

ライフサイクルコミッショニングの大学施設での実践と分析

- 建築計画的視点から -

ANALYSIS AND ACTUAL DEVELOPMENT OF LIFECYCLE COMMISSIONING
FOR A UNIVERSITY FACILITY

- FROM THE PERSPECTIVE OF ARCHITECTURAL PLANNING -

太幡英亮*, 中原信生**, 奥宮正哉***,
恒川和久****, 湯澤秀樹*****, 谷口 元******Eisuke TABATA, Nobuo NAKAHARA, Masaya OKUMIYA,
Kazuhiya TSUNEKAWA, Hideki YUZAWA and Gen TANIGUCHI*

This research aims to construct a total building “commissioning” process that is currently underdeveloped in the architectural planning and design field and clarify its value through practical cases of total building commissioning at a university research facility. We organized and verified lifecycle commissioning from the predesign phase to the occupancy and operation phase. We then analyzed the examination items and the examination flow in architectural commissioning by organizing all the documents on related subjects, including programming and design requirements. In addition, we surveyed participants regarding their attitudes about the commissioning and determined that attitudes varied because of differences in status.

Keywords: Commissioning, Building Performance Evaluation, Lifecycle, University Facility, Architectural Planning

コミッショニング, 建築性能評価, ライフサイクル, 大学施設, 建築計画

1. 設備コミッショニングからトータルビルコミッショニングへ

空調系の「コミッショニング」(以下Cxと略記)は1960年代に英米同時に始まり、英国では試運転調整をコミッショニングと呼んでマニュアルを整備し今日に至っている。米国ではTAB(試験調整)に特化して専門業界に委ねたが、発注者の要求性能を確実に実現するにはそれでは遅く、発注者の要求を記述する段階から始める必要があることが強く認識され、1989年に新築工事のコミッショニングプロセスと定義されてガイドラインを発行、その後二度に亘って更新された。そしてArchitect、Professional Engineerとは別に第三者性を有するCommissioning Authority (CA)の率いるチームによって性能管理を行うというスタイルが確立した。

日本では中原(共著者)による本学会への紹介¹⁾を嚆矢として空気調和衛生工学会の委員会活動として指針整備を行い、また建築設備コミッショニング協会が設立されて技術基盤整備と人材育成が行われてきている。空気調和衛生工学会ではコミッショニングを、「環境・エネルギーならびにつかいやすさの観点から使用者の求める対象システムの要求性能を取りまとめ、設計・施工・受渡しの過程を通して、その性能実現のための性能検証関連者の判断・行為に対する助言・査閲・確認を行い、必要かつ十分な文書化を行い、機能性能試験を実施して、受け渡されるシステムの適正な運転保守が可能な状態であることを検証すること」²⁾と定義している。現在では時

代の要請に応じて既設建物のエネルギー性能や温暖化物質排出抑制の社会的要求の為に、システムや機器の性能、不具合の診断や運転或いは利用の適正化の為に行為全般について適用され、2010年に建築設備コミッショニング協会からマニュアルが刊行された³⁾。対象によっては第三者性への要求はそれほど強くないが、こと検証という行為が要求されるときは第三者性が必要であり、特に新築工事のように工事の利害関係者が多数の場合の性能検証過程の遂行には第三者性の介入が必須要件である。

以上のように、新築工事のコミッショニングは建築設備、特に空気調和設備系の性能を確実に実現する手法として普及してきたが、これを建築設備全般から建築エレメントを含めた建物全体に概念と適用範囲を拡張してトータルビルコミッショニング^{注1)}と呼ぶようになった。日本では新しい概念であるが米国では今世紀に入ってからASHRAE/NIBSの協調体制の下にビルコミッショニングのガイドラインが整備されつつある⁵⁾。2006年にはNIBS(国立建築科学研究所)から、外装の性能検証ガイドライン⁶⁾が発行され、その中で検証対象として、熱伝導、空気の流れ、騒音、火災、照明、赤外線、紫外線、雨漏り、湿度、構造性能、耐久性、セキュリティ、信頼性、美しさ、価値、施工性、修繕性、持続可能性などが挙げられたものの、これらはオーナーの要求や建築規模、機能等によって多様と述べられるに留まる。本研究ではトータルビルコミッショニングのうち、途上

* 名古屋大学大学院工学研究科 准教授・博士(工学)

** 名古屋大学 名誉教授・工博

*** 名古屋大学大学院環境学研究科 教授・博士(工学)

**** 名古屋大学大学院工学研究科 准教授・博士(工学)

***** 日建設計総合研究所 修士(工学)

***** 名古屋大学 名誉教授・工博

Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Graduate school of Eng., Nagoya Univ., Dr.Eng.
Prof. Emeritus, Nagoya Univ., Dr.Eng.

Prof., Graduate School of Environment Studies, Nagoya Univ., Dr.Eng.

Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Graduate school of Eng., Nagoya Univ., Dr.Eng.

Nikken Sekkei Research Institute., M.Eng.

Prof. Emeritus, Nagoya Univ., Dr.Eng.

ム(CT)を構成する。図のように、CMT側に大学の運営支援を担う建築系教員組織である施設計画推進室と大学院研究室が関与するのが特色で、これにより実務と研究とが結びついたコミッショニング組織が誕生した。本研究で主題となる建築Cxについては、建築計画学の研究者を有する施設計画推進室メンバー(主著者ら)が中心となり、機械設備Cxを主導したCAの助言のもとに実施された。

4. 企画フェーズでのコミッショニング

4. 1 企画・設計要件書のコンセプト策定

企画・設計要件書は一種のバイブルとして、以降すべての段階の検証行為の基盤を与える。工事監理・管理のベースは設計図書で、原則として設計図書通り作り上げて行くのが目標であるが、コミッショニングのベースは企画・設計要件書で、これを達成する目的意識が検証過程の凡てに入りこむ。

今回はCxチーム組織化以前の企画フェーズでコミッショニングコンサルタントの支援の下に作成された。目標立案に向けては、施設担当理事のもと、施設計画推進室、施設管理部、入居研究機関の代表者らが集まり、今回のプロジェクトに対する要求が議論された。以上から「世界屈指の知的成果を生み出す研究環境の創造」「徹底した低炭素化研究施設の創造」「キャンパスの持続的発展を支える建築」という3つの目標と、7つのコンセプトが立てられた(図3)。

目標1 世界屈指の知的成果を生み出す研究環境の創造	コンセプト1 多様性と変異性をもつ先進的ワークスペース コンセプト2 低炭素化を推進する技術と建築デザインの合理的統合
目標2 徹底した低炭素化研究施設の創造	コンセプト3 省エネルギー・環境負荷低減 コンセプト4 再生可能エネルギーの利用 コンセプト5 ライフサイクルエネルギー・環境管理の重視
目標3 キャンパスの持続的発展を支える建築	コンセプト6 安全性・信頼性・保天性 コンセプト7 発展的整備に対する合理的な対応

図3 企画・設計要件書に記載されたコンセプト

表1 企画・設計フェーズの会議と発行文書

			年	2010						2011											
			月	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
			日	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下			
会議名		事前企画会議		●		●		●													
		性能検証会議(企画フェーズ)						●●													
		設計定例								●●	●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●			
		性能検証会議(設計フェーズ)										●	●	●	●	●	●	●			
		設備部会											●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●			
		建築部会												●		●●	●●	●●			
建築 C x 関連主要発行文書	企画フェーズ	設計者	性能検証提案書										----->	●							
			企画・設計要件書(OPR)																		
			設計提案要求書																		
			設計提案書																		
	設計フェーズ	設計者	性能検証計画書(設計フェーズ)											----->	●						
			性能検証計画書(設計フェーズ・更新版)													----->	●				
			性能検証計画書(施工フェーズ)														----->	●			
			案件処理記録表															----->	●		
			性能検証仕様書(建築・電気)															----->	●		
			基本計画書(設計提案書で兼用)																		
			設計条件確認書													----->	●				
			外皮性能検討書													----->	●				
			設計趣旨													----->	●				
			設計主旨文書(建築)														----->	●			

4. 2 企画・設計要件書の基準建物の決定

また、エネルギー性能の比較対象となる基準建物についても、キャンパス内で研究内容、実験室の割合等が近似する築10年の建物が選定され、その実績値から目標となるエネルギー性能が設定された。本報では主題とされるため詳述しない。

5. 設計フェーズでの建築コミッショニング

5. 1 スケジュールと発行文書

企画フェーズから設計フェーズまでの会議のスケジュールと主要文書発行状況とを表1で示す。設計フェーズでは企画・設計要件書にもとづいて設計が開始され、2011年4月中旬以降、施設管理部・施設計画推進室・設計者による「設計定例」が週1回程度の頻度で開催された。この設計定例はコミッショニング導入に関わらず実施される通常業務である。CAの参画によるコミッショニング体制の組織化を受け、まずは性能検証提案書と性能検証計画書が発行された。6月中旬より性能検証会議が月に2回程度の頻度で開催された。性能検証会議の下部会議として、「建築部会」と「設備部会」が随時行われ、詳細な設計レビューによる検証が為されるとともに、その成果は性能検証会議に報告された。Cx関連の情報は情報連絡シートのメール送付により逐次行われ、案件処理記録表が性能検証会議の度に更新され、CTに共有された。

建築Cxとしては、企画・設計要件書に即した設計レビューのほか、外皮性能検討書などが設計者より発行されたが、この詳細なプロセスは次節で紹介する。設計終了時に企画・設計要件書に対応した設計内容及び考え方がまとめられた「設計主旨文書」、「性能検証仕様書」が発行され、設計フェーズの終了となった。

5. 2 検証・評価項目とプロセスに関する分析

建築Cxで対象となった検証・評価項目を表2に太字で示す。建築的省エネ手法として、アースチューブとエコシャフトを用いた自然エネルギー活用システムの性能、日射遮蔽等の外皮性能が検証された。建築分野では、構造システムや出合いを促す空間構成などが検証項目となった。ここでは、企画・設計要件書でのコンセプトが実際の設計提案に結びつく流れを明らかにし、検証項目を整理し、建

築Cxで何が検証され、今後何が検証可能かを考察する。

コンセプトとそこでうたわれた建築性能、それに対応する設計手法、その検証・評価項目までをまとめたものが図4である。この図中の文言は、企画・設計要件書、設計主旨文書、各種議事録から抽出されたものである。

検証内容の半分程度（図中網掛）は定量化が可能なものであるが残りでは定量化が難しいもので構成されている。コンセプト1「多様性と可変性をもつ先進的ワークプレイス」の性能として、「機能の分化」

表2 設計フェーズでのCx項目

性能検証関連図書の作成	情報連絡シート・案件処理記録表・性能検証仕様書など
設計条件の確認	各室人数、人体・照明・コンセントの標準原単位、 照明稼働率・時間、空調運転スケジュール、 冬季の冷房負荷への対応、加湿の有無・方法
設計図書のレビュー	仕上り20%、50%、90%、100%時でのレビュー
CASBEE 採点の確認	採点状況・改善方法の確認
建築分野の性能検証	ゾーニングの検討確認、構造システムの費用対効果確認、 出合いを促す空間構成および設え、 CMP に即した外装デザイン、自然素材の活用
建築的省エネ手法の効果検証	アースチューブ/エコシャフトでの熱損失・熱取得・ 圧力損失検証、外皮性能検証（PAL 値、日射遮蔽）
設備分野の性能検証	負荷計算方法、アースチューブ/エコシャフトの 熱的性能検証、年間一次エネルギー消費量計算方法 井水有効活用方法、FCU 二方弁の制御方法、熱媒温度・ 温度差の確認、蓄熱システムの運転・活用に関する最適化 各機種の能力などの仕様の確認、BCP システム
年間エネルギー性能の検証	ゾーンごと、建物全体でのエネルギー消費原単位の確認

に対しては明確な階別ゾーニングと平面計画という設計提案がなされ、具体的にはドラフトチャンバーを最上階に集中するなど、図中右に記載した各種項目が確認された。「最大限の可変性」に対して、将来の室用途や広さの変化に対応できるフレキシビリティを高める構造計画が提案され、各種構造形式とそれぞれのメリットが費用対効果の観点から提案され検証された。具体的には間仕切りの可変性が高いアンボンドスラブが採用されている。「静寂な環境を確保する個室」に対しては、設計段階では界壁・界床遮音性能が規定され、施工段階で使用する性能検証仕様書に記載された。「空間が流動的に連続」に対してはインフォーマルな出合いを促す空間が提案され、吹抜け・コピーコーナーの位置、パントリー・ミーティングスペースの位置や境界（ガラス/開口部）が確認された。

コンセプト2「低炭素化を推進する技術と建築デザインの合理的統合」やコンセプト3「省エネルギー・環境負荷低減」、コンセプト4「再生可能エネルギーの利用」に関しては、彫りの深い窓による効果的な日射遮蔽や、自然換気を促す吹抜け空間、地中熱と井水を活用したアースチューブとエコシャフトといった、建築的省エネ手法が採用され、それぞれに設備設計と連携しながら、日射シミュレーション、PAL値の算定、CFD解析にもとづいたアースチューブやエコシャフトの断面形状の検証等が行われた。その他、地域産木材等の調達資材についてはその森林認証やグリーン購入法等の適合確認によって、壁面や外構の緑化についてはその緑化指数をCASBEEの算定条件を用いて得点により評価した。

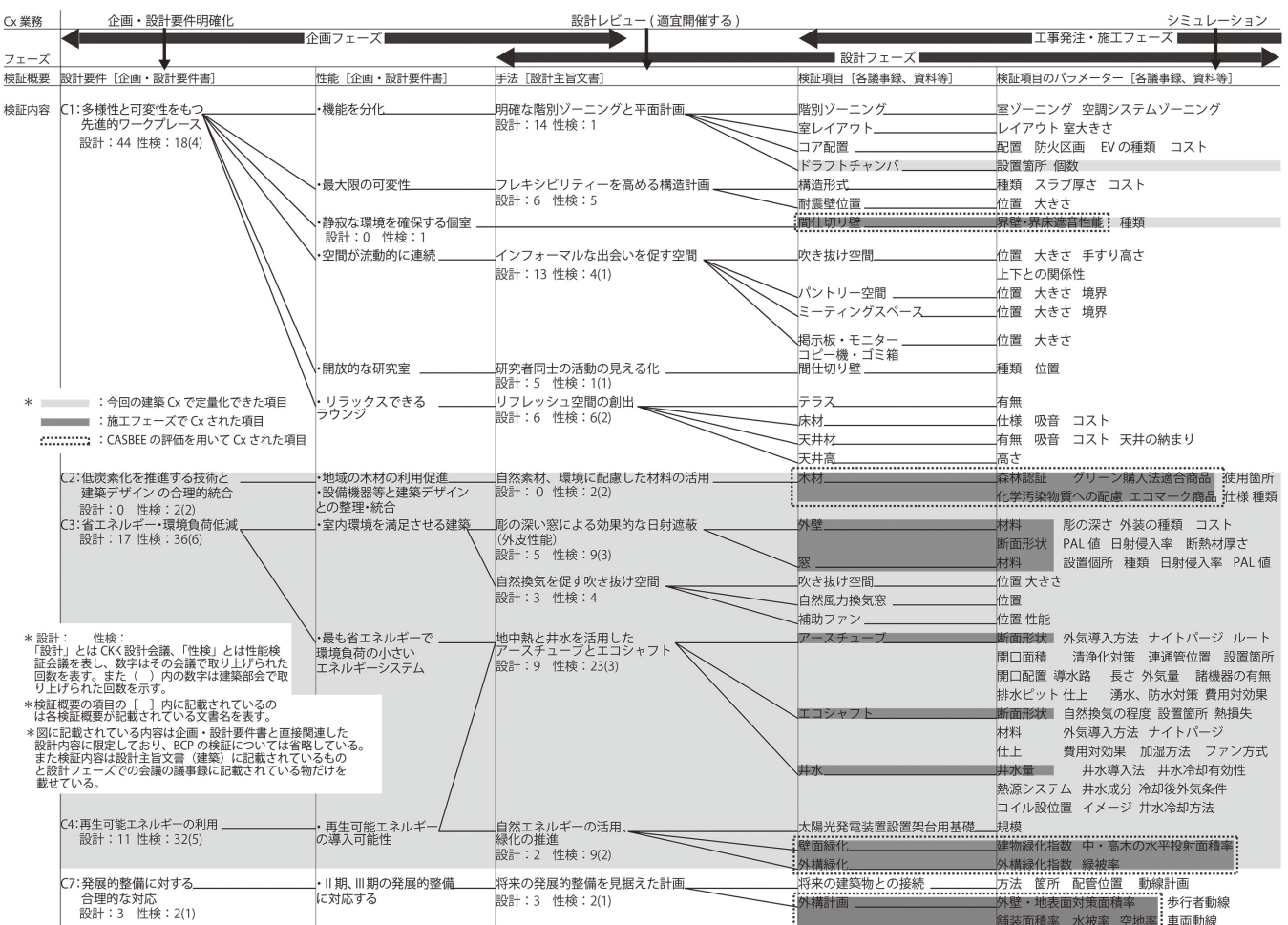


図4 企画・設計要件書-設計で採用された手法-検証・評価事項の関係

2. 「交流」を促す環境 ← - - - - - OPR に応じた設計主旨

2-1 インフォーマルな出会いを促す空間

- ・研究者や学生が相互に情報交換や交流を促すために、棟の中央の共用部に、インフォーマルな出会いを誘発し、他階への視線が通る吹抜空間である「インタラクティブ・オープンスペース」を設け、知的創造性を育む教育・研究環境の実現を目指す。[A-20]
- ・インタラクティブ・オープンスペースには、オープンなキッチンやカウンター、掲示板、研究内容を知らせるモニターなどを設置し、コミュニケーションを促す設えをつくる。[A-20]

設計主旨と設計図の対応関係
□ 内は設計図書の番号

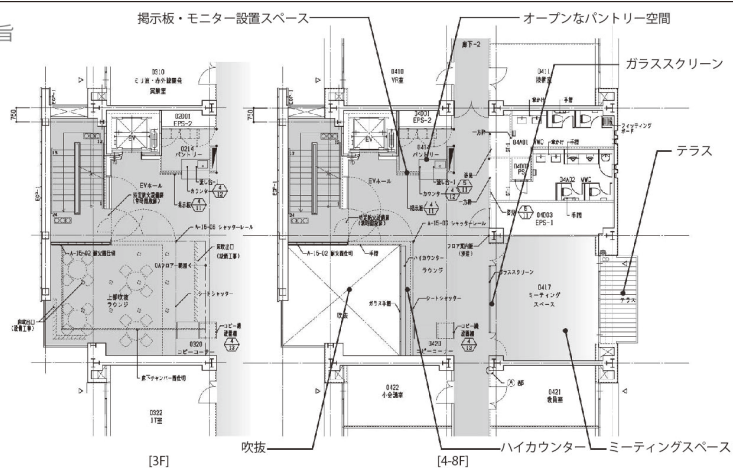


図5 設計主旨文書の抜粋

今回の建築Cxでシミュレーションが活用できる項目、既存の認証システムが活用できる項目については、定量的な検証・評価が実施できた（図4の濃い網掛）。インフォーマルな出会いといった定量的把握が困難な項目は、設計フェーズでは設計内容の妥当性の判断が難しく、運用フェーズにおいて行動観察等の調査が行われた。しかしながら、設計フェーズの最終段階で発行された設計主旨文書（図5）は、企画・設計要件書（性能）と設計内容（仕様）の対応関係を示した重要な書類である。定量的検証が困難な事項でも、その目標と手法の論理的関係を施工者や施主に伝える役割を果たす。

6. 施工フェーズでの建築コミショニング

6. 1 スケジュールと発行文書

施工フェーズから運用フェーズまでの会議のスケジュールと主要文書発行状況を表3で示す。施工フェーズでは、2012年1月中旬より性能検証会議が月に1回程度開催され、「建築部会」と「設備部会」も随時行われた。情報連絡シートは随時発行、案件処理記録表は性能検証会議の度に更新され、CTに共有された。9月以降CASBEE部会が開催され、企画・設計要件書で目標とされた「ランクS」に該当するか、その検証が実施された。

6. 2 検証・評価項目と主な内容

施工フェーズでは、吹抜けやパントリーの配置など、設計図通りに施工すれば良い項目については検証対象外となるため、建築Cxの対象は限定的となるが、その検証・評価項目は表4に太字で示す。

界壁、界床の遮音性能は、静寂な環境を保持するという企画・設

計要件書での記述に基づき、設計フェーズで目標性能が定められ、施工フェーズでは測定実験により検証された。施工精度が影響し、施工後でないとは実質的な検証が出来ないこうした項目については、施工フェーズの検証対象と言える。特に、サーバー室と隣室の遮音性能は、測定実験により目標値が確保されていない事が発見され、施工最終段階において改良された。

また、設備Cxと連携しアースチューブの躯体断面形状が施工図において詳細に確認された。こうした、環境・エネルギー性能に大きく影響する重点項目について、施工図レベルで確認する事も、施工フェーズの重要な検証項目と言える。さらに、木材など調達資材の

表4 施工フェーズでのCx項目

建築分野の性能検証	アースチューブ、エコシャフトの躯体断面形状、外皮熱貫流率の確認、界壁・界床・サーバー室の遮音実測、調達資材の環境性能、緑被率確認
電気分野の性能検証	照度・センサー位置・時間など、BEMSとの整合確認、BCPのためのシステム（非常用電源・照明など）
機械設備分野の性能検証	蓄熱式熱源システムの蓄熱モード、熱源運転バタンの整理、サーバー室の外気冷房導入効果の検討、自動制御管理文書査閲、FCU大温度差確保のための機器選定と予測性能検証/コントローラー位置等、ヒートポンプ運転仕様、アースチューブ・蓄熱槽の構造/納まり、居室供給外気排出経路、井水の有効利用と実験室PAC系統の冷却水・熱源水切り替え制御の最適化、「緑の知の拠点」/本工事BEMSを含めたシステム構築、試運転調整（TAS）と機能性能試験（FPT）の準備と実施体制の確認と提案
機能性能試験（受渡し段階）	蓄放熱運転（暖房低負荷/高負荷/熱回収冷温水）試験システムマニュアル・ユーザーマニュアル作成

表3 施工・運用フェーズの会議と発行文書

年		2012												2013											
月		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
日		上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
会議名	性能検証会議(施工フェーズ)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	設備部会	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	建築・電気部会	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	性能検証会議(運用フェーズ)																								
	設備部会																								
	建築・電気部会																								
建築Cx主要発行文書	CASBEE部会																								
	ユーザーマニュアル会議																								
	企画・設計要件書(OPR)更新																								
	性能検証計画書(施工フェーズ)更新																								
	性能検証仕様書更新																								
	性能検証報告書																								
施工者	案件処理記録表																								
	ユーザーマニュアル																								
施工者	CASBEE採点表																								

環境性能は、設計図の特記仕様書や性能検証仕様書で指定された性能に適合しているか、施工者にリストを求める事により確認された。

施工フェーズでの減額調整として設計仕様と変更された項目は検証対象となる。本プロジェクトでは各研究室と廊下を結ぶパスダクトを中止し、扉を閉めた状態でも開閉可能な通風の小扉に変更するなど、建築・設備の連携によるコストダウンが為された。

7. 運用フェーズでの建築コミショニング

7.1 スケジュールと発行文書

2013年6月に施工から運用フェーズに移行し、月1回程度の性能検証会議が開催された。施工から運用フェーズにかけて、空調や照明制御の方法、換気小扉の使用時期や方法など、個々のユーザーが建物の機能を理解する事が企画・設計要件書実現のためには重要との理解から、ユーザーズマニュアルが作成され、12月末にユーザー向け説明会が開催された。なお、管理者向けの設備システムマニュアルは別途発行されている。

7.2 行動観察による建物性能評価

企画・設計要件書で目標とされた「世界屈指の知的成果を生み出す研究環境の創造」に対して「インフォーマルな出会いを促す空間」という設計主旨がたてられ、それに応じた設計が為されたものの、実際の効果は入居後にしか評価できない。そこで、入居後6ヶ月の時点で2日間、2フロアでの行動観察調査を行った。

総合研究棟は南北に伸びる中廊下型の平面中央に吹抜けを含む共用部を持ち、EVホール、トイレ、ガラス張りの会議室、ラウンジがまとめて配置され、コピーコーナーと向かい合わせでパントリーのカウンターが配置されている(図6)。図7は観察された交流行動の例である。左図は、EVを待っている人がゼミを覗き見ている。これは、会議室の壁がガラスであることで生じた視覚的交流である。右図は、ゼミの後、会議室を出てすぐにあるラウンジ周辺の各所で生じた議論のシーンである。これは、会議室から出た場所が、開放感を伴うインフォーマルな議論の場となる事と、それを許容するスペースの価値を示している。定量的には、2フロアでの交流行動の回数等も調査されたが、妥当な比較対象を持たないため十分な結果とは言えず、本論では触れない。

7.3 ユーザーインタビュー

また、交流を促す環境の研究上の効果を探るため、入居後6ヶ月の時点で研究者(2フロア各5名づつ)を対象とした自由会話形式のグループインタビューを行った。その結果、研究者はインフォーマルな出会いを目的とした設計主旨には賛同している事が分かった。



図6 吹抜け周辺の共用部



図7 共用部での交流シーン

しかし、ガラス張りの会議室について、教員の肯定的意見に対して学生は監視されている意識から否定的意見を持つ者も居た。また、フロアの複数の研究グループが相互に遠慮して共用空間を使いづらい状況もある事が分かり、より気軽な利用を促す運用方法を考える必要性が感じられた。

8. 建築プロジェクト関係者の意識からみたCxの評価

8.1 意識調査の意義

建築Cxの手法が確立されていない中で、今回の試行的な取組が、立場を異にする建築プロジェクトの関係者ごとにそれぞれどう捉えられたかを把握する事は、手法構築の参考となるほか、今後の普及にあたり重要な知見となるだろう。そこで、設計および施工フェーズの完了後、CMTから3名(建築担当・設備担当を含む)、施設管理部から1名(建築担当)、設計者から1名(建築担当)、施工者から2名(建築担当・設備担当)にインタビュー(出来なかった場合はアンケート)を実施した。質問項目は表5に示す。

表5 意識調査の質問項目

Q1	設備Cxだけでなく、建築全体のCxを試みたことの効果はどのような点にあると考えるか。
Q2	従来の設計プロセスに比べ建築Cxを導入することによってのメリットと感じた点とデメリットと感じた点は何か。
Q3	今回のコミショニングの反省点はあるか、またその改善点はあるか。
Q4	今回の実践を通じて感じたことは何か。
Q5	今後のコミショニングの可能性について、何か意見はあるか。

8.2 設計フェーズ構成員の意識

○導入効果としては、「総合的な目標を実現できる点(CMT)」「設備設計と建築設計のシンクロ、整合性(CMT)(設計者)」「第三者的CAの存在で設備と建築が対等に議論できる(管理部)」と、全員が効果的であると答えた。

○メリットは、「手戻りの最小化(CMT)」「フィードバック(CMT)」「性能の見える化(CMT)」「全員の情報共有(管理部)」「要求性能の明確化により(設計が)理由をつけて進みやすい(設計者)」があげられた。デメリットは、全員が「手間がかかる」または「意思決定が遅くなる」点をあげた。

○反省点・改善点として、「当初考えた検証項目が不十分であった(複数のCMT)」「定量化出来ないもの等やりきれない点が多かった(CMT、管理部)」があげられた。

○感じた事として、「全員の意識統一と(フェーズ間の)引き継ぎが重要(CMT)」「定量化できないものの評価は難しいが為されるべき(複数のCMT)」「専門の先生が携わる事で良いものができる(管理部)」「(設計とCxの)棲み分けがはっきりしていない(設計者)」

○今後の建築Cxの可能性については全員から「性能を定量化しづらいものをどう検証するか」という点があげられ、「明確な設計要件に向かって設計したという事が重要 (CMT)」「定量化出来る設備Cxとは方法が違ったものになる (設計者)」「心理的な事も定量化して検証することができれば (管理部)」という意見や、Cxの普及性を考え「規模等に応じた標準化、簡素化 (CMT)」が必要という意見が出た。

8. 3 施工フェーズ構成員の意識

○導入効果として「目的の明示により運用開始後も達成度を検証できる (CMT)」「設計意図を崩さない (管理部)」「変更できない部位が理解しやすい (施工者)」「性能重視の観点から代替案を提案できる (複数の施工者)」があげられた。

○メリットとして、「(施工を) 自覚的な業務として行い知的生産性が向上する (CMT)」「施工者に設計意図が十分に伝わった (CMT)」「設計段階の検討を活かし多面的に判断できる (管理部)」、デメリットとして「判断時間が長くなる (管理部)」があげられた。

○反省点・改善点として「技術者養成が出来なかった (複数のCMT)」「建築的検証項目が少ない (管理部)」「業務への手当を出すべき (管理部、施工者)」があげられた。

○感じた事として、「公共工事の慣習によるマンパワーの限界 (CMT)」「一部から余分な注文と受け止められている (CMT)」「これまでの業務通り (管理部)」「設計フェーズの問題を施工フェーズまで残さないでほしい (施工者)」といった意見があった。

○今後の可能性として「第三者性の向上が課題 (CMT)」「公共事業など構想段階と別物が建設されるなかで、社会的資源の有効活用の観点から普及すべき (CMT)」「質を落とさず簡略化 (CMT)」「自然体で取り組むべき (管理部)」があげられた。

以上、建築コミミッションingの手法が確立されていない段階での、試行錯誤をともなったため、関係者それぞれの立場から反省点、デメリットもあげられた。しかし、価値も十分に評価され、整理すると、以下4点にまとめられる。1、総合的目標の実現、建築設備の整合がはかれる。2、手戻りの最小化、フィードバックの効果とともに、逆に手間がかかるという意識が生じる。3、定量化しにくい項目をどう検証していくかが課題。4、検証の程度(フルスペック ↔ 簡易スペック)を調整できる事が求められる。

9. 考察と今後の建築Cxの可能性

9. 1 企画～運用に至る建築Cx手法の整理と考察

本論では、名古屋大学における施設整備の事例を対象にしたが、国立大学施設は従来、設計/施工の分離発注、それぞれで建築/設備の分離発注を原則とし、それら当事者同士の情報連携の難しさが建築の質に大きく影響してきたと考えられる。即ち、企画から運用に至る全工程を、一貫して包括的にとらえる視点を、ライフサイクルコミッションingの導入によって確保したことが極めて重要な効果であったと考えられる。コミッションingが設備に限らず、建築分野も対象とすることで設計 ↔ 運用 (段階・時間)、建築 ↔ 設備 (分野) の関係を繋ぐ役割を担ったと言えるだろう。その上で、建築計画的観点からすると、何が検証対象となり得、それは、どのフェーズで、どう検証・評価し得るのかを、以下にまとめる。

○企画フェーズ

企画・設計要件書の発行：大学の理念や、入居代表者の意思も踏ま

え、建築が実現すべき目標がエネルギー性能以外も含めた「**企画・設計要件書**」として文書化され発行される事が、最も重要であった。**プログラミングの活用**：設計者が解くべき課題を整理するために従来行われてきた手法である、建築プログラミング¹⁰⁾ またはブリーフィング¹¹⁾ の活用が期待されるフェーズである。

○設計フェーズ

定量的に検証可能な建築的省エネルギー手法：建築と設備トータルでの検討が必要となる「エコシャフト」「アースチューブ」、日射制御のための建築的取組や・PAL値計算による「外皮性能」などは、シミュレーションを活用して定量的に検証可能であり、建築Cxがとても有効な部分である。

構造形式：構造形式についても、企画・設計要件書に立脚しつつ費用対効果により幾つかの構造形式を比較検討することで、発注者側の価値判断が可能となる。

運用フェーズでの評価に持ち越される項目：知的成果のための出会いを促す空間といった、設計・施工段階では定量的評価が困難な項目については、設計者とCMTの経験と知見に基づいて設計がまとめられたが、企画・設計要件書に基づいて設計者がまとめた「**設計主旨文書**」によって意図と設計手法の関係が明記された事が重要であり、それにより運用段階にその実質的な性能評価が持ち越される。

デザインガイドラインや他の評価指標の活用：外装材やそれによる景観については、設計フェーズのなかで、周囲の色彩に合わせる様検討されたが、企画・設計要件書には含まれていなかった。こうした事項も、より上位のキャンパス・マスタープランやデザインガイドラインなどを参照しつつ目標設定する事で、より客観的な評価が可能になると考えられる。自然素材の活用や外皮・外構の緑化などは、認証材などの指定や、緑被率による指定などが可能である。本プロジェクトではCASBEE-Sの目標に合わせて緑被率を評価した。

既往研究成果の活用：上記同様、客観的評価指標として既往研究成果の活用が考えられる。しかし、本実践は試行段階であった事もあり、研究成果のデータベース化と検索機能を活用した性能検証への意識的導入は不十分であった。

○施工フェーズ

施工技術が影響し入居前の実物検証が可能な項目：設備には多くの検証対象があるが、建築では設計フェーズと比較し検証・評価項目が少ない。ただし、建築性能に大きく影響する重点部位については、施工図による確認が検証事項となる。また、設計フェーズでその性能検証が難しく、施工技術が影響する項目として遮音性能があり、これは本フェーズの重要な検証項目と言える。

○運用フェーズ

入居後でないと性能評価できない項目とPOE：特に平面計画や空間の行動との関わりなど、建築計画的な観点からの行動観察やインタビュー、アンケート等が必要となる。従来、POE (入居後評価)¹²⁾ として実施されてきた内容もここに含まれるだろう。運用フェーズで性能不備が発見された空間的課題は、改善が困難な場合が多いと考えられるものの、知見の研究的蓄積により、次のプロジェクトで設計にフィードバックする事が重要となる。

ユーザーズマニュアルの発行：ユーザーが建築の目標と、設計意図、さらにその性能を発現するための利用方法を理解する事は重要であり、ユーザーズマニュアルの発行がその役を担う。

9. 2 普及に向けた課題と可能性

まず、本研究で示されたCT参加者の意識の齟齬を減らすため、事前にCxの主旨の共有、それぞれの業務への位置づけを明確化する必要があるだろう。今回のような建築Cxを行うためには高度な知識と労力が必要であったため、建築Cxを普及させ、民間事業にも導入できるようにするためには簡素化、一般化の検討も必要かもしれない。しかしながら、目標を立て、その実現を客観的に検証・評価するという、本来あるべきプロセスのために必要となる人的・経済的措置が、公共・民間工事も含めた建築プロジェクトに投入される事が期待される。この部分で特に課題が明らかになったのは、運用フェーズにおける施設管理への建築主の理解であり、予算を伴った運転管理体制の必要性である。Cxは現段階では単体の建築プロジェクトのマネジメントプロセスである。従って、これをより広義の複数の建築資産を対象とした組織の経営活動としてのファシリティマネジメント(FM)¹³⁾の中で、プロジェクト管理を充実させる手法として位置づける事で予算的・人的措置を導くことも重要であろう。コンストラクションマネジメント(CM)においても、性能評価の側面ではCMrでは十分に対応できないため、「Cxによる性能検証の過程が今後避けて通れない重要な手法」¹⁴⁾と認識されている。以上をもとに、FM、CM、プログラミング、POEの手法と、ライフサイクルCxとの相互関係を図8にまとめた。プログラミングによる目標性能の明確化と、それに連動した竣工後のPOEといった、これまでに確立されてきた手法の活用は重要であるが、建築Cxは特に、設計・施工フェーズにおいて第三者的観点から目標の実現に向けた軌道修正を要請する点に特徴があると言える。

また、BIMの普及等、情報化技術とCxの融合により、プロセスの全段階で相互運用可能な情報を埋め込むEmbedded Commissioning(ECx)という手法も紹介されており¹⁵⁾、こうした技術の普及がCxの可能性を広げる事もあるだろう。

さらに、建築Cxの可能性の一つに、そのプロセスが、既往の細分化された各種研究成果の有効活用を可能にする「プラットフォーム」を提供すると考えられる点がある。CAを中心にCMTが、発注者・設計者・施工者とは独立した立場から建築の質を検証し、最終的には発注者の価値判断を可能にしていくためには、客観的評価指標が求められる。省エネルギー性能のみであれば定量的に比較可能で、比較的費用対効果を計りやすいが、計画・意匠の側面を決定する際に、例えば天井の高さの価値や廊下の広さの価値が客観的に評価しうる研究成果を活用することで、設計フェーズにおいても発注者による総合的な価値判断を可能にすると考えることができる。こうした研究成果やマスタープランなどの客観的評価指標の導入を、当初から検証計画の中に位置づけておく必要があるだろう。

建築全体を対象とするライフサイクルCxのプロセスは、企画・設計要件書の作成等を通じて建築のプロジェクト自体にユーザーが参画し、設計主旨文書やユーザーズマニュアルの発行を通じて建築プロジェクトの意義を共有する機会となるし、それが、発注者やユーザーにとっての最終的な建築の価値に大きく影響すると考えられる。

最後に、名古屋大学でのCx導入にご尽力頂いた、藤井良一理事(導入当時)、山口博行参事(導入当時)、コミッショニング協会の吉田新一氏、卒業研究で取り組んでくれた萱野貴大、杉浦舞両氏に謝意

を表す。なお、本研究は平成24年度科学研究費補助金(若手B)「建築コミッショニングの手法構築のための研究」の一環で行われた。

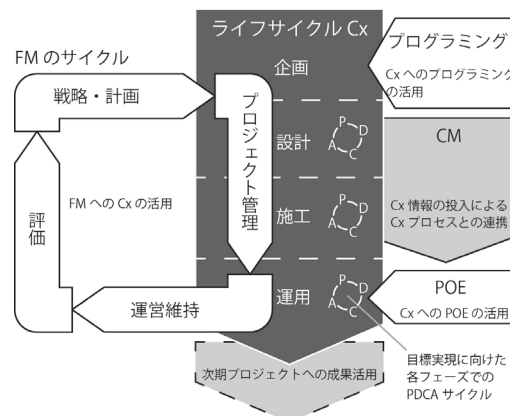


図8 各種マネジメント手法とCxの相互関係

注

注 1) ビルコミッショニングが概念拡張されトータルビルコミッショニングと呼ばれるようになった。米国で2009年にコミッショニングの概念整理をした文献(文4)では「建築物の全要素/システムのコミッショニングを要求するよりむしろ、所有者の要望に応じて電気や機械以外のシステムをコミッショニングするための手順やツール」と述べられている。性能検証を設備機器以外に拡張したという意義が根底にあるが、目標に応じて適応範囲が変動するという自由度がある。

注 2) 「大学施設のトータルビルコミッショニングの実践研究」として一連の報告がある。設計フェーズについては、建物全体のエネルギーを検証した第3報(文7)などがあり、施工フェーズでは、蓄熱槽など重点管理項目を分析した第6報(文8)などがある。

注 3) 本論は建築計画分野の実践研究である事を考慮し、企画・設計要件書にProgramming and Design Requirementsの訳をあてた。設備CxではOwner's Project Requirements(OPR)とする事が多い。

参考文献

- 1) 中原信生: 建築設備におけるライフサイクルコミッショニング, 日本建築学会東海支部研究報告, 1997. 2
- 2) 建築設備の性能検証過程指針, 社団法人空気調和・衛生工学会, 2005
- 3) 建築設備性能検証マニュアル, 特定非営利活動法人建築設備コミッショニング協会, 2010
- 4) Walter T. Grondzik: Principles of Building Commissioning, John Wiley & Sons, Inc., 2009
- 5) ASHRAE Guideline 0-2005: The Commissioning Process, 2005
- 6) NIBS Guideline 3-2006: Exterior Enclosure Technical Requirements for the Commissioning Process, 2006
- 7) 岡田清高ほか: 大学施設のトータルビルコミッショニングの実践研究第3報 LCEM ツールを用いた空調システム検証と施設全体のエネルギー検証, 空気調和・衛生工学会大会論文集, pp2521-2524, 2012
- 8) 中原信生ほか: 大学施設のトータルビルコミッショニングの実践研究第6報 施工フェーズにおける重点性能管理, 空気調和・衛生工学会大会論文集, pp145-148, 2013
- 9) Griffin and Thomas: The Integration of a Formal Commissioning Process at Oak Ridge National Laboratory, National Conference on Building Commissioning, 2004, Atlanta
- 10) ウィリアム・ベニヤ著, 本田邦夫訳: 建築計画の展開 プロブレム・シーキング, 鹿島出版会, 1990
- 11) JFMA ブリーフ啓発書編集チーム編: 「ブリーフ」による建築意図の伝達, 日本ファシリティマネジメント協会, 2015
- 12) 日本建築学会編: 快適なオフィス環境がほしい 居住環境評価の方法, 彰国社, 1994
- 13) FM推進連絡協議会編: 総解説ファシリティマネジメント追補版, 日本経済新聞出版社, 2009
- 14) 一般社団法人日本コンストラクションマネジメント協会編: CMガイドブック改訂版, 相模書房, 2011
- 15) Omer Akin: Embedded Commissioning of Building Systems, Artech House, 2012

ANALYSIS AND ACTUAL DEVELOPMENT OF LIFECYCLE COMMISSIONING FOR A UNIVERSITY FACILITY

– FROM THE PERSPECTIVE OF ARCHITECTURAL PLANNING –

Eisuke TABATA *, *Nobuo NAKAHARA* **, *Masaya OKUMIYA* ***,
Kazuhisa TSUNEKAWA ****, *Hideki YUZAWA* ***** and *Gen TANIGUCHI* *****

* Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Graduate school of Eng., Nagoya Univ., Dr.Eng.

** Prof. Emeritus, Nagoya Univ., Dr.Eng.

*** Prof., Graduate School of Environment Studies, Nagoya Univ., Dr.Eng.

**** Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Graduate school of Eng., Nagoya Univ., Dr.Eng.

***** Nikken Sekkei Research Institute., M.Eng.

***** Prof. Emeritus, Nagoya Univ., Dr.Eng.

In Japan, the introduction of the building “commissioning” process, which confirms and verifies building performance from the predesign phase to the occupancy and operation phase, is under way in the mechanical systems (especially HVAC). Commissioning is the process to ensure that the building performance required by the client is satisfactory in the occupancy and operation phase. This research aims to construct a total building commissioning approach that is currently underdeveloped in the architectural planning and design field and clarify its value through practical cases of total building commissioning at a university research facility.

First, we organized development processes of commissioning and guidelines published in both Japan and the U.S. and clarified the position of this research.

Subsequently, we conducted research as follows:

(1) We organized and verified architectural commissioning from the predesign phase to the design phase. We then analyzed the verification items and the verification flow in architectural commissioning in the design process by organizing all the documents on related subjects, including programming and design requirements, and cross-checking these with current design books.

(2) We verified and analyzed architectural commissioning in the construction phase and clarified verifiable items and those that are not subject to verification in the construction phase.

(3) We conducted a trial run and verification of architectural commissioning in the occupancy and operation phase. We also conducted behavioral observation and interviewed the researchers about the factors that encouraged social interaction.

In addition, we surveyed participants of commissioning team regarding their attitudes about the commissioning and determined that attitudes varied because of differences in status. Lastly, we discussed the value, problems, and possibilities of the development of architectural commissioning between the predesign phase and the occupancy and operation phase.

(2015年3月6日原稿受理, 2015年10月13日採用決定)

