

(64) ラフ集合による道路走行時の快適性に影響する 景観要素に関する一考察

保田 敬一¹・山崎 元也²・島根 高啓³

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

³正会員 昭和建設株式会社 (〒310-8525 茨城県水戸市千波町 1905 番地)

道路走行時の快適性を向上させることは利用者満足度の観点からも重要で、既存社会インフラの有効利用を図るためにも必要な視点である。快適性評価には路面性状と景観の両面が影響していると考えられるが、本研究では景観を対象に、特定の路線を対象に、走行時快適性を向上させるためには道路構造あるいはのり面・植栽を含めた景観がどのような特徴をもっているのかをラフ集合を用いて検討する。ラフ集合の中でも決定ルールを考え方が最も多く使用されており、求められた複数の決定ルール条件部のどの要素がどの程度決定表の結論に寄与しているかを示す指標として、C.I. (Covering index) という考え方をを用いる。この C.I. 値をもとに快適性に影響する道路構造およびのり面・植栽要素を考察する。

Key Words: Kansei evaluation, road, greening, landscape, comfort, rough sets

1. はじめに

道路利用者へのサービス指標で最上位に位置付けられるのは乗り心地等の満足度があるが、その満足度へ影響を与える舗装の性能として安全性、円滑さ、快適性、環境という機能があげられる¹⁾。そのため、国、都道府県、市町村、高速道路会社などの道路管理者は渋滞の解消や道路付帯施設 (情報提供, SA/PA など) の充実、路面の平坦性改良、事故数低減などに取り組んでいる。中でも道路の快適性向上については近年よく取り上げられるようになってきている。平成 28 年 10 月に改訂になった舗装点検要領²⁾でも快適性の向上を重視した記述となっている。

道路インフラの観点からみると、道路走行時の快適性を向上させるためには、舗装の平坦性や凹凸などの路面状態はもとより、走行時に視界に入ってくる景観の評価を良くすることも重要となるという既往の研究があり³⁾、景観はドライブの満足度を高めるのに効果があることがわかる。また、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⁴⁾。

本論で対象としている道路景観を構成する要素とその

内部景観評価との関係を把握することは、シークエンス景観の印象評価という観点から過去多く研究されてきている⁵⁾⁶⁾。既往の研究では快適性を向上させるための要素の整理や道路構造、付帯施設などの整備効果を確認しているが、維持管理段階での運用において道路構造や植栽など修景改善により快適性を向上させるための具体的な措置については言及していない。路面の快適性を向上させるためには切削オーバーレイなどの補修が必要となるが、例えば、舗装以外の道路構成要素、のり面や植栽等の状態を変更することで快適性が改善されれば、維持管理での補修工法選択で自由度が高くなり、選択肢が増えることに繋がる。

以上の背景より、本研究では、箱根ターンパイクを対象に、走行時快適性を向上させるためには道路構造あるいはのり面・植栽を含めた景観がどのような特徴をもっているのかをラフ集合を用いて検討する。ラフ集合の中でも決定ルールを考え方が最も多く使用されており、求められた複数の決定ルール条件部のどの要素がどの程度決定表の結論に寄与しているかを示す指標として、C.I. (Covering index) という考え方をを用いる。C.I. 値の高い決定ルール条件部を考察することで、快適性に影響する道路構造およびのり面・植栽要素を抽出する。

2. 道路の快適性に影響する項目

(1) 快適性を確保するための要素

走行快適性を確保するための必要な構成要素は、①道路構造（線形、車線数、幅員、トンネル）、②交通付帯施設（PA、SA）、③道路情報（質と量）、④道路保全管理（路面性状、トンネル内視環境、周囲の景観）、⑤交通環境・その他（交通量、渋滞、事故）である⁷⁾。文献⁷⁾でもこの中で費用をかけないで改良・工夫を行う方法として②③④を挙げている。本論でもこの①から⑤の中で維持管理面での費用対効果を考え、できるだけ費用をかけずに済む工夫・対策として、道路保全管理の中の路面性状と周囲の景観を考えた。舗装は永久構造物ではなく10年～20年の間に補修（切削オーバーレイ、打ち替えなど）されるものであり、近年のIRI調査に代表されるように、路面平坦性は乗り心地と直結しており、補修の要否の判断指標としても採用されるようになってきている。利用者からの走行時の苦情（段差やわだち掘れなど）が多ければ舗装の修繕を実施せざるを得なくなるわけである。道路線形は改良するのに多大な費用がかかる。付帯施設や道路情報は通常走行時には快適性にあまり影響しない。交通量、渋滞、事故も道路管理者側はコントロールすることが難しい。道路景観については植栽の管理・補修工事を定期的に行っているように、のり面・植栽の景観は管理者側の意思で景観性向上に資するような工夫・配慮・改良が可能である。

路面の平坦性を改善すれば快適性は向上すると推察されるが、これには費用もかかる。道路景観はドライバーの満足度に大きく影響していることから快適性にも関係が深いと考え、本論では景観性能を向上させると快適性も良くなると考えた。

よって、本論では景観性能を向上させることによりどの程度快適性が改善されるのかを検討することを目的とした。

(2) 対象路線

対象とした路線はマツダターンパイク箱根である。神奈川県小田原市から足柄下郡箱根町を経由し、足柄下郡湯河原町に至る延長15.782kmの観光有料道路であり、特徴的な景観を持っている。すなわち、起点側から4kmほど続くあじさいレインボーロードと呼ばれる道路脇に咲き誇る四季の花々や春の桜のトンネル区間（新緑の季節には緑のトンネル区間になる）、眼下に広がる相模湾の景色を一望できる湘南ビュー展望台、芦ノ湖や富士山を眺望できる大観山ビューラウンジなど季節によって全く違った雰囲気を楽しむことができる。

(3) 抽出したアイテム

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して、景観に関連するアイテムを検討した。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」、「空の面積」、「明暗」、「非常停車帯」、「花などの目立つ植栽」、「ガードレール」、「平面線形（R）」を路線全線にわたって整理した。

3. ラフ集合の概要

ラフ集合の概念は、1982年にポーランドのZdzislaw Pawlakによって提唱された⁸⁾。ラフ集合の特徴は、ある対象を特定する際に、その特徴が属する集合の範囲の情報を正確に記述するのではなく、大まかに分類・設定することにより、対象の集合の適度な情報の記述を求めるところにある。すなわち、分析対象の特徴が把握できることになる。

例えば、人間はあるモノや人を特定する際に、全ての特徴や要素、属性をみて判断するのではなく、その対象の主な特徴だけを把握して特定につながっていると考えられる。外見上のある要素から端的に説明できる要素を探そうとする。しかし、一つの要素だけで説明出来ない場合は複数の要素、「長身で、メガネをかけていて、体格が良く・・・」という属性値の組合せを探すことで多くの人の中から目的の人を特定することになる。待ち合わせの場所にいる多くの人の中からAさんを探してもらう際は、「長身で、メガネをかけていて、体格が良い人」といった性質を列挙することがよく行われている。このように、日常では「メガネをかけている」や「背が高い」というように、ある属性に関して対象を大まかに分類することが一般的である。正確に説明するには、身長180cm、黒縁のメガネをかけている人、BMIが28以上というように、より詳しい情報を提供しなければならないが、正確な計測が伴うためこれでは対象を特定することは難しい。荒い記述は対象を十分に特定できないデメリットはあるが、一方で細かい記述は対象をより精密に特定することができるが、本質が見極め難くなるという欠点も持つ。したがって、現実的にはほどよい記述の仕方が望ましいと考えられる。つまり、ラフ集合はラフな記述の極少の属性値の組み合わせ（単独も含めて）で特徴を表現することを可能とする。

ラフ集合の特徴としては、多変量解析で問題となる多重共線性の問題やカテゴリ数がサンプル数よりも少なくなくてはならないという制約がないことも挙げられる。

4. ラフ集合を用いた道路走行時の快適性評価

(1) 感性アンケート調査

評価者は東京農業大学造園科学科の学生 148 人を対象に実施した。箱根ターンパイクの走行映像動画を Adobe Premier pro という動画編集ソフトを用いて 1 区間 100m 間隔で区切った。評価区間の選定では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注意し、往路と復路の中から 40 区間を選定した。そして、100mの道路景観動画（約 9 秒間）の後「評価をお願いします」と流れる静止画を 5 秒間流し、次の 100mの道路景観動画が流れるように 40 区間分の道路景観を 1 本の動画に編集した。景観の印象評価では、とても良い(5)、良い(4)、普通(3)、悪い(2)、とても悪い(1)の 5 段階の SD 評価を行った。

(2) 決定表の作成

ラフ集合を用いて解析するためには、まず決定表を作成する必要がある。決定表は数量化理論での分析におけるアイテム／カテゴリ表と同類であり、本研究で作成したアイテム／カテゴリ表（表-1 参照）を決定表として表-2 のように置き換えて作成した。

表-2 は「景観評価」の決定表の例である。ここで、Y は決定クラス（景観性）を指す。U01, U02, U03 はサンプルであり、S1,S2,S3・・・S10,S11 (a,b,c,・・・j,k) は表-1 のアイテム数と対応している。決定表に示す a1,c2 など、英字+数字の形式をとっており、S1 列の a1 はのり面形状（進行方向左）／切土を、S3 列の c5 はのり面状態（進行方向左）／なしを表現している。

ラフ集合による具体的な分析方法は、まず、説明変数と目的変数とをカテゴリカルデータに変換する。景観性に対するアンケート結果の平均値を 3 つの決定クラス（飽きのこない、どちらでもない、飽きのくる）に分類した。SD アンケートが 5 ランクであるの対し、3 つに分類した理由は、商品のラフ集合分析などでは選好をある、なし、どちらでもないの 3 ランクにして扱うことが多いことと、5 ランクにすると 1 つのランクの数が高すぎることを避けるためである。決定クラス 3 が景観評価が低い、決定クラス 1 が景観評価が高い、決定クラス 2 がどちらでもないというように設定した。

(3) 選考の決定ルール

ラフ集合の中でも決定ルールの考え方が最も多く使われており、求められた複数の決定ルール条件部のどれがどの程度決定表の結論に寄与しているかを示す指標として、C.I. (Covering Index) という考え方をを用いる⁹⁾。決定ルール条件部の C.I.とは、そのルールの結論と同じ決定クラスの対象数のうちで、そのルールに当てはまる対象

表-1 アイテム／カテゴリの一覧表

名称	記号	カテゴリ				
		1	2	3	4	5
法面形状(進行方向左)	a	切土	盛土			
法面形状(進行方向右)	b	切土	盛土			
法面状態(進行方向左)	c	ブロック積	モルタル吹き付け(ネットあり)	高木	低木	なし
法面状態(進行方向右)	d	ブロック積	モルタル吹き付け(ネットあり)	高木	低木	なし
縦断勾配	e	上り勾配10%以上	上り勾配10%未満	下り勾配10%未満	下り勾配10%以上	
平面線形	f	直線	左曲線	右曲線		
空の面積	g	多い	普通	少ない		
明暗	h	明るい	普通	暗い		
非常停車帯	i	あり	なし			
花などの目立つ植栽	j	あり	なし			
ガードレール	k	片方	両方	なし		

表-2 決定表の例示（一部）

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	決定クラス:Y
U01	a1	b2	c1	d5	e1	f1	g1	h2	i1	j2	k1	2
U02	a1	b2	c2	d3	e1	f2	g1	h2	i1	j2	k1	2
U03	a1	b2	c2	d3	e2	f2	g2	h2	i2	j2	k1	3
U04	a1	b1	c3	d4	e1	f2	g3	h1	i2	j1	k1	2
U05	a2	b1	c4	d4	e2	f2	g1	h1	i2	j1	k2	1
U06	a2	b2	c5	d5	e2	f2	g1	h1	i2	j2	k2	1
U07	a1	b2	c3	d3	e1	f2	g3	h1	i2	j2	k1	2
U08	a2	b2	c4	d3	e1	f3	g1	h1	i2	j1	k2	1
U09	a1	b1	c1	d3	e1	f1	g2	h1	i2	j2	k1	3
U10	a2	b2	c5	d5	e2	f3	g1	h1	i2	j2	k2	1

数の占める割合をさす。言い換えると、そのルールに当てはまる対象数をそのルールの結論と同じ決定クラスの対象数で除したものとなる。高い値の C.I.は決定ルール条件部が決定表の結論に寄与している割合が高いことを示している。すなわち、C.I.値が 1 に近いほどその決定ルールは選好に大きく影響していることになる。この C.I.値は決定クラスに寄与している貢献度合いを示す指標であり、たくさんの決定ルールの中でどの属性値の組み合わせが重要な目安になるのでとても有益であるといえる。

表-2 で作成した景観評価の決定表を用いてラフ集合により分析した結果を表-3 に示す。ルール条件部の数は Y=1, Y=2, Y=3 それぞれで数十～数百となっており、表-3 では C.I 値の降順に並べ直している。

表-3 では C.I.値が高く（表中ハッチング部分）、かつ条件部のルール数が少ない方がよいとされる。この理由は人間が判断する際あまり多くの条件判断はできないとされるためである。また、決定ルール表でも条件部に多く出現する要素も重要である。表-3 では、景観評価が

表-3 決定ルール条件部と CI

●決定ルール／Covering Index (CI)

Y= 1		Y= 2		Y= 3	
景観評価が高い		どちらでもない		景観評価が低い	
e2g1	0. 5	k2g2b1	0. 429	g2k1j2	0. 357
h3g1f1	0. 333	c3g2j2b1d3	0. 286	g2k1b1	0. 286
h3k1f1j2	0. 333	i1g2b1	0. 286	g2b2j2	0. 214
a2i2h1e2	0. 25	e1a1b2	0. 214	g2f2	0. 214
a2j1h1	0. 25	e1j2b2	0. 214	b1d3i2e1	0. 214
c4g1b1	0. 25	e1k1b2	0. 214	b1j2i2e1	0. 214
j1g1a2	0. 25	i1e1	0. 214	g2k1h1	0. 214
j1g1h1	0. 25	e1f2k1	0. 214	e4i2a1c3	0. 214
k2i2a2e2	0. 25	c3a1e1	0. 214	e4i2a1j2	0. 214
k2j1a2	0. 25	d4a1i2	0. 214	e4k1h2j2	0. 214
k2j1h1	0. 25	g3k1	0. 214	e3c3i1	0. 214
a2i2e2j2	0. 25	b1g2e2j2	0. 214	g2b2h2	0. 143
c4g1d3	0. 25	b1j2k2e2	0. 214	g2i2e2d3	0. 143
f3b2a2	0. 25	c3g2j2e2	0. 214	g2k1e2	0. 143
f3b2h1	0. 25	c3k2e2	0. 214	g2k1h2	0. 143
f3k2a2	0. 25	f1e2g2j2	0. 214	i2h2b2d3	0. 143
f3k2h1	0. 25	f1k2e2	0. 214	i2h2b2j2	0. 143
h1g1f3	0. 25	k2g2e2	0. 214	i2h2f2	0. 143
b1e2k1j2	0. 25	c3a1g2b1d3	0. 214	i2h2k1b2	0. 143
c3e2k1j2	0. 25	c3a1g2h3	0. 214	i2h2k1j2	0. 143
c3g1f1	0. 25	h3f1g2a1	0. 214	b1d3e1k1	0. 143
d3f1g1	0. 25	k2a1i2	0. 214	b1j2e1k1	0. 143
b1g1a1	0. 25	e1h2	0. 143	b1j2i2a1k	0. 143
h3g1a1	0. 25	g1a1e1	0. 143	b1j2k1h1a	0. 143
h3k1a1j2	0. 25	e1f2b2	0. 143	g2a1h1d3	0. 143

高い組合せである「e2g1」が最も CI値が高い。e2 は縦断が上り勾配で 10%未満とそれほど急坂でない。g1 は空の面積が多い区間である。結局、景観評価の高い「e2g1」は緩い上り勾配で、前方の視界がかなり開けているイメージである。景観評価が高い条件ルールでは g1 (空の目積：多い)，f1 (平面線形：直線) も CI値が高い条件部に複数含まれているため重要な要素になる。

また、維持管理における改修を考えた場合、評価の低い決定ルールを把握しておくことも重要である。表-3 からは、CI値の高い条件部で、かつ複数出現する要素である、g2 (空の目積：普通)，k1 (ガードレール：片側) が該当する。空の面積を評価ランク (Y=1, Y=3) で比較すると、空の面積は多い方が景観評価が高く、逆に、空の面積が少なくなれば景観評価が低くなる。これは g1 が Y=1 カテゴリのルールに多く含まれ、g2 が Y=3 カテゴリのルールに多く含まれていることからわかる。空の面積は維持管理段階で樹木の改修などを実施する際の参考になる。道路線形 (平面、縦断) は大掛かりな改修をしなければ改築が難しいと思われるが、樹木の改修はそれほどの費用をかけずとも施工できると考えられる。

表-3 における CI値の高い決定ルールではのり面形状 (切土、盛土) やのり面状態 (ブロック積、モルタル吹付、高木、低木) は含まれていないことも特徴である。a1, a2 が CI値=0.25 の条件部に含まれている程度である。決定ルールは条件の組合せであるため、一概にブロック

積の評価が低いとか、切土の評価が高いといった結論を導出することは早計であり、条件の組合せの中で判断することが必要である。

5. おわりに

本研究では、道路走行時の快適性を向上させるために、道路構造あるいはのり面・植栽を含めた景観がどのような特徴をもっているのかをラフ集合を用いて検討した。道路快適性が高いと判断される景観ではどういったのり面・植栽要素を採用しているかを、ラフ集合により導出された決定ルール条件部と CI値から考察した。その結果、CI値は決定クラスに寄与している貢献度合いを示す指標であり、たくさんの決定ルールの中でどの属性値の組み合わせが重要かの目安になるので有益であることが明らかになった。また、各被験者の決定ルールを CI値の高い順に並べ直すことで快適性が高くなる判断基準とデザイン要素との関係が把握できた。

今後の課題は次のとおりである。ラフ集合は快適性が高くなる道路構造・植栽要素を特定する組合せをルールとして抽出してくれる。一方、デザイン要素と評価からアイテム／カテゴリを作成し、数量化理論を用いて分析した結果から得られるカテゴリスコアとラフ集合のルール条件部とを比較することで、お互いの分析手法の特徴や適用上の制限などを把握することが必要である。

参考文献

- 1) 渡邊一弘，久保和幸：舗装マネジメント体系～より効率的・計画的な舗装管理に向けて～，土木技術資料，第 53 巻，第 4 号，pp.6-9，2011.
- 2) 国土交通省 道路局：舗装点検要領，2016.
- 3) 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.
- 4) 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.nexco.co.jp/csr/download/pdfs/2016/csr_all.pdf
- 5) 深堀清隆，窪田陽一：高速道路走行中の継時的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.
- 6) 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.
- 7) 井上義之，竹内 淳，河内 建，中園真人，中川浩二：山岳高速道路における走行快適性改善対策の効果分析，土木学会論文集，No. 742/VI-60，pp. 61-73，2003.
- 8) Pawlak, Z. : Rough Sets, *International journal of Information Computer Science*, 11(5), pp.341-356, 1982.
- 9) 田中 博，津本周作：ラフ集合とエキスパートシステム，数理化学，No.383，pp.76-83，1994.