

「教育の情報化」におけるGPSとWebGISの利用

中尾 泰士^{*)}

概 要

いわゆる「教育の情報化」の流れの中で、コンピュータやネットワークをはじめとするICT（情報通信技術）の一般教科への積極的利用が求められている。この流れを推進していくためには、ICTを利用した多くの授業事例を蓄積していく必要がある。本論では、携帯情報端末とGPS受信機を使ったGPS測位と、インターネットを介した地理情報システムWebGISについて、その教育への応用例案をいくつか紹介する。

1 はじめに

2000年に政府の「e-Japan戦略」が決定し、「5年以内に世界最先端のIT国家になる」ことを目標に各種施策が進められて来た。その結果、ICT（情報通信技術）の基盤整備や電子政府の枠組みの整備など、着実に社会のICT化が進んで来ている。

学校教育においても、コンピュータやネットワークなどの基盤が整備され、2006年3月末の調査では、全公立学校の99.9%がインターネットに接続されているとの調査結果がある¹⁾。そして、学校におけるハードウェア的なインフラ整備が進むにつれ、コンピュータを教えるという教育から、コンピュータを使う教育への発展が望まれている。コンピュータをはじめとするICTを一般教科で利用・活用する「教育の情報化」である。

しかし、実際には一般教科でのICTの利用・活用は思うように進んでいないといわれる。そして、その大きな要因の一つとして、現場の教員のICTに関するスキル不足があげられている²⁾。もちろん、スキル不足をすべて教員のせいにして済むわけではない。研修施設や研修体制の整備など、周辺サポート拡充が必要であろう。その上で、一般教科でのICT利用の実践例や事例を集めてデータベース化することが重要だと思われる。

そのような試みとして、例えば「教育情報ナショナルセンター（NICER: National Information Center for Educational Resources）」³⁾では、多くの教材や授業事例が登録されつつあり、インターネットから検索できるようになっている。また、具体的にどのようなICTスキルが必要とされるかについては、文部科学省委託事業として日本教育工学振興会によってまとめられており⁴⁾、教員研修における指針の一つとすることができる。

^{*)}奈良産業大学情報学部

E-mail: nakao@io.nara-su.ac.jp

本論は、「教育の情報化」を推進するという文脈の中で、携帯情報端末（PDA：Personal Digital Assistant）とGPS受信機を利用したGPS測位と、インターネットを介した地理情報システムを組み合わせる、いくつかの事例について述べるものである。なお、本論では、インターネットを介し、Webブラウザから地理情報を参照できるサービスを「WebGIS」と呼ぶことにする。そして、WebGISとしては、国土地理院の「電子国土」⁵⁾を主に利用した。

2 GPS概説

2.1 GPSとは

まず、ここでGPS（Global Positioning System）について簡単な説明をしておこう。

GPSは元来、軍事用として、アメリカ国防総省によって開発された、人工衛星を使った測位システムである。1993年から、民間利用にも開放されていたが、故意にノイズを混ぜること（SA：Selective Availability）が行われ、民間が利用する場合の誤差が大きかった。しかし、SAが2000年になって解除され、民間利用においてもGPSの測位精度が向上した⁶⁾。その結果、現在では様々な分野でGPSが利用されている。カーナビゲーションをはじめとする航法や、測量、測地、時刻同期、気象観測^(注1)などが代表的な利用例であろう。

GPSに用いられる衛星（以下、GPS衛星）は、地球上空約20,000kmの高度を0.5恒星日（約12時間）で周回している。GPS衛星の軌道面は6つあり、それぞれの軌道面は地球の赤道面から55度の傾きを持つ。また、それぞれの軌道の昇交点赤経（軌道が赤道面を南側から北側に横切る位置）は60度ずつ離れている。それぞれの軌道には、4つのGPS衛星が配され、合計24個の衛星が運用されている^(注2)。これらの衛星配位によって、時間や場所に関係なく、測位に必要な4つ以上の衛星が常に利用できるようになっている。

2.2 GPSの測位原理

今、測位に使う4つのGPS衛星を i （ $i = 1, 2, 3, 4$ ）とする。GPS衛星は高精度の原子時計を搭載しており、また、軌道上を定期的に周回していることから、その位置も既知である。GPS衛星 i の時計の時刻を t_i 、その時刻での衛星の位置を x_i （3次元ベクトル量）としよう。また、測位したい地上の点の現在時刻を t_0 、位置を x_0 （3次元ベクトル量）とする。

このとき、 x_0 と x_i との距離を電波（光）が伝搬するのにかかる時間が、 t_0 と t_i の時間差として観測されるはずだ。逆に言えば、衛星の時刻 t_i と地上の時刻 t_0 の時間差を観測して、位置を測定するのがGPS測位である。

光の速度を c とすると、測位に用いる4つのGPS衛星それぞれにつき、

(注1) GPSによる気象観測は、GPS衛星から送信される電波が、途中の経路に含まれる水蒸気によって遅延することを利用して行われる。

(注2) 他にも若干の予備機が周回している。

$$c(t_0 - t_i) = |x_0 - x_i|, \quad (i = 1, 2, 3, 4)$$

の4本の方程式ができる。これらから、 t_0 を消去すれば、

$$c(t_j - t_i) = |x_0 - x_i| - |x_0 - x_j|, \quad (i, j = 1, 2, 3, 4, i \neq j)$$

の形の3本の独立な方程式ができる。そして、この連立方程式を解けば、未知であった x_0 （3次元ベクトル量）が得られるという仕組みである⁷⁾。

2. 3 GPSの誤差

上で見たように、GPS受信機は、それぞれのGPS衛星からの電波に付加されて送られてくる衛星の位置や時刻を受信して測位に利用する。もちろん、GPS衛星の位置や時刻は、誤差を最小限に抑えるように地上の制御局により管制制御されている。

しかし、電波が到達するまでには様々な理由による電波遅延が発生し、測定誤差の原因となる。たとえば、地球大気上空（高度約80kmから500kmの間）にある電離層や、大気中の水蒸気は電波の伝搬速度を遅らせる原因となる。また、電波が直接受信されず、ビルなどの建物や地面などに反射して受信されるような場合、本来の道筋から遠回りして届くことになるため、遅延の原因となる（これを「マルチパス」という）。

これらのGPS測位の誤差を小さくするために、1つの受信機による単独測位ではなく、複数の受信点、受信機による相対測位方式が採られることがある。たとえば、DGPS（Differential GPS）は、すでに位置の分かっている基準局からの誤差情報を受信して、単独測位の誤差を減らす方法である。また、固定された複数の測位点で長時間の観測を行う干渉測位方式なども、高精度の測位が必要な分野で利用されている⁶⁾。

2. 4 GPS測位と座標系

GPSによる測位結果は、「世界測地系（WGS84: World Geodetic System 1984）」と呼ばれる座標系に準拠して表されることが多い。WGS84座標系は、地球を均一な回転楕円体として定義している。したがって、GPSにより測定される緯度・経度は、この回転楕円体面上における座標であり、高度は回転楕円体面からの高さである。

一方、いわゆる「標高」は平均海面を基準とした高さの値である。平均海面と同じ重力を受けている面をジオイド（geoid）面と呼ぶが、このジオイド面は地球内部の物質分布に依存するため、均一な回転楕円体ではなく凸凹を持つ面になる。

つまり、GPSで測定される高度と標高は異なる概念であり、GPSのデータから標高を知るためには、その地点でのジオイド高（回転楕円体面からジオイドまでの高さ）を別途知る必要がある。この理由などから、GPS測位では高度についての誤差が一般に大きくなる⁶⁾。

また、経度・緯度の座標については、2002年4月1日に改正測量法が施行され、測量の基準が「日本測地系（TOKYO）」から「世界測地系（WGS84）」に変更されたことにも留意する必要がある⁸⁾。

3 携帯情報端末とGPS、WebGISの利用

3.1 いくつかのWebGISサービス

地図情報をWebブラウザから参照できるサービスが、アメリカを中心にいくつか提供されている。

例えば、Yahoo!によって提供されている地図サービス「Yahoo! Local Maps BETA」⁹⁾では、その地図データを利用するための開発者向けAPI (Application Program Interface) が公開されている¹⁰⁾。提供される地図は、道路や鉄道のルートが基本である。日本の地図情報もあるが、アメリカの都市が街路レベルまで提供されているのに比べると情報量が少ない。

Amazon.comによって提供されるサービス「A9 Maps」¹¹⁾は、アメリカの24都市に限られるものの、詳細な地図とともに、GPSを搭載した車から撮影した街路の様子を画像として見ることができる面白いサービスである。

しかし、Webによる地図情報サービスの中で日本で最もよく知られたものは、Googleの「Google Maps」¹²⁾であろう。Google Mapsは、2005年2月に初めてその存在が公表されたといわれる。2005年7月には日本向けのサービスが開始された。また、同じ頃、「Google Maps API」¹³⁾が公開され、ユーザのWebページにGoogle Mapsを取り込んで加工することが出来るようになった^(注3)。Google Mapsでは、日本について「株式会社ゼンリン」の地図情報を利用しており、Yahoo! Mapsの地図よりも詳細である。また、Google Maps APIを使うための情報も、Web上や書籍を中心に多く見つけられる(たとえば、高橋登史朗「入門Ajax」¹⁴⁾など)。

わが国の国土地理院が提供するWebGISである「電子国土」⁵⁾は、2003年7月からサービスを開始した。電子国土サービスの趣旨を次に引用しよう。

従来、地理情報を扱うWebサイトを構築する場合には、発信したい地理情報と別に背景となる地図情報を用意しなければなりません。電子国土Webシステムでは、様々なサイトから発信されている多様な目的の地理情報を重ね合わせて利用するという電子国土の理念を実現しています。これによって、背景地図データを用意しなくても、背景用に使われることを目的として、地図データを発信しているサイト(例えば国土地理院が発信している背景用地図データ)のデータを利用することができるようになるため、背景地図を自ら用意することなく地理情報を扱うWebサイトを立ち上げることができるようになりました。(「電子国土ポータル」⁵⁾より)

上の引用にも述べられている通り、「電子国土」を利用すれば、背景地図を用意しなくても、ユーザが作成した地理情報を地図に重ね合わせる事が出来るようになる。

ただし、「電子国土」を利用したサイトを閲覧するには、国土地理院から無償で配布されている「電子国土Webシステム」が必要となる。「電子国土Webシステム」は、Microsoft Internet Explorer 5.01以上、Netscape 7.0以上、Mozilla1.4/1.5などのブラウザ上で動作するプラグインとなっている^(注4)。

(注3) Google Maps APIは、2006年4月にVersion 2にアップグレードされている。

また、「電子国土」を利用したサイトを構築するには、最低限、HTMLとJavaScriptの知識が必要となる。「電子国土ポータル」からは、電子国土サイトの作成に関するいくつかの技術情報（API関数の解説など）やサンプルを取得することができるので参考になるだろう⁵⁾。

以下では、取得したGPS測位データを地図に重ね合わせるために、この「電子国土Webシステム」を使っている。

3. 2 使用機器と測地系変換

本論で使ったGPS測位データは、すべて以下の機器により記録されたものである。

- ・ 携帯情報端末 (PDA) : Zaurus SL-C860 (シャープ製)
- ・ GPSソフト : qpegps 0.9.2.2 pre¹⁵⁾
- ・ GPS受信機 : CFGPS2 (I-O DATA製)、外部アンテナとしてGPS-ANT/CF2 (I-O DATA製) を使用。

すでに述べたように、わが国でも世界測地系の導入が進んでいる。たとえば、Google Mapsでは、便宜的に日本測地系を使用していた日本の周辺地域においても、2005年12月から測地系が世界測地系 (WGS84) に変更された¹⁶⁾。また、本論で用いる「電子国土」⁵⁾ も当然ながら世界測地系である。ところが、ここで用いたGPS受信機CFGPS2は、日本測地系 (TOKYO) で出力する設定になっている^(注5)。

日本測地系の座標データを世界測地系の地図にそのまま重ね合わせると、およそ400mほどの位置のずれが生じる。このずれを補正するためには、日本測地系 (TOKYO) で得られたGPSデータを世界測地系 (WGS84) に変換する必要がある。

高い精度が要求される測量などにおいては、測地系変換による誤差を極力小さくする努力が必要であろうが、本論で扱うような事例においてはそう厳密に考える必要はない。そもそも、1つのGPS受信機による単独測位においては、測定結果そのものにすでに10m程度の誤差が含まれているからである。

このような、精度をあまり必要としない場合の測地系変換のために、国土地理院測地部では「日本測地系からWGS84系への変換パラメータ (簡易版)」を公開している¹⁷⁾。該当地域ごとに、そこにあげられたパラメータを使って座標を平行移動すれば、簡便に測地系を変換できる。また、その変換表に基づくアフィン変換式を使えば、処理スクリプトを使って簡単に座標変換を行うことができる。本論で使った変換式は次の通りである。

$$\begin{pmatrix} B_w \\ L_w \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} B \\ L \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -1.0695 \times 10^{-4} & 1.7464 \times 10^{-5} \\ -4.6038 \times 10^{-5} & -8.3043 \times 10^{-5} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} B \\ L \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 4.6017 \times 10^{-3} \\ 1.0040 \times 10^{-2} \end{pmatrix},$$

ここで、(B, L) は日本測地系での緯度と経度、(B_w, L_w) は世界測地系での緯度と経度である (それぞれ「度」を単位とする)。

(注4) 2006年9月7日時点での「電子国土Webシステム」のバージョンは0.8.1。残念ながら、筆者の環境のFirefox 1.5では動作しなかった。

(注5) I-O DATAがインターネットで配布している、専用のユーティリティソフトを使えば、出力する測地系をWGS84に変更できるようである。しかし、Zaurus用ソフトの配布はないため、ここでは使用していない。

なお、高度も測地系の変換によって影響を受ける。しかし、高度の測定誤差が一般に大きいこと、その絶対値よりも場所ごとの相対的な高度差に着目することから、本論では高度についての測地系変換は行っていない。

次に、これらの機器と手法を用いて、実際に取得したGPSトラックログを「電子国土」を利用して、地図として可視化した事例をいくつか紹介する。あわせて、得られた結果から、教育へのどのような応用が可能かについて簡単に述べる。

4 事例紹介

4.1 事例1：曾爾高原へのトラックログ（移動手段：自動車）

奈良産業大学では、2006年度新入生を対象として、4月に奈良県曾爾村の曾爾高原にある「国立曾爾青少年自然の家」において宿泊オリエンテーションを行った。その下見のために、大学から曾爾高原まで自動車で移動した時のGPSトラックログを見てみよう。取得したGPSデータを「電子国土」を利用して国土地理院の地図に重ね合わせた例が図1である（データ取得日：2006年1月23日）。

大学から出発し、三重県名張市、香落溪を經由して曾爾高原に至る往路と、それとは別ルートを通じて大学に戻る復路がプロットされている。データ点の緯度、経度の位置に、測定した高度情報をもとにした細長い三角形を配した。その三角形の高さが高いほど、GPSによって取得された高度データが高いことをあらわす^(注6)。この地図によって、移動ルートの高度差を視覚的に確認することが出来、平面的な地図から得られる以上の地理情報を分かり易く得ることが出来る。

往路の途中、マーカが途切れている部分がある（図1中の楕円で囲んだ部分）。この場所は「香落溪」と呼ばれる溪谷地形である。青蓮寺川に沿って切り立った崖が両側から迫り、空が非常に狭くなる。そ

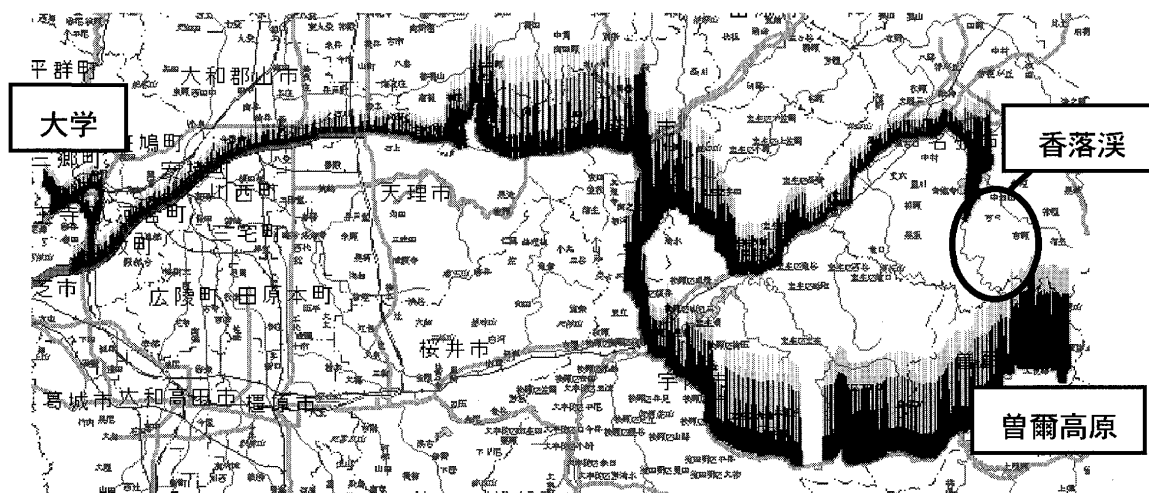


図1：「電子国土」を利用して大学から曾爾高原までのGPSトラックログを国土地理院の地図に重ね合わせたスクリーンショット。ログ取得位置には、その地点の高度データに基づいた高さの三角形をマークとして配置。途中、ログが途切れている部分（図中の楕円で囲んだ部分）は「香落溪」の位置に相当する。

(注6) 使用した三角形マークは、高度100m未満、100m以上200m未満、200m以上300m未満、300m以上400m未満、400m以上の5段階のものを用意。マーク同士の相対的な高さの違いが、おおまかな高度差をあらわす。

のため、GPS衛星からの電波を受信できず、ログが記録されていない。測位という観点からすれば失敗であるが、GPSの測位が上空の衛星からの電波によること、そのためには空がある程度広く見通せる必要があることを教育するためには格好の素材だと思われる。

4.2 事例2：肥薩線ループ（移動手段：鉄道）

熊本県八代と鹿児島県隼人を結ぶ「肥薩線」は、明治42年（1909年）に開通した。当時は、門司～人吉～吉松～隼人～鹿児島を結ぶこのルートに「鹿児島本線」と呼んだ。途中に、「矢岳越え」と呼ばれる難所があり、勾配を緩和するために、スイッチバックやループ線などの仕組みを駆使していることで有名である。なお、昭和2年（1927年）、八代～川内～鹿児島を結ぶ海岸線が開通したことで、「鹿児島本線」の名称をそちらに譲り、「肥薩線」と改称された¹⁸⁾。

この肥薩線の列車に乗車して取得した、鹿児島県吉松～熊本県人吉間のGPSトラックログを「電子国

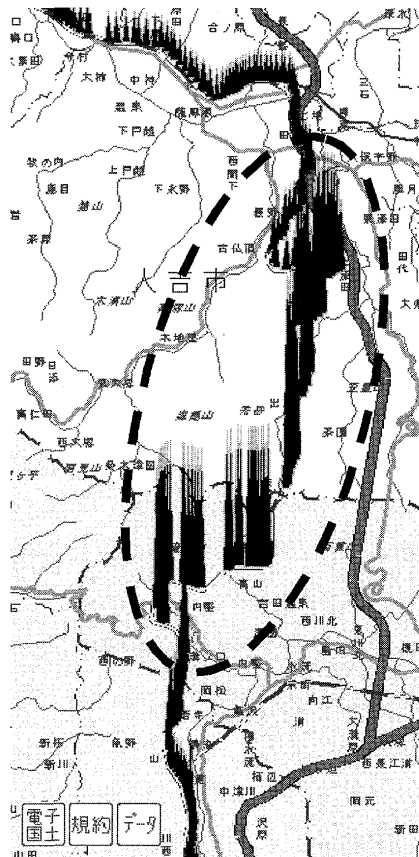


図2：JR肥薩線の「矢岳越え」部分のGPSトラックログを「電子国土」を利用して国土地理院の地図に重ね合わせたスクリーンショット。ログ取得位置には、その地点の高度データに基づいた高さの三角形をマーカーとして配置。図中、破線で囲んだ部分が「矢岳越え」に相当する。

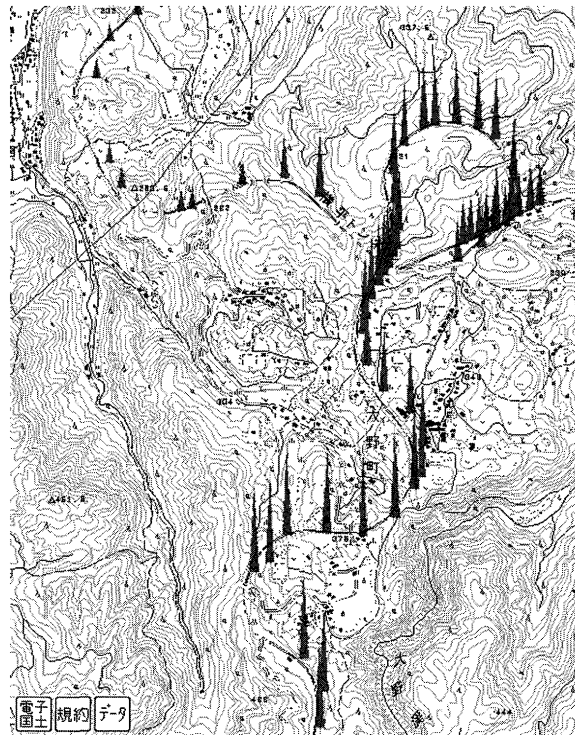


図3：大畑駅付近のループ線について、図2を拡大したものの。

土」に重ね合わせた例を図2に示す（データ取得日：2006年8月18日）。曾爾高原の事例と同様に、データ点の緯度、経度の位置に、高度情報をもとにした三角形のマーカを重ね合わせている^(注7)。

図2を見れば、吉松と人吉盆地の間にある山間部を線路が大きく昇り下りしている様子がはっきりわかる。ログが途切れているところはトンネルで、最も長く途切れている部分は「矢岳第1トンネル」（約2km）にあたる。

吉松からの列車に乗った場合、矢岳第1トンネルを過ぎたあたりから下り勾配に入るが、その先に勾配を緩和するためのループ線がある。遠回りになるが、大きく線路をループさせることで、かつての蒸気機関車でも走行可能な勾配にする工夫である。図3に、この部分を拡大したものを示す。ループ線を回りながら、ゆっくりと高度を下げていく様子がみてとれる。ループ線の途中にある大畑駅はスイッチバック駅でもある。大畑駅を過ぎれば、列車は下り勾配を人吉駅に向かう。

日本の近代化とともに全国に敷かれた鉄道は、そのルート選定にあたって、当時の政治、経済、軍事、技術などの様々な制約が課せられた（たとえば、原田勝正「鉄道と近代化」¹⁹⁾などを参照）。肥薩線のルート選定にあたっては、海岸を通す案（現在の鹿児島本線・肥薩おれんじ鉄道線）と山間部を通す案（現在の肥薩線）が対立した。結局、海からの艦砲射撃をおそれた軍部の主張などにより、現在の肥薩線ルートが選定されたといわれる（肥薩線のルート選定については、久木田末夫「鹿児島の鉄道・百年」²⁰⁾が詳しい）。険しい山間部を通すことになった結果、線路の敷設にあたっては、当時の技術的制約から長いトンネル掘削をなるべく避け、スイッチバックやループ線などの勾配を緩和する工夫が盛り込まれることになった。現在では、八代と鹿児島を結ぶ第3の鉄道ルートである「九州新幹線」が開通している。そこでは、進歩したトンネル掘削技術により、山間部を長いトンネルで直線的に抜けるようになっている^(注8)。

このように、鉄道のGPSログには、地理だけでなく、歴史にも話題を広げることが出来るものがある。

4. 3 事例3：明日香村の観光マップ（移動手段：自転車）

次に、奈良県明日香村を自転車で観光した際のGPSトラックログを「電子国土」を使って国土地理院の地図に重ね合わせた例を図4に示す（データ取得日2006年5月25日）。

あらためて述べるまでもなく、明日香村には石舞台古墳や高松塚古墳などの歴史的文化財が数多く点在している。その地をハイキングやレンタサイクルで巡る観光客が多い。GPSログを取得した日も、学習活動の一環であろうか、小学生たちが集団で自転車を走らせていた。

通常、観光地を巡る場合、所々で写真を撮影することが多い。最近であれば、デジタルカメラで撮影するのが一般的だろう。デジタルカメラで撮影された画像は、記録メディアにファイルとして記録されるが、そのファイルには作成日時、すなわち、撮影日時もともに記録される。

この撮影時刻情報とGPSログの取得時刻を照合することで、写真の撮影場所を同定して地図に掲載することができる（図4）。さらに図4では、撮影した写真を使った画像マーカをマウスで選択すると、ポップアップウィンドウにその場所の情報を表示するようにしている。この仕組みは、撮影場所のGPS

(注7) 使用した三角形マーカは、高度200m未満、200m以上250m未満、250m以上300m未満、300m以上350m未満、350m以上の5段階のものを用意。

(注8) したがって、新八代～鹿児島中央間の「九州新幹線」では、GPSのログがほとんどとれなかった。

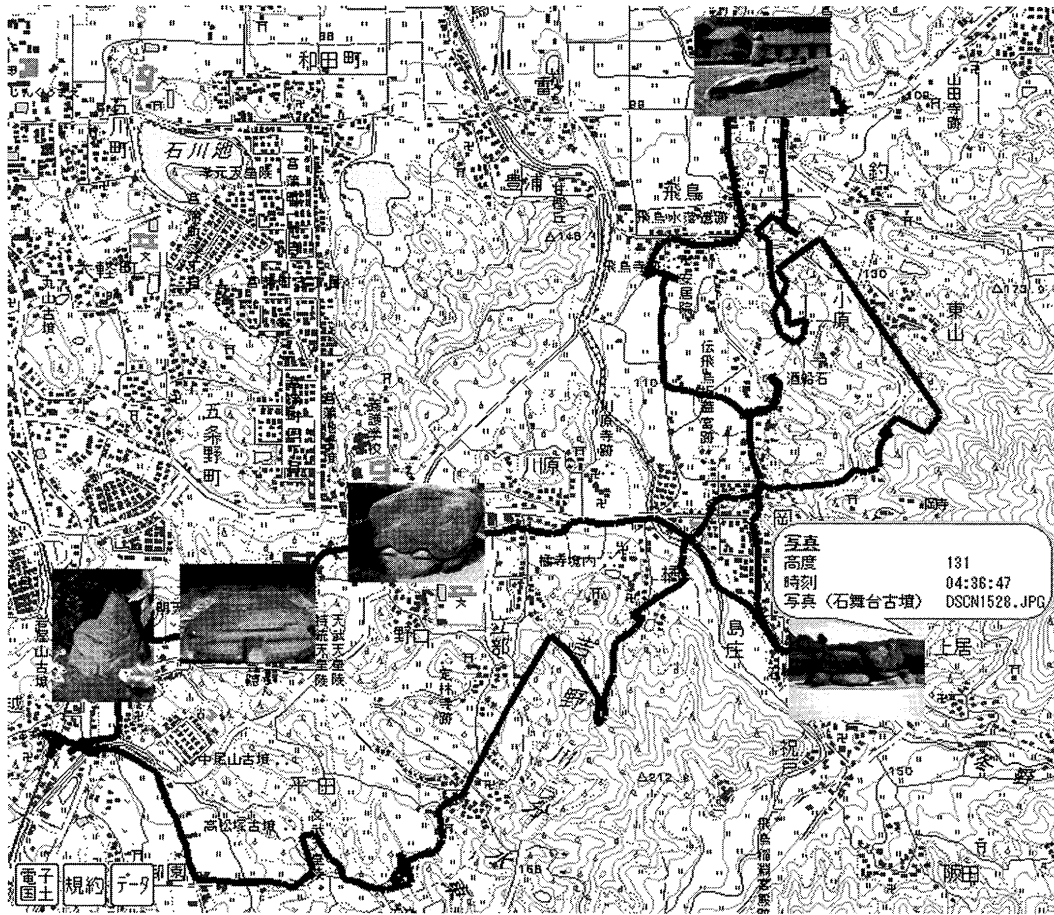


図4：明日香村を自転車で散策したGPSトラックログを「電子国土」を利用して国土地理院の地図に重ね合わせたスクリーンショット。写真を撮った地点に、マークとして画像を配置。画像をマウスで選択すると、その場所の説明を表示するようにした。太い実線がGPSトラックログ。部分的にログがとれていない時間があり、そこでは見かけの移動が直線的になっていることに注意。

測位データと画像ファイルの情報を「JSGI電子国土プロファイル形式」のXMLファイルに書き出すことで実現している（末尾の付録参照）。

このような手法で、オリジナルの観光マップが作成できる。近年、小学校を中心に、地域の校区マップや防犯マップを作成する取り組みが盛んである（例えば、益田啓一郎「校区マップづくりを通じて感じる地域の絆」²¹⁾など）。ここにあげた例はそのような際にも応用できる手法だと思われる。

4. 4 GPSと相対性理論

以上、いくつかの例をあげて、携帯情報端末とGPS受信機を利用したGPS測位と、インターネット上で提供される地図の融合について具体的に記した。GPSの主要な目的が測位であることからすると、教育におけるその利用が地理などの社会科関連に親和性が高いことは明らかであろう。

しかし、GPSから物理学、特に相対性理論についての話題に発展させることも可能である⁷⁾。

特殊相対性理論によれば、運動している時計はゆっくりと進む。また、一般相対性理論によれば、重力ポテンシャルの深いところにある時計はゆっくり進む。以上のような相対論的效果を考慮に入れたと

き、上空約20,000km（地球の重力ポテンシャルが地表より浅い）を3 km/sec程度の速度で運動しているGPS衛星の時計は、地上の時計に比べてどの程度ずれてくるだろうか。これらの相対論的効果について数式で表すと、近似的に、

$$t_{gps} = \left(1 + \frac{\Phi_{gps} - \Phi_{earth}}{c^2} - \frac{v_{gps}^2 - v_{earth}^2}{2c^2} \right) t_{earth}$$

となる²²⁾。ここで、 Φ は地球による重力ポテンシャル、 v は速度、添え字のgpsはGPS衛星、earthは地上をあらわす。

この式の補正項の部分に、それぞれの数値を代入して見積もると 10^{-10} 程度のオーダーになる。距離を計算するには光速（ 3×10^8 m/sec）を乗算するため、この程度の時間誤差でも、累積すれば位置の測定はまったく無意味になってしまう。

もちろん、実際のGPSにおいては、この相対論的効果を正確に取り入れて運用されている。このような内容は少し高度かも知れないが、われわれの生活の身近なところに相対性理論が関わっているという好例だろう。

5 WebGISの比較とその他の地図ソフト

GPSトラックログや写真画像などを地図へ重ね合わせるにあたって、本論では国土地理院が提供する「電子国土」を利用した。同時に、本論には掲載していないが、同じ内容の地図をGoogle Maps APIを使って作成することも行った。ここで、WebGISとしての使い勝手について、両者の簡単な比較を試みよう。

地図サイトの作成については、解説等の情報量が多いということもあり、Google Maps APIの方が作りやすいといえる。また、視覚効果についても、地図中の画像シンボルとして、Google Maps APIがPNG形式をサポートしているのに対し、「電子国土」ではBMP形式しかサポートしていないという問題がある。さらに、Google Maps APIではマーカや情報ウィンドウに影をつけることができ、立体的な視覚を得ることができる。

そして、「電子国土」の最も大きな欠点は、ブラウザ単独の機能では実現できず、プラグインが必要とされること、また、ActiveXを使用しているためWindowsでの利用を中心としているという点にある。Google Mapsが、ほとんどのOSやブラウザで利用できるのに比べると非常に大きな欠点である。ただし、この点については、現在開発中の「非ActiveX型電子国土Webシステム」によって改善される見込みとのことである²³⁾(注9)。

一方、Google Maps APIの欠点は、一企業によって試験的に提供されるサービスであり、今後も同様に使用できるかどうか疑問があること、また、Googleの利用規約²⁴⁾に基づいた使用をする必要があることなどがあげられる。Googleによれば、Googleが提供するサービスのスクリーンショットを掲載するにも事前の許諾が必要とのことであり²⁵⁾、成果の公表などにおいて制約があるといえるかもしれない。

(注9) 「非ActiveX型電子国土Webシステム」では、すべての情報がベクトルではなく、画像として処理されることになるようである。画像形式はPNG形式。

「電子国土」にせよ、**Google Maps API**にせよ、それらを扱うためには**HTML**や**JavaScript**についての程度の知識が必要となる。それらの知識をほとんど必要としない代替策を最後にあげておこう。

杉本智彦氏による3次元地図ソフトウェア「カシミール3D」²⁶⁾はフリーソフトとして配布されている。**GPS**データの取り込みにも対応しており、トラックデータを地図上に表示したり、数値地図の標高データと**GPS**の高度データを直接比較することも出来る²⁷⁾²⁸⁾。

ただし、**Windows**版しかないこと、当然ながら仕様で定められた操作しか出来ないこと、ネットワーク対応とは言えないことなどが、「電子国土」や**Google Maps API**を用いた場合に比べて、自由度が小さいといえるだろう^(注10)。とはいえ、使用法を解説した書籍²⁷⁾²⁸⁾も充実しているし、**GPS**と地図の連携をしたい場合には手軽に使用することが出来る方法ではある。

6 まとめ

本論では、携帯情報端末に**GPS**受信機を組み合わせ、自動車、鉄道、自転車の移動手段を使ったそれぞれの場合について、**GPS**測位を行った例をあげた。それらの測位結果を「電子国土」によるサービスに重ね合わせる形で、**WebGIS**の事例とした。そして、その事例をもとに、「教育の情報化」という文脈の中での**GPS**と**GIS**の利用法について具体的に考えてみた。

そもそも、本論で取り上げたような**GPS**と**WebGIS**の利用は、教員の**ICT**スキルとどう関わるだろうか。「学校におけるIT活用等の推進に係る調査研究報告書」⁴⁾中にある、小学校、中学校、高等学校それぞれについて、関連すると思われるチェック項目を順にあげてみよう。

- * 「産業や地理、地形についての情報を収集し、授業に活用することができる」(小学校、社会)
- * 「社会科の学習に使用する教材を作成する際に、**Web**ページ上にある地図や映像などの情報を著作権に留意して適切に利用することができる」(中学校、社会)
- * 「身近な地域の教材を作成する際に、デジタルカメラを利用して、地域の地理的、歴史的、社会的事象についての情報を収集することができる」(中学校、社会)
- * 「統計データの地図化において、インターネットの検索エンジンを使用して適切な白地図を選び出し、地図を作成することができる」(高等学校、地理)
- * 「必要な地図を作成するために、数値地図ソフトを用いたり、自分で地図を作成したりすることができる」(高等学校、地理)
- * 「地理を立体的に示すために、立体地図ソフトを使用して地図を立体的に表すことができる」(高等学校、地理)
- * 「**GPS**受信機を使用し、データをコンピュータに転送できる」(高等学校、地学)

以上が関連すると思われる**ICT**スキルである。逆に言えば、本論で述べたような内容を研修、習得することで、上記のようなスキルが身につくことになるといえるだろう。

では、**GPS**を用いた授業例は、実際どの程度行われているだろうか。「教育情報ナショナルセンター

(注10) 「カシミール3D」でも、インターネットを介して地図データの閲覧等は出来る。

(NICER)」のサイト³⁾で、キーワードに「GPS」を持つ教材・事例を検索すると7件であった(2006年9月5日現在)。そのうち、5件は「理科ねっとわーく(JST)」による地学分野の内容、1件はGPSについての紹介映像である。残り1件が本論で取り上げた事例に近いものであった。「地域調査にGPSを活用しよう-GPSを使って日時・地図・位置・写真が入った調査ホームページを完成させよう」と題された、2000年の兵庫県三木市立教育センター、三木市立三樹小学校、三木市立自由が丘中学校における実践事例がそれである²⁹⁾。

その実践事例は、「修学旅行先での地域調査」、「ゴミ収集車の動き」をテーマに取り上げ、携帯型GPS受信機とデジタルカメラを利用して、調査した場所・日時・移動経路・写真・文章をWebページとしてまとめるという内容となっている。そこで成果として報告されている内容を以下に引用する²⁹⁾：

GPSを用いることにより児童達は、今まで考えられなかったまとめ方に触れることができ大変興味を持ったようである。共通した感想を紹介すると、「GPSを使ってまとめてみて、新しいコンピュータの使い方が新たにわかったし、絵を入れたりしてきれいにまとめられたのでよかった。その時の様子もわかりやすいから、見た時にはっきりしていると思う」である。さらに、結果をWebページに書き出すことができるので学習内容を公開するのに大変有効であった。

この報告からもうかがえるように、GPSやGISの教育への利用は大きな可能性を持つものだといえよう。自分たちが実際に移動した軌跡を後から振り返ることや、地図の作成は興味をかきたてやすいものである。NICERに登録されているものがすべてではないであろうが、もっとGPSを利用した授業事例が増える必要があるだろう。本論で述べたようなことがその一助となれば幸いである。

GPSを利用した授業展開を行う際、最も問題となるのは、GPS受信機を必要な台数だけ確保できるかであろう。本論で用いたような、携帯情報端末とGPS受信機の組み合わせは、そのコストの面からあまり現実的ではないかもしれない。しかし、最近の携帯電話にはGPS機能付きのものも増えてきている。そのような携帯電話が利用できればハードウェア的な問題は解決できるといえるだろう。

そもそも筆者が携帯情報端末やGPSの利用に興味を持ったのは、2004年度の筆者のゼミに所属していた上村直樹君と柿本雅通君による影響が大きい。彼らが卒業研究のテーマとしてGPSや地理情報に関するテーマを選んだことで、彼らと一緒に学びながら卒業論文をまとめることになった。今回使用した機器は、その時に筆者が揃えたものである。興味深い分野に誘ってくれたことに対し両君に感謝したい。なお、本論で取り上げた、曾爾高原までの自動車での移動においては、大西情報学部長(当時)の車に同乗させていただいた。最後に、国土地理院が提供する「電子国土」を利用した結果のスクリーンショットを本論中に必要な範囲で掲載したことをことわっておく。

参考文献およびURL

- 1) 文部科学省「学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果」(2006年3月31日現在、http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/18/07/06072407.htm)
- 2) 「ポスト2005に向けた『教育の情報化』の課題と提言」、日本教育工学振興会編、2004年

- 3) 「教育情報ナショナルセンター (NICER)」 (<http://www.nicer.go.jp/>)
- 4) 「学校におけるIT活用等の推進に係る調査研究報告書『ITを用いて指導できる』基準の作成のための調査研究」、日本教育工学振興会編、2003年
- 5) 「電子国土ポータル」 (<http://cyberjapan.jp/>)
- 6) 「基礎からわかるGIS」古田均、吉川眞、田中成典、北川悦司編著、森北出版、2005年、第7章
- 7) 「カーナビと相対性理論」中村卓史、日本物理学会誌、2005年、vol.60、No.9、p.741-742
- 8) 「国土地理院：世界測地系移行の概要」
(<http://www.gsi.go.jp/LAW/G2000/g2000.htm>)
- 9) 「Yahoo! Local Maps BETA」 (<http://maps.yahoo.com/beta/>)
- 10) 「The Yahoo! Maps Developer APIs」 (<http://developer.yahoo.com/maps/>)
- 11) 「A9 Maps」 (<http://maps.a9.com/>)
- 12) 「Google Maps」 (<http://maps.google.co.jp/>)
- 13) 「Google Maps API」 (<http://www.google.com/apis/maps/>)
- 14) 「入門Ajax」高橋登史朗、SoftBank Creative、2005年、第3章
- 15) 「qpegps」 (<http://qpegps.sourceforge.net/>) (なお、2006年9月3日時点での最新版は、qpegps 0.9.2.3.3)
- 16) 「Google-Maps-API-Japanにおけるアナウンス」
(http://groups.google.com/group/Google-Maps-API-Japan/browse_thread/thread/d0ce529ce20edc4d/)
- 17) 「国土地理院測地部：日本測地系からWGS84系への変換パラメータ (簡易版)」、
(<http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/coordinates/localtrans.html>)
- 18) 「停車場変遷大事典 国鉄・JR編1」石野哲編、JTB、1998年、p.79、p.82
- 19) 「鉄道と近代化」原田勝正、吉川弘文館、1998年、p.67-85、p.172-183
- 20) 「鹿児島島の鉄道・百年」久木田末夫、春苑堂出版、2000年、p.37-p.58
- 21) 「校区マップづくりを通じて感じる地域の絆」益田啓一郎、財団法人日本地図センター、「地図中心」、403号、p.34、2006年
- 22) 「Exploring Black Holes」Taylor, E. F., Wheeler J. A., Addison Wesley Longman, 2000年、Project A “Global Positioning System”
- 23) 「電子国土：非ActiveX型電子国土Webシステムに関する先行情報」
(<http://portal.cyberjapan.jp/nonactivex.htm>)
- 24) 「Google Maps API Terms of Use」
(<http://www.google.com/apis/maps/terms.html>)
- 25) 「Googleブランド使用規約」 (<http://www.google.co.jp/permissions/index.html>)
- 26) 「カシミール3D」 (<http://www.kashmir3d.com/index.html>)
- 27) 「カシミール3D入門」杉本智彦、実業之日本社、2002年
- 28) 「カシミール3D GPS応用編」杉本智彦、実業之日本社、2002年
- 29) 「地域調査にGPSを活用しよう - GPSを使って日時・地図・位置・写真が入った調査ホームページを完成させよう -」兵庫県三木市立教育センター、三木市立三樹小学校、三木市立自由が丘中学校における実践事例、2000年
(<http://web2.cec.or.jp/jissenjirei/search/Reading.do?DOCID=CEC00890>)

付録：JSGI電子国土プロファイル形式のファイル例

```
<?xml version="1.0" encoding="EUC-JP"?>
<GI version="1.0" timeStamp="2003-12-05" exchangeMode="Based on JSGI Cyberjapan Profile 2003">
<exchangeMetadata>
<datasetCitation>
<title>明日香村GPSログデータ</title>
<date>
```

```
<date>2006-05-25</date>
<dateType>creation</dateType>
</date>
</datasetCitation>
      (中略)
<encodingRule>
<encodingRuleCitation>
  <title>
    JSGI Cyberjapan Profile準拠 (一部抜粋) サンプル用符号化法
  </title>
  <date>
    <date>2004-12-05</date>
    <dateType>publication</dateType>
  </date>
</encodingRuleCitation>
</encodingRule>
</exchangeMetadata>
<dataset>
<layer>
<name>layer_name1</name>
<style>
  <name>style_name1</name>
  <type>symbol</type>
  <displaylevel>all</displaylevel>
  <display>on</display>
  <transparent>off</transparent><!-- transparent in English -->
  <selection>on</selection>
  <symbol>
    <uri>http://localhost/DSCN1522.bmp</uri>
    <size>100,static</size>
  </symbol>
</style>
  <point id="point1">
    <point>
      <CRS uuidref="JGD2000 / (L, B)"/>
      <position>
        <coordinate>135.82289316866 34.4847159714356</coordinate>
      </position>
    </point>
    <name>写真</name>
    <attribute>高度=313,時刻=03:49:43,写真 (飛鳥資料館) =DSCN1522.JPG</attribute>
  </point>
</layer>
      (中略)
<layer>
```

```
<name>layer_name7</name>
<style>
  <name>style_name7</name>
  <type>symbol</type>
  <displaylevel>all</displaylevel>
  <display>on</display>
  <tranceparent>off</tranceparent><!-- transparent in English -->
  <selection>on</selection>
  <symbol>
    <uri>http://localhost/DSCN1545.bmp</uri>
    <size>100,static</size>
  </symbol>
</style>
<point id="point7">
  <point>
    <CRS uuidref="JGD2000 / (L, B) "/>
    <position>
      <coordinate>135.79980285935 34.4679273638299</coordinate>
    </position>
  </point>
  <name>写真</name>
  <attribute>高度=81,時刻=05:10:48,写真(猿石2)=DSCN1545.JPG</attribute>
</point>
</layer>
</dataset>
</GI>
```