

設計のデジタル化に呼応した環境性能インジケータの考察

ISO21929-1 を参照して

A Study on Green Building Indicators for Digital Design

In the light of ISO 21929-1

○中岡 桃子*¹, 野城 智也*²

Momoko NAKAOKA *¹, and Tomonari YASHIRO *²

*1 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 博士課程

Graduate Student, Department of Architecture, School of Engineering, The University of Tokyo, Doctoral Course

*2 東京大学生産技術研究所 教授 工博

Professor, Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, PhD

キーワード：環境建築; 環境性能評価; 環境シミュレーション; 環境インジケータ; GBRT

Keywords: Green Building; Environmental Performance Analysis; performance simulation; Indicator; GBRT.

1. はじめに

持続可能な発展を支える建築物・建築環境の実現には、初期設計段階から建築物の環境性能に関する関係者間の対話を促すような建築物環境性能評価(GBR)の存在が不可欠だ。BIM (Building Information Modeling) を中心とするデジタル化された設計プロセスの中で、BIM モデルや BIM ベースの解析ツールを用いた環境評価が行われる一方、こうした広義の BIM データを建築物の総合的な環境評価に活用する体系的な知見は得られてない。

設計のデジタル化前後における環境性能評価の評価フローを以下に示す(図1)。設計と評価のデータが分断されていた状況から、評価から評価の提出までをデジタルなプロセスで繋げることで、関係者が目的に応じてデータを共有し利用する基盤になると考える。

2. 研究の背景と目的

各国で適用される建築物環境性能評価手法(GBRT)では、建築物の設計に関わる定量的な情報から、建築物の計画に関わる定性的な情報まで、多種多様な情報が参照される。参照する情報の特性は、インジケータ(GBI)ごとに異なるため、インジケータごとに最適な評価フローを検討する必要がある [中岡桃子, 2021]。

本研究は環境性能評価のインジケータについて、国際規格 ISO と国際的に普及する建築物環境性能評価手法である LEED の定義を整理した上で、インジケータの評価フローが設計のデジタル化によって、どのように変化するかを分析することを目的としている。

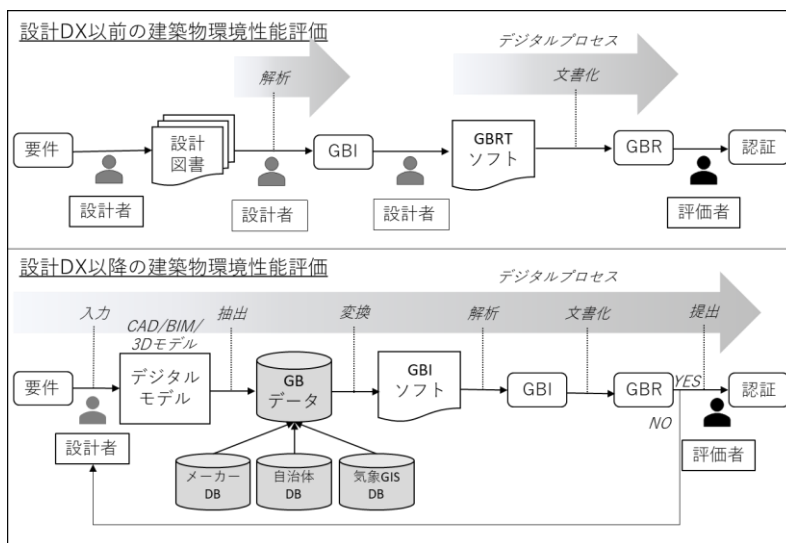


図1 設計DX前後の環境性能評価フロー

表1 本論文に記載される用語

建築物環境性能評価:GBR	建築物の持続可能性とグリーン度を管理機関や民間で判断するための総合評価。
建築物環境性能評価手法:GBRT	各国で採用されている建築物環境性能評価の手法。インジケータを体系化した評価構造を独自に持つ。
LEED	1996年に米国グリーンビルディング協会が開発した環境性能評価。
BREEAM	1990年に英国建築研究所が開発した環境性能評価。
GB データ	BIM データなどの環境性能に関わる様々なデータ。
GBRT ソフト	各建築物環境性能評価に対応する文書化ツール。
GBI	建築物環境性能評価手法が採用するインジケータ。

2. 建築物環境性能評価のインジケータ

2.1. ISO21929-1 のインジケータ

ISO21929-1:2011 には、14 の環境側面に対する 15 のコアインジケータが与えられている。「非再生可能資源使用量」のように抽象的なインジケータが含まれる環境側面と、「室内条件と空気質」のように具体的なインジケータが含まれる環境側面が並列される（表 2）。

表 2 ISO21929-1:2011 記載のインジケータの例

環境側面	コアインジケータ	No.	インジケータ
非再生可能資源使用量	非再生可能エネルギーの使用量	1	エコシステム
		2	天然資源
		3	エコシステム
室内条件と空気質	室内温熱環境	4	室温
		5	グローブ温度
		6	蒸気圧
		7	湿度
		8	風圧

2.2. 各環境性能評価のインジケータ

ISO に記載されるインジケータを実際の評価手法に落とし込む方法として、各国ではインジケータに対応するインジケータを独自に設定している（表 3）。例えば、ISO-No.1「非再生可能エネルギーの使用量（エコシステム）」は計測するために、設計検討から運用計画に至る多様な観点でインジケータを設定している。

表 3 ISO に対応する LEEDv2009NC インジケータ

No.	LEED	インジケータ名の一覧
1	EA P1-3, C1,3-6	コミショニング、最低限のエネルギー性能、エネルギー性能の最適化、等。
2	EA C2	敷地内の再生エネルギー生産量
3	MRC1	建物のライフサイクル環境負荷低減
4	IEQ C7.1	温熱快適性—デザイン
5		
6		
7		
8	IEQ P1, C1-2	最低限の空気質性能、給気モニタリング、換気性能の強化

2.3. BIM を用いた LEE インジケータの評価

BIM を環境評価に活用する議論は『Autodesk Whitepaper』（2005 年）に端を発し、2010 年にはシステムレベルで BIM に LEED を連携させる研究が盛んになった [Tajin., 2008]、[Wu, 2011]。個々のインジケータ評価に関する研究は、2010 年以降に見られ、光温熱環境やエネルギーに関するインジケータを始め [Z.Alwan et al. 2014]、水資源や資材に関するインジケータについても BIM を活用する可能性が示唆された [Farzad Jalaei, 2014]、[Taewook Kang,2020]。インジケータの評価に関するケーススタディは、まだまだ少ないが、以下代表的な 3 つの事例について確認する。

2.3.1 BIM を用いた LEED IEQ C7.1 の評価フロー

表 3 の ISO-No.4 -7 に該当するインジケータには、LEED v2009 NC の IEQ C7.1 「温熱快適性—デザイン」が対応する。この項目では、機械式換気の場合、EN 15251:2007 のクラス I /II を参照し、建物の各ゾーンで外気の流れ（一人当たりの最小外気流量）<規定値が確認できた時にクレジットが認められる。

G.Bergonzoni et al (2016) は、BIM ソフトウェアである Revit Architecture から Revit 環境で使用できるビジュアルプログラミング言語 Dynamo と、Microsoft Office Excel を用いて、情報を抽出し、インジケータのクレジットを算出した。この研究における評価フローは以下のように示せる（図 2）。この場合、BIM ソフトウェア環境で設計から GBI の算出まで行うため、設計者が評価結果を設計改善に生かすことが比較的容易であることが想定できるが、GBI のバージョン更新の際には逐一新たなプログラムが必要になるなど、長期的な運用が困難という欠点が挙げられる。また、評価のためには Revit Architecture には、各部屋の ID 番号、名前、エリア、容積、占有率などの情報を予め保管する必要がある。

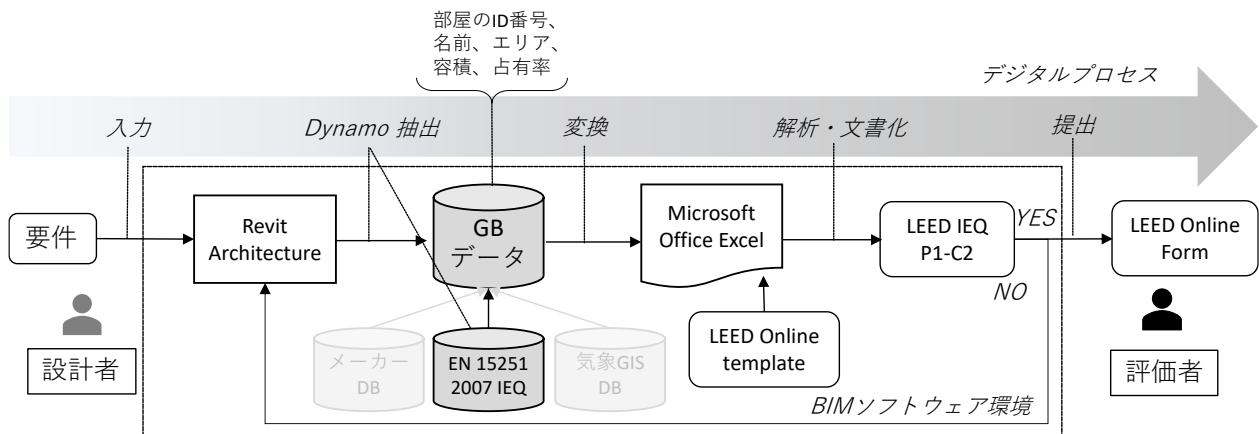


図 2 LEED v2009 BD+C NC / IEQ P1-C7 の評価フロー（参照：G.Bergonzoni et al, 2016）

2.3. BIM を用いた LEED EA P2, C1, IEQ P7 の評価フロー

表 5 の ISO-No. 1 に該当するインジケータには、LEED v2009 NC のエネルギーと大気 (EA) P2 「最低限のエネルギー性能」、C1 「エネルギー性能の最適化」が対応する。C1 の項目では、HVAC 関連戦略に集中して ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2010 のベースラインを参照して、エネルギー性能の値がベースライン以下の時に、クレジットが与えられる。

Z.Alwan et al. (2014)は、Revit Architecture と設備設計用 3D モデルから、エネルギー解析用のソフトウェア IES-Project や風解析用のソフトウェア Autodesk Vasari を用いて、クレジットの算出した。この研究における評価フローは以下のように示せる (図 3)。この場合、BIM ソフトウェアの使用は設計部分に限定されるため、設計から評価、評価から設計の移行のたびにデータ変換の手間が生じることが推測される。また、参照する情報には、照明、暖房・換気・空調(HVAC) などから発生するエネルギーが含まれるため。それら機器のエネルギー負荷と、機器が設置されるシステム、部屋に関するデータが含まれる。

この事例は、エネルギー性能と空気質環境を同時に検討している。エネルギー性能に関しては、各種ソフトウェアが開発されている。Insight360 や Design Builder では、LEEDv4.1 の昼光に関するクレジットが算出でき、eQUEST-DOE2 では、エネルギーと大気に関するクレジットの一部が産出できる。IES-VE では、LEED に加え、各国の環境性能評価と連携してクレジットを算出できる。こうしたソフトウェアのデータの相互運用性について、参照する情報の抽出方法や、データ形式、連携可能なその他のソフトウェアなどに注目して検討していくことが、必要になる。

2.4. BIM を用いた LEED SS5.2, MR C1 の評価フロー

表 5 の ISO-No.3 に該当するインジケータには、LEED v2009 NC の材料と資源 (MR) C1 「建物のライフサイクル環境負荷低減」が対応する。この項目では、リサイクル資材費が、総材料費の一定値以上の時にクレジットが与えられる。

Taewook Kang(2020)は、IFC などの BIM モデル出力ファイルから、独自に開発したプロセスモジュールを用いて、サステナブルな敷地(SS) C5.2 「ヒートアイランド現象の低減」、と MRC1 のクレジットを算出した。この場合、設計モデルとは別個に評価用の BIM モデルを用いて、その中で評価用のモジュールを使用することで、評価手法の更新にも対応しやすいデータ構造を提案している。

この事例では、LEED のデータ構造を UML (統一モデリング言語) によって BIM ソフトウェア内に位置付けることで、評価に適した BIM モデルを構築している。このようにアプリケーションや評価手法の更新に対して柔軟なデータ構造を構築することは重要な課題である。これに関連した研究として、BIM モデルと実際の建築物の誤差を少なくするための高品質なデータベース (拡張データベース) の開発に関する研究がある。また、建築物環境評価手法で現在あまり検討されていないようなインジケータである LCA 評価やコスト計算におけるデータの統合についての研究 [Farzad Jalaei, 2014]や、GIS など BIM アプリケーションの外にあるデータの統合に関する研究 [Po-Han Chen, 2017]も行われている。こうした多様なデータを扱際の、データの伝送に伴う処理を整理し、欠損をなくしていくことも今後検討していく必要があるだろう。

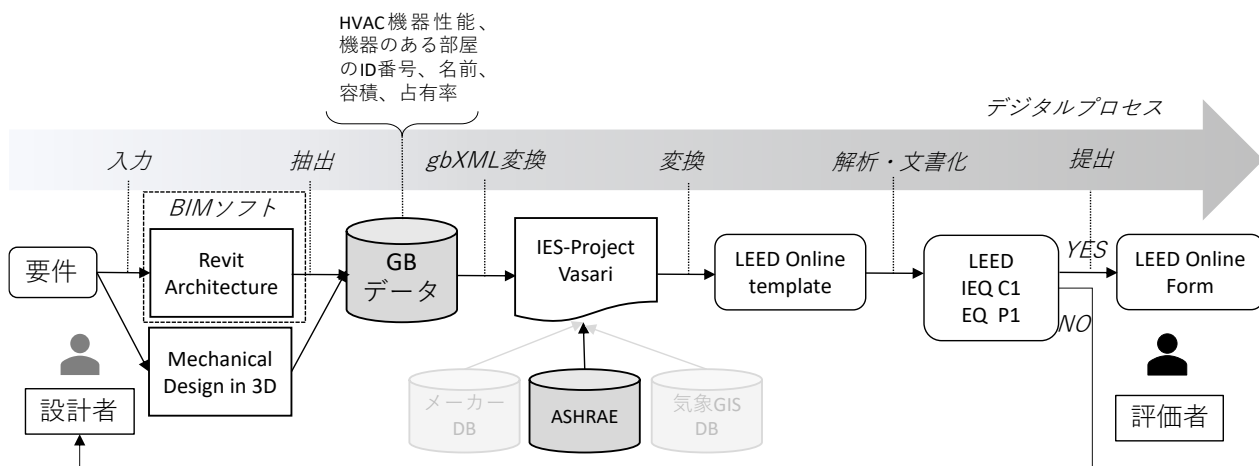


図 3 LEED v2009 BD+C NC / EA P2, C1, IEQ P7 の評価フロー (参照 : Z.Alwan et al., 2014)

4. 考察と今後の展望

本研究では、インジケータ（GBI）について、国際規格 ISO や国際的に普及している建築物環境性能評価手法（GBRT）である LEED の定義を整理した上で、インジケータの評価フローが設計のデジタル化を受けどのように変化するかを分析した。今回示した事例には、Autodesk Vasari のように、現在サービスを停止しているソフトウェアも存在する。今後の研究では、刻一刻と開発されるソフトウェアにも注意を払いつつ、これらの変更や改変を許容するような評価フローについて検討していくことが望ましい。

また、今回の研究では、LEEDv2009 新築に関する事例を3つ扱ったが、現在で LEEDv4 の方が一般的に使用されている。今後の研究では、LEEDv4 に対する事例を検討すると同時に、環境性能評価手法の更新と評価フローの関係性についても分析していく必要がある。

最後に、今回の2つ目の事例でエネルギーのインジケータと空気質のインジケータと一緒に評価され、3つ目の事例でサステナブルな敷地のインジケータと材料のインジケータと一緒に評価されていたように、インジケータの性質によっては、同時に検討すべき項目も存在する。各環境性能評価手法によって、インジケータに違いがあることや、インジケータの改変も頻繁にみられることから、インジケータ同士の関係性を厳密に定義することは極めて困難である。以上から、設計のプロセスや作成される BIM データの帰属先コンポーネントに注目するなど、BIM を用いた設計に対して、親和性の高い評価フローを検討することが期待される。

【参考文献】

- 1) BergonzoniG. (2016). BIM for LEED IEQ category prerequisites and credit calculations.
- 2) Revit@Autodesk®. (2005). Building Information Modeling for Sustainable Design. Autodesk Whitepaper, 1-13.
- 3) Tajin.Biswas. (2008). Integrating sustainable building rating systems with building information models.
- 4) Wulssa. (2011). BIM Facilitated Web Service for LEED Automation.
- 5) Zaid AlwanGreenwood,Barry James GledsonDavid. (2015). Rapid LEED evaluation performed with BIM based sustainability analysis on a virtual construction project. Construction Innovation.
- 6) KangTaewook. (2020). Rule-Based LEED Evaluation Method considering BIM Linkage and Variability. KSCE Journal of Civil Engineering.
- 7) Farzad JalaeiJradeAhmad. (2014). An Automated BIM Model to Conceptually Design, Analyze, Simulate, and Assess Sustainable Building Projects.
- 8) Po-Han ChenChuong NguyenThanh. (2017). Integrating web map service and building information modeling for location and transportation analysis in green building certification process.
- 9) 中岡桃子野城智成. (2021). BIM を用いた建築物環境評価のための基礎的研究—CASBEE の情報構造分析を通じて—. 第36回建築生産シンポジウム論文集.

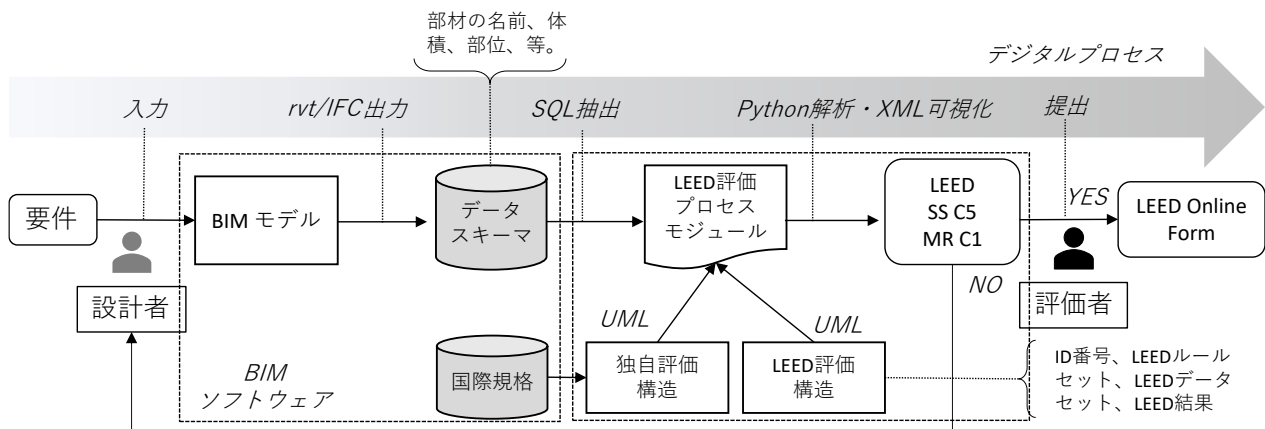


図4 LEED v2009 BD+C NC / SS5.2, MR C1 の評価フロー（参照：Taewook Kang., 2020）