

# 甲府花崗岩体・昇仙峡花崗岩中の節理及び雁行状節理の形態解析—節理はどちらから割れていったか？—

藤井幸泰

深田地質研究所

The direction of joint propagation in the Syosenkyo Granite, Kofu area.

FUJII Yukiyasu

Fukada Geological Institute

要旨：昇仙峡地域と黒平地域に分布する花崗岩中の節理の方位，及び節理の割れていった方向を測定し，統計的解析を行った。昇仙峡地域にはNE走向高角傾斜とNW走向高角傾斜の節理が卓越し，NE走向は北東から南西，NW走向は上から下へ割れていったものが多い。これらは岩体の周辺部から中心部の方向であり，冷却の方向と一致する。

黒平地域にも3方位のほぼ直交する節理が卓越しているが，これらの割れていった方向に卓越性はみられなかった。

## はじめに

花崗岩体中の割れ目といえば，断層や節理が挙げられる。肉眼で見て変位があれば断層で，無ければ節理である（佐藤，1998）。

花崗岩中の節理の研究は，古応力場の復元などを目的に古くから行われ，その成因も含めて以下のような報告がなされている。平野（1971）は六甲山地の節理系の形態や出現頻度分布から，封圧下における広域応力場との関係を論じている。横田（1974）は湖南アルプスの節理系を扱い，冷却時の熱収縮による板状割れ目と，広域応力場による共役剪断節理の存在を報告している。茂野（1980）は沖の島の節理系の形態から，花崗岩体の隆起・削剥による応力解放に伴って節理が生じた（Price，1959）と考えた。上記の研究は，節理面の方位性を解析する手法が主体であり，その成因に関して決定的な証拠を挙げているとはいえない。

最近の研究としては，藤井（2000）が節理を野外・鏡下の両視点から観察し，節理面の方位性と充填鉱物，さらには変形構造の記載なども加えて節理の成因解明を試みている。いずれにしても節

理の方位性だけでなく，さらに多くの情報を節理から抽出することが，節理の成因解明に欠かせないことは言うまでもない。

この研究では節理面の方位性だけでなく，節理面上の形態にも注目し，フラクトグラフィ（破面の形態から，破壊の形態や機構を解析する学問；詳細はKathleen and others, 1987やHull, 1999を参照）を用いて節理の解析を行う。

## 地質概要

図1に昇仙峡付近の地質図を示す。昇仙峡花崗岩は昇仙峡と黒平の2地域に分布する甲府花崗岩体的一种で，中新世中期に四万十層群に貫入し，鮮新世から更新世の火山岩類に覆われている。また一部に同期の火山岩の貫入を受けている（三村ほか，1984）。花崗岩中の黒雲母によるK-Ar年代は13.0Maである（柴田ほか，1984）。

昇仙峡花崗岩の岩質は黒雲母の目立つ粗粒・優白色の岩石で，狭義の花崗岩である（三村ほか，1984）。また流理構造と暗色包有物は黒平地域の四万十層群との境界部にみられるが，その他の地域ではほとんどみられない。昇仙峡地域には登竜岩岩脈といわれる鮮新世の安山岩岩脈が存在

甲府花崗岩の節理解析

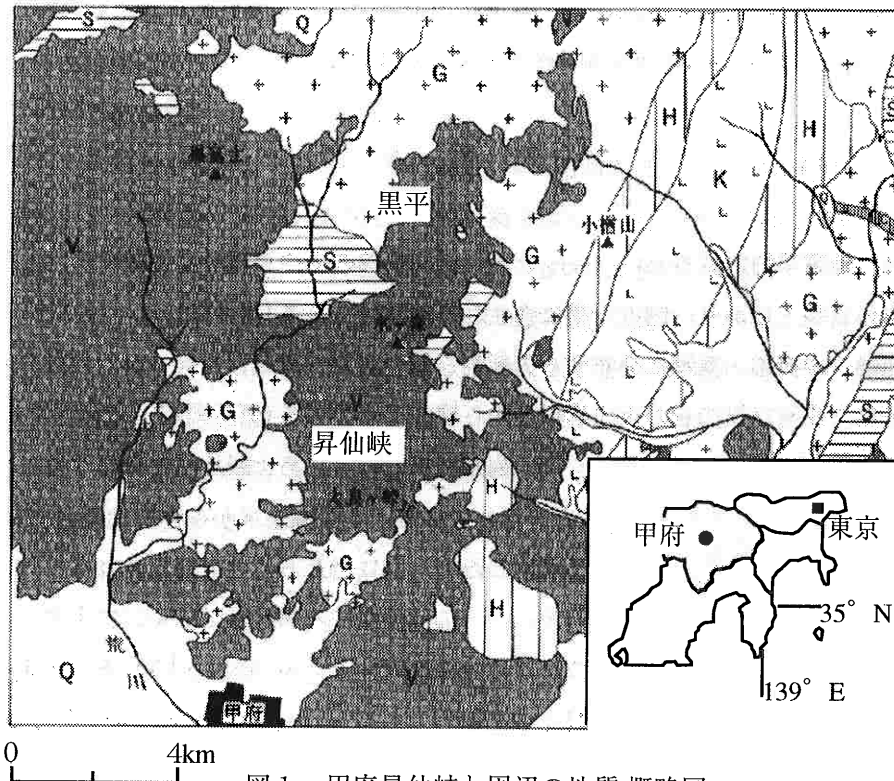


図1 甲府昇仙峡と周辺の地質 概略図

S: 四万十累層群 G: 甲府花崗岩体 C: 川浦複合岩体 H: 小檜山火山岩  
K: 小鳥花崗閃緑岩 V: その他の火山岩類 Q: 第四紀層 (三村他, 1984)

し、幅数十m、N20~30° Wの走向ではほぼ鉛直の傾斜を持っている。花崗岩との境界はシャープで、肉眼の観察では花崗岩側に変成や変形を受けた跡はみられない。

昇仙峡地域やその周辺には地質図に記されるような大きな断層および活断層は存在しない (三村ほか, 1984; 清水ほか, 1991)。

節理面上の構造と雁行状節理とフラクトグラフィ

図2に昇仙峡花崗岩中の節理面上にみられた構造のスケッチを、図3にそれぞれの構造の写真を示す。A-a型は節理面上に階段状構造ができているもの、A-b型は階段状構造で節理が終

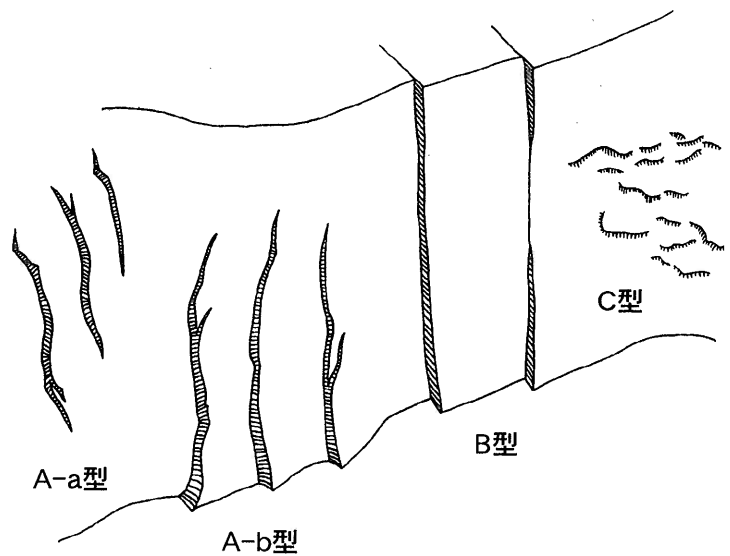


図2 花崗岩の節理面上の構造のスケッチ

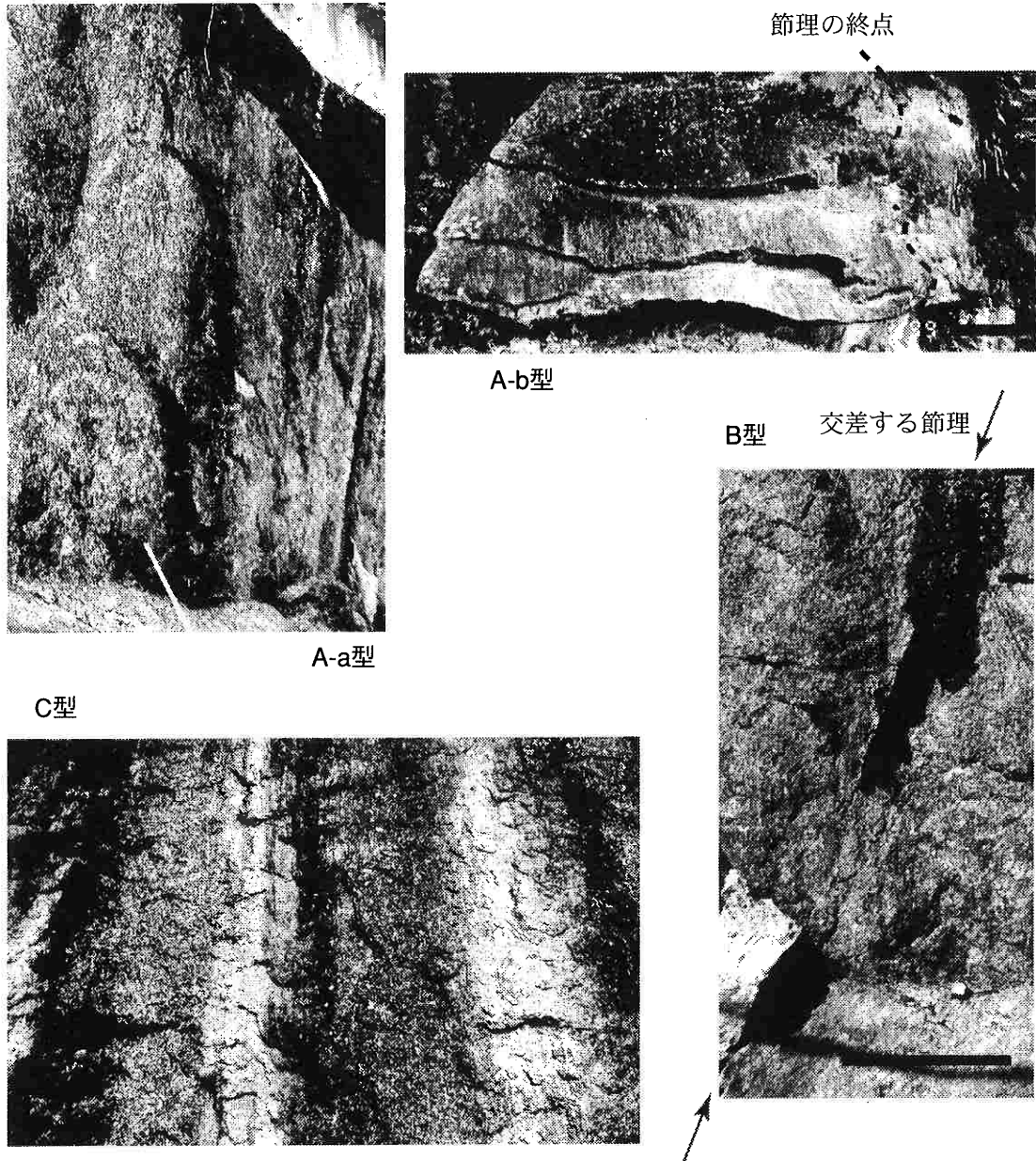


図3 花崗岩の節理面上の構造の写真

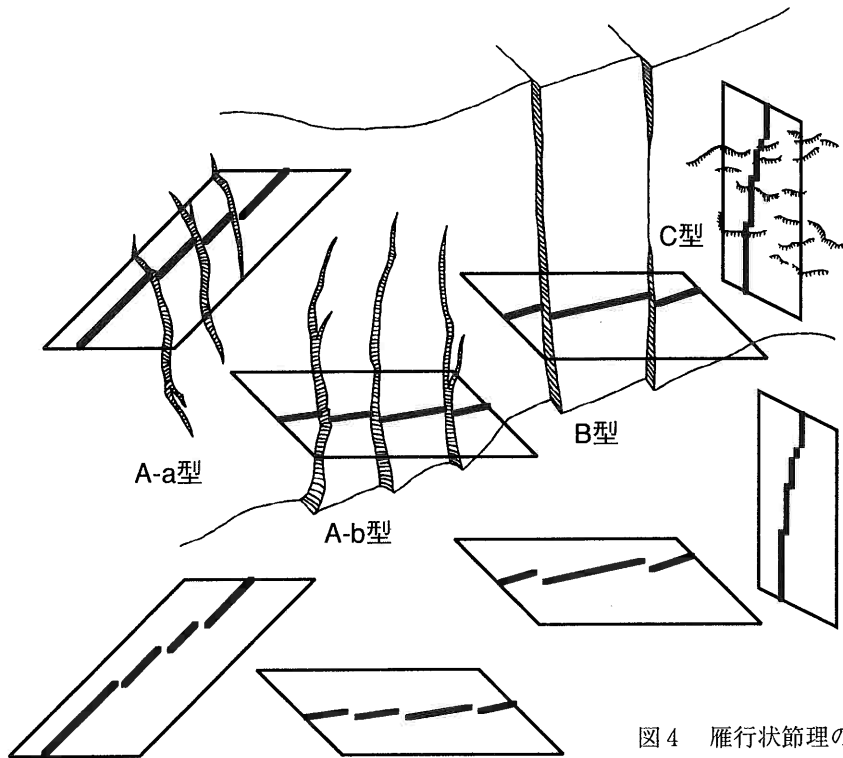


図4 雁行状節理のトレース

わっているもの（図中下部が節理の終点），B型は交差する割れ目で階段状構造ができていもの，C型は階段状構造の集まりが鱗状になっているものである。

図2のA～Cの構造を節理面に垂直な断面で観察すると，その節理のトレースは雁行状節理として観察できる（図4）。

Pollardほか（1982）はこのような雁行状の形態から，節理が割れてきた方向がわかることを報告している（図5参照）。

ところで材料工学・破壊力学の分野に，フラクトグラフィと呼ばれる，破面（割れ目面）の観察による破壊の化石的観察あるいは法医学的な解析を行う手法がある。図6に材料破面の例を挙げる。このような構造は花崗岩中の節理面状の構造と同様なものであり，節理面の構造から節理が割れてきた方向がわかる。

図2のスケッチに節理が割れてきた方位や方向を矢印で記入して図7に示す。実際に方向がわかるのはA-bの構造だけであり，その他の構造は割れてきた方位しかわからない。

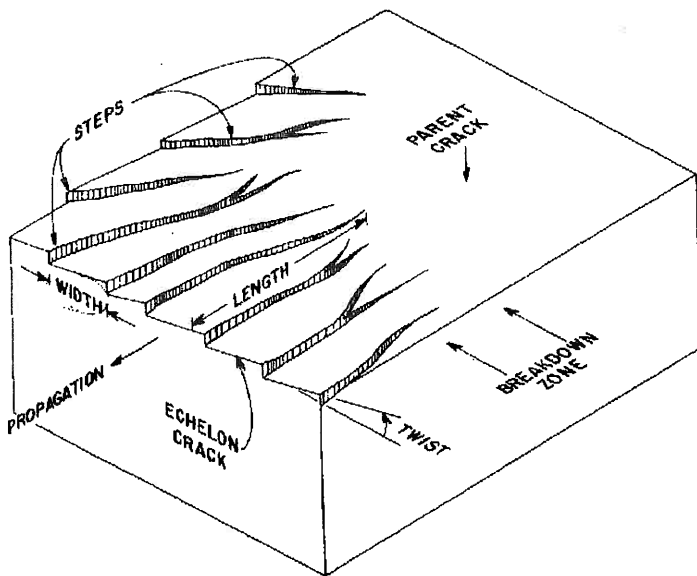
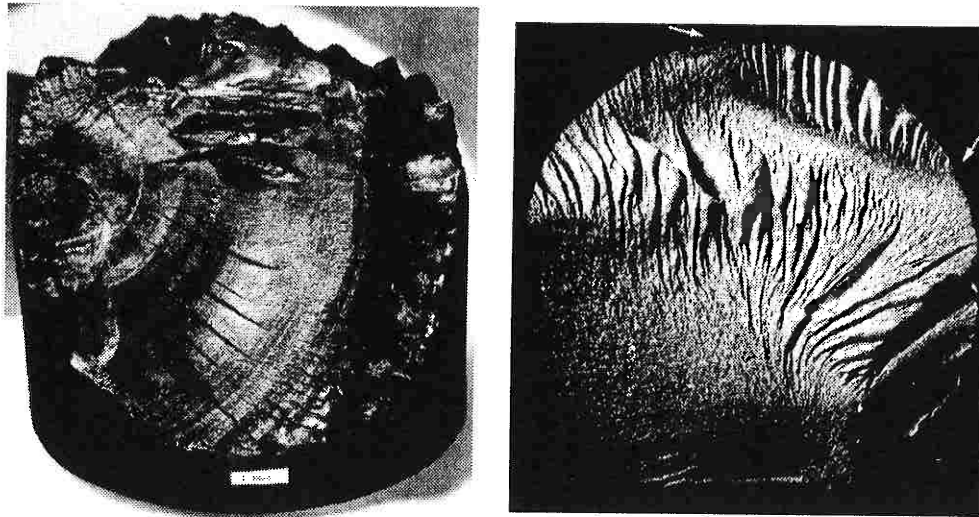


図5 割れ目の発達と雁行状割れ目（Pollard ほか，1982）



割れ目は左から右へ発達

割れ目は下の切欠から上方へ発達

図6 材料破面の例 (Kathleen and others, 1987)

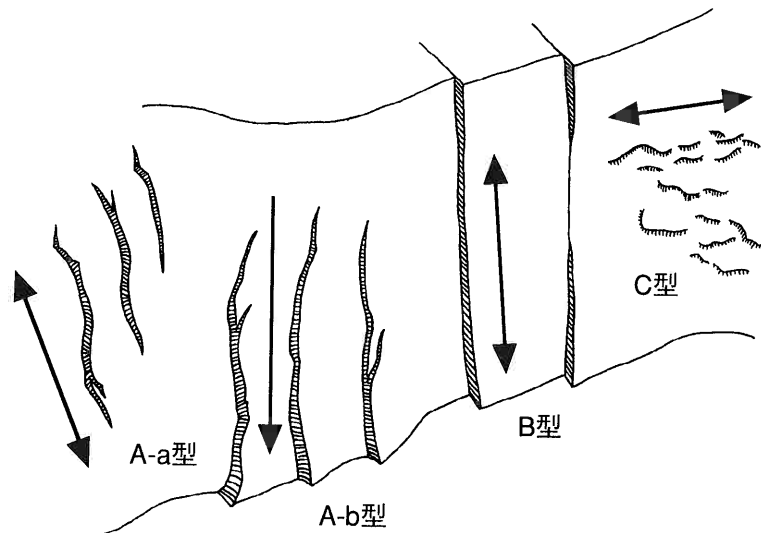


図7 それぞれの節理面における節理の割れていった方位

野外において節理の走向傾斜と、図7に示した節理の割れてきた方位や方向を測定した。

### 結果

測定は昇仙峡地域と黒平地域で行った。

節理面の方位（節理面の極）を下半球等面積投影法でコンターマップにまとめたものを図8に示す。

昇仙峡地域は、NW走向高角傾斜の節理と、そ

れにほぼ直交するNE走向高角傾斜の節理が卓越している。

黒平地域はWNW走向高角傾斜の節理と、それにほぼ直交する水平な節理が卓越し、それら2方位に高角度に交差するNS走向高角傾斜の節理も存在する。

昇仙峡地域と黒平地域の節理の卓越方位は異なっている。しかしどちらの地域もほぼ直交する2～3方向の節理の卓越がみられる点で一致す

甲府花崗岩の節理解析

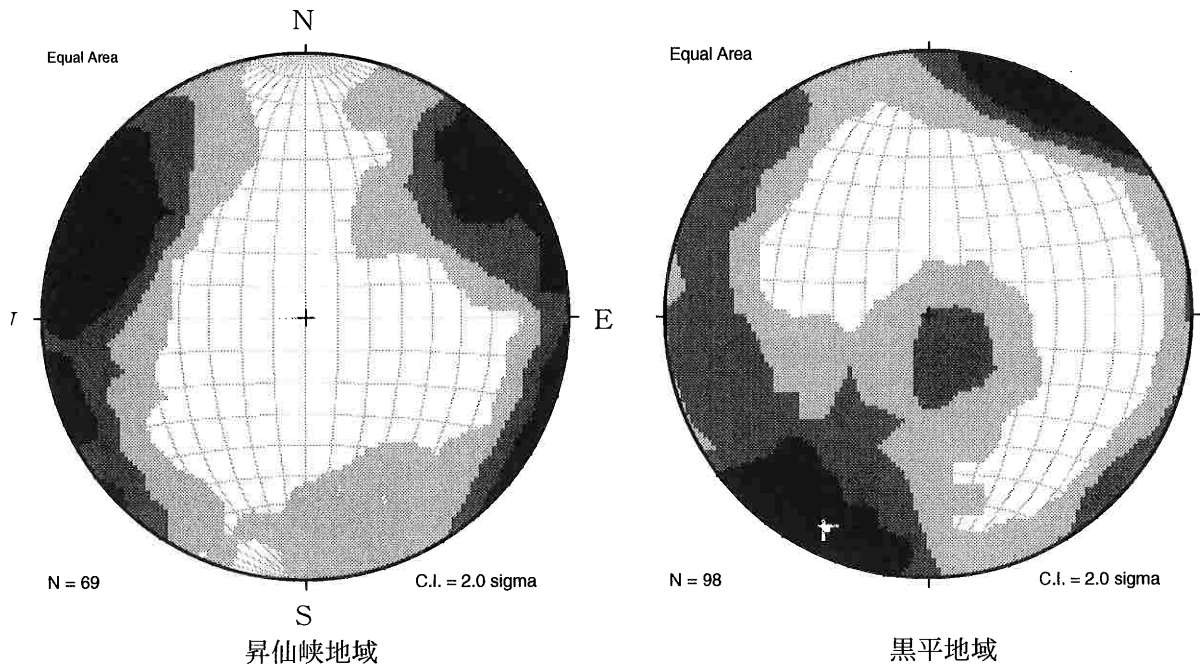


図8 昇仙峡，黒平地域における節理の方位．下半球等面積投影法．Nはデータの数．コンターダイアグラムの間隔は2%，1%区域法で作成してある．

る．

昇仙峡地域の節理の割れていった方向を，NW走向高角傾斜とNE走向高角傾斜に分けて図9に示す．aとdは節理の割れていった方向を示し，黒丸は等面積下半球投影，白丸は上半球投影しており，大きな黒丸は下向きを，大きな白丸は上向きを示し，小さな黒丸は方向のわからない方位だけを示す．bとeは白丸も下半球投影に変更し，これらの線構造に最もよくあう大円（すなわち節理の選択方位）を示している．cはbの大円を南西からみており，NW走向節理を南西から見た状態で，節理の割れていった方向を矢印で示している（aの大きな黒丸と白丸）．細い線は割れていった方位を示す（aの小さな黒丸）．これらの矢印などから，NW走向高角傾斜の節理は主に上から下へ割れていったことがわかる（最も太い矢印）．同様にfはeの大円を南東からみており，NE走向高角傾斜の節理は主に北東から南西へ割れていったことがわかる．

黒平地域の節理の割れていった方位を，WNW

走向高角傾斜とNS走向高角傾斜と水平な節理に分けて図10に示す．aとdとgは節理の割れていった方向を示し，黒丸は等面積下半球投影，白丸は上半球投影しており，大きな黒丸は下向きを，大きな白丸は上向きを示し，小さな黒丸は方向のわからない方位だけを示す．bとeは白丸も下半球投影に変更し，これらの線構造に最もよくあう大円（すなわち節理の選択方位）を示している．cはbの大円を南からみており，WNW走向節理を南から見た状態で，節理の割れていった方向を矢印で示している（aの大きな黒丸と白丸）．細い線は割れていった方位を示す（aの小さな黒丸）．同様にfはeの大円を東からみたものである．WNW走向，NS走向高角傾斜ともに，割れていった方位はバラバラである．なお，水平な節理については割れていった方位のデータが少ないため，gの投影を示すのみにとどめた．

考察

昇仙峡地域の節理の割れていった方向はよく

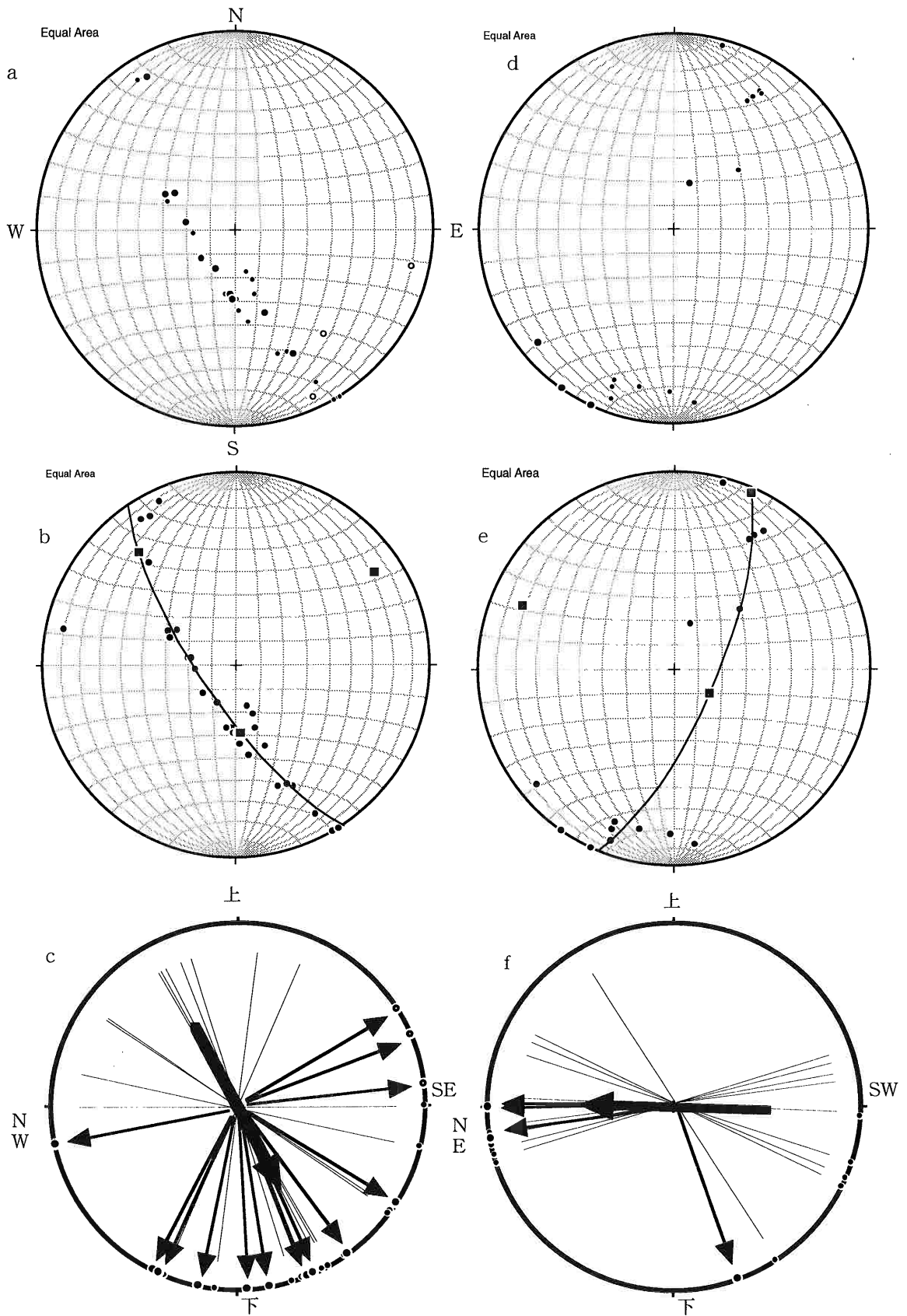


図9 昇仙峡における節理の割れていった方位。(記号の意味は本文参照)

甲府花崗岩の節理解析

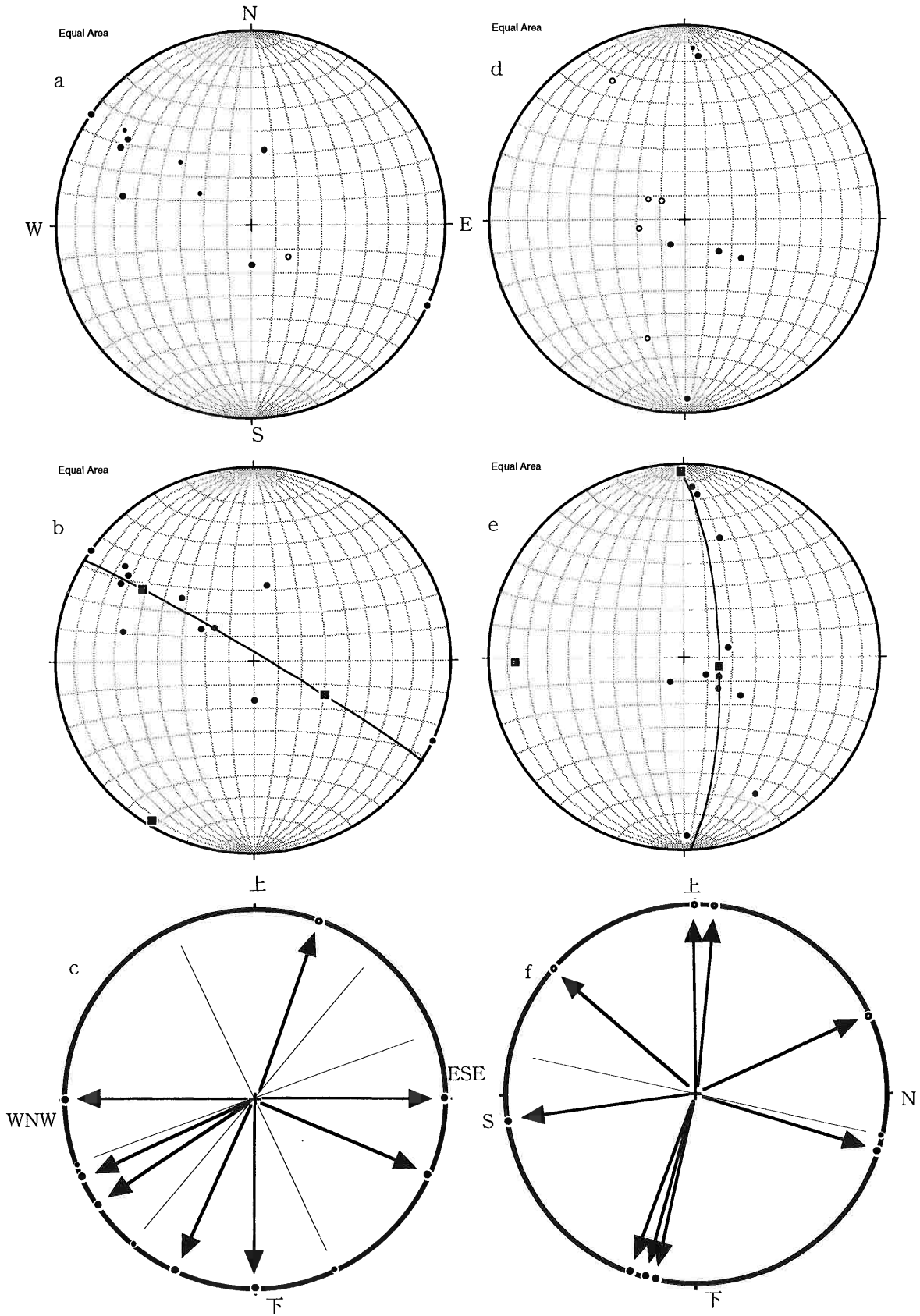


図10 黒平における節理の割れていった方位。(記号の意味は本文参照)



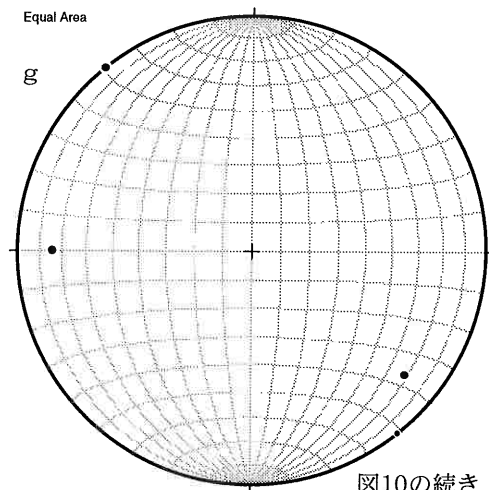


図10の続き

集中しており、NE走向高角傾斜の節理は北東から南西へ割れていき、NW走向高角傾斜の節理は上から下へ割れていった。

ところで昇仙峡地域のすぐ北東には、四万十累層との境界が存在する（図1）。よってNE走向高角傾斜の節理は、昇仙峡花崗岩と四万十累層との境界部から割れてきたといえる。花崗岩に限

らず、火成岩体はその周辺部から冷却していくと考えるのが普通であるから、NE走向の節理は冷却に関係した割れ目と考えることができる。

昇仙峡は花崗岩が荒川によって深く削り込まれた観光地として有名なところで、その標高差は多いところで400mに達する。昇仙峡の中心部にあたる羅漢寺山頂では、300m下位の地点よりも明らかに花崗岩が細粒であるとの報告がある（三村ほか、1984）。よって羅漢寺付近では上位から下位に向かって冷却が進んだと考えられる。この方位はNW走向高角傾斜の節理が、上から下へ割れていった方位と一致し、NW走向の節理も冷却に関係した節理といえる。

つまり昇仙峡地域の花崗岩は、主に北東側と上位側から冷却が進み、NE走向、NW走向の高角傾斜の節理も、その冷却と同じ方向に割れていった。よって節理の成因は冷却に関係が深いといえる。この花崗岩の冷却と節理の割れていった方向を3次元モデルにして図11に示す。

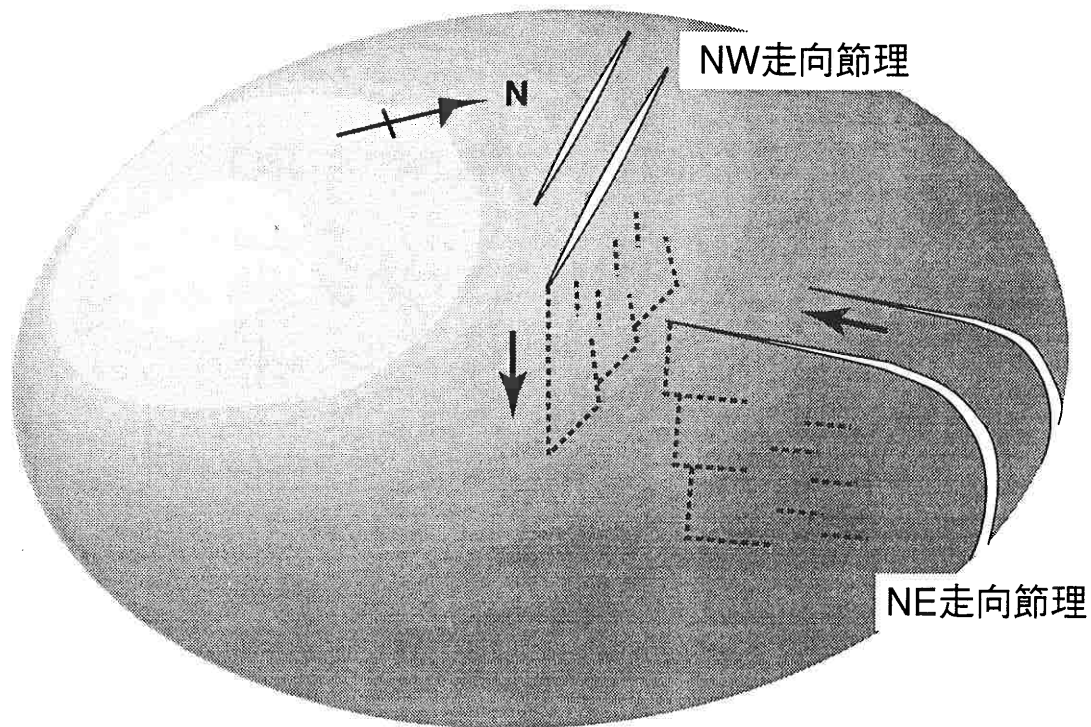


図11 昇仙峡地域における花崗岩中の節理の発達モデル。昇仙峡地域の花崗岩体を扁平な球体で表している。

甲府花崗岩の節理解析

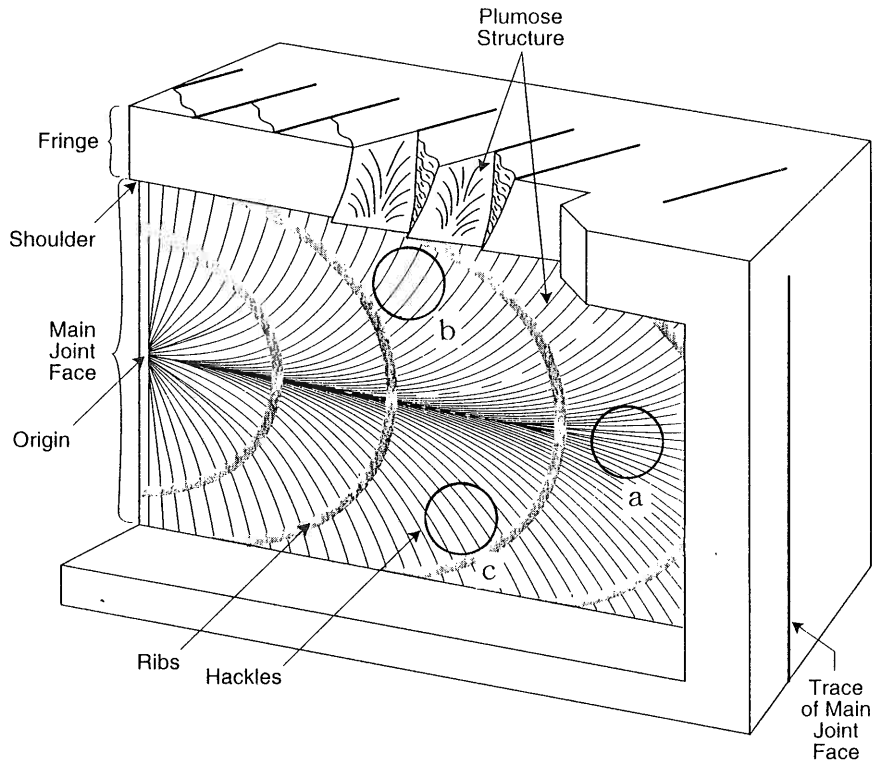


図12 節理面上の構造のモデル (Davis and Reynolds, 1996)

ところで昇仙峡北東の四万十累層の、さらに北東に位置する黒平地域ではどうであろうか？黒平地域の南西には四万十累層との境界が存在する(図1)。その境界線とほぼ直交するNS走向高角傾斜の節理も存在するが、この節理の割れていった方向に卓越性はみられない。境界線とほぼ平行なWNW走向高角傾斜の節理も同様に卓越性はみられない。どうして黒平地域の節理の割れていった方向に卓越性がみられないのか？その理由の1つに、データが少ないために選択方位が表れてこないことが考えられる。たとえば節理面上の構造の理想的なモデル(図12)を考えると、この節理は全体として左から右に割れていっている。ところがb部では上を向き、c部では下を向くことになる。この節理を南北走向高角傾斜と仮定した場合、a部での割れていった方向は図13の黒丸で表され(下半球投影)、b部での方向は白丸(上半球投影)、c部では四角で表される(下半球投影)。a~c部のようなデータがある程度の量を採取して統計処理を行えば、図12の節理の割

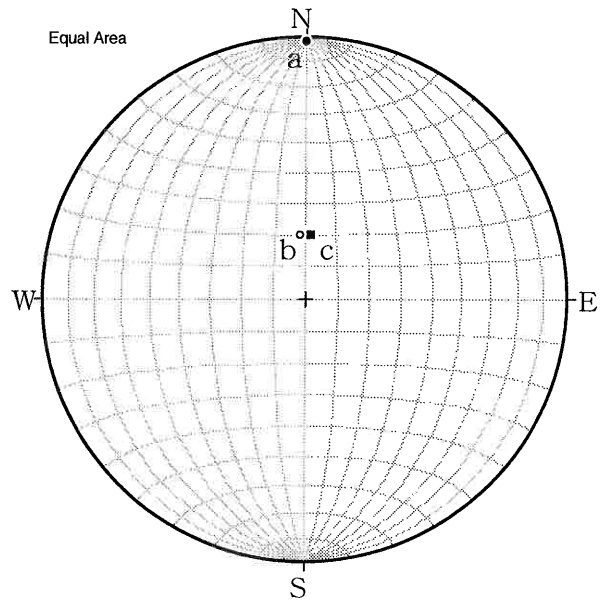


図13 図12の節理の各部における割れていった方位。

ていった方向が南から北とわかるが、a部のデータが少なかった場合、bやc部のようなデータばかりが目立つことになる。図10のcやdはそのような状態にあるとも考えられる。昇仙峡地域のデータはNW走向節理が30個と黒平地域のそれぞれ12個

に比べて明らかに多い。昇仙峡地域で観察できたデータが、偶然卓越性を持っているといえそれまでだが、その検証には黒平地域に関して多くのデータを採取することが必要である。道路沿い、崖などの花崗岩節理の節理面が多く観察できる昇仙峡地域に比べて、黒平地域は河床沿いの平坦な露頭が多く、節理面の観察がしづらい。こういった理由もデータの少なさの要因であるが、データ数を増やすことは今後の課題である。

### 謝辞

財団法人深田地質研究所の理事長である佐藤正博士には、研究を進めるにあたり様々な御指導頂き、粗稿も読んで頂いた。節理等のステレオ投影においてはCornell大学のR. W. Allmendinger教授作のStereonet ver.4.9.5 及び ver.6β を利用した。ここに厚く御礼申し上げたい。

### 引用文献

- Davis, G. H., Reynolds, S. J., 1996, Structural geology of rocks and regions 2nd ed.. John Wiley & Sons, Inc., New York, 776p.
- 藤井幸泰, 2000, 中部日本東濃地方, 土岐花崗岩中の割れ目解析. 地質雑, 106, 249-263.
- 平野昌繁, 1971, 花崗岩の節理を中心とした深成岩体のbrittleな変形・破壊を考えるうえでの問題点. 地質雑, 77, 257-263.
- Hull, D., 1999, Fractography. Cambridge University Press, 366p.
- Kathleen, M., and others, 1987, Fractography. ASM Handbook, 12, 517p.
- 三村弘二, , 加藤祐三, 片田正人, 1984, 御嵩昇仙峡地域の地質. 通商産業省工業技術院地質調査所, 61p.
- 清水文健, 中田高, 平川一臣, 今泉俊文, 1991, 新編日本の活断層, 60甲府. 東京大学出版会, 200-205.
- Pollard, D. D., Segall, P., & Delaney, P. T. ,1982, Formation and interpretation of dilatant echelon crack. Geol. Soc. Amer. Bull., 93, 1291-1303.
- Price, N. J. ,1959,. Mechanics of Jointing in Rocks. Geological Magazine, 96, 149-167.
- 佐藤正, 1998, 地質構造解析覚え書きその1. 深田地質研究所ニュース, 35, 7-18.
- 柴田賢, 加藤祐三, 三村弘二, 1984, 甲府市北部の花崗岩類とその関連岩のK-Ar年代. 地質調査所月報, 35, 19-24.
- 茂野博, 1980, 西南日本外帯, 四国沖ノ島花崗岩類に発達する引張り節理系-新第三紀後期の四万十帯の広域応力場について. 九州大学理学部研究報告, 13, 145-153.
- 横田修一郎, 1974, 滋賀県” 湖南アルプス” における花崗岩中の節理系. 地質雑, 80, 205-214.