

アンコール遺跡に生残する樹木の個体群構造と空間分布の景観生態学的評価

富田瑞樹 平吹喜彦 荒木祐二 リー・ボラ 塚脇真二 パオ・ハン

Landscape ecological evaluation of population structure and spatial distribution of remnant trees in the Angkor monument, Cambodia

Mizuki TOMITA, Yoshihiko HIRABUKI, Yuji ARAKI, Ly BORA, Shinji TSUKAWAKI and Peou HANG

Abstract To evaluate contribution of remnant trees to landscape of Angkor monuments, we surveyed population structures and spatial distributions of the trees over 40 cm in diameter at breast height (DBH) in Preah Khan temple, Cambodia. We set a 14.26-ha study plot in the temple and investigated scientific name, local name, DBH, height, height under the crown and crown area for each tree with local staffs. We also surveyed locations of each tree to overlay distributional maps of the trees onto QuickBird image. Large individuals of the top three dominants were segregated each other. Negative spatial association among the dominants, resulting from difference of ecological traits, indicates that the remnant tree made landscape change drastically across the temple.

Keywords アンコール遺跡(Angkor monument), 景観保全(conservation of landscape), 個体群構造(population structure), 空間分布(spatial distribution)

1. はじめに

景観は、「その土地の気候・地形・植生などの自然要素」と、「その土地に根ざして生活を営んでいる人間の営為」、そして、「人間と自然が育んできたその土地・民族固有の文化」の3つの要素によって長期的に形成される。世界文化遺産に指定されているアンコール遺跡群の荘厳な景観も例外ではなく、その土地の砂岩やラテライトからなる巨

大で幾何学的な宗教建築物とその壁面に施された精彩な彫刻を見た者は、自然要素・人間の営為・固有の文化を直感的に感じることができる。

砂岩やラテライトのみならず、アンコール遺跡群の景観に固有性をもたらしている自然要素として熱帯の樹木群集があげられる。ときに樹高50mを超える種や、2mも張り出した板根をもつ種、大蛇のように太く曲った根をもつ種などが遺跡とその周辺に独特的の景観をもたらしている。

しかし、樹木群集が遺跡景観の構成要素として重要な位置を占めているにもかかわらず、その組成や構造、空間分布などについて明らかにした例はない。観光産業の急速な発展に伴う環境汚染が

顕在化するなか遺跡群の観光的価値の低下が懸念されており（塚脇, 2008），遺跡景観の維持・管理のためにも樹木群集の現状を把握し生態的特性を明らかにすることは喫緊の課題である。

本研究は、遺跡のなかでも植物が豊富に残っているとされるプリアカン寺院（写真 1）に出現する樹木群集の組成と構造および空間分布を明らかにし、遺跡群に生残する樹木の生態的特性を把握することを目的とした。



写真1. プリアカン寺院東正面大門。白抜きの矢印が示す樹木の樹高は40.2 m。

2. 方法

樹木群集の組成と構造および空間分布を明らかにし、樹木が景観に与える効果を評価するために、観光客が主に利用する東西 1250 m にわたる回廊の中心線を基線として、基線から南北それぞれに 40 m 延長した範囲（合計 80 m）および中央のプリアカン寺院の外壁から東西南北にそれぞれ 30 m 延長した範囲を調査区とした（図 1）。調査区の面積は 14.26 ha である。

調査区に出現した胸高直径（Diameter at breast height: DBH）40 cm 以上のすべての樹木について、基線からの相対座標・種名・現地名・DBH・樹高・最下生枝高・樹冠縁・状態を記録した。それぞれの樹木の種名および現地名についてはアンコールワット遺跡整備機構（Authority for the Protection of the Site and the Management of Angkor Region: APSARA）のスタッフらの協力を得て決定した。

板根が発達している個体の DBH については、板根よりも高い位置で測定した。

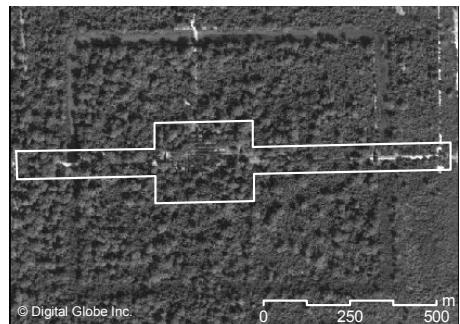


図1. プリアカン寺院のクイックバード衛星画像。画像中央の東西に広がる白枠は調査区。外堀の中央やや西寄りに寺院の遺跡が識別できる。寺院中央部から東西南北の外堀に向かって回廊が延びており、それ以外の範囲は点在する樹高 40 m を超える高木と 20 m を下回る下層木が森林を形成している。

樹木の相対座標を地理座標に変換するために、DGPS (A100, Hemisphere Inc.) を用いて基線上の 7 地点の地理座標を測定した。これらの地理座標の測定誤差は平均 0.6 m である。7 地点を最小二乗法で直線回帰して得られた傾き ($y = 0.0217x + 0.0753, r^2 = 0.9996$) に基づいて樹木の相対座標を地理座標へと変換したうえで、クイックバード衛星画像（2004 年 1 月 6 日撮影、Digital Globe Inc.）上に重ねて表示した。衛星画像上への樹木位置の表示には ArcInfo 9.2 (ESRI Inc.) を用いた。背景として用いたクイックバード衛星画像については ERDAS IMAGINE 8.7 (Leica Geosystems Inc.) を用いてパンシャープ化した。

2007 年 8 月・同 12 月・2008 年 3 月・同 8 月の合計 4 回にわたって現地に渡航し、野外調査を実施した。

3. 結果と考察

3-1. すべての樹木の個体群構造と空間分布

調査区には 35 種 462 幹の樹木が出現し、胸高断

面積 (Basal Area: BA) の合計は 291.75 m^2 であった (ただし、本稿作成時点の 2008 年 8 月時点で学名が決まらない種が若干数あるため、種数・幹数ともに変更となる可能性がある)。

出現した樹木のうち最大の DBH を示した種は *Tetrameles nudiflora* (DATISCACEAE) であり、直径は 248.4 cm にも達した (図 2)。また、胸高直径階分布は逆 J 字型を示し、DBH が 60–80 cm のサイズクラスで急激に個体数が減少していることが特徴的であった。この不自然な分布型から、遺跡内の森林は伐採などの攪乱を受けている可能性があると推察された。全体としては後継木が育っていると考えられたが、詳細については DBH $\leq 40 \text{ cm}$ の個体についての調査が必要である。

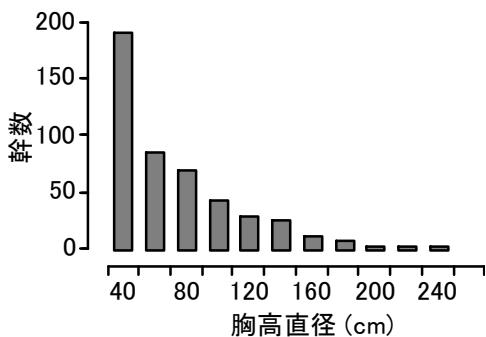


図 2. 調査区に出現したすべての樹木の胸高直径階分布。

空間分布からは、遺跡の中央部付近であっても樹木が生育している一方で回廊に生育する樹木は相対的に少ないことが示された (図 3)。特に東側の回廊中央部周辺において樹木の分布が少なく、小サイズの個体とつる植物が密生する森林であることが現地で確認されており、ごく最近に何らかの攪乱を受けたものと推察された。



図 3. 調査区に出現したすべての樹木の空間分布。黒丸は樹木の位置。

3-2. 優占種の個体群構造と空間分布

35 種の相対胸高断面積 (Relative Basal Area: RBA) を比較すると、*Dipterocarpus alatus* (DIPTEROCARPACEAE) が 30.3 %, *Lagerstroemia calyculata* (LYTHRACEAE) が 24.6 %, *T. nudiflora* が 10.2 % と最も優占していた。

D. alatus は橙褐色の通直な幹に大きな樹冠が広がり、樹高 50 m を超える個体も少なくない。*L. calyculata* は白い幹に鹿の子状の樹皮をもち、樹高 40 m を超える。また、遺跡の壁上にも生育する *T. nudiflora* は相対的に可塑性が高く、複数の太い根を壁上から地表へと伸ばす特徴的な形態を示すことがある (写真 2)。プリアカン寺院に出現するこれらの RBA 上位 3 種は、その優占度の高さと特徴的な形態から観光客の目を引く存在であると考えられるため、以下はこれら 3 種の個体群構造と空間分布について報告する。



写真 2. 遺跡壁上に生育する *T. nudiflora*。

優占種の *D. alatus* は DBH が 60–80 cm 以上のサイズクラスで個体数が顕著に減少していた (図 4)。この極端な L 字型分布からは、図 2 と同様に人為の影響が読み取れる。*D. alatus* の幹は通直で材積も大きいことから利用価値が高いと考えられ、過去に過剰な伐採があったと推察された。

DBH が 100 cm を超える *D. alatus* は、遺跡中央部よりも遺跡に至る回廊に多く分布していた (図 5)。観光客の多くは西側の道路から中央の寺院へ徒歩で移動するため、遺跡を訪れた観光客が最初に目にするのは回廊沿いに分布する巨大な *D.*

alatus である。また、遺跡間にもしばしば本種の巨大な姿がみられ、アンコール遺跡群の景観保全と観光価値の維持にとって本種の適切な管理は特に重要であると考えられた。

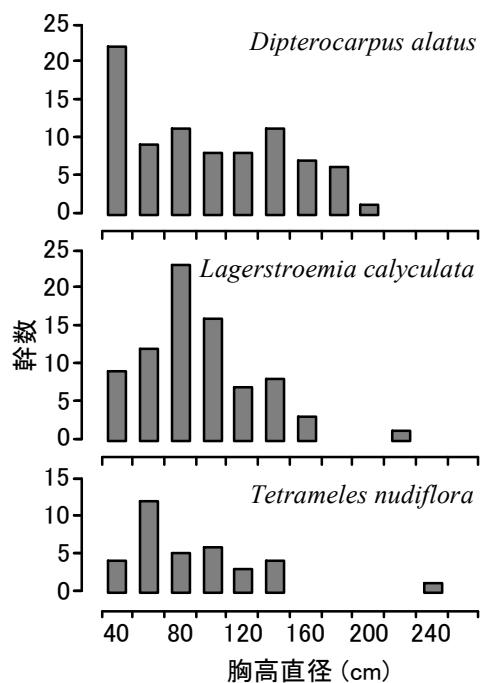


図 4. 胸高断面積 (cm^2) 上位 3 種の胸高直径階分布。

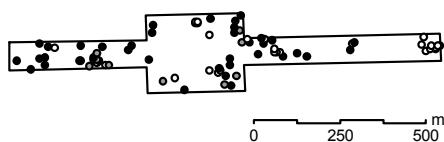


図 5. *Dipterocarpus alatus* の分布. 白抜き : $40 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 80 \text{ cm}$, 灰色 : $80 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 100 \text{ cm}$, 黒塗り : $\text{DBH} \geq 100 \text{ cm}$.

L. calyculata は *D. alatus* に比べてより明るい環境の遺跡中央周辺部に分布していた（図 6）。頻度分布がひと山型を示す（図 4）ことからも、本種は先駆種的な特性をもつのではないかと推察された。また、白い樹皮は砂岩やラテライトからなる遺跡壁面の黒灰色や橙褐色に映えるため、遺跡特有の景観を作り出していると考えられた。

T. nudiflora のほとんどが遺跡中央部、特に、ラ

テライトからなる遺跡壁上に生育していた（図 7）。遺跡外部に定着している本種の定着基質を確認するとその多くが礫上である。遺跡壁は本種にとって定着適地であると考えられ、競争相手の少ない環境で旺盛に成長していると推察された。また、壁上から地表に達する複数の巨大な根は、遺跡景観にとって重要な要素となっていると考えられた。

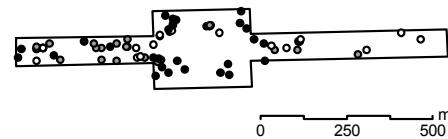


図 6. *Lagerstroemia calyculata* の分布。詳細については図 5 を参照。

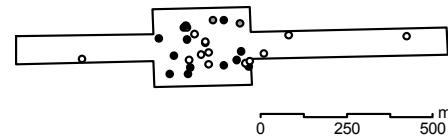


図 7. *Tetrameles nudiflora* の分布。詳細については図 5 を参照。

樹木の個体群構造と空間分布から、遺跡内の樹木は、①人為的攪乱を受けた痕跡があること、②生態特性に応じて優占種が分布し、③遺跡固有の景観を作り出していることが示唆された。

今後は、APSARAによるプリアカン寺院の樹木群集の管理に向けて今回の結果を提供するとともに、広範囲にわたる遺跡群に生残する樹木群集の生態特性に応じた省力的管理法を検討する。

4. 謝辞

APSARAの皆様と東北学院大学の奥山慶人氏には野外調査を補助していただいた。記して感謝申し上げる。本研究は文部科学省の科学研究費補助金（基盤研究（B）課題番号 19404003、代表：金沢大学 塚脇真二）の補助を受けて実施された。

5. 引用文献

- 塚脇真二 (2008) カンボジアの自然環境と環境保全、電力土木, 335, 3-9.