

IV-4

道路線形の計量評価に関する事例研究

北海道開発コンサルタント(株) 〇正 員 能登谷 敦
 正 員 奈良 照一
 正 員 浦田 康滋
 椋沢 勝則

1. はじめに

我が国の道路整備は、昭和初期から近年に至るまでの建設の時代から、維持管理の時代へと移行しつつある。すなわち、道路整備によりその効果が明らかに感じられた、「量的拡大・拡充」の時代は終焉に向かい、既存ストックを活用しながら、高度化・多様化する利用者ニーズに的確に対応していく「質的充実=高質化」の時代に近づいているといえる。

こうした状況の下、道路事業の整備効果に関しては、費用便益分析をはじめとする様々な取り組みが行われているが、「道路の質」については未だ確立された評価手法がない。

これから迎える「高質化」の時代では、道路自体の質、または道路整備による質の改良の程度を明らかにしていくとともに、整備時においてはその効果の計測も求められる。特に最近では、公共事業に対するアカウンタビリティが重要視されており、事業の実施に当ってはプライオリティや整備効果について定量的な説明が必要とされている。

本研究は、道路線形を直接検討する道路設計者として、特に道路の質を評価する上で重要な要素といえる「道路線形」について計量評価を試みたものである。

2. これまでの道路線形評価と課題

これまでの道路線形の評価は、道路構造令に定められる規格値との対比によるもので、局所的な視点からの評価に限られていた。具体的には、路線延長の短絡や急カーブ・急勾配の解消、狭小幅員の解消、さらには交通事故の削減などに焦点を当てた評価が行われている。これまでの線形改良

事業等においては、概ね次に示す項目と内容から評価が行われている。

表-1 これまでの道路線形評価の項目と内容

| 評価項目 | 評価内容 | 評価例 |
|-------|------------------------|--------------------------------|
| ①延長 | — | L=△△km → L=〇〇km □□kmの短絡 |
| ②幅員 | 大型車のすれ違い可否 | W=△△m → W=〇〇mに改良 |
| ③平面線形 | 最小曲線半径、曲率、曲線箇所数 | R=△△m (××箇所) → R=〇〇m (□□箇所)に改良 |
| ④縦断線形 | 最急勾配、平均勾配・高低差、勾配変化箇所数等 | I=△△% (××m) → I=〇〇% (□□m)に改良 |
| ⑤視距 | 平均視距、視距確保困難箇所数等 | D=△△m (××箇所) → D=〇〇m (□□箇所)に改良 |

以上からもわかるように、これまでの道路線形評価の課題は道路線形がどの程度改良されたのか、また、他の区間と比べてどの程度の水準にあるのかななどを定量的に把握することができなかったことである。

3. 道路線形指標化の考え方と基本モデル

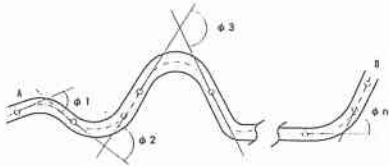
道路線形の指標化に当たり留意すべき点は、①整備前後が比較できること、②区間単位に評価できること、③他路線との比較ができること(単位延長・箇所当たりの評価とし、対象路線のルート比較や他区間との整備プライオリティ評価ができること)、④指標化に当たり、既往資料を活用できること(新たに現地測量等の調査を行わず評価ができること)である。

これらの留意点を勘案し、北海道峠部の冬季走行速度に及ぼす影響要因についての研究¹⁾から、道路線形の要因として有効といえるイギリスの道路費用便益分析マニュアル(COBA)²⁾の①Bendiness(以下、BEND)と②Hilliness(以下、HILLS)、③Visibility(以下、VISI)を基本モデル

Case study on estimation of road geometrics.

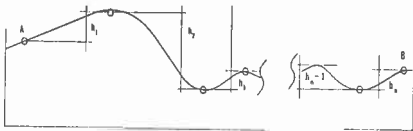
by Atsushi NOTOYA, Syouichi NARA, Koji URATA, Katsunori KABASAWA

とした。これら 3 つの基本モデルはそれぞれ、①折れ曲がり度合い（平面線形）、②高低の度合い（縦断線形）、③見通し距離（視距）を表す指標であり、その概念は下図のとおりである。



$$AB = \frac{\phi 1 + \phi 2 + \phi 3 + \dots + \phi n \text{ (degrees)}}{\text{Distance AB (Kms)}}$$

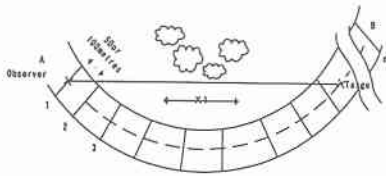
図-1 Bendiness (°/km)：折れ曲がり度合い



$$AB (H_1) = \frac{h_1 + h_3 + \dots + h_n \text{ (metres)}}{\text{Distance AB (kms)}} \quad AB (H_2) = \frac{h_2 + \dots + h_{n-1} \text{ (metres)}}{\text{Distance AB (kms)}}$$

$$H \text{ average hilliness} = H_1 + H_2$$

図-2 Hilliness (m/km)：高低の度合い



$$AB = n / \left(\frac{1}{X_1} + \frac{1}{X_2} + \dots + \frac{1}{X_n} \right) \text{ (metres)}$$

図-3 Visibility (m)：見通し距離

4. 基本モデルの課題と新たな道路線形指標

線形指標としてのこれら基本モデルの課題は、次のとおりである。

①BENDには曲線半径Rの大きさが反映されない。平面線形では、曲線角度φよりも曲線半径Rの方が走行性等への影響が大きいと考えられる。

例えば、1km区間に曲線角度90°のカーブが1箇所ある場合、曲線半径の大小に関わらずBEND=90と評価されてしまう。

②曲線部通過の際、ハンドル操作においては曲線長の確保が重要といえるが、BENDには反映

されない。

③BENDは分母を総延長としているが、この場合、対象区間が短いほど評価値が大きくなるため、対象区間の設定によって評価値の変動が大きくなる。このため、総曲線延長に対する指標化についても検討する必要がある。

④HILLSには平面線形の曲線角度に相当する勾配変化点での勾配差と縦断曲線半径の大きさが反映されない。

⑤HILLSには勾配の連続度合いが反映されない。一般に長い上り勾配は走行負担が大きく、長い下り勾配は速度超過を招きやすいため危険性が高い。勾配が大きいほどこの傾向が強く、逆に急勾配であっても短区間であれば交通流に与える影響は少ない。

⑥VISIは本来、地形・地物等、現地の詳細な情報なしには把握できない。

⑦平面・縦断線形の組み合わせが走行性等に与える影響は大きいことから、それらを複合した評価も必要である。

これらの課題を踏まえ、本研究では基本モデル（BEND、HILLS、VISI）に加え、道路線形を評価する上で特に重要と考えられる①、④、⑥、⑦を考慮して、表-2に示す7つの新たな道路線形指標を検討した。なお、⑥は道路線形そのものを評価する上では、道路幅員による評価が妥当と考えられるため、道路幅員内で評価することとした。また、⑦については基本モデルのBENDとHILLS、①を考慮したBRと④を考慮したHRのそれぞれの相乗平均をとることで、平面・縦断線形を総合的に評価する指標を検討した。

表-2 道路線形指標

| 特性 | 指標内容 | 計算式 |
|--------|---|-----------------------------------|
| 平面線形指標 | COBA指標 ・平面線形の屈曲度合いを示す。 | BEND=Σ曲線角度φ/延長L |
| | BENDに曲線半径の大きさを反映。 ・平面線形の厳しさ度合いを示す。 | BR=Σ(曲線角度φ/曲線半径R)/延長L |
| 縦断線形指標 | COBA指標 ・高低差の厳しさ度合いを示す。 | HILLS=Σ(勾配I×区間長K)/延長L |
| | HILLSに勾配変化点での勾配差Δiと縦断曲線半径VCRを反映する。 ・縦断線形の滑らかさ・凹凸の厳しさの度合いを示す。 | HR=Σ(勾配差Δi/縦断曲線半径VCR)/延長L |
| 視距指標 | COBA指標：見通し距離の平均値。 ・ただし、見通し距離を道路幅員内のみで評価。 | VISI=カーブ数n/Σ(1/カーブ視距D) |
| 合成線形指標 | 平面線形と縦断線形の総合的な評価により、道路環境の厳しさ度合いを示す。 | F11=√BEND²+HILLS² F12=√BR²+HR² |

5. 事例対象路線の概要とこれまでの評価

今回は、①路線の整備評価を行う路線として A 道路、②路線の整備プライオリティを検討する路線として A 道路と B 道路をそれぞれ対象に、道路線形の計量的評価を行うこととした。

1) A 道路の現況と整備計画内容

当該道路は、道央圏と道北圏を結ぶ重要な幹線道路の一部区間(延長4.1km)で、現況は2車線、通過交通量は2,797台/日(H6)である。対象区間は峠部を通過するため、小半径の曲線部が連続するとともに縦断勾配も厳しい状況にある。

改良計画は、峠部をトンネルにより短絡するものである。これにより、現況は最大8%と厳しい縦断線形であったが、整備後は最大4%に抑えられるなど縦断線形が大きく改良されるほか、平面線形も構造規格を十分に満足する大きな曲線半径に改良される。対象区間における現況と整備後の

線形概要は図-4、5、線形の詳細は図-6 に示すとおりである。

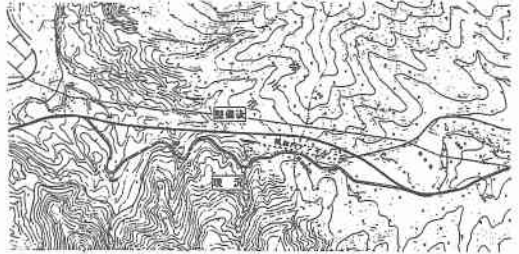


図-4 A 道路 平面概要図(整備前後)

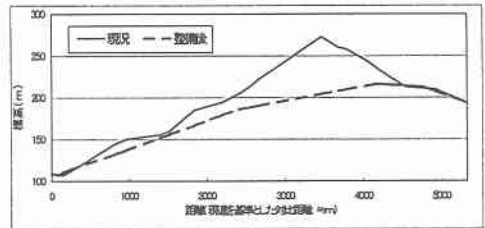
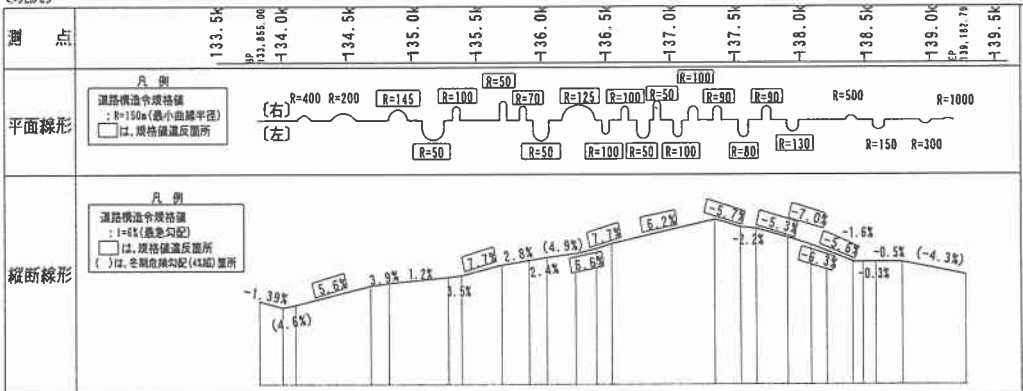


図-5 A 道路 縦断概要図(整備前後)

〔現況〕



〔整備後〕

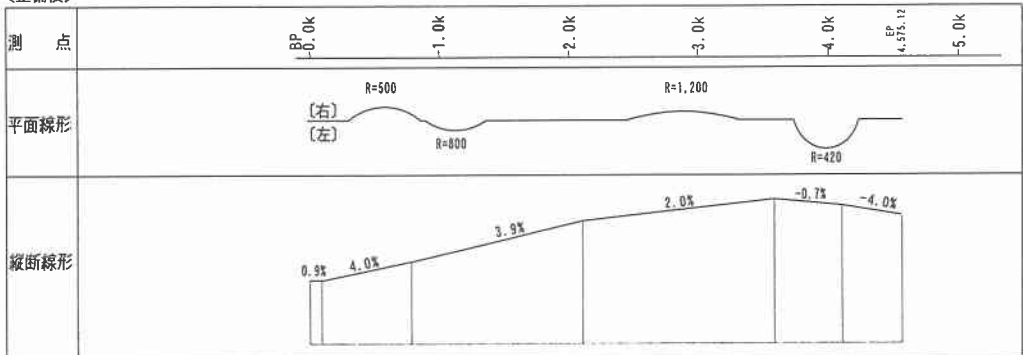


図-6 A 道路 線形図(整備前後)

2) B 道路の現況と整備計画内容

当該道路は、道央圏と道東圏を連絡する重要な幹線道路の一部区間（延長 3.1km）で、現況は 2 車線、通過交通量が 7,814 台/日（H6）である。対象区間は、蛇行する河川の渓谷沿いを通過するため、小半径の曲線部が連続し、交通事故の多発地帯となっている。

改良計画は、構造規格の違反箇所を改良するとともに、一部をトンネルにより短絡するものである。これにより、平面・縦断線形とともに構造規格を満足する線形に改良される。ただし、通過地形が全区間にわたり一定方向に傾斜しているため、大幅な縦断線形の改良は図られない。

対象区間における現況と整備後の線形概要は図-7、8、線形の詳細は図-9 に示すとおりである。



図-7 B 道路 平面概要図（整備前後）

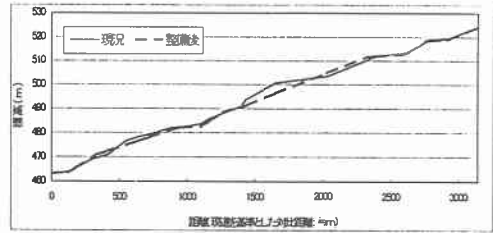
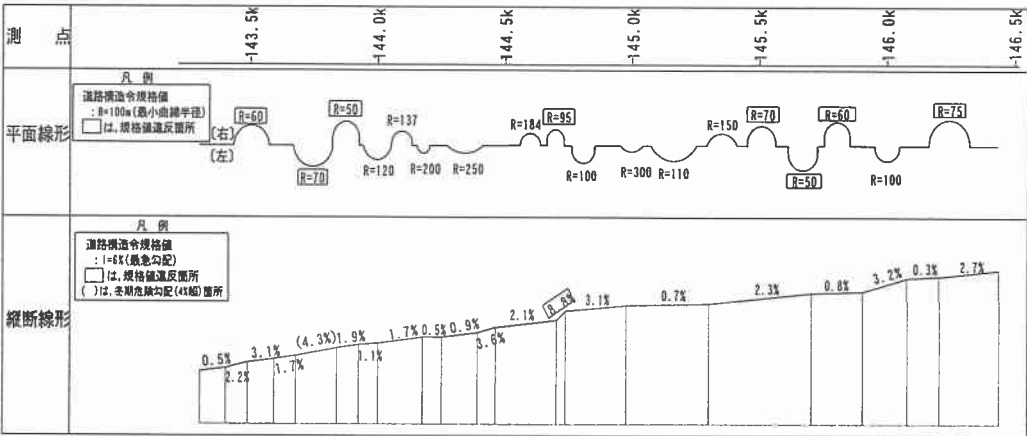


図-8 B 道路 縦断概要図（整備前後）

〔現況〕



〔整備後〕

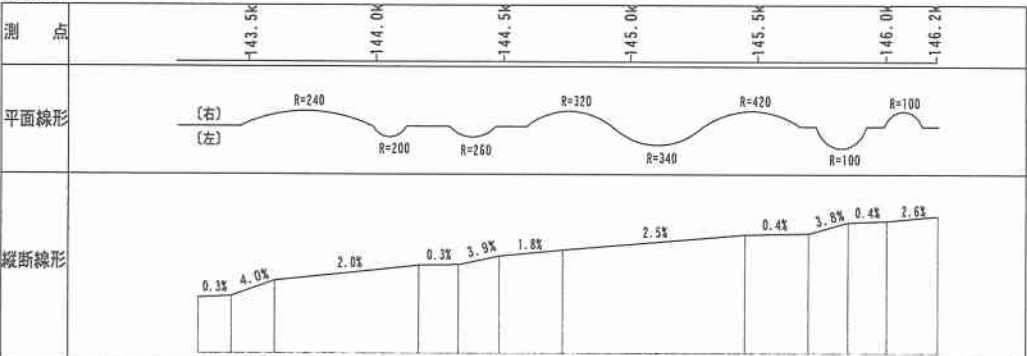


図-9 B 道路 線形図（整備前後）

対象 2 路線におけるこれまでの評価は、次のとおりである。

表-3 A 道路の現況と整備後の評価

| 評価項目 | 現況 | 整備後 | 備考 | |
|------|-----------|---------------|-----------------|-----------|
| 延長 | 5.3km | 4.6km | 0.7km 短絡：13% | |
| 横断 | 車線 | W=2.75m | W=3.25m | |
| | 路肩 | W=0.75m | W=1.50m | |
| 平面線形 | 曲線箇所 | 23 | 4 | |
| | 最小半径 | R=50m (5) | R=420m (1) | () 内は箇所数 |
| | 道路構造令違反箇所 | 17 | 0 | R=150m 未済 |
| 縦断線形 | 勾配変化点 | 22 | 5 | |
| | 最急勾配 | I=7.8% (320m) | I=4.0% (1,215m) | () 内は延長 |
| | 道路構造令違反箇所 | 17 | 0 | I=5%超 |
| 視距 | 視距確保困難箇所 | 15 | 0 | D=100m 未済 |

表-4 B 道路の現況と整備後の評価

| 評価項目 | 現況 | 整備後 | 備考 | |
|------|-----------|--------------|---------------|-----------|
| 延長 | 3.1km | 2.9km | 0.2km 短絡：8% | |
| 横断 | 車線 | W=3.00m | W=3.25m | |
| | 路肩 | W=1.25m | W=1.50m | |
| 平面線形 | 曲線箇所 | 17 | 4 | |
| | 最小半径 | R=50m (2) | R=100m (2) | () 内は箇所数 |
| | 道路構造令違反箇所 | 8 | 0 | R=100m 未済 |
| 縦断線形 | 勾配変化点 | 19 | 5 | |
| | 最急勾配 | I=8.8% (33m) | I=4.0% (180m) | () 内は延長 |
| | 道路構造令違反箇所 | 1 | 0 | I=6%超 |
| 視距 | 視距確保困難箇所 | 17 | 0 | D=70m 未済 |

このように、これまでの評価では線形改良によってどの程度改良されたのか、さらに、他の路線に比べてどの程度の水準にあるのかを客観的に評価することができなかった。

7. A 道路の道路線形整備の計量的評価

A 道路における現況と整備後の道路線形を表-2 の指標で計量化した結果は、表-5、図-10 のとおりである。これらから、次のとおり線形改良による整備の度合いが定量的に評価できる。

平面線形の折れ曲がり度合いを示す BEND は 219.25 から 37.00 (6 倍程度)、曲線形の厳しさを示す BR は 2.98 から 0.06 (50 倍程度) へと減少し、いかに平面線形の厳しさが改良されたかが評価できる。また、縦断線形では高低の度合いを示す HILLS は 46.33 から 29.04 (2 倍程度)、縦断的な曲線形の厳しさを示す HR は 5.10 から 0.70 (7 倍程度) へと減少し、縦断線形の厳しさが大きく改良されたことが評価できる。さらに、視距の厳しさを示す VISI についても 46.82 から 147.03 (3

倍程度) へ改良されたと評価できる。

なお、平面・縦断線形を総合的に評価する合成線形では、FI1 が 224.09 から 47.04 (5 倍程度)、FI2 が 5.91 から 0.70 (8 倍程度) へ改良されたと評価できる。

表-5 A 道路の整備における計量評価値

| 計量指標(案) | 現況 | 整備後 | |
|---------|-------|--------|--------|
| 平面線形 | BEND | 219.25 | 37.00 |
| | BR | 2.98 | 0.06 |
| 縦断線形 | HILLS | 46.33 | 29.04 |
| | HR | 5.10 | 0.70 |
| 視距 | VISI | 46.82 | 147.03 |
| 合成線形 | FI1 | 224.09 | 47.04 |
| | FI2 | 5.91 | 0.70 |

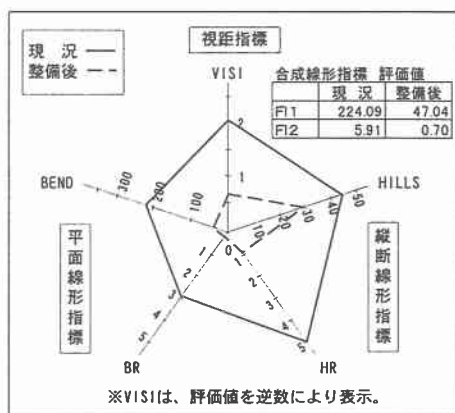


図-10 A 道路の整備における計量評価図

8. 計量指標による整備プライオリテイの検討 (現況の路線間比較)

この計量指標を用いることで、複数の異なる路線間において道路線形の整備プライオリテイ検討を客観的に行うことが可能となる。

前述の A、B 2 路線における現況線形の計量結果は表-6、図-11 のとおりであり、視距はほぼ同等の評価となるが、B 道路では平面線形、A 道路では縦断線形がそれぞれ厳しいといえる。

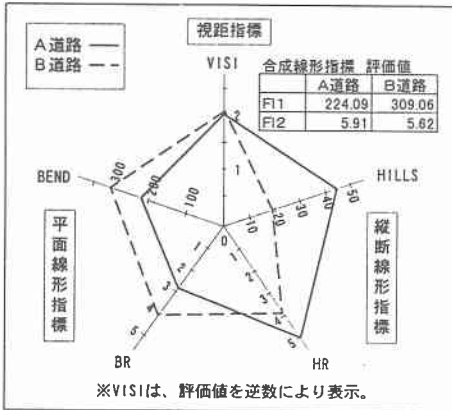
なお、合成線形により総合的な評価を行った場合、FI2 では A 道路 5.91 に対し B 道路 5.62 と大差はないが、線形の折れ曲がりや高低の度合いを示す FI1 では、A 道路 224.09 に対し B 道路 309.06 となることから、相対的な線形比較では B 道路の方が厳しいと判断できる。

以上から、A、B 2 路線を比較した場合には、B

道路の整備を優先すべきと客観的に評価できる。

表一六 比較対象2路線の計量評価値（現況）

| 計量指標(案) | | A道路 | B道路 |
|---------|-------|--------|--------|
| 平面線形 | BEND | 219.25 | 308.45 |
| | BR | 2.98 | 4.05 |
| 縦断線形 | HILLS | 46.33 | 19.46 |
| | HR | 5.10 | 3.90 |
| 視距 | VISI | 46.82 | 46.46 |
| | F11 | 224.09 | 309.06 |
| 合成線形 | F12 | 5.91 | 5.62 |



図一十一 比較対象2路線の計量評価図

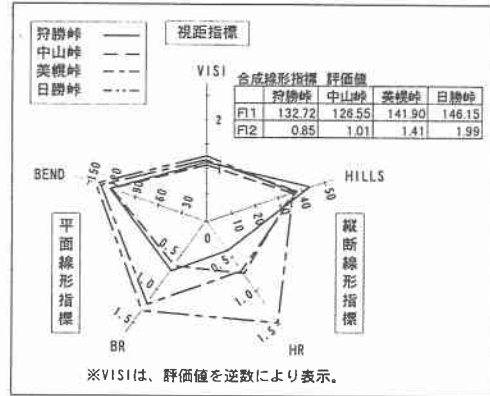
9. 北海道における著名峠部の線形計量評価

これらの計量指標により、北海道の著名4峠部の道路線形を評価すると表一七、図一十二のとおりとなる。この結果、平面線形が最も厳しい峠はBENDが141.45、BRが1.32となる日勝峠であると評価できる。一方、縦断線形では、高低の度合いが厳しい峠はHILLSが42.07の日勝峠といえるが、縦断線形の厳しさ（凹凸の厳しさ）を示すHRの評価値は日勝峠が1.49と最も厳しく、狩勝峠の約3.5倍である。また、視距については、平面線形が最も厳しい日勝峠が64.27と厳しいと評価できる。

合成線形により総合的な評価を行うと、F11が146.15、F12が1.99と、ともに評価値が高くなる日勝峠が、相対的な道路環境は最も厳しいと評価できる。なお、線形の折れ曲がりや高低の度合いを示すF11による評価では、日勝峠に次いで美幌峠（141.90）、狩勝峠（132.72）、中山峠（126.55）の順に道路環境が厳しいといえる。また、視距についても同様な評価順位となる。

表一七 北海道著名4峠部の計量評価値

| 国道名 | 峠名 | BEND | BR | HILLS | HR | VISI | F11 | F12 |
|-----|-----|--------|------|-------|------|-------|--------|------|
| 38 | 狩勝峠 | 125.88 | 0.75 | 42.07 | 0.40 | 87.17 | 132.72 | 0.85 |
| 230 | 中山峠 | 121.54 | 0.67 | 35.24 | 0.76 | 91.14 | 126.55 | 1.01 |
| 243 | 美幌峠 | 136.69 | 1.21 | 38.09 | 0.72 | 71.79 | 141.90 | 1.41 |
| 274 | 日勝峠 | 141.45 | 1.32 | 36.75 | 1.49 | 64.27 | 146.15 | 1.99 |



図一十二 北海道著名4峠部の計量評価図

10. おわりに

これから迎える道路の高質化の時代では、事業評価がより重要性を増していくものと思われる。

本研究は、道路利用者を含む多くの関係者が客観的に道路線形の厳しさを把握でき、道路整備に対する理解を得るためのツールとして検討してきたものである。この結果、ある一定水準の定量化ができたものと判断している。

本研究の最終目的は、整備効果の計測に道路線形評価を反映することにより、整備効果計測の信頼性（精度）を高めていくことにある。このためには、今後の評価指標の精査も含め、各指標と交通実態、燃料消費量や騒音、排気ガス、または利用者の疲労度（走行性・快適性）などとの相関を立証するための調査・研究を継続していくことが必要と考える。

参考文献

- 1) 梶谷有三、浦田康滋、田村亨、斎藤和夫：北海道峠部の冬季走行速度に及ぼす影響要因について（第18回交通工学研究発表会論文研究集、1998年11月、pp.125-128）
- 2) The COBA Manual: Economic assessment of roads schemes-Rural single carriageways,1996