

私にとって画期的なクリノメーター : Fieldmove Clino

千木良雅弘

深田地質研究所

A novel clinometer for me: Fieldmove Clino

CHIGIRA Masahiro

Fukada Geological Institute

要旨 : 野外地質調査においてクリノメーターは必須の道具である。いろいろなタイプがあるが、使い方は 100 年以上前と同じである。しかしながら、伝統的なクリノメーターの使用は時間のかかることであり、また、この作業の間にどうしても人為的なミスも生じることがある。一方、最近開発されてきたスマートフォンアプリでは、スマートフォンの面を測定したい面に当てて、ワンタッチするだけで測定できる。しかも、位置情報、コメントや写真も同時に記録できる。大量のデータを得るためには、使い方さえ間違わなければ大変便利なものである。本報告では、本年報に掲載した「屏風ヶ浦」の調査にあたって、スマートフォンアプリ Fieldmove Clino を使用して、さらに、それを地理情報システム QGIS で処理した方法について紹介する。

キーワード : クリノメーター, 地質構造, スマートフォン, 地理情報システム

Abstract: Compass clinometers are essential tools for geological mapping, which did not change for over 100 years. However, using a traditional hand-held bearing compass needs a time and sometimes brings mistakes. On the other hand, recently developed digital mapping tools are very simple to use and can record locations, photographs, and notes, which is very convenient to get a lot of data. This report introduces how a smartphone application Fieldmove Clino was successfully used in combination with QGIS to do a research at Byobugaura, of which result is in this issue.

Keywords: clinometer, geographic information system, geological structure, smartphone

1. はじめに

地質野外調査における 3 種の神器はハンマー、クリノメーター、ルーペであり、これらは 100 年以上前から同じである。調査用具として持ち歩くもので、新しいものとしては、双眼鏡、レーザー距離計、GPS、高度計程度であろう。これらの 3 種の神器を扱うのにあたって、最も時間がかかり、その時に誤りが起こりえるのはクリノメーターによる計測と記録である。クリノメーターを露頭に

水平に当ててメモリを読むのに苦労することはたびたびである。また、読み間違い、記録間違い、も得てして起こることである。私も台湾で調査中のこと、ある露頭から 1 km くらい歩いたところで、一緒に歩いていた学生のデータを見直してみると、私の地図にあるデータと比べて地層の傾斜が反対であることに気が付いた。普通ならば、また今度、となるのであるが、この場合、地層の傾斜方向が地すべりの発生に関して大変重要であったことから、論争になった。私は普通学生の言うこ

とを頭から否定することはないのであるが、この時には譲るわけにもゆかなかった。学生も強情に言い張るので、だったら見直してくる、となり、1 km 暑い中を戻って確認したことがある。私は行かなかったが、幸い私の方が正しく、胸をなでおろした。野外調査の夜には、墨入れ (inking) をして記憶を定着する作業を行うのが普通であるが、この段階でデータの写し間違いということもある。

このような間違いの確率を減らし、調査を機動的にするために、最近のスマートフォンにインストールしたアプリは大変有用なものである。アプリによる走向傾斜の測定や自動的なステレオネット投影については、以前の私も含めて多くの経験者たちは、明確に実感をもって走向傾斜を測ることや方向をイメージしてステレオネットに投影すること、が大切なのであって、自動的に測定されたのでは真偽が判断できない、と思う傾向がある。しかしながら、こういった実感は演習で覚えれば良いともいえる。また、多数のデータの取得とマップやステレオネットへの投影の即時性は、フィールド調査自体を効率化する点で代えがたいものがある。

クリノメーターの種類や特徴については、藤井・神崎 (2018) が紹介している。我が国で最も便利に広く使われている代表的なクリノメーターは、当研究所で開発されたクリノコンパス深田式である。残念ながら現在は販売されておらず、ネットオークションで高値がついているようである。スマートフォンのアプリとしてのクリノメーターは、我が国のGSI社からのGeocline (for Android, for iPhone)、外国のものとしては、Pocket Transit (R&W Scientific)、Fieldmove Clino (Midland Valley Inc.)といったものがある。

ここでは、私がこの年報 22 号に執筆した「日本最大の連続露頭：屏風ヶ浦の断層フリー領域」

で多数の断層の調査に使用して大変便利さを実感した Fieldmove Clino (バージョン 2.5.0) について紹介する。使用したスマートフォンは iPhone 12 pro Max である。

2. Fieldmove Clino (以降 Clino) の歴史と評判

このアプリケーションは、Midland Valley Inc.によって 2015 年 6 月にリリースされたもので、iPhone, iPad, Android で利用可能である。ただし、Android の場合、方位の誤差が大きい場合があるとの指摘もある (Novakova and Pavlis, 2017)。Clino の利便性については、Muir (2015) が紹介している。彼は、発行元の Midland Valley Inc. の人間ではあるが、歴史ある The Geologists' Association が発行する Geology Today の記事なので、このアプリがかなり評価されていることが示唆される。また、Lundmark et al. (2020) は、Fieldmove Clino を Oslo 大学の地球科学の 3 年生の野外マッピングに使用させ、大きな成果があがったことを報告している。

Clino は、アップグレード版を購入して多機能を使うこともできるようであるが、私にとってはフリーアプリで十分であった。

3. Clino でできることと使い方

Clino を使用してできることは、次のとおり。

- 走向傾斜の測定・記録 (面構造と線構造)
- 測定位置の GPS 自動測定記録
- 方位データの自動偏角補正
- 測定結果へのコメント付加 (音声入力可)
- 写真撮影 (位置情報とコメントと一緒に記録)
- データの地図上への表示
- 測定結果のステレオネット投影

- 測定値の csv, kmz ファイルなどへのエクスポート、iTunes とのデータ共有
- フリーの地理情報システム (QGIS) に csv ファイルを読み込んで、地図上に走向傾斜を表示させたり、写真撮影位置を表示したりすることができる。

Apple store や Google play で Fieldmove Clino を検索すれば、すぐにアプリを見つげられる。

アプリを開くと、図 1 のような画面が現れる。これが測定画面。赤い走向傾斜のマークは、まだデータが固定されていないことを示している。この状態でスマートフォンの背面を測定したい面に当てて、円盤をタップすると、マークが黒くなり、測定が完了したことを示す。失敗した場合には、もう一度タップすれば、もとの赤に戻る。画面の上部には、緯度経度が示されている。その右の黒丸に白矢印は GPS がオンになっていることを示している。いちいちオンオフせずに使っても 1 日程度ならばバッテリーは十分持つ。画面中央左下の小さな円をタップすると、走向傾斜の測定パネルとコンパスパネルとを入れ替えることができる。コンパスパネルの中央の数字は、スマホの長辺の向いた方向が北から右回りに何度か方向にあるかを示している。

次に、Unit 1 と書いてある部分 (今はオレンジ) をタップすると、図 2 にあるような Rock Types のページが現れる。ここで Unit 1 となっている部分を砂岩、泥岩、あるいは〇〇層、というように設定できる。この入力、コメント入力欄のマイク印をタップして音声でもできるが複雑な文字おこしはむずかしい。右側の鉛筆マークをタップして、色を変えることができる。画面右にある+マークをタップすると、新しい Rock Type を設定することができる。特に Rock Type を気にしないなら、

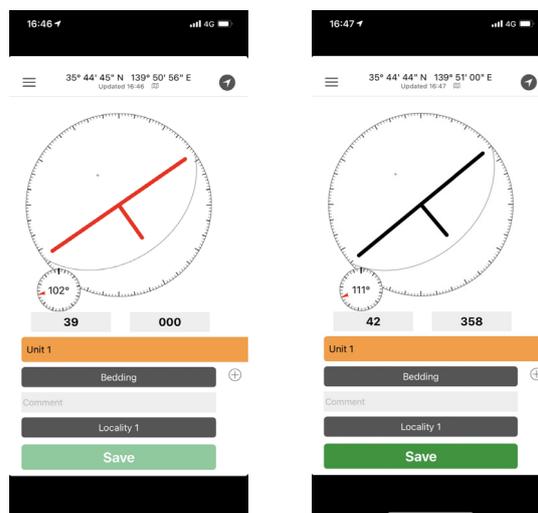


図 1 Clino の走向傾斜測定画面。左のようにマークが赤の時はまだデータが固定されていないが、この面をタップすると、右のようにマークが黒くなり、固定される。

測定中全部同じでも良い。左上のチェックマークをタップすると、元の測定画面に戻る。

Bedding の部分をタップすると、Select Data Type のページが現れるので (図 3), Plane Data Types あるいは Line Data Type の Bedding, Lineation などを選ぶ。するともとの測定画面にもどる。Lineation を選ぶと、走向傾斜マークではなく、矢印マークが出るので、スマホの長辺を線構造に合わせてパネルをタップすれば測定ができる。Data Type の欄の下には Comment の欄があるので、ここをタップしてコメントを入力して、チェックマークを押して、もとの測定画面に戻ることができる。Comment の下にある Locality は、あまり気にする必要がない。私の場合、ずっと Locality 1 だった。1 か所で多数のデータをとって他と区別したい場合には、+しるしをタップして新たに Locality を加える。

最後に緑の Save をタップすると、測定値が位置情報と一緒に保存される。

次に、画面左上の横三本棒をタップすると、図 4 の画面になる。これは、サイドパネルと呼ばれ、



図 2 Rock type のページ.

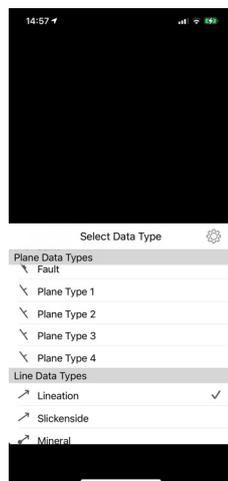


図 3 Plane Data Type のページ.

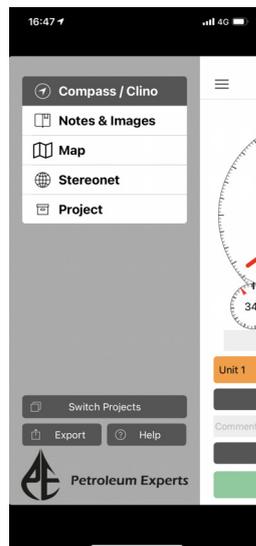


図 4 サイドパネル.

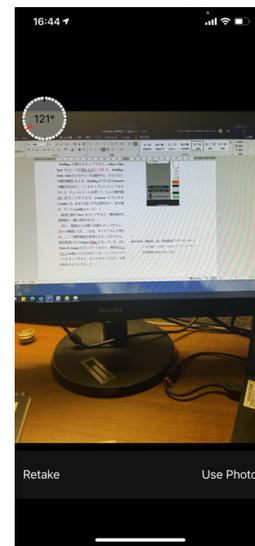


図 5 写真撮影画面.

ここで操作画面の変更をすることができる。測定直後には **Compass/Clino** になっている。次に, **Notes & Images** をタップしてみると, 最初は **Locality 1** とだけ出ている。ここでカメラマークをタップすると, カメラがオンになり, 写真が取れるようになる。カメラ画面で左上にある○と赤矢印は, カメラの向いている方向を北から右回りに測定した角度である (図 5)。今は原稿を書きながらの写真なので, パソコン画面を撮影してある。撮影が済んだら, この写真を使うかどうかの選択が画面下に現れるので, **Use Photo** または **Retake** を選択する。**Use Photo** をタップすると, **How to Allow Full Access** と訳の分からないことが出てくるが, かまわずチェック印をタップすると, **Saved** といったん表示されて, 今撮影した写真の一部と緯度経度が示される。この画面で右上の鉛筆マークをタップすると, メモが記入できる。記入の後にチェックマークをタップすると, さっきの写真とコメントの入ったページに戻る。これで写真撮影はおしまい。左上の三本棒をタップすると, また, サイドパネルに戻る。

屏風ヶ浦では, 断層の走向傾斜の測定と断層の写真撮影を繰り返していった。その結果, 図 6 のように, 写真と走向傾斜のデータが時間順に並んだデータとなった。そのうちの一つの写真をタップしたのが図 7 であり, データがちゃんと記録されているのを見て一安心である。これで **Notes & Images** のページは出来上がりである。

次にサイドパネルに戻って **Map** をタップすると, 測定値が **Google Map** 上にプロットされた図が現れる (図 8)。この図を拡大縮小して, 走向傾斜の分布を確かめることができる。**Rock Type** で色指定している場合には, この表示もそれに従った色になる。**Map** は, 衛星画像にすることもできる。ここで, **Edit Base Maps** という表示も出るので, 自分で設定した **Map** も選べるらしい。たぶん **LiDAR** 画像も入れられそうである。

次に **Stereonet** をタップすると, 図 9 のように測定したデータがネットにプロットされたものが表示される。画面下の **Equal Area**, **Equal Angle** ボタンで 2 つの選択ができる。また, **Planes**, **Poles**, **Both** の選択ができる。図 9 は **Both** の場合であり, 黒い

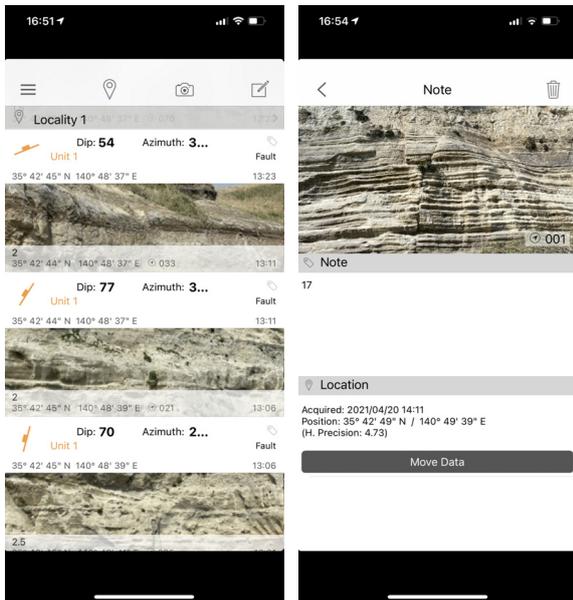


図 6 Notes & Images のページ.



図 7 Notes & Images のページで一つの写真をタップして現れるページ.

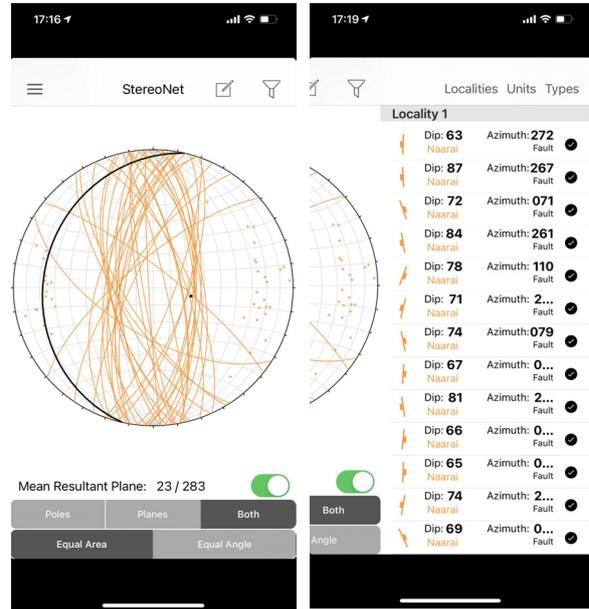


図 9 データのステレオネット投影.

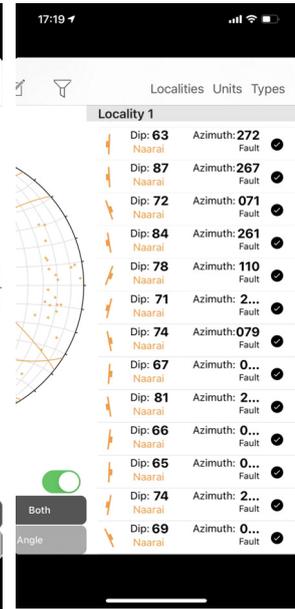


図 10 ステレオ投影するデータのフィルタリング画面.



図 8 測定データの Google Map での表示. カメラの撮影位置も示される.

大円と極は平均値である. その平均値の数値が画面下にあり, いまは 23/283 となっている. ここで注意しなければならないのは, 最初の数字が傾斜, 次の数字は傾斜方向を北から右回りに測定した値であることである. これには慣れることが必要. 画面右上の漏斗をタップすると, データの一覧が出て, Localities, Units, Types によってフィルターをかけることができる (図 10). また, サイドパ

ネルに戻る.

サイドパネルで Projects をタップすると, 現在の Project が示される. 名前, 作成日, 偏角, などが示されている. このページで適宜書き換えられる.

以上で一通りの Project 完成である. サイドパネル下にある Switch Projects をタップすると, Projects の一覧が表示されるので, 古い Projects を参照するときなどに, 適宜選択する. 要らない Projects を削除するときには, Projects 名の右の i アイコンをタップすると, Delete 選択画面が現れる. また, 新しい Project を始める時には, + をタップすると新しい Project を開始することができる.

使い方がわからなくなったら, サイドパネル下の Help をタップすると Quick Help と Extended Help の文字が現れる. 説明は英語だが丁寧にしてあるので, きっと理解できる. 参照し終わったら, Done をタップすると, 元の画面に戻る.

4. データのエクスポートと PC への取り込み

Project を選択して、サイドパネルの下にある Export をタップすると、どのタイプで Export するか選ぶ画面が現れる。私は csv ファイルでエクスポートして、それを iTunes で PC に取り込んだ。csv を選択すると、Data was saved as CSV files in project (number).fm の表示が出る。kmz ファイルでエクスポートすれば、Google Earth で扱える。エクスポートとはいえ、スマホの中にエクスポートするという事らしい。

エクスポートしたファイルを PC (Windows 10) に取り込むには、iPhone と PC を接続して、iTunes を立ち上げる。そうすると、ちょっと見つけにくい iPhone の小さなアイコンが現れるので、それをクリックすると図 11 の画面が現れる。図 11 は、この画面で左のリストからファイル共有を選択した画面である。App に色々なものが表示されるが、

その中の Clino を選択すると、Clino の書類として今までエクスポートしてきた project.fm ファイルが表示される。PC と共有したいファイルを選択して、画面一番下の保存をクリックすると、PC の保存先を選べるようになる。保存する場所を適当に選んで保存すると、図 12 のように色々なデータが csv ファイルとして保存される。Image は写真そのものではなく、写真の位置情報やコメントである。写真自体は、別途スマホから PC にコピーしなければならない。写真のデータと写真とを対応させるには、ファイルと一緒に保存されている記録時間が役に立つ。写真は時間を追って撮影しているからである。kmz ファイルで保存した場合には、それを Google earth で開けば、Google earth の画像上にデータが表示され、カメラマークをクリックすると、写真がポップアップする。



図 11 iTunes のファイル共有画面。

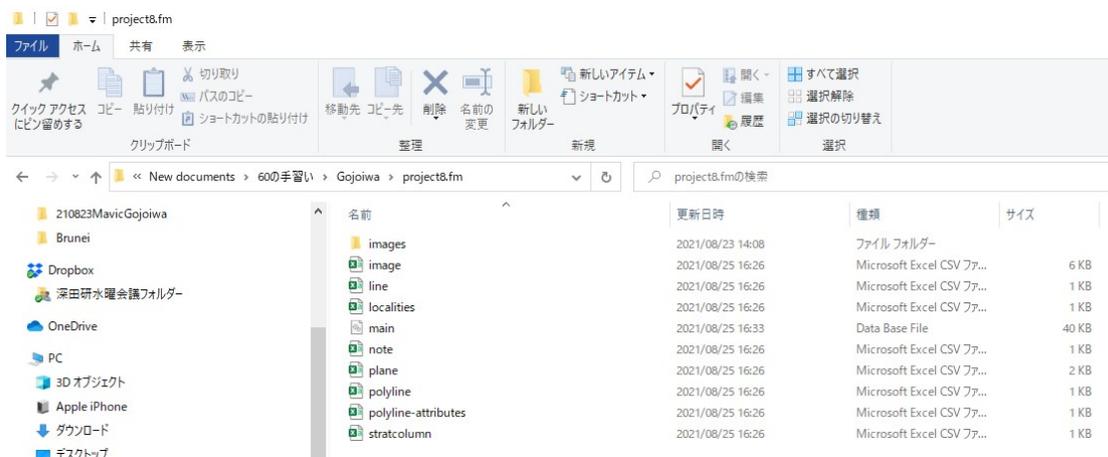


図 12 PCに取り込まれたClinoのProjectデータ。

5. PCに取り込んだデータの地理情報システムへの取り込み

さて、データをPCに取り込んでも最終的に地図上にプロットしなければ役に立たない。そのため、地理情報システム（GIS）にデータを読み込む。ここではフリーソフトのQGISを使う。私が使っているのはQGIS desktop 3.14.1である。

Clinoで測定した面構造の方向をQGISに移すには、csvファイルとして保存した面構造のデータの中から、必要な部分だけ次のように切り出して、再度csvファイルとして保存する。

表 1 Clinoの測定データから切り出した走向傾斜と緯度経度データ。

longitude	latitude	dip	strike
138.6502	35.87344	58.28893	273.5105
138.654	35.87499	46.86949	326.2846
138.6593	35.87479	40.79819	350.5268
138.6599	35.8741	35.0109	278.3804

ここで、左側がlongitude、右側がlatitudeになっ

ていないと、QGISに取り込むときに困る。これをQGISに取り込む。QGISのデータソースマネージャのアイコンをクリックすると、図13の画面が現れるので、左の欄からcsvテキストを選択する。ファイル名のところは、右側の・・・マークをクリックすると、csvファイルを選択しますという画面になるので、さっき保存したcsvファイルを選択する。これを選択すると、パネル下の方のジオメトリ定義やサンプルデータの欄が自動的に入力される。データはGPSで取得しているので、ジオメトリのCRS（座標参照系）はWGS84になっているはず。レイヤ名はBeddingやFaultとつける。エンコーディングは、デフォルト（Shift_JIS）。ジオメトリ定義の欄はX属性がlongitude、Y属性がlatitudeになっている。

以上を確認して追加をクリックすると、QGISのレイヤにBeddingのレイヤが追加され、マップに測定個所の点が表示される（図14）。写真の撮影位置の表示も同様にできる。さて、あとは走向傾斜のシンボルを表示させれば出来上がりである。そのためには、レイヤのパネルでBeddingの名前を右クリックしてプロパティを選択。開いたパネ

ルからシンボロジを選択. 次にマーカーの下にあるシンプルマーカーをクリック. そうすると, 下半分の画面が切り替わる. シンボルレイヤタイプとしてシンプルマーカーと表示されているので, そのバーの右端の▼をクリックすると SVG マーカーというのを選択することができる. SVG マーカーには色々なマーカーが登録されている. その中に geology というのを予め登録しておく, 層理面, 断層面, 節理などの面構造のシンボルを選択することができる. 登録の仕方は, ネット検索すれば容易に見つけることができる. 図 15 は層理面を選択した状態である. パネルの SVG イメージに現れているシンボルは皆同じに見えるが, それぞれ選択すると, 一番上の画面に正しい形が現れる. 走向傾斜マーカーを正しく表示させるにはもう一つポイントがある. パネル中央にある「回転」の欄である. デフォルトは 0 度になっているが, 右にある四角に▼のついたマークをクリックすると, 選択肢が現れるので, そこからフィールドの型, ... を選択すると右にポップアップパネルが現れるのでそこから strike を選択する. これを間違えると走向傾斜マーカーが間違った方向に向いてプロットされる. このあたりが, N20°E/60°N などの表示に慣れている私たちにはちょっとわかりにくいところである. さて, これで準備ができたので適用をクリックしてみる. 地図に走向傾斜のマーカーが現れたはずである (図 16). マーカーのサイズや色などは, このレイヤのプロパティから設定できる.

本年報の屏風ヶ浦の報告の内, Fig. 5, Fig. 9 はこのようにして作成したものである.

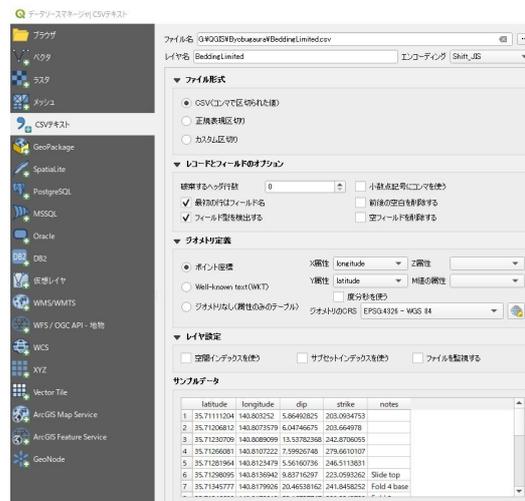


図 13 データソースマネージャで csv ファイルを選択した画面.

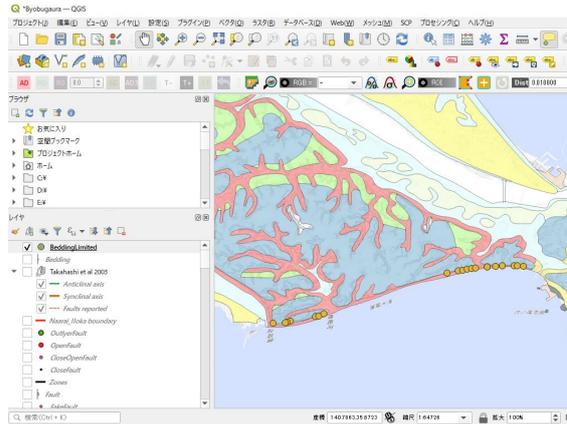


図 14 QGIS マップ上に表示した走向傾斜測定位置.

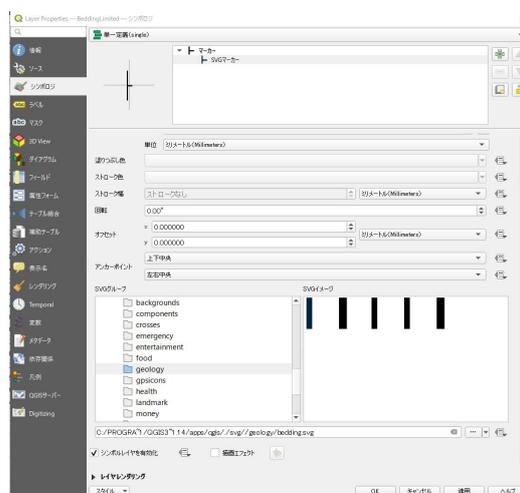


図 15 走向傾斜のマーカー設定状況.

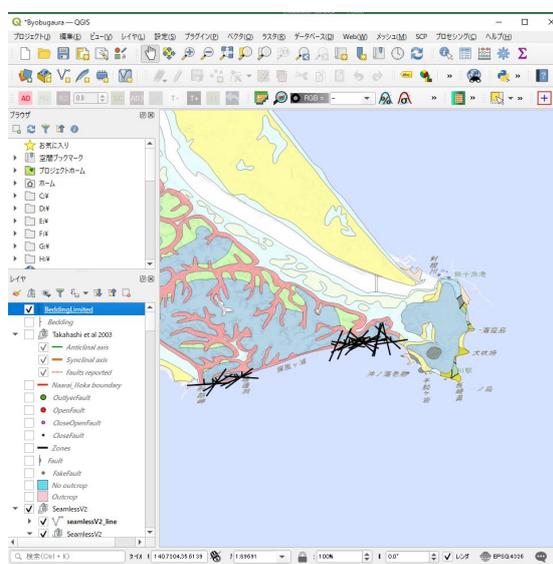


図16 マップ上への走向傾斜のプロット。

6. おわりに

私が試行錯誤しながら何とか使えるようになった Fieldmove Clino とそのデータの QGIS 上への読み込みと表示について述べてきた。当初、私はデジタルクリノメーターに関しては懐疑的であり使う気にならなかった。しかしながら、今回は屏風ヶ浦で大量の断層のデータを扱う必要があったため、ある意味やむを得ず使うことになった。しかしながら、使いこなせるようになると、こんなに便利なものはないと思うようになった。そろそろメカニカルなクリノメーターは博物館入りかもしれない。

唯一注意すべきなのは、走向傾斜の測定が簡単なだけに、単に測定して行って、整理は家に帰ってから、と思いがちになることである。測定結果は地図の上に多少不正確でも良いから記入して、地層の伸びの方向や地層の上下関係を考えながら調査しなければならない。そうしないと、大量のデータを家に持ち帰って、結局構造がわからない、

という羽目に陥るからである。やはり、地質図と断面図はフィールドで作るものである。正確な必要はない。多少抽象的でも良いが、フィールドで最善の判断を下して、それを家に持ち帰る必要がある。これは100年前も今も同様である。

人間はデータを取りまわる機械ではなく、感覚と理論で自然を理解するものである。その道具として便利なものがあれば積極的に使うべき、といえるであろう。ちなみにここで記述したソフトウェアはすべて無料のものである。

謝辞

本報告を作成するにあたり、木村克己氏に有用な助言をいただいた。ここに謝意を表します。

文献

- Lundmark, A. M., Augland, L. E. and Jørgensen, S. V. (2020): Digital fieldwork with Fieldmove - how do digital tools influence geoscience students' learning experience in the field? *Journal of Geography in Higher Education*, **44**, 427–440.
- Muir, R. J. (2015): Digital field mapping - making the change from paper to touchscreen technology. *Geology Today*, **31**, 232–236.
- Novakova, L. and Pavlis, T. L. (2017): Assessment of the precision of smart phones and tablets for measurement of planar orientations: A case study. *Journal of Structural Geology*, **97**, 93–103.
- 藤井幸泰・神崎裕 (2018) : 地質踏査でデジタルガジェットを使いこなす: その2 クリノメーター. 応用地質, **59**, 219–224.