

20 世紀初頭の震源データー主に台湾周辺地域ー

ー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 6/7ー

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. (2020) Hypocenter parameters in the early 20th century – in and around Taiwan: Data of G-EVER Asia-Pacific Region Earthquake and Volcanic Hazards Information System 6/7. Open-File Report of the Geological Survey of Japan, AIST, no. 695, p. 1-13.

Abstract

20 世紀初頭の震源データは、データ数が限られているため震源位置が正しいかどうかの評価が難しい。ここでは比較的信頼出来る S-P 時間を使って図に表示し、信頼度が分かるようにした。また観測点位置も可能な限り現在の測地系の値を用いて震源位置を求めた。ここでは、再決定した 11 個の 20 世紀初頭の台湾、日本、韓国付近の震源位置を示す。

Hypocenter parameters of eleven earthquakes that occurred mainly in and around Taiwan, Japan, and Korea in the early 20th century were redetermined by using S-P times, as S-P times were more reliable than P, S waves arrival times in such days. The old stations' locations were measured by GPS to get the location of the WGS84 coordinate system.

キーワード：震源再決定, 20 世紀初頭, 台湾周辺

1. はじめに

Takarada et al. (2016)では、震源データは、1000 年～1899 年までは The Global Historical Earthquake Archive (1000-1903) のデータ (Albini et al., 2013, 2014) を用い、1900 年以降はマグニチュード 6 以上で、1900 年～2011 年までは、ISC-GEM (International

Seismological Center - Global Earth Model) カタログ (Storchak et al. 2013) のデータを, 2012 年~2015 年 9 月末までのデータは, 米国地質調査所の Preliminary Determination of Epicenters (以下 PDE と略す) を用いた. ISC-GEM カタログの version 1 は 2013 年 1 月に発表され, データは 1901 年から 2009 年までであった. version 2 は 2011 年まで, version 3 は 2012 年までと含まれるデータが順次更新追加されているが, 採用したのは 2015 年当時最新であった version 2 である. 現在の最新は version 6 で 2019 年 3 月 7 日にリリースされている.

それぞれのデータは後ろに記載したようにインターネットで公開されており, The Global Historical Earthquake Archive (1000-1903)のデータは <https://emidius.eu/GEH/> から, ISC-GEM のデータは, <http://www.isc.ac.uk/iscgem/download.php> から入手出来る. PDE データは, 現在は <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/> でパラメータを設定して入手する方式になっている.

2. データの作成

20 世紀初頭の日本周辺に関しては, よく利用される ISC-GEM の世界の震源カタログよりも, 宇津カタログ (宇津, 1979, 1982a, 1982b, 1985) の方が多くの地震を掲載している. ここでは, 気象庁が震源パラメータを公表していない 1921 年までの主に台湾付近, 黄海の地震と例外的に関東地震の 1 余震を取り上げて震源再決定を行った. 再決定に当たっては, 各地測候所の地震観測報告からデータを集め入力した (別表; `gsj_openfile_695_table.txt`). 当時は時刻の絶対精度が高く無かったため, P 波, S 波それぞれの時刻の信頼度は高くない. しかし, 相対時刻である S-P 時刻の信頼度は比較的高い. そこで石川 (2018) が用いた震源の深さを仮定し, 速度構造は上野ほか (2000) の JMA2001 を用いて, 各観測点からの距離を計算し, それぞれ円弧を描いた. 作業としては, 深さ 0km から 10km 毎の震源を仮定し, 各観測点から円弧を描き, 一カ所でより多くの円弧が交差する地点を試行錯誤で求めた.

震源再決定に際して用いた観測点の位置情報は, JGD2000 (世界測地系) の緯度・経度の位置情報が必要である. 日本国内の観測点の位置情報はすでに JDG2000 で統一されているが, 気象庁に残されているデータや過去の出版物に記載されている台湾や韓国の古い観測点の位置情報は, Tokyo datum (旧日本測地系) の値であった. そこで韓国内は個別の訪問時に, 台湾は 2013 年に GPS 測定機で 20 世紀前半に測候所のあった地点を回り, JDG2000 にほぼ等しい WGS84 の値をハンディ GPS で測定した. 台湾の古い測候所の位置調査では洪(2007)を参考にした. 実際に現地へ行けなかった基隆, 阿里山, 彭佳嶼の 3 地点とサハリンの泊泊は, 測候所の位置が示されている地図を参考に Google earth で測候所の位置の緯度・経度を求めた. 位置が求められなかったソウルの古い観測地点, 平壤, 秋風嶺, 新港以外の地点の位置情報を表 1 に示した. 上海の徐家匯 (Zikawei) 観測所も現地で GPS 測定を行った. ただ, 一番古い地点は, 教会の中に地震計が置かれていたが, その位置は不明で教会があった場所で測定を行った. 今回再決定した震源の分布図を図 1 に示す. 再決定した結果を図 2~12 に示す.

表 1. WGS84 測地系で測定した各地震観測点の位置情報 (度, 分, 秒). 徐家匯の 3 地点の位置情報に付記したのは観測期間.

| 地点 | 緯度 | 経度 | 標高(m) | 観測点コード |
|-------------|--------------|---------------|------------------------|--------|
| 仁川 | 37d 28'39.5 | 126d 37'25.8 | 66. | JINSEN |
| 大邱 | 35d 52'00. | 128d 36'00. | 50. | TAEGU |
| 釜山 | 35d 06'11.0 | 129d 01'51.9 | 71. | PUSAN |
| 台中 | 24d 08'27.2 | 120d 40'56.0 | 88. | TAICHU |
| 高雄 | 22d 37'08.1 | 120d 16'00.7 | 38. | TAKAO |
| 恒春 | 22d 00'23.1 | 120d 44'36.2 | 32. | KOSHUN |
| 台東 | 22d 45'08.8 | 121d 09'17.5 | 18. | TAITO |
| 花蓮 | 23d 58'30.4 | 121d 36'49.2 | 19. | KAREN |
| 宜蘭 | 24d 45'49.8 | 121d 45'22.6 | 6. | IIL |
| 台北 | 25d 02'15.2 | 121d 30'53.0 | 12. | TAIPEI |
| 新竹 | 24d 48'01. | 120d 58'38.2 | 44. | HSN |
| 台南 | 22d 59'37.4 | 120d 12'18.8 | 13. | TAINAN |
| 澎湖 | 23d 33'54. | 119d 33'49. | 11. | BOKKOT |
| 彭佳嶼 | 25d 37'42.5" | 122d 04'48.7" | 76 | BOKKAS |
| 基隆 | 25d 09'18.1" | 121d 46'00.7" | 13 | KHIRUN |
| 阿里山 | 23d 30'43.0" | 120d 48'44.8" | 2324 | ARISAN |
| 大泊 | 46d 38'45.6 | 142d 45'56.1 | ? | OOTOMA |
| パラオ | 7d 20'12.5 | 134d 28'35.6 | 6 | PALAU |
| 徐家匯 Zikawei | | | | |
| 31d 11'33. | 121d 25'25. | ? | :1904/01/22--1910/05/? | ZIKAW1 |
| 31d 11'33. | 121d 25'50. | ? | :1910/05/? --1912/01/? | ZIKAW2 |
| 31d 11'32. | 121d 25'48. | ? | :1912/01/? -1951 | ZIKAW3 |

今回決め直した震源を宇津カタログの震源と ISCGEMversion6 の震源と一緒に表 2 に示した.

表 2. 宇津カタログ (U), ISCGEMversion6 (iG), 気象庁 (JMA), 本研究 (new) のそれぞれの震源パラメータ. 宇津カタログ, 気象庁は日本時間で ISCGEM は世界標準時.

| | Day | Time | Latitude | Longitude | Depth (km) | Magnitude |
|-----|------------|----------|----------|-----------|------------|-----------|
| U | 1909/4/15 | 4:53:00 | 25.0 | 122.5 | 10.0 | M7.2 |
| iG | 1909/4/14 | 19:53:40 | 24.998 | 121.434 | 15.0 | M6.7 |
| new | | | 25.50 | 121.17 | 80 | |
| U | 1909/11/21 | 16:36:00 | 25.5 | 122.0 | 10.0 | M7.0 |
| iG | 1909/11/21 | 7:35:59 | 24.014 | 121.735 | 35.0 | M6.8 |
| new | | | 24.53 | 121.82 | 10 | |
| U | 1915/3/1 | 3:59:00 | 23.0 | 124.0 | 50.0 | M7.4 |
| iG | 1915/2/28 | 18:59:11 | 23.582 | 123.668 | 20.0 | M7.2 |
| new | | | 23.12 | 124.68 | 20 | |
| U | 1916/3/26 | 8:52:00 | 24.0 | 124.0 | 50.0 | M6.5 |
| iG | 1916/3/25 | 23:52:26 | 24.618 | 125.244 | 35.0 | M6.4 |
| new | | | 23.63 | 125.05 | 20 | |
| U | 1916/8/28 | 16:28:00 | 23.9 | 120.5 | 10.0 | M7.2 |
| iG | 1916/8/28 | 7:27:05 | 21.855 | 122.258 | 15.0 | M7.0 |
| new | | | 23.34 | 120.32 | 10 | |
| U | 1919/12/21 | 4:33:00 | 22.5 | 122.5 | 50.0 | M7.1 |
| iG | 1919/12/20 | 19:34:05 | 22.779 | 121.845 | 15.0 | M6.8 |
| new | | | 22.42 | 121.87 | 50 | |
| U | 1919/12/21 | 5:37:00 | 22.5 | 122.5 | 50.0 | M7.3 |
| iG | 1919/12/20 | 20:37:34 | 22.529 | 121.787 | 20.0 | M7.4 |
| new | | | 22.65 | 122.46 | 20 | |
| U | 1920/6/5 | 13:21:00 | 24.0 | 121.7 | 50.0 | M7.8 |
| iG | 1920/6/5 | 4:21:35 | 23.688 | 121.954 | 20.0 | M8.2 |
| new | | | 23.63 | 121.82 | 10 | |
| U | 1921/4/2 | 18:36:00 | 23.0 | 123.0 | 50.0 | M7.2 |
| iG | 1921/4/2 | 9:36:53 | 23.879 | 124.821 | 15.0 | M7.0 |
| new | | | 22.07 | 125.15 | 50 | |
| JMA | 1923/9/1 | 12:36:00 | 36.0 | 140.0 | 0 | M6.0 |
| new | | | 36.02 | 140.26 | 40 | |
| JMA | 1944/12/19 | 23:08:00 | 38.8328 | 124.0753 | 25 | M6.8 |
| iG | | | 39.998 | 124.207 | 35 | M6.7 |
| new | | | 38.95 | 124.13 | 20 | |

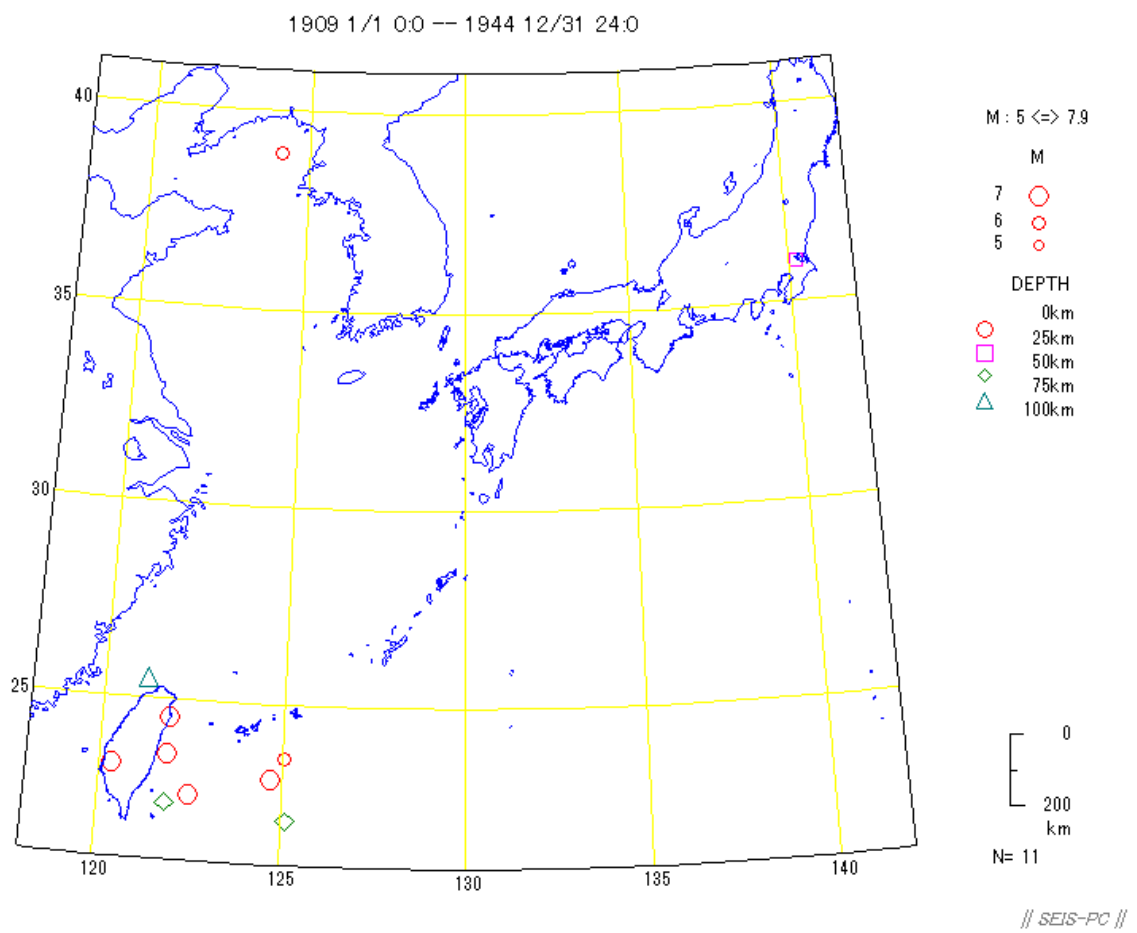


図 1. 再決定した 20 世紀初頭の震源分布図

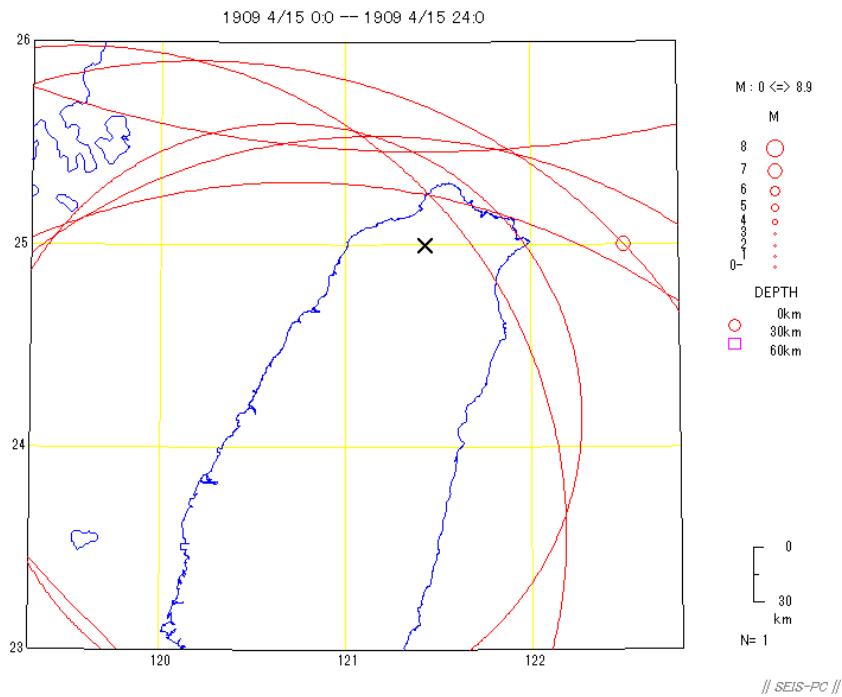


図 2. 1909 年 4 月 15 日の宇津震源 (○印) と ISC-GEM 震源 (×印) と震源の深さ 80km と想定したときの S-P 時間から推定された各観測点からの距離の同心円. 円弧のまとまりがあまり良くないが, 台湾島北西部沖が震源と推定される.

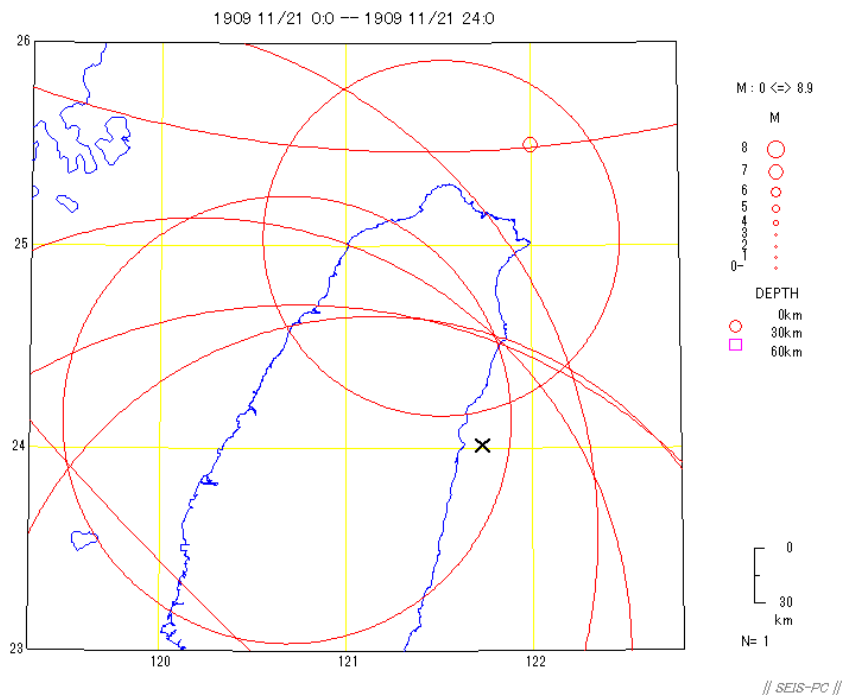


図 3. 1909 年 11 月 21 日の宇津震源 (○印) と ISC-GEM 震源 (×印) と震源の深さ 10km と想定したときの S-P 時間から推定された各観測点からの距離の同心円. 4 本の円弧が交差している台湾島北東部沿岸が震源と推定される.

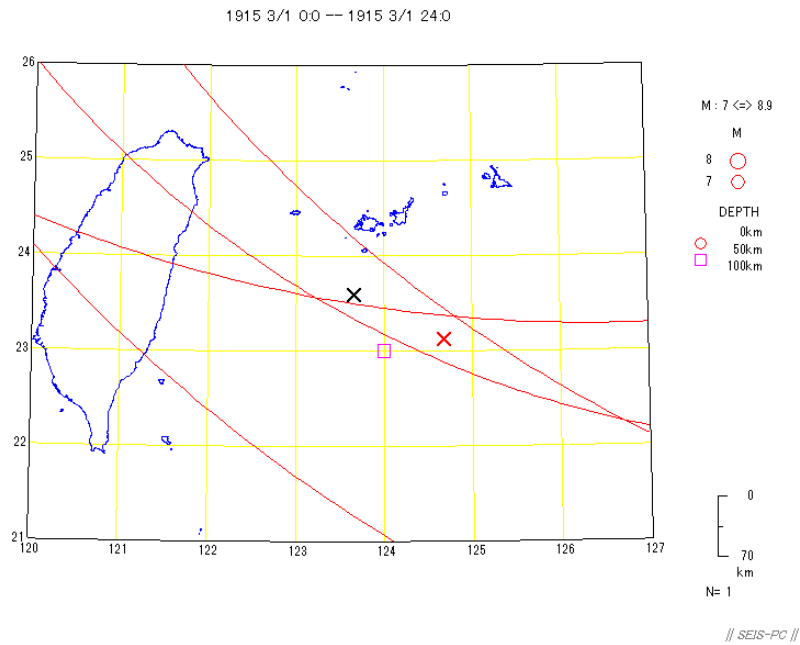


図 4. 1915 年 3 月 1 日の宇津震源 (□印) と ICGEM 震源 (黒色×印) と震源の深さ 20km と想定したときの S・P 時間から推定された各観測点からの距離の同心円. 円弧のまとまりがあまり良くないが, 赤色×印の位置を震源と推定した.

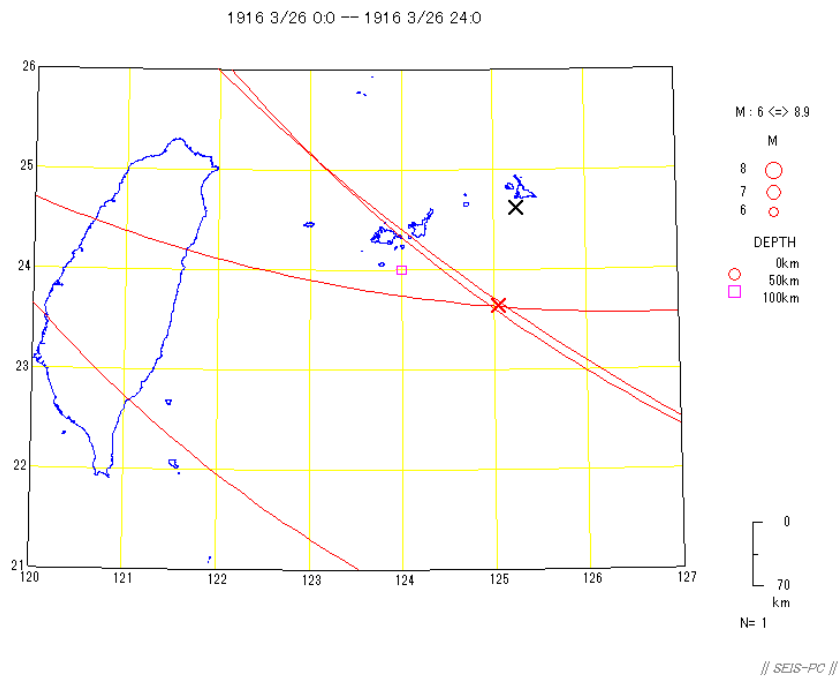


図 5. 1916 年 3 月 26 日の宇津震源 (□印) と ICGEM 震源 (黒色×印) と震源の深さ 10km と想定したときの S・P 時間から推定された各観測点からの距離の同心円. 赤色×印の位置を震源と推定した.

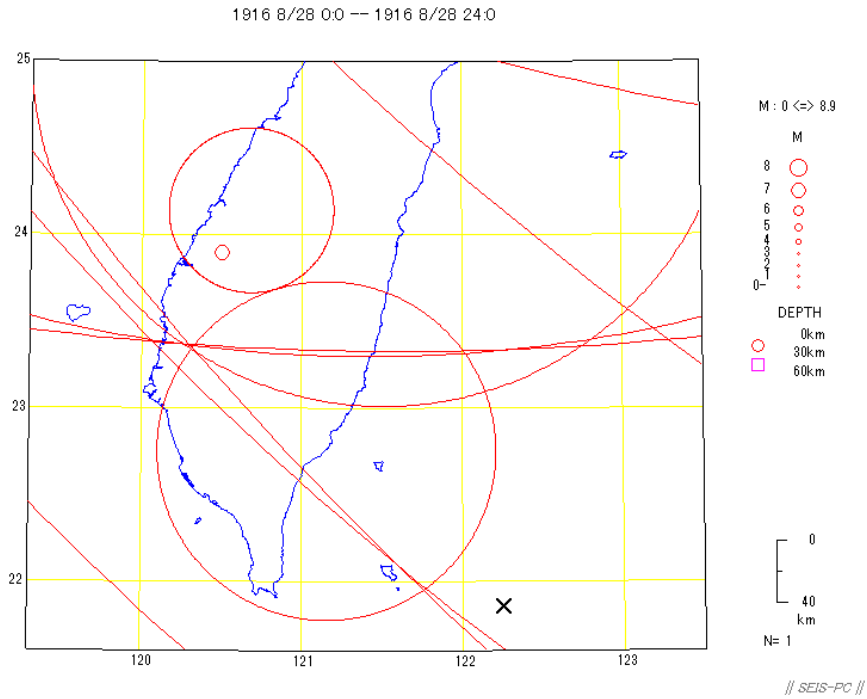


図 6. 1916 年 8 月 28 日の宇津震源（○印）と ICGEM 震源（×印）と震源の深さ 10km と想定したときの S-P 時間から推定された各観測点からの距離の同心円．5 本の円弧が交差している台湾島南西部の内陸に震源が推定される．

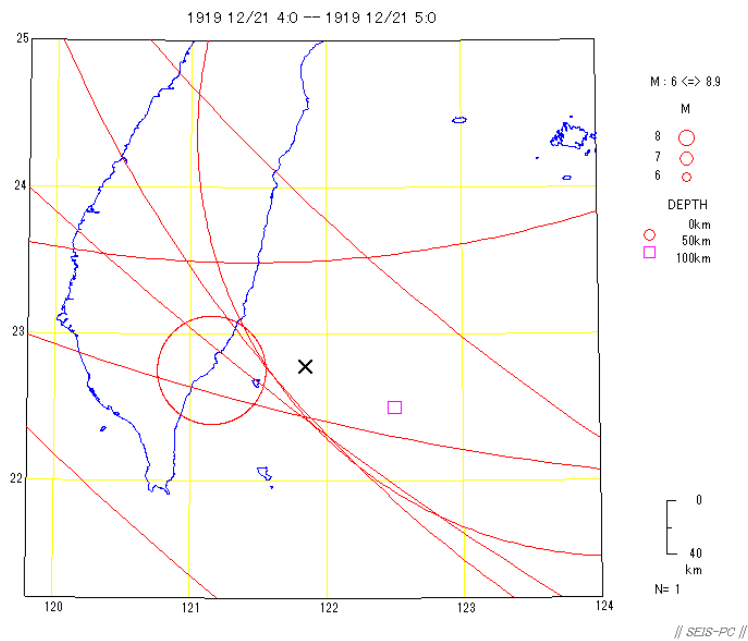


図 7. 1919 年 12 月 21 日 04 時 33 分の宇津震源（□印）と ICGEM 震源（×印）と震源の深さ 50km と想定したときの S-P 時間から推定された各観測点からの距離の同心円．台湾島南部東方沖で 4 本の円弧が交差している地点付近に震源を推定した．

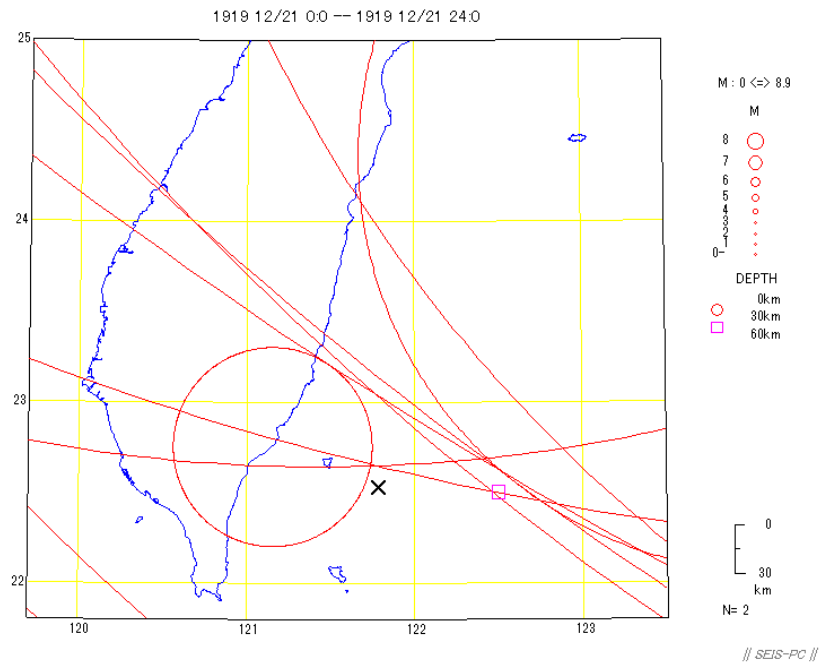


図 8. 1919 年 12 月 21 日 05 時 37 分の宇津震源（□印）と ISC-GEM 震源（×印）と震源の深さ 20km と想定したときの S-P 時間から推定された各観測点からの距離の同心円．台湾島南部東方沖で 4 本の円弧が交差している地点付近に震源が推定される．

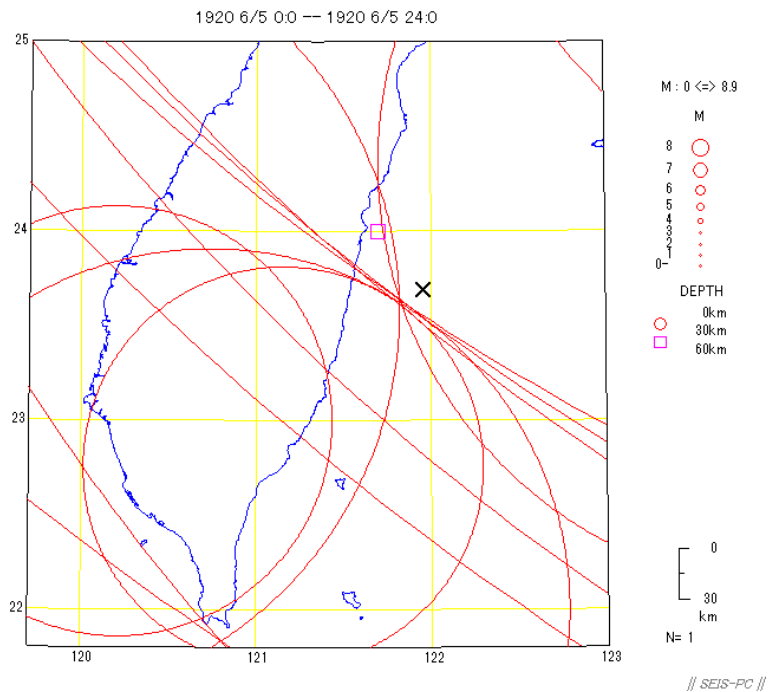


図 9. 1920 年 6 月 5 日の宇津震源（□印）と ISC-GEM 震源（×印）と震源の深さ 10km と想定したときの S-P 時間から推定された各観測点からの距離の同心円．台湾島中部東方沖で 6 本の円弧が交差している地点付近に震源が推定される．

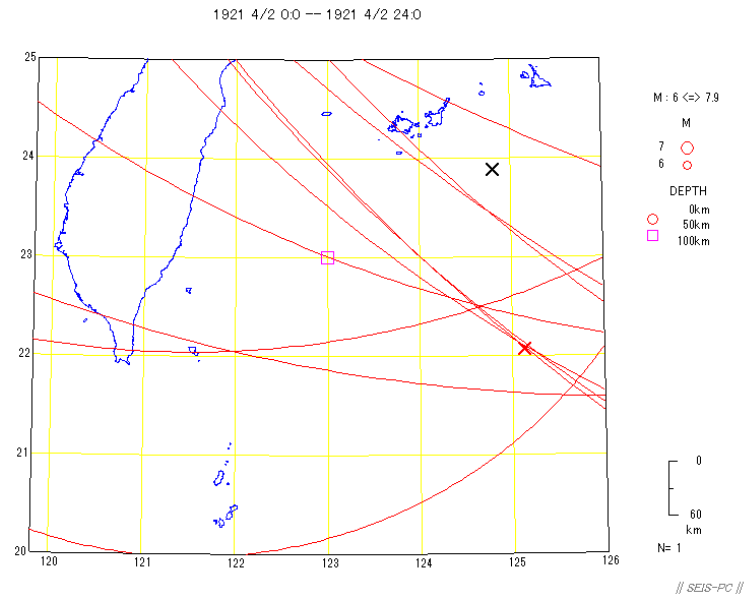


図 10. 1921 年 4 月 2 日の宇津震源（□印）と ISCGEM 震源（×印）と震源の深さ 50km と想定したときの S-P 時間から推定された各観測点からの距離の同心円．赤色×印の位置を震源と推定した．

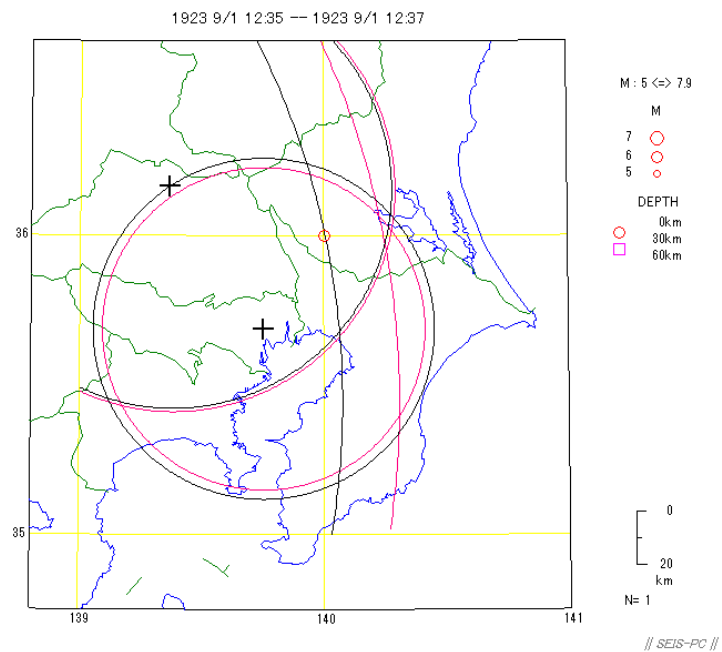


図 11. 1923 年 9 月 1 日 12 時 36 分の気象庁震源（○印）と熊谷，東京観測点の各位置（黒色+印）と震源の深さ 0km（黒色）と 40km（ピンク色）想定したときの S-P 時間から推定された各観測点からの距離の同心円．霞ヶ浦西岸でピンク色円弧が集まっている付近に震源が推定される．

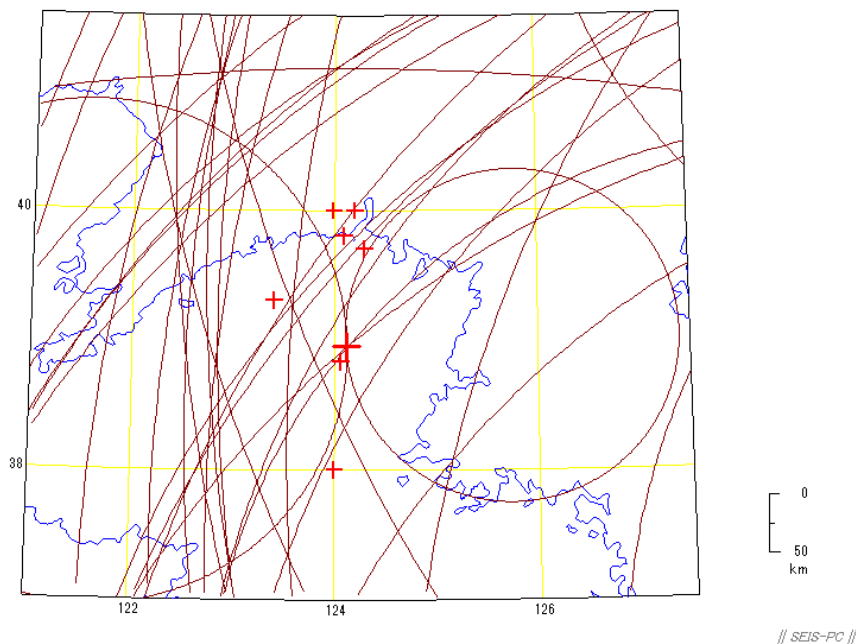


図 12. 1944 年 12 月 10 日いろいろな機関の震源（小さな+印）と震源の深さ 20km と想定したときの S-P 時間から推定された各観測点からの距離の同心円．4 本の円弧が集まっている付近に震源が推定される（大きな赤色+印）．

3. GIS データ

本研究資料集には、震源の GIS データが登録されている(gsj_openfile_695_shapefile.zip). GIS データには、表 2 の new に示した各震源の詳細情報（日付，場所，マグニチュード，深さ，GIS 表示用の情報）が，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，各震源の詳細情報を表示することができる．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 3 に示した．

表 3 拡張子とファイル内容

| 拡張子 | 説明 |
|------|----------------------------|
| .shp | 震源分布図の本体となるファイル |
| .shx | 震源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 |
| .dbf | 震源の属性情報を格納するテーブルファイル |
| .cpg | 文字コードの識別コードページ指定ファイル |

4. 引用・免責事項

本研究資料集のデータを出版物や 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、免責事項は以下を参照してください。

引用例：

石川有三 (2020) 20 世紀初頭の震源データー主に台湾周辺地域 -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 6/7-. 地質調査総合センター研究資料集, 産総研地質調査総合センター, no.695, p.1-13.

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ください。

謝辞

澎湖観測点での測定では、当時、中央研究院にいた安藤雅孝さんにご協力頂いた。パラオ観測点の位置は、海洋研究開発機構の石原靖さんに測定していただいた。涂陽子博士には、いろいろな情報を教えて頂いた。産総研の堀川晴央氏には、原稿の査読をしていただいた。感謝いたします。

参考文献

- Albini P., Musson R.M.W., Gomez Capera A.A., Locati M., Rovida A., Stucchi M., and Vigano D. (2013) Global Historical Earthquake Archive and Catalogue (1000-1903). GEM Technical Report 2013-01 V1.0.0, 202 pp., GEM Foundation, Pavia, Italy.
- Albini P., Musson R.M.W., Rovida A., Locati M., Gomez Capera A.A., and Vigano D. (2014) The Global Earthquake History. *Earthquake Spectra*, May 2014, 30, 607-624. <http://doi.org/10.1193/122013EQS297>
- 洪 致文 (2007) 台湾氣象傳奇. 玉山社, 296pp. <http://www.books.com.tw/exep/prod/booksfile.php?item=0010385599>
- 石川有三 (2018) 地震観測点が少ない時代の震源決定の問題—1936 年慶尚南道智異山 (Chirisan) 地震を例にして—. *情報地質*, 29, 137-140. DOI https://doi.org/10.6010/geoinformatics.29.4_137
- Storchak, D.A., Giacomo, D., Bondar, I., Engdahl, E.R., Harris, J., Lee, W.H.K., Villasenor, A. and Bormann, P. (2013) Public Release of the ISC-GEM Global Instrumental Earthquake Catalogue (1900-2009), *Seismological Research*

Letters, 84 (5), 810-815. <https://doi.org/10.1785/0220130034>

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

上野 寛・畠山信一・明田川 保・舟崎 淳・浜田信生 (2002) 気象庁震源の位置精度の改善. 験震時報, 65, 123-134.

宇津徳治 (1979) 1885 年～1925 年の日本の地震活動—M 6 以上の地震および被害地震の再調査—, 地震研究所彙報, 54, 253-308.

宇津徳治 (1982a) 1885 年～1925 年の日本の地震活動 (訂正と補遺), 地震研究所彙報, 57, 111-118.

宇津徳治 (1982b) 日本付近のM6.0 以上の地震および被害地震の表 1885 年～1980 年. 地震研究所彙報, 57, 401-463.

宇津徳治 (1985) 日本付近のM6.0 以上の地震および被害地震の表 1885 年～1980 年 (訂正と追加), 地震研究所彙報, 60, 639-642.