

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 18 日現在

機関番号： 87108

研究種目：基盤研究B

研究期間：2009～2011

課題番号：21320155

研究課題名（和文） GIS を活用した古代山城の研究基盤の創設

研究課題名（英文）

Utilizing GIS to establish a foundation for the research of ancient fortress structures

研究代表者

赤司 善彦 (AKASHI YOSHIHIKO)

福岡県立アジア文化交流センター・展示課長

研究者番号：00446882

研究成果の概要（和文）：

航空レーザーのリモートセンシング技術による3次元での地形把握をおこない、古代山城の50 cmメッシュの数値標高モデルを5箇所抽出し、精度の高い地形起伏図を作成した。また、GPS（全地球測位システム）技術による城壁線の位置情報を取得するため、簡易なGPS機器を携帯した城壁線の踏査を試みた。これまでの平板測量よりも精度の高い簡便な測量方法を確立できた。こうしてGIS（地理情報システム）を利用した各種の分析や、調査データを管理するための新しい研究基盤を確立した。

研究成果の概要（英文）：

Conducting 3D terrain mapping through airborne laser remote sensing technology, we extracted 50 cm mesh digital elevation models of ancient fortress sites in five locations and generated a highly accurate image of the variations in the terrain. In addition, we tested a survey method utilizing a simple, portable GPS (global positioning system) device to obtain location information of the fortress boundaries by means of GPS technology. Using this combination of techniques, we were able to establish a simpler and more precise approach to surveying than the previously used plane table surveying method. In this way, we were able to establish new groundwork for research based on data analysis utilizing various forms of GIS (geographic information systems) and for the management of survey data.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2010年度	4,900,000	0	4,900,000
2011年度	3,200,000	0	3,200,000
年度			
年度			
総計	10,400,000	690,000	11,090,000

研究分野：考古学

科研費の分科・細目：考古学・情報システム

キーワード：古代山城・航空レーザー・GPS・GIS

## 1. 研究開始当初の背景

古代山城は、7世紀から8世紀にかけて西日本一帯に築かれた山城である。東アジアの緊迫する情勢を背景に、対外防衛の拠点であり、また、地域支配の拠点づくりにも大きな役割を果たしたと考えられている。この古代山城の研究は、1990年代以降、各地で発掘調査がおこなわれるようになり遺構データが蓄積されてきた。とくに城壁の構築工法についての比較研究は大きく進んだ。

しかし、山城の外郭をなす城壁線の把握は、周辺地形の状況と合わせて1/2500の地形図に記された平面の地図で検討するしかなく、それほど進んでいない。

古代山城の城壁は、人工の城壁だけでなく山の頂上や尾根などの自然地形を城壁替わりに巧みに利用しているのが大きな特徴である。そうした自然地形を築造されたため、周辺地形との関わりでの立地条件が重要である。ところが、古代山城は周囲2～8kmと規模が大きいため、踏査はされてもこれを測量するとなると膨大な労力が必要になる。さらには、詳細な地形データもそろえられていないのが現状である。こうしたことから、古代山城の眺望や、平地からの城壁の見え方などを分析するために、地形の形状と城壁線の現状を正確に把握する簡便な手法の確立が望まれていた。

## 2. 研究の目的

近年、リモートセンシング技術やGPS（全球測位システム）、さらにはGIS（地理情報システム）が民間分野でも大いに活用されるようになってきた。古代山城は規模が大きく、その立地は周辺地形との関わりが強いことからGIS（地理情報システム）を活用した各種の分析に適している。可視領域などの空間分析が大いに期待できるからである。そのため詳細な微地形データに土塁線の状況が示されなければ、GISの分析は不可能である。

こうしたことから、これらの新しい技術を応用して、国内外の共同研究を視野に入れた詳細な位置情報の共有を目指し、GISを活用したデジタルアーカイブの構築など、古代山城の新しい研究基盤を確立しようというのが目的である。

## 3. 研究の方法

(1) 航空レーザー計測による3次元データで古代山城の地形の数値標高モデルを取得する。これまでの飛行機ではなく、ヘリコプ

ターを用いたレーザー計測で50cmメッシュのデータを取得するために、最適のデータ処理方法を探求する。

(2) 携帯GPS機器を用いて現地を踏査し、その軌跡データを数値方向モデルに重ねることで詳細な城壁線の測量を行う手法について実証実験を重ねる。

(3) 福岡平野から大宰府地域までの広範囲の地点で、GISソフトを用いた可視領域（眺望）分析をおこなうための基盤図を整える。

(4) GISによる古代山城の分析をおこなう。

## 4. 研究成果

(1) 古代山城の3次元地形データの取得

古代山城の地形データを取得するために、DEMによって地形を復元する必要がある。現在入手できるのは、国土地理院が配布している数値地図である。国土地理院提供『数値地図』は50mメッシュ、同じ『細密数値情報』では10mメッシュが提供されている。すなわち10メートル四方に1点の標高データによって構成される点群データである。これでは土塁線を明瞭に示すことはできない。そこで、航空レーザー計測を応用することとした。今回の研究では、通常のセスナではなくヘリコプターに搭載した装置で計測した。ヘリ計測であればスピードを遅くすることができるため、それだけ地表を密度高く捉えることができるのである。1秒間に10万発のレーザーを照射する。この方法では50cm間隔での計測が可能である。つまり50cmの高さの構築物であれば、これを計測して表現することが可能となったのである。

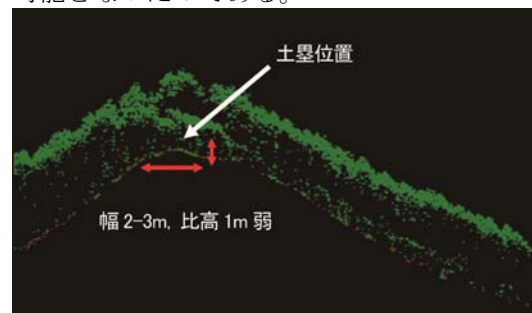


図1 レーザー計測で取得した点群データから、地表面のデータをフィルタリングする。

もちろん、レーザー照射によって得られた点群データから地表面のデータだけを抽出するデータ処理はかなりむずかしいが、これまでいくつかの山城を計測してきた経験で、その精度を高めることができた。(図1)

今回の研究で抽出したデータから地表の起伏を見やすくするための地形起伏図を作成することに成功した。また、このレーザー

計測による詳細な DEM によって、土塁線が明瞭の情報が判読できるのも大きな成果となった。図2は 50 cm のレーザー計測による傾斜区分図である。土塁の上部平坦面と傾斜面を明瞭に判読することができる。

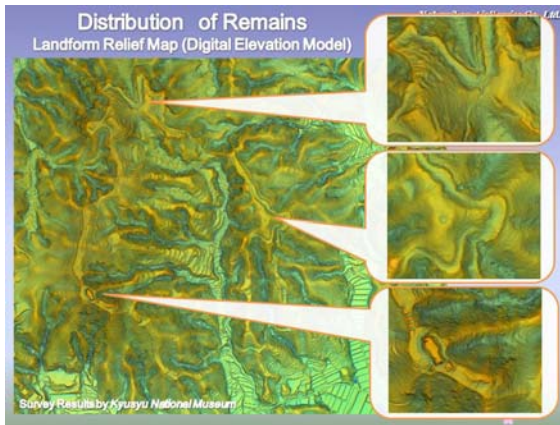


図2 基肆城の DEM 土塁線を明確に表示できた。

以下の古代山城についてレーザー計測による詳細な DEM を作成した。

#### 1mDEM

- ・福岡県 特別史跡大野城跡
- ・福岡平野～大宰府地域

#### 50 cm DEM

- ・佐賀県 特別史跡基肆城跡
- ・福岡県 史跡高良山神籠石山城
- ・福岡県 阿志岐山城
- ・山口県 石城山神籠石山城

#### (2) GPS 機器による土塁線の測量

さて、詳細な微地形データに土塁線の状況が示されなければ、GIS の分析は不可能である。

これまでの測量は、平板測量を実施して、これを 1/1000 地形図にその土塁線を記載することが主流である。本研究では市販されているハンディ GPS 機器を携帯して土塁線の現地踏査をおこない、その軌跡データを処理することで土塁線を確定しようと実証実験を繰り返した。

(使用機器 Garmin60CSx)

この簡易な GPS 測量がどの程度有効であるのか、その検証を提示してみたい。図3の背景はレーザー計測による 1 m メッシュの DEM に標高値属性を赤紫色で表示したものである。これに現地調査による GPS 観測軌跡を水色と従来の地形図に表示された土塁線を黒色で示した。この地点は、平坦な場所に土塁が築かれ、その外側が傾斜している。したがって、標高値の最も高いドットの場所に土塁線が走っている。地形図からの土塁線は、2

～3 m 外側にずれている。これに対して GPS 観測の軌跡は最大でも 1 m ほどしかずれていないことが分かる。これはこの部分に樹木があったために避けて内側を歩いたからである。

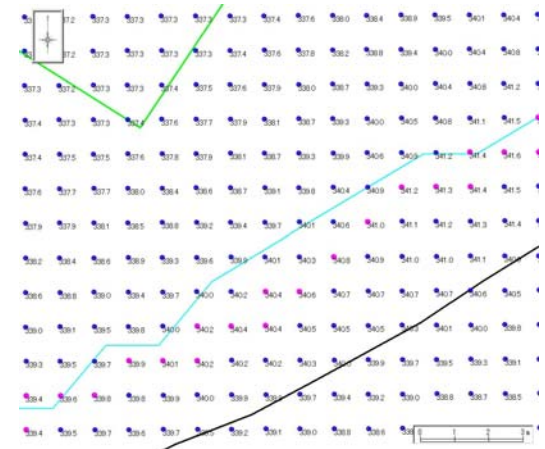


図3 土塁線の GPS 軌跡 (青色) と 1 m メッシュの標高数値。黒線は地形図に表示された土塁線。赤紫の点はレーザー計測が捉えた土塁頂部。

このように現地測量と DEM の標高値を勘案した誤差修正をおこなうことで、土塁線の正確な基本データを完成させることができる。

この手法では、市販の GPS 機器は 2 台用いて、クロスチェックすることが望ましい。また、軌跡は自動設定で線情報として記録されるが、土塁線の属性 (方向変換点・列石の有無・土塁の有無など) を記録するためには、その地点を細かくマークし、さらに地形図にその番号と内容をメモしておくことよい。最も有効な手段は IC レコーダにマークした地点番号と内容を記録しておくことである (後処理がやりやすい)。こうして正確な土塁線を確定し、土塁線を 3 次元データとして整備する見通しを立てることができた。さらに、種々の土塁の属性 (外壁式・両壁式・折衷式、列石の有無、石築・土築、土塁の有無等) を反映した土塁線のデータベース化や、地形分析等が実施できる見通しが立った。

今回、国内の古代山城だけでなく、韓国の扶余に所在する扶余羅城も GPS 測量を実施する事ができた。韓国の山城研究者との合同調査であり、今後の日韓の研究交流の共通基盤が形成されることに発展すると思われる。

今回の研究では、大野城跡及び基肆城跡での GPS 機器による実証実験を繰り返し実施した。その他に国内 7 つの古代山城と、韓国での山城を計測することができた。

#### (3) 古代山城の GIS による分析

古代山城の周辺地形を含む DEM (デジタル

地形図)を作成し、GPS 機器等による現地踏査による城壁線の測量データをこれに重ねる。これに城壁の属性を加味した古代山城の正確な空間情報を得ることができた。今後、古代山城の研究基盤を共有化し、GIS 分析ソフトを用いて、古代山城のさまざまな空間分析を実施できる見通しが立った。

ここでは一例として古地図との重ね合わせの成果を紹介する。大野城と基肄城の研究に欠かせない前近代の古地図に『太宰府旧蹟全図』がある。文化3(1806)年頃に制作された絵図で、作者も制作の意図も定かではないが、大宰府政庁跡をはじめとする大宰府周辺の遺跡に対する関心の高まりの中で制作されたものと考えられている。この古地図は2枚からなり、北図は大野城、南図は基肄城を中心に地形と遺跡が描かれている。山の稜線や河川、道路を墨書きし、これに細かな注記が施される。北図の大野城を例にとると、山城の土塁線が明確に線で示されていないが、土塁線内側を濃く彩色して周囲とは区別することで、城の範囲を図示している。城内には礎石の分布も記されているが、なにより城門遺構を示す注記があり、これまでの発掘調査でも確認されている。もちろん、精度の高い測量図ではないので、位置関係は心許ない。図中の地点によって縮尺は一定ではなく、周辺部ほど縮尺を小さくして圧縮する傾向が伺える。縮尺はおおよそ1/4,000前後と思われる。また、地名や遺構の注記は、同時代の地誌の記述と合致しないところもある。200年前の大野城の姿の一端とはいえ、古代に最も近い資料であり、他では得られない貴重な情報を含んでいることにまちがいない。

この古地図が近年再評価されている。2003年7月の豪雨で大野城一帯が被災し、土塁を中心に各所が崩落した。その復旧工事に先立つ発掘調査がなされたが、大野城南側の原地区の土塁では、この時の調査で新たに城門が発見された。この箇所は土塁に窪みがあり、そこに埋まった石材が発端だったのであるが、北図には、この地点に「大足」の注記があった。古代交通路の要所に「足」の名称が用いられることから、近世にはこの門跡の箇所は土塁を横断する切り通しの通路だったことが考えられ、この古地図が大野城の埋もれた遺構を知る上で重要な手がかりであることが再認識されたのである。

2001年に、『太宰府市史 環境資料編』が刊行され、この太宰府旧蹟全図の書き起こし図も制作された。これを幾何補正して大野城のDEMに重ね合わせてみた。

さて、土塁の一部に「クロカ小岩 門ノ石

スエ」という注記がある。他の確認された門跡の古地図上にも「門ノ石スエ」・「門石スエ」と記すことから、ここも門跡の可能性が高い。試しにこの部分の書き起こし図をDEMに重ねたのが図4である。その地点は、大野城土塁線の北西部にあって、博多湾側に面した眺望の良い位置がある。

この図をもとに本研究の一環として現地を踏査したところ、新しく城門遺構を発見することができた。まだ、正式な調査が行われていない段階なので、詳述できないが、今後の大野城などの古代山城の調査にこうした成果を活かすことで、新しい研究の基盤を作り上げたいと考えている。

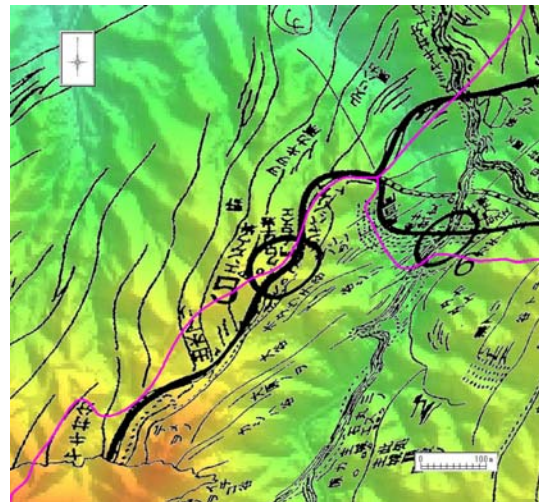


図4 大野城 DEM と古地図 古地図の「門ノ石スエ」注記の場所を DEM に重ね合わせたところ、そこに近い現地で新しい門跡が発見できた。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計10件)

- ① 赤司善彦・光谷拓実「大野城の築城年代再考 —太宰府口城門出土木柱の年輪年代の測定から—」『九州国立博物館紀要「東風西声」第7号 2012 査読無 p21-30
- ② 赤司善彦「レーザー計測による古代山城の研究—基肄城をめぐる土塁の詳細—」『西日本文化』2011 査読無 p22-25
- ③ 赤司善彦「朝倉橘廣庭宮について」『明日香風』118 財団法人飛鳥保存財団査読無 p17-22 2011
- ④ 赤司善彦「史跡石城山神籠石の概要」『史跡石城山神籠石保存管理計画策定報告書』光市教育委員会 2011 査読無 p12-17

- ⑤ 赤司善彦「古代山城の景観 数値標高モデルからの眺め」『地図中心』453号 財団法人日本地図センター 2010 査読無 p7-11
- ⑥ 赤司善彦「大野城をGISで読み解く」『地図中心』450号 財団法人日本地図センター 2010 査読無 p32-35
- ⑦ 赤司善彦「GISの古代山城研究への活用」『GIS NEXT』第30号 ネクストパブリッシング 2010 査読無 p84
- ⑧ 赤司善彦「朝倉橋廣庭宮推定地の伝承について」『九州国立博物館紀要 「東風西声」 第5号 2010 査読無 p35-48
- ⑨ 赤司善彦「筑紫の古代山城と大宰府の成立についてー朝倉橋廣庭宮の記憶ー」『古代文化』第61巻第4号 2010 p79-90 査読有
- ⑩ 赤司善彦「百済滅亡後の復興運動と大宰府の防衛」『東アジアの中の百済』(財)扶余郡文化財保存センター 2009 p309-337 査読無

〔学会発表〕(計2件)

- ① 赤司善彦「大野城の倉庫群について」  
2010年9月11日 古代山城研究会
- ② 赤司善彦・宮坂聡・千田良道「古代山城の調査における航空レーザ計測の適用ー基肆城跡での事例ー」2011年5月24日 日本写真測量学会

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

赤司善彦 (AKASHI YOSHIHIKO)  
福岡県立アジア文化交流センター・展示課  
長  
研究者番号：00446882