

# デジタルペンの野外学習への応用

石川正敏

身近な地域や環境を学ぶために野外学習が広く実施されている。また、地理教育などでは、地図の編集などが容易な地理情報システム (GIS) の導入も増えつつある。野外学習のデータ収集に紙を用いた場合、学習者は、データを GIS で分析するために手作業で電子化しなければならず効率的ではない。そこで、本研究では、デジタルペンを用いた地図注釈システムを提案する。提案システムによって、学習者は、紙地図に指示した位置とそれに対応する注釈を地理情報として効率的に電子化できる。本稿では、土地利用調査や生き物分布調査のような野外学習への提案システムの利用について述べ、提案システムの有効性を考察する。

## Applying a Digital Pen to Field Education

Masatoshi ISHIKAWA

Recently, field education is widely carried out to learn surrounding areas or environments. Furthermore, GIS has been introduced into geographic education since it is useful for map editing and visualization of geographic information. If learners record data by writing down them on pieces of papers in a filed work, they have to digitize the data by manual operation, which is not efficient. Therefore, we propose a map annotation system that uses a digital pen. By our proposed system, learners can specify locations on a paper map with related texts, which are automatically digitized later. In this paper, we explain an application of our map annotation system to field education such as surveys of land use, biography distribution, and so on.

### 1. はじめに

土地利用調査や生き物の分布調査などの野外学習は、学習者の身近な地域や環境の理解を深めるために、有効である。また、小学校、中学校、高等学校の学習指導要領 [1] においても、野外学習の実施が促されており、今後、野外学習の重要性が増加すると考えられる。

しかし、野外学習は、事前準備や調査後のデータ整理に時間がかかるため、限られた授業時間の中での実施が困難な場合がある。そこで、近年、地理教育などへの導入が試みられている地理情報システム (GIS) の野外学習への応用も試みられている [2][3]。

野外学習や野外調査支援 GIS の多くは、携帯電話や PDA などのモバイル機器を用いることによって、電子地図へのデータ入力を野外でも可能にしている。さらに、これらによって入力されたデータは容易にデータベース化できる。したがって、学習者による野外でのデータ収集後のデータ整理の必要がなくなるため、教師は効率的に収集したデータの分析や学生発表などの指導が可能となる。

しかし、現時点のモバイル機器で地図のような大量のデータを扱うには、処理能力や記憶容量が不足しているため、システムが突然止まってしまう場合がある。また、モバイル機器の限られたインターフェースでは、

複雑な地図の読み取りや図の編集のような操作が困難な場合が多い。一方、野外学習で紙を使うことを考えた場合、紙は、モバイル機器に比べて、故障や電池切れがなく、地図への書き込みが容易であるという利点がある。したがって、紙に書かれたデータを効率的に電子化することができれば、モバイル機器よりデータ収集が容易になり、モバイル機器と同程度のデータ整理の効率化が実現できると考えられる。

そこで本研究では、紙に書いた筆跡を電子的に記録するデジタルペンを用いた地図注釈システムを開発している。提案システムは、地図と関連するテキストを記入するための注釈領域を定義した用紙とデジタルペンを用いて、筆跡の記録、用紙の定義に従った筆跡の分類、文字認識技術を利用した地図とテキストの対応付け処理を通して、地図への注釈を地理情報としてデータベースに登録する。提案システムによって、利用者は、野外での手軽な情報収集と手書きの情報の効率的な電子化が可能となる。また、利用者は、位置に対する注釈を記入するだけでなく、逆に予め注釈領域にテキストを記入しデータ収集時にテキストに関連する位置を地図に書き込むことによって、提案システムを分布調査に利用できる。そこで本稿では、提案システムの概要を述べるとともに、本システムの野外学習への適用について述べる。

## 2. 関連研究

被害調査や文化財調査のために、PDA、GPS、デジタルカメラを組み合わせたモバイル GIS として POS システムが提案されている[4][5]。POS は、事前の調査項目の定義、収集したデータから効率的な報告書の作成が可能である。しかし、POS で収集できるデータは、事前に定義した項目と値だけであるため、データ収集の柔軟さに欠ける。

生態調査支援のためにデジタルペンを用いたシステムとして ButterflyNet が提案されている [6]。ButterflyNet は、野外で記述したノートとデジタルカメラで撮影した画像を合成してデジタルフィールドノートを作成する機能や、そのノートを時系列順に閲覧するブラウザを提供している。しかし、地理情報を分析する機能はない。

携帯電話用 GIS や、タブレット PC 用 GIS を用いた野外学習の実践について報告がある[2][3]。これらの報告では、紙を用いた野外学習に比べ、データ収集後の計算機を使った分析のための手作業による電子化が不要な分、効率的な授業を実現できたことが述べられている。データ収集時のモバイル機器に比べて紙へのデータ記入の方が多少、効率的であったという報告もされている。

一方、学習者にとって本研究で提案する地図注釈システムは、紙とデジタルペンを組み合わせたシステムであるため、野外でのデータ収集を容易にするのに加えて、集めたデータを効率的に電子化することができる。したがって、提案システムは、モバイル機器用 GIS と同程度の効率的な授業が実現できると考えられる。

## 3. デジタルペンを用いた地図注釈システム

本研究で提案するデジタルペンを用いた地図注釈システムについて述べる。

### 3.1 アノト式デジタルペン

本稿で述べる提案システムの基盤技術であるアノト社が開発したデジタルペン（以降、混乱がないかぎり単にデジタルペンと記す）について述べる[7]。この方式は、小型カメラを内蔵したデジタルペンと特殊なドットパターンを印刷した紙からなる。カメラでドットパターンを読み取ることで、このペンは、利用者の筆跡を電子的に記録する。ドットパターンは、紙ごとに異なるパターンを印刷することが可能であるため、紙の識別が可能であるだけでなく、筆跡が紙のどの

位置に書かれたのかを記録できる。また、このデジタルペンは、Bluetooth による無線通信が可能であり、利用者の筆跡をリアルタイムに電子化することができる。しかし、提案するプロトタイプシステムは、Bluetooth 機能を使用しない。

### 3.2 地図注釈システム

本稿で野外学習に利用する地図注釈システムについて述べる。

地図注釈システムは、利用者がデジタルペンと、ドットパターンと地図を印刷した地図注釈記入用紙（以下、単に用紙と記す）を用いて集めた地図への注釈を電子化し、地理情報としてデータベースに格納するシステムである（図 1）。本システムで用いる用紙は、調査した位置を記録するための地図と、注釈を記録するための注釈領域からなる。後者の領域は、地図への記入と注釈を対応付けるためのタグを付ける部分と注釈の本文を記述するメモ部からなる。

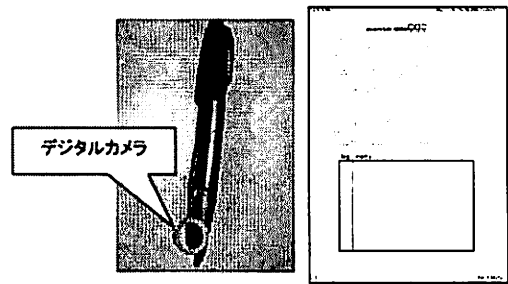


図 1 野外学習で用いる機器等(左:デジタルペン, 右:地図注釈記入用紙(ただしドットパターンは印刷していない))

Figure 1 A Digital Pen and a Map Annotation Form

提案システムによって学習者は使い慣れた機器で調査ができるため、教師は、機器の使い方を説明せずに学習に重要な事項の説明に集中できると考えられる。さらに、学習者は、デジタルペンが故障しても紙に記録を残すことができるので、継続してデータ収集が行える。また、本システムは、調査した場所の記録を地図に直接記入するため、GPS のような位置を計測する機器がなくともデータ収集が可能である上に、GPS で位置の計測が困難な建物の中にある対象に関するデータも記録することができる。

野外学習を実施するために、本システムは、次のようなサブシステムからなる。

#### (1) 地図注釈用紙作成サブシステム

このサブシステムは、教師による地図注釈用紙の作

成を支援する。このサブシステムを使って教師は、① 用紙のレイアウトを選択、② 調査範囲の地図の選択、③ 用紙へのドットパターンの付与、④ 学習目的などのメタデータの登録、⑤ 印刷 という手順で用紙を作成する。用紙のレイアウトは、事前に複数のパターンを用意するが、現在のシステムには、1種類しかない。また、このサブシステムは、Google Map を利用して調査範囲を指定する。デジタルペンで筆跡を記録するためのドットパターンは、アノト社が提供する Adobe Acrobat プラグインを利用して用紙に付与する。また、ドットパターンを付与された用紙の印刷は、Oki C5900 などの専用プリンタが必要である。このサブシステムは、教師が指定した用紙のレイアウト、地図、ドットパターンやメタデータなどを野外調査定義データベースに記録する。

#### (2) 地図注釈から地理情報への変換サブシステム

このサブシステムは、野外でのデータ収集でデジタルペンが収集した筆跡の集合を、野外調査定義データベースの情報に従って、地理情報（主に、記入者、記入時間、位置、テキストの組からなる情報）に変換する。変換処理は、① デジタルペンから筆跡の取得、② 野外調査定義データベースから用紙レイアウトなどの情報の取得と、その情報に従った筆跡の分類、③ 分類結果に従って地図に記入した位置や注釈領域に記述したテキストなどの取得、④ 地図に記入した文字と注釈領域のタグに記述した文字の対応付けと、地理情報の生成、⑤ データベースへの地理情報の登録、からなる。これらの処理は、デジタルペン用 SDK と文字認識エンジン[8] などを用いて、自動的に処理される。

後者の処理を実現するため、野外学習のデータ収集で、学習者は、① 地図と注釈領域のタグに記述できる文字に種類の制限はないが、長さは1に限る、② 注釈を記述する場合、タグ、注釈本文の順に記述するという規則に従って用紙に記入しなければならない。

さらに提案システムのプロトタイプシステムには、収集した地理情報を Google Earth で閲覧するための KML ファイル生成機能がある。

## 4. 地図注釈システムの野外学習への利用

本節では、野外学習における提案システムの利用方法について述べる。

### (1) 地図への注釈を用いた調査

この調査では、学習者は現地で見つけた点を自由に

地図に記入することで情報を収集する。このような調査の例として、土地利用調査が挙げられる。土地利用調査では、学習者は商店街にどのような商店があるかというような事柄を調べる。この調査で、教師は、調査範囲を設定し用紙を作成する。学習者は、デジタルペンと用紙を持ち、現地でデータ収集を行う。データ収集で学習者は、地図に位置を指定する文字を書き、注釈領域に注釈を記述する。商店街の調査であれば、商店の位置に印(文字)を記入し、注釈領域に印と商店名の順にデータを記述する。データ収集後、教師は、学習者からデジタルペンの回収、地図注釈を地理情報に変換をする。最後に、教師と学習者は、集めた地理情報を Google Earth などの上に点情報として表示することによって、商店街などの対象地域のありようを考察するための教材に利用する。

### (2) 単純な分布調査

この調査は、予め決めた項目が対象地域にどの程度分布しているかを調べるものである。この調査で、教師は、事前に調査地域と調査項目を決める必要がある。ただし、調査項目は、現地でのデータ収集前に学習者に決めさせることもできる。調査項目は、デジタルペンを用いて注釈領域に予め記述する。現地のデータ収集で学習者は、項目を識別するためにタグとして記入した印を地図に記入する。この手順で学習者は、先に述べた土地利用調査と逆のデータ記入順番でデータを収集している。例えば、事前に注釈領域に A：食堂、B：服屋などを記入し、野外で地図に A もしくは B などの文字を該当する位置に記入する。このように集められたデータは、決められた言葉を付けられた点情報の集合であるため、地図に分布を表示するだけでなく、集計などの分析も可能である。

### (3) 高度な分布調査

この調査では、生き物調査のように予め決めた項目が対象地域のどこにどの程度あるのかなどを調べる。この調査の事前準備は、先に述べた単純な分布調査と同じである。ただし、データ収集で学習者は、予め決めた項目の印を地図に記入したあと、注釈領域に地図に記入した印に関するデータを追加する。例えば、池の生き物調査の場合、事前に決めた項目として A：めだか、B：おたまじゃくし を注釈領域に記入したとする。野外のデータ収集で学習者がめだかを3匹発見した場合、学習者は地図に A と記入した後、さらに注釈領域に A：3 というように記述する。この手順は、先に述べた二つのデータ収集手順を組み合わせた方法である。この調査で収集されたデータを本システムは、位置を基準に複数ある関連する注釈を集約して、地理

情報に変換する。集約された情報は、地図で分布を閲覧するだけでなく、表計算ソフトウェアを使うことで集計等の分析もできる。

## 5. 考察

分布調査で野外でのデータ収集中に事前に決めた項目以外のものを調査対象に加えたい場合、提案システムは、データの記入に紙とデジタルペンを用いるため地図への注釈の記入と同じ手順で、柔軟に項目を追加することができる。また、提案システムで用いるデジタルペンは、筆跡の記録と同時に筆跡を記入した時間も記録するため、GPSで取得したトラッキングデータや、デジタルカメラで撮影した画像を時間に基づいて統合することも容易にできる。GPSなどの現地で行わなければならないデータと地図注釈との統合は、指導者による学習者の野外データ収集活動の検証を可能とする。さらに、このような情報統合によって、学習者は、地図注釈だけを用いた場合より表現豊かな地理情報を作成できる。

ただし、提案システムでは、地図や注釈領域に記入できるデータは、テキストだけであり、線やポリゴンなどの図を記入しても、正しく電子化することはできない。さらに収集したデータから表現豊かな地図を作成するには、提案システムは、用紙の地図などに記入された図と文字を分離し、それぞれを適切に電子化できなければならない。一般に、筆跡から図と文字を自動的に半別し分離することは困難であるため、提案システムは、図と文字の区別を学習者が明示的に指示できるようにしなければならない。

## 6. まとめ

本研究では、野外調査支援のためにデジタルペンと地図への注釈を記入するための専用の用紙を用いる地図注釈システムを提案している。提案システムによって、利用者は、扱いたれた紙を用いたデータ収集と、手書きデータの効率的な計算機で処理可能な地理情報への変換を実現している。本稿では、提案システムを土地利用調査や分布調査などの野外学習への利用について述べ、提案システムの有効性と問題点を指摘した。

今後の課題は、まず提案システムのユーザビリティに関する評価実験を行う。さらに、前節で指摘した通り、図とテキストが混在した地図注釈を適切に電子化し、より表現豊かな地理情報を作成できるように提案システムの拡張を行う。

## 謝辞

本研究では、東京農工大学中川研究室において朱碧蘭博士らによって開発された文字認識エンジンを使用させていただいている。ここに謝意を表す。また、本研究は、文部科学省科学研究費若手研究 B (課題番号 20700229)、文部科学省科学研究費基盤研究 A (課題番号 19201051)、文部科学省特別教育研究費共生情報工学研究推進経費ならびに文部科学省科学技術振興調整費新興分野人材養成によるものである。

## 参考文献

- [1] 文部科学省: "新しい学習指導要領", [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/youryou/index.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/index.htm), 2009
- [2] 湯田ミノリ, 伊藤権, 内田均, 木津吉永, 伊藤純也: "高等学校教育における携帯電話 GIS の有効性-学校周辺の土地利用に関する野外調査を事例として-", 地学雑誌 Vol.117, No.2, pp 341-353, 2008
- [3] 太田弘, 南幸弘: "モバイル GIS を用いたフィールドワーク (野外調査) ツールの開発", E スクエア・プロジェクト成果発表会, <http://www.ccc.or.jp/00e2/seika/image/bunkakai/A1.pdf>, 2001
- [4] 井上 学, 中谷 友樹, 矢野 桂司, 浦川 豪: "文化財フィールド調査におけるモバイル GIS(POS)の有効性", 人文科学とコンピュータシンポジウム論文集, IPSJ Symposium Series, Vol. 2007, No. 15, pp. 87-94, 2007.
- [5] 浦川 豪, 大村 径, 名和 裕司, 林 春夫: "モバイル GIS 活用術 - 現場で役立つ GIS -", 古今書院, 2007.
- [6] R. Yeh, C. Liao, S. Klemmer, F. Guimbrei?re, B. Lee, B. Kakaradov, J. Stamberger, and A. Paepcke: "ButterflyNet: a mobile capture and access system for field biology research", Proceedings of the 2006 SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 571-580, Canada, 2006.
- [7] Anoto Group AB.: "DIGITAL PEN & PAPER", <http://www.anoto.com/digital-pen-paper.aspx>, 2008.
- [8] Bilan Zhu, Masaki Nakagawa: "Segmentation of On-line Freely Written Japanese Text Using SVM for Improving Text Recognition", IEICE Trans. Inf&Syst, Vol.E91-D, No.1, pp.105-113, 2008