

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20300289

研究課題名(和文) 世界遺産「熊野参詣道」における苔類モニタリングと培養・移植技術による衰退修復

研究課題名(英文) Monitoring and Restoration by Cultivation and Transplant of Moss Vegetation in the World Heritage "Kumano Pilgrimage Routes"

研究代表者

山本 晴彦 (YAMAMOTO HARUHIKO)

山口大学・農学部・教授

研究者番号：40263800

研究成果の概要(和文)：

2004年に世界文化遺産に登録された和歌山県の「熊野参詣道」では、世界遺産登録時には、観光客が急増し、世界遺産登録以前には参詣道周辺に繁茂していたコケ類植生は、短期間で衰退したものと考えられる。本研究では、世界遺産登録による観光客の増加の影響について、観光客の動向調査、踏圧によるコケ類植生の正規化植生指数(NDVI)および光合成速度への影響評価を試みた。

研究成果の概要(英文)：

In this study, the tourist's trend and behavior by the World Heritage registration were analyzed from long-term and a short-term aspect for "Kumano Pilgrimage Routes" that had been registered as a World Heritage Site in 2004. According to the transition of the number of tourists between annuals, the number of tourists increased rapidly and afterwards, it changes in decreasing tendency. On the other hand, the World Heritage registration was shown only becoming the brake from statistics of the tourist movement from the 1970's of Nachikatsuura-town in the number of tourists that was originally the decreasing tendency.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	4,700,000	1,410,000	6,110,000
2009年度	4,300,000	1,290,000	5,590,000
2010年度	3,200,000	960,000	4,160,000
年度	0	0	0
年度	0	0	0
総計	12,200,000	3,660,000	15,860,000

研究分野：環境計測学

科研費の分科・細目：文化財科学・文化財科学

キーワード：世界遺産、熊野参詣道、苔類、植生、モニタリング、正規化植生指数、NDVI、分光反射

1. 研究開始当初の背景

「熊野参詣道」は、2004年7月に世界遺産リストに登録された和歌山県、奈良県、三重県の3県にまたがる世界遺産「紀伊山地の霊場と参詣道」の一部を形成している。「紀伊山地の霊場と参詣道」は自然崇拜を起源とする熊野三山、空海が開いた高野山、山岳修行の拠点の吉野・大峯の3霊場と、これらを結ぶ熊野参詣道や大峯奥駈道、高野山町石道の

参詣道で構成されている。神道や仏教、修験道が融合した信仰の山々が文化的景観として国際的に顕著で普遍的な価値があると評価され、「道」が世界遺産として登録されている数少ない事例の一つで総延長は308kmにも及んでいる。

しかし、世界遺産登録後は国内外からの観光客の急増により、歴史的な「熊野参詣道」の苔類等の林床植生の破壊が徐々に進んで

おり、研究代表者の予備調査、さらには長年にわたり生活を共にしてきた熊野参詣道の「語り部」も実感しており、これらの林床植生の保全や修復等が急務な課題となってきた。また、近年の異常気象や地球温暖化の影響により、紀伊山地の南斜面に位置する本地域では局地的豪雨や台風による強風の観測頻度が高まる傾向が認められており、表面流の増加、土砂災害や風倒木の発生により森林植生の流失・破壊も確認されている。

このような世界遺産における植生の衰退現象は、1993年に世界遺産として登録された「屋久島」では約10年前から確認されており、森林生態系モニタリング調査を1996年から林野庁の屋久島森林環境保全センターが実施し、自然遺産の保護保全が始まっている。しかし、「熊野参詣道」では、このような植生モニタリング調査、自然遺産の保護保全が進められておらず、観光客の急増による人的影響、豪雨頻度の増加等による物理的影響が重なり、今後はさらに衰退が加速するものと危惧されている。

本研究に関連する国内の研究動向をみると、開発途上国で崩壊の危機に瀕している世界遺産の保護・保全が中心的な研究・支援テーマであり、国内と同様に実践的な活動に限られていると言える。

2. 研究の目的

研究代表者の山本晴彦は、約15年間にわたり分光学的計測手法を用いた植生の非破壊モニタリングと診断に関する研究を進めてきた。とくに、可視域から近赤外域を分光可能なスペクトロメーターを用いて、農作物や樹木などの植生をモニタリングすることにより、非破壊的に葉面積指数やバイオマス(生物資源量)などを推定する手法を開発している。

また、植生の水分ストレスや病害虫ストレスの被害程度を、可視・近赤外分光解析により診断する技術を開発し、特許出願を実施している。さらに、植物の太陽エネルギー吸収が生産力や光合成に及ぼす影響について定量的な評価を実施している。

研究代表者の山本は共同研究者の岩谷潔と共に、高分解能のデジタルカメラを用いて撮影した画像から、農作物や自然植生の被覆度、葉面積指数やバイオマス(生物資源量)などを推定する手法を開発した。さらに、デジタルカメラを改造して近赤外画像の撮影を可能にし、ヘリウム気球に搭載して空撮により上空から広範囲にわたり可視・近赤外画像を取得し、植生の活性度、繁茂程度等を診断できる技術を開発して特許出願している。

申請者らが参画しているやまぐち・うべ・メディカル・イノベーション・クラスター事業「高輝度白色LED等光技術の活用」におい

て、植生の効率的培養・増殖技術の開発を展開している。また、LED人工気象器の製品化を実現しており、本機器を用いた効率的培養・増殖技術の開発も一段と進むことが予測されている。

これらの分光学的計測手法や生体学的解析手法等を用いた植生の計測と診断、高輝度LEDによる植生の効率的培養・増殖に関する研究成果は、衰退の危機に瀕している日本が世界に誇る世界遺産「熊野参詣道」の苔類等の自然モニタリングと診断に基づく保全や修復に関する活動に大きく貢献できる斬新で実証性を有する研究テーマであり、地方自治体や地域NPO等とも協働して展開を図る。

3. 研究の方法

(1) 光学的手法を用いた林床植生のモニタリングと植生評価

① 研究対象地の概要

本研究では、熊野参詣道の中辺路ルート「大門坂(だいもんざか)」および大雲取越(「円座石(わろうだいし)」周辺)を調査対象地とした(図1-1)。



図1-1 熊野参詣道の位置と調査地点

「大門坂」は熊野那智大社への参道であり、杉林に囲まれた苔むす石畳が美しい古道として知られている。しかし、交通の便がよく熊野参詣道の中で最も有名な観光地の一つであることから大型バスによる団体ツアー客を中心とした観光客数も多く、参拝者の踏圧によるコケ類等の林床植生の衰退や参詣道の損傷、洗掘などが懸念されている。一方、大雲取越の「円座石」周辺は、深い山道であり、熊野参詣道の中でも険しい山岳ルートとなっているため訪れる観光客は少ないと予想された。2007年11月12日～13日の調査時で、大門坂を訪れていた観光客は約1000人、円座石周辺で約1人であった。

② GISを用いた1/500地図の電子化

和歌山県教育庁文化遺産課世界遺産班より借用した熊野参詣道航空測量図(12)のうち今回、調査予定区域に該当する熊野参詣道保存修理(特殊整備)事業平面図をスキャン

グし、TIFF ファイル化した。その後、画像解析ソフト(Photoshop, Adobe 製)で地図3枚を重ね合わせた。重ね合わせた地図を GIS ソフト(Arc GIS, ESRI 製)で読み込み、地図上に記入された座標値を元に、平面直角座標系VI系に合わせ、古道部分をトレースした。また、石段の数・基準物等を確認し、現地調査のための区画分けを行った。

③ 光学的手法を用いた林床植生の活性度の測定

現地調査は、天候が安定した 2007 年 11 月 12 日～13 日および 2008 年 11 月 19 日～20 日に実施し、経過のモニタリングを実施した。調査地では、植生のサンプリングなどのグラウンドトゥルスデータ(実測値)が得られないため、参詣道の林床植生を高度約 4m から試作した可視・近赤外画像撮影カメラで随時撮影していき、同時に携帯型分光放射計(MS-720 英弘精機社製、波長範囲 350～1050 nm)によるスペクトル計測を行う手法を用いた。まず、現地をひと通り歩き、持参した地図と実際の石段が合っているかどうかを確認し、適当な測定範囲を設定した(大門坂は 6 区画、円座石周辺は 3 区画)。また地図の統合(モザイク処理)のために基準物となる GCP(Ground Control Point)を 4 点設置した。

可視・近赤外画像撮影カメラは 2 台の市販のデジタルカメラ(OptioS7, PENTAX 製)で構成されている。1 台については CCD 前端の赤外カットフィルターを透明ガラスと換装し、カメラレンズ前端に中心波長 830nm、半値全幅 260nm の赤外バンドパスフィルター(RT-830, Edmund Optics 製)を装着することで約 750nm～1000nm の画像を取得できるよう改造を施した。無改造のもう 1 台と組み合わせることで可視域の 3 原色(RGB)および近赤外域の 2 種類の画像が取得可能である。これを約 4m に伸ばした一脚の先に取り付け、モニターで画像を確認しながら撮影した。同時に画像撮影時の入射スペクトルを分光放射計で測定した。デジタルカメラの設定は ISO 感度 400、発光禁止モードで行った。画像撮影範囲は約 2.5m×約 3.6m であった。分光反射測定も画像撮影範囲に合わせ、高度約 1m から入射光(上向き、開口角 180°)および反射光(下向き、開口角 90°)を 3 回ずつ測定した。2 年目の調査では、1 年目の撮影画像および石畳などの基準物を確認し、同じ箇所を調査した。

④ 解析方法

分光放射計を用いて測定した林床植生の分光反射特性から分光反射率を算出したものを実測として解析した。2 台のカメラから取得した可視および近赤外画像のうち分光反射測定を行った範囲(直径約 2m の円)を選択し画像解析ソフトのヒストグラム機能でピクセル平均値を読み取り、Exif Reader

で露出時間とレンズ F 値を求めた。読み取ったピクセル平均値をもとに次式(式 1)から NDVI 値を算出した。

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (式 1)$$

ここで、NIR は近赤外カメラの B のピクセル濃度値であり、R は可視カメラの R のピクセル濃度値である。また、分光放射計によって得られた植生の分光反射率を以下の式(式 2)により求めた。

$$\text{分光反射率(\%)} = \frac{\text{反射光}(W/m^2/\mu m)}{\text{入射光}(W/m^2/\mu m)} \times 100 \quad (式 2)$$

使用したデジタルカメラの分光感度特性に基づいた波長域(可視域は 580～655nm, 近赤外域は 780～960nm)で可視赤色域および近赤外域の平均分光反射率を算出し、これを式 1 の NIR, R にそれぞれ代入し分光反射率(Spectral Reflectance)による NDVI 値とした(以下、NDVI_{SR}とする)。また NDVI_{SR}に対し、上記の画像(Image)のピクセル間演算により算出した NDVI 値を以下 NDVI_{IV}とする。

今回、指標として採用した NDVI(正規化植生指数)とは、植物の葉緑素(クロロフィル)が可視領域の赤色域で太陽光を吸収し、近赤外領域で非常に強く反射するという特性を利用した分光植生指数の一つである。

(2) 熊野参詣道における観光客の苔類等の林床植生踏圧調査と影響評価

① 研究対象地と観光客の動向分析

熊野参詣道の中辺路ルートを対象とし、特に、熊野三山の一つの熊野那智大社への参道である「大門坂(和歌山県東牟婁郡那智勝浦町)」を中心としたエリアを調査対象とした。

熊野参詣道の大門坂に人感センサを設置し、実際の観光客の入り込みを測定した。人感センサは、焦電型 MP モーションセンサ(AMN33111, Panasonic 社製、感知範囲約 5m)を用いて自作し、データの記録にはパルス記録型データロガー(RF-3, T&D 社製)を用いた。人感センサの記録間隔は 10 分とし、2009 年 10 月 14 日～2009 年 11 月 24 日の期間に熊野那智大社の西側の 2 地点(図 2-1 中の 1・2)および大門坂内の 3 地点(図 2-1 中の 3～5)に設置した。設置に際しては、重複カウントの誤作動を避けるため、観光客が立ち止まらない場所を選び、参詣道周辺の林内約 50cm の高さに設置した。

熊野那智大社の西側 2 地点(1・2)は、熊野参詣道の中でも最も踏破の難易度の高い大雲取越コースへ向かう入り口部分であるため、観光客の入り込みは少ないと考えられる場所である。一方、大門坂内の 3 地点は観光客の入り込みが大きい場所であり、特に地点 4 と地点 5 は県道が接している場所の前後に位置し、観光バス等を利用しここから登り

下りする通過型の観光客が多い場所である。

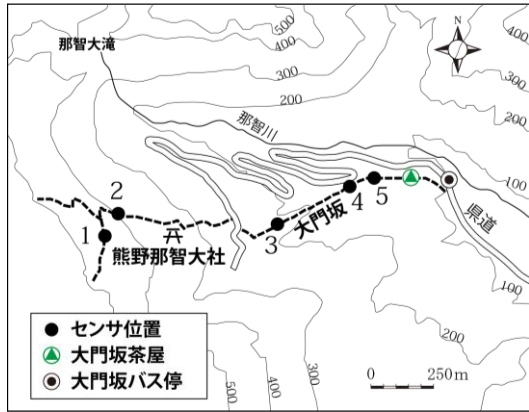


図 2-1 人感センサの設置場所

人感センサの反応時間の間隔(敏感度)は、あらかじめ測定した通過人数の実測値との関係をもとに 3sec に調整した。人感センサの精度は、一度に 10 人以上の集団が通過した場合は、実測値に対して過小評価傾向であったが、通過人数が少数である場合は、実測値とカウント値がほぼ一致し、非常に高い相関(決定係数: 0.99)を示した。解析に際しては、この関係式を用いて求めた値を通過人数とした。

② 踏圧によるコケ類植生の正規化植生指数および光合成速度への影響評価

踏圧とコケ類植生の活性度の影響評価の試験を行うため、山口県の萩往還(萩市と防府市を結ぶ江戸時代の街道)付近にて採取したツクシナギゴケ(*Eurhynchium savatieri*)を吸水性のある 5cm×5cm の素焼きプレート上で高湿度、低温、弱光条件下で培養した。ツクシナギゴケは、溪谷の湿った岩や地面に生えるアオギヌゴケ科のコケ植物である。

光合成速度は、CO₂ フラックス測定システム LI-8100 (LI-COR 社製)を用いて、測定を行った。高輝度 LED を 4 基設置し、変圧器を使用して光条件を変化させながら、式 1 を用いて光合成速度を算出し、光-光合成曲線を導いた。なお、ツクシナギゴケの葉は微少であるため、便宜的に葉面積は試験片のサイズ(5cm×5cm)とした。また、LED の使用による温度上昇を防ぐため、チャンバーの周囲に恒温槽で一定の温度に保った水を巡らせた。それぞれの光条件での光合成速度は、細菌等の呼吸量を測定している可能性が考えられるため、ツクシナギゴケを培養していない素焼きプレートの CO₂ 濃度変化速度を測定し、その値を減算することで光合成速度とした。

$$P = \left(\frac{10^4}{A} \right) \times (V \times 10^3) \times \left(\frac{1}{t_2 - t_1} \right) \times (pC_{t1} - pC_{t2}) \times \left(1000 \times \frac{1}{22.4} \times \frac{H}{1013} \times \frac{273}{273 + \theta} \times 10^{-6} \right) \quad (式 3)$$

P=光合成速度(μmol/m²/s)、A=葉面積(cm²)、V=チャンバーの体積(ℓ)、t₂-t₁=測定時間(秒)、pC_{t1}-pC_{t2}=測定時間でのCO₂濃度差(ppm)、H=気圧(mb)、θ=チャンバー内温度(°C)

正規化植生指数(NDVI)は、携帯型分光放射計を使用して、分光反射率(Spectral Reflectance)を測定することにより、算出するNDVI_{SR}、および可視・近赤外カメラを用いて画像(Image)のピクセル間演算により算出したNDVI_{IM}の2つの手法を用いて測定した。しかし、林床におけるNDVI_{SR}値とNDVI_{IM}値の関係性は低く、NDVI_{SR}値に対し、NDVI_{IM}値は顕著な過小評価を示し、植生が存在すれば両者に高い相関が見られる程度のものであり、測定方法の改善の必要性が示されている(森ら、2009)。そこで、本研究では標準反射板を用いたNDVI値算出手法を用いて、当手法の有用性についても検討を行った。撮影方法および解析方法は省略する。

4. 研究成果

(1) 光学的手法を用いた林床植生のモニタリングと植生評価

参詣道の石畳部分は主にコケ類が優占する植生であり、参詣道の両側は陰生の被子植物やシダ植物が茂っていた。今回は、参詣道のコケ類植生を中心に測定・解析を行った。その結果、大門坂では可視の赤色域(650~680nm)での吸収が見られず、近赤外域(700~1000nm)の反射率も低い。このことから一般的な植生の分光反射特性とは異なり、可視画像からも分かるように石畳そのものの分光特性を示しているものと思われる。一方の円座石周辺では、林床植生の繁茂程度によって分光反射特性が変化した。疎植の地点では、近赤外域の反射率が大門坂の各地点に比べて高いものの可視光域の明確な反射・吸収波長域ははっきりと示されていない。植生密度が中および密である地点では、可視青色域(400~450nm)に吸収波長域、また、可視緑色域(500~600nm)に小さな反射率のピークが示され、近赤外域(800~900nm)において急激な反射率の上昇が見られる。しかし、一般的な植生において本来確認される650~680nmの可視赤色域の吸収波長域が明確に示されなかった。これは、測定環境が林床であり、周辺の木々により石畳には透過光が到達しており、また一時的に直達光(木漏れ日)が差し込んだため測定時の光環境が一定ではなかったことが考えられる。実際に、反射光の分光反射測定時における光合成有効放射(PAR: W/m²)は、大門坂および円座石において約 0.01 程度であった。また、対象とする植生部分が石畳上のコケ植生であったため、水分状態や岩石(母材)、土壌などの因子が測定に影響を及ぼしている可能性も考えら

れる。

図 3-1 には大門坂および円座石周辺における可視画像と可視および近赤外デジタル画像から作成した NDVI 画像による評価結果を示した。NDVI 画像は、画像内の 4 点の GCP を基準に、幾何補正 (アフィン変換) による 2 枚の画像 (可視画像・近赤外画像) の合成により取得した。NDVI の値の範囲は 0.0~1.0 であり、値が低い場合は青色を示し、値が高い場合は赤色を示している。NDVI 画像においても、大門坂ではコケ類等の植生が少なく、NDVI 値がやや高いところも人の踏圧の影響が少ない石畳の段が変わる部分のみであった。円座石周辺では大門坂と比べ、植生の現存量・活性度ともに高いことが示された。しかし、円座石周辺においても参詣道の中心ほど NDVI 値が低く示されており、人の踏圧の影響を受けにくい部分は NDVI 値が高く示された。

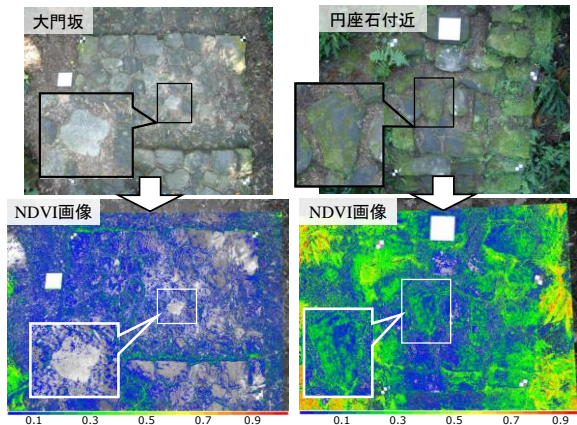


図 3-1 「大門坂」および「円座石周辺」における可視画像および NDVI 画像 (2007 年 11 月 12 日~13 日)

2007 年、2008 年に同箇所測定した分光放射データに基づく $NDVI_{SR}$ 値とデジタル画像により求めた $NDVI_{TM}$ 値の年度比較を見ると、 $NDVI_{SR}$ 値に関して、円座石周辺は値のばらつきが小さいが大門坂の値は測定地点におけるばらつきが大きい。2007 年の値は 0.1~0.6 の間で分布しているのに対し、2008 年の値は 0.0~0.9 となっている。また、2007 年の値に比べ、2008 年の値の方が高い地点が多かった。分光放射測定に関しては、測定時の光環境が影響していると考えられる。林床では、林冠部を構成している葉が太陽から届く光の大部分を吸収するため、到達する光は非常に少なく、また、sunfleck (陽斑、いわゆる木漏れ日) と呼ばれる直達光の入射により、瞬時に明るさが変化するため、測定時に光条件を一定にすることが困難であった。

また、デジタルカメラの分光感度特性に対応した波長域 (可視赤色域および近赤外域) と実際の林床コケ類植生の分光反射特性の反射吸収波長域が相違したためと考えられ

る。このため、分光放射計測時に補光などを行い、計測方法の改善を図るとともに $NDVI_{SR}$ 値と $NDVI_{TM}$ 値の対応関係についても検討する必要がある。 $NDVI_{TM}$ 値に関しては、大門坂および円座石ともに一直線上に分布し、 $y = 1.10x - 0.12$ ($R^2 = 0.99$) の近似式で表された。2007 年の $NDVI_{TM}$ 値に比べ、2008 年の $NDVI_{TM}$ 値の方が高くなっており、植生が衰退していることが示された。今後、定期的なモニタリングを実施していくことで植生の衰退または回復状況を評価できることが示唆された。

(2) 観光客の動向調査と行動分析

大門坂周辺 (5 地点) における通過人数の推移を見ると、熊野那智大社西側の地点 1 と 2 は、測定期間 (2009 年 10 月 14 日~2009 年 11 月 24 日) を通じて通過人数に変化はなく、平均して 1 日あたり地点 1 では 4 人、地点 2 では 22 人であった。地点 2 については、土・日曜日に小さなピークがあり、大雲取越コースに向かう登山客の通過、または途中で引き返した観光客が通過したことが考えられる。一方、大門坂の地点 3~5 では、通過する観光客が多く、測定期間の平均で地点 3 では 419 人/日、地点 4 では 499 人/日、地点 5 では 525 人/日であった。地点 4 および 5 については、県道に接する箇所に近い地点 3 と比較して通過人数が多くなったものと考えられる。

地点 3 を大門坂の代表値として日積算の通過人数と暦日の関係および日積算降水量との関係を見ると、通過人数のピーク値の推移から、観光客が最も訪れるのはほぼ土日祝日またはその前後であることが明らかである。特に今回の測定期間においては、11 月 21 日~23 日の 3 連休に最も観光客が訪れており、11 月 22 日は約 914 人が通過していた。また、11 月 10 日から 11 月 14 日にかけては、平日であるとともに降水 (悪天候) であったために観光客が少なかったことが考えられる。なお、10 月 17 日は土曜日であるが、他の土曜日に比べて例外的に観光客が少なかった。他の解析結果については、ここでは省略する。

(3) 踏圧によるコケ類植生の正規化植生指数および光合成速度への影響評価

ツクシナギゴケの光-光合成曲線図より、 P_{tn} が $50 \sim 100 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ で光飽和に達し、最大光合成速度は約 $0.4 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ であった。一般的な植生よりも弱光下で光飽和点に達し、最大光合成速度も低いことが示された。

$NDVI_{TM}$ 値において、標準 20% 反射板の使用が適切であるか検討するため、図 3-2 に標準 99% 反射板、標準 20% 反射板を使用した時のツクシナギゴケおよび素焼きプレート (植生なし) の分光反射率 (%) を示す。素焼きプレートの場合、 $350\text{nm} \sim 700\text{nm}$ の範囲で標準 99% 反射板を用いた値に対して、標準 20% 反射板を用いた値は平均で約 3% 低い値を示し

た。しかし、ツクシナギゴケが存在する場合は、概ね値は一致した。

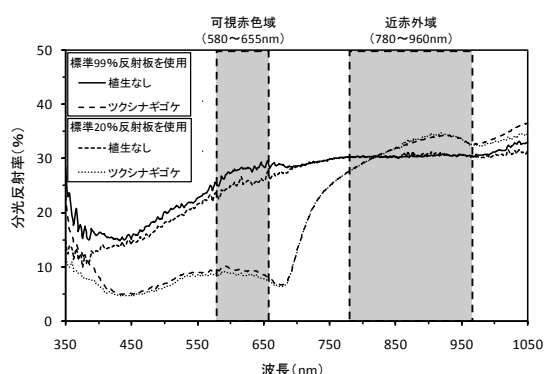


図 3-2 ツクシナギゴケの分光反射率 (%)

標準 20% 反射板を用いた際の、 $NDVI_{SR}$ 値と $NDVI_{TM}$ 値の比較では、林床において $NDVI_{SR}$ 値に対し、 $NDVI_{TM}$ 値は顕著な過小評価を示し、植生が存在すれば両者に高い相関関係が見られる程度のものであったが、人工光源下で標準 20% 反射板を用いた手法により、 $NDVI_{SR}$ 値に対して、高い相関 ($R^2=0.97$) および高い精度 (約 10% の誤差) の $NDVI_{TM}$ 値を得られることが示された。また、標準 20% 反射板を使用して $NDVI$ 値を測定する手法が林床においても有効であるか検証する必要があると考えられる。

以上の研究成果に基づいて、「熊野参詣道」のコケ類植生等を長期にわたり保全・保護する提案を、和歌山県・那智勝浦町・新宮市等に対して行った。近年頻発する風水害により世界遺産の遺産劣化が徐々に進んでいることから、風水害からいかに世界遺産を減災・軽減できるかが、地域の急務の課題となっている。世界遺産の保全と観光の両立のためには、具体的な対策を講じていく必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 2 件)

- ① 森 博隆・吉越 恆・山本晴彦・高山成・岩谷 潔・原田陽子・山北敦子・山崎俊成・立石欣也：世界遺産「熊野参詣道」における異なる時スケールに基づく観光客の動向と行動の分析。時間学研究、4、7-16、2011。査読有
- ② 森 博隆・吉越 恆・山本晴彦・岩谷 潔・高山 成・原田陽子・山北敦子・山崎俊成：熊野参詣道における NDVI を用いたコケ類植生のモニタリング手法の開発。ランドスケープ研究、73(5)、569-572、2010。査読有

〔学会発表〕 (計 4 件)

- ① Hiroataka Mori, Hisashi Yoshikoshi, Haruhiko Yamamoto, Naru Takayama, Kiyoshi Iwaya and Toshiaki Yamasaki : Monitoring and evaluation of moss

vegetation using NDVI in the world heritage "Kumano Pilgrimage Routes", International Symposium on Agricultural Meteorology 2011 (ISAM2011), March 17-19, 2010, Meijyo University, Nagoya, JAPAN

- ② Yoshinari TATEISHI, Hisashi YOSHIKOSHI, Haruhiko YAMAMOTO, Naru TAKAYAMA, Kiyoshi IWAYA and Toshiaki YAMASAKI : An Observation of damaged Moss Vegetation by trampling based on NDVI and Photosynthetic rate measurement, International Symposium on Agricultural Meteorology 2011 (ISAM2011), March 16-18, 2011, Kagoshima University, Kagoshima, JAPAN
- ③ 立石欣也・吉越 恆・山本晴彦・山崎俊成・高山 成・岩谷 潔・原田陽子：踏圧によるコケ類植生の正規化植生指数 (NDVI) および光合成速度への影響評価。日本農業気象学会中国・四国支部大会、2010 年 12 月 17 日、鳥取県鳥取市 (白兔会館)
- ④ 山本晴彦：風水害によるわが国の世界遺産への影響と持続的保全。日本農業気象学会中国・四国支部大会、2010 年 12 月 17 日、鳥取県鳥取市 (白兔会館)

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等 なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山本 晴彦 (YAMAMOTO HARUHIKO)
山口大学・農学部・教授
研究者番号：40263800

(2) 研究分担者

荊木 康臣 (IBARAKI YASUOMI)
山口大学・農学部・教授
研究者番号：50342160

岩谷 潔 (IWAYA KIYOSHI)
山口大学・農学部・学術研究員
研究者番号：40418794

(3) 連携研究者

なし