

UAV と簡易レーザー距離計を用いた教育学部での測量実習の工夫

Improvement of surveying practice using UAV and simple laser range finder
at the Faculty of Education

黒木 貴一

Takahito KUROKI

(社会科教育講座)

(平成30年8月29日受付, 平成30年12月3日受理)

要 約

平成29年度の自然地理学実習で、受講生は地図・測量に関わる基礎的な技術練習を積み、「地図描画とUAVによる測量」実習に臨んだ。本学の多目的グラウンドに対し、UAVによる測量を行い、縮尺1/8000の九州の地図をライナーで描画した。この実習風景はNHK放送大学の番組中で紹介された。簡易レーザー距離計で設置したGCPを利用するUAVによる写真測量では、多目的グラウンドのcm単位の凹凸を示すDEMが取得され微細な排水経路が読み取れた。「地図描画とUAVによる測量」実習に至るまでの実習で、受講生は、卒業研究の現場対応技術の習得に止まらず、現代の地上地形測量と空中写真測量の体験、運動会など野外活動時の教育現場の疑似体験もできた。当該実習は、単体の実習としてではなく、前期15回で構造化された中での1回と捉えられるように設計し、後期の地図情報のGIS解析練習に接続させる基礎体験に位置付けられる。また受講生の地図描画やその後の地理情報解析練習が円滑に進められた点から、自然地理の教育効果は高められたと考える。

キーワード：簡易レーザー距離計, UAV, 座標, 三辺測量

I. はじめに

活断層や段丘等に関わる地形学的課題では、地形縦断面構造や分布を明らかにするために高さや距離を計測することが多い。このため自然地理学では、それらの計測実習を伝統的に行ってきた。その際、高さはハンドレベルと標尺を組み合わせて、あるいは気圧計単独で、距離は巻き尺で計測する。近年、高さはGPS(Global Positioning System)で、距離はレーザー距離計で計測できるようになった。さらにUAV(Unmanned Aerial Vehicle)とSfM(Structure from Motion)を使用する写真計測技術で経緯度と標高を面的に把握することも可能となった¹⁾。測量専門のコース又はカリキュラムを持たない本学教育学部では、教材で準備できる機材は、簡易GPSと簡易レーザー距離計に止まる。これまで制約の多い教育環境の中、自然地理学実習では、先端的な地理技術を多少とも体験させることを第一目標に掲げ改善を進めた経緯がある²⁹⁾。また他大学でも、そのような目的を持つ改善例はいくつか報告がある¹⁰⁻¹²⁾。

このような状況の中、2018年度開始のNHK放送大学の「現代人文地理学」の担当講師から、先端的な研究手法の紹介のために、UAVを使った本学の実習風景を撮影する企画が提案された。それを受けて、2017年度にいくつかの準備を経て本学グラウンドを場とす

る実習の取材撮影に臨んだ。本報告では、通常実習に若干の工夫を取り入れて撮影に臨んだ経過と成果を報告する。

II. 撮影までの実習設計

1. 求められる実習位置

2018年度開始の「現代人文地理学」内の「GISと人間・環境系へのアプローチ」回で、GIS、地理情報資料、フィールドワークを組み合わせた研究手法等を紹介する。一部、UAVとSfM法を用いた実習を通して、写真測量の原理を体感的に理解する学生たちの姿を紹介することも含めた。ここでは室内での取材を除き野外での実習風景撮影に至るまでの実習過程を紹介する。

2. 実習過程の整理

表1に、平成29年度自然地理学実習の過程を、前・後期に分けて回、内容を示した。学生が意味を理解できる実習の撮影に臨むことを目的に、オルソ画像(歪を修正した位置ずれのない画像)やDEM(Digital Elevation Model)をGISで解析する実習直前までの野外測量実習を段階的に行う。通常実習では、地形図の成り立ちや基準点を学習した後に、クリノメーターによる方位計測と歩測による距離計測、ハ

表1 平成29年度自然地理学実習の過程

回	内容(前期)
1	ガイダンス
2	地形図の話
3	三角点と水準点
4	空中写真判読の基礎と段丘地形
5	クリノメーターと歩測による地図作成
6	扇状地の判読
7	ハンドレベルによる地形縦断面図作成
8	沖積平野の判読
op	基準点設置とレーザーによる測量練習
9	GoogleEarthの操作
op	小巡検
10	地図描画とUAVによる測量予行
11	大巡検調査
12	地図描画とUAVによる測量の撮影(本番)
13	土地利用図(新、旧)の作成
14	大巡検準備
15	大巡検シミュレーション
回	内容(後期)
1	GIS1(地理情報の利用練習)
2	GIS2(ArcView10の基本操作と製図)
3	宗像市の土地利用状況観察
4	GIS3(土地利用図の作成)
5	気温分布図の作成
6	GIS4(幾何補正と等値線)
7	GIS5(インターネットのデータ利用)
8	GIS6(DEMの扱いと3D)
op	地理オリンピック対応
9	GIS7(卒論のためのGIS製図の練習)
10	海岸地形と環境調査練習
11	城山の標高と自然環境
12	GIS8(戦略練習及びデモンストレーション)
13	唐津街道の変化
14	虹ノ松原の調査練習
15	延岡平野の神社の調査練習

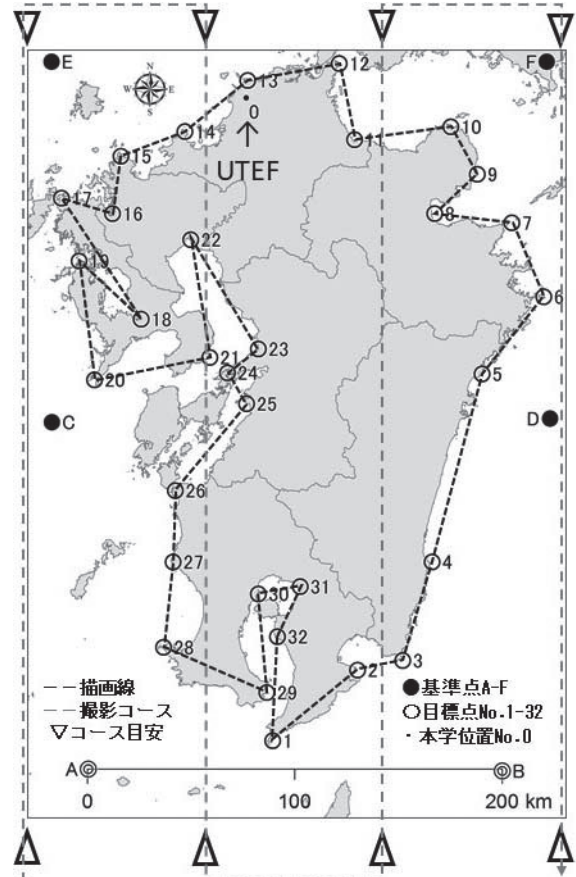


図1 地図描画及び撮影コースのイメージ

表2 描画時の実距離の計算

図上準備作業(A4出力)		(予定グラウンド: 約55m×約80m)				演習にて170502		
No	図面左辺 cm	図面右辺 cm	A4図縮尺 200km長cm	目標縮尺 (25)m:1/8000	作業左辺 m	作業右辺 m	参考: 実左辺 km	参考: 実右辺 km
例	16	16	16	25	25	25	200	200
1	7.25	8.97	16	25	11.33	14.02	89	113
2	11.1	6.8	16	25	17.34	10.63	138	87
3	12.83	5.7	16	25	20.05	8.91	160	73

ンドレベルによる高さ計測を行う。これに、簡易レーザー距離計 (Leica DISTO D5) による距離と高さ計測、簡易GPS (Holux M-241c) による座標計測の実習や、UAVによる地上撮影の支援に関する実習を加えた。これらは、前期の自然地理学実習で、通常実施する内容 (2, 3, 5, 7回) と、今回オプションで実施した内容 (op回)、さらに実習時間外の試験である。加えて10回で本学多目的グラウンドでの地図描画とUAV (DJI Phantom 2) による空中写真等の撮影練習を実施し、12回で撮影本番を迎えた。

3. 地図設計と UAV 撮影計画

図1は、地図描画及びUAVによる撮影コースのイ

メージを示す。地図は、目標点 No.1-32 を順次結ぶ多角形で近似する縮尺 8000 分の 1 の九州島とする。また No.0 の目標点、福岡教育大学 (UTEF) を準備する。九州の南には、基準点 A, B を端点とし実長 200 km を示す東西延長 25 m の基線を準備する。基線は、地図のスケールとする。グラウンドや体育館に図を描画する作業の教材化は、ナスカのコンドルの地上絵を題材に、元図面から相似を応用して拡大図を描く例が紹介されている¹³⁾。図1のA4版出力画像上にて、基準点 A, B から目標点 No.0, No.1-32, 基準点 C-F までの距離を定規で求め、縮尺 1/8000 の距離に換算した (表2)。図1は A4 版画像上で 200 km 長が 16 cm で出力された。この時、例とする目標点までの左辺が



写真1 距離計の手振れを防ぐための工夫



写真2 地図描画のためのラインカー



写真3 基線を作るA点の打設

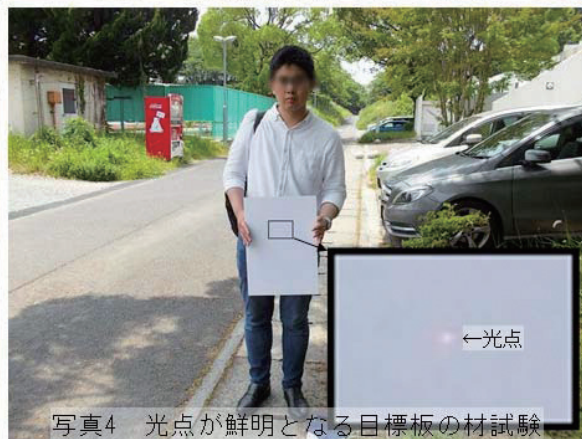


写真4 光点が鮮明となる目標板の材試験

16 cm とすれば実長は 200 km である。描画の目標縮尺は 1/8000 なので、グラウンドで描画作業する場合の、左辺は 25 m となる。ここでは目標点 1 から 3 までの図上準備作業の状況を例示した。グラウンドでの実際描画での左辺と右辺の巻き尺延伸長を点線で囲んだ。

UAV の撮影は 5 秒インターバルとし、撮影は約 8 m 間隔を持つ約 4 m 撮影重複を考えた南北 4 コースとした。着陸後に wifi 接続した状態で撮影結果を確認する。UAV で取得した空中写真からのオルソ画像および DEM 作成のため、基準点 A-F の 6 点の GCP (Ground Control Point) を設定する。基線 A-B は、No.0-32 と C-F 設置時の三辺測量の基線とする。

Ⅲ. 既存実習への組み込みと意味

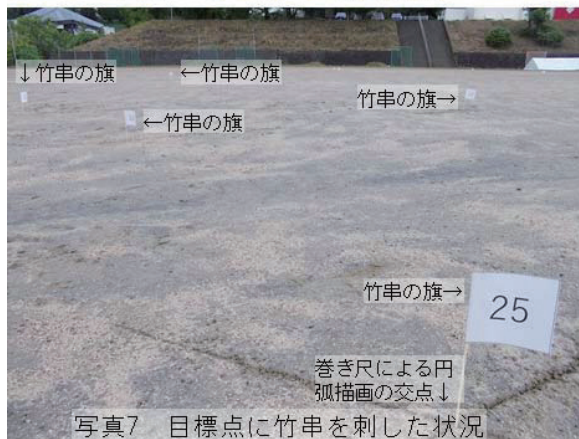
1. 自然地理学実習の既存内容の活用

5 回の 5/12 に「クリノメーターと歩測による地図作成」、7 回の 6/2 に「ハンドレベルによる地形縦断面図作成」を実施した上で、op 回の 6/23 に「基準点設置とレーザーによる測量練習」を行った。そこでは基準点の座標を簡易 GPS で計測し、次に基準点 A 点及び B 点から簡易レーザー距離計で目標点までの水平距離と比高を計測した。計測結果から、既存手法¹⁴⁾で基準点 C から F 点の XYZ 座標 (世界測地系

の直交 2 系) を求めた。同時に UAV を飛行させ適切な撮影高度を確認した。

2. 予行演習のための準備

12 回の 7/14 取材までには、実習時間外にも各種試験を実施した。5/16 に簡易レーザー距離計使用時の手振れを防ぐための手法試験 (写真 1) を行った。手振れを小さくしレーザー光点を安定させ、射程距離を延ばすため段ボール箱に置いた長い板の上に簡易レーザー距離計を設置した。さらに目標板に交点を出現させるため、簡易レーザー距離計の前下部に紙を重ね敷き微小角度調整を行った。6/15 に地図描画のためのラインカー使用練習 (写真 2) を行った。野球部所属の学生がアシスタントとなりライン描画を練習した。6/16 に A 点と B 点の打設を行った (写真 3)。杭頭をショックレスハンマーで鉛直に打つ際に、打設が容易であることを確認させた。A 点では簡易 GPS で XY 座標を計測した。西偏約 7 度 30 分を考慮してクリノメーターで示す真東方向に、簡易レーザー距離計で求めた水平距離 25 m の位置に B 点を打設した。6/19 は距離計のレーザー光点が目標板で鮮明となる材を試験した (写真 4)。アルミ箔添付の段ボール紙よりも白の厚紙での光点確認が容易だった。6/22 は設計した九州地図を囲める適当な位置に C ~ F 点の木杭 4



本を打設した（写真5）。A点とB点からおおよその設計位置までの長さ延伸到巻き尺により、グラウンドに釘で円弧を描き、その交点に木杭を打設した。

3. 実習「地図描画と UAV による測量」と成果

10回の6/30の実習では、取材前の「地図描画と UAV による測量予行」を行った。そこでは、1) AB測線端点から目標点までの2辺長に伸ばした巻き尺の交点（写真6）に目印竹串（目標点番号紙を接着した旗状）を刺し（写真7）、竹串を頂点として順次石灰ラインで接続する（写真8）こと、2) 基準点6点に対空標識を設置し、UAV搭載のアクションカメラ（GoPro HERO3）により測量用の写真撮影と全体地図成果確認のビデオ撮影を試行した。

予行演習で取得した空中写真から、SfM（Agisoft PhotoScan）でオルソ空中写真（解像度1cm）とDEM（解像度2cm）を求めた。図2はオルソ空中写真に、地形を示す等高線（2cm間隔）を描画した。計曲線（10cm間隔）に標高37.1、37.2、37.3mを付した。これよりグラウンドは南北方向に比高は小さく、しかし東が西よりも約20cm高い構造だった。グラウンド南西部には37.1mの等高線で示される南西に開く狭長な谷が表現され、グラウンドの排水は主に南西に向かうことが分かった。また北部に真西へ排水が

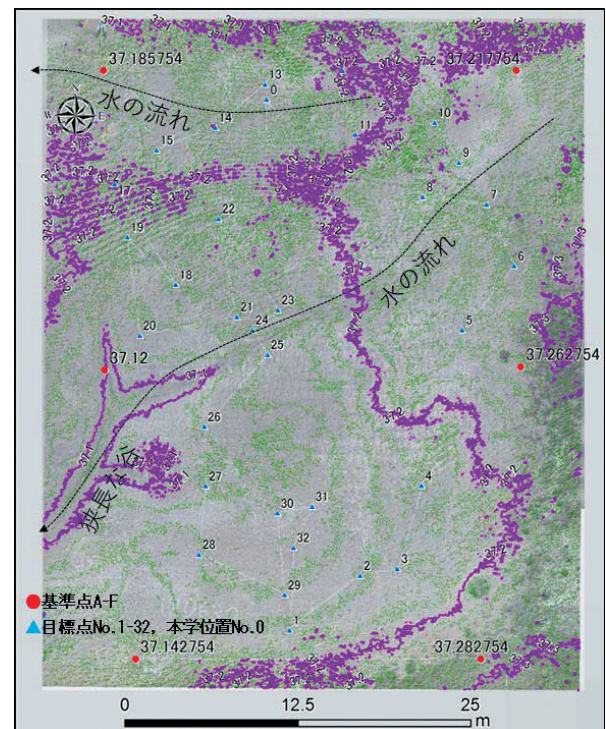


図2 オルソ空中写真と地形



図3 UAV撮影による成果の確認

向かう小流域を識別できた。このように、実習での簡易レーザー距離計に頼るGCPを用いて、一見して平坦なグラウンドにも微妙な凹凸を示すDEMが取得でき排水経路を読み取れることを確認した。

4. 実習「地図描画とUAVによる測量」と意味

12回の7/14取材時の流れは次の通りである。撮影は午前中10時頃から約2時間かけて行われたが、学生による事前準備は6時30分から開始し、9時30分の取材スタッフ到着を待った。まず学生2名（目標板と計測者）による簡易レーザー距離計による基準点の測量状況を撮影した。それに続き、学生1名による簡易GPSによる計測、対空標識の設置、杭の打設、西偏を考慮する基線設置の作業風景を撮影した。数人の学生による、ABの2点から巻尺で交点を作る作業、地図をラインカーで描画する様子を撮影した。最後に学生4人（ヘルメット着用）を図1のコース目安に配置させた状態で、筆者によるUAV離陸、撮影コースでのUAV飛行状況を撮影した。当日午後は、室内での授業風景撮影やインタビューであり15時頃に撮影は全て終了した。

この取材時に「地図描画とUAVによる測量」を10回に続き再度実施した。その際に、描画された地図全体を確認するため、上空からのビデオ撮影状況も取材

時には撮影した。図3はビデオの一シーンである。スポーツ研修棟とアカデミックホールに囲まれる多目的グラウンドに、九州の1/8000地図が描かれた。その他、200kmのスケール、本学位置、撮影飛行コース目印が確認できる。なお後期に実施された地理情報解析実習では、6/30に撮影した写真によるSfMやGISの解析過程や結果の活用方法を解説し、7/14に撮影したビデオ映像は野外描画作業の結果を確認させる場面で使用した。

この実習では、受講生に現代の地上地形測量と空中写真測量の体験、加えて卒業研究の現場対応技術の習得という自然地理学的な技術習得の目標や、運動会など野外活動時の教育現場の疑似体験の目標を持たせ、それを実際に達成できた。また前期の実習では、地図の基準点の学習に始まり、古典的な計測法から現代風の計測法までを段階的に学んだ後、この「地図描画とUAVによる測量」実習を行った。つまり本実習は、単体の実習ではなく、前期15回で構造化された中で1回と捉えられるよう設計工夫した。さらに後期に合計8回に及ぶGIS操作練習（表1）で地図情報の解析方法を実習したが、前期の実習が、現場と地図情報との対応を良く認識させられた。これら目標や認識の深まりは、地図描画が良くでき、地理情報解析練習が円滑に進んだため十分に達成できたと考える。また構

造化の中の1回という捉え方も、学生たちの技術蓄積の上で地図描画に至ったことから、自然地理学の教育効果が発揮できた実習設計だったと考える。ただ本実習の遂行には最低5名は必要だったため、新カリキュラムで演習や実習の受講生が少ない場合、今後の実施は難しい。

IV. まとめ

実習「地図描画と UAV による測量」の取材を念頭に、様々な地図・測量に関わる自然地理学の実習を積み上げる過程で明らかとなった結果をまとめる。

1) 当該実習での簡易レーザー距離計により設置した GCP から、グラウンドの微妙な cm 単位の凹凸を示す DEM が取得され排水経路まで読み取れることが分かった。

2) 当該実習までの過程で、受講生には、卒業研究の現場対応技術の習得に止まらず、現代の地上地形測量と空中写真測量の体験、運動会など野外活動時の教育現場の疑似体験をさせられた。

3) 当該実習は、単体の実習としてではなく、前期15回で構造化された中での1回と捉えられように設計した点、後期の地図情報の GIS 解析練習に接続させる基礎体験に位置付けた点、さらに受講生の地図描画やその後の地理情報解析練習が円滑に進められた点から、自然地理の教育効果が十分発揮されたと考えられる。

謝 辞

大阪大学文学研究科の佐藤廉也教授には実習撮影で多くの便宜を図っていただき、実際の撮影では放送大学学園制作部の小笹浩様、NHK EDUCATIONAL の藤井雅弘様にお世話になった。実習フィールドの多目的グラウンド使用では、保健体育講座の榎原浩晃先生と兄井彰先生に支援していただいた。実習風景撮影のため、2017年度4年生の松本一騎君、3年生の荒木優太君、吉丸茉希さん、大学院2年生の真崎翔平君、久留米高専非常勤講師の川浪朋恵さんに協力いただいた。記して謝意を表す。なお第1回目の放送(2018年4月25日(水)の20:45開始)は終了した。

参考文献

- 1) 早川裕式・小花和宏之・齋藤仁・内山庄一郎(2016): SfM 多視点ステレオ写真測量の地形学的应用. 地形, 37, 321-343.
- 2) 黒木貴一(2003): 福岡教育大学での GIS 教育の実践 - GIS がない場合 -. 教育実践研究, 11, 15-21.
- 3) 黒木貴一(2004): 自然地理教育への GIS 導入の問題と工夫 - 福岡教育大学の事例 -. CSIS Discussion Paper #62, 9-14.
- 4) 黒木貴一・磯望・後藤健介(2006): GIS による2万5千分の1地形図からの詳細土地利用データ作成とその利用. 福岡教育大学紀要, 55-2, 39-48.
- 5) 黒木貴一(2009): 福岡教育大学におけるアナグリフを用いた地形教育の実践. ファカルティ・ディベロップメント研究報告書, 10, 33-38.
- 6) 黒木貴一(2010): 福岡教育大学の社会科教育での気温の移動観測例. 教育実践研究, 18, 17-22.
- 7) 黒木貴一(2012): ArcView9によるGIS教育の実践 - 福岡教育大学での模索. 教育実践研究, 19, 7-13.
- 8) 黒木貴一(2014): 社会研究基礎 A における Google Earth を用いた演習の改善と効果. 福岡教育大学紀要, 63-6, 1-6.
- 9) 黒木貴一・黒田圭介(2016): 写真を用いた DEM 作成試験と作成過程の教材利用. 福岡教育大学紀要, 65-6, 1-6.
- 10) 植木岳雪・大野希一・関谷融(2016): 全学教育科目「自然地理学」におけるアクティブ・ラーニングの実践報告. 研究紀要, 1, 87-93.
- 11) 佐藤崇徳(2007): アナグリフによる地形実体視と地理教育での利用. 地図, 45, 19-26.
- 12) 佐藤崇徳(2015): ウェブ地図 API を用いた地図教材ウェブサイトの開発. 地図, 53, 17-26.
- 13) 諫見泰彦(2009): ナスカの地上絵の再現: 測るをテーマとした仙台市立松陵小学校における教育実践. デザイン学研究特集号, 16-4, 36-39.
- 14) 黒木貴一・塚本嵩史・黒田圭介(2011): 簡易レーザー距離計を用いた斜面崩壊地形の計測方法. 地図, 49-4, 1-6.