

維持管理における道路快適性マップの構築

保田 敬一¹・山崎 元也²

¹正会員 株式会社ニュージェック 道路グループ (〒531-0074 大阪市北区本庄東 2-3-20)
E-mail : yasudakc@newjec.co.jp

²正会員 東京農業大学教授 地域環境科学部 造園科学科 (〒156-8502 東京都世田谷区桜丘 1-1-1)
E-mail : m3yamasa@nodai.ac.jp

戦後の高度成長期以降に整備してきた既存インフラはその有効利用・有効活用の観点から、近年は利用者の満足度向上方策や快適性向上対策が求められてきている。本論では維持管理上、道路管理者が快適性を向上させる施策を立案するために複数の代替案を検討できるようにすることを目的として、道路走行時の快適性向上には路面の状態改善と道路景観の改善の両面から検討できることを示す。さらに、本論では道路の快適性向上の成果を評価する方法として快適性マップを新しく提案する。この快適性マップは道路管理者の視点と道路利用者の視点の両方がある。道路管理者は快適性の低い区間の改善をすることで来場者の増加対策とともに維持管理の優先順位決定とも連動させることができるとなる。一方、道路利用者は快適性の高い路線や区間は訪問の動機付けとなる。

Key Words: road, comfort, maintenance, comfort map

1. はじめに

既存道路の有効利用・有効活用を考えた場合、管理者側と利用者側の2つの側面がある。道路利用促進のための方策としては利便性の向上、道路空間の再構築による快適性の向上などがあげられよう。利用者増を図るためのイベントや施設などを誘致してもかまわない。利用者にとっては道路空間が快適であればまた走行したいという動機づけに繋がる可能性もある。目的地まで複数のルートがあった場合、快適性が低い道路よりも快適性が高い道路の方が選択される可能性が高いことからも、利用者にとっては快適性の高い道路というは距離や料金以外でのルート選択枝の一つとして魅力の高い項目になっている。

道路の快適性を向上させるために、舗装点検要領^①にも快適性の向上が目的の一つに挙げられているし、高速道路でも快適性向上のための施策（事故防止、渋滞対策、休憩施設の充実など）を重点的に実施している^{②～③}。このように、快適性の向上は近年の道路行政のなかでも重要な課題の一つになってきている。また、道路景観を改善して快適性を向上させようという研究も行われている^{④～⑥}。道路の内部景観構成要素と印象評価実験なども過去に実施され、景観の構図変化と評価との関係が把握されてきている。

管理者にとっては、利用者増を図るための方策も一つ

の方法であろうが、道路を管理する上で快適性を考慮した維持管理がされていないという現状がある。すなわち、道路の維持管理では主に所定の走行性を確保するために路面性状調査が実施され、ひび割れや平坦性（IRIなど）、路面の凹凸などが区間毎に評価され、路面性状の良くない区間を抽出して補修の有無を判断しているのが現状である。また、道路利用者にとっては道路の快適性を積極的にPRする資料が公開されていないという現状がある。

このように、道路の快適性を向上させていくことは重要であるにも関わらず、道路の維持管理では快適性を管理指標の一つとして修繕計画等で用いてはおらず、道路利用者にも快適性の高い道路や快適性の高い区間・ポイントなどを積極的にPRするという観点も欠けているといえる。ただし、高速道路会社では別途顧客満足度調査の中で快適性向上には取り組んでおり、前述の事故防止対策、渋滞対策、休憩施設の充実などには反映をさせていている。

以上より、本論では快適性を道路維持管理で用いる一つの指標として考えることを目的とする。本論では快適性を路面の平坦性と道路景観の組み合わせで評価できると考えた。快適性とは一般には気持ちのよいことを意味するが、対象を具体化するにつれて個人の感情や主観、対象の位置づけ、TPOなどが異なってくるため一概に定義することが難しくなる。道路の快適性を議論する場

合, 走行時に視界に入る道路景観, 走行する路面の状態, 季節, 自然災害, 天候, 渋滞, 交通規制, 事故, 道路交通情報, 休憩施設の有無, 車両の性能などが関係する。舗装点検要領で示されている快適性は舗装路面の状態を示していると考えられるが, 景観上の快適性は道路走行中に視界に入る道路空間構成要素がいかに気持ちよさに関係するかであり, 舗装路面の快適性とは異なる範疇に属すると考えられる。道路景観が走行時の快適性に影響するかという点については, 杉山らの先行研究⁴⁾があり, 道路線形や法面の状態などが快適性に影響すると結論づけている。すなわち, ある特定の道路線形や法面勾配, のり面状態になると快適性が高くなる, あるいは低くなるというものである。本論では道路走行時の快適性を向上させるために舗装維持管理計画に沿って実施されている路面修繕に加えて, 既往研究⁴⁾でも報告されているように快適性向上に寄与すると考えられる道路空間構成要素の改善を組み合わせた。季節や天候, 自然災害は維持管理計画で考慮することは難しいし, 渋滞, 事故などが発生すれば走行時の快適性は低下すると考えられるが, 交通規制や道路交通情報の提供などである程度快適性の低下はカバーできると想定される。休憩施設の有無も快適性向上には寄与すると思われるが, 本論では道路走行時を想定しているため, 休憩施設は除外した。従来の維持管理で用いられている路面性状に加えて新しく道路景観を加味した快適性指標を提案する。舗装に関しては現在, LCC の低減, 安全性の向上などを目的にして維持管理が実施されているが, 快適性指標で管理することによって, 維持管理では路面性状を改善するという従来の措置に加えて, 道路景観を改善して快適性を向上させる方策も可能となる。すなわち, 快適性指標で管理することにより, 舗装の切削オーバーレイという平坦性改善策と, 植栽やのり面という景観構成要素の改善の 2 つの選択肢を費用対効果から選択できるようになる。また, 利用者にとってはこれまで訪問の動機づけに直結する快適性の高い道路という資料は公開されてこなかったがこれらを積極的に公開することで道路利用者の増加が見込める可能性が高くなる。

本論で対象とした道路は観光用道路である箱根ターンパイクである。箱根ターンパイクは山間部に位置しているが, 直線・曲線区間の組み合わせ, 切土・盛土区間など道路構造に変化があり, さらにスポット的な見どころが随所にあって評価区間ごとの道路構成要素と景観評価の差がつきやすいと判断した。

そこで, 本論では, 快適性マップを検討するために, 箱根ターンパイクの特定区間の景観評価実験と路面平坦性取得結果をもとに, 数量化理論 I 類にて分析した景観に関するカテゴリスコアと加速度計により計測した路面平坦性指標 (IRI) から値を求め, 地図上にプロットす

る。次に, 構築した快適性マップの公開と活用方法について検討し, 舗装路面改良による快適性向上と景観構成要素改善による快適性向上の効果を示す。道路利用者には路線の中での見どころとともに快適性の高い区間も併せて公開する。道路管理者には維持管理で補修の優先順位付けを行うための路面状況と道路景観の 2 つの選択肢から改善措置を選択できるようになる。

以下, 本論の構成を述べる。1 章では, 本論の背景と必要性および目的を, 2 章では既往の研究と本研究の位置づけを示す。3 章では, 快適性の指標となる平坦性と景観性の設定方法およびそれらの組合せによる快適性評価, ベンチマークとの比較, 公開されている景観名所との比較, 組合せ方法の比較を示す。4 章では快適性マップの作成方法とその公開方法を, 5 章では快適性マップの活用方法として道路管理者による路面性状改善効果と景観構成要素改善に伴う快適性評価を示す。また, 道路利用者の観点から快適性マップの効果を示す。6 章では構築した快適性マップを道路利用者と道路管理者に提示し, アンケートによりその有効性を確認する。最後に, 7 章では本論の結論と今後の課題を示す。

2. 既往の研究と本研究の位置づけ

(1) 既往の研究

戦後の高度成長期以降に整備してきた既存インフラはその有効利用・有効活用の観点から, 近年は利用者の満足度を向上させるための方策が求められてきている。例えば, 道路の舗装については, 道路走行時の快適性向上対策が近年では重要視されてきている。道路舗装は舗装点検要領¹⁾にも, “本要領は, 舗装の長寿命化・ライフサイクルコスト (LCC) の削減など効率的な修繕の実施にあたり, 道路法施行令第 35 条の 2 第 1 項第二号の規定に基づいて行う点検に関する基本的な事項を示し, もって, 道路特性に応じた走行性, 快適性の向上に資することを目的としています。”と明記されているように, 快適性の向上が重要であることが冒頭から示されている。また, 道路空間の快適性向上は国の重要な施策として位置づけられており, 道路空間再構築という大きなくくりの中に, 生活道路の快適性向上やバリアフリー化, 道路景観形成や景観保全なども含まれて総括的に議論されている²⁾。さらに, 道路利用者のアンケートからも, ドライブ観光全体の満足度に影響するツーリング環境の項目は, 道路からの景観を選択した人が最も多く, 次いで道路の渋滞や混雑などの得点が高かった³⁾。また, ドライブが「とても満足な人」の評価項目でも道路沿線の景観を選択した人が最も多かったという結果が得られている³⁾。この結果より, ドライブの満足度と高めるための方

策としては道路景観の整備が有効であることがわかる。高速道路会社の方針でもアウトカム指標の中で快適性の向上を取り上げているし、快適性向上のための事故防止や渋滞解消施策、PA/SA施設の快適性向上などを目指している^{2)~3)}。

従来より、道路の快適性や道路景観については、道路内部景観構成要素と印象評価実験などが多数実施されており、景観構成要素とシークエンス景観の印象評価という観点からそれらの関連性が分析され、道路線形やのり面の状態、構造物の有無などが評価とどのように関係するかが論じられてきている。例えば、深堀らによる高速道路の走行景観の構図変化と評価との関係把握⁴⁾、安藤らによる高速道路走行時のシークエンス景観の原型提示⁹⁾、中島らの沿道景観の有無による運転者の挙動変化実験¹⁰⁾、杉山らによる快適性についての道路内部景観評価尺度の構築⁵⁾、兵庫らによるシークエンス景観の印象評価実験から良好な景観が出現する区間の考察⁶⁾、奥谷らによる脳波特性を用いた快適性の評価実験¹¹⁾などがある。

このように、過去、快適性と景観構成要素との関係については、例えば高速道路などを中心に評価実験などからそれらの関係は検討されてきているが、これらの知見は主に道路新設時に快適性の観点から景観はこうあるべきという指標を提供することに主眼がおかれていた。ここでは、維持管理の視点がほとんど考慮されていない。すなわち、道路供用後には周辺景観の変化や路面状態の変動、道路利用状況の変化など、新設時とは異なった状況になるため、道路新設時の設定条件とは異なった状況におけることになる。こういった道路供用後に快適性を向上させるための施策という観点からの知見はほとんどなく、例えば、供用後に快適性を向上させるための施策として有効な方法の一つが路面性状の改善、すなわち、切削オーバーレイ等による舗装のやり直しである。もう一つの有効な方法がこれまで検討されてきている道路走行景観の改善であろう。すなわち、道路線形、植栽、構造物、のり面などの改善である。

道路の快適性を議論する際には、走行時に視界に入る道路景観や、走行する路面の状態、季節、自然災害、天候、渋滞、交通規制、事故、道路交通情報、休憩施設の有無なども関係する。これらの中でも道路管理者が維持管理計画策定時に快適性向上の施策として管理できる内容としては、路面の状態と道路景観の二つがあげられる。事故、渋滞はその発生自体をコントロールすることは難しいが、交通規制を含めて発生後の対処をコントロールすることは既に実施されている。その他の季節、自然災害、天候などは管理者側からはコントロールできない。道路交通情報、休憩施設などは別途整備に長期的な計画が必要となるからである。

(2) 本研究の位置づけ

以上より、本論では維持管理上、道路管理者が快適性を向上させる施策を立案するために複数の代替案を検討できるようにすることを目的として、道路走行時の快適性向上には路面の状態改善と道路景観の改善の両面から検討できることを示す。快適性向上に資する対策は舗装の切削オーバーレイ等による路面性状の改善と、もう一つ、道路走行時に視覚情報として入ってくる道路景観、すなわち、道路線形やのり面、植栽などの形状改善である。さらに、本論では道路の快適性向上の成果を評価する方法として快適性マップを新しく提案する。この快適性マップは道路管理者の視点と道路利用者の視点の両方がある(図-1 参照)。道路管理者はこの快適性マップをみて快適性の低い区間の改善をすることで来場者の増加対策とともに維持管理の優先順位決定とも連動することが可能となる。一方、道路利用者は快適性の高い路線や区間は訪問の動機付けとなり、道路を走行し、移動することによる消費拡大に寄与すると考えられる。

3. 快適性の評価

(1) 快適性の定義

a) 快適性指標

快適性の評価は式(1)に示すように、路面の平坦性と道路走行空間の景観性の両面から判断する。

$$C = f(F, L) \quad (1)$$

ここに、C: 快適性指標、F: 路面の平坦性、L: 道路走行空間の景観性である。

式(1)では平坦性と景観性を組み合わせて快適性を評価しているが、この方法を採用した説明を以下に記す。杉山らの研究⁵⁾から、道路内部景観構成要素を変化させ

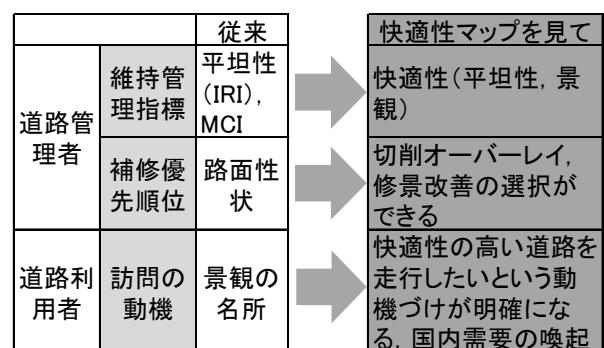


図-1 道路管理者の視点と道路利用者の視点

ることで快適性の評価に違いが生じることが述べられており、景観性と快適性とは比例関係があることがわかる。一方、路面の平坦性を向上させると走行時の快適性は向上することも広く一般に認識されている。景観性と平坦性とが独立であるとするならば、景観性あるいは平坦性を向上させることで快適性を向上させることは可能となると推察される。しかし、景観性を向上させれば平坦性が悪くても快適性の評価が良くなるかという点については本論では検証できていないため、今後の検討課題としたい。

快適性評価のイメージを表-1に示す。平坦性を平坦性と景観の両面で評価すると、仮に、平坦性が悪くても景観性が良ければ快適性評価としては表-1に示す標準ラインになる。逆に、平坦性が良くても景観性が悪ければ快適性評価としては標準となり、同じになる。管理水平をもう少し高めたければやや重要ラインにセットすることを考え、快適性最重視と位置付ける路線ならば表-1でいう重要ラインになるように景観性能と平坦性を改良することになる。表-1中、ハッチングの個所は不可領域となる。景観性も平坦性も両方が悪い状態を指す。このような状態の数が路線中に多くなると快適性が悪い路線ということになるため、平坦性あるいは景観性を向上させ、極力、要改善領域は避けなければならない。

平坦性と景観性を考慮して快適性を評価する場合、

①平坦性は安全性と直結するため最低限の管理水平は確保しながら景観性の向上を図るのがよい。

②平坦性を少々犠牲にしても景観性が良ければ快適性は所定のレベルを確保できると考える。

の二つの選択肢が考えられる。

現状で管理者は①の方針であろうし、利用者も平坦性と景観を比較すると平坦性を優先する人が多いのではないかと推察される。要するに、平坦性が悪いといふら景観が良くても走行時の印象は良くないと感じる人が多いと思われる。

また、路面が走行に適さない程平坦性が悪いと利用者はその道路を走行することを断念することもあり得るが、走行に適さないような状況になる前に管理者が補修を行うため、走行に適さないような悪い平坦性が継続するような状況は考えにくく、走行に適さない路面での管理というものは成立しないと考え、本論では想定していない。

平坦性の各レベルに対して管理者の対応、利用者の感想、景観性との関係を考えてみると理解しやすい（表-2参照）。平坦性が普通あるいは高いレベルにある場合は快適性も問題にならず、維持管理の対応も必要ない。景観面も少々良くなくとも問題にはならない。これが平坦性が悪くなってくると路面の補修計画対象になるし、当然利用者の快適性評価も低くなる。この段階で景観性を向上させることができれば平坦性がやや悪くても快適性

が所定のレベルに保持できると考えられる。さらに平坦性が悪化すると通常走行できる路面性能を確保できなくなり、管理者は通行止めの措置を取る可能性が高くなる。そして、即座に補修の措置を行う。この状況で景観性を向上させることは選択肢としてあり得ない。したがって、平坦性がかなり悪く、即補修の段階になると平坦性と景観性の両面から快適性を評価するという試みは成立しなくなり、平坦性が改善されるまでは快適性の評価ができない。

ここで、表-2における平坦性がやや悪い状態と平坦性がかなり悪い状態とでは管理者の対応も異なるし、景観性能を向上させた場合の快適性も異なるため、これらの平坦性の状態の間には境界値を示した方が理解しやすい。この境界値は表-3に示すIRI判断基準にある「修繕が必要 (IRI≥6)」が該当すると考えられる。しかし、表-2に示す平坦性がやや悪い状態で景観性を向上させると快適性も向上する、あるいは、平坦性がかなり悪い状態では景観性を向上させても快適性向上の効果なしという違いが生じるのかということは本論では検証できていないため、今後の検討課題となる。

また、快適性評価を景観と平坦性の両面から考えると

表-1 快適性評価のイメージ

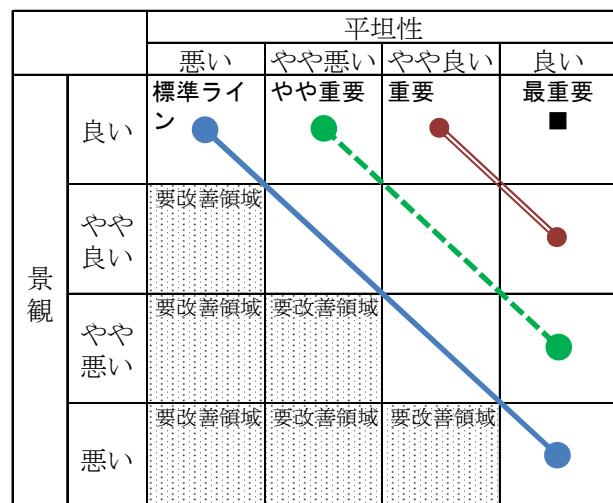


表-2 平坦性の各レベルに対して管理者の対応、利用者の感想、景観性との関係

	管理者の対応	利用者の感想	景観性
平坦性 良い	継続監視	快適性高い (満足度高)	景観面が少々良 くなくても可
平坦性 普通	継続監視	快適性普通	景観面が少々良 くなくても可
平坦性や やや悪い	補修計画を立 案	快適性低い	景観性を向上さ せると快適性が 向上する
平坦性か なり悪い	通行禁止、即 補修	通行しない	景観性を向上さ せても効果なし

いう点については別の視点がある。本来はお互いが独立したもので、平坦性は安全面に直結するため、平坦性があまり低いということは許容されず、平坦性は景観性よりも優先順位が高く位置づけられるべきという見方である。対応策としては、平坦性と景観性のマトリクスにおいて平坦性の閾値を調整するか、表-2に示す“平坦性がかなり悪い”の状態を「要改善領域」に設定するかの方法が考えられよう。この点については後述するアンケート調査でも確認対象とするため、6章を参照願いたい。

b) 平坦性指標

本研究でIRIを取得するために用いた機材は、簡易型IRI測定装置、GPS、自動車、ノートPC、ビデオカメラ、加速度計である。

本研究では路面性状の測定は、株式会社共和電業で開発されている簡易型IRI測定装置であるSTAMPERを用いた。STAMPERとは道路の平坦性や乗り心地を表す指標であるIRIを簡易的に測定することができる簡易型IRI測定装置である(表-4参照¹²⁾)(写真-1参照)。また、測定した路面性状に位置情報を紐づけるためにSTAMPERにGPSの接続をした。用いたGPSはパイオニア株式会社製GPS-M1zzである。自動車としては、トヨタ自動車株式会社のカローラフィルダーにSTAMPERを取り付け、実際にデータ計測を行った。さらに、計測したデータをリアルタイムで集計するためにノートPCをSTAMPERに接続し使用した。用いたノートPCはソニー株式会社製のVAIO model PCG-5E1Nである。ビデオカメラとして、計測区間のIRIと道路景観の相関関係を求めるために自動車のフロントガラスから見える道路景観を録画した。加速度計は、車体をジャッキアップし、自動車の左前輪のタイヤを取り外し、ばね上・ばね下に加速度計を取り付けた。加速度計の型番はAMAS-Aで、その仕様は定格容量： $\pm 980.7 \sim \pm 1961 \text{m/s}^2$ 、寸法：15×6.3×11mm、定格出力：2V ±20%、応答周波数範囲：DC～2kHzとなっている。

路面の平坦性は別途STAMPERにて計測した100mごとのIRIをgood(IRI≤3), fair(6>IRI>3), repair(IRI≥6)の3ランクに分ける(表-3参照)。ランク分けはNEXCO西日本で用いている基準を引用した¹³⁾。ただし、今回の研究ではIRI≥6となる区間は存在しなかつたため、ランクは2あるいは3となっている。

取得した全線にわたるIRIのランク分けを図-2に示す。

c) 景観性指標

評価実験としては、箱根ターンパイクで計測した加速度データと道路景観の動画を編集し、北見工業大学が所有するドライビングシミュレータ(写真-2参照)を用いて5段階のSD評価を行った。SD評価とは、形容詞を例えば「快適な=>快適でない」などの対語を両極としてその間を3段階、5段階、あるいは7段階に分けて評

表-3 IRI判断基準¹³⁾

区分	ランク	仕様
望ましい or 観察	good (3)	$3 \geq \text{IRI}$
修繕が望まれる	fair (2)	$6 > \text{IRI} > 3$
修繕が必要	repair (1)	$\text{IRI} \geq 6$

表-4 STAMPERの仕様¹²⁾

対応車速	20～120km/h(ただし、急激な加減速時は除く)
サンプリング	0.002秒(500Hz)
間隔	
IRI測定間隔	5～200m
集録データ	測定日時、緯度、経度、車速、IRI他
集録時間	IRI、位置情報のみの場合：約4000時間 加速度データ同時集録の場合：約15時間 (IRI評価長10m、車速40km/h、ストレージ4GB使用時)
カメラ用トリガ	オープンコレクタ形式、IRI測定と同期して出力
外形寸法	200(W)×50(H)×123(D)mm(本体のみ、突起部含まず)



写真-1 本研究で用いたSTAMPER(写真右側)とGPS(写真左側)

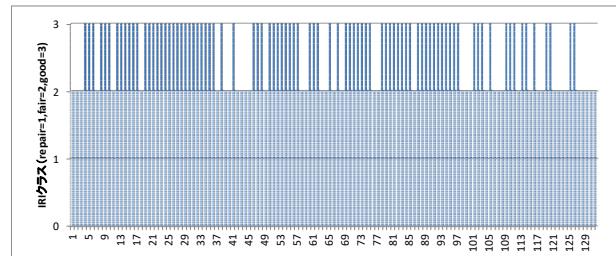


図-2 IRIのランク分け(約13km)



写真-2 ドライビングシミュレータ

価する方法である。SD評価は人間の受ける刺激の情緒的意味を測定する方法として様々な分野で幅広く活用されている。ドライビングシミュレータとは、路面プロファイルやすべり摩擦係数などの路面特性データ、加速度や角速度などの車両運動データおよびフロント視界画像データの再現機能を有しており、乗員の快適性・安全性などに影響を及ぼす路面評価を可能にしている¹⁴⁾。本研究では実測した加速度データとビデオ撮影した道路景観動画とをドライビングシミュレータに入力することで走行状況を再現した。箱根ターンパイクで録画した上り線の道路景観を動画編集ソフトであるAdobe Premierを用いて100m間隔で区切った。その際、様々なパターンの道路形状と道路景観が含まれるように配慮し、全長の中から20区間を抽出した。編集動画の一画面を写真3に示す。

SD評価は本来順序尺度であるが、既往の研究^{4~6)}においても評価対象における複数名のSD評価値の平均値を用いることで評価対象ごとに生じている平均値の差を考察しているように、間隔尺度として取り扱っているため、本論でも同じように考えた。

印象評価では、とても良い5、良い4、普通3、悪い2、とても悪い1とした。この評価数値の合計を人数で割って求めた平均値を各区間の代表値とした。アンケートは北見工業大学の学生男女各10人の合計20人に実施してもらった。評価は3回実施し、1回目は総合的な快適性を評価、2回目は景観のみに着目した評価（加速度等の振動はなし）、3回目ではドライビングシミュレータ上の画面に景観は表示せずに路面の状態のみ（加速度等の振動あり）で評価した。この中から、本研究では景観のみに着目した評価を用いて分析を行った。

既往の研究^{4~6)}より、道路内部景観構成要素と評価実験の結果から道路線形、のり面、構造物の有無などと評価との関係が分析されていることから、本論でも同様に道路空間構成要素（のり面、道路線形など）と評価との関係を把握することとした。この関係把握により、道路構成要素を変化させることによる評価に違いが把握できるようになる。



写真3 動画の一部分

道路管理者から借用した設計図面および走行時撮影動画をもとに、アイテムを検討した。ここでいうアイテムとは、のり面形状やのり面形状、縦断勾配や平面線形といった快適性評価に影響するデザイン要素に関する項目を指す。一方、カテゴリとは、のり面形状なら切土か盛土かといった各デザイン要素項目、すなわちアイテムの分類を意味している。景観に影響する要因として「のり面形状（進行方向左）」、「のり面形状（進行方向右）」、「のり面の状態（進行方向左）」、「のり面の状態（進行方向右）」、「縦断勾配」、「縦断勾配変化点」、「横断橋の有無」、「平面線形（R）」を路線全線にわたって整理した。評価実験を行った20区間中カテゴリが存在しない「縦断勾配変化点」、および、横断橋が1区間しかない「横断橋の有無」はアイテムから除外した。また、のり面形状のうち3段切土などは切土に、2段盛土などは盛土に統合し、草木・高木の場合は高さの高い高木として整理した。

次に、多重共線性の照査を行った。数量化理論による分析を行うにあたり、各アイテム間での相関が高くないこと、すなわち、独立性の検定を行う必要がある。相関の高いアイテムが存在している場合、どちらかのアイテムを説明変数から削除することが必要となる。作成したアイテム／カテゴリ表より説明変数相互の独立性の検定を行った。1%有意で相関のあるアイテムの組み合わせが3件存在したものの、5%有意で相関のあるアイテムは存在しなかつたため、説明変数相互の相関はないものと考えて差し支えない結果となった。したがって、この6項目のアイテム、18項目のカテゴリの選択は妥当であると考えた。

数量化理論I類による分析結果を図-3に示す。重相関係数は0.7772とかなり高く、観測値と予測値とがよく対応がとれているといえる。図-3におけるスコアとは、各カテゴリに与える数値であり、各カテゴリが「快適な」という印象をどの程度与えるかを示している。この数値が高いほど快適性が高く、マイナスの値であるものは快適性が低いということになる。被験者の評価値と数量化モデルによる予測値の散布図を図-4に示す。

景観性はのり面形状・植栽情報と景観評価とを数量化理論I類により分析した結果を用いて、100m区間ごとに式(2)により路線全線の景観性指標を算定する。

$$L = \sum (cs \times ic) \quad (2)$$

ここに、 L ：景観性指標、 cs ：スコア、 ic ：アイテム・カテゴリ（0,1）である。ランク分けは100m区間ごとにを行い、ランク分けの基準は表-5のとおりである。また、全線にわたる景観のランク分けを図-5に示す。

評価単位としては、IRI や景観評価の最小単位は 100m であるが、舗装の最小補修面積や補修延長なども考慮して、快適性評価を行う評価単位は 100m×5 区間の 500m 単位を設定した。

d) 平坦性と景観との組み合わせ

平坦性と景観を組み合わせる方法としては、式(3)に示す両者の加算による方法と、式(4)による両者の乗算による方法の 2 つがある。ここでは、2 つの方法を比較する。

$$C = F + L \quad (3)$$

$$C = F \times L \quad (4)$$

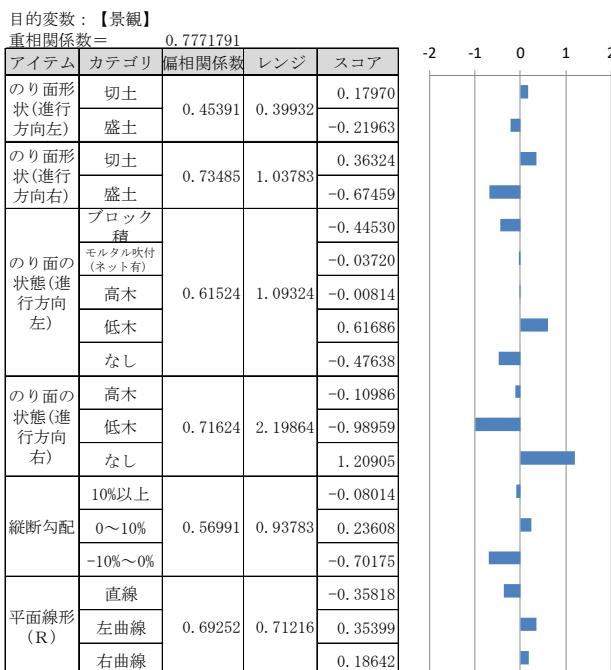


図-3 数量化理論 I 類による分析結果（景観）

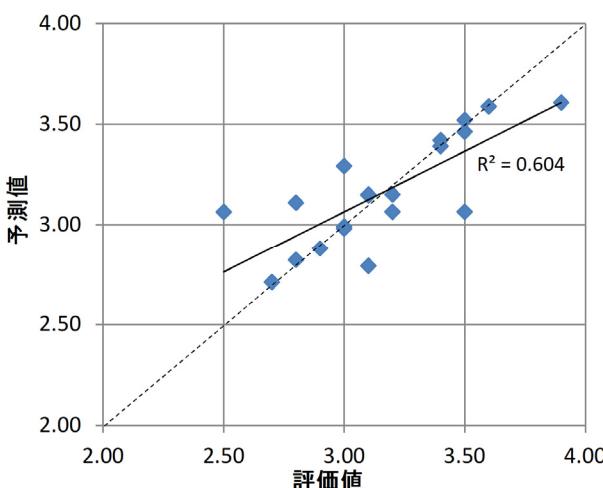


図-4 被験者の評価値と数量化モデルによる予測値の散布図

c)に示すように、ドライビングシミュレータにより実施した 3 回の評価実験より、平坦性のみの評価と快適性の関係は相関係数が 0.755、景観のみの評価と快適性の関係は関係数が 0.493、平坦性と景観とを組み合わせる方法として両者の平均値を求め、快適性との相関係数を算定すると 0.759 となり、平坦性と景観とを組み合わせた方がより快適性が高くなることがわかった。なお、景観と平坦性の相互の関係がないことは独立性の検定を実施して確認している ($0.01 < p = 0.0423 < 0.05$, 1%有意)。

快適性指標はその値が高い方が快適性が高いとする方が妥当であり、本論でもそのように処置している。表-6 に IRI と景観のランク分けと加算・乗算による 500m 区間の快適性評価の一例を示す。

(2) 快適性評価の結果

以下、景観性と平坦性を加算した場合のグラフを図-6 に示す。図-6 には平均値を用いた場合、最小値を用いた場合、最大値を用いた場合を示している。縦軸は快適性評価（景観性 + 平坦性）である。横軸は区間

表-5 景観性指標のランク分け

景観性指標	ランク
$L \leq 0.75$	4
$0 \leq L < 0.75$	3
$-0.75 \leq L < 0$	2
$L < -0.75$	1

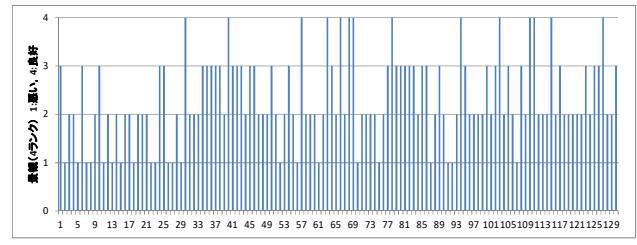


表-6 IRI と景観のランク分けと加算・乗算による 500m 区間の快適性評価の一例

地点 (Km)	計測 値	IRI		景観		総合評価 (500m区間)					
		判定	rank	式(2)	rank	加算			乗算		
						+	平均 値	最小 値	最大 値	*	平均 値
0.2~0.3	3.27	fair	2	0.1468	3	5				6	
0.3~0.4	3.03	fair	2	-2.368	1	3				2	
0.4~0.5	3.31	fair	2	-0.055	2	5	4.4	3	5	6	4.6
0.5~0.6	2.39	good	3	-0.169	2	5				6	
0.6~0.7	2.33	good	3	-2.368	1	4				3	
0.7~0.8	2.27	good	3	0.1468	3	5				6	
0.8~0.9	4.35	fair	2	-1.172	1	4				3	
0.9~1.0	2.98	good	3	-0.764	1	4	4.6	4	5	3	4.8
1~1.1	2.39	good	3	-0.368	2	5				6	
1.1~1.2	2.81	good	3	0.5427	3	5				6	
1.2~1.3	3.07	fair	2	-0.776	1	4				3	
1.3~1.4	2.23	good	3	-0.628	2	5				6	
1.4~1.5	2.65	good	3	-0.776	1	4	4.4	4	5	3	4.2
1.5~1.6	2.5	good	3	-0.368	2	5				6	
1.6~1.7	2.41	good	3	-1.08	1	4				3	
1.7~1.8	2.96	good	3	-0.536	2	5				6	
1.8~1.9	2.4	good	3	-0.219	2	4				4	
1.9~2.0	3.12	fair	2	-1.08	1	4	4.6	4	5	3	3
2.0~2.1	2.99	good	3	-0.052	2	5				6	
2.1~2.2	2.66	good	3	-0.219	2	5				6	

(500m) 単位であり、左端は 0.0~0.5km を、左から 2 番目は 0.5~1.0km を表している。

もう一つ、景観性と平坦性を乗算した場合のグラフを図-7 に示す。縦軸と横軸の説明は加算した場合と同じである。図-7 にも平均値を用いた場合、最小値を用いた場合、最大値を用いた場合を示している。

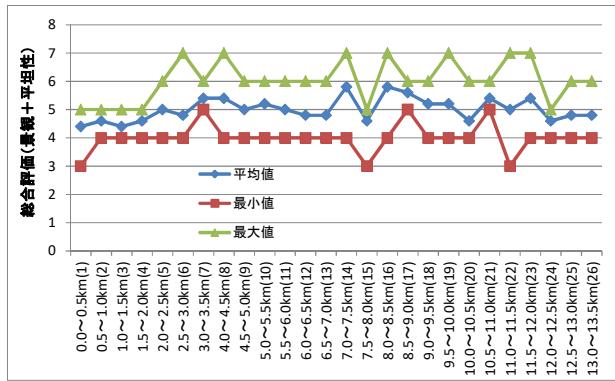


図-6 景観と平坦性の加算により快適性評価を算出
(平均値, 最小値, 最大値)

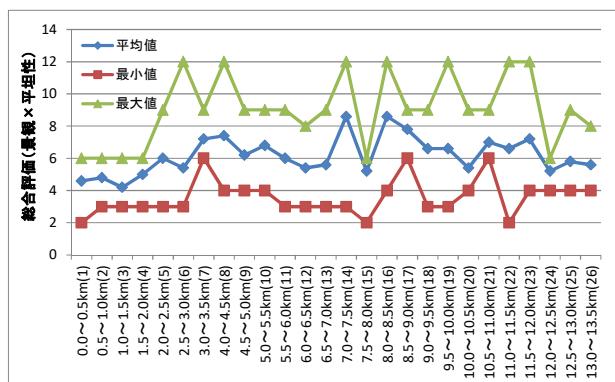


図-7 景観と平坦性の乗算により快適性評価を算出 (平均値, 最小値, 最大値)

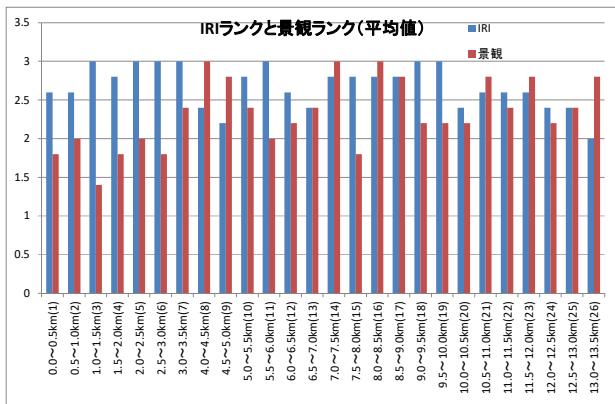


図-8 IRI ランクの 500m 区間平均値と景観評価ランクの 500m 区間平均値

景観性と平坦性を加算して快適性を評価する場合と、景観性と平坦性を乗算して快適性を評価する場合との比較を行う。一般的には、加算するよりも乗算する方が両者の評価が高い場合などより傾向がはつきりするが、本論の結果でも同じ傾向が確認できる。区間内の平均値で見た方が全体の傾向が把握し易いといえるが、最小値や最大値も利用方法はある。最小値は例えば、道路管理者はサービス水準維持の観点から最低利用水準を満足しているかどうかを把握する際には必要であろう。平均値に比べて最低値が大きく下回るようなら利用水準をもう少し上げるようにならなければならない。例えば、路面改良を施工するか、景観構成要素を変更して景観性を向上させるなどである。最大値は、例えば利用者向けに使用するもので、見どころや観光マップに記載できるように名所として利用者を呼び込むことができる観光スポットとしての役割がある。この最大値を高めることが観光スポットを増やすことにつながると考えられる。

なお、前述したように、快適性評価には平坦性も加味されているが、全線で補修必要区間 (IRI ≥ 6) なしのため、ランクは 2~3 の間となっている。一方、景観のランクは 1.4 から 3.0 であり、両者のレンジは異なったものとなっている。

次に、平坦性のランクと景観性のランクを 500m 区間ごとに示したものが図-8 になる。図-8 は IRI ランクの 500m 区間平均値と景観評価ランクの 500m 区間平均値を道路起点から順に表示したものである。

14 番目の 7.0km~7.5km 区間および 16 番目の 8.0km~8.5km 区間は平坦性と景観の両方とも最高点を得ており、快適性が最も高い区間であるといえる。次に、No.17 (8.5km~9.0km 区間) の評価が高く、No.8, No.21, No.23 が続く。最も快適性評価の低いのは No.1 で、次は No.3 である。

平坦性のランクと景観性のランクを 500m 区間ごとに散布図にしたものが図-9 になる。図中の番号は 500m 区間の起点側からの連番である。図-9 には快適性指標 (C) を IRI ランク (F) と景観性指標 (L) の平面上にプロットした散布図を示す。図-9 には $C=F+L$ (加算) および $C=F\times L$ (乗算) で評価した場合の C の等値線も併記している。 $C=5.5$ の直線よりも右上にある区間 (No.14, No.16, No.17) は快適性が非常に高い。一方、 $C=4.5$ の直線よりも左下にある区間 (No.1, No.3) は快適性がかなり低いといえる。また、No.7, No.8, No.21, No.23 などは $C=5.5$ の直線にかなり近く、快適性もかなり高い。快適性だけでは内訳がわからないので、その場合は図-9 のような散布図を描くことによって、IRI が低いのか高いのか、景観が低いのか高いのかが一目で判読できる。

(3) 快適性ベンチマーク

管理者あるいは道路利用者が当該道路の快適性を判断する場合、標準（ベンチマーク指標）が必要となる。道路管理者側の視点でいうと、平坦性は補修しなくてもよいレベルである2が、景観もマイナスの評価（良くない、あるいはやや悪い）以外のランク3が最低レベルであると考えると、加算の場合は $2+3=5$ が、乗算の場合は $2\times3=6$ がベンチマークとなる。なお、図-9より $C=5.0$ ライン（加算）と $C=6$ ライン（乗算）とがほぼ同じ位置となっていることが確認できる。表-7に路線全体を500m区間で評価した26サンプルにおいてこのベンチマークをクリアしている区間の数を示す。また、乗算の場合の平均値をマップ上にプロットした結果を図-10に示す。

最小値でみると12%の区間しかベンチマークをクリアできていないが、最大値でみると全てベンチマークをクリアできている。また、平均値では $14/26=54\%$ と約5割がクリアできていることになる。ここで、表-7において加算と乗算とで平均値、最小値、最大値の該当数が同じになるのはベンチマークの設定、すなわち、加算の場合が5.0、乗算の場合が6.0という値が箱根ターンパイクの現在の状況においては妥当であることを示しているといえる。

道路を管理する場合や利用する場合、こういったベンチマークは何かを判断する際の一つの指標になるものであり、標準値をどの程度クリアしているかという見方は重要な視点になると考えられる。図-9における $C=5.0$

（加算）あるいは $C=6.0$ （乗算）のラインがベンチマークとして考えられる一つに挙げられよう。もちろん、快適性を向上させる措置として、切削オーバーレイなどの路面性状の改良、および景観構成要素としての法面・植栽形状の変更などによりベンチマークライン $C=5.0$ あるいは $C=5.5$ を目指していくことも維持管理上の戦略の一つになると考えられる。

(4) 公開されている景観名所との比較

式(2)により算出した景観性指標を公開されている箱根ターンパイクの見どころ（景観名所）と比較してみた（図-10参照）。この図-10のベースになっている図は箱根ターンパイクのWeb頁にあるロードマップに記載の地図（<http://www.hptl.co.jp/guidemap.html?id=6797>、最終訪問日：2017年10月31日）より引用している。図-10以降の快適性マップのベースも同様である。見どころで番号のついている箇所（1～7）や例示しているビューポイントと景観性指標の高い黄色の区間とは概ね一致していることがわかる。箱根ターンパイクはもともと観光用道路であり、観光スポットや名所は他の道路に比べて比較的多いと考えられるが、全体的に景観がよいというわけではなく、切土や盛土、のり面保護工、高木などの組合

せによっては景観の良くない箇所も存在する。もちろん、アジサイや桜の季節などは景観性指標が向上すると推察されるが、あくまで短期的なものであり、長期的な景観性能改善を目的とするならば、道路構造、道路のり面や植栽などの改良を図っていくことが必要と考えられる。

(5) 快適性指標の組合せ方法の比較

ここでは快適性指標（C）のパラメータとなる景観性（L）と平坦性（F）を加算して評価する場合と、景観

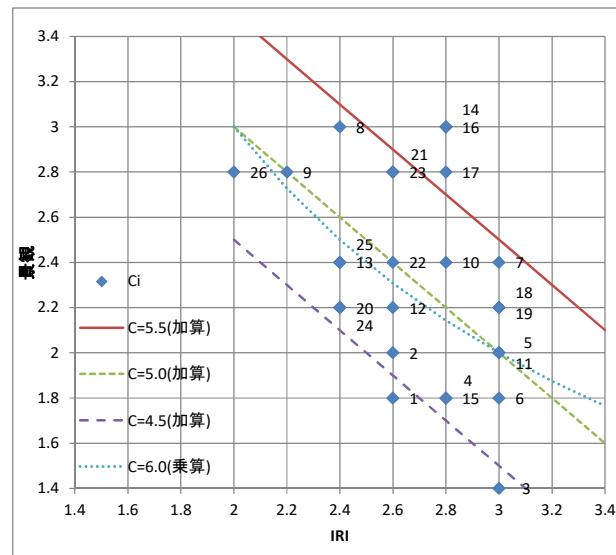


図-9 IRIランクと景観ランクの散布図

表-7 ベンチマークとの比較

	平均値	最小値	最大値
景観+平坦性 (加算)	14/26 54%	3/26 12%	26/26 100%
景観×平坦性 (乗算)	14/26 54%	3/26 12%	26/26 100%



性と平坦性を乗算して評価する場合との比較を散布図にて行う。

次に散布図において加算と乗算の比較を行う。前述の図-9にはIRIランクと景観ランクの散布図に加算の場合の等高線を表示している。図-11は同じく散布図に乗算の場合の等高線を表示している。加算の場合はCを一定とした場合の等高線は右下がりの直線になるが、乗算の場合は同じCの値を描画すると下に凸の二次曲線になる。加算の方が直感的な理解はし易いが、乗算でも曲線の勾配が小さくないため(曲線半径の大きな直線に近い)、Cの値を明記しておけばよいと思われる。また、加算と乗算とを比較した場合、等高線のレンジが大きいのは乗算の方であり、より幅広い範囲で全体を見通すことが可能になる。Cの値をプロットした散布図自体は加算でも乗算でも同じであり、散布図で変わるのは平均値や最大値、あるいは最小値をプロットした場合となる。快適性ベンチマークでも述べたように、加算の場合のC=5.0ラインと乗算の場合のC=6.0ラインとはほぼ同じ境界に位置することがこの図-9より確認できる。加算した場合の結果と乗算した場合の結果が異なるのは、Cが4よりも大きくなる場合である。すなわち、景観のランクが2でIRIのランクが2の場合は加算でも乗算でもCは同じ値となるが、景観のランクが3でIRIのランクが3になると、加算ではCが6(快適性は中高)、乗算ではCが9(快適性高い)となり、ランクに差が生じる結果となる。快適性の区分値は加算も乗算も同じとしているが、これは両者を比較しやすいようにするためにある。

この散布図を利用するには主に道路管理者であり、直感的に理解しやすい加算タイプを採用するのか、より幅広いレンジを把握できる乗算タイプを採用するのかは、その使用局面や使用頻度などを勘案し、今後の検討課題したい。

最後に地図上にプロットする快適性マップにおいて加算と乗算の比較を行う。図-12には加算の場合を、図-13には乗算の場合を示す。IRIや景観のランクが高くなつてくると乗算の効果がより顕著になり、乗算の方が快適性が高い区間数が4区間、快適性がやや高い区間が10区間となる。これが加算の場合は快適性が高い区間数が0区間、快適性がやや高い区間が4区間となる。景観やIRIのランクが低い場合(Cが4前後になる場合)は加算でも乗算でも快適性の値は大差ない。外部に公開するような場合は快適性の高い区間がより強調される乗算の方が適していると考えられる。また、道路管理の場合でも差が生じにくい加算よりも傾向がよりはつきりする乗算の方が特徴がより明確になると思われる。

以上の比較結果から、加算と乗算とではより特徴が明確になる乗算の方が適していると考えられる。

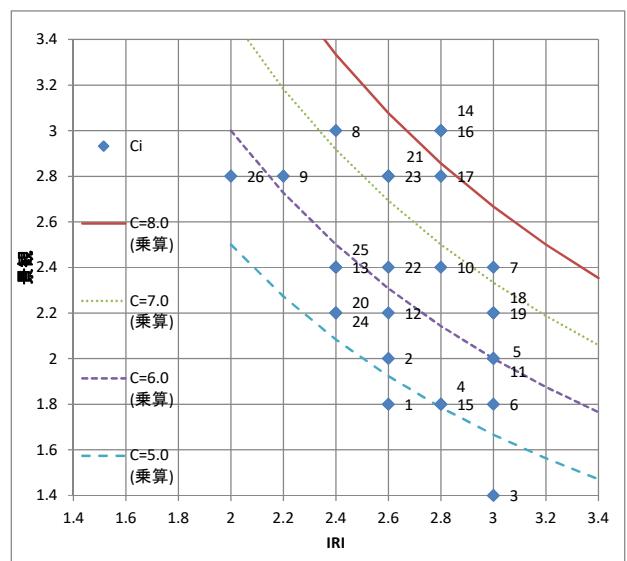


図-11 IRIランクと景観ランクの散布図(乗算)



図-12 快適性マップ(加算, 平均値)



図-13 快適性マップ(乗算, 平均値)

(6) アンケート結果と快適性評価との比較

ここで、作成した快適性マップとドライビングシミュレータにより快適性を評価した結果とを比較した(図-14参照)。乗算による快適性評価は区間7付近と14~17付近および区間23付近にピークがあるが、アンケート結果も同じような傾向を示している。乗算による快適性評価は縦軸の振れ幅がアンケート結果よりも大きくなっているが、これは平坦性と景観とを掛け合わせているためである。また、山の位置や谷の位置および起点側と終点側付近の評価値が低くなっていることも共通していることから、評価の傾向は概ね一致しているとして差し支えないといえる。

4. 快適性マップの作成と公開

(1) 快適性マップの作成

前章までで検討した快適性の評価をマップ上にプロットすることを試みる。横軸に500m評価区間をとった棒グラフでもどの区間が快適性が高いか、低いかは判読することは可能であるが、地図上にプロットした方が利用者のイメージはつかみやすい。ここでは2パターン(最小値、平均値)の表示を試みた。箱根ターンパイクの公開されているWebページ(ロードマップ)に快適性ランクをプロットする。快適性の評価は乗算による方法を用いている。図-13には平均値をプロットしたものを、図-15には最小値をプロットしたものを示す。ランク分けの境界値は、図中の凡例にも示しているが、快適性高い($C \geq 8$ 、赤色)、快適性中位1($6 \leq C < 8$ 、黄色)、快適性中位2($4 \leq C < 6$ 、緑色)、快適性低い($C < 4$ 、灰色)で統一している。ここで、ランク分けの閾値は図-11に示す平坦性と景観の乗算を示す散布図を基本にし、快適性の最小値、平均値、最大値のそれぞれの分布を考慮しながら偏りが発生しないようにして決定した。図-11より、一つの閾値として $C=8.0$ を考え、もう一つの閾値は $C=6.0$ 、等間隔で $C=4.0$ の3つの閾値を考えた。

管理者は最小値で管理する方が重要である可能性が高い。図-15でみると最低ランクの灰色が14/26(54%)、快適性中位(やや低い)の緑色が9/26(35%)となっており、この快適性ランクが低い区間の性能アップを、時期と予算を見ながら実施していくことになる。景観上優れている箇所と図-10のマップとが一致しない箇所もあるが、快適性は景観と平坦性を組み合わせた評価になっているので、平坦性の影響が加味されていることが一致しない原因となっている。

(2) 快適性マップの公開

箱根ターンパイクのWebページでも示されているように、見どころや景観スポットを地図上に記載した方が道路利用者の訪問動機づけに繋がると考えられる。この方針に従うとすると、快適性が高い区間を強調する方が道路利用者にとっては望ましいと考え、本項では最大値によるマッピングを考えた。図-16に最大値をプロットしたものを示す。ランク分けの境界値は図-13および図-15と同じである。この図-16では快適性が低いランク(灰色、緑色)ではなく、快適性が最も高いランクが20/26(77%)と約3/4を占める。道路利用者に公開して、箱根ターンパイクは景観の名所だけではなく快適性も優れていることをPRするならこの最大値表示が適していると考えられるが、訪問して道路を走行してみると期待したほどではなかったという結果をまねく恐れもあるため、最大値で表示するか、平均値を表示するかなどは管理者とも十分に協議してから決定する必要があると考える。

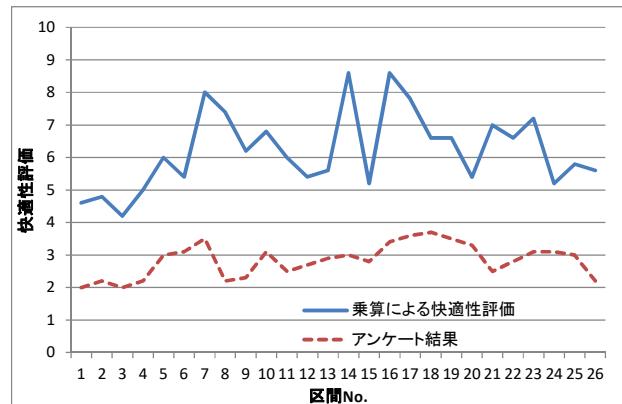


図-14 乗算による快適性評価とアンケート結果の比較



図-15 快適性マップ(乗算、最小値)

5. 快適性マップの活用方法

(1) 道路管理者

道路管理者は、この快適性マップを使って維持管理に関わる様々な業務に活用することができる。2章で示した快適性の定義より、快適性向上のための施策としては、(1) 切削オーバーレイなどの舗装路面改良、(2) 道路構成要素であるのり面・植栽形状の修景変更が考えられる。舗装の路面改良は、予算や補修工期の問題もあるので路面性状の良くない区間、あるいは所定の管理水準に達していない区間、重要度の高い路線などから総合的に判断して優先順位を決定し、補修していくことになるが、この補修計画はインフラ修繕計画にて策定されることになる。景観はどの区間が良くないのかは、2章にて実施している数量化理論による分析で得られるスコアにより算定可能であり、景観評価のクラスの低い区間の高木や低木の変更、のり面の修景変更などの方法が考えられる。

a) 舗装全面改良による IRI 改善に伴う快適性評価

ここでは、道路管理者が修繕計画にて費用対効果を算定する場合、舗装の切削オーバーレイによる全面改良を施工した場合を試算してみる。この場合、現在の IRI の状態から路面が全て新しくなるので、ランクは“good”になる。現在の IRI の状態から算定した快適性評価（平坦性と景観の組合せ）と、路線全体の IRI ランクを“good”にした状態で算定した快適性評価とを比較する。平坦性と景観とは乗算による組合せで行うものとし、図-17 に平均値による比較を、図-18 に最小値による比較を、図-19 には最大値による比較を示す。図-17、図-18、図-19 の左側が現在の IRI の状態での快適性ランクの割合、右側が平坦性を全て“good”ランクにした場合の快



図-16 快適性マップ（乗算、最大値）

適性ランクの割合を表す。

平均値でみると、IRI ランクを全て good に修正すると快適性ランクは向上することがわかる。特に快適性指標 8 以上（快適性特に高い）が約 3 割とかなり改善されることがわかる。最小値で見ると快適性指標 4~6 が 6~8 に改善される以外は変更はない。4 未満の比率が変わらないのは景観の評価が低い最低ランクになっている区間が何か所かあってその値が最低値として影響していることが原因であろう。例えば、景観ランクが最低の 1 で、平坦性は改良後最も良いランク 3 になつても快適性指標は乗算の組合せにすると $1 \times 3 = 3$ (<4) で、快適性としては最も悪いランクのままになる。

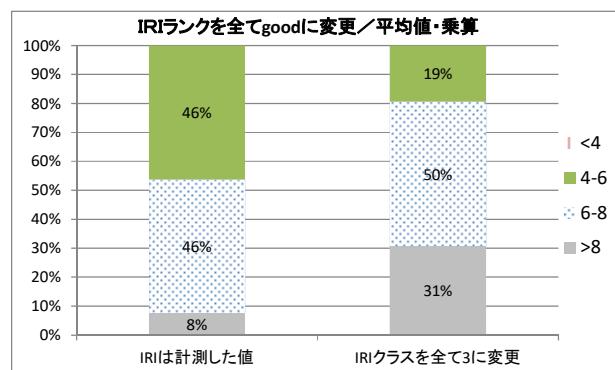


図-17 平均値（乗算による組合せ）による快適性の比較

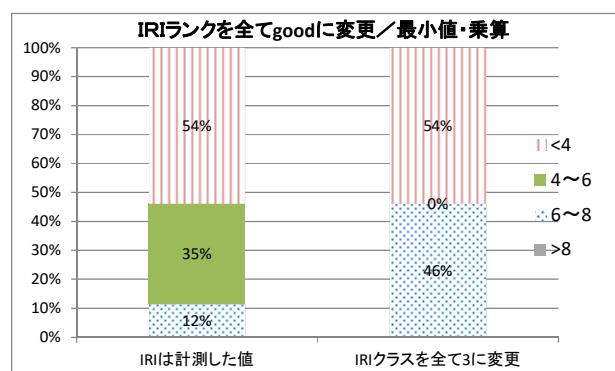


図-18 最小値（乗算による組合せ）による快適性の比較

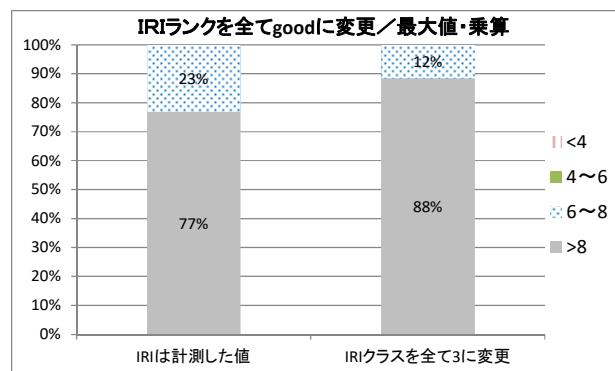


図-19 最大値（乗算による組合せ）による快適性の比較

図-19 の最大値での比較では、現在の快適性指標が最もよいランクの割合が 77%から、IRI 改良後は 88%に向ふことになる。区間数でいうと、23/26 が快適性最良となる。

この IRI 改良を実施するための概算費用を算定する。現在の平坦性評価が“Fair”の区間数は 42/130 区間である。42 区間 × 100m (単位区間延長) × 9.0m (道路幅員) × 5 千円/m² (補修単価) = 189,000 千円が補修総費用として算定できる。なお、舗装路面補修単価は文献¹⁵から引用した。“Fair”ランク区間は本来は補修対象外であるが、ここでは仮に全て“good”ランク区間への変更をした場合に、どの程度の費用がかかるかを試算してみた。もちろん、この費用を全て 1 年間で予算化することは過去の補修予算推移からも難しいであろうと思われるし、また工事期間と通行止め期間のバランスも考慮しなければならない。よって、IRI の特に高い箇所 (路面の平坦性が良くない箇所) を重点的に選定して、補修区間の連続性なども加味しながら、例えば、10 年サイクルぐらいで順番に補修していくのが現実的な対処方法であろうと推察される。10 年間でとなると年間約 19 百万円の支出となる。

b) 道路景観構成要素の改善に伴う快適性評価

もう一つ快適性を向上させる施策として、景観構成要素を改善する方法があるので、この方法の試算も紹介する。

路面の平坦性を向上させる施策としては、前節で紹介したような切削オーバーレイなどの舗装の改善が一つの方法であるが、沿道の植栽を変更して景観評価を改善する方法もある。本節ではこの方法により快適性がどの程度改善するかを試算する。具体的には、数量化理論により分析した結果から、のり面状態のカテゴリである高木を無しに変更する。これは、のり面状態が“高木”である場合のスコアよりも“無し”のスコアの方が高いためである。具体的には、景観判定ランクが最も低いランク 1 の区間を主に改善を図る。舗装修繕の連続性確保の観点から判定ランク 1 と 2 とが連続している 100m 区間 (42 ケ所) を抽出した (500m 区間では 11 区間を改善)。部分的にランク 1 が点在するような区間は考慮していない。したがって、最小値による快適性判定では、改善していないランク 1 がそのまま残り、快適性も改善されないというケースあり得る。

図-20 には景観改善後の 500m 区間の IRI ランクと 500m 区間の景観ランクを散布図にプロットしたものを示す。現状で C=5.5 ラインを超える区間は図-9 より No.14, No.16, No.17 の 3 つしかなかったが (12%)、改善後は 13 区間と 50%が快適性が高い区間になる。よって現状からは大幅に改善されていることがわかる。

高木を無しに改善した場合の現状との比較を図-21

(平均値・乗算)、図-22 (最小値・乗算)、図-23 (最大値・乗算) に示す。図-21 の平均値でみると、快適性指標 8 以上 (快適性が特に高い) が 8%から 46%と IRI 改善による方法よりも改善効果は良くなっている。快適性指標 4~6 も改善後は 2 割になるなど、改善の効果は大きいといえる。図-22 の最小値でみても、快適性指標 4 未満の割合が 54%から 8%へと大幅に改善されていることがわかる。図-23 に示す最大値の比較では、快適性

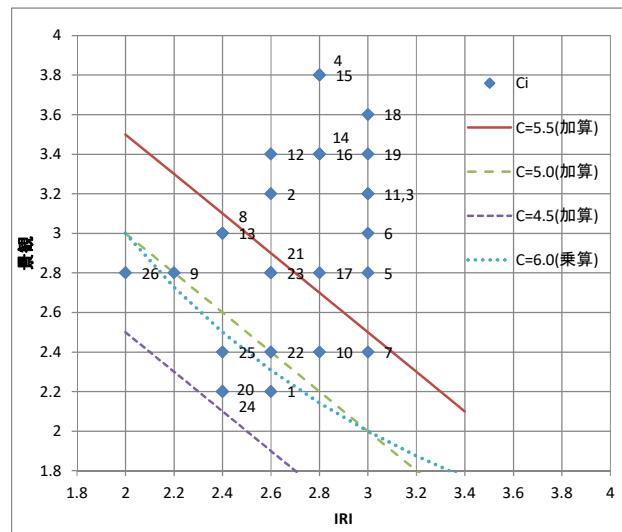


図-20 景観を改善した散布図

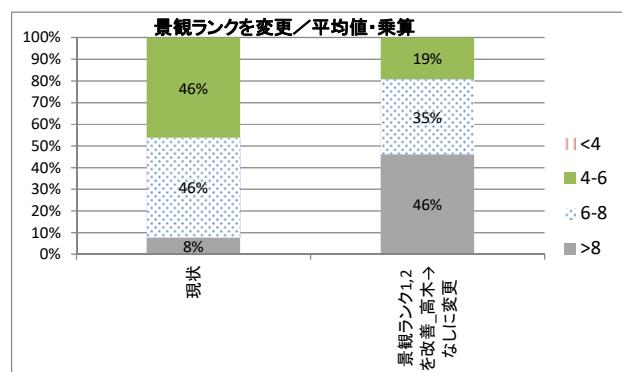


図-21 景観改善策による快適性の比較 (平均値・乗算)

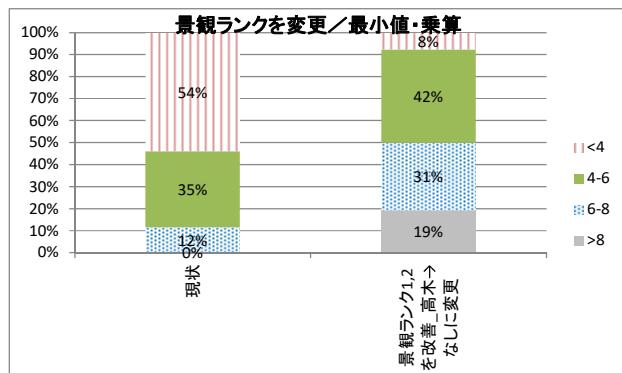


図-22 景観改善策による快適性の比較 (最小値・乗算)

指標 8 以上の割合が、77%から 92%へと改善され、快適性指標 4~6 も 23%から 8%へと改善されている。

次に、この景観改善を実施するための概算費用を算定する。100m 区間を 42 か所改善したので、42 区間×100m (単位区間延長) ×10m (高木植生幅) ×3 千円/m² (高木伐採搬出処分費用) =126,000 千円が総補修費用として算定できる。なお、高木伐採搬出処分費用の単価は物価版等には記載がなく、施工条件によって大きく変わるために、高速道路会社の内部資料を参考にしている。IRI 改善費用よりも安価となることがわかる。道路管理者は IRI 改善費用と景観改善費用の両面から費用対効果を見て適切と思われる修繕を実施すればよいことになる。

道路管理者にとっては図-12～図-13 および図-15～図-16 に示すような快適性マップも重要であるが、管理する際は、図-9 あるいは図-11、図-20 に示す IRI ランクと景観ランクの散布図が重要になる。この散布図において直線 C=5.0 あるいは直線 C=4.5 を最低水準ラインとして設定し、この線を下回るような区間があれば景観と平坦性のどちらが補修しやすいのか（工費比較や工事工程比較など）を検討し、最低水準ラインを上回るような措置を取らなければならない。この散布図は快適性指標を見るだけではなく、平坦性と景観のどちらが劣っているのかを直線 C=5.0 や直線 C=4.5 などのセンター線により判断することができるため、管理者向きのマップであるといえる。

(2) 道路利用者

道路利用者は図-12～図-13 および図-15～図-16 に示すような快適性マップを見ながら、道路走行の動機づけに利用することになると考えられる。複数の路線に対して快適性の比較を行っていないため、快適性が良ければ少々遠方でも訪問して当該道路を走行してみようという動機が生まれるとはこの段階ではいえないが、この点については 6 章のアンケートにて再確認する。逆に、快適性が悪ければ逆効果になるが、集客を目的とした快適性

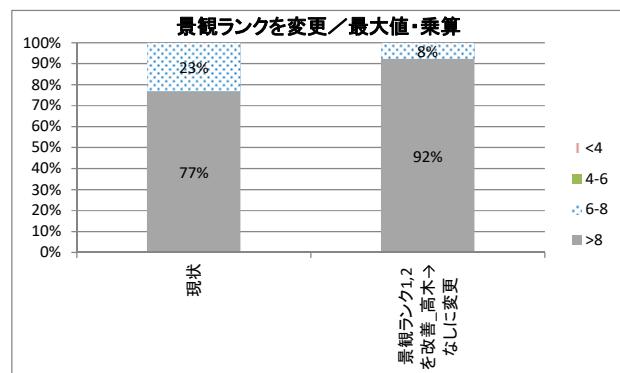


図-23 景観改善策による快適性の比較 (最大値・乗算)

マップの公開は PR に有効に作用すると推察される。快適性マップに併記する形で、眺望スポットや観光名所などを記載するとさらに効果があると思われる（例：箱根ターンパイク）。箱根ターンパイクは現在有料道路となっているが、更なる付加価値（快適性向上）をプラスすることで有効利用に直結する効果が期待できる。

快適性マップはまだ一般的にはなっていないが、観光名所をいくつか保有している道路は集客力を高める意味で快適性マップ（観光スポット紹介付き）を公開してみると効果があると思われる。

利用者との相互コミュニケーションも重要である。道路利用後のアンケートなどを実施し、快適性や景観、平坦性などを利用者に判断してもらうことで、管理者側の視点と利用者側の視点とが隔離することなく、より良い維持管理に繋がっていくことが期待できる。

6. 快適性マップのアンケート調査

(1) 道路利用者

本論で提案した快適性マップ（例えば図-13 など）を不特定多数の道路利用者に見せてその内容についてアンケートを行った。アンケートの前に、快適性マップの目的、快適性の評価方法、マップの作成方法や利用例などを説明し、疑問点があれば適宜回答することで被験者の認識の統一を図っている。回答の選択肢は「はい」、

「いいえ」の 2 択とした。被験者は大学工学部の 3 年生 30 名である。設問内容を以下に示す。

- ・この快適性マップは見やすいですか？
- ・快適性が高い道路ならば少しぐらい遠方でも走行してみたいと思いますか？
- ・こういった快適性マップが事前に情報としてあれば道路を走行してみたいと思いますか？
- ・事前に走行する道路の情報（見どころなど）がある方が望ましいですか？
- ・道路走行時の快適性を道路景観と平坦性とで評価することは妥当だと思いますか？

・快適性を景観と平坦性の両面で評価すると仮定した場合、平坦性の方がより重要だと思いますか？

- ・走行してみて快適性が高いと感じる場合は有料でもやむを得ないと考えますか？
- ・快適性マップはインターネットでも公開した方がよいと思いますか？

アンケート結果を図-24 に示す。

「快適性マップの見やすさ」については、見やすいと回答した人の方が見やすくないと回答した人の数よりも多くなったが、カイ二乗検定の結果から、 $\chi^2(1)=0.533$ 、 $p=0.465>0.05$ となるため、回答別（はい・いいえ）では

有意差が認められなかった。まだ快適性マップそのものが広く普及しているわけでもなく、一般的な認知がほとんどないことを考えるとこの結果もやむを得ない。

「快適性が高い道路ならば少しぐらい遠方でも走行してみたいと思うか」, 「快適性マップが事前に情報としてあれば道路を走行してみたいと思うか」, 「事前に走行する道路の情報（見どころなど）がある方が望ましいか」の設問については、それぞれ、カイ二乗値とp値は、 $\chi^2(1)=10.8$, $p=0.001<0.05$, $\chi^2(1)=4.8$, $p=0.028<0.05$, $\chi^2(1)=19.2$, $p=0.00001<0.05$ となり、回答別（はい・いいえ）では有意差が認められた。快適性の高い道路を走行してみたいという欲求や事前情報としての公開などの重要性が示唆される。

「道路走行時の快適性を道路景観と平坦性とで評価することは妥当か」という問い合わせについては、 “はい” が 20 名, “いいえ” が 10 名と “はい” の数の方が多いが、 $\chi^2(1)=3.333$, $p=0.068>0.05$ と、回答別（はい・いいえ）では有意差が認められなかった。快適性の判断基準は人それぞれであり、休憩施設の充実や渋滞、工事や規制などの道路情報の提供、天候、季節、運転者の体調などにも左右するため、道路景観と平坦性の両面で単純に評価することは難しいと思われる。

「快適性を景観と平坦性の両面で評価すると仮定した場合、平坦性の方がより重要と思いますか？」という問い合わせに対しては、重要と思うが 20 名、そうでないが 10 名と平坦性が重要であるという意見の方が多かったが、 $\chi^2(1)=3.333$, $p=0.068>0.05$ と、回答別（はい・いいえ）では有意差が認められなかった。平坦性は走行時の安全性に直結するため、景観よりも重要な要素であると考えている人が多い。

一方、「走行してみて快適性が高いと感じる場合は有料でもやむを得ないと考えるか」という問い合わせについては、やむを得ないとする人の人数は少なく（n=9）, $\chi^2(1)=4.8$, $p=0.028<0.05$ と回答別（はい・いいえ）での有意差が認められた。快適性の度合いにもよると思われるが、有料でもやむをえないとする人はまだまだその人数が少ないことが現状であろう、どの程度の快適性なら有料でもよいかという境界は今後検討していきたい。

「快適性マップのインターネット公開」については、 $\chi^2(1)=16.133$, $p=0.00006<0.05$ と、回答別（はい・いいえ）での有意差が認められた。近年は情報収集をインターネット上で行っていることが多いのと、道路利用者の訪問の動機づけにはインターネットが十分貢献できることを示しているといえる。

まだ快適性マップそのものが広く普及しているわけでもなく、一般的な認知がほとんどないことが現状であろうと考えられる。また、見どころや景観スポットを表示した従来のマップと快適性マップについて比較できてい

ないため、快適性マップの有効性は確認できないが、この利用者アンケート結果からは、走行する道路情報は事前に少しでもほしいという人が多いことからも、従来の見どころマップや快適性マップは事前の情報として訪問の動機づけになると思われる。また、快適性マップを利用者に提示することで走行中の快適性に対する意識の改善や向上につながるものと期待できる。実際に走行してみて快適であると判断されれば、利用者満足度の向上に寄与できるし、利用者増にも直結する可能性を有しているといえる。

(2) 道路管理者

道路管理者にとっては、地図上に快適性の評価結果をプロットしたマップよりも平坦性と景観性とをマトリクスにした、例えば、図-9 の方が利用しやすいと考えられる。何故なら、路線での各区間が管理レベル以上（例えば、C=5 以上）を確保できているのか、そうでないのか、評価が低い原因は平坦性か景観かどちらかなどが一目で把握できるからである。多くの管理者はそもそも平坦性と景観による快適性評価を実施していないし、維持管理での補修判断には路面性状しか考慮していないことが多いと思われること、また、こういったマトリクス評価を維持管理に取り入れていないため、不特定多数の管

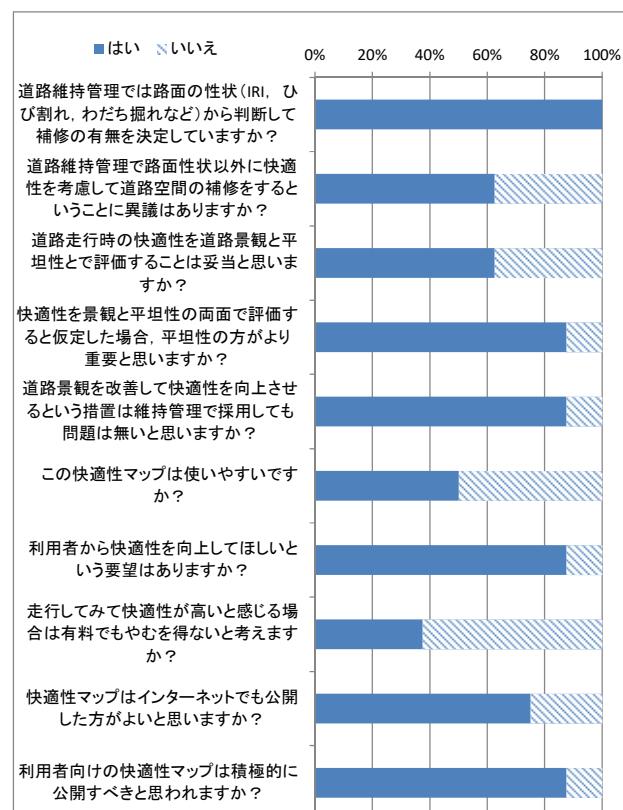


図-24 アンケート結果（道路管理者）

理者にアンケートしても正確な情報が収集できるかということが危惧される。しかし、快適性を向上させることは利用者満足度アップに繋がることから、こういった快適性マップは重要であるという認識を管理者にも持つもらうことも重要であろうと判断し、現状の維持管理方法を快適性向上の観点から改善していくための一つの方法として考えてもらうという目的で、複数の道路管理者にこのマップを見せて快適性マップの目的、快適性の評価方法、マップの作成方法や利用例などを説明した後、設問に答えてもらうという形式をとった。提示したマップは、マトリクス評価用のマップと利用者用のマップの2種類である。被験者は8管理機関と少ないが、これは27の維持管理機関宛にアンケートを配布するも、有効な回答が得られたのは8しかなかったためである。回答の選択肢は「はい」・「いいえ」の2択とした。設問とアンケート結果を図-25に示す。

有効回答数が少ないので、この結果が管理者の意見を代表しているということにはならないし、ある程度は割り引いて考えなければならないことに注意を要するが、設問の中で、「道路維持管理では路面の性状（IRI、ひび割れ、わだち掘れなど）から判断して補修の有無を決定しているか」という設問には、全ての維持管理機関（n=8）がそのとおりと回答しているように、快適性を向上させるために景観を改善するという行為は実施に対して前向きにとらえていることがわかる。「道路景観を改善して快適性を向上させるという措置は維持管理で採用しても問題はないか」という設問には、 $\chi^2(1)=4.5$ 、

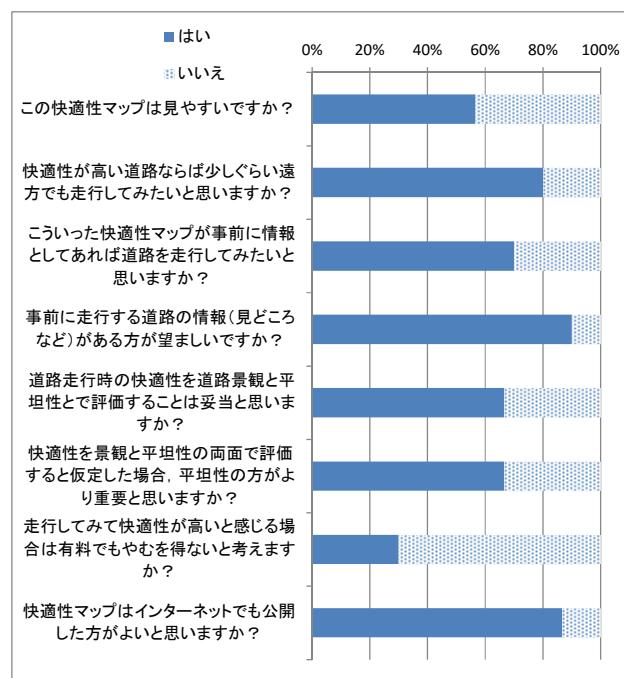


図-25 アンケート結果（道路利用者）

$p=0.034 < 0.05$ と、回答別（はい・いいえ）での有意差が認められた。快適性を向上させるために景観を改善するという行為は実施に対して前向きにとらえていることがわかる。ただし、3章でも述べたように、平坦性があまりにも悪く、通行できないような状況はもともと考えていないと思われる。

「利用者から快適性を向上してほしいという要望はあるか」，「利用者向けの快適性マップは積極的に公開すべきか」という設問には，それぞれ，カイ二乗値と p 値は， $\chi^2(1)=4.5$ ， $p=0.034<0.05$ ， $\chi^2(1)=4.5$ ， $p=0.034<0.05$ となり，回答別（はい・いいえ）では有意差が認められた。快適性の向上要望は利用者からかなりあるものと推察されるし，快適性を向上させるための施策（例えば，快適性マップなど）は積極的に公開する方針であるとされる。

一方、「道路維持管理で路面性状以外に快適性を考慮して道路空間の補修をするということに異議はあるか」、「道路走行時の快適性を道路景観と平坦性とで評価することは妥当か」という設問では、いずれも $\chi^2(1)=0.5$, $p=0.48>0.05$ と回答別（はい・いいえ）での有意差は認められなかった。これは現状で快適性の評価をまだ実施していないことと、実施した場合の管理イメージがよく把握できないことも関係していると思われる。

「快適性を景観と平坦性の両面で評価すると仮定した場合、平坦性の方がより重要と思いますか？」という問い合わせに対しては、 $\chi^2(1)=4.5$ 、 $p=0.034>0.05$ と、回答別（はい・いいえ）では有意差が認められた。道路管理者の立場としては走行時の安全性に直結する平坦性の方が景観性よりも重要度が高くなると考える人が多いのはうなづける結果となっている。

「提示した快適性マップは使いやすいか」も同様で、回答別（はい・いいえ）での有意差は認められなかつた。実際にある期間使ってみないと回答できない人もかなりいるためと思われる。「走行してみて快適性が高いと感じる場合は有料でもやむを得ないと考えるか」、「快適性マップはインターネットでも公開した方がよいと思うか」という設問では、それぞれ、カイ二乗値とp値は、 $\chi^2(1)=0.5$, $p=0.48>0.05$, $\chi^2(1)=2.0$, $p=0.157>0.05$ となり、回答別（はい・いいえ）では有意差が認められなかつた。快適性が高い場合は有料にするかどうかは利用者のことも考えなければならず、管理者側だけの判断では難しいと思われる。また、インターネット公開については、利用者への更なる情報提供により利用者増を目的とする場合と平坦性と快適性のマトリクスはあくまで管理者側の判断指標なので一般には公開すべきでないと考えている人が混在しているためと推察される。

7. おわりに

本研究では、維持管理の視点から道路の快適性向上を目的として、快適性マップの構築を試みた。道路を維持管理していく上で管理者や利用者の快適性を評価するために、舗装路面の状態と道路走行時の景観性をそれぞれ指標化し、快適性マップ上にプロットすることで、維持管理者や道路利用者にとって有効なマップになることが期待できる。道路管理者にとっては、マップ上にプロットされる快適性指標の値をチェックすることで路面の状態や景観性に不具合が無いかどうかを確認できる。維持管理上からは快適性を向上させるために、舗装の切削オーバーレイなどにより路面の性状を改善する方法と、道路景観構成要素、例えば、道路線形、のり面、植栽などを改良することで快適性を改善する方法の選択が可能となり、これまでの切削オーバーレイだけという方法から複数の改善選択肢から選定できることがメリットになる。一方、道路利用者はこの快適性マップを旅行前に見ることで、景観上の名所や走行する路面の状態なども確認でき、景観面でも優れた快適性の高い道路を走行してみようという動機付けに繋がることが期待できる。

本研究で得られた成果を以下に要約する。

(1) 快適性の評価を景観性と路面の状態の両面から算定することで快適性マップとして表すことが可能になった。快適性マップをみることでどの区間が快適か、そうでないかが一目で判読できる。

(2) 快適性マップより性能の低い箇所に切削オーバーレイを施工したり、景観構成要素を変更することで快適性評価が改善できることを確認した。

(3) 快適性を平坦性と景観の乗算で表現するのか、加算で表現するのかについては、より結果の特徴が明確になる乗算の方が適していると考えられる。

(4) 快適性マップを用いることで道路管理者は維持管理面から快適性を向上させるという目的のために舗装の切削オーバーレイか景観構成要素の変更かという選択ができるようになる。6章(1)の道路利用者アンケートより、快適性マップが事前情報としてあれば望ましいこと、快適性の高い道路を走行してみたいという意識が高いことから、道路利用者は事前に快適性マップを参照することでより快適な道路を走行しようという動機付け（目的地化）に直結すると考えられる。この目的地化というのは単に特定の目的とする施設を訪問するために道路を利用するということから一歩進んで快適性の高い道路を走行するということが目的（道路自体が目的物）となっていることをいう。

(5) 構築した快適性マップを道路管理者と道路利用者に提示しアンケートした結果、快適性が高い道路なら少々遠方でも走行してみたいという意識が高く、道路利

用者には事前の快適性マップという情報があればその道路を訪問する動機づけになること、道路管理者には快適性を向上させる措置は利用者からの要望もあり、今後取り組んでいきたい意向が見受けられた。

今後の課題は以下のとおりである。

今回の研究では箱根ターンパイクという観光用道路にて評価実験などを実施したが、限定された景観構成要素および限られたアンケート数による分析になった。今後は出来る限り、サンプル数を増やしていく方策が望まれる。なお、本論では被験者の数が少ないと加えて、被験者の属性が大学生に限定されており、この実験で得られた結論が汎用的とはいえない可能性がある。年齢、職業、運転歴等の属性によって評価が異なる可能性があり、更なるアンケートや分析を追加していく必要がある。また、観光名所として知られている道路は他にも沢山存在するため、景観性向上のための共通する景観構成要素なども検討することでより汎用性が高まると思われる。

謝辞：本研究を進めるにあたり、株式会社ニュージェック、河川グループ、大槻英樹様には有用な助言を賜りました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省 道路局：舗装点検要領、2016.10.
- 2) 東日本高速道路株式会社：NEXCO 東日本レポート 2016（ウェブ版），http://www.enexco.co.jp/csr/download/pdfs/2016/csr_all.pdf（最終訪問日：2017年10月31日）
- 3) 阪神高速道路株式会社：ドライバーズサイト、お客様満足度アッププラン、<http://www.hanshin-exp.co.jp/drivers/manzoku/page03.html>（最終訪問日：2017年10月31日）
- 4) 深堀清隆、窪田陽一：高速道路走行中の継時の景観変化の特性分析と評価手法、土木学会、土木計画学研究・論文集、No.12, pp.357-366, 1995.8.
- 5) 杉山和雄、八馬智、張挺：道路のシークエンス景観評価尺度に関する研究、国際交通安全学会誌、Vol.29, No.4, pp.246-254, 2005.3.
- 6) 兵庫利勇、松田泰明、岩田圭佑：郊外部道路におけるシークエンス景観の印象評価に関する考察、第57回 北海道開発技術研究発表会、2014.2.
- 7) 中村俊行、大西博文、恒岡伸幸、時政宏：道路空間の安全性・快適性の向上に関する研究、国総研プロジェクト研究報告、第7号、2006.2.
- 8) 松田泰明：北海道における道路の魅力向上と観光への貢献、寒地土木研究所第5回技術者交流フォーラム資料、2009.12.01.
- 9) 安藤義宗、齊藤潮：高速道路走行における地域景観要素の視覚的展開に関する研究、東工大・社工・論部梗概集、No.33, pp.2-3, 2002.
- 10) 中島久智、岩崎征人：道路景観の有無が運転挙動に与える影響、土木学会、第32回土木計画学研究発

- 表会・講演集, 2005.
- 11) 奥谷 巍, 山崎英成, 森下時磨: 脳波による道路走行快適性要因の抽出, 土木学会中部支部研究発表会講演概要集, pp.509-510, 1996.
- 12) 共和電業: 仕様 STAMPER Pick UP
<http://www.kyowa-ei.com/jpn/product/special/stamper/specification.html>
(最終訪問日: 2017年10月31日)
- 13) 西日本高速道路エンジニアリング中国株式会社: IRIを取り入れた道路管理画像システム, 2013.9.
- 14) 石田 樹, 岳本秀人, 川村 彰, 白川龍生: ドライビングシミュレータによる舗装路面の乗心地・安心感評価, 土木学会舗装工学論文集, 第9巻, pp.49-56, 2004.12.
- 15) 日本道路協会: 「舗装」に関する講習会配布資料, 舗装点検要領について, 舗装の予防保全型管理, 2017.

(2018.10.23受付)

CONSTRUCTION OF ROAD COMFORT MAP AT MAINTENANCE

Keiichi YASUDA and Motoya YAMASAKI

From the viewpoint of effective utilization of infrastructure, in order to improve user satisfaction level, measures for improving comfort at the time of road traveling have been emphasized in recent years. It is thought that road condition and scenery are related to road comfort.

In this study, a comfort map was constructed as a measure to improve comfort. The comfort map was constructed based on the sensitivity evaluation experiment of a specific section of Hakone turnpike. For the first landscape, the category score analyzed by quantification theory is used. For the second road surface condition, the value of the International Roughness Index is used. Based on these two values, they are plotted on the map as a comfort map. This comfort map has both a road manager's perspective and a road user's perspective. Road managers use this comfort map for maintenance. Road users are used to motivate visits.