

地下構造物のアセット・マネジメントに関する一考察

A study on relation of asset management of underground structures

串戸 均¹・金子 俊輔²・高橋 晃³・堀内 浩三郎⁴

Hitoshi KUSHIDO・Shunsuke KANEKO・Akira TAKAHASHI・Kousaburo HORIUCHI

In this study, we investigate the present asset management system of other sectors, infrastructure such as bridges and buildings, and tunnels. And the establishment of asset management of underground structures is expected recently. We investigate the usage of the word "asset" and synonym and working methods. We look upon advanced methods of the other infrastructure as important. And we give some problems to establish the asset management system of underground structures which can work effective in management. And we investigate priority evaluation of network of lifeline to refer to our study.

Key words : asset management, asset, life, maintenance plan, Ford-Fulkerson

1. はじめに

近年, 社会資本等に対して適用されている「アセット・マネジメント」は, そもそも不動産等の金融資産を対象にして, 「資産価値の維持・増加」を目的とした「資産の管理手法」として始まったものである。ところが, 最近土木分野に適用されつつある「アセット・マネジメント」は, その範囲, 手法, 考え方は必ずしも一致したものではなく, 同義でありながら内容が異なったり, 内容が同じでありながら異なる名称を使用しているものが見受けられる。本報告では, 金融, 不動産, 建築などの分野と土木分野におけるアセット・マネジメント適用事例を調査・分析し, 地下構造物にアセット・マネジメントを適用する際の課題の抽出と適用性を検討した。また, ネットワーク型社会資本において, マクロ的アセット・マネジメントの可能性を検討する上で重要となる補修・補強の優先度を評価する一つの手法を紹介する。

2. 「資産」とは何か

アセット・マネジメントは, 前述のように, 「資産価値の維持・増加」を目的とした「資産の管理手法」のことである。他に「ストックマネジメント」, 「ファシリティマネジメント」, 「プロパティマネジメント」などの呼び方があるが, その前提として asset の語源, 会計基準上の定義, 資産の耐用年数について整理した。

(1) 語源

「資産」を表す Asset の語源は, フランス語の assez から来ている。assez は, 英語でいう enough で, ①十分に, ②かなり, けっこう, ずいぶん, ③かなりの～, 充分な～, ～で充分 [assez de + 無冠詞名詞],

キーワード: アセット・マネジメント, 資産, 耐用年数, 維持管理計画, Ford-Fulkerson

¹ 正会員 首都高速道路株式会社 距離別料金本部事務局

² 正会員 東電設計株式会社 土木本部 都市土木部

³ 正会員 東京電力株式会社 東京支店

⁴ 正会員 株式会社ロード・エンジニアリング 常務取締役

④まあまあ、どちらかといえば、わりと、⑤《古》非常に、⑥もうたくさんだ！という意味がある。現在の意味に近い意味での使用は、負債と遺産を相殺するための法律用語として「十分な地所」に対し、「理論的に現金化されることができるもの」として1583年から使用されているのが確認されている。アセット・マネジメント(Asset Management)とは、「資産の管理手法」のことで、不動産等の金融資産を対象として始まったもので、近年、社会資本に対しても応用されている技術である。

(2) 会計基準における定義

「資産」とは、「特定の経済主体に帰属する有形・無形の経済価値(財貨、役)で、貨幣額で表示されるもの」とされ、企業会計、財務諸表において馴染み深いものである。企業会計上、資産であるための属性は、①企業の将来活動に役立つ、②企業に帰属している、③取得のために一定の対価を支払ったということである。

企業の財務状況を表現するための基礎となる会計基準における資産は、過去取得、所有している財等で何らかの便益を生み出すものであるとされ、国際会計基準、米国財務会計基準では、それに加え「将来の経済的便益」を加えている。これら会計基準の定義の相違を表-1においてまとめた。

国や地方公共団体のような公的部門の資産を民間部門の資産同様に取り扱い効率性、収益性を追求・重視するようになったのは、80年代「小さな政府」を標榜した米国や英国の政策がきっかけとなっている。その後、公共施設等の建設、維持管理、運営等を民間の資金、経営能力および技術的能力を活用して行うPFI(Private Finance Initiative)へと展開し、PFIが適用できない部分については、財務会計の考えを適用し、効率化・コスト削減を図ろうとしている。この潮流は世界的なものであり、日本においても「民間で出来ることは民間に」というスローガンで現されているように大きな影響を受けている。

(3) 耐用年数¹⁾

資産、アセット・マネジメントにおいて必要な物理的寿命とは別に、「減価償却資産の耐用年数等に関する省令」(昭和40年3月31日大蔵省令第15号)において耐用年数が設定されている。これは会計手続き、税務処理上、減価償却を行う際に必要なもので、耐用年数間の費用配分の基準となる。耐用年数に関する財務省令成立の経緯は次のとおりである。

- 1918年(大正7年) 大蔵省内規(固定資産減価償却歩合表)
- 1947年(昭和22年) 法令化
- 1951年(昭和26年) 大改正
- 1964年(昭和39年) 機械装置を中心に全面改正
- 1965年(昭和40年) 自動車道が追加

最初、1918年(大正7年)に大蔵省内規により定められ、その後、法令化され、以後、毎年のように改正されている。現在の耐用年数の基礎は、1951年(昭和26年)の大改正であり、耐用年数設定の基本的な考え方は「原則として通常考えられる維持補修を加える場合において、その固定資産の本来の用途により、現に通常予定される効果を挙げることができる年数、すなわち、通常の効用持続年数」とされている。具体的手法としては、モデルプラント(標準的生産設備)を選定し、これに修正を加えつつ、各設備についての耐用年数を積み上げ計算によって算定している。これには、経済的減価(新規製造手法の出現などにより現在の設備が旧式、陳腐化することにより相対的に生産費が割高となり、経済的に価値がなくなったような状

表-1 主な会計基準における「資産」の定義

作成	定義
国際会計審議会	資産とは、過去の事象の結果として当該企業が支配し、かつ、将来の経済的便益が当該企業に流入することが期待される資源をいう。
企業会計基準委員会(日本)	資産とは、過去の取引または事象の結果として、報告主体が支配している経済的資源をいう。 ※「支配」とは「所有権の有無に関わらず、報告主体が経済的資源を利用し、そこから生み出される便益を教授できる状態」、「経済的資源」とは「キャッシュの獲得に貢献する便益の源泉をいい、実物財に限らず、金融資産及びそれらとの同等物を含む」。
米国財務会計基準審議会	資産とは、過去の取引または事象の結果として、ある特定の实体により取得もしくは統制されている発生可能性の高い将来の経済的便益である。 ※全ての資産は、「サービスポテンシャル(サービスの潜在的可能性)」、「将来の経済的便益」、「サービスまたは経済的便益を提供する希少な能力」という特徴を有している。

態)は加味されない。土木分野でいうと、コンクリート高架 60 年、鋼高架 45 年、土工 70 年、半地下 60 年、トンネル 75 年(開削・沈埋・シールド・MMST)、アスファルト舗装 10 年となっている。実際、耐用年数と実際の構造物の寿命は異なる。地下構造物のアセット・マネジメント適用においては、その耐用年数をどう捉えるかが課題となる。海外でも社会資本に耐用年数を設定しているが、その年数は多種多様である。

3. アセット・マネジメント

土木分野、他分野において同様な内容で「アセット・マネジメント」、「ファシリティマネジメント」、「プロパティマネジメント」、「ストックマネジメント」という名称で実施されている。本報告では、様々な分野におけるマネジメント手法を網羅的に調査した。

(1) 「アセット・マネジメント」の現況

「アセット・マネジメント」という言葉を使った商標・特許の中で、最も古いものでも 1995 年となっており、比較的新しい言葉であるといえる。その全ての内容が金融分野の企業名、手法に関するものである。このことから判るように金融分野以外の分野、土木分野等においてアセット・マネジメントという言葉が使用され始めたのは最近 10 年のことである。

金融分野における「アセット・マネジメント」とは、次のことをいう。①投資家から拠出された資金の運用について、運用方針や運用対象の選定、資金配分、処分時期の見極めなどを、一任・助言という形で行うこと、②資産(asset)運用のプロが専門的な知識やノウハウに基づいて、運用戦略の立案、運用対象のリスク評価、選定、資金配分、市場動向の調査などを行ったうえで、対応した結果を投資家に報告すること、③不動産に投資したい投資家がいる場合、不動産の取得や管理運営・処分などを専門的な立場から助言したり、一任されて実行する業務のことをいう。

現在、金融分野のみならず、様々な分野でアセット・マネジメントが行われている。特に公的資産である社会資本では、バブル経済崩壊後の平成不況と呼ばれる長期不況を原因とする国、地方の税収減、債務増加、緊縮財政により、社会資本に対する予算が減少しているばかりではなく、既存の社会資本の維持管理・老朽化対策に必要な費用の増加もあいまって社会資本をいかにして長持ちさせるかという観点から、アセット・マネジメントが注目されるようになった。ただし、一概に「アセット・マネジメント」といっても適応する分野によって、その定義は異なる。内容はほぼ同じであっても、表-2 のように呼称自体が異なる場合もある。ア

表-2 様々な分野におけるアセット・マネジメント等の定義^{2), 3), 4), 5), 6), 7), 8)}

名称		不動産投資顧問業の現状と課題	道路構造物の今後の管理・更新等のあり方提言	東京都の道路アセットマネジメント
公表主体	日本不動産カウンセラー協会	三井不動産投資顧問株式会社	道路構造物の今後の管理・更新等のあり方に関する検討委員会	東京都建設局
定義	アセットマネジメントとは、広義には、資産を最適なポートフォリオ(分散投資の選択)によって運用することに関するコンサルティング業務全般を言います。その中で不動産に関するアセットマネジメントとは、不動産の選定・購入から対象となる不動産の資産価値を高め売却するまでを目的に、個人や企業等の投資家から委託され不動産経営等を行う業務を指し、『AM』と略され使用されます。	狭義のアセット・マネジメントとは、不動産の運営に関するものであり、いわゆるバランスシートの左側に関する業務。キャッシュフローを増大させて、不動産の価値を高めるために運営管理方針を策定し、予算を立て、プロパティマネジャーをはじめとする関係者を動かす。また、投資家やレンダーへの報告業務や最終的には資産売却の戦略を練ることもアセット・マネジャーの大きな仕事である。ファンド運営ではこれにファンド・マネジメント業務を加え狭義のアセット・マネジメントとファンド・マネジメントを合わせて広義のアセット・マネジメントとしている。	道路を資産としてとらえ、道路構造物の状態を客観的に把握・評価し、中長期的な資産の状態を予測するとともに、予算的制約の中でいつどのような対策をどこに行うのが最適であるかを考慮して、道路構造物を計画的かつ効率的に管理すること	各種の道路施設を資産と捉えて、最適な対策を行うことで、都民に最大の道路サービスを提供するマネジメント
対象	不動産	不動産	道路構造物(舗装、橋梁、トンネル)	道路
公表時期		2006年3月	2003年4月	2004年6月
備考		社会資本整備審議会産業分科会第5回不動産部会	青森県がこれに準じて基本計画を策定(2004年11月)	
名称	下水道におけるアセットマネジメント手法導入検討報告書	アセット・マネジメント導入への挑戦	官庁施設のストックマネジメント技術検討委員会報告書	農業水利施設の機能保全に関する基本的考え方～農業水利施設のストックマネジメントの導入に向けて～
公表主体	下水道事業団	土木学会建設マネジメント委員会アセット・マネジメント研究小委員会	官庁施設のストックマネジメント技術検討委員会	食料・農業・農村政策審議会農村振興分科会農業農村整備部会
定義	「下水道」を資産として捉え、下水道施設の状態を客観的に把握・評価し、中長期的な資産の状態を予測するとともに、予算制約を考慮して下水道施設を計画的、かつ、効率的に管理する手法	国民の共有財産である社会資本を、国民の利益向上のために、長期的視点に立って、効率的、効果的に管理・運営する体系化された実践活動。工学、経済学、経営学などの分野における知見を総合的に用いながら、継続して(おぼろげ)行うものである。	保全計画や保全情報を有機的に連携させて、保全を適正に行うシステムを、マネジメント技術として確立することにより、官庁営繕部による保全指図の充実を図るとともに、官庁施設の一層の有効活用を実現することを目的	定期的な機能診断によって性能低下の要因と状況を把握するとともに、これに対応した複数の対策を比較検討し、適時的確に対策を実施するプロセスをサイクルとして繰り返すとともに、併せて施設の機能診断や補修履歴等の情報を蓄積・利用することによって、施設の機能保全を効率的に実施する取り組み
対象	下水道	社会資本		農業水利施設(開水路、トンネル、パイプライン、頭首工、用排水機場、機械・電気設備)
公表時期	2006年5月	2005年11月	2001年1月	2007年3月

セット・マネジメントの内容を比較すると、全てのものが、対象を「資産」と捉え、いかに最適な状態を保つかということを目的としている。アセット・マネジメントの対象は、実施しやすいもの、舗装や橋梁に対するものは多く見受けられるが、トンネルなど外生要因が多くアセット・マネジメントが困難な地下構造物についての実施しているところは、一部の自治体を除きほとんどない。土木分野と他分野におけるアセット・マネジメントの相違点は表-3に示した。社会資本、土木分野と他分野の大きな相違点は、収入が無いために資産価値の評価が困難なこと、取引（売却）自体が困難であることである。対象とする資産が違っても、その資産価値を維持・増加させることは同じである。

(2) アセット・マネジメントシステム

アセット・マネジメントシステムは、図-1のように設計・施工、点検、健全度評価、劣化予測、管理、データベース、人材育成等の項目で構成されており、PDCA(Plan Do Check Action) サイクルを回すことで成立する。どの分野においても図-1のようなシステムをとっている。

4. ネットワークを形成するライフラインを対象とした補修・補強優先度評価法の一例⁹⁾

電力、ガス、上水道等のライフラインは、多数の管路構造物が連結したネットワークシステムとして、その機能を果たしている。これにより、供給経路を構成する構造物が何らかの災害によりその一部が損傷して機能が停止したとしても、他経路での供給が可能になり、大規模被害の発生を抑制することができる。しかしながら、構造物の機能損傷は、災害だけでなく経年劣化に伴う損傷によっても起こりうる。そのため、個々の構造物の保全計画を考える場合においても、劣化状態だけでなく劣化による機能の損傷がネットワーク全体に与える影響を考慮することが重要になる。このような背景のもとで、ネットワークを形成する構造物の計画保全に資するための補修・補強の優先度を、個々の構造物の劣化状態とネットワークに与える影響を考慮して、システムティックに決める一つの手法を紹介する。

(1) 優先度評価手法

ライフライン構造物の機能は、電力、ガス、上水等を供給することであるが、劣化により機能を果たせる確率は年々低下する。また、劣化の状態によっては、大規模な補修・補強工事の実施により長期間機能を果たせなくなることも考えられる。本検討では、管路構造物の劣化状態に基づき損傷発生確率（損傷して機能が停止する確率）を考慮し、様々な損傷状態でのネットワークによる電力、ガス、上水等の総供給量の期待値を補修・補強の優先度を決定する評価指標とした。ネットワークによる総供給量の期待値は、モンテカルロ法を用いると式(1a)で近似的に算定できる。

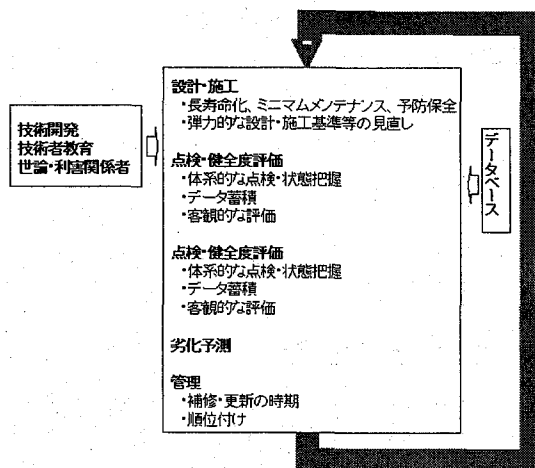


図-1 アセット・マネジメントシステム

表-3 土木分野と他分野におけるアセット・マネジメントの相違点

	土木	建築	不動産	金融
対象(資産)	・橋梁、舗装、トンネル、 附属施設	・ビルディング、設備、外 装	・賃貸物件、設備	・株式(国内・外国)、債券 (国内・外国)、預貯金等
目的	対象とする資産価値の維持・増加			
基準	・効率的な管理、コスト削減 ・損傷レベル ・ライフサイクルコスト ・総予算額	・効率的な管理、コスト削減 ・損傷レベル ・ライフサイクルコスト ・総予算額	・運用、収益の増加(投資) ・建築物、施設の損傷レ ベル ・地価、賃料 ・利回り ・規制(容積率、建坪率、 都市計画等)	・資産の運用・増加(投資) ・利回り、金利、商品価格 ・ポートフォリオ(投資対 象、商品構成)
取引(売却)	×	△	○	○

$$G(N) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N F_{\max}(S_j) \quad (1a)$$

ここに、 $G(N)$ はネットワークによる総供給量の期待値、 N はモンテカルロ法による試行回数、 S_j は j 番目の試行における連結パターン、 $F_{\max}(S_j)$ は連結パターン S_j での最大供給量である。

ネットワークの連結パターンは、 2^n 個（ n ：ネットワークを形成する管路構造物数）存在するが、大規模かつ複雑なネットワークにおいては、 2^n 個存在するすべての連結パターンを見つけ出すことは容易でないことから、各管路構造物の損傷発生確率に応じた連結パターンをモンテカルロ法によりランダムに発生させた。また、モンテカルロ法で発生させた個々の連結パターンでの最大供給量の算定には、Ford-Fulkerson アルゴリズムを用いた。同アルゴリズムを適用することで、迂回経路をも考慮した最大供給量がシステムティックに算定できる。ネットワークによる総供給量の期待値を算定する流れを図-2に示す。

(2) 損傷発生確率

損傷発生確率は、劣化状態と関連づけて評価できる。劣化状態の評価手法は、点検結果などの観測情報にもとづいて評価する方法が実用的と考えられる。例えば、劣化状態を定期点検データにもとづいて「大」、「中」、「小」、「軽微」、「異常なし」の5段階で評価できるものとする。そして、10年後の劣化状態の発生確率が、それぞれ「大」0.05、「中」0.1、「小」0.15、「軽微」0.30、「異常なし」0.40と推定されたとすると、損傷発生確率は図-3に示すような計算で設定が可能である（同図中の値はすべて仮定値である）。

なお、将来の劣化状態については、マルコフ過程等の確率過程を用いることで推定が可能である。

(3) 適用例

電力、ガス、上水等の総供給量の期待値を指標にした優先度の評価例を簡単なモデルで示す。想定したモデルを図-4に示す。

同モデルは、5本の管路からなるネットワークで、Node1が供給点、Node3とNode4が需要点となるモデルである。5本の管路で構成されるため連結パターンは $2^5=32$ 個存在する。ここで、現状の各管路の損傷発生確率が、1年後に表-4に示したように変化すると予測されたとする。すると、保全計画を策定する際、総供給量の期待値への感度が最も高い管路、すなわち最もネットワーク上で重要な管路は②であるが（別途計算で評価）、1年後の劣化状態は管路③の方が進展するため、現状において、どちらの補修補強を優先すべきかが問題になる。そこで、前述の手法により、管路②を補修して管路③を無補修にした場合の総供給量の期待値と、管路③を補修して管路②を無補修した場合の総供給量の期待値を計算すると（補修した管路の劣化状態は現状維持されるものと仮定）、前者は8.1、後者は8.4が得られることになる。したがって、後者の方が、電力、ガス、上水等の安定供給が期待できるため、管路③の補修・補強の優先度が高いと評価できる。

(4) まとめ

本章では、ネットワークを形成した構造物の計画保全に資するため、個々の構造物の劣化状態とネットワークに与える影響を考慮した補修・補強の優先度評価法を検討した。本評価法で得られる評価指標は、構造物の健全度評価結果と劣化状態予測結果に依存する。そのため、これらの評価手法の信頼性の向上が今後の課題であり、点検等による劣化データの蓄積とデータの適切な分析評価技術の構築に取り組む必要がある。また、大規模ネットワークにおいては、総供給量の期待値を式(1a)で計算すると効率的でない場合もあることから、より効率的な計算法を検討する必要がある。なお、最後に、本検討は、既往研究成果¹⁰⁾を参考に検討を行ったことを付け加える。

5. おわりに

地下構造物のアセット・マネジメント適用に関する課題としては、構造物自体が基本的に取り替え・建て替えを考慮していないものであると同時に、外的要因が多く不確実なものとなっていることが、他分野のアセット・マネジメントと大きく異なる。さらに、アセット・マネジメント手法の基本を成す耐用年数、法的、公的に認知されている税法上の耐用年数とはかけ離れたものとなっており、耐用年数の設定手法について他

分野のアセット・マネジメントとは異なる手法を取らざるを得ない。優先順位付けについては、ネットワーク型社会資本であるライフラインにおける優先順位付けが今後の検討の一助になると考える。

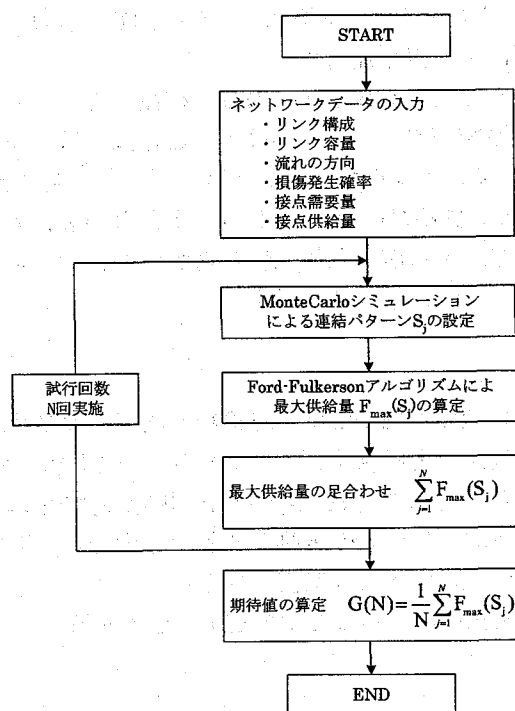


図-2 総供給量期待値算定の流れ

t=10年		機能	
異常なし 軽微 小 中 大	0.4	0.99	0.396
		機能停止 0.01	<u>0.004</u>
	0.3	0.95	0.285
		機能停止 0.05	<u>0.015</u>
	0.15	0.9	0.135
		機能停止 0.1	<u>0.015</u>
	0.1	0.8	0.08
		機能停止 0.2	<u>0.02</u>
	0.05	0.5	0.025
		機能停止 0.5	<u>0.025</u>
		↓	
		損傷発生確率：0.08	

図-3 損傷発生確率

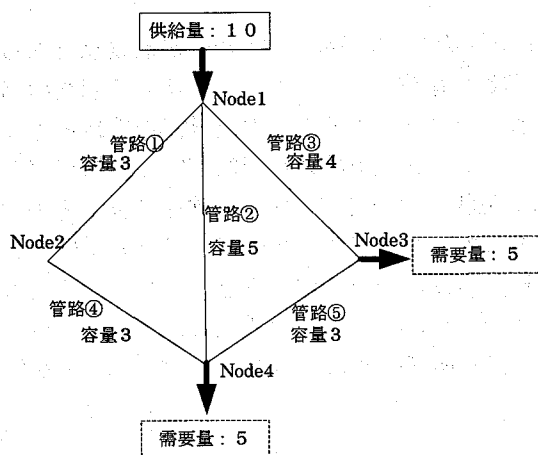


図-4 計算モデル

表-4 仮定した損傷発生確率

管路番号	①	②	③	④	⑤
損傷発生確率	0.2	0.1	0.1	0.3	0.2
1年後の損傷発生確率	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2

参考文献

- 1) 道路資産評価・会計基準検討会：税法上の耐用年数について，2006.7.
- 1) 三井不動産投資顧問株式会社：不動産投資顧問業の現状と課題について，社会資本整備審議会産業分科会不動産部会資料，2006.3.
- 2) 道路構造物の今後の管理・更新等のあり方に関する検討委員会：道路構造物の今後の管理・更新等のあり方 提言，国土交通省，2003.4.
- 3) 東京都：道路アセットマネジメント，ホームページ
- 4) 下水道事業団：下水道におけるアセットマネジメント手法導入検討報告書，2006.5.
- 5) 土木学会：アセットマネジメント導入への挑戦，技法堂，2005.11.
- 6) 官庁施設のストックマネジメント技術検討委員会：官庁施設のストックマネジメント技術検討委員会報告書，2001.1.
- 7) 食料・農業・農村政策審議会農村振興分科会農業農村整備部会：農業水利施設の機能保全に関する基本的考え方～農業水利施設のストックマネジメントの導入に向けて～，2007.3.
- 8) 高橋晃，竹内友章，金子俊輔，亀村勝美，星谷勝，山本欣弥：ネットワークを形成するライフラインを対象とした補修・補強の優先度評価について，土木学会第62回年次学術講演会，pp.423-424，2007.9.
- 10) 能島暢呂，山中敏裕：道路ネットワークの地震時機能信頼性解析に基づく施設改善の重要度評価，第10回日本地震工学シンポジウム論文集，1998.11.