

世界の震源域の分布

-G-EVER アジア太平洋地域地震火山ハザード情報システムデータ 1/7 -

石川有三
Yuzo Ishikawa

地質調査総合センター活断層・火山研究部門
Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan, AIST

Ishikawa, Y. (2019) Distribution of earthquake source areas in the world: Data of G-EVER Asia-Pacific Region Earthquake and Volcanic Hazards Information System 1/7. Open-File Report of the Geological Survey of Japan, AIST, no. 667, p. 1-10.

Abstract

1920年から2016年の間に世界で発生した、深さ100km以浅、マグニチュード7以上の主な地震の震源を、点では無く面的な広がりを持って表示した。具体的には、一ヶ月間の余震活動の分布で震源域を表現した。震源域が得られた地震は258個である。

The distribution of earthquake source areas in the world are estimated by the area obtained by the one-month aftershock distributions. Most of events of which magnitude are larger than 7.0 from 1970, using mainly PDE earthquake catalog. Some large events in early 20 century were added using the intensity distributions.

キーワード：震源域データ，巨大地震

1. はじめに

震源分布図を描く場合、震源を点で表すことがほとんどであった。しかし、それでは本来の震源断層の広がりを示しておらず、特に、規模の大きな地震については震源断層面の大きさを誤解させてしまう可能性がある。また、1990年代から多数の観測された地震波形から震源断層面が推定されるようになってきた（例えば、菊地正幸 http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/sanchu/Seismo_Note/YCU_report/）。しかし、それ以前の地震については同じ情報を示すことができない。そこで石川(2014)は、より正確な震源域データを作るため、一ヶ月間の余震分布域を活用し、その領域で震源域の代用とする提案をした。この方法で作成

されたアジア太平洋地域で発生した巨大地震の震源域データ「Eastern Asia Earthquake and Volcanic Hazards Information Map」(Takarada et al., 2014, 2016) で活用されている。今回は、東アジアに限定せず、世界の他の地域も対象にしたほか、この後に発生した大地震も追加して作成した。

また、「東アジア地域地震火山災害図」やアジア太平洋地域地震・火山ハザードシステム(<http://ccop-geoinfo.org/G-EVERj/index.php>) で利用した震源データについて説明する。

2. データの作成

対象とした地震は、米国地質調査所(以下 USGS と略す)が発表している The Preliminary Determination of Epicenters Bulletin(以下 PDE と略す)の中から世界で起きた 1970 年以降のマグニチュード (以下 M と略す) 7.5 以上で震源の深さが 100km 以浅のものである。PDE カタログには、1969 年以前の地震も含まれているが、この時代は必ずしもすべての大地震が網羅されてはいないようである。例えば図 1, 2 に 1950 年から 2010 年までの震源分布と年別地震回数を示したが、この年別回数図を見ると 1969 年以前は地震数がそれ以降に比べて少なく、M7.5 以上でも必ずしもすべての地震の震源が決められていない可能性が高い。そのため、主に 1970 年以降を対象とした。データの入手は、USGS が公開しているホームページ <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/> を利用した。

但し、1969 年以前でも特に大きな地震は採用した。参考とした資料は、A) PDE, B) 気象庁地震年報・一元化震源, C) 国家地震局震害防御司(1999), D) 国家地震科学数据共享平台 (<http://data.earthquake.cn/>) の中国地震台網統一地震目録, E) Philippine Institute of Volcanology and Seismology (以下 PHIVOLCS と略す) で、それぞれ震源パラメータを採用した原典を地震の後の括弧に記号で示した。追加した大地震は、1905 年インド・中国国境付近の地震(C), 1920 年中国・海原地震(C), 1923 年関東地震(B), 1927 年中国・古浪地震(C), 1934 年ビホール地震(Bollinger et al, 2014), 1938 年アラスカ地震(PDE), 1944 年東南海地震(B), 1946 年南海地震(B), 1950 年アッサム地震(C), 1952 年カムチャッカ地震(PDE), 1952 年十勝沖地震(B), 1957 年アリューシャン (アンドレアノフ島) 地震(PDE), 1960 年チリ地震(PDE), 1964 年アラスカ地震(PDE), 1965 年アリューシャン (ラット島) 地震(PDE), 1968 年十勝沖地震(B)を追加した。中国と日本の地震の震源域の推定には、それぞれの国の地震カタログを用いたが、それ以外の地震の場合は、国際地震センターの地震カタログを利用した。ただし、1920 年中国・海原地震, 1927 年中国・古浪地震, 1934 年ビホール地震, 1950 年アッサム地震の場合は、余震のデータが不十分なため、比較的震源域の大きさに匹敵する震度 5(中国の震度階)の等震度線を余震域の代わりに用いた。

1970 年以降の地震について PDE を用いて余震域を求めた。しかし、PDE はアジア地域で利用する場合に不十分な時期がある。その具体例は次章で説明する。そのため、日本とその周辺の地震については、気象庁の一元化震源データを用いた。フィリピンでは PHIVOLCS が 2011 年 から Earthquake Bulletin

(http://www.phivolcs.dost.gov.ph/html/update_SOEPD/EQLatest.html)を公表しており、それも利用した。また、2010 年中国・青海地震は、PDE では M6.9 であるが、中国の D)では M7.1 であるので採用した。

領域データの作成では、原則として本震発生日から一ヶ月間（本震発生日の翌月の同じ日の前日まで）の余震分布を囲む領域を選んだ。領域を囲むとき Seis-PC(中村・石川,2005)の領域切り出し機能を使って地図上地点の緯度・経度を求めた。また、一ヶ月以内に大余震が発生していた場合、メカニズムが異なり余震分布が空間的に離れている場合は、その大余震は別の誘発された地震として扱い、余震域には含めなかった。

3. 震源データの問題点

USGS の PDE カタログは、世界中を網羅した上、データの公表が早いので、いろいろな調査、研究に用いられてきた。世界の地震観測網の拡充に伴ってより多くの震源が決められるようになってきたが、場所によって意図的な検知能力の低下が見られるので利用に当たっては注意が必要である。その例を図 3, 4, 5 で示す。図 3 は 2007 年から 2010 年までの PDE カタログに含まれる深さ 100km 以浅の震源をすべてプロットした。その中でヨーロッパからアジアの一部の地域（図 3 の中の枠内）の震源を切り出して時空間分布を示したのが図 4 である。この図を見ると 2008 年の 9 月からヨーロッパの震源が少なくなり、2009 年 1 月からはこの切り出した地域全体で急減している。また、この地域の M-T 図を示したのが図 5 である。この図から M の下限が 2009 年 1 月から 2.5 から 4 に変わっていることが分かる。また、2009 年以降は、M4 の地震でもそれ以前ほど密にプロットされておらず、すべての M4 以上の地震の震源が決められているわけではないことも推定出来る。このため、アジア地域で独自の地震カタログがある日本、中国、台湾、フィリピン付近の地震では、PDE を用いずにそれぞれローカルな地震カタログを用いて余震域を描き、震源域を求めた。両者の違いの例を図 6 に示す。これは 1973 年根室半島沖地震の余震域を PDE と気象庁カタログでそれぞれ示している。海溝軸の方まで広がっているのが、気象庁カタログによるもので、こちらの方が適切と思われる。

4. 震源域データのフォーマット

連続する地点は、緯度、経度の数値を連続する行で示す。ただ、震源域の最初の行は、緯度のところで、100 度を超える値を与え、十位以下は、マグニチュードを 10 倍した値を加える。例えば、M7.8 であれば、緯度の欄は「178」とする。そして経度は、地震の発生日月日を 8 桁で与える。例えば、2003 年 1 月 20 日の地震であれば、「20030120」とする。以下がその例である。一つの地震で複数の震源域に別れる場合は、「100 0」の行を入れて、その後に地点の緯度、経度の値の行を続ける。

178. 20030120

-10.66619	160.6223
-10.49579	160.5647
-10.35354	160.6504
-10.21125	160.7362
-10.06873	160.9078
-9.954712	161.022
-9.954464	161.108
-10.03949	161.1942
-10.15311	161.2232
-10.29533	161.195
-10.40946	161.052
-10.49488	160.9949
-10.60884	160.8804
-10.66574	160.8519
-10.6944	160.7372
-10.66619	160.6223

5. 求められた震源域の地震リスト

震源域を作成した地震は、添付のテキストファイル(gsj_openfile_667_data.txt) に各パラメータを示した。合計 258 地震であった。その分布図を図 7 に示した。

6. GIS データ

本研究資料集には、震源域の GIS データが登録されている(gsj_openfile_667_shapefile.zip)。GIS データには、別添のエクセル表（別表：gsj_openfile_667_table.xls）に示した各震源域の詳細情報（日付、マグニチュード、場所、GIS 表示用の情報）が、英語と日本語で埋め込まれている。GIS ソフト上で各ポリゴンの情報表示を行うことで、各震源域の詳細情報を表示することができる。日本語の文字コードは UTF-8 を使用している。座標系は WGS1984 (EPSG 4326) を与えている。拡張子ごとの各ファイルの内容を表 1 に示した。

表 1 拡張子とファイル内容

拡張子	説明
.shp	震源域分布図の本体となるファイル
.shx	震源域分布図に関するインデックス情報を格納するファイル
.prj	座標系情報を格納するファイル
.qpj	

.dbf	震源域の属性情報を格納するテーブルファイル
.cpb	文字コードの識別コードページ指定ファイル

7. 引用・免責事項

本 GIS データを出版物や Web サイト等で利用される場合は、適切な引用をお願いします。引用例やライセンス、免責事項については以下を参照してください。

引用例：石川有三（2019）世界の震源域の分布 -G-EVER アジア太平洋地域地震火山ハザード情報システムデータ 1/7 -. 産総研地質調査総合センター研究資料集, no. 667.

ライセンス：政府標準利用規約（第 2.0 版）(<https://www.gsj.jp/license/>)が適用されます。

免責：産業技術総合研究所地質調査総合センターは、本データの利用によって生じたいかなる損害にも責任を負いかねます。あくまでも、利用者の自己責任においてご利用下さい。

連絡先：産総研地質調査総合センター G-EVER 推進チーム (g-ever-ml@aist.go.jp)

謝辞

世界の震源域の分布のデータは、アジア太平洋地域地震火山噴火リスクマネジメント (G-EVER) プロジェクト活動の一環で作成されたものです。本原稿は産総研活断層・火山研究部門の堀川晴央氏の査読により大きく改善されました。記して感謝申し上げます。

参考文献

- Bollinger, L., Sapkota, S.N., Tapponnier, P., Klinger, Y., Rizza, M., Van der Woerd, J., Tiwari, D.R., Pandey, R., Bitri, A. and Bes de Berc, S. (2014) Estimating the return times of great Himalayan earthquakes in eastern Nepal: Evidence from the Patu and Bardibas strands of the Main Frontal Thrust. *J. Geophys. Res.* 119, doi:10.1002/2014JB010970.
- 石川有三（2014）環太平洋地域で発生した巨大地震の震源域データの作成. 日本地球惑星科学連合大会, H-DS28-02.
- 中村浩二・石川有三（2005）卓上の地震活動解析 SEIS-PC for Windows のこの 8 年. 日本地震学会 2005 年秋季大会講演予稿集, 153.
- Takarada, S., Bandibas, J.C., Ishikawa, Y., Kuwahara, Y., Koizumi, N., Uchida, T., Takada A., Shigematsu, N., Furukawa, R., Maruyama, T., Ando, R. and Hara, J. (2014) Global Earthquake and volcanic eruption risk management activities,

volcanic hazard assessment support system and Asia-Pacific region hazard mapping project in G-EVER. Episodes, 37, 4, 321-328.

Takarada, S., Ishikawa, Y., Maruyama, T., Yoshimi, M., Matsumoto, D., Furukawa, R., Teraoka, Y., Bandibas, J.C., Kuwahara, Y., Azuma, T., Takada, A., Okumura, K., Koizumi, N., Tsukuda, E., Solidum, RU., Daag, AS., Cahulogan, M., Hidayati, S., Andreastuti, S., Li, X., Nguyen, H.P., Lin, C-H. (2016) Eastern Asia Earthquake and Volcanic Hazards Information Map. Geological Survey of Japan, AIST.

国家地震局震害防御司 (1999) 中国近代地震目録(公元 1912 年 -1990 年 $M_s \geq 4.7$). 中国科学技术出版社, 637pp. 国際地震センター.

https://www.ngdc.noaa.gov/hazard/data/cdroms/Seismicity_v2/data/globecat/iss/iss.dat

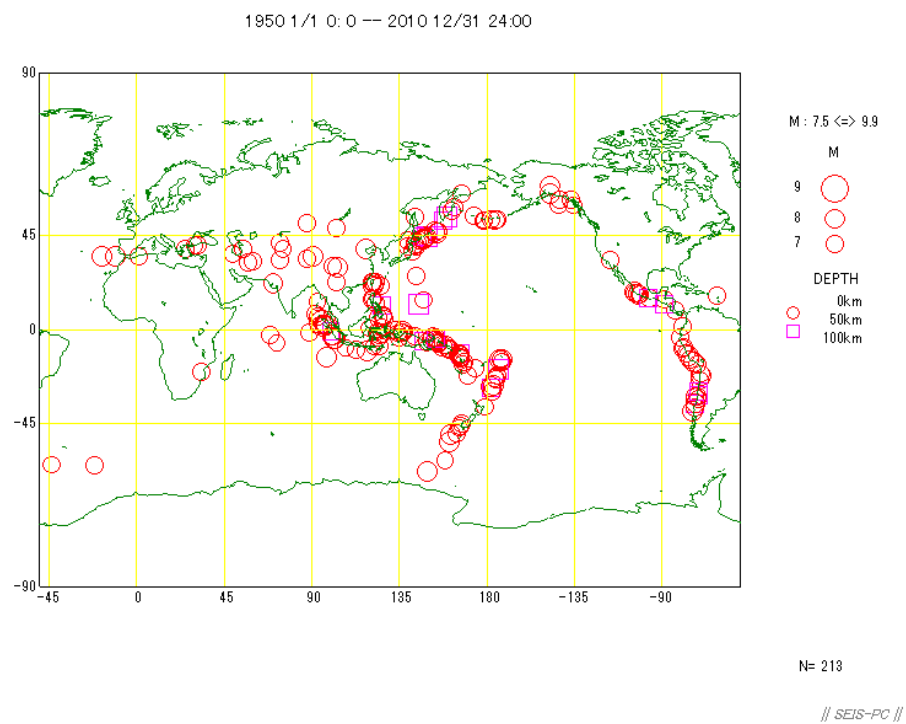


図 1 : 1950 年から 2010 年までに M7.5 以上で深さ 100km までの震央分布.

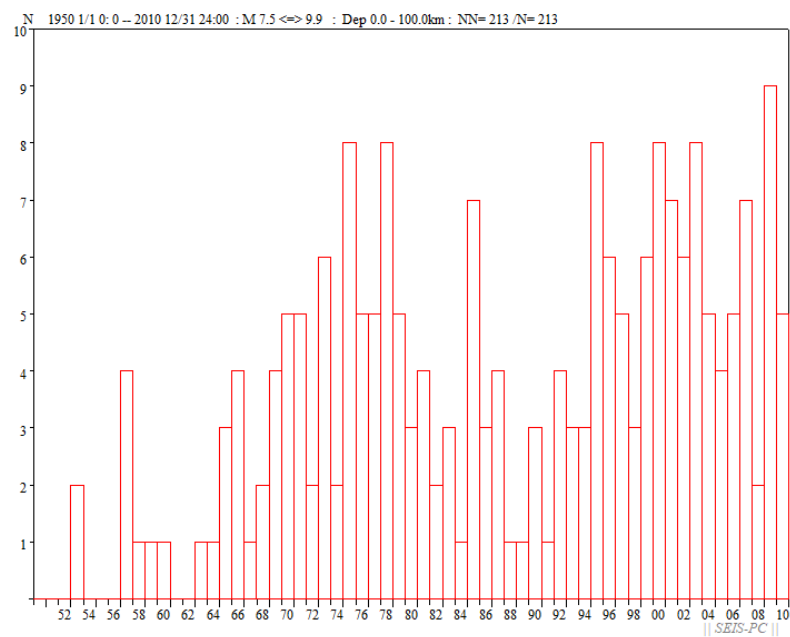


図 2 : 図 1 の地震の年毎の回数変化. 1970 年以前は数が少ない.

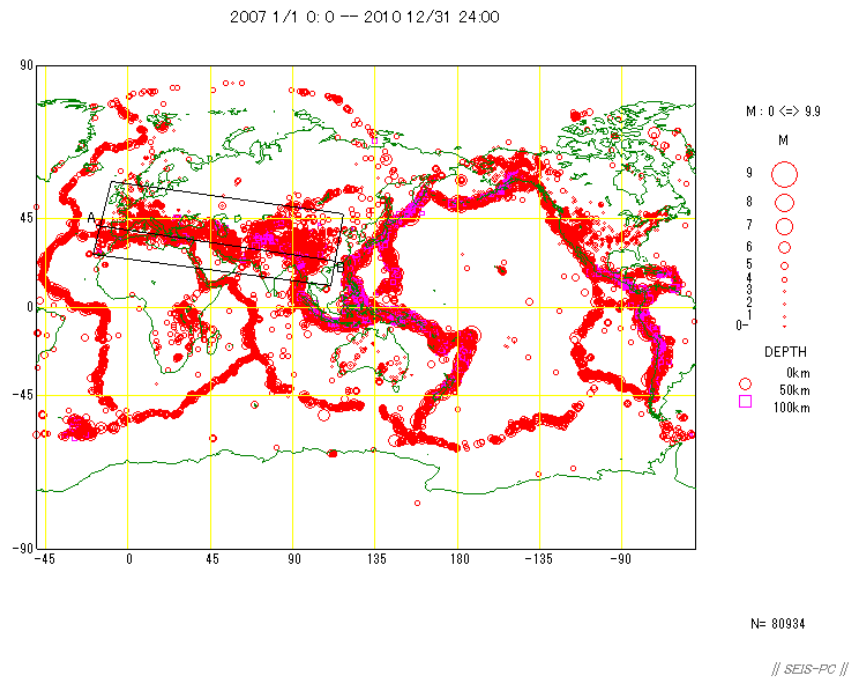


図 3 : 2007 年から 2010 年までの M0 以上で深さ 100km までの震央分布.

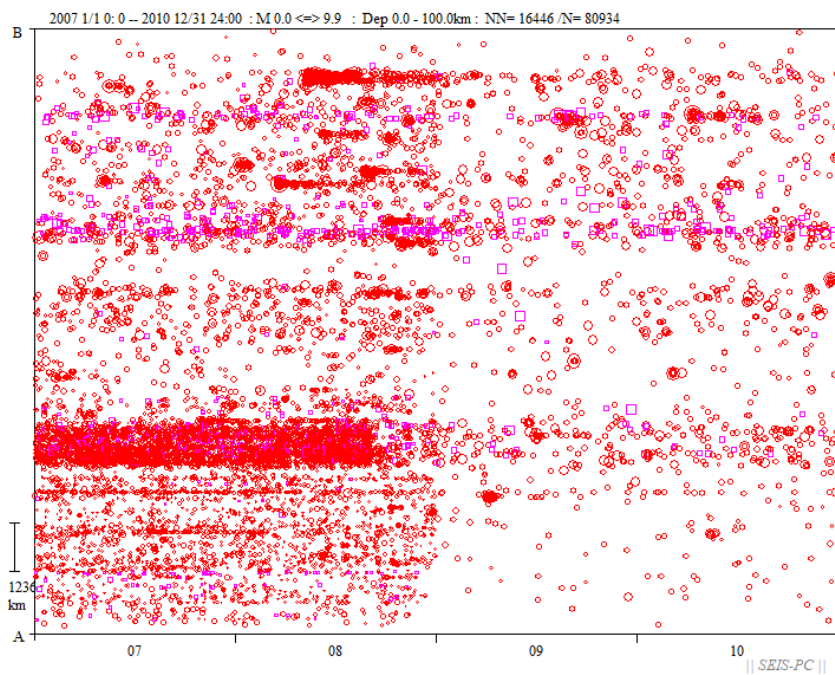


図 4 : 図 3 の地図のヨーロッパからアジアにかけて切り出した時空図. 上がヨーロッパ側. 2008 年の後半から急激に地震数が減っているのが分かる. これは地震活動が低下したのではなく, 地震検知能力が低下したためで, USGS の経費節減が原因である.

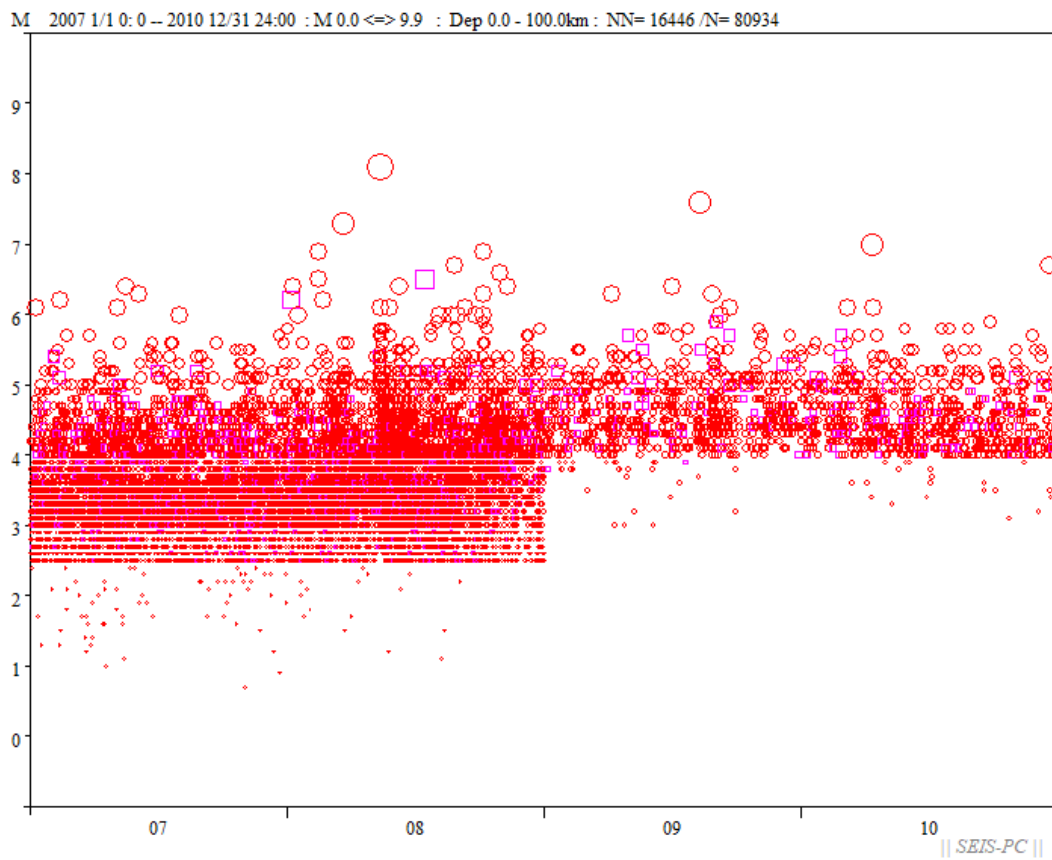


図 5 : 図 3 の中で切り出した地区中の地震のマグニチュードと時間の図. これでも 2008 年の後半から小さな地震がまばらになり, 2009 年から M4 以下の地震はほとんど検知されていない. M4 台前半の地震も少なくなっている.

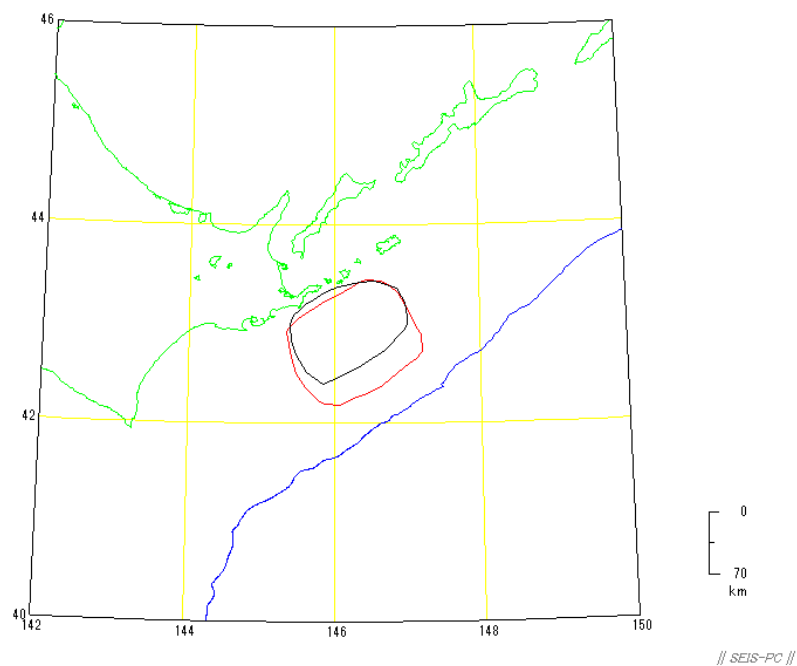


図 6 : PDE と JMA の震源データによる余震域の違い. 赤色太い線が JMA による.

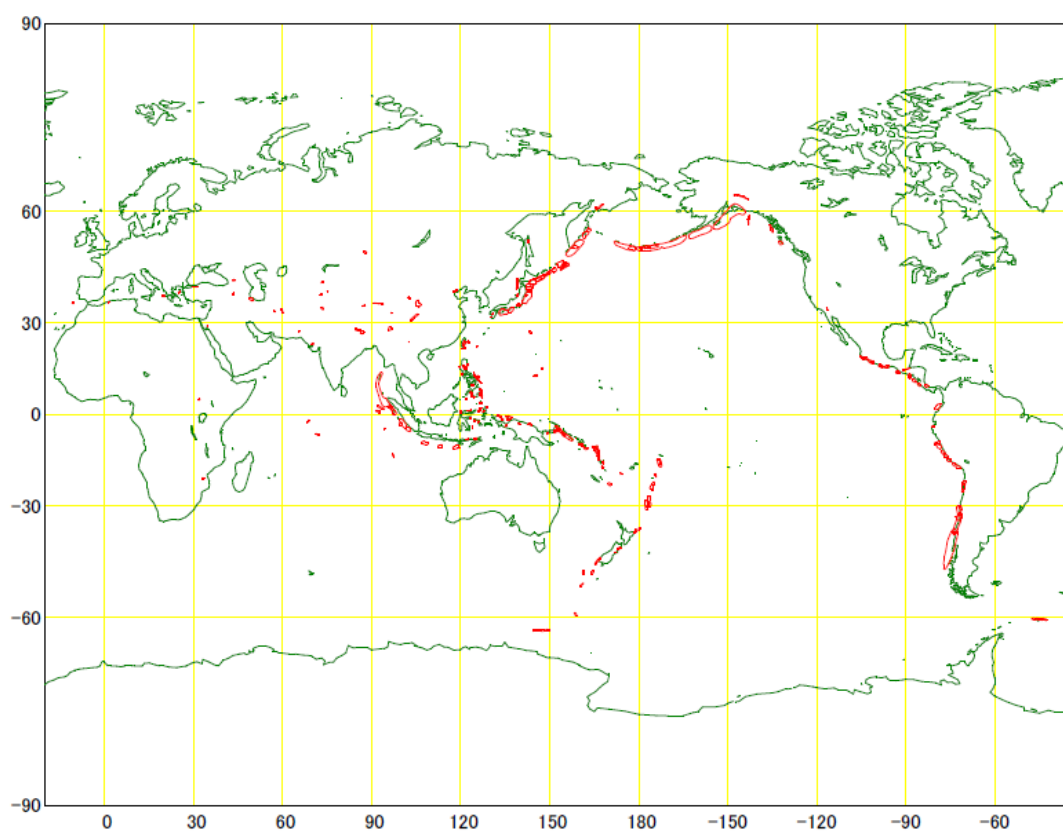


図 7 : まとめられた 258 地震の震源域の分布.