

SVMによる橋梁健全度総合評価による劣化進行の考察について

北海学園大学 正会員 ○杉本博之, 正会員 齋藤善之, 山口大学 フェロー会員 古川浩平

1. 研究目的 米国での橋梁の健全度を見ても、有料橋は良い状態を保っているが、そうでない橋梁の劣化はかなり進行している¹⁾。国内においても同じと思われるが、一般の地方公共団体においては、一定間隔（通常5年）の遠望目視による点検が主流であり、それをもとに各部材ごとの劣化曲線を求め、中、長期のLCCを計算して予防保全の有利さを主張して予算獲得に努力しているのが現状であろう。接近が可能な橋台上の支承、あるいは小規模橋梁では、ある程度近接した点検が可能であるが、多径間橋梁の橋脚上の支承あるいは、長径間の橋梁では、遠望目視をせざるを得ない。その意味で橋梁の安全性は、必ずしも十分に担保されているとは言い難い。短径間橋梁においては、使用限界まで使用しその後は架け替えという施策が、LCCの観点からも得策であるが、長大かつ重要な橋梁においては、優れた専門家による近接目視および性能照査にかかわる試験などが今後必要と思われる。その時でも、該当するすべての橋梁を対象とするわけにはいかず、適当な論理による絞り込みは必要と思われる。

筆者らはそのための支援策として Support Vector Machine（以下 SVM）²⁾による橋梁健全度の総合評価を提案した³⁾。これは、現在行われている点検結果を用いて供用年数を閾値として2値分離し、境界面からの距離（ F 値）により、健全あるいは劣化の程度を評価する手法で、「純化」³⁾などの概念を導入して、橋梁の順位付けに用いた結果を説明している。

この時用いたデータは、ある地方公共団体の1巡目の点検データであるが、その時得られた識別関数は、その後の点検の結果にも用いるものであり、2巡目点検の結果を同じ関数で評価することにより、各橋梁あるいは橋梁全体の劣化進行の程度を検討することができる。本報告では、1巡目と同じ地方公共団体の2巡目点検の結果の一部の提供を受けたので、それを用いて劣化進行の検討を行った例を紹介するものである。

2. F 値について 本研究においては、橋梁の健全度の総合評価はSVM解析より得られる F 値で表される。 F 値は図-1のように、赤線で示した識別面からの距離（図では $f(x)$ ）を表し、その値がプラス側に大きければ構造としての劣化が相対的に進行しており、マイナス側にその絶対値が大きければより健全であることを表す。詳細は³⁾、ここでは省略する。

3. 1巡目点検と2巡目点検 ここでは、1巡目と2巡目点検の結果を、すでに得られている識別関数に代入し、両者の値による散布図にプロットして検討を試みる。その時の概念図を図-2に示した。

右図は、横軸に1巡目点検の F 値、縦軸に2巡目点検の F 値を取った散布図であり、それぞれ、右、上方向が F 値のプラス（劣化がより進んでいる）、左、下方向が F 値のマイナス（より健全な状態）としている。赤線が1巡目点検と2巡目点検の F 値が同じ場合で、1巡目点検の後に補修・補強、あるいは架け替えがされていれば、この線より下方に点がプロットされるはずである。この時、図のA橋の位置にプロットされる場合は、部材の劣化が進行していることを意味するし、上方への移動量が多ければそれだけ劣化の進行速度が速いことを意味する。逆にB橋の位置にプロットされる場合は、部材の劣化進行が抑

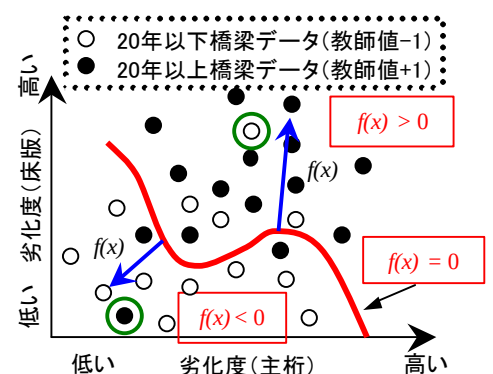


図-1 SVMによる橋梁評価の概念図

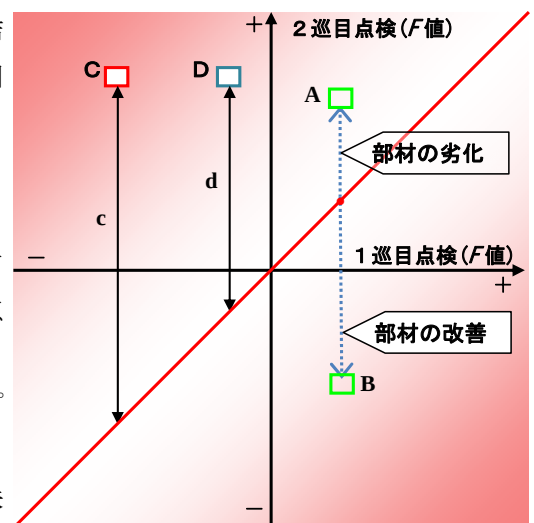


図-2 1, 2巡目点検結果の比較概念図

キーワード SVM, 橋梁健全度, 総合評価, 点検結果, 劣化速度

連絡先 〒064-0926 札幌市中央区南26条西11丁目1-1 TEL(011)841-1161

えられ、状態が改善していることを意味する。この改善量が多ければ、この橋梁は補修・補強、あるいは架け替えがなされたことを意味する。

これらのことは、各橋梁の点検結果を個々に分析すれば得られることであるが、橋梁群の結果をすべてプロットすることにより、図の C 橋と D 橋のように相対的な関係 ($c \geq d$) が得られ、同じ F 値でも C 橋の方が劣化進行の速度が速く、このような橋梁に対しては、注意して管理するか何らかの補修の必要性を示唆する点に特徴がある。

4. 1 巡目点検と 2 巡目点検の比較

ある地方公共団体から得られた点検結果をもとに上記の散布図を作成した結果が図-3 である。橋梁数は 1523 橋であり、1 巡目点検と 2 巡目点検の結果が両方ともそろっている橋梁である。2 本の矢印の交点が原点であり、y 軸より左が 1 巡目点検で、x 軸より下が 2 巡目点検でそれぞれ比較的健全と判断された橋梁群である。同様に、y 軸より右が 1 巡目点検で、x 軸より上が 2 巡目点検でそれぞれ比較的劣化が進行していると判断された橋梁群である。 F 値の絶対値が大きいほど、プラスであれば状態が悪く、マイナスであれば状態が良いことを意味する。これらの橋梁は、それぞれの F 値の順にソートすることにより、例えば補修順位を決定する時に参考とすることができ。ここでは、図-3 の中を少し詳しく考察する。

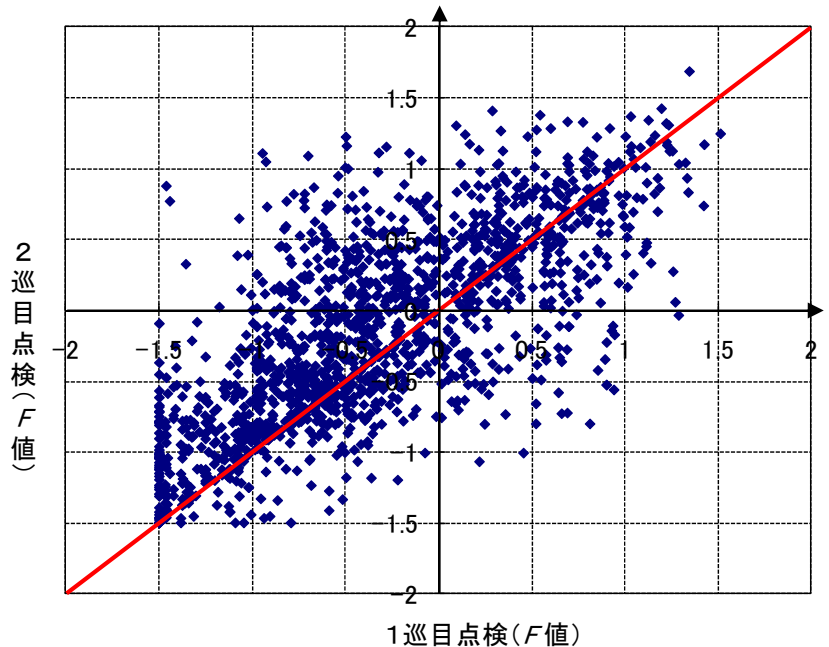


図-3 1 巡目点検と 2 巡目点検による F 値の散布図

前記のように、橋梁は、自から改善することはできないので、5 年間の期間を空ければ橋梁の状態は悪くなることはあっても良くなることはあり得ない。図では、図-2 で説明した B 橋のような橋梁がかなりあることに気がつく。赤線の右下に位置する橋梁は 472 橋ありこれは今回計算の対象とした橋梁総数の 31% である。これらは、大きく分けると、赤線の近傍にある橋梁と、大きく離れる橋梁に分類できる。大きく離れている橋梁は、そのほとんどがその後補修あるいは補強された橋梁である。近傍にある橋梁は、1 巡目と 2 巡目の点検における評価の若干の差で、大きな問題ではないと考えられる。これは、赤線の上側近傍にある橋梁も同様である。

赤線の上側には全橋梁の 65% がプロットされる。これらのうち、赤線から遠く離れていない橋梁は 5 年間の間に劣化が進行したということであり、ある意味で自然な現象と思われる。問題は、図-3 の上部にプロットされている橋梁であり、特に 1 巡目ではマイナスであった橋梁が 2 巡目の点検結果では大きくプラス側に移動している橋梁は注意が必要である。個々の橋梁の点検の内容は分析されているが、点検結果の精査を含めて早急に何らかの対応が必要と思われる。これらの橋梁は、 F 値だけ見れば他にも大きな値の橋梁はあるが、赤線からの距離という観点から抽出されるものであり、SVM 解析の結果を用いる一つの特長と考えられる。

5. まとめ 橋梁の 1 巡目点検の結果より得られた識別関数に 2 巡目点検の結果を代入し、散布図に書くことにより 5 年間の橋梁の劣化の進行などの考察を加えた。橋梁健全度の相対的な関係が一目で得られることが特徴の 1 つであるが、1 つの点は 1 つの橋梁に対応しており、それらの点検結果の比較も行い、劣化の状況などの考察もすでに行っている。それらの詳細は別の機会に発表する予定である。

参考文献 1) 北海道土木技術会鋼道路橋委員会：北米 BMS の現状，1999。 2) N. Cristianini & J. Shawe-Taylor (訳 大北剛)：サポートベクターマシン入門，共立出版，2005。 3) 杉本，一間，阿部，古川：SVM による社会基盤施設の健全度の総合的評価とそれによる順位付けに関する研究，土木学会論文報告集 A，Vol.65 No.3，pp.658-669，2009。 4) 杉本：維持管理と最適化，電力土木（総説），No.342，pp.3-8，2009。