

平成 25 年 6 月 28 日

報道関係者各位

国立大学法人 筑波大学

空中からのレーザースキャンによりカンボジア・アンコール遺跡群にて 巨大な古代都市構造を発見

研究成果のポイント

1. 空中からのレーザースキャンによる地形を探索する装置「ライダー」を使用し、密林に埋もれていたアンコール遺跡群にて、これまで全容がわかっていなかった古代都市の構造を確認しました。
2. 調査が実施された遺跡は、カンボジア北西部のアンコール遺跡群の他、コー・ケー遺跡群、クレーン山中の遺跡群等です。旧知のアンコール・ワット等を含む広大な遺跡群は熱帯林に厚く覆われているため、これまでは断片的な知見しか得られていませんでしたが、各地域一帯に広がる古代都市の痕跡が明らかとなりました。
3. ライダーを用いた考古学的研究は、メソアメリカの遺跡(中央アメリカ)や日本国内の古墳で実績を上げていましたが、今回の研究は世界最大規模の探索となりました。
4. 本研究は複数の組織による国際的な共同事業として実施されたもので、日本からは日本国政府アンコール遺跡救済チームが参加しました。

国立大学法人筑波大学【学長 永田恭介】(以下「筑波大学」という)芸術系【系長 玉川信一】下田一太助教は、国際的な共同研究チームの一員としてカンボジア北西部の複数の遺跡群において最新の探査技術を用いた調査を行い、アンコール遺跡群を始めとする古代クメール帝国の重要拠点に古代都市の痕跡を確認しました。

アンコール遺跡の調査はこれまでも多くの研究が蓄積されていますが、遺跡群の大半が熱帯林に覆われているため、地上での調査には限界がありました。調査チームは、2012年4月に、レーザースキャンによる測距装置「ライダー」(LiDAR: Light Detection and Ranging)をヘリコプターに搭載し、370平方 km の地域を探索しました。その結果、旧知のアンコール・ワット(12世紀前半)、アンコール・トム(12世紀後半)を中心とする広い地域で古代都市の存在を明示する道路や水路網の痕跡が発見されました。その他、10世紀に遷都されたコー・ケー遺跡群や8~9世紀の王都であったクレーン山中の遺跡群においても多数の土木建造物の痕跡が明らかとなりました。

本研究は、豪州、仏国、英国、カンボジアほか7か国計8組織による共同事業で、アメリカの米国科学アカデミー発行のPNAS誌に掲載される予定です。

研究の背景

レーザー光を空中から照射して地形図を作成する航空レーザ計測技術(ライダーLiDAR)^{※1}は、熱帯地域における考古学研究に革命をもたらしつつあります。熱帯林に覆われ、衛星写真や航空写真では判別ができず、地上からの踏査も困難な地域でも、ライダーを用いれば、熱帯林の下に埋もれている精緻な地形情報が得られます。実際、中央アメリカのメソアメリカ文明の遺跡調査では、山岳地帯に眠る遺跡の発見・精査に威力を発揮してきました。こうした中、アンコール遺跡群において考古学的研究の上では世界でも最大規模のライダーによる計測を行いました。

アンコール遺跡群においてライダーを用いた調査を推進するための国際研究コンソーシアムは、2011年末に結成されました(<http://angkorlidar.org>)。このコンソーシアムは7か国8組織よりなり、日本からは日本国政府アンコール遺跡救済チーム^{※2}(JSA:事業代表 早稲田大学 中川武)が参加しています。また、日本隊はこのライダー調査にあたり、科学研究費助成事業と連携しました(*1)。

実測調査は2012年4月11日～22日の述べ20時間にわたり、ライダーを搭載したヘリコプターを高度800mで飛ばすことにより実施しました。

研究内容と成果

アンコール遺跡群は19世紀半ばに密林より再発見された後、20世紀初頭より考古学的研究が重ねられてきました。1992年にユネスコ世界遺産に登録されたこの遺跡群には、多数の石造・煉瓦造の宗教建築の他、巨大な貯水池や水路等が残されています。20世紀前半のフランスによる活動、そして近年の国際的な保全活動により、それらの壮麗な遺跡群は修復・整備され、往時の姿を取り戻しつつあります。

しかしながら、これまでの研究は広域に点在する石造遺構を対象とするものが大半で、こうした巨大施設を構築した社会背景の基盤となる都市の存在についてはほとんど顧みられることがありませんでした。遺跡群を覆い尽くした熱帯林が地上踏査を拒んできましたが、今回のライダーによる調査によって、熱帯林を剥ぎ取った遺跡群全域の地表の形状がはじめて確認されました。この詳細な地形データによって、これまで点や線で構成されていた遺跡群が面として認識できるようになり、100年以上にわたる既往の遺跡群に対する認識が大幅に刷新されることとなりました。

多数の強調されるべき知見が得られていますが、中でも重要な点は以下の通りです。

1. クメール帝国の王都の中核をなしていた3km四方のアンコール・トムの内部およびその周辺に、格子状に配置された道路・水路網が発見され、都市の基本的な骨格をなしていたことが明らかになりました。また、それらの構造は往時の都市全域の水利構造と密接に連携しているものと推察されます。
2. アンコール遺跡群の各所に土手・水路・ため池等の土木工作痕が新たに発見されました。それらの中には幾何学的な平面形状をなすものもあり、特殊な機能があったことが推測されるものもあります。
3. アンコール・ワットをはじめとした大型の複合施設は環濠や周壁に囲まれた地区の中心に寺院施設を構成しており、これまでは環濠内の中心部を除くほとんどのエリアについては情報がありませんでしたが、環濠内には格子状の構造が張り巡らされていることが確認されました。
4. アンコール遺跡群の北西30kmのクーレン山中に位置するクメール帝国(9～15世紀)最初期の王都マヘンドラパルバタ(8～9世紀)の遺跡群では多数の土手や水路ネットワークが発見され、帝国初期の都市構造にすでに灌漑システムが整備されていたことが確認されました。
5. 10世紀前半に一時的にアンコール遺跡群(ヤシヨダラプラ)から遷都されたコー・ケー遺跡群(チョック・ガルギヤー)でもまた新たな土木遺構が多数発見され、短命の王都でありながらも充実したインフラが整備されていた様子が明らかとなりました。

今後の展開

今回のレーザースキャンによる地形データよりアンコール遺跡群他の面的な遺構の分布が明らかとなり、古代都市の全容が浮かび上がりました。しかしながら、クメール帝国が15世紀に凋落した後、長きにわたり熱帯林に覆われた遺跡群の遺構は倒壊・浸食し、厚い堆積土に覆われています。そのため、現地地形は必ずしも往時の姿を示しているものではありません。今後の研究では、地下に埋もれている遺構のより正確な当初の姿を明らかにし、それらの遺構が築造された年代、利用された年代、改造・改変の有無や経緯、放棄された年代等の時間軸を明らかにすることが求められます。また、古代都市の基盤となる水利構造の詳細を明らかにすることも期待されています。

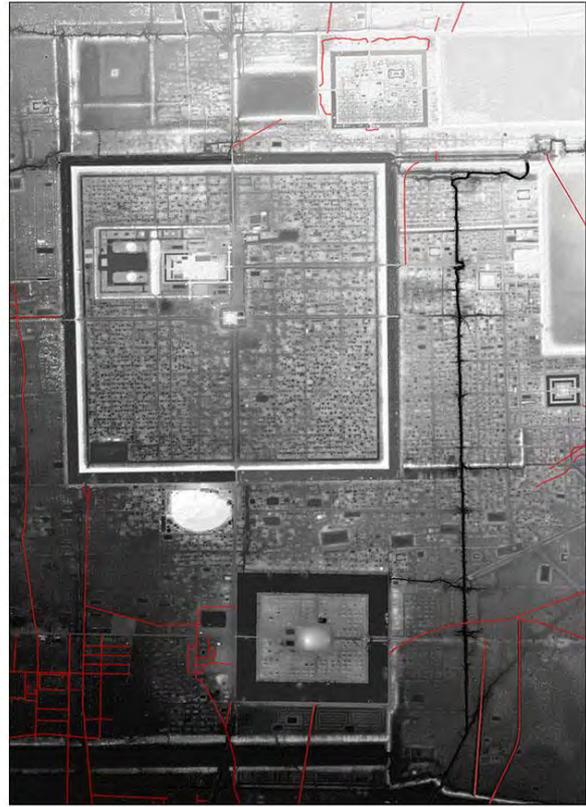
こうした課題に対して、現在日本の調査隊はいくつかのアプローチを進めています。一つは日本国政府アンコール遺跡救済チームが修復工事を実施しているバイヨン寺院において、考古学的発掘調査を継続し、寺院と都市の排水・灌漑システムの連携を明らかにしようとするものです。早稲田大学客員准教授山本信夫を中心とした研究チームは2007年より科学研究費助成事業(*2)として王都アンコール・トムを中心に位置するバイヨン寺院において考古学的発掘調査を実施し、寺院内外の排水遺構や沐浴池を新たに発見しています。今後も寺院周辺にて発掘調査を継続する予定です。

2013年度より開始された科学研究費助成事業(*3)では、大阪市立大学准教授原口強を中心に現地踏査を進めています。既に今回取得された地形データに基づく特異点での現地調査により、新たな石造遺構を確認するに至っています。また、遺跡群内のボーリング調査等により得られた試料を環境考古学的手法で分析することにより、地下遺構の年代の特定を計画しています。

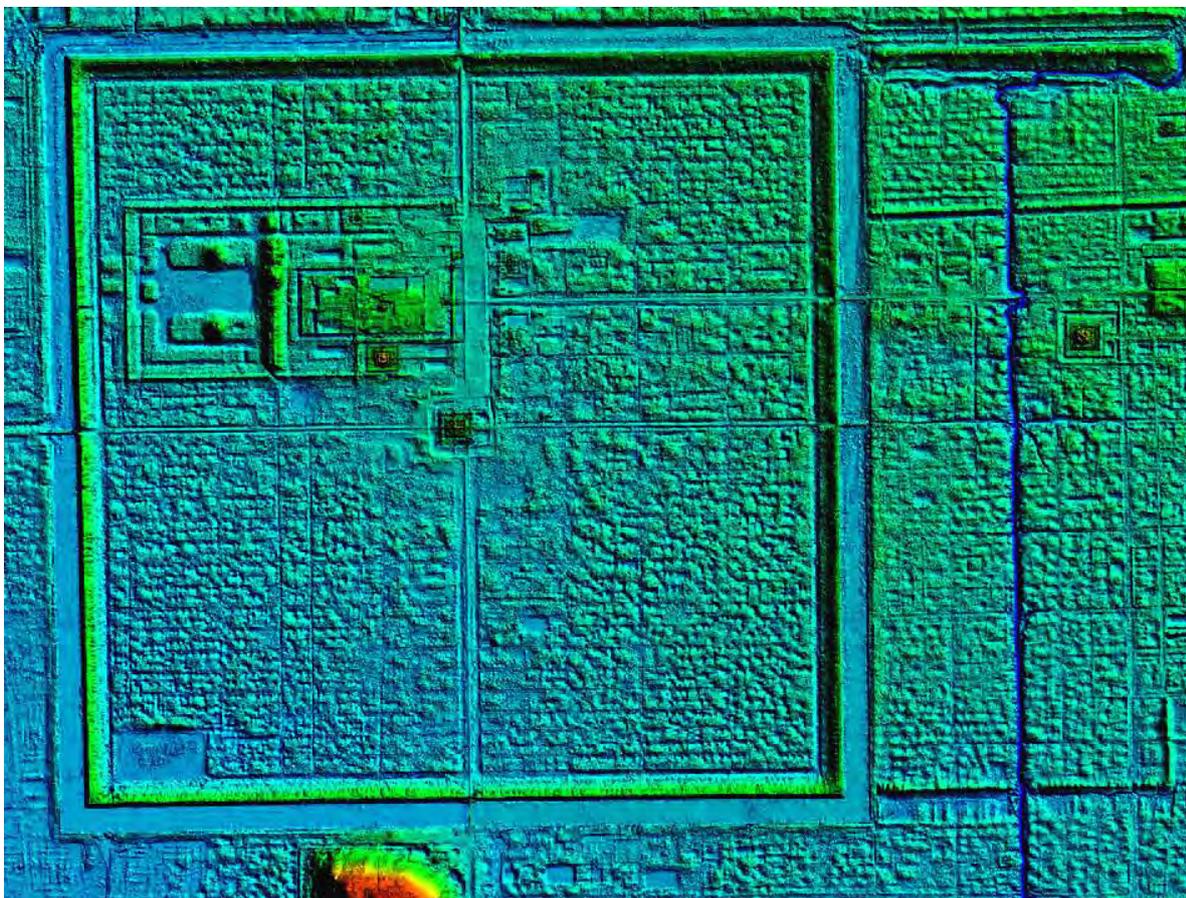
アジア航測総合研究所の千葉達郎は今回得られた地形図を極めて微細な起伏まで拾い、それらを視覚化する独自の表現技術である「赤色立体地図」として作成しています。既に日本の古墳研究においても実績を上げつつある技術で、今後のアンコール遺跡研究の基本地図資料として活用されるものとなることが期待されます。

- (*1) 「クメール都市空間像の探求-アンコール・トム中央寺院バイヨンの発掘調査を中心に」2011～2015(研究課題番号 30449342)、「年縞堆積物による環太平洋文明の高精度環境史復原」2009～2014(研究課題番号 21101002)
- (*2) 「アンコール遺跡における出土貿易陶磁器の様相解明」2007～2010(研究課題番号 19251008)、「クメール都市空間像の探求-アンコール・トム中央寺院バイヨンの発掘調査を中心に」2011～2015(研究課題番号 30449342)
- (*3) 「密林に覆われた古代水利都市アンコール遺跡群の実像解明・保全・修復研究」2013～2016(研究課題番号 25300004)

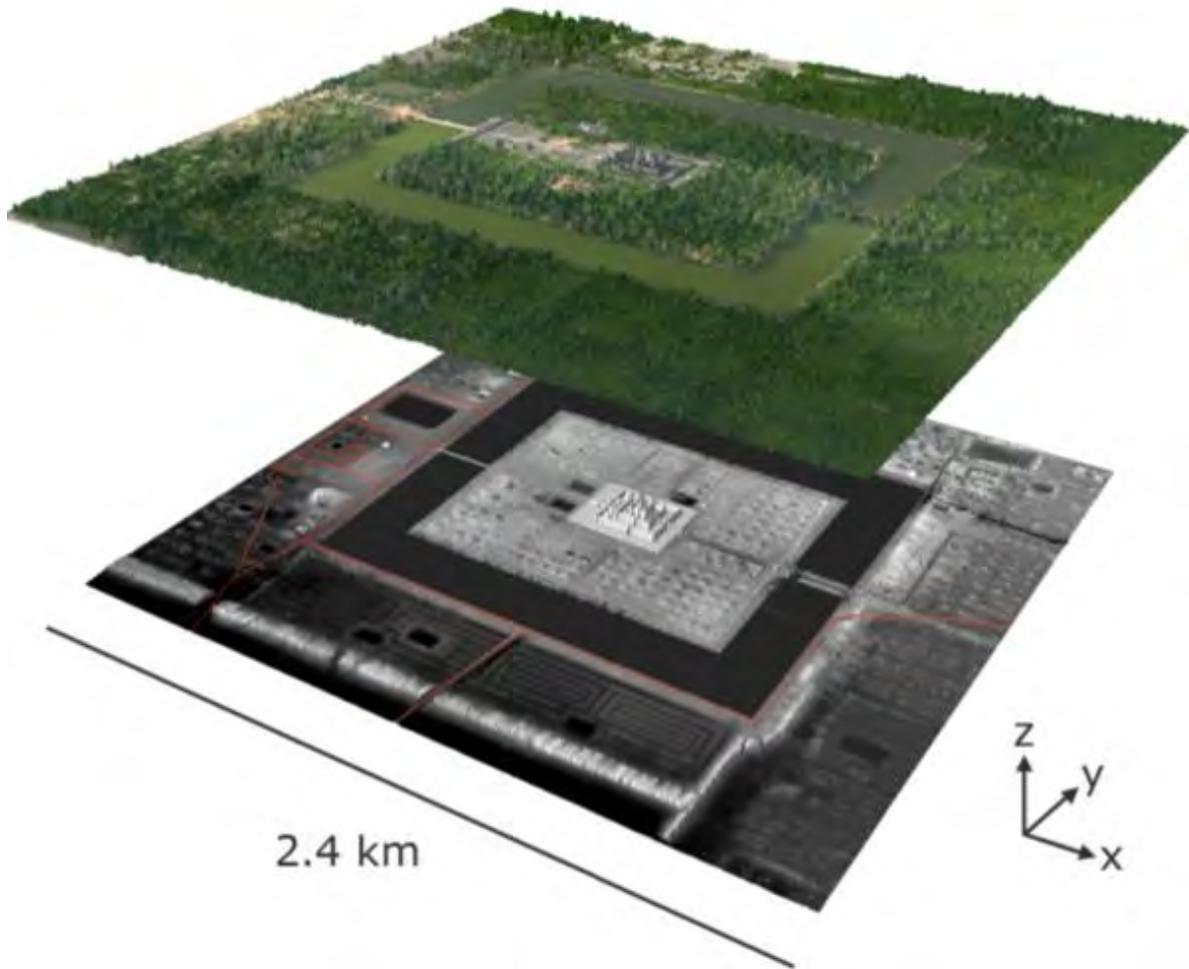
参考図



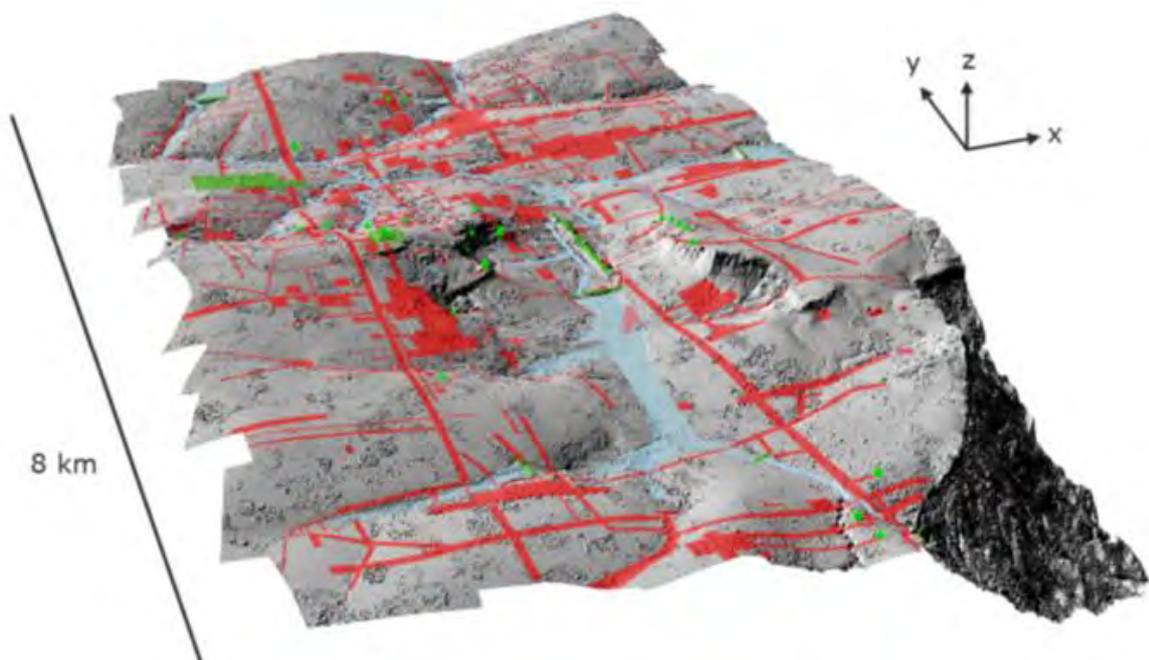
アンコール遺跡群中心地区で明らかとなった都市構造（左：衛星画像 Google Earth、右：Lidar 測量によって密林の下から発見された構造）



王都アンコール・トム内外に確認された方格状の都市構造



上図：アンコール・ワットとその周辺の既存の衛星画像
 下図：Lidar 測量によって確認された同地区の地形図(解像度 0.5m)



クーレン山中に確認された 8～9 世紀の王都マヘンドラパルバタの痕跡(解像度 0.5m、緑の遺構は既知の遺跡。赤い遺構は今回発見された構造)

用語解説

※1 航空レーザ計測(ライダー)

レーザ計測とは、レーザー測距装置を使用して地表や地物の精密な位置と高さの情報を取得する測量方法を言います。航空レーザー測量は、航空機に搭載したレーザ測距儀が地上に向けてレーザ光を放射して、地表面からの反射光を検知し、その往復時間から地表面までの距離を測定します。計測時には機体に取り付けた GPS と IMU(慣性計測装置)から航空機の位置情報と姿勢情報を取得します。上空から放射されたレーザ光は、樹木の葉の隙間から地表面に到達し、高度を計測します。

※2 日本国政府アンコール遺跡救済チーム

アンコール遺跡は 1992 年、ユネスコの世界遺産リストと同時に「危機にさらされている遺跡」としても登録されました。日本政府はこうした状況をふまえ、ユネスコ文化遺産保存日本信託基金によるプロジェクトとして、1994 年に日本国政府アンコール遺跡救済チーム(Japanese government team for Safeguarding Angkor, JSA)を結成しました。これまでに延べ 700 人以上の各分野の専門家が派遣され、常時 70 名ほどのカンボジア人スタッフが保存修復活動にあたり、バイヨン、アンコール・ワット、プラサート・スー・プラにおいて修復工事を行ってきました。JSA は保存修復事業を通じた現地技術者への技術移転・人材育成にも努めており、将来的にはカンボジア国民自らの手による遺跡保存活動が実現されることを目指しています。2005 年から開始された第三フェーズでは、活動の軸足を徐々にカンボジアに移していくことを目指し、JASA(JAPAN-APSARA Safeguarding Angkor)として遺跡管理機構である APSARA との協同体制のもとに事業を進めています。現在は第四フェーズ(2011~2016 年)に入り、バイヨン寺院の外回廊の整備、中央塔の補強対策、回廊の浮彫保存対策が進められています。

掲載論文

題名: “Assessing human-environment interactions in medieval Khmer landscapes using lidar”

題名(和訳): ライダーを用いた中世クメールの地形における人と環境の相互作用の検討

著者: Damian H. Evans、Roland J. Fletcher、Christophe Pottier、Jean-Baptiste Chevance、Dominique Soutif、Boun Suy Tan、Sokrihy Im、Darith Ea、Tina Tin、Samnang Kim、Christopher Cromarty、Stéphane De Greef、Kasper Hanus、Pierre Bâty、Robert Kuzinger、Ichita Shimoda*、Glenn Boornazian

* 下田一太: 論文投稿時の所属は日本国政府アンコール遺跡救済チーム(JASA)。
2013年4月に筑波大学着任。

掲載誌: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America
(PNAS誌) 掲載予定

問い合わせ先

下田 一太(しもだ いちた)

筑波大学芸術系 助教