

サービス水準を考慮したインフラ会計システム に関する研究

岡元 貴弘¹・松島 格也²

¹学生会員 京都大学 大学院工学研究科 都市社会学専攻 (〒 615-8540 京都市西京区京都大学桂)

E-mail: okamoto.takahiro.25u@st.kyoto-u.ac.jp

²正会員 京都大学准教授 大学院工学研究科 都市社会学専攻 (〒 615-8540 京都市西京区京都大学桂)

E-mail: matsushima.kakuya.7u@kyoto-u.ac.jp

近年行政改革の一環として、財務会計・管理会計など企業会計の理論と手法がインフラ資産の整備・管理の分野においても導入されるようになってきている。インフラ資産に関する会計システムの構築にあたり、資産の劣化状態を考慮したサービス水準評価や維持管理活動がもたらす財務的影響の評価は重要な役割を果たす。しかし、これらの評価に関する研究事例は少ないのが現状である。以上の問題意識を踏まえて本研究では、資産の劣化状態を反映する新たな消耗額の評価手法を提案し、これを用いてサービス水準を評価する。また財務的影響に関しては、内部留保に着目して消耗額も用いた新たな評価手法を提案する。

Key Words : Accounting, Asset management, Service level, Financial impact

1. はじめに

近年公共団体・公営企業では、運営するインフラ資産の維持管理による財政負担を軽減するために、インフラ資産の維持管理・運営にPFI(Private Finance Initiative)やコンセッションなど、民間の資金と技術を活用するマネジメント手法の導入が検討されている。このようなマネジメント手法を導入するには、資産の売却額や運営権対価を適切に評価する必要がある。また民間組織がPFI・コンセッションに対する参入の意思決定や必要な資金調達を行うために、資産の劣化状態に関する情報を民間組織に提供する必要がある。さらに、民間組織がインフラ資産を維持管理するにあたり、公的組織は民間組織が資産の劣化状態を規定通りに保っているかを監視する必要がある。したがって、公会計システムの構築にあたり、劣化状態を考慮した資産評価は重要な役割を果たすと考えられる。しかし、我が国が従来用いてきた減価償却会計による資産評価は、各資産ごとの劣化状態と一致する保証がないのが現状である。

また我が国ではアセットマネジメントの導入が進められているが、従来は資産の劣化状態の維持や維持管理費用の縮減など、技術的検討が主要な論点であった¹⁾。しかし継続的にアセットマネジメントを実施するには、資産の劣化状態の維持に加えて、財務的にも健全性を維持する必要がある。したがって維持管理をするための必要十分な資金を確保するために、中長期的な財務

マネジメントも必要となる²⁾。財務マネジメントも含めたアセットマネジメントを実行するためには、資産の整備・補修コストや劣化状態など技術的情報を踏まえたうえで、財務的な情報の提供・評価を行うための会計の枠組みが必要となる³⁾。しかしそのような研究事例は筆者の知る限り少ない。

以上の問題意識の下、本研究では資産の劣化状態を考慮した資産評価手法と、維持管理活動に対する財務的影響の評価手法を提案する。以下、**2.**では、インフラ会計に関する既往研究と、その課題、本研究の目的の詳細について説明する。**3.**では、資産の劣化状態を反映するサービス水準に関して、既往の評価手法の問題点を指摘する。そして、指摘した問題点を克服できる新たな評価手法を提案する。また財務的影響に関して、内部留保と将来支出すべき補修需要額に着目した評価手法を提案する。**4.**では、仮想的なインフラ資産を運営する組織を例に挙げ、**3.**で提案した手法を用いて、サービス水準や財務的影響を評価する。**5.**では、本研究の結論を述べて、今後の課題を提示する。

2. 本研究の基本的な考え方

(1) インフラ会計とインフラ資産の評価

江尻ら⁴⁾は公会計を構成する会計情報の中で、インフラ資産に焦点を絞り、そのストック評価額とサービス水準に関する会計情報をインフラ会計と定義した。ここでストック評価額とは、インフラ資産の形成に投入

された投資額を表す。サービス水準とはインフラ資産のサービス提供能力を表す。サービス水準を評価するにあたり、インフラ資産の提供容量、強度、劣化状態など様々な評価観点があるが当然ながら想定される。江尻らは、インフラ資産は一般的に物理的劣化によって、その価値は次第に減少すると考えられることに着目した。そして、物理的劣化による資産の機能の減少を資産価値の減少と捉えて金銭価額で評価した。なお、資産価値とは本研究では、資産がある時点において会計上で認識される金銭価額を意味する。本研究で議論するサービス水準とは、江尻らの考え方を踏襲し、資産の物理的劣化の度合いを表す会計情報であるとする。

インフラ資産のストック評価額は、取得原価または再調達原価により評価される。取得原価とは資産の取得時に支払われた現金である。また再調達原価とは保有する資産を資産評価時に再取得した場合に支払われる現金である。公会計では通常は客観性を確保する目的のため取得原価が用いられる。資産価値の減少を評価する際、通常は減価償却会計⁴⁾が用いられる。減価償却会計は資産のストック評価額から残存価額を控除した額を、インフラ資産の耐用年数にわたって一定の規則に基づき費用配分する。なお残存価額とは償却期間後の資産価値のことである。しかしインフラ資産は供用終了後の売却は通常想定されないため、残存価額はゼロとする場合が多い。また耐用年数は本来は各資産ごとに見積もる必要があるが、実際は財務省令⁵⁾に従うことが多い。

(2) インフラ会計に関する既往研究

江尻ら⁴⁾はインフラ資産に関わる会計情報を体系化する方法論に関して考察した。インフラ資産は補修費を継続的に支出することにより、半永久的に維持することが義務付けられた資産である。そこで江尻らはインフラ資産に関わる会計情報について、次の2点の必要性を指摘した。1点目は資産の劣化状態を工学的に点検したうえで算出された補修需要額を記述する会計情報である。2点目は「現実に支出された補修費」と「サービス水準を保つために必要と見積もられた補修費」に基づいて、インフラ資産のサービス水準が保たれているか否かを記述する会計情報である。

ところが減価償却会計では、耐用年数を財務省令⁵⁾に従い設定する。したがって、資産価値はその物理的劣化状態に関わらず、経過年数に応じて一定の規則に従い減少する。すなわち、減価償却会計により評価された資産価値は、実際の物理的劣化による価値の減少と一致する保証がない。したがって、減価償却会計を用いる財務会計では、資産の劣化状態を反映したサービス水準を評価することができない。また、減価償却

会計では将来支出すべき補修需要額を把握できないという問題点がある。

そこで江尻らは繰延維持補修会計⁴⁾を用いることを提案した。繰延維持補修会計では工学的検討により将来の補修費総額を算出する。同時にその費用総額を各年度に割り振り、繰延維持補修引当金繰入額なる費用として認識する。繰延維持補修引当金繰入額が現実に支出された補修費を上回ったならば、その差額分は将来支出する必要がある負債と認識して、繰延維持補修引当金として計上する。逆に補修費が繰延維持補修引当金繰入額を上回ったならば、その差額分を繰延維持補修引当金から取り崩す。繰延維持補修引当金は、物理的劣化による資産価値の減少だけでなく、将来必要となる補修費用も表すことができる会計情報である。

繰延維持補修引当金の有用性について、小林⁶⁾は以下のように指摘している。インフラ資産の維持補修のために発生する毎期ごとの費用の流列をライフサイクルコストと定義する。インフラ資産を管理運営するにあたって、ライフサイクルコストの低減と平準化を図ることが必要である。小林は平均費用法を用いてインフラ資産の補修計画を作成することにより、インフラシステム群全体としての効率的な維持管理が実現することを示している。そのうえで繰延維持補修会計は平均費用法を用いたライフサイクルコスト評価と整合的であると述べた。仮に補修が先送りされた場合、追加的な補修費が必要となるので、繰延維持補修引当金も追加的に計上される。すなわち、繰延維持補修会計を用いれば、補修が先送りされた場合、資産の劣化状態に悪影響がもたらされることを把握することができる。

しかし、繰延維持補修引当金は財務会計の概念フレームワーク⁷⁾が定義する負債に該当しないと解釈されるため、繰延維持補修会計は公会計・財務会計上では認められていない。したがって、繰延維持補修会計に基づく会計情報は管理会計として扱われるのが現状である。繰延維持補修会計を用いた管理会計に関する研究例としては堀ら⁸⁾の「下水処理施設の維持管理会計システム」が挙げられる。

(3) インフラ会計の課題

インフラ資産のサービス水準を考慮した資産評価は今後重要な役割を果たすことになる。例えば、劣化の進展が早期の段階で補修を実施する予防的補修を採用すると、劣化の進展が十分に進行した段階で補修を実施する事後的補修と比較すれば、一般的に資産の劣化状態は改善されることが期待される。そこで、予防的補修の採用によって資産の劣化状態にもたらされる影響を把握するために、予防的補修と事後的補修のサービス水準の違いを適切に評価することが必要となる。ま

た、補修が先送りされると資産の劣化状態が悪化することをサービス水準によって把握することも必要となる。しかし、従来の会計制度で用いられてきた減価償却会計による評価手法では、資産の劣化状態をサービス水準に反映させることができないのが現状である。そこで、江尻らは将来必要となる補修費用を把握することができる繰延維持補修会計を提案した。繰延維持補修会計を用いれば、補修が先送りされた場合に、資産のサービス水準が悪化することを把握することが可能となる。また、予防的補修を採用した場合の補修費が、事後的補修の場合よりも小さくなるのであれば、繰延維持補修会計を用いることにより、予防的補修を採用した場合の資産の劣化状態が、事後的補修の場合よりも良好に保たれることを適切に把握することができると考えられる。

しかし、予防的補修の単価が大きい場合や急激な劣化が生じた場合には、予防的補修を採用した場合の補修費が、事後的補修の場合よりも大きくなる可能性がある。繰延維持補修会計では、評価時点で補修費として実際に支出すべき必要額を資産価値の減少として評価する。そのため、予防的補修を採用した場合の補修費が、事後的補修の場合よりも大きくなると、繰延維持補修引当金を用いたサービス水準は、事後的補修の方が予防的補修の場合よりも良好となる。したがって、繰延維持補修引当金を用いたサービス水準は、予防的補修を採用した場合の資産の劣化状態が、事後的補修の場合よりも良好に保たれることを、一部の場合のみしか把握できない会計情報である。したがって、予防的補修と事後的補修のサービス水準の違いを現状の評価手法よりも適切に把握できるような評価手法が必要とされる。

また、財務マネジメントも含めたアセットマネジメントを実行するためには、資産の整備・補修コストやサービス水準など技術的情報を踏まえたうえで、財務的な情報の提供・評価を行うための会計の枠組みが必要となる³⁾。本研究ではこのような会計の枠組みをインフラ会計システムと定義する。現状のインフラ会計システムは、資産の保有状況やキャッシュフローなどの情報を提供する財務会計と、ライフサイクルコストやサービス水準などの情報を提供する管理会計より構成される³⁾。今後、財務マネジメントをも考慮した補修計画を策定するには、予防的補修を採用した場合に財務状況にもたらされる影響を、インフラ会計システム内で評価する手法が必要となる。さらに補修が先送りされた場合についても、同様に財務状況にもたらされる影響を評価できることが望ましい。

(4) 本研究の目的

以上をまとめると、予防的補修を採用した場合や補修が先送りされた場合に、資産のサービス水準や組織の財政状況にもたらされる影響について、会計システム内で把握するための評価手法を考察することが本研究の目的となる。本研究で提案する手法を活用することで、資産の維持管理状況をサービス水準と財務的影響の両面から評価する。そうすることで、要求されるサービス水準を保ちつつ、最大の財務的效果を発揮するような維持管理計画の策定を行うことが可能になると考えられる。

したがって、まず工学的情報を反映する管理会計情報を活用して、資産の物理的劣化状態を反映させることが可能なサービス水準の評価手法を提案する。そのうえで、既往の減価償却会計や繰延維持補修会計と比較した場合の優位性を指摘する。

さらに、予防的補修を採用した場合や補修が先送りされた場合に、財務状況にもたらされる影響について評価する。財務マネジメントに関する既往研究として、堀ら⁸⁾はアセットマネジメントを通じて捻出した内部留保の評価と資産運営組織の財務構造にもたらす影響を分析している。本研究でも財務的影響を評価するために、内部留保に着目する。さらに、管理会計から得られる補修費用に関する情報を活用する新たな評価手法を提案する。

3. 本研究で提案する評価手法

(1) サービス水準の評価手法

江尻ら⁴⁾は、物理的劣化による資産の機能の減少分を資産価値の減少と捉えて金銭価額として評価した。本研究では、資産価値の減少として評価された金銭価額を消耗額と定義する。本研究では、江尻らの考え方を踏襲し、サービス水準を資産の物理的劣化によって評価する。サービス水準を評価するにあたり、本研究ではストック評価額に対して、消耗額を控除した残存割合に着目する。すなわち、本研究ではサービス水準を次式のように定義する。 n は任意の会計年度を表す変数である。

$$SL(n) = \frac{\bar{S} - D(n)}{\bar{S}} \quad (1)$$

\bar{S} は部材のストック評価額である。 $SL(n)$ 、 $D(n)$ はそれぞれサービス水準と消耗額である。なお、以降本論文で用いられる変数の一覧を巻末の表7にとりまとめている。式(1)は劣化が進展したインフラ資産を、劣化が全く進展していない同等の資産と比較した場合の資産価値の残存割合を表す。消耗額 $D(n)$ は評価対象となる資産を更新・補修するために、評価時点で将来負

担すべき金額を表す。資産を更新・補修するための全費用を、会計原則に従い適切な期間で割り当てることにより、単年度ごとに負担すべき費用 $A(n)$ が求められる。消耗額 $D(n)$ は単年度費用 $A(n)$ の累計額と解釈できる。単年度費用 $A(n)$ は会計原則によって評価手法が異なる。それに従い、消耗額 $D(n)$ とサービス水準 $SL(n)$ も単年度費用 $A(n)$ の評価手法によってあわせて変化する。

(2) 消耗額の評価手法

サービス水準を評価する際には、消耗額の評価に用いる会計原則の選択が重要な問題となる。既往の公会計システムでは、減価償却会計が用いられる。以降では単年度費用 $A(n)$ 、消耗額 $D(n)$ とサービス水準 $SL(n)$ には会計原則を表す下付き添え字を添える。単年度費用を表す減価償却費 $A_1(n)$ は、資産のストック評価額を耐用年数にわたって一定の規則に基づき費用配分することにより評価される。つまり、消耗額を意味する減価償却累計額 $D_1(n)$ は、資産の経過年数に応じて評価される。すなわち、減価償却累計額 $D_1(n)$ は、実際の物理的劣化による価値の減少と一致する保証がない。

江尻らが提案した繰延維持補修会計について、単年度費用を表す繰延維持補修引当金繰入額 $A_2(n)$ は、将来の補修費として支出すべき金額について、当該年度で負担すべき金額を意味する。つまり、消耗額を表す繰延維持補修引当金 $D_2(n)$ は補修費として将来支出する必要のある負債を表す。したがって、繰延維持補修引当金 $D_2(n)$ は資産の劣化状態を補修需要額として反映することのできる消耗額の評価手法である。しかし、繰延維持補修引当金 $D_2(n)$ が表す補修需要額とは、各々の補修計画に従った場合に評価時点で補修費として実際に支出すべき必要額を意味する。

仮に予防的補修の単価が大きい場合や急激な劣化が生じた場合には、予防的補修を採用した場合の補修費が、事後的補修の場合よりも大きくなる場合がある。このような場合、繰延維持補修引当金 $D_2(n)$ は事後的補修の場合の方が小さくなる。そのため、繰延維持補修会計を用いると、予防的補修と事後的補修のサービス水準の違いを適切に評価することができない可能性がある。ただし、繰延維持補修引当金 $D_2(n)$ は補修費として実際に支出すべき金額を把握することが可能な会計情報である。したがって、財務的影響を評価する際には、将来支出すべき補修費用情報として繰延維持補修引当金 $D_2(n)$ を活用することができる。

資産の劣化状態を繰延維持補修引当金よりもさらに反映することができる消耗額の新たな評価手法として、本研究では補修需要額の定義を拡張する。本研究では仮に評価対象となる資産の全ての劣化を補修して、同

等の資産に新規に取り換えた場合に、評価時点で補修費として必要になる完全補修需要額を完全補修引当金 $D_3(n)$ と定義する。この場合に単年度費用を表す完全補修引当金繰入額 $A_3(n)$ は、将来にわたって評価される全ての補修需要額を一定期間で割り当てることにより算出される。例えば、点検間隔を d として、 d 年間で増加する完全補修需要額を ΔF とすると、完全補修引当金繰入額 $A_3(n)$ は次式のように算出される。

$$A_3(n) = \frac{\Delta F}{d} \quad (2)$$

完全補修引当金 $D_3(n)$ は、完全補修引当金繰入額 $A_3(n)$ 、 n 年度期間中に実際に支出される補修費 $R(n)$ を用いて次式で算出される。ただし $D_3(0) = 0$ と仮定する。

$$D_3(n) = D_3(n-1) + A_3(n) - R(n) \quad (3)$$

以上より、完全補修引当金 $D_3(n)$ を用いたサービス水準 $SL_3(n)$ は次式のように算出される。

$$SL_3(n) = \frac{\bar{S} - D_3(n)}{\bar{S}} \quad (4)$$

完全補修引当金は、将来にわたって全ての補修需要額を評価対象とする。そのため、完全補修引当金を用いることで、将来的に表面化する劣化を、評価時点のサービス水準に先駆けて反映させることができる。一方で、繰延維持補修引当金を用いると、評価時点において実際に劣化した資産のみがサービス水準に反映されるにとどまる。完全補修引当金を用いてサービス水準を評価すると、予防的補修を採用した際に資産の劣化状態が良好になることを、繰延維持補修引当金では把握できなかった場合でも適切に把握することができる。例えば、予防的補修の単価が大きくなる場合や、急激な劣化の発生により、予防的補修の費用が事後的補修の場合よりも大きくなるとする。このような場合でも、完全補修引当金を用いてサービス水準を評価すると、予防的補修を採用した場合の資産の劣化状態が、事後的補修の場合よりも良好に保たれていることを適切に把握することができる。

(3) 財務的影響の評価手法

公営企業会計では収益的収支と資本的収支が区分される。収益的収支は財務諸表を構成する損益計算書に対応する。資本的収支は企業債の借入・償還や資産の新規整備・更新などの取引が対象で、通常は支出が収入を上回る。そこで資本的収支での不足分は、収益的収支で発生した内部留保を財源として用いる。すなわち、インフラ資産を維持管理する組織が財務的に健全性を維持するには、資本的収支を補填するための内部留保が十分確保されていることが望ましい。したがって、本研究では財務的影響を評価するにあたり、内部留保に着目しこの大小を評価する。つまり内部留保が

大きければ財務的に良好であり、内部留保が小さければ財務的に悪い状況であるといえる。

内部留保は差引損益を表す利益剰余金処分額と、減価償却費など実際には現金支出を必要としない費用を表す損益勘定留保資金に分類される。利益剰余金処分額は、財務諸表を構成し単年度ごとの収入と支出の差引を表す損益 $PL(n)$ が該当する。損益勘定留保資金は、財務諸表における減価償却費 $A_1(n)$ が該当する。

本研究では内部留保の評価する会計情報として新たに余剰資金 $C(n)$ を次式のように定義する。

$$C(n) = NA(n) - D_2(n) \quad (5)$$

式 (5) 右辺の第 1 項は、財務諸表を構成する貸借対照表に記述される余剰分 $NA(n)$ である。余剰分 $NA(n)$ は純資産のうち金銭の形態で保有される資産を意味し、内部留保を表す。 n 年度期末時点での余剰分 $NA(n)$ は、損益 $PL(n)$ 、減価償却費 $A_1(n)$ 、償還額 $L(n)$ 、資本的支出額 $E(n)$ を用いて、会計基準⁹⁾に従うと次式のように定義される。ただし $NA(0) = 0$ と仮定する

$$NA(n) = NA(n-1) + PL(n) + A_1(n) - L(n) - E(n) \quad (6)$$

しかし、本研究では償還額 $L(n)$ と資本的支出額 $E(n)$ をそれぞれゼロと仮定するので、以降では省略する。式 (6) には内部留保を構成する損益 $PL(n)$ と減価償却費 $A_1(n)$ が含まれていることがわかる。式 (5) 右辺の第 2 項は、将来の補修時に支出する必要がある負債額を意味する繰延維持補修引当金 $D_2(n)$ である。内部留保のうち、繰延維持補修引当金 $D_2(n)$ として計上されている分は、将来の使用用途が補修費に限定されていると解釈できる。財務的影響の評価に余剰分 $NA(n)$ を直接用いるのではなく、余剰分 $NA(n)$ から繰延維持補修引当金 $D_2(n)$ を控除した会計情報である余剰資金 $C(n)$ を用いることで、内部留保の中で将来の使用用途として資本的支出に投入可能な資金額を評価することができる。また補修が先送りされた場合、将来先送りされた補修分を埋め合わせる必要があるため、繰延維持補修引当金 $D_2(n)$ は大きくなる。つまり補修が先送りされると、補修が計画通りに実施された場合と比較して、余剰資金 $C(n)$ は小さくなる。したがって、余剰資金 $C(n)$ を用いることで、補修が先送りされると将来の財務状況に悪影響がもたらされることを、補修が先送りされたその時点で把握することができる。

なお、仮に繰延維持補修引当金 $D_2(n)$ の代わりに繰延維持補修引当金 $D_3(n)$ を用いた場合、実際に支出すべき補修必要額を過大に計上してしまう。したがって、財務的影響を評価するために消耗額を活用する際には、実際に支出すべき補修必要額を表す繰延維持補修引当金 $D_2(n)$ が望ましいと考えられる。

4. 評価手法の適用事例

(1) インフラ管理組織の想定

本章ではインフラ管理組織を仮想的に想定して、3. で提案した手法を適用し、サービス水準や財務的影響を評価する。本研究が想定するインフラ管理組織は大きさ・劣化特性などその物理的性質は全て同質である複数の部材を維持管理する。その他の維持管理費用や組織の運営費用はゼロであると仮定する。本来インフラ管理組織は異なる種類の設備・部材を維持管理する。異なる種類の部材を維持管理する場合でも、同質の部材ごとに本研究で提案する評価手法を適用して、部材の種類ごとに足し合わせ、資産の劣化状態や組織の財務状況にもたらされる影響を評価することができる。部材の供用を開始してから N 年間について、サービス水準や財務的影響を評価する。なお、当該組織は毎年度一定の経常収入 I を得るとする。

個々の部材の劣化状態は健全度 i を用いて表される。本研究では小林⁶⁾が指摘したように、部材を半永久的に維持すべき非償却資産と位置づけ、部材の健全度は適切な補修により回復するものとする。部材の維持管理方法として、点検結果と所定のシナリオ ξ に基づき、補修を実施する状態監視保全を採用する。状態監視保全の下でシナリオ ξ に従った場合の、部材の劣化状態と支出すべき補修費を算出するために、平均費用法を用いた最適点検・補修モデル¹⁰⁾を用いる。

最適点検・補修モデルを適用するには、劣化推移確率行列 \mathbf{p} 、補修推移行列 \mathbf{q} 、点検間隔 d 、補修単価 c_i 、点検費 J が必要な情報となる。なお、補修単価とは健全度 i の部材を健全度 1 に補修するための部材単位の費用を意味する。現実的には部材の劣化過程には不確実性が存在する。劣化推移確率行列 \mathbf{p} は、既往研究¹⁰⁾にあるようにマルコフ劣化ハザードモデル¹¹⁾を用いて推計することができるが、本研究では簡便化のために劣化推移確率行列 \mathbf{p} は、既に導出されているものと仮定する。また、補修により同一の健全度に回復させる際、健全度が悪い方が補修単価は大きくなると仮定する。

部材は一定間隔で点検を実施し、あわせて必要な補修も実施する。補修をする部材の選択は後述するシナリオ ξ に従う。点検・補修は点検実施年度の期末時に同時かつ瞬間的に行われ、シナリオ ξ で定められた補修は、毎回の点検時に必ず実施されると仮定する。以下、4.(2)では、予防的補修を採用した場合のサービス水準と財務的影響について評価する。4.(3)では、補修が先送りされた場合のサービス水準と財務的影響について評価する。

(2) 予防的補修を採用した場合

予防的補修を採用した場合，一般的に部材の劣化状態は改善されることが期待される．さらに，劣化の進展が早期の段階で補修することで，補修単価が小さくなり，補修費を縮減することができる可能性もある．しかし，補修対象となる部材が拡大するので，逆に補修費が増大してしまう恐れもある．そこで，予防的補修と事後的補修の両者について，サービス水準と財務的影響を両面より評価することにより，予防的補修が事後的補修よりも優れているか否かを検討することが必要になる．まずシナリオ ξ を設定する．当該組織が維持管理する部材の健全度 i は $i \in \{1, 2, 3, 4\}$ の 4 段階に分類され， $i = 4$ を最も悪い劣化状態とする． $\xi = 1$ は「シナリオ 1：健全度 3，4 の部材を全て健全度 1 に補修する」と定義し，予防的補修を表すとする．すなわち，劣化の進展が早期である部材も補修対象となる． $\xi = 2$ は「シナリオ 1：健全度 4 の部材を全て健全度 1 に補修する」と定義し，事後的補修を表すとする．すなわち，劣化が十分に進展した部材のみ補修対象となる．以降ではシナリオ ξ によって変化する変数にはシナリオ ξ に対応した上付き添え字を添える．

最適点検・補修モデルを用いてシナリオ 1 と 2 に従った場合の部材の劣化推移分布をそれぞれ求める．劣化推移確率行列 \mathbf{p} ，補修推移行列 \mathbf{q}^1 ， \mathbf{q}^2 は次式のようにそれぞれ与えられる．

$$\mathbf{p} = \begin{pmatrix} 0.9 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.9 & 0.1 & 0 \\ 0 & 0 & 0.9 & 0.1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (7)$$

$$\mathbf{q}^1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (8)$$

$$\mathbf{q}^2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (9)$$

さらに，供用開始直後時点ではすべての部材が健全度 1 であると仮定する．点検間隔は $d = 5$ (年) と仮定し，部材の供用期間は $N = 50$ (年間) と仮定する．部材の供用開始から 50 年間にわたってサービス水準と財務的影響の評価をするので，任意の会計年度を表す変数である n の範囲は $n(n \in \{1, 2, \dots, 50\})$ となる．最適点検・補修モデルを適用すると，部材の劣化推移分布は $\xi = 1$ の場合は 図 1 のようになり， $\xi = 2$ の場合は 図 2 のようになる． 図 1 と 図 2 の比較をわかりやすくするために，シナリオ 1 と 2 の部材の平均健全度 \bar{i} の

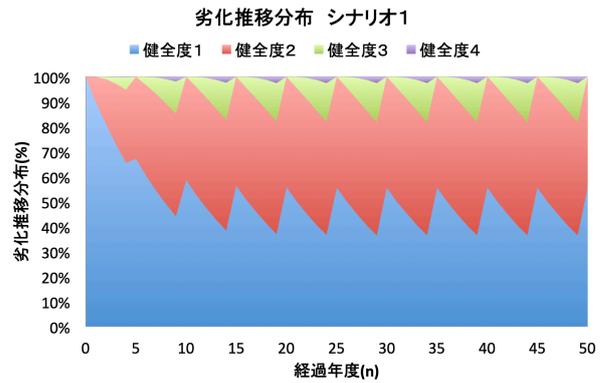


図-1 シナリオ 1 の劣化推移分布

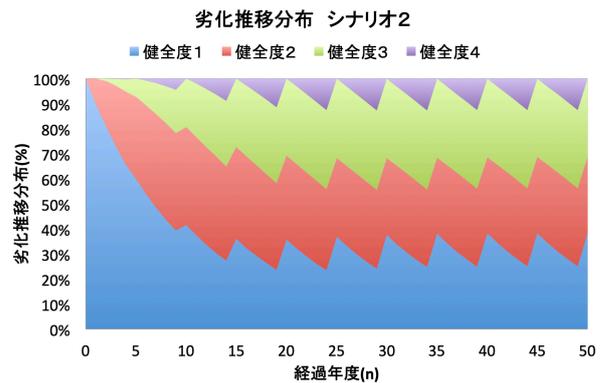


図-2 シナリオ 2 の劣化推移分布

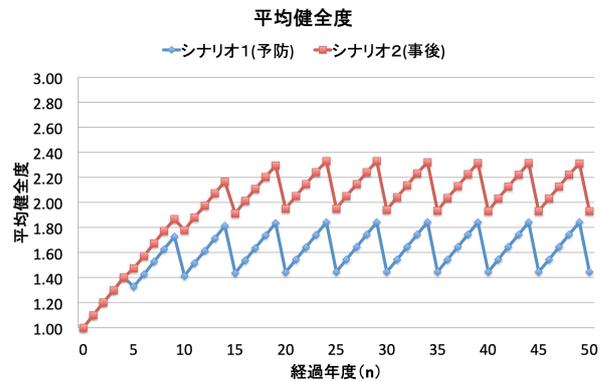


図-3 平均健全度の推移 (予防的補修と事後的補修の比較)

推移を 図 3 に示す．また，任意の点検・補修実施回を表す変数を m と定義する．そのうえで参考として，点検・補修を実施する直前時点の部材の健全度ごとの割合を，シナリオ 1，2 のそれぞれについて 表 1 と 表 2 に記述する． 図 1， 図 2 を比較をすると，シナリオ 1 の方が健全度 3,4 である部材の分布割合が，ともに少ないことを視覚的に把握できる．また 図 3 より，予防的補修を表すシナリオ 1 は事後的補修を表すシナリオ 2 と比較して，資産の劣化状態が良好に保たれていることがわかる．

仮に減価償却累計額 $D_1^\xi(n)$ を用いてサービス水準を算出した場合，シナリオ 1 と 2 は経過年数に応じて一

表-1 シナリオ 1 の点検実施直前時点の劣化割合（一部のみ表示）

m	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$	$i = 4$
1	59.0	32.8	7.3	0.9
2	39.7	41.4	15.7	3.2
3	34.6	43.7	17.9	3.9
4	33.3	44.3	18.4	4.0
5	32.9	44.4	18.6	4.1
6	32.8	44.5	18.6	4.1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
10	32.8	44.5	18.6	4.1

表-2 シナリオ 2 の点検実施直前時点の劣化割合（一部のみ表示）

m	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$	$i = 4$
1	59.0	32.8	7.3	0.9
2	35.4	39.0	19.4	6.2
3	24.5	36.7	27.3	11.5
4	21.3	33.5	30.8	14.5
5	21.1	31.5	31.8	15.6
6	21.7	30.7	31.8	15.9
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
10	22.6	30.5	31.3	15.6

定の規則で減少し、その推移は一致する。しかし、シナリオ 1 と 2 で劣化状態は異なる。したがって、減価償却累計額 $D_1^{\xi}(n)$ によるサービス水準 $SL_1^{\xi}(n)$ では、予防的補修により、資産の劣化状態が事後的補修の場合よりも良好に保たれていることを、適切に把握することができない。

3.(1) で提案した完全補修引当金 $D_3^{\xi}(n)$ に関する議論を整理するために、一例としてシナリオ 1 の場合の一部年度の点検実施直前時点での完全補修需要額 $F_3^1(m)$ 、完全補修引当金繰入額 $A_3^1(n)$ 、実際に支出した補修費 $R^1(n)$ 、期末時点の完全補修引当金 $D_3^1(n)$ を表 3 に整理する。なお、当該組織が維持管理する部材の数は 500 で、その合計の取得原価は $\bar{S} = 10000$ (万円) と仮定する。また、補修単価は $c_2 = 3$ (万円), $c_3 = 6$ (万円), $c_4 = 12$ (万円) と仮定する。また点検費は $J = 100$ (万円) と仮定する。ただし、 $R^{\xi}(n)$ には点検費も含まれるとする。まずは 40,45,50 年目の完全補修需要額 $F^1(m)$ に着目すると、同じ値になっている。また表 1 に着目すると、5 回目の点検以降では点検実施直前時点における健全度ごとの部材の割合がほぼ等しい。つまり点検実施直前時点で健全度ごとの部材の割合がほぼ等しいと、完全補修需要額 $F^1(m)$ は一定額に収束すること

表-3 完全補修引当金に関する会計情報（一部年度のみ表示）

n	m	$F^1(m)$	$A_3^1(n)$	$R^1(n)$	$D_3^1(n)$
1	-	-	172.4	0	172.4
2	-	-	172.4	0	344.9
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
4	-	-	172.4	0	689.7
5	1	862.1	172.4	370.1	492.1
6	-	-	178.8	0	670.8
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
10	2	1385.9	177.8	764.7	621.2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
40	8	1572.2	181.0	905.0	667.2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
45	9	1572.2	181.0	905.0	667.2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
49	-	-	181.0	0	1391.2
50	10	1572.2	181.0	905.1	667.2

がわかる。また完全補修引当金繰入額 $A_3^1(n)$ は、前回の点検実施年度の期末時点の完全補修引当金 $D_3^1(n)$ と次回点検実施直前時点の完全補修需要額 $F^1(m)$ の増加分を点検間隔 d で割り当てた金額であることもわかる。さらに点検を実施しない年度の完全補修引当金 $D_3^1(n)$ について、1,2 年目と 5,6 年目に着目する。そして、それぞれの前年度の完全補修引当金 $D_3^1(n)$ と比較すると、完全補修引当金繰入額 $A_3^1(n)$ 分だけ前年度より積み上げられていることがわかる。一方で点検を実施する年度の完全補修引当金 $D_3^1(n)$ について、4,5 年目と 49,50 年目に着目する。そして、それぞれの前年度の完全補修引当金 $D_3^1(n)$ と比較すると、補修費 $R^1(n)$ と完全補修引当金繰入額 $A_3^1(n)$ の差額分だけ前年度より取り崩されていることがわかる。

予防的補修を採用した場合のサービス水準を評価する。式 (4) に従い、シナリオ 1 と 2 の完全補修引当金 $D_3^{\xi}(n)$ によるサービス水準 $SL_3^1(n)$, $SL_3^2(n)$ を算出する。図 4 はサービス水準 $SL_3^1(n)$, $SL_3^2(n)$ の 50 年間の推移を表す。図 1 と図 2 の比較や図 3 より、シナリオ 1 の劣化状態はシナリオ 2 の場合よりも良好に保たれていることがわかる。図 4 よりサービス水準 $SL_3^1(n)$, $SL_3^2(n)$ の大小関係は、常に $SL_3^1(n) > SL_3^2(n)$ である。完全補修引当金 $D_3^{\xi}(n)$ は、将来にわたって全ての補修需要額を評価対象とする。すなわち、全ての部材の劣化状態を消耗額の評価対象とする。ゆえに、完全補修引当金 $D_3^{\xi}(n)$ によるサービス水準 $SL_3^{\xi}(n)$ を用いると、シナリオ 1 は予防的補修を採用した効果により、健全

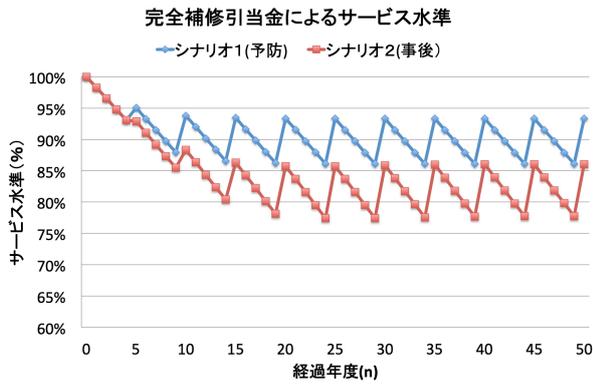


図-4 完全補修引当金によるサービス水準（予防的補修と事後的補修の比較）

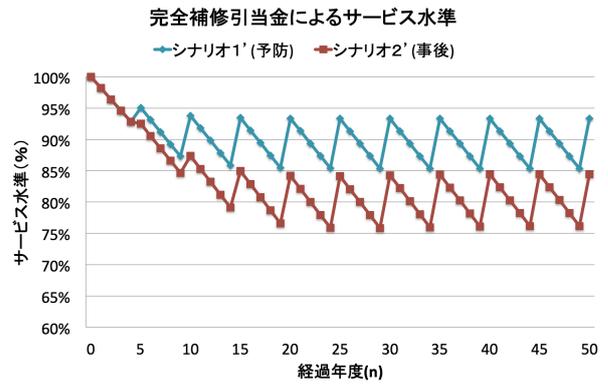


図-6 完全補修引当金によるサービス水準（予防的補修の単価が大きい場合）

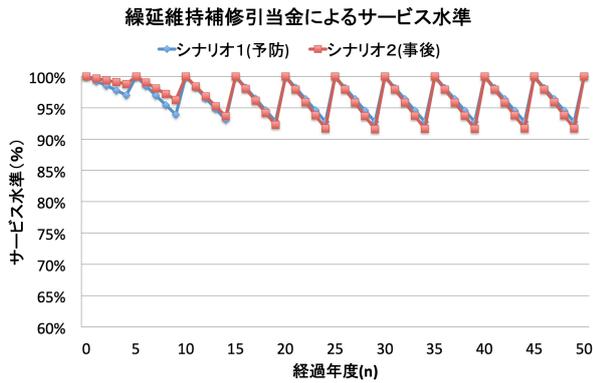


図-5 繰延維持補修引当金によるサービス水準（予防的補修と事後的補修の比較）

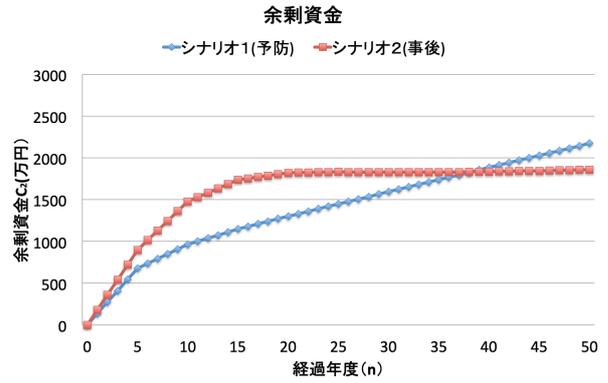


図-7 余剰資金（予防的補修と事後的補修の比較）

度3である部材の割合がシナリオ2の場合よりも小さくなることを把握することができる。したがって、完全補修引当金 $D_3^\xi(n)$ によるサービス水準 $SL_3^\xi(n)$ は、シナリオ1のサービス水準がシナリオ2の場合よりも良好に保たれていることを適切に把握することができる。

一方で、繰延維持補修引当金 $D_2^\xi(n)$ を用いてサービス水準を評価する。図5はシナリオ1と2の繰延維持補修引当金 $D_2^\xi(n)$ によるサービス水準 $SL_2^\xi(n)$, $SL_2^\xi(n)$ の50年間の推移を表す。繰延維持補修引当金 $D_2^\xi(n)$ は、各々の補修計画に従った場合に評価時点で補修費として実際に支出すべき必要額を意味する。ゆえに、繰延維持補修引当金 $D_2^\xi(n)$ は、シナリオ2の場合には健全度4である部材のみを消耗額の評価対象とする。つまりシナリオ2の場合、健全度3である部材を消耗額の評価対象としない。このため、繰延維持補修引当金 $D_2^\xi(n)$ によるサービス水準 $SL_2^\xi(n)$ によって、シナリオ1の場合に健全度3である部材の割合がシナリオ2の場合よりも小さくなることを把握することができない。

現実的には、予防的補修の単価が大きくなる場合や、急激な劣化の発生により、予防的補修の費用が事後的補修の場合よりも大きくなることも考えられる。一例として、予防的補修の単価が上昇した場合を考える。補修単

価 c_2 と c_4 は先ほどと同様であるが、 c_3 のみ $c_3 = 7$ (万円) に大きくなると新たに仮定する。この仮定の下で先ほどのシナリオ1と2に対応するシナリオを、それぞれシナリオ1'、2'とする。図6はシナリオ1'と2'の完全補修引当金 $D_3^\xi(n)$ によるサービス水準 $SL_3^{1'}(n)$, $SL_3^{2'}(n)$ の50年間の推移を表す。サービス水準の大小関係は常に $SL_3^{1'}(n) > SL_3^{2'}(n)$ である。したがって、完全補修引当金 $D_3^\xi(n)$ によるサービス水準 $SL_3^\xi(n)$ は、予防的補修の単価が大きくなったとしても、予防的補修を採用した場合の資産の劣化状態が、事後的補修の場合よりも良好に保たれていることを適切に把握することができる。

ただし、サービス水準が最も良好となるシナリオが常に最適な補修計画であるとは限らない。実際に補修計画を立案する際には、要求されたサービス水準を維持することに注力するだけでなく、その費用の軽減をも心掛けなければならないからである。そこで余剰資金 $C^\xi(n)$ を用いて、予防的補修を採用した場合の財務的影響を評価する。式(5)に従い、シナリオ1と2の余剰資金 $C^1(n)$, $C^2(n)$ を算出する。ここで、毎年度の経常収入は $I = 210$ (万円) と仮定する。図7はシナリオ1と2の余剰資金 $C^1(n)$, $C^2(n)$ の50年間の推移を表す。また、図8はシナリオ1と2の点検実施回数

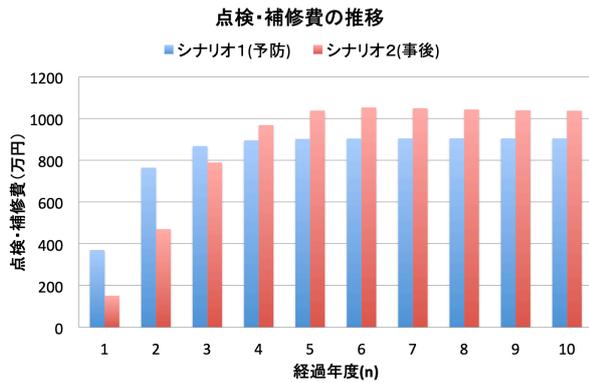


図-8 点検・補修費の推移（予防的補修と事後的補修の比較）

とに支出された点検・補修費の推移を表す。図7のグラフの傾きは単年度あたりの余剰資金の増加額を表す。余剰資金 $C^{\xi}(n)$ は、補修費用を繰延維持補修引当金繰入額 $A_2^{\xi}(n)$ として、毎年度ごとに平準化して認識する。そのため、資本的支出に投入可能な資金額について、単年度当たりの増加額を、平準化して把握することが可能となる。図8の $m \leq 3$ に着目すると、点検・補修費はシナリオ2の方が少ない。これは供用開始から短期的段階では部材の劣化が進行しておらず、健全度4の部材よりも健全度3の部材に対する予防的補修需要額が大きいことが原因と考えられる。 $m \geq 4$ に着目すると、点検・補修費はシナリオ1の方が少ない。これは予防的補修による補修費の縮減効果と考えられる。したがって、図7の $n \leq 15$ に着目すると、単年度あたりの余剰資金の増加額はシナリオ2の方がシナリオ1の場合よりも大きい。また $15 \leq n$ に着目すると、シナリオ1の場合は余剰資金がほとんど増額しない。一方でシナリオ2の場合は毎年度、余剰資金が一定額増加し続ける。

図7の50年目に着目すると、余剰資金の大小関係は $C^1(50) > C^2(50)$ であるから、将来の資本的支出に投入可能な内部留保は、シナリオ1の方がシナリオ2の場合よりも大きいといえる。以上より、財務的影響は予防的補修を表すシナリオ1の方が、事後的補修を表すシナリオ2よりも良好となることがわかる。また50年目に着目すると、シナリオの違いによって余剰資金 $C^{\xi}(n)$ にどれほどの差額が生じるのか把握することもできる。

しかし、予防的補修を採用した場合に、財務的に好影響がもたらされるとは必ずしも限らない。予防的補修の単価が大きい場合や、急激な劣化が生じた場合には、予防的補修の費用が事後的補修の場合よりも大きくなることも考えられる。一例として、予防的補修の単価が上昇した場合について、先ほど導入したシナリオ1'と2'を用いて考える。図9はシナリオ1'と2'の余剰資金 $C^{1'}(n)$, $C^{2'}(n)$ の50年間の推移を表

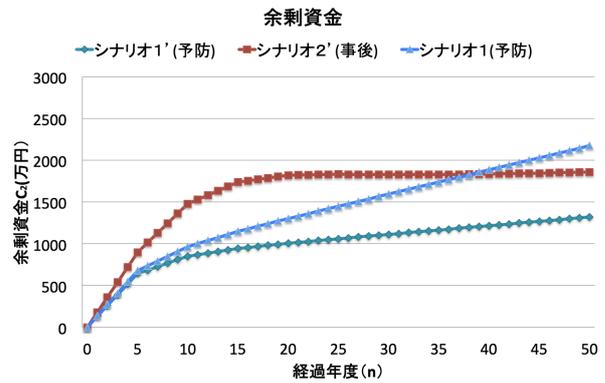


図-9 余剰資金（予防的補修の単価が大きい場合）

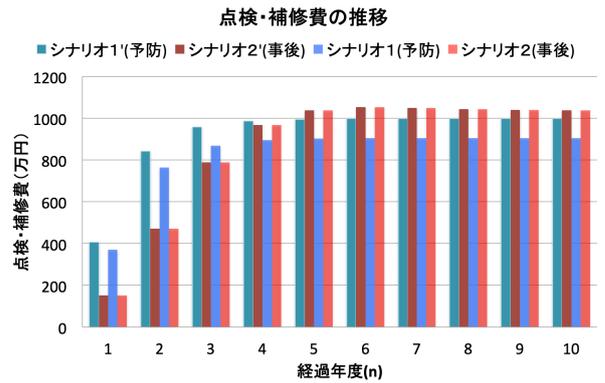


図-10 点検・補修費の推移（予防的補修の単価が大きい場合）

す。比較のために、シナリオ1の余剰資金 $C^1(n)$ の推移についても図9に示す。また、図10はシナリオ1'と2'の点検実施回ごとに支出された点検・補修費の推移を表す。比較のために、シナリオ1と2の点検・補修費の推移についても図10に示す。図10より、事後的補修の場合の補修費用は変わらないことがわかる。しかし、予防的補修の場合は補修単価 c_3 が大きくなると、補修費用は大きくなることがわかる。そのため図9から、シナリオ1'の余剰資金はシナリオ1の場合よりも小さくなり、予防的補修の単価の上昇が財務的に悪影響をもたらしていることがわかる。図9の50年目に着目すると、シナリオ1'と2'の余剰資金の大小関係は $C^{1'}(50) < C^{2'}(50)$ となる。すなわち、将来の資本的支出に投入可能な内部留保は、シナリオ2'の方がシナリオ1'の場合よりも大きい。したがって、シナリオ1'と2'を比較することで、予防的補修の単価が大きい場合、予防的補修を採用すると財務的に悪影響がもたらされる可能性があることがわかる。

このように、余剰資金 $C^{\xi}(n)$ を用いると、予防的補修を採用した場合に、将来の資本的支出に投入可能な資金額が、事後的補修の場合よりも大きくなるか否かを把握することができる。すなわち、予防的補修を採用した場合に、財務的にもたらされる影響が良好であるか否かを評価することができる。

ただし、余剰資金が最も大きくなるシナリオが常に最適であるとは限らない。実際に補修計画を立案する際には、要求されたサービス水準を保つことが前提条件となる。したがって、最適な補修計画を検討するには、まずサービス水準を用いて、資産の劣化状態に関する目標管理水準を定める。そのうえで、余剰資金を評価することで、目標管理水準を保つことができる範囲内で、長期的な財務状況が最も良好となるような補修計画を立案しなければならない。

(3) 補修が先送りされた場合

インフラ資産を維持管理するうえで、現実的には予算制約などやむを得ない事情により、補修が先送りされる場合もある。したがって補修が先送りされた場合に、資産の劣化状態や組織の財務状況にもたらされる影響についても議論する必要がある。補修が先送られた場合を議論するために、シナリオ 1 をベンチマークとして、一部点検実施時において本来は補修対象となるはずの部材が実際には補修されなかったシナリオを導入する。このようなシナリオをシナリオ $\xi = 3$ と名付け、「原則健全度 3, 4 の部材を全て健全度 1 に補修する。ただし 20,40 年目 (4,8 回目) の補修時のみ、健全度 4 の部材は全て補修するが、健全度 3 の部材は半分のみ補修する。」と定義する。「健全度 4 の部材は全て補修するが、健全度 3 の部材は半分のみ補修する」ことを表す補修推移行列 $q^{1'}$ は次式で表わされる。

$$q^{1'} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0 & 0.5 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (10)$$

したがってシナリオ 3 を表す補修推移行列 q^3 は次式で表わされる。

$$q^3(m) = \begin{pmatrix} q^1 & (m \in \{1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10\}) \\ q^{1'} & (m \in \{4, 8\}) \end{pmatrix} \quad (11)$$

なお本研究では対象部材は全て同質であると仮定しているため、 $m = 4, 8$ 回目の点検時において、補修を実行する健全度 3 の部材は無作為に選択されると仮定する。

シナリオ 3 にも最適点検・補修モデルを適用すると、その劣化推移分布は 図 11 のようになる。また、比較のためにシナリオ 1 の劣化推移分布も 図 12 に再掲する。

図 11 と 図 12 の比較をわかりやすくするために、シナリオ 1 と 3 の部材の平均健全度 \bar{i} の推移を 図 13 に示す。また参考として、点検・補修を実施する直前の部材の健全度ごとの割合を、シナリオ 3, 1 のそれぞれについて 表 4 と 表 5 に記述する。シナリオ 3 は 20,40 年目の補修が不完全であり、図 11 と 図 12 の比較や 図 13 より、シナリオ 3 の 20~25,40~45 年目の劣化状態は、当該期間のシナリオ 1 よりも悪いことがわかる。

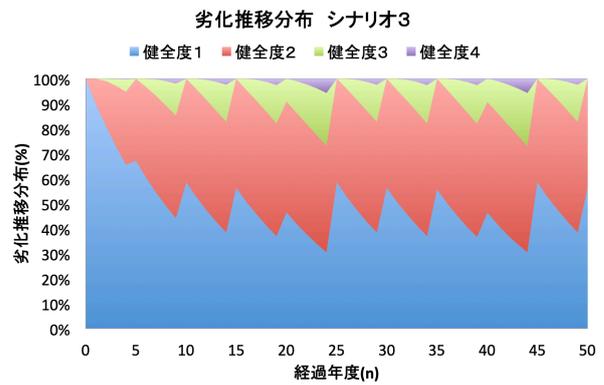


図-11 シナリオ 3 の劣化推移分布

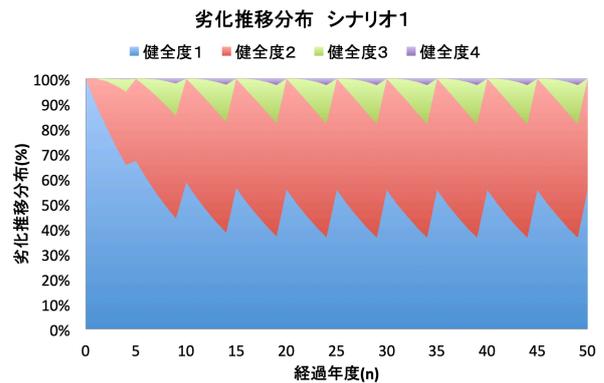


図-12 シナリオ 1 の劣化推移分布

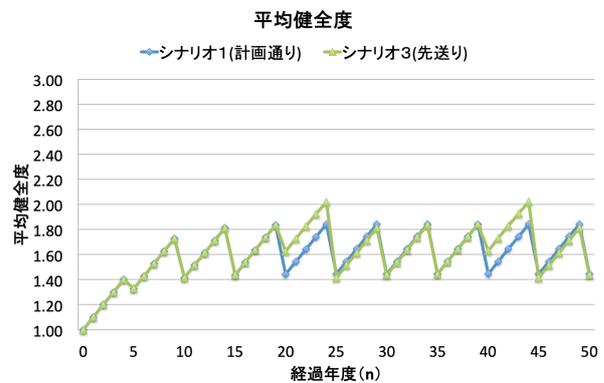


図-13 平均健全度の推移 (補修が先送りされた影響)

補修が先送りされた場合のサービス水準の影響についても、完全補修引当金 $D_3^\xi(n)$ を用いて評価できる。シナリオ 1, 3 の完全補修引当金 $D_3^\xi(n)$ によるサービス水準 $SL_3^1(n), SL_3^3(n)$ を算出する。図 14 は完全補修引当金 $D_3^\xi(n)$ によるサービス水準 $SL_3^1(n), SL_3^3(n)$ の 50 年間の推移を表す。図 14 の 20~25,40~45 年目に着目すると、シナリオ 3 のサービス水準はシナリオ 1 よりも悪いことがわかる。したがって、完全補修引当金 $D_3^\xi(n)$ によるサービス水準 $SL_3^\xi(n)$ を用いれば、補修が先送りされると資産の劣化状態に悪影響がもたらされることを適切に把握することができる。

次に、補修が先送りされた場合にもたらされる財務的

表-4 シナリオ 3 の補修実施直前時点の劣化割合（一部のみ表示）

m	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$	$i = 4$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
4	33.3	44.3	18.4	4.0
5	32.9	44.4	23.4	7.8
6	32.8	44.5	17.9	3.9
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
9	32.8	44.5	23.4	7.8
10	32.8	44.5	17.9	3.9

表-5 シナリオ 1 の補修実施直前時点の劣化割合（一部のみ表示）

m	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$	$i = 4$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
4	33.3	44.3	18.4	4.0
5	32.9	44.4	18.6	4.1
6	32.8	44.5	18.6	4.1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
9	32.8	44.5	18.6	4.1
10	32.8	44.5	18.6	4.1

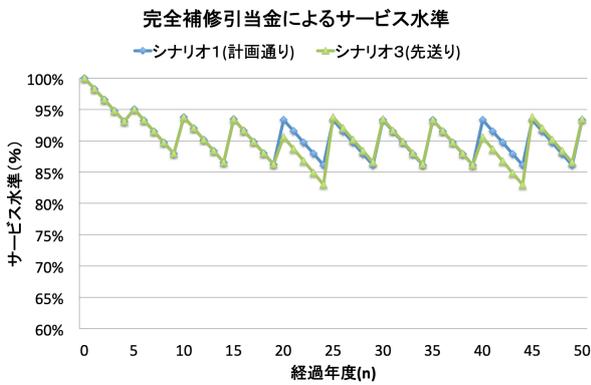


図-14 完全補修引当金によるサービス水準（補修が先送りされた影響）

影響について、余剰資金 $C^{\xi}(n)$ を用いて評価する。図 15 はシナリオ 1 と 3 の余剰資金 $C^1(n)$, $C^3(n)$ の 50 年間の推移を表す。図 16 はシナリオ 1 と 3 の点検実施回ごとに支出された点検・補修費の推移を表す。図 16 の $m = 4, 8$ に着目すると、支出される補修費は一部の補修が先送りされたシナリオ 3 の方がシナリオ 1 の場合よりも少ない。しかし、 $m = 5, 9$ に着目すると、シナリオ 3 は先送りされた補修を埋め合わせるために、補修費が増大していることがわかる。図 15 の 20 年目から 24 年目に着目すると、余剰資金 $C^{\xi}(n)$ の大小関係

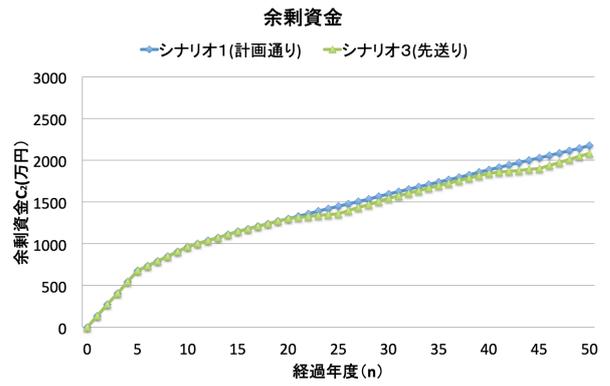


図-15 余剰資金（補修が先送りされた影響）

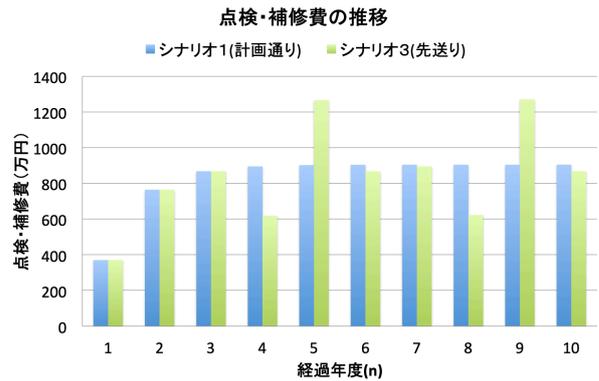


図-16 点検・補修費の推移（補修が先送りされた影響）

は、 $C^1(n) > C^3(n)$ となる。シナリオ 3 は 20, 40 年目に一部の補修が先送りされたことが影響して、25, 45 年目の点検時に多額の補修費が発生する。そのためシナリオ 3 は、20~25, 40~45 年目にシナリオ 1 よりも多額の繰延維持補修引当金繰入額 $A_2^{\xi}(n)$ が計上される。それに伴い、シナリオ 3 の繰延維持補修引当金 $D_2^{\xi}(n)$ もシナリオ 1 の場合よりも大きくなる。結果として、シナリオ 3 の余剰資金 $C^3(n)$ はシナリオ 1 の場合よりも小さくなる。すなわち 図 15 は、シナリオ 3 は補修が先送りされたことが影響して、シナリオ 1 よりも将来の財務状況が悪化することを、補修が先送りされた 20, 40 年目の時点で既に示している。

表 6 は、シナリオ 1 と 3 について 20 年目から 26 年目のそれぞれの余剰分 $NA^1(n)$, $NA^3(n)$ を記述する。20 年目から 24 年目の余剰分 $NA^1(n)$ と $NA^3(n)$ の大小関係は、 $NA^1(n) < NA^3(n)$ となる。この原因はシナリオ 3 は 20 年目に実施するべき一部の補修が先送りされたことにより、シナリオ 1 よりも補修費が抑えられたからである。一方で、25, 26 年目の余剰分の大小関係は $NA^1(n) > NA^3(n)$ である。この原因はシナリオ 3 は 20 年目に先送りされた補修を埋め合わせるために、25 年目に補修費としてシナリオ 1 よりも多額の支出を強いられるからである。

このように、補修が先送りされた場合の財務的影響

表-6 シナリオ 1 と 3 の余剰分

n	$NA^1(n)$	$NA^3(n)$
20	1301.7	1578.2
21	1511.7	1788.2
22	1721.7	1998.2
23	1931.7	2208.2
24	2141.7	2418.2
25	1449.2	1360.8
26	1659.2	1570.8

の評価に余剰分 $NA^\xi(n)$ を用いると、補修が先送りされた直後時点では内部留保が大きくなるので、補修が先送りされた場合の方が財務的に良好であると評価されてしまう。一方で、余剰資金 $C^\xi(n)$ を用いることで、補修が先送りされた場合、将来的に先送りした補修分を埋め合わせるため補修費が大きくなり、最終的に財務的に悪影響がもたらされることを、補修が先送りされたその時点で把握することができる。

5. おわりに

本研究では、予防的補修を採用した場合や補修が先送りされた場合に、資産のサービス水準や組織の財務状況にもたらされる影響を、インフラ会計システムの枠組み内で、評価する会計情報や手法を提案した。

2. では、インフラ会計システムを定義し、関連する既往研究について言及した。また、インフラ会計システムに関する課題を指摘した。とりわけ、サービス水準の評価に資産の劣化状態を反映させることや、維持管理活動に対する財務的影響を評価することの必要性を指摘した。

3. では、サービス水準の評価について、既往の会計原則に基づいた消耗額の評価手法に関する問題点を指摘した。指摘した問題点を克服する消耗額の新たな評価手法として、将来にわたって全ての補修需要額を評価対象とする完全補修引当金を提案した。そのうえで、既往の手法と比較した場合の完全補修引当金の優位性について説明した。また、財務的影響の評価について、本研究では内部留保の大小に着目し、内部留保のうち資本的支出に投入可能な資金額を評価する必要性を指摘した。内部留保情報である余剰分から、将来の補修需要額を表す繰延維持補修引当金を控除した会計情報である余剰資金によって、財務的影響を評価する手法を提案した。

4. では、仮想のインフラ管理組織を例に挙げて、本研究で提案した手法を用いて、サービス水準や財務的影響を評価した。そして、既往の評価手法と比較して、

提案した評価手法が優位であることを示した。

インフラ資産を維持管理するにあたり、一定のサービス水準を保つことが求められる。したがって、補修計画を立案する際には、まずサービス水準を用いて、資産の劣化状態に関する目標管理水準を定める。そのうえで、財務的影響について余剰資金を用いて評価することで、目標管理水準を保つことができる範囲内で、長期的な財務状況が最も良好となるような補修計画を立案しなければならない。

最後に本研究に関する今後の課題を提示する。第一に、異なる種類の部材を維持管理する場合である。異なる種類の部材を維持管理する場合も、同質の部材ごとに本研究で提案した評価手法を適用して、部材の種類ごとに足し合わせ、資産の劣化状態や組織の財務状況にもたらされる影響を評価することができる。ただし、異なる種類の部材を維持管理する場合には、本研究で議論した内容に加えて、点検・補修時に規模の経済性がもたらす財務的効果についても分析する必要がある。この点については今後の課題である。

第二に、点検間隔が異なる場合の評価を行うことである。本研究で導入したシナリオでは、点検間隔が全て等しい仮定であった。しかし予防的補修の例として、点検間隔を短くする場合も考えられる。したがって点検間隔が異なるシナリオを導入して、サービス水準や財務状況にもたらされる影響を本研究で提案した手法を用いて評価する必要がある。

第三に、本研究で提案した手法や指標について、インフラ会計システムを構成する財務会計内でどのように位置づけるのか更なる検討が必要である。本研究で提案した指標を財務会計内で記述するためには、サービス水準や余剰資金を算出するために必要となる完全補修引当金や繰延維持補修引当金を、貸借対照表に記述する必要があり、今後その方法を検討しなければならない。

参考文献

- 1) 小林潔司, 田村敬一, 藤木修: 国際標準型アセットマネジメントの方法, 鹿島出版会, pp15, 2016.
- 2) 小林潔司, 田村敬一, 藤木修: 国際標準型アセットマネジメントの方法, 鹿島出版会, pp218, 2016.
- 3) 国総研プロジェクト研究報告書第4号住宅・社会資本の管理運営技術の開発, 国土技術政策総合研究所, 2006, pp493-499.
- 4) 江尻良, 西口志浩, 小林潔司: インフラストラクチャ会計の課題と展望, 土木計画学研究・論文集, No.770/VI-64, 15-32, 2004.
- 5) 減価償却資産の耐用年数等に関する省令, 財務省, https://www.web-seibunsha.jp/tebiki/pdf/9/pdf_mask/huroku.pdf.
- 6) 小林潔司: 分権的ライフサイクル費用評価と集計的効率性, 土木計画学研究・論文集, No.793/IV-68, pp.59-71, 2004.
- 7) 財務会計の概念フレームワーク, 企業会計基準委員会,

- 2006, https://www.asb.or.jp/jp/wp-content/uploads/begriff_20061228.pdf.
- 8) 堀倫裕, 鶴田岳志, 貝戸弘之, 小林潔司: 下水処理施設の維持管理会計システム, 土木計画学研究・論文集, Vol67, No.1, pp.33-52, 2011.
 - 9) 統一的な基準による地方公会計マニュアル(令和元年8月改訂), 総務省, https://www.soumu.go.jp/main_content/000641075.pdf.
 - 10) 堀倫裕, 小濱健吾, 貝戸弘之, 小林潔司: 下水処理施設の最適点検・補修モデル, 土木計画学研究・論文集, Vol25, No.1, pp.213-224, 2008.
 - 11) 津田尚胤, 貝戸弘之, 青木一也, 小林潔司: 橋梁劣化予測のためのマルコフ推移確率の推定, 土木計画学研究・論文集, No.801/I-73, pp69-82, 2005.10.

(2020. ?. ? 受付)

表-7 変数一覧表

n	任意の会計年度 ($n \in 1, 2, \dots, 50$)
ξ	任意の補修シナリオ ($\xi \in 1, 2, 3$)
SL	サービス水準 (会計原則ごとに下付き添え字を設ける)
$SL_1^\xi(n)$	減価償却累計額によるサービス水準
$SL_2^\xi(n)$	繰延維持補修引当金によるサービス水準
$SL_3^\xi(n)$	完全補修引当金によるサービス水準
D	資産の消耗額 (会計原則ごとに下付き添え字を設ける)
$D_1^\xi(n)$	減価償却累計額
$D_2^\xi(n)$	繰延維持補修引当金
$D_3^\xi(n)$	完全補修引当金
A	単年度期間中に認識される費用 (会計原則ごとに下付き添え字を設ける)
$A_1^\xi(n)$	減価償却費
$A_2^\xi(n)$	繰延維持補修引当金繰入額
$A_3^\xi(n)$	完全補修引当金繰入額
\bar{S}	ストック評価額 (取得原価)
F^ξ	完全補修需要額
d	点検間隔
$R^\xi(n)$	補修費 (点検費も含む)
$C^\xi(n)$	余剰資金
$NA^\xi(n)$	余剰分
$PL^\xi(n)$	損益
$L(n)$	償還額
$E(n)$	資本的支出額
N	供用期間
I	経常収入
i	任意の健全度 ($i \in 1, 2, 3, 4$)
\bar{i}	平均健全度
\mathbf{p}	劣化推移確率行列
\mathbf{q}^ξ	補修推移行列
c_i	補修単価
J	点検費
m	任意の点検実施回 ($m \in 1, 2, \dots, 10$)

REAEARCH ON INFRASTRUCTURE ACCOUNTING SYSTEM CONSIDERING SERVICE REVEL

Takahiro OKAMOTO and Kakuya MATSUSHIMA

In recent years, as part of administrative reform, theories and methods of corporate accounting such as financial accounting and management accounting have been introduced in the field of maintenance and management of infrastructure assets. In constructing an accounting system for infrastructure assets, asset evaluation considering the deterioration state of assets and evaluation of the financial impact of maintenance activities play an important role. However, there are few studies on these evaluations. Based on the above problem awareness, this study proposes a new method of evaluating the amount of consumption that reflects the state of deterioration of assets and evaluates the service level using this method. Regarding the financial impact, we propose a new evaluation method that focuses on retained earnings and also considers the amount of consumption.