

サービスの視点を付与したアセットマネジメントに関する基礎的考察—地下施設の浸水対応を中心に

秀島 栄三¹・小林 佑大²・河原 健太郎³

¹正会員 名古屋工業大学大学院工学研究科 (〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町)

E-mail: hideshowima.eizo@nitech.ac.jp

²学生会員 名古屋工業大学大学院工学研究科 (〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町)

E-mail: cju19513@stn.nitech.ac.jp

³学生会員 名古屋工業大学大学院工学研究科 (〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町)

E-mail: cjk19512@stn.nitech.ac.jp

社会基盤施設のアセットマネジメントの取り組みとして、ライフサイクルコストの最小化の検討、会計体系や業務プロセスの改善などが各方面で進められている。本研究では社会基盤施設が持つ資産価値を容易に評価するために「サービス」の視点を取り込み、単にハードウェアの維持管理にとどまらないアセットマネジメントの展開を模索した。具体的には施設管理の3次元可視化、シミュレーション分析などを可能とする Building Information Modeling (BIM) のフレームワークを用い、事例として地下施設が提供する水害対応サービスを取り上げ、管理対象として施設を評価する枠組みを提案した。

Key Words : service, asset management, BIM, underground inundation

1. はじめに

社会基盤施設の管理の効率化およびアカウントビリティ向上に向けてアセットマネジメントの考え方に基づくライフサイクルコスト最小化の検討やマネジメントシステムの開発等が進められている。アセットマネジメントは和訳すれば資産管理であるが資産価値の評価が十分に行われた研究も実践も未だほとんど見られない。本研究では価値評価を容易にするために「サービス」の視点を取り込み、単にハードウェアの維持管理にとどまらないアセットマネジメントの展開を模索する。具体的には施設管理の3次元可視化を可能とする BIM を活用をし、施設が提供するサービスを評価することを検討する。本稿では特に人命や市民の資産を災害から守ることを一つのサービスとして取り上げ、考察を行うこととする。

2. アセットマネジメントとサービス

いかなる社会基盤施設もその整備効果を発揮し続けていくことが求められるべきであり、また維持管理のため

の投資の額・時期が諸施設の機能水準を変え、資産価値に変化をもたらすことがもっと考慮されるべきである。また災害等の突発的事象に遭遇する可能性も考慮するならば予め防災投資、被災後の追加投資による施設が発揮しうる価値の変化も評価されるべきである。費用最小化を追求するだけでは必ずしも最良の公共施設が提供されない。このような状況にあることについてはいくつかの原因があると考えられる。

- 1) 論理的に支出と価値を同時に考慮することが難しい。
- 2) 実務的に支出と価値を同時に考慮することが難しい。市民に複雑な説明を行えない。
- 3) 自治体などの施設管理者は組織的に財政部門と支出を行う事業部門が分かれていることから支出と価値の両面に横断して行うべき議論がされにくい。

そこで本研究では財政部門と事業部門に横断する問題としてアセットマネジメントを捉えやすいものとするために「サービス」の考え方を取り込むことを試みる。

「サービス」の定義は様々であるが、ここでは、何らかの主体が、ハードウェアとソフトウェアによって他者に提供する「もの」や「こと」として捉える。提供されるサービスを念頭に置くことで、ハードウェアが社会にも

たらず価値を思考する必要に迫られる。

サービスを提供するにはその内容とそれを提供するための手段が必要である。手段にはソフトウェアとハードウェアがある。社会基盤施設に対する従来の認識はハードウェアであるが、本来的には両者の組み合わせで提供されていると言える。ここで問題となることは、ハードウェアは一般的に目に見える。言うまでもなく埋設されているなどの理由で目に見えにくいものもある。これに対してソフトウェア、あるいはその上で営まれるプロセスは目に見えにくい。あるいは記述するための方法が十分に確立されていない場合がある。例えば自動車の生産システムを記述しようとする際にベルトコンベヤ上を自動車あるいは部品が移動していく図が想起されるが、そのプロセスを“待ち行列”として捉える、あるいはその待ち行列を捌く制御のフローを図式化する、というように、可視化の試みはこれまでも多く行われている。

社会基盤施設をハードウェアとして、その上で提供されるサービスに目を向けてみる。単一種類の施設、例えば道路であれば「自動車を走行させること」が主要なサービスとなる。しかしそのような捉え方だけでは機能水準を一定とした費用面のみの議論になりやすくなる。これに対し、例えば道路、上下水道、民間施設など複数種類の施設で構成される地区に焦点を当てることにより、地区で行われる生活、買物等のアクティビティに対し、諸施設が提供するサービスという捉え方が有効となり、翻ってサービス提供のための諸施設のあり方、機能水準を検討する必要性が浮かび上がる。そこで以下ではあえて駅前広場、地下街のような複数の施設で構成されるものを対象として議論していく。この対象のことを本稿では施設群と呼ぶこととする。

ところで昨今 BIM(Building Information Model)の開発が進められている。BIM はいわゆる CG の側面に加え、施設の構造強度、水の流れ、交通動線などを同一モデルに取り込み、これらに係る分析を容易にする。従って社会基盤施設とサービスの関係を記述あるいは理解する上で BIM は有効となる。近年では土木構造物を対象とするものについては国土交通省が先頭に立って CIM(Construction Information Model)と呼んでいる。

以下では、この BIM を用いた施設群の管理体系の構築を検討する。本稿では施設群として地下街を想定する。また地下街が提供するサービスはたくさんあるが、ここでは「水害時の都心機能継続サービス」に焦点を当てる。

3. 地下浸水と災害対応サービス

都市の開発が進み、都市部の地表面はアスファルトや

コンクリートによる舗装で覆われ、都市の雨水排除は下水道などのような雨水処理施設に強く依存することとなった。その一方で地球温暖化の影響により短時間に、局地的に、大雨を降らす集中豪雨の発生回数が増加している。集中豪雨は瞬間的な雨の強度を示す降雨強度が非常に大きく、これまで整備されてきた都市の排水システムでは十分に対応できるとは言えない。

都心域では限られた土地を有効に活用するため、地下鉄や地下街など地下空間への広がりを見せている。集中豪雨が発生すると処理しきれない水は地上に溢れ、より低い位置にある地下に流れ込む。地下空間は多様な施設が複雑に組み合わせることで形成されており、防災の観点からみると水害発生後の状態を予想することが難しい。これまで地下空間の水防災についていくつかの研究が行われている。戸田らの研究¹⁾では水深と流速から浸水時の避難困難度に関する研究が進められ、関根²⁾らは避難に関する数値シミュレーションを行い、避難誘導に関する考察をまとめている。

本研究では地下空間、特に地下街の施設管理という視点から水害を捉える。地下空間では浸水被害を防ぐ災害対応サービスの提供が求められる。この災害対応サービスを評価するには浸水によりサービス水準がどのように低下するかを理解しなければいけない。これを理解する上で地下街への浸水プロセスを三次元で表現することは大いに役立つと考えられる。そこで BIM を用いた地下街の水防災サービスの可視化を試みる。

4. BIMを用いた地下施設のモデリング

三次元バーチャルリアリティソフト UC-win/road を使用し、これに雨水流出解析ソフト xpswmm で解析した浸水情報を統合し、三次元で表現することができる。図-1 に関連ソフトの関係図を示す。UC-win/Road と xpswmm を用い、施設の形状、地理的条件、降雨パターン等を統合的に考慮した地下街モデルを作成する。

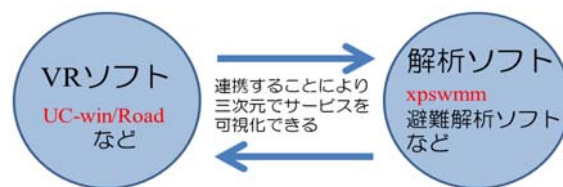


図-1 ソフト間の関係図

降雨パターンとして 2000 年東海豪雨を想定する。図-2 に東海豪雨の降雨量を示す。東海豪雨は東海地方を中心に集中的な豪雨を降らせ、名古屋地方気象台では 2 日

間の総雨量 567 mm, 時間雨量 93 mmを記録し, 多数の地下空間で被害が生じた。

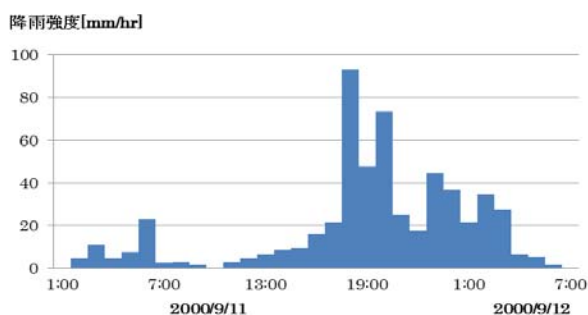


図-2 東海豪雨の名古屋での観測雨量

地下街への水の流入は, 地上で雨水が処理施設によってどれだけ排除されるかに影響を受ける。流入量を算定する際には雨水処理施設の排水能力を考慮する必要がある。雨水処理施設の排水能力は1時間に対処できる降水量のことを示し, mm/h の単位で表される。例えば排水能力が 60 mm/h の場合, 降雨強度 60 mmの降雨を氾濫被害なく処理できる。そこで 60mm/h を基準とし降雨強度 60mm/h 以下の雨は降水量を 0 mmと調整することとする。

地下街の浸水は地上の氾濫状況により流入箇所や規模が異なるため, 地上と地下街を統合した解析を行うことが望ましい。しかしソフトウェアに制約があり地上と地下街を同時に解析することができない。そこで地下街に浸入する水の流入量を測定する地表面解析と地下街へ流入した水の浸水プロセスを解析する浸水解析の2つに分けることにより対応することとした。図-3 は地表面解析, 図-4 は浸水解析の一例である。

浸水被害は階段からの流入により生じるものとし, 地表面解析では階段への流入量を算定する。本解析では 11 個の階段からの浸水を想定し水の流入口を設置した。降雨により地表に水があふれ, 設定した流入口の高さに到達すると水が流れ込むものとする。

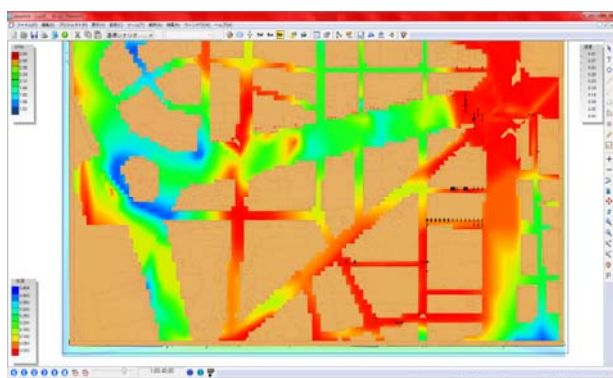


図-3 地表面解析

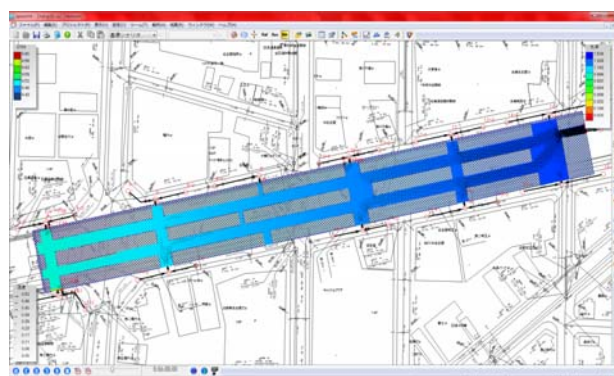


図-4 浸水解析

5. 解析に基づくサービス評価

(1) 解析の想定

想定に用いた地下街が実在する自治体では, 1時間に 60mm の降雨に対処できるよう雨水整備が進められている。しかし実際には落ち葉により側溝がつまる, 地上を走る車の走行により波が生じるなどの原因により想定通りのサービスを提供できるとは限らない。また, 地下空間の浸水対策には出入口のマウンドアップや止水板の設置, 土嚢の用意などがある。このような浸水対策の有無により浸水被害は大きく異なる。

そこで雨水処理施設の排水能力として 60mm/h, 30mm/h, の2つの場合を想定し, これに浸水対策がある場合とない場合を掛け合わせ, 合計4ケースに対して浸水解析を行い, 浸水によりサービスが機能しなくなるプロセス, 地下街の浸水対策の効果などについて考察する。排水能力 60mm/h は現在目標としている排水能力が機能している場合を, 排水能力 30mm/h は何らかの原因により排水機能が低下している場合を意図している。また浸水対策は流入口の高さを変更することで表した。表-1 に各ケースの概要を示す。

(2) 解析に基づくサービス評価

解析の結果から各ケースにおいて避難安全度, 物的損失, 機会損失の3点について正しく提供できているかサービス評価を行う。

a) CASE1におけるサービス評価

CASE1 では雨水処理施設の排水能力を 60mm/h とし, 浸水対策を行っていない場合を想定する。浸水が始まってから 30 分ほどで地下街の多くの場所で浸水深は 20~30 cmに達し, 1 時間後には 50 cmに到達する。図-5 は浸水開始後から 1 時間後の浸水を示している。浸水が確認されてから 3 時間後にピークを迎え, 95 cmの浸水が見られた。その後はより低位置にある隣接した B 駅や地下駐車

場へと水が流れていき次第に水位の低下が見られた。

地下街にある店舗の被害について考察する。店舗の多くは通路に対して開かれたつくりになっており、店舗の中へと水が流入する。従業員が浸水を確認してから閉店、商品の退避を行うのでは対応が追い付かず、物的被害が生じる。またコンセントなどの電気設備にも多大な損失が生じるものと推測される。雨が止み、地下街の浸水を排水した後も、流れ込んだ地上のゴミや浸水被害にあった商品や備品などが地下街に散乱し、地下街として機能するまでに時間を要し、機会損失となる。CASE1 では上述のような被害が考えられることから水防災サービスは適切に提供できなかったと言える。

表-1 各 CASE の概要

	排水能力(mm/h)	浸水対策
CASE1	60	無
CASE2	60	有
CASE3	30	無
CASE4	30	有

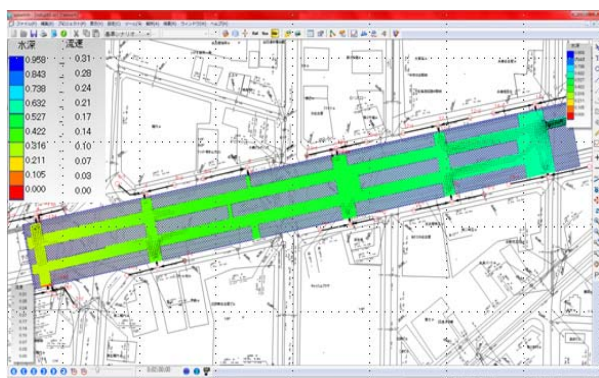


図-5 CASE1 浸水開始から1時間

b) CASE2におけるサービス評価

CASE2 の降雨パターンは CASE1 と同じものである。CASE2 ではマウンドアップや止水板の設置など浸水対策が行われているものと想定して解析を行った。その結果、地下街への浸水は見られなかった。つまり水防災サービスは適切に提供されていると言える。

c) CASE3におけるサービス評価

CASE3 では雨水処理施設の排水能力を 30mm/h とし、浸水対策が行われていないものと想定する。CASE3 の浸水の広がり方は CASE1 とほぼ同じであった。CASE3 では浸水開始から 30 分ほどで 50 cmの浸水深が見られる。50cm は成人男性の膝辺りの高さであり、避難は可能であるが安全に歩くことが困難と言える。浸水開始から 1 時間ほどで 80cm の浸水深に達し救助なしでの避難が困難となる。図-6 は浸水開始後から 1 時間後の浸水を示してい

る。3 時間経過したころにピークを迎え最大 150 cmの浸水深となる。さらに地下街が浸水すると流入したゴミや店舗の商品や備品などが浮遊物となり、避難がより困難になると考えられる。以上のことより、CASE3 における水防災サービスでは、浸水開始 1 時間後には身の安全を確保することができない。

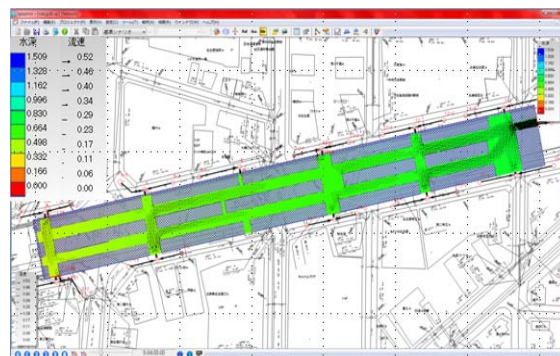


図-6 CASE3 浸水開始から1時間

d) CASE4におけるサービス評価

CASE4 は雨水処理施設の排水能力を 30mm/h とし、浸水対策が行われている場合を想定したものである。CASE4 では浸水が生じたが 1 つの流入口からのみであり、最大浸水深が 15cm 程度だった。浸水速度も非常に緩やかである。これは CASE3 と比較すると浸水対策の効果が非常に大きいことが分かる。図-7 は CASE4 におけるピーク時を示している。CASE4 では人命の安全は十分確保はできているが、水溜りを歩くことになり、通常の歩行環境は確保できない。商品や設備の被害は軽度であり、浸水の規模、速度などからすると浸水対策を行う時間は確保できると考えられる。結論として水防災サービスは完全ではないが、必要最低限は提供されていると言える。

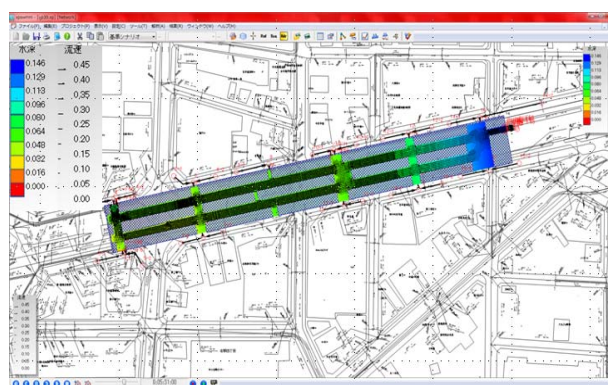


図-7 CASE4 浸水開始から5時間

e) 4 ケースに対するサービス評価のまとめ

避難安全度、物的損失、機会損失の 3 点について水防災サービスが正しく提供されているかを各ケースで考察

した．その結果を表-2のようにまとめる．

CASE1 や CASE3 では地下街に水が流入すると急激に水位が上昇し被害が拡大していくことが示された．強い雨による地下水害には時間的猶予がなく，素早い避難が必要である．しかしながら地下街では地上の様子がわかりにくく初動が遅れやすい．地下街利用者は水害時にどこに避難すべきかわからず右往左往し，従業員は浸水が始まってから商品の退避などをはじめ作業に手間取るうちに水位が上昇し避難できなくなることが予想される．マウンドアップや止水板のようにハードの領域における施設整備による防災のみならず，災害発生時の対応マニュアルを策定したり，施設管理者が避難誘導を行えるよう準備しておくなどの減災に向けたソフトの領域における整備の充実も重要である．

地下街に流入した大量の水は地下街に隣接する B 駅へと流れていくという結果が見られた．B 駅で浸水対策を行うときには接続している地下街からの浸水を考慮する必要がある．このように地下空間における浸水対策を考えるには隣接する施設も視野に入れる必要がある．水防災サービスに限らず多くのサービスは複数の施設により提供されており，複数施設で横断的な施設管理を行うことの重要性が認められる．

表-2 各 CASE の結果

	避難安全度	物的被害	機会損失
CASE1	△	×	×
CASE2	◎	◎	◎
CASE3	×	×	×
CASE4	○	○	○

◎：被害なし ○：軽度の被害
△：中程度の被害 ×：重度の被害

(3) BIMの活用

従来の解析では浸水プロセスを俯瞰的に確認するやり方が主流である．本研究で用いた地下街モデルでは三次元都市空間に解析の結果を反映することで俯瞰的な捉え方に加え，自由な任意の視点から浸水プロセスを確認することができる．UC-win/Road にはウォークスルーという機能がある．ウォークスルーとは BIM モデルで作られた建物内外を仮想的に歩き回ることができる機能である．ウォークスルーを使い，歩行者の目線で水位の変化を見ると，急激に上昇することが実感できる．図-8 では地下街の歩行者が水に飲まれる過程を示している．

浸水プロセスを三次元的に可視化することにより，地下空間における避難の困難さや危険性の理解が容易となり，管理者や関係者がイメージを共有することで浸水対策に向かう姿勢を揃えることができる．

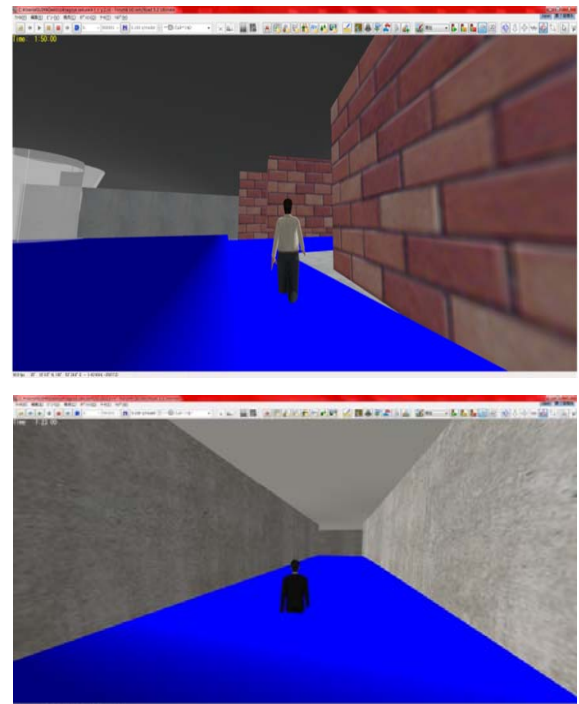


図-8 三次元的に表現された地下街

6. おわりに

本稿では，サービスの視点を付与したアセットマネジメントのプロセスを提案した．今後の展開としては BIM を活用することで，避難解析シミュレーションと連携し，浸水だけでなく人の挙動を捉え，水防災サービスによる便益を向上させるなどの施設管理に役立てることが考えられる．

謝辞：本稿は，日比科学技術振興財団研究助成「公共施設管理へのサービスの視点の付与に関する研究」の成果と日本学術振興会科学研究費補助金（基盤研究(C)一般）25420541）の成果を含んでいる．記して謝意を表する．

参考文献

- 1) 石垣泰輔・戸田圭一・尾崎平・馬場康之・井上和美：内水氾濫時における大規模地下空間と避難，京都大学防災研究所年報，第 54 号 B，2011．
- 2) 関根正人・本山量啓：地下空間浸水時の避難誘導に関する数値解析，水工学論文集，第 52 巻，2008．
- 3) 秀島栄三：公共施設管理へのサービスの視点の付与に関する研究
- 4) 社団法人土木学会：「アセットマネジメント導入への挑戦」，技法堂出版，2005．

(2013. 8. 2 受付)

A BASIC STUDY OF ASSET MANAGEMENT FROM THE VIEWPOINT OF
SERVICE, CENTERING ON RESPONDING SERVICES TO INUNDATION OF
UNDERGROUND FACILITY

Eizo HIDEISHIMA, Yuta KOBAYASHI and Kentaro KAWAHARA