

仮想ネットワークにおける上水道事業のリスクマネジメント手法の開発

熊本大学 学生員 ○吉田 秀俊

熊本大学 正会員 柿本 竜治

1. はじめに

近年、財政事情の悪化により公共投資は大幅に削減されている。限られた予算の中で、公共事業を行っていくためには、収益と便益を維持したまま費用を抑えていく必要がある。費用のばらつきをリスクと考え、リスクが小さくなるようにマネジメントすることで採算性の向上を図ることができると考える。本研究では、上水道事業を取り上げる。上水道事業は、営業収益で施設の建設費や維持管理費を賄うという独立採算制が採られている。上水道事業は、今後人口の減少と飲料水の普及による水需要の低下と既存の施設が老朽化することによる維持管理・更新費用の増大が考えられる。そのため、上水道事業においてリスクマネジメントシステムを構築し、適切な維持管理を行っていくことが必要であると考えられる。本稿では、仮想上水道ネットワーク上での水道管の維持管理・更新のためのリスクマネジメント手法の開発を行う。

2. 上水道事業とリスクの定量化手法

水道管の維持管理費に影響を与える要因として考えられるものを表-1に示す。維持管理費は、(A)～(D)の4つの要因の発生件数によって大きく変化する。

本研究では、維持管理費および更新費用の合計のばらつきをリスクと考える。費用のばらつきを小さくするには、耐震補強を行ったり、更新を頻繁に行ったりすることで小さくすることができる。しかしながら、補強や水道管の更新を頻繁に行うと費用が増大してしまう。限られた予算や収益の中で事業を行っていくためには、ネットワーク上で重要なポイントを補強し、費用の最小化を行っていく必要がある。そこで、収益一定という条件のもとで費用の最

表-1 維持管理費に影響を与える要因

(A)	水道管の老朽化による漏水
(B)	他工事による水道管の破損
(C)	地震発生による水道管の破損
(D)	冬季における凍結による水道管の破損

小化を図る。費用の合計と標準偏差が可能な限り小さくなるようなマネジメント手法をシミュレーションにより検討していく。シミュレーション方法にはモンテカルロ・シミュレーションを用いる。

$$C = C_1 + C_2 + f + g(C_2) \quad (1)$$

C はライフサイクル期間中の維持管理費の合計とし、 C_1 は施設の維持管理費、 C_2 は水道管の維持管理・更新費用、 f は他工事によって発生する損失、 $g(C_2)$ は老朽化による漏水の被害費用とする。施設の維持管理費 C_1 は一定、水道管の維持管理費 C_2 は、更新パターンに依存するものとする。他工事によって発生する費用も1件あたり一定とし、発生件数に分布形を与える。老朽化による漏水は、更新費用に依存すると考えられる。更新によって老朽化による発生件数を変化させ、更新のタイミングを計る。図-1は、横軸に $C_1 + C_2$ 、縦軸に費用 C をとったものである。

図-1の曲線は費用の70%が取る値の最大値を示し、値の取り得る範囲を考える。その中で、一番ばらつきが小さくなる点を求めたい。この場合、点線で示したところが最適点となる。 C_1 は一定なので、最適な更新パターンおよび費用 C_2^* を求めることができると考えられる。

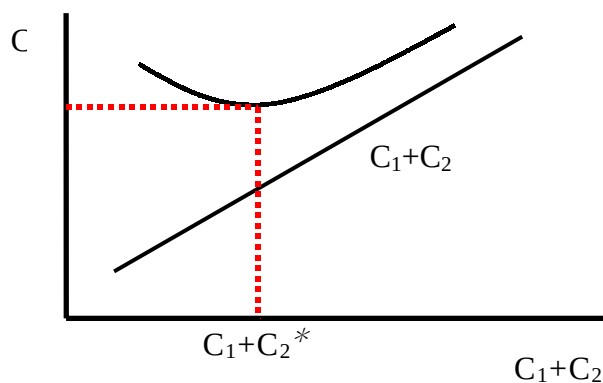


図-1 費用最小化手法

3. 仮想ネットワーク上でのシミュレーション

3.1 使用データ

キャッシュ・フローデータは熊本市水道局のデータに準拠している。また、維持管理費に影響を与

える要因についても、熊本市水道局のデータに基づき作成した。本研究で着目する要因は、表 - 1 の(A)～(C)とする。要因(D)は給水管に多く発生しており、本管にはほとんど発生しない。本研究では、水道管本管しか取り扱わないため、要因(D)は考えないものとする。また、要因(C)については、今回は考慮していない。要因(A)については、管の種類はダクタイル管のみとする。発生件数は全体での発生件数しかわかっていないため、水道管の総延長で割り、1mあたりの発生件数として求めている。要因(B)については、発生要因として水道管の埋設状況が図面と異なっていたために傷つけてしまう場合、単なる工事ミスの場合の2つが挙げられる。水道局では要因(B)の総件数しか得られなかったため、発生要因別の件数は水道局で行ったインタビューに基づき、発生割合で割りあてた。発生確率は全体で行われた工事件数を主観的に設定し、破損した件数を工事の総件数で割ることにより求めた。今回、各区分での工事件数は、1年で100件ずつとし、二項分布を与えた。

また、要因(A)と(B)の両方において、件数のデータが少なく、直接確率分布を求めることができなかった。そのため、離散一様分布を仮定し、分布から無作為に抽出することでデータ量を増やし、そのデータについて確率分布を推定した¹⁾。要因(A)、要因(B)について、それぞれ与えた分布形を表 - 2 に示す。ただし、要因(A)の水道管の老朽化に伴う漏水は、発生件数が年を経るごとに増加するように増加率を設定した。現況のデータより1年あたりの増加率 $g = 1.08$ とし、これを分布の平均値に乗じたものを次の年の平均値とする。

表 - 2 与えた分布の種類と数値

	与えた分布形		
	正規分布	平均 (件/m)	分散
要因 (A)		0.00118	0.0000156
要因 (B)	二項分布	埋まり方 (p_1)	工事ミス (p_2)
		0.00084	0.00336

表 - 3 仮想ネットワークの初期設定

水道管総延長 (m)	3000
世帯数 (世帯)	300
割引率 r	0.04
収入 (万円)	9,000
老朽化に関する維持管理費 (円/件)	1,935,170
他工事の維持管理費 (円/件)	255,128
管の更新費用 (円/件)	2,575,250

3. 2 シミュレーションの概要

維持管理費に与える要因として、要因(A)と(B)のみを考慮したシミュレーションを行った。シミュレーションを行う仮想上水道ネットワークの初期設定を表 - 3 のように設定し、事業のライフサイクル期間は50年とし、水道管の耐用年数は40年とする。管の使用年数は、水道管総延長のうち1400mが埋設後20年、750mを埋設後10年、残り800mを0年とする。すべての水道管を20年目に更新するように設定した。

4. シミュレーション結果

維持管理費のシミュレーション結果を図 - 2 に示す。シミュレーション回数は1000回とする。

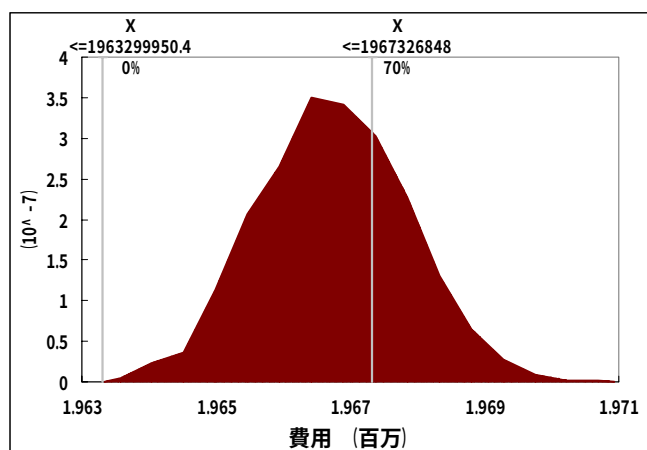


図 - 2 維持管理費の分布

5. おわりに

本稿では、仮想ネットワーク上で水道管の維持管理・更新を行った。その際に、費用の最小化を行うとともに、ばらつきを小さくしていくことを試みた。現在、仮想ネットワークを作成し、パターンごとに費用の分布を求めている。今後、いろいろな更新パターンの結果から最小となるパターンを最小化手法から求める必要がある。さらに、ネットワークを考慮し、ネットワークに関する補強についても考えなければならない。要因(C)を含めたすべての要因を取り入れるとともに、今回完成まで至らなかった維持管理モデルをこれから完成させたいと考えております。

参考文献

- 1) デビッド・ヴォーズ著、長谷川専、堤盛人訳：「入門リスク分析」