

高速道路の快適性評価に関する研究

報 告 書

令和 3 年 6 月

学校法人 東京農業大学

公益財団法人 高速道路調査会

目 次

1. 研究の概要.....	1
1.1 研究の目的.....	1
1.2 研究の内容.....	1
1.3 実施期間.....	1
1.4 研究代表者.....	1
2. 研究の背景と位置づけ.....	2
2.1 研究の背景.....	2
2.2 研究の位置づけ.....	3
2.3 快適性マップの概要.....	4
2.4 実施フロー.....	8
3. 道路構成要素と快適性の関係把握.....	10
3.1 景観評価.....	10
(1) 対象路線.....	10
(2) 評価用動画データの収集.....	11
(3) アンケート調査.....	11
3.2 分析のフロー.....	15
3.3 アイテム・カテゴリ表の作成.....	16
3.4 当初のアイテム・カテゴリでの多重共線性の照査.....	18
3.5 アイテム・カテゴリの集約.....	20
(1) のり面形状.....	20
(2) のり面状態.....	20
(3) 区画線.....	21
(4) 目立つアイコン.....	21
(5) 修正したアイテム・カテゴリ.....	22
(6) アイテム・カテゴリの修正経緯.....	22
(7) アイテム・カテゴリ表.....	24
(8) 独立性検定結果.....	25
3.6 数量化理論Ⅰ類による分析.....	26
(1) 分析結果.....	26
(2) アンケート結果とカテゴリスコアの相関関係.....	27
(3) 考察.....	28
(4) 快適性以外の形容詞における評価モデル式.....	29
3.7 モデル式の検証.....	35
3.8 ラフ集合による分析.....	37
(1) ラフ集合の概要.....	37

(2) ラフ集合に基づく決定ルールの抽出	37
(3) 決定表の作成	39
(4) 選考の決定ルール	41
(5) ラフ集合と数量化理論Ⅰ類との結果の比較	46
3.9 景観に優れたシーンの評価	48
4. 道路の快適性評価の検討	50
4.1 乗り心地評価と IRI の関係把握	50
4.2 道路内部景観による快適性評価	53
(1) 快適性評価式の検証	53
(2) 景観評価結果	53
4.3 乗り心地（平坦性）と景観とによる快適性 2 軸評価	58
5. 道路快適性評価システムの検討	
5.1 管理用図面の CAD/GIS 化の検討	60
(1) 道路景観評価システム	60
(2) 道路管理用図面（路面ポリゴン化）のデータフロー図	61
5.2 快適性マップ（GIS）による可視化検討	62
6. 結論と今後の課題	64
参考資料	65
(1) アイテム・カテゴリ表作成におけるクロス集計結果	65
(3) CAD データ変換手順書	93
(4) ポリゴン等データ作成手順書	97
(5) 景観評価値を閾値毎にレベル分けして着色した図	109
(6) 乗り心地評価値を閾値毎にレベル分けして着色した図	119
(7) 2 軸乗算評価値を閾値毎にレベル分けして着色した図	129

1. 研究概要

1.1 研究の目的

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。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、快適性評価システムの構築に関する検討を行うことを目的とする。道路管理者と道路利用者双方からの視点を備えた「快適性マップ¹²⁾」を構築することにより、道路管理者にとって快適性マップは評価の低い区間を把握することや舗装修繕計画立案時の選択肢の検討に重要なツールとなり、一方、道路利用者にとっては快適性の高い道路を走行してみたいというニーズにこたえるものであり、国内需要の喚起に直結する。

1.2 研究の内容

本研究の目的を達成するため、下記に示す3つの項目について調査、検討を実施するものとする。

- ・道路構成要素と快適性の関係把握
- ・道路の快適性評価システムの検討
- ・道路管理用図面のCAD/GIS化の検討

1.3 研究期間

令和2年5月20日 ～ 令和3年6月30日

1.4 研究体制

本研究の実施体制は、学校法人東京農業大学、および公益財団法人高速道路調査会の共同研究として進めるものとし、その具体的な構成は下記の通りである。

【研究代表者】

東京農業大学 教授 山崎 元也

【研究担当者】

公益財団法人 高速道路調査会 特任研究員 佐 藤 将

【研究協力者】

保田 敬一

北海道地図株式会社 東京支店

2. 研究の背景と位置づけ

2.1 研究の背景

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・活用の観点から、利用者の満足度を向上させるための方策が近年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。

このように、道路の快適性を向上させるために、前述の舗装点検要領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。

さらに、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、道路空間の再構築という大きな施策の中に、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⁷⁾。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⁸⁾。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⁸⁾。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きており、景観構成要素とシーケ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^{4)~6)、9)~11)}。

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る。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かれることになる。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、使用する自動車の性能はもちろんであるが、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（図 2-1 参照）。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よう。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。

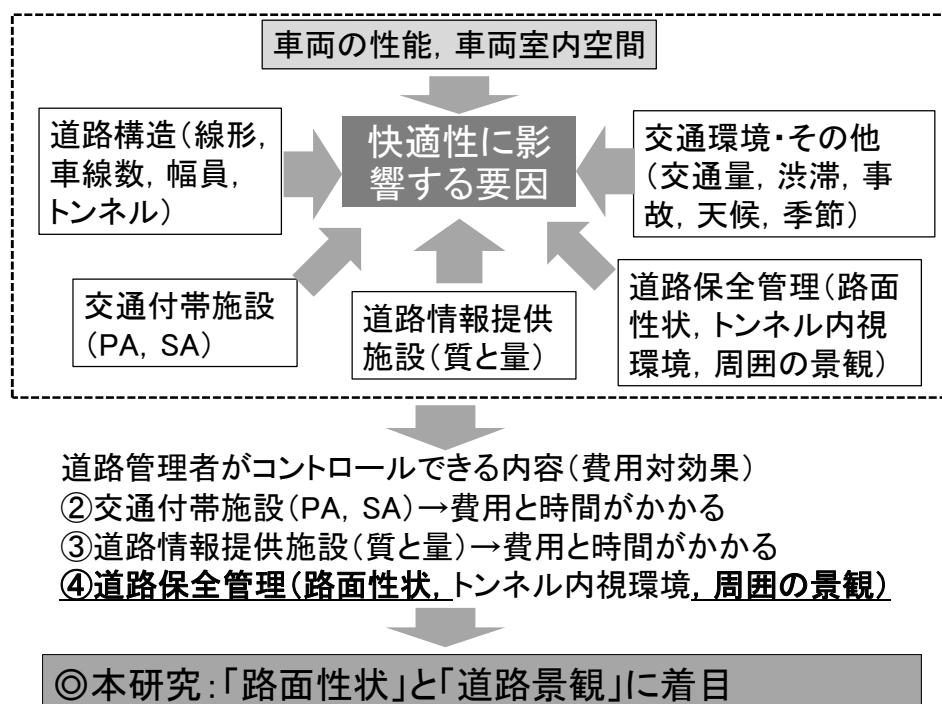


図 2-1 快適性に影響する要因

2.2 研究の位置づけ

道路利用者に対して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 することは利用者増を図るための方策の一つとして重要な観点の一つである。

本研究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構築することを目的とする。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 2-2 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させ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。

快適性マップを構築するためには、当該区間の快適性評価値が必要となる。後述する道路の快適性に影響する要因を整理した後、アンケート結果から快適性評価式を導出し、地図上に展開する。

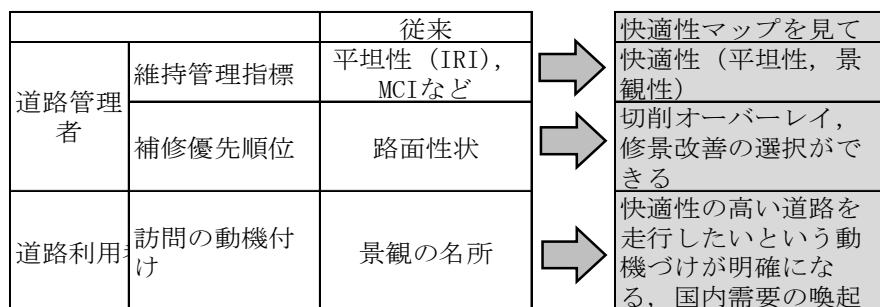


図 2-2 道路管理者の視点と道路利用者の視点

2.3 快適性マップの概要

本研究で適用する快適性の定義を最初に示す¹²⁾。

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研究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 2-1 に示す。快適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 2-1 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。管理水準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 2-1 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 2-1 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となるため、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。

表 2-1 快適性評価のイメージ¹²⁾

		平坦性			
		悪い	やや悪い	やや良い	良い
景観	良い	標準ライン ●	やや重要 ●	重要 ●	最重要 ■
	やや良い	要改善領域			●
	やや悪い	要改善領域	要改善領域		●
	悪い	要改善領域	要改善領域	要改善領域	●

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準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、平坦性が悪いといく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、本研究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 2-2 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なくて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。

表 2-2 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

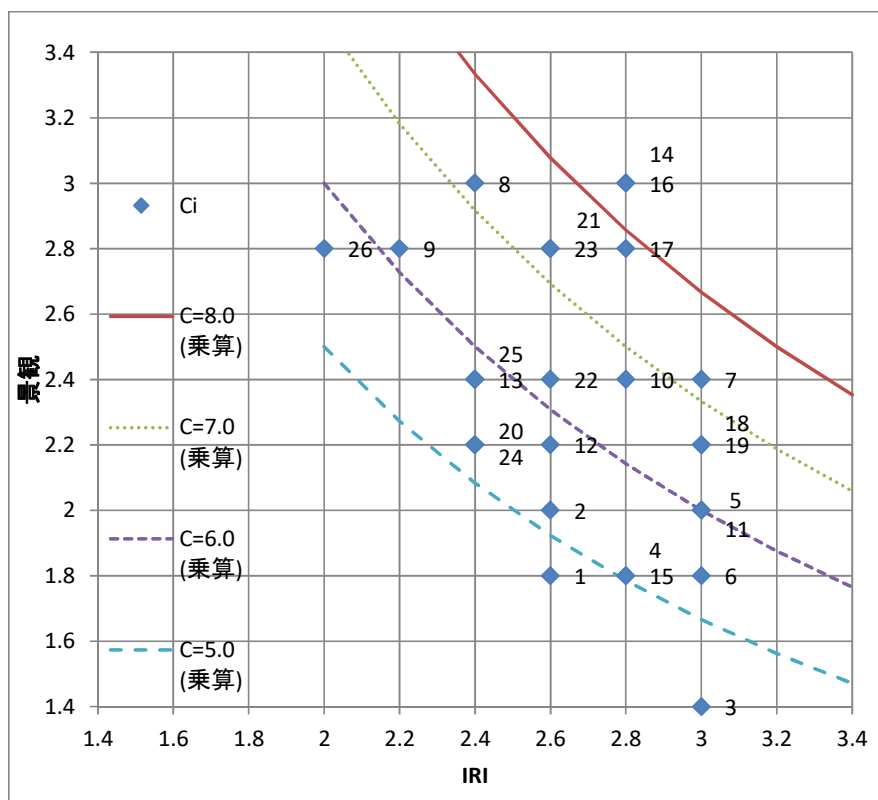
ここで，表 2-2 における平坦性がやや悪い状態と平坦性がかなり悪い状態とでは管理者の対応も異なるし，景観性能を向上させた場合の快適性も異なるため，これらの平坦性の状態の間には境界値を示した方が理解しやすい。この境界値は表 2-3 に示す IRI 判断基準にある「修繕が必要 ($IRI \geq 6$)」が該当すると考えられる。しかし，表 2-2 に示す平坦性がやや悪い状態で景観性を向上させると快適性も向上する，あるいは，平坦性がかなり悪い状態では景観性を向上させても快適性向上の効果なしという違いが生じるのかということは本研究では検証できていないため，今後の検討課題となる。

表 2-3 IRI 判断基準 ¹³⁾

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

また，快適性評価を景観と平坦性の両面から考えると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 2-2 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。

最後に，快適性マップを適用した事例 ¹³⁾を紹介する。この事例は箱根ターンパイクでの適用例である。図 2-3 は横軸に平坦性 (IRI) を，縦軸に景観性能を取り，各区間 (500m) がどのような平坦性と景観性をもっているかをプロットした散布図になっている。この図を見ることで各区間の快適性評価が一目でわかるようになる。図中の実線，破線は快適性の等高線を意味している。これを平面図に展開したのが快適性マップである (図 2-4 参照)。



2.4 実施フロー

研究の全体フローを図 2-5 に示す。

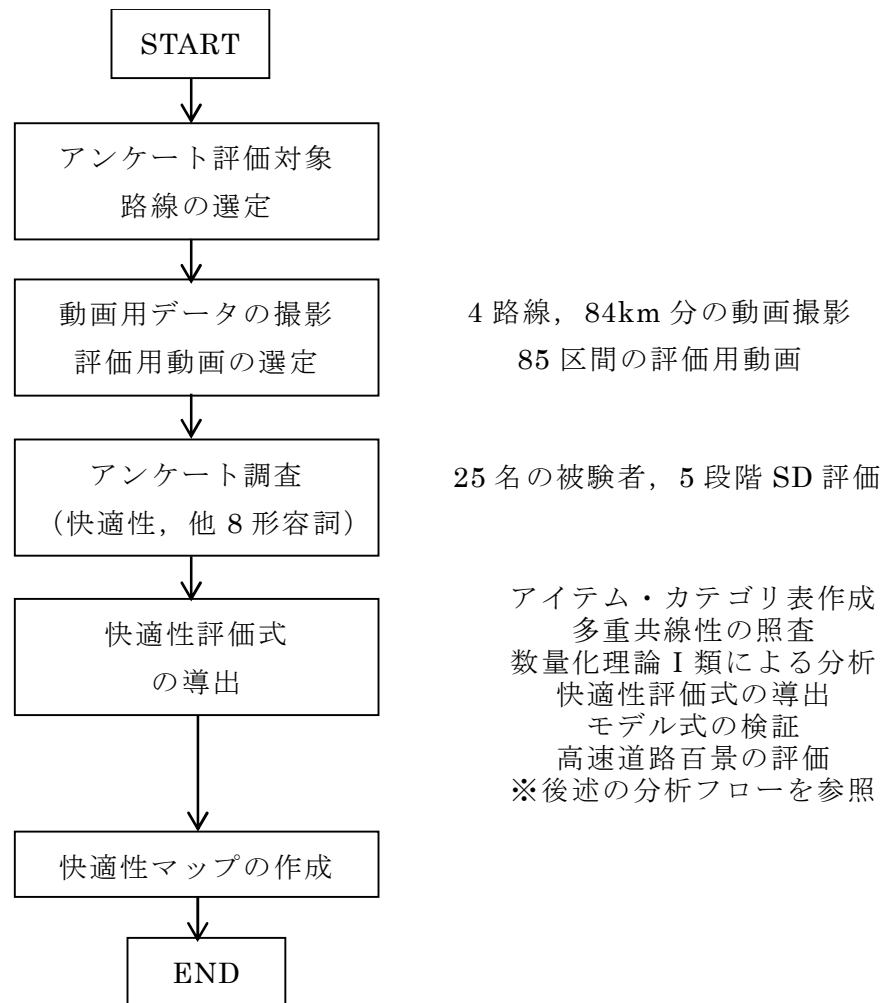


図 2-5 研究の全体フロー

【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.357-366，1995.8.
- 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, 斉藤 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 巖, 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) 保田敬一, 山崎元也: 維持管理における道路快適性マップの構築, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), 74巻, 2号, pp.II_14-II_31, 2018.
- 13) 西日本高速道路エンジニアリング中国株式会社: I R I を取り入れた道路管理画像システム, 2013.9.

3. 道路構成要素と快適性の関係把握

3.1 景観評価

(1) 対象路線

本研究で景観評価の対象としてデータ（動画，図面等）を取得した高速道路路線を表 3-1 に示す。

表 3-1 景観評価の対象とした高速道路路線

No.	路線名	上下線
1	仙台東部道路（仙台若林 J C T ～仙台南） ※迂回のため，富谷 J C T から仙台北部道路で利府 J C T まで，利府 J C T から三陸自動車道で仙台若林 J C T まで走行している。	上り線，下り線
2	東北自動車道（郡山～富谷 J C T 間）	上り線，下り線
3	山形自動車道（村田 J C T ～山形北）	上り線，下り線
4	磐越自動車道（田村スマート～会津若松）	上り線，下り線

また，路線の位置図を図 3-1 に示す。



図 3-1 対象路線位置図

（２） 評価用動画データの収集

2020 年 8 月 25、26 日の 2 日間、仙台東部道路、東北自動車、山形自動車道、磐越自動車道の 4 路線で景観評価に用いる動画の撮影を行った。4 路線で合計 84km 分の動画を撮影した。

調査で用いた機材は、自動車、動画撮影用ビデオ、ビデオ固定器具、等である。

（３） アンケート調査

a) データの整理

撮影した動画は感性評価アンケート調査で用いるため、100m ずつの動画に編集した。編集ソフトは「Adobe Premiere Elements 2020」を使用した。

評価用動画の一例を図 3-2 に示す。



図 3-2 評価用動画の一例

b) 評価用動画の選定

撮影した 84km 分の動画を 100m 区間の動画に編集し、さらに感性評価アンケート用に用いる動画の選定作業を行った。全部で 841 個ある 100m の動画の中から 85 個の評価用動画を選定した。選定の基準は後述するアイテム・カテゴリが偏りなく区分されていること、すなわち、想定したアイテム・カテゴリ表において、同一のアイテム内でカテゴリが偏っていないかどうか、極端に少ないカテゴリがないかどうかを確認することになる。この点は、後述するアイテム・カテゴリ表のカテゴリ数にて確認する。85 の評価用動画の一覧を表 3-2 に示す。

表 3-2 評価用動画の諸元

動画No	高速道路名	距離標	高速道路百景
1	仙台東部道路上り	14.0kp	
2	仙台東部道路上り	14.6kp	○
3	山形自動車道上り	15.6kp	○
4	仙台東部道路上り	15.8kp	
5	山形自動車道上り	17.6kp	
6	山形自動車道上り	18.3kp	
7	山形自動車道上り	18.9kp	
8	山形自動車道上り	19.1kp	
9	山形自動車道上り	19.8kp	
10	山形自動車道上り	20.7kp	
11	山形自動車道上り	21.3kp	
12	山形自動車道下り	28.5kp	
13	山形自動車道下り	29.3kp	
14	山形自動車道下り	29.8kp	○
15	山形自動車道下り	31.5kp	
16	山形自動車道下り	32.3kp	
17	山形自動車道下り	33.1kp	
18	山形自動車道下り	34.7kp	
19	磐越自動車道上り	45.6kp	
20	磐越自動車道上り	46.0kp	
21	磐越自動車道上り	48.4kp	
22	磐越自動車道上り	48.8kp	
23	磐越自動車道上り	49.4kp	
24	磐越自動車道上り	49.8kp	
25	磐越自動車道上り	50.5kp	
26	磐越自動車道上り	51.1kp	
27	磐越自動車道上り	52.5kp	
28	磐越自動車道上り	52.6kp	
29	磐越自動車道上り	52.9kp	
30	磐越自動車道上り	54.5kp	
31	磐越自動車道上り	54.9kp	
32	磐越自動車道上り	55.4kp	○
33	磐越自動車道下り	64.2kp	
34	磐越自動車道下り	65.1kp	○
35	磐越自動車道下り	65.5kp	
36	磐越自動車道下り	66.2kp	
37	磐越自動車道下り	66.7kp	
38	磐越自動車道下り	67.4kp	
39	磐越自動車道下り	68.4kp	
40	磐越自動車道下り	68.8kp	
41	磐越自動車道下り	69.1kp	
42	磐越自動車道上り	93.8kp	
43	磐越自動車道上り	94.3kp	
44	磐越自動車道上り	94.7kp	
45	磐越自動車道上り	96.1kp	
46	磐越自動車道上り	96.8kp	
47	磐越自動車道上り	97.6kp	
48	磐越自動車道上り	98.3kp	
49	磐越自動車道下り	111.6kp	
50	磐越自動車道下り	112.0kp	
51	磐越自動車道下り	113.5kp	
52	磐越自動車道下り	113.8kp	
53	磐越自動車道下り	114.6kp	
54	磐越自動車道下り	115.1kp	○
55	磐越自動車道下り	117.1kp	
56	東北自動車道上り	304.6kp	
57	東北自動車道上り	307.6kp	
58	東北自動車道上り	310.6kp	
59	東北自動車道上り	312.2kp	
60	東北自動車道上り	312.7kp	
61	東北自動車道上り	313.9kp	
62	東北自動車道上り	314.7kp	
63	東北自動車道上り	316.0kp	○
64	東北自動車道上り	317.2kp	
65	東北自動車道上り	317.7kp	
66	東北自動車道上り	318.2kp	
67	東北自動車道上り	318.7kp	
68	東北自動車道上り	319.3kp	
69	東北自動車道上り	320.1kp	
70	東北自動車道上り	320.9kp	
71	東北自動車道上り	321.4kp	
72	東北自動車道上り	322.4kp	
73	東北自動車道上り	324.3kp	
74	東北自動車道上り	324.6kp	
75	東北自動車道上り	325.3kp	
76	東北自動車道上り	325.8kp	
77	東北自動車道上り	326.3kp	
78	東北自動車道下り	327.1kp	
79	東北自動車道下り	327.8kp	○
80	東北自動車道下り	328.3kp	
81	東北自動車道下り	329.8kp	
82	東北自動車道下り	330.9kp	
83	東北自動車道下り	331.7kp	
84	東北自動車道下り	334.4kp	
85	東北自動車道下り	336.2kp	

※「高速道路百景」;「3.9 景観に優れたシーンの評価(p.48)」を参照。

c) 感性評価アンケートの実施

協力会社，総勢 25 名の方々に感性評価アンケートにご協力いただいた。

アンケート評価は，事前にアンケートの目的を説明し，プレアンケートとして，任意の 3 動画（5 秒程度）を見せ，被験者に動画閲覧から評価，アンケート票への記入というイメージを持ってもらう試みを実施した。事前説明の内容は以下のとおりである。

道路走行時の快適性を向上させるために，維持管理段階で景観構成要素を改善することを想定している。道路景観構成要素（植栽，のり面，付属物など）と快適性を含めた景観性向上に関係する感性ワードとを関連付けることで修正改善に寄与できる情報を取得することを目的とする。

評価は SD 評価（5 段階）によって実施した。

アンケートの方法は，1 つの部屋に被験者 25 人を集めて，前方の大画面に動画（100m 区間，約 5 秒程度）を見せ，100m 区間の表示が終了後に印刷したアンケート用紙に評価を記入してもらう方法を採用した。なお，評価の最初に被験者属性（表 3-3 参照）を必ず記入してもらった。評価する形容詞対は 9 個想定した。「快適な」，「調和のとれた」，「印象的な」，「自然な」，「美しい」，「好ましい」，「親しみやすい」，「すっきりした」，「上品な」である。これらの形容詞は過去，道路の景観評価においてよく使用されたものを抽出している。

動画ごとのアンケート記入用紙を表 3-4 に示す。

表 3-3 被験者属性

会社名	
所属	
氏名	
性別	☐ 男性 ☐ 女性
年齢	☐ 10歳台 ☐ 20歳台 ☐ 30歳台 ☐ 40歳台 ☐ 50歳台 ☐ 60歳台 ☐ 70歳以上
業務経験年数	☐ 10年未満 ☐ 10～19年 ☐ 20～29年 ☐ 30～39年 ☐ 40年以上
職業	☐ 公務員 ☐ 会社員 ☐ 学生 ☐ 無職 ☐ 自営業 ☐ その他
専門とする分野	☐ 道路 ☐ 橋梁 ☐ 造園 ☐ 環境 ☐ 景観 ☐ その他

表 3-4 アンケート記入用紙（一例）

動画No. _____

1	快適な	☐	☐	☐	☐	快適でない
2	調和のとれた	☐	☐	☐	☐	調和が取れていない
3	印象的な	☐	☐	☐	☐	印象的でない
4	自然な	☐	☐	☐	☐	不自然な
5	美しい	☐	☐	☐	☐	美しくない
6	好ましい	☐	☐	☐	☐	好ましくない
7	親しみやすい	☐	☐	☐	☐	親しみにくい
8	すっきりした	☐	☐	☐	☐	ごちゃごちゃした
9	上品な	☐	☐	☐	☐	上品でない

d) 感性評価アンケートの集計

25名分のアンケート結果を集計し、動画ごと、形容詞ごとそれぞれの平均値を算出した。表3-5にはその一部を例示する。

表 3-5 アンケート結果の集計（一部）

25名の平均値	1.快適な	2.調和のとれた	3.印象的な	4.自然な	5.美しい	6.好ましい	7.親しみやすい	8.すっきりした	9.上品な
動画No.1	4.08	3.92	2.64	4	3.8	3.92	3.64	4	3.28
動画No.2	3.72	3.72	2.72	3.16	3.48	3.44	3.2	3.88	3.36
動画No.3	2.72	2.64	3.56	3.24	2.6	2.84	2.92	2.48	2.4
動画No.4	3.12	3.16	3.32	3.52	3.12	3.16	3.08	2.68	2.68
動画No.5	3.64	3.8	3.28	4	3.72	3.48	3.4	3.36	3.2
動画No.6	3.72	3.56	3.2	3.72	3.36	3.6	3.56	3.08	2.84
動画No.7	2.92	2.84	2.64	3.44	2.72	2.64	2.76	2.4	2.4
動画No.8	2.88	3.12	3.28	3.68	3.12	3	3.08	2.64	2.8
動画No.9	2.64	2.88	2.96	3	2.44	2.52	2.52	2.48	2.64
動画No.10	2.56	2.48	3	2.64	2.28	2.52	2.56	2.36	2.2
動画No.11	3.08	3.28	3.16	3.64	3.32	3.24	3.24	2.92	2.88
動画No.12	3.52	3.56	3.08	3.48	3.44	3.44	3.28	3.32	3.2
動画No.13	3.56	3.32	3.08	3.8	3.04	3.24	3.28	2.96	2.88
動画No.14	4.16	4.2	4.12	4	4.28	4.16	3.8	4.24	3.76
動画No.15	2.96	3.08	3	3.4	2.92	2.8	2.92	2.72	2.52

3.2 分析のフロー

分析のフローを図 3-3 に示す。

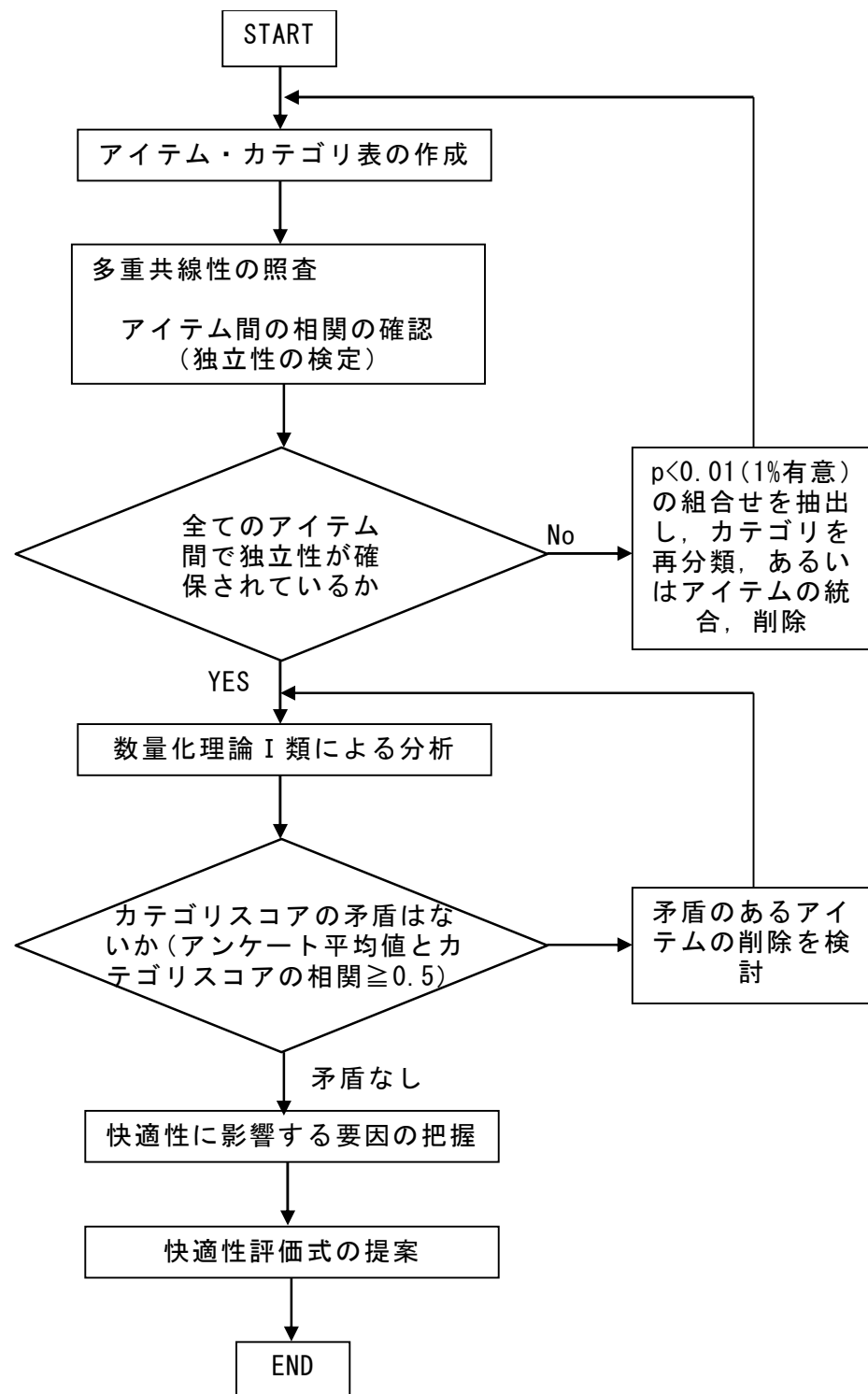


図 3-3 分析のフロー

3.3 アイテム・カテゴリ表の作成

走行時の道路の快適性に影響すると考えられる要因を抽出し、アイテム・カテゴリ表を作成した（表 3-6 参照）。これらの要因は既往の研究成果^{1)~4)}をもとに作成している。

ここでいうアイテムとは、のり面形状（進行方向右、左）やのり面の状態（進行方向右、左）を指し、景観評価や快適性評価に影響するのり面要素に関する項目のことである。一方、カテゴリとは、のり面形状なら切土か盛土か、のり面状態ならブロック積みか高木化低木かなどといった各デザイン要素項目の分類を意味している。

ここでは、1 区間中に同時に出現するカテゴリは印象が強いカテゴリ、あるいは延長の長いカテゴリを選択した。例としてのり面状態（進行方向右）の高木となしとが 1 区間で混在している場合は高木に、平面線形の直線と右曲線とが 1 区間で混在している場合では距離の長い右曲線というように設定した。

【参考文献】

- 1) 保田敬一, 山崎元也, 鈴木省吾, 島根高啓: 道路景観の構成要素が快適性評価に与える影響, 日本感性工学会論文誌, 第 17 巻, 4 号, pp.405-414, 2018.
- 2) 保田敬一, 山崎元也, 鈴木省吾, 島根高啓: 道路維持管理における快適性能マトリクス評価, 日本感性工学会論文誌, 特集「第 20 回大会」, 18 巻, 1 号 (Vol.18, No.1), pp.13-22, 2019.
- 3) 保田敬一, 山崎元也: 維持管理における道路快適性マップの構築, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), 74 巻, 2 号, pp.II_14-II_31, 2018.
- 4) 保田敬一, 山崎元也: ラフ集合による道路走行時の快適性に影響する景観構成要素に関する一考察, 日本感性工学会論文誌, 18 巻, 4 号, pp.285-297, 2019.

表 3-6 アイテム・カテゴリ表（当初）

アイテムカテゴリ表（当初）	
のり面形状 (進行方向左)	切土
	盛土
	橋
のり面形状 (進行方向右)	切土
	盛土
	橋
のり面状態 (進行方向左)	高木
	低木
	遮音壁
	遮音壁植栽
	ブロック積
	無し
のり面状態 (進行方向右)	高木
	低木
	遮音壁
	遮音壁植栽
	ブロック積
	無し
左側区画線	鮮明
	やや見える
	ほとんど見えない
中央区画線	鮮明
	やや見える
	ほとんど見えない
右側区画線	鮮明
	やや見える
	ほとんど見えない
平面線形	左曲線
	直線
	右曲線
縦断勾配	上り勾配
	平坦
	下り勾配
中央分離帯	有り
	無し
目立つアイコン (山など)	山
	看板
	川
	橋のアーチリブ
	針葉樹
	盆地
	0V
	広葉樹
	無し
標識	有り
	無し
空の状態	晴れ
	曇り

3.4 当初のアイテム・カテゴリでの多重共線性の照査

作成したアイテム・カテゴリ表をもとにしてアイテム間の相関性の確認（独立性検定）を行った。多重共線性の照査を行うにあたり，相関の確認されたアイテムは分類をし直すか，アイテム内のカテゴリを再構築したり，他のアイテムと統合したり，アイテムを除外したりという処理が必要になる。

照査結果を表 3-7 に示す。

表 3-7 説明変数相互の相関（独立性の検定）【当初のアイテムカテゴリ】

	のり面形状 (進行方向 左)	のり面形状 (進行方向 右)	のり面状態 (進行方向 左)	のり面状態 (進行方向 右)	左側区画線	中央区画線	右側区画線	平面線形	縦断勾配	中央分離帯	目立つアイ コン(山な ど)	標識	空の状態
のり面形状(進 行方向左)		p=9.85E-22 <0.01	p=2.61E-19 <0.01	p=3.64E-16 <0.01	p=0.583073 >0.05	p=0.745755 >0.05	p=0.802286 >0.05	p=0.183051 >0.05	p=0.132913 >0.05	p=0.000254 <0.01	p=0.004459 <0.01	p=0.091515 >0.05	p=0.068679 >0.05
のり面形状(進 行方向右)	【**】		4.4773E-16 <0.01	1.6257E-18 <0.01	p=0.389422 >0.05	p=0.101912 >0.05	p=0.535073 >0.05	p=0.435497 >0.05	p=0.824476 >0.05	p=8.02E-05 <0.01	p=0.004953 <0.01	p=0.751678 >0.05	p=0.291462 >0.05
のり面状態(進 行方向左)	【**】	【**】		9.4483E-12 <0.01	p=0.53973 >0.05	p=0.180845 >0.05	p=0.831413 >0.05	p=0.16335 >0.05	p=0.829172 >0.05	p=0.000902 <0.01	p=0.485771 >0.05	p=0.278401 >0.05	p=0.583959 >0.05
のり面状態(進 行方向右)	【**】	【**】	【**】		p=0.802461 >0.05	p=0.254021 >0.05	p=0.166168 >0.05	p=0.396283 >0.05	p=0.271001 >0.05	p=0.00323 <0.01	p=0.052013 >0.05	p=0.446947 >0.05	p=0.120362 >0.05
左側区画線	【】	【】	【】	【】		p=2.69E-07 <0.01	p=2.05E-06 <0.01	p=0.568541 >0.05	p=0.524013 >0.05	p=0.408007 >0.05	p=0.820286 >0.05	p=0.567767 >0.05	p=0.000878 >0.05
中央区画線	【】	【】	【】	【】	【**】		p=8.78E-11 <0.01	p=0.650262 >0.05	p=0.007842 <0.01	p=0.432582 >0.05	p=0.89208 >0.05	p=0.886159 >0.05	p=0.003072 <0.01
右側区画線	【】	【】	【】	【】	【**】	【**】		p=0.49813 >0.05	p=0.012528 0.01<p<0.05	p=0.325532 >0.05	p=0.734235 >0.05	p=0.695759 >0.05	p=0.006584 <0.01
平面線形	【】	【】	【】	【】	【】	【】	【】		p=0.033657 0.01<p<0.05	p=0.169277 >0.05	p=0.769578 >0.05	p=0.991915 >0.05	p=0.266098 >0.05
縦断勾配	【】	【】	【】	【】	【】	【**】	【*】	【*】		p=0.256308 >0.05	p=0.240375 >0.05	p=0.208472 >0.05	p=0.189946 >0.05
中央分離帯	【**】	【**】	【**】	【**】	【】	【】	【】	【】	【】		p=0.209847 >0.05	p=0.797086 >0.05	p=0.014497 0.01<p<0.05
目立つアイコ ン(山など)	【**】	【**】	【】	【】	【】	【】	【】	【】	【】	【】		p=0.082283 >0.05	p=0.016737 0.01<p<0.05
標識	【】	【】	【】	【】	【】	【】	【】	【】	【】	【】	【】		p=0.649448 >0.05
空の状態	【】	【】	【】	【】	【**】	【**】	【**】	【】	【】	【*】	【*】	【】	
左下の段： 右下の段： p値													
【**】相関あり，【*】1%有意，【】相関無し													

分析の結果を以下に示す。

1. のり面形状（進行方向左・右），および，のり面状態（進行方向左・右）は全てお互いに相関があるため，統合あるいは集約が必要となる。
2. 区画線（左，中央，右）も全てお互いに相関があるため，統合あるいは集約が必要となる。
3. 中央分離帯はのり面形状（進行方向左・右），のり面状態（進行方向左・右）と相関関係が高いので，のり面形状およびのり面状態の統合にあわせて再度照査を必要とする。
4. 空の状態は区画線と相関が高いので，区画線の統合にあわせて再度照査を必要とする。
5. 目立つアイコンはのり面形状と相関関係があるが，山，看板，川，橋のアーチリブ，針葉樹，盆地，OV，広葉樹，無しというようにカテゴリ数が 9 個と多く，カテゴリが存在しないケースやカテゴリが 1 個だけというケースがあり，カテゴリ同士の統合が必要と思われる。例えば，一例として，「のり面形状(進行方向左)」と「目立つアイコン(山など)」のクロス集計結果を表 3-8 に示す。この表 3-8 のように，一方のカテゴリが決まればもう一方のカテゴリも自動的に決まるようなケースがあることは望ましくない。

表 3・8 「のり面形状(進行方向左)」と「目立つアイコン(山など)」のクロス集計結果

	山	看板	川	橋のアー チリブ	針葉樹	盆地	OV	広葉 樹	無し	総計
切土	7	1			2		6	9	3	28
盛土	16	3			5	1	2	4	8	39
橋	10	1	2	1		1			3	18
総計	33	5	2	1	7	2	8	13	14	85

3.5 アイテム・カテゴリの集約

多重共線性の照査結果をうけて、アイテム・カテゴリを見直した。

対象としたアイテムは以下のとおりである。

(1) のり面形状

クロス集計結果を表 3-9 に示す。カテゴリ区分を「切土」、「盛土」、「橋」の 3 つに分類していたが、「橋」は進行方向左と進行方向右とで同じであり、一方が決まればもう一方も自動的にカテゴリが決まってしまうこと、さらに、カイ二乗検定の結果、 p 値=9.85356E-22 でこれらのカテゴリ間には相関があることが分かった。よって、盛土と橋を統合して「盛土・橋」区間に変更する。

表 3-9 クロス集計結果（のり面形状 1）

	切土	盛土	橋	総計
切土	20	8	0	28
盛土	9	30	0	39
橋	0	0	18	18
総計	29	38	18	85

2 カテゴリに修正したクロス集計結果を表 3-10 に示す。次に、進行方向左と進行方向右とでアイテムを別にしていたが、2 カテゴリ同士の独立性検定を行った結果、 p 値=3.67127E-07 となり、これらのカテゴリ間には相関があることが分かった。よって、のり面形状は進行方向左と進行方向右には区分せず、進行方向左を代表値として使用する。

表 3-10 クロス集計結果（のり面形状修正）

行ラベル	のり面形状(進行方向左)		
列ラベル	のり面形状(進行方向右)		
クロス集計表よりコピー	切土	盛土・橋	総計
切土	20	8	28
盛土・橋	9	48	57
総計	29	56	85

(2) のり面状態

のり面状態は「高木」、「低木」、「遮音壁」、「遮音壁植栽あり」、「ブロック積」、「無し」の 6 つのカテゴリに分類していた。クロス集計結果を表 3-11 に示す。しかし、「無し」は橋にほとんどが集中しており、遮音壁は盛土区間にしかなく、ブロック積も切土区間にしかなく、進行方向左右ののり面状態同士の独立性検定でも相関関係が認められるなど、分布の偏りが顕著であるため、再度カテゴリ区分の見直しを行った。

表 3-11 クロス集計結果（のり面状態）当初

	高木	低木	遮音壁	遮音壁植栽	ブロック積	無し	総計
切土	8	8			12		28
盛土	7	28	1	2		1	39
橋						18	18
総計	15	36	1	2	12	19	85

見直しを行った結果、カテゴリ区分は「高木」、「低木・草木」、「構造物（遮音壁・ブロック積）」という分類に変更した。低木・草木は以前の低木カテゴリと無しカテゴリを統合したものである。また、遮音壁とブロック積は切土・盛土区間で明確に区分されるため、両者とも構造物というくくりで一つのカテゴリに統合した。修正したのり面形状とのり面状態のクロス集計結果を表 3-12 に示す。各カテゴリでサンプルが集中せず、分散しているのがわかる。

表 3-12 修正したのり面形状とのり面状態のクロス集計結果

		のり面状態			
		高木	低木・草木	構造物（遮音壁・ブロック積）	総計
のり面形状	切土	8	13	7	28
	盛土・橋	9	38	10	57
	総計	17	51	17	85

(3) 区画線

区画線は「左側区画線」、「中央区画線」、「右側区画線」という 3 つのアイテムごとに、“鮮明”、“やや見える”、“ほとんど見えない”の 3 つのカテゴリで区分していたが、独立性検定結果よりこれら 3 つのアイテム間には相関があることが判明している（区画線の見え方は車線位置によって差はない）。

ここで、カテゴリ区分の“やや見える”、“ほとんど見えない”の区分けが主観的になり易いことから、カテゴリを 2 つにし、“鮮明”、“鮮明でない”に区分するものとした。そして、「左側区画線」、「中央区画線」、「右側区画線」の各アイテムで 2 つのカテゴリ（“鮮明”、“鮮明でない”）に区分して、3 つのアイテム相互の独立性の検定を行ったが、これら 3 つのアイテム間には全て相関があることがわかった。2 つのカテゴリに修正した場合の「左側区画線」と「中央区画線」の相互のクロス集計結果を表 3-13 に示す。この場合の p 値は 2.4972E-06 (<0.01) であり、両アイテム間には相関があることになる。

表 3-13 「左側区画線」と「中央区画線」の相互のクロス集計結果

行ラベル	左側区画線		
列ラベル	中央区画線		
クロス集計表よりコピー			
	鮮明	鮮明でない	総計
鮮明	55	7	62
鮮明でない	9	14	23
総計	64	21	85

よって、3 つのアイテムは「区画線」という一つのアイテムに統合することにした。

(4) 目立つアイコン

当初のアイテム・カテゴリ分けによる目立つアイコンのカテゴリ数は 9 であり、カテゴリの数が極端に少なかったり、特定のカテゴリと対応があつたりと均等に分布していない（表 3-14 参照）。

表 3-14 「のり面形状（進行方向左）」と「目立つアイコン」の相互のクロス集計結果

行ラベル	のり面形状(進行方向左)									
列ラベル	目立つアイコン(山など)									
クロス集計表よりコピー										
	山	看板	川	橋のアー チリブ	針葉樹	盆地	OV	広葉 樹	無し	総計
切土	7	1			2		6	9	3	28
盛土	16	3			5	1	2	4	8	39
橋	10	1	2	1		1			3	18
総計	33	5	2	1	7	2	8	13	14	85

そこで、カテゴリの統合・集約を行った。表 3-15 に 6 つのカテゴリに集約した結果を示す。全体にうまくサンプルが分散していることがわかる。

表 3-15 6 つのカテゴリに集約を行った「目立つアイコン」のクロス集計表

行ラベル	平面線形						
列ラベル	目立つアイコン(山など)						
	山	看板	橋梁	針葉樹	広葉樹	無し	総計
左曲線	9	1	3	3	5	3	24
直線	9	2	2	3	2	5	23
右曲線	15	2	4	1	6	10	38
総計	33	5	9	7	13	18	85

(5) 修正したアイテム・カテゴリ

以上のアイテム・カテゴリの修正をうけて、修正したアイテム・カテゴリ分類を表 3-16 に示す。なお、最終のアイテム・カテゴリ区分におけるクロス集計結果は参考資料(1)に添付する。

表 3-16 修正したアイテム・カテゴリ分類

アイテム	カテゴリ					
	1	2	3	4	5	6
のり面形状	切土	盛土・橋				
のり面状態	高木	低木・草木	構造物（遮音壁・ブロック積）			
区画線	鮮明	鮮明でない				
平面線形	左曲線	直線	右曲線			
縦断勾配	上り勾配	平坦	下り勾配			
中央分離帯	有り	無し				
目立つアイコン(山など)	山	看板	橋梁	針葉樹	広葉樹	無し
標識	有り	無し				
空の状態	晴れ	曇り				

(6) アイテム・カテゴリの修正経緯

図 3-4 にアイテム・カテゴリを修正した経緯を示す。

当初のアイテム・カ
テゴリ分類

1. のり面形状（進行方向左・右），および，のり面状態（進行方向左・右）は全てお互いに相関があるため，統合あるいは集約が必要
2. 区画線（左，中央，右）も全てお互いに相関があるため，統合あるいは集約が必要
3. 中央分離帯はのり面形状（進行方向左・右），のり面状態（進行方向左・右）と相関関係が高いので，のり面形状およびのり面状態の統合にあわせて再度照査を必要とする。
4. 空の状態は区画線と相関が高いので，区画線の統合にあわせて再度照査を必要とする。
5. 目立つアイコンはのり面形状と相関関係があるが，カテゴリ数が 9 個と多く，カテゴリが存在しないケースやカテゴリが 1 個だけというケースがあり，カテゴリ同士の統合が必要と思われる。

集約・変更
（第 1 回目）

合計 / 個数	行ラベル 列ラベル	1	2	総計
1		20	8	28
2		9	48	57
総計		29	56	85

合計 / 個数	行ラベル 列ラベル	1	2	3	4	5	総計
1		8	8		12		28
2		7	28	3		19	57
総計		15	36	3	12	19	85

- ・ のり面形状の 3 カテゴリを 2 カテゴリに統合するも，のり面形状進行左と進行右とで相 関 有 り（ $p=3.67127E-07<0.05$ ）。
- ・ のり面形状とのり面状態の集計では 1 対 1 のカテゴリが 3 つ発現するため，カテゴリの統合が必要

集約・変更
（第 2 回目）

行ラベル 列ラベル	左側区画線	中央区画線	クロス集計表よりコピー
	鮮明	鮮明でない	総計
鮮明	55	7	62
鮮明でない	9	14	23
総計	64	21	85

- ・ 区画線のカテゴリを 3 から 2（鮮明，鮮明でない）に変更するも，依然として 3 つのアイテムは相関がある。よって，3 アイテムを 1 つに統合する。→左側区画線のみとする。
- ・ カテゴリを 3 つにしても，データ数 1 というカテゴリが残るので，カテゴリ数は 2 とする。

集約・変更
（第 3 回目）

列ラベル 行ラベル	高木	低木・草	構造物（遮音壁・ブロック積）	総計
高木	9	4	2	15
低木・草	5	38	12	55
遮音壁・プロ	3	9	3	15
総計	17	51	17	85

- ・ のり面状態のカテゴリを 5 から 3 に統合するも，のり面状態（進行左）とのり面状態（進行右）とは相関関係があるので（ $p=0.000707492<0.05$ ），一つのアイテムで代用する。→のり面状態（進行方向左）を代表値とする

集約・変更
（第 4 回目）最終版

	のり面形状	のり面状態	区画線	平面線形	縦断勾配	中央分離帯	目立つアイコン（山など）	標識	空の状態
のり面形状		$p=0.188482$ >0.05	$p=0.764594$ >0.05	$p=0.09336$ >0.05	$p=0.036785$ >0.01	$p=0.074997$ >0.05	$p=0.010892$ >0.01	$p=0.101291$ >0.05	$p=0.028936$ >0.01
のり面状態	[]		$p=0.280376$ >0.05	$p=0.415621$ >0.05	$p=0.625916$ >0.05	$p=0.198087$ >0.05	$p=0.077334$ >0.05	$p=0.15124$ >0.05	$p=0.341247$ >0.05
区画線	[]	[]		$p=0.345521$ >0.05	$p=0.436908$ >0.05	$p=0.187323$ >0.05	$p=0.251791$ >0.05	$p=0.344366$ >0.05	$p=0.016113$ >0.01
平面線形	[]	[]	[]		$p=0.033657$ 0.01< p <0.05	$p=0.169277$ >0.05	$p=0.837554$ >0.05	$p=0.991915$ >0.05	$p=0.266098$ >0.05
縦断勾配	[*]	[]	[]	[*]		$p=0.256308$ >0.05	$p=0.079295$ >0.05	$p=0.208472$ >0.05	$p=0.189946$ >0.05
中央分離帯	[]	[]	[]	[]	[]		$p=0.078841$ >0.05	$p=0.797086$ >0.05	$p=0.014497$ 0.01< p <0.05
目立つアイコン（山など）	[*]	[]	[]	[]	[]	[]		$p=0.018305$ 0.01< p <0.05	$p=0.016643$ 0.01< p <0.05
標識	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[*]		$p=0.649448$ >0.05
空の状態	[*]	[]	[*]	[]	[]	[*]	[*]	[]	

左下の段：[*]相関あり，[*]1%有意，[]相関無し
右上の段：p値

図 3-4 アイテム・カテゴリを修正した経緯

(7) アイテム・カテゴリ表

表 3-17 に多重共線性を解消したアイテム・カテゴリ表を示す。

表 3-17 アイテム・カテゴリ表（多重共線性照査後）

			個 数	のり面 形状	のり面 形状	区画 線	平面 線形	縦断 勾配	中央分 離帯	目立つアイ コン(山など)	標識	空の 状態
1	仙台東部道路上り	14.0kp	1	2	1	1	2	3	1	2	1	1
2	仙台東部道路上り	14.6kp	1	2	2	1	2	1	1	3	2	1
3	山形自動車道上り	15.6kp	1	2	2	1	3	3	1	1	2	2
4	仙台東部道路上り	15.8kp	1	2	1	1	2	3	1	2	2	1
5	山形自動車道上り	17.6kp	1	2	2	1	3	3	1	1	2	1
6	山形自動車道上り	18.3kp	1	2	2	1	2	3	1	1	2	1
7	山形自動車道上り	18.9kp	1	2	1	1	1	3	1	1	1	1
8	山形自動車道上り	19.1kp	1	2	3	1	2	3	2	4	1	1
9	山形自動車道上り	19.8kp	1	2	2	1	1	3	2	1	1	1
10	山形自動車道上り	20.7kp	1	2	2	1	2	3	2	1	2	1
11	山形自動車道上り	21.3kp	1	2	2	1	3	3	2	1	1	1
12	山形自動車道下り	28.5kp	1	2	2	1	3	3	1	1	1	1
13	山形自動車道下り	29.3kp	1	1	3	1	2	3	1	1	1	1
14	山形自動車道下り	29.8kp	1	2	2	1	3	3	2	1	2	1
15	山形自動車道下り	31.5kp	1	2	3	1	3	3	1	1	1	1
16	山形自動車道下り	32.3kp	1	2	2	1	1	3	2	1	2	1
17	山形自動車道下り	33.1kp	1	1	3	1	3	3	2	1	2	1
18	山形自動車道下り	34.7kp	1	2	3	1	3	3	1	2	1	1
19	磐越自動車道上り	45.6kp	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
20	磐越自動車道上り	46.0kp	1	2	2	1	2	1	2	6	1	1
21	磐越自動車道上り	48.4kp	1	2	2	1	2	3	2	6	2	1
22	磐越自動車道上り	48.8kp	1	1	2	1	1	3	1	1	2	1
23	磐越自動車道上り	49.4kp	1	1	1	1	1	1	1	3	2	1
24	磐越自動車道上り	49.8kp	1	2	2	1	2	1	2	6	2	1
25	磐越自動車道上り	50.5kp	1	1	2	1	2	1	1	6	2	1
26	磐越自動車道上り	51.1kp	1	1	3	1	1	1	1	3	2	1
27	磐越自動車道上り	52.5kp	1	2	2	1	2	2	2	1	2	1
28	磐越自動車道上り	52.6kp	1	1	2	1	1	3	1	1	2	1
29	磐越自動車道上り	52.9kp	1	2	2	1	3	3	1	1	2	1
30	磐越自動車道上り	54.5kp	1	2	2	1	3	2	2	6	2	1
31	磐越自動車道上り	54.9kp	1	1	1	1	2	3	2	6	2	1
32	磐越自動車道上り	55.4kp	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1
33	磐越自動車道下り	64.2kp	1	2	1	1	1	3	1	6	2	1
34	磐越自動車道下り	65.1kp	1	2	2	2	3	3	2	6	2	1
35	磐越自動車道下り	65.5kp	1	1	2	1	3	1	1	3	2	1
36	磐越自動車道下り	66.2kp	1	1	2	1	2	3	1	3	2	1
37	磐越自動車道下り	66.7kp	1	2	2	2	1	1	2	1	2	1
38	磐越自動車道下り	67.4kp	1	2	2	1	3	3	1	6	2	1
39	磐越自動車道下り	68.4kp	1	2	2	2	2	1	1	5	2	1
40	磐越自動車道下り	68.8kp	1	2	2	1	1	1	1	1	2	1
41	磐越自動車道下り	69.1kp	1	2	2	1	1	3	1	1	2	1
42	磐越自動車道上り	93.8kp	1	2	3	1	2	2	1	1	1	1
43	磐越自動車道上り	94.3kp	1	2	3	1	3	1	1	1	2	1
44	磐越自動車道上り	94.7kp	1	2	3	2	3	1	1	1	2	1
45	磐越自動車道上り	96.1kp	1	2	2	1	2	2	1	1	2	1
46	磐越自動車道上り	96.8kp	1	2	2	2	2	1	1	1	2	1
47	磐越自動車道上り	97.6kp	1	2	1	1	2	3	1	4	1	1
48	磐越自動車道上り	98.3kp	1	2	1	2	3	1	1	4	1	1
49	磐越自動車道下り	111.6kp	1	2	3	1	1	3	1	6	2	1
50	磐越自動車道下り	112.0kp	1	2	3	2	1	3	1	6	2	1
51	磐越自動車道下り	113.5kp	1	1	2	1	3	3	1	5	2	1
52	磐越自動車道下り	113.8kp	1	2	3	2	3	3	1	6	2	1
53	磐越自動車道下り	114.6kp	1	2	2	1	3	3	1	3	1	1
54	磐越自動車道下り	115.1kp	1	2	2	1	3	3	1	6	2	1
55	磐越自動車道下り	117.1kp	1	2	2	1	3	3	1	2	1	1
56	東北自動車道上り	304.6kp	1	2	2	1	3	1	1	6	2	1
57	東北自動車道上り	307.6kp	1	1	2	1	3	1	1	1	2	1
58	東北自動車道上り	310.6kp	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1
59	東北自動車道上り	312.2kp	1	2	2	2	3	1	1	6	2	1
60	東北自動車道上り	312.7kp	1	1	1	1	3	1	1	5	2	1
61	東北自動車道上り	313.9kp	1	1	3	2	1	3	1	5	2	1
62	東北自動車道上り	314.7kp	1	2	2	2	3	3	1	3	2	1
63	東北自動車道上り	316.0kp	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2
64	東北自動車道上り	317.2kp	1	1	2	1	1	1	1	3	2	2
65	東北自動車道上り	317.7kp	1	1	2	2	3	3	1	6	1	2
66	東北自動車道上り	318.2kp	1	2	2	2	3	1	1	6	2	2
67	東北自動車道上り	318.7kp	1	2	2	2	1	1	1	5	1	2
68	東北自動車道上り	319.3kp	1	1	2	2	3	3	1	1	2	2
69	東北自動車道上り	320.1kp	1	2	2	2	3	2	1	6	2	2
70	東北自動車道上り	320.9kp	1	2	2	2	3	3	1	1	1	2
71	東北自動車道上り	321.4kp	1	1	2	2	1	1	1	4	2	2
72	東北自動車道上り	322.4kp	1	2	2	1	2	3	1	5	1	2
73	東北自動車道上り	324.3kp	1	1	3	2	1	1	1	5	2	2
74	東北自動車道上り	324.6kp	1	1	1	2	3	1	1	5	2	2
75	東北自動車道上り	325.3kp	1	2	2	2	2	2	1	4	2	2
76	東北自動車道上り	325.8kp	1	2	2	1	3	1	1	5	2	2
77	東北自動車道上り	326.3kp	1	2	2	2	3	3	1	1	1	2
78	東北自動車道下り	327.1kp	1	2	3	1	3	1	1	1	1	2
79	東北自動車道下り	327.8kp	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
80	東北自動車道下り	328.3kp	1	1	1	1	3	1	1	3	2	1
81	東北自動車道下り	329.8kp	1	2	1	1	1	2	1	4	2	1
82	東北自動車道下り	330.9kp	1	1	3	1	1	1	1	5	1	2
83	東北自動車道下り	331.7kp	1	1	3	1	3	3	1	5	2	2
84	東北自動車道下り	334.4kp	1	1	1	1	3	1	1	5	2	2
85	東北自動車道下り	336.2kp	1	1	2	1	1	1	1	5	2	2
			1	28	17	62	24	33	70	33	25	64
			2	57	51	23	23	9	15	5	60	21
			3	0	17	0	38	43	0	9	0	0
			4	0	0	0	0	0	0	7	0	0
			5	0	0	0	0	0	0	13	0	0
			6	0	0	0	0	0	0	18	0	0

(8) 独立性検定結果

修正したアイテムカテゴリ表により再度独立性検定を実施し、独立性の確認を行い、全てのアイテム間で1%有意となることを確認した。

以上の処理によりアイテム・カテゴリ表の全てのアイテム間で独立性が確認された。またカテゴリ総数は25であり、アンケート区間サンプル数は85なので分析におけるカテゴリ数の制約にも問題がない(25<85)。よってこの9アイテム25カテゴリは妥当であると考えられる。修正したアイテム・カテゴリによる独立性検定の照査結果を表3-18に示す。1%有意となる組合せもいくつか存在するが、いずれのアイテムも他のアイテムとの相関がない(独立している)ことがわかる。

表 3-18 説明変数相互の相関（独立性の検定） 修正版

	のり面形状	のり面状態	区画線	平面線形	縦断勾配	中央分離帯	目立つアイコン(山など)	標識	空の状態
のり面形状		p=0.188482 >0.05	p=0.764594 >0.05	p=0.09336 >0.05	p=0.036785 >0.01	p=0.074997 >0.05	p=0.010892 >0.01	p=0.101291 >0.05	p=0.028936 >0.01
のり面状態	[]		p=0.280376 >0.05	p=0.415621 >0.05	p=0.625916 >0.05	p=0.198087 >0.05	p=0.077334 >0.05	p=0.15124 >0.05	p=0.341247 >0.05
区画線	[]	[]		p=0.345521 >0.05	p=0.436908 >0.05	p=0.187323 >0.05	p=0.251791 >0.05	p=0.344366 >0.05	p=0.016113 >0.01
平面線形	[]	[]	[]		p=0.033657 0.01<p<0.05	p=0.169277 >0.05	p=0.837554 >0.05	p=0.991915 >0.05	p=0.266098 >0.05
縦断勾配	[*]	[]	[]	[*]		p=0.256308 >0.05	p=0.079295 >0.05	p=0.208472 >0.05	p=0.189946 >0.05
中央分離帯	[]	[]	[]	[]	[]		p=0.078841 >0.05	p=0.797086 >0.05	p=0.014497 0.01<p<0.05
目立つアイコン(山など)	[*]	[]	[]	[]	[]	[]		p=0.018305 0.01<p<0.05	p=0.016643 0.01<p<0.05
標識	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[*]		p=0.649448 >0.05
空の状態	[*]	[]	[*]	[]	[]	[*]	[*]	[]	
左下の段: [**]相関あり, [*]1%有意, []相関無し									
右上の段: p値									

3.6 数量化理論Ⅰ類による分析

(1) 分析結果

目的変数を「快適な」にした場合の、数量化理論Ⅰ類による分析結果を図3-5に示す。

重相関係数は0.5895とあまり高くないが、観測値と予測値とが対応がとれているといえる。

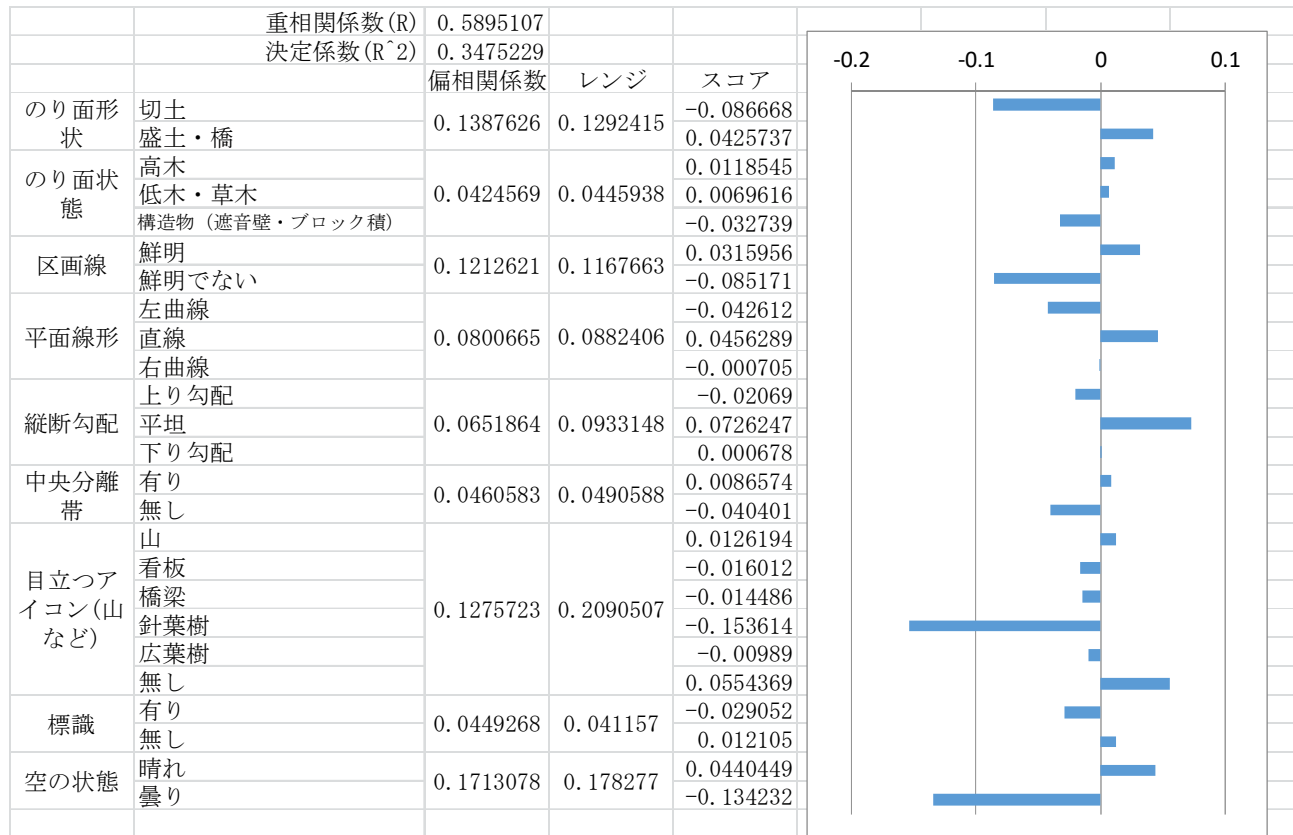


図3-5 数量化理論Ⅰ類による分析結果（目的変数：快適な）

図中の偏相関係数とは、各アイテムが快適性に対してどの程度影響を及ぼすかを示している。数値が高いほどそのアイテムは快適性が優れているという印象を与えるのに重要な要素になるということがいえる。スコアとは、各カテゴリに与える数値であり、各カテゴリが快適性に対してどのような印象を与えるのかどうかを示している。この数値が高いほど快適性が高く、マイナスの値になるカテゴリは快適性が低いということになる。レンジとは、各アイテムのスコアの最大値と最小値の差であり、この値が大きいと快適性に対するカテゴリの影響がよりはっきりと表現されていることになる。

以上より、数量化理論Ⅰ類による分析結果から快適性評価式を式(2)のように導出する。

$$\begin{aligned}
 L_1 = & (a_{11}x_{11} + a_{12}x_{12}) + (a_{21}x_{21} + a_{22}x_{22} + a_{23}x_{23}) \\
 & + (a_{31}x_{31} + a_{32}x_{32}) + (a_{41}x_{41} + a_{42}x_{42} + a_{43}x_{43}) \\
 & + (a_{51}x_{51} + a_{52}x_{52} + a_{53}x_{53}) + (a_{61}x_{61} + a_{62}x_{62}) \\
 & + (a_{71}x_{71} + a_{72}x_{72} + a_{73}x_{73} + a_{74}x_{74} + a_{75}x_{75} + a_{76}x_{76}) \\
 & + (a_{81}x_{81} + a_{82}x_{82}) + (a_{91}x_{91} + a_{92}x_{92}) \\
 & + a_0
 \end{aligned}$$

(2)

ここに、L1：快適性評価値，a11～a92：図 3-5 に示すカテゴリスコア（変数名は表 3-19 に記載），a0：定数項，x11～x92：表 3-20 に示すアイテム・カテゴリ表の 1,0 の数量データである。

（２）アンケート結果とカテゴリスコアの相関関係

表 3-19 では各カテゴリのサンプル数およびカテゴリ別のアンケート平均値と数量化理論により得られたカテゴリスコアを示す。ここで、カテゴリ別平均値とカテゴリスコアとが対応していない説明変数があった場合はカテゴリスコア矛盾現象が発生していると考えられる。この対応の有無はカテゴリ別平均値とカテゴリスコアとの単相関係数から確認できる。単相関係数が-1.0～+0.5 になるような説明変数が一つでもあるとカテゴリスコア矛盾現象が発生していると判断できる。表 3-19 の場合、スコア矛盾現象は発生しておらず、整合はとれているといえる。

表 3-19 カテゴリごとのサンプル数，アンケートの平均値とカテゴリスコアによる相関関係

アイテム	カテゴリ		サンプル数	カテゴリ別アンケートの平均値	カテゴリスコア	相関	対応の有無
のり面形状	a ₁₁	切土	28	3.19	-0.086668	1.00	○
	a ₁₂	盛土・橋	57	3.38386	0.0425737		
のり面状態	a ₂₁	高木	17	3.31529	0.0118545	0.9090492	○
	a ₂₂	低木・草木	51	3.33961	0.0069616		
	a ₂₃	構造物（遮音壁・ブロック積）	17	3.26588	-0.032739		
区画線	a ₃₁	鮮明	62	3.368387	0.0315956	1.00	○
	a ₃₂	鮮明でない	23	3.189565	-0.085171		
平面線形	a ₄₁	左曲線	24	3.23833	-0.042612	0.9983473	○
	a ₄₂	直線	23	3.41565	0.0456289		
	a ₄₃	右曲線	38	3.31368	-0.000705		
縦断勾配	a ₅₁	上り勾配	33	3.24848	-0.02069	0.9015364	○
	a ₅₂	平坦	9	3.417778	0.0726247		
	a ₅₃	下り勾配	43	3.35442	0.000678		
中央分離帯	a ₆₁	有り	70	3.30171	0.0086574	1.00	○
	a ₆₂	無し	15	3.20533	-0.040401		
目立つアイコン(山など)	a ₇₁	山	33	3.367272	0.0126194	0.7014238	△
	a ₇₂	看板	5	3.392	-0.016012		
	a ₇₃	橋梁	9	3.30667	-0.014486		
	a ₇₄	針葉樹	7	3.154285	-0.153614		
	a ₇₅	広葉樹	13	3.153846	-0.00989		
	a ₇₆	無し	18	3.404444	0.0554369		
標識	a ₈₁	有り	25	3.2864	-0.029052	1.00	○
	a ₈₂	無し	60	3.334	0.012105		
空の状態	a ₉₁	晴れ	64	3.38625	0.0440449	1.00	○
	a ₉₂	曇り	21	3.118095	-0.134232		

注）相関係数が 0.9 以上：○，0.7 以上：△，0.5～0.7：□，0.5 未満：×

表 3-20 アイテム・カテゴリ表 (0, 1) の一部

アイテム	カテゴリ		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8
のり面形状	x ₁₁	切土	0	0	0	0	0	0	0	0
	x ₁₂	盛土・橋	1	1	1	1	1	1	1	1
のり面状態	x ₂₁	高木	1	0	0	1	0	0	1	0
	x ₂₂	低木・草木	0	1	1	0	1	1	0	0
	x ₂₃	構造物（遮音壁・ブロック積）	0	0	0	0	0	0	0	1
区画線	x ₃₁	鮮明	1	1	1	1	1	1	1	1
	x ₃₂	鮮明でない	0	0	0	0	0	0	0	0
平面線形	x ₄₁	左曲線	0	0	0	0	0	0	1	0
	x ₄₂	直線	1	1	0	1	0	1	0	1
	x ₄₃	右曲線	0	0	1	0	1	0	0	0
縦断勾配	x ₅₁	上り勾配	0	1	0	0	0	0	0	0
	x ₅₂	平坦	0	0	0	0	0	0	0	0
	x ₅₃	下り勾配	1	0	1	1	1	1	1	1
中央分離帯	x ₆₁	有り	1	1	1	1	1	1	1	0
	x ₆₂	無し	0	0	0	0	0	0	0	1
目立つアイコン(山など)	x ₇₁	山	0	0	1	0	1	1	1	0
	x ₇₂	看板	1	0	0	1	0	0	0	0
	x ₇₃	橋梁	0	1	0	0	0	0	0	0
	x ₇₄	針葉樹	0	0	0	0	0	0	0	1
	x ₇₅	広葉樹	0	0	0	0	0	0	0	0
	x ₇₆	無し	0	0	0	0	0	0	0	0
標識	x ₈₁	有り	1	0	0	0	0	0	1	1
	x ₈₂	無し	0	1	1	1	1	1	0	0
空の状態	x ₉₁	晴れ	1	1	0	1	1	1	1	1
	x ₉₂	曇り	0	0	1	0	0	0	0	0

（３）考察

以下、アイテムごとに考察を加える。

のり面形状では切土に対する評価が低く、盛土・橋区間に対する評価が高い。今回の調査対象路線においては、走行時右側と左側では同じのり面形状となるパターンが多く、切土の場合は両側切土となるため、圧迫感がより強調され、快適性の評価が低く抑えられた結果と推察される。一方、両側が開けている盛土・橋梁区間では視界が広がるため開放感が高くなり、快適性が高く感じられたものと思われる。

のり面状態については、高木や低木はややプラスの評価、ブロック積や遮音壁はマイナスの評価になった。ブロック積や遮音壁はのり面形状と共通するものがあり、より切り立った面は圧迫感が感じられるため、快適性の評価が低く抑えられたものと推察される。

区画線は鮮明か、そうでないかで評価が大きく異なる。走行中に運転手が注視するのはこれから進んでいく路面であり、区画線が明確に、しかも鮮明に進路を示しているような状況は運転手にとって快適性が高くなると思われる。一般道路では区画線が消えてしまっているような路線もたまに見受けられるが、快適性に直結する項目であるので、利用者満足度向上のためにも是非鮮明出ない区画線は改善を望みたい。しかし、高速道路では表-14 をみても約 1/4 が鮮

明でないという状態であり、こちらの方も改善すべきであると思われる。

平面線形は直線の評価が高く、曲線の評価が低いという結果になった。直線の場合は見通しが良くなるのが原因と思われ、曲線の場合は視界が直線に比べて狭くなるのが原因と思われる。

縦断勾配は登り勾配では快適性が低くなるが、平坦あるいは下り勾配では快適性の評価が高くなる。スムーズな走行が快適性に関係すると考えると、登り勾配はストレスがかかり、走行がスムーズでなくなるが、下り勾配や平坦な勾配では登りに比べてスムーズな走行が可能になるためと考えられる。

中央分離帯に関しては、無しの方が快適性が低くなる結果となった。遮音壁と同じ扱いになるというわけではなく、別の要因が関係すると思われる。

目立つアイコンについては、山の評価がプラスになるものの、看板、橋梁（部材）、OV、針葉樹、広葉樹の存在はマイナスになるという結果となった。目立つアイコンが無い場合も快適性の評価はプラスとなる。特異な形状の山は路線にいくつか存在し、高速道路百景にも山の名称が取り上げられていることから、快適性にとってプラスの評価となることが確認できたといえる。一方、看板や橋梁の部材、OVなどはマイナスの評価になるため、設置については再考の余地があるといえる。特に針葉樹の評価が極めて低い（大きくスコアがマイナスになっている）のはサンプル数が7しかないこともあり、他の要因も関係しているのかも含めて今後の検討課題としたい。

標識もアイコンと同じで、有りの方が評価が低く、無しの方が評価が高かった。視界に入る余計なものという認識で捉えられていると思われる。

空の状態は晴れの方が快適性の評価が高く、曇りの方が評価が大きくマイナスになることが分かった。特に曇りの評価は格段に良くない。晴れの方が視界がくっきりと見え、より快適な状態が演出できると思われる。

これらのアイテムのうち、快適性の評価を高めていくために維持管理段階で改善できるものとしては、区画線があげられよう。特に区画線が鮮明でなくなると快適性の評価が格段に悪くなるということを管理者はよく理解しておく必要がある。一方、切土・盛土や橋梁区間、のり面の状態、平面線形、縦断勾配、中央分離帯、アイコン、標識などは容易には変更できないし、天候もコントロールできないが、区画線は常時鮮明な状態に保持しておくように努めることで運転手の満足度向上、快適性アップに直性関与できる点で優れていると思われる。

（４）快適性以外の形容詞における評価モデル式

本節では、道路利用者の満足度向上に直結する「快適性」について検討を行ったが、快適性以外にも道路の景観性向上に関係する性能もある。例えば、道路景観の整備を図っていく上で本研究にてアンケート対象とした「親しみやすさ」、「美しさ」、「上品さ」、「すっきりした」、「好ましき」などの性能は景観検討の際のデザインコンセプトに含まれる可能性が高い。これらの感性を目的変数としたモデル式（評価式）をあらかじめ構築しておけば、将来実施される景観検討の際、評価に影響のある道路構成要素の把握が容易となり、検討の際の有用な情報の一つとなることが期待できる。

以下、目的変数を「調和のとれた」、「印象的な」、「自然な」、「美しい」、「好ましい」、「親しみやすい」、「すっきりした」、「上品な」にした場合の、数量化理論Ⅰ類による分析結果を図3-

6～図 3-13 に示す。なお、評価式は式(2)と同じであるが、L1：印象的から上品に該当する出力値に置換え、 a_{ij} に該当するスコアは図 3-6～図 3-13 に示す値に、 x_{ij} は表 3-20 と同じ値を用いる。

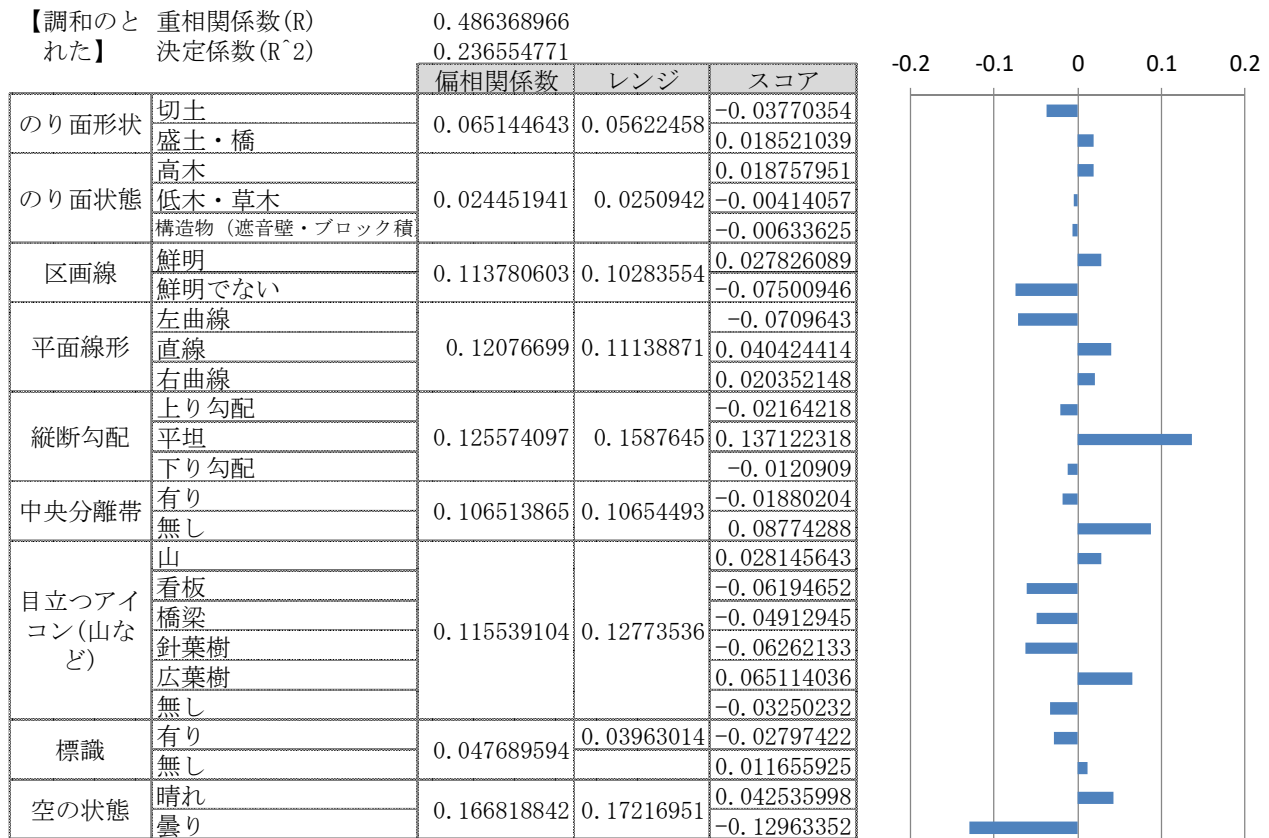


図 3-6 数量化理論 I 類による分析結果（目的変数：調和のとれた）

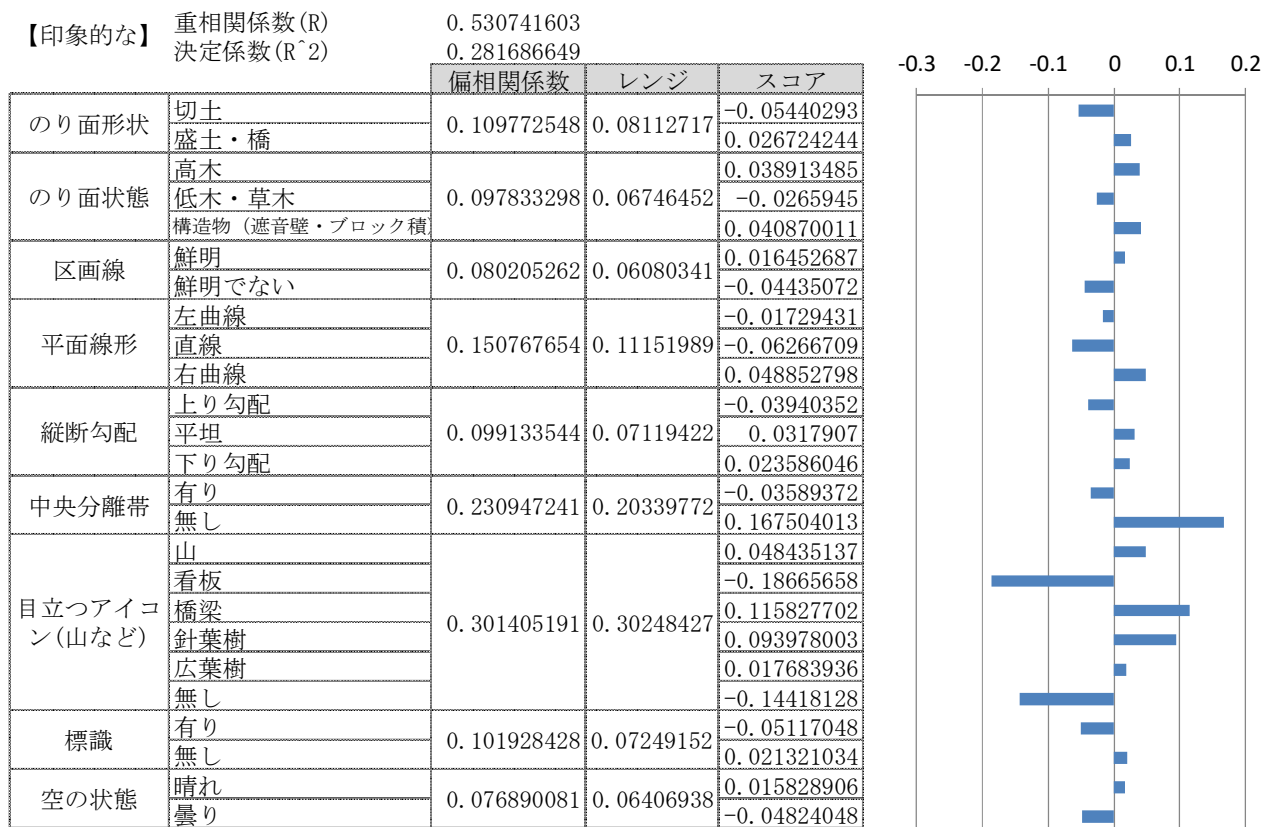


図 3-7 数量化理論 I 類による分析結果（目的変数：印象的な）

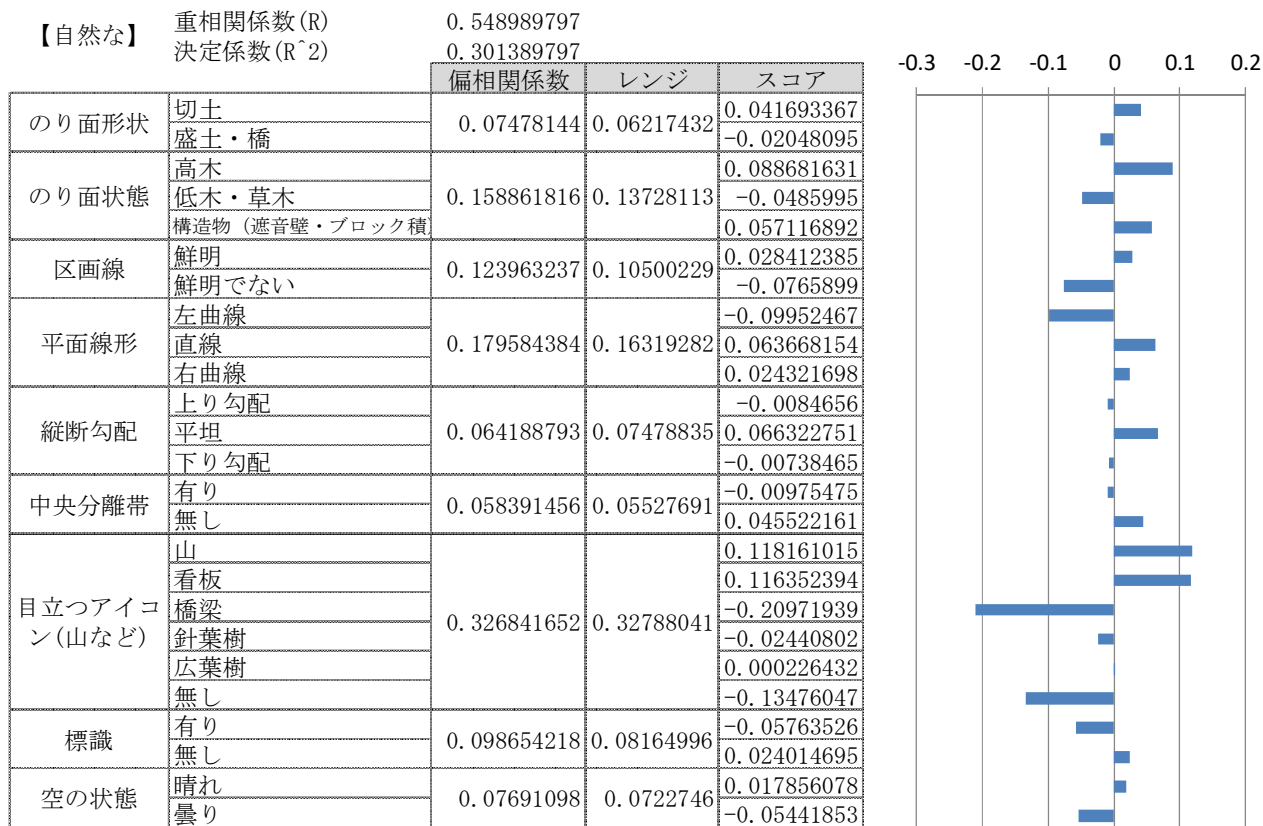


図 3-8 数量化理論 I 類による分析結果（目的変数：自然な）

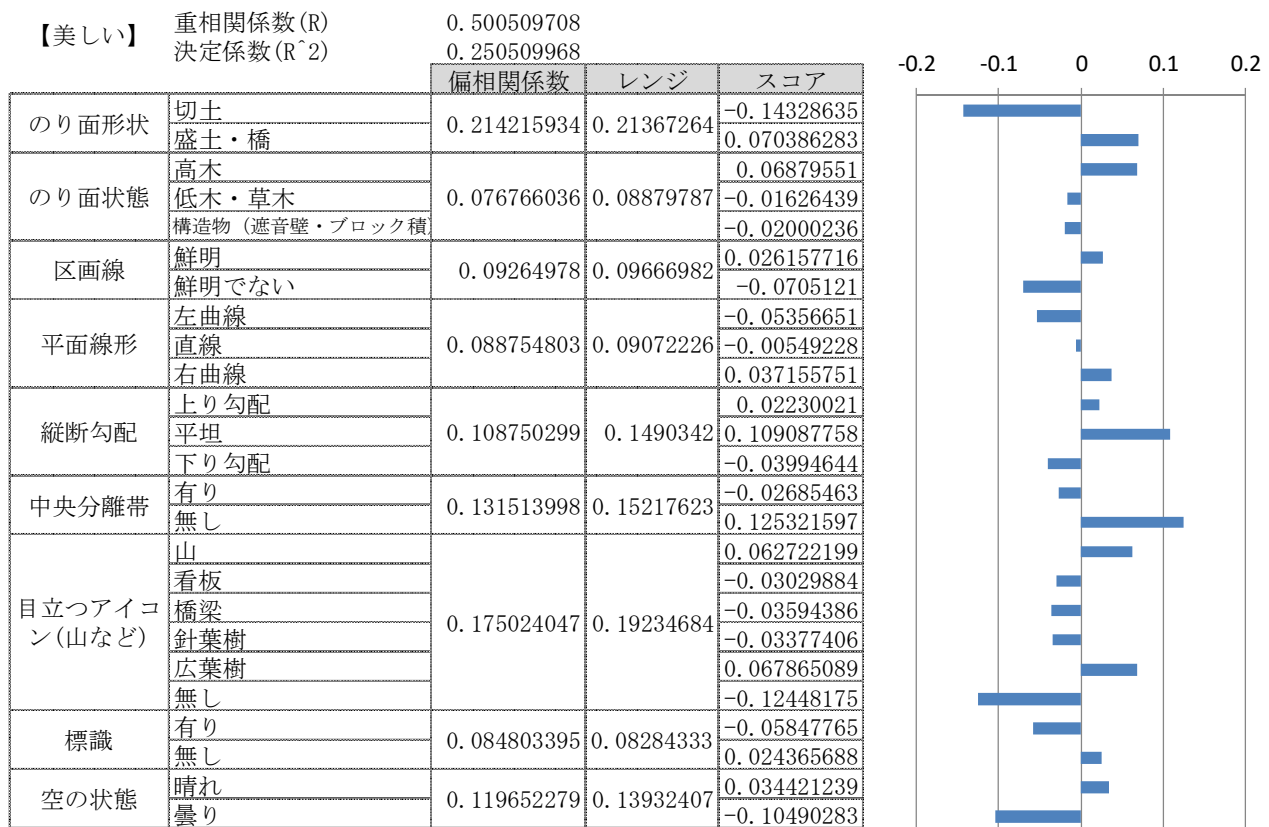


図 3-9 数量化理論 I 類による分析結果 (目的変数: 美しい)

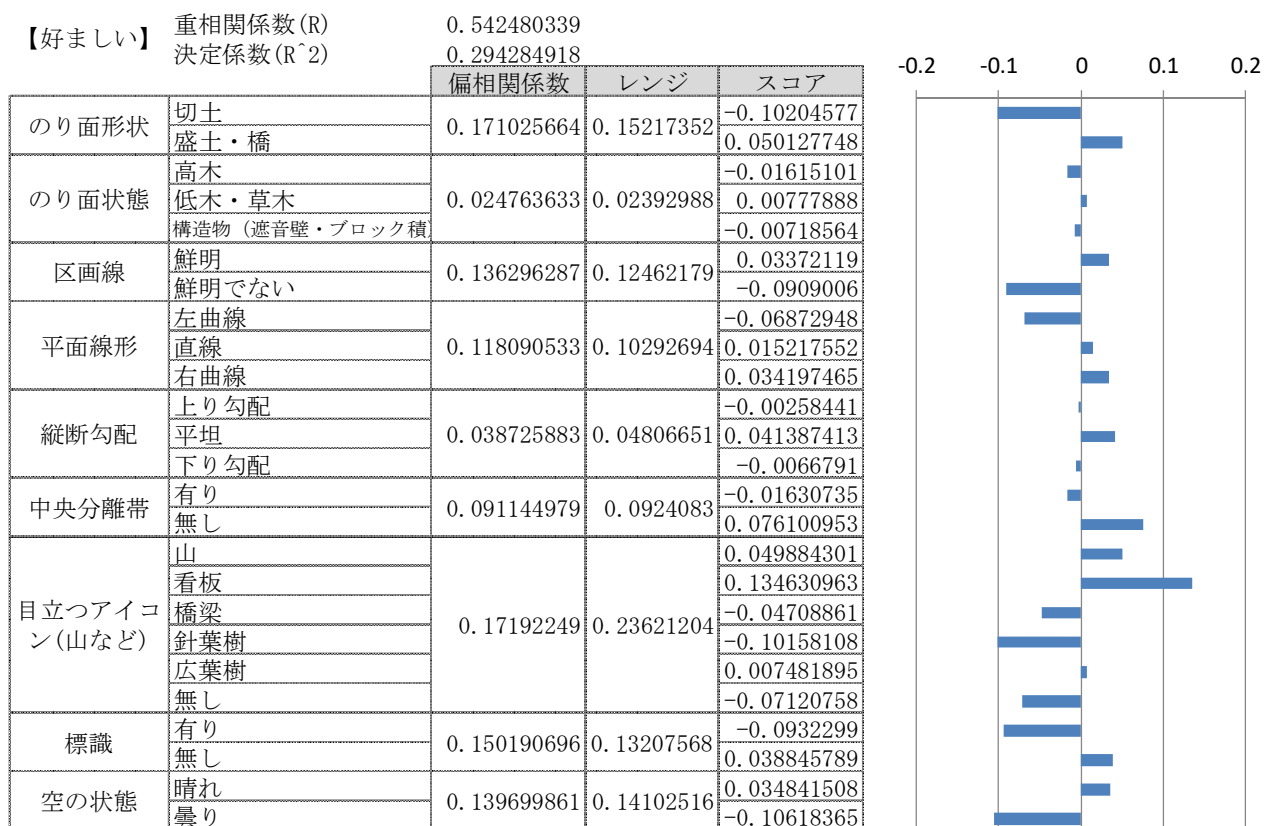


図 3-10 数量化理論 I 類による分析結果 (目的変数: 好ましい)

【親しみやすい】 重相関係数(R) 0.519312055
決定係数(R²) 0.269685011

		偏相関係数	レンジ	スコア
のり面形状	切土	0.162711024	0.12472177	-0.08363695
	盛土・橋			0.041084819
のり面状態	高木	0.097323671	0.07008936	0.039894219
	低木・草木			-0.02749589
	構造物(遮音壁・ブロック積)			0.042593464
区画線	鮮明	0.122102886	0.09519183	0.02575779
	鮮明でない			-0.06943404
平面線形	左曲線	0.118818507	0.08929252	-0.06118978
	直線			0.028102741
	右曲線			0.02163662
縦断勾配	上り勾配	0.060487755	0.05733984	-0.02363548
	平坦			0.033704359
	下り勾配			0.011084456
中央分離帯	有り	0.064824983	0.05616985	-0.00991233
	無し			0.046257518
目立つアイコン(山など)	山	0.136455998	0.13226995	0.048162114
	看板			0.040172204
	橋梁			-0.01198314
	針葉樹			-0.08410783
	広葉樹			-0.04679148
	無し			-0.02696213
標識	有り	0.164056435	0.12047333	-0.08504
	無し			0.035433333
空の状態	晴れ	0.090429246	0.0777515	0.019209195
	曇り			-0.05854231

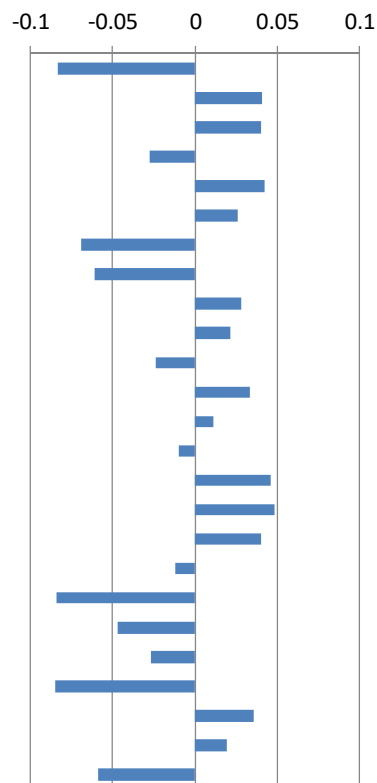


図 3-11 数量化理論 I 類による分析結果 (目的変数: 親しみやすい)

【すっきりした】 重相関係数(R) 0.513123609
決定係数(R²) 0.263295839

		偏相関係数	レンジ	スコア
のり面形状	切土	0.233372182	0.25365806	-0.17010011
	盛土・橋			0.083557948
のり面状態	高木	0.11710985	0.13248459	-0.08586112
	低木・草木			0.046623461
	構造物(遮音壁・ブロック積)			-0.05400926
区画線	鮮明	0.064403199	0.07131112	0.019295948
	鮮明でない			-0.05201517
平面線形	左曲線	0.056074552	0.06322832	-0.00767441
	直線			-0.03636869
	右曲線			0.026859626
縦断勾配	上り勾配	0.132728159	0.21788508	0.010834736
	平坦			0.173298314
	下り勾配			-0.04458677
中央分離帯	有り	0.093651906	0.11767497	-0.02076617
	無し			0.0969088
目立つアイコン(山など)	山	0.097853236	0.21047689	-0.02137361
	看板			0.128355563
	橋梁			-0.0165068
	針葉樹			-0.08212133
	広葉樹			0.029256133
	無し			0.02259068
標識	有り	0.027398862	0.02921082	-0.0206194
	無し			0.008591418
空の状態	晴れ	0.130382761	0.16412087	0.040547509
	曇り			-0.12357336

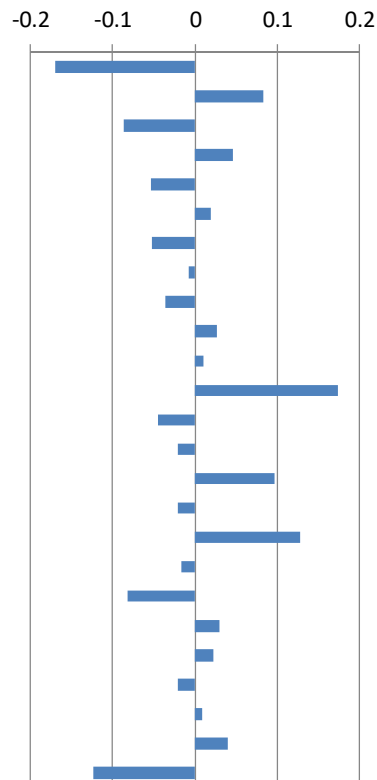


図 3-12 数量化理論 I 類による分析結果 (目的変数: すっきりした)



図 3-13 数量化理論Ⅰ類による分析結果（目的変数：上品な）

3.7 モデル式の検証

3.6 では快適性評価に影響する道路構成要素を分析するために全サンプルを用いて傾向を把握する目的で分析した。

本節では導出した快適性評価式を評価するために、サンプルを学習用と検証用に分け、学習用に用意したサンプルで評価式を構築し、残った検証用のデータで評価式の予測精度を検証した。

学習用サンプルは No.1～No.75 (75 データ)、検証用は No.76～No.85 (10 データ) とした。なお、予測値の精度は検証用データの選定によって若干異なることに留意する必要がある。

表 3-21 に検証の結果を示す。表上段に記載したアイテム・カテゴリ下に示しているのがモデル式でのスコアであり、このスコアに No.75～No.85 のアイテム・カテゴリ (0,1) を乗じ、総和したものが予測値となる。

アンケート結果－予測値が+0.5～-0.5 の範囲に入っていれば OK とし、それ以外なら NG と判定した。結果は正解率が 60%となった。

表 3-21 検証結果 (No.75～No.85)

		のり面形状		のり面状態		区画線		平面線形			縦断勾配			中央分離帯		目立つアイコン(山など)					標識			空の状態		
		切土	盛土・橋	高木	低木・草木	構造物(遮音壁・ブロック橋)	鮮明でない	左曲線	直線	右曲線	上り勾配	平坦	下り勾配	有り	無し	山	看板	橋梁	針葉樹	広葉樹	無し	有り	無し	晴れ	曇り	
No.	モデル式 (No.1～75) でのスコア	-0.104	0.0459	-0.007	0.0251	-0.08	0.0174	-0.042	-0.037	0.0335	-0.001	-0.067	0.1357	0.0158	0.0125	-0.05	-0.017	0.0196	-0.005	-0.052	3E-05	0.042	-0.063	0.0245	0.0558	-0.243
検証用	75	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	
	76	東北自動車道 上り	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
	77	東北自動車道 上り	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1
	78	東北自動車道 下り	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
	79	東北自動車道 下り	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
	80	東北自動車道 下り	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
	81	東北自動車道 下り	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
	82	東北自動車道 下り	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1
	83	東北自動車道 下り	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
	84	東北自動車道 下り	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
	85	東北自動車道 下り	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0

			定数項	予測値 (快適性)	予測値： 補正後	アンケート 結果	アンケート結果－ 予測値 (残差)	
	No.	モデル式 (No.1～75) でのスコア	=平均値		+定数項			判定
検証用	75		3.3264	0.1399451	3.4663451	3.32	-0.146345051	
	76	東北自動車道 上り	3.3264	-0.129539	3.1968609	2.76	-0.436860871	OK
	77	東北自動車道 上り	3.3264	-0.210624	3.1157764	3.16	0.044223622	OK
	78	東北自動車道 下り	3.3264	-0.338928	2.9874715	3.64	0.652528454	NG
	79	東北自動車道 下り	3.3264	0.941094	4.267494	3.52	-0.747494022	NG
	80	東北自動車道 下り	3.3264	0.9272721	4.2536721	3.4	-0.853672097	NG
	81	東北自動車道 下り	3.3264	1.1961294	4.5225294	3.04	-1.482529447	NG
	82	東北自動車道 下り	3.3264	-0.507556	2.8188437	3.12	0.301156262	OK
	83	東北自動車道 下り	3.3264	-0.301538	3.0248625	3.12	0.095137541	OK
	84	東北自動車道 下り	3.3264	-0.311049	3.0153513	3.36	0.344648744	OK
	85	東北自動車道 下り	3.3264	-0.112715	3.2136851	3.6	0.386314891	OK
							正解率＝	60%

ここで、導出したモデル式の精度について述べる。

多変量解析によって求めた回帰式 (モデル式) は算出された予測値がある程度の誤差 (正解と予測値との差) を含んでいる。この誤差が小さいことが良いモデルということになるので、誤差の総和が最小になるようにパラメータを調整する (例: 最小二乗法の係数 a,b を決定) という作業 (損失関数) が発生する。

損失関数は正解と予測値との差分の総和を表す指標であり、この指標の値が小さいほど優れた予測モデルということになる。各サンプルにおいて入力するデータ（のり面形状、のり面状態、区画線、線形など）から得られる出力（快適性評価値）と実際に運転者がアンケートにより快適性を評価した結果との差がここでいう損失関数となる。数十個ある学習用データを用いて数量化理論により導出した予測式（モデル式）に検証用のデータセットを入力して得られた快適性評価値は検証用サンプルを評価した値とでは差が生じる。この差が小さい方が望ましいが、差をどのように測定するかでいくつかの方法がある。

一つは個々の検証用サンプルで快適性の予測値とアンケート結果との差を評価する方法である。予測値が 2.43 で、アンケート結果が 3.01 ならその差は $3.01 - 2.43 = 0.58$ となる。この 0.58 が大きい小さいかという評価になるが、被験者へのアンケートが 5 段階の SD 評価（評点は 1,2,3,4,5）なので、評価ランクが変わらないという意味では、差が ± 0.5 なら同じランクになるため正解（OK）という評価にすることが多い。一方、差が ± 0.5 より大きければ判定ランクが一つずれてしまうため正解ではない（NG）という評価になる。個々のサンプルで予測値とアンケート結果との差が NG か OK かの判定を行い、検証用サンプル数に対する OK の数の割合で正解率とする方法である。この正解率は一般に検証のサンプルを任意に全体の 5%~10%程度選定して検証するが、サンプルにより正解率は変動する。問題にもよるが、正解率が 80%以上あれば非常に優れたモデル式であり、60%以上あれば精度の良いモデル式、40%未満だとあまり精度の良くないモデル式というように考える。

もう一つの方法は、個々のサンプルで NG か OK かを判定するのではなく、全てのサンプルにおいて予測値と正解との差の総和を求め、誤差の平均値で評価する方法である。この方法だと、差が 1.0 を超える場合もあれば差が 0.01 と非常に小さい場合も混在する。検証用のデータ全てで平均の誤差が 0.5 未満なら 5 段階の判定ランクが同じランクになるため、精度は OK ということになる。一方、誤差の平均が 0.5 以上だと判定ランクが変わってくるため評価は NG となる。差が非常に大きいデータセットが 1~2 個あっても、他の複数のデータセットにおいて差が非常に小さければ平均値は小さくなり（例えば 0.5 未満）、所定の精度を満足することになる。

ニューラルネットワークでは個々のサンプルで予測値と正解との差を判定し（NG か OK か）、OK の全体に占める割合を正解率として求めることが多い。

本研究では個々のサンプルで正解かそうでないかを判定する方法で正解率を算定したが、検証用のデータセットをどのように選定するかで正解率は変わってくる。選定を乱数で行い 3~4 ケース実施してその平均（60%）を採用したが、正解率 80%以上というような非常に優れたモデル式ということにはならなかった。

3.8 ラフ集合による分析

(1) ラフ集合の概要

ラフ集合の概念は 1982 年にポーランドの Z. Pawlak 教授によって提案された¹⁾。この論文ではその提案の考え方を数学的な証明を中心に書かれているが、この論文の応用として、ルール抽出が同教授により 1984 年に提案されている。

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げ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、対象を大まかに分類することができる。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。

(2) ラフ集合に基づく決定ルールの抽出²⁾

以下、ラフ集合に基づく決定ルール抽出について記す。

$U=\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ を対象の全体集合、 C をすべての条件属性の集合、 d を一つの決定属性、 V_a を属性 a が取りうる値の集合とし、 V を

$$V = \bigcup_{a \in C \cup \{d\}} V_a \quad (1)$$

と定め、 $\rho: U \times C \cup \{d\} \rightarrow V$

を対象 $x \in U$ と属性 $a \in C \cup \{d\}$ に対して属性値 $\rho(x, a) \in V_a$ を与える情報関数とすると、決定表 L は

$$L = \langle U, C \cup \{d\}, V, \rho \rangle \quad (2)$$

と定めることができる。決定属性の値

$$v_d \in V_d = \{v_d^1, v_d^2, \dots, v_d^p\} \quad (3)$$

により、

$$D_k = \{x \in U \mid \rho(x, d) = v_d^k\} \quad (4)$$

と定めると、対象集合 U は決定クラス $D_k, k=1, 2, \dots, p$ に分割することができる。

本研究では、決定表に含まれる決定属性が唯一であると仮定するが、現実問題では、複数の決定属性を持つ場合もありうる。複数の決定属性をもつ決定表から決定ルール抽出を行う場合には、ある決定属性の値を推論する決定ルールあるいは、いくつかの決定属性の値の組合せを推論する決定ルールを抽出することになる。前者の場合、推論したい決定属性のみを選び、他の決定属性の情報を削除した決定表を考え、決定ルールを抽出することと等価になる。一方、後者の場合には、異なった組合せが異なった値を取るように、決定属性の値の組合せに一つの値を割り当て、割り当てた値をとる属性 d を考えれば、決定表の組合せを推論する決定ルールは属性 d の値を推論する決定ルールと等価になるので、この場合にも、決定属性が唯一の決定表からの決定ルール抽出と等価になる。したがって、決定属性を一つと仮定した決定表のみを考えることは、一般性を大きく損なうことはない。

条件属性集合 $A \subseteq C$ に対して、次の同値関係を定義することができる。

$$R_A = \{(x, y) \in U \times U \mid \rho(x, a) = \rho(y, a), \forall a \in A\} \quad (5)$$

R_A は識別不能関係と呼ばれる。一般に、決定属性 d に関する情報は得ることが容易ではなく、比較的容易に得られる条件属性に関する情報から、決定属性の値を推測することになる。そこで、条件属性の値から決定属性の値を導く決定ルールを考察する。

条件属性集合 $A \subseteq C$ を用いると、決定クラス D_k の下近似、上近似はそれぞれ式(6)、式(7)のように定義できる。

$$A_*(D_k) = \{x \in U \mid [x]_A \subseteq D_k\} \quad (6)$$

$$A^*(D_k) = \{x \in U \mid [x]_A \cap D_k \neq \emptyset\} \quad (7)$$

ただし、 $[x]_A$ は、同値関係 R_A による対象 x の同値類、すなわち、 $[x]_A = \{y \in U \mid (y, x) \in R_A\}$ である。

決定クラス D_k の下近似、上近似から、それぞれ、確実性ルール、可能性ルールを抽出することができる。決定ルールの抽出法として、種々のアルゴリズムが提案されている。本研究では、抽出したい決定ルールの意味が陽に表れる決定行列に基づく方法を用いる。決定行列に基づいた確実性ルールの抽出法は以下ようになる。

$$K_k^+ = \{i \mid x_i \in A_*(D_k)\}, \quad K_k^- = \{j \mid x_j \notin A_*(D_k)\} \quad (8)$$

で定められる二つの添字集合を用いると、決定クラス D_k に関する確実性ルールの抽出に用いられる決定行列の (i, j) 成分 M_{ij}^k は式(9)のように定義できる。

$$M_{ij}^k = \{(a, \rho(x_i, a)) \mid \rho(x_i, a) \neq \rho(x_j, a)\}, i \in K_k^+, j \in K_k^- \quad (9)$$

記号 (a, v) を命題「属性 a の値は v である」とみなすと、確実性ルールの極小条件は次の論理式の最簡加法形の各理論積項として求められる。

$$\bigvee_{i \in K_k^+} \bigwedge_{j \in K_k^-} \bigvee M_{ij}^k \quad (10)$$

可能性ルールを抽出するには、 K_k^+ と K_k^- の定義をそれぞれ、

$$K_k^+ = \{i \mid x_i \in C^*(D_k)\}, K_k^- = \{j \mid x_j \notin C^*(D_k)\} \quad (11)$$

に変更すれば、同様な方法で求められる。

正事例と負事例に対応する二つの集合 K_k^+ , K_k^- を用いていることから、事例の集合のペア (Y, N) を与えることにより、決定ルール抽出が行えることがわかる。 Y は正事例の集合で、**Target** 集合と呼ばれる。また、 N は負事例の集合で、**Block** 集合と呼ばれる。例えば、集合のペアに対して、決定クラス D_k に関する確実性ルールが抽出でき、集合のペア $(C^*(D_k), U - C^*(D_k))$ に対して、決定クラス D_k に関する可能性ルールが抽出できる。決定行列に基づくルール抽出法では、添え字 $i \in K_k^+$ をもつ対象 x_i は満たし、 K_k^- 内の任意の添え字 $j \in K_k^-$ をもつ対象 x_j は満たさないすべての極小条件を求めることにより、対象 x_i に関する決定ルールが得られていることがわかる。 $i \in K_k^+$ るすべての x_i を考えることにより、求めたいすべての決定ルールを抽出している。

$D_k, k=1, 2, \dots, p$ に対する確実性ルールを集めることにより、種々の決定クラスを導く確実性ルール群を得ることができ、 $D_k, k=1, 2, \dots, p$ に対する可能性ルールを集めることにより、種々の決定クラスを導く可能性ルール群を得ることができる。

景観に対する評価をよくするために効率よくデザイン要素を変更するためには、ラフ集合により抽出された沢山の決定ルールの中でどの属性値の組み合わせが重要かを把握しなければならない。決定ルールの考え方はラフ集合の中でも最も多く使われている。本研究では、その目安になる指標として、C.I. (Covering Index) 値³⁾は決定クラスに寄与している貢献度合いを示すものであり、有益な情報になると考えた。C.I.値の高い決定ルール条件部を考察することで、被験者が快適な道路空間に対して抱いているデザイン要素を抽出する。

(3) 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、前述の数量化理論による分析で用いたアイテム／カテゴリ表を決定表として表 3・22 のように置き換えて作成した。

表 3-22 決定表の一部例示（快適な）

No.	のり面 形状 S1	のり面 状態 S2	区画 線 S3	平面 線形 S4	縦断 勾配 S5	中央分 離帯 S6	目立つアイコ ン(山など) S7	標識 S8	空の状 態 S9	決定クラ ス：Y
U01	a2	b1	c1	d2	e3	f1	g2	h1	i1	1
U02	a2	b2	c1	d2	e1	f1	g3	h2	i1	1
U03	a2	b2	c1	d3	e3	f1	g1	h2	i2	5
U04	a2	b1	c1	d2	e3	f1	g2	h2	i1	4
U05	a2	b2	c1	d3	e3	f1	g1	h2	i1	2
U06	a2	b2	c1	d2	e3	f1	g1	h2	i1	1
U07	a2	b1	c1	d1	e3	f1	g1	h1	i1	4
U08	a2	b3	c1	d2	e3	f2	g4	h1	i1	5
U09	a2	b2	c1	d1	e3	f2	g1	h1	i1	5
U10	a2	b2	c1	d2	e3	f2	g1	h2	i1	5
U11	a2	b2	c1	d3	e3	f2	g1	h1	i1	4
U12	a2	b2	c1	d3	e3	f1	g1	h1	i1	2
U13	a1	b3	c1	d2	e3	f1	g1	h1	i1	2
U14	a2	b2	c1	d3	e3	f2	g1	h2	i1	1
U15	a2	b3	c1	d3	e3	f1	g1	h1	i1	4
U16	a2	b2	c1	d1	e3	f2	g1	h2	i1	3
U17	a1	b3	c1	d3	e3	f2	g1	h2	i1	5
U18	a2	b3	c1	d3	e3	f1	g2	h1	i1	3
U19	a1	b1	c1	d1	e1	f1	g2	h1	i1	3
U20	a2	b2	c1	d2	e1	f2	g6	h1	i1	3
U21	a2	b2	c1	d2	e3	f2	g6	h2	i1	1
U22	a1	b2	c1	d1	e3	f1	g1	h2	i1	5
U23	a1	b1	c1	d1	e1	f1	g3	h2	i1	5
U24	a2	b2	c1	d2	e1	f2	g6	h2	i1	4
U25	a1	b2	c1	d2	e1	f1	g6	h2	i1	2
U26	a1	b3	c1	d1	e1	f1	g3	h2	i1	3
U27	a2	b2	c1	d2	e2	f2	g1	h2	i1	2
U28	a1	b2	c1	d1	e3	f1	g1	h2	i1	2
U29	a2	b2	c1	d3	e3	f1	g1	h2	i1	2
U30	a2	b2	c1	d3	e2	f2	g6	h2	i1	1
U31	a1	b1	c1	d2	e3	f2	g6	h2	i1	1
U32	a2	b1	c1	d2	e2	f1	g1	h2	i1	1
U33	a2	b1	c1	d1	e3	f1	g6	h2	i1	4
U34	a2	b2	c2	d3	e3	f2	g6	h2	i1	1
U35	a1	b2	c1	d3	e1	f1	g3	h2	i1	5
U36	a1	b2	c1	d2	e3	f1	g3	h2	i1	3
U37	a2	b2	c2	d1	e1	f2	g1	h2	i1	1
U38	a2	b2	c1	d3	e3	f1	g6	h2	i1	3

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。各被験者の「快適な」に対するアンケート結果の平均値を 5 つの決定クラス（快適な、やや快適な、どちらでもない、あまり快適でない、快適でない）に分類した。この決定クラス（Y）の値は、数量化理論による分析で用いた快適性に関するアンケート結果の平均値を 5 段階に分類したものである。Y=1 は「快適な」、Y=5 は「快適でない」に対応している。

表 3-22 は決定表の例（一部）である。ここで、Y は決定クラス（快適な）を指す。U01, U02, U03 はサンプルであり、S1,S2,S3・・・S8,S9（a,b,c,d,e,f,g,h,i）は表 6-8 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／切土を、S3 列の c2 は区画線／鮮明でない、を表現している。

なお、決定クラスを 5 段階に設定したのは、SD 評価のランク数と合わせているためである。

（４）選考の決定ルール

（１）でも述べたように、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.値という考え方をを用いる。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わったものとなる。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、CI 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 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とても有益であるといえる。

表 3-22 で作成した「飽きのこない」の決定表を用いたラフ集合による分析結果（決定ルール一覧）を表 3-23 に示す。ルール条件部の数は $Y=1 \sim Y=3$ それぞれで数十～数百となっており、表 3-23 では CI 値の降順に並べ直している。

表 3-23 決定ルール一覧

●決定ルール／Covering Index (CI)									
Y= 1		Y= 2		Y= 3		Y= 4		Y= 5	
快適な				どちらでもない				快適でない	
e1a2f1c1i1h2	0.25	d3i1f1b2g1a2	0.188	c2b3d3	0.118	g5c2h2	0.2	i2c1d3b2	0.125
e1a2f1c1i1b2	0.188	d3i1f1b2g1e3	0.188	c2f1g1a2h2	0.118	g5b3	0.2	i2c1h2a2	0.125
g3a2	0.188	d3i1f1h2g1e3	0.125	c2f1g1e1	0.118	c2b3d1	0.15	b3f2	0.125
f2d3h2a2	0.188	g4b1c1h1	0.125	c2f1g1i1	0.118	c2a1g5	0.15	d1b2h1	0.125
f2d3h2b2	0.188	g4f1c1h1	0.125	c2g1d3h2	0.118	b3i2a1	0.15	a1g3b2e1	0.125
g6e3f2	0.188	g5a1b2	0.125	e2f1b2a2d2	0.118	h2b1a2e3	0.1	c2f1d1b2	0.125
g6e3d2	0.125	g5e3b2	0.125	d1h2f2c1	0.059	h2b1e3f1	0.1	i2d1b2c2	0.125
g6d3f2	0.125	i2h1c1a2	0.125	d1h2f2e3	0.059	d1b1e3	0.1	i2g5e1a2	0.125
c2e3b2a2h2	0.125	e1h1a2f1c1	0.125	b3g2	0.059	d1b1a2h2	0.1	i2a2e3h2	0.062
c2e3b2i1	0.125	g1e1h1	0.125	a1g2	0.059	g5c2i1	0.1	i2a2g1h2	0.062
c2f2	0.125	b2h1f1g1c1	0.062	d1g2	0.059	c2b1	0.1	i2c1d3e3a2	0.062
e1a2d1h2	0.125	b2h1f1g1i1	0.062	e1g2	0.059	c2d1e3	0.1	i2c1g1b2	0.062
e1b2d1i1	0.125	a1d2b3	0.062	b2h1d2f2	0.059	c2f1d1i1	0.1	i2c1g1e3	0.062
e1g1d1b2	0.125	a1d2g1c1	0.062	b2h1d2i1	0.059	b3h2f1e3a1	0.1	i2c1h2b2e3	0.062
e1g1d1h2	0.125	a1d2g1e3	0.062	e1h1b2c1	0.059	c2a1b3	0.1	i2c1h2g1	0.062
d1b2f1a2c1	0.125	a1d2g1i1	0.062	e1h1b2i1	0.059	i2h1a1	0.1	b3a2d2e3	0.062
d1b2f1a2g1	0.125	a1d2h1	0.062	e1h1d2	0.059	i2e1d3c2	0.1	f2d2e3h1	0.062
d1b2f1a2h2	0.125	a1f1b3e3c1i1	0.062	e1h1f2	0.059	b3i2d1	0.1	g4b3	0.062
d1b2f1a2i1	0.125	a1f1b3g1	0.062	g6h1a2	0.059	b3i2h2	0.1	g4f2	0.062
d1h2f1a2g1	0.125	a1h1b3e3	0.062	g6h1c1	0.059	h2g2	0.05	f2d1h1	0.062
e1g1c1a2h2	0.125	a1h1b3i1	0.062	g6h1d2	0.059	d1f1e3h1	0.05	f2d2g1e3	0.062
e1d3a2c1i1	0.125	a1h1e3c1	0.062	g6h1e1	0.059	g1b1e3	0.05	a1d3b3g1	0.062
g3e3d3	0.125	a1h1e3i1	0.062	g6h1f2	0.059	f2d3h1	0.05	a1d3b3i1	0.062
h1g2b1a2	0.062	a1h1g1	0.062	g6h1i1	0.059	b3d3f1g1e3	0.05	a1d3f2	0.062
h1g2b1e3	0.062	b3f1d2e3	0.062	b3d1a1c1h2	0.059	b3d3h1g1e3	0.05	a1d3g1e3c1	0.062
h1g2d2	0.062	b3g1d2e3	0.062	b3d1a1c1i1	0.059	b3d3h1g1i1	0.05	a1d3g1e3i1	0.062
e1a2f1c1d2	0.062	g1h1d2e3	0.062	b3d1e1c1h2	0.059	b3g1a2e3	0.05	a1f2g1	0.062
g3d2e1	0.062	a1d2e1	0.062	b3d1e1i1	0.059	f2e1h2c1	0.05	b3h2e3a1c1i1	0.062
d2b2f1a2e3h2	0.062	g6a1b2c1	0.062	b3e1a1c1h2	0.059	f2e1h2d2	0.05	b3h2e3d3c1i1	0.062
d2b2f1a2e3i1	0.062	g6a1b2d2	0.062	b3e1a1i1	0.059	f2e1h2g6	0.05	b3h2e3g1	0.062
d2b2f1g1e3	0.062	g6a1b2h2	0.062	b3g3	0.059	g6h2e1a2d2	0.05	b3h2g1a1	0.062
d2g1f1a2e3	0.062	g6a1b2i1	0.062	b3h2f1a1c1i1	0.059	g6b1a2	0.05	d1h2b1a1	0.062
d2g1f1h2e3	0.062	g6a1e1	0.062	a1b2d2e3	0.059	g6b1f1	0.05	e1b1h2d1	0.062
e2d3c1	0.062	g6f1a1c1	0.062	a1g3d2	0.059	g6d1b1	0.05	g3b1d1	0.062
e2d3f2	0.062	g6f1a1h2	0.062	a1h2d2e3f1	0.059	g5a2i1	0.05	d3g3a1b2	0.062
e2d3i1	0.062	g6f1a1i1	0.062	g3e3a1	0.059	g5d2c2	0.05	d3g3e1b2	0.062
e2g6c1	0.062	g6f1d2	0.062	g3e3d2	0.059	g5d2e1	0.05	d3g3h2c1b2	0.062
e2g6f2	0.062	e2d2f2	0.062	g3e3h2c1	0.059	g5d2h2	0.05	b2g2	0.062
e2g6i1	0.062	e2g1f2	0.062	b3f1a2d2	0.059	g5d2i1	0.05	c2e1g6i1	0.062
a1b1d2	0.062	g4b1d2	0.062	b3g1a2d2	0.059	g5e1b2i1	0.05	c2f1g6b2i1	0.062
a1b1e3	0.062	g4b1e3	0.062	e2b3	0.059	c2g4h1	0.05	d3e1b2c2i1	0.062
a1f2d2	0.062	g4f1c1d2	0.062	e2h1	0.059	c2g4i1	0.05	g5a1e1i1	0.062
f2b1	0.062	g4f1d2h1	0.062	g1h1d2a2	0.059	c2h1i1	0.05	g5b1i1	0.062
g6a1f2	0.062	g4f1d2i1	0.062	c2b3e1a2	0.059	d3b1a2	0.05	g5c1e1i1	0.062
g6b1a1	0.062	g4f1e3	0.062	c2b3e1i1	0.059	d3b1h1	0.05	g5d3e1i1	0.062
g6b1d2	0.062	b3d1a2c1	0.062	c2b3g1	0.059	d3e1h1c2	0.05	d1g3b2	0.062
g6e3a1c1	0.062	b3d1e3c1	0.062	c2g1d3e1	0.059	d3e1h1i1	0.05	i2g3	0.062
g6e3a1h2	0.062	b3h2a2e3c1	0.062	c2g1d3i1	0.059	g4d3	0.05	c2f1d1e1a2	0.062
g6e3a1i1	0.062	b3h2f1e3c1i1	0.062	e2f1b2a2g1	0.059	g4e1a2	0.05	c2h1b2e1	0.062
b1g1h2	0.062	g6b3c1	0.062	e2f1b2c1	0.059	c2f1d1h2a2	0.05	c2h1d1	0.062
d2g1b1	0.062	a1b2d3e3c1	0.062	e2f1b2i1	0.059	g6d1c2	0.05	e1h1b2f1	0.062
e2b1d2	0.062	a1b2d3e3i1	0.062	c2d2g1a2	0.059	a1b2d3g1c1	0.05	g5d1a2	0.062
e2b1g1	0.062	a1f1d3e3i1	0.062	c2d2g1i1	0.059	a1b2d3g1i1	0.05	g5d1b2c2	0.062
c2e3b2a2g6	0.062	g5c1b2i1	0.062	g1e1d2	0.059	a1d3f1g1c1	0.05	g5h1c2	0.062
c2e3b2h2g6	0.062	g5d3b2i1	0.062	b3h2a2e3d3	0.059	a1d3f1g1i1	0.05	g5h1e1a2	0.062
c2d1b2h2a2	0.062	g5e3c1i1	0.062	b3h2f1e3d3i1	0.059	g1e1a1	0.05	g5h1e1b2	0.062
c2d1b2i1	0.062	g5e3d3i1	0.062	c2f1e3d3g6a2	0.059	g1e1d3b2	0.05	i2d1a2	0.062
c2d1e1i1	0.062	a1g4b1	0.062	c2f1e3d3g6h2	0.059	c2a1i1	0.05	i2e1h1b2	0.062
c2d1g1	0.062	a1g4c1	0.062	c2f1e3d3g6i1	0.059	d1b3e3a1	0.05	i2e1h1c2	0.062
e1f2d1	0.062	a1g4h1	0.062	g6b3d3	0.059	g5c2e3	0.05	i2g5c2a2	0.062
e1g1f2	0.062	a1g4i1	0.062	a1b2d3g1e3	0.059	g5d1e3	0.05	i2g5c2b2	0.062

快適性が高いと評価できるルール条件は、C.I.値が 0.25 と最も高い「e1a2f1c1i1h2」が該当する。e1 は縦断勾配が登り勾配、a2 はのり面形状が盛土・橋、f1 は中央分離帯が有り、c1 は区画線が鮮明、i1 は空の状態が晴れ、h2 は標識なしというアイテム／カテゴリの組合せになる。C.I.値が 0.25 ということは、快適性評価で Y=1 の条件部にこの「e1a2f1c1i1h2」の組合せが 25%あるということを意味する。

ラフ集合による C.I.値の高い条件部はその数が少ない方が望ましい。なぜなら、人間が判断できるのはせいぜい 2~3 個程度のアイテムの状態が何であるかという組合せ程度しか認識していないであろうと考えられるためである。

他に、C.I.値が高いルールとして、「g3a2」、「f2d3h2a2」、「f2d3h2b2」、「g6e3f2」がある。

「g3a2」では g3 は目立つアイコンが橋梁、a2 はのり面形状が盛土・橋の組合せとなる。

「f2d3h2a2」では、f2 は中央分離帯が無し、d3 は平面曲線が右曲線、h2 は標識なし、a2 はのり面形状が盛土・橋の組合せとなる。

「f2d3h2b2」では、f2 は中央分離帯が無し、d3 は平面曲線が右曲線、h2 は標識なし、b2 はのり面状態が低木・草木の組合せとなる。

「g6e3f2」では、g6 は目立つアイコンは無し、e3 は縦断勾配が下り勾配、f2 は中央分離帯が無しの組合せとなる。

ラフ集合の特徴は、各アイテム／カテゴリ単独の寄与度ではなく、評価が高くなる決定ルール（要素）の組み合わせとして結果が得られるところにある。本来数量化理論による分析でのスコアが小さいカテゴリスコアは評価への影響が小さいとして無視されてしまうことが多いが、決定ルール条件部にそういったスコアがあることはラフ集合ではむしろ重要な属性値として考えられる、すなわち、組み合わせによっては評価が高くなる場所にラフ集合の特徴がある。また、ラフ集合で求めた C.I.値の高い決定ルール条件部には数量化でのスコアの高いカテゴリは含まれているとは限らない。中でも数量化で最もスコアの高い縦断勾配：平坦(e2=0.07262)は上記の決定ルール条件部には含まれていない。

次に、快適性が低いと評価できるルール条件は、「i2c1d3b2」、「i2c1h2a2」、「b3f2」、「d1b2h1」、「a1g3b2e1」、「c2f1d1b2」、「i2d1b2c2」、「i2g5e1a2」である。C.I.値はいずれも 0.125 なので、快適性評価で Y=5 の条件部にこれらの組合せが 12.5%あるということを意味する。

「i2c1d3b2」では、i2 は空の状態が曇り、c1 は区画線が鮮明、d3 は平面曲線が右曲線、b2 はのり面状態が低木・草木の組合せとなる。

「i2c1h2a2」では、i2 は空の状態が曇り、c1 は区画線が鮮明、h2 は標識なし、a2 はのり面形状が盛土・橋の組合せとなる。

「b3f2」では、b3 はのり面状態が構造物（遮音壁、ブロック積）、f2 は中央分離帯が無しの組合せとなる。

「d1b2h1」では、d1 は平面曲線が左曲線、b2 はのり面状態が低木・草木、h1 は標識有りの組合せとなる。

「a1g3b2e1」では、a1 はのり面形状が切土、g3 は目立つアイコンが橋梁、b2 はのり面状態が低木・草木、e1 は縦断勾配が登り勾配の組合せとなる。

「c2f1d1b2」では、c2 は区画線が鮮明でない、f1 は中央分離帯が有り、d1 は平面曲線が左曲線、b2 はのり面状態が低木・草木の組合せとなる。

「i2d1b2c2」では、i2 は空の状態が曇り、d1 は平面曲線が左曲線、b2 はのり面状態が低木・

草木，c2 は区画線が鮮明でない，の組合せとなる。

「i2g5e1a2」では，i2 は空の状態が曇り，g5 は目立つアイコンが広葉樹，e1 は縦断勾配が登り勾配，a2 はのり面形状が盛土・橋の組合せとなる。

ここでも，ラフ集合で求めた C.I. 値の低い決定ルール条件部において数量化でのスコアの低いカテゴリは含まれているとは限らない。例えば，数量化で最もスコアの低い目立つアイコン：針葉樹（g4=-0.1536）は上記の決定ルール条件部には含まれていない。

このように，数量化において，そのカテゴリ単独でのスコアは高くないが，組み合わせにより評価が良くなるカテゴリの組み合わせが数多く存在する点に注意が必要である。

ここで，快適性の高い C.I. 条件部と数量化理論による分析で得られたスコアとの対応を見るために表 3-24 を，快適性の低い C.I. 条件部と数量化理論による分析で得られたスコアとの対応を見るために表 3-25 を作成した。

表 3-24 快適性の高い C.I. 条件部と数量化におけるスコアとの対応

アイテム	カテゴリ			ラフ集合から得られた「快適性の高い」C.I. 条件部							
			条件部	e1a2f1c1i1h2	e1a2f1c1i1b2	g3a2	f2d3h2a2	f2d3h2b2	g6e3f2	g6e3d2	g6d3f2
			C.I.	0.25	0.187999994	0.19	0.188	0.188	0.188	0.125	0.125
			↓スコア								
のり面形状	切土	a1	-0.0867								
	盛土・橋	a2	0.04257	○	○	○	○				
のり面状態	高木	b1	0.01185								
	低木・草木	b2	0.00696		○			○			
	構造物（遮音壁・ブロック積）	b3	-0.0327								
区画線	鮮明	c1	0.0316	○	○						
	鮮明でない	c2	-0.0852								
平面線形	左曲線	d1	-0.0426								
	直線	d2	0.04563						○		
	右曲線	d3	-0.0007				○	○		○	
縦断勾配	上り勾配	e1	-0.0207	○	○						
	平坦	e2	0.07262								
	下り勾配	e3	0.00068						○	○	
中央分離帯	有り	f1	0.00866	○	○						
	無し	f2	-0.0404				○	○	○	○	
目立つアイコン (山など)	山	g1	0.01262								
	看板	g2	-0.016								
	橋梁	g3	-0.0145			○					
	針葉樹	g4	-0.1536								
	広葉樹	g5	-0.0099								
	無し	g6	0.05544						○	○	○
標識	有り	h1	-0.0291								
	無し	h2	0.0121	○			○	○			
空の状態	晴れ	i1	0.04404	○	○						
	曇り	i2	-0.1342								
				正負が逆転している。							

表 3-25 快適性の低い C.I.条件部と数量化におけるスコアとの対応

[illegible]

仮に、ラフ集合での「快適な」に該当する C.I.値の高い条件部の各カテゴリ（表 3-25 中の○印）でのスコアがプラスの値であればその条件は数量化の結果とも整合が取れているといえる。表 9-4 中、ハッチングしている箇所は正負が逆転している箇所を示す。この中で、平面曲線が右曲線の場合はスコアがマイナスになっているものの、絶対値が非常に小さく、問題ないと考えても差し支えない。目立つアイコンで橋梁のスコアはマイナスになっているが、のり面形状の盛土・橋梁のスコアがプラスになっており、両者とも視界が広がっている点は共通であり、両者のスコア合計もプラスになることから問題はないと考える。中央分離帯が無い場合は、スコアがマイナスになるが、この点は数量化の節でも指摘したように、視界が広がる方が評価がよくなるというのり面形状（盛土）の例と整合が取れておらず、中央分離帯に関してはデータの整合性などをみつつ、今後更なる検討をしていきたい。縦断勾配が登りについても正負が逆転しているが、この点も中央分離帯と同様に、今後更なる検討をしていきたい。

以上より、ラフ集合で出力される条件部はあくまで組合せであり、各条件が数量化理論におけるスコアと整合がとれているとは限らない。複数の条件の組合せの結果、快適性の評価が良い、悪いとなるため、数量化でのスコアのよいカテゴリばかりを集めて景観構成を行っても、その評価がよくなるかどうかは予測できない。

この C.I.値の表の見方として、ルールの組合せも重要であるが、もう一つが、C.I.値の高くなるルールに含まれる特定のカテゴリの存在を抽出することも必要であると考えられる。すなわち、a2、h2 などのカテゴリは C.I.値の高いルールには多く含まれているため、デザインを検

討する際には特に留意する必要があるといえる。

（５）ラフ集合と数量化理論Ⅰ類との結果の比較

ラフ集合により得られた評価ルールと数量化理論Ⅰ類により得られた結果をもとに両者の差を考察する。

ラフ集合と数量化理論の比較を表 3-26 に示す。ラフ集合で得られたカテゴリの組合せと数量化理論で算出した偏相関係数、カテゴリスコアなどが一致すればよかったが、結果はそうはならず、ラフ集合での組合せルールで評価の高いカテゴリの数量化によるスコアは高くないケースが多く確認される結果となった。また、その逆もあり、数量化のスコアが高いカテゴリはラフ集合での評価の高い組合せルールには出現しないケース、数量化でのスコアが小さいカテゴリの組み合わせがラフ集合で評価が高くなるケースも多々確認された。表 3-26 の両者の得失に示すように、数量化理論では各アイテムや各スコアの評価への影響度は数値として把握できるが、カテゴリを組合せた場合に評価がどうなるのかは不明である。すなわち、数量化理論による分析で得られたスコアの高いカテゴリばかりを組合せても評価の高いデザインが得られるとは限らないからである。ラフ集合の結果を参考にして両者を併用することが望ましいといえる。

表 3-26 ラフ集合と数量化理論の比較

	ラフ集合	数量化理論
各アイテムの評価への影響度	数値としては認識できない	偏相関係数やレンジなどの値で確認できる
各カテゴリの評価への影響度	数値としては認識できない	カテゴリスコアの値で確認できる
カテゴリを組み合わせた場合の評価	C.I. 値の大小にて評価への影響は直接的に把握できる	各スコアの単純和で評価することになるが、任意のカテゴリで組み合わせた場合の評価は想定していない
評価モデル式への適用性	評価の高くなる決定ルール条件部しか出力されないため、定式化するための別途検討が必要	アイテムカテゴリ×スコアの総和で算定可能

また、他の高速道路へ快適性の評価を適用することを考えた場合、本研究で導出した評価モデル式（スコアとアイテムカテゴリを用いた線形和）にて快適性評価を実現することが望ましい。ラフ集合は複数のカテゴリ条件での組合せで新しい評価の提案を行う場合は有用と考える。新たなデザインを模索することを考えた場合、組み合わせにより評価が良くなるカテゴリの組み合わせ、すなわち、数多く存在する新たなデザインを効率よく見つけるには数量化理論におけるカテゴリスコアを用いるよりもラフ集合が適しているといえる。このように数量化理論にはない特徴をラフ集合は備えているといえ、この組み合わせ機能は新しいデザイン案を模索する際に特に有効と考えられる。

一つの方法として、スコアの高いカテゴリとラフ集合で抽出される組合せの中に含まれるカテゴリで共通項があればそれを主にデザイン案を作成する手順が妥当であろう。一つのカテゴリで評価が決定されることは稀であるので、あと1つか2つのカテゴリの組合せを決定するために、数量化理論における偏相関係数の高いカテゴリやラフ集合の組合せを参考にしてデザインすることが必要であろうと推察される。

合意形成に用いるのであれば、数量化理論で得られる偏相関係数の高いアイテムやカテゴリスコアの高いカテゴリを数個抽出し、それをもとにしてデザイン案を作成するプランと、ラフ集合から得られる評価の高くなるカテゴリの組合せルールを元にして作成されたデザイン案を作成し、両者をワークショップなどで議論することで、より良い案を作成することが可能になると推察される。

【参考文献】

- 1) Z. Pawlak: Rough Sets, International journal of Information Computer Science, 11(5), pp.341-356, 1982.
- 2) 宮島卓也, 乾口雅弘, 鶴見昌代, 谷野哲三: 複数の決定表のラフ集合解析に関する基礎的考察, 数理解析研究所講究録, Vol.1409, pp.234-247, 2005.
- 3) 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.

3.9 景観に優れたシーンの評価

高速道路百景¹⁾は有識者、専門家らによる検討委員会の成果としてとりまとめ、出版されたものであり、そこで取り上げられているシーンは景観性に優れていると考えられる。本節では、高速道路百景や同様の趣旨でまとめられた「高速道路で巡る東北の景観²⁾」における景観シーン（以下、景観に優れたシーンと略す）の動画のアンケート結果とこれらの景観に優れたシーン以外の動画のアンケート結果を比較し、景観に優れたシーン（8ヶ所を選定）が他のシーンに比べて走行時の快適性が高いかどうかを検証した。該当するシーンは以下のとおりである。なお、No.2～4は高速道路百景であり、それ以外は高速道路で巡る東北の景観²⁾である。

1_青麻山_東北自動車道上り線	KP316.0-315.9	ファイル 3,8
2_橋梁高架_山形自動車道下り線	KP29.8-29.9	ファイル 4,9
3_鹿名子山_山形自動車道上り線	KP15.6-15.5	ファイル 5,10
4_太白山_東北自動車道下り線	KP327.8-327.9	ファイル 6,11
5_新名取川橋_仙台東部道路上り線	KP14.6-14.5	ファイル 7,12
6_会津盆地_磐越自動車道下り線	KP115.1-115.2	ファイル 17
7_片曾根山_磐越自動車道上り線	KP55.4-55.3	ファイル 20
8_阿武隈山_磐越自動車道上り線	KP65.1-65.2	ファイル 21

検定はt検定によった。結果を表3-27に示す。 $p=0.043627<0.05$ となり、両者の平均値には差があることがわかった。高速道路百景や高速道路で巡る東北の景観のシーンは他の路線に比べて快適性で優れていることが実証できたといえる。

なお、本研究では「快適な」以外の他の感性（調和のとれた、印象的な、自然な、美しい、好ましい、親しみやすい、すっきりした、上品な）でも動画のアンケートを実施しているため、それらの比較もあわせて実施している（表3-28参照）。「自然な」、「調和のとれた」では高速道路百景とそれ以外のシーンとで平均値に差があるとはいえないという結果になったが、「快適な」、「上品な」、「すっきりした」、「親しみやすい」、「好ましい」、「美しい」、「印象的な」という多くの感性では高速道路百景や東北の景観のシーンとそれ以外のシーンとでは平均値に差があるという結果となり、高速道路百景や東北の景観のシーンは他の路線に比べて景観性で優れていることが判明した。平均値に差が無い「自然な」、「調和のとれた」という感性は目立つアイコンなどが含まれていない場合に評価が高くなる傾向にある。特異な構造物や目立つアイコンが含まれている（高速道路百景や東北の景観のシーン）場合は調和がとれていない、あるいは自然ではないと判断すると考えると、この結果も妥当なものと考えられる。

また、高速道路百景だけのサンプルはその数が少ないという問題はあるが、高速道路百景や東北の景観だけのサンプルによる評価モデル式を構築することで景観に影響を与える要因をさらに把握できるようになると考える。

表 3-27 「快適性」に関する t 検定結果（高速道路百景や東北の景観シーンとそれ以外の平均値の差）

t-検定：等分散を仮定した2標本による検定		
	高速道路百景	その他
平均	3.6	3.29090909
分散	0.241371429	0.15787943
観測数	8	77
プールされた分散	0.16492092	
仮説平均との差異	0	
自由度	83	
t	2.048940046	
P(T<=t) 片側	0.02181352	
t 境界値 片側	1.663420175	
P(T<=t) 両側	0.04362704	$\alpha=0.05$
t 境界値 両側	1.98895978	
$p < \alpha=0.05 \rightarrow$ 帰無仮説は却下されるので、2つの平均には差があると判断できる。		

表 3-28 t 検定結果（高速道路百景や東北の景観シーンとそれ以外の平均値の差）

		アンケート結果（平均値）		平均値の差の検定
		高速道路百景，東北の道路	左記以外	p値
	サンプル数	8	77	
	自由度	83		
形容詞	快適な	3.600	3.291	0.04363 $\alpha=0.05$
	上品な	3.240	2.928	0.01480 $\alpha=0.05$
	すっきりした	3.535	3.106	0.01596 $\alpha=0.05$
	親しみやすい	3.395	3.103	0.01928 $\alpha=0.05$
	好ましい	3.445	3.137	0.03631 $\alpha=0.05$
	美しい	3.475	3.112	0.02816 $\alpha=0.05$
	自然な	3.530	3.344	0.18507 $\alpha=0.05$
	印象的な	3.370	3.108	0.03305 $\alpha=0.05$
	調和のとれた	3.570	3.305	0.06425 $\alpha=0.05$

$p < \alpha=0.05 \rightarrow$ 帰無仮説は却下されるので、2つの平均には差があると判断できる。
 $p > \alpha=0.05 \rightarrow$ 帰無仮説は却下できないので、2つの平均は差があるとはいえない。

参考文献

- 1) 財団法人高速道路調査会：高速道路百景～高速道路で巡る心に残る日本，2005.9.，日本道路公団監修
- 2) 株式会社ネクスコ・エンジニアリング東北：道と緑と風～高速道路で巡る東北の景観～，2019.5.

4. 道路の快適性評価の検討

4.1 乗り心地評価と IRI の関係把握

高速道路走行時の快適性を評価する指標の一つに乗り心地がある。乗り心地は走行車両の性能や車両内部空間にも影響をうけるが、走行時の路面の状態も大いに関係すると考えられる。路面の状態は平坦性で代表されると考え、平坦性を表現する指標として *IRI* (International Roughness Index) ^{1)~2)} がこれまでよく用いられている。

IRI は 1989 年に世界銀行が提案した路面のラフネス指標で、「2 軸 4 輪の車両の 1 輪だけを取り出した仮想車両モデルをクォーターカーと呼び、このクォーターカーを一定の速度で路面上を走行させた時の車両が受ける上下方向の運動変位の累積値と走行距離の比 (m/km または mm/m) をその路面のラフネスとする」と定義されている。*IRI* を参照することにより、非舗装道路から高い平坦性が要求される滑走路まで同一の尺度で評価できる (図 4-1 参照)。一般的には *IRI* が高い方が平坦性は悪く、*IRI* が低い方が平坦性は良好であるとされる。

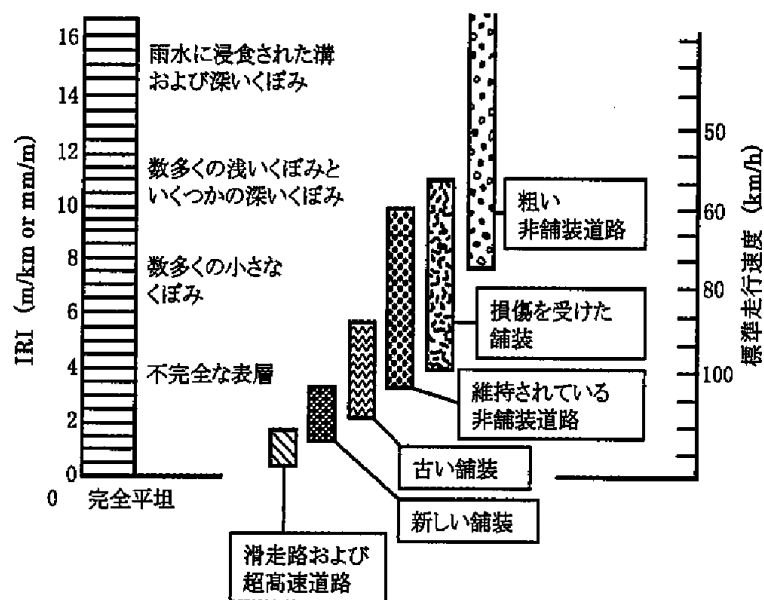


図 4-1 路面性状と *IRI* の関係 ³⁾

道路の平坦性と乗り心地評価の関係については、これまでいくつかの研究成果が公開されている ^{4)~9)}。乗り心地は平坦性以外の要素も関係するため、*IRI* と乗り心地評価とは強い相関があるというよりも弱い相関があるという知見の方が多く見受けられる。また、どうしても主観的評価になるため、被験者の属性や経験、ものの見方、個人差が大きく影響することはやむを得ない。よって、*IRI* だけで乗り心地が評価されるというわけではない。

以上より、本研究でも、高速道路走行時の乗り心地を同乗者に判定してもらい、別途取得した *IRI* との間でどのような関係にあるかを確認した。

評価対象路線と諸元は表 4-1 に示すとおりである。表 4-1 に示すように、評価路線内で景観上目立つアイコン（目立つ山、橋梁など）がある区間を選定している（「3.9 景観に優れたシーンの評価」p.48 参照）。評価方法は、5 段階の SD 評価である（乗り心地が高い、やや高い、普通、乗り心地はやや低い、乗り心地は低い）。

表 4-1 評価対象路線と諸元

No.	路線		目立つアイコン	評価回数	起点KP	終点KP	距離
1	東北道	上り線	青麻山	1回目	326.4	314.9	11.5
2	東北道	上り線	青麻山	2回目	326.4	316.4	10
3	山形道	下り線	橋梁高架	1回目	28.4	35	6.6
4	山形道	下り線	橋梁高架	2回目	28.4	34.8	6.4
5	山形道	上り線	鹿名子山	1回目	22.1	11	11.1
6	山形道	上り線	鹿名子山	2回目	22.1	10.9	11.2
7	東北道	下り線	太白山	1回目	326.8	332	5.2
8	東北道	下り線	太白山	2回目	326.8	332	5.2
9	仙台東部道路	上り線	新名取川橋	1回目	16.2	13.9	2.3
10	盤越自動車道	下り線	会津盆地	1回目	112.7	117.1	4.4
11	盤越自動車道	下り線	会津盆地	2回目	111.6	117.2	5.6
12	盤越自動車道	上り線	片曾根山	1回目	55.6	46.1	9.5
13	盤越自動車道	上り線	阿武隈川	1回目	71.6	64	7.6

100m 区間ごとの乗り心地評価結果と 100m 区間 IRI との相関係数を表 4-2 に示す。なお、これら 13 区間の相関関係分析結果は参考資料(2)に添付する。

評価対象 13 区間の相関係数をみると、全て正の相関があり、負の相関になっている箇所はない。しかし、全体的に相関係数の値は小さく、表 4-3 に示す相関の強弱の目安にあるように、「強い正の相関 ($r \geq 0.7$)」となっている区間はない。全体の 6 区間と約半数が「正の相関 ($0.4 < r < 0.7$)」があるという結果に、また、別の 6 区間が「弱い正の相関 ($0.2 < r < 0.4$)」があるという結果になっている。「ほとんど相関がない ($r < 0.2$)」という区間も 1 区間存在する。

既往の研究でも、乗り心地と IRI とは強い正の相関があるという結果は得られておらず、今回の研究成果が「弱い正の相関」から「正の相関」の範囲に入っていることは妥当な結果であろうと思われる。相関係数を上げたければ条件を統一することが必要であるが、今回は景観評価の官能試験も兼ねてアンケートを実施したため、どうしても目立つアイコンが含まれている区間が対象になってしまったことはやむを得ない。そのため、乗り心地評価に目立つアイコンの存在が少なからず影響しているのではと推察される。表 4-2 より、橋梁が含まれる区間（橋梁高架および新名取川橋）の相関係数が低く、目立つ山の含まれる区間の相関係数が高いのも本研究の特徴の一つで、アイコンの種類とそれから受ける印象とが少なからず乗り心地評価に影響している可能性も考えられる。

表 4-2 乗り心地評価結果と 100m 区間 IRI との相関係数

No.	路線		目立つアイコン	サンプル数	相関係数	決定係数： R^2
1	東北道	上り線	青麻山	115	0.29381	0.08633
2	東北道	上り線	青麻山	100	0.39000	0.15210
3	山形道	下り線	橋梁高架	66	0.15800	0.02496
4	山形道	下り線	橋梁高架	64	0.20943	0.04386
5	山形道	上り線	鹿名子山	111	0.22784	0.05191
6	山形道	上り線	鹿名子山	112	0.47722	0.22774
7	東北道	下り線	太白山	50	0.60297	0.36357
8	東北道	下り線	太白山	50	0.52186	0.27234
9	仙台東部道路	上り線	新名取川橋	23	0.27685	0.07664
10	盤越自動車道	下り線	会津盆地	44	0.30542	0.09328
11	盤越自動車道	下り線	会津盆地	56	0.48369	0.23395
12	盤越自動車道	上り線	片曾根山	95	0.40500	0.16403
13	盤越自動車道	上り線	阿武隈川	76	0.52410	0.27468

表 4-3 相関の強弱の目安

相関係数 r の値の範囲	相関の強弱
$-1 \leq r \leq -0.7$	強い負の相関
$-0.7 \leq r \leq -0.4$	負の相関
$-0.4 \leq r \leq -0.2$	弱い負の相関
$-0.2 \leq r \leq 0.2$	ほとんど相関がない
$0.2 \leq r \leq 0.4$	弱い正の相関
$0.4 \leq r \leq 0.7$	正の相関
$0.7 \leq r \leq 1$	強い正の相関

【参考文献】

- 1) Sayers, Michael W., Gillespie, Thomas D., and Queiroz, Cesar A.V.: International experiment to establish correlations and standard calibration methods for road roughness measurements, World Bank Technical Paper, No.45, The World Bank, Washington D.C., 1986.
- 2) Michael W. Sayers, Thomas D. Gillespie, and William D.O. Paterson: Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements, World Bank Technical Paper, No.46, The World Bank, Washington D.C., 1986.
- 3) 公益社団法人 日本道路協会：道路の維持修繕ガイドブック 2013, pp.16, 2013.11.
- 4) 川村 彰, 七五三野 茂, 鈴木一隆, 木村篤史：道路利用者の視点から見た高速道路の平坦性について, 土木学会, 舗装工学論文集, 第 4 巻, pp.1-8, 1999.12.
- 5) 石田 樹, 岳本秀人：路面平坦性が乗り心地及び走行安心感に与える影響評価, 土木学会第 59 回年次学術講演会講演概要集, 5-592, pp.1181-1182, 2004.9.
- 6) 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り心地と走行安心感の評価, 北海道開発土木研究所月報, No.630, pp.37-45, 2005.11.
- 7) 富山 和也, 川村 彰, 石田 樹, 高橋 清, 秋田谷 勇輝：ドライビングシミュレータおよび生体情報を用いた路面乗り心地評価システムの構築, 土木学会論文集 F3(土木情報学), 68 巻, 2 号, pp.I_135-I_141, 2012.
- 8) 川村 彰, 榊本 友紀, 大野 滋也, 佐藤 正和, 鈴木 一隆：道路利用者の視点から見た高速道路の路面プロファイルについて, 舗装工学論文集, 5 巻, pp.102-111, 2000.
- 9) 白川 龍生, 川村 彰, 富山 和也：車の地点乗り心地を考慮した道路利用者のための平坦性管理方法, 舗装工学論文集, 10 巻, pp.83-89, 2005.

4.2 道路内部景観による快適性評価

(1) 快適性評価式の検証

本節では高速道路における景観と快適性の関係について検討する。

長距離の移動となる高速道路を走行する上で快適性はとても重要である。人間が車で走行していて快適と感じる中でも今回は視覚に大きな影響を与える景観に着目して研究を行う。

対象地は東北自動車道の中でも、高速道路百景と呼ばれ美しい景観を持つ道路とその周辺の道路をとし、実際にその道路を走行し動画撮影を行い、その動画を25人に視聴、5段階のSD評価をしてもらう。この結果から高速道路百景と呼ばれる場所とそうでない場所に快適性の違いが生まれるのかを検証する。そしてその景観の中でもどのような景観要素が快適性に影響を与えるのかを確かめるためにアイテム・カテゴリ表を作成し、快適性との相関を表すモデル式を作成する。

作成した快適性評価式をもとに、仙台南IC～仙台宮城IC間の5kmをモデル区間として、アイテム・カテゴリ表を作成し、快適性評価式から快適性数値を算出する。

アイテム・カテゴリ表とは高速道路の中のKP（キロポスト）をもとに100mごと区切り、その100mの中で当てはまる、または強く印象に残るものを1、それ以外を0にすることで道路の特徴を示すことができるというものである。

写真4-1には走行動画の一カットを示す。



写真 4-1 走行動画の例

(2) 景観評価結果

快適性評価式をもとに、仙台南IC～仙台宮城IC間の5kmをモデル区間として、アイテム・カテゴリ表を作成し、快適性評価式から快適性数値を算出した。

快適性評価式により算出した景観評価値および景観評価値グラフを表4-4に示す。また、景観評価値をプロットした図を図4-1に示す。

このことから NO10 の動画が 327.9KP が高速道路百景の太白山を含むシークエンス景観であり、景観評価値も 4.67 という高い数値を示すことがわかった。

表 4-4 仙台南 IC～仙台宮城 IC 間 アイテム・カテゴリ表と景観予測値

		のり面形状				のり面状態				区画線		平面線形			縦断勾配			中央分離帯		目立つアイコン(山など)						標識				空の状態				
		切土	盛土・橋	高木	低木・草木	構造物 (遮音壁・ブロック等)	鮮明	鮮明でない	左曲線	直線	右曲線	上り勾配	平坦	下り勾配	有り	無し	山	看板	橋梁	針葉樹	広葉樹	無し	有り	無し	晴れ	曇り	定数項	予測値 (快適性)	予測値: 補正後					
No.	モデル式 (No. 1～75) でのスコア	-0.104	0.0459	-0.007	0.0251	-0.08	0.0174	-0.042	-0.037	0.0335	-0	-0.067	0.1357	0.0158	0.0125	-0.05	-0.017	0.0196	-0.005	-0.052	3E-05	0.042	-0.063	0.0245	0.0558	-0.243	=平均値		+定数項					
1		1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	3.3264	0.807108	4.133508					
2		1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	3.3264	0.844411	4.170811					
3		1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	3.3264	1.134314	4.460714					
4		1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	3.3264	0.994994	4.321394					
5		0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	3.3264	1.266654	4.593054					
6		0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	3.3264	1.160414	4.486814					
7		1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	3.3264	1.030408	4.356808					
8		1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3.3264	0.879022	4.205422					
9		1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3.3264	0.949546	4.275946					
10		0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	3.3264	1.211372	4.537772					
11		1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	3.3264	0.827477	4.153877					
12		1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	3.3264	1.134314	4.460714					
13		1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	3.3264	1.134314	4.460714					
14		1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	3.3264	1.129658	4.456058					
15		1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	3.3264	1.076692	4.403092					
16		0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	3.3264	0.904594	4.230994					
17		0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	3.3264	0.989948	4.316348					
18		1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	3.3264	0.895956	4.222356					
19		1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	3.3264	1.168866	4.495266					
20		1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	3.3264	0.922283	4.248683				
21		0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	3.3264	1.225863	4.552263				
22		0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	3.3264	1.230519	4.556919				
23		1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	3.3264	0.808438	4.134838					
24		1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	3.3264	0.895956	4.222356					
25		1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	3.3264	1.098342	4.424742				
26		0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	3.3264	1.350376	4.676776					
27		0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	3.3264	1.228306	4.554706					
28		0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	3.3264	1.350376	4.676776					
29		0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	3.3264	0.920726	4.247126				
30		0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	3.3264	0.938146	4.264546				
31		1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	3.3264	0.822938	4.149338					
32		1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	3.3264	0.895956	4.222356					
33		0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	3.3264	1.025664	4.352064				
34		1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	3.3264	0.914678	4.241078				
35		1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	3.3264	0.921977	4.248377					
36		1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	3.3264	1.061297	4.387697				
37		1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	3.3264	0.921977	4.248377					
38		1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	3.3264	0.997207	4.323607					
39		1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	3.3264	1.025324	4.351724				
40		1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	3.3264	0.937807	4.264207					
41		1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	3.3264	0.973557	4.299957					
42		1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3.3264	1.02529	4.35169					
43		1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	3.3264	1.020668	4.347068					
44		0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	3.3264	1.155758	4.482158					
45		1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	3.3264	1.081349	4.407749					
46		0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	3.3264	1.045546	4.371946					
47		1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	3.3264	1.166234	4.492634					
48		1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	3.3264	1.061297	4.387697					
49		1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	3.3264	1.061297	4.387697					
50		0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	3.3264	1.24789	4.57429					

東北自動車道下り線 仙台南⇒仙台宮城
 起点 327.0KP～332.0KP

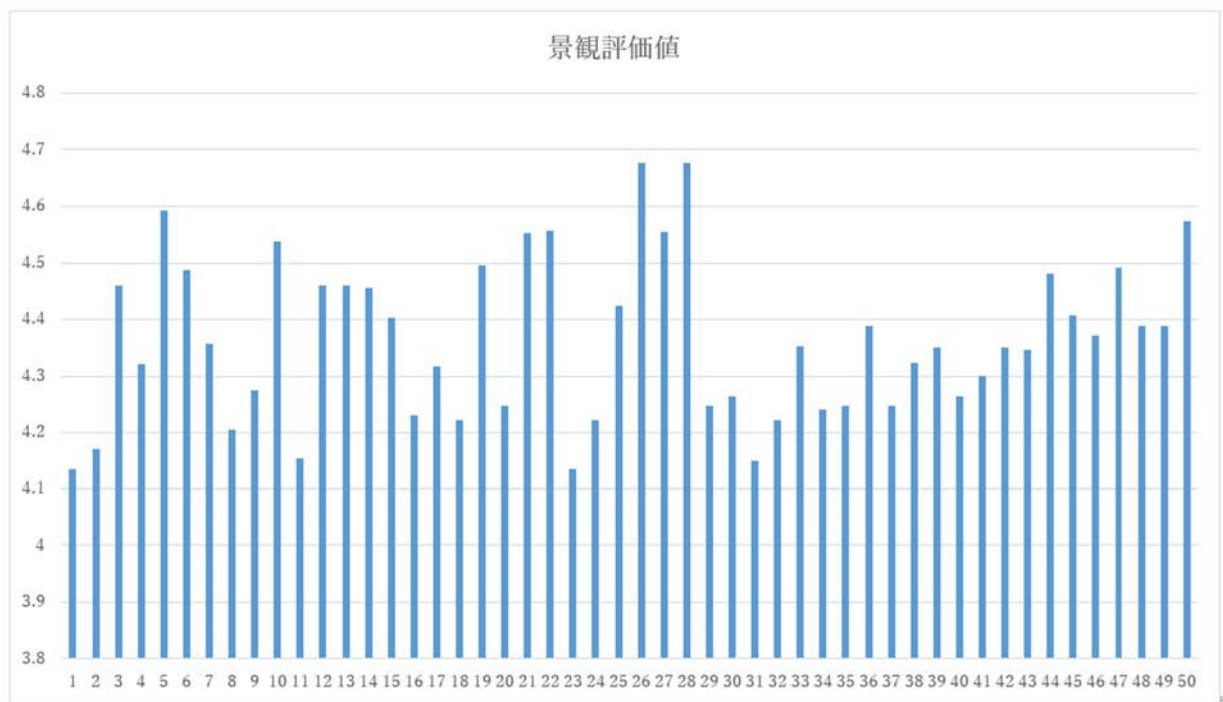


図 4-1 5km 区間内 100m 区間の景観評価値

写真 4-2 には 327.9kp から望む太白山の動画一カットを示す。

写真 4-2 327.9kp から望む太白山



写真 4-3～写真 4-5 には景観評価値の高い区間の動画の一カットを示す。



写真 4-3 327.9kp (太白山)



写真 4-4 329.1kp



写真 4-5 331.0kp

写真 4-6～写真 4-8 には景観評価値の低い区間の動画の一カットを示す。



写真 4-6 328.0kp



写真 4-7 329.9kp



写真 4-8 331.1kp

4.3 乗り心地（平坦性）と景観とによる快適性 2 軸評価

快適性の評価については、2.3 快適性マップで示したように、平坦性と景観の 2 軸で評価する。評価方法は 2.3 を参照願いたい。

3 章において道路構成要素と快適性の分析により得られた結果を用いて、走行時の舗装路面の平坦性に着目した乗り心地と景観性を 2 軸にしてグラフ化する。2 軸評価の結果、仙台南～仙台宮城間（5km）にて、高速道路百景（太白山）を含む区間において、乗り心地×景観評価の乗算値で 20 を超える区間があり（図 4-2 参照）、本研究の妥当性を裏付ける結果となった。

乗り心地評価は 80%の区間で 4 以上となっている。また、景観評価値は全ての区間で 4 以上であったが、4 区間は 15 を下回る結果となった（評価は良くない）。

なお、これらの 2 軸評価結果は 5 章の快適性マップにて平面図にプロットする。

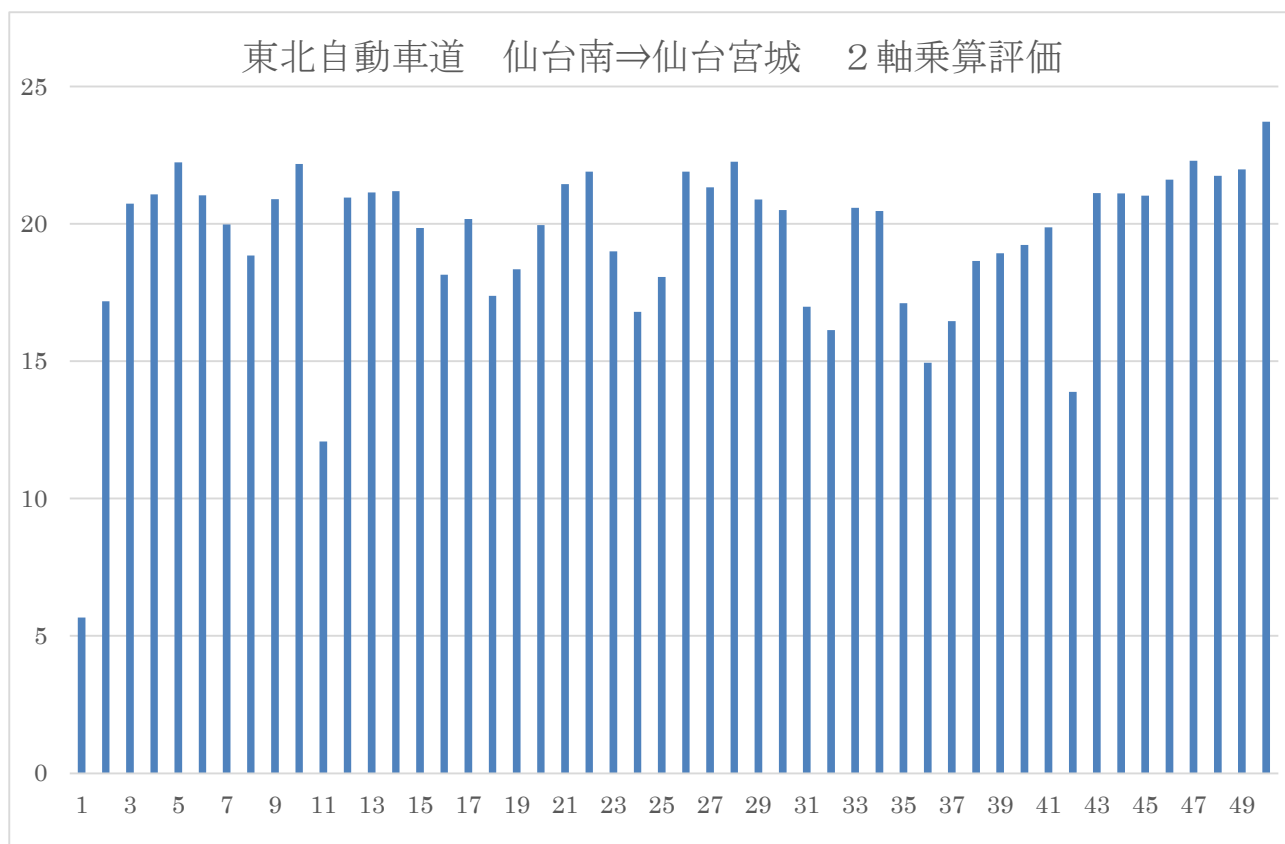


図 4-2 仙台南 IC～仙台宮城 IC 間（5km）乗り心地と景観の乗算による評価結果

仙台南～仙台宮城間 5km の各区間（100m）における乗り心地評価値と景観評価値、それらの乗算値のグラフを図 4-3 に示す。

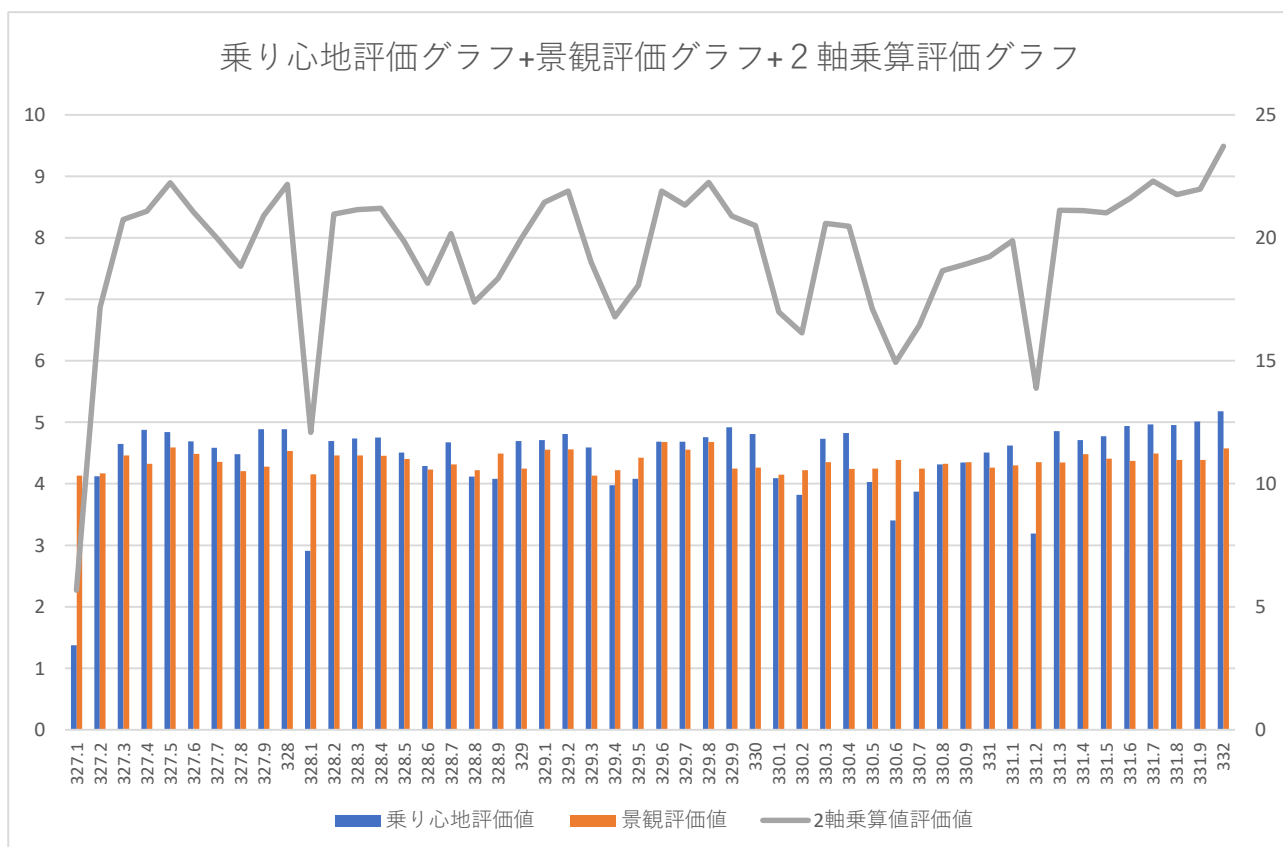


図 4-3 乗り心地評価値と景観評価値，それらの乗算値

以上より、KP と連動した IRI 計測による乗り心地評価と各路線のアイテム・カテゴリー表による景観評価の 2 軸による評価が可能であることを示した。

また、管理者は管理目標値を設定することにより、快適性をモニタリングすることが可能となり、快適性を可視化した効率的な維持管理につなげることが可能となる。

5. 道路快適性評価システムの検討

5.1 管理用図面の CAD/GIS 化の検討

道路管理用図面（路面ポリゴン化）をベースにした GIS 道路管理システムは国内では初となる。

様々な管理上必要な属性が道路管理用図面（路面ポリゴン化）にマッチングが可能となれば 100m 毎の KP に GIS 上に表示でき、画期的な道路のマネジメントが可能となることを目的とする。

具体的には国土地理院地図、道路管理者（NEXCO、国、地方自治体）が保有する管理用平面図（道路中心線&属性データ）DWG または SXF や道路台帳 CAD をオープンソース GIS に取り込み、車線毎の舗装路面のポリゴン化を自動で行えるようにする。

これにより路面性状データ IRI（IRI、時間、GNSS 座標）から算出される乗り心地評価値や景観評価値等属性データと舗装路面のポリゴンと同期出来るようにする。

（１）道路景観評価システム

(a) 舗装路面のポリゴン化

国土地理院地図、道路管理者（NEXCO、国、地方自治体）が保有する管理用平面図（道路中心線&属性データ）DWG または SXF や道路台帳 CAD をオープンソース GIS に取り込み、車線毎の舗装路面のポリゴンを自動で生成する。（CAD/GIS 図面のポリゴン化と呼ぶ）

道路管理用図面（路面ポリゴン化）については、道路管理者が保有する管理用平面図の SXF ファイルはオープンソース GIS である QGIS に直接読み込ませる事ができないため、読み込み可能なファイルフォーマットの Shapefile へ変換する。国土地理院が提供する公共測量ビューア・コンバータ（PSEA）を利用する事で任意の平面直角座標系の Shapefile へ変換が可能である。

管理用平面図は歩道や盛土、切土などさまざまな情報が存在するため、管理用平面図の道路中心線のみを QGIS を利用して抽出する。抽出した道路中心線は 100m 毎に分割し、バッファを発生させポリゴン化を行う。

KP 対応 100mIRI データ、100m 景観評価値、100mRMS 加速度は経緯度、KP と値しかないので、オープンソースのデータベースである PostgreSQL 及び地理空間情報拡張用の PostGIS を利用してポリゴンと KP 対応 100mIRI データ、100m 景観評価値、100mRMS 加速度の結合を行う。ポリゴン化した情報を PostgreSQL へ出力し、PostgreSQL から地図上に表示する図形を定義するマークアップ言語の Well-Known Text(WKT)として出力した結果を KP 対応 100mIRI データ、100m 景観評価値、100mRMS 加速度の CSV ファイルと結合する。

結合した CSV ファイルを QGIS へ読み込ませ、IRI や景観評価値、RMS の値で色分けを行い、車線毎の舗装路面のポリゴン化を実現している。

なお、CAD データ変換手順書およびポリゴン等データ作成手順書は参考資料に添付する。

(b) 属性データとポリゴンの関係

〇〇路線

	属性 1 乗り心地評価値	属性 2 道路景観指標	属性 3 2 軸乗算評価値
ポリゴン No1			
ポリゴン No 2			

(2) 道路管理用図面（路面ポリゴン化）のデータフロー図

道路管理用図面（路面ポリゴン化）のデータフロー図を図 5-1 に示す。

CAD データを GIS データへ変換

100m 景観評価値 IRI データ

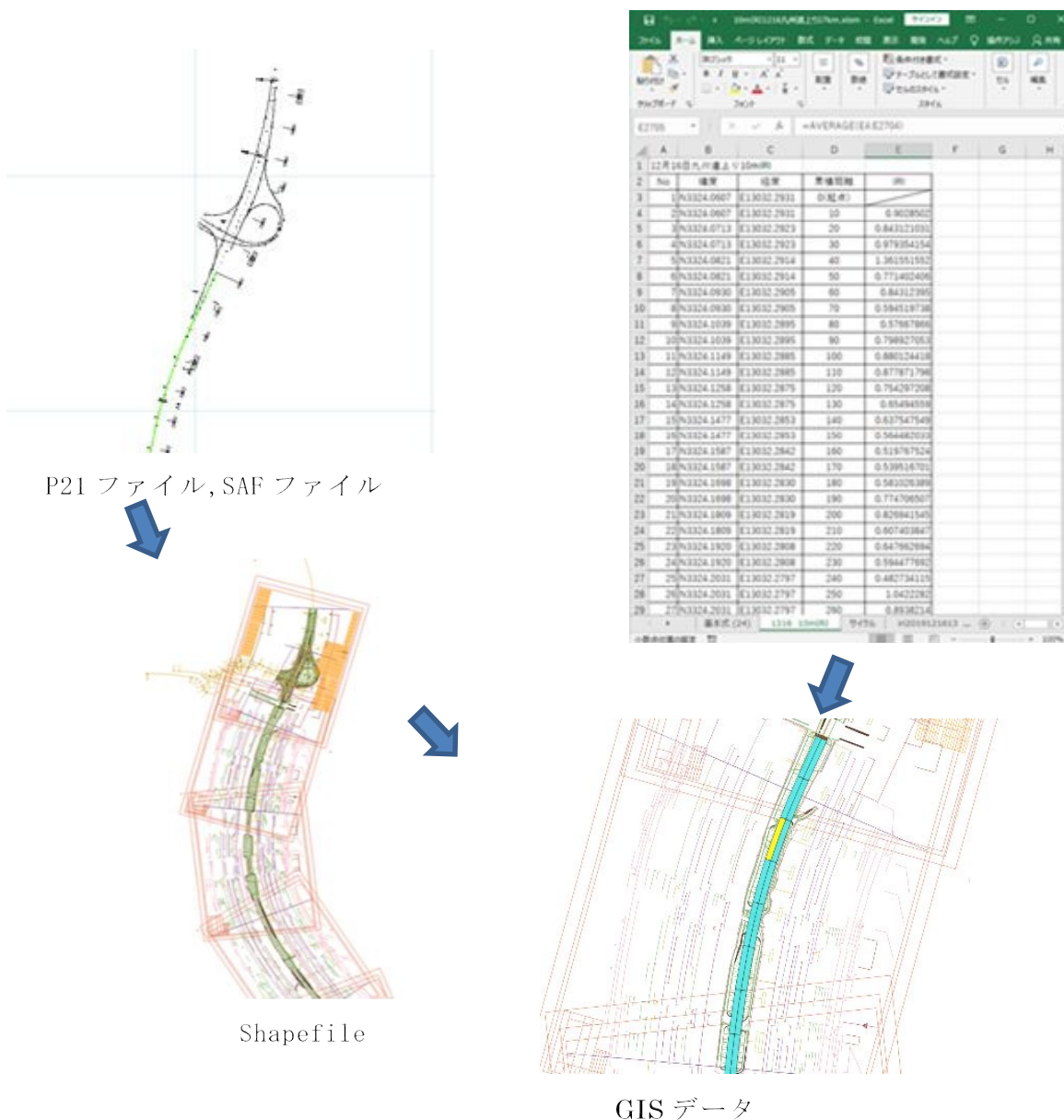


図 5-1 道路管理用図面（路面ポリゴン化）のデータフロー図

5.2 快適性マップ（GIS）による可視化検討

前項からオープンソースである GIS システム上に舗装路面の上下線および 100m 毎に区切られたポリゴンを作成した。これにより、属性データを GIS システム上に付与することが可能となった。

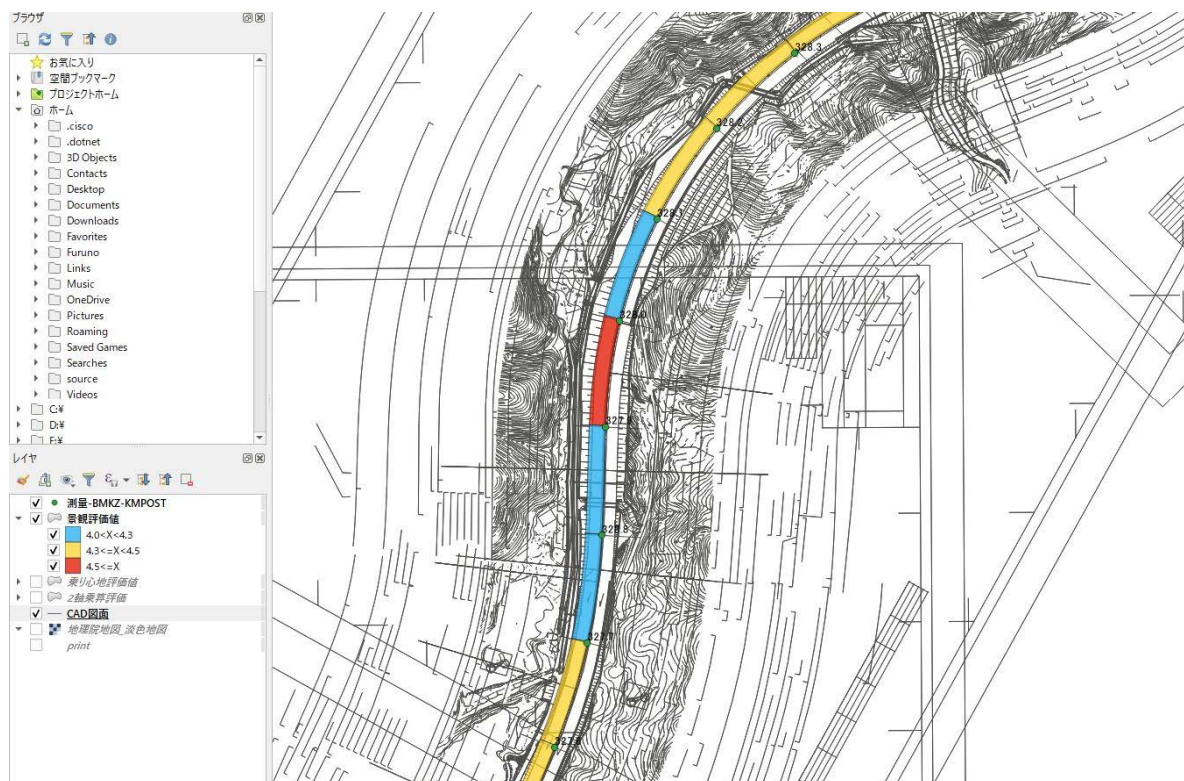
以下に東北自動車道仙台南 IC～仙台宮城 IC 間約 5km において、景観評価値、乗り心地評価値、2 軸乗算評価値を閾値毎にレベル分けして着色した。

今後の課題としては NEXCO 管理用 CAD 平面図をベースに-----の道路中心線の抽出部分は自動化できておらず、属性によって抽出できる仕組みが望ましい。また、CAD 側の管理用平面図の道路中心線の作成方法により、中心線のベクトル方向が一定ではないことがあり、手作業での修正が発生するため、方向の統一を図る検討が必要である。

NEXCO 管理用 CAD/GIS 図面上にポリゴンを作成した例を以下に示す。なお、東北自動車道仙台南 IC～仙台宮城 IC 間約 5km において、景観評価値、乗り心地評価値、2 軸乗算評価値を閾値毎にレベル分けして着色した図は参考資料に添付する。

①景観評価値の閾値ごとに着色する。

快適性マップ 景観評価値



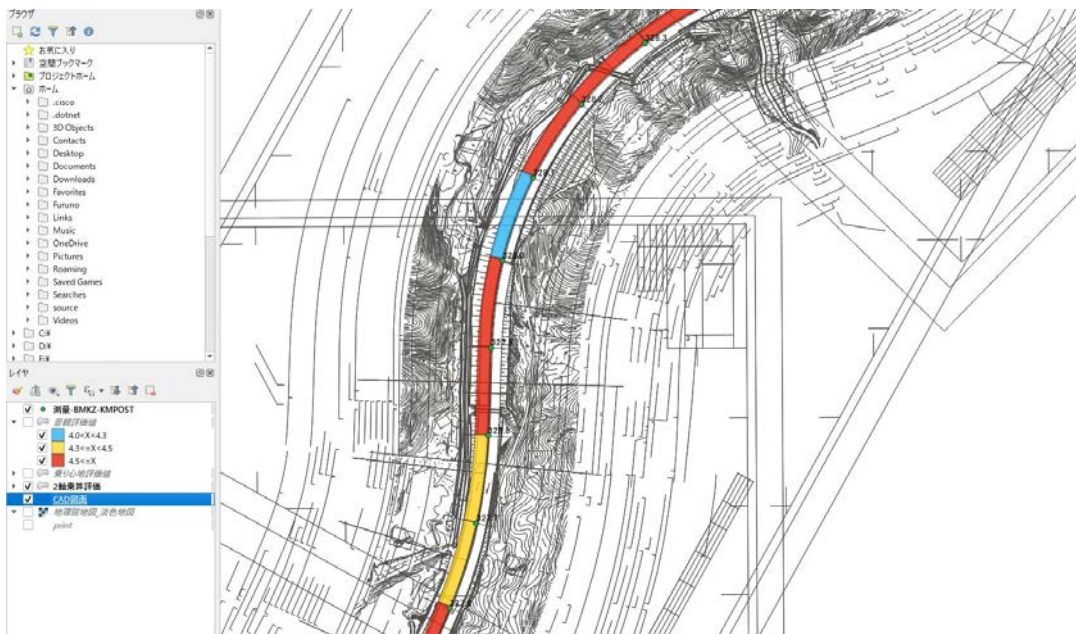
② 乗り心地評価値の閾値ごとに着色

快適性マップ 乗り心地評価値



③ 2軸乗算評価値の閾値ごとに着色

快適性マップ 2軸乗算評価値



6. 結論と今後の課題

今後の課題を以下に示す。

数量化理論Ⅰ類で分析する際、これまでは評価区間のアイテムに対応するカテゴリを一つだけ代表値として採用していたが、現実の問題として、例えば、100m の評価区間には植栽なら高木だけが続くことは稀で、高木、低木、なし、低木、ブロック積というように異なるカテゴリが混在することが多い。アイテムごとに一つのカテゴリを代表値として採用する従来の方法では、アイテム内でカテゴリスコアの高くなるカテゴリを採用し維持管理の中で修景してきたが、この方法ではある区間内に複数のカテゴリが存在しても単一カテゴリに置き換えてしまうため、例えばカーブの連続から直線への変化、あるいは切土空間から盛土空間への変化に伴う開放感などカテゴリの変化に伴う景観性の向上に資する要素が無視されてしまうという欠点がある。

これまではこういった状況があることを認識したうえで一つの代表値（例えば高木）を採用してきた。しかし、様々なカテゴリが混在する場合の評価はどうなるのかは不明であるし、単一のカテゴリよりも異なったカテゴリが出現する方が景観上のアクセントになって評価がよくなるという可能性もある。これまでこういった景観構成項目とその要素が変化する場合の評価に関する有用な知見はほとんどないことから、カテゴリ変化の状況が評価にどのように影響するかを把握することで維持管理上の有用な情報になると思われる。具体的には、同一アイテム内のカテゴリ変化数と評価との関係を数量化理論Ⅰ類により分析することは有用であろう。

修景の代替案として有効な手段として考えられるのは、アイテムによっては単一カテゴリが評価の良い場合と複数のカテゴリで変化をつける方が評価が良くなる場合、変化をつけた方がよいがあまり変化をつけると逆に評価が低くなるケースとがあるなどの点に注意する必要がある。

今回の研究では高速道路を対象としたが、地方自治体が管理する有料道路や一般道路などでの評価実験を重ねることで維持管理上有効となる快適性改善策を取得できる可能性がある。また、本研究で得られた数量化理論Ⅰ類による分析結果（偏相関係数やスコアなど）をもとにした問合せのシステムを構築することでカテゴリ変化に伴う快適性評価の相違を即座に把握することができるようになる。またカテゴリ変更による事前シミュレーションを行うことで修景検討での代替案作成に使用できると考えられる。こうした維持管理上有用となる知見の蓄積やツールの開発は有用な情報になろう。

また、数量化理論Ⅰ類による分析から得られるカテゴリスコアの値からでは一般的な景観評価の傾向と合致しないアイテム・カテゴリが若干存在するため、数量化理論Ⅰ類以外の多変量解析手法も合わせて検討していきたいと考える。

参考資料

(1) アイテム・カテゴリ表作成におけるクロス集計結果

以下，3章で修正したアイテム・カテゴリ（最終版）におけるクロス集計結果を載せる。

	行ラベル	のり面形状					
	列ラベル	のり面状態					
合計 / 個数	列ラベル						
行ラベル		1	2	3	総計		
1		8	13	7	28		
2		9	38	10	57		
総計		17	51	17	85		
	行ラベル	のり面形状					
	列ラベル	区画線					
合計 / 個数	列ラベル						
行ラベル		1	2	総計			
1		21	7	28			
2		41	16	57			
総計		62	23	85			
	行ラベル	のり面形状					
	列ラベル	平面線形					
合計 / 個数	列ラベル						
行ラベル		1	2	3	総計		
1		12	5	11	28		
2		12	18	27	57		
総計		24	23	38	85		
	行ラベル	のり面形状					
	列ラベル	縦断勾配					
合計 / 個数	列ラベル						
行ラベル		1	2	3	総計		
1		16	1	11	28		
2		17	8	32	57		
総計		33	9	43	85		
	行ラベル	のり面形状					
	列ラベル	中央分離帯					
合計 / 個数	列ラベル						
行ラベル		1	2	総計			
1		26	2	28			
2		44	13	57			
総計		70	15	85			
	行ラベル	のり面形状					
	列ラベル	目立つアイコン(山など)					
合計 / 個数	列ラベル						
行ラベル		1	2	3	4	5	6 総計
1		7	1	6	2	9	3 28
2		26	4	3	5	4	15 57
総計		33	5	9	7	13	18 85
	行ラベル	のり面形状					
	列ラベル	標識					
合計 / 個数	列ラベル						
行ラベル		1	2	総計			
1		5	23	28			
2		20	37	57			
総計		25	60	85			
	行ラベル	のり面形状					
	列ラベル	空の状態					
合計 / 個数	列ラベル						
行ラベル		1	2	総計			
1		17	11	28			
2		47	10	57			
総計		64	21	85			

	行ラベル 列ラベル	のり面状態 区画線						
合計 / 個数	列ラベル							
行ラベル		1	2	総計				
1		15	2	17				
2		35	16	51				
3		12	5	17				
総計		62	23	85				
	行ラベル 列ラベル	のり面状態 平面線形						
合計 / 個数	列ラベル							
行ラベル		1	2	3	総計			
1		7	5	5	17			
2		11	15	25	51			
3		6	3	8	17			
総計		24	23	38	85			
	行ラベル 列ラベル	のり面状態 縦断勾配						
合計 / 個数	列ラベル							
行ラベル		1	2	3	総計			
1		9	2	6	17			
2		18	6	27	51			
3		6	1	10	17			
総計		33	9	43	85			
	行ラベル 列ラベル	のり面状態 中央分離帯						
合計 / 個数	列ラベル							
行ラベル		1	2	総計				
1		16	1	17				
2		39	12	51				
3		15	2	17				
総計		70	15	85				
	行ラベル 列ラベル	のり面状態 目立つアイコン(山など)						
合計 / 個数	列ラベル							
行ラベル		1	2	3	4	5	6	総計
1		3	3	2	4	3	2	17
2		23	1	6	2	6	13	51
3		7	1	1	1	4	3	17
総計		33	5	9	7	13	18	85
	行ラベル 列ラベル	のり面状態 標識						
合計 / 個数	列ラベル							
行ラベル		1	2	総計				
1		7	10	17				
2		11	40	51				
3		7	10	17				
総計		25	60	85				
	行ラベル 列ラベル	のり面状態 空の状態						
合計 / 個数	列ラベル							
行ラベル		1	2	総計				
1		15	2	17				
2		36	15	51				
3		13	4	17				
総計		64	21	85				

	行ラベル	区画線					
	列ラベル	平面線形					
合計 / 個数	列ラベル						
行ラベル		1	2	3	総計		
1		18	19	25	62		
2		6	4	13	23		
総計		24	23	38	85		
	行ラベル	区画線					
	列ラベル	縦断勾配					
合計 / 個数	列ラベル						
行ラベル		1	2	3	総計		
1		22	6	34	62		
2		11	3	9	23		
総計		33	9	43	85		
	行ラベル	区画線					
	列ラベル	中央分離帯					
合計 / 個数	列ラベル						
行ラベル		1	2	総計			
1		49	13	62			
2		21	2	23			
総計		70	15	85			
	行ラベル	区画線					
	列ラベル	目立つアイコン(山など)					
合計 / 個数	列ラベル						
行ラベル		1	2	3	4	5	6 総計
1		26	5	8	4	8	11 62
2		7		1	3	5	7 23
総計		33	5	9	7	13	18 85
	行ラベル	区画線					
	列ラベル	標識					
合計 / 個数	列ラベル						
行ラベル		1	2	総計			
1		20	42	62			
2		5	18	23			
総計		25	60	85			
	行ラベル	区画線					
	列ラベル	空の状態					
合計 / 個数	列ラベル						
行ラベル		1	2	総計			
1		53	9	62			
2		11	12	23			
総計		64	21	85			

	行ラベル	平面線形					
	列ラベル	縦断勾配					
合計 / 個数	列ラベル						
行ラベル		1	2	3	総計		
1		13	1	10	24		
2		6	6	11	23		
3		14	2	22	38		
総計		33	9	43	85		
	行ラベル	平面線形					
	列ラベル	中央分離帯					
合計 / 個数	列ラベル						
行ラベル		1	2	総計			
1		21	3	24			
2		16	7	23			
3		33	5	38			
総計		70	15	85			
	行ラベル	平面線形					
	列ラベル	目立つアイコン(山など)					
合計 / 個数	列ラベル						
行ラベル		1	2	3	4	5	6 総計
1		9	1	3	3	5	3 24
2		9	2	2	3	2	5 23
3		15	2	4	1	6	10 38
総計		33	5	9	7	13	18 85
	行ラベル	平面線形					
	列ラベル	標識					
合計 / 個数	列ラベル						
行ラベル		1	2	総計			
1		7	17	24			
2		7	16	23			
3		11	27	38			
総計		25	60	85			
	行ラベル	平面線形					
	列ラベル	空の状態					
合計 / 個数	列ラベル						
行ラベル		1	2	総計			
1		18	6	24			
2		20	3	23			
3		26	12	38			
総計		64	21	85			

	行ラベル	縦断勾配					
	列ラベル	中央分離帯					
合計 / 個数	列ラベル ▼						
行ラベル ▼		1 2 総計					
1		30 3 33					
2		7 2 9					
3		33 10 43					
総計		70 15 85					
	行ラベル	縦断勾配					
	列ラベル	目立つアイコン(山など)					
合計 / 個数	列ラベル ▼						
行ラベル ▼		1 2 3 4 5 6 総計					
1		8 1 6 3 9 6 33					
2		5 2 2 9					
3		20 4 3 2 4 10 43					
総計		33 5 9 7 13 18 85					
	行ラベル	縦断勾配					
	列ラベル	標識					
合計 / 個数	列ラベル ▼						
行ラベル ▼		1 2 総計					
1		8 25 33					
2		1 8 9					
3		16 27 43					
総計		25 60 85					
	行ラベル	縦断勾配					
	列ラベル	空の状態					
合計 / 個数	列ラベル ▼						
行ラベル ▼		1 2 総計					
1		22 11 33					
2		6 3 9					
3		36 7 43					
総計		64 21 85					

	行ラベル	中央分離帯					
	列ラベル	目立つアイコン(山など)					
合計 / 個数	列ラベル ▼						
行ラベル ▼		1 2 3 4 5 6 総計					
1		25 5 9 6 13 12 70					
2		8 1 6 15					
総計		33 5 9 7 13 18 85					
	行ラベル	中央分離帯					
	列ラベル	標識					
合計 / 個数	列ラベル ▼						
行ラベル ▼		1 2 総計					
1		21 49 70					
2		4 11 15					
総計		25 60 85					
	行ラベル	中央分離帯					
	列ラベル	空の状態					
合計 / 個数	列ラベル ▼						
行ラベル ▼		1 2 総計					
1		49 21 70					
2		15 15					
総計		64 21 85					

	行ラベル	目立つアイコン(山など)					
	列ラベル	標識					
合計 / 個数	列ラベル						
行ラベル		1	2	総計			
1		11	22	33			
2		4	1	5			
3		1	8	9			
4		4	3	7			
5		3	10	13			
6		2	16	18			
総計		25	60	85			
	行ラベル	目立つアイコン(山など)			行ラベル	標識	
	列ラベル	空の状態			列ラベル	空の状態	
合計 / 個数	列ラベル				合計 / 個数		
行ラベル		1	2	総計	行ラベル	1	2 総計
1		27	6	33	1	18	7 25
2		5		5	2	46	14 60
3		8	1	9	総計	64	21 85
4		5	2	7			
5		4	9	13			
6		15	3	18			
総計		64	21	85			

参考資料(3) CAD データ変換手順書

5.1 で述べた CAD データ変換手順書を次頁以降に示す。

CADデータ変換手順書

令和3年6月作成

1. 必要なツール

○「公共測量ビューア・コンバータ」

<https://psgsv2.gsi.go.jp/koukyou/public/sien/pindex.html>

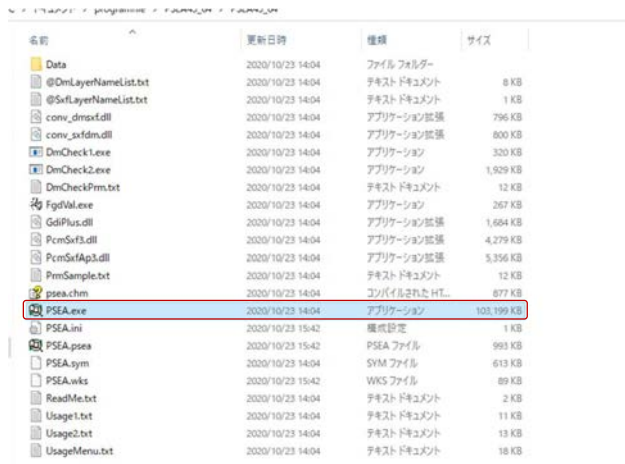
○「DynaCADビューア Ver4.0」

http://www.ocf.or.jp/kentei/soft_ichiran.shtml#C6

（CAD図面の確認に使用）

2. データ変換

○ダウンロードした「公共測量ビューア・コンバータ」
ファイル中のPSEA.exeをクリックしてコンバータを起動

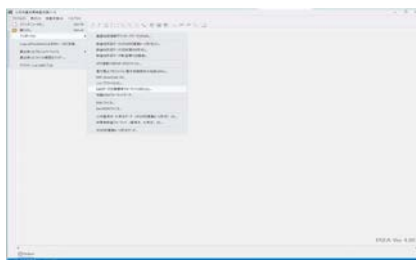


名前	更新日時	種類	サイズ
Data	2020/10/23 14:04	ファイル フォルダ	
@DmLayerNameList.txt	2020/10/23 14:04	テキスト ドキュメント	8 KB
@SrfLayerNameList.txt	2020/10/23 14:04	テキスト ドキュメント	1 KB
conv_dmsfd.dll	2020/10/23 14:04	アプリケーション 拡張	796 KB
conv_sxfdm.dll	2020/10/23 14:04	アプリケーション 拡張	800 KB
DmCheck.exe	2020/10/23 14:04	アプリケーション	320 KB
DmCheck2.exe	2020/10/23 14:04	アプリケーション	1,929 KB
DmCheckPfm.txt	2020/10/23 14:04	テキスト ドキュメント	12 KB
FgsVla.exe	2020/10/23 14:04	アプリケーション	267 KB
Gd9Vla.dll	2020/10/23 14:04	アプリケーション 拡張	1,684 KB
PcmSxf3.dll	2020/10/23 14:04	アプリケーション 拡張	4,279 KB
PcmSxfAp3.dll	2020/10/23 14:04	アプリケーション 拡張	3,356 KB
PfmSample.txt	2020/10/23 14:04	テキスト ドキュメント	12 KB
psea.chm	2020/10/23 14:04	コンパイルされた HTML	877 KB
PSEA.exe	2020/10/23 14:04	アプリケーション	103,199 KB
PSEA.ini	2020/10/23 15:42	構成設定	1 KB
PSEA.psea	2020/10/23 15:42	PSEA ファイル	993 KB
PSEA.sym	2020/10/23 14:04	SYM ファイル	613 KB
PSEA.wks	2020/10/23 15:42	WKS ファイル	89 KB
ReadMe.txt	2020/10/23 14:04	テキスト ドキュメント	2 KB
Usage1.txt	2020/10/23 14:04	テキスト ドキュメント	11 KB
Usage2.txt	2020/10/23 14:04	テキスト ドキュメント	13 KB
UsageMenu.txt	2020/10/23 14:04	テキスト ドキュメント	18 KB

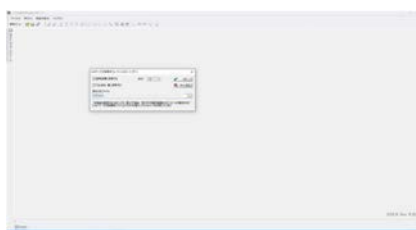
3

2. データ変換

○P21ファイルをインポート



「ファイル」
→ 「インポート」
→ 「CADデータ交換標準フォーマット」を選択

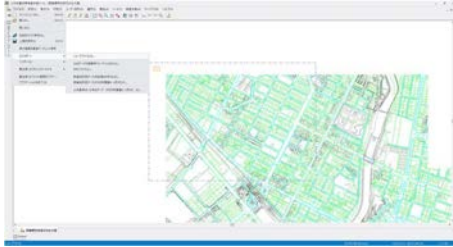


変換するデータの平面直角座標系を選択してファイルを読み込む
参考:国土地理院HP<https://www.gsi.go.jp/sokuchikijun/ipc.html>

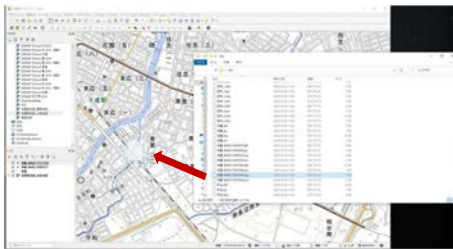
4

2. データ変換

○P21ファイルをシェープファイルにエクスポート



「ファイル」
→ 「エクスポート」
→ 「シェープファイル」を選択



シェープファイルのみをQGISにドラッグアンドドロップ
※エクスポートしたファイルが日本測地系の場合は
QGISで世界測地系に変換

参考資料(4) ポリゴン等データ作成手順書

5.1 で述べたポリゴン等データ作成手順書を次頁以降に示す。

ポリゴン等データ作成手順書

令和3年6月作成

目次

1. 必要なツールと作業の流れ
2. 作業
 - 2-1. ポリゴン作成
 - 2-2. ポリゴンへの属性付与
 - 2-3. ポリゴンの色分け作業

1. 必要なツールと作業の流れ

○必要なツール

- QGIS
- PostgreSQL
- Excel

○作業の流れ

ポリゴン作成(QGIS)

道路中心線を調整

→道路中心線を等間隔に切断

→バッファ発生



ポリゴンへの属性付与(PostgreSQL, Excel, QGIS)

PostgreSQLへデータを入力・出力

→ポリゴンデータに属性を付与

→QGISへのデータ読み込み

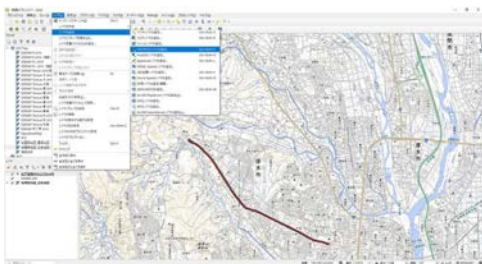


QGIS上での色分け作業 (QGIS)

3

2-1. ポリゴンの作成

○必要な道路中心線の確認

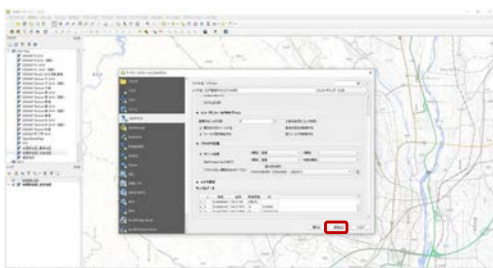


必要な道路中心線の位置を確認するために
座標付きのCSVファイルを取り込む

「レイヤ」

→「レイヤの作成」

→「CSVテキストレイヤ」の追加

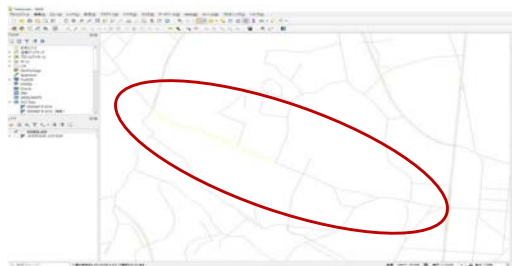


設定を入力して追加をクリック

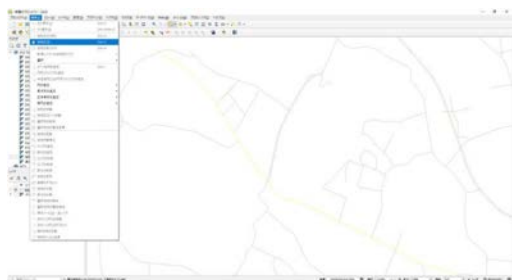
4

2-1. ポリゴンの作成

○必要区間の道路中心線の取り出し



必要な道路中心線をすべて選択

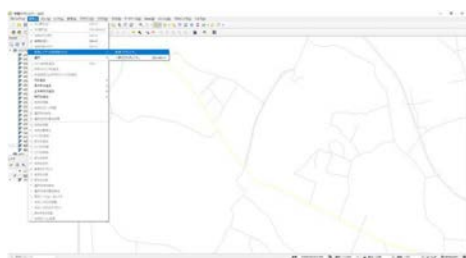


「編集」
→「地物のコピー」

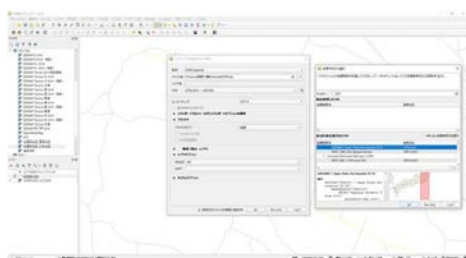
5

2-1. ポリゴンの作成

○必要区間の道路中心線の取り出し



「編集」
→「新規レイヤへの地物貼り付け」
→「新規ベクタレイヤ」

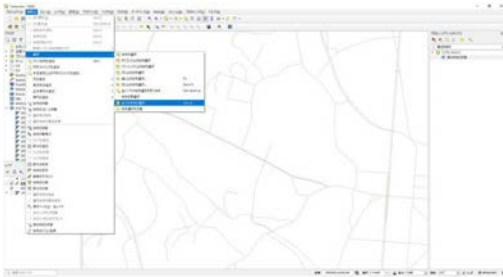


測地系を選びシェープファイルに出力

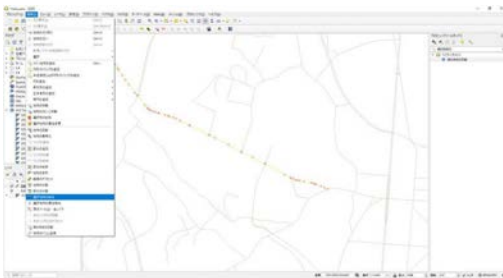
6

2-1. ポリゴンの作成

○道路中心線の結合



「編集」
→「選択」
→「全ての地物の選択」

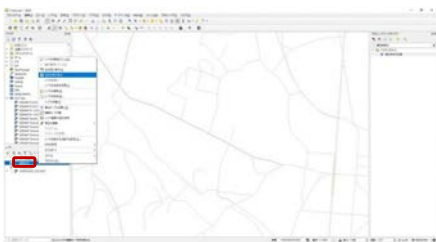


「編集」
→「選択地物の結合」

7

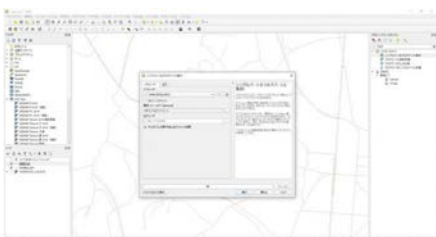
2-1. ポリゴンの作成

○道路中心線の結合



地物の数が1になっているか確認

レイヤを右クリック
→「地物の数を表示」にチェックを入れる



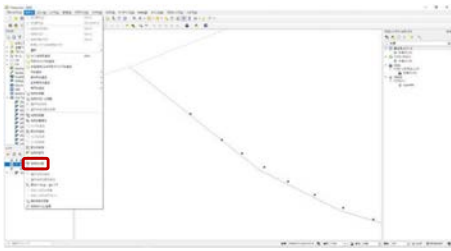
※地物の数が1にならない場合
「プロセッシングツールボックス」
→「ベクタジオメトリ」
→「マルチパートをシングルパートに変換」を実行

※シングルパートに変換しても1にならない場合は切断している箇所を探しスナップ機能を使用しながら手作業で結合

8

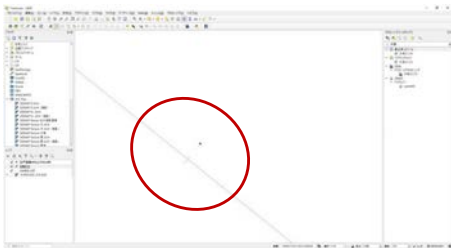
2-1. ポリゴンの作成

○道路中心線の調整



始点の位置で道路中心線を切断する

「編集」
→「地物の分割」



分割

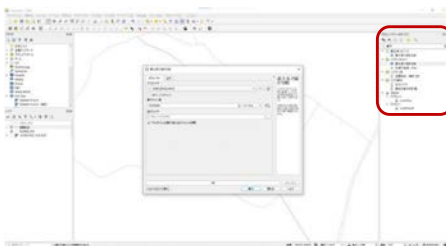


不要箇所は消去

9

2-1. ポリゴンの作成

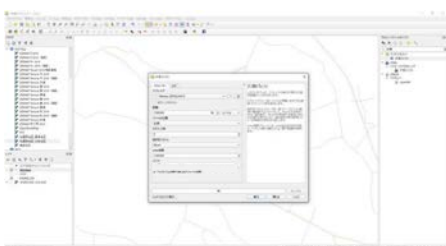
○道路中心線を等間隔に切断



バッファを発生させたい間隔で道路中心線を切断

「プロセッシングツールボックス」
→「ベクタジオメトリ」
→「最大長で線を切断」

○バッファを発生



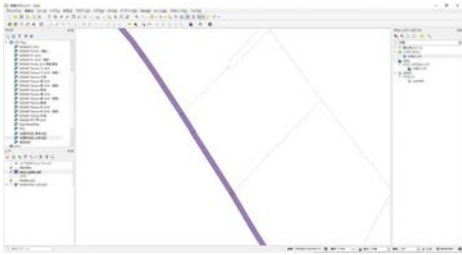
「プロセッシングツールボックス」
→「ベクタジオメトリ」
→「片側バッファ」

※距離: バッファの幅の距離
継ぎ目スタイル: Bevel

10

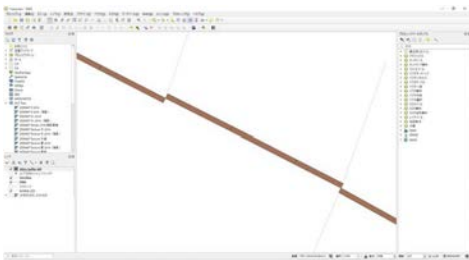
2-1. ポリゴンの作成

※バッファが等間隔にならない場合



道路中心線が一本になっていない可能性がある
P14の作業を再確認

※バッファの向きが一定でない場合



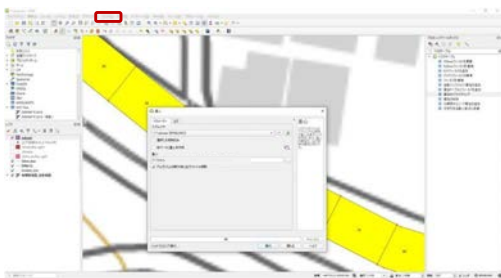
道路中心線が一本になっておらず
方向の属性も一致していない可能性がある
P8の作業を再確認しつつ線の向きを調整する

「プロセッシングツールボックス」
→「ベクタジオメトリ」
→「線の向きの変換」

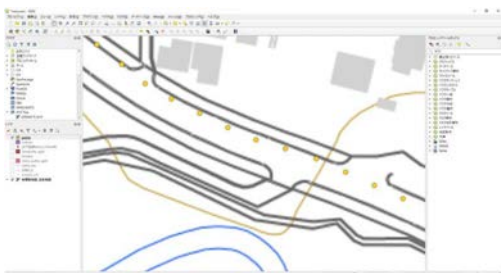
11

2-1. ポリゴンの作成

※ポリゴンをポイントにしたい場合



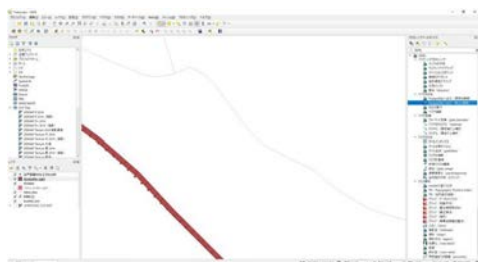
「ベクタ」
→「ジオメトリツール」
→「重心からシェープファイルに」出力



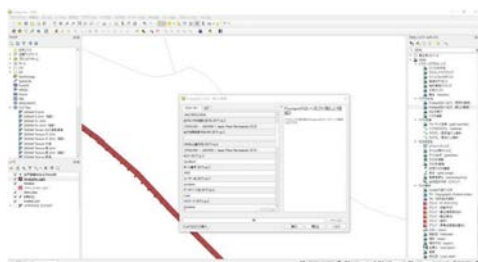
12

2-2.ポリゴンへの属性付与

○QGISで表示しているポリゴンデータをPostgreSQLに出力



「プロセッシングツールボックス」
→「GDAL」
→「ベクタその他」
→「PostgreSQLへ出力(新しい接続)」



以下の内容を入力して実行
シェープエンコーディング: Shift_JIS
出力のジオメトリ型: MULTIPOLYGON
出力にCRSを割り当てる: CRSを選択し割り当てる
CRSを上書きする: CRSを選択し割り当てる
ホスト: localhost
ポート番号: 5432
ユーザ名: postgresSQLのユーザ名を指定
データベース名: postgresSQLのデータベース名を指定
パスワード: postgresSQLのユーザのパスワードを指定
スキーマ名: 特に変更が無ければpublic
テーブル名: これから作成するテーブル名を指定
主キー: gid

13

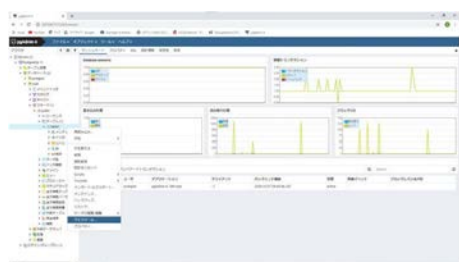
2-3. ポリゴンへの属性付与

○PostgreSQLを起動する



Windowsの「スタート」
→「PostgreSQL」
→「pgAdmin 4」をクリックして起動

○クエリツールを開く

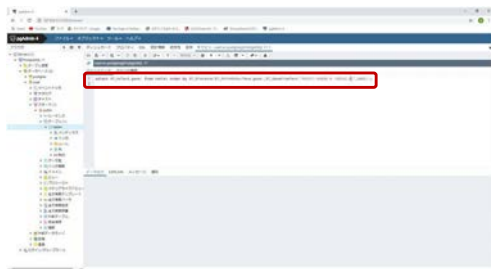


「データベース」
→データベースの名称
→「スキーマ」
→「public」
→「テーブル」
→作成したテーブルを右クリック
→「クエリツール」を開く

14

2-3. ポリゴンへの属性付与

○ポリゴンを位置順に並び変える



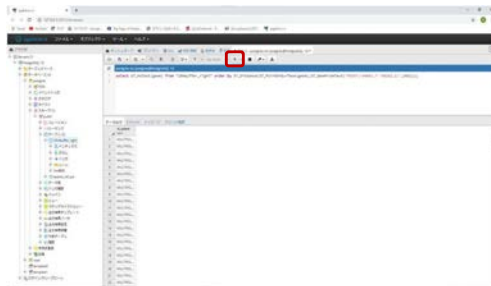
以下のSQL文を入力

```
select ST_AsText(geom) from "table1" order by  
ST_Distance(ST_PointOnSurface(geom),ST_GeomFromText('POINT(-46801.7 -59242.1)',2451));
```

※table1:テーブル名を入力

※座標:QGIS上でバッファの始点側に近い座標を入力

※2451:データにあわせたEPSGコードを入力

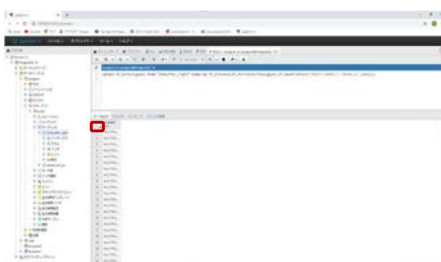


実行ボタン(雷のマーク)をクリック

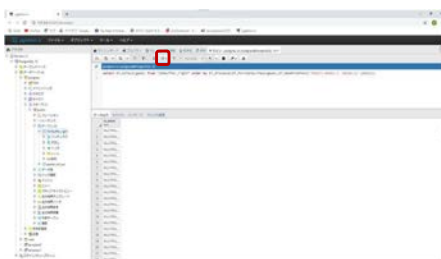
15

2-3. ポリゴンへの属性付与

○ポリゴンを位置順に並び変える



▲ マークをクリックして全選択

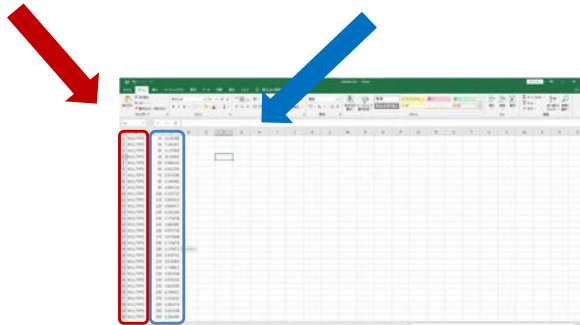
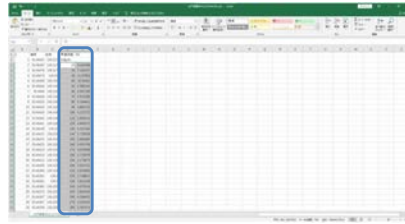
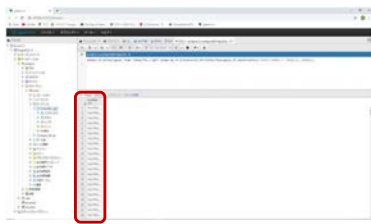


コピーボタンをクリックしてデータをコピー

16

2-3. ポリゴンへの属性付与

○ポリゴンデータと属性データをエクセルに貼り付け



一枚のエクセルシートに貼り付け

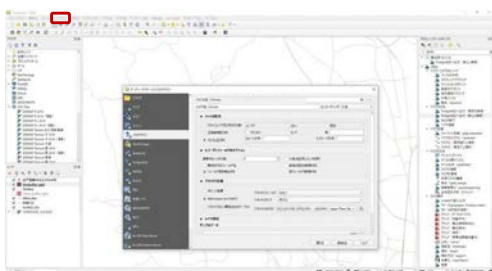


「テキスト(タブ区切り)(* .txt)」で保存

17

2-3. ポリゴンへの属性付与

○データをQGISで取り込み



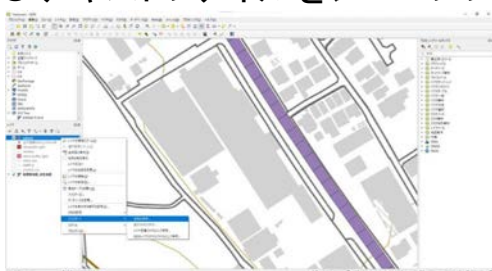
P17で作成したテキストファイルをQGISに取り込む

レイヤ

→「レイヤの作成」

→「CSVテキストレイヤの追加」

○テキストファイルをシェープファイルに出力



取り込んだテキストファイルをシェープファイルに出力

レイヤを右クリック

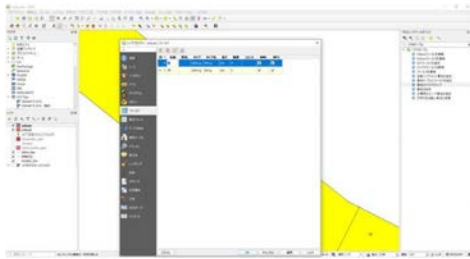
→「エクスポート」

→「地物の保存」

18

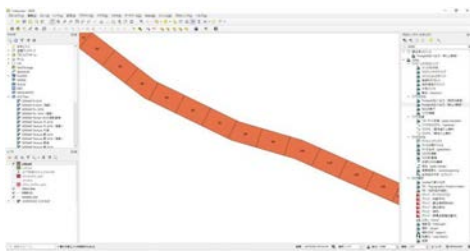
2-3. ポリゴンへの属性付与

○属性のフィールド名を変更



レイヤを右クリック
→「プロパティ」
→「フィールド」から名前の欄を変更

○ポリゴンの配置確認

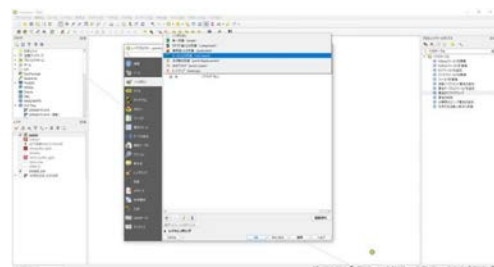


レイヤを右クリック
→「プロパティ」
→「ラベル」から「単一定義(single)」を選択
累積距離等の属性を表示させて
ポリゴンが順に配置されているか確認

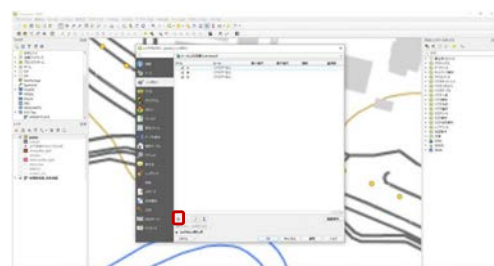
19

2-4. ポリゴンの色分け作業 (QGIS上)

○IRIデータ等の属性に基づきQGIS上でポリゴンを色分け



レイヤを右クリック
→「シンボロジ」
→「ルールによる定義(rule-based)」を選択

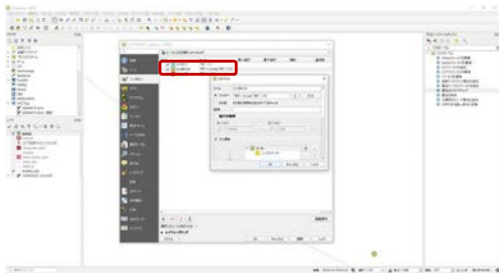


+ボタンからレイヤを追加

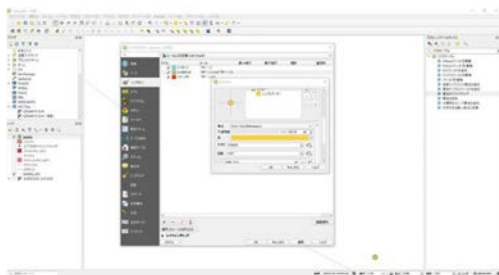
20

2-4. ポリゴンの色分け作業 (QGIS上)

〇IRIデータ等の属性に基づきQGIS上でポリゴンを色分け



レイヤをクリック
→必要箇所を入力
(フィルターに色分けの範囲を入力)



下にスクロールすると色も変更可能

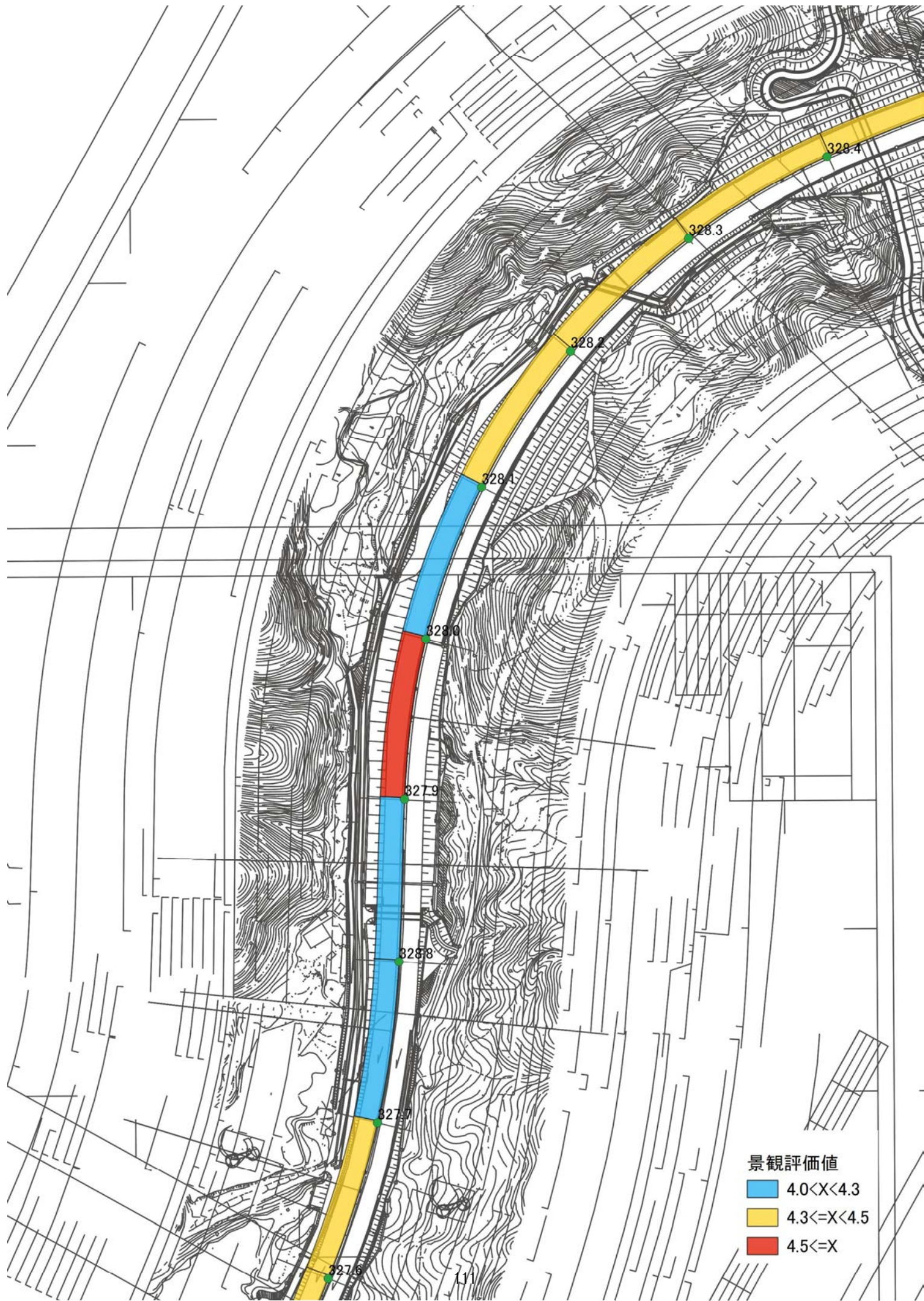
参考資料(5) 景観評価値を閾値毎にレベル分けして着色した図

5.2 で示した東北自動車道仙台南 IC～仙台宮城 IC 間約 5km において、景観評価値を閾値毎にレベル分けして着色した図を次頁以降に示す。



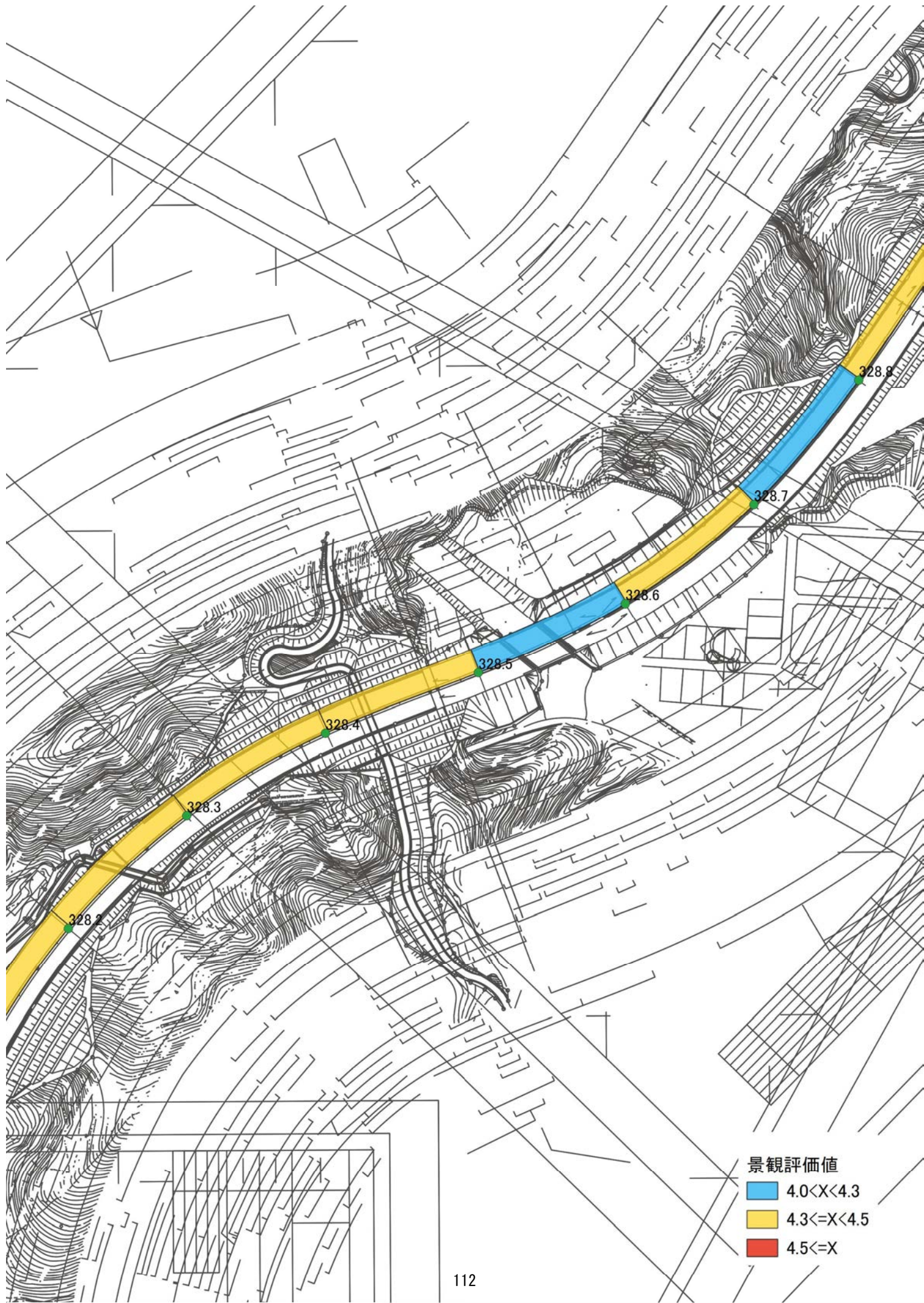
景観評価値

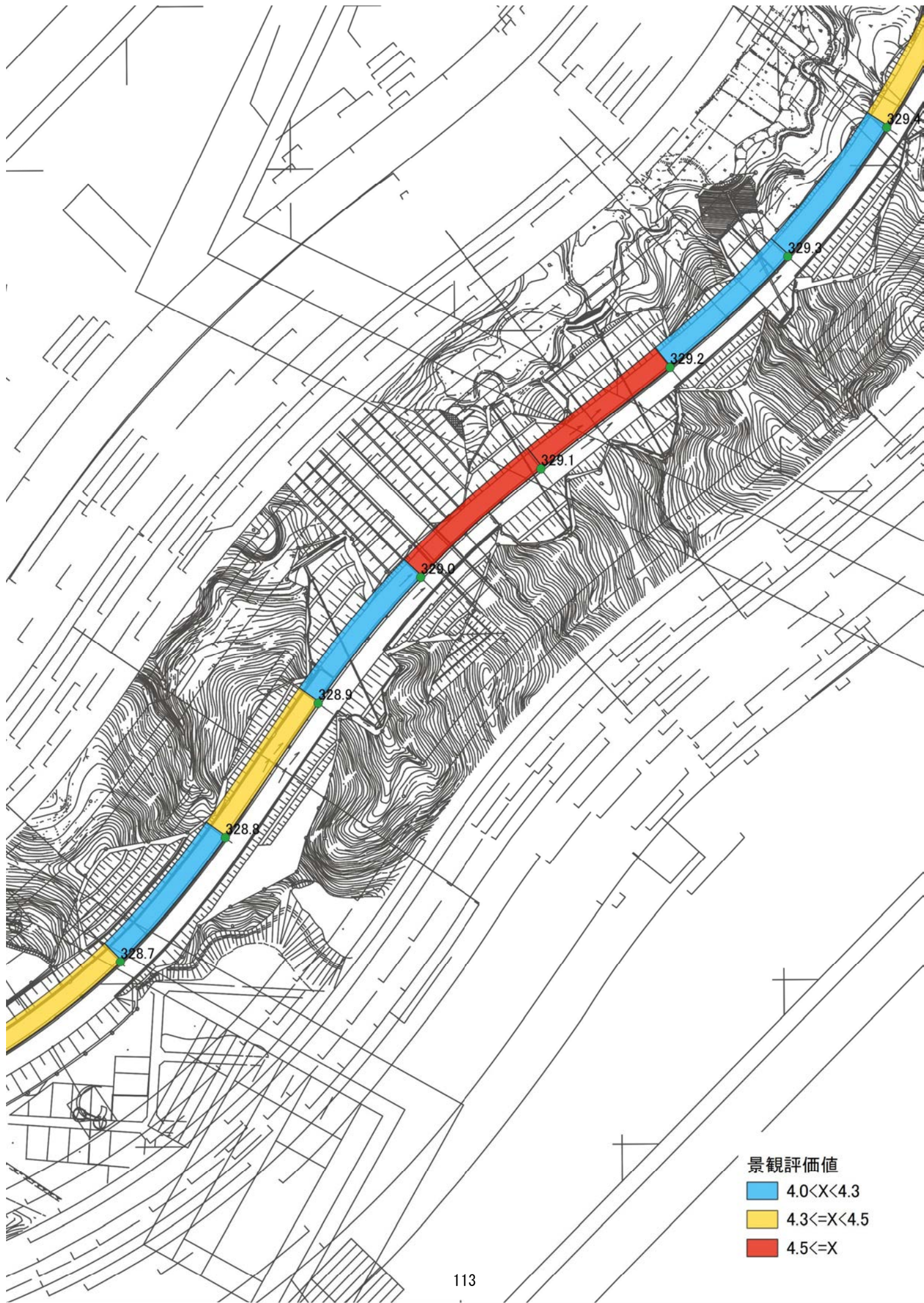
Blue	$4.0 < X < 4.3$
Yellow	$4.3 \leq X < 4.5$
Red	$4.5 \leq X$

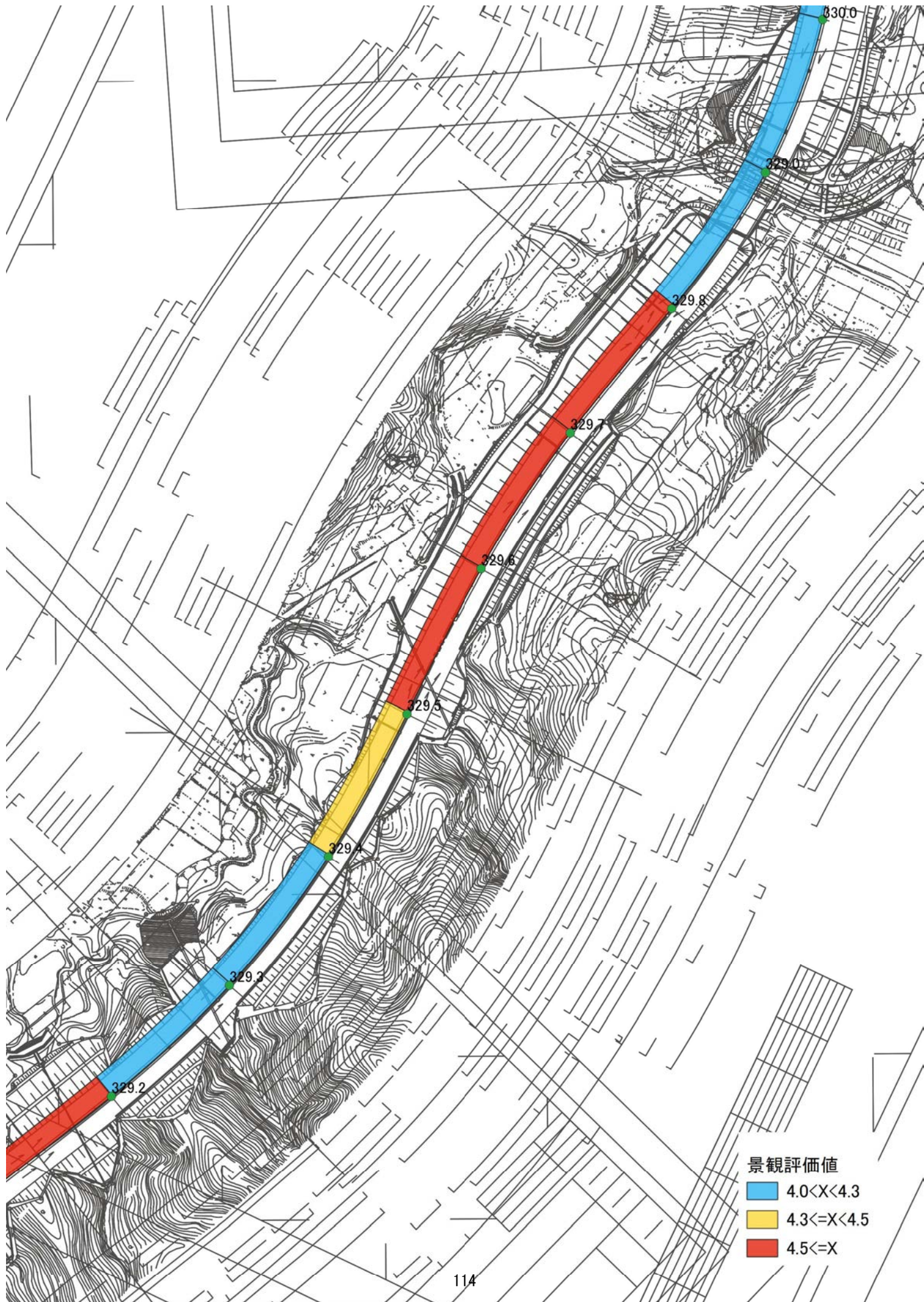


景觀評價值

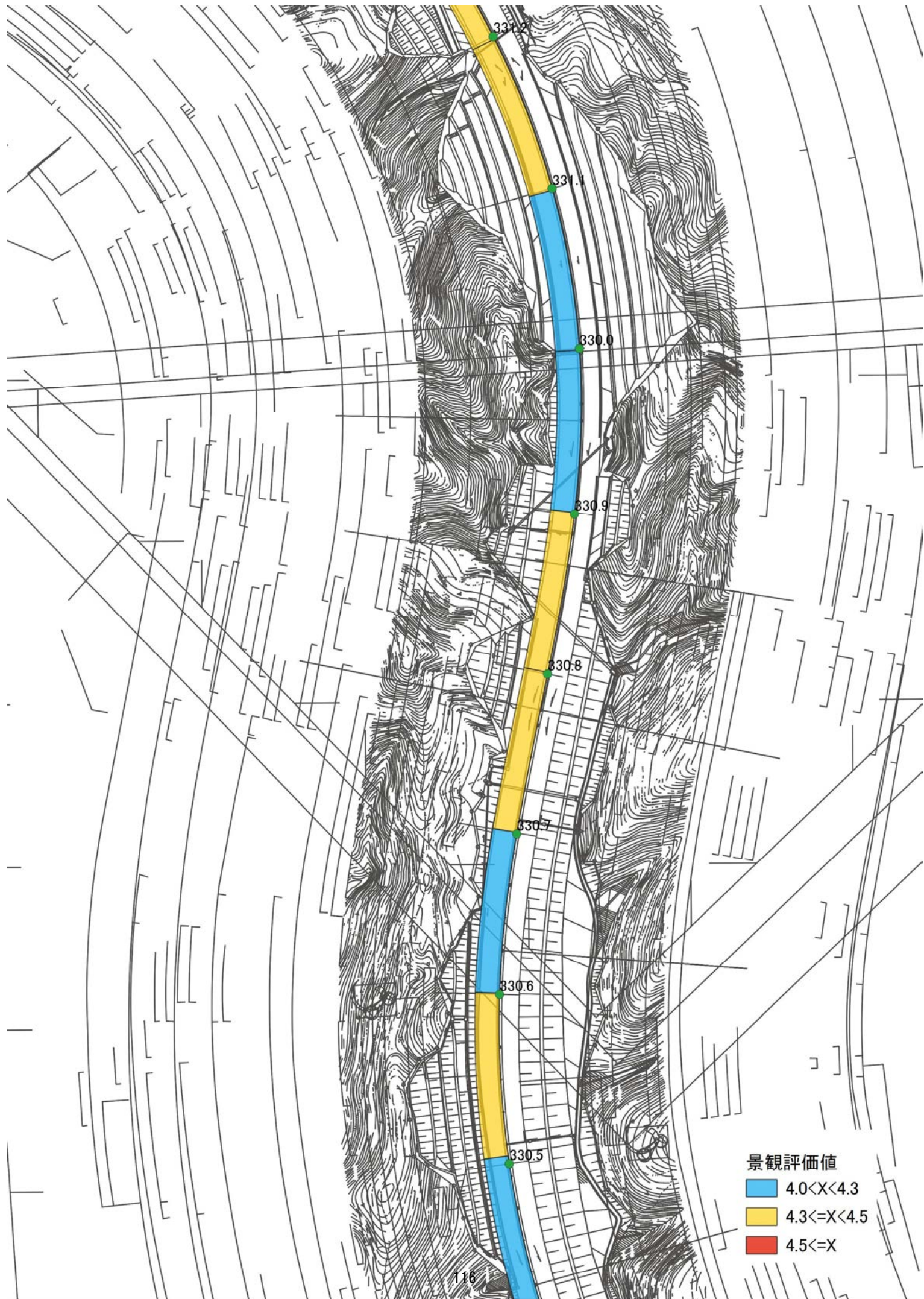
4.0 < X < 4.3
4.3 ≤ X < 4.5
4.5 ≤ X



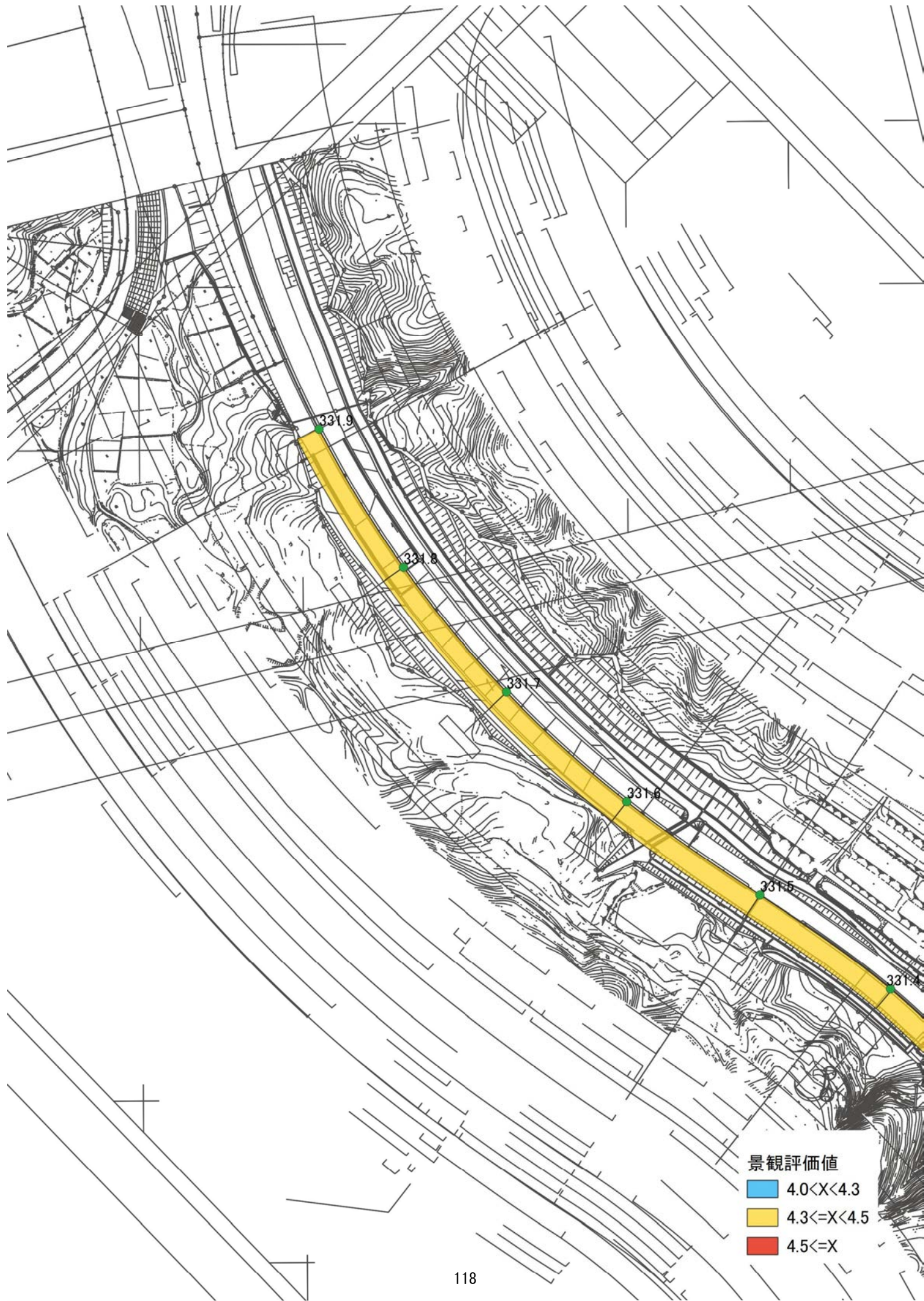












参考資料(6) 乗り心地評価値を閾値毎にレベル分けして着色した図

5.2 で示した東北自動車道仙台南 IC～仙台宮城 IC 間約 5km において、乗り心地評価値を閾値毎にレベル分けして着色した図を次頁以降に示す。

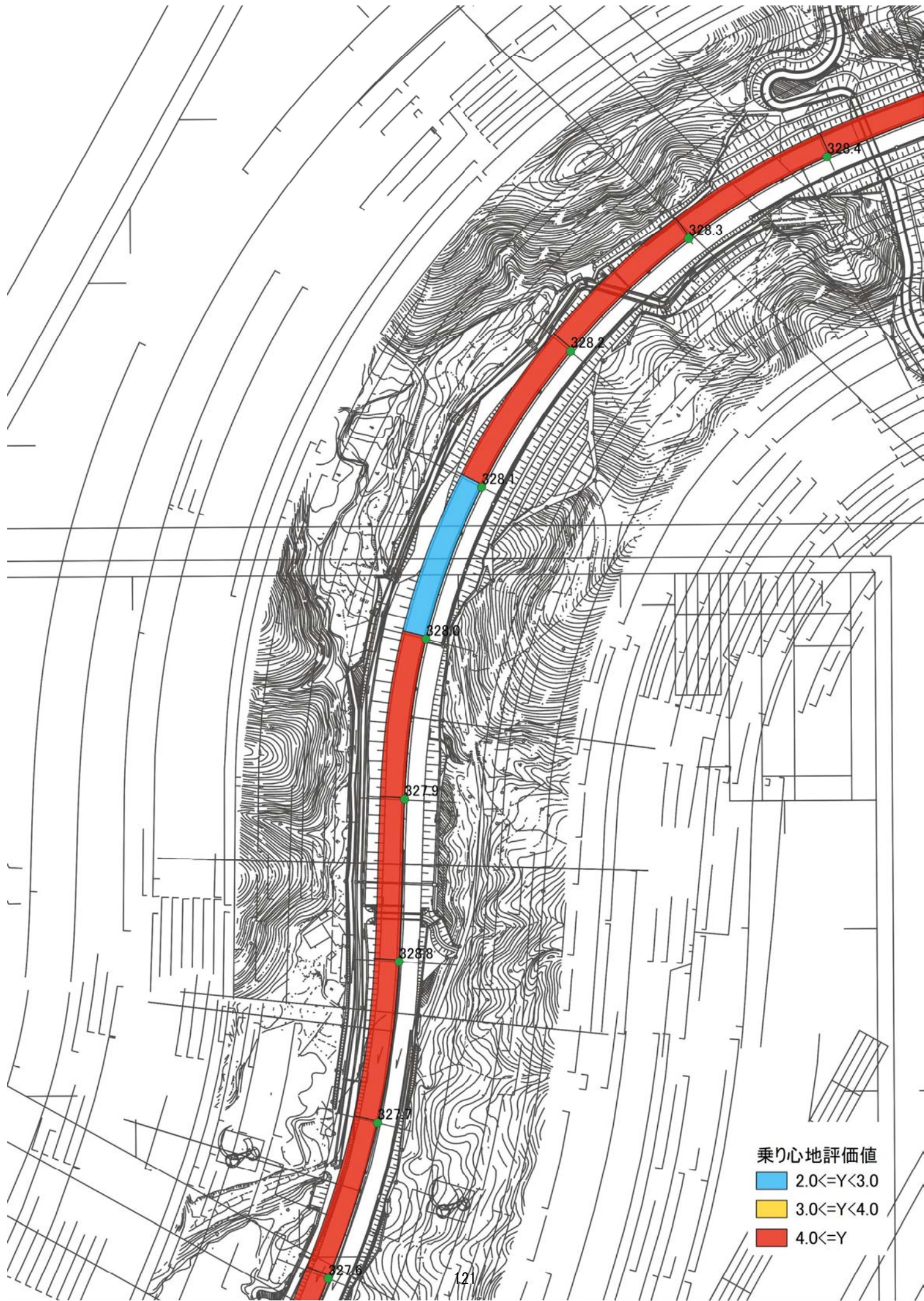


乗り心地評価値

2.0 $\leq$ Y<3.0

3.0 $\leq$ Y<4.0

4.0 $\leq$ Y



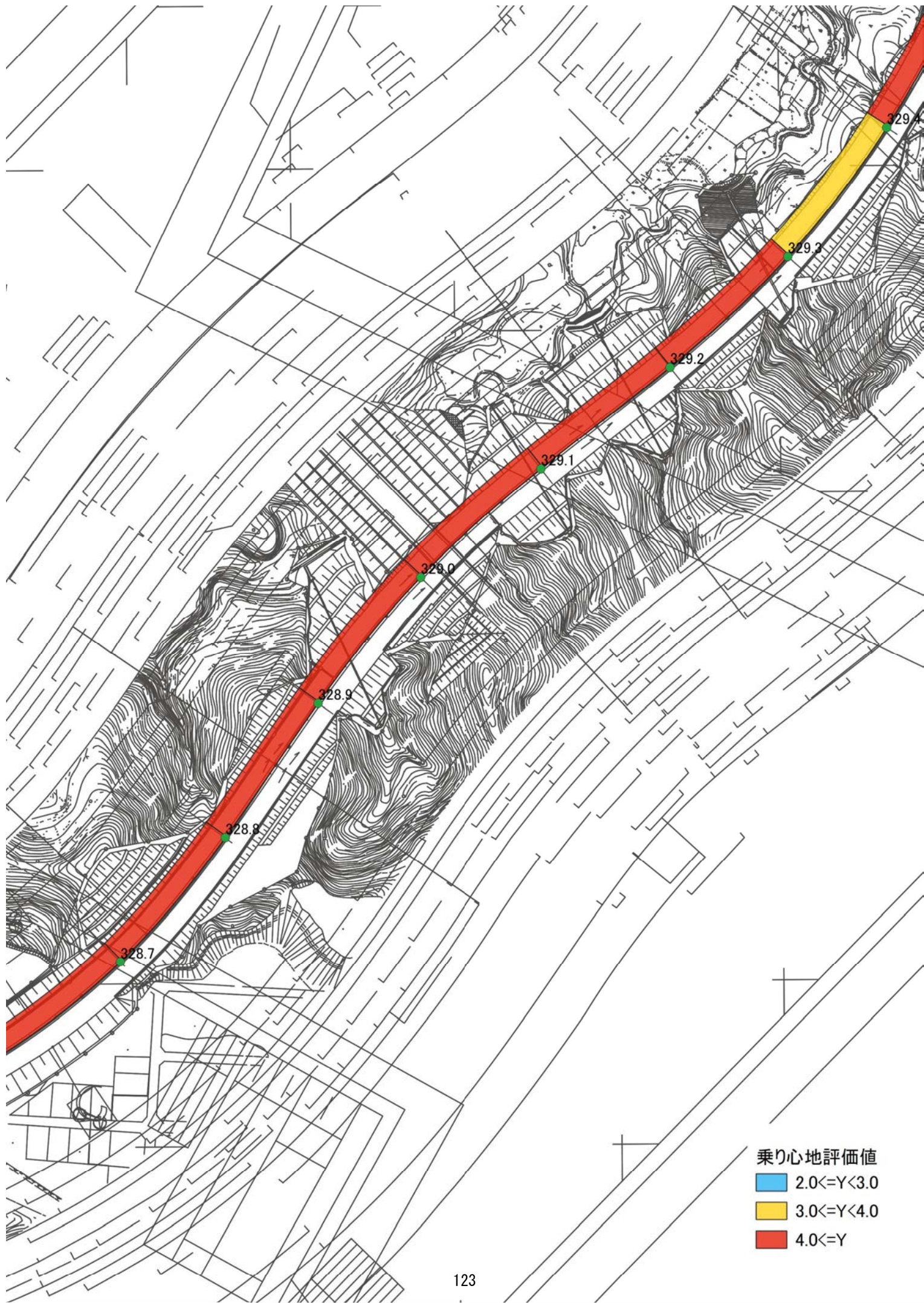
乗り心地評価値

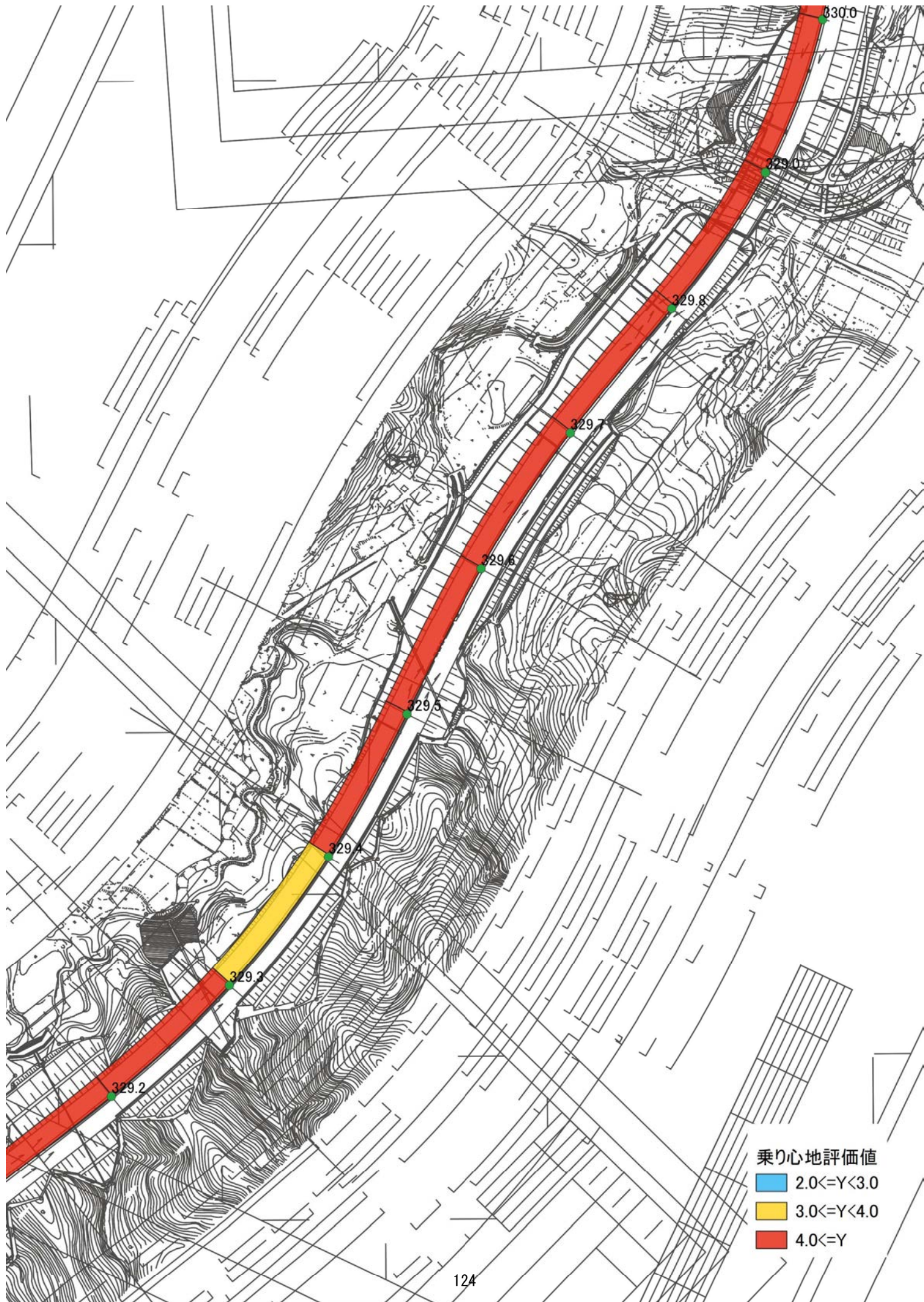
2.0 $\leq$ Y<3.0

3.0 $\leq$ Y<4.0

4.0 $\leq$ Y

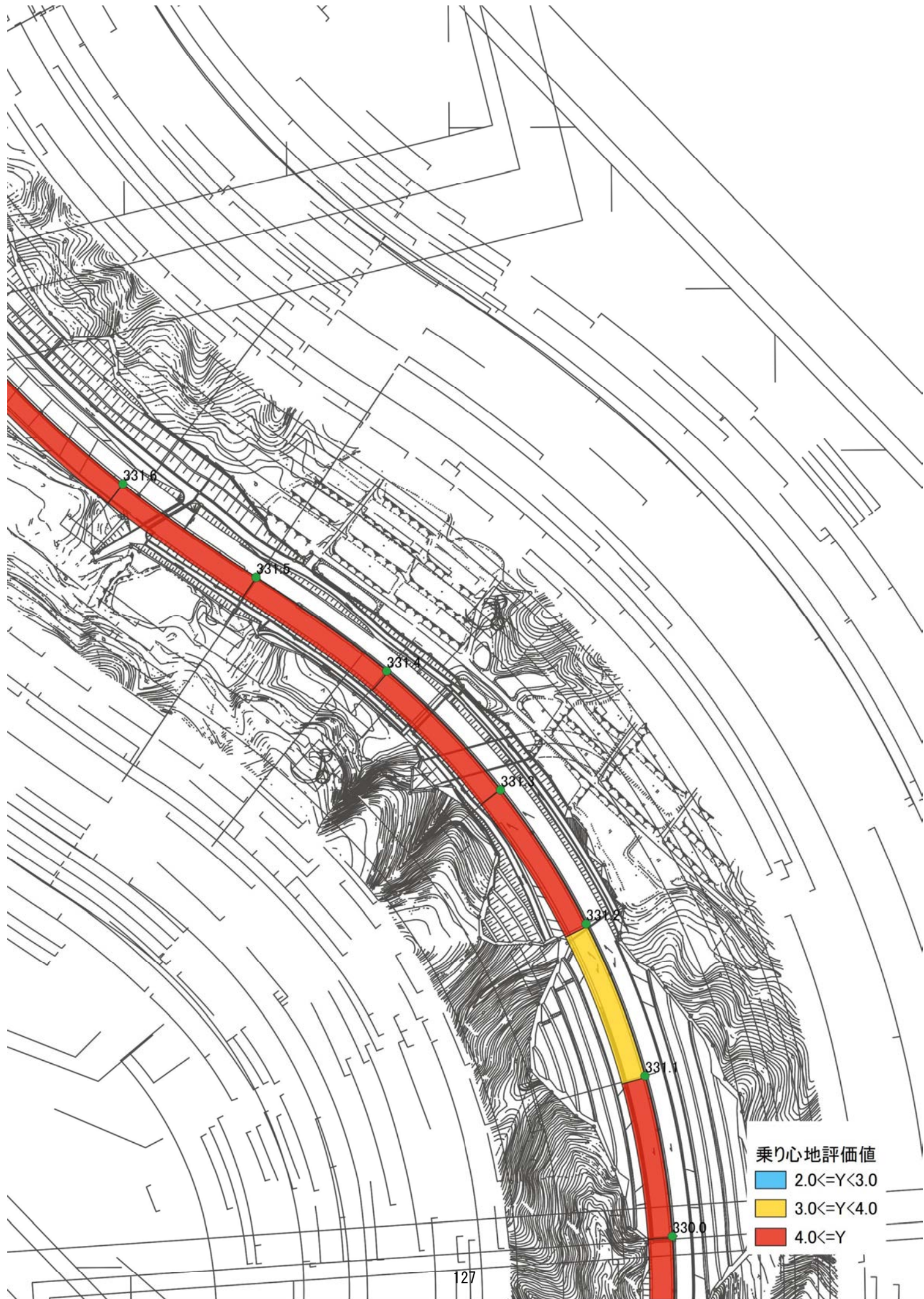


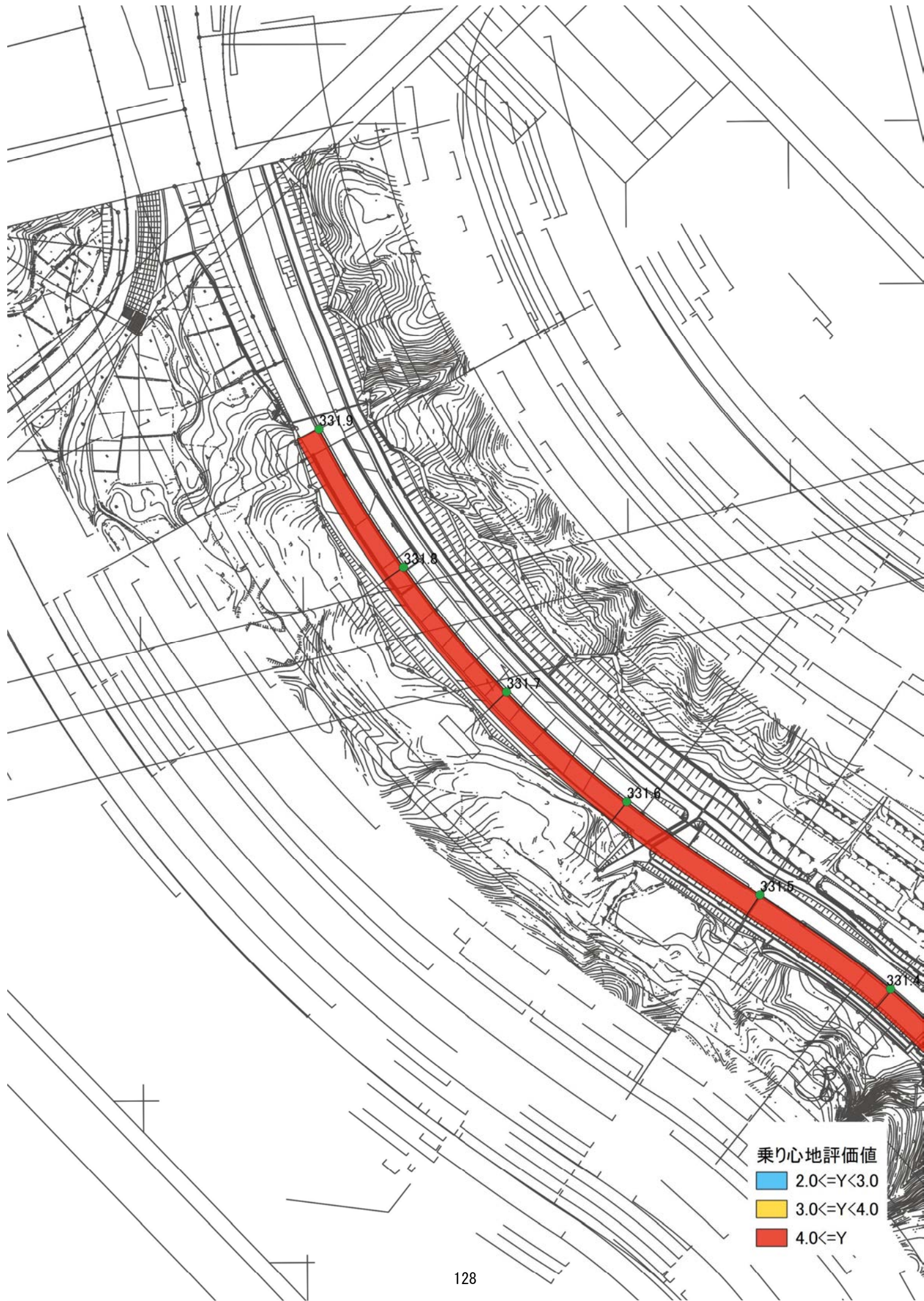












参考資料(7) 2軸乗算評価値を閾値毎にレベル分けして着色した図

5.2 で示した東北自動車道仙台南 IC～仙台宮城 IC 間約 5km において、2 軸乗算評価値を閾値毎にレベル分けして着色した図を次頁以降に示す。



