1 程度のレリーフマップでは（図 1），リニアメントは主に NE-SW, NW-SE, E-W という 3 系統の卓越方向を示すように見える。三河山地のリニアメントについては土地分類基本調査（例えば，愛知県，1980）で概要が示されているが，地質構造との関連を詳しく検討した研究報告はない。一般にリニアメントは断層系（断層や節理），岩相境界（層理面や貫入面など），岩石構造（片状構造など）といった地質要素と関連していることが多い（例えば，佐藤・町田，1990）。三河山地北部では，森山（1987）や活断層研究会編（1991）によって NE-SW および NW-SE 走向の活断層が認められている。しかし三河山地南部ではそうした活断層を確認したという報告はない。山地北部でも活断層に沿って発達しているのが明瞭なりニアメントは少なく，リニアメントの成因については不明な点が多い。星・服部（1999）は豊田北東の矢作川沿いで節理解析を行ったが，リニアメントの成因については言及していない。

本研究の目的は，三河山地に発達するリニアメントと地質構造（断層系，岩石組織など）の関連性を明らかにすることである。筆者らは 5

万分の 1 地形図「足助」^{あすけ}の範囲（図 1 および 2 の一点鎖線の範囲，以下では足助地域とよぶ）を調査対象地域に設定し，レリーフマップ，空中写真，水系図を用いてリニアメントを判読した。そして，リニアメントの多くが河川を横切るように発達しており，リニアメントと地質要素との関連性を検討するのに好適と考えられる足助地区南方の巴川流域^{ともえ}（図 1, 2, 3 の点線の範囲）で節理や片状構造を調査した。

本論文は筆頭著者（加藤）の愛知教育大学卒業論文（2008 年）をもとに，第二著者（星）がその後に公表された研究成果も加味して執筆したものである。

2. 地質の概要

三河山地には高温低圧型変成岩（領家変成岩）とそれに貫入する深成岩（領家花崗岩）が広く分布する。領家変成岩は主に砂岩，頁岩，チャート，メラングジュなどを源岩とする変成岩からなる。三河山地の領家花崗岩は大きく古期花崗岩類と新期花崗岩類に区分され，領家研究グループ（1972）によって岩体の貫入関係が明らかにされている。CHIME 年代は古期花崗岩類が約 95～90 Ma，新期花崗岩類が約 85～67 Ma である（Nakai and Suzuki, 1996; Suzuki and Adachi, 1998）。

*愛知教育大学卒業生（現所属：名古屋市立豊田小学校）
Graduate, Aichi University of Education (now at Toyoda Elementary School)
**愛知教育大学理科教育講座地学領域
Aichi University of Education, Kariya, Aichi 448-8542, Japan
(Corresponding author, hoshi@auecc.aichi-edu.ac.jp)

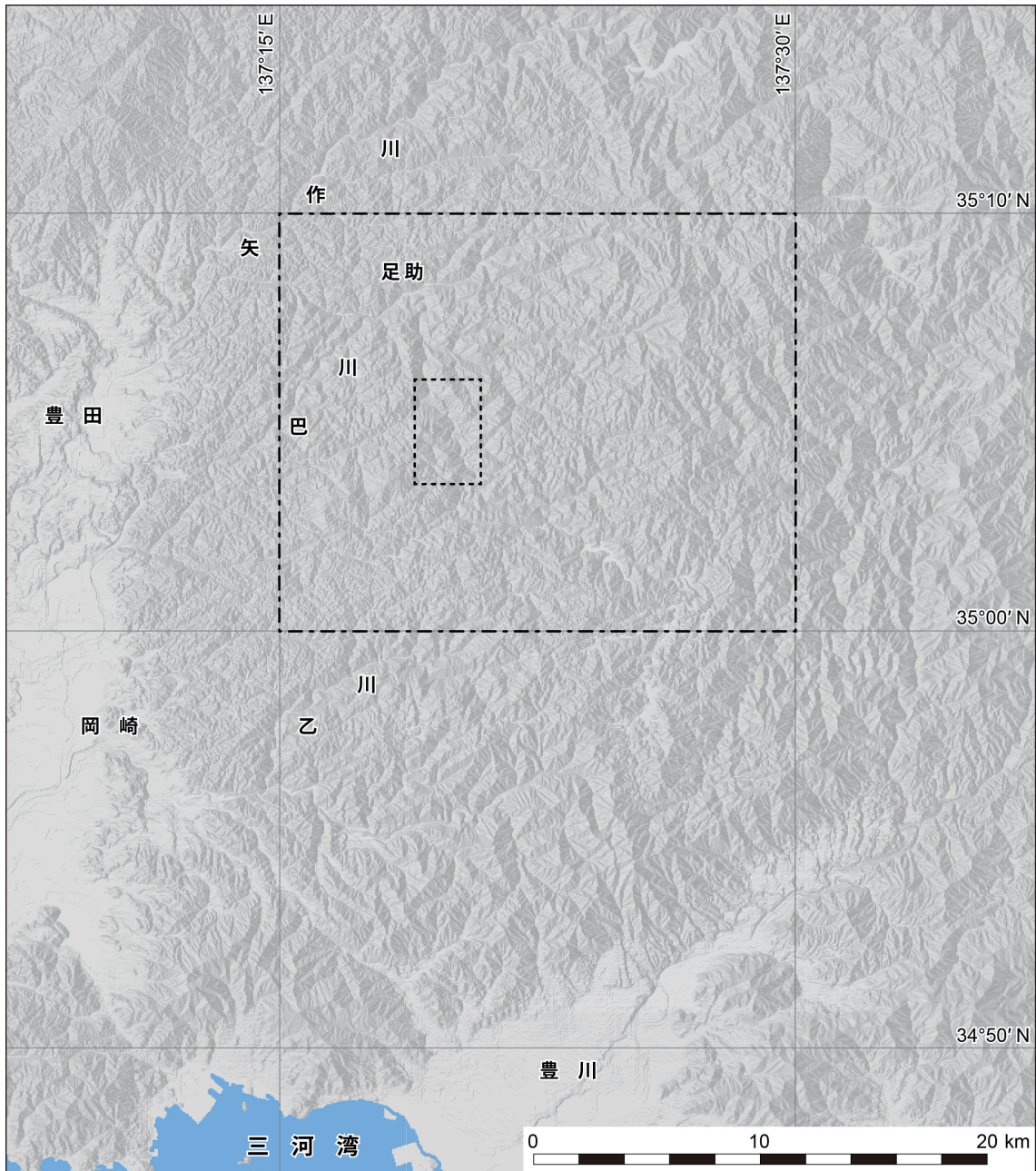


図 1. 三河山地のレリーフマップ。コンピュータ地図ソフト「カシミール 3D」を用いて 10 m メッシュ高密度標高データから作成。一点鎖線の範囲は 5 万分の 1 地形図「足助」の範囲を示す（本論文では足助地域と呼ぶ）。点線の範囲は筆者らの地質調査地（足助地区南方の巴川流域）を示す。

三河山地の地質概略図 (Nakai, 1976) を図 2 に示す。足助地域には花崗岩が広く分布し、それらは古期花崗岩類に属する神原トーナル岩と、新期花崗岩類に属する三都橋花崗閃緑岩、伊奈川花崗閃緑岩、武節花崗岩からなる（領家研究グループ, 1972; Nakai, 1974, 1976; 山崎・尾崎, 2012）。以下, Nakai (1976) に従って岩石の概要を述べる。神原トーナル岩は領家花崗岩のうち最も古い花崗岩質岩体で、主な岩相は中粒片

状角閃石黒雲母トーナル岩および花崗閃緑岩である。暗色含有岩を多く含む。三都橋花崗閃緑岩の岩石は 3 タイプに区分されるが、主な岩相は粗粒角閃石黒雲母花崗閃緑岩およびトーナル岩である。所々に苦鉄質鉱物の定向配列が認められる。伊奈川花崗閃緑岩は三河山地の領家花崗岩のうち最も広く分布する岩体である。本岩はタイプ I~IV の 4 タイプに区分される。タイプ I は中粒角閃石黒雲母トーナル岩、花崗閃緑

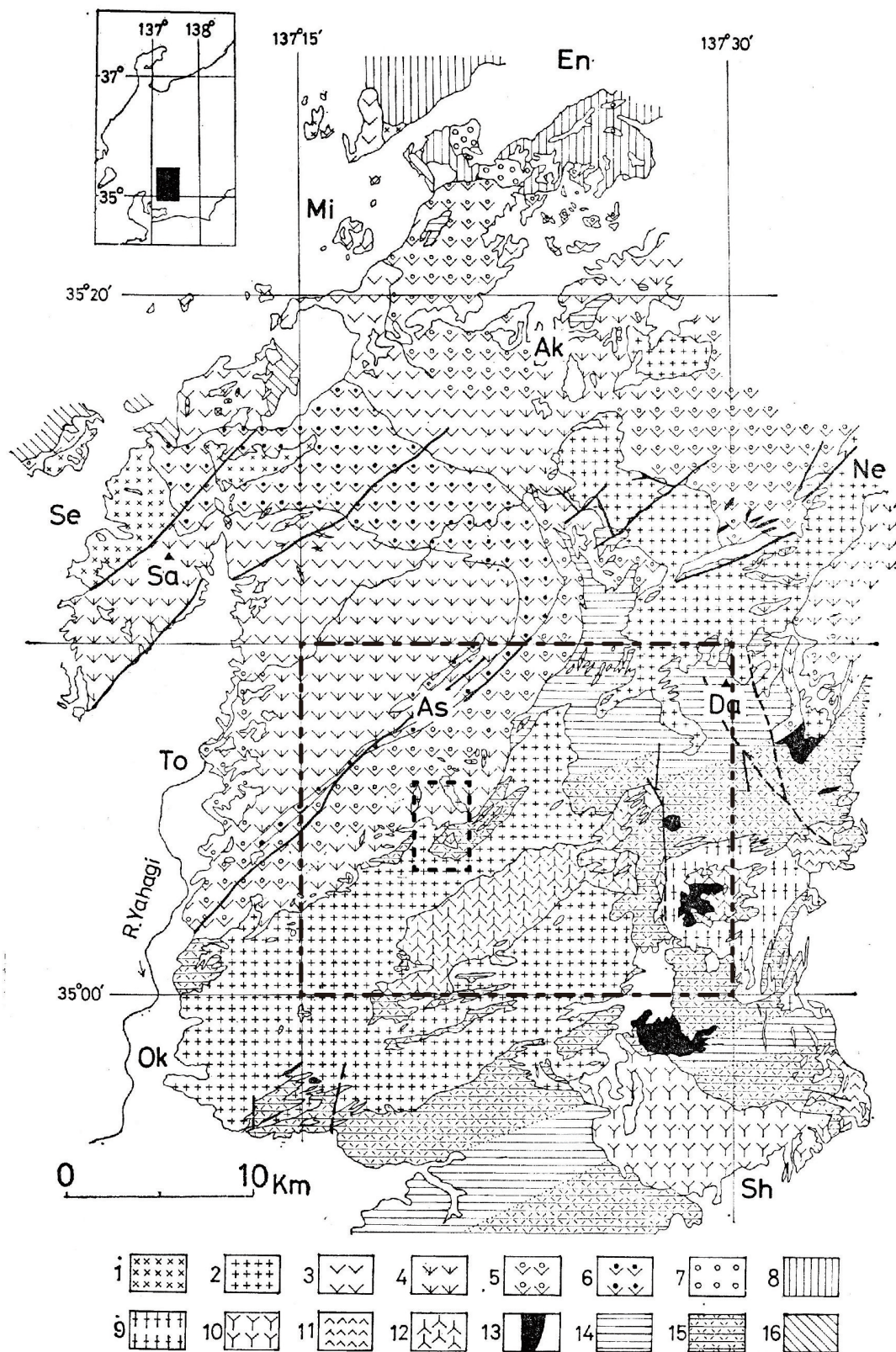


図 2. 三河山地に分布する領家変成岩および領家花崗岩の地質図 (Nakai, 1976 の Fig. 1 を転載)。一点鎖線の範囲は足助地域を示す。点線の範囲は筆者らの地質調査地 (足助地区南方の巴川流域) を示す。1 = 苗木-土岐花崗岩, 2 = 武節花崗岩, 3 = 伊奈川花崗閃緑岩 (タイプ IV), 4 = 伊奈川花崗閃緑岩 (タイプ III), 5 = 伊奈川花崗閃緑岩 (タイプ II), 6 = 伊奈川花崗閃緑岩 (タイプ I), 7 = 花崗斑岩, 8 = 濃飛流紋岩, 9 = 三都橋花崗閃緑岩, 10 = 新城トータル岩, 11 = 清崎花崗閃緑岩, 12 = 神原トータル岩, 13 = 苦鉄質岩, 14 = 領家変成岩 (堇青石帯), 15 = 領家変成岩 (珪線石帯), 16 = 美濃帯堆積岩。Ak = 明智, As = 足助, Da = 段戸山, En = 恵那, Mi = 瑞浪, Ne = 根羽, Ok = 岡崎, Sa = 猿投山, Se = 瀬戸, Sh = 新城, To = 豊田。

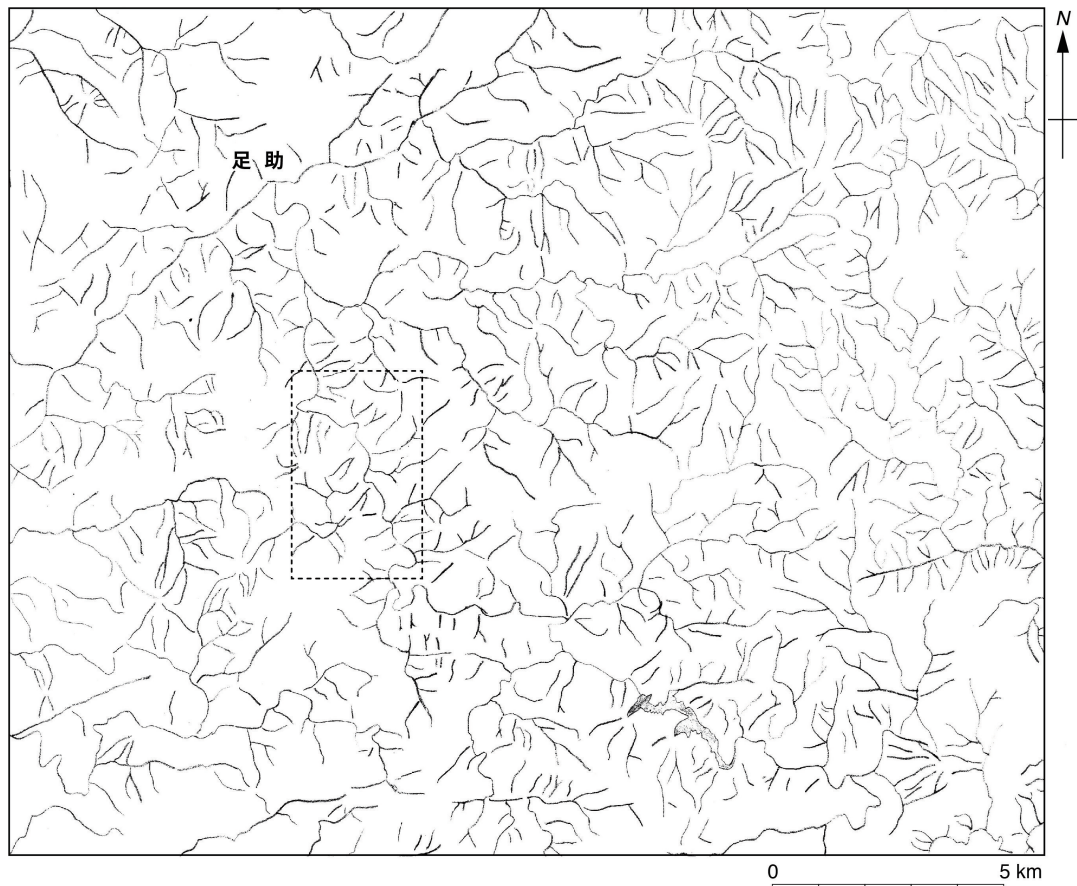


図 3. 5 万分の 1 地形図から作成した足助地域の水系図。点線の範囲は筆者らの地質調査地（足助地区南方の巴川流域）を示す。

岩，アダメロ岩からなり，暗色含有岩を比較的多く含む。タイプ II は粗粒斑状角閃石黒雲母花崗閃緑岩およびアダメロ岩からなる。タイプ III は粗粒角閃石黒雲母花崗閃緑岩およびアダメロ岩からなる。タイプ IV は粗粒角閃石含有黒雲母アダメロ岩からなる。貫入関係は古いほうから新しいほうに向かってタイプ I → II → III → IV の順である (Nakai, 1974, 1976)。武節花崗岩も三河山地中部に広く分布し，主な岩相は細粒～中粒の白雲母黒雲母アダメロ岩および花崗閃緑岩である。

図 2 に見られるように，足助地域の変成岩と花崗岩は NE-SW 方向に同一岩相が分布する傾向を示す。変成岩の片理面と花崗岩の片状構造も同様の走向が卓越する (Nakai, 1974; 山崎・尾崎, 2012)。変成岩は片理面と源岩の層理面がほぼ平行である (山崎・尾崎, 2012)。断層も同様に NE-SW ないし ENE-WSW 走向を示すも

のが多い (仲井, 1970; 山崎・尾崎, 2012)。地域北部にはシュードタキライトを伴う足助剪断帯があり (金折ほか, 1991; 酒巻ほか, 2006)，これも同様の走向である。足助剪断帯とほぼ同じ走向の足助断層 (實在断層) や桑田和断層 (推定断層) という断層も確認または推定されている (山崎・尾崎, 2012)。足助南方の神原トンネル岩近傍の武節花崗岩中にも NE-SW 方向に伸長する延性剪断帯が発達している (伊藤・三宅, 2011)。すなわち，地質図に表記可能な規模を有する地質要素の主要トレンドは NE-SW ないし ENE-WSW である。なお，三河山地の花崗岩と変成岩の変形作用については竹内・三宅 (2010)，吉川・三宅 (2010)，伊藤・三宅 (2011) が詳しく検討している。

足助地域では，愛知県土地分類基本調査 (愛知県, 1980) において岡田篤正が地形を調査している。それによると，リニアメントの延長は

概して 10 km 以下であり、NE-SW 方向が多く、次いで NW-SE, E-W 方向の順に発達するという。岡田はこれらのリニアメントの大部分を、古い断層に沿って岩石が選択的に侵食されてできた断層線谷と推定している。

3. 調査方法

足助地域に発達するリニアメントの特徴を明らかにするために、レリーフマップ、空中写真、水系図を用いたリニアメントの判読とその方向の測定を行った。レリーフマップはコンピューター地図ソフト「カシミール 3D」を用いて 10 m メッシュの高密度標高データから作成し、解析は縮尺 20 万分の 1 の地図上で行った。抽出したリニアメントは、地域内に系統的に発達するもののうち 2 km 以上の長さを持ち、直線性のよい谷地形である。空中写真判読は縮尺 4 万分の 1 の写真上で行い、リニアメントが多く認められる地域西側では縮尺 2 万分の 1 の写真も用いた。簡易実体鏡を使って立体視し、直線状または緩やかな曲線状に発達する谷地形を抽出した。その際、リニアメントを境にした河川の水平変位や標高差といった変動地形は考慮しなかった。水系図は 5 万分の 1 地形図「足助」から手書きにより作成した (図 3)。水系図では直線状の谷を長さ 1 km 以上と 1 km 未満に分けて方向を調べた。

室内でのリニアメント判読・測定結果に基づき、地質調査地を足助地区南方の巴川流域に設定した。地質調査では露頭観察によって断層の有無を調査した。また、系統的に発達しているように見える節理のうち、露頭面上で 2 m 以上延びるものの走向・傾斜を測定した。変成岩の片理面、花崗岩の片状構造の走向・傾斜も測定した。

4. 結果

レリーフマップ、空中写真、水系図から抽出したリニアメントのローズダイアグラムを図 4 に示す。レリーフマップから抽出したリニアメ

ントは 66 本で、NE-SW ないし ENE-WSW 方向に卓越し、NNW-SSE 方向にもやや多い。長さは 2~7 km のものが多い。空中写真から抽出した 127 本のリニアメントは最大卓越方向が NE-SW で、N-S 方向もやや多い。長さは 1~4 km 程度のものが多い。レリーフマップ、空中写真とともに、リニアメントを境にした河川の水平変位や標高の違いなど、活断層を示唆する地形は確認されなかった。水系図から抽出した長さ 1 km 以上の直線状の谷は 115 本で、NW-SE の卓越方向を示す。長さ 1 km 未満の谷は 815 本で、これらは全方向に発達するが特に N-S 方向に卓越する。

足助地区南方の巴川流域 (地質調査地) には、北部に伊奈川花崗閃緑岩が分布し、南部には武節花崗岩と変成岩が複雑に入り混じるように分布している (図 5)。露頭条件が良かったため入念に観察したが、規模の大きな破碎帯や断層は確認されなかった。

節理は数多く発達し、それらは系統的な方向性を示した (図 5)。測定した節理は総数 877 条である。調査地を巴川に沿って 5 つの区域に分けて節理を測定し、区域ごとに節理面を等積投影図とローズダイアグラムに示した。区域ごとに方向の特徴が異なるが、大きく見れば NW-SE や E-W の系統が発達している。節理面の傾斜は 70° 以上が多い。

花崗岩の片状構造と変成岩の片理面も測定し、それらを等積投影図に示した (図 6)。花崗岩の片状構造は全方向に認められたが、強いて言えば E-W あるいはそれに近い方向が多い。変成岩の片理面は NE-SW ないし ENE-WSW 方向に卓越している。

5. 考察

足助地域のレリーフマップ、空中写真、水系図のそれぞれから抽出したリニアメントの卓越方向 (図 4) をまとめると次のようになる: (1) NE-SW ないし ENE-WSW 方向に発達するリニアメントはレリーフマップと空中写真で確認

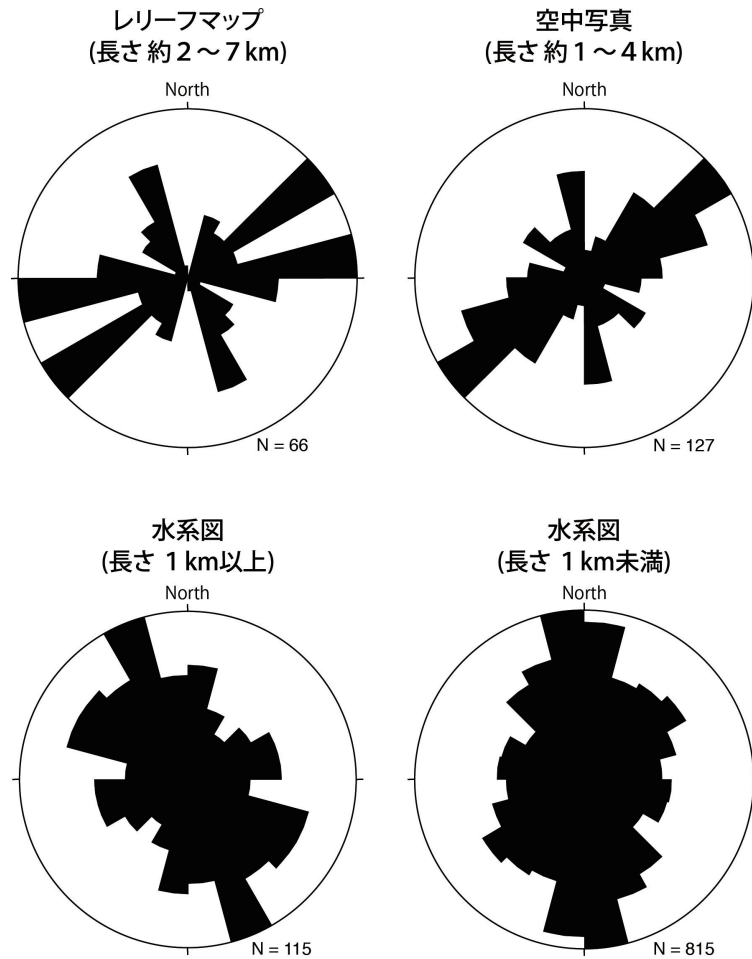


図 4. 足助地域のレリーフマップ，空中写真，水系図から抽出したリニアメントのローズダイアグラム。

された，(2) NNW-SSE ないし NW-SE 方向に発達するリニアメントは水系図（長さ 1 km 以上）で確認された，(3) N-S 方向に発達するリニアメントは水系図（長さ 1 km 未満）で確認された。

このように足助地域のリニアメントには大きく 3 系統あるようだが，それぞれの長さには差がある。NE-SW ないし ENE-WSW 方向は 1 km 以上のものが多く，数 km に達するものもある。NNW-SSE ないし NW-SE 方向も 1 km 以上の連続性を持つ。同様の方向はレリーフマップの比較的長いリニアメントとしても認められた。それに対して，N-S 方向は水系図で認められた長さ 1 km 未満の谷である。

本論のはじめに述べたように，一般にリニアメントの成因には断層や節理といった断層系，岩

相境界，岩石構造などが考えられる。今回の調査で認められたリニアメントの成因を明らかにするには，これらの地質要素について考察を加える必要がある。

リニアメントは断層に沿って発達することが多く，中央構造線沿いに発達するもののように数 10 km 以上もの長さに達する（ランドサット画像でも容易にわかる）こともある。それでは今回認められたリニアメントも断層に沿うものだろうか？ 森山（1987）は三河山地北部において空中写真判読によって活断層の存在を推定し，野外で破碎帯や断層面を確認するという調査を行った。森山（1987）は更新世の土岐砂礫層堆積後に断層が活動したことを根拠に，これらの断層を活断層と判断した。活断層研究会編（1991）も同様に活断層を記載している。これは主に空

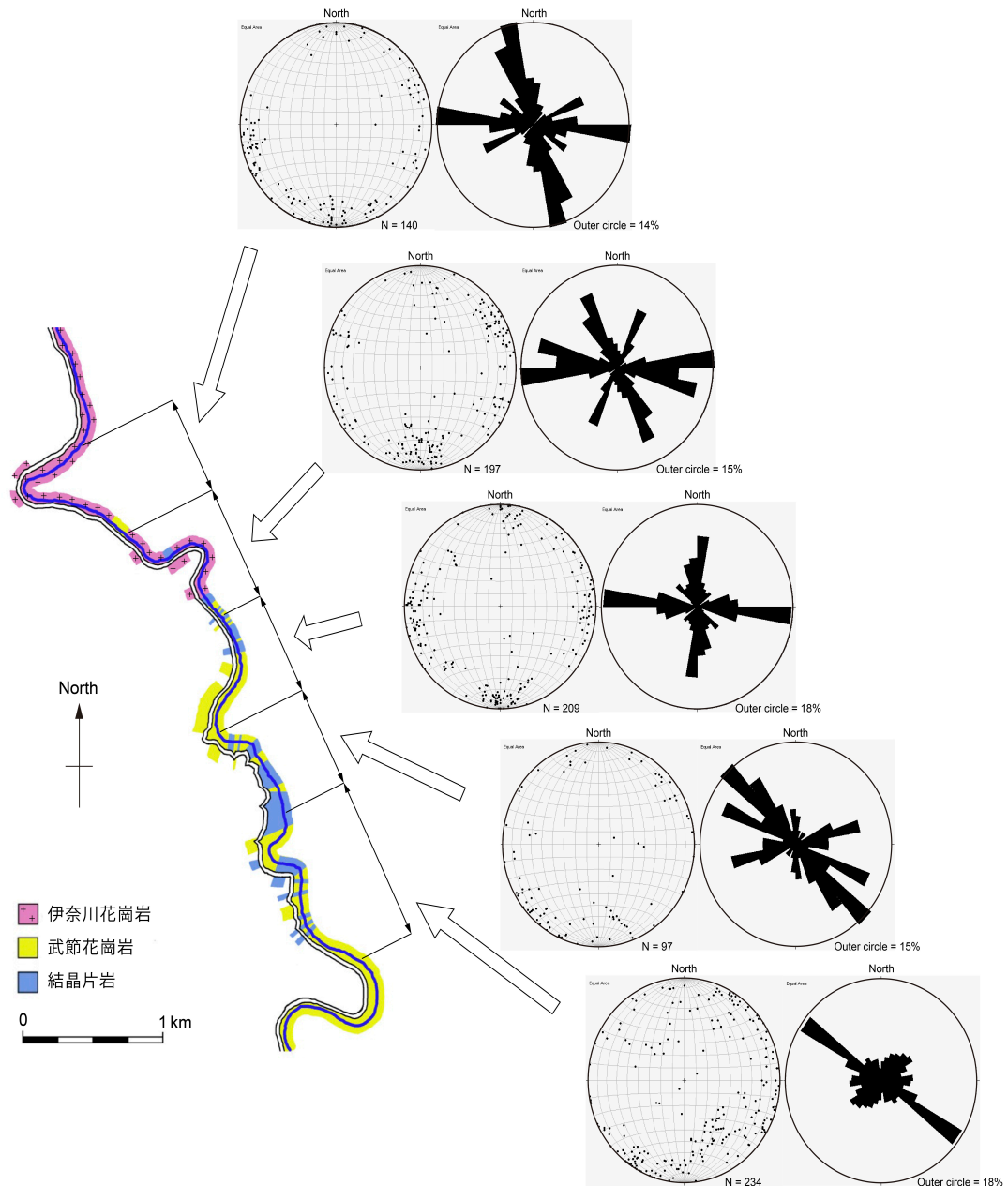


図 5. 足助地区南方の巴川流域における地質調査地の地質ルートマップと節理測定データ。調査地を 5 区域に分け、各区域の節理の極を等積投影図（下半球）に、走向をローズダイアグラムに示した。

中写真判読から推定されたもので、その多くが「活断層と推定される断層」もしくは「活断層の可能性のある断層」である。つまり、三河山地の特に北部には複数の活断層が推定されている。しかし、足助地域では活断層を示唆する変動地形を伴うリニアメントは認められなかった。地質調査地（足助地区南方の巴川流域）でも、上記のように断層や破碎帯が確認されなかった。ただし露欠により岩石の変位や断層破碎帯を確認

できなかった可能性を排除できない。山崎・尾崎（2012）は筆者の地質調査地を通る NE-SW 方向の断層を推定し、^{ほうろくやま} 炮烙山断層と命名した。山崎・尾崎（2012）によると、炮烙山断層沿いの神原トーナル岩は剪断変形を受けており、この断層の延長上にある武節花崗岩にも剪断変形が認められるという。これらの事実を考慮すると、足助地域に発達するリニアメントは古い断層に沿って生じているもの（愛知県, 1980）もある

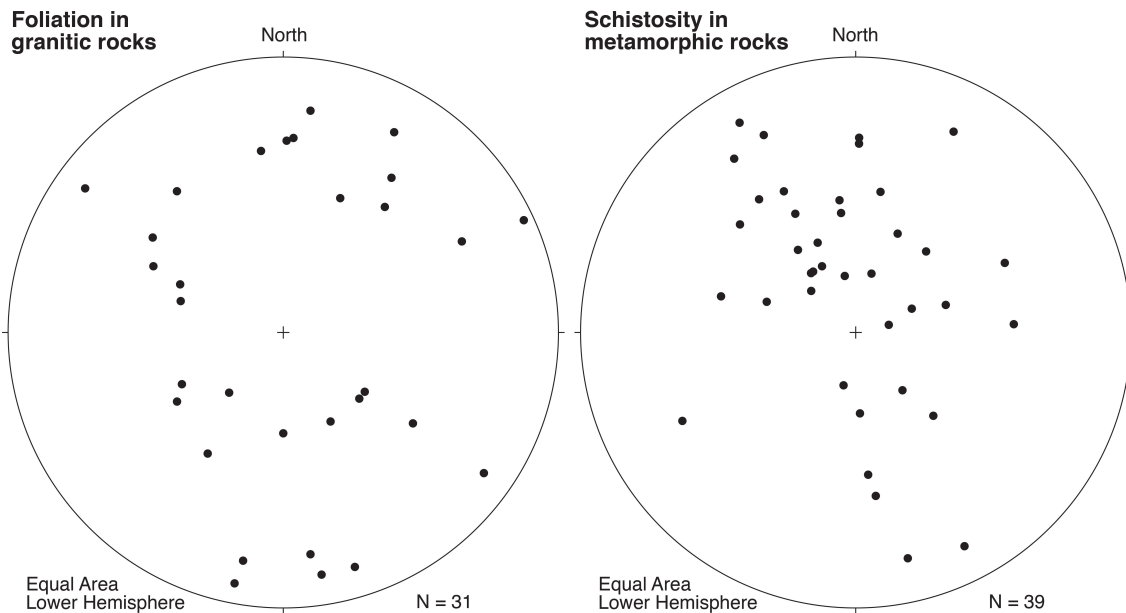


図 6. 地質調査地で測定した花崗岩の片状構造と変成岩の片理面（極の下半球等積投影）。

が、断層以外の地質構造に沿って生じているものもあると考えられる。

リニアメントの発達方向ごとにその成因を考察してみる。まず NE-SW ないし ENE-WSW 方向のリニアメントだが、地質調査地でこの方向の節理の卓越が認められなかったため、節理が主な原因ではないと考えられる。一方、変成岩の片理面は NE-SW が多かった（図 6）。足助地域全体を見ても、花崗岩の片状構造や変成岩の片理は NE-SW や ENE-WSW の走向が卓越し、岩相分布にも同様の強い方向性がある（図 2）。よって、この方向のリニアメントは炮烙山断層（上記）のような断層に沿って生じているものに加え、岩相境界や片状構造・片理などの岩石構造を反映したものも多いと考えられる。

NNW-SSE ないし NW-SE 方向はどうだろうか？ 上記の考察を踏まえると、岩相境界や片状構造・片理などの岩石構造は主な原因ではないと考えられるが、足助地区南方の巴川流域では花崗岩の岩相境界がやや複雑で、局所的に岩相境界が NNW-SSE ないし NW-SE 方向になっているところもあるという（三宅、私信）。節理に注目すると、地質調査地では大きく見れば NW-SE や E-W の系統が発達しており（図 5）、

NNW-SSE ないし NW-SE 方向のリニアメントの主要な原因になっている可能性がある。ただし地質調査地では 5 つの区域で節理の卓越方向がよく揃っているわけではないことに注意する必要がある。矢作川沿いでは NE-SW, NW-SE, 水平という 3 系統が卓越しているが（星・服部, 1999）、今回の地質調査地では NE-SW 系統は多くなかった。つまり、三河山地の節理系の方向は地域差が大きい可能性がある。それでも今回の地質調査地と矢作川沿いの両方で NW-SE の節理卓越方向が共通して認められたことは注目に値する。NNW-SSE ないし NW-SE 方向のリニアメントは、岩相境界や岩石構造の影響を受けている可能性も否定できないが、主に節理の卓越方向を反映している可能性が高いと筆者らは考える。

最後に N-S 方向のリニアメントについて考える。上記の考察から、断裂系（断層と節理）、岩相分布、岩石組織のいずれもこの方向のリニアメントと一致するとは言えず、この方向のリニアメントの成因は現時点ではよくわからない。ここで、この方向のリニアメントは主に連続性があまりよくない（短い）谷地形であることに注意する必要がある。井上ほか（1992）はリニ

アメントの長さとその成因の関係について検討し、長いリニアメントが断層系と一致することが多く、短いものほど成因が判然としないことを指摘している。

6. 結論

足助地域には、(1) NE-SW ないし ENE-WSW 方向、(2) NNW-SSE ないし NW-SE 方向、(3) N-S 方向という大きく 3 系統のリニアメントが発達している。前二者は 1 km 以上の連続性を持つリニアメントを含むが、N-S 方向のものは主に 1 km 未満の谷である。NE-SW ないし ENE-WSW 方向のものは断層や岩相境界、岩石構造 (片状構造・片理など) を反映したものと考えられる。NNW-SSE ないし NW-SE 方向のものは主に節理の卓越方向を反映している可能性が高い。N-S 方向のものは成因が不明で、今後さらに研究が必要である。

7. 謝辞

三宅 明愛知教育大学教授には足助地域の花崗岩と変成岩について種々ご教示を賜った。また粗稿を読んでいただき、多くの有益なご助言をいただいた。仲井 豊愛知教育大学名誉教授には Nakai (1976) の Fig. 1 の転載を許可していただいた。両氏に感謝いたします。

8. 文献

- 愛知県, 1980, 愛知県土地分類基本調査「足助」. 愛知県企画部土地利用調整課, 88p.
- 星 博幸・服部真由子, 1999, 愛知県北東部の領家花崗岩類に対する節理解析. 愛教大研報 (自然科学), **48**, 63-71.
- 井上大榮・水落幸広・桜田裕之, 1992, リニアメントの断層系としての特性とその評価. 応用地質, **33**, 147-156.
- 伊藤友規・三宅 明, 2011, 愛知県豊田市旧下山村に分布する武節花崗岩の変形作用. 名古屋地学, no. 73, 19-26.
- 金折裕司・川上紳一・大谷小百合, 1991, 愛知県東加茂郡足助町周辺に分布する伊奈川花崗岩に認められる変形構造とその意味. 地質雑, **97**, 311-314.
- 活断層研究会編, 1991, 新編日本の活断層—分布図と資料. 東大出版会, 437p.
- 森山昭雄, 1987, 木曾川・矢作川流域の地形と地殻変動. 地理評 (Ser. A), **60**, 67-92.
- 仲井 豊, 1970, 愛知県三河地方の花崗岩類. 地球科学, **24**, 139-145.
- Nakai, Y., 1974, Compositional variations of the Inagawa granitic rocks in the Asuke area, Aichi prefecture, central Japan. *J. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol.*, **69**, 215-224.
- Nakai, Y., 1976, Petrographical and petrochemical studies of the Ryoke granites in the Mikawa-Tono district, central Japan. *Bull. Aichi Univ. Education (Nat. Sci.)*, **25**, 97-112.
- Nakai, Y. and Suzuki, K., 1996, CHIME monazite ages of the Kamihara Tonalite and the Tenryukyo Granodiorite in the eastern Ryoke belt of central Japan. *J. Geol. Soc. Japan*, **102**, 431-439.
- 領家研究グループ, 1972, 中部地方領家帯の花崗岩類の相互関係. 地球科学, **26**, 205-216.
- 酒巻秀彰・島田耕史・高木秀雄, 2006, シュードタキライトの選択的生成場: 足助剪断帯の例. 地質雑, **112**, 519-530.
- 佐藤 久・町田 洋, 1990, 地形学. 総観地理学講座 6, 朝倉書店, 279p.
- Suzuki, K. and Adachi, M., 1998, Denudation history of the high *T/P* Ryoke metamorphic belt, southwest Japan: constraints from CHIME monazite ages of gneisses and granitoids. *J. Metamorphic Geol.*, **16**, 23-37.
- 竹内圭佑・三宅 明, 2010, 領家変成岩から見た豊田市北東部における地質屈曲構造の成因. 名古屋地学, no. 72, 15-20.

山崎 徹・尾崎正紀, 2012, 足助地域の地質. 地域地質研究報告 5 万分の 1 地質図幅, 産総研地質調査総合センター, 76p.

吉川晴教・三宅 明, 2010, 豊田市北東部における伊奈川花崗岩の変形作用. 名古屋地学, no. 72, 21-28.