

対話型クラウドGISによるフィールドデータ収集システム： スマートフォン・タブレット端末を用いて

森本健弘

キーワード：GIS, クラウドコンピューティング, スマートフォン, タブレットPC, 協同調査

I はじめに

この報告は、スマートフォンやタブレットPCをクライアント端末としてクラウド型GISを利用するシステムを構築することにより、フィールドワークでのデータ収集を効率的、対話的、そして共同的に行う試みを紹介する。

フィールドワークの現場でGISを利用してデータを収集すれば、そのプロジェクトの能率を大きく改善することができる。このため、小型ノートPCあるいはいわゆるPDA等を用いたフィールドでのデータ収集の試みが行われてきた（東明 1995； 確井・橋本 1996； 奥貫ほか1997； 守屋 2004； 高橋 ほか2007； Lwin and Murayama 2007）。また、携帯電話機をフィールドでのGISデータ入力端末として利用する試みも行われた（伊藤ほか 2005）。特に後者は端末操作が容易な点、および端末とデータ蓄積コンピュータの間で常時通信可能なため取得データをすぐ地図に反映できる点で優れていたが、その一方では専用ソフトウェアを利用者側で開発しなくてはならなかった。

近年ではクラウドコンピューティング、無線インターネット使用環境、ならびにスマートフォンやタブレットPC（以下では携帯情報端末と呼ぶ）の普及がすすみ、携帯情報端末を利用したクラウドコンピューティングを屋外でのデータ取得に活用できるようになった。GISソフトウェアの

大手開発元がクラウドコンピューティングによるGISのサービス（以下ではクラウドGISと呼ぶ）を開始し、利用環境を着々と整えてきた。クラウドGISを携帯情報端末から利用するためのソフトウェアが容易に入手可能である。それを自前の携帯情報端末に導入してクラウドGISのサービスに接続すれば、すぐにでもフィールドでのGISデータの収集が可能となる。携帯情報端末は画面が広くかつタッチ操作によって直感的に使える点からもGIS操作に適している。

そこで本稿では、携帯情報端末からクラウドGISを活用してフィールドでのデータ収集をおこなえるシステムを構築して利用した例を報告し、その効果および課題を検討する。今回の試みでは以下の3点の実現を目標にした。すなわち（1）スマートフォン等を利用してフィールドで地図データと属性データ入力を容易にできること、（2）複数の調査者が1つのGISデータを協同で編集し結果を共有できること、および（3）GISデータを汎用的な形式、具体的にはシェープファイルで入手し利用できることである。

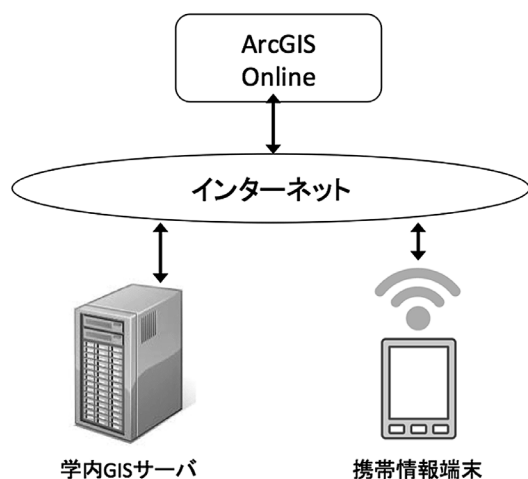
II システムの構築

II-1 システム構成と学内GISサーバの役割

今回用いたシステムは、ESRI社のArcGIS Onlineサイト（<http://www.arcgis.com>）、筆者

らが独自に設置した学内GISサーバ、および携帯情報端末で構成され、それらはインターネットによって接続される（第1図）。前二者がクラウドGISのサービスを提供し、携帯情報端末がクライアント端末となる。クラウドGISサービスの利用はArcGIS Online とクライアント端末のみでも可能ではあるが、今回の試みでは後述する理由で学内GISサーバも設置した。クライアント端末の機能を携帯情報端末に持たせるためには、ESRI社が無償頒布している携帯情報端末用アプリケーション“ArcGIS”を導入した。これはiOS, Android OS, およびWindowsPhoneに対応する（第2図）。3G以降の携帯電話回線を利用できる携帯情報端末はすぐにこのシステムに接続できるが、そうでない端末を使用したい場合にはモバイルWi-FiまたはモバイルWiMAXによるインターネット接続を用意する必要がある。

端末利用者は各自の携帯情報端末のArcGISアプリケーションからArcGIS Onlineのサイトに接続することにより、同サイトが提供するクラウドGIS機能を使ってGISデータを作成し、それを閲覧・共有することが可能となる。しかし今回の試みの時点ではArcGIS Onlineに作成したGISデータはシェープファイル等の汎用的形式のデータとして取り出すことはできなかった。このため前述



第1図 システムの構成要素



第2図 iOS版ArcGISのアイコン

の学内GISサーバの設置が必要となった¹⁾。

学内GISサーバの役割は、1) デスクトップGISで作成されたシェープファイル形式のGISデータを保管すること、2) それをクラウドGIS用の形式に変換してArcGIS Onlineに提供すること、3) ArcGIS Onlineに接続したクライアント端末から書き込まれたデータ編集の結果を反映させてGISデータを更新すること、および4) GISデータを通常のデスクトップGISで使えるシェープファイル等のデータとして書き出すことである。この学内GISサーバはWindows Server OSで稼働するサーバPCを用意し、それにSQLデータベース管理システムを導入したうえで、ESRI社のArcSDEおよびArcGIS Serverを導入して構築した。

利用者からみると、この学内GISサーバの機能によって、学内GISサーバに用意されたGISデータをArcGIS Onlineに接続した携帯情報端末の画面に表示し、そのデータの編集、すなわち新たなデータの入力を行い、その結果をすぐに携帯情報端末の画面で確認できるのである。さらに編集の経過を複数の利用者がそれぞれの携帯情報端末で閲覧できる。そして調査成果のGISデータを学内GISサーバからシェープファイル形式で取り出して利用できる。

II-2 GISデータの準備

調査に用いるGISデータとしては、最低限、編集対象レイヤを用意する必要がある。まずArcGIS DesktopのArcMapを用いてそれを作成する。この編集対象レイヤには、図形の種類（ポイント、ライン、またはポリゴン）と、現地調査

で収集する事物の属性データに応じたフィールドを定義しておく必要がある。さらに、フィールドごとにデータの値とそれに対応する記号表現（シンボル）の組み合わせをあらかじめ決めて、それをレイヤファイルとして書き出しておく、現地で使用する場合での属性入力はこの組み合わせの選択肢から選ぶだけの容易な操作になる。背景地図としては、ユーザがArcMapで作成したのも利用できるし、ユーザが用意しなくともArcGIS Onlineで提供される地図や衛星画像を利用できる。

次にユーザが用意したGISデータをGISサーバに格納して、ArcGIS Onlineで利用可能なサービスに変換する。まず必要なすべてのGISデータ（編集対象レイヤ、レイヤファイル、背景地図レイヤ）をGISサーバのSQLデータベース管理システムのもとに格納する。次にサーバ上のArcGIS Serverソフトウェアによって、これらのGISデータを管理するマップファイル（mxdファイル）を作成する。さらにそのマップファイルをArcGIS Serverの機能でマップサービスに変換して公開し、そのマップサービスをArcGIS Onlineのアカウントに登録する。

II-3 アカウントとグループの準備

上記のマップサービスは、ArcGIS Onlineのアカウントから利用できる。利用者はあらかじめそれぞれのArcGIS Onlineアカウントを作成しておく必要がある。共同作業を実現するには、代表する1人の利用者がArcGIS Online上でデータ共有のためのグループを作成し、利用者のアカウントをそのグループに登録して、かつ、上述のマップサービスをこのグループに登録する。これによって複数の利用者は、各自の携帯情報端末のArcGISからArcGIS Onlineにログインして自分の属するグループにアクセスして、マップサービスを同時に利用できる。

III システムの利用手順

III-1 ログインと地図表示

実際のフィールドデータ収集における利用手順を以下で説明する。まず調査者（以下では利用者をこう表記する）は各自の端末からArcGIS Onlineにそれぞれのアカウントでログインする。所属するグループのフォルダを開き、用意されたGISデータを表示する（第3図）。このとき端末のGPS機能を用いれば自分の位置が地図上に表示される。

調査者は現地での観察にもとづき編集レイヤにデータを入力する。その手順を説明すると、まずマップツールを起動して「収集」をタップし、属性リストから当該事物に合うものを選択する（第4図）。ここで属性リストが表れるのは、GISデータ作成時にレイヤファイルを用意したフィールドについてのみである。それ以外のフィールドについては属性をソフトウェアキーボードから数値や



第3図 調査用GISデータの表示

この背景地図は基盤地図情報から作成したもので、太線は全体の調査範囲を示す。



第4図 事物の属性を選択する画面
例として土地利用の選択肢を示す。

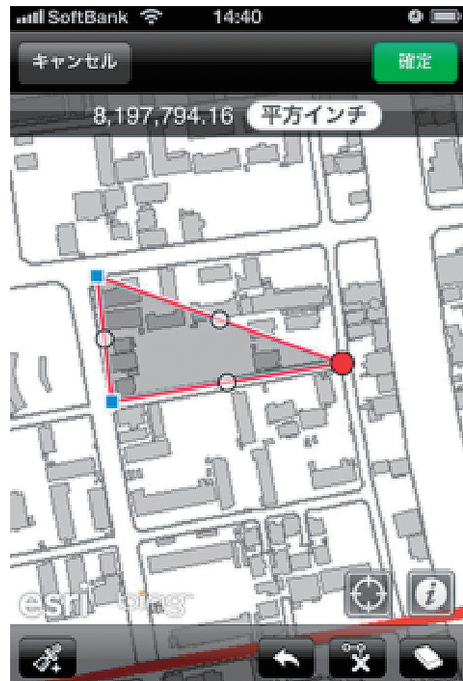


第5図 属性を文字で入力する画面

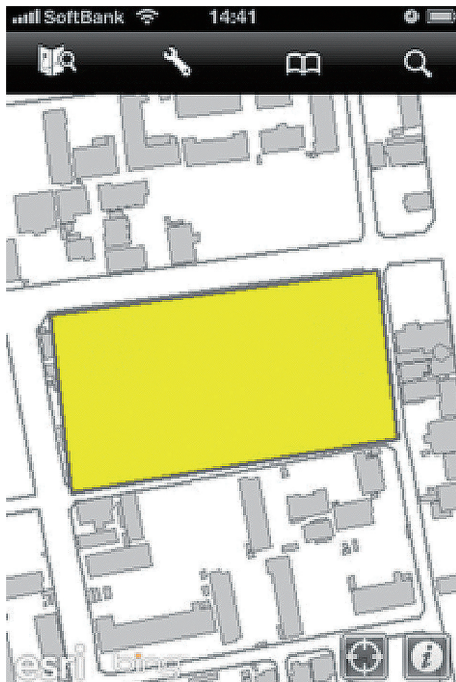
文字で入力する（第5図）。

属性入力をすませたら事物の図形の描画に移る。点データは1個所をタップすると描かれる。線データおよび面データはまず始点をタップして、描きたい形の頂点をタップしてゆくことで描かれる（第6図）。GPS機能を有する端末ではGPSの示す位置情報から直接に頂点を描画することが可能である。すべての頂点を描き終わったら確定ボタンをタップすると、図形および属性のデータが確定する。図形にはあらかじめ与えてあるシンボルが適用される（第7図）。

1つの図形およびその属性がArcGIS Online上で確定されると、その情報によって学内GISサーバ内のGISデータが更新される。するとすぐに、ArcGIS Online上で同じGISデータを利用している調査者全員の端末の画面には、更新された結果、すなわち描かれた図形が表示される。表示された図形をタップすれば属性データを確認したり修正したりすることが可能であるし、図形の形状を修



第6図 面データ作図中の画面



第7図 面データを確定した状態

正することもできる。このように調査の経過を常に全員の端末で確認できるのである。なお、調査前に編集対象レイヤに図形を書き込んでおき現地では属性入力・修正をおこなうという利用のしかたも可能である。

IV 実践例とそれを通じた知見

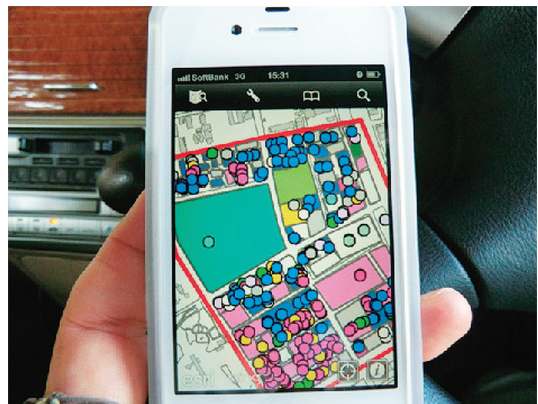
このシステムを筑波大学大学院生命環境科学研究科の授業「空間情報科学実験」で2011年11月に用いた例を紹介する。筑波大学の南に隣接する住居と商業施設が混在する東西・南北それぞれ約500mの地区を調査対象として、土地利用調査および商業施設の業種調査をおこなった。これには11人の院生が参加し、それぞれ各自の担当範囲に向いて、携帯情報端末のArcGISからArcGIS Onlineにログインし、上で述べた手順でほぼ同時に地図データ作成を進めた(第8図)。このとき、スマートフォンを利用している場合にはGPSにより自分の位置を把握しやすかった。このシス



第8図 現地で調査および記録している院生

テムは調査地点への誘導を支援できるので、調査地点を前もって決めておくような調査手法に活かせると思われる。

調査が始まると、各自の入力したデータは直後に全員の端末に表示され(第9図)、調査の進捗状況を常に全員が把握できた。このことは、調査が遅れている院生や、あるいは調査のしかたが正しくない院生がいる場合には、教員がそれを早く発見して個別に指導・助言したり、近くの院生どうしで相談したり調査に協力したりという、調査の支援を容易にする効果をもたらすことがわかった。また調査者は、自分の担当範囲のみではなく調査範囲全域の調査成果の状況のみを、そこにみられる空間的パターン、あるいは自分の担当範囲



第9図 スマートフォン画面に調査者の入力結果が表示される状態

の特性を、調査中から考察することができた。他に判明した利点としては、紙地図をもたないため、風がある状況で地図のばたつきが調査を邪魔するということがない点があげられる。

一方、大きな欠点としては面的事象の描画が比較的難しいことがあげられる。頂点の位置をタップ操作で正しい位置に置くのは簡単ではなく、図形がいびつであったり重なっていたり、実際に描かれるべき地点と描かれた位置とがずれていたりとすることが目立った(第10図)。頂点の修正は端末上で可能であるものの、慣れを必要とする。こうした描画の難しさは、携帯情報端末用のArcGISアプリケーションには描画を支援する機能があまり備わっていないこと、特に記号どうしをぴったり合わせるスナップ機能、および面記号を分割する機能がないことによる。

なお、今回の実践では問題とならなかったものの、電波の条件の悪い場所では順調には利用できない、携帯情報端末の水濡れを厳重に避けなければ

ならないため雨天時に使いにくい、といった欠点も利用者から指摘された。さらに、あらかじめ属性とシンボルを決めておいて現地では選択によって属性を与えてゆく手法は、想定外の属性をもつ事象があった場合には向かないということも指摘された。

V おわりに

このシステムを用いると、複数の調査者が、簡単に操作できる端末を用いて共通のGISデータを同時に編集し調査成果を共有できる。紙のベースマップを全員に配布する必要がないので準備も能率的である。こうしたクラウドGISの利用はフィールド調査を共同的にすすめる基盤として有用であり今後の発展の可能性は大きい。調査者が地理的に離れていたとしても協同的な調査ができるので、広範囲で多くの人々が参加するような調査においてもすばやいGISデータ構築が実現するだろう。これはいわゆる「ソーシャル」なGISとみることができ、集合知によって有用な情報や知恵を生み出す基盤となる可能性がある。研究上のデータ取得に加えて、学校教育、まちづくり活動、災害調査、場所性にかかわるレジャーなどに、幅広く活用されうる。

教育的側面では以下の有用性を指摘できる。調査者は自分の分担範囲だけでなく調査範囲全体の状況を容易にみてとることで、全体の空間的パターンや、全体の中での分担範囲の特色を調査の最中から意識することができる。つまりこのクラウドGISは、調査者の空間的な思考や問題意識の醸成を促進するだろう。さらに自発的・協同的な問題解決を促す効果ももたらすと思われる。教師側にとっては調査の進行状況を把握でき、問題のある場合にすぐに支援の対応をとれる点でも有用である。

一方ではいくつかの課題を指摘できる。一つは端末とその上で動くアプリケーションの限界によるものである。本稿執筆時点での携帯情報端末用ArcGISは作図機能が貧弱であり、それだけを用



第10図 面記号の歪み、重なり、すき間の例

土地利用を示す面記号を描いた例。幅広のすき間は道路を示す部分だが、細いすき間は本来残されるべきではない。

いて整った地図を作成することが難しかった。今後の改良に期待したい。端末の操作が電波の条件や天候の条件に左右されやすいこと、端末の電源消費が大きいことも課題といえる。二つめは技術的な障壁である。今回用いたような学内GISサーバの構築、データの変換、およびArcGIS Onlineとの連携にはそれらについて知識と経験のある人材が必要であり、その確保はあまり簡単ではない。三つめには費用の問題である。学内GISサーバの構築と活用にはArcSDE・ArcGIS ServerといったソフトウェアとArcInfoのライセンスが必要で²⁾、通常それらは高価である。ただし今回の実践では筑波大学がキャンパスライセンス契約を結んだためそれらのライセンスをわれわれの費用負担なしで利用できた。

ただしこれらの問題の回避も可能である。たとえば図形をあらかじめ描いたレイヤを用いて調査

地点を明示し、現地では観察や測定によってその図形の属性データを取得・記入してくるという使い方をすると、図形描画の難しさを回避できる。この手法は副次的に、フィールド調査の初級的な教育に効果があるかもしれない。GISサーバに関する担当者のいない場合、たとえば学校教育や市民活動での実践において技術・費用の障壁を下げるには、大学や企業等が連携し、一種の地域貢献としてサービスを提供することが考えられる。

今後、データやソフトウェアのオープン化の進展、携帯情報端末の爆発的な普及から、クラウドGISの普及は加速的に進むことが予想される。いつでもどこでも不安なく使えるように、携帯情報端末とその通信条件の発展・改善、端末用ソフトウェアの改良、技術的・経済的障壁の低下に期待したい。

本稿のシステムの構築および実践は2011年度生命環境科学研究科院生の杉野弘明、劉珂、花島裕樹、山本敏貴の各氏の協力によって実現した。本稿の内容には彼らをはじめ実践に参加した院生との意見交換が大きく貢献している。システム構築経費には平成22～25年度科学研究費補助金（基盤研究（A））「フィールドワーク方法論の体系化—データの取得・管理・分析・流通に関する研究—」（研究代表者 村山祐司）を用いた。記して感謝いたします。

[注]

- 1) 本稿執筆時には、学内GISサーバがなくとも本稿と同様の利用が実現可能となっている。ただしそれにはArcGIS Onlineを有償の法人ユーザとして利用しなければならない。
- 2) 上記1)。

[文 献]

- 伊藤 悟・湯田ミノリ・奥貫圭一・木津吉永・川崎 智央・立松岳史 (2005)：携帯電話を利用したモバイルGISの開発：学校教育を意識して。地理情報システム学会講演論文集, **14**, 393-398.
- 確井照子・橋本潤治 (1996)：電子地図とGPS搭載の携帯型パソコンGISの開発：地域現場からの災害情報取得システムへの応用。地理情報システム学会講演論文集, **5**, 39-42.
- 奥貫圭一・岡部篤行・崔 鳳文・丸山貴志子・谷崎正明・嶋田 茂 (1997)：モバイルGISを用いた都市調査実習の試み。地理情報システム学会講演論文集, **6**, 51-56.
- 東明佐久良 (1995)：携帯型地理情報システムの開発。GIS-理論と応用, **3**, 1-8.
- 高橋英博・寺元郁博・吉田智一・大黒正道 (2007)：モバイルGISによる圃場作付状況確認システムの開発。システム農学, **23**(2), 165-175.
- 守屋和幸 (2004)：GIS環境教育：GPSとPDAによる環境教育支援システム。システム農学, **20**(2), 146-152.
- Lwin, KoKo and Murayama, Y. (2007)：Personal Field Data Collection by UM-Field GIS：Integration of Google Map API to Mobile GIS。地理情報システム学会講演論文集, **16**, 165-170.

英文タイトル

Field Data Collection System Using Interactive Cloud-GIS
with Smartphones and Tablet PCs

MORIMOTO Takehiro