

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 17 日現在

機関番号：34406

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24603030

研究課題名(和文) 保全地区・施設のバッファー・ゾーン設定モデル

研究課題名(英文) A Model to set Buffer Zone for Conservation Areas and of Facilities

研究代表者

田中 一成 (Tanaka, Kazunari)

大阪工業大学・工学部・教授

研究者番号：10330789

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：世界遺産として登録された紀伊山地の霊場と参詣道は、その文化的景観が高く評価されており、これを取り巻く周辺環境は広範囲にわたっている。ここでのバッファー・ゾーンは、開発規制地域として参詣道の両側一律50mで設定されているが、その根拠は明確とはいえない。本研究では、このような世界遺産をはじめ様々な保全地区や施設のバッファー・ゾーンを設定する方法の提案を目的とする。レーザー測量とGIS/CADシステムを用いて森林内における視界、音量、および臭気について調査を行い基礎となるデータを得た。調査結果をもとにまとめた基礎となるデータベースにもとづいて、バッファー・ゾーンの設定のためのモデルを提案した。

研究成果の概要(英文)：The “Sacred Sites and Pilgrimage Routes in the Kii Mountain Range” was registered with the world heritage of UNESCO. The buffer zone of the area, as pilgrimage routes, was set at both sides 50m, which had an important role to maintain the environment around heritage. However, this was not set theoretically. The purpose of this study is to clear the conformity of the buffer zone. The visible area is extracted by the analysis on topographical model using GIS. Furthermore, the landscape analysis on the forest models has been done in consideration of the effects of the sound on the road around the forest and of the smell of exhaust gas. As a result, the models according to the plant community have been proposed based on the analysis.

研究分野：環境デザイン：都市・地域計画や建築設計，公園やインテリアなど空間デザインを扱う分野のプロデュース論

キーワード：バッファー・ゾーン 世界遺産 レーザー測量 GIS 可視・不可視 森林 音量 臭気

1. 研究開始当初の背景

(1)紀伊山地の霊場と参詣道

近畿地方の南部に位置する紀伊山地は豊富な自然に恵まれており、美しい森林や河川、良好な空気が残されている。しかし、過疎化や地元産業の後継者不足などといった問題が起り、少子化や地場産業の衰退が深刻な問題となっている。

このような状況の中、「紀伊山地の霊場と参詣道」は2004年7月7日に世界文化遺産に指定された。この世界遺産は「道」という線形状の世界遺産として、世界では2例目の貴重な文化遺産である。今後もこの環境を維持することは重要であるが、その上での問題点として、環境破壊や環境に影響を与える開発行為が行なわれていることも事実であり、このような貴重な世界遺産をどのように保全していくかを考える必要がある。

(2)バッファース・ゾーン

世界遺産周辺の環境を保全するために、この線形状の世界遺産指定時に設定されたバッファース・ゾーンは、多くの区間で参詣道から一律50mに設定されている。これは、「登録範囲の環境の適切な保全」という目的に対して適切なバッファース・ゾーン設定の基準となるデータが無いことに起因すると考えられる。

線形状の世界遺産登録の1例目となる事例は、サンティアゴ・デ・コンポステーラの巡礼路である。これは、フランスとスペインの2カ国にわたる特殊な線形状のコア・エリアを有する文化遺産であり、同様に広範囲の登録範囲を有している。サンティアゴ・デ・コンポステーラには聖ヤコブの遺骸があるとされ、ローマ、エルサレムと並んでキリスト教の三大巡礼地に数えられている。フランスでは、「トゥールの道」、「リモージュの道」、「ル・ピュイの道」、「トゥールーズの道」の主要な4つの道がスペインに向かっていく。スペインでは、ナバラ州からカスティーリャ・レオン州の北部を西に横切り、ガリシア州のサンティアゴ・デ・コンポステーラへ向かう「フランスの道」が主要である。ここでのバッファース・ゾーンは参詣道の両側一律30mに設定されている。しかし地形から可視領域を考えた場合、巡礼路からは広大な範囲が見えることが予測できる。このように線形状の「道」コア・エリアに対するバッファース・ゾーンは、必ずしも適切に設定されているとは言えない。

(3)バッファース・ゾーンの設置

上記のような世界遺産以外の保全対象(重要文化財や伝統的建造物群保全地区など)を考えた場合にも、さらには道路計画における緩衝緑地、施設計画の修景緑地などを考えた場合にも、安全性はもとより視覚的、景観的、さらには音環境や風環境、熱環境の保全のために設置されるバッファース・ゾーンの設計に

際して、その多くは経験的な手法による設計基準によって行われているのが現状である。もちろん、これまでの方法を否定するものではないが、加えて根拠となるデータとそれを生かすシステムがあれば、今後の設計に際し大きな影響を持つと考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、GISを3次元的に用いたモデルを用いて、各スケールの地形をはじめ、緑量、樹種や樹形などの形状等の緑地の有効な物理量の記述、さらに道路等の構造物等の基礎データを収集する。さらに、適正なバッファース・ゾーンの裏付けとなる根拠データとして、収集したデータにもとづいた景観のための視線遮断効果、音や匂いの遮断効果等の基礎データを取得。これらデータ間の関係分析によって、バッファース・ゾーン設定のための指標と基準値を明らかにする。

汎用的なモデル構築をめざすことによって、将来、バッファース・ゾーン設計に資する設計基準を作成するための、基礎となるデータを整備することを目的としている。

GIS(地理情報システム)はカーナビゲーション・システム等で実用化され広く利用されているが、広域から狭域まで連続的に地図・図面類を扱うことができ、多くの情報を基礎となる地図・図面類に重ねてデータ化して、最終的に表現することが可能である。さらに現在では、3次元的に空間情報を扱うための技術(空間情報システム)が研究開発途上にある。

樹木のデータベースとこれに関連する各種の指標、および基本図となる地形を含む3次元の情報を用いて、樹木の3次元密度の物理量を記述する方法を既往研究で試行してきている。樹木の状態を表現するには、さまざまな指標が考えられるが、ここではGISの特長である連続性(奥行き)に着目する。景観研究では現在まで、近景・中景・遠景とする奥行き感はとらえられてきているが、本研究のこれまでの成果のひとつとして、これを連続的に樹木の見え方を定量化している。



図1 紀伊山地の参詣道

樹木が視線を部分的に遮断することに着目して、緑量と方向との関係をモデル化し定量的に扱っている。

この研究では、これらの成果を活かし、地形や緑量、そのほかのさまざまな基礎データとなる情報、つまり物的指標が、視線やそれ以外の音や匂い等の遮断効果としてコア・ゾーンにどのように影響を与えているかを明らかにする。保全対象と保全区域をモデル化しシミュレーションすることによって、連続的に変化しつつ保全対象に影響する空間を明らかにする。これにより、研究のきっかけとなる自然環境の保全区域の設定根拠だけでなく、都市内の緑地を含む保全区域の設定、ひいては沿道の緩衝緑地帯の保全の基礎となる方法論の作成をめざす。

これまで周辺環境の性格を抽出しようとする研究では、写真測量等による実験結果からデータを得るものが多い。これらの研究では、本研究と類似の目的に対して、現実の空間に対する測量や測定を行っている。ここではそれぞれの現場ごとの結果が得られており、これら得られた数値をもとに本研究のモデル空間の検証、推定を行っていくことは極めて有効である。

本研究では、バッファー・ゾーンの設定方法についてその汎用性を高めることを目的の主軸においている。既往研究と最も異なる本研究独自の視点は、周辺環境を記述する基礎的なパラメータの設定によって、異なる条件下において適切なゾーン設定の根拠とすることができる、汎用性のあるモデルを作成しようとする点にある。

3. 研究の方法

(1) 対象地区

本研究の対象地区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1参照)。同区間は、舗装されていない古道が多く存在し、世界遺産に指定されている区域である。

(2) 基礎データの収集

対象地区について、これまでの研究成果をもとに最多植生から順にスギ・ヒノキ植林、モチツツジ・アカマツ群集、およびコナラ群落の樹木群の基礎データを収集する。ここでは、植生分布にしたがい樹木量、森林空隙率、樹冠量、枝下部分のデータを収集する。

本研究では、特に現地においてレーザー測

量、写真測量を行う。図2にスギ・ヒノキ植林の結果を例示するが、この植生ごとに行うレーザー測量結果は、奥行き感データを作成し検証するための3次元基礎データとなる。写真測量は、視線遮断効果の検証用である。いずれも、GIS電子データ化を行う。得られたデータをもとに対象地区のデータベースを構築する。ここでは、地形をもとに植生等の基礎データと、指標設定に必要な同じ植生で異なるパラメータをデータ化する。

(3) 可視範囲の抽出

取得データを用いたモデル化をもとに、可視・不可視分析を行う。この結果をもとに、植生の違い等による透過分析を行い、視線等の遮断効果の値を算出する。

本研究で着目する連続性に対して、モデル化に際して用いた各種の指標値から具体的に関係性を抽出する。レーザー測量で得た3次元データによって得られた形状と、樹種、樹高(Th)、枝下(B)、樹幹(Cd)、直径(D1-3)、密度(本/m²)等の指標についての関係を明らかにする。3次元的な樹木群や地形表現のほかに、関連する土質と表土の状態等についての指標化を検討する。

(4) 各種根拠(音量と臭気)の分析

視覚以外の根拠として音量と臭気について、現地調査をもとにバッファー・ゾーン設定モデル検討のための分析を行う。

音量と臭気の遮断効果について指標化を検討する。視覚に関する分析と同様に上空からの透過率と、本研究で測定した正面+60度~-60度の方向データをもとに、遮断効果の検証を行う。

(5) バッファー・ゾーン検討

バッファー・ゾーンを設定するため、裏付けとなる根拠データを検討する。既往研究と本研究で実施した調査・分析結果をもとに、バッファー・ゾーン設定の根拠とデータの妥当性、今後のデータ取得可能性について検討する。

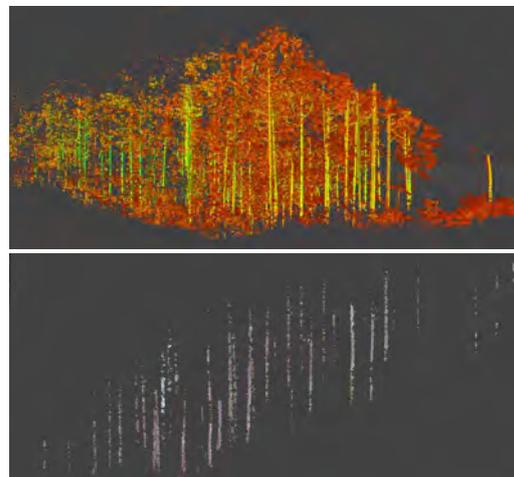


図2 レーザー測量により抽出した樹木全体(上)と幹(下)の例

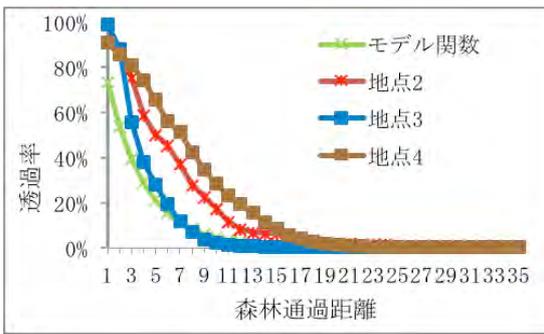


図3 森林透過率曲線

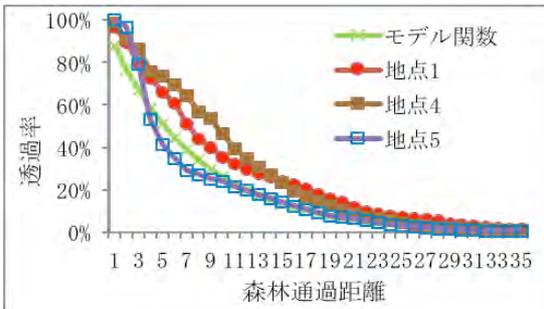


図4 樹冠部分における森林透過率曲線

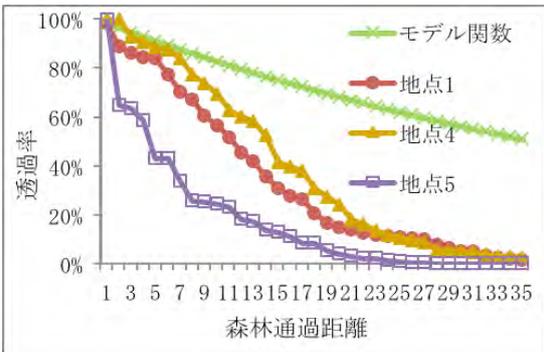


図5 幹部分における森林透過率曲線

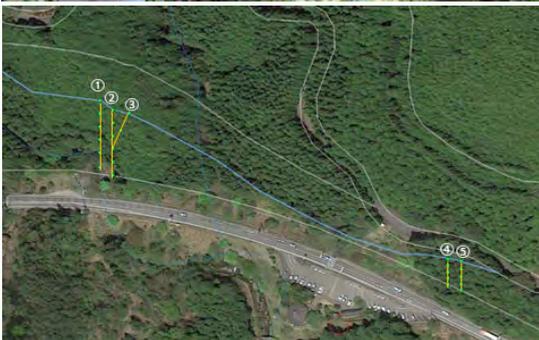


図6 音量調査のようす，熊野古道に近接する道路（国道311号）と調査位置

4. 研究成果

(1) モデル関数の作成

バッファー・ゾーン内の土地被覆の割合は、約半数がスギ・ヒノキ植林で最も多い土地被覆である。森林形状を考慮した透過距離分析の方法論をもとに、対象地周辺で多く分布しているスギ・ヒノキ植林を対象として、対象となる空間を、森林空間、樹冠空間、枝下空間の三つに分類した。さらに、各々に定義した空間について、単位空間当たりの林分材積、葉面積密度(LAD)を算出した。最終的に、単位空間に対して投影面積比を算出し、モデル関数として透過率曲線を導出している。

以上の結果をもとに、DEMを用いた可視・不可視分析を行い、可視領域についてモデル関数にもとづく理論値を算出した。

(2) 視線遮断効果の検証

2012年6月16日にスギ・ヒノキ植林を対象に、レーザー測量を5地点において実施した。1地点あたり約1200万～1800万点のデータを入手し、それらをGISとCADシステムを用いて、森林全体・樹冠部分・幹部分の3つに分類し（図3～5）森林透過率曲線を導出した。また、これらと算出しているモデル関数とを比較した。

森林内の全ての点群を用いた分析により（図3）、特に分析対象3地点においてモデル関数と近い森林透過率曲線が得られていることがわかる（図では地点2、3、4について示す）。樹冠部分における透過率曲線の導出（図4）では、モデル関数よりレーザー測量結果が、よい視界が得られている。この違いは、地形の起伏や日当たりの差違等によると推測できる。幹部分における透過率曲線（図5）をみると、7m付近まではモデル関数とほぼ同じ結果が得られているものの、それより遠方では差違が大きく、これは樹冠部分と同様に地形の起伏や生育環境（気候の条件による）生育の違い等の原因や、胸高直径の違いが考えられる。

レーザー測量を行った結果、森林全体ではモデル関数とほぼ同じ結果が得られているものの、樹冠・幹部分については場所により異なる結果となっている。対象となる森林における樹木の形状（平均値）が異なることをみだしており、視覚にもとづいたバッファー・ゾーンのモデル化にあたっては、本調査結果を基礎データとして近似関数をモデルとして展開させる方法を提案する。

(3) 各種根拠データ（音量）の取得

次に、音量の調査方法と結果について示す。ここでは、測定機器はNL-42（リオン株式会社）を使用している。

調査方法は参詣道から直角に6ポイント同時に、10秒間音量を記録する方法をとった（図6）。調査地点は、5地点である。図はそのうちの牛馬童子口を示している。ここでは、比較的平坦な調査位置（①～③）と斜面

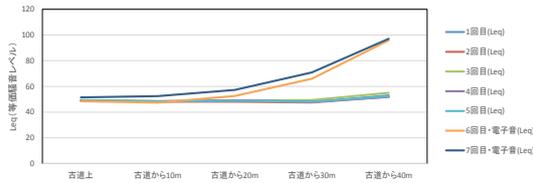


図7 牛馬童子口(斜面)と電子音の減衰

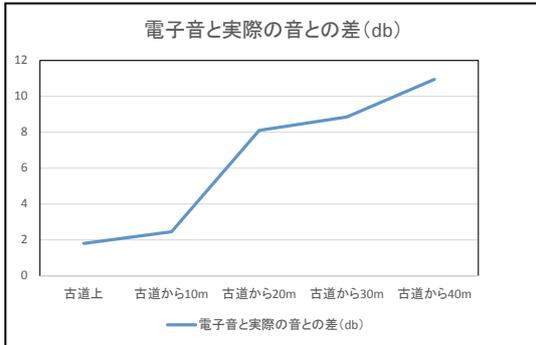


図8 牛馬童子口(斜面)における
実際の音と電子音の差

(④・⑤)の5カ所において調査を行い、それぞれに対して国道の騒音や電子音による音の減衰について把握した。なお、図中の調査地点①～③は河川があり、それぞれの位置において車の走行音と、電子音(道路沿いから発音)をそれぞれ計測している。

実際に観測された騒音や川の音と防犯ブザーの音の距離ごとの減衰と地形との関係を示したものの例を(図7)に示す。より静かな森林は40db程度であることがわかってい。それに対して、国道と近接する牛馬童子口は55db程度であり車の走行音も聞こえるため、参詣道本来のサウンドスケープを保全できていないことが予想される。しかし、近

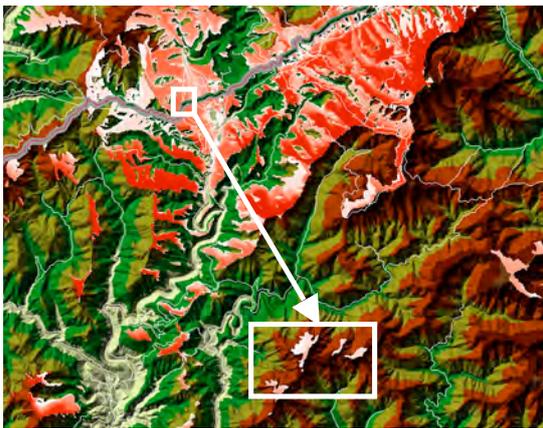


図9 中辺路からの可視領域(半作嶺)

傍の河川の音により等価騒音レベルが大きくなっている可能性がある。そこで、電子音の現況の音との差分をとり、距離による差分の変化を確認した。

図8は、実際の音と電子音を鳴らした時の等価騒音レベルの比較をおこなったものである。音を鳴らした地点(グラフの最も右側)が、最も差分が大きくなり発音地点からの距離に比例し差分が小さくなる傾向にあることがわかる。地形の起伏がある場合、特に河川等の内部(古道から30m地点)の差分はほぼ0であることを観測している。この原因は、掘り込み河道上の観測点では電子音が届かなかったことが推察される。それに対し、単調な森林と電子音との差分は距離に比例して小さくなることわかる。

(4) 各種根拠データ(臭気)の取得と分析

現地調査で使用したニオイセンサ(型番: XP-329 III R)は、ニオイの強弱を数値化によってニオイレベルの計測が可能である。ニオイレベルは現場での相対的な匂いの強さを示したもので人間の嗅覚の感覚量に対応させる為、ニオイレベルから臭気指数を算出した。算出にあたっては硫化水素におけるニオイレベルを用い、実測値から変換している。

分析では、臭気指数をプロットした図面を用いて臭気の広がり複数地点について観察した。その結果、国道等から2.5~4.5m以内では、人間が感じる臭気指数の値(26~28以上)を得ることがあるが(気象条件による)、森林内や集落の中はほぼ無臭であることを抽出している。なお、今後は風向き、気温、湿度等の条件による臭気の広がり(確率)との関係を用いてその範囲を特定することが必要である。

(5) GISデータベースの構築

本研究の対象地区について、バッファー・ゾーンを設定するための基礎データとなるデータベースを構築する。

地形データは、国土地理院の基盤地図情報(10mおよび50mメッシュ)を用いている。地形データに対して植生、行政区画、道路線、軌道の中心線、標高点等を付し、さらに幾何補正した航空写真について重ね合わせを行っている。また、植生図をもとに樹高(仮高)を算出している。既に調査分析より明らかとなっている地区については、詳細な樹種と樹高(Th)、枝下(B)と樹幹(Cd)、さらに幹の直径、および密度(本/m²)について、代表値を用いてデータベース化を行っている。分析対象となる周辺地区については、調査値より仮値を設定し、最終的にデータベースを構築している。

(6) 連続性のモデル化

GISデータベースを用いた可視・不可視分析と、現場写真を図9に示す。上図の上部四

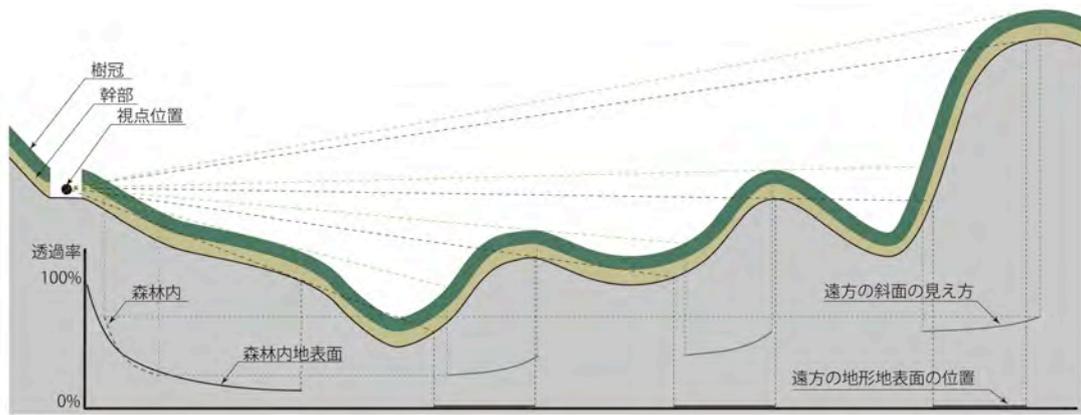


図10 透過率と可視・不可視（近景～遠景）の模式図

角で示した部分から、下部の高所を撮影したものである。遠景としている対象は、半作嶺（はんさみね）と呼ばれる名山である。写真をもとにこの遠景までの地形と植生をみると、地形による可視部分の間には不可視の部分があり、その遠方には可視部分が位置している。そのうち、植生部では樹冠の上部からの景観であることがわかる。また、一部では、樹木が無く集落や畑地となっている。

これらの可視領域における開発状況によって撮影地点となる視点の位置に与える影響の大きさが異なることが読み取れる。例えば、近景における不可視領域において、視点場から見るできない構造物を建設する場合の影響や、中景から遠景の可視領域においてその大きさや周辺樹林との関係による印象の違い等が確認できる。

このような、地形や植生をもとにしたデータベースと今回行った透過率の現地調査と分析結果、および可視・不可視分析結果について、模式図として表したものを図10に示している。図の上部曲線部分は、地形と表層植生の幹部、樹冠を表している。視点位置から、近景の幹部と樹冠部を透過して見ることができる中景から遠景の斜面までを、緑色破線で結んでいる。同様に、視点位置から植生が無い場合に見ることができる地形DTM位置までを点線で結んでいる。図下部のグラフは視点からの見え方を表し、黒グラフ線は地表面の見え方、緑グラフ線は斜面樹冠部の見え方、緑点線グラフは近景の樹林を視線が通過する透過率曲線を示している。なお、ここでは他の根拠データは省略している。

このような模式図（断面図）によって、視線遮断効果と距離から、バッファゾーンを設定するための根拠を得ることができる。

(7)まとめ

本研究では、視線に加えて音量、臭気を具体的な遮断効果の指標として、バッファゾーンを設定する根拠となる基礎的な考え方を明らかにした。また、具体的な調査事例をもとにデータベースを作成することで、設定方法実現の可能性を明らかにしている。

今後は、視線遮断効果における植生や斜面、

生育差等を具体化すること、音量や臭気と幹線道路等との関連をより明確化することが今後の課題といえる。また、将来的にはより詳細で広域なデータベース化が必要である。

さらに、保存対象として植生を主とした自然景観だけでなく、都市内等における対象についても、今回の手法を用いて発展的に研究を展開していく。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計1件）

①伊藤裕司, 田中一成, 吉川眞, 第31回日本道路会議講演論文集, No. 1070, 査読無, 日本道路会議, 2015

〔学会発表〕（計5件）

①田中一成, 吉川眞, 保全地域のバッファゾーンに関する景観の評価手法, 土木学会第9回景観・デザイン研究発表会, 土木学会, 2013.12, 東京工業大学(東京都・目黒区)

②田中一成, 吉川眞, 自然保全地区のバッファゾーン設定モデル, 公益社団法人日本地域惑星科学連合(地球人間圏科学), 2014.4, パシフィコ横浜(神奈川県・横浜市)

③佐野弘治, 木村捺輝, 田中一成, 吉川眞, 熊野古道・中辺路における景観分析, 平成26年度土木学会関西支部年次学術講演会, 土木学会, 2014.5, 大阪産業大学(大阪府・大東市)

④伊藤裕司, 田中一成, 吉川眞, 空間情報技術を用いた参詣道の景観分析, 地理情報システム学会講演論文集, D-4-2, 地理情報システム学会, 2015.12, 国士舘大学(東京都・世田谷区)

⑤Kazunari TANAKA, Yuji ITO and Shin YOSHIKAWA, On the Buffer Zone around the Conservation Area, Japan Geoscience Union Meeting 2016, JpGU, 2016.6, 幕張メッセ(千葉県・千葉市)

6. 研究組織

(1)研究代表者

田中 一成 (TANAKA, Kazunari)

大阪工業大学・工学部・教授

研究者番号: 10330789

(2)研究分担者

吉川 眞 (YOSHIKAWA, Shin)

大阪工業大学・工学部・教授

研究者番号: 80116128