

ユーザーコストに関する一考察

On user costs of bridges in Hokkaido

北海学園大学工学部土木工学科
 北海学園大学大学院
 北海学園大学大学院
 北海学園大学大学院
 北武コンサルタント(株)

正 員 杉本博之 (Hiroyuki Sugimoto)
 ○学生員 中野大志 (Hiroshi Nakano)
 学生員 後藤 晃 (Akira Gotou)
 学生員 高橋幸弘 (Yukihiro Takahashi)
 正 員 渡邊忠朋 (Tadatomo Watanabe)

1. まえがき

橋梁の維持管理における重要な問題の一つに、補修、補強、取り替え、架け替えなどの対策を「どの橋から、どの時期に」という優先順位決定がある。この決定のためには、種々のデータが必要とされるが、ユーザー（納税者）に対する説明性の点からできるだけ恣意的な要因の入った、あるいは入りうる項目、データの利用は避けるべきと考えられる。このために部材の劣化曲線を用いて、長期的に最適な維持管理戦略を立てる研究が主流¹⁾ ²⁾ のようである。この研究は、恣意的な要因が入らず合理的な優先順位の決定ができる点は優れているが、現状では、有効な劣化曲線の設定のためにはデータ不足は否めず、多くの研究はそれらの仮定の下で提案されている、また最適化に用いる遺伝的アルゴリズムがどの程度の規模の問題に対応できるか不明などの問題が指摘される。

筆者らは、ユーザーコスト（以下 UC と略する）に関する研究を進めてきた。当初は、多くの関連の文献³⁾ で“UC”とのみ表現され、具体的に定量化されていないのが動機の一つであった。UC のオーダーによっては、種々の段階の意志決定に大きな影響があると考えたからである。その後、北海道内の道道、国道の多数の橋梁の UC の計算の進行に従い、少なくない値が計算されるとともに、これらの値は橋梁の重要度を表す指標の一つとなりうるという結論に達した。さらに、UC による橋梁「重要度」と、橋梁の各部材、部位の「健全度」の2軸による維持管理計画の策定を提案するにいたった。しかし、この UC による橋梁重要度という概念はまだ広く受け入れられていないのも事実である。

このような背景の下で、本報告では、北海道の1行政単位（S 地域とする）の橋梁を対象とし、以下の3項目を検討した結果を報告するものである。

- ① 幹線化路線の橋梁と UC の関係
- ② 道路防災マップに示されている各橋梁の迂回路による UC との比較
- ③ 市街道路の交通量の仮定の影響

これらにより、本研究の UC の妥当性、あるいは含まれる誤差の可能性などについて考察を加える。

2. 計算結果^{4) 5)}

まず最初に、現在まで計算されている UC について説明する。

本研究では国道約 3000 橋、道道約 5000 橋を目標とし

表-1 全体の UC 計算結果

	平均値	最大値	合計	橋梁数
道道	718C ₀	38248C ₀	719928C ₀	1003
国道	4328C ₀	48119C ₀	415482C ₀	96
合計	1033C ₀	48119C ₀	1135410C ₀	1099

表-2 幹線化路線と一般路線の UC 比較

	幹線化路線	一般路線	全路線
路線数	27	64	91
橋梁数	191	203	394
一路線最大UC	20740C ₀ /day	2180C ₀ /day	20740C ₀ /day
一路線最小UC	24C ₀ /day	7C ₀ /day	7C ₀ /day
一路線あたり平均UC	1649C ₀ /day	258C ₀ /day	652C ₀ /day
一路線あたり平均橋梁数	7.1	3.2	4.3
延長距離	588km	705km	1293km

て計算して、現在、それらの内国道 96 橋、道道 1003 橋の UC の計算を終えている。1 日あたりの UC の計算結果を表-1 に示す。表-1 より国道の UC の平均値は 4328C₀/day、道道の UC の平均値は 718 C₀/day で、国道の平均値が道道の平均値に比べて約 6 倍多くなっていることがわかる。ここで C₀ は時間コストであり、本研究では 1800unit として計算した。

3. 幹線化路線の橋梁と UC の関係

S 地域の道道は、幹線化路線と一般路線に分けられる。表-2 に示すとおり、幹線化路線は 588km、一方一般路線は 705km の総延長がある。優先度の決定に際しては、幹線化路線の橋梁には重みをつけて優先度をつけるべきという議論もあるが、筆者らは UC のみで十分と考えている。幹線化路線にあっても、迂回路ネットワークが整備されていれば、優先度は上げる必要はないからである。また、UC の値と幹線化路線の橋梁の関係はそう矛盾がないとも予想される。

そこで、幹線化路線と一般路線の橋梁の UC を比較することを試みた。以下に結果を示す。

幹線化路線の計算結果を表-2 に示す。一般路線は幹線化路線以外を表すことにし、橋梁のない路線、計算不可橋梁の路線については除いている。

表-2 より幹線化路線の 1 路線あたりの UC は 24C₀/day～20,740C₀/day に分布し、平均 UC は 1,649 C₀/day であり、一般路線の 1 路線あたりの UC は 7C₀/day～2,180C₀/day に分布し、平均 UC は 258 C₀/day

であった。平均値で比べると、幹線化路線は一般路線の6倍であった。これは幹線化路線の交通量が多いこと、また幹線化路線に含まれる山間部の橋梁は迂回路ネットワークが整備されていない場合があり、そのためにUCの値が大きくなったと考えられる。

図-1は、S地域に含まれる91路線の平均UCの頻度分布（棒グラフ）と、各UCの範囲に含まれる路線中に占める幹線化路線の割合（折れ線グラフ）を示している。横軸がUCの範囲、左側縦軸に頻度、右側縦軸に幹線化路線の割合を示している。7割以上の路線の平均UCが500 Co/day以下となった。しかし、各平均UCの範囲に含まれる幹線化路線の割合を見ると、UCが1,000～5,000 Co/dayの範囲で60%が幹線化路線、5,000 Co/day以上の範囲で100%が幹線化路線であることがわかる。つまり、幹線化路線にはUCの高い橋梁が数多く存在しているといえる。

以上より、橋梁優先度の検討において、UCの他にさらに幹線化路線であるかどうかを加えることは同じ要因を2重に考慮することになり、不必要といえることができる。UCのみで重要度を評価して問題はないことになる。

4. 防災点検マップに示されている各橋梁の迂回路によるUCとの比較

本研究では電子地図⁶⁾を用いて対象橋梁の周辺に迂回路を設定した。迂回路の情報を各地方自治体に問い合わせる過程で、不合理な設定は排除されているが、なお、設定次第ではUCの値が大きく異なる可能性も指摘されている。

一方、北海道には道路防災マップがあり、自然災害時のために迂回路が定められている。これは、災害時等に交通不能箇所が発生した際、迂回路として機能する道路（国道・道道・市町村道・農道・林道）の現況を調査し、災害発生時や緊急時等に速やかに対応するために定められているものである。公に定められている数少ない迂回路の1種である。本研究では、S地域に道路防災マップで迂回路が定められている106橋について、迂回路の設定によるUCの差を検討した。

4.1 道路防災マップの迂回路選定の定義

道路防災マップで使われている迂回路は下記の定義の下に定められている。

- ① 迂回路は広域交通及び物流ルート代替として交通の導線を最優先として考えている。
- ② 迂回路は2車線以上を原則とするが、選定した迂回路の時間距離が相当長くなる場合は、1車線のルートまたは、現在未供用の路線が事業中、事業計画が明らかなルートも迂回路として選定する。
- ③ 同程度(道路規格・距離)の迂回路が2ルート以上考えられる場合には、迂回路として適しているルートを、歩道の有無、集落、人家の集中度、迂回路となった場合他の路線に与える影響などについて、総合的に勘案して選定する。

図-2は、1例を挙げて道路防災マップの迂回路と本研究の迂回路を比較するものである。☆印が対象橋梁、実線が本来の路線、迂回路1が道路防災マップに示され

ている迂回路、迂回路2が本研究の迂回路で迂回路1を含む。本研究が選定する迂回路は複数選択し迂回路ネットワークを形成させるのに対し、道路防災マップが選定する迂回路は1つである。迂回路は国道、道道、市町村道関係なく選定する。道路防災マップの迂回路選定の定義②に対し、本研究では現在使用できる道路のみ選定し、計画道路については迂回路として選定しなかった。1車線道路については迂回路として選定している。

4.2 迂回路選定の比較結果

S地域の106橋のUCの計算結果を表-3と図-4～6に示した。表-3には、それぞれの迂回路に対するUCの平均値、最大値等がまとめられている。

図-4と図-5は各UCの範囲に含まれる橋梁の頻度分布及び相対度数図で、図-4が本研究の迂回路、図-5が道路防災マップの迂回路に対する結果である。図-4と図-5を比べると、分布の範囲、傾向はほとんど同じといえることができる。

値の比較は、表-3及び図-6に示される。平均値、最大値とも道路防災マップの迂回路で計算したほうが、平均値で1.7倍、最大値で2倍くらいの差が出ている。図-6は、縦軸は本研究の迂回路を用いて計算をしたUCを対数変換し、横軸は道路防災マップの迂回路を用いて計算したUCを対数変換しプロットした図である。すべての橋梁が、1:1の直線の右側にきており、本研究の迂回路によるUCは、すべて道路防災マップの迂回路によるUCより少ないことになる。これは、本研究が選定した迂回路は複数のネットワークで設定されているのに対し、道路防災マップが選定した迂回路は1つであり本線の交通量がすべてその迂回路に流れたことで走行時間が長くなりUCが高くなったと考えられる。

UCの最大値が倍になった橋梁の周辺の迂回路の関係を示したのが、図-3である。図-2と同様に、☆印が対象橋梁、実線が本来の路線、迂回路1が道路防災マップに示されている迂回路、迂回路2が本研究の迂回路で迂回路1を含む。この場合、道路防災マップの迂回路に対するUCの値は21128 Co/dayであるのに対し本研究の迂回路に対するUCの値は10453 Co/dayであった。UCが高くなった原因は、本線は交通量が多い4車線道路であり、迂回路が2車線道路であったため、4車線で補っていた交通量が2車線に流れたため渋滞が起きたことが考えられる。また、迂回路2で示される路線の存在が、迂回路1のみよりはスムーズに交通を流す上で効果があったことが考えられる。2倍の差があっても、これらの事例で本研究の迂回路設定が不合理ということにはならないと思われる。一般的に道路防災マップの方が高いUCを出しているのは、迂回路が単純で、1路線のみであることが主な理由となっている。

また、図-6で薄い点で示しているのは、上で説明した例を含む、道路防災マップのUCと本研究が選定した迂回路のUCの差が1000 Co/day以上となった橋梁である。1000 Co/day以上となった橋梁をはずして平均値を計算すると、道路防災マップの迂回路に対して476 Co/day、本研究の迂回路に対して340 Co/dayとなり1.4倍程度までに差は小さくなった。

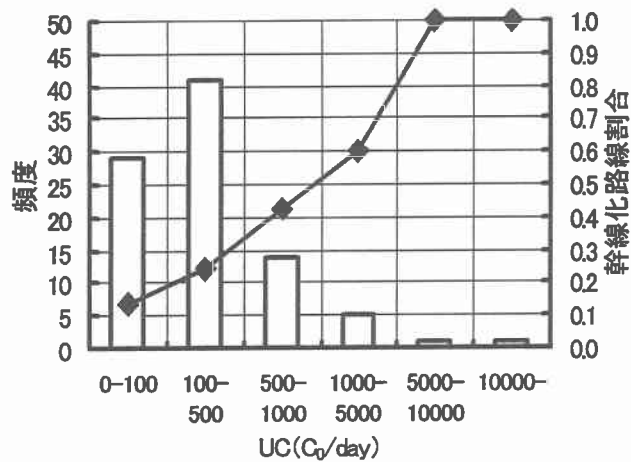


図-1 UC の頻度分布と幹線化路線割合

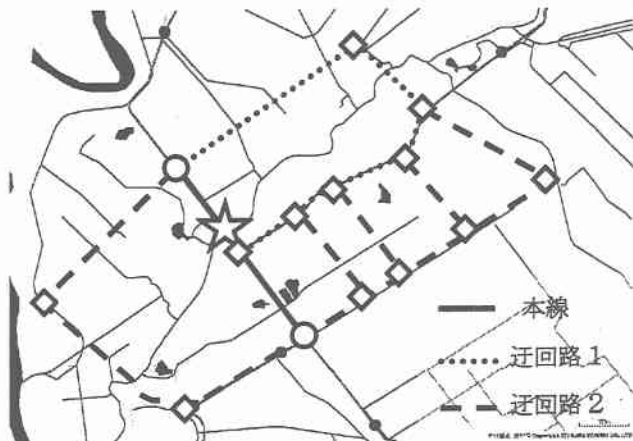


図-2 迂回路の選定の比較

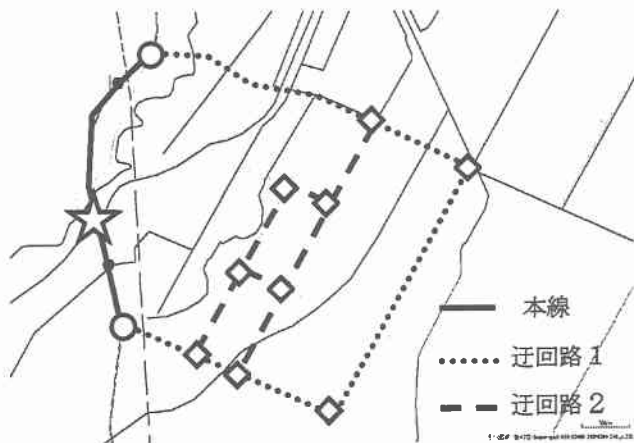


図-3 UC が最大となった橋梁と迂回路

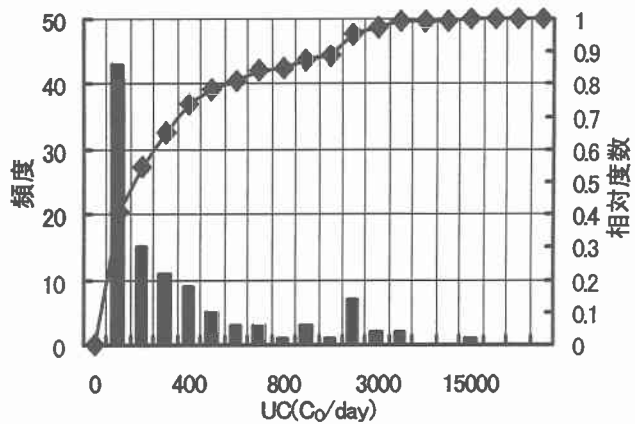


図-4 本研究 UC の頻度分布

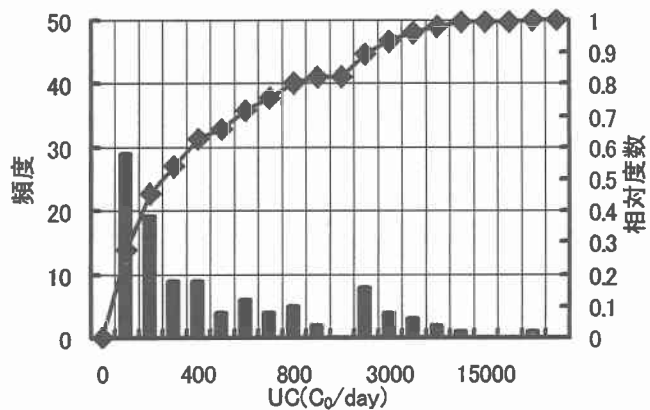


図-5 道路防災マップ UC の頻度分布

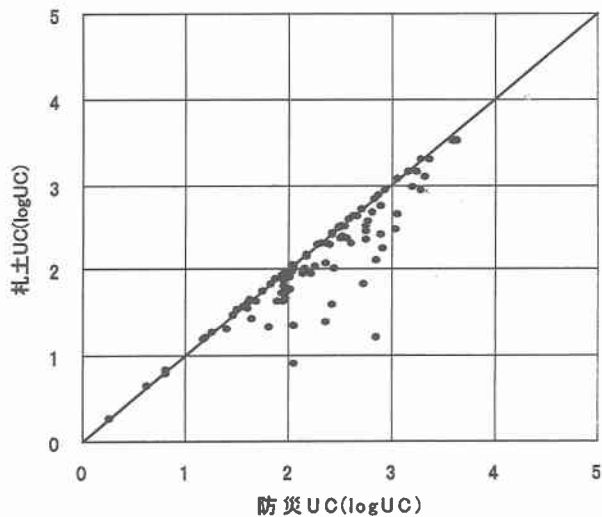


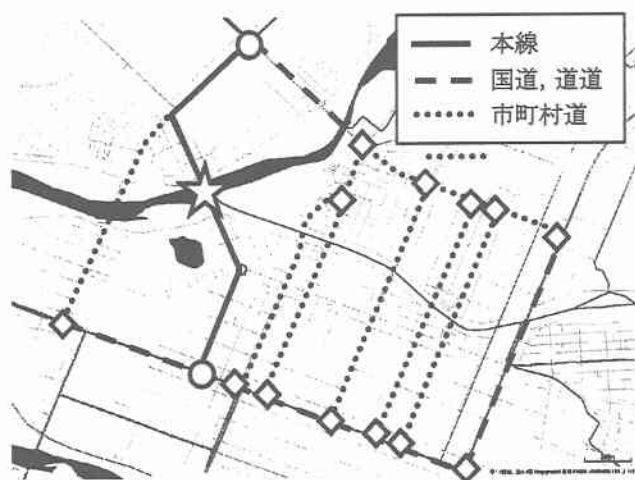
図-6 防災 UC と本研究 UC の比較

表-3 UC の計算結果

	平均値	最大値	最小値	合計
道路防災	849C ₀	21128C ₀	2C ₀	89955C ₀
本研究	495C ₀	10453C ₀	2C ₀	52449C ₀
合計	672C ₀	21128C ₀	2C ₀	142404C ₀

表-4 初期交通量を入れた場合の比較結果

	橋梁A	橋梁B	橋梁C	平均値
初期交通量なし	364C ₀	1531C ₀	2217C ₀	1371C ₀
初期交通量あり	569C ₀	2174C ₀	2533C ₀	1759C ₀



図一七 市街地橋梁の迂回路ネットワークの例

5. 市町村道に初期交通量を与えた場合の比較

本研究では、迂回路には国道、道道のみでなく、多くの市町村道が設定されている。このとき、迂回路に設定された路線の交通量が、UC の値に影響を与えることが予想される。迂回路に国道、道道が選ばれた場合は、交通量に関するデータ⁷⁾ が得られるので、それらを初期交通量として与えて計算している。一方、市町村道が選ばれた場合は、交通量の観測データがないのが一般であるので、初期交通量は0としてUCの値を求めている。地方部では交通量の少なから市町村道の初期交通量による影響はそれほどないと思われるが、市街化された地域では交通量が多いため大きな影響があると思われる。そこで市街化された地域で、市町村道に初期交通量を与えた場合と与えない場合についてUCの値を算出し、どれほどUCが変わるか比較をした。今回、A市中心部に架かる3橋について比較検証をした。

図一七に示すのはその一例である。図に示されるように本線の周りに迂回路ネットワークが形成されるが、市町村道の迂回路が多くあり、本研究ではこれらの市町村道には1台も交通量がない設定をして計算していた。しかし、上記のように市町村中心部などでは、市町村道にも本線と同じくらいの交通量が流れていると予想される。そこで市町村道にも迂回路で使用している国道、道道のピーク交通量の平均の交通量を与えて計算して検証した。

計算結果を表一四に示す。表一四より市町村道に初期交通量を与えたUCの値の方が高くなっている。平均値の絶対量で約400Co/day多くなり、相対的に約1.3倍程度高くなった。

また、橋梁により差はあるが、橋梁Aに関してはそれほどUCの値は高くならなかった。これは、ほとんどの迂回路で車線数が4車線あったためと考えられる。

6. あとがき

筆者らは、橋梁の重要度の指標としてUCを用いることを提案している。UCは基本的に恣意的な要因が少なく、得ることが可能な客観的なデータのみから求めることができる。橋梁周辺の迂回路ネットワークを評価する値という観点からも重要度の指標として有効ではないか

と考える。

その時、得られた値の信頼性について種々議論のあるところである。それらの内、本報告では、S地域の橋梁を対象として、前書きにも書いた下記3点について考察を加えた。

- ① 幹線化路線の橋梁とUCの関係
- ② 道路防災マップに示されている各橋梁の迂回路によるUCとの比較
- ③ 市街道路の交通量の仮定の影響

①については、幹線化路線の橋梁はUCの高い橋梁が多く、UCの高い橋梁はすべて幹線化道路に含まれていることがわかった。これにより、重要度の評価に、UCと幹線化路線にあるなしの評価を両方考えるのは2重に同質の評価を取り込むことになる。重要な幹線化路線にあっても迂回路ネットワークが整備されている場合とない場合があり、それらを取り込むためには、UCで十分ということになると考えられる。

本研究で、恣意的な要因が入るとすれば、迂回路ネットワークの設定の仕方である。そこで、道路防災マップとして行政側が設定している迂回路とUCの比較を試みた。106橋の平均値で1.7倍の差が出たが、迂回路の設定の仕方からある程度予想される差であり、また、平均値の差に大きく影響している7橋をはずし、残り99橋で比較すると差は1.4倍まで縮小した。よし悪しの基準は難しいところであるが、妥当な結果と評価している。

③では、市町村道の交通量のデータが得られないために、迂回路に初期交通量を与えないことの影響を検討した。市街地にある3橋の計算の結果では3割程度の差が出ることがわかった。市町村道といっても、中には大きな交通量を有する路線もあるわけで、今後の検討課題の一つと考える。

本研究は、文部省私立大学学術フロンティア拠点推進事業の援助を受けた。

参考文献

- 1) 築山・古田・堂垣：道路橋の維持管理計画支援システムへのウイルス型GAの適用，第7回システム最適化シンポジウム講演論文集，pp.7-12，2001.
- 2) 近田・中山・廣瀬：橋梁補修代替案作成へのGA適用に関する一考察，第7回システム最適化シンポジウム講演論文集，pp.13-18，2001.
- 3) B. S. Yanev：Infrastructure management systems applied to bridges, Operation and Maintenance of Large Infrastructure Projects, 1998.
- 4) 杉本・後藤・首藤・渡辺・田村：北海道の橋梁のユーザーコストとBMSに関する一試み，土木学会北海道支部論文集，第57号，pp.194-197，2001.
- 5) 杉本・首藤・後藤・渡辺・田村：北海道の橋梁のユーザーコストの定量化の試みとその利用について，土木学会論文集，No. 682/I-56，pp.347-357，2001.
- 6) Zenrin：電子地図帳ZIII，Zenrin，2000.
- 7) 北海道開発局：平成9年度版 北海道版 全国道路交通情勢調査（道路交通センサス）一般交通量調査箇所別基本表，1998.