

『古代アメリカ』20, 2017, pp.123-134

<調査研究速報>

マヤ文明のセイバル遺跡と周辺部の 航空レーザ測量と考古学調査

猪俣健（アリゾナ大学）、青山和夫（茨城大学）、フローリー・ピンソン（セイバル・ペテシュバトゥン考古学プロジェクト）、ホセ・ルイス・ランチョス（サン・カルロス大学）、原口強（大阪市立大学）、那須浩郎（岡山理科大学）、米延仁志（鳴門教育大学）

1. 問題の所在と本論の目的

マヤ文明の遺跡を調査する上で、マヤ低地の熱帯雨林や低木林などの密林は大きな障害となる[青山 2013]。密林地帯の遺跡の踏査・測量は、マチエーテ（山刀）を使って帶状に調査用の小道を切り開いてサンプリングを行うのが一般的である。しかしサンプリングした遺跡のデータが、果たして本当に遺跡全体を代表するかどうかは保証できない。都市間の関係を理解するために、グアテマラのティカル（Tikal）遺跡とワシヤクトゥン（Uaxactún）遺跡の間の 26km[Puleston 1983]、ティカル遺跡とヤシュハ（Yaxha）遺跡の間の 36km[Ford 1986]において調査用の小道が切り開かれた。これらは例外的な調査といえるが、マヤ文明の都市間の関係を詳細かつ体系的に明らかにするためにはほど遠い。密林に覆われた広範な地域の諸遺跡を地上で全面踏査・測量するには多大の年月と研究費を要し、ほとんど不可能に近い [たとえば、Atlas Arqueológico de Guatemala 2008]。遺跡が私有地に立地する場合は調査許可が得られないこともしばしばあり、調査をさらに困難にしている。

マヤ文明の都市構造を解明するためには、リモートセンシング（遠隔探査）を導入して、その後に地上の踏査の実施が必要不可欠である。とりわけ航空レーザ測量（LiDAR: Light Detection and Ranging）は、密林に覆われた広範な地域の三次元構造を面的にとらえるリモートセンシングとして大きな潜在力を有する[たとえば、Evans et al. 2013; Fernandez-Diaz et al. 2014]。航空レーザ測量は、地上の踏査では明らかにし難い広範な地域を全面踏査して、都市間の関係や人間の居住と生態環境の関係に関する重要な情報を提供できる。航空機から発射されたレーザ光は樹木の隙間から地面に到達し、その往復時間から地表面の考古遺構や地形を迅速かつ客観的に測量できる。航空レーザ測量は、植生がある場所では地表を覆う樹木を識別除去して地表の微地形を明らかにできるだけでなく、樹高や植生の疎密度も把握できる特性も有している。

航空レーザ測量は、マヤ文明を中心にメソアメリカの広範な地域のセトルメント・パターンに関する革新的なデータを提供する。都市中心部と周辺部の広範囲に分布する考古遺構や地形が迅速かつ客観的に測量されて、都市構造や都市間の関係が詳細かつ体系的に解明されつつある。ベリーズのカラコル（Caracol）遺跡では、マヤ文明の広範な地域において航空レーザ測量が 2009 年に初めて導入された[Chase et al. 2011]。広範な都市遺跡に分布する建造物跡、サクベ（舗装堤道）や段々畑の跡が体系的に測量され、 200 km^2 のセトルメント・パターンが明らかにされた。2013 年には、2009 年に測量された地域の北と西に隣接するベリーズ西部の 1057 km^2 で航空測量が行われた[Chase et al. 2014a, 2014b]。これは現在のところ、メソアメリカ考古学で最大の測量面積である。

この地域には、ベリーズ川流域に立地するエル・ピラル (El Pilar) 遺跡、シュナントゥニッチ (Xunantunich) 遺跡、カハル・ペッチ (Cahal Pech) 遺跡、ベイキング・ポット (Baking Pot) 遺跡、バートン・レイミー (Barton Ramie) 遺跡やブラックマン・エディ (Blackman Eddy) 遺跡など、少なくとも 18 の主要遺跡を含む。

メソアメリカ考古学における航空レーザ測量は、100 km² 前後あるいは、それ以下の測量範囲が一般的である。たとえば、2011 年にベリーズ南部のウシュベンカ (Uxbenká) 遺跡と周辺部の 132 km² [Prufer et al. 2015] が測量されている。メキシコでは、マヤ低地北部のユカタン (Yucatán) 州において 2013 年にマヤパン (Mayapán) 遺跡と周辺部の 40 km² [Hare et al. 2014]、2014 年にウシ (Uci) 遺跡、カンカブ (Kancab) 遺跡、ウカンハ (Ucanha) 遺跡とカンサフカブ (Cansahcab) 遺跡を結ぶ 18 km のサクベ沿いのウシ-カンサフカブ地域の 26 km² [Hutson 2015] で航空レーザ測量が実施された。

マヤ地域以外のメソアメリカでは、2010、2011 年にメキシコのチアパス州のイサパ (Izapa) 遺跡と周辺部 [Rosenswig et al. 2013, 2014] の 89.7 km²、2011 年にメキシコのミチョアカン (Michoacán) のアンガムコ (Angamuco) 遺跡の 9 km² [Fisher et al. 2011]、さらに 2015 年にホンジュラス北西部のモスキティア (Mosquitia) 地方に広がる熱帯雨林の 122.8 km² [Fisher et al. 2016] などにおいて航空レーザ測量が行われている。

本論は、2015 年にグアテマラ考古学に航空レーザ測量を初めて導入し、2016 年にマヤ文明のセイバル (Ceibal) 遺跡と周辺部で実施した考古学調査の成果について論じる。セイバル・ペテシュバトゥン (Ceibal-Petexbatún) 考古学プロジェクト (団長: 猪俣健) と科研費新学術領域研究「古代アメリカの比較文明論」(領域代表者: 青山和夫、平成 26~30 年度) の一環として、熱帯雨林に立地するセイバル遺跡と周辺部の 400 km² において航

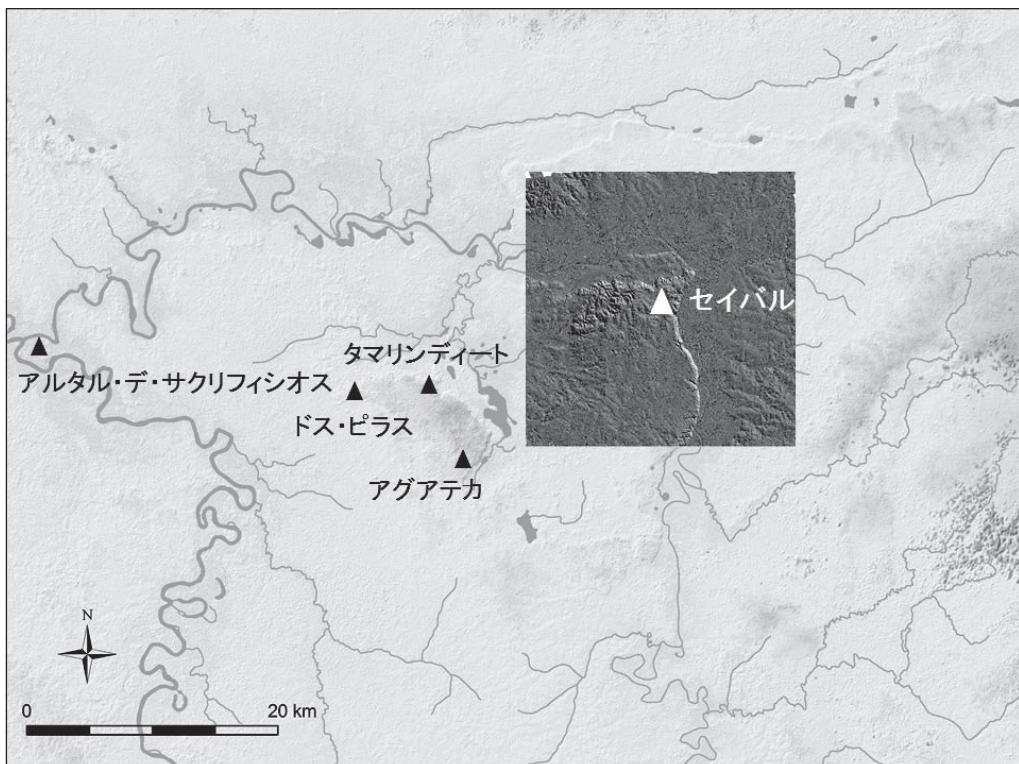


図 1. パシオン川流域と航空レーザ測量の範囲

空レーザ測量を実施した（図1）。これは、今までのところメソアメリカ考古学で相対的に広い航空レーザ測量範囲である。航空レーザ測量で遺構や地形を遠隔探査した後に地上で踏査を行い、これまで全容がわかつていなかつたセイバルというマヤ文明の都市構造を確認した。調査の目的は、（1）多様な植生における航空レーザ測量の有効性の検証、（2）セイバル遺跡中心部の考古遺構と地形の検証、（3）セイバル遺跡と周辺部におけるセトルメント・パターンの解明である。

2. 調査方法

ヒューストン大学の国立航空レーザ測量センター（NCALM: National Center for Airborne Laser Mapping）のメンバーが、2015年3月18日から21日の4日間でセイバル遺跡と周辺部の400 km²という広範な地域で航空レーザ測量を実施した。彼らは、ベリーズのカラコル遺跡、ウシュベンカ遺跡、ベリーズ西部、メキシコのマヤパン遺跡やウシ・カンサフカブ地域、ホンジュラスのモスキティア地方などで航空レーザ測量を実施してきた豊かな調査経験を有する。

実質計測密度	16~20点/m ²
レーザパルス頻度	450,000Hz
スキャン角度	±30度
飛行対地高度	約700m
計測コースラップ率	50%
計測コース間隔	約400m

表1 LIDAR計測仕様

セイバル遺跡の航空レーザ測量では、オプテック（Optech）社製のタイタン（Titan）という、新型マルチスペクトルライダーセンサーが用いられた。タイタンは、カラコル遺跡やベリーズ西部などの航空レーザ測量に用いられた、同じくオプテック社製のジェミニ（Gemini）よりも高精度・高密度の計測データを収集できる。1つのレーザ光を使うジェミニと比べて、タイタンは3つのレーザ光を使い、本調査ではレーザパルス頻度は主に450,000Hzに設定された（表1）。飛行高度は基本的に700mであったが、セイバル中心部では様々な高度から異なるレーザパルス頻度で測量して航空レーザ測量データの精度を検証した。高さの誤差は2.5~6cm、水平誤差は15~30cm、セイバル中心部以外の計測密度は1m²当たり16~20地点ほどである。

ヒューストン大学のメンバーが、航空レーザ測量のオリジナルデータ（植生を含む地表面）を解析して航空レーザ測量のグラウンドデータ（植生を取り除いた地表面）に相当する高精度・高密度の数値標高モデル（DEM: Digital Elevation Model）を作成した。ヒューストン大学と茨城大学の間で契約書を締結して、航空レーザ測量データを購入した。猪俣は航空レーザ測量データをArcGIS、eCognitionやLP360などのプログラムを用いて分析し、1万5000を超える考古遺構と考えられる地点を確認した。データ分析では、航空レーザ測量データを他のリモートセンシングのデータと比較しながら分析した。たとえば、NASAの協力による合成開口レーダーSAR、イコノス（IKONOS）衛星画像やランドサット（LANDSAT）衛星画像を用いた。

ピンソン（Pinzón）とランチョス（Ranchos）は、2016年2月7日から3月9日まで、様々な植生における航空レーザ測量の有効性を検証するために200に近いサンプル地点を踏査した。さらに周辺部のラ・フェリシダ（La Felicidad）遺跡で試掘調査を行った。猪俣とピンソンは出土した土器を、青山は石器を分析した。那須は、植生調査に参加して植生図の作成に協力した。

数値標高モデルの可視化としては、陰影図や斜度図など様々な地形可視化手法を比べた結果、アジア航測の千葉達郎が開発した赤色立体地図が最も有効であった[Chiba et al. 2008]。この国内で2005年に特許公開となった技術は、地上開度（ある地点から見た時、空がどれだけ見えるかを数値化）と地下開度（ある地点から見た時、

地下空間がどれだけ広がっているかを数値化）から尾根谷度（地形の凸凹について開度をもとに算出した値）を求め、尾根と谷を明暗で区別し、傾斜の緩急を彩度（赤色）で区別して合成したものである[千葉 2008]。

赤色立体地図は、カンボジアの熱帯雨林に覆われたアンコール・トム（Angkor Thom）遺跡を中心とする広範な地域の航空レーザ測量に適用されて、建造物、道路や水路等の遺構の検出に大いに役立った[Shimoda et al. 2015]。セイバール遺跡においても、赤色立体地図の活用によって微地形の立体的な認識や小さな建造物や貯水池などの遺構の検出が容易になった[Inomata et al. 2017]。しかしながら、いかなる地形可視化手法も完璧ではなく、調査地域の状況に応じて様々な手法を組み合わせることが重要といえる[Fernandez-Diaz et al. 2014]。遺構を検出するためには、数値標高モデルの可視化だけでなく、ポイントクラウド（戻ってくるレーザパルスからの座標の集合）の分析も重要である。

セイバール遺跡と周辺部の年間降雨量は1800 mmほどであり、マヤ低地中央部やマヤ低地北部と比べて植生が高く密度が高い。セイバール遺跡公園の外では近年、森林伐採が進み、牧草地、トウモロコシ畑や住宅地などが広がっている。多様な植生における航空レーザ測量の有効性を検証するために、航空レーザ測量図とハーバード大学が1960年代に作成した遺跡の平面図[Tourtellot 1988; Willey et al. 1975]を比較した。その結果、航空レーザ測量がセイバール遺跡を厚く覆う熱帯雨林において建造物跡の探査に極めて有効であることがわかった。航空レーザ測量の植生データを地上で検証し、植生調査を実施した。地表面近くに密集した二次林では、建造物の探査に多少の困難が伴うこともありうる。密集した植生の下では、航空レーザ測量で条件により高さ70~150 cmくらいの建造物ならば確認できるが、さらに低い建造物を検出できる場合もある。牧草地のような開かれた場所では、航空レーザ測量で高さ30 cm以下の建造物を確認できた。

3. セイバール遺跡中心部の考古遺構と地形の検証

ハーバード大学の調査によって、セイバール遺跡ではグループA、グループDとグループCの特徴的な円形の基壇の建造物C79を結ぶ3本の主要なサクベが通り、さらにサクベIVという小さなサクベが知られていた[Smith 1982; Willey et al. 1975]。航空レーザ測量と地上の踏査によって、サクベIVについて新たな知見を得ると共に、サクベVを新たに登録した（図2）。サクベIVはグループAの北東に伸びる短いサクベと考えられていたが、実際にはグループAと北東のペク（Pek）・グループを結ぶ、長さ570mのサクベであったことがわかった。さらにグループAの北でサクベVを新たに確認した。その長さは300mである。

セイバール・ペテシュバトゥン考古学プロジェクトの地上の調査によって、セイバール遺跡中心部にいくつかの貯水池の存在が知られていた。航空レーザ測量によって、貯水池に関するデータも得られた。ArcGISを用いて水文解析を行った結果、湧き水や雨水が流れる場所が解明され、数多くの貯水池が住居の近くにあったことが明らかになった（図3）。

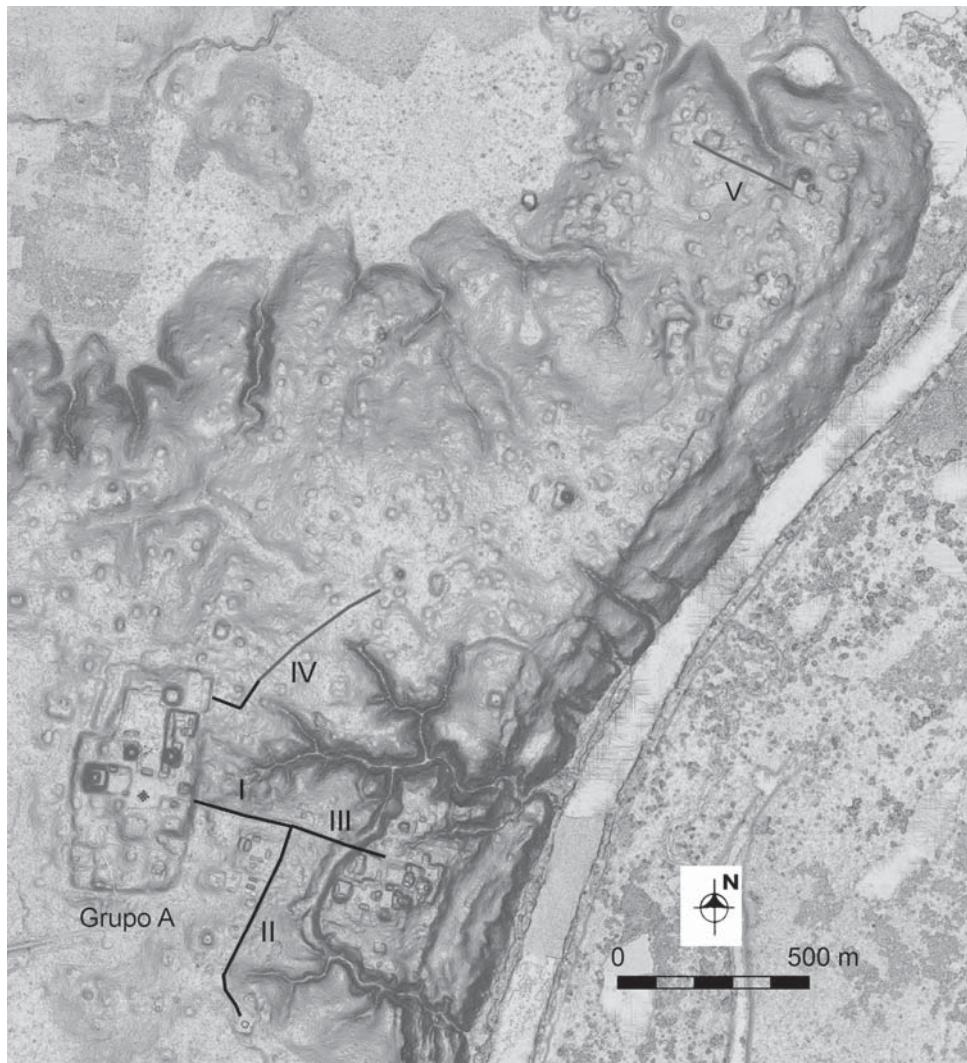


図2. 航空レーザ測量によるセイバル遺跡のサクベ

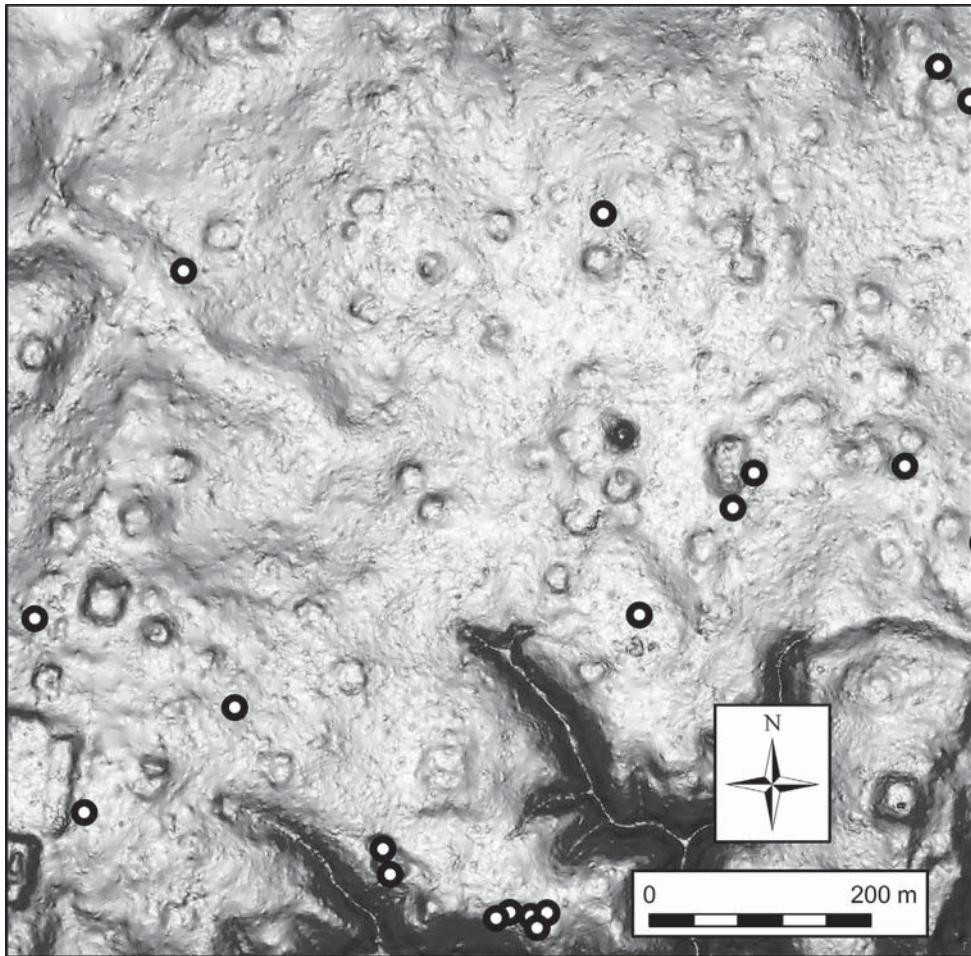


図3. グループAの北東の居住区における貯水池の可能性のある窪地の分布

4. セイバル遺跡と周辺部におけるセトルメント・パターンの解明

レーザ測点の少ない辺縁部も含めた航空レーザ測量の最大域である 460 km^2 というセイバル遺跡と周辺部において、10,208の建造物跡、4,538の建造物跡の可能性のある地点、724の基壇跡、253の基壇跡の可能性のある地点が登録された。これらの遺構の時期は、今後の発掘調査によって明らかにしていかなければならない。しかしながら、これまでの発掘調査によって得られた時期別の建造物の形状や配置および表面採集した遺物から、おおよその年代を推定することが可能である。たとえば、古典期後期・終末期(600~950年)のセイバルでは、中規模あるいは小規模の建造物が中庭の周囲に配置されるのが一般的であった。一方、先古典期中期後半から先古典期終末期(前700~後175年)には、複数の建造物を頂くことができる広い基壇が特徴の一つであった。

公共広場の西側に平面が方形の基壇や神殿ピラミッド、東側に長い基壇を配置して太陽の運行に関連した儀式建築群のEグループを計11確認した。図4は、エル・エデン(El Edén)遺跡のEグループの一例である。そのうちセイバル遺跡のグループAと周辺部のラ・フェリシダ遺跡のEグループを発掘した結果、先古典期中

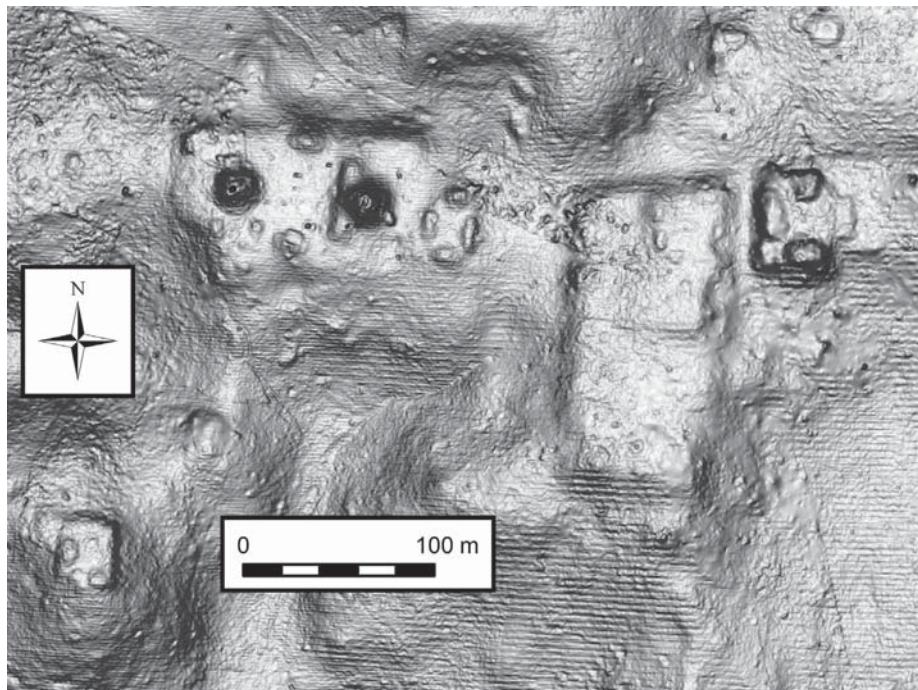


図4. エル・エデン遺跡のEグループ

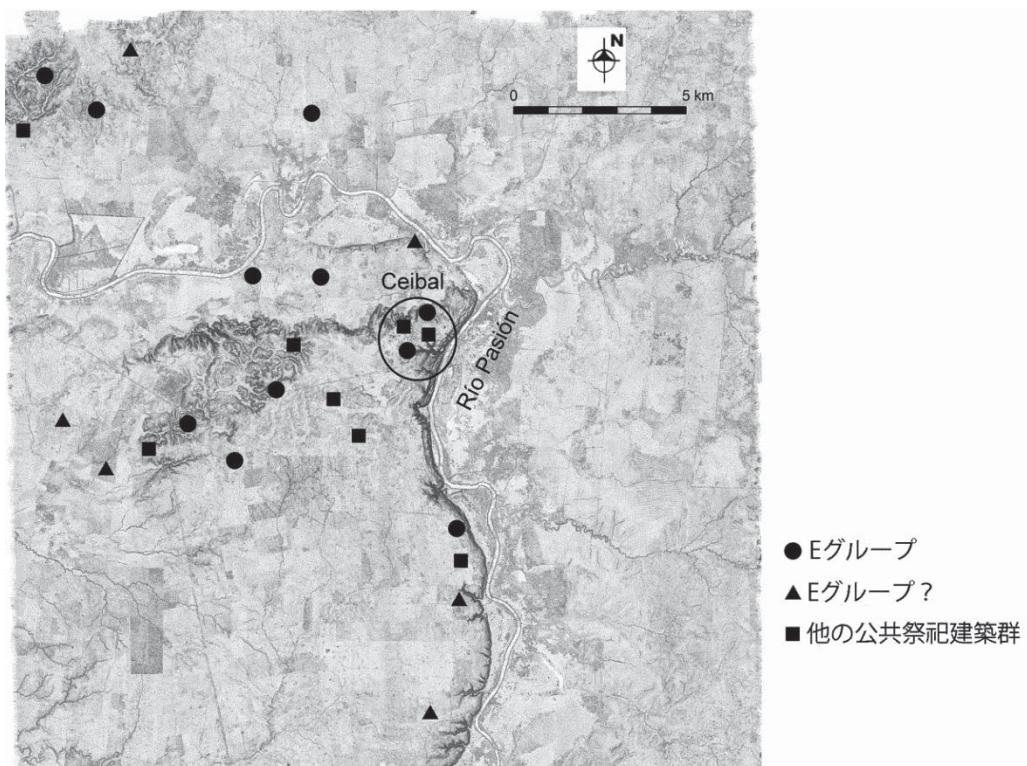


図5. 先古典期のEグループと他の儀式センターの分布

期の前半に居住が始まったことがわかった。これらの E グループは、先古典期中期あるいは先古典期後期に建造され、先古典期や古典期に公共祭祀を繰り返し行う主要な舞台であったと考えられる[Aoyama et al. 2017a, 2017b; Inomata and Triadan 2016; Inomata et al. 2013, 2015]。

公共広場に面する建造物の配置がやや不規則であるが、E グループらしき公共祭祀建築群を 6 つ登録した。さらに公共広場の東側に神殿ピラミッドを頂く長い基壇が配置されたが、E グループのような西側の公共祭祀建築がない例が 8 つ見つかった。そのうちの一つカオバル (Caobal) 遺跡で発掘調査が実施され、先古典期中期から先古典期終末期に増改築されたことがわかっている[Munson 2012]。カオバルは、セイバルの西 3km に立地する二次センター（中心地）であった。総括すると、先古典期にはセイバルと周辺部に少なくとも計 25 の儀式センターのネットワークが広がっていたといえる（図 5）。

建造物群の大きさに応じて、6 つのランクに分類した（図 6）。この建造物群の分布が、おおよそ古典期後期・終末期のセトルメント・パターンと考えられる。先古典期と比較すると、古典期後期・終末期にはセイバル中心部に大きな建造物群が集中した。建造物の密度分析によれば、セイバル中心部で建造物の密度が最も高い。

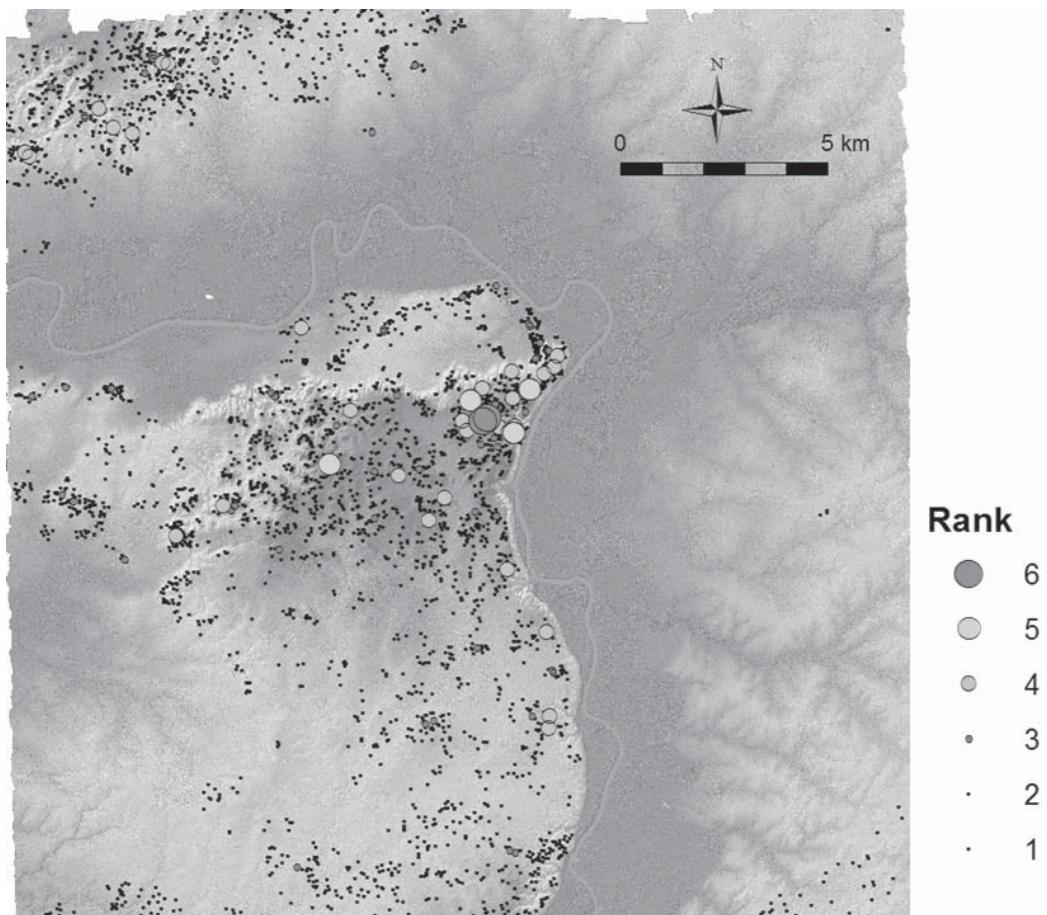


図 6. 古典期後期・終末期のセトルメント・パターンにほぼ対応する大きさに応じた建造物群の分布

航空レーザ測量によって、人間の居住と土地利用に関する新たな知見が得られた。先古典期と古典期の人間の居住は、水はけの良い高台に集中した（図6）。低湿地やその近くの傾斜地の居住は、意図的に避けられたと考えられる。こうした傾斜地は、農耕や植林に活用された可能性がある。セイバルと周辺部の丘陵地では、段々畑の跡がほとんど見つからなかった。対照的にベリーズのカラコル遺跡では、山腹部で約4万haの段々畑の跡が見つかっている。カラコルは、マヤ山地に隣接する海拔約600mの丘陵地に立地する。都市中心部からサクベが放射状に張り巡らされ、段々畑と貴族の邸宅を結んだ。カラコル王国が中央集権的に物資の流通を運営していた可能性が提唱されている [Chase et al. 2011, 2012]。

航空レーザ測量データ、合成開口レーダーSAR、イコノス衛星画像やランドサット衛星画像の解析によれば、セイバルと周辺部では低湿地に農耕地の跡は見つからなかった。換言すれば、先古典期と古典期のセイバルと周辺部の農民には十分な農耕地があり、段々畑や灌漑農業のような集約農業を行う必要がなかったといえよう。セイバル王国が集約農耕地を運営することなく、農民は主に住居周辺の平地や集落から離れた緩やかな傾斜地を農耕に活用していたと考えられる。

5. 結論

2015年にグアテマラ考古学に航空レーザ測量を初めて導入し、マヤ文明のセイバル遺跡と周辺部の400 km²において航空レーザ測量を実施した。航空レーザ測量で遺構や地形を遠隔探査した後に、地上で踏査を行った。その結果、多様な植生における航空レーザ測量の有効性が明らかになった。これまで全容がわかつていなかつたセイバルというマヤ文明の都市の構造、セイバル遺跡中心部の考古遺構と地形の関係やセイバル遺跡と周辺部におけるセトルメント・パターンに関する重要な成果が得られた。

主な結論は、以下の通りである。

- (1) 航空レーザ測量がセイバル遺跡を厚く覆う熱帯雨林において建造物跡の探査に極めて有効であることがわかつた。
- (2) 航空レーザ測量は、セイバル遺跡のサクベのような大規模な遺構の探査に特に有効である。
- (3) 航空レーザ測量によって、先古典期の計25の儀式センターの分布が明らかになった。特にEグループが少なくとも11見つかった。
- (4) 先古典期と比べて、古典期後期・終末期にはセイバル遺跡中心部で建造物の密度が高いことがわかつた。
- (5) 先古典期と古典期の人間の居住は、水はけの良い高台に集中した。
- (6) 先古典期と古典期のセイバルと周辺部の農民には十分な農耕地があり、段々畑や灌漑農業のような集約農業を行う必要がなかつた。

今後はセイバル周辺部の踏査と共に、セイバル中心部と周辺部の発掘調査を続行していく予定である。

【謝辞】

本論は、平成26-30年度日本学術振興会科学研究費補助金新学術領域研究「古代アメリカの比較文明論」（領域代表：青山和夫、課題番号26101002, 26101003）の成果の一部である。セイバル遺跡と周辺部の野外調査と室内遺物分析はアルファウッド（Alphawood）財団、猪俣の航空レーザ測量データの分析はダンバートン・オークス（Dumbarton Oaks）とアリゾナ大学の研究助成を受けた。

参照文献

青山和夫

- 2013 『古代マヤ 石器の都市文明 増補版』 京都大学学術出版会。
- Aoyama, Kazuo, Takeshi Inomata, Flory Pinzón, and Juan Manuel Palomo
- 2017a Polished Greenstone Celt Caches from Ceibal: The Development of Maya Public Rituals. *Antiquity* 91(357):701-717.
- Aoyama, Kazuo, Takeshi Inomata, Daniela Triadan, Flory Pinzón, Juan Manuel Palomo, Jessica MacLellan, and Ashley Sharpe
- 2017b Early Maya Ritual Practices and Craft Production: Late Middle Preclassic Ritual Deposits Containing Obsidian Artifacts at Ceibal, Guatemala. *Journal of Field Archaeology* 42(5):408-422.
- Atlas Arqueológico de Guatemala
- 2008 *Registro de sitios arqueológicos del sureste y centro-oeste de Petén, 1987-2008*. Monografía 6, Atlas Arqueológico de Guatemala, Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural, Guatemala.
- Chase, Arlen, Diane Chase, Jaime Awe, John Weishampel, Gyles Iannone, Holley Moyes, Jason Yaeger, and M. Kathryn Brown
- 2014a The Use of LiDAR in Understanding the Ancient Maya Landscape. *Advances in Archaeological Practice* 2(3):208-221.
- Chase, Arlen F., Diane Z. Chase, John F. Weishampel, Jason B. Drake, Ramesh L. Shrestha, K. Clint Slatton, Jaime J. Awe, and William E. Carter
- 2011 Airborne LiDAR, Archaeology, and the Ancient Maya Landscape at Caracol, Belize. *Journal of Archaeological Science* 38(2):387-398.
- Chase, Arlen F., Diane Z. Chase, Jaime J. Awe, John F. Weishampel, Gyles Iannone, Holley Moyes, Jason Yaeger, M. Kathryn Brown, Ramesh L. Shrestha, and William E. Carter
- 2014b Ancient Maya Regional Settlement and Inter-Site Analysis: The 2013 West-Central Belize LiDAR Survey. *Remote Sensing* 6(9):8671-8695.
- Chase, Arlen F., Diane Z. Chase, Christopher T. Fisher, Stephen J. Leisz, and John F. Weishampel
- 2012 Geospatial Revolution and Remote Sensing LiDAR in Mesoamerican Archaeology. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109(32):12916-12921.
- 千葉達郎
- 2008 「航空レーザ計測結果の可視化—赤色立体地図作製法とその発展—」 『先端測量技術』 96:32-42。
- Chiba, Tatsuro, Shin-ichi Kaneta, and Yusuke Suzuki
- 2008 Red Relief Image Map: New Visualization Method for Three Dimensional Data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 37(B2):1071-1076.
- Evans, Damian H., Roland J. Fletcher, Christophe Pottier, Jean-Baptiste Chevance, Dominique Soutif, Boun Suy Tan, Sokrithy Im, Darith Ea, Tina Tin, Samnang Kim, Christopher Cromarty, Stéphane De Greef, Kasper Hanus, Pierre Bâty, Robert Kuszinger, Ichita Shimoda, and Glenn Boornazian
- 2013 Uncovering Archaeological Landscapes at Angkor using Lidar. *Proceedings of the National Academy of Sciences of*

- the United States of America* 110(31):12595-12600.
- Fernandez-Diaz, Juan Carlos, William E. Carter, Ramesh L. Shrestha, and Craig L. Glennie
 2014 Now You See it... Now You Don't: Understanding Airborne Mapping LiDAR Collection and Data Product Generation for Archaeological Research in Mesoamerica. *Remote Sensing* 6(10):9951-10001.
- Fisher, Christopher T., Stephen J. Leisz, and Gary Outlaw
 2011 LiDAR: A Valuable Tool Uncovers an Ancient City in Mexico. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 77:962-967.
- Fisher, Christopher T., Juan Carlos Fernández-Díaz, Anna S. Cohen, Oscar Neil Cruz, Alicia M. González, Stephen J. Leisz, Florencia Pezzuti, Ramesh Shrestha, and William Carter
 2016 Identifying Ancient Settlement Patterns through LiDAR in the Mosquitia Region of Honduras. *PloS ONE* 11(8):e0159890.
- Ford, Anabel
 1986 *Population Growth and Social Complexity: An Examination of Settlement and Environment in the Central Maya Lowlands*. Anthropological Research Papers No. 35. Arizona State University, Tempe.
- Hutson, Scott R.
 2015 Adapting LiDAR Data for Regional Variation in the Tropics: A Case Study from the Northern Maya Lowlands. *Journal of Archaeological Science: Reports* 4:252-263.
- Hare, Timothy, Marilyn Masson, and Bradley Russell
 2014 High-Density LiDAR Mapping of the Ancient City of Mayapán. *Remote Sensing* 6(9):9064-9085.
- Inomata, Takeshi, Flory Pinzón, José Luis Ranchos, Tsuyoshi Haraguchi, Hiroo Nasu, Juan Carlos Fernandez-Diaz, Kazuo Aoyama, and Hitoshi Yonenobu
 2017 Archaeological Application of Airborne LiDAR with Object-Based Vegetation Classification and Visualization Techniques at the Lowland Maya Site of Ceibal, Guatemala. *Remote Sensing* 9(6):563; doi:10.3390/rs9060563.
- Inomata, Takeshi and Daniela Triadan
 2016 Middle Preclassic caches from Ceibal, Guatemala. *Maya Archaeology* 3:56-91.
- Inomata, Takeshi, Daniela Triadan, Kazuo Aoyama, Victor Castillo, and Hitoshi Yonenobu
 2013 Early Ceremonial Constructions at Ceibal, Guatemala, and the Origins of Lowland Maya Civilization. *Science* 340(6131):467-471.
- Inomata, Takeshi, Jessica MacLellan, Daniela Triadan, Jessica Munson, Melissa Burham, Kazuo Aoyama, Hiroo Nasu, Flory Pinzón, and Hitoshi Yonenobu
 2015 Development of Sedentary Communities in the Maya Lowlands: Coexisting Mobile Groups and Public Ceremonies at Ceibal, Guatemala. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112(14):4268-4273.
- Munson, Jessica
 2012 *Building on the Past: Temple Histories and Communities of Practice at Caobal, Petén, Guatemala*. Unpublished Ph. D. dissertation, University of Arizona, Tucson.
- Prufer, Keith M., Amy E. Thompson, and Douglas J. Kennett
 2015 Evaluating Airborne LiDAR for Detecting Settlements and Modified Landscapes in Disturbed Tropical

- Environments at Uxbenká, Belize. *Journal of Archaeological Science* 57:1-13.
- Puleston, Dennis
- 1983 *The Settlement Survey of Tikal*. Tikal Report No. 13, University Museum Monograph 48. University of Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology, Philadelphia.
- Rosenswig, Robert M., Ricardo López-Torrijos, Caroline E. Antonelli, and Rebecca R. Mendelsohn
- 2013 Lidar Mapping and Surface Survey of the Izapa State on the Tropical Piedmont of Chiapas, Mexico. *Journal of Archaeological Science* 40:1493-1507.
- Rosenswig, Robert M., Ricardo López-Torrijos, and Caroline E. Antonelli
- 2014 Lidar Data and the Izapa Polity: New Results and Methodological Issues from Tropical Mesoamerica. *Archaeological and Anthropological Sciences* 7(4):1-18.
- Shimoda, Ichita, Tsuyoshi Haraguchi, Tatsuro Chiba, and Mariko Shimoda
- 2015 The Advanced Hydraulic City Structure of the Royal City of Angkor Thom and Vicinity Revealed through a High-Resolution Red Relief Image Map. *Archaeological Discovery* 4(01):22.
- Smith, A. Ledyard
- 1982 *Excavations at Seibal, Department of Petén, Guatemala: Major Architecture and Caches*. Memoirs of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Vol. 15, No. 1. Harvard University, Cambridge, MA.
- Tourtellot, Gair, III
- 1988 *Excavations at Seibal, Department of Petén, Guatemala: Peripheral Survey and Excavation, Settlement and Community Patterns*. Memoirs of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Vol. 16. Harvard University, Cambridge, MA.
- Willey, Gordon R., A. Ledyard Smith, Gair Tourtellot III, and Ian Graham
- 1975 *Excavations at Seibal, Department of Petén, Guatemala: Introduction: The Site and its Setting*. Memoirs of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Vol. 13, No. 1. Harvard University, Cambridge, MA.

原稿受領日 2017年5月20日

原稿採択決定日 2017年7月12日