

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 31 日現在

機関番号：17401
 研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2009～2011
 課題番号：21360294
 研究課題名（和文） 建物群を対象とした LCC 予測に基づく LCM 手法に関する研究
 研究課題名（英文） Methods of LCM based on Estimating LCC for a Group of Facilities
 研究代表者
 位寄 和久（IKI KAZUHISA）
 熊本大学・大学院自然科学研究科・教授
 研究者番号：00244103

研究成果の概要（和文）：多数の施設を保有する企業や大学には、「適切な時期での建物の修繕・改修・改築による建物の長寿命化」と「年度ごとの修繕・改修・改築投資の平準化」という相互に関わりつつ矛盾する要求がある。本研究では、建物群を対象とし、建物の一生に必要な費用（Life Cycle Cost：LCC）の予測手法を開発し、予測結果にもとづく修繕・改修・改築時期の最適化（Life Cycle Management：LCM）手法を提案した。加えて、提案した LCM 手法の自動化へとつながる研究として、Building Information Modeling（BIM）データを活用した LCC の自動算定手法を開発した。

研究成果の概要（英文）：In order to maintain the functions of buildings, it is necessary for the owner such as an enterprise to estimate all repair timings and repair costs in the life cycle of each building, and to keep the balance between the appropriation and the investment sum for repair of a group of buildings for each year by investment leveling. In this research, we suggest the following. 1. Calculation methods for estimating building LCC. 2. Some methods for leveling the repair cost of a group of buildings for each year in its life cycle. 3. Automatic estimating method using BIM.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
2010 年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2011 年度	1,800,000	540,000	2,340,000
年度			
年度			
総計	7,100,000	2,130,000	9,230,000

研究分野：ファシリティマネジメント、建築経済、建築社会システム

科研費の分科・細目：建築学・都市計画・建築計画

キーワード：FM、LCC、LCM、平準化、修繕更新、投資、推定式、シミュレーション

1. 研究開始当初の背景

人口減少社会では、既存施設・建物ストックの物理的・機能的長寿命化による有効活用が求められる。その手段の一つとして、建物の維持管理コストの削減と計画的な修繕・改

修・改築の実施がある。

そのためには、企画から設計、施工、運用、解体にいたる建物の一生に必要な費用である LCC の算出と、LCC を最適化する LCM の実行が不可欠である。さらに、通常、企業や学校、市町村などは多数の建物を保有すること

から、それらを適切に維持しながら有効に活用するために建物群を対象とした LCM 手法が必要となる。しかし、建物群の LCC 算定及び LCM には以下の問題がある。

- a) 高い精度の LCC 算定には手間がかかる。
一般に、LCC の算定には建築保全センターが定める計算法を用いるが、それには算定精度と算定手間に応じて略算法、概算法、精算法がある。略算法は必要データが少なく手間はかからないが、施設運営に利用するには精度が低い。精算法は高精度だが、算定に多くの時間と詳細な図面を要するという問題がある。
- b) 建物群を対象とした LCM 手法が確立されていない。
建物群を対象とした LCM 手法は、活用可能な精度での多くの建物 LCC 算定が容易でないことから、これまで十分検討されていなかった。また、建物群を対象とした修繕・改修・改築時期の最適化は、建物群管理者の施設運営管理方針などの不確定な要素や、施設用途、部位、素材など建物ごとに異なる要素が相互に関係するため、一般的手法構築と業務モデル確立は困難である。

これらの問題が、建物群を対象とした LCM 研究の進展と企業や大学での施設運営における LCM の導入を妨げている一要因になっていると考えられる。その結果、以下の問題が発生している。

- a) 適切な更新時期を逃した事後保全による施設劣化や、それにとまう保全コストの増加。
- b) 修繕・改修・改築が集中する年度での投資の増大と、それを回避するための無理な修繕・改修・改築の次年度以降への持ち越し。

このような問題は、建物の物理的劣化を招くだけでなく、社会的ニーズへ対応できない機能的劣化を招き、有効利用を妨げる。ストック社会において、限られた不動産資産を適切にかつ効果的に運用するために、計画的な施設運営方法の確立は急務である。

LCC・LCM 研究にとって実践データは理論構築、理論検証の上で不可欠であり、本申請テーマにおいても同様である。そこで本研究では、全国に膨大な数の事業施設を抱える大手通信事業者の所有する建物群をケーススタディの対象とする。具体的には大手通信事業者の保有する施設基本データ及び施設維持管理に関する実績データの提供を受け、それらを主な分析対象として研究を進める。

2. 研究の目的

所有主体の施設運営方針に基づき、投資平準化を目的として、建物群の修繕・改修・改築時期を最適化する手法を確立することを本研究の目的とする。そのために、以下の項目について研究する(図 1)。

- a) 高い精度でありながら、算定に必要な建物データや算定手間をできる限り必要としない LCC 予測手法を構築する。建築保全センターが規定する LCC の計算法(精算法)及び大手通信事業者から提供された工事履歴や図面などの実績データを参考に、実績に則した予測式を作成する。
- b) 施設や室の用途による施設管理方針、部位・素材、工事など、それぞれの特性と相互の関連を、現実の状況(道連れ工事の実情や不確定要因など)に即して詳細に分析する。分析結果を踏まえ、修繕・改修・改築時期を最適化する複数のシナリオを想定する。
- c) 想定されたシナリオをもとに、投資シミュレーションを行う。
- d) 建物データベースをもとに投資最適化を支援する LCM 支援システムを構築するための足がかりとして、BIM モデルを用いた LCC 自動算定手法を提案する。

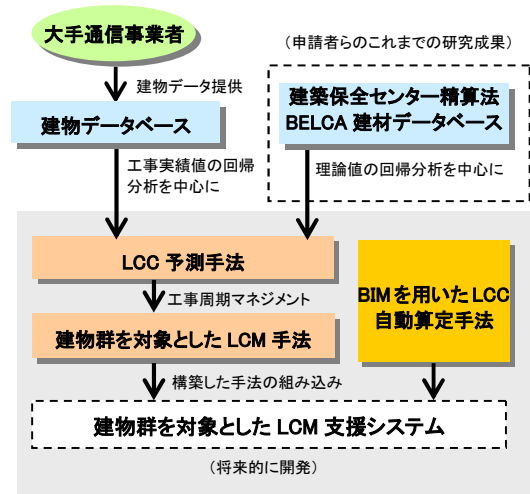


図 1 構築手法の全体像

3. 研究の方法

本研究は、1. 工事実績データに基づく LCC 予測式の提案、2. 建物群を対象とした LCM 手法の提案、3. LCM 支援システム開発に向けた BIM モデルを用いた LCC 自動算定手法の提案、の順番で進める。

はじめに、事前調査と入手資料のデータベース化として、LCC 及び LCM に関する基礎調査と大手通信事業者の工事実績データのデータベース化と基礎分析を行う。次に工事実績データベースを対象に LCC 予測式を提案し、その評価を行う。続いて、建物群を対象とし

た LCM 手法（プロトタイプ）の提案として、リスクマネジメントを導入した単年度投資額平準化手法の提案を行う。提案した LCM 手法を評価後、その結果を LCM 手法にフィードバックし、LCM 手法の信頼性を高める。最後に、LCM 支援システム開発の第一段階として、BIM モデルを用いて LCC を自動的に算定する手法を提案する。

4. 研究成果

(1) 大手通信事業者所有施設の LCC 推定手法及び LCM 手法の提案

大手通信事業者（企業 A）が保有する施設の更新工事の実績値を分析することで、施設の仕上材と建築面積及び延床面積から修繕工事や更新工事 1 回あたりの投資額を容易かつ正確に推定できる式を提案した。また、提案した推定式と更新周期の実績値を用いて、施設群を対象とした単年度修繕更新投資額を容易かつ正確に推定できる方法を提案した。算定作業が簡便であることから、数十施設はもとより数百～数千というオーダーの施設を対象とした LCRC や単年度投資額の推定が可能である。また、算定結果は工事実績値から推測される値であることから、従来の手法であった建築保全センターや BELCA が提供するデータのみに基づく算定よりも、企業 A の実情に即しているという点で正確であると言える。さらに、算定した施設群の単年度修繕更新投資額を LCM で活用するために、施設の修繕更新投資額を平準化し、突出して高い投資額を必要とする年度を無くすことを目的とした投資額平準化手法を提案した。具体的には、単年度投資限度額の設定方法、屋上・外壁工事の統合方法、投資分散元と投資分散先の年度選定方法、先送り・前倒し工事の選定方法、工事先送り年数、工事前倒し年数に着目して、平準化 6 タイプと分散許容範囲 8 パターンを提案し、それらの組合せによる 48 通りの平準化条件を手法として提案した。最後に、提案した平準化の手法を評価するために、推定した企業 A 所有施設の単年度修繕更新投資額をケーススタディとして投資額平準化を行った（図 2）。その結果、各平準化タイプ・分散許容範囲パターンの平準化の効果や工事削減費等を把握し、それぞれの特徴を整理することができた。また、平準化での手法活用の際し、平準化タイプ・分散許容範囲パターンを選択する判断方法について示唆を与えることができた。

(2) 国立大学法人施設への LCC 推定手法及び LCM 手法の応用

提案した企業 A 所有施設を対象とした LCC 推定手法および LCM 手法を、適用性・柔軟性という視点で評価するため、熊本大学の施設

を対象に適用した。はじめに、既往研究データから熊本大学黒髪キャンパス施設の投資傾向を把握し、経年別投資額推定式を提案した。施設内部に関しては、室用途と仕上材の組み合わせにより 5 つの経年別投資額推定式を、屋根に関しては、仕上材の種類により投資時期別の経年別投資額推定式を提案した。次に、提案した推定式により推定した投資額と精算法により算定した投資額とを比較し、推定式の有効性を検討した。結果、企業 A 所有施設を対象に提案した LCC 推定手法が熊本大学施設でも有効であることが明らかとなった。

さらに、提案した LCM 手法を熊本大学施設へ応用するため、企業 A と熊本大学の施設整備計画における取り組み方針の違いを整理し、本学の施設整備計画に応じた単年度投資額平準化手法における前提条件を整理した。次に、許容範囲、平準化パターン、予算制約の設定、投資配分の方法等、単年度投資額平準化における諸条件を設定し、本学施設群の LCC を対象とした単年度投資額平準化手法を提案した。前提条件の違いにより平準化のルールを変更する必要があることを除けば、企業 A 所有施設を対象に提案した LCM 手法が熊本大学施設でも有効であることが明らかとなった。

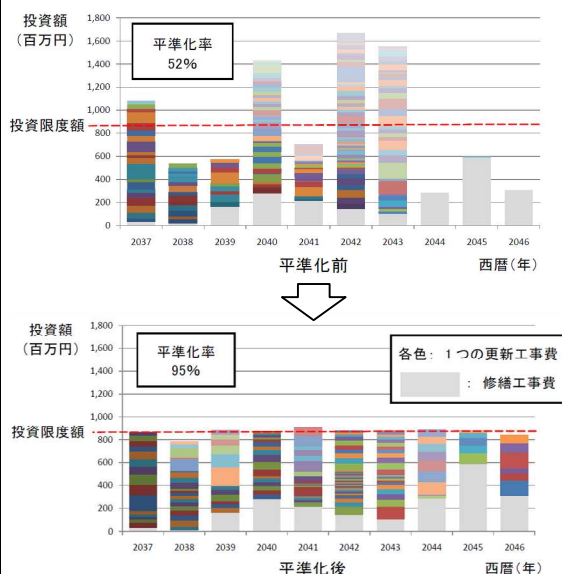


図 2 ある平準化条件による平準化前後の投資分布

(3) BIM を活用した自動 LCC 算定手法の提案

LCM 支援システム開発の取っかかりとして、BIM に対応した 3DCAD を用いて、建物ボリュームモデル（簡易モデル、図 3）を対象に LCC 推定式に基づいた LCC 自動算定が可能な手法を提案した。また、精算法 LCC 算定の自動化手法として、BIM 対応 3DCAD に入力された建物の詳細デジタルモデル（詳細モデル、図 4）を対象に部材数量やコスト情報を拾い出し、

LCC を自動算定する手法を提案した。簡易モデルによる LCC 算定手法と詳細モデルによる LCC 算定手法を比較し、それぞれの特徴を明らかにした。簡易モデルは、建物形状が簡易なためモデル入力には手間を要さないが、推定式に基づき算定することから精算法ほどの精度は見込めない。一方、詳細モデルは、精算法に基づいた算定が可能であるが、モデル入力に手間を要する。結果、既存施設については簡易モデルを主に使い、設計段階で BIM 対応 3DCAD により入力されたモデルがある新築施設についてはそのモデルを活用し詳細モデルとするという、対象施設に応じた適切な使い分けを行う必要があることが明らかとなった。さらに、第三のモデルとして、簡易モデルではあるが推定式を用いず、スペース属性に LCC 算定に必要な情報を集約するという中間的なモデルを提案した。モデル構築が容易であることに加え、計算精度は詳細モデルに匹敵する。その一方で、算定部位が限定されるなどの欠点があることが明らかとなった。また、複数モデルを連携させることにより、施設群における LCC 算定に必要な建物や部材データの管理について検討した。

技術的な発展研究として、建物モデルと別に用意したコストデータベースの連携を試み、その結果を検証した。LCC 算定において、3DCAD モデルは数量を中心にした情報のみ提供し、経済状況に応じて変化するコスト等の情報は 3DCAD とは別にデータベース化するという、LCM 支援システム内での 3DCAD 役割を明確にすることができた。

これらの研究を通じて得た最も大きな成果としては、簡易モデル、詳細モデルに関わらず、LCC 算定に必要な情報を蓄積した建物のデジタル 3D モデルを用いることにより計算根拠が明らかとなり、作業内容を透明化させた算定が可能となったことである。これは、LCM 支援システムに建物モデル（図面）から自動的に建物の規模や部材の数量を提供する仕組みとしてとらえることができる。BIM 対応 3DCAD によって構築された建物モデルは、LCM 支援システムになくしてはならない建物・部材情報データベースとしての役割を果たす。

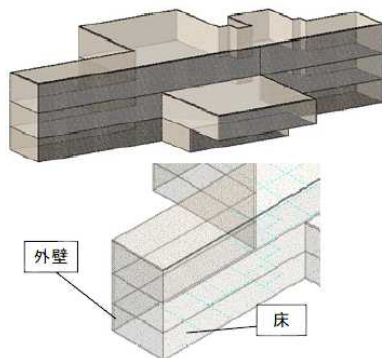


図3 簡易 BIM モデル

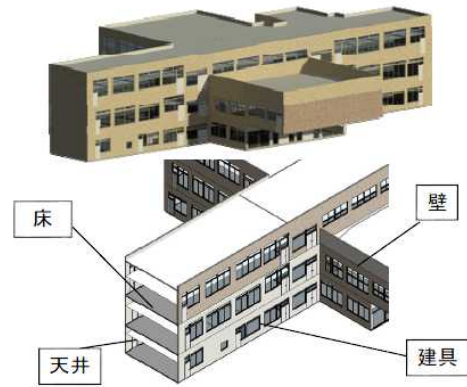


図4 詳細 BIM モデル

(4) まとめ

本研究は、LCC の中でも特に LCRC（生涯修繕・改修・改築工事費用）を対象とし、建物群について簡易で精度の良い予測手法と、その予測結果に基づく予算の平準化を考慮した修繕・改修・改築時期の最適化手法（LCM）、を提案することを目的として実施した。

成果として、多数の既存施設の LCC を、少ない建物情報から高精度で短時間に算定する手法の提案、建物群を対象として建物の物理的・機能的長寿命化を前提とした投資金額平準化手法の提案、を得ることができた。

ここでの研究成果の実践的活用を目的とし、申請者らが所属する熊本大学キャンパス FM において運用することを目指すと共に、BIM を適用した LCM 手法への発展が今後の研究課題である。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 8 件）

- ① 大西康伸、位寄和久、柴田洋希、「施設群を対象とした建物外装の生涯修繕・更新費の推定と単年度投資額平準化手法に関する研究」、日本建築学会計画系論文集、第 77 巻、第 674 号、pp.775-783、2012. 4、査読有
- ② 長曾我部真裕、位寄和久、下田貞幸、大西康伸、小島裕也、「BIM を適用した既存施設の LCC 算定手法に関する研究 - キャンパス FM 業務モデルに関する研究 -」、日本建築学会第 34 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集、pp.79-84、2011. 12、査読有
- ③ 小島裕也、位寄和久、下田貞幸、大西康伸、柴田洋希、長曾我部真裕、「キャンパス施設群の LCC を対象とした単年度投資額平準化手法に関する研究 - キャンパス FM 業務モデルに関する研究 -」、日本建築学

会第 34 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集、pp. 67-72、2011.12、査読有

- ④ 長曾我部真裕、位寄和久、下田貞幸、大西康伸、柴田洋希、竹井大将、「キャンパス施設におけるBIMを用いたLCC算定手法に関する研究 -キャンパス FM 業務モデルに関する研究 その 26-」、日本建築学会研究報告九州支部、第 50 号 3、pp. 69-72、2011. 3、鹿児島、査読無
- ⑤ 高石寿朗、位寄和久、下田貞幸、大西康伸、柴田洋希、坂本興志、「熊本大学の施設群を対象とした経年別投資額推定手法に関する研究 -キャンパス FM 業務モデルに関する研究 その 25-」、日本建築学会研究報告九州支部、第 50 号 3、pp. 65-68、2011. 3、鹿児島、査読無
- ⑥ 坂本興志、位寄和久、下田貞幸、大西康伸、柴田洋希、加治屋将吾、「施設群の LCRC を対象とした単年度投資額平準化手法に関する研究 -日本型ファシリティマネジメント業務モデルに関する研究 その 29-」、日本建築学会大会学術講演梗概集、E-1、pp. 1107-1108、2010.9、富山、査読無
- ⑦ 加治屋将吾、位寄和久、下田貞幸、大西康伸、柴田洋希、坂本興志、「施設群を対象とした建物外装の LCRC 推定精度向上に関する研究 -日本型ファシリティマネジメント業務モデルに関する研究 その 30-」、日本建築学会大会学術講演梗概集、E-1、pp. 1109-1110、2010.9、富山、査読無
- ⑧ 坂本興志、位寄和久、下田貞幸、大西康伸、大住博宗、浜崎恵子、「施設群を対象とした建物外装の LCRC 推定手法に関する研究 -日本型ファシリティマネジメント業務モデルに関する研究-」、日本建築学会第 32 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集、pp. 31-36、2009.12、東京、査読有

6. 研究組織

(1) 研究代表者

位寄 和久 (IKI KAZUHISA)
熊本大学・大学院自然科学研究科・教授
研究者番号：00244103

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

大西 康伸 (ONISHI YASUNOBU)
熊本大学・大学院自然科学研究科・助教
研究者番号：20381006

両角 光男 (MOROZUMI MITSUO)
熊本大学・大学院自然科学研究科・教授
研究者番号：50040449

下田 貞幸 (SHIMODA SADAYUKI)
熊本工業高等専門学校・建築社会デザイン
工学科・教授
研究者番号：10259971