

野外調査におけるデジタル入力の可能性と期待

吉川敏之^{1), 2)}・巖谷敏光¹⁾

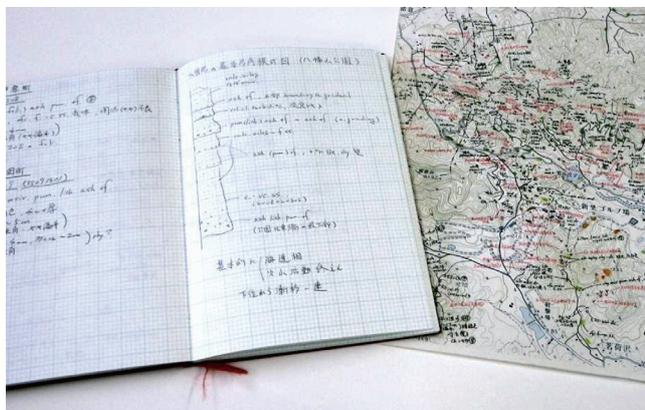
1. はじめに

地質学の体系が確立されて以来、地質情報は紙を中心に伝達されてきた。野外においては紙の地図と野帳に記録し(第1図)、室内では多数の下書きや作業図が生まれては消え、社会へは地質図に代表される紙の図面類と紙の報告書によって提供されてきた。21世紀の現在、その伝統が少しずつ変化しようとしている。すなわち、紙から電子データへの移行である。既に大多数の学会誌は電子ジャーナルを持ち、地質図や報告書の一部はウェブページで閲覧することができる。引用文献にウェブページのURLが引用されることも多い。そして、これまで紙への筆記を中心にしてきた野外調査にも、少しずつではあるが電子入力への転換が訪れつつある。

野外調査が電子入力になると、どんなメリットがあるだろうか。ひとつはデータの利便性が向上することである。デジタルデータの場合、検索性に優れ、目的に応じた再利用(サンプルリスト・作業日誌作成、データの統計処理、保存・共有など)も容易になる。紙やフィルムと違ってパッ

クアップはより簡単にできるし、経年劣化の心配もない。また、デジタルデータには形や重さがないので、紙よりも多くの情報量を持ち運ぶこともできる。例えば、観察カードは現場で複製・修正して使えるし、紙資料では重くかさばるほど多い調査地域の地質図・文献情報でも容易に持ち出すことができ、現場で利用可能である。そして、GPS(Global Positioning System: 全地球測位システム)によるポジショニングなど、新たに便利な機能を使うこともできる。更には清書が不要になれば、調査後に宿で行う整理作業の負担が軽減できる(第2図)。このように、地質調査を電子化することで誤記入、調査漏れや転記ミスを防ぐことができ、正確なマッピングと分析を行うための調査の効率化・高度化を図り、信頼性や生産性を向上させることが可能になる。

筆者らは、実際にポータブルPCを利用した地質調査を野外でテストしてきた。その結果の一部は、別途報告している(吉川, 2012)。本論では、実地テストの過程で見出した電子入力の可能性と、今後への期待についてまとめてみたい。



第1図 紙の地図と野帳。調査が進むにつれて地図には書き込みが増え、次第に見づらくなる。



第2図 一日の野外調査フロー図。デジタル入力による調査者の負担軽減が期待される。

1) 産総研 地質情報研究部門
2) 現所属: 地質調査情報センター

キーワード: 野外調査, デジタル入力, ポータブルPC, ハードウェア, ソフトウェア

本論で取り上げるのは、野外調査時の観察記録を紙に筆記して記録する代わりに電子データで残す手法のことである。これを表す用語はいくつかあり、まだ特に定まっていない。日本語では野外でのデジタル入力、野外調査のデジタル化などと、英語では digital geologic mapping, digital field mapping, digital field data capture, primary digital mapping などと表現されている。本論では、主に「デジタル入力」と表現することにする。

2. 地質調査におけるデジタル入力の歴史

野外における地質調査のうち、物理探査などではポータブル PC が一般に普及すると同時に、様々な形態（ノート型 PC あるいは車載 PC など）で野外での PC 利用を進めてきた。一方、本論の趣旨である地表踏査主体の地質調査では野外で PC を利用する例は少なく、近年に至るまで調査結果のデジタル入力も進んでいなかった。

デジタル入力に利用できる PC ソフトウェアの歴史は、地理情報システムソフトウェア (GIS ソフト) の歩みと重なる。GIS ソフトの歴史は長く、既に 1980 年代には市販されていた。そのころにリリースされて現在有名なものに、ESRI 社製の ARC/INFO (現 ArcGIS シリーズ)、MapInfo 社 (現 Pitney Bowes 社) の MapInfo などがある。しかし、GIS ソフト黎明期にはまだ持ち運びに便利な形態のハードウェアがなかったため、室内作業用のソフトであった。1990 年代前半になるとノート型の PC が普及し、屋外でも GIS ソフトの利用が可能になってきた。1990 年代後半になると、更に携帯性に優れた携帯情報端末 (Personal Digital Assistant: PDA) が出現し、上述の ArcGIS シリーズには PDA 用のソフトウェアが登場した。この頃から地表踏査でもデジタル入力が現実的になってきたと言える。実際に、現在多くの地質調査で利用されているのは、この後継ソフト (ArcGIS Mobile または ArcPad) である。

2000 年 5 月には、GPS 衛星の信号にそれまで行われていた意図的に誤差を加える操作 (選択利用性: Selective Availability: SA) が解除された。これによって、野外での位置把握に GPS 受信機を利用するメリットが明確となり、各種の GPS 受信機が発売されるようになった。同じ頃から、それまで銀塩フィルムを利用していたカメラが、次第にデジタルカメラへと移行していった。これらも広い目で見れば野外でのデジタル機器利用の先駆けであり、野外調査での PC 利用促進に追い風となるとともに、そのノウハウはポータブル PC のハードウェアの機能向上にも貢献し

ている。

21 世紀になると、世界の公的地質調査機関では欧米を中心にデジタルでのデータ取得の試みが本格化し、近年に至って野外調査用 PC を導入したところもある。そのうち、多くは上述の ESRI 社製のソフトウェアをベースにしている。英国地質調査所 (British Geological Survey: BGS) では、1990 年代前半から地質調査の電子入力の可能性を検討し始め、PDA のシステムを経て、現在ではタブレット PC 上で動作する BGS・SIGMAmobile と呼ばれるモデルを実用化している。BGS・SIGMAmobile は ESRI ArcMap のカスタマイズ版をフロントエンドに、Microsoft Access データベースを利用するシステムで、ソフトウェアは BGS のサイトからダウンロードできる。カナダ地質調査所でも、1990 年代前半から野外調査用ソフトウェアの開発を始め、オントロジーに基づいた FieldLog という入力システムを実用化している (Brodaric, 2004)。フィンランド地質調査所では、ArcGIS をベースにしたシステムを、タブレット PC 上で利用している (Ahtonen *et al.*, 2009)。米国では、米国地質調査所を中心に Digital Mapping Techniques (DMT) という限定メンバーによるワークショップが 1997 年から定期的に開かれ、Proceedings はウェブ上でも公開されている。また、州の地質調査所の中には、アラスカやユタのように組織的にデジタル入力を取り入れようとしているところもある。ミシガン大学では、GIS や GPS、電子ノートなどの関係ソフトをインストールした野外用タブレット PC を GeoPad と呼び、カリキュラムに取り入れている (Knoop and van der Pluijm, 2006)。中国では、中国地質調査局が 2004 年から野外でのデジタル入力に取り組んでおり、近年では PDA・PC を組み合わせた包括的な地質図作成システムへと発展させている (Li, 2008)。

3. 野外調査における PC 利用の現状

日本国内における地質調査への PC 利用の現状を示す統計データは特になし。既存の論文やウェブサイトの数から判断して、実際に利用されている例は多くないと推察される。国内の地質図を製作している産業技術総合研究所 (産総研) 地質調査総合センターでは、組織的なデジタル入力への取り組みは特に行われていない。

筆者らの場合、Windows Mobile で動作する PDA 及び Windows OS を搭載したタブレット PC を地質調査の際に使用している (第 3 図)。前者の場合、小型で軽い情報携

(A)



(B)



第3図 野外でテストした機器の一例。

- (A) Windows Mobile で動作する PDA。
この状態で重量は 345g。スタイラスは産総研 IBEC センターの吉川秀樹氏製作。
- (B) Windows 7 で動作する 7 インチ画面のタブレット型 PC。
重量は 660g。

帯端末であること、PC の GIS ソフトとの整合性が良いこと、他の端末よりも Windows PC - 機器間の接続が容易であること、の理由から、iPhone や Android が登場した現在でもまだ使い続けている。Windows PC よりも処理速度は遅いが、モバイル GIS を起動し、1/10,000 ~ 1/25,000 地形図をラスター化した画像上で GPS による現在位置を確認しつつ、露頭や断層などを空間内の地物（フィーチャ：feature）の情報として取り扱い、地物属性（プロパティ：property）を入力することができる。一方、Windows PC はバッテリー持続時間や重量の点では不利なものの、周辺機器及びソフトウェアによる拡張性が優れている。地質調査でデジタル入力を取り入れる場合、現状ではこのような PDA、スマートフォン、タブレット PC、ノート型 PC を使い分けることになる。

野外調査における PC 利用は、主に英語圏で先行している (Clegg *et al.*, 2006)。Athey (2011) は、digital geologic mapping に関する E-mail 調査の概要を報告している（対象は主に DMT メンバーと思われる）。それによると、回答率は約 13% で、回答のあったうちの 82% の専門家・専門機関が、野外調査にデジタル入力機器を利用したい、あるいは既に利用しているという。利用されているハードウェアは、PDA が 54% で最も多く、次いで Laptop（日本でいうノート PC：20%）、タブレット（キーボードのない機種：13%）、スマートフォン（7%）、タブレット PC（キーボード付きの機種：6%）となっている。野外向け (ruggedized) ハードウェアの割合は 55% で、45% は特に

野外用ではない汎用の機種を利用していることになる。利用されているソフトウェアは ArcPad が 45%、ArcGIS が 23%、その他が 32% であるが、その他の中には ArcView や BGS・SIGMAmobile が含まれているため、ESRI 社製のソフトウェアが大半を占めると考えて良さそうである。

PC を利用した地質調査の欧米での実用化が早かった主な理由は、やはり ESRI 社の存在が大きい。BGS・SIGMAmobile のように、ESRI 社と専門家との産学共同事業のような形で開発され、カスタマイズまたはプラグインを介して ArcGIS シリーズの機能を利用するソフトが幾つもあるため、ソフトウェアの選択肢が多い (Geologic Data Assistant, GeoRover など)。また、市販されている野外用のハードウェアが、日本よりも豊富なこともある。それらの一部は軍用の過酷な使用にも耐えうるもので、BGS ではアラブ首長国連邦の砂漠地帯でも利用実績を積んでいる (Jordan, 2011)。更に、英語によるテキスト入力は、漢字変換を必要とする日本語入力と比べて、ペン入力・文字認識の面で有利であったと推測される。しかし、それでもなお多くの研究者は、野外調査データのデジタル入力の導入に踏み切れないでいることも事実である。

4. デジタル入力が普及する可能性

Clegg *et al.* (2006) は、デジタル機器を利用した野外調査が普及しない理由として、

- (1) 機器のコストと信頼性

(2) 新たなテクニックの習得に必要な時間

(3) 野外調査の複雑さに適応できる柔軟性

という3つのハードルを挙げている。彼らの分析から既に5年以上経過しているのだから、(2)に関してはともかく、(1)はハードウェアの、(3)はソフトウェアの進歩によって、当時より改善されてきていると考えられる。

野外調査でのデジタル入力を導入する場合、従来の主な目的は「調査データのデジタル化」にあった。その背景には組織内でのデジタルデータの保管・共有・検索・再利用があり、調査から解析・出版までを含んだ組織内での作業を、全体として効率化できるという効果が見込まれていた。そのためには、野外での時間や労力が多少増えたとしても大きな問題ではなかった。一方で、組織的な目的や体制がない場合には、野外調査でデジタル入力する必然性は薄かった。

しかし、IT技術の進歩は速い。近年のハードウェア・ソフトウェアの進化により、たとえ個人レベルの調査であっても、デジタル入力が調査の作業そのものを効率良く快適にできるようになりつつある(吉川, 2012)。詳細は省略するが、クリップボード拡張ユーティリティを利用することで、ある程度慣れてしまえばテキスト入力は筆記よりも速くなる。また、撮影した写真に直接注釈を書き込んだり、目標物のない現場での位置把握にGPSによる位置表示を利用したり、PCを携帯することで可能になる便利な機能がある。また、緊急調査のように速報性を求められる場合には、現地で入力した文字を清書するよりも直接テキストデータを使える方が手間が省け、有利である。したがって、これまで野外調査のデジタル入力に懐疑的であった専門家にも、これを試行し、乗り換える動きが出てくるに違いない。同様のことは地質分野に限らず、野外調査を行う分野・業種全般に対してもあてはまる。そこにはやがて新しい市場が形成されるはずである。

そのためにはまずユーザーが気軽に試すことができる環境が必要である。この1~2年の間に、タブレット型のPCあるいは携帯デバイス、スマートフォンの市場は活況を呈している。したがって、様々なハードウェアから好みの一台を選ぶことはもはや難しくなく、既に別の用途で所有していることさえあり得る状況にある。また、製品開発競争により機能・性能は進化しているし、今後も改良されるであろう。ハードウェアに関しては、状況は次第に良くなっていくことが期待できる。

一方、ソフトウェアはまだ選択肢が少ない。現在、野外調査で使われているGISソフトの多くは、データ入力機能

に加え、データの加工や分析・統計処理の機能を有している。また、図形の位置・形状とともにトポロジーという情報をもっている。これらはPCに高い基本性能を要求するため、野外で使うような低スペックのPC上では、必然的に動作は重くなる。したがって、野外調査に使う場合には無駄な機能が多く、作業上もコスト面でもあまり効率的ではない。機能を省略して入力用に特化したのがArcPadを始めとする専用ソフトではあるが、この導入コストは実はハードウェアよりも高価なのが現実で、どうしてもユーザーを限定してしまう。

ESRI社製のArcGISシリーズとは別の入力システムもある。例えば、英Penmap社ではPDAやタブレットPC上で動作する入力ソフトPenmapシリーズを開発・販売している。非商用のソフトとしては、Microsoft Visual Basicで開発されたGISソフトのMap ITがあった(De Donatis and Bruciatelli, 2006)。現在は、Map ITの後継として、オープンソースソフトウェアベースに移植したBeeGISがある(De Donatis *et al.*, 2011)。BeeGISは、JAVAベースのオープンソースGISソフトであるuDig (User-friendly Desktop Internet GIS)上で動作する。BeeGISの機能をAndroid OS上で実現したGeoPaparazziというソフトもできている。これらの入力ソフトが、新たな選択肢として今後普及する可能性はある。少なくともソフトウェアのコストがハードウェアよりはるかに高価な状況は改善されて欲しい。

背景地図・画像類も、できるだけ手間をかけずに多種多様な種類を利用できることが望ましい。これらの地図・画像・地理情報ファイル形式には、何種類ものフォーマットがあるのが現状である。また、情報を手軽に利用・共有・集約できることも大切である。標準フォーマットの規格統一や、各種のコンバーターも実現してもらいたい。これらの周辺環境がもう少し整えば、日本国内でもユーザー(early adopter)が増えてくるまでに時間はかからないものと予測している。

5. 期待されるポータブルPCの機能

1) ハードウェア

野外調査中に体が受ける負担軽減や安全への配慮から、大きく重い装備は困難である。そのために、PCを含む野外で使う機器についても、携行する機器の大きさ、総重量と総消費電力に制限が生じる。消費電力の少ない小さくて軽い機器で、なおかつ最適な性能が得られるものが好ましい。

この1年を振り返ってみても、ポータブルPCのハードウェアの進歩は目覚ましい。処理能力は向上し、価格は低下してきている。また、スマートフォンの普及率は上昇の一途をたどり、低価格で高性能なタブレット型端末も多々見られる。最新の携帯電話端末にはGPSや加速度センサー、磁気センサー、ジャイロセンサーなどの新しい各種センサーが内蔵されており、ユーザーが別に用意しなくても端末のみでセンサーの情報を野外で利用することができる。このように最近では野外調査に使用可能なハードウェアの種類が増えており、その選択の幅も広がっている。

野外調査で市販のPCを使用する際に求められる機能・性能について次に示す。

- (1) 防水・防塵性能に優れること
- (2) バッテリー駆動時間の長いこと
- (3) 起動が速いこと
- (4) 機器が軽量であること
- (5) 画面の視認性が良く操作性の容易な機器であること
- (6) 持ちやすさに優れること

(1) について、既存製品に野外用のPCはある。過酷な野外用途でも耐えうる製品であるが、地質調査で使うには、高コストな点で容易には導入しがたい。より多くの人が使えるように低価格の製品が登場することを期待したい。

(2) について、野外ではバッテリーの充電が難しいので、バッテリー駆動時間の長いPCほどよいが、バッテリー駆動時間の長い製品は高価であることが多い。PCのオプションとしての予備バッテリーや市販の補助バッテリーを利用することもできるが、これらのバッテリーは携帯電話用に比べて大きく重いため、今後バッテリー駆動時間の長いPCが登場することを期待したい。それには機器の消費電力の削減が求められる。動作は遅くても消費電力が小さいCPUは野外調査用PCに適している。また、最近普及してきているSSD(Solid State Drive)は、ハードディスクに比べて高価なものの、消費電力が低く衝撃耐久性に優れる上、OSの起動時間と重量の点でメリットがあるとされているので、野外用途には適している(日経パソコン編, 2011)。

(3) については、PCの場合、休止状態からの起動時間はPDAやスマートフォンに比べて遅く感じる。これを解消する技術的な取り組みは進んできており、起動や休止状態からの復帰が早く、消費電力の低い製品の登場が予想される。

(4) については、PDAやスマートフォンでは重量が200g以内のものが多いが、現在軽いPCの場合でも総重



第4図 液晶の比較例。
右の半透過型液晶は、左の透過型液晶よりも直射日光下での視認性に優れるのが分かる。

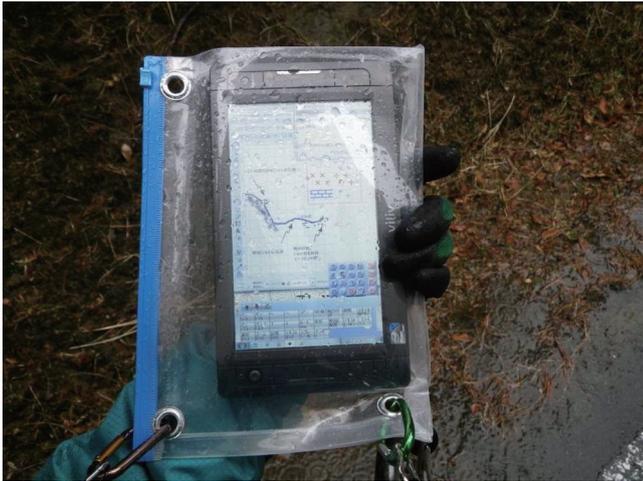
量が500gを超える。防水ケースを付けるとさらに重くなり、機器携帯中にその重量を負担に感じることもある。現在のPCよりもさらに軽い製品が増えることを期待したい。

(5) の場合、足場の不安定な場所、太陽光の当たる場所や深い森林内での利用の際には、視認性が良く操作性のよいPCを使うと迅速かつ効果的に調査を実施できる。可能であれば手袋をつけたまま直感的に操作できるマルチタッチ機能を搭載したもので、太陽光の下でも見やすい画面を搭載した機器が望ましい。とくに液晶ディスプレイについては、直射日光下での作業環境において画面の視認性が低下するものが多い。透過型液晶の機器においては、画面のバックライトの明るさを強くすれば見やすくなるが、バッテリーの消耗が激しくなる。野外用機器に使われる半透過型液晶は透過型液晶より室外での視認性が良くなるが(第4図)、価格の高い場合が多い。液晶ディスプレイの技術進歩は目覚ましく、今後携帯端末の屋外での利用が多くなれば画面の見やすさの点がさらに改善されるだろう。また野外調査では動画を扱うことが少ないため、ディスプレイには表示書き換え時間の長い電子ペーパーが利用できるかもしれない。

(6) は野外調査の場合、特に手袋を使ったときや、姿勢の悪い状態での操作性が大切になる。汎用のスタイラスが使えるか、片手でバランス良く長時間の保持が可能か、滑り止めの工夫がされているかなど、見栄えよりも操作性に秀でたデザインを期待したい。

2) ソフトウェア

ポータブルPCを利用した野外調査に最も渴望されるソフトウェアは、使いやすい地図ソフトである。これは特に



第5図 雨中での使用例。
汎用の機種でも、工夫次第で紙と鉛筆とは違う野外調査ができる。

伝統的な GIS である必要はなく、直感的に操作できる地図ビューアーを基本に、簡単な描画とそのオブジェクトの緯度経度情報取得ができればよい。現在のプログラミングの環境からすれば、十分実現可能な水準である。ただし、カスタマイズの柔軟性が必要である。ひとつのソフトウェアだけで成り立たせるのが困難な場合は、複数の単機能ソフトウェアに分けた方が、ユーザーからすれば使いやすい。

仮にルートマップと同等のものが電子データで実現すれば、次の段階としてデジタルデータを利用した地質図作成等、作業の利便性向上も考えられる。現に、先行している欧米の機関の場合、野外調査から編集・製作、そして出版までを包括的にデジタルデータで行うことを意図している例が多い。

デジタル入力の特長に、定型的な処理・一括処理が可能かつ容易という点がある。例えば、ファイルに記載した数値・文字データから層厚・岩相を読み取って柱状図を自動作成するような応用も考えられる。また、今後実現が見込まれる分野としては、文字入力・日本語変換のより一層の効率化、入力データへのメタデータまたはコードの付加などがある。音声入力・手書き文字認識は精度を向上させ、新たな入力手段のひとつとなるであろう。

ハードウェアに磁気・加速度・気圧などの各種センサーが内蔵されると、それらを利用したユーザビリティの向上も期待できる。カメラやクリノメーター、高度計はポータブル PC の 1 機能になるかもしれない。歩測によるルートマップ作成時には、進行方向の方位を取得して、それを画面上に補助線として表示できるようになると便利である。

3) 新たなツールとして

ポータブル PC を野外調査に活用するのに対し、単に道具として既存のものを置き換えるだけでなく、新しい使い方、便利な手法を創生することが期待される。筆者らの実験の過程でも、視覚の衰えに拡大機能で対応したり、日没で暗くなっても画面にバックライトがあるため記載できたり、紙にはない便利さを実感する場面があった。デジタル機器は、場合によっては野外調査時の快適性向上や調査環境の変化への対応に役立つ可能性がある。

更に、防水機能という紙にはなかった特性を生かせば、雨の中（第5図）や水中、海底などでの調査記録も可能である。すなわち、従来の調査スタイルを変える可能性もはらんでいる。将来には人工知能を搭載した野外調査支援システムが、調査時にその場所で必要な情報と適切なアドバイスを提供したり、データ処理したりして調査・記録を支援することになるかもしれない。

ポータブル PC が屋外へと普及していく先には、野外調査にとどまらないヒューマン・アシストがあると考えている。PC の処理能力を生かしたリアルタイム翻訳機能なども必ず実現するであろう。ナビゲーション機能は最もわかりやすいアシストのひとつであるし、そのためには地図の利用が不可欠である。今までにない地図利用の手法や方法論の登場にも期待したいし、更にはルートマップや地質図という既存の表現方法を越えた、新たな情報視覚化技術の実現も十分にあると考えている。

6. おわりに

PC とその関連機器類は、これまで屋内を中心に発展してきた。そして現在、ポータブル PC は十分野外に持ち出せる性能・機能を持ち合わせるに至った。携帯電話が、デジタルカメラが、それぞれ 10 年ほどで当たり前の存在になったように、この先 10 年で状況は大きく変わることは十分に予想できる。しかし、野外調査の立場から現在の状況を鑑みるに、必ずしも楽観的ではばかりもいられない。普及が見込まれる一方で、今でも問題視される「格差」が更に顕在化しないと限らない。すなわち、ユーザー側では使いこなせる者について行けない者、サプライヤー側では少数の勝ち組とそれ以外にはっきり分かれてしまうかもしれない。筆者らは、なるべく広く、しかし確実に、便利な社会が醸成されることを願っている。

野外における地質調査・研究は、きつい・つらいことが多いのも事実であるが、それでも新たな事実を発見したり、

従来とは違う解釈に気づいたりすることは楽しい。手間や労力を軽減できるなら、地質調査は一層楽しくなる。そんな将来のために、道具がより進化してくれることを願いたい。

謝辞：本論で紹介したアイデアは、実際に野外でのテストを通じて文字通り身をもって感じたことを主体としているものの、職場における日頃のコミュニケーションの中から生まれたものも多い。特に、川畑大作氏、伏島祐一郎氏には有益な情報を提供していただいた。また、森尻理恵氏の建設的なコメントにより、本稿は大幅に改善された。この場を借りて厚くお礼申し上げたい。

文 献

- Ahtonen, N., Idman, H., Kauniskangas, E., Kohonen, J., Kokkonen, J., Luukas, J., Palmu, J.-P. and Vuollo, J. (2009) Bringing geological mapping into the digital era — a finnish case. *Digital Mapping Techniques 2009 Workshop Proceedings, U.S. Geological Survey, Open-File Report*, 2009–1298, 145–148.
- Athey, J.E. (2011) Final results from 2010 Digital Field Mapping Technology survey. *Poster of Digital Mapping Techniques meeting, Williamsburg, Virginia, May 22-25, 2011*. Alaska Division of Geological & Geophysical Surveys, http://www.dggs.alaska.gov/webpubs/dggs/po/oversized/po2011_005_sh001.PDF (2012/02/15 確認)
- Brodaric, B. (2004) The design of GSC FieldLog: ontology-based software for computer aided geological field mapping. *Computers & Geosciences*, **30**, 5–20.
- Clegg, P., Bruciatelli, L., Domingos, F., Jones, R., De Donatis, M. and Wilson, R. (2006) Digital geological mapping with tablet PC and PDA: a comparison. *Computers & Geosciences*, **32**, 1682–1698.
- De Donatis, M., Antonello, A., Lanteri, L., Susini, S. and Foi, M. (2011) BeeGIS : a new open-source and multiplatform mobile GIS. *Digital Mapping Techniques 2009 Workshop Proceedings, U.S. Geological Survey, Open-File Report*, 2010–1335, 241–246.
- Jordan, C. (2011) BGS • SIGMAmobile; the BGS digital field mapping system in action. *Digital Mapping Techniques 2009 Workshop Proceedings, U.S. Geological Survey, Open-File Report*, 2010–1335, 49–55.
- Knoop, P. A. and van der Pluijm, B. (2006) Geopad and geopocket: information technology for field science education. *Geological Society of America Abstracts with Programs*, **38**, 426.
- Li, Chao Ling (2008) The infrastructure and key techniques on digital geological survey system. *33rd IGC Abstract, IEI-02 Advances in digital data capture in geological mapping*, <http://www.cprm.gov.br/33IGC/1323038.html> (2012/02/15 確認)
- 日経パソコン編 (2011) 日経パソコン用語事典 2012. 日経 BP 社, 東京, 1151p.
- 吉川敏之 (2012) 汎用ポータブル PC を利用した野外調査の現状の利点と課題. *地質学雑誌*, **118**, 184–189.
-
- YOSHIKAWA Toshiyuki and IWAYA Toshimitsu (2012) Possibility and expectancy for the use of portable personal computers in the field survey.
-
- (受付: 2012 年 2 月 15 日)