

# 森林内の視線透過による参詣道の景観評価

伊藤裕司<sup>1</sup>・田中一成<sup>2</sup>・吉川 眞<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生会員 大阪工業大学大学院工学研究科都市デザイン工学専攻博士前期課程  
(〒535-8585 大阪府大阪市旭区大宮5-16-1, E-mail:ito@civil.oit.ac.jp)

<sup>2</sup>正会員 博士(デザイン学) 大阪工業大学工学部都市デザイン工学科  
(〒535-8585 大阪府大阪市旭区大宮5-16-1, E-mail:issey@civil.oit.ac.jp)

<sup>3</sup>正会員 工博 大阪工業大学工学部都市デザイン工学科  
(〒535-8585 大阪府大阪市旭区大宮5-16-1, E-mail:yoshikawa@civil.oit.ac.jp)

紀伊山地と共に、線形状の形態を持つ参詣道と霊場が、世界遺産に登録された。一連の研究では、さまざまな角度から景観分析を行っている。参詣道の両側50mにはその保全区域であるバッファゾーンが設定されているが、理論的な根拠は明確になっていない。本研究の目的は、バッファゾーンを客観的に評価することを目的としている。研究の方法は、森林内の視界を地形や植生にもとづいて定量化すると同時に、バッファゾーンの適合性を明らかにした。

キーワード: 景観分析, LAI, 文化財

## 1. はじめに

我が国では近年、都市化が進展する反面、地方やその山岳地帯では過疎化が進行している。これによって、深刻な高齢化や人手不足が起こり都心部との格差がさらに開いている。このような状況下で、「紀伊山地の霊場と参詣道」が2004年7月に世界文化遺産に登録された。この観光資源を活かして、山村・農村部の活性化が期待されている。この遺産は、紀伊山地の自然と、人々の長い年月におよぶ信仰の歴史が、有機的に結びついて形成された文化的景観が、高く評価されている。文化的景観を保全していくためには、史跡本体と、周辺環境の保全が重要になってくる。さらに、熊野地方における信仰の歴史を理解した上で、保全計画を策定する必要がある。

一連の研究は、文化的景観を客観的に評価する手法として、参詣道周辺の歴史環境や自然環境を理論的、実証的に検討している。その上で、世界遺産の規制区域であるバッファゾーンを評価していくことを最終目標としている。

一連の研究では、二つの大きな流れがある(図-1)。ひとつめの手法では、まず、視界の定量化を行う上で対象地の土地被覆分布を明らかにする。その中で対象地に多く分布する樹種を対象に、仮想的にモデル空間を設定し、既往研究より得た、指標や結果数値を用い、地形モデル上に適応することで、視界の定量化を図る。もうひとつの流れである、歴史環境の把握する手法では、参詣道周

辺に分布する文化財を、GISを用いてプロットすることにより、文化財の分布状況と参詣道との位置関係を分析する。また、過去の文献を調査し、参詣道に関する景観にまつわる史実を明らかにし、最終的にGISにより視覚化を行う。

本研究では、前者の森林内の視線透過による景観の評価方法を明らかにすることを目的とする。歴史環境の把握あわせ文化的景観を客観的に評価する手法を探る一助とする。

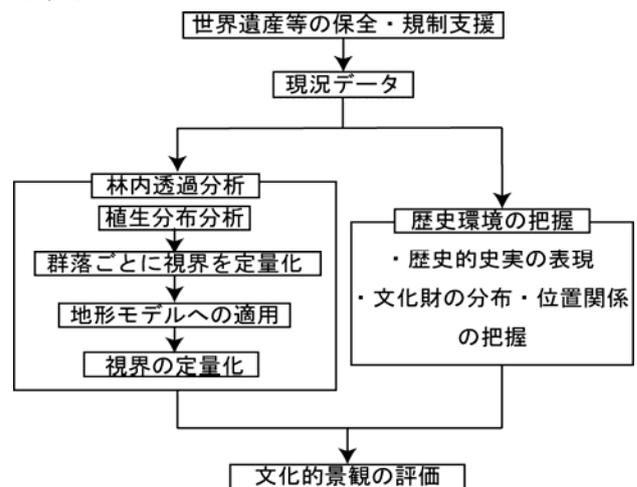


図-1 研究フロー図

## 2. 研究対象地

本研究の対象地は紀伊山地の霊場と参詣道における熊

野参詣道・中辺路である。中辺路は熊野参詣道・紀伊路と共に、中世の熊野詣のメインルートとして知られており、「蟻の熊野詣」と称されるほど幾度となく参詣が行われた歴史の道である。また現在でも数多くの王子社や参詣道に関連する文化財が多く存在し、良好な文化的景観が保全されている地域であるといえる。

本研究では熊野の神域の入り口とされる滝尻王子から熊野本宮大社までの区間を対象地とする(図-2)。同区間からは、アスファルト舗装されていない古道が存多く存在し、世界遺産に指定されている区域である。



図-2 研究対象地

### 3. 既往研究

樹種ごとのモデル化を行い、参詣道から見える視界の定量化を試行した研究<sup>2)</sup>では、地形モデルによる可視・不可視分析を行った。参詣道に多く分布する樹種に対して、それぞれモデル化を行っている。しかし、幹や樹冠部分、さらに樹種ごとに別々のモデルを用いて分析を行っているため、それぞれのモデルをどのように統一させるかについての考察は、検討課題としている。

植生や樹種などの視界の基本となるデータについては、写真測量等で多くのデータが得られおり、近年、様々な論文<sup>3), 4)</sup>が発表されている。本研究では、これらから得られた数値を基に分析を行っている。

また、GISを用いた文化財の位置情報の把握の事例として、岡山県が先進的に取り入れている(おかやま全県統合型GIS)。このように、文化財の位置関係を把握することは、歴史環境を把握する上で有効な手段であると言える。

### 4. 林内透過分析

森林内から外を見たときに、どこまでの距離が、どれだけの確率で見えているかを把握するために、林内透過分析を行った。

### (1) 植生分布分析

対象地の土地被覆分布を明らかにするために植生分布分析を行った。データウェアは自然環境情報GISを用い、滝尻王子から熊野本宮大社までのバッファゾーン内の土地被覆分布を、GISを用いて明らかにした。(図-3)は群落ごとに面積を計算し、対象地内の群落の面積の割合を示したものである。その結果、スギ・ヒノキ植林がほとんどで、比較的単純な森林分布であることがわかった。次いで多い傾向を示したのが畑地雑草群落で、二次林であるシイ・カシ萌芽林とコナラ群落は10%未満となっている。この結果から、対象は中辺路周辺に多く分布する群落である(図-3)、スギ人工林とコナラ群落を対象とした。分析に必要なさまざまな指標やデータは既往研究を参考にした。そして、分析結果を地形モデルに適応し景観分析を試みた。

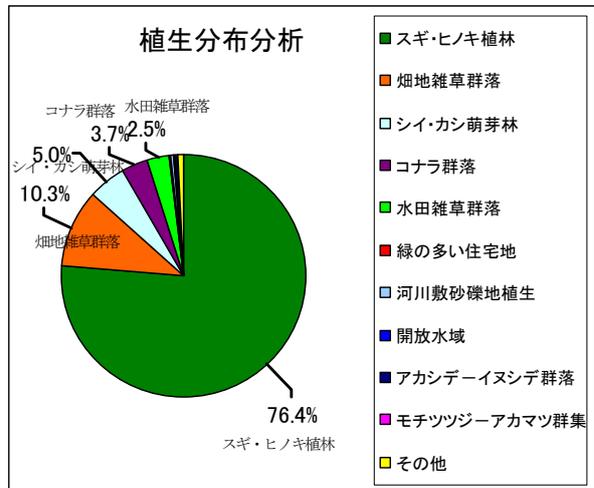


図-3 植生分布分析の結果

### (2) スギ人工林透過分析

スギ人工林を対象に林内の視界の定量化を図った。分析方法として、まず、既往研究<sup>2)</sup>から樹木に関する数値を用いて、その数値をもとに樹木の体積を算出した。その体積と定義した森林の体積から、森林内における単位体積あたりの密度を算出し、密度から、森林内の空隙率(森林空隙率)を算出した。そして、視界の定量化に関する数式を決定し、数式と森林空隙率を用いて、透過率曲線を算出した(図-5)。

対象林は、中辺路周辺の森林に近いもの選ぶ必要がある。そこで、対象地周辺の森林に類似したスギ試験林2箇所を選定し、その平均を算出し樹木の諸量とした。

#### a) 樹木量の計算

森林空隙率を算出するために必要な樹木量として、樹冠体積・樹冠長・立木幹材積(樹冠部分を除く)が必要になる。既往研究<sup>2)</sup>では、現地調査から樹木量を推定する方法と、航空機LiDARから樹木量を推定する方法の二つが行われており、さらに二つの方法に差異がないかの検

証も行われている。そこで本研究では、既往研究で用いられている、二つの立木幹材積を決定する式を用い、樹木量を決定した。

$$V=10^a D^b H^c \quad (1)$$

$$V=10^a H^b C^c \quad (2)$$

ここでは、V：立木幹材積(m<sup>3</sup>)、D：胸高直径(cm)、H：樹高(m)、C：樹冠量(m<sup>3</sup>)である。a、b、cはスギ係数、α、β、γは航空機LiDARから得られた回帰係数である。

(1)、(2)式を使用し樹木量を求めた。

### b) 森林空隙率の算出

樹木量から森林空隙率を算出した。まず、試験地内に存在する立木本数から、試験地内にある立木幹材積と樹冠量の総和を求めた。そして試験地の体積を幹部分、樹冠部分、全体部分の三種類に分けて算出し、それぞれの空隙率を算出した(図-4)。幹と樹冠部分を分けて計算した理由は、幹部分と樹冠部分では空隙率の乖離が大きいと考えたためである。

### (3) 広葉樹林透過分析

広葉樹に関しても同様に、森林空隙率から透過率曲線を算出した(図-5)。広葉樹に関しては、LAIから森林空隙率を求める方法をとった。LAIとは(3)に示すように地表面積に対する葉の総面積であり無次元数である。

$$LAI = \text{全葉面積} / \text{地表面積} \quad (3)$$

既往研究<sup>3)</sup>では、コナラ群落におけるLAIに関するデータを得ており、それらのデータを用いて森林空隙率を求めた。

### a) 森林空隙率の算出方法

LAIと林内平均樹高から、森林空隙率を算出した。コナラ群落の平均LAIを算出し、(4)に示す式で、森林空隙率を決定した。

$$\text{森林空隙率} = 1 - LAI / \text{平均樹高} \quad (4)$$

その結果、森林空隙率は74.9(%)となった。コナラ群落に関しては、樹冠高さもさまざまであるため、幹と樹冠を分けずに分析を行った(図-4)。

### (4) 透過率曲線の算出

森林空隙率から、何m先がどれだけ見えているかを表す数式(透過率曲線)を決定した。視点からの距離により0に漸近するという性質を利用し、(5)に示す式を用いた。

$$y = a^x \quad (5)$$

a：森林空隙率、x：森林通過距離(m)である。森林通過距離とは、視線方向に対して森林がどれだけ続いているかを示した指標である。(5)式を用いて透過率曲線を算出した(図-5)。

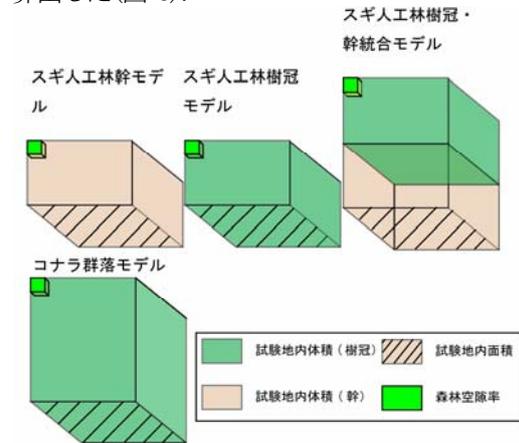


図-4 森林空隙率に関する諸量

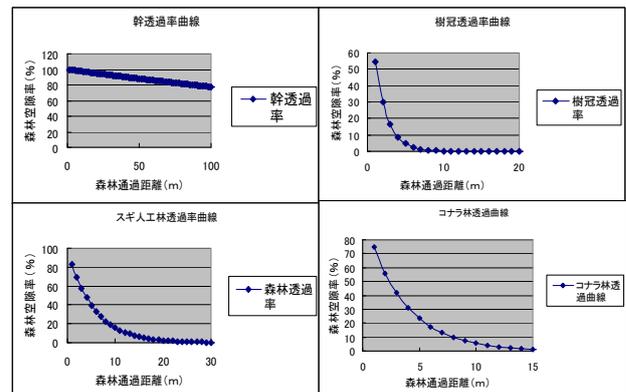


図-5 透過率曲線

### (5) 地形を考慮した透過率の決定法

地形を考慮した景観分析では、視点場からどの方向を眺めるかによって、考慮しなければならない透過率曲線の種類や数も異なる。そこで、視線方向に、複数の異なる群落が存在する場合における透過率の計算式を(6)に示す。

$$y = a^x \times b^y \times \dots \quad (6)$$

a、b：森林空隙率、x、y：群落の森林通過距離(m)である。地形モデルへの適応方法は、CADシステムを用いて視点場の周辺地形をモデリングを行い、地表面から群落の平均樹高までを森林の範囲として定めた。そして、視点場から対象に向かってラインを作成し、視線方向にどれだけ森林が続いているかを計測し、森林通過距離を求めた。計測後、(6)式を用いて視線方向に対して透過率を算出した。

対象地は、和歌山県田辺市中辺路町岩神峠で行った。土地被覆分布は、単調なスギ・ヒノキ植林で構成されている。まず、地形モデルを用いて360度方向で可視・不可視分析を行い、可視領域を算出した(図-6)。さらに、峠から見えると判断された山の山頂箇所を抽出し、(6)を用いて透過率を算出した。この結果を見ると、樹木に囲まれほとんどの山頂が見えなくなっていることから(表-1)、地形モデルだけを用いた分析とは大きく異なる可視領域算出できることが明らかになった。



図-6 地形モデルを用いた可視・不可視分析の結果

表-1 景観分析の結果

	高尾山(943m)	842m峰	
幹・樹冠合同モデル	3.08%	0.00%	
幹・樹冠分離モデル	0.23%	0.00%	
	801m峰	805m峰	笠塔峰(929m)
	0.00%	0.00%	0.00%
	0.00%	0.00%	0.00%

## 5. 歴史環境の把握分析

歴史環境を把握するために、現存する文化財の位置情報を把握し、歴史的な史実を調査し良好な文化的景観の視点場の抽出を行った。

世界遺産が登録されている周辺の自治体(田辺市)に対して景観と関わりの深い市・県・国の指定文化財をプロットした(図-7)。その結果、参詣道や霊場周辺に文化財が集中していることが、把握できた。

歴史的な史実を基に良好な視点場を、GISを用いて分析を行った。その代表的な視点場である伏拝王子では、熊野本宮大社の方向かって礼拝した場所であると知られている。その視点場からGISを用いて、可視・不可視分析(図-7)することにより、歴史的に良好な視点場からの可視領域の把握を行った。その結果、伏拝王子から熊野本宮大社旧社地がよく見えることがわかった。また、広範囲にわたり可視領域が広がっていることから、その領域の保全対策が必要であると考えられる。

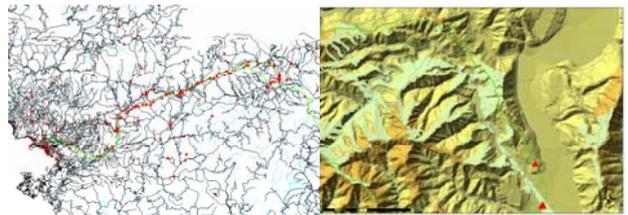


図-7 文化財の分布状況(左)と伏拝王子からの見え(右)

## 6. まとめ

参詣道からの景観分析をするために、スギ人工林とコナラ群落について森林空隙率を決定した。そして、森林空隙率を基に、透過率曲線を決定した。その結果を地形モデルに適用させて、実際の地形を考慮した分析手法を確立した。また文化財の分布状況を把握し、良好な文化的景観の視点場を抽出することによって、文化的景観を評価するひとつの手法を明確にした。

今後は、林内透過分析では、対象群落を多くすると共に、分析精度向上に取り組む予定である。景観分析については、さらに多くの視点場を取り、シークエンス的な景観分析を行う方法を開発する予定である。また、歴史環境の把握分析と景観分析の結果から、文化的景観の定量化を図り、バッファゾーンに対する提案につなげていく予定である。

謝辞：本研究を行うにあたり、世界遺産一覧表記載推薦書を始めとする、さまざまな資料を提供していただいた、和歌山県教育委員会事務局生涯学習課文化遺産課の方々に、感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 伊藤拓弥, 松英恵吾, 内藤健司: 航空機LiDARによる森林資源量推定〜スギ・ヒノキの樹高による立木材積推定式の検討〜, 写真測量とリモートセンシング, VOL.47 No.1, pp. 26-35, 2008
- 2) 伊藤裕司, 田中一成, 吉川眞: 紀伊山地の霊場と参詣道における景観分析, 景観・デザイン研究講演集, No.3, pp. 310-313, 2007
- 3) 星直弥, 龍原哲, 阿部信行: Landsat TMデータを用いた落葉広葉樹天然林における葉面積指数の推定, 日林誌, 83(4), pp.315-321, 2001
- 4) 吉村充則, 山下恵, 市栄智明: 葉面積指数・光合成有効放射の鉛直プロファイル計測による熱帯雨林の光環境解析, 写真測量とリモートセンシング, VOL.47 No.3, pp.15-22, 2008