

# 地震活動解析ソフトの機能強化

鶴岡 弘<sup>\*†</sup>

## Seismicity Analysis Software Updates

Hiroshi TSURUOKA<sup>\*†</sup>

### はじめに

ワークステーションにおける地震活動解析ソフトウェアの開発については、GUIを用いた地震活動解析ソフトウェアの初期バージョンの開発が行われ（鶴岡, 1998）、地震活動解析ソフトのマルチプラットフォーム化で複数 OS 上の動作が可能となるソフトウェアの改良が実施された（鶴岡, 2005）。そのなかで、データベース作成・更新機能、マクロ機能、地震活動解析ルーチンの拡充、地震波形データベースとの連携などの課題が挙げられていた。列挙された課題のうち、今回は地震活動解析ルーチンの拡充を含む機能強化を実施したので報告する。なお、地震活動を解析するツールについては、古くから開発されているが（石川ほか, 1985; 岡田, 1988; 瀬戸・吉井, 1994; 関口, 1994; 横山, 1997）、現時点では石川ほか（1985）による SEIS-PC が広く利用されている。他のソフトウェアについては機関での（内部）利用に特化されており、一般ユーザの利用はあまりされていないと思われる。

### 機能強化について

今回の機能強化点は以下となっている。

1. M-T プロットの表示機能
2. 震央表示における地震の規模を考慮した表示機能
3. 時間円表示機能
4. バイナリデータ作成および読み込み機能
5. 1次元 ETAS 解析ツールとの連携機能
6. コンプリートネスマグニチュード解析ツールとの連携機能

5, 6 の機能については、地震活動解析ソフトウェアに取り込まれたものではなく外部コマンドによって連携する

2023 年 11 月 13 日受付, 2023 年 12 月 11 日受理.

<sup>†</sup> tsuru@eri.u-tokyo.ac.jp

<sup>\*</sup> 東京大学地震研究所地震火山情報センター

<sup>\*</sup> Earthquake and Volcano Information Center, Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

仕組みを導入した。もちろんソースを含めて統合するのが望ましいが開発時間を優先してこのような仕組みとした。個々の追加機能について以下に説明する。

#### ● M-T プロットの表示機能

M-T プロットにおいては、マークとバーを組み合わせで表示するというスタイルに変更し、バーをプロットする/しないが選択できる。また、マグニチュードは通常 0.1 刻みであるが、この値に 0.1 以内の乱数を発生させて、その乱数と組み合わせる表示も可能にした。バーなし表示で乱数を発生させない場合には、小さいマグニチュードの領域において縦方向の間隔が 0.1 のグリッド表示のようになり、空白が目立ってしまうことになる。具体的な表示については図 1 に示した。地震の検知能力（= コンプリートネスマグニチュード）を把握するのに便利な表示であることが分かる。

#### ● 震央表示における地震の規模を考慮した表示機能

通常地図に地震の震央をプロットする場合にはマグニチュードに応じてマークのサイズを変えて表示するが、この表示において地震の破壊領域や余震領域に応じたプロットをできるようにした。具体的には、マグニチュードに関連した経験式を用いて余震領域  $L$ （ここではマークの直径）を表示できる。表示例を図 2 に示した。なお、この表示は円錐図法での表示にする必要があることに注意されたい。ちなみに地図法については、メルカトル図法およびモルワイデ図法なども選択可能である。

#### ● 時間円表示機能

津村（1993）により考案された地震活動の時間円表示を可能とした。この表示は地震活動が定常的であるか否かなどを、効率的に複数の領域で地震活動を把握する表示方法である。表示例を図 3 に示した。2023 年 5 月の石川・能登における群発地震を表示したものである。

#### ● バイナリデータ作成および読み込み機能

鶴岡（2005）において NetCDF というバイナリツールの利用を廃止した。しかし、やはりアスキーデータの読

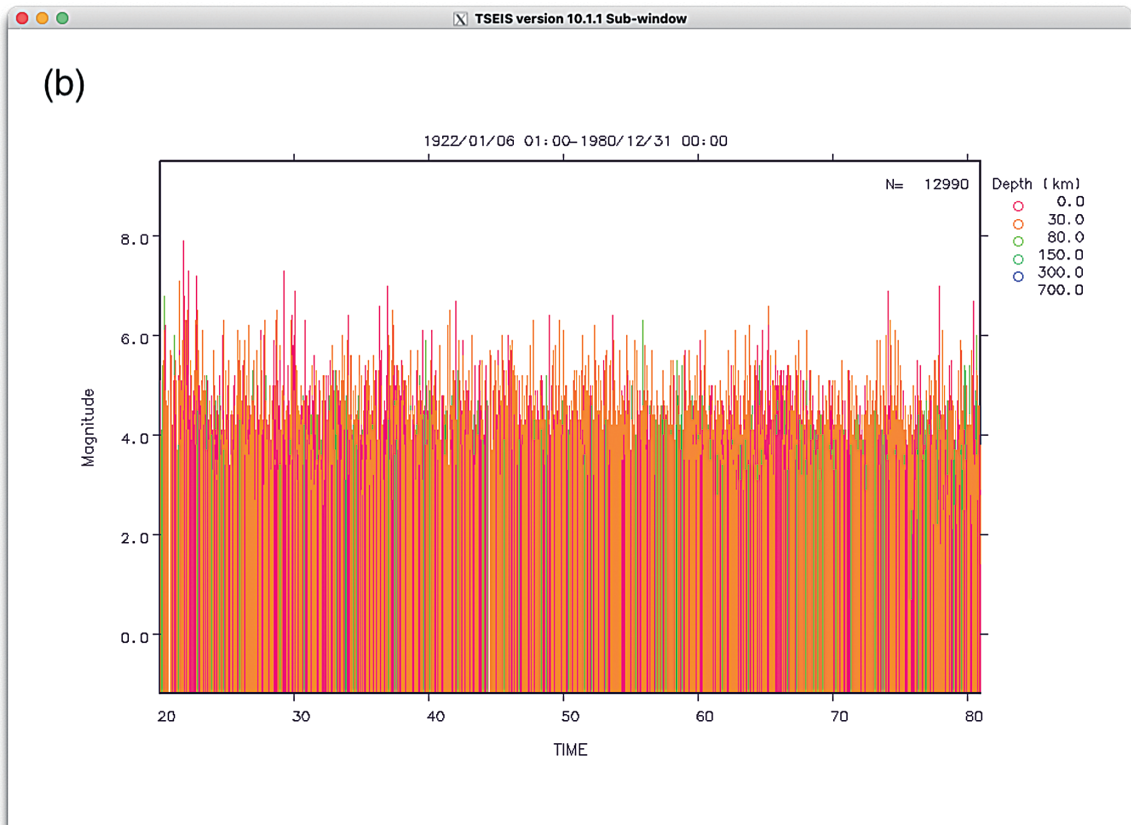
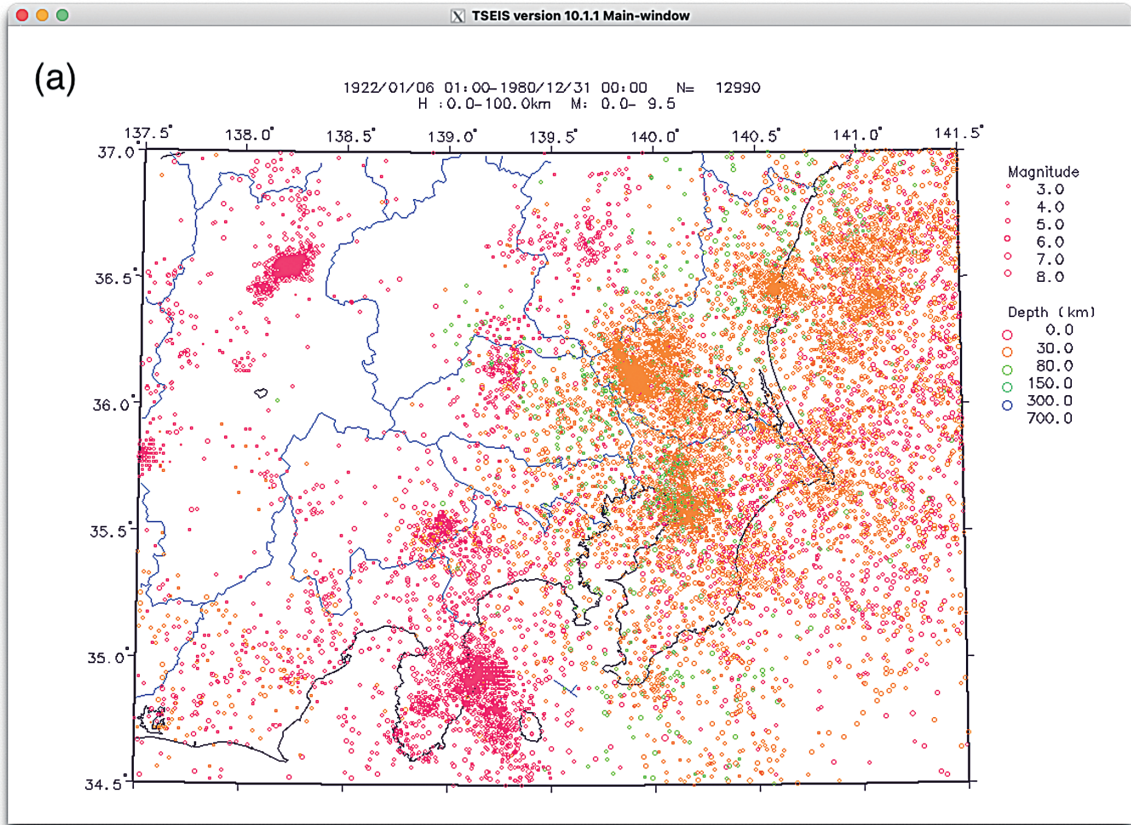


図 1. M-T プロットの表示機能. (a) 震央プロット表示. (b) マークなしバーありの表示.

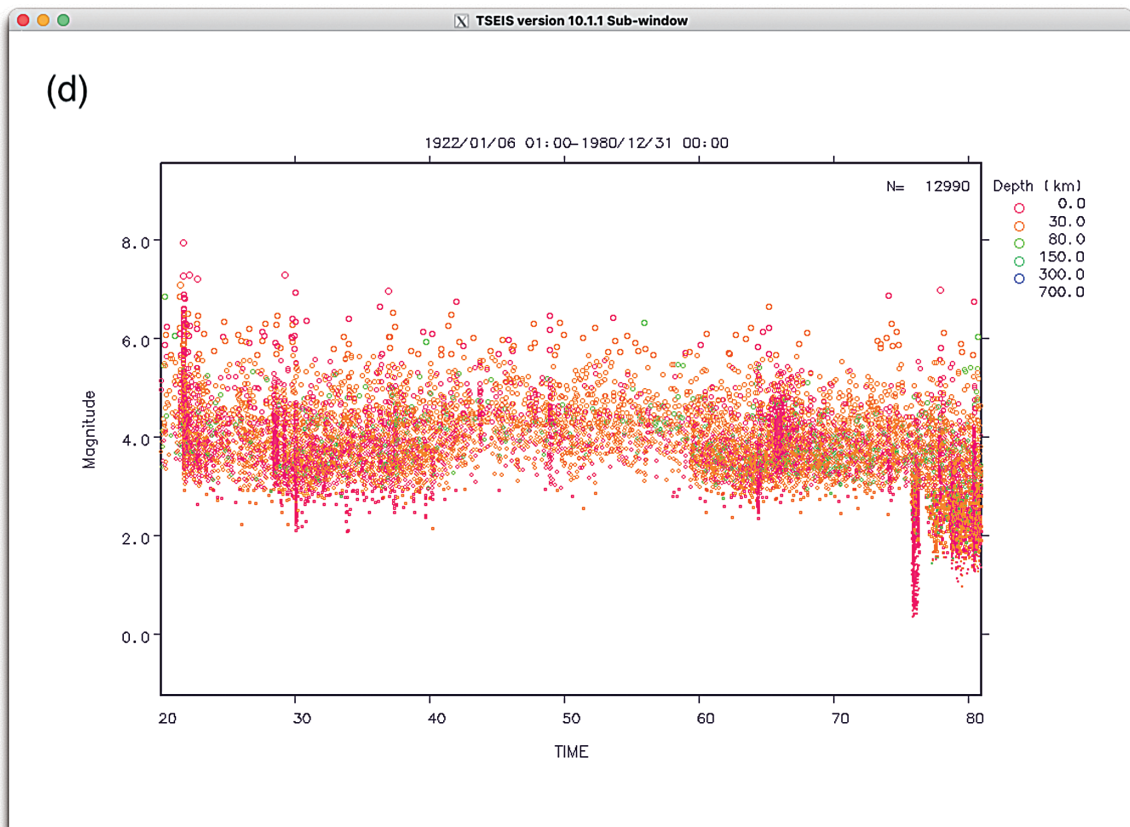
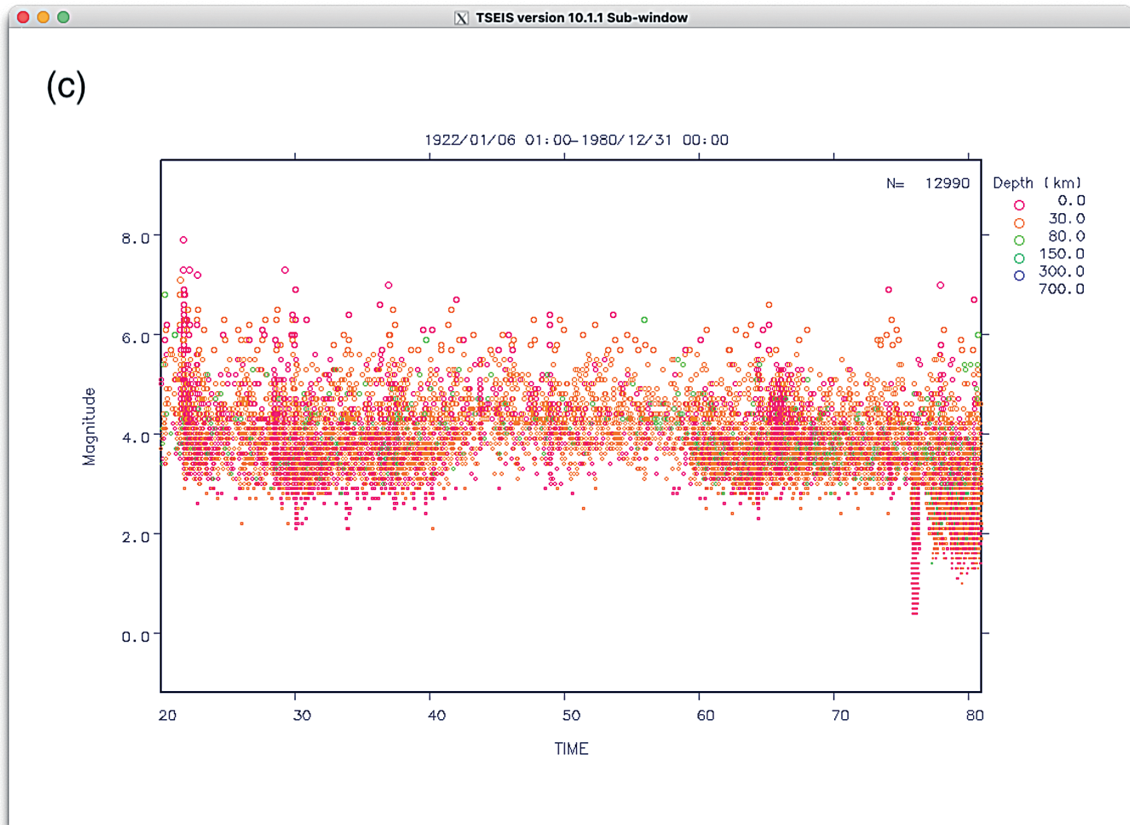


図 1. M-T プロットの表示機能 (続). (c) マークありバーなしの表示. (d) マークあり (乱数の追加) バーなしの表示.

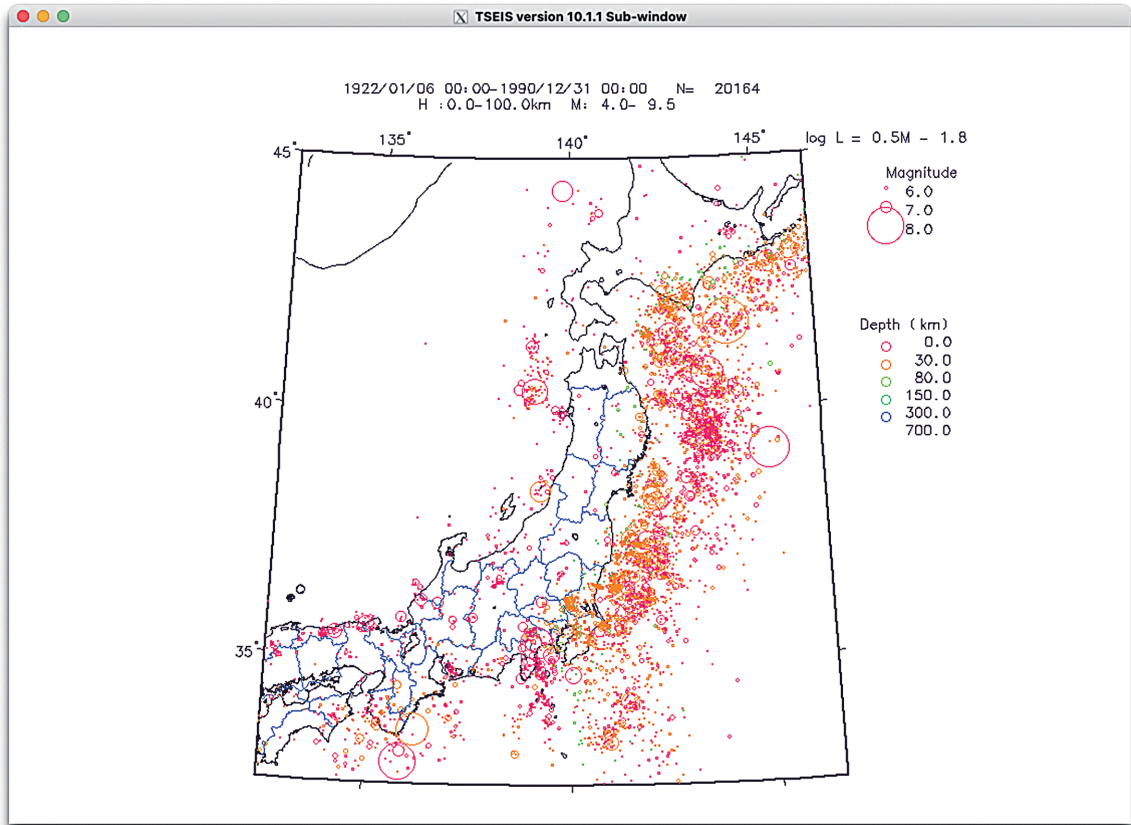


図 2. 震央表示における地震の規模を考慮した表示機能 ( $\log L = 0.5M - 1.8$  式での表示例, 領域時間範囲などは図 1 (a) と同じ).

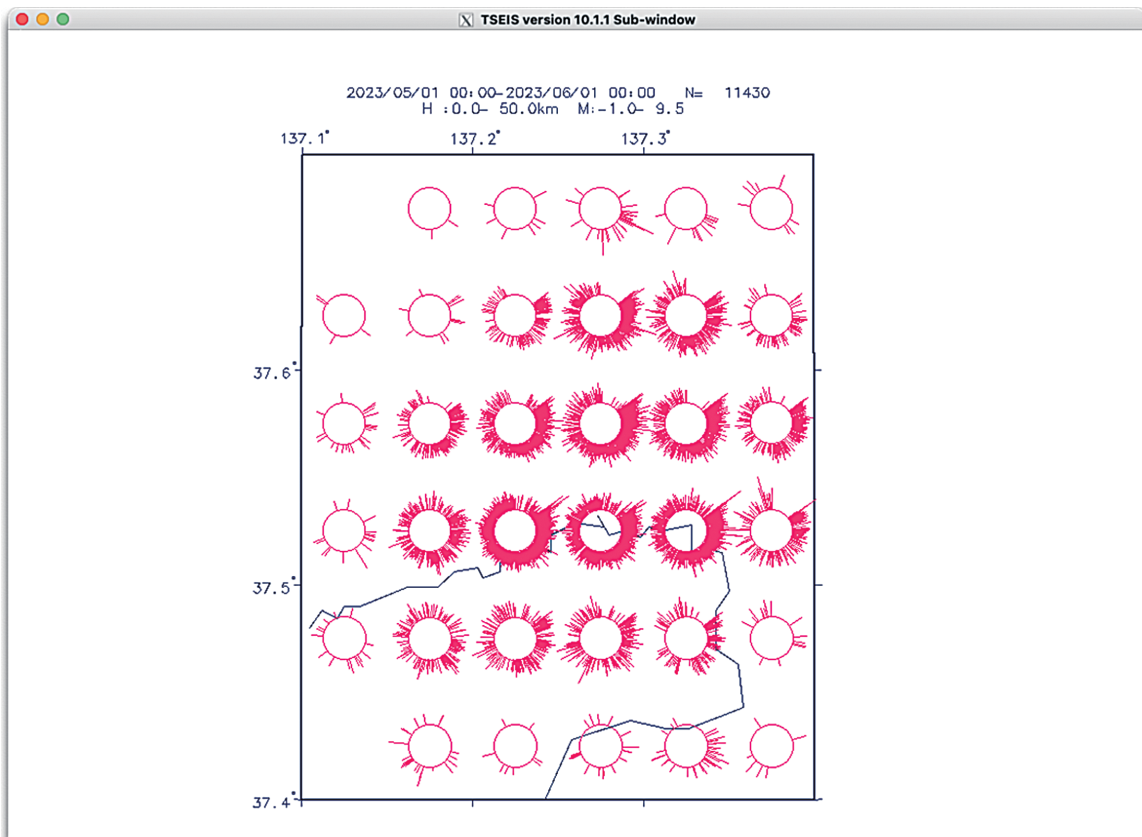


図 3. 時間円表示例 (2023 年 5 月の石川・能登の群発地震).

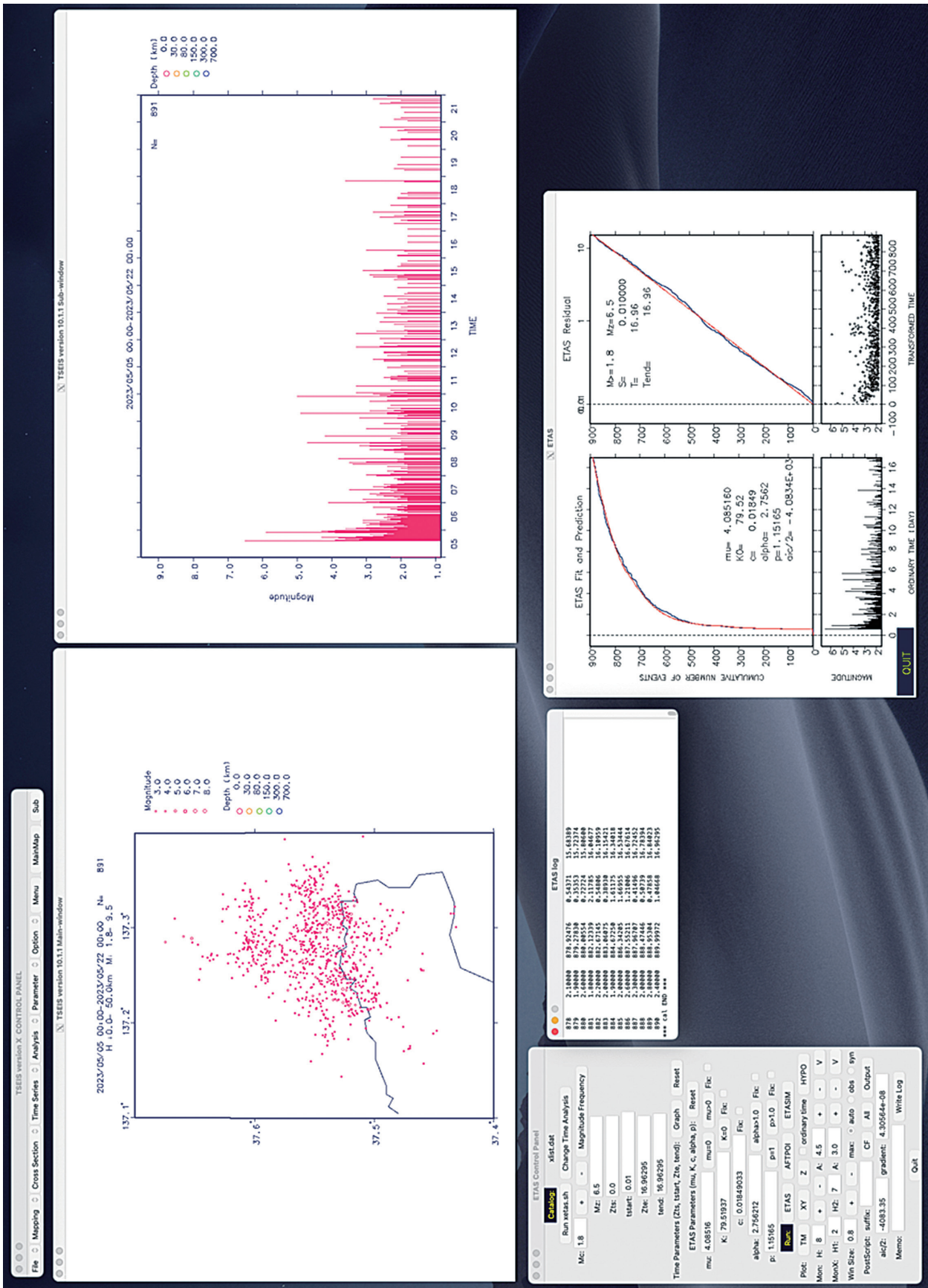


図 4. 1 次元 ETAS 解析ツール (XETAS) との連携例 (解析は石川・能登の群発地震の例である)。

み込みとバイナリデータの読み込みにおいては、後者が速いので、機種依存になるという問題があるが、この機能を追加した。データの読み込みの大幅な高速化が計られた。地図データのバイナリ化は `tsxmmap` コマンド、地震カタログデータ（アスキーデータ）のバイナリ化コマンドは `tsxmldb` である。

- 1次元 ETAS 解析ツールとの連携機能

Ogata and Tsuruoka (2016) にて開発した1次元の ETAS 解析が可能なソフトウェア XETAS との連携をできるようにした。ETAS というメニューをクリックすることにより、XETAS の入力ファイルを作成して XETAS を起動するという方式を採った。XETAS においては、ETAS 解析に加えて改良大森宇津解析や ETAS のシミュレーションなどの機能も備わっている。この機能を使った画面のスナップショットを図4に示す。解析例は図3で示された石川・能登の群発地震の例である。

- コンプリートネスマグニチュード解析ツールとの連携機能

Ogata and Katsura (1993) の地震の検知能力つまりコ

ンプリートネスマグニチュード ( $M_c$ ) を解析するソフトウェア (`calMc`) との連携をできるようにした。これも1次元 ETAS 解析ツールと同様、外部コマンドである `calMc` を起動してコンプリートネスマグニチュードを簡単に求められるようにした。ただし、この機能を利用するには、利用可能なマグニチュードのデータをすべて読み込む必要があることに注意する。この表示例を図5に示した。図では、コンプリートネスマグニチュードが2.18であることがすぐに把握できる。

## ま と め

地震活動解析ソフトウェアの機能強化を実施した。機能強化としてはパッケージのソースに含むものとそれ以外の外部プログラムにより行うという二つの手法を採用した。外部プログラムの採用により、地震活動ではよく使われる ETAS の解析や、地震の検知能力の指標であるコンプリートネスマグニチュードである  $M_c$  を容易に解析できるようになった。今後については外部プログラムをソースに取り込んでいくということを検討するとともにさらなる機能強化を実施したいと考えている。

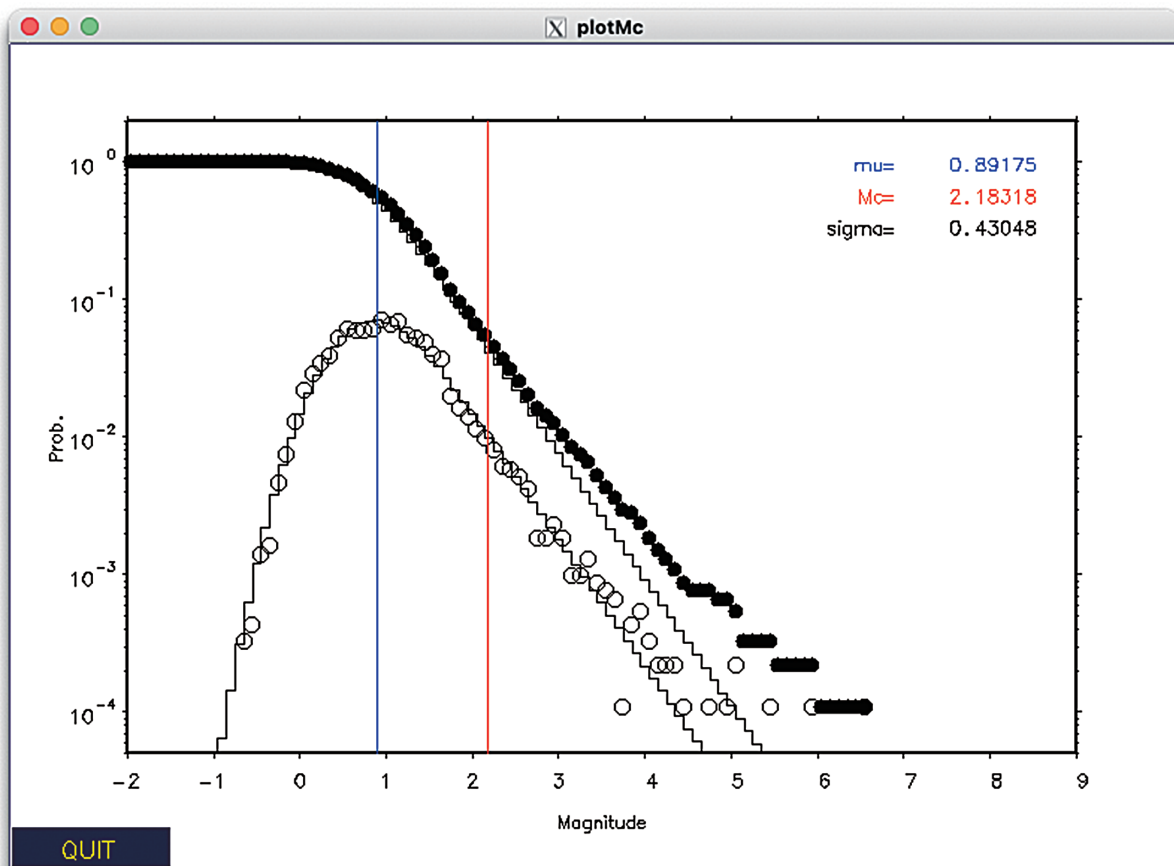


図 5. コンプリートネスマグニチュード解析ツールとの連携例。

謝 辞：技術研究報告編集委員会と2名の匿名査読者には、有益なご指摘を頂きました。ここに記して感謝申し上げます。

## 文 献

- 石川有三・松村一男・横山博文・松本英照, 1985, SEIS-PC の開発—概要—, 情報地質, vol. 1989, no. 10, p.19-34, [https://doi.org/10.6010/geoinformatics1975.1985.10\\_19](https://doi.org/10.6010/geoinformatics1975.1985.10_19).
- 瀬戸一・吉井敏尅, 1994, クライアント/サーバ型地震活動度データベースシステム: SeisView, 地球惑星科学関連合同学会 1994 年合同大会予稿集, I11-P84.
- Ogata, Y. and K. Katsura, 1993, Analysis of temporal and spatial heterogeneity of magnitude frequency distribution inferred from earthquake catalogues, *Geophysical Journal International*, vol. 113, no. 3, p. 727-738, <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1993.tb04663.x>.
- Ogata, Y. and H. Tsuruoka, 2016, Statistical monitoring of aftershock sequences: a case study of the 2015 Mw7.8 Gorkha, Nepal, earthquake. *Earth, Planets and Space*, vol. 68, no. 1, 44, <https://doi.org/10.1186/s40623-016-0410-8>.
- 岡田義光, 1988, 地震データ利用のためのプログラムシステム, 国立防災技術センター研究報告, no. 41, p.137-151, [https://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nrcdp/nrcdp\\_report/PDF/41/41okada1.pdf](https://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nrcdp/nrcdp_report/PDF/41/41okada1.pdf) (参照: 2023-11-13).
- 関口渉次, 1994, X-Window 上で動作する地震データ利用プログラム, 防災科学技術研究所研究報告, no. 53, p.63-79, <https://doi.org/10.24732/nied.00001057>.
- 津村建四朗, 1993, 時系列情報を含む地震活動度分布図—時間円表示図—, 地球惑星科学関連学会 1993 年合同大会予稿集, F21-P103.
- 鶴岡 弘, 1998, ワークステーションにおける地震活動解析ソフトの開発, 東京大学地震研究所技術研究報告, no. 2, p.34-42, <https://doi.org/10.15083/00032279>.
- 鶴岡 弘, 2005, 地震活動解析ソフトのマルチプラットフォーム化, 東京大学地震研究所技術研究報告, no. 11, p.39-44, <https://doi.org/10.15083/00032194>.
- 横山博文, 1997, X ウィンドウシステムを用いた地震活動解析プログラム, 験震時報, vol. 60, no. 1-4, p.37-51, <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/kenshin/vol60p037.pdf> (参照: 2023-11-13).