

## 多種道路施設に対応する 普及型維持管理 戦略決定支援システムの構築

岐阜大学 高木朗義  
倉内文孝

1

### 研究背景

- 近年、我が国では社会資本アセットマネジメントの取り組みが急速に進められている。
- 対症療法型→予防保全型→LCC型と進化しており、現在LCC型マネジメントの要素技術の開発は一巡したといえる。
- 本来アセットマネジメントは資産価値の最大化を目的とする。
- 資産管理→資産運用への進化が必要。

(New Public Management) NPM型への進化を目指す

出典：(社)土木学会「アセットマネジメント導入への挑戦」技報堂出版(株)、2005

### LCC型マネジメントに関する問題意識(1)

●●橋  
千数百(台/日)  
根尾村

長良橋  
34,594(台/日)  
岐阜市  
緊急輸送路

これ…予算ギリギリなら  
優先順位考えるべきだろう…

3

### LCC型マネジメントに関する問題意識(2)

橋梁  
健全度 3  
交通量 20,000(台/日)

舗装  
健全度 2  
交通量 100(台/日)

予算ギリギリだし…  
費用と効果を考えれば  
どちらを治すべきだろう…

□ 各工種にそれぞれの維持管理計画を策定している

□ 予算制約下における資産価値最大化  
⇒ 道路ネットワークの機能を最大限維持

➢ 所与の予算制約下で修繕によって「ネットワーク機能の低下のおそれ」を最小限にするよう投資する。

➢ 構造物間の修繕優先順位は一元的に評価する必要がある。

➢ 道路施設の破損は不確実な事象。  
➢ 確定的な方法論では正しく評価できない。

6

### リスク評価に基づく総合的維持管理計画

リスク=構造物の破損確率(劣化に依存)  
×発生する社会的影響の大きさ(供用環境に依存)

社会的影響

特徴

1. 道路ネットワークの中で構造物の重要性を劣化状況だけでなく、道路利用者への影響も考慮して決定する
2. 多種道路施設をリスク評価し、一元的に優先順位を決めることで、維持管理投資の効率化が図られる。

リスク評価に基づいて修繕必要性を与える  
戦略的な道路維持管理方法

左右図出典：社会資本メンテナンスプラン行動方針 岐阜県 県土整備部 道路維持課、2014

5

### 背景

- リスク評価に基づく修繕計画立案方法は、県など、ある程度道路共用環境に関するデータが蓄積されている自治体を対象としていた。
- 道路の75%は市町村が管理している
- 我が国全体の維持管理事業効率化のためには市町村も対象とする必要がある。

6

### 目的

- リスク評価に基づく修繕計画の立案には**劣化性状データ**と**社会的影響を計測するための入力データ**が必要
- 市町村でも劣化性状データは蓄積されつつある
- 社会的影響を計測するための多様なデータ蓄積は期待できないのではないか。

データの蓄積状況を確認し、市町村でもリスク評価ができるような普及型モデルを構築

7

### 研究の流れ

H26年度

- ①維持管理データ蓄積に関する市町村のヒアリング調査
- ②リスク評価項目の見直し
- ③普及型維持管理戦略決定モデルの構築

H27年度

普及版維持管理戦略決定モデルのソフトウェアの開発

県内自治体での普及版モデル適用と検証

8

### リスク評価項目と入力データ(昨年度成果)

表1 リスク評価項目

道路施設	問題とする項目	リスク評価項目	社会的影響の定義	入力データ
舗装	ポットホール発生	①道路事故	①道路事故によって生じる損失	事故件数
		②救命救急アクセス時間	②救命救急患者を医療機関へ搬送する時間の増大による損失	人口
		③観光・産業活動	③観光・産業活動の輸送が遅れることによる損失	交通量
橋梁	各部位の損傷	④孤立集落	④孤立集落となることに対する不安感	世帯数
		⑤通行規制区間	⑤多降雨時の通行規制に伴う損失	交通量
		⑥情報提供	⑥苦情の通報で道路利用者に生じる時間的損失	なし
危険斜面	落石の発生	⑦事後対策工事	⑦事後対策工事が必要となった場合に発生する工事費用	打ち換え単価
		⑧事後対策工事による渋滞・迂回	⑧事後対策工事が必要となった場合に発生する渋滞・迂回損失	交通量 遅延時間

リスク算出に必要な入力データ

劣化性状:健全度, MCI, 落石履歴データ,  
道路環境:事故件数, 人口, 交通量, 世帯数, 遅延時間, 修繕費用

9

### 主成分分析を用いたリスク項目の見直し(昨年度成果)

主成分分析で各成分における寄与率とリスク項目の値で修繕優先順位への影響が小さいリスク項目を抽出

既往研究モデルと簡略化モデルで  
・リスク総額  
・優先順位  
を比較。

- ばらつきが小さい場合  
⇒ リスク項目決定
- ばらつきが大きい場合  
⇒ リスク項目再選定

表2 橋梁の主成分内訳と寄与率の結果

	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分
道路事故	0	0	0.009	-0.099
救急救命	-0.002	-0.01	0.983	0.182
観光産業	-0.001	-0.012	0.181	-0.978
情報提供	0	0	0	-0.002
事後対策工事	-0.998	0.055	-0.001	0
渋滞迂回	-0.055	-0.998	-0.012	0.01
標準偏差	2.57E+07	2.08E+06	6.20E+04	2.36E+04
寄与率	0.993455	0.006539	0.000006	0.000001
累積寄与率	0.993455	0.999993	0.999999	1.000000

リスク総額において支配的なリスク項目

全体の中で主成分が占める情報量の割合

10

(昨年度成果)

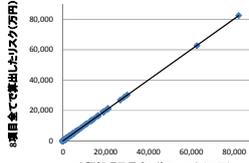


図2 リスク総額比較結果

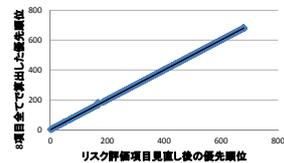


図3 優先順位比較結果

舗装, 危険斜面に同様の作業を行い, 交通量別に評価した結果と全体を評価した結果を下に示す。

表3 構造物ごとのリスク項目見直し後の結果

	舗装	橋梁	危険斜面
①道路事故	×	×	×
②救命救急アクセス	○	×	×
③観光産業	×	×	×
④孤立集落	×	×	○
⑤雨天時通行止め	×	×	○
⑥情報提供	×	×	×
⑦事後対策工事	○	○	○
⑧渋滞迂回	○	○	○

11

### 本年度実施した検証のイメージ

橋梁A	舗装B	舗装C	橋梁D
施工 197X年	施工 198Y年	施工 199Z年	施工 200W年
健全度 1	健全度 2	健全度 3	健全度 3
交通量 中	交通量 大	交通量 中	交通量 中

普及版モデル	普及版モデルのリスク評価を用いた方法
AHP	管理者に行うアンケート調査の結果より 明らかになる主観的重みを基に優先順位を決める方法
管理者判断による方法	管理者に特定の構造物群を提示し, 優先順位を決める方法

3種類の優先順位決定方法を,同一の構造物群に対して適用する。普及版モデルのリスク評価にはソフトウェアを開発, 使用した。

12

### 本年度実施した検証のイメージ

橋梁A 197X年 舗装B 198Y年 舗装C 199Z年 橋梁D 200W年  
 施工 健全度 1 交通量 中 施工 健全度 2 交通量 大 施工 健全度 3 交通量 中 施工 健全度 3 交通量 中

優先順位の決め方	橋梁A	舗装B	舗装C	橋梁D
普及版モデル	1位	2位	4位	3位
AHP	2位	1位	3位	4位
管理者判断による方法	1位	2位	3位	4位

各評価法の優先順位を比較し普及版モデルの妥当性を検証する。

### 比較パターン

橋梁名	井汲橋	神明橋	新狩宿橋	上瀬橋	坂本橋
損傷	小	中	中	小	中
市道	2				2
迂回	有	有	有	有	有
バス	×	×	×	×	×
緊急	×	×	×	×	×
交通	小	小	小	小	中
幅員	○	○	○	○	○
被害	×	×	×	×	×
橋長	17.7	21.7	17.5	21.3	6.45

評価項目は「市が維持管理戦略上考慮している項目」をもとに抽出している。

修繕優先順位の比較がしやすいような表のような比較パターンを6個作成

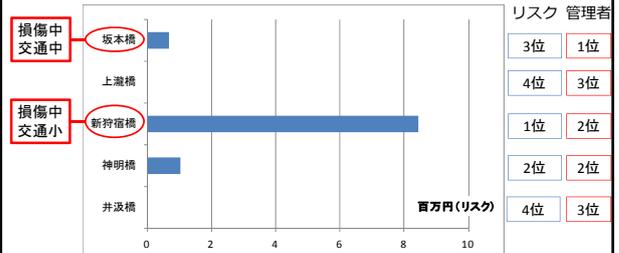
### 普及版モデルの検証

検証の結果、普及版モデルを用いた優先順位は、AHPを用いた方法と比較して、管理者判断による方法により近い結果を得ることができた。

橋梁名	井汲橋	神明橋	新狩宿橋	上瀬橋	坂本橋
損傷	小	中	中	小	中
市道	2				2
迂回	有	有	有	有	有
バス	×	×	×	×	×
緊急	×	×	×	×	×
交通	小	小	小	小	中
幅員	○	○	○	○	○
被害	×	×	×	×	×
橋長	17.7	21.7	17.5	21.3	6.45
普及版モデル	4位	2位	1位	4位	3位
AHP	1位	3位	3位	4位	2位
管理者判断	3位	2位	2位	3位	1位

職員が項目上の裏側を読み取られる場合、著しくリスクの差が存在していながら、優先順位が逆転することがあった。

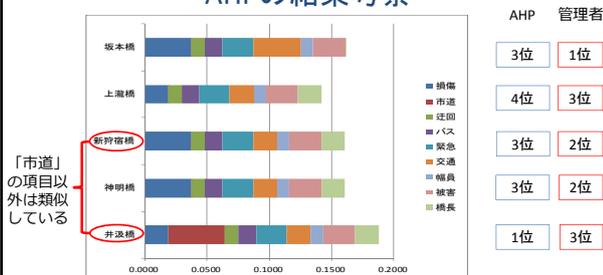
### 普及版モデルの結果考察



「坂本橋」は1種類の部材が損傷  
 「新狩宿橋」2種類の部材が損傷

損傷が大きくなるとも、リスクが大きくなることもある。損傷の内容までは、管理者判断では考慮できていない。

### AHPの結果考察



「市道」の項目以外は類似している

アンケートで重視していた項目が順位付けの決め手になることが多い。一方で、項目内容が類似している施設間ではあまり重要視していない項目が順位づけの決め手になることもある。

### 普及版モデルの課題

各優先順位の違いについて踏まえながら、モデルの妥当性、実用に向けて中津川市の維持管理担当者に意見を聴取した。

良いところ	改善案
・舗装に関しては管理者判断による方法と比べて大まかであり、普及版モデルは優位でありそう	・中津川市では緊急輸送道路をまず優先するため、普及版モデルでも考慮したほうがいいかもしれない
・橋梁に関しても管理者判断による方法と近い結果が出ている	・同じく第三者被害も考慮したほうがいいかもしれない
・優先順位を正しく決められることができれば、効率的に維持管理ができる。	・交通量さえしっかりできれば、より信頼できそう

検証や、意見聴取の結果普及版モデルの課題として、「緊急輸送道路」と「交通量の精度」が上げられる

### 普及版モデルの改善案

2段階に分けた修繕計画を提案する

#### 1段階目

- 「必ず健全に管理しなければならない対象」を抽出
- 抽出された構造物については、優先的に修繕

緊急輸送道路、市が重要視する構造物

#### 2段階目

1段階目に抽出されなかった構造物に対して、普及版モデルを適用

普及版モデルの交通量区分の精度でも十分な結果

「緊急輸送道路」を考慮し、現在の「交通量の精度」でも問題ない修繕計画を提案

### 本研究の成果と課題

#### <本研究の成果>

- 普及版モデルを中津川市の道路施設に適用し、普及版モデルの妥当性を検証した。
- 普及版モデルの実用化に向けた課題を明らかにした。
- 改善案として2段階に分けた修繕計画を提案した。

#### <本研究の課題>

- 中津川市の道路施設に対して普及版モデルを適用したのみで、他の自治体における普及版モデルの有用性は不明である。
- より多くの自治体に対して普及版モデルを適用し、同様の手順で検証する必要がある。

### リスク算出式の見直しと定式化

#### 発生確率

##### 劣化状況による破損の発生確率の指標

- 橋梁(損傷確率) 健全度1~5段階による評価
- 舗装(ポットホール発生確率) MCI 0~10段階による評価
- 危険斜面(落石発生確率) 落石履歴により危険度評価

※危険斜面は各自自治体で落石履歴データの蓄積がないために対象から除外する

#### 社会的影響度

##### 社会的影響度の入力データの設定

- リスク項目「救急救命アクセス」 救急に影響する人口
  - 各自自治体の地域別人口入力
- リスク項目「事後対策工事」 打ちかえ単価
  - 各自自治体で設定する
- リスク項目「渋滞迂回」 交通量と遅延時間
  - 管理者が路線ごとに交通量を大、中、小と区別可能のため、それに合わせた交通量遅延時間を設定

表4 区分ごとの遅延時間と交通量設定例

交通量区分	小	中	大
遅延時間	1	3	5
交通量(台)	1500	4000	10000

### 社会的影響度の入力データの設定

- リスク項目「救急救命アクセス」 4つの自治体は救急に影響する人口を把握しているために算出可能
- リスク項目「事後対策工事」 4つの自治体が設定している打ちかえ単価を入力することで算出可能
- リスク項目「渋滞迂回」 交通量と遅延時間を用いて渋滞迂回を算出する 4つの自治体は交通量を把握していない。
  - 管理者は、経験的に路線ごとに交通量を大、中、小と区別可能のため、それに合わせた交通量と遅延時間を設定した

表4 区分ごとの遅延時間と交通量設定

交通量区分	小	中	大
遅延時間	1	3	5
交通量(台)	1500	4000	10000

### 劣化指標に依存する発生確率の設定

ヒアリング調査の結果を用いて、劣化指標に依存する発生確率が算出可能を確認した

- 橋梁(損傷発生確率) 部位ごとに健全度1~5段階による評価を用いて発生確率を算出する 大垣市、美濃加茂市、飛騨市、岐阜県の劣化指標を用いており算出可能 中津川市：国総研の劣化指標を用いているため、岐阜県の劣化指標に読み替える

- 舗装(ポットホール発生確率) MCI 0~10段階による評価を用いて発生確率を算出する 4つの自治体：路面性状調査を実施済みのため算出可能

- 危険斜面(落石発生確率) 落石履歴により危険度評価による評価を用いて発生確率を算出する 4つの自治体：落石履歴データなしのため算出ができない 交通量が少なく、管理者もリスクに感じていない

危険斜面はリスク評価手法の対象から除外する

### 大垣市の橋梁修繕順位決定方法

道路利用者や住民への影響を考慮したうえで修繕順位をつける方法 下式により、合計点の高い橋梁から修繕を行う

$$\text{部材の重み係数を用いた健全度による評価点} \times \text{重要度に関する評価点}$$

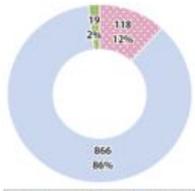
表6 部材の重み係数

表7 橋梁の重要度に関する評価点

項目	重み係数	項目	評価点
上部工	主桁	緊急輸送道路を跨ぐ跨道橋、跨線橋	100
	副部材	緊急輸送道路を跨ぐ跨道橋、跨線橋構成する橋梁	100
	床板	孤立集落に繋がる路線を構成する橋梁	100
下部工	躯体	市の主要幹線道路を構成する橋梁(幅員6.0m以上とする)	50
	基礎工	橋梁100m以上の長大橋	50
		災害時の避難所から半径100m以内に位置する橋梁	50
支承		DiD地区内に位置する橋梁	50
		市街化区域内に位置する橋梁	10
伸縮装置		バス路線を構成する橋梁	10
		凍結防止剤を散布している橋梁	10
橋面部材		幅員が狭く、災害時に不要である可能性が高い橋梁	-30
		代替橋梁が近くにある	-30



### 計画がまだまだの理由



・劣化予測まで立てている  
自治体は約2割にも満たない  
・ほとんどの地方公共団体が予算不足や人手不足を挙げるが、加えて約4割にのぼる地方公共団体が技術力の不足を懸念点として挙げている

資料) 国土交通省 地方公共団体に対するアンケート調査結果 (2013.11月) より作成

図 維持管理全体を取りまとめる部署等の存在  
出典 国土交通省,白書,2014

### 付録③ 語句説明

普及型……広く行き渡るもの  
プロトタイプ……

問題点を洗いだすために作られた試作品

### 説明変数

道路施設	リスク対象とする問題	社会的影響の分類	説明変数
舗装	穴ぼこの発生	①道路事故	①事故件数
		②救命救急アクセス時間	②人口
		③観光・産業活動	③交通量
橋梁	各部位の損傷	④孤立集落	④世帯数
		⑤通行規制区間	⑤交通量、遅延時間、迂回の距離
		⑥情報提供	⑥説明変数はない
危険斜面	落石の発生	⑦事後対策工事	⑦補修範囲
		⑧事後対策工事による渋滞・迂回	⑧迂回時間

### 回帰分析の結果

回帰統計								
重相関 R	0.111643							
重決定 R2	0.012464							
補正 R2	0.01214							
標準誤差	8484.221							
観測数	3050							
分散分析表								
	自由度	変動	分散	割された分母	有意 F			
回帰	1	2.77E+09	2.77E+09	38.47014	6.31E-10			
残差	3048	2.19E+11	71982008					
合計	3049	2.22E+11						
	係数	標準誤差	t	P-値	下限 95%	上限 95%	下限 95.0%	上限 95.0%
切片	5924.907	219.0518	27.04797	1.3E-144	5495.403	6354.411	5495.403	6354.411
X 値 1	-0.13038	0.02102	-6.20243	6.31E-10	-0.17159	-0.08916	-0.17159	-0.08916