



| | |
|------------------|---|
| Title | 7. 1964年アラスカ地震群の発震機構 |
| Author(s) | 牧, 正; MAKI, Tadashi |
| Citation | 北海道大学地球物理学研究報告, 21, 63-105 |
| Issue Date | 1969-02-15 |
| DOI | https://doi.org/10.14943/gbhu.21.63 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/13955 |
| Type | departmental bulletin paper |
| File Information | 21_p63-105.pdf |



7. 1964年アラスカ地震群の発震機構

牧 正*

(北海道大学理学部地球物理学教室)

— 昭和43年10月受理 —

I. 緒 言

筆者は前回¹⁾1963年エトロフ沖地震群の発震機構についてしらべた。それは前震・余震の世界各地で観測された初動方向の押し・引き別の頻度、203個の前震・余震の初動分布と本震の発震機構との比較、発震機構の決定による結果を示したものである。そしてその結果は、地震群の発震機構に関する従来的一般論とは全く異なるものであった。即ち各々の地震の発震機構には異なりを認めなければならず、これらの異なりはマグニチュード、震央位置、地震活動の時間的変化に対し関係をもっていることが示された。

地震群の発震機構についてのこれまでの一般論としては、「余震などの発震機構は本震の発震機構と同じである」とされている²⁾。そして発震機構が本震と明らかに異なるものについては「例外」として扱われてきた³⁾。

地震群の発震機構についてのこれまでの研究の中にはいくつかの問題点がみられる。その一つは従来的一般論に対して、発震機構が本震と明らかに異なるものあるいは同じとは思われないものが前震ないしは余震のなかに存在することが少なからぬ場合⁴⁾に示されていることで

* 現在 工学部土木工学教室

- 1) 牧 正; 1963年エトロフ沖地震群の発震機構, 北海道大学地球物理学研究報告, **19** (1968), 21-55.
- 2) H. HONDA; Earthquake Mechanism and Seismic Waves, Journ. Phys. Earth, **10** (1962), 1-97.
W. STAUDER; The Focal Mechanism of Earthquakes, Advances in Geophysics, **9** (1962), 1-76.
- 3) 本多弘吉; 西埼玉強震報告 3. 浅い地震の機構と記象型に就いて, 験震時報, **5** (1932), 235-265.
鷺坂清信・竹花峰夫; 昭和8年3月3日三陸沖強震及び余震の発震機構について, 験震時報, **8** (1934), 32-46.
S. OMOTE; On the Aftershocks of the Fukui Earthquake (part 2), B.E.R.I., **28** (1950), 311-319.
W. STAUDER and G. A. BOLLINGER; The focal Mechanism of the Alaskan Earthquake of March 28, 1964, and of Its Aftershock Sequence, J.G.R., **71** (1966), 5283-5296.
W. STAUDER and G. A. BOLLINGER; The S Wave Project for Focal Mechanism Studies: The Alaska Earthquake Sequence of 1964, A Scientific Report Prepared for Air Force Cambridge Research Laboratories, AFCRL 66-572 (1966), 1-124.
- 4) 前出 3) の他に中央気象台地震掛; 昭和13年11月5日福島県東方沖地震及同余震調査報告, 験震時報, **10** (1940), 528-545.
T. HAGIWARA and K. KASAHARA; On Aftershocks Accompanied the Imaichi Earthquakes, December 26, 1964, B.E.R.I., **28** (1950), 393-400.
S. OMOTE; Aftershocks of Imaichi Earthquake Observed at Nishi-oashi Station, B.E.R.I., **28** (1950), 401-414.
M. BATH and C. F. RICHTER; Mechanism of the Aftershocks of the Kern County, California, Earthquake of 1952, B.S.S.A., **48** (1958), 133-146.
J. H. HODGSON; Nature of Faulting in Large Earthquakes, B.G.S.A., **68** (1957), 611-644.
W. STAUDER; Mechanism of the Rat Island Earthquake Sequence of February 4, 1965, with Relation to Island Arcs and Sea-Floor Spreading, J.G.R., **48** (1968), 3847-3858.

ある。

また前震・余震などを伴わない地震の場合においても、一般論として、同一地域に発生する地震は大体同じ発震機構をもつとされている。そしてその地域における地体構造との関連によって発震機構の結果を説明している⁵⁾。このような立場にたつならば、同じ地体構造に支配されているある地域に発生する地震は同じ発震機構をもっていると考えられる。しかしながらいくつかの場合ではこれと逆の結果が示されている。即ちほとんど同じ地体構造からなる地域にあっても、発震機構が時間的に全く異なっている場合がある⁶⁾。またその地域内のある区域によって発震機構が異なっている場合もある⁷⁾。これらの結果は、地震の発震機構を単にその地域の地体構造との関連において説明しようとすることの限界を示すものである。

次の問題点としては、地震群の発震機構についての従来の研究で扱われている地震の数が一・二の場合を除いて全く不十分であることである。また地震群の発震機構をしらべることを目的に本格的にとりくまれたものはほとんどないといえる。多くの場合その対象となった地震は地震群の中の、初動方向データの多い大規模な地震のみに限られている。そしてたまたまあらわれる、本震とは発震機構が異なるものについて十分の解釈を与えることができず、それらを「例外」として扱ったものと思われる。

さらに地震群の諸性質を詳しく研究する必要がある。近年の地震観測網の充実と資料処理の進歩は、地震活動の変化・震央分布・規模別頻度分布などについて詳しい研究を可能にして

5) W. STAUDER; 前出 2).

A. E. SCHEIDEGGER; Seismological Evidence for the Tectonics of the Northwest Pacific Ocean, B.S.S.A., **48** (1958), 369-375.

A. E. SCHEIDEGGER; Statistical Analysis of Recent Fault-Plane Solutions of Earthquakes, B.S.S.A., **49** (1959), 337-347.

A. E. SCHEIDEGGER; The Tectonic Stress and Tectonic Motion Direction in the Pacific and Adjacent Area as Calculated from Earthquake Fault Plane Solutions, B.S.S.A., **55** (1965), 147-152.

V. I. KEILIS-BOROK et al.; Investigation of the Mechanism of Earthquakes, Soviet Research in Geophysics (in English Translation), **4** (1960), 1-201, American Geophysical Union.

市川政治; 日本附近の地震のメカニズムに関する統計的研究と二、三の問題, 研究時報, **18** (1966), 83-154.

6) J. H. HODGSON and A. E. STEVENS; Seismicity and Earthquake Mechanism, Research in Geophysics, **2** (1964), 27-59.

M. ICHIKAWA; The Mechanism of Earthquakes Occuring in Central and Southwestern Japan, and Some Related Problems, Papers in Meteorol. and Geophys., **16** (1965), 104-156.

7) J. H. HODGSON and A. E. STEVENS; 前出 6).

M. ICHIKAWA; Statistical Investigation of Earthquake Mechanism in Kwanto District, Geophys. Mag., **31** (1962), 243-256.

M. BÄTH and C. F. RICHTER; 前出 4).

市川政治; 前出 5).

牧 正; 前出 1).

いる。特に最近とりあげられている問題としては余震活動の集中⁸⁾、その移動⁹⁾についてである。このような地震群についての詳しい研究は発震機構についても進められるべきと思われる。特に前回の1963年エトロフ沖地震群の結果はこの必要性を示している。

このような立場から本論文では1964年アラスカ地震群の発震機構についてのべる。この地震群についてはかってない程多くの点について研究されている。とくに地殻変動¹⁰⁾、地震活動¹¹⁾については詳しくしらべられている。発震機構については WWSSN を主とした世界各地の観測点における P 波初動方向の資料によって E. BERG¹²⁾、S. T. ALGERMISSEN¹³⁾ が、P および S 波の資料により W. STAUDER and G. A. BOLLINGER¹⁴⁾ が、表面波により M. N. TOKSÖZ et al.¹⁵⁾ が本震などについてしらべている。

とくに STAUDER らは WWSSN およびカナダなどの観測点における長周期地震計の記象からの P 波初動方向、S 波の polarization angle の資料により本震と 27 個の余震、1 個の前震の発震機構についてもしらべている。そして 1 個の例外を除いて各々の地震の発震機構がその地域における地体構造 (島弧構造・断層運動など) との関連で説明している。

しかしながら筆者は、余震群全体の性質 (地震発生の過程) を論じるには彼らが扱った地震の数が全く不十分であり、先にのべたような問題点と前回の結果から、彼らが扱わなかった比較

-
- 8) 山川宜男; 余震に関する二・三の問題 (第1報), 地震 II, **18** (1965), 25-40.
R. PAGE; Aftershocks and Microaftershocks of the Great Alaska Earthquake of 1964, B.S.S.A., **58** (1968), 1131-1168.
K. MOGI; Development of Aftershock Areas of Great Earthquakes, B.E.R.I., **46** (1968), 175-203.
- 9) K. MOGI; 前出 8).
K. MOGI; Migration of Seismic Activity, B.E.R.I., **46** (1968), 53-74.
T. SANTO; Shock Sequence of the Southern Kurile Island from October 9 to December 31, Bull. Intern. Inst. Seism. Earthq. Engineering, **1** (1964), 33-54.
T. UTSU; On the Nature of Three Alaskan Aftershock Sequences of 1957 and 1958, B.S.S.A., **52** (1962), 279-297.
- 10) G. PLAFKER; Tectonic Deformation Associated with the 1964 Alaskan Earthquake, Science, **148** (1965), 1675-1687.
F. PRESS; Displacements, Strains and Tilts at Teleseismic Distances, J.G.R., **70** (1965), 1675-2412.
F. PRESS and D. JACKSON; Alaskan Earthquake, 27 March 1964: Vertical Extent of Faulting and Elastic Strain Energy Release, Science, **147** (1965), 867-868.
J. C. SAVAGE and L. M. HASTIE; Surface Deformation Associated with Dip-slip Faulting, J.G.R., **71** (1966), 4897-4904.
- 11) R. PAGE; 前出 8).
- 12) E. BERG; The Alaska Earthquake, Its location and Seismic Setting, in Science in Alaska, 1964: Proc. Alaskan Sci. Conf., **15th**, College, Alaska, Aug. 31-Sept. 4, 1964, 218-232 (1965).
- 13) S. T. ALGERMISSEN; Mechanism of the Prince William Sound Earthquake, ESSA Symposium on Earthquake Prediction, 1966, 20-25.
- 14) W. STAUDER and G. A. BOLLINGER; 前出 3).
- 15) M. N. TOKSÖZ, A. BEN-MENAHAM and T. G. HARKRIDER; Source Mechanism of Alaska Earthquake from Long-period Seismic Surface Waves (abstract), Trans. Am. Geophys. Union, **46** (1965), 154.

的小規模な地震についてもしらべることが必要と考える。

本論文では世界各地の地震報告の P 波初動方向の資料にもとづいて次の項目について報告する。

1. 各々の観測点別にみた押し・引き別の頻度の割合, 押し・引き別に分けた規模別頻度, 震央分布, 日別頻度。
2. 各々の余震の初動分布の, 本震の発震機構との比較。
3. 各余震の発震機構の決定。
4. メカニズム解の地震規模, 震央位置, 地震活動の変化に対する関係。
5. STAUDER らと共通する地震のメカニズム解の比較。

II. 資 料

対象とした期間は 1964 年 3 月 28 日の本震発生から 6 月 30 日までの約 3 カ月間であり, 次の機関で発行している地震報告より P 波初動方向 (phase としては P の他に pP, PP, PcP, PKP も一部用いた) の資料を収集した:

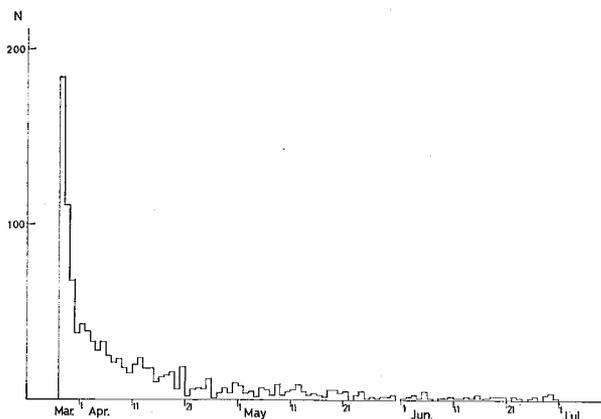
International Seismological Centre (Edinburgh)

University of California (Berkeley)

気 象 庁 札幌管区气象台 東大地震研究所 (筑波山) 京大阿武山地震観測所

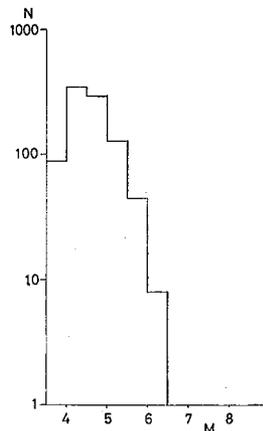
本論文において震源事項 (発震時・震央・震源の深さ・マグニチュード) はすべて I. S. C. 発表のものを用いた。

本地震群の日別頻度分布, 規模別頻度分布, 震央分布をそれぞれ第 1, 2, 3 図に示す。これらの図でみられるように本地震群の特徴としては, 典型的な本震——余震の活動形態をも



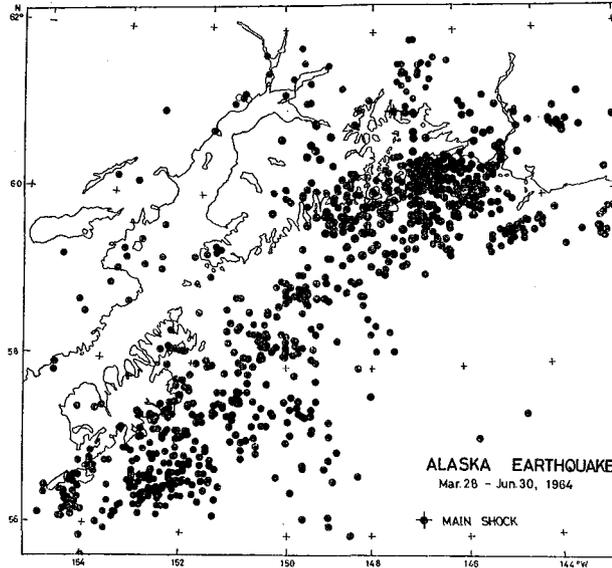
第 1 図 日別頻度分布

Fig. 1. Daily frequency of aftershocks.



第 2 図 規模別頻度分布

Fig. 2. Frequency distribution of magnitudes.



第3図 震央分布

Fig. 3. Distribution of epicenters, crossed point: main shock.

ち、本震よりやや小規模 (M が6から8まで) の余震が全くないことがあげられる¹⁶⁾。また震央分布については全体としてこの地域の島弧構造に沿った細長い余震域をもち、その中でとくに2つの区域——Kodiak 島および Prince William Sound 付近——に震央が集中しており余震の活動が空間的に均等ではないことが示されている。このような傾向は、地震エネルギーの分布について HUENE¹⁷⁾ らによっても示されており、PAGE¹⁸⁾ によって示された microaftershock, secondary aftershock の clustering とも対応する。

P 波初動方向については次のようなデータをあつめることができた。

| | |
|-----------------------------------|------|
| 観測点数 | 214 |
| 初動方向データの数 | 7041 |
| 初動方向データを伴った地震数 | 629 |
| 発震機構をしらべた地震数 (5個以上の初動方向データを伴ったもの) | 277 |

III. 観測点別の初動方向について

前回の1963年エトロフ沖地震群の調査において、各々の観測点別の初動方向の押し・引き別の頻度は大体同じであり、各観測点で観測される初動方向の異なりは地震規模、震央位置、

16) J. N. JORDAN and J. F. LANDER; Aftershocks of the 4 February 1965 Rat Island Earthquake, *Science*, **148** (1965), 1323-1325.

17) R. HUENE, R. J. MALLOY, G. G. SHOR, JR. and P. ST-AMAND; Geotectonic Structure in the Aftershocks Region of the 1964 Alaskan Earthquake, *J.G.R.*, **72** (1967), 3649-3660.

18) R. PAGE; 前出8).

第1表 各観測点における押し引き別頻度とその割合

Table 1. Frequencies of the compressional and dilatational initial motions and their proportion at every station

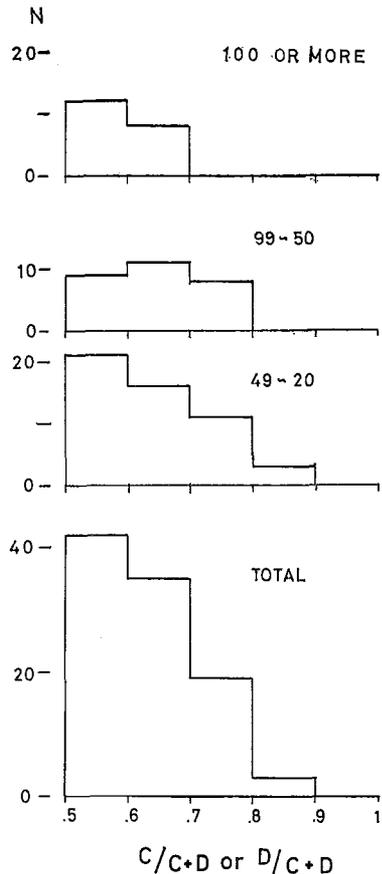
| Station | Total | C | D | $\frac{C}{C+D}$ or $\frac{D}{C+D}$ | Station | Total | C | D | $\frac{C}{C+D}$ or $\frac{D}{C+D}$ |
|-------------------|-------|----|----|------------------------------------|-------------------|-------|-----|-----|------------------------------------|
| Abashiri | 22 | 13 | 9 | C 0.590 | Manhattan | 25 | 10 | 15 | D 0.600 |
| Abuyama | 148 | 89 | 59 | C 0.601 | Matsushiro | 174 | 102 | 72 | C 0.586 |
| Alert | 134 | 90 | 44 | C 0.671 | Mineral | 327 | 148 | 179 | D 0.550 |
| Apatity | 66 | 42 | 24 | C 0.637 | Montreal | 31 | 10 | 21 | D 0.678 |
| Arcata | 26 | 14 | 12 | C 0.538 | Moscow | 36 | 22 | 14 | C 0.612 |
| Banff | 48 | 37 | 11 | C 0.771 | Mould Bay | 129 | 83 | 46 | C 0.642 |
| Bensberg | 58 | 35 | 23 | C 0.603 | Mount Hamilton | 126 | 64 | 62 | C 0.508 |
| Blue Mountains | 59 | 29 | 30 | D 0.508 | Moxa | 31 | 18 | 13 | C 0.581 |
| Boulder City | 49 | 12 | 37 | D 0.754 | Nord | 150 | 98 | 52 | C 0.652 |
| Bozeman | 20 | 8 | 12 | D 0.600 | Nurmijarvi | 64 | 42 | 22 | C 0.652 |
| Byerly | 112 | 46 | 66 | D 0.589 | Ottawa | 28 | 22 | 6 | C 0.787 |
| Calistoga | 101 | 43 | 58 | D 0.575 | Penticton | 101 | 49 | 52 | D 0.515 |
| Caracas | 52 | 22 | 30 | D 0.577 | Petropavlovsk | 24 | 15 | 9 | C 0.624 |
| Cartuja | 61 | 33 | 28 | D 0.540 | Port Hardy | 61 | 41 | 20 | C 0.671 |
| Cleveland | 24 | 12 | 12 | 0.500 | Port Moresby | 33 | 14 | 19 | D 0.576 |
| College Outpost | 35 | 17 | 18 | D 0.514 | Porto | 51 | 28 | 23 | C 0.550 |
| Collm Berg | 147 | 79 | 68 | C 0.538 | Priest | 100 | 71 | 59 | D 0.590 |
| Copenpagen | 41 | 23 | 18 | C 0.561 | Pruhonice | 55 | 31 | 24 | C 0.563 |
| Coppermine | 107 | 63 | 44 | C 0.586 | Pulkovo | 42 | 22 | 20 | C 0.524 |
| Crown Mine | 65 | 45 | 20 | C 0.690 | Resolute Bay | 44 | 25 | 19 | C 0.568 |
| Dourbes | 31 | 27 | 4 | C 0.870 | Rolla | 34 | 7 | 27 | D 0.792 |
| Durham | 30 | 9 | 21 | D 0.700 | Sa Da Bandeira | 24 | 15 | 9 | C 0.626 |
| Dushanbe | 29 | 16 | 13 | C 0.552 | Scarborough | 28 | 9 | 19 | D 0.679 |
| Edmonton | 150 | 71 | 79 | D 0.527 | Schefferville | 123 | 70 | 53 | C 0.568 |
| Eskdalemuir Array | 103 | 35 | 68 | D 0.659 | Scoresby Sund | 53 | 26 | 27 | D 0.509 |
| Frobisher Bay | 120 | 69 | 51 | C 0.575 | Seven Falls | 36 | 20 | 16 | C 0.556 |
| Frunze | 61 | 44 | 17 | C 0.721 | Seven Island | 72 | 27 | 45 | D 0.625 |
| Garm | 30 | 19 | 11 | C 0.632 | Sodankyla | 140 | 88 | 52 | C 0.628 |
| Godhavn | 39 | 23 | 16 | C 0.590 | Spokane | 35 | 16 | 19 | D 0.543 |
| Goris | 38 | 24 | 14 | C 0.630 | Sverdlovsk | 69 | 19 | 50 | D 0.721 |
| Halifax | 21 | 9 | 12 | D 0.571 | Talgar | 72 | 54 | 18 | C 0.748 |
| Irkutsk | 29 | 26 | 3 | C 0.898 | Tashkent | 40 | 32 | 8 | C 0.800 |
| Istanbul | 41 | 27 | 14 | C 0.659 | Tiksi | 65 | 47 | 18 | C 0.722 |
| Jena | 23 | 16 | 7 | C 0.697 | Tonapah | 25 | 6 | 19 | D 0.760 |
| Kajaani | 134 | 81 | 53 | C 0.604 | Tonto Forest | 29 | 9 | 20 | D 0.690 |
| Kap Tobin | 36 | 22 | 14 | C 0.612 | Tsukuba San | 24 | 17 | 7 | C 0.709 |
| Karlsruhe | 29 | 15 | 14 | C 0.517 | Tucson | 61 | 18 | 43 | D 0.705 |
| Kasperske Hory | 85 | 55 | 30 | C 0.648 | Uinta Basin | 84 | 39 | 45 | D 0.536 |
| Kevo | 67 | 43 | 24 | C 0.641 | Umea | 95 | 67 | 28 | C 0.702 |
| Kheis | 50 | 35 | 15 | C 0.700 | Upsala | 92 | 73 | 19 | C 0.793 |
| Khorog | 23 | 20 | 3 | C 0.870 | Victoria | 25 | 14 | 11 | C 0.560 |
| Kirkenes | 23 | 12 | 11 | C 0.521 | Vladivostok | 21 | 15 | 6 | C 0.715 |
| Kirovabad | 66 | 35 | 31 | C 0.530 | Vyborg | 37 | 25 | 12 | C 0.677 |
| Kiruna | 94 | 74 | 20 | C 0.787 | Wichita Mountains | 22 | 8 | 14 | D 0.637 |
| Kizyl-Arvat | 34 | 25 | 9 | C 0.736 | Yakutsk | 150 | 47 | 103 | D 0.687 |
| Kodiak Island | 43 | 30 | 13 | C 0.698 | Yellow Knife | 42 | 24 | 18 | C 0.572 |
| Kongsberg | 63 | 36 | 27 | C 0.571 | Yeltsovka | 39 | 30 | 9 | C 0.770 |
| La Palma | 58 | 20 | 38 | D 0.658 | Yuzno-Sahalinsk | 42 | 25 | 17 | C 0.595 |
| London | 27 | 20 | 7 | C 0.740 | Berkeley | 23 | 8 | 15 | D 0.652 |
| Lwiro | 53 | 33 | 20 | C 0.621 | (Strawberry) | | | | |

地震活動の変化に関係があることが示された。

余震の発震機構は本震のそれとほとんど同じであるといわれているので、発震機構を求めるに先立って各々の観測点において余震群の初動方向が同じか否かをしらべることが必要である。またこれは発震機構を決定する方法として重畳初動分布図の方法¹⁹⁾を用いることが適当か否かを検討する意味からも必要である。前震・余震の発震機構は本震のそれと同じであるという一般論からは、ある観測点で観測される余震等の初動方向は押し引きのどちらかに偏よると考えられる。このような結果はいくつかの場合に示されている²⁰⁾。一方これまでの研究の中にもこのような初動方向が必ずしも一方のものばかりではなく、ある程度は反対方向のものがあらわれることが報告されている²¹⁾。また重畳初動分布図の方法を用いたものの中にも、観測点別にみた初動方向が同じとみなせないことから、押しと引きの領域を明らかに分けることができないとしている場合もある²²⁾。

本章では観測点別にみた余震の初動方向の押しと引きの頻度の割合およびいくつかの観測点における初動方向の異なりの地震規模・震央位置・地震活動の変化に対する関係をしらべる。ここではP相のみを用いた。

第1表には20個以上の地震の初動方向を報告している99個の観測点について、初動方向の報告総数、その押し・引き別頻度、押しと引きのうち多い方の初動方向とその頻度の全頻度に対する比の値を示す。第4図には第1表における押し引き比の値の頻度分布を示す。その全頻度によって、100個以上のもの20点、50~99個のもの28点、40~20個のもの51点および全



第4図 観測点別の押し引き別頻度比の分布

Fig. 4. Frequency distribution of proportions of the compressional and dilatational initial motions at each station.

19) S. OMOTE; 前出 3).

M. ICHIKAWA; 前出 7).

20) W. STAUDER; 前出 2).

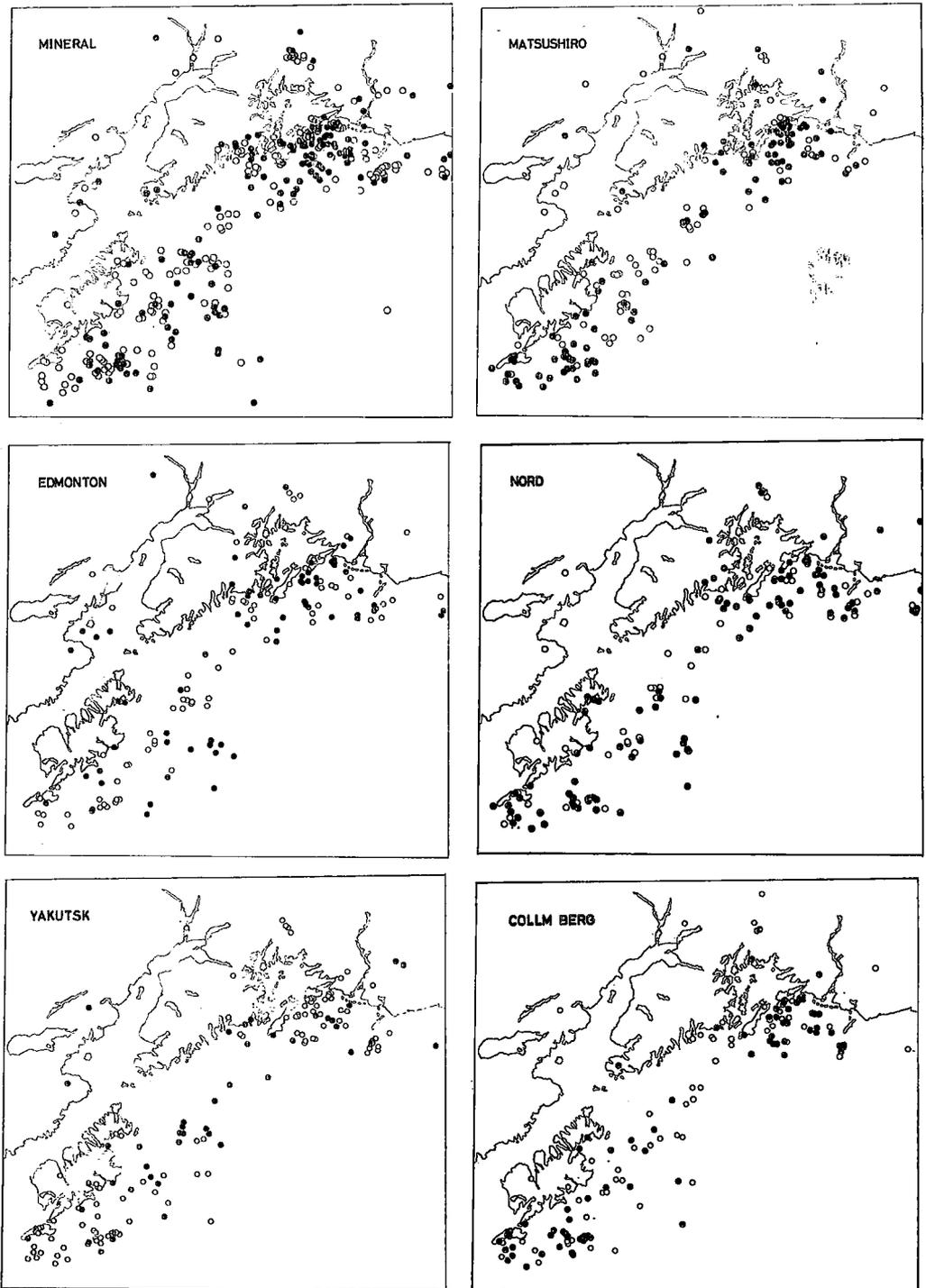
21) 牧 正; 前出 1)および同脚注 2).

W. STAUDER; 前出 2).

W. STAUDER and A. RYALL; Spatial Distribution and Source Mechanism of Microearthquakes in Central Nevada, B.S.S.A., 57 (1967), 1317-1345.

22) S. OMOTE; 前出 4).

T. HAGIWARA and K. KASAHARA; 前出 4).

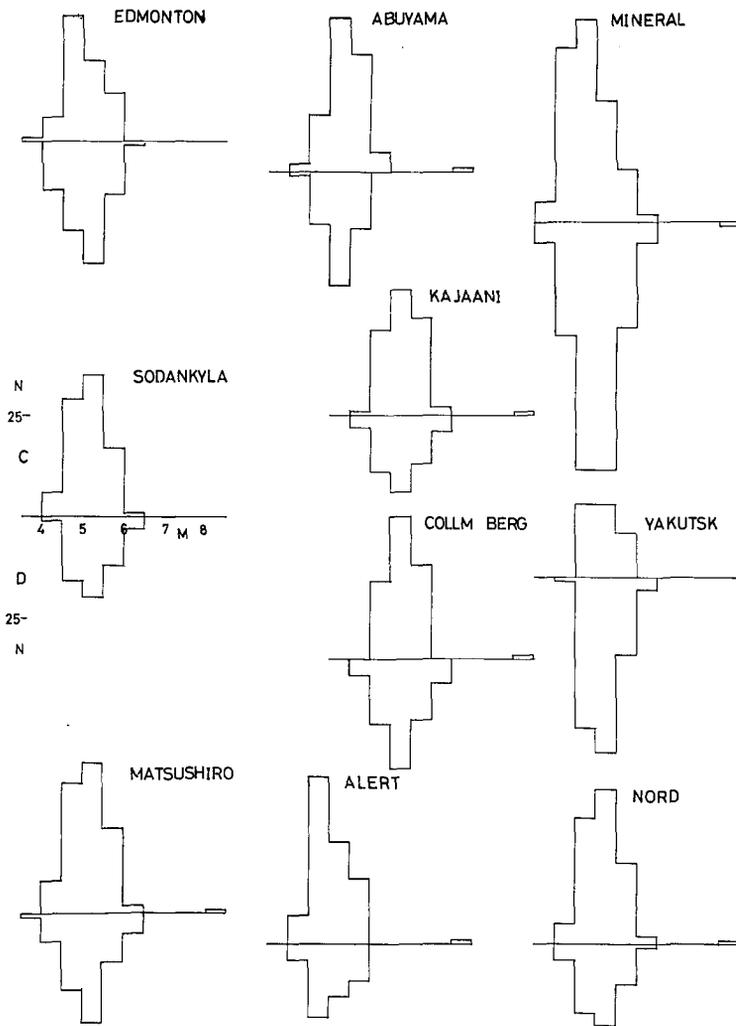


第5図 いくつかの観測点における、押し・引きによって分けた震央分布

Fig. 5. Epicenters classified by the directions of initial motion at some stations. Open circle; dilatation, solid circle; compression

体について示した。この図において0.5~0.6に単一のピークがあり、1.0付近では少ないという傾向がみられる。99個全体については、初動方向がほとんど同じと考えられる0.8以上のものは3%にすぎず、逆に押しと引きの割合が大体同じと考えられる0.7以下のものは78%を占めている。初動方向の全報告数についての3つの段階において全報告数が増すにつれ押し引き比の値が0.5に近いものがふえている傾向がみられる。

ここでの観測点はおおむね focal sphere 上の全域に亘っていると考えられるので、上で示された結果はそれぞれの地震によって発震機構が異なっていることあるいは変化していることを表わしていると思われる。



第6図 押し引き別の規模別頻度分布

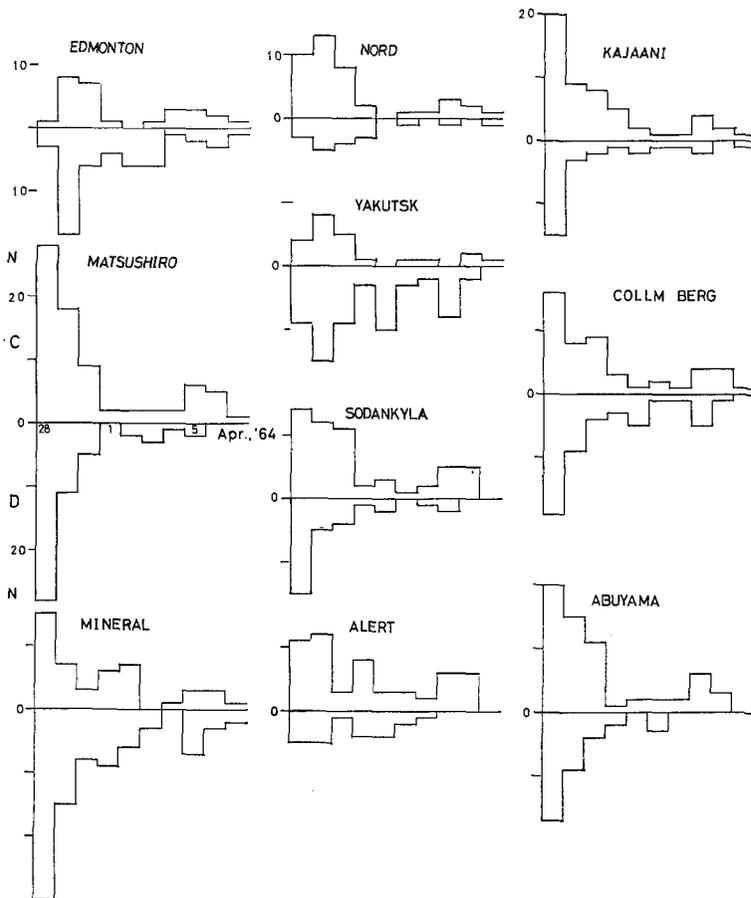
Fig. 6. Magnitude distribution of aftershocks at some stations, classified by the directions of initial motion.

また発震機構をしらべる方法として重畳初動分布図の方法を用いることが適当でないと思われる。

第5図には凡そ150個以上の余震の初動方向を観測している6個の観測点 (Mineral, Matsushiro, Edmonton, Nord, Yakutsk, Collm Berg) について震央をその初動方向によって押しを黒丸, 引きを白丸にわけて示した。いずれの観測点においても押しあるいは引きのもの

第2表 初動方向データの数によって分けた地震の数
Table 2. Number of earthquakes classified by the number of initial motion data

| Number of initial motion data | ~50 | 49~40 | 39~30 | 29~20 | 19~10 | 9~5 | total |
|-------------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-----|-------|
| Number of earthquakes | 38 | 18 | 18 | 28 | 83 | 92 | 277 |



第7図 押し引き別の日別頻度分布

Fig. 7. Daily frequency distribution of aftershocks at some stations, classified by the directions of initial motion.

がそれぞれがかたまっている区域がいくつかみられる。とくに Mineral の場合には Prince William Sound 付近(本震の近く)と Kodiak 島付近とにわかれている傾向がみられる。しかしこのようなある観測点において初動方向が同じである震央からなる区域は6個の観測点に共通して同じ位置・形・大きさを示しているものではなく、また観測点によってはこのような区域が明らかでないものもある。これらの事情はそれぞれの観測点の震央に対する位置関係と発震機構がそれぞれの地震によって複雑に変化していると考えることにより解釈される。

第6図には130個以上の余震の初動方向について報告のあった10個の観測点について、押しと引きによってわけた規模別頻度分布を示す。地震の規模が小さくなるにつれ押しと引きの頻度が共に多くなっている傾向がみられる。

第7図には同じ10個の観測点について押しと引きとに分けた日別頻度分布を、本震後の1ヵ月間について示す。図では本震直後の全体の地震活動が活発なときには押しと引きの頻度が共に多くなっている。

これらの結果は前回の1963年エトロフ沖地震群の場合とほとんど同じである。即ち各々の地震の初動分布には、その程度について触れることはできないが、異なりがあると思われる。また個々の地震の発震機構を決定するには重畳初動分布図の方法は用いるべきではなく、それぞれの地震の初動分布にもとづいて決定することが必要である。

IV. 各余震の初動分布の本震の発震機構との比較

前章では各観測点別にみた初動方向の異なりについてしらべた。本章では各地震の初動分布について本震の発震機構と比較する。

前回では本震の発震機構との比較の他に、本震のメカニズム・オリエンテーション(2節面の傾角と傾斜方向間の角度)を focal sphere の中心のまわりに回転させ、もっとも多くの初動方向データを満足するときの回転角を以って本震との異なりを表わした。

今回の本震の場合、その初動分布からは発震機構の完全解はえられない(附録の4005のメカニズム・ダイアグラムを参照)。そのため前回の方法の第2の段階をとることはできず、本震と各地震の発震機構の異なりについて論じることはできない。本論文では次の2つの方法によってしらべる。

1. 各々の地震の初動分布を、後に述べる基準解(本震の発震機構)と比較する。
2. 基準解にある大きさの変動を許容し、その範囲内にあってもっとも多くの初動方向データを満足する場合の比較を行なう。

これらの段階のそれぞれにおいてその発震機構に対し満足される初動方向データの、全データ数に対する割合を以ってその発震機構が初動方向データに対する満足の度合を表わす。

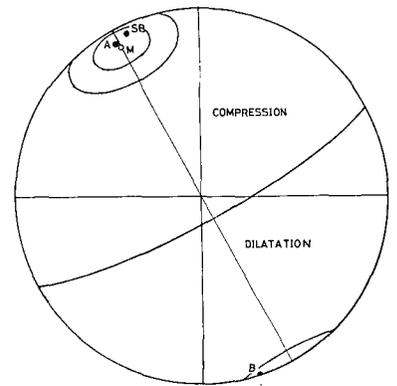
基準解としては本震の発震機構を用いる。今回の本震に対してはすでに3つの解が発表されており、さらに筆者の初動分布に対する発震機構も考えなければならない。S. T.

ALLGERMISSEN²³⁾ および W. STAUDER and G. A. BOLLINGER²⁴⁾ のメカニズム解では一方の節面しか与えられていないが、E. BERG²⁵⁾ の場合には両節面が求められている。この E. BERG の解の第 2 の節面の決定には十分な根拠があるとは思われない。また筆者の場合においても第 2 の節面を決めることはできない。これらの 4 つの初動分布に共通して、focal sphere 上において中心近くを通り大体東一西の方向をもった一つの節面によって押し引きの領域が分けられる。これら 4 つの初動分布を併せて考えた場合、初動方向データが分布している領域は、focal sphere 上の中傾角の南方向を除いた範囲に限られており、外縁部には全くみあたらない。このような事情から第 2 の節面は focal sphere 上の外縁部にあつて、現在のデータでは決定できないものと思われる。従つて基準解としては一方の節面のみのものとせざるを得ない。

第 8 図には本震の節面の極として求められた 4 つの解の focal sphere 上での比較を示す。これら 4 つの極の位置の間には良い一致がみられ、筆者の場合の位置を中心とし 20° の角距離を半径とする円内に含まれている。これに加えて多くの余震の発震機構の決定には筆者の収集した資料によらなければならないので、基準解としては筆者の解を以つてあてる。また第 2 の段階において、基準解の変動が許される範囲としては本震の場合の位置を中心として角距離が 20° の半径の円内とする。

本章では 5 個以上の初動方向データを伴っている 276 個の余震についてしらべる。これらの余震の初動分布は、次章で決定されるメカニズム解と共に、附録に示す。地震番号の始めの 1 桁は 1964 年次内の I. S. C. の号数を、終りの 3 桁はその中での番号を表わす。

初動方向データの投影には等面積投影図の方法²⁶⁾を用い、震源に於ける入射角の値は extended distance の



第 8 図 本震のメカニズム解 (節面の極) の比較

Fig. 8. Comparison of poles of nodal planes for the main shock, determined by the four authors; B; solution by E. BERG, A; solution by S. T. ALGERMISSEN, SB; solution by W. STAUDER and G. A. BOLLINGER, M; solution by the author.

23) S. T. ALGERMISSEN; 前出 13).

24) W. STAUDER and G. A. BOLLINGER; 前出 3).

25) E. BERG; 前出 12).

26) H. HONDA and K. EMURA; Some Charts for Studying the Mechanism of Earthquakes, Sci. Rep. Tohoku Univ., Ser. 5, Geophysics, 9 (1957), 113-119.

27) J. H. HODGSON and R. S. STOREY; Tables Extending Byerly's Fault Plane Techniques of Any Focal Depth, B.S.S.A., 43 (1953), 49-61.

J. H. HODGSON and J. F. J. ALLEN; Tables of Extended Distances for PKP and PcP, Pub. Dominion Obs. Ottawa, 16 (1954), 329-348.

J. H. HODGSON and J. F. J. ALLEN; Tables of Extended Distances for PP and pP, Pub. Dominion Obs. Ottawa, 16 (1954), 349-362.

J. H. HODGSON, J. F. J. ALLEN and J. I. COOK; Tables of Extended Distances for PPP, pPP, pPKP and for P at Very Short Distances, Pub. Dominion Obs. Ottawa, 18 (1956), 85-100.

値²⁷⁾から逆算したものをを用いた。

第9図には2つの段階において、その発震機構によって説明される初動方向データの、その地震に対して与えられている全体数に対する割合の頻度分布をその全体数によって分けて示す。実線は本震の節面の極(基準解)そのものに対する場合であり、破線はこの基準解に変動を許した場合を示す。図において2つの段階での違いはほとんどみられず、基準の節面の極の位置に先述したような変動を許しただけでは初動方向データを満足する割合を改善することはできないと思われる。また大多数の余震が0.6以下の値となっており、本震の発震機構ならびにそれに若干の変動を許したときの発震機構によっては大多数の余震の初動分布を説明することはできないと思われる。とくに多くの初動方向データを伴っているものについても、そのようなものが大半に達している。

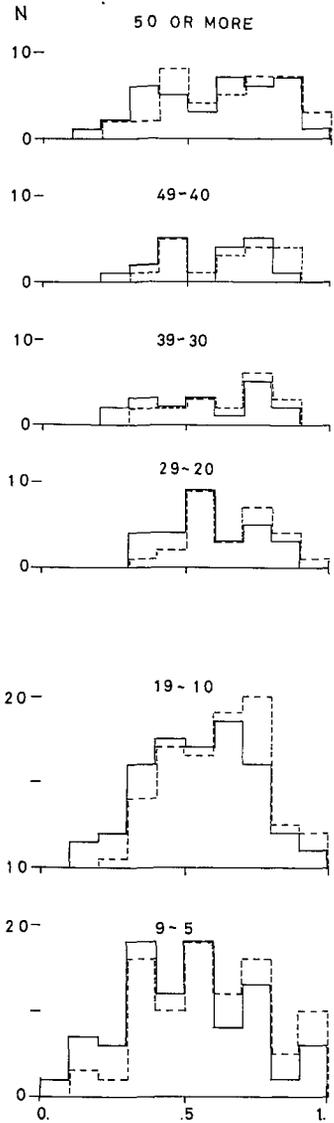
これらの結果から発震機構について本震と各々の余震との間には異なりがあると考えなければならない。また発震機構が本震と異なっているものが多いということはこれまでのようにそれらを「例外」として扱かうことが全く不適當であると思われる。

V. 発震機構の決定

前章までにえられた結果から、5個以上の初動方向データをもつ276個の余震について、それぞれの初動分布にもとづき発震機構を決定し、その結果について議論する。

震源モデルとしては "type II (double couple without moment)"²⁸⁾を仮定する。初動方向データは半径10cmの円上に投影した。

各々の地震の発震機構の決定に際し、与えられた初動方向データのうちそのメカニズム解によって説明されるデータの数がもっとも多いものを以って解として採用する。この場合同時にいくつかの解がえられる場合には、それらを全て求めた。



第9図 メカニズム解に対し満足される初動方向データの割合の頻度分布

Fig. 9. Frequency distribution of the ratios of the number of initial motion data consistent with the given mechanism to the total number of the initial motion data for each aftershock. Solid line; case of the mechanism of the main shock by the author, broken line; its modified case.

28) H. HONDA; 前出2).

1. メカニズムの決定方法

メカニズム解の決定のための具体的方法は前回の1963年エトロフ沖地震群の場合とほとんどかわらない。即ち節面の存在する範囲を決定する段階とその範囲内において節面の位置を決定する段階にわけてメカニズム解を決定する。

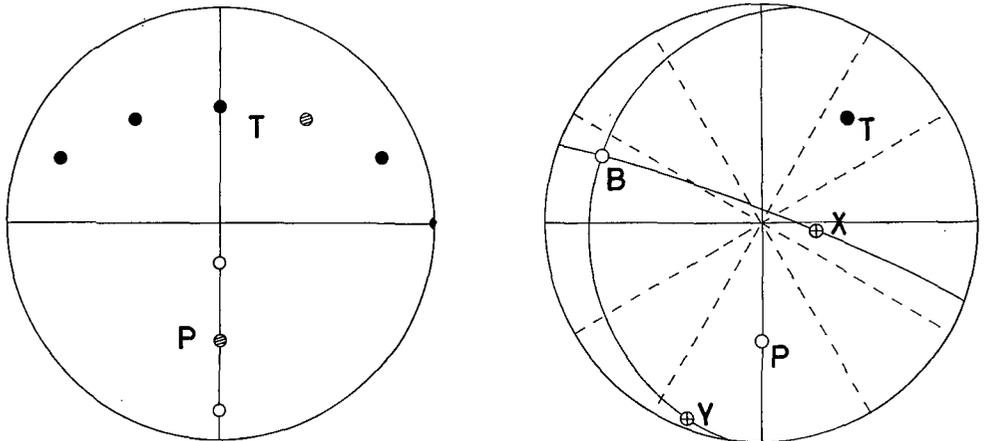
節面の存在する範囲を決定する段階においては次のような方法をとった。

(1) モデル解からの選択

メカニズム・オリエンテーションが focal sphere 上で規則的に変化する数多くのモデル解をあらかじめ作り、その中から初動分布にもっともよく合うものを選ぶ方法である。

今回の本震では発震機構の一方の節面しか求められていないので、前回のような本震のメカニズム解をもとにモデル解を作るという方法をとることが出来ない。そのため次で示すような、いわば一般的なモデル解を作った。これを第10図で示す。ある方位において傾角が 15° 、 45° 、 75° の位置に主圧力軸 (P 軸) を与え、これらの P 軸の各々の位置を極とする大円上に 30° の間隔で順に6個の主張力軸 (T 軸) を与える (第10図の左)。このような P および T 軸の組み合わせにおいて2つの節面を作図する。即ち1組の P および T 軸の位置を極とするそれぞれの大円の交点を null vector (B 軸) とし、この B 軸を極とする大円上において P および T 軸から角距離で 45° はなれた点を X, Y 軸とし、これらの X および Y 軸を極とする2つの大円を節線とする。このようにしてえられたメカニズム・オリエンテーションを 30° の間隔で順に回転させ、それぞれを以って一つのモデル解とする。このようにして今回の場合には

$$3 \times 6 \times 12 = 216$$



第10図 モデル解の説明

左図: P および T 軸の位置

右図: 1組の P および T 軸に対する節面の作図とそのメカニズムの回転

Fig. 10. Explanation of model solutions. Left side; position of P and T axes, right side; mechanism orientation corresponding to a set of P and T axes, and the rotated mechanism orientations.

個のモデル解を作成した。

(2) 試行錯誤による方法

上の方法は初動方向データの数が多い場合 (20 個以上) に対して用いたが、少ない場合にはモデル解から選択する方法では過大な時間を必要とすることが欠点となる。このような欠点を補なうために、それぞれの初動分布図において隣り合ったデータ (初動方向が同じ場合も含めて) の間をとる仮の節面の組み合わせの中から、2 節面の直交条件を満足し、もっとも多くの初動方向データに合致するものを以ってメカニズム解とする方法をとった。

この方法において、附録の初動分布図のいくつかの場合にみられるように、押しと引きの領域が一つの大円によって瞭然とわけられており、一方の節面しか求められないという場合がある。このような場合にはその大円を節面とした。

以上の2つの方法によって求められた節面の存在する範囲の中での節面の位置を決定するには次の方法を用いた。

(3) 節線が、隣り合ったデータ間の中間点を通るようにする。

(4) 節面の極が、その存在する範囲内の中心にあるようにする。

これらの方法において前回の場合との違いは、今回の場合において一方の節面しか決められないような場合、そのみをも解として採ったことである。前回の場合には第2の節面として可能なものを全て求めるという方法をとった。

このような方法によって各々の余震の発震機構を求めらる中でいくつかの問題点があらわれた。その一つとして、メカニズム解として存立する根拠として用いた「与えられた初動方向データのうちもっとも多くを満足すること」についての問題がある。このような割合の値とメカニズム解とは微妙な関係をもっており、求められたメカニズム解の信頼性そのものに直接かわるものである。このような問題のほかに、初動方向データの focal sphere 上での位置・密度などについて考慮したメカニズムの決定方法を研究する必要がある。

I 章において述べたように、今回の地震群のうち本震と 27 個の余震に対しては STAUDER と BOLLINGER によって発震機構が求められている。筆者と彼らの資料は異なったものなので両者に共通する 21 個の地震について初動方向の資料とメカニズム解の比較をする必要がある。この結果については VI 章で示す。本章で用いるこれら 21 個の地震の発震機構は VI 章で示される方法によるものである。

2. 発震機構の決定結果について

前節で述べた方法によって 276 個の余震の発震機構を決定することができた。そのうち 161 個の余震に対しては唯一つのメカニズム解がえられ、116 個の余震に対しては同時に 2 つ以上の解がそれぞれ求められた。唯一つのメカニズム解が得られた余震のうち 14 個の余震では一方の節面しか決定することができなかつた。附録には本震と 276 個の余震のメカニズム解を初動分布と共に示す。

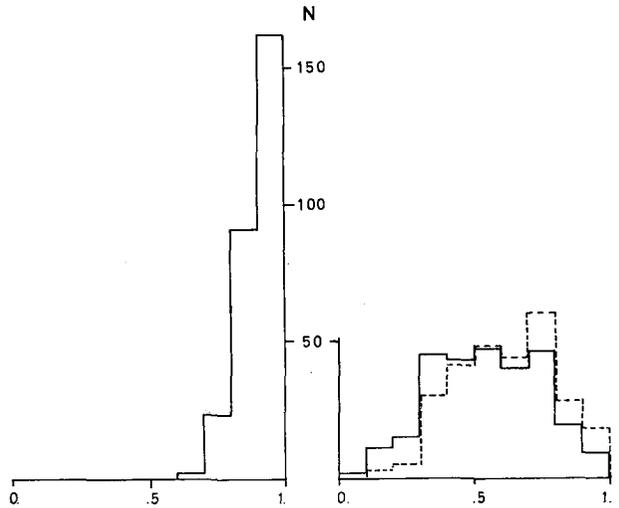
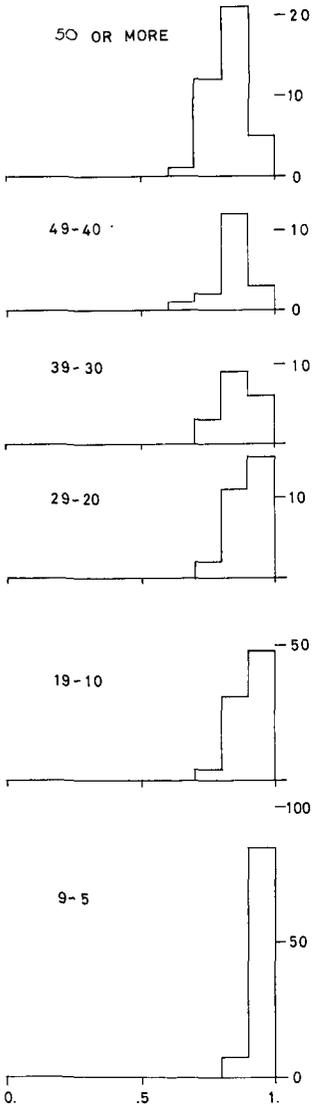
第3表 唯一つの解がえられた地震の数および同時に2個以上の解がえられた地震の数

Table 3. Number of earthquakes with a unique solution and multiple solutions.

| Number of initial motion data | ~50 | 49~40 | 39~30 | 29~20 | 19~10 | 9~5 | total |
|---|-----|-------|-------|-------|-------|-----|-------|
| Number of earthquakes with a unique solution | 35 | 16 | 16 | 23 | 50 | 21 | 161 |
| Number of earthquakes with multiple solutions | 3 | 2 | 2 | 5 | 33 | 71 | 116 |

第3表には唯一つのメカニズム解がえられた地震の数と、同時に2つ以上のメカニズム解

が求められた地震の数を、その初動方向データの全体数による分類を示す。20個以上の初動方向データを伴ったものではそのほとんどの地震に対し唯一つのメカニズム解がえられているが、これより初動方向データの少ない地震ではその大半において同時に2つ以上のメカニズム解が求められている。



第12図 メカニズムに対し満足される初動方向データの割合の頻度分布の比較

Fig. 12. Comparison of the distribution of the ratios of consistency. Left; case of the mechanism for each shock, right: case of the mechanism of the main shock and its modifications.

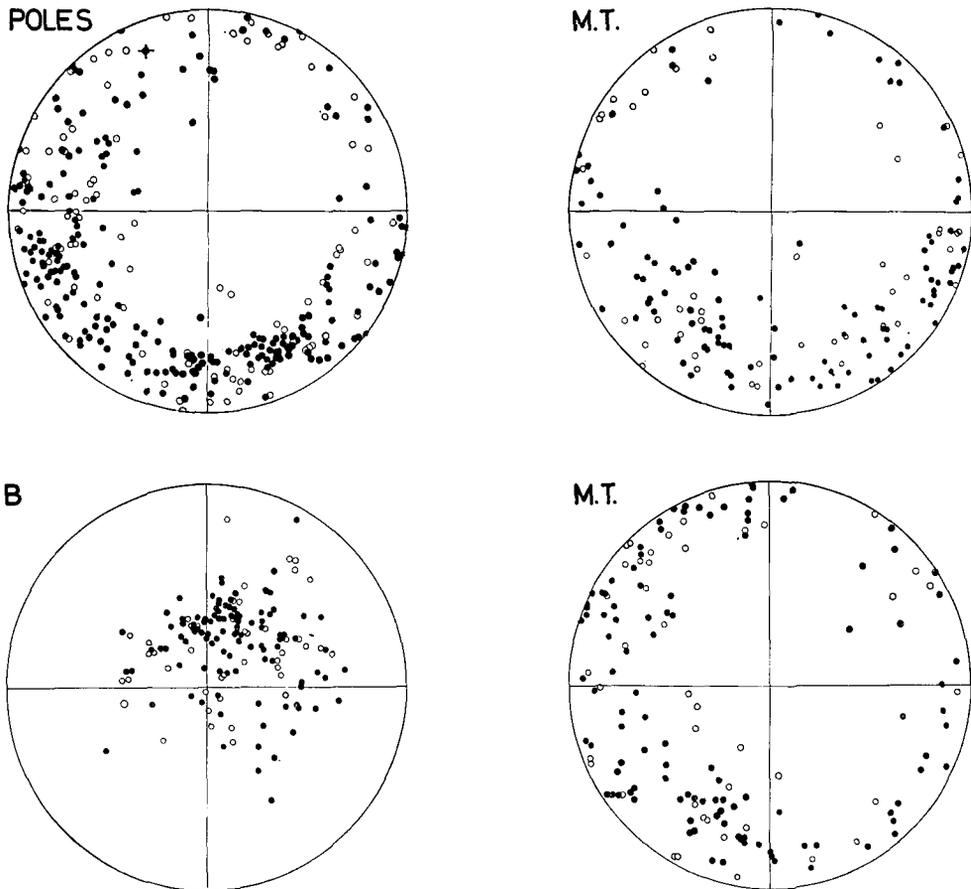
第11図 各余震の筆者のメカニズム解に対し満足される初動方向データの割合の頻度分布

Fig. 11. Frequency distribution of the ratios of the number of initial motion data consistent with the mechanism determined by the author to the total number of initial motion data of each aftershock.

第 11 図には各々の地震において決定されたメカニズム解に対し満足される初動方向データ数の、与えられた全体のデータ数に対する比の値の頻度分布を、その全体数によって分けて示す。それぞれにおいて全ての地震が 0.6 以上の値となっており、とくに 0.8 以上のものは 91% に達している。初動方向データの全体の数によって分布の形に若干のちがいがみられる。即ち初動方向データの全体数が比較的多いものでは 0.8~0.9 にピークをもっているが、データの数が少ないものではそれより高い値のところにピークをもっている。

第 12 図には前章における場合と本章の場合との比較を示す。左の図は筆者によって決定されたメカニズム解に対する場合であり、右図における実線は本震のメカニズム解に対する場合を、破線はそれに变化を許したときのそれぞれのメカニズム解によって説明される初動方向データの、与えられた初動方向データの全体数に対する比の値の頻度分布を表わす。

図において本震のメカニズムおよびこれに変動を許したときの分布には違いはほとんどみ



第 13 図 メカニズム解の focal sphere 上での分布

Fig. 13. Distributions of mechanism elements on the focal sphere. Open circle; earthquake with 40 or more initial motion data, solid circle; earthquake with initial motion data less than 40.

られないが、これらの場合と筆者の決定解に対する場合には著しい違いがみられる。この結果 277 個の地震全体については、それぞれの地震のメカニズム解としては、本震のメカニズムあるいはこれに若干の変化を許した場合のメカニズムをあてるよりも個々の初動分布にもとづいて決定されるべきと考えられる。

3. メカニズム・エレメントについて

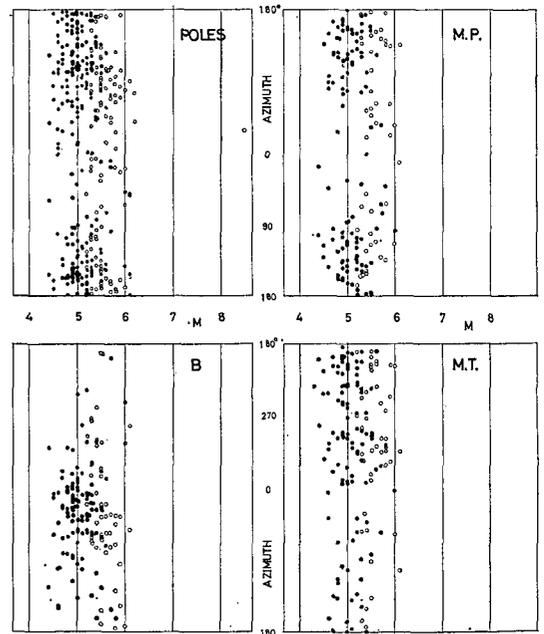
本節では本震と 161 個の余震の各々に唯一決定されたメカニズム解の地震規模、震央位置、地震活動の変化に対する関係をしらべる。2 個以上の解が求められた 116 個の余震についてはそれらの解のうちの一つを選ぶ根拠が与えられていないのでここでは触れない。

第 13 図にはメカニズム・エレメントの focal sphere 上での分布を示す。初動方向データが 40 個以上のものを白丸, 39 個以下のものを黒丸, 本震には (節面の極のみ) 十字を附して示した。

図において初動方向データの全体数による影響はみられない。B 軸が focal sphere 上の中心近くに分布しているのに対し、他のエレメントでは focal sphere の外縁部において全方位に亘って分布している傾向がみられる。4 つのエレメントに共通して非常に広い範囲に亘って分布しているという特徴がある。このような広い範囲に亘るメカニズムの変化は、各々の観測点における初動方向の押し引き別頻度の割合が大体等しいということに対応している。

第 14 図にはそれぞれのエレメントについてメカニズム解の方位のマグニチュードに対する関係を示す。初動方向データが 40 個以上のものを白丸, それ以下のものを黒丸で示した。図においてマグニチュードには関係なく全方位に亘って分布している。これはマグニチュードが凡そ 6 以下のものでは全方位に亘って分布するという前回の結果に対応しているものと思われる。

今回の場合マグニチュードが 6.3 以上の余震は起こってはず、大規模な余震についての前回えられた結果を確認することはできない。また今回の余震域およびその近くに震央をもつ過去の地震で発震機構が知られているものは全くないので、それ



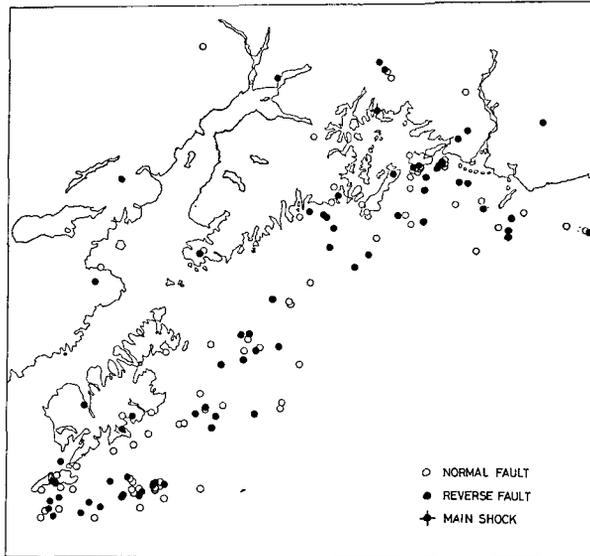
第 14 図 メカニズム解 (方位成分) のマグニチュードに対する関係

Fig. 14. Relation of mechanism orientation (strike component) to the earthquake magnitude. Open circle; earthquake with 40 or more initial motion data, solid circle; earthquake with initial motion data less than 40.

らの地震と比較することもできない。しかしマグニチュードが凡そ6以上の大規模な地震が本震 ($M=8.4$) だけであったということを、余震域全体に直接の影響をもつものが本震だけであらわれ尽したと考えることができる。これはまた本震と最大の余震のマグニチュードの差が普通の場合²⁹⁾に比べやや大きいことから考えられる。

このような考えに立てば、メカニズム解のマグニチュードに対する関係は前回と全く同じように解釈される。即ち地震群の中で本震のような大規模な地震は、その余震域としてあらわれるような広大な地域に亘って作用する造構運動あるいは地球内部からの熱作用³⁰⁾などのプロセスに直接支配されているものであり、一方小規模な地震は余震域内の小領域において、主として大規模な地震の発生によりもたらされる局地的な応力分布の変化、あるいはとり残された応力により発生するものであると考えることができる。このような考えは、小規模な地震の発震機構が本震などの大規模な地震の発震機構と異なること、および小規模な地震の間でも発震機構が異なることの一つの解釈を与えるものである。この場合、発震機構に関し地震群を2つに分けるマグニチュードの値はその地震群の諸性質によりきめられていると思われる。

第15図には震央をその断層型によって分けて示した。正断層を白丸、逆断層を黒丸、本震に十字を附して示した。本研究ではP波初動方向のデータだけでもとづいているので、断層面



第15図 断層型によって分けた震央の分布

Fig. 15. Epicenters classified by the fault type. Open circle; normal fault, solid circle; reverse fault, crossed circle; the main shock.

29) T. UTSU; A Statistical Study on the Occurrence of Aftershocks, *Geophys. Mag.*, **30** (1961), 521-605.

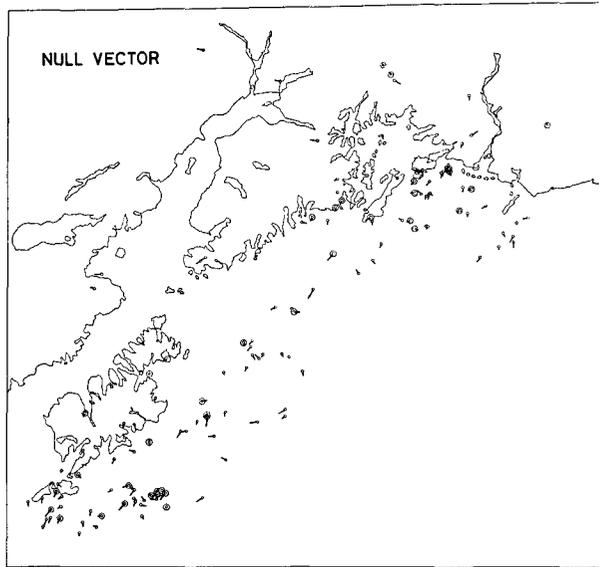
30) 河野芳輝; マントル対流渦内の応力分布と対流によるマントルの攪拌, *地震 II*, **19** (1966), 176-186.

自体を決めることはできないが、focal sphere の中心が節面によって分けられる領域のうち押し
しの領域となるか引きの領域となるかによって断層型を区別する方法をとった。

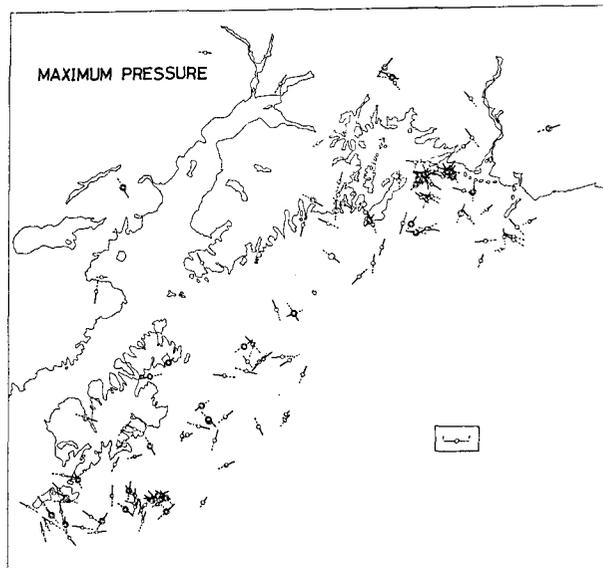
図において正断層と逆断層の震央がかたまっている領域がいくつかみられる。しかしその
大きさ・形・位置は系統性を示してはおらず、また III 章における観測点別にみた押し引き別
の震央分布図に明らかに対応するものでもない。

第 16 図には各々のエレメントについてメカニズム解の空間分布を示す。線長は歪力軸の
水平面上への投影長、実線部分は歪力軸が震源より地表に向う側を、逆のものを破線で示す。

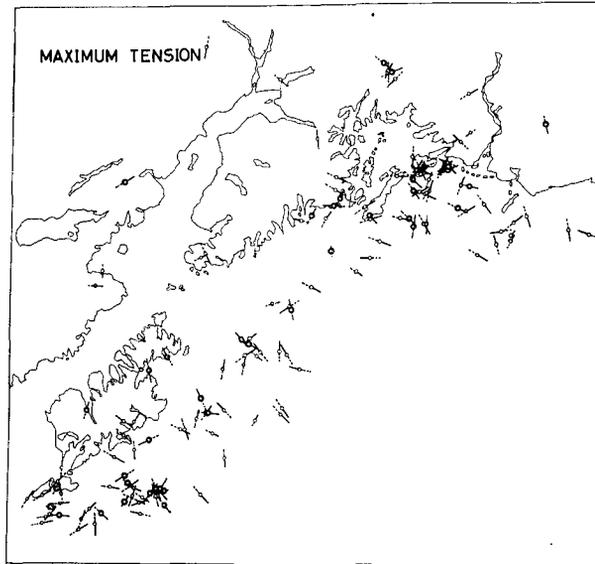
第 16-1 図
Fig. 16-1.



第 16-2 図
Fig. 16-2.



第16-3図
Fig. 16-3.



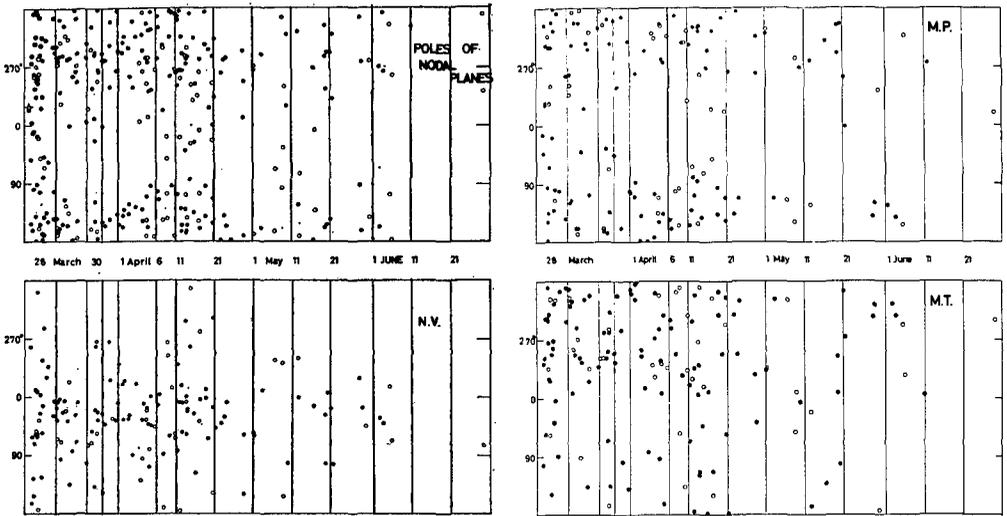
第16図 メカニズム・オリエンテーションの空間分布

Fig. 16. Spatial distribution of mechanism orientations. Length of line segment; projected length on the horizon, solid line; wing rising to the earth's surface from the focus. Double circle; earthquake with 40 or more initial motion data.

BおよびT軸ではそれ程明らかではないが、P軸の場合ほとんど同じオリエンテーションのものがかたまっている区域がいくつかみられる。とくにこの地域の島弧構造の一般的方向に平行なものと直角なものに分けてみるならば、このような傾向は一層明らかである。これらの区域には、第3図の震央分布において、そのまわりとは明らかに区別されるような一つの震央群と対応しているものがある。この結果は個々の地震の発震機構が余震域全体に亘る系統的な分布を示すものでなく、すでに発表された地殻変動ならびに HUENE らによって示された地震エネルギーの分布とも明らかな関係を示すものではない。

また余震域内の3つの区域でみられるように、ほとんど同じ位置に震央をもつものであってもそのメカニズム・オリエンテーションが全く異なっている場合がある。これは各々の地震の発生時における震源での条件(起震歪力)の時間的な複雑さを示すものである。

第17図にはそれぞれのエレメントについてメカニズム解の方位成分の時間的変化を示す。B, T軸および節面の極の場合にはそれ程明らかではないが、P軸の場合本震直後にはほとんど全方位に亘る分布を示しているのに対し、それ以後では南方向にあつまっているという傾向がみられる。このような傾向は前回の1963年エトロフ沖地震の場合にもえられたものである。この結果に対する一つの解釈として本震直後の地震活動がもっとも活発な時期には、余震域内の小領域においてそれぞれの局地的条件に支配された活動が一斉にさかんになりだした時期であると解釈することができる。



第17図 メカニズム解 (方位成分) の時間的变化

Fig. 17. Temporal variation of mechanism orientation (strike component). Open circle; earthquake with 40 or more initial motion data, solid circle; earthquake with less than 40.

VI. STAUDER と BOLLINGER によるメカニズム解に対する比較

今回の地震群のうち本震と 27 個の余震に対して STAUDER と BOLLINGER により発震機構が発表されている。彼らの解は USCGS の WWSS, カナダなどのネットワークの観測点における長周期地震計の記象からの直接の読取りによる P 波初動方向ならびに S 波の polarization angle のデータにより決定されたものである。

筆者と STAUDER らの P 波初動方向データの資料は異なっているので、両者に共通する 21 個の地震についてそれぞれの初動分布ならびにメカニズム解を比較する必要がある。本章では主として P 波初動方向データについてその比較および決定されたメカニズム解の比較, さらには STAUDER らによる S 波 polarization angle のデータを筆者のメカニズム解に対する理論値と比較する。

なお BERG, ALGERMISSEN によってもそれぞれ数個の地震 (余震その他) の発震機構が発表されているが, それらの初動方向データが詳しく示されていないのでここでは触れることはできない。

1. P 波初動方向データの比較

第 4 表には P 波初動方向データの比較を示す。表において左の欄から順に, STAUDER らと筆者の論文における地震番号, 両者の初動方向データの数, その差 (負は筆者の方が少ない場合を表わす) ならびに両者で共通している観測点数, そのうち初動方向が矛盾している観測点の数を示す。

第4表 筆者および STAUDER と BOLLINGER の P 波初動方向データの比較

Table 4. Comparison of the P wave initial motion data used by the author and by STAUDER and BOLLINGER

| Earthquake No. | | Total number of initial motion data | | Difference $N_m - N_s$ | Number of common stations | |
|----------------|----------------|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------|
| Author | STAUDER et al. | Author (N_m) | STAUDER et al. (N_s) | | Total | Number of disagreed stations |
| 4005 | M | 107 | 81 | 26 | 22 | 2 |
| 4183 | 1 | 84 | 41 | 43 | 15 | 1 |
| 4235 | 2 | 80 | 42 | 38 | 9 | 1 |
| 4296 | 3 | 59 | 45 | 14 | 6 | 3 |
| 4332 | 4 | 73 | 56 | 17 | 10 | 2 |
| 4344 | 5 | 52 | 56 | -4 | 4 | 1 |
| 4382 | 6 | 91 | 57 | 34 | 12 | 2 |
| 5165 | 7 | 64 | 53 | 11 | 12 | 5 |
| 5174 | 8 | 74 | 35 | 29 | 8 | 3 |
| 5182 | 9 | 45 | 44 | 1 | 6 | 2 |
| 5195 | 10 | 97 | 59 | 38 | 15 | 2 |
| 5209 | 11 | 70 | 52 | 18 | 8 | 1 |
| 5476 | 12 | 87 | 55 | 32 | 8 | 3 |
| 6096 | 13 | 83 | 46 | 37 | 9 | 1 |
| 6138 | 14 | 91 | 54 | 37 | 11 | 1 |
| 6155 | 15 | 51 | 40 | 11 | 6 | 1 |
| 6264 | 16 | 82 | 52 | 30 | 11 | 2 |
| 7138 | 17 | 58 | 39 | 19 | 5 | 0 |
| 7320 | 18 | 65 | 48 | -17 | 12 | 0 |
| 7444 | 19 | 44 | 59 | -15 | 13 | 0 |
| 8840 | 20 | 45 | 36 | 9 | 4 | 0 |

表において 21 個の地震のうち 18 個の地震では筆者の方が多く、その差は大部分の場合に 20~30 個となっている。残り 3 個の地震では STAUDER らの方が多いが、その差は少ない。このように一般的には筆者の方が多くの初動方向データを集めている。

同じ地震に対し筆者と STAUDER らの場合に共通して初動方向を報告している観測点は非常に少ない。このような観測点数の、筆者あるいは STAUDER らの初動方向データの全体数に対する割合は高々 20~30% にすぎない。これらのうち初動方向が矛盾している観測点は数個にすぎず、それらにはある観測点に限られているということもみられない。

次に各々の地震の初動分布の比較を行なう。STAUDER らのデータに対しては I.S.C. 発表の震央および震源の深さに対する初動分布図を用いる。両者の初動分布の比較からその状況について次の 4 つの形態があげられる。即ち

- (1) 観測点あるいは観測点群について、初動方向がよく一致しているもの。
- (2) focal sphere 上の同じ位置あるいは同じ区域にあって初動方向が全く逆転している

もの。

(3) STAUDER らの場合にはデータがないか、あるいはどちらともきめかねる初動分布となっているのに対し、筆者のデータでは押しあるいは引きの領域かを定めることができるもの。

(4) 両者のそれぞれにおいてあるいは両者に共通して、押し引きの方向が入り混じっておりその領域が押しとみなすべきか、引きとすべきか判然としないもの。

各々の地震においてはこれらの4つのタイプのいくつかが同時にみられる。即ち一つの地震においてある部分では両者のデータに良い対応がみられるが、他のあるところでは全く一致していないというような場合である。このような状況はメカニズム解の違いに直接影響するものである。

これらの初動方向データの2つの面での違いは観測方法あるいは初動部分の検測方法に原因を求めなければならない。しかしながら STAUDER らのデータが長周期地震計からのものであり、筆者の場合にはむしろ短周期成分のものであると思われるが、STEFÁNSSON³¹⁾によればこのような初動部分の周期のちがいによって説明しうるものとは思われない。また同じ地震において共通する観測点のうち初動方向が矛盾している観測点が極めて少ないことは、単なる検測の際のあやまりとして解釈することも適当でないと思われる。現在のところ明確な解釈は下せない。

2. メカニズム解の比較

本節ではそれぞれの初動方向データにもとづいて決定されたメカニズム解の比較と、それらが互いの初動方向データに対する満足の度合いを比較する。この際満足の度合を表わす量としては、そのメカニズム解によって説明されるデータの、与えられた初動方向データの全体数に対する割合を用いる。

本章でとりあげた21個の地震の発震機構は、筆者の初動分布がきわめて整然としたものなのでメカニズムが容易に決められ、V章でのべたようなモデル解を用いる必要はなかった。決定に際し具体的な方法としては STAUDER らによって決定されているメカニズム解が成り立つか否かを検討しつつ、前節で述べたような初動分布のちがいを考慮し試行をくりかえし、与えられた初動方向データのうちもっとも多くを満足するものを以て解とした。

この結果21個のうち14個では唯一つの完全解を、6個では一方の節面だけの解を、残り1個の地震では同時に2つの解が得られた。

第5表には筆者と STAUDER らのメカニズム解の、筆者と STAUDER らのそれぞれのP波初動方向データに対する満足の割合の比較を示す。

STAUDER らによって得られたメカニズム解に対する場合、彼ら自身のデータに対しては大部分の地震が0.9以上であり、全ての地震が0.7以上となっている。一方筆者のデータに対

31) R. STEFÁNSSON; Methods of Focal Mechanism Studies with Application to Two Atlantic Earthquakes, Tectonophysics, 3 (1966), 209-243.

第5表 筆者および STAUDER と BOLLINGER のメカニズム解に対する、
両者の P 波初動方向データの満足する割合の比較

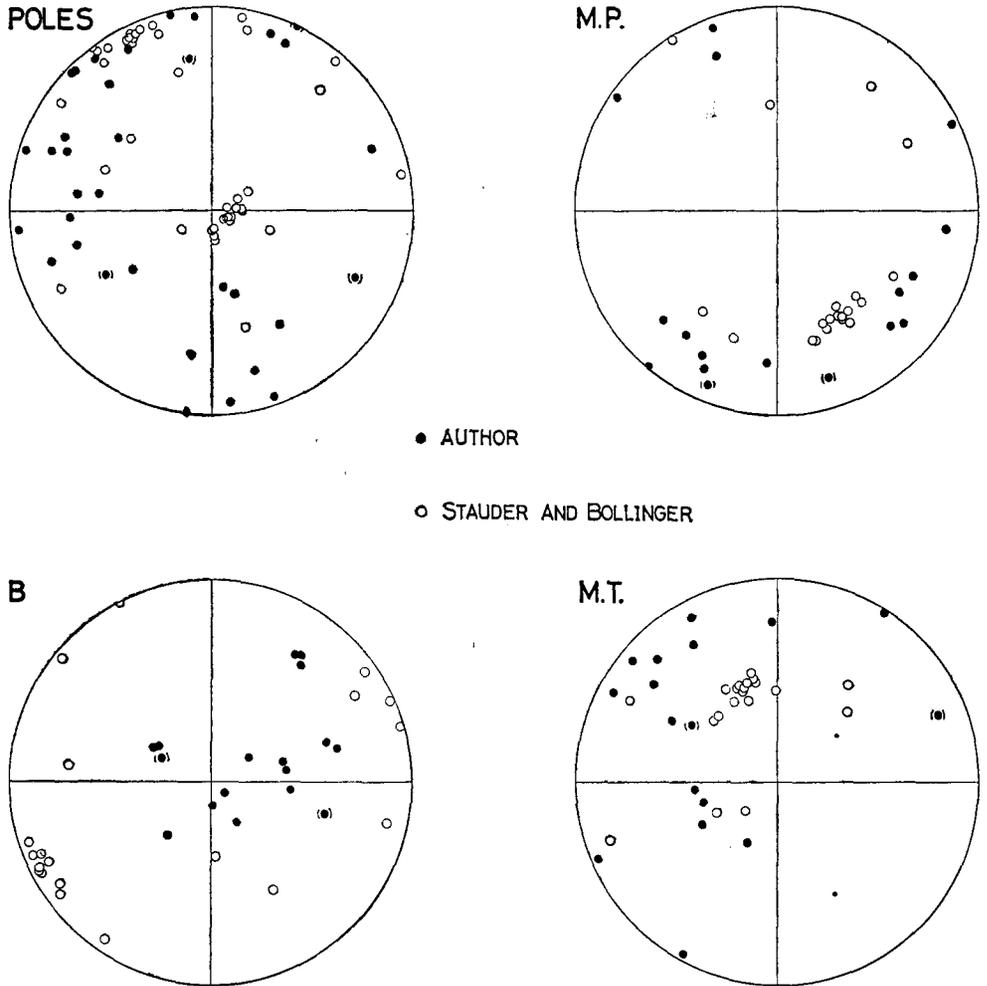
Table 5. Comparison of consistent ratios (proportions which consist with the mechanism solution) of initial motion data of the author and of STAUDER and BOLLINGER.

| Earthquake No. | | Case of STAUDER and BOLLINGER's solution | | Case of the author's solution | |
|----------------|----------------|--|---------------|-------------------------------|------------------|
| Author | STAUDER et al. | STAUDER & BOLLINGER's data | Author's data | STAUDER & BOLLINGER's data | Author's data |
| 4005 | M | 1.00 | 0.80 | 0.91 | 0.86 |
| 4183 | 1 | 0.95 | 0.65 | 0.78 | 0.71 |
| 4235 | 2 | 0.79 | 0.85 | 0.83 | 0.90 |
| 4296 | 3 | 0.80 | 0.54 | 0.42 | 0.80 |
| 4332 | 4 | 0.95 | 0.63 | 0.89 | 0.71 |
| 4344 | 5 | 0.93 | 0.52 | 0.91 | 0.75 |
| 4382 | 6 | 0.97 | 0.83 | 0.90 | 0.87 |
| 5165 | 7 | 0.79 | 0.56 | 0.60 | 0.67 |
| 5174 | 8 | 0.91 | 0.68 | 0.80 | 0.78 |
| 5182 | 9 | 0.93 | 0.69 | {0.87} {0.55} | {0.82} {0.82} |
| 5195 | 10 | 0.93 | 0.90 | 0.88 | 0.92 |
| 5209 | 11 | 0.92 | 0.76 | 0.75 | 0.89 |
| 5476 | 12 | 0.95 | 0.77 | 0.87 | 0.83 |
| 6096 | 13 | 1.00 | 0.83 | 0.96 | 0.86 |
| 6138 | 14 | 0.98 | 0.84 | 0.96 | 0.89 |
| 6155 | 15 | 0.98 | 0.67 | 0.65 | 0.80 |
| 6264 | 16 | 0.96 | 0.81 | 0.52 | 0.87 |
| 7138 | 17 | 0.92 | 0.79 | 0.74 | 0.86 |
| 7320 | 18 | 0.98 | 0.77 | 0.92 | 0.88 |
| 7444 | 19 | 0.80 | 0.82 | 0.86 | 0.86 |
| 8840 | 20 | 0.97 | 0.76 | 0.92 | 0.82 |

しては 0.5~0.9 の低い値となっており、全ての地震が 0.9 以下となっている。

筆者の決定したメカニズム解に対する場合、筆者のデータに対してはよく満足されているが、STAUDER らのデータに対しては良い割合となっているものもあるが低い値となっているものもある。

第 18 図にはそれぞれのエレメントについて、メカニズム解の focal sphere 上での比較を示す。STAUDER らによるものを白丸、筆者によるものを黒丸で示す。括弧を附したものは同時に 2 個の解が得られたものを示す。主圧力軸 (P 軸) と主張力軸 (T 軸) では両者の解はほとんど同じ領域に分布して大体一致していると思われる。しかし B 軸と節面の極には大きな違いがみられる。全てのエレメントに共通して、STAUDER らの場合には一点のまわりに集中した分布を示しているのに対し、筆者の場合には広い範囲に亘って分布している傾向がみられる。



第18図 筆者および STAUDER と BOLLINGER によって決定されたメカニズム解の focal sphere 上での比較

Fig. 18. Comparison of the mechanism orientations by the author and by STAUDER and BOLLINGER on the focal sphere.

次には各々の地震に対する両者のメカニズム解の違いを STAUDER の方法³²⁾によって量的にしらべる。彼は一つの地震に対しメカニズム解がいくつか発表されている場合をとりあげ、それぞれの解のメカニズム・エレメントの focal sphere 上での角距離の平均 (average angular separation と称している) を以ってメカニズム解の違いを表わし、さらにこの値によって5つの分類を行なっている。

第6表には STAUDER によって提唱された5つのクラスに対する頻度を示す。ここで一方の節面しか得られなかったものに対しては、その節面の極についての角距離をそのまま用いて

32) W. STAUDER; A Comparison of Multiple Solutions of Focal Mechanisms, B.S.S.A., 54 (1964), 927-937.

第6表 “average angular separation” の分布

Table 6. Frequency distribution of “average angular separations” between the author's and STAUDER and BOLLINGER's solutions.

| STAUDER's criterion | Range (°) | Number of earthquakes |
|---------------------|--------------|-----------------------|
| excellent | 0~10 | 1 |
| good | 10~20 | 4 |
| fair | 20~35 | 5 |
| poor | 35~50 | 2 |
| no agreement | 50~90 | 9 |

ある。また同時に2つの解が得られたものでは上表の分類での違いはない。

表において10個の地震ではメカニズム解の一致がみられるが、11個の地震ではその違いを認めなければならない。

3. S波 polarization angle についての比較

ここでは筆者の決定したメカニズム解が STAUDER らによって示された S 波の polariza-

第7表 筆者のメカニズム解の S 波 polarization angle の比較

Table 7. Mean deviation of S-wave polarization angles from the radiation patterns reduced for the mechanism solution by the author.

| Earthquake No. | Number of data | Focal model | | |
|----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|
| | | Type I-a | Type I-b | Type II |
| 4183 | 30 | 27.0 | — | — |
| 4235 | 40 | 23.3 | — | — |
| 4296 | 38 | 18.8 | 63.1 | 51.0 |
| 4332 | 35 | 11.4 | 71.2 | 27.7 |
| 4344 | 39 | 27.5 | 59.3 | 46.5 |
| 4382 | 43 | 65.6 | 42.5 | 51.9 |
| 5165 | 42 | 41.6 | 59.1 | 20.2 |
| 5174 | 30 | 56.3 | 29.9 | 44.4 |
| 5182 | 38 | {35.8} {70.5} | {60.7} {20.5} | {34.4} {54.9} |
| 5195 | 50 | 37.0 | 59.6 | 42.2 |
| 5209 | 45 | 23.3 | 66.5 | 41.1 |
| 5476 | 44 | 47.8 | 37.2 | 54.8 |
| 6096 | 39 | 20.6 | — | — |
| 6138 | 47 | 24.5 | — | — |
| 6155 | 41 | 53.4 | 33.1 | 60.0 |
| 6264 | 33 | 61.2 | 28.0 | 42.5 |
| 7138 | 35 | 25.7 | 63.4 | 34.4 |
| 7320 | 55 | 32.2 | 66.9 | 36.2 |
| 7444 | 43 | 21.5 | — | — |
| 8840 | 14 | 22.6 | 69.3 | 9.7 |

tion angle のデータに対する満足の度合をしらべる。

第7表には筆者の決定したメカニズム解からえられる三つの震源モデル——2つの type I モデルと type II モデル——の S 波 polarization angle の計算値と STAUDER らによって示された値の差の平均値を示す。表では 20 個の余震のみを示した。全般的には一致が悪いと思われる値となっているが、それぞれの地震において3つのモデルのうちどれかについては比較的満足すべき値となっている。

以上のような 21 個の地震についての、STAUDER と BOLLINGER および筆者の P 波初動方向データ、メカニズム解および S 波 polarization angle のデータに対し、大部分の地震ではよい一致がみられるが、いくつかの地震では一致は認められない。

本章で示された違いは、その基づく資料の違いおよびメカニズムの決定方法の違いに原因を求めらるべきと思われる。

VII. 結 論

1964 年アラスカ地震群について世界各地の観測点における P 波初動方向の資料により次のような結果を得た。

1) 地震群の各観測点別にみた、初動方向データの押し引き別頻度の割合はほとんどの観測点において大体同じである。このことから各々の地震の発震機構は、その程度についてはさしておいて、互いに変化していると考えられる。

2) いくつかの観測点において観測された初動方向の異なりは、その地震規模、震央位置、地震活動の変化に関係をもっている。即ちマグニチュードが小さくなるにつれ、また本震直後の地震活動がもっとも活発なときには押しと引きのものが共にふえている。また余震域内にあって初動方向が同じ地震の震央がかたまっている区域がいくつかみられる。

3) 各々の地震の初動分布を本震の発震機構と比較した結果、余震の中には本震と同じ発震機構をもつと思われるものはきわめて少なく、大部分の余震は発震機構が本震と異なっていると考えるを得ない。

4) 本震の発震機構に若干の変化を許しその範囲内においてもっとも多くの初動方向データを満足するときの比較の結果、大部分の余震において本震のメカニズム解を少し変えただけでは初動分布に対する満足の度合を改善することはできない。即ちこのときの初動方向データのそのメカニズム解によって説明されるものの全体数に対する比の値は前項の場合とほとんどかわらない。

5) 本震と 276 個の余震のメカニズム解は、それぞれのエレメント別の focal sphere 上での分布において、広い範囲に亘って変化している。またこの分布においてメカニズム・エレメントによって系統的な違いがみられる。即ち主圧力軸・主張力軸はほとんど水平に近いが、null vector は大体鉛直となっている。

6) 各々の余震のメカニズム解の変化は地震規模、震央位置、地震活動の変化に関係をもっている。

(i) マグニチュードが凡そ6以下の余震のメカニズム・オリエンテーションは広い範囲に亘って変化している。

(ii) メカニズム・オリエンテーションの空間分布ならびに断層型によって分けた震央の分布から、余震域内には発震機構が大体同じものがかたまっているブロックがいくつかみられる。この傾向はその発震機構を、余震域の属する島弧構造の一般的方向に平行なものと直角なものに分けて考えられる。

またほとんど同じ位置に震央をもつ地震において、発震機構が全く異なっている場合があり、地震群の中の個々の地震の発生過程に時間的な複雑さを考慮する必要が示されている。

(iii) メカニズム・オリエンテーションの時間的分布の変化から主圧力軸 (P 軸) の場合、本震直後の地震活動が活発なときには全方位に亘る分布を示しているのに対し、その後の地震活動が静まるにつれ比較的一定の方位におちつく傾向がみられる。

7) 筆者および STAUDER と BOLLINGER が共通して発震機構を求めている 21 個の地震について P 波初動方向、S 波 polarization angle のデータおよびメカニズム解の比較の結果、多くの地震では一致がみられたが、いくつかの地震では一致していないと思われる。

以上の結果は本地震群の発震機構についての STAUDER と BOLLINGER の結果とは全く異なるものである。彼らは1個の例外を除いて各々の地震の発震機構を、この余震域の属する島弧構造あるいはその一般的方向に平行な走向をもつ断層運動、および地震々源の alignment に関連づけて説明している。今回筆者の得た結果では STAUDER らの結果を小規模な数多くの余震にまで拡張することができず、むしろ彼らの結果はなりたっていないと考えられる。

今回の結果は前回の 1963 年エトロフ沖地震群の場合とほとんど同じものである。この2つの論文とこれまでの多くの研究者による結果から地震群の発生に関する一側面について次のような考えが試みられる。

これまでの一般論として、余震などを含め個々の地震の発生のメカニズムはその地域全体に長年代に亘って働りかけている造構作用あるいは断層運動のメカニズムと同等化して考えられてきた。筆者の前回と今回の論文における結果はそのような考え方の限界を示すものである。即ち発震機構に関し、大規模な地震と小規模な地震とは分けられること、余震域内にいくつかの局地的なブロックが形成されること、地震活動が活発なときと活動が静まるにつれメカニズム解の分布にちがいがみられることなどは、地震群の他の性質と共に、発震機構の解釈に新しい可能性を与えるものである。これらは個々の地震の発生のメカニズムがその震源での局地的条件そのものに直接支配されていることを示している。

一方このような解釈は地震群に関する他の性質からも考えられる。個々の地震の震源はそれほど大きなものではないこと³³⁾、震央あるいは地震エネルギーについて余震域内に活動が集中している傾向があること³⁴⁾、活動域が移動あるいは拡大すること³⁵⁾、さらには同じ地体構造に支配されている地域内にあっても余震域の広がりには限界がありその地域のなかでも地震の起こらない区域があることなどがあげられる。

謝 辞

計算には北大計算センターの NEAC 2203 G を用いた。

本研究において終始御指導と御激励を戴いた宇津徳治先生ならびに横山泉先生に心からの謝意を申し上げます。

7. Focal Mechanism of the 1964 Alaska Earthquake Sequence

By Tadashi MAKI

(Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University)

The mechanisms of the 1964 Alaska (Prince William Sound) earthquake sequence have been investigated, using the data of P-wave initial motion directions from many seismic stations in the world during the period from March 28 to June 30, 1964. Main results are summarized as follows.

(1) At 99 stations with twenty or more initial motion data, proportions of frequencies of the compressional and dilatational initial motions are nearly equal. This can be considered as due to the variety of the mechanism.

(2) Characters of initial motion directions at some stations seem to have relations to the earthquake magnitude, the location of epicenter and the temporal variation of the seismic activity of the earthquake sequence. Both directions of initial motion are observed at each station in a lower range of the earthquake magnitude and at the most active stage immediately after the main shock. In the aftershock region there seem to be some "blocks" including epicenters with the same direction of initial motion at certain stations.

(3) Distributions of initial motion directions on the focal sphere have been compared with the mechanism solution (uni-nodal-plane solution) for the main shock obtained by the author. Most of 276 aftershocks with five or more initial motion data are not considered to be consistent with the solution of the main shock.

33) K. KASAHARA; The Nature of Seismic Origins as Inferred from Seismological and Geodetic Observations (1), B.E.R.I., **35** (1957), 473-532.

34) 山川宜男; 前出 8).
R. PAGE; 前出 8).
R. HUENE et al.; 前出 17).

35) K. MOGI; 前出 8).
K. MOGI; 前出 9).

(4) Allowing variations of the angular separation up to 20 degrees from the pole of the nodal plane of the main shock, the same comparison have been made. Such small variations of the pole do not improve the proportions of initial motion data consistent with the mechanism of the main shock.

(5) For the 276 aftershocks most likely mechanism solutions have been searched by two methods; one is the method of selection from the 216 "model solutions" whose stress axes (pressure and tension) distribute systematically on the focal sphere and the other is a trial-and-error method.

For 160 aftershocks out of the 276 ones mechanism solutions have been obtained uniquely for each. The stress axes and poles of nodal planes for these 160 aftershocks distribute over a wide region on the focal sphere. Among the mechanism elements, the principal axes of the pressure and tension are nearly horizontal, but the axes of the null vector are nearly vertical.

(6) Mechanism solutions seem to have the following relations to the focal data.

(i) Mechanisms of aftershocks with magnitude less than about 6 vary widely.

(ii) In the aftershock region there seem to exist some "blocks" in which earthquakes have approximately the same mechanism. These blocks are characterized roughly by the two types of the mechanism whose stress axes are parallel and normal to the general trend of the island arc structure. On the other hand, there are some earthquakes having the same epicentral location but quite different mechanism solutions.

(iii) The axes of the maximum pressure and null vector seem to be more variable at the most active stage immediately after the main shock.

(7) The mechanisms of the 21 earthquakes of this sequence were published commonly by W. STAUDER and G. A. BOLLINGER. They interpreted the mechanism solutions by relating to the fault or tectonic movements and the alignment of the foci. This interpretation seems to contrast with the results obtained by the author.

The author's results lead to a conclusion that the mechanisms of smaller earthquakes are governed by the local conditions at the foci, and that the mechanisms of most aftershocks are not interpreted by the mechanisms connected with the large-scale fault or tectonic movements.

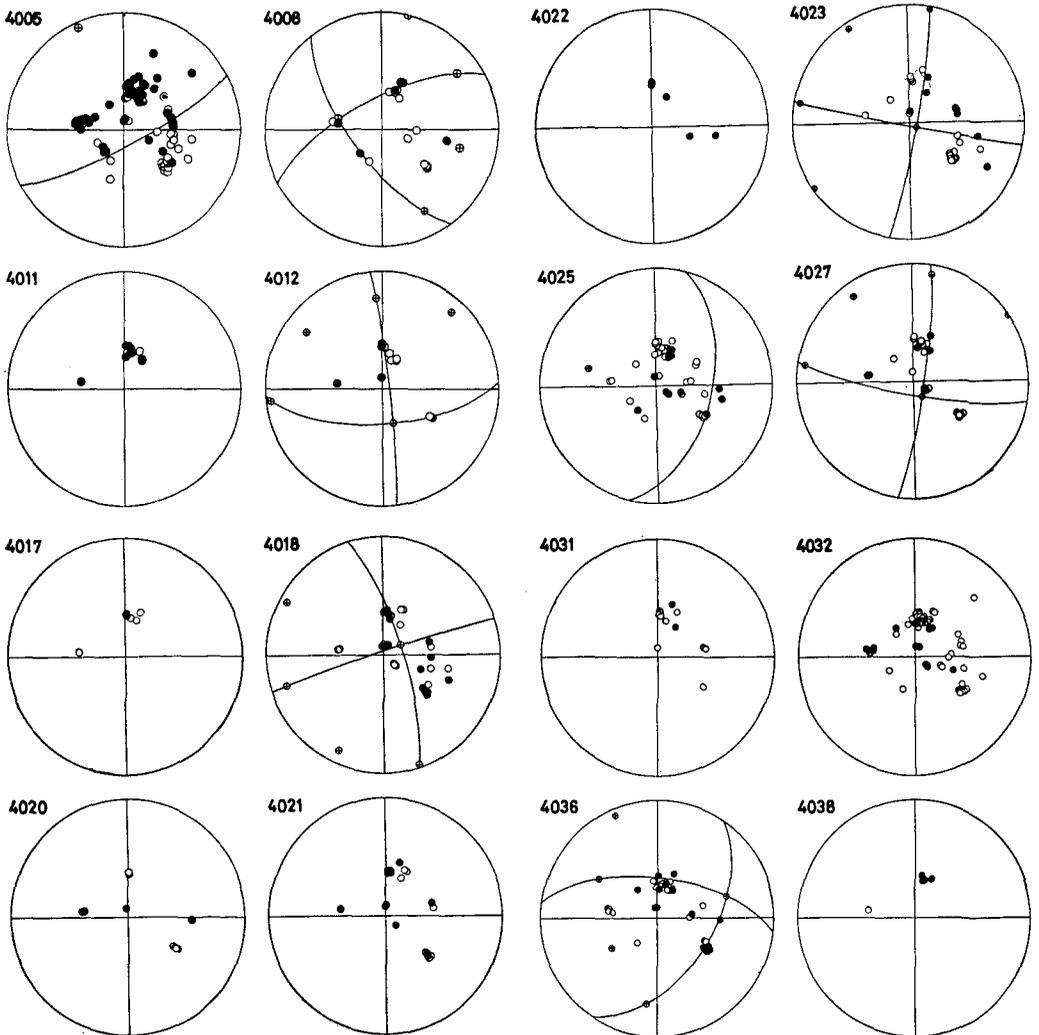
P-wave initial motion data, the mechanism solutions and the S-wave polarization angles after the both authors for many of the 21 earthquakes show consistence, but for some of them they are not consistent.

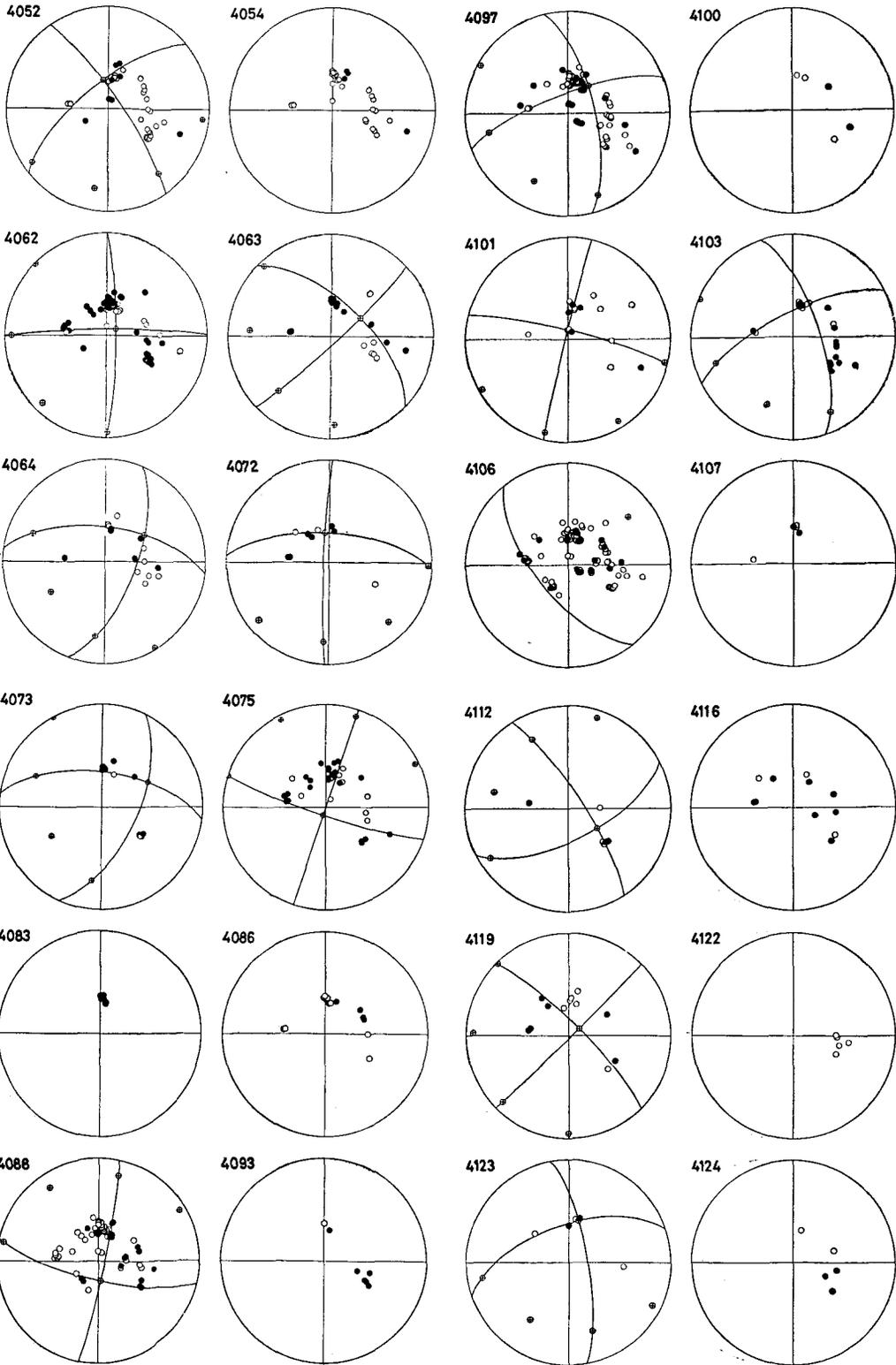
附録 初動分布とメカニズム解 (等面積投影図)

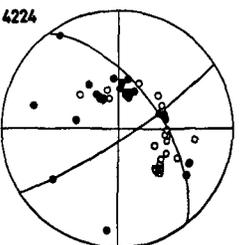
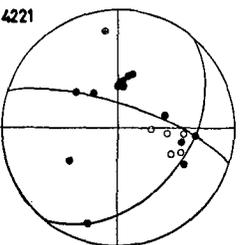
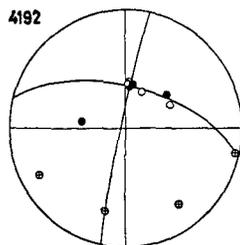
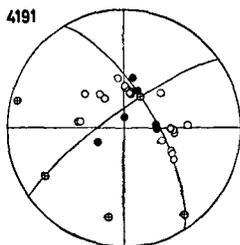
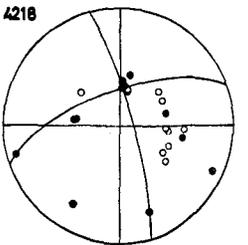
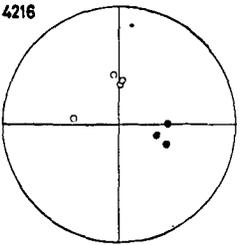
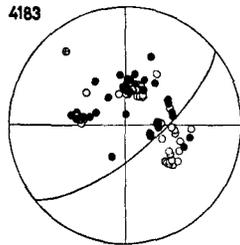
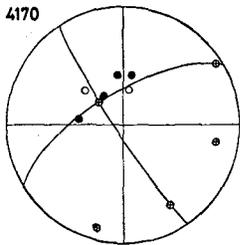
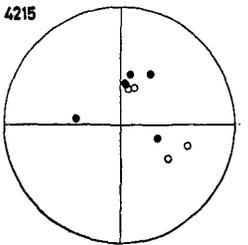
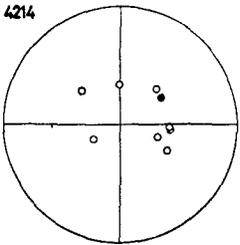
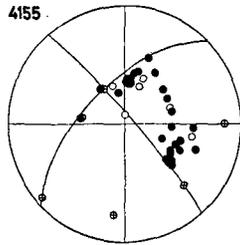
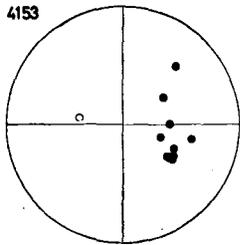
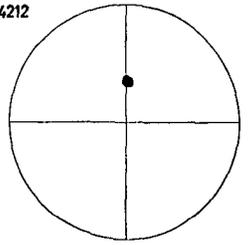
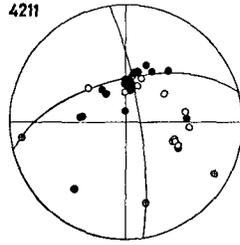
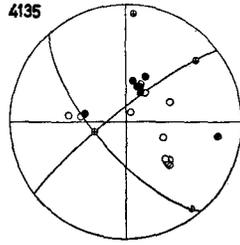
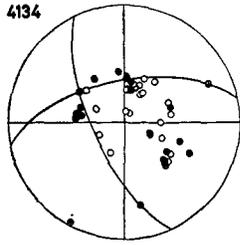
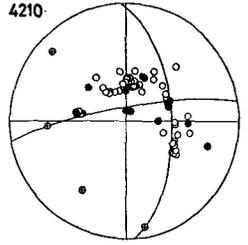
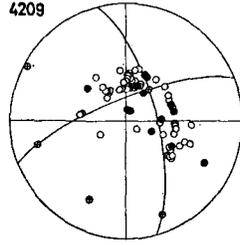
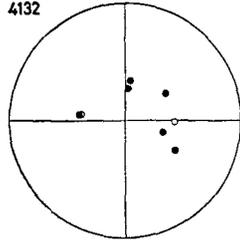
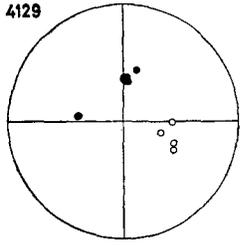
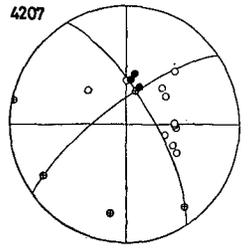
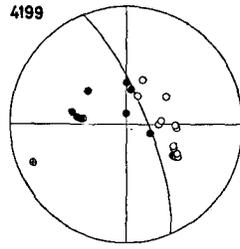
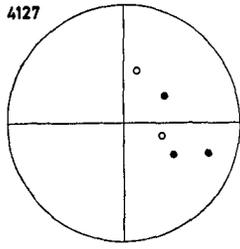
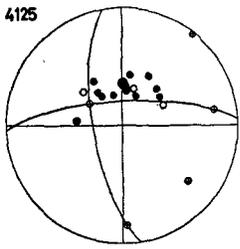
Appendix. Distributions of initial motion data and mechanism diagrams (equal area projection).

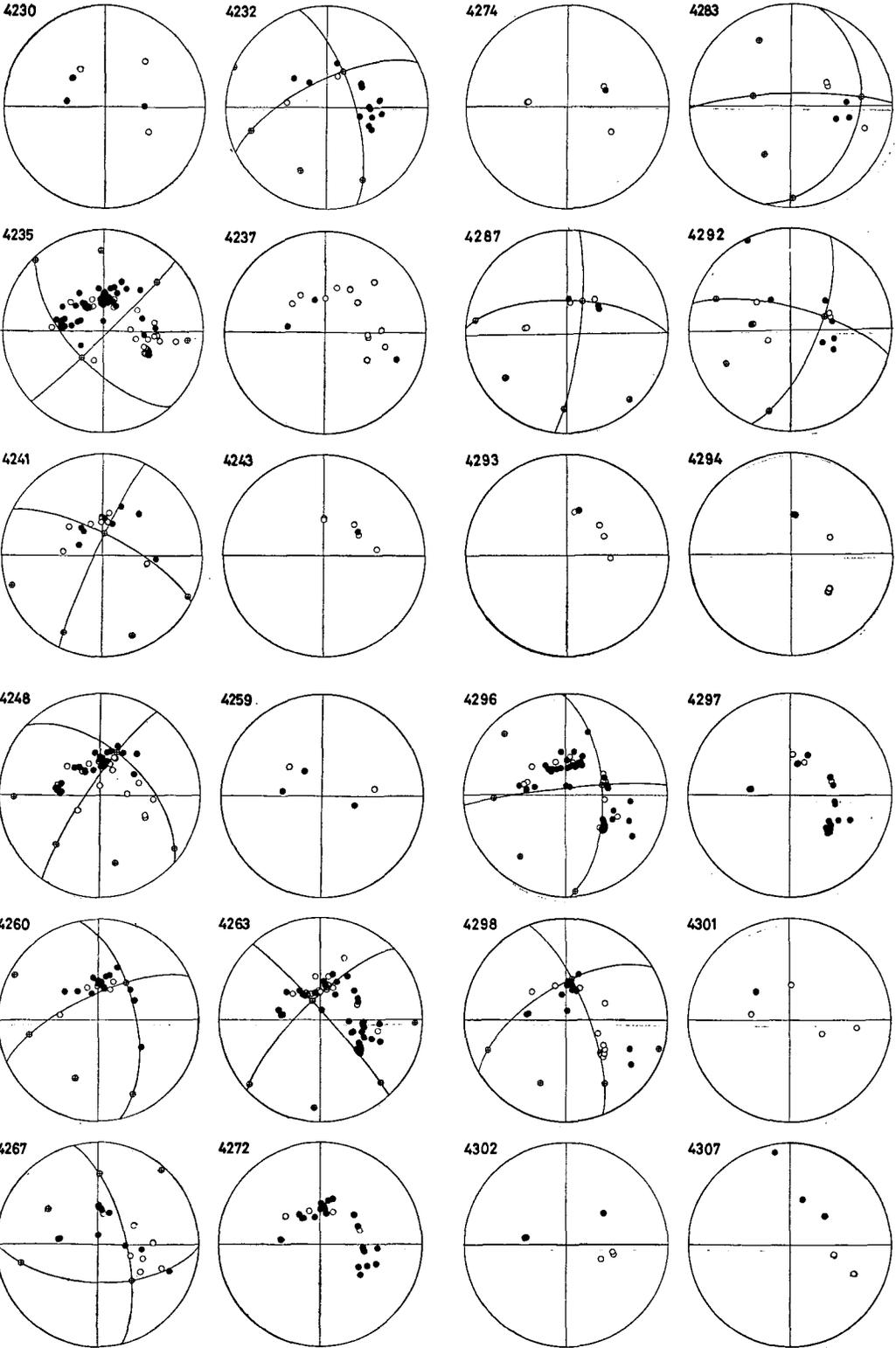
Open circle: dilatation, solid circle: compression,
crossed circle: stress axis and pole of nodal plane,
great circle: nodal line.

No. 4005: the main shock.

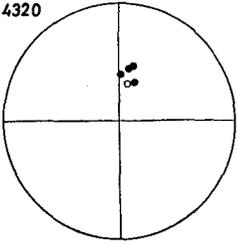




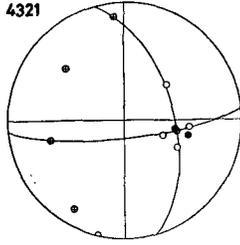




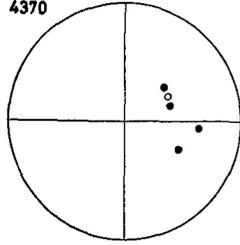
4320



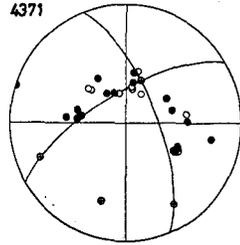
4321



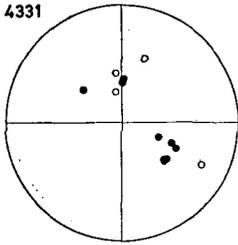
4370



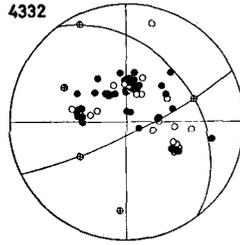
4371



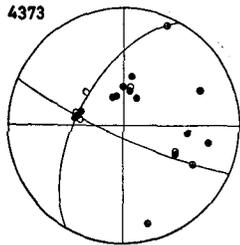
4331



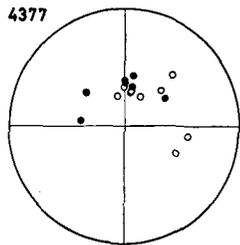
4332



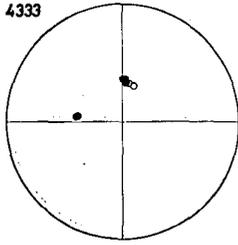
4373



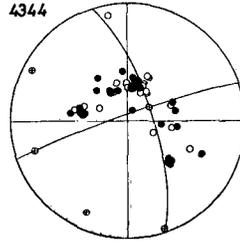
4377



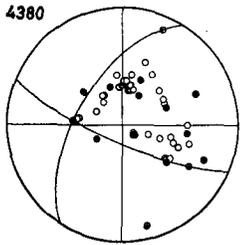
4333



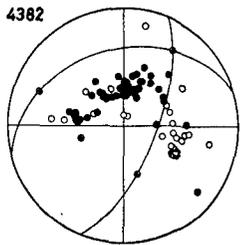
4344



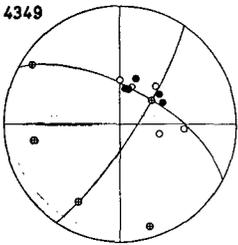
4380



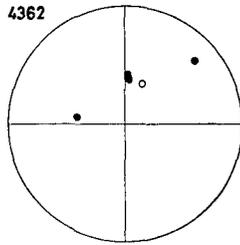
4382



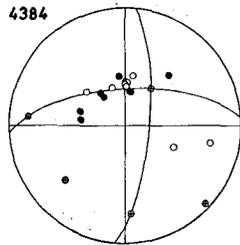
4349



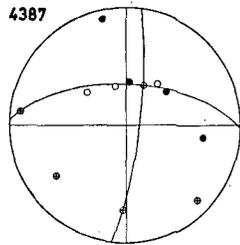
4362



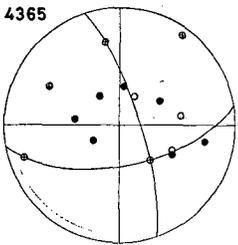
4384



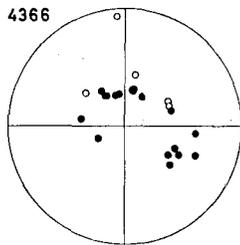
4387



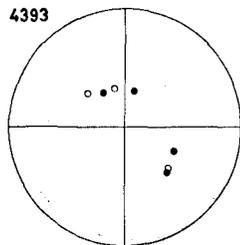
4365



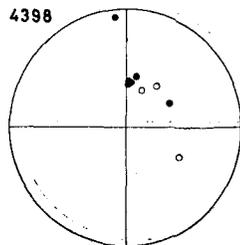
4366



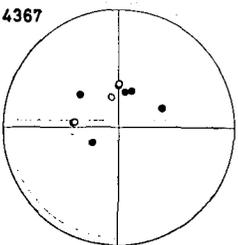
4393



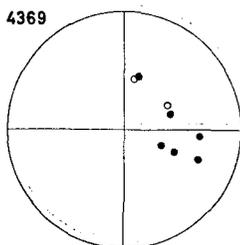
4398



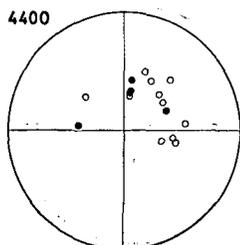
4367



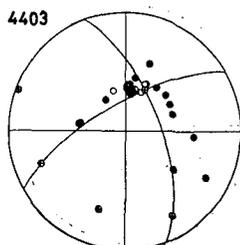
4369

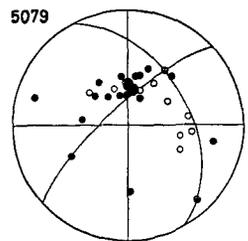
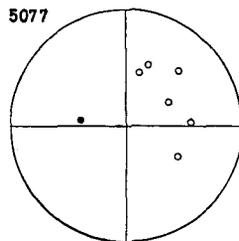
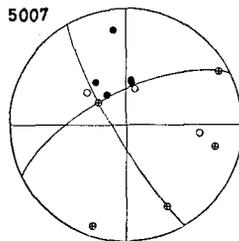
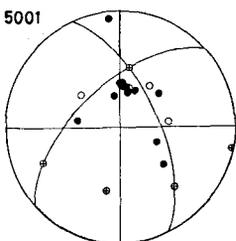
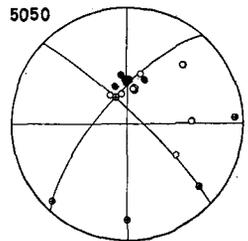
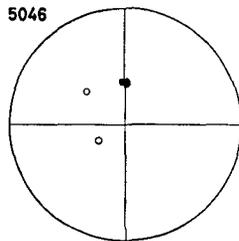
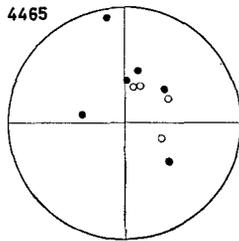
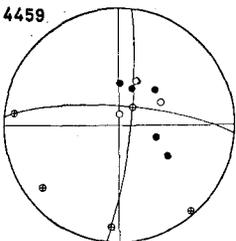
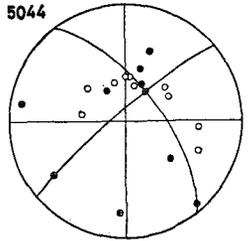
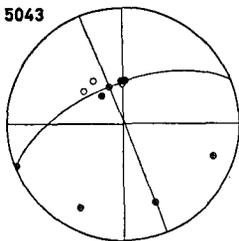
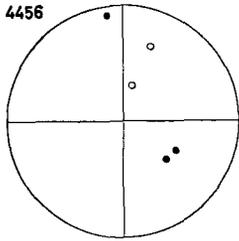
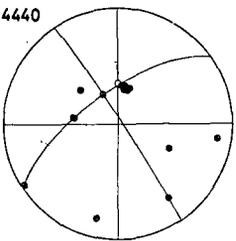
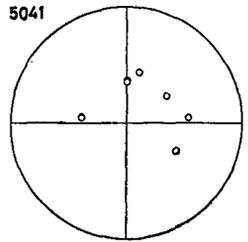
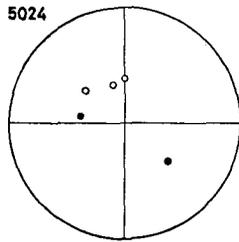
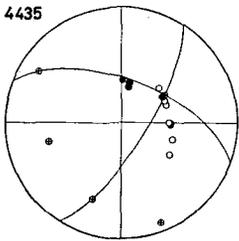
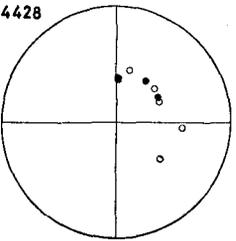
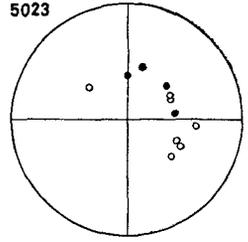
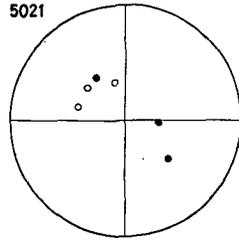
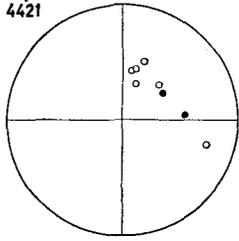
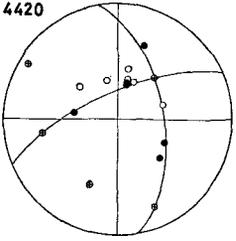
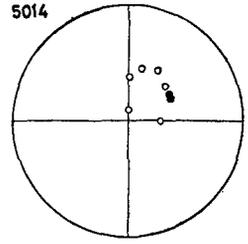
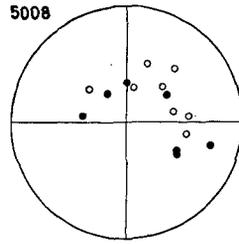
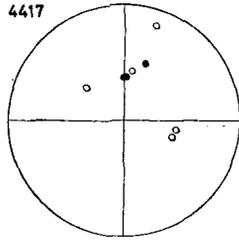
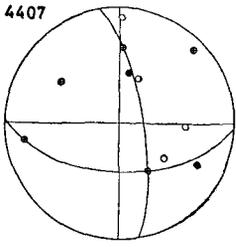


4400

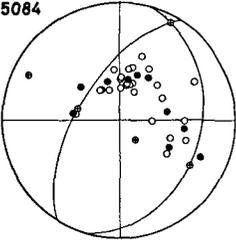


4403

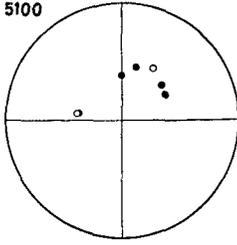




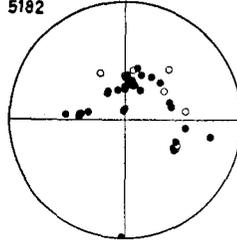
5084



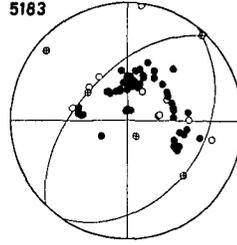
5100



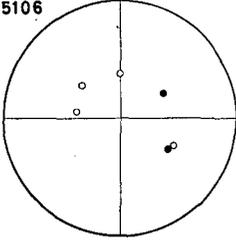
5182



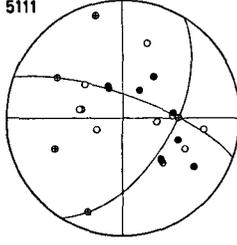
5183



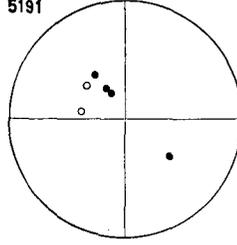
5106



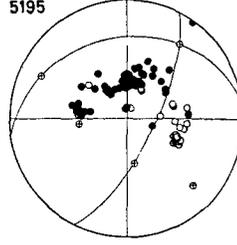
5111



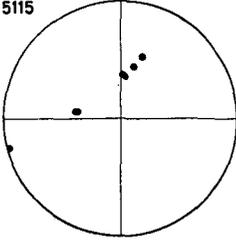
5191



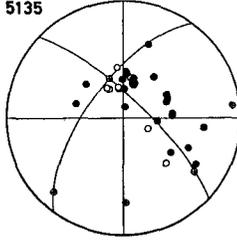
5195



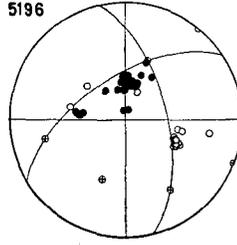
5115



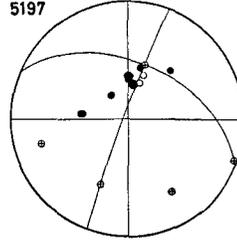
5135



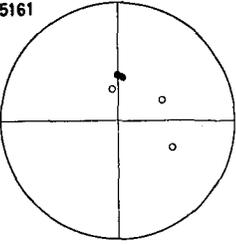
5196



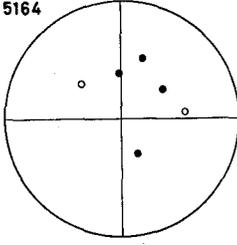
5197



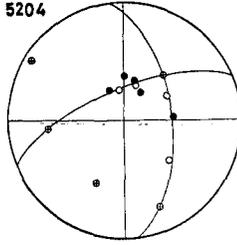
5161



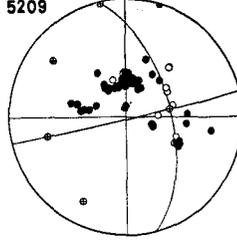
5164



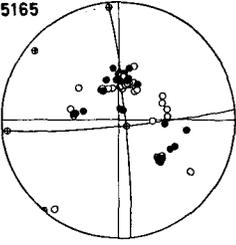
5204



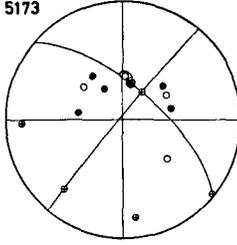
5209



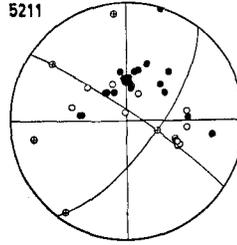
5165



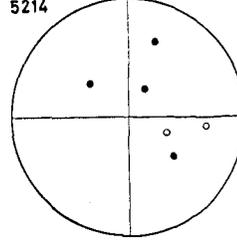
5173



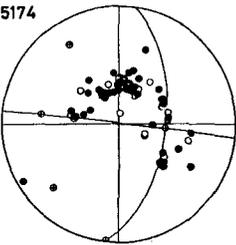
5211



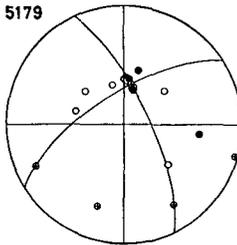
5214



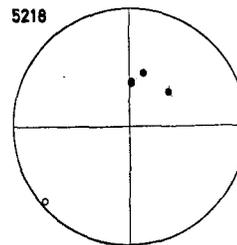
5174



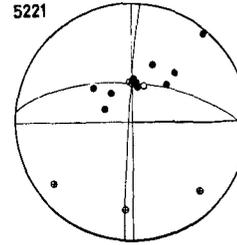
5179

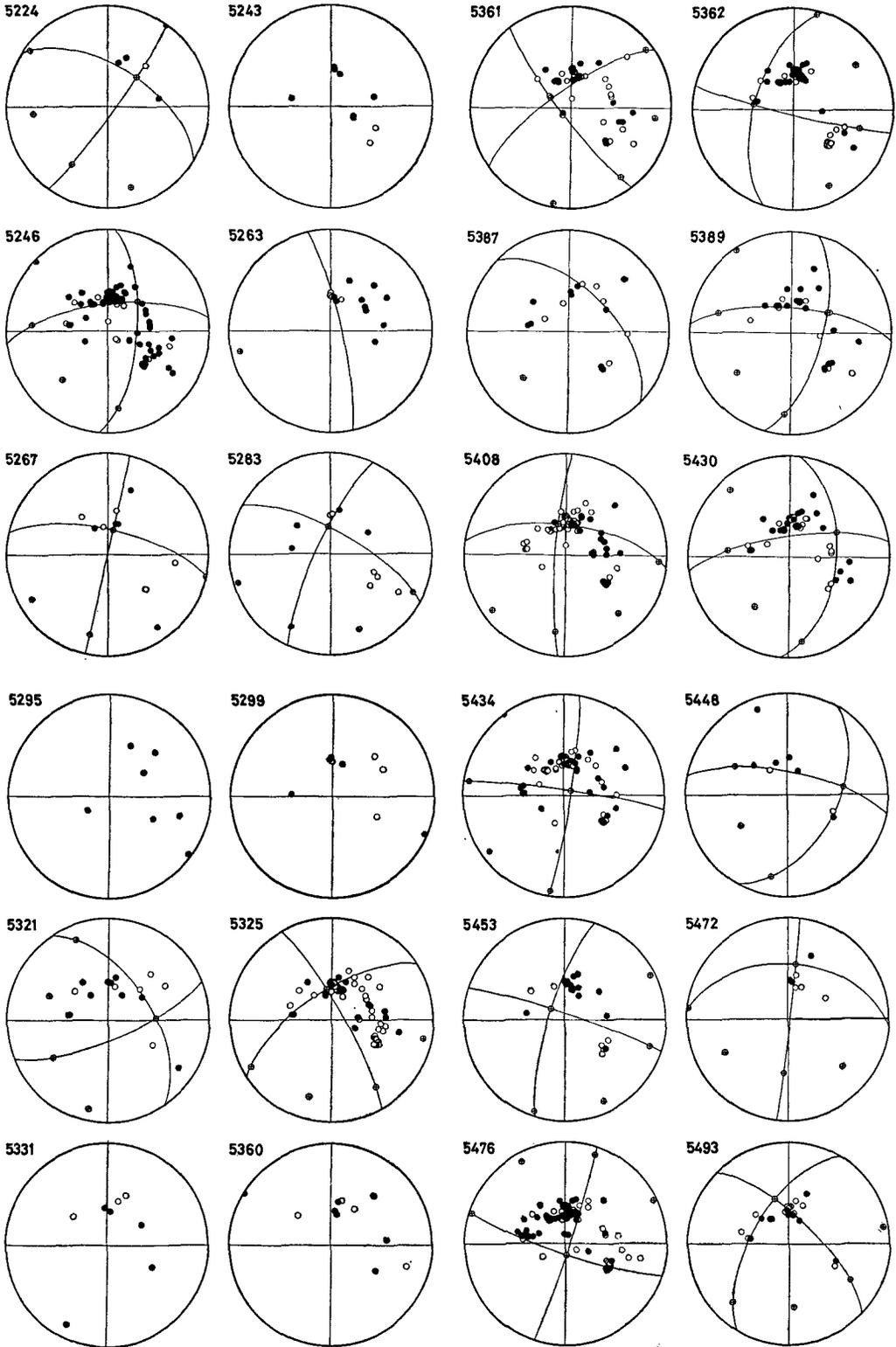


5218

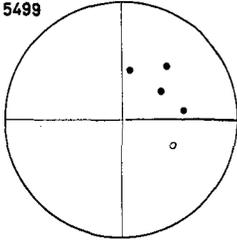


5221

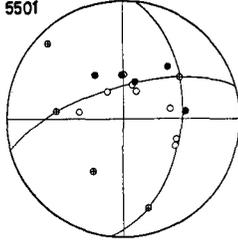




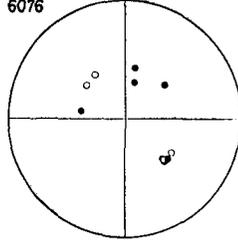
5499



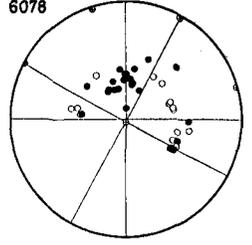
5501



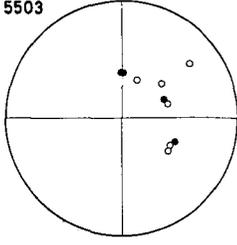
6076



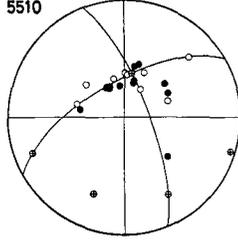
6078



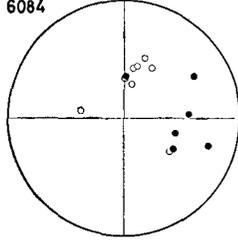
5503



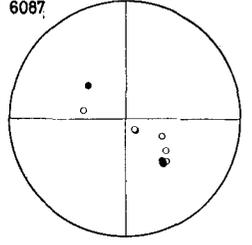
5510



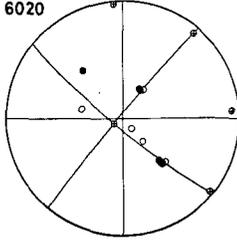
6084



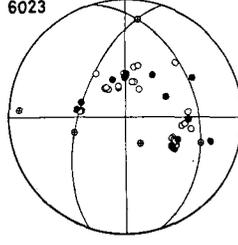
6087



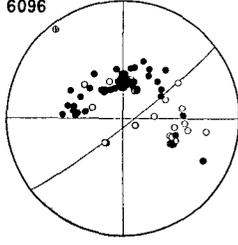
6020



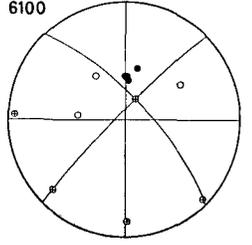
6023



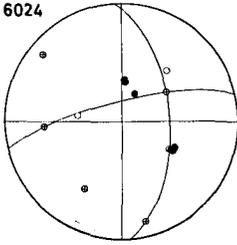
6096



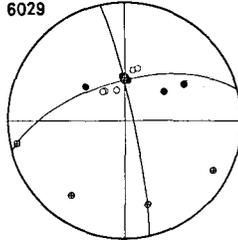
6100



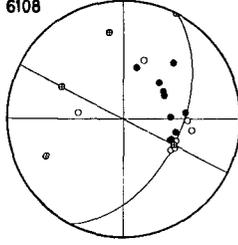
6024



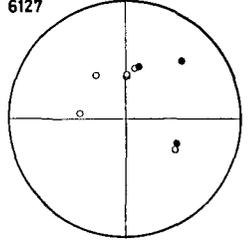
6029



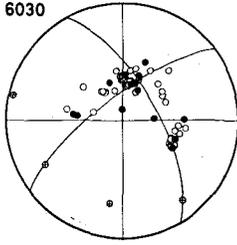
6108



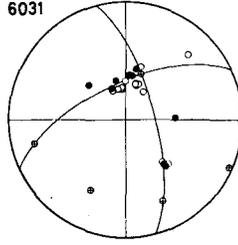
6127



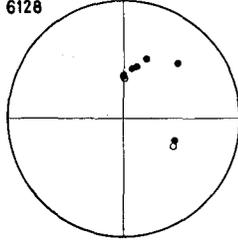
6030



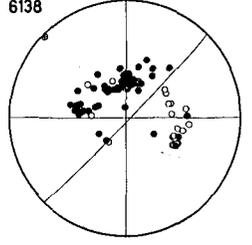
6031



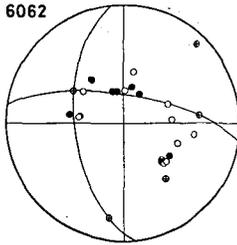
6128



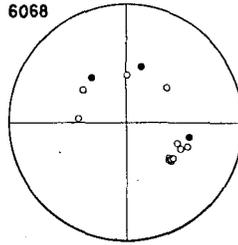
6138



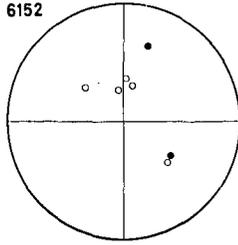
6062



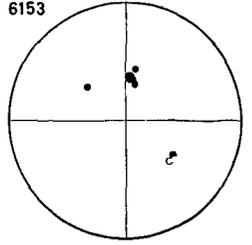
6068

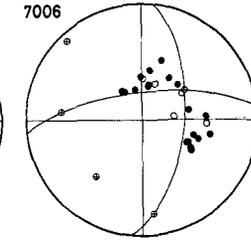
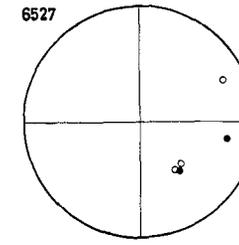
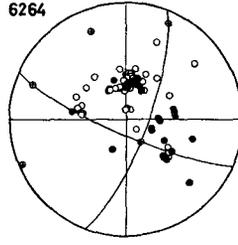
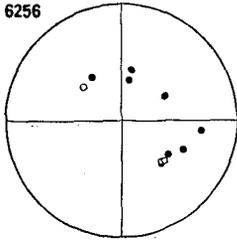
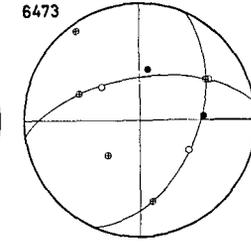
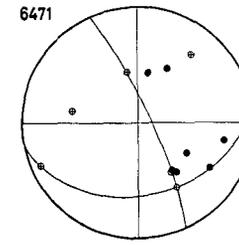
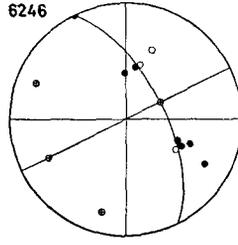
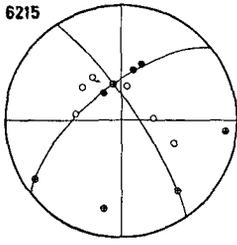
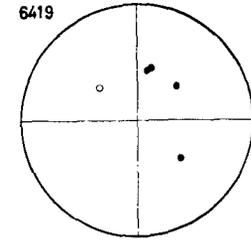
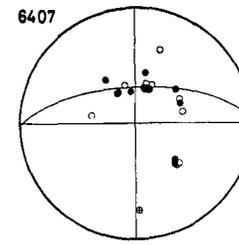
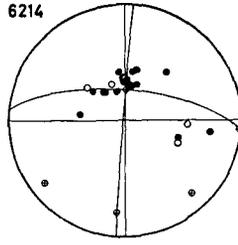
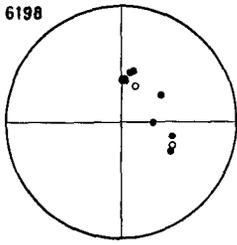
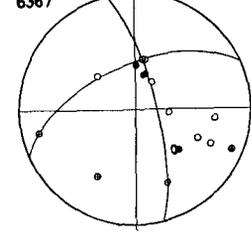
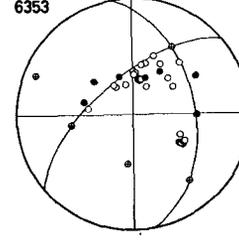
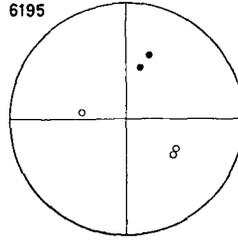
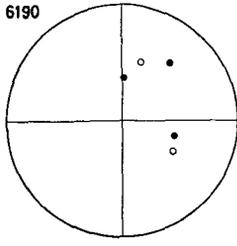
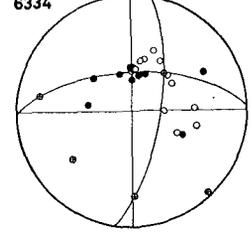
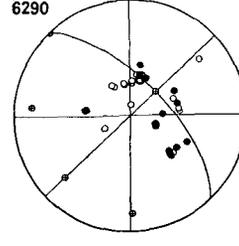
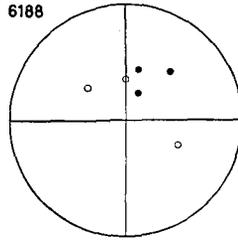
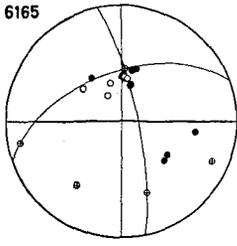
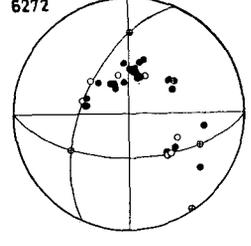
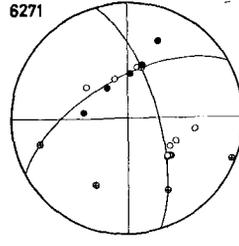
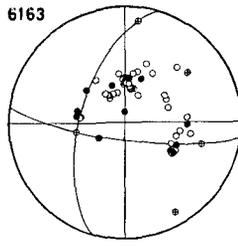
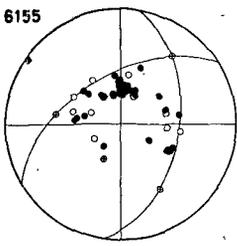


6152

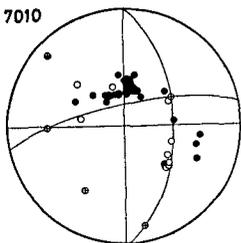


6153

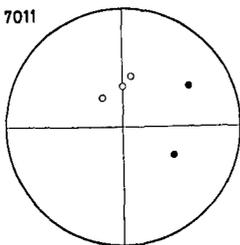




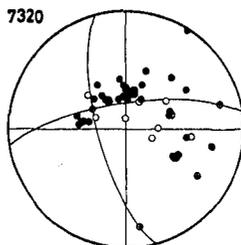
7010



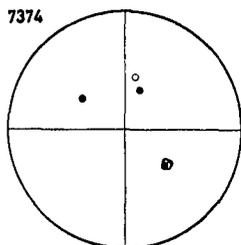
7011



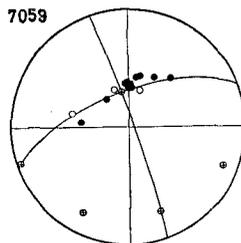
7320



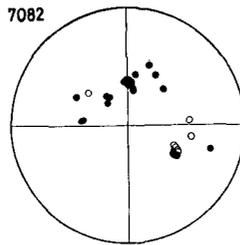
7374



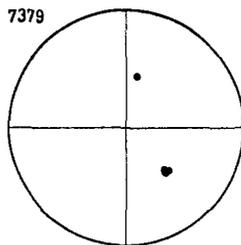
7059



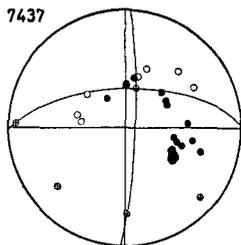
7082



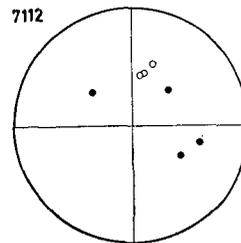
7379



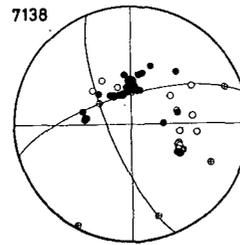
7437



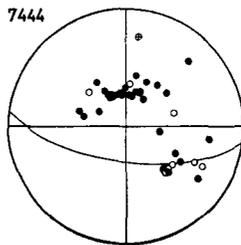
7112



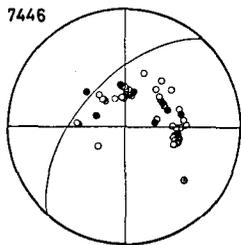
7138



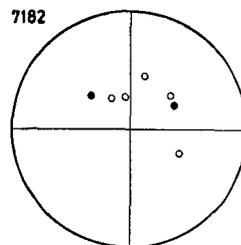
7444



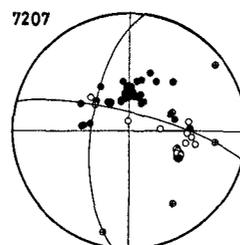
7446



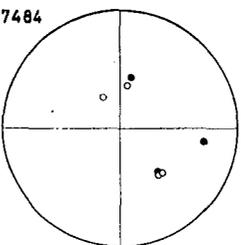
7182



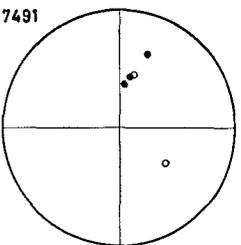
7207



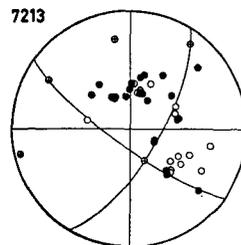
7484



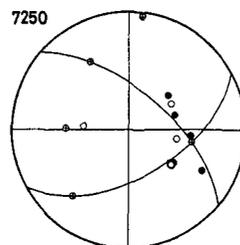
7491



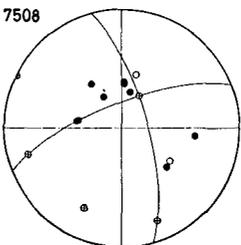
7213



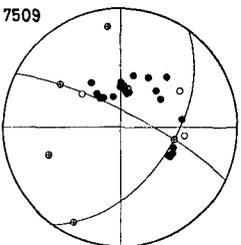
7250



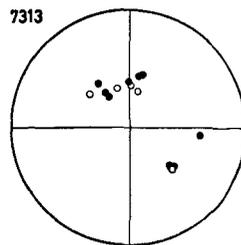
7508



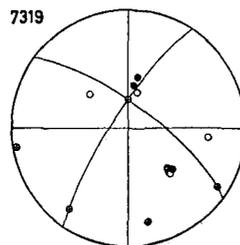
7509



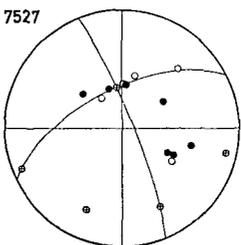
7313



7319



7527



7542

