

機関番号：31303  
 研究種目：若手研究（B）  
 研究期間：2008～2011  
 課題番号：20760392  
 研究課題名（和文）建物情報モデリングによるデジタル環境設計ツールの開発  
 研究課題名（英文）Development of the Digital Environmental Design Tool  
 with Building Information Model  
 研究代表者  
 許雷（XU LEI）  
 東北工業大学・工学部・准教授  
 研究者番号：40367115

## 研究成果の概要（和文）：

建物情報モデリング（BIM）の国際標準仕様である Industry Foundation Classes（IFC）に基づいて、建築意匠・設備設計が一体となる建築デジタル環境設計手法を提案した。まず、学生 150 名を対象として建物使用者・居住者がどのような建築情報を求めているのかをアンケート調査を行い、安全性・安心性、経済性が最も重要視されていることが確認した。次に 3 次元 CAD ソフト ArchiCAD を用いて建築の IFC データを作成し、建物を構成する全ての要素、住所、建物、階情報、建物部位・部材（部屋、壁、スラブ、窓、ドアなど）を解析した。そして ASHRAE の負荷計算方法を参照したで空調負荷計算用建物の IFC 情報を解析し、デジタル空調負荷計算ツールを構築した。Access で作成された建材データベース、外部気象データなどとの連携により、空調負荷、年間エネルギー消費量、環境負荷及び省エネルギー計算を行った。今後では、建材環境性能データベースの改善・充実をしながら、開発した環境設計ツールを更に改良する予定である。

## 研究成果の概要（英文）：

In order to promote the integration of architecture design and building equipment design, a digital environmental assessment tool is proposed on the basis of building information model (BIM) with Industry Foundation Classes (IFC). Firstly, a survey on the need of building information for owners and occupants is carried out among 150 students. The result shows that Safety & amenity, and economy are the most important elements in buildings. Then the IFC data generated by ArchiCAD, a 3D CAD soft, are analyzed to get building information, such as location, building stories, and elements. Referring to the air conditioning load calculation method of ASHAE, the relative IFC information is extracted and the digital air conditioning calculation tool is developed. Finally the air conditioning load, annual energy consumption, environmental load and energy saving index are calculated, together with the building material database in the format of Microsoft Access and weather file. In the near future, the environmental assessment tool will be improved with the completion of the building material database for the whole industry.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築環境・設備

キーワード：環境設計、建物情報モデリング、IFC 規格、デジタル、データベース

### 1. 研究開始当初の背景

従来の建築設計では、意匠・構造・設備の分野において各々が全く互換性のない CAD アプリケーションを利用していることがあるため、専用の環境評価アプリケーションがないとそれぞれの図面データの読み込みができない状態である。

### 2. 研究の目的

建築設計において各専門間のコラボレーション、特に意匠設計、設備設計の連携に着目し、建物の設計において、建物情報モデリング (Building Information Modeling、略称 BIM) により、デジタル環境設計ツールの開発を目標としている。

CAD アプリケーションに依存しない、BIM の国際標準仕様である Industry Foundation Classes (略称 IFC) 規格を活用し、建築意匠・設備設計が一体となるデジタル環境設計手法を提案する。空調負荷、エネルギー消費量、CO<sub>2</sub> 排出量など環境影響評価指標の自動計算などを実現し、建築分野における CO<sub>2</sub> 排出削減に貢献する。

### 3. 研究の方法

- ①アンケート調査を行い、居住者が求めている建築情報のあり方を明らかにした。
- ②3次元 CAD ソフト ArchiCAD を利用して建築の IFC データを作成し、Excel VBA などを用いて空調計算・PAL 計算などに関わる建築部位、部材の図形及び属性の IFC データを抽出する。
- ③Access で作成された建材データベース、外部気象データなどとの連携により、Excel VBA でデジタル環境設計ツールを構築・開発した。

### 4. 研究成果

(1) 大学生と高校生 150 名を対象として、建物使用者・居住者がどのような建築情報を求めているのかをアンケート調査を行った。住宅を購入するにあたって、経済性、安全・安心性、健康・快適性、利便性、デザイン性の優先順位を調査した。最も重視されているものが安全・安心性で、その次は経済性であった (図 1)。経済性のうち、住宅の購入価額、年間光熱費などが最も重視されていると分かった (図 2)。建築部位・部材情報の優先順位を確認した。

(2) 3次元 CAD ソフト ArchiCAD を利用して建築の IFC データを作成した。建物を構成する全ての要素、例えば、住所、建物、階情報、建物部位・部材 (部屋、壁、スラブ、窓、ドア) などを解析した。

IFC で定義される建物要素は線分の情報だけでなく、位置、方位、属性など基本情報

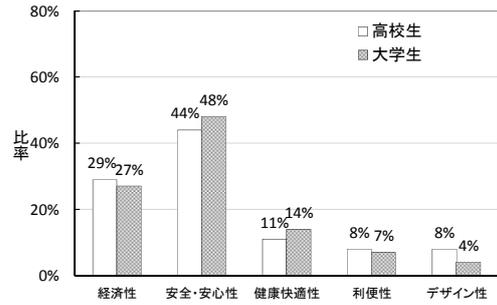


図 1 重要視する建物情報の順位

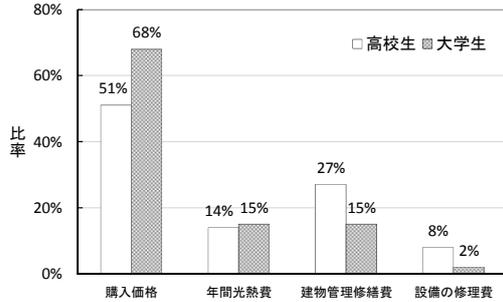


図 2 重要視する経済性情報の順位

も持っている。図 3 に示す壁 IFC データから投影座標、軸 (Axis, RefDirection) 情報に基づいて、面積、方位などの計算ができた。また、IFCEXTRUDEDAREASOLID 情報により壁の長さ、厚さ、高さ寸法が得られた。Excel VBA などを用いて空調計算・PAL 計算などに関わる建築部位、部材の図形及び属性の IFC データを抽出した。



図 3 壁の方位、高さなど情報の出力

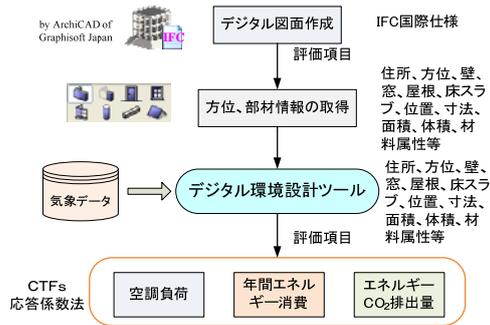


図4 環境評価ツールの開発手順

BIM空調負荷計算										
IFCファイル参照		D:\Project\研究\IAE\数値シミュレーション\ASHRAE Case600\Isometric Case600_V11_0917.ifc				BIM情報出力				
気象データ参照		D:\Project\研究\IAE\数値シミュレーション\気象\Kadabara\東京標準等々.txt				気象データ参照				
構成	外壁(冬)	17	日射熱	外壁	0.65	冷暖房モード	季節	開始	終了	
	外壁(冬)	23	換気熱	内壁	0.65	暖房	冬期	12月1日	3月31日	
	屋根(冬)	23	窓ガラス	窓ガラス	0.15	冷房	夏期	6月1日	9月30日	
	屋根(冬)	35	日射熱	壁	0	換気	中間期	4月1日	5月31日	
内表面	内表面	9	透過熱	窓ガラス	0.5 (標準値)	冷房	中間期	10月1日	11月30日	
	内表面	9	透過熱	窓ガラス	0.5 (標準値)	冷房	中間期	10月1日	11月30日	
空調スケジュール	開始日時	1月	1日	空調	ON	OFF	冷中温度	20℃	暖中温度	15℃
	終了日時	12月	31日							
内部・外気負荷	室内機器発熱量(W/m <sup>2</sup> )	20	対流分	室内熱	50%	空調設定	暖房	22		
	換気回数 (回/h)	1	比率	透過日射	25%	温度(℃)	冷房	26		

図5 評価ツールのインターフェース

表1 建物外皮の熱属性

外皮	厚さ(m)	U [W/(m <sup>2</sup> .k)]
壁	0.087	0.514
屋根	0.14	0.318
床	1.03	0.039
ガラス	0.004	3.03

(3) ASHRAE の負荷計算方法を参照して空調負荷計算用建物情報(部屋、壁、窓、屋根、スラブ等)を解析した。図4に示すように、デジタル空調負荷計算ツールのコンセプトを提案した。

(4) Access で建材データベースを作成し、外部気象データなどと連携することにより、デジタル環境設計ツールを構築・開発した(図5)。

また、床面積 48 m<sup>2</sup>、高さは 2.7m の東京にある建物を対象として、ケーススタディーを行った。建物外皮の熱属性を表1に示し、空調運転時間を 8 時~20 時、夏期の空調室温を 26℃、冬期の空調室温を 22℃にした。

夏期 7 月 23 日~24 日に対象建物の空調負荷(冷房)を図6に示す。空調立ち上がり負荷が大きく、64W/m<sup>2</sup>を超え、ピーク時冷房負荷 54W/m<sup>2</sup>の 1.2 倍となった。空調負荷合計値は 54.2kWh、電気消費量は 18.1kWh、電気消費量による二酸化炭素排出量は 10kg-C であった。人員など内部発熱が考えていなかったため、経験値と近い結果が得られた。

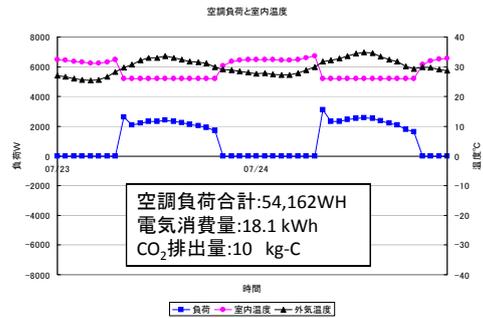


図6 計算結果(夏7/23~24)

さらに、出力された IFC テキストファイルから省エネルギー評価指標 PAL 計算用建築情報を抽出し、地域の気象データベースとの連携により、PAL の自動計算ツールも開発した。

(5) 本研究は、当初計画の通り順調に進んできた。3次元 CAD ソフト ArchiCAD により、IFC 形式の BIM 情報を作成し、空調負荷、年間エネルギー消費量及び省エネルギー評価ができる環境設計ツールを開発した。

異なる CAD ソフトによって作成した IFC 形式の BIM 情報が違うため、現在では開発したツールは ArchiCAD で出力した IFC テキストファイルしか対応していない。今後では、建材環境性能データベースの改善・充実をしながら、本研究で開発した環境設計ツールを改良する予定である。

## 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)

[学会発表] (計 8 件)

- Lei Xu: Development of the Digital Environmental Assessment Tool With Building Information Model, ICCCBEXII,(2008/10/17), 中国・北京
- Lei Xu: The Digital Environmental Assessment Tool with IFC Building Information Model, アジア都市環境学会,(2008/11/25), 富山
- 早坂拓之、許雷:国際規格 IFC による建築デジタル設計に関する研究—空調負荷計算ツールの開発, 日本建築学会東北支部研究報告集第72号計画系,2009年6月, pp.117~120, 福島
- 早坂拓之、許雷: 国際規格 IFC による建築デジタル設計に関する研究—自動積算ツールの開発, 2009年度日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1, 2009年8月, pp.1201~1202, 宮城
- チーム LEI (東北工業大学許研究室): 環境

設計ツールと BIM データ解析の連携, 一般社団法人 IAI 日本、BUILD LIVE TOKYO2009 作品集、2010 年 2 月, pp.13~14

6. 早坂拓之、許雷: 国際規格 IFC による建築デジタル設計に関する研究—PAL 自動計算ツールの開発, 2010 年度日本建築学会大会 (北陸) 学術講演会、pp.1089~1090, 2010 年 9 月, 富山

7. Hiroyuki Hayasaka, Lei Xu: Proposition of the Digital Architectural Design with IFC, Proceedings of SUDAC2010, International Conference on Sustainable Urban Design in Asia City, pp. 251~254, (2010/11/20), Sendai, Japan

8. チーム TIT (東北工業大学許研究室): 参加することに意義がある、とにかく手を出してみる, 一般社団法人 IAI 日本、BUILD LIVE TOKYO2010 Collection, pp.31~32, 2011 年 2 月

[その他]

受賞 (計 2 件)

①チーム LEI (東北工業大学許研究室): BUILD LIVE TOKYO2009、BIM アカデミー賞、2009

②チーム TIT (東北工業大学許研究室): BUILD LIVE TOKYO2010、環境設計賞、2010

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

許雷 (XU LEI)

東北工業大学工学部建築学科・講師

研究者番号: 40367115