

インフラ会計とアセットマネジメント - 道路橋梁を例として -

森本 浩之¹・美濃 智広²・鈴木 直人³

¹正会員 博士(工学) 株式会社 建設技術研究所 大阪本社（〒540-0008 大阪市中央区大手前1-2-15）

²正会員 株式会社 建設技術研究所 大阪本社（同上）

³正会員 修士(工学) 株式会社 建設技術研究所 大阪本社（同上）

インフラストラクチャ会計（以下、インフラ会計と略す）は、社会資本ストックの管理・運用の効率化を目的としたアセットマネジメントとともに、社会資本整備事業のアカウンタビリティ向上に必要な手法として注目されている。

本研究では、道路橋梁のアセットマネジメントとして、管理台帳・維持点検結果・補修費用・修繕シナリオに基づいた将来予測シミュレーションを行い、インフラ会計の構築に向けたアセットマネジメントとの連携について考察する。

Key Words: Infrastructure Accounting, Bridge, Asset Management

1. はじめに

アセットマネジメントとは、インフラストラクチャ（以下、インフラと略す）の維持管理に対する総合的な意思決定のためのフレームワークであり、「資産の損傷・劣化等を将来にわたって把握することにより、最も費用対効果の高い維持管理を行う」ことを目的としている。

一方、「インフラ会計における維持管理計画・舗装管理会計を例として - 」¹⁾においては、維持管理計画で予定される予算支出を会計に取り込むことにより、現時点での資産価格と今後必要となる修繕費用、そして資産が社会にもたらす将来的便益を明確にするインフラ会計の有用性が示されている。

本稿では、道路橋梁を例として、インフラ会計を実現するために必要となるアセットマネジメントのうち、修繕計画とシミュレーションについて報告する。

2. インフラ会計と道路橋梁管理会計

2-1. インフラ会計

道路橋梁の維持管理計画の立案においては、橋梁部材種別毎の機能レベルと修繕履歴のデータベース整備が必要である。このデータベースを利用することにより、橋梁部材毎の劣化状態の推定が行えることから、橋梁管理会計として維持管理費と減価償却

累計額（期首の機能レベルを建設直後の機能レベルに還元させる修繕費用）を計上することができる。

公会計では、現有資産を現状のまま公開市場で取得した場合に支払うべきである再調達価格で資産を資本化する。インフラ資産の資産化を公開市場で行うことは困難であることから、舗装管理会計における再調達価格をインフラ資産の資本としてインフラ会計で計上するものである。

表 1 資産評価手法²⁾

評価手法	概 要
再調達価格	所有する資産を評価時点で取得すると仮定した場合に支出すべき価格
将来効用価値	資産が社会全体にもたらしている将来効用をキャッシュフローとみなし、その現在価値を評価

2-2. 道路橋梁管理会計

道路橋梁の維持管理計画においては、ライフサイクルコスト評価を行い、そのコストを最小とすることが必要である。ライフサイクルコスト評価では、建設期間および供用期間を含めた内部コスト（調査・設計費、用地費、補償費、工事費、維持管理費、解体・廃棄費など）と外部コスト（環境資源、地下水、NOx、CO2、騒音、振動、水質、低周波空振動、日照障害、電波障害、コミュニティスパー

ス、副産物、景観、史跡・文化財、社会影響（事故・渋滞）、経済影響（時間）などを対象項目としている。

道路橋梁の維持管理計画においては、これらの対象項目に対して、騒音・日照障害等の外部コストについてもCVM³⁾等により可能な限りの数値化（貨幣化）を行い、最適な予算配分計画の立案を行う必要がある。

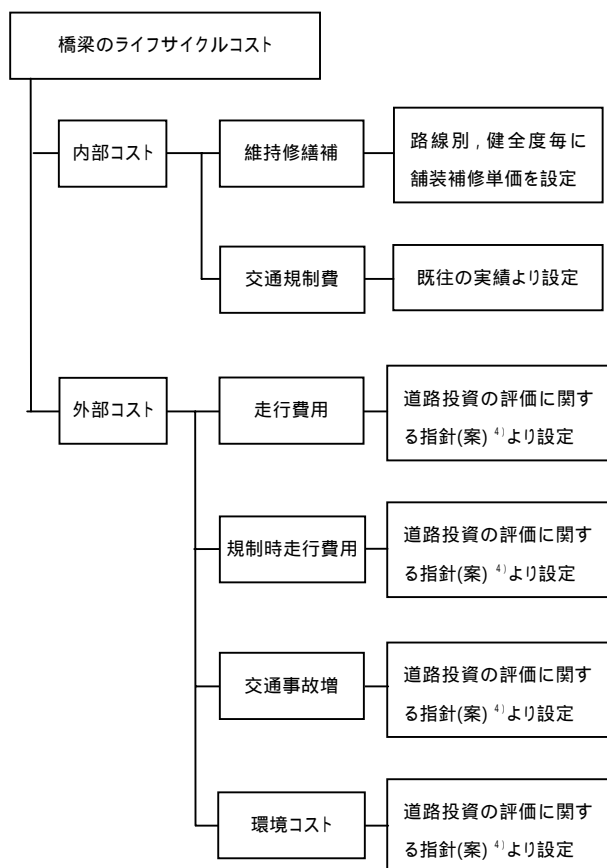


図 1 道路舗装に関するライフサイクルコストの構成例

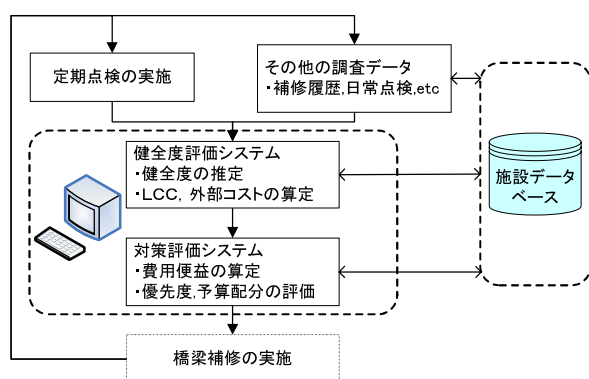


図 2 橋梁管理会計システム

3. 維持管理計画

3-1. 道路橋梁の維持点検手法

橋梁の点検は、安全な交通または沿道住民など第三者に支障を及ぼさないよう、交通の状況、道路構造物の状況等を満遍なく把握し、道路の異常、損傷等を早期に発見して道路を常時良好な状態に保つための日常点検と、構造物の状況を把握し今後の点検計画立案のための資料を得ることを目的に行う定期点検がある。

各管理機関ではそれぞれ橋梁点検要領を作成し、管理橋梁の点検を行い損傷状況の把握に努めているが、各種点検に対して明確に点検方法が整理されているとは言い難く、技術者の能力によって損傷度の評価にばらつきが見られることがある。

実施にあたっては、管理機関職員、点検員、保全業務等に従事する人員等で行われている。

下表に「橋梁点検要領（案）」⁵⁾における橋梁点検結果判定区分を示す。ここでは5段階評価により橋梁の損傷状態を評価している。各地方自治体においても同様の判定区分を採用している事例が多い。

表 2 橋梁点検要領(案)

判定区分 (BI) ¹⁾	一般的状況
OK (5)	点検の結果から、損傷は認められない。
(4)	損傷が認められ、その程度を記録する必要がある。
(3)	損傷が認められ、追跡調査を行う必要がある。
(2)	損傷が大きく、詳細調査を実施し補修するかどうかの検討を行う必要がある。
(1)	損傷が著しく、交通の安全確保の支障となる恐れがある。

1：橋梁点検における判定区分を、部材の健全度（Bridge Index：BI）として1～5段階評価した。

3-2. 維持管理水準

橋梁の維持管理水準としては、安全な交通を確保するという意味においては、表 4に示す判定区分以上が確保すべき状態であるといえることができる。しかし、近年ライフサイクルコストを最小化させる観点において、「事後保全（損傷が発生した段階で補修を行う）」から、「予防保全（劣化サイクルを把握し不具合が具現化する前に最小の対応策を実施）」へ、発想を転換させる必要性が検討されている。

ライフサイクルコストの観点において、橋梁の部材種別毎に適切な維持管理水準は判定区分 ～ が

選定されることとなる。

3-3. 修繕計画とシミュレーション

a) 修繕計画

ここでは，ある一定の地域における，今後50年間の修繕計画をシミュレーションした．想定した地域は，表 3に示す道路橋梁資産を有しているものとした．

対象橋梁種別・部位として，一般的に橋梁の維持修繕費用において占める割合が比較的高くなる，鋼橋の塗装および鋼橋のRC床版を選定した．

部材の健全度（Bridge Index：BI）は，表 2に示す「1～5」の5段階評価とした．補修時にはBIは「5」に回復し，その後低下率 a でBIが経年低下していくと仮定した．低下率 a は点検調査実績等から地域毎に設定することが考えられるが，今回は表 4に示す値を設定した．

表 3 推計対象資産

資 産	数 量
鋼橋数	450 橋
延長合計	140 km
塗装面積合計	1,418,000 m ²
RC 床版面積合計	297,000 m ²

$$BI_t = BI_{t-1} + a \cdot t \quad \dots\dots\dots(式1)$$

ここに， t ：補修後経過年

BI_t ：補修後 t 年後の健全度

BI_{t-1} ：前年時点の健全度

a ：健全度の年次低下率

表 4 健全度低下率

部材種別区分	a
鋼橋の塗装	-0.10
鋼橋の RC 床版	-0.06

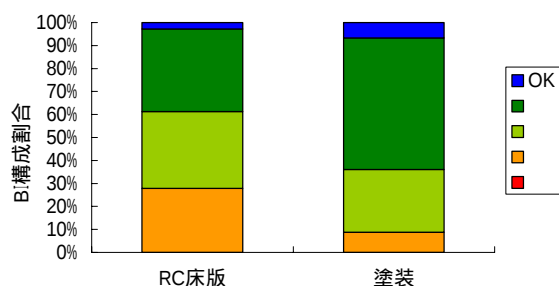


図 3 現状の健全度構成割合

b) 修繕費用

鋼部材塗装の劣化は，一般に上塗り塗装膜の劣化面積の増加と，鋼部材表面における発錆面積の増加によって表される．劣化進行度合いに応じて適用可能なケレン（劣化した旧塗膜等を剥離させる作業の総称）の種別が異なることとなり，ケレン種別に応じて塗装塗り替え単価が大きく異なる．ここでは，表 2に示すそれぞれのBI において，適用可能な塗装塗り替え工事内容を想定することにより，それらの工事内容に対応した補修単価を，表 5に示すように設定した．ここで塗装仕様としては，既往の研究事例より，LCCの低減を目的としてc-1塗装系を採用した．

また，床版補修工法としては，炭素繊維シート接着工法および鋼板接着工法が代表的な工法として挙げられる．鋼部材の塗装の場合と同じく，それぞれのBI において適用可能な補修単価を，表 6に示すとおりに設定した．

表 5 c-1 塗装系塗り替えシナリオと単価

健全度 BI	補修内容と単価	単位
4	4 種ケレン	8,000 円/m ²
3	3 種ケレン	10,500 円/m ²
2	2 種ケレン	12,500 円/m ²
1	供用停止	-

表 6 RC 床版補修シナリオと単価

健全度 BI	補修内容と単価	単位
4	対策無し	-
3	床版防水 + 炭素繊維接着	80,000 円/m ²
2	床版防水 + 鋼板接着	95,000 円/m ²
1	供用停止	-

c) 再調達価格の評価

本シミュレーションでは，表 3に示す橋梁資産について橋梁毎に今後50年間の期首BI（年度当初の状態）および期末BI（年度最後の状態）を(式1)より予測した．

ここで期首BI t が2を下回らない段階で，補修を行うものとした．

$$\text{期首BI } i: BI_{it} = BI_0 + at \quad \dots\dots\dots(式2)$$

$$\text{期末BI } i: BI_{(t+1)i} = BI_t + a \quad \dots\dots\dots(式3)$$

BIの予測結果より、橋梁 i について現在資産、減価償却累計額、修繕費用を推計し、減価償却費を算定した。

「橋梁 i について」

・現在資産 $Stock_{ti} = (C_{esti} - C_{ref(Blti)}) \times A_i$... (式4)

・減価償却累計額 $= C_{ref(Blti)} \times A_i$... (式5)

・修繕価格 $= C_{ref(Blti)} \times A_i$ (if $BI > 2$) ... (式6)

・減価償却費 $=$ 期首資産 $Stock_{ti}$ - 期末資産 $Stock_{(t+1)i}$... (式7)

全橋梁について推計した結果を、年度毎に合計することで年度毎総現在資産、総減価償却累計額、総修繕費用を算定することができる。

「全区間合計」

・総現在資産 $Stock_t = \sum_i Stock_{ti}$... (式8)

・総減価償却累計額 $C_{ref(Blt)} = \sum_i (C_{ref(Blti)} \times A_i)$... (式9)

・総修繕費用 $C_{ref(Blt)} = \sum_i (C_{ref(Blti)} \times A_i)$ (if $BI > 2$) ... (式10)

・総減価償却費 $=$ 期首総資産 $Stock_t$ - 期末総資産 $Stock_{t+1}$... (式11)

今後50年間の、橋梁資産、修繕費用および減価償却費のシミュレーション結果を図 4 に示す。維持管理を計画的に進めるにおいて、前述したような資産管理的手法を用いて推定した維持修繕費を、最適予算の配分や必要額の算定に活用することができる。

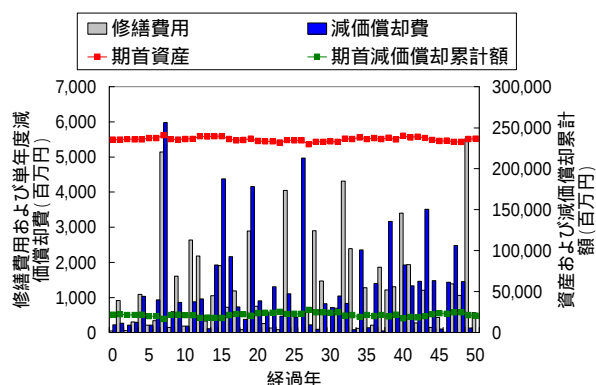


図 4 将来費用の予測シミュレーション結果

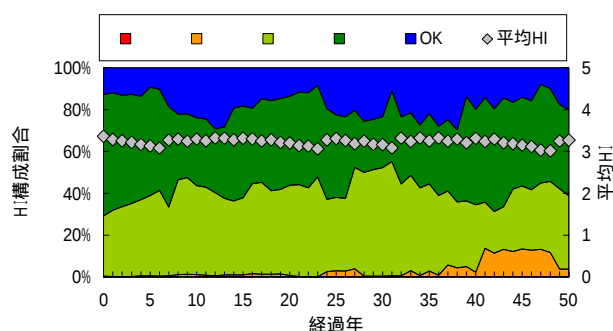


図 5 将来健全度の予測シミュレーション結果

d) 将来効用価値の評価

前述の補修シナリオを採用した維持管理を実施した場合には、最適なシナリオにもとづく維持修繕費が推計される。維持修繕費を最小とするためには、最適な時期に最適な予算を投入し、維持管理を実施することが望ましいが、通常は年度予算配分の制約を受ける。そして予算の制約により最適な補修時期に工事を実施することが出来なかった橋梁のLCCは増加することとなる。

ここでは、予算制約がある場合における資産評価額の増減を、DCF法 (Discounted Cash Flow法) で求められるNPV (正味現在価値: Net Present Value) を用いて評価した。評価期間は50年間とした。

$$NPV = V - (ICo + MC) \dots\dots\dots (式12)$$

ここに、V : 収益価格

ICo : 初年度再調達価格

MC : 維持修繕費用

$$V = \frac{a}{1+r} + \frac{a}{(1+r)^2} + \dots + \frac{a}{(1+r)^n} + \frac{Vn}{(1+r)^n} \dots\dots (式13)$$

ここに、V : 収益価格

a : 初年度純収益

r : 割引率(0.04)

n : 保有期間(50年)

Vn : 保有期間終了時の再調達価格

$$MC = \frac{c_0}{1+r} + \frac{c_1}{(1+r)^2} + \dots + \frac{c_n}{(1+r)^n} \dots\dots (式14)$$

ここに、MC : 維持修繕費用

c₀ : 初年度維持修繕費用

r : 割引率(0.04)

n : 保有期間(50年)

ここで、橋梁からの収益としては、社会的な便益を考慮した。橋梁が管理水準以下 ($BI < 2$) になり施

設が供用不能となると経済活動に多大な影響を及ぼすことになる．ここでは，社会的な便益として，通行車両の迂回による走行時間費用を収益価格として評価した．ここで，ネットワークを構成する道路を迂回した場合の迂回経路長は，7.0kmとした．また，迂回による隣接路線の渋滞は考慮していない．

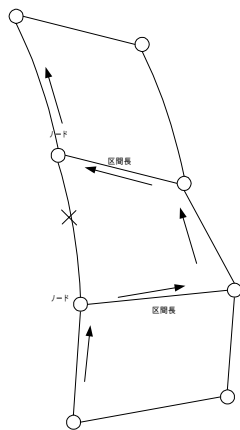


図 6 迂回経路の考え方

e) シミュレーション結果

年度の予算が 6 億円しか確保できない場合，20 年後以降 BI が 2 を下回る橋梁が発生する．その場合，供用停止となる橋梁が位置する路線は，供用を停止することとなり，交通の迂回による社会的コストが発生する．一方，年度の予算が 12 億円確保できる場合，今後 50 年間の橋梁の健全度はおおむね良好な状態に維持することが可能となり，橋梁の健全度を維持するためには 12 億円の年度予算が必要であることが解る．

表 7 に，(式 12)により予測した NPV および MC を示す．50 年間の維持修繕費用を比較した場合，年度予算 6 億円で推移した場合と比較し，年度予算 12 億円で推移した場合の維持修繕費用は約 100 億円多くなる．しかし NPV による比較においては，年度予算 6 億円で推移した場合と比較し，年度予算 12 億円で推移した場合には約 29 兆円多くなる．このことは，健全度を維持するために必要な維持修繕費用を橋梁に投資することで，橋梁の持つ効用価値を最大化することが可能となることを示している．

表 7 正味現在価値の算出(単位:億円)

	年度予算 12 億円	年度予算 6 億円
収益価格：V	1,245,376	957,070
初年度再調達価格：ICo	3,149	3,135
維持修繕費用：MC	235	135
正味現在価値：NPV	1,241,992	953,801

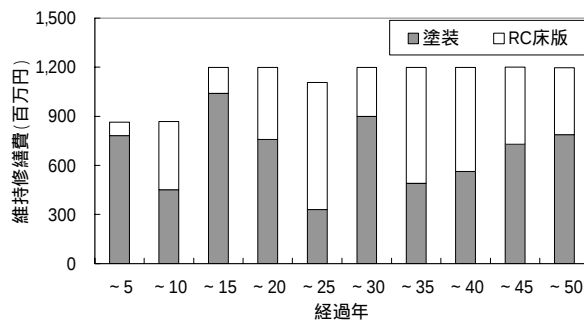


図 7 将来費用の予測シミュレーション結果
(予算 12億円 / 年)

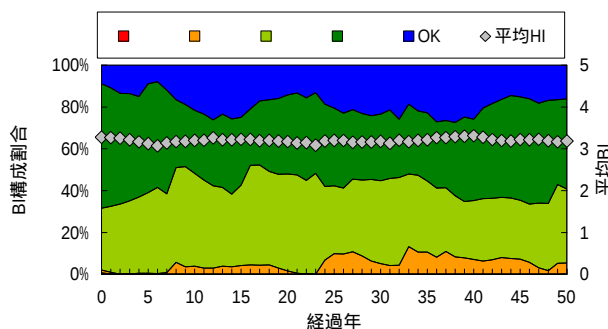


図 8 将来健全度の予測シミュレーション結果
(予算 12億円 / 年)

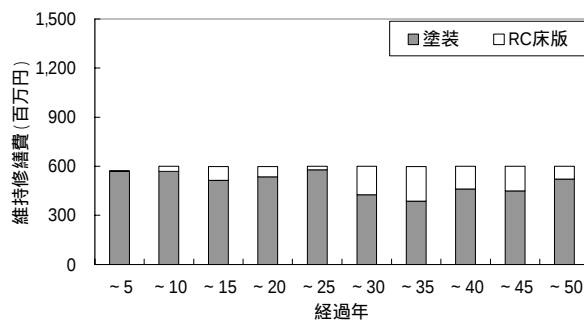


図 9 将来費用の予測シミュレーション結果
(予算 6億円 / 年)

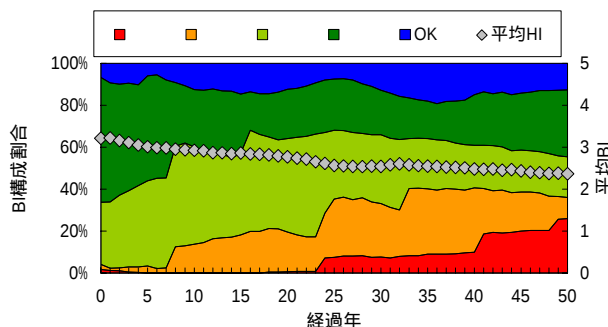


図 10 将来健全度の予測シミュレーション結果
(予算 6億円 / 年)

3-4. 維持管理計画のまとめ

維持管理を計画的に進めるにおいて、前述したような工学的な劣化予測手法を用いて橋梁の将来健全度(BI)の推移を予測し、劣化進行度合いに応じた適用可能な補修工法を設定することにより、予防保全的な維持管理を可能とし、ライフサイクルコストの縮減を図ることが可能となる。

また、将来の維持修繕予算の投資・配分効果を、社会的なコストを含めてNPVにより評価することにより、維持修繕予算の必要水準や最適予算配分の算定に活用することができる。

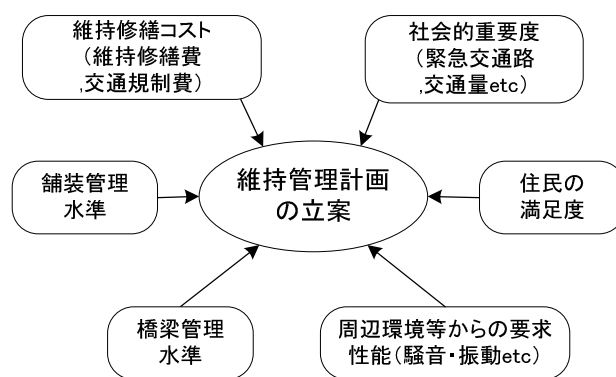


図 11 維持管理計画の立案

4. アセットマネジメントの課題

実際の維持管理を実施する場合には、優先順位（意志決定）が重要となる。公共施設は資産管理的な観点のみから整備するものではなく、社会的重要度（災害に対する影響度等）・周辺環境への影響（騒音振動等）・住民の満足度という基本的な性能を維持するという観点も必要である。図 11に示すように、維持管理の意志決定には多くの判断材料があるが、現在はこれらの指標を経験的に判断して、対策が実施されているのが現状である。本検討においては、橋梁維持管理における効用価値として、ネットワークの寸断による社会的な外部コストも含めたトータルコストにより維持管理の優先順位等を設定した。今後は、道路資産価値の最大化を図るための様々な手法（新規建設、既存資産の有効活用）の優先順位を評価できる、道路資産価値評価手法を構築していくことが必要である。

また、今後の維持管理計画を立案していくに際しては、資産管理的手法（アセットマネジメント）を中心として、事業の各段階において、支援・記録等をおこなう維持管理システム（プロセス）を確立する必要がある。すなわち、PDCAサイクルのPlan,Do,Check,Actionのそれぞれが事業の各段階において、どのような位置付けになるか整理した上で、それぞれの実施者、実施方法、実施時期等の運用方法のあり方について検討する必要がある。

5. おわりに

インフラ会計の大きな効用は、正しいインフラ資産情報に基づいて、インフラ資産がストックとして社会経済や国民経済に及ぼす影響を評価するための共有情報の提供である⁶⁾⁷⁾。すなわち、インフラの現在価値と将来の修繕費用を正確に把握することが重要なポイントとなることから、道路橋梁管理会計から道路舗装や道路トンネルも含めた道路管理会計へと展開することが必要であり、道路ネットワークを対象としたアセットマネジメントの構築が必要不可欠である。

【参考文献】

- 1) 森本 浩之,美濃 智広：インフラ会計における維持管理計画 - 舗装管理会計を例として - , サマースクール2003 TOKYO 「建設マネジメントを考える」, 2003.8
- 2) 益山高幸：社会資本の管理に会計的視点を取り込んだインフラ会計の構築, 第30回土木計画学研究発表会, 2004.11
- 3) 環境経済評価研究会：CVMによる環境質の経済評価 - 非市場財の価値計測 -, 山海堂, 2001.9
- 4) 道路投資の評価に関する指針検討委員会：道路投資の評価に関する指針（案）, 1988.6
- 5) 建設省土木研究所：橋梁点検要領（案）, 1988
- 6) 森本 浩之,中田 隆史,美濃 智広：インフラ会計におけるデータベースとGIS - 道路舗装と橋梁を例として -, サマースクール2004「建設マネジメントを考える」, 2004.8
- 7) 森本 浩之,中田 隆史：インフラ会計におけるLCDM - 河川管理台帳を例として -, サマースクール2005「建設マネジメントを考える」, 2005.8