

IV-26

路面の総合的評価方法に関する一考察

函館高専 正 員 川村 彰

1. はじめに

今日における道路と車の相互作用に起因する諸問題は、過去のものに比べてますます多様化し、複雑化している。筆者らが過去において行ってきた路面の凹凸と車の振動乗り心地問題〔1〕に関しても、時代に変化に立脚した問題解決方法が対象となったり、「安全性」、「舗装の維持管理」、「車の燃費」などとの関連性についても問われることが多くなってきている。

本研究は、これら道路交通に起因する諸問題を総合的に考察することの必要性を提唱すると共に、そのさいに有用なシステム手法について述べる。

2. 路面の総合的評価論

評価は、計画者が問題解決のための意志決定を行なう際に、問題を明確化する過程で行なわれる行為である。そのため、計画目標に応じた対象の現象分析結果に基づく評価基準（尺度）の作成を伴うのが一般的である。したがって、従来より、評価の対象と目的に応じて各方面各分野でスケールリングが行なわれ、その結果に基づき、評価方法が提案され実施されてきている。ここでは、路面の基本的特性によりこれまで形成されてきた評価体系を考察すると共に評価要因相互の関連性について紹介し、今日必要と思われるシステム手法に基づく総合的評価方法の一般的概念について述べる。

2. 1 路面の特性と分類

路面特性は、基本的には路面状況を決定し、舗装の維持や車両の消耗を防止するのみならず交通安全、乗り心地、環境保護やエネルギーの節約等を含めた評価のための決定要因に直接影響を与えるものである。また、路面が寿命となるまで状況調査を行なうならば、時の経過と共に特性の質的变化を生じていることが認識される。では、つぎにこのような性質を有する路面特性を体系的に把握する方法についてHiersche〔2〕により提案されている例により考察することにする。

路面特性を記述する方法は幾つか考えられるが、Hierscheは路面が本来有する「基本的特性」とそれから「派生する特性」とに区別している。基本的特性は、舗装された路面の本質に関係する性質であり、次の3点で示される。すなわち、

- ・ 平坦性
- ・ ラフネス及びテクスチャ
- ・ 輝度

またこれらに加えて、次の二つの性質が基本的特性として考慮されることもある。すなわち、

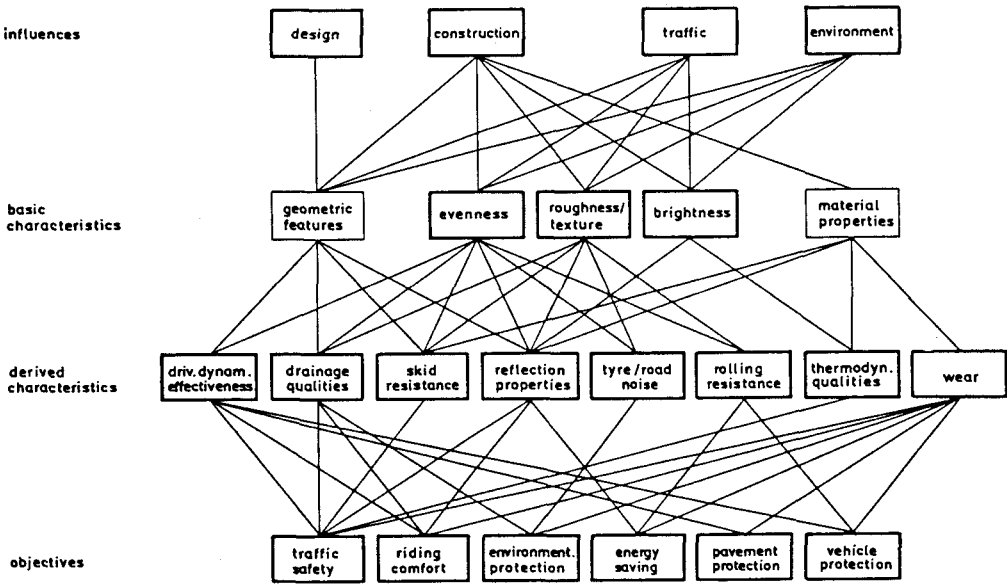
- ・ 幾何形状
- ・ 材料物性（舗装表面の構成材料に関して）

である。これらの二つの特性は、先の三つの特性と異質のものであるが、場合によっては、路面に関する最適化問題を考慮する際、基本的性質として加味する必要があるだろう。

路面に派生する特性は、「気象状況」、「日照状況（照明状況）」及び「車両状況（タイヤ、サスペンション、ライト、走行速度）」などの要素と関連して影響しあう舗装表面の特性を意味し、具体的には

- ・ 運転操作への動的影響
- ・ 排水性
- ・ 滑り抵抗
- ・ 光反射特性
- ・ タイヤ・路面間騒音
- ・ 転がり抵抗
- ・ 熱力学特性
- ・ 磨耗

などがあげられる。これらは、「運転操作への動的影響」を除き、主として道路の表面の特性に関連している。これらの特性分類より、特性間の相関関係に着目しながら路面の最適化対象及び道路設計、交通、環境などへの影響について整理したものを図－1に示す。



図－1 路面の最適化のための概念図

2. 2 路面評価のコンフリクト性

ここまで示したのは、評価要因の相関性に着目した一つの分類方法であり、他に舗装の破損状況や構造設計面などからの分類も考えられよう。現在行なわれている種々の評価方法の大部分は、これらの分類に基づいて「道路を管理する側」と「道路を利用する側」の立場から、単一の評価目的・基準に応じた指標に加工し、運用している。

しかし単一の目的及び評価基準に基づく評価は理解しやすく、適用が簡単ではあるが、評価側間でコミュニケーションが欠如することで、様々な矛盾やコンフリクト（衝突）を来たしているのも事実である。以下に、自動車技術者と道路技術者との間で生じている矛盾点の例を示す。

車が他に及ぼすデメリット：

路面の損傷（わだち掘れ） ← スパイクタイヤ、過大な軸荷重
安全性 ← 車の走行性能の多様性

道路が他に及ぼすデメリット：

騒音 ← 横断方向のグルーピング舗装
車の走行時不安定 ← 縦断方向のグルーピング舗装
乗り心地の悪化 ← マクロテクスチャによる舗装
車の耐用性 ← 路面の耐用性

質の高い道路の整備と運用のための路面評価には、単に舗装分野に留まらず、交通、自動車、環境等を含めた広い幾多の要因を考慮することが今後不可欠であり、多角的総合的面から調和のとれた方法を選択しなくてはならない。このようなことから今日では、総合的に路面特性全般を最適化することに主眼点がおかれるようになってきており、今後もその傾向が増すと思われる。したがって、このような見地に立って路面評価を行なうためには、各評価指標の相関性を考慮した総合的評価が要求されるであろう。

3. システム手法による路面の評価

3. 1 システム思考の必要性

路面と車の相互作用問題は、過去においては、現象分析主体であったが、現在はそれらの結果を基に総合的評価を行なう方向に主眼点がおかれるようになってきている。この総合的評価を行なうには、道路交通問題（交通安全対策など）の解決のための理念としてしばしば引用される「人－車－道路系」のような幾つかの関連系統なり、因子相互の関連を意識したいわゆるシステム思考が必要である。

路面が車の振動に及ぼす影響について、車の振動システムを想定し考察してみると、車の振動は、路面状態や走行状態の入力により、加速度や変位等の出力が得られ、乗り心地や走行安全性、走行荷重等の評価がなされる一つのシステムを構成していることが分かる〔3〕。

3. 2 システム方法論

前述の如く、最適な道路環境を構築するためには、分野を越えた路面に対する共通認識が必要である。このような点から、「要素が相互に関連している集合」を扱うシステム手法に立脚した路面の評価方法が考慮される。システム手法は、ハースとハドソン著による「舗装マネジメントシステム」〔4〕で謳っているように「新しいシステムを効果的に計画、設計、適用するために、さらには現在運用されているシステムの知識の再構築、または運用のモデル化のために、今日までの知識を集大成したもの」であることから対象とす

る問題解決に関係のある全ての因子をまとめて構造化する必要がある。

3. 3 路面評価のためのサブシステム

システムを構成し、互いに関連し合っている要素をシステム要素と呼ぶが、これらから構成されるサブシステムを基に、系を全体的・重点的に眺めながら各系の相互作用と影響度を考察し、システムズアナリシスを行なうことは、路面の最適化を図るための手法として極めて有効である。ここで用いられるシステムズアナリシスは、(1)問題の明確化、(2)調査、(3)分析、(4)解釈・評価の循環的プロセスで構成されるが、最終段階の評価にあたっては評価対象毎に重み付けがなされねばならない。路面特性から派生する問題に関しては、

- a. 交通安全、b. 乗り心地、c. 環境保護、d. エネルギー節約、e. 舗装の維持管理、
- f. 車の耐用性

等の問題毎にランク付けなり重み付けがなされ、最適化が計られることになる。

4. 総合的（システムの）考察による解析例

近年、各国では路面特性の総合的評価について関心が向けられるようになってきている。米国においては、路面の凹凸が道路の利用者費用や乗り心地に与える影響について精力的に研究が進められ、シンポジウムも数多く開かれるようになってきているが〔5〕、〔6〕、その中においても総合的評価問題が取り上げられ、車のオペレーティングコストと道路設計、路面状況との関係を扱ったり〔7〕、道路のデータバンクより提供される路面の情報システムと舗装のマネジメントシステムとを路面の測定手法と関連付けて処理したりするなど〔8〕、他にも路面の最適化に関する論文〔9〕が見受けられる。

英国においても、タイヤと路面間について安全性・騒音・転がり抵抗・乗り心地・排水性面から総合的な解析が行なわれてきている〔10〕。

我が国においても、路面のサービス性能、乗り心地、車の振動特性を総合的に考察しながら路面の凹凸の評価を行なう試みがなされている〔11〕。図-2は、車の乗員に及ぼされる上下振動加速度に基づいて計算された乗り心地評価値(Kz)〔12〕と路面のサービス性能評価指数(PSI)〔13〕と車速との関係を車の振動特性を考慮して解析している図である。

5. おわりに

本研究は、これまで筆者らが行ってきた路面と車の運動の解析結果を基に広範囲な領域から、路面の評価方法の在り方について問う試みの一端を述べたものである〔14〕。

路面特性評価に際して、将来の多様で複雑なニーズに答えるには、場合によっては、階層構造も含めたより高次のシステムで捉える必要もでてくるであろうし、研究プロジェクト毎のシステム系で考えることも有効と思われる。路面特性の総合的評価を行なう際の問題点及び今後の課題と展望について簡単に述べるならば、次のことが考えられる。

- 1) 問題を明確化する段階で、十分な配慮を怠ると問題の本質を見失うことがある。
- 2) 性質の異なる評価要因をどのようにして重み付けするか？
(例えば、「安全性」に関する問題と「環境保護」に関する問題)

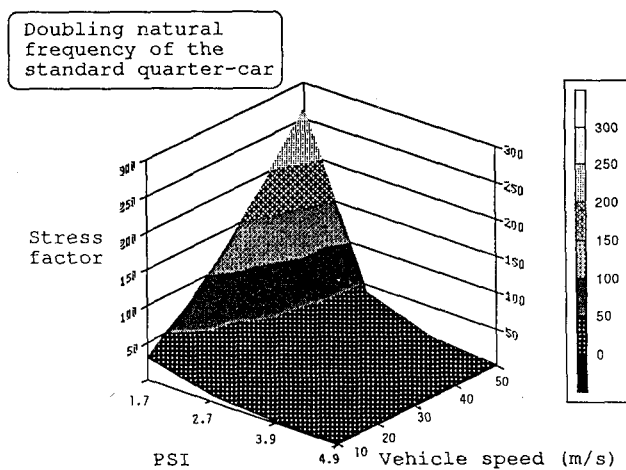
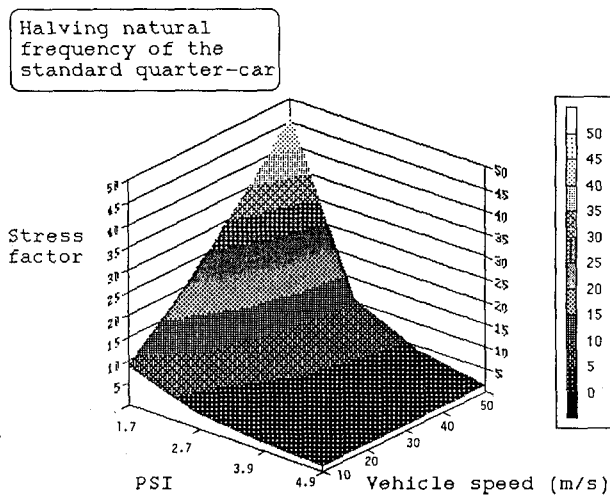
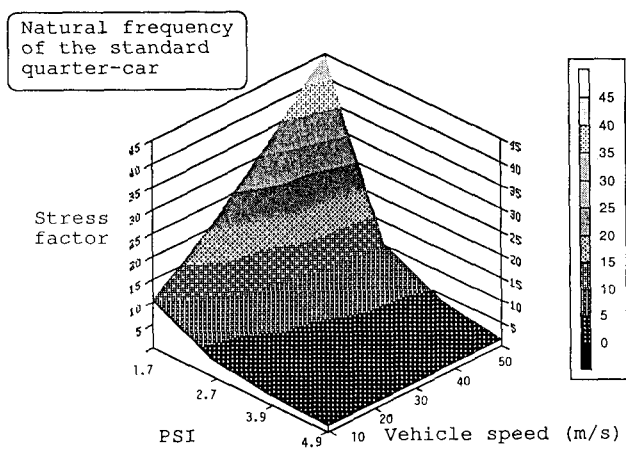


図-2 路面の総合的評価図（舗装に与えるダメージを考慮して）

- 3) システムズアナリシスを適用すると、極端な単純化を図るため、誤って問題を構造化すると不適当な解を招く恐れがある。(モデリングには、細心の注意を祓う必要がある。)

今後の課題としては、これらの問題を検討したうえで、従来の評価法の見直しをはかり、IRI (International Roughness Index) [15] のような車の運動や路面のサービス性との相関が容易に把握できる評価指標の利用及び開発、さらには評価に先立つところの路面の把握(測定)方法について新しい視点に立った試みが期待されよう。

[参考文献]

- [1] 川村 彰・加来照俊：路面の凹凸による車の振動乗心地評価に関する一考察、土木学会北海道支部論文報告集第42号、1986
- [2] Hiersche, E., Optimaization of Road-Surface Characteristics: A Concept for a Research Program in the Federal Republic of Germany, ASTM STP1031, 1990.
- [3] Mitschke, M., Dynamik der Kraftfahrzeuge, 2.Aufl Band B Schwingungen, Springer-Verlag, 1984.
- [4] 舗装マネジメントシステム、R.ハース/W.R.ハドソン著、北海道土木技術会舗装研究委員会訳、1989.
- [5] The Symposium on Roughness Methodology, ASTM Committee E-17 on Traveled Surface Characteristics, Bal Harbour, Florida, Dec. 1983.
- [6] The First International Symposium on Surface Characteristics, State College, Pennsylvania, June 1988.
- [7] Zaniewski, J.P. and Butler, B.c., Vehicle Operating Cost Related to Operating Mode, Road Design, and Pavement Condition, ASTM STP 884, 1985.
- [8] Procháka, M., Kropáč, O. et al., Theoretical Principles, Methods, and Equipment for Pavement Condition Measurements Specific for Road Management Systems, ASTM STP 1031, 1990.
- [9] Descornet, G., A Criteria for Optimizing Road Surface Characteristics, TRB Record, 1990.
- [10] Williams, A.R., Tire-Road Interactions - Harmony or Conflict??, Tire Science and Technology, TSTCA, Vol 17, No.1, 1989.
- [11] Kawamura, A. and Gerlach, A., Effects of Road Roughness on Dynamic Loads and its Reaction on Road Structures, Proc. of Second International Symposium on Road Roughness Characteristics, Berlin, June, 1992.
- [12] Beutstellung der Entwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, VDI-Richtlinie 2057, 1983.
- [13] Highway Research Record: The AASHO Road Test, HRB Special Report 61-E, 1962.
- [14] 土木学会土構造物および基礎委員会：舗装機能の評価法、土木学会出版、1992.
- [15] Sayers, M. Gillespie, T.D., and Queiroz, C.: International experiment to establish correlations and standard calibration methods for road roughness measurements, World Bank Technical Paper No.45, The World Bank, 1986.