

道路線形の指標化について Creating indicators for highway geometrics.

浦田 康滋*・奈良 照一**・榎谷 有三***・斎藤 和夫****

by Koji URATA, Syouichi NARA, Yuzo MASUYA and Kazuo SAITO

1. はじめに

戦後の道路整備は、不通区間の整備、一次改築・改良や高規格な道路の整備が主であった。最近は、道路の補修・維持管理にも力が注がれている。すなわち、道路の整備は「建設の時代」から「維持の時代」に移行してきていると言える。これに続くのは、近年道路投資が一段落した北欧諸国における道路整備の例から、「道路の高質化の時代」であるものと思われる。

これから迎える「高質化の時代」では、道路の改良等により、質がどの程度改善されたのかを提示していくことが求められる。さらに、道路の質の変化による効果の計測も求められる。特に、これまでの道路整備効果計測手法では、道路の車線数や延長等の質的变化に関しては、十分評価が可能であるが、道路線形の改良の場合は、その整備評価の方法が必ずしも十分考察されていない。これは、道路の質である線形に関する数値化が遅れていることがその一因であるものと思われる。このため、本研究では、道路の質の一つである道路線形の計量化を試み、道路整備の質の評価を計量化することを目的に行う。

2. 道路線形整備の課題とこれまでの評価

東北地方の国道を例に道路整備の課題について整理する¹⁾。その路線は、昭和 47 年に一次改築が終了し、その後、25 年をかけて更なる道路整備を進めてきた。この路線の整備課題は、①急カーブの解消、②急勾配の解消、③狭い幅員の解消、④事故の削減、⑤所要時間の短縮 である。当然、この 25

年における所要時間及び所要費用における評価はなされている。しかし、道路整備そのものの結果は、路線の直線化により延長が〇〇km 減少、急カーブ個所が m 個所から n 個所に減少した程度で、その整備に関しては計量的に十分な把握がなされているとは言えない。

現在行われている路線の急カーブ、急勾配等道路構造の特性評価は、①道路幅員構成、②線形視距(小曲線半径個所、直角曲り等の個所、短視距距離)、③勾配(最急勾配、6%以上の個所数と延長)、④鉄道との交叉(平面交叉、立体交叉)、一時停止個所 等である。この路線では、評価の試みとして線形及び視距採点、勾配採点、交叉踏み切り採点が行われた。そのうち線形に関しては、図-1の区間延長と勾配区間延長の比率より、この比率が1.0の場合、採点が0、比率が0.0の場合、採点が10とする曲線による勾配採点である。

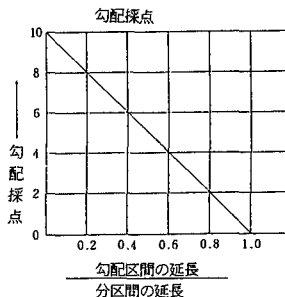


図-1 勾配採点曲線

3. 道路線形整備評価の視点

道路線形整備の評価を検討するに当たり重要な視点は、路線間の比較や、路線の区間間の比較さらに、路線整備前後において、その区間延長が変化しても前後の比較が出来ることである。このため、評価指標は単位延長当たりに基準化することで必要である。つぎに、前述の道路構造特性評価を踏まえる

Keywords: 交通計画評価、道路計画

* 正生員 北海道開発コンサルタント(株) 東京支店技術部
(〒105-0013 東京都港区浜松町 2-6-2 TEL 03-5473-1301 FAX 03-5473-1450)

** 正会員 北海道開発コンサルタント(株) 交通計画部

*** 正会員 工博 専修大学北海道短期大学教授 土木科

**** フェロー 工博 室蘭工業大学教授 建設システム工学科

と、道路構造の改善の主要な視点は、①線形に関する改良、②交通容量や安全性に関する改良、③走行性の改良である。このうち線形の質的変化を計量的に捉える必要のある具体的な項目は、以下のとおりと考える。

<線形に関する改良評価視点>

- ①平面線形の改良：急カーブの減少（率と数、最小曲線半径、曲りの度合い等）
- ②縦断線形の改良：急勾配の減少（平均的な勾配の変化、平均的な高低差、6%以上の急勾配箇所数等）
- ③縦横断線形の改良：①と②の総合化

これらに関する基礎的なデータを新たに作成するのではなく、既存のデータの活用を考える必要がある。

4. 線形に関する計量指標

線形評価の例として、イギリスの道路費用分析のCOBAに、図-2, 3の曲線度合いを表わすBendinessと高低差を表わすHillinessがある²⁾。次の要因から、この考え方を線形評価の基本指標とした。

①高低差もしくは交叉角度を累積し、区間延長で割っているため、単位延長当たりの評価値として基準化がなされている。②路線線形を検討する際には、必ず測量データを調べ、その測量データには、各測点の標高や測点間の高低差、延長、曲線半径、その交叉角があり、線形評価をするに当たり容易に基礎データが入手することができる。③北海道の主要な峠の特定区間におけるBendinessとHillinessを計算すると、表-1のとおりで相対的な線形比較は実感と一致している。

このHillinessとBendinessの考えを踏まえて、前述の線形に関する改良評価視点から線形の特性である曲線半径や折点を加味して以下の指標を加えた線形計量指標を表-2とした。

表-1 北海道の主要な峠部の評価

国道	峠名	Bendiness	Hilliness
230	中山峠	31.30	27.98
276	美笛峠	74.66	23.34
274	日勝峠	109.78	33.87
38	狩勝峠	26.90	30.29
241	横断道路	202.03	35.99

$$HR(\text{上昇}) = h_1 + h_2 + \dots + h_n \quad (\text{metres})$$

ABの区間延長

$$HF(\text{くだり}) = h_2 + h_4 + \dots + h_{n+1} \quad (\text{metres})$$

ABの区間延長

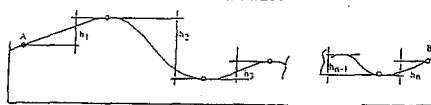


図-2 Hilliness (m/km)

$$B = \phi_1 + \phi_2 + \phi_3 + \dots + \phi_n \quad (\text{degrees})$$

ABの区間延長

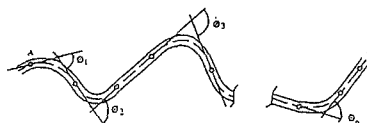


図-3 Bendiness (deg/km)

<平面線形指標>

① 急カーブの評価(BR)：カーブはその曲線半径によりその危険性が異なる。例えば、延長1kmで直角に曲がり場合、曲線半径は約160mであるし、直角カーブの前後が直線でそれぞれ30mであれば曲線半径は約63mである。これらの2つのBendinessは同じ90ではあるが、その危険性は大きく異なる。これを評価するため、Bending ratioとしてBendinessでの計算の Φ を Φ/r （曲線半径）とする。

<縦断線形指標>

- ② 平均上り・下り勾配(AHR, AHF)：起点側からの上り(下り)高とその区間延長から単位延長当たりの平均勾配を算出。
- ③ 平均折点角度(AD)：区間内の凸か凸への折点角度から単位延長当たりの平均的折点角度を算出。

<合成線形>

④合成線形の評価(FI)：一般に運転者は、道路線形は縦断と横断勾配との総合化で評価していることから、これらについて合成指標化を行なう。道路構造令では、縦断勾配(I)と横断勾配(J)とを構成した合成勾配は $S = \sqrt{I^2 + J^2}$ であり、この構造に準ずる。道路構造では、走行性から縦断勾配を限定しているため0~6°前後である。このため、Bendiness

は、Hilliness に比較して感度が良くない。このため、合成指標を作成するにあたり、道路構造令の縦断勾配設定基準のトン当たりの走行抵抗は $r=10+10I+0.016V^2$ であることから Hilliness を 10 倍し相乗平均とする。

表-2 線形計量指標

特性	項目	計算式
平面線形	Bendiness (B)	$B = \Sigma \text{曲線角度} / \Sigma \text{延長}$
	Bending ratio (BR)	$BR = \Sigma (\text{曲線角度} / \text{曲線半径}) / \Sigma \text{延長}$
縦断線形	Hilliness (H)	$H = \Sigma \text{高低差} / \Sigma \text{延長}$
	平均折点角度 (AD)	$AD = \Sigma \text{折点勾配差} / \Sigma \text{延長}$
	平均上り勾配 (AHR)	$AHR = \text{平均上り勾配}$
	平均下り勾配 (AHR)	$AHR = \text{平均下り勾配}$
合成線形	Figure Index (FI)	$FI = \sqrt{\{ (H \times 10)^2 + B^2 \}}$

5. 線形指標の計量事例

(1) 事例対象道路の特性と整備課題

計量の事例として北海道の北部の一般国道 275 号深川市幌加内道路と中央部の一般国道 274 号日高町ウエンザル道路の 2 区間の線形改良を対象とした。それらの道路の特性と整備課題の概略は以下の通りである。

●一般国道 275 号深川市幌加内道路

当該道路は、札幌を中心とした道央圏と幌加内町を結ぶ重要な幹線道路で、2 車線、現況交通量が 2,797 台/日である。現在の道路は峠部を通過するため、小半径の曲線部が連続すると共に縦断勾配が厳しい線形である。(図-4、5、延長 4.1km)

●一般国道 274 号日高町ウエンザル道路

当該道路は、道央圏と帯広・釧路の道東圏を連絡する重要な道路で、2 車線、現況交通量が 7,814 台/日である。現在の道路は、沙流川の渓谷に沿って整備されているため、小半径の曲線部が連続し、交通事故が多発している平面線形が厳しい。(図-6、7、延長 3.1km)

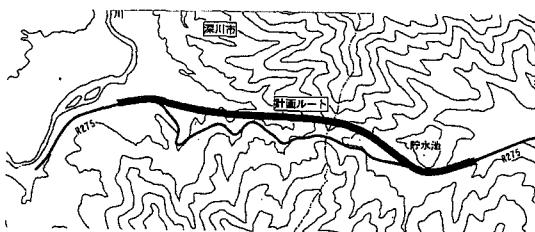


図-4 幌加内道路の平面線形対比図

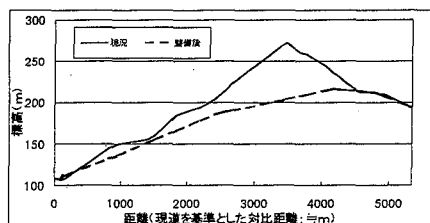


図-5 幌加内道路の縦断線形対比図

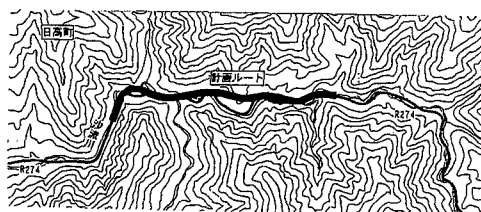


図-6 ウエンザル道路の平面線形対比図

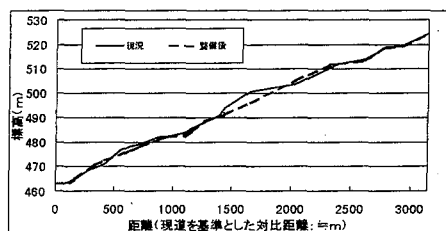


図-7 ウエンザル道路の縦断線形対比図

(2) これまでの線形評価

線形の指標化がなされる前は、図-4～7の整備前後の比較をとおり、以下のとおりの線形評価がなされている。

●幌加内道路の線形評価

平面線形：整備前はヘアピンカーブをはじめ、小さな半径の曲線部が連続していた。整備により、トンネルによって峠部を短絡することにより大きな半径の曲線とすることができる。

縦断線形：整備前は峠部を通過するため、最大 8% と厳しい勾配である。整備後は最大が 4% に抑えられる。

●ウエンザル道路の線形評価

平面線形：整備前は渓谷沿いのため、小半径の曲線部が連続する。整備後は道路構造規格を満たすように線形改良がなされる。

縦断線形：整備前は渓谷に沿って上り勾配が連続する。整備後はトンネルの設置、小半径曲線部の改良のため、路線が短縮され、結果的に全体的な縦断勾

配が厳しくなる。

(3) 線形計量指標による評価

2つの事例対象道路の測量および路線設計データから表-2の各計量指標について計算し、道路整備前後の数値の比較を行うと、表-3となる。

この結果、合成線形で評価すると、幌加内道路は、整備前に対して整備後は、線形の厳しさが512.56から292.75と約43%改善され、またウエンザル道路は、それが364.71から255.55と30%改善されると計量化できる。平面線形は、Bの評価では、幌加内道路が219.25から37.00へと約83%改善され、ウエンザル道路は308.45から144.31へと約53%改善され、平面線形が緩やかになったことが数値で表現できる。特に、ヘアピンカーブ等小半径曲線の改善は、曲線の厳しさ指数(BR)により、幌加内道路は約98%、ウエンザル道路は約80%改善されたと判断できる。

一方、縦断線形の評価は、Hの評価より幌加内道路は、トンネルにより37%改善されたのに対して、ウエンザル道路はこれまでの評価とおり、全体的に厳しくなったことが判る。その厳しさは、現在に比べて約8%程度の増加であることが判る。特に、ADの指標により、勾配変化が改良されたことが説明できる。

6. まとめ

本研究では、長年道路整備を行ってきた道路の現状を踏まえて、道路整備のうち特に評価が遅れている線形に関していくつかの計量指標を提案し、その妥当性を検討した。その結果、これまでの道路線形改良の結果を計量的に把握することができた。今後は、これらの指標とエネルギー消費量や騒音、排ガスとの関係を数値化することにより、道路線形改良の整備効果が計測することが可能となるものと考えらる。

参考資料

- 1) 建設省三陸国道工事事務所：二十年のあゆみ
- 2) The COBA Manual : Economic assessment of roads schemes-Rural single carrigeways,1996

表-3 線形計量指標による評価の結果

対象事業		幌加内道路			ウエンザル道路		
事業の特色(これまでの評価ポイント)		●峠部をトンネルに短絡することで、平面線形、縦断線形ともに緩やかな線形となる			●現道の隘路部を、トンネルや橋梁により線形改良するため、平面線形は比較的緩やかな線形となる ●縦断的には、溪谷地形に沿って通過するため、逆に全体的な縦断線形は厳しくなる		
評価指標		整備前	整備後	整備後/ 整備前	整備前	整備後	整備後/ 整備前
平面線形	$B = \Sigma \text{曲線角度} / \Sigma \text{延長}$	219.25	37.00	0.1688	308.45	144.31	0.4679
	$BR = \Sigma (\text{曲線角度} / \text{曲線半径}) / \Sigma \text{延長}$	2.98	0.06	0.0201	4.05	0.81	0.2000
縦断線形	$H = \Sigma \text{高低差} / \Sigma \text{延長}$	46.33	29.04	0.6269	19.46	21.09	1.0838
	$AD = \Sigma \text{折点勾配差} / \Sigma \text{延長}$	11.44%	2.41%	0.2107	13.15%	8.52%	0.6479
	AHR=平均上り勾配	49.81	30.67	0.6157	19.46	21.09	1.0838
	AHF=平均下り勾配	40.57	23.08	0.5689	-	-	-
合成線形 ²⁾	$FI = \sqrt{(H \times 10)^2 + B}$	512.56	292.75	0.5711	364.71	255.55	0.7007