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

藤井幸泰*・神崎 裕**

要 旨

地質踏査の三種の神器の一つであるクリノメーターについて、古典的アナログ機器といえる国内外の製品版クリノメーターを紹介すると共に、現在ダウンロード可能な同機能アプリ（iOSおよびアンドロイド版）について、デジタルガジェットとして紹介する。

Key words : クリノコンパス Geological Compass, トランシット Transit Compass, アプリ app

1. は じ め に

地質踏査の三種の神器といえば、ハンマー、クリノメーター、フィールドノート（野帳）である。クリノメーターについては、アナログ機器を利用されている方もまだ多いと思われるが、スマートフォン用アプリでの利用も可能である。スマートフォンには総称でMEMS（Micro Electro Mechanical Systems：微小な電気機械システム）とよばれる、電子コンパスやジャイロセンサーが搭載されており、アプリをインストールすることで計測機器としての利用が可能である。この原稿では古典的アナログ機器である数種類の製品版クリノメーターを紹介すると共に、現在ダウンロード可能な同機能アプリについても紹介する。

ところでクリノメーターをアルファベット表記すればClinometerとなるが、逆に英語のClinometerを和訳すると傾斜計となり、方位を測る意味はなくなる。すなわちクリノメーターは和製英語であり、英語圏ではPocket Transit Compass¹⁾やGeological Compass²⁾という名称が主流であり、Brunton Compassという製品名でも通用することが多い。トランシットコンパスとは、方位と傾斜が測定できる測量器具であり、日本では牛方製ポケットコンパスがよく利用されている。トランシットやセオドライトといえば角度をさらに精度よく測定できる測量機器であり、コンパスである方位磁針はついていない。さらにセオドライトに光波測距儀を組み合わせたものをトータルステーションと呼ぶこ

とが多い。また後述するクリノコンパスをアルファベット表記すればClino-compassとなり、これも和製英語であるが、こちらの方が英語圏で意味が通じそうである。

2. 製品版クリノメーター

2.1 木製・金属製クリノメーター（日本）

最もシンプルなクリノメーターである（写真-1）。木製

写真-1 木製（上）と金属製（下）クリノメーター

* （公財）深田地質研究所 Fukada Geological Institute（会員）

現所属：名城大学 理工学部 社会基盤デザイン工学科
 Department of Civil Engineering, Meijo University
 e-mail : fujii@meijo-u.ac.jp

** 中央開発(株) Chuo Kaihatsu Corp. (会員)

は既に販売されていない。方位と傾斜を測定でき、平型の水準器が一つついている。安価で初心者向きとされるが、後述のクリノコンパスと比べると軸受けがやや弱く、故障しやすい様である。木製は水に浮くので重宝されていた。側面の指標を伸ばして見通して傾斜を計測することも可能である。

2.2 クリノコンパス深田式（日本）

深田式とあるのは、深田地質研究所で開発されたためである。故大矢曉氏（元深田地質研究所、元応用地質（株））が中心となり、木製クリノメーターを基に、ブリキと手鏡を組み合わせたプロトタイプを作成し、これを各種調査で利用したそうである。そこで皆が使えて売れるようなものをつくろうという目的で、図面を描いた経緯がある。その際、ドイツのクランプ社製クリノメーターを参考にしたようである。図面を昭和測器工作所に持ち込み、さらに改良を加えてできたのが、クリノコンパス深田式である（写真-2）。クリノメーターの簡便さと、ブラントンコンパスの精度とを合わせた意味が込められている（以上は羽田³⁾より要約）。さらに真偽の程は定かでないが、クリノコンパスの完成版ができた際、製品30個と引き替えに、昭和測器に設計図を渡したそうである。

クリノメーターとの大きな違いは、蓋代わりの鏡とその逆側に指標が搭載されていることである。これを利用すれば、ルートマップ作成時に次の目標を定める際にも、通常のクリノメーターに比べて高い精度が得られる。ところでルートマップも和製英語であり、英語でroute mapといえは道路地図を示すことが多い。英語ではtraverse mapといった方がよいようである。またルートマップを作る際、歩測による距離の誤差よりも、コンパスによる方位誤差の方が大きくなる⁴⁾。クリノコンパスはこの誤差を減らそうとした試みの製品かもしれない。

残念ながら昭和測器は廃業し、その後も（株）ニチカが販

売や修理を続けていたが、現在は入手することができない。

2.3 ブラントンコンパス（Brunton Compass, アメリカ合衆国・コロラド州）

カナダ生まれの地質屋および鉱山屋であるD.W. BRUNTONにより、1894年コロラド州デンバーに創業したBrunton社の製品である（写真-3）。正式名称はPocket Transit Compassであり、現在はいくつかの種類が販売されている。水準器は方位測定用の丸形と、傾斜測定時の平型が搭載されており、方位も傾斜も1°刻みの目盛がある。アルミ製で防水も施されており、丈夫なつくりである。蓋代わりの鏡が搭載されており、鏡と逆側に搭載された指標と共に使用すれば、クリノコンパス同様に高い精度が得られる。日本製クリノメーターは東西南北で表示される90°刻みであるが（EとWは方位磁針と異なりひっくり返っている）、ブラントンコンパスは反時計回りの360°表示である。米国では走向を360°表記で行うことが多いためである。これは時計回りで常に右側が傾斜方向を示す表示となっている（right hand ruleと呼ばれている）。しかしコンパスの下には東西南北形式の表示もされている。

世界的に有名な機器であるため、模造品も大変多い。中国ハルビン製のものや、オマーンで入手できるBrinton Compassが深田地質研究所に展示されている。

2.4 ブライトハウプト（BREITHAUPT KASSEL, ドイツ）

折りたたむための蓋付きの装置であるが、蓋に鏡はついていない（写真-4）。蓋を構造面に当てて丸型の水準器で水平をとることで、傾斜方向の方位と傾斜角度を同時に測定できる。方位磁針は普段固定されており、隅にある固定具を動かすことで方位磁針が動く構造となっている。方位は左回りの360°に、東西南北の表記もある。方位板が透明なため、裏側からも測定ができる構造になっている。

2.5 ブッソルシェイ（Boussole Chaix, フランス）

折りたたんで仕舞える構造となっており、片側に方位磁針と丸型水準があり、もう片側に傾斜計が内蔵されている

写真-2 クリノコンパス深田式

写真-3 ブラントンコンパス

(写真-5上)．指標も搭載されており，クリノコンパス同様に見通しも精度よく測定できる．折りたたんで閉じると磁針が静止するもの，クリノコンパスやブランドンコンパスと同様な機能である．方位の目盛は，360°で右回りも左回りも記載されており，さらに内側に東西南北でも記載されている．フランス人の手に合わせてなのか，大変大きくて丈夫な作りになっている．方位と傾斜が一つに集約された簡易版も存在する(写真-5下)．

2.6 プラスティック製コンパス (傾斜計付)

シルバ (スウェーデン)，スウント (フィンランド)，レクタ (スイス) 等のヨーロッパのメーカーから販売されている．このうちスウントとレクタは1996年に経営統合して現在はスウントが製品を製造している．オリエンテーリングや軍事活動に使うことを想定に開発されたため，方位は時計回りの360°表記となっており，地質踏査に用いる際は

注意が必要である．この表記をシールなどで東西南北表記や反時計回りの表記に代えて販売されているケースもある．オイル封入式のため磁針がピタッと止まる，水にぬれても問題なく，軽くて扱いやすいなどのメリットがある．ただし水に浮かないものが多い．鏡面を有する蓋付きや，シンプルなものなど形状は数種類存在するが，どれも透明板を利用しているので裏からも測定が可能である(写真-6～8)．また水準器も丸型や平型など搭載されているものが様々あり，オイル封入されたコンパス自身に気泡が入れられて水

写真-4 ブライトハウプト

写真-5 ブッソルシェイ (上) と簡易版 (下)

写真-6 シルバコンパス

写真-7 シルバ・エクリプス

写真-8 スウント

準器の役割を担っているものもある。“liquid filled matchbox” modelといわれる小型のものを著者は携帯することが多いが(写真-9), これは1941年にレクタが発明したもので, マッチ箱の大きさであるが簡易測量にも利用できるものである。このモデルはスイス軍に採用されて相当数が出荷されたようであるが, 第二次世界大戦後は登山やオリエンテーリングでの利用が増えたようである。

2.7 デジタルクリノメーター GeoClino (GSI社, 日本)

2007年頃の販売。通常版とGPS付版が販売されていた(写真-10)。現在は販売されておらず, 後述のアプリ版が後継となっている。通常版でも5万円近くの値段で, クリノコンパスの2倍ほどであった。キャリブレーションを行う煩わしさはあるものの, 構造面に当てるだけですぐに計測ができる。同時に記録もできるので大変便利である。同じ時間内で, 通常のクリノコンパスの3倍は計測できそうである。ただしインターフェースが数値のみの表示となり(走

写真-9 レクタ “liquid filled matchbox” model

写真-10 デジタルクリノメーター GeoClino (GSI社製)

向傾斜と線構造と日時などが表示される), クリノコンパス等のGUI (Graphical User Interface) に慣れてしまった著者には使いづらかった。たとえばN77°Wと示されるわけだが, 北はどちらかな?と考えると, 結局クリノコンパスを持ち出してしまふ始末である。この点は下記のアプリ版で解決されているといえよう。

3. アプリ版クリノメーター

国内外で様々なアプリが開発されており, ダウンロード可能である。以下に3つを紹介する。国内製アプリ2件と海外製アプリ1件である。下記以外にもいくつかの海外製アプリが存在するようであるが^{1), 2), 5)}, 似たような機能であるので興味を持った方はGoogle PlayやApp Storeで検索されたい。またこれらのアプリと製品版の古典的なコンパスを比較した報告があり⁵⁾, 傾斜に大きな差はないが, 方位は最大で80度も異なっていたとしている。スマートフォンやタブレットといったハードウェアとアプリの相性, あるいはハードウェアのデジタルコンパスの問題を指摘している。実際にデジタルコンパスはキャリブレーションが必要で, いくつかの方法が提案されている^{6)~8)}。いずれにせよ利用の際はキャリブレーションなど, 十分気を付ける必要があらう。

3.1 Geocline for Android (GSI社製)

製品版, Lite版の二種類が用意されており, それぞれ¥3,980, ¥100である(写真-11は製品版)。どちらも走向傾斜や線構造を測定でき, 500点まで記録が可能で, 記録したデータを出力してメール送信することもできる。製品版とLite版の機能の違いは, 衛星測位を利用して計測点を地図上に表示したり, 軌跡を記録することができ, さらに

写真-11 Geocline for Android (Google Play)

<https://play.google.com/store/apps/details?id=gsi.geoclineAndroid&hl=ja>

写真-12 GeoClino for iPhone (App Store)

<https://itunes.apple.com/jp/app/geocline-for-iphone/id398949364?mt=8>

測定データをスマホ画面でシュミットネット上に表示することも可能である。写真-11のようなGUIを持っており、北方向もわかりやすく表示してくれる。

3.2 GeoClino for iPhone (産業技術総合研究所)

走向傾斜や線構造を測定・記録でき、記録したデータを出力してメール送信することもできる。衛星測位を利用して計測点を地図上に表示したり記録することもできる（写真-12）。すなわちGeoClinoのiOS版といえ、GSI社が受託開発を行っている。無料アプリである。利用してみればわかるが、GUIはクリノコンパス深田式を意識したものになっている。

3.3 Pocket Transit (R&W Scientific)

GeoClino for Android 同様に、走向傾斜や線構造の測定と記録が可能で、記録したデータをCSV形式に出力することもできる（写真-13）。衛星測位を利用して計測点を地図上に表示したり、記録することもでき、さらに測定データをスマホ画面でシュミットネット上に表示することも可能である。360°表示の外周と内部に東西南北表示で丸型水準器を示すGUIは、プラントコンパスを意識しているようにみられる。これだけの機能がついて無料というのは、GeoClino for iPhone同様に驚きである。

4. お わ り に

日本で製品版クリノメーターを購入する場合、金属製のクリノメーターでも1万円ほどした覚えがある。ましてやクリノコンパス深田式になると2万円を優に超えていたはずである。これに比べるとアプリ版クリノメーターは無料から数千円で手に入る。もちろんスマートフォンを持って

写真-13 Pocket Transit (Google Play)

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.rwscientific.pockettransit>

いればの話であるが、現在の携帯電話普及率を考慮すれば、大学生以上であればほぼ一人一台の所有率といえよう。すなわち特別な投資を必要とせず、地質屋の三種の神器の一つが手に入り、誰でも簡単にクリノメーターを使える。さらに地質や土木といった3K（きつい、きたない、きけん）の業界において、ICT技術の活用はイメージアップにもつながるだろう。この業界の将来的な発展を考慮すれば、前回の野帳も含めて、地質踏査にデジタルガジェットを積極的に取り入れていく姿勢が必要ではないかを感じる。

謝辞 ここに紹介したアナログ機器の製品版クリノメーターのほとんどは、深田地質研究所元理事長で筑波大学名誉教授の佐藤正博士のコレクションである。深田地質研究所にご寄贈頂いたものを撮影して利用させて頂いた。またクリノコンパス深田式については、藤田勝代博士に資料の検索などお願いした。さらにデジタルクリノメーターやアプリ版のクリノメーターに関しては、開発会社であるジーエスアイ(株)(GSI社)からコメントや画像等を頂いた。ここに記して感謝申し上げます。

引用文献

- 1) Weng, Y., Sun, F. and Grisby, J.D. (2012) : GeoTools: An android phone application in geology. Computer & Geoscience, Vol.44, pp.24-30.
- 2) 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, Vol.97, pp.93-103.
- 3) 羽田 忍 (1967) : クリノコンパス誕生, おおよう, 第19号.
 - 4) 佐藤 正 (1970) : マッピングの精度について, 地質学雑誌, Vol.76, pp.613-622.
 - 5) Lee, S., Suh, J. and Park H. (2013) : Smart Compass-Clinometer: A smartphone application for easy and rapid geological site investigation. Computer & Geoscience, Vol.61, pp.32-42.
 - 6) Bonnet, S., Bassompierre, C., Godina, C., Lesecq, S. and Barraud, A. (2009) : Calibration methods for inertial and magnetic sensors. Sensors and Actuators A: Physical, Vol.156, pp.302-311.
 - 7) Luo, S., Pang, H., Li, J., Zhang, Q., Chen, D., Pan, M. and Luo, F. (2013) : Calibration strategy and generality test of three-axis magnetometers. Measurement, Vol.46, pp.3918-3923.
 - 8) Pang, H., Pan, M., Chen, J., Li, J., Zhang, Q. and Luo, S. (2016) : Integrated calibration and magnetic disturbance compensation of three-axis magnetometers. Measurement, Vol.93, pp.409-413.
- (2018年4月27日受付, 2018年8月10日受理)

Jour. Japan Soc. Eng. Geol., Vol.59, No.4, pp.219-224, 2018

Using Digital Gadgets in Geological Survey : Part 2 Pocket Transit Compass

Yukiyasu FUJII and Yutaka KANZAKI

Abstract

Key words : Geological Compass, Transit Compass, app