

# 建築設計のアルゴリズム化を志向した設計業務実態の分析

—壁面パネル割付自動化の検討と設計業務調査を通して—

構法計画研究室 稲山凌生

## 1. 序論

### 1-1. 研究背景と目的

1950年代の「第一回 CAD 開発会議」に端を発する2次元作図システム<sup>1)</sup>であるが、近年の情報通信技術 (Information and Communication Technology、以下 ICT) をはじめとするテクノロジーの著しい発展により、今や建築設計業務に欠かせない存在となった。特に、コンピュータ支援設計 (Computer Aided Design、以下 CAD) は一般的な作図ツールとして広く認知されている。

建築分野を大きく前進させてきたデジタルツール (以下、DT) であるが、21世紀に突入し、人工知能 (Artificial Intelligence、以下 AI) 開発が特徴表現学習<sup>2)</sup>の段階に移行してからは、その革新的な技術も建築の職能を脅かす存在としてしばしば語られるようになった。一方で、建築家と AI の協業を模索すべきという言説も熱を帯び始めている。従来の職能は断片的に AI に置換されていくが、その分多くの新たな職能が要請されると豊田<sup>3)</sup>は指摘する。現在、建築への ICT の応用は、部分的に実装されているものの、その全体像が把握されていない。本研究では、建築設計の中でも、これまで人間が固有に担ってきた知的生産業務がその大半を占める建築意匠設計に着目し、既往プロセスに対する ICT の応用可能性を業務実態調査によって明らかにすることを目的とする。

### 1-2. 既往研究と本研究の位置付け

情報技術の建築への応用については、近年あらゆる方面で研究されている。しかし、その大半は既存の DT を前提とした建築設計への応用可能性を探求するものや、構造や設備といった情報処理及び数値制御と親和性の高い分野に限られたものであり、従来の建築意匠設計プロセスとの関係について言及しているものが少ないと言えるため、本研究は新たな視座を提示することを目指す。

また、既往の設計プロセスの研究については、設計行為の実態を業務調査から明らかにした太田らによる一連の研究<sup>3)</sup>が挙げられるが、実施された年代を鑑みれば、情報技術が業務の主要な道具として援用されていたとは考えにくい。故に、DT をベースとした今日的な知見からの更新が求められるであろう。

### 1-3. 分析対象とその方法

分析対象として本論では、建築意匠を主たる業務とする設計事務所での業務を取り上げる。調査から抽出された業務をそこで援用されている情報技術に着目して分類する。それを元に ICT 関連の技術動向と照合し、その発展段階を分析・推論する。

### 1-4. 分析対象とする ICT 関連技術

ICT は様々な分野に応用し得る基幹的な汎用技術 (General Purpose Technology) として今日では広く支持されている。特に、21世紀初頭における ICT の研究分野では、その中枢を担う技術として「AI」「IoT」「ビッグデータ」「5G」が注目を集めている。

本研究では、分析対象として特に AI を中心とした技術動向に着目する。人間が担ってきた知的生産業務が如何にして機械に置換されていくかという観点から見れば、その実現には AI の進化が欠か

表 1 AI 発展段階 (文献<sup>4)</sup> に基づき筆者作成)

発展段階	段階の呼称	発展内容
LEVEL 1	単純な制御プログラム	機械制御全般
LEVEL 2	推論・探索	アルゴリズム
LEVEL 3	機械学習	アルゴリズム+知識ベース
LEVEL 4-1	特徴表現学習 (ディープラーニング)	画像認識
LEVEL 4-2		感情理解/行動予測/環境認識
LEVEL 4-3		自律的な行動計画
LEVEL 4-4		環境認識能力の大幅向上
LEVEL 4-5		言語理解
LEVEL 4-6		大規模知識理解

せないかと推察されるためである。無論、これらの中枢技術は独立したのではなく、相互に連環しながら発展していくものであり、その点には十分に留意する。

## 2. 情報技術と建築

### 2-1. AI に着目した ICT 関連技術の動向

一般的に AI と呼称されているものを技術的側面から整理し表 1 に示す。技術的な発展段階は 4 つに大別することが可能であり、中でも特徴表現学習については更に 6 つに分類できる (LEVEL4-1 ~ 6)。文献<sup>4)</sup>によれば、2030 年には LEVEL4-6 まで発展し、AI としての完成形が登場するとの見方があり、2018 年現在、LEVEL4-2 の段階の開発が進んでいる。

### 2-2. 建築分野で援用されている ICT 関連技術

設計実務のレベルでも広く実装されている ICT 関連技術を援用したツールの代表格としては、前述の CAD が挙げられる。その他には、ゼネコンが積極的に採用し、施工段階での活躍が期待されている BIM (Building Information Modeling) や、自由曲面形態を数値制御によって簡易に記述可能とした Grasshopper といったツールが注目されている。これらに援用されている技術レベルを表 1 と照合すると、CAD は LEVEL1、Grasshopper は LEVEL2、BIM は LEVEL3 に該当すると考えられる。

### 2-3. 建築分野に特有の問題系

建築物は他分野のプロダクトに比べ、個性が非常に高い。特に、建築物の実現には、性能的要求と人間的欲求の双方からの要請を調整することが必要不可欠である点などがその理由だろう。ここで言う人間的欲求とは、施主からの様々な要望を意味するが、そこには審美性を追求するような記述困難な要望が混在しており、数値制御では達成し難いものとして存在する。この調整業務に莫大な生産コストがかかっていたのが、従来型の建築設計プロセスである。故に、建築家は AI によって完全に置換されることはないかと推察されるが、将来的に AI との協業を模索していく上では、より精緻に細分化を図る必要があると考える。

## 3. 設計業務調査

### 3-1. 調査目的及び方法

本調査は、今日的な設計業務実態を明らかにするものとして位置付けられる。建築設計に関わるプロセスに対して AI が如何に援用されるかという指標を示すことを第一の目的とする。

表2 調査内容

a. 基本情報(ヒヤリング)			b. 観察内容(調査員の目視による)		
a-1	建築の用途	住宅、商業施設、オフィス等	b-1	検討ツール	2次元CAD、スケッチ、紙面確認等
a-2	建築の規模(延床面積/階数)	1000㎡/3F	b-2	検討図面	平面図、断面詳細図、見積書、パース等
a-3	調査当時の進捗	基本(構想)、基本(見積)、実施(見積)、監理等	b-3	検討部位	屋根、外周壁、外面壁、外観、家具等
a-4	被調査者の担当業務	統括、全般、補助等	b-4	作業内容・理由	(当該作業が発生した理由)
a-5	調査当時の実務経験	(年数)	b-5	技術内容	(観察可能な限り技術内容を詳細に記述)
a-6	使用しているデジタルツール	2次元CAD、3次元CAD、VGE <sup>(注5)</sup> 、RGE <sup>(注6)</sup> 等			

表3 調査結果まとめ(各被調査者の調査内容から任意に抜粋)

位置	行為	pJNo.	ツール1	ツール2	PCソフト	検討図面	検討部位	詳細1(作業内容・理由)		詳細2(技術内容)		観測数
								図面作成	資料参照	変更箇所	紙面全体	
正規	図面作成	II	PC	—	2次元CAD	平面図	造作家具	造作家具の設計変更に伴う修正作業	変更箇所	紙面に全体見積と照合	1	
	資料参照	II	PC	紙面確認	電子型文書 <sup>(注10)</sup>	見積書	—	メーカーの見積書を確認	紙面に全体見積と照合	—	1	

(凡例) PC: パーソナルコンピュータの略記。2次元CAD: XY 平面上における CAD。寸法線ツール: 採寸箇所の両端部を選択することで寸法を自動挿入する 2次元 CAD の編集機能。

設計事務所内における設計業務実態の調査方法としてワークサンプリング法を採用した。設計事務所に勤務する所員のうち、主たる設計業務及びその関連行為を行う所員を被調査者とし、ランダムな時刻に1日複数回、調査員が目視で観察をし、予め作成した調査票に作業内容を記入する。調査員は筆者自身が担当した。調査に際し、被調査者の基本情報と進行中の設計案件の概要について事前にヒヤリングを行い、調査内容に関連する事項について確認した。また、調査員自身も調査と並行しながら業務に従事し設計補助を行った。

### 3-2. 調査時刻と期間

1日当たりの調査時間は、法定労働時間(労働時間が8時間を超える場合は1時間以上の休憩)に従い、勤務時間のうちの9時間とした。1時点の観測については、調査員が指定時刻に約1分間観察を行い、その間に読み取れた行為について出来る限り詳細に記述する。調査員が設計補助業務に従事しながら調査を行うため、1日の勤務時間を23分<sup>(注2)</sup>間隔で刻み、24の観測時点を設定する。調査期間とそのサンプル数については、設計事務所1社あたり1週間(平日の業務について5日間)の業務状況を被調査者4名程度と調査員が従事した設計補助業務について記録した。

### 3-3. 調査内容及び対象設計事務所

調査内容について表2に示す。調査を行う事務所は、従来の設計業務を多く残しているものが適切と考え、新規のDT導入に対してのハードルがゼネコンや組織設計事務所と比較して高いことが予測されるアトリエ系建築設計事務所<sup>(注3)</sup>を本調査の対象とした。尚、今回の対象は、建築意匠設計のみを主たる業務とする独立した設計事務所をX事務所(所員数:4)とし、不動産及びデザイン全般を担う組織の建築設計部門である設計事務所をY事務所(建築設計部門所員数:5)として、異なる性格を持つ2社を選定した。

### 3-4. 調査結果まとめ

X事務所では、被調査者4(実務経験年数:16年,8年,1年,1年)+調査員1名に対し計6日間(内2日間は、1名が欠勤であった)を調査し、観測点の総数は671。Y事務所では、被調査者3(実務経験年数:14年,5年,3年)+調査員1名に対して計5日間を調査し、観測点の総数は447であった。但し、調査員が所員から仕事の指示を受けていないなどの理由で待機していた場合は、業務に従事していないものとして除外した。以上の調査結果をまとめたものを抜粋し、表3に例として示す。まとめる段階で、既往研究<sup>(注3)</sup>を参照し、従来の一般的な設計業務内容と照合し分類を行っている。その際、独立した分類項目が必要と思われた「立体検討」「メール」の2項目を追加した。従来、立体検討を担ってきたのは模型であるが、近年では、3次元CADの普及したことにより省力化が図られていると考えられる。また、電子メールは現在最も使用されている連絡手段である。尚、検討ツールについては、「ツール1」を検討時に主

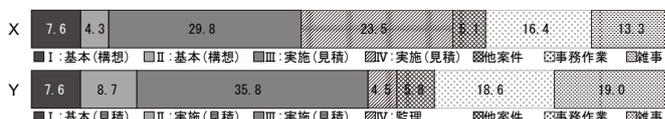


図1 各対象事務所における進行中案件の進捗と比率(調査当時)(%)

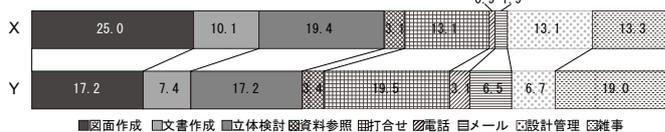


図2 各対象事務所の設計行為別比率(%)

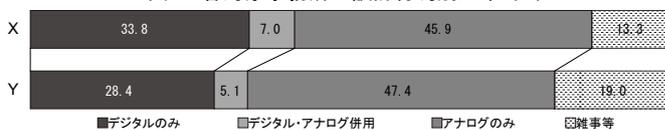


図3 各対象事務所のツール性格別援用比率(%)

表4 各対象事務所のツール機能別援用比率(%)

ツール1	2次元CAD	2次元CAD用PI <sup>(注4)</sup>	VGE <sup>(注5)</sup>	RGE <sup>(注6)</sup>	SS <sup>(注7)</sup>	PP <sup>(注8)</sup>
割合 X	22.4	0.0	0.9	3.6	0.9	0.0
(%) Y	12.5	1.1	0.2	0.0	3.1	1.3
ツール1	3次元CAD	模型	VGS <sup>(注9)</sup>	紙面確認	紙面書込	スケッチ
割合 X	2.7	16.4	0.0	15.2	4.0	0.6
(%) Y	2.2	17.9	0.2	13.6	3.4	0.7
ツール1	電子型文書 <sup>(注10)</sup>	ウェブブラウザ	書籍	口頭相談	電話	メール
割合 X	0.6	2.7	0.3	3.1	0.9	1.9
(%) Y	2.2	0.4	0.0	5.8	3.1	6.5
ツール1	SMS <sup>(注11)</sup>	ファイル管理用アプリケーション	クラウド型ソフトウェア <sup>(注1)</sup>	手作業による事務	雑事	計
割合 X	0.3	1.2	0.0	9.1	13.3	100.0
(%) Y	0.0	0.9	1.4	4.3	19.0	100.0

※1: 経理管理用ソフトウェアと日程管理用ソフトウェアの合算値

として援用されていたものとし、「ツール2」は補助として援用したものがあつた場合のみ記述した(表3)。

### 3-5. 分析結果と考察

調査当時の案件の進捗状況は、X事務所・Y事務所共に実施設計における見積調整段階にあるものが約半数占めた(図1)。故に、両事務所が保持する技術に差がない場合、ほぼ同等内容の業務に従事しているとみなすことが出来る。X事務所では、Y事務所に比べ図面作成に該当する業務が1.5倍となった(図2)が、これには業務に従事する所員の経験年数が影響していると考えられる。

図3は検討時に援用されたツールのデジタル化についての割合を示している。ここで【電話】は従来から援用されていると位置付け、アナログツール(以下、AT)として分類した。DTでの作業は3割程度、ATでは約半数であった。また、その双方を同時に併用し検討しているケースは少ない。両事務所とも同様の結果となり、技術レベルは同等のものであると推察される。

表4にその援用されたツールの詳細機能別の割合を示す。【2次元CAD】の割合の高さは、作図行為におけるDTの普及率の高さを裏付けていると考えられる。Y事務所のみに見られた【2次元CAD用PI<sup>(注4)</sup>】であるが、これは日影検討図の自動化アルゴリズムであり、このような部分的な検討へのより高度なDT援用も見られた。【クラウド型ソフトウェア】もY事務所のみに見られたが、これは所員間でのスケジュール共有ツール、事務所内の経理を一括

管理するツールである。組織化されたY事務所においては、建築設計に関わる事務作業のDTによる効率化が特徴的に見られた。

### 3-6. 調査に基づく業務行為の再分類

本調査において得られた各業務についての技術内容の観測点の総数は1118であった。その中から類似する技術内容だと考えられるものを記号を付して再分類し、表5に示した。記号の下付き番号は昇順で技術内容の難易度とした。ここで言う難易度とは、作図等の設計業務行為の範疇における任意の検討部位の、全体及び他の部位に対する依存度を意味している。これに類似するものとして、建築生産におけるトータルシステム（以下、BTS）とサブシステム（以下、BSS）の考え方があり。文献<sup>5)</sup>ではBTSに対して、単体型BSS→割付型BSS→配列型BSSの順に依存度が高いとしている。例として平面図における開口部サッシと外周壁の納まりを考える。開口部位置は全体の平面計画や採光上有効であるか否かなど、決定ルールが複数の部位に依存している点で前述したBSSの中でも配列型BSSに当たる。つまり、全体に対する依存度は高い。しかし、当該部分において単に図面として成立していない線のみみ出しやズレを修正する行為は、図面表現というルールのみ依存し要請された行為であると言えるため、難易度が低いとしている(B<sub>1</sub>)。つまり本研究においては、作図等の設計業務行為における依存度の指標が優先されている点で、前者とは定義を少々異なる。無論、本研究における難易度がBTSとBSSの考え方と一致する場合もあり得る。割付領域が決定された壁面へのボード割付（割付型BSS）は、その好例であろう。表5の種別のうち作図では、上記の定義に基づく4つに大別可能で【B<sub>0</sub>】→【B<sub>1</sub>～B<sub>9</sub>】→【B<sub>10</sub>～B<sub>15</sub>】→【B<sub>16</sub>】の順に難易度が高い。尚、数字の順列は、技術レベルがほぼ同等である場合でも行為内容による分類を優先しているため、前後する可能性があることを追記しておく。

## 4. 建築分野への情報技術援用可能性の分析

### 4-1. 分析における定義

表1と表5の再分類結果を照合し、既存の設計技術及び業務が如何にしてAIに置換されていくかを推論する。表1の特徴表現学習の発展段階には、「認識・判別【LEVEL4-1,4-2】→単一概念の理解【LEVEL4-3】→複雑な概念の理解【LEVEL4-4】→概念と言語の紐づけ【LEVEL4-5】→様々な知識の自律的理解【LEVEL4-6】」という流れが見られる。これに基づいて定義したものを表5に示す。【一】は、事例研究や図面の読み込み、DT使用方法の理解など、人間が設計業務に従事する際に必要不可欠な項目とした。また、現状の技術で充足出来る項目もここに含まれる。【LEVEL5】は、新規のデザイン検討や独自の模型表現、施主とのやり取りなど、ICTの発展状況によっては将来的にAIに置換される可能性はあるが、人間が担うべき知的生産業務と推察される項目としている。但し、文献<sup>4)</sup>ではLEVEL5についての定義がなされていないため、独自の指標であることを追記しておく。作図行為以外の業務は、特徴表現学習の段階でのみ置換可能であると推察された。

### 4-2. 分析結果と考察

各事務所における設計進捗別の業務量を図4に示す。両事務所共に実施設計の見積段階では、詳細な空間検討が為されており、縮尺1/20～1/50の模型の製作に多くの時間を割いている(A<sub>5</sub>)。作図行

表5 業務行為の再分類とAI発展段階との関係<sup>※2</sup>

種別	分類名	記号	AI発展段階	種別	分類名	記号	AI発展段階	
総合	現状維持	A <sub>0</sub>	—	文書	現状維持	C <sub>0</sub>	—	
	知識獲得	A <sub>1</sub>	—		テキスト修正	C <sub>1</sub>	LEVEL 4-5	
	図面等理解	A <sub>2</sub>	—		新規テキスト①	C <sub>2</sub>	LEVEL 4-5	
	図面等照合	A <sub>3</sub>	LEVEL 4-6		新規テキスト②	C <sub>3</sub>	LEVEL 4-6	
	関連法規等照合	A <sub>4</sub>	LEVEL 4-6		新規テキスト③	C <sub>4</sub>	LEVEL 5	
作図	デザイン検討等	A <sub>5</sub>	LEVEL 5	描画	現状維持	D <sub>0</sub>	—	
	現状維持	B <sub>0</sub>	—		矩形変形	D <sub>1</sub>	LEVEL 4-1	
	細部修正	B <sub>1</sub>	LEVEL 1		多角形変形	D <sub>2</sub>	LEVEL 4-3	
	数値算出	B <sub>2</sub>	LEVEL 2		要素峻別	D <sub>3</sub>	LEVEL 4-4	
	絶対配置・配列	B <sub>3</sub>	LEVEL 2		デジタル援用描画	D <sub>4</sub>	LEVEL 5	
	図面関連携	B <sub>4</sub>	LEVEL 3	紙面手書き描画	D <sub>5</sub>	LEVEL 5		
	新規設計①	B <sub>5</sub>	LEVEL 3	事務	現状維持	E <sub>0</sub>	—	
	矩形変形	B <sub>6</sub>	LEVEL 4-1		所員内共有	E <sub>1</sub>	—	
	図起こし	B <sub>7</sub>	LEVEL 4-1		機材導入	E <sub>2</sub>	—	
	相対配置・配列	B <sub>8</sub>	LEVEL 4-2		単純事務作業	E <sub>3</sub>	LEVEL 4-3	
	設計変更①	B <sub>9</sub>	LEVEL 4-3		複合的事務作業	E <sub>4</sub>	LEVEL 4-4	
	雑務	多角形変形	B <sub>10</sub>	LEVEL 4-4	雑務	所員外共有	E <sub>5</sub>	LEVEL 5
		要素峻別	B <sub>11</sub>	LEVEL 4-4		休憩、雑談等	X	X
		寸法等数値算出	B <sub>12</sub>	LEVEL 4-4				
		新規設計②	B <sub>13</sub>	LEVEL 4-4				
		設計変更②	B <sub>14</sub>	LEVEL 4-4				
設計変更③		B <sub>15</sub>	LEVEL 4-6					
新規設計③		B <sub>16</sub>	LEVEL 5					

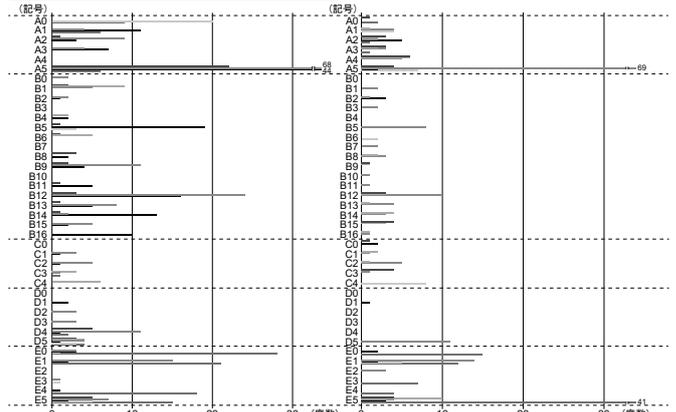


図4 設計進捗別業務行為【左：X事務所、右：Y事務所】

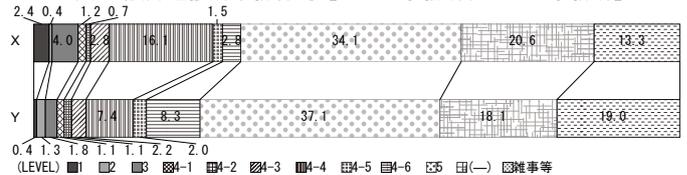


図5 各対象事務所におけるAIによる置換可能性割合(%)

為では、外装材や天井パネルの割付など単一のルールに依存する検討及び線の細部修正が他に比べて多い(B<sub>9</sub>)。また、見積を詳細に検討するための仕上面積の再計算や、設計寸法の確認作業も同様であった(B<sub>12</sub>)。これは、工事契約前の最終調整及び確認申請用図面の作成に関わる業務が多くを占めているためと推察される。

表5を元に既往設計プロセスのAIへの置換可能性の割合を示した(図5)。【LEVEL4-4】と【LEVEL4-6】が他に比べて高い値を示している。これは、建築設計という行為が複数のルールの整合の上で成立していることと、建築基準法に代表される法体系に基づき、建築物が建築的言語の複雑な組み合わせによって定義されていることを裏付けていると考えられる。X事務所では32%、Y事務所では25.8%、つまり約3割の業務がAIに置換可能と言えるだろう。

## 5. 壁面パネル割付の自動化の検討

### 5-1. 事例：小径材を用いた木造軸組架構システム

本検討は、ケーススタディとして、現行の法体系及び施工技術のもとでの設計行為のアルゴリズム化を検討するものである。対象として武蔵による研究<sup>6)</sup>で開発された架構システムを取り上げる。既往研究では、住宅をモデルケースとして実用可能性の検証が行われている。中でも特に技術的課題が大きかった壁構法について追加検

討を行い、壁面パネル割付自動化に際してのハードルを明らかにするとともに、AIの援用可能性について分析し記述する。制約条件として、平面計画はモデルケースを引継ぎ、現行の法規と仕様規定<sup>7)</sup>の範疇において検証した。

### 5-2. 各部位における詳細検討

既往研究<sup>6)</sup>によれば、主要な構造柱は3種類(65×90mm,90×90mm,65\*2×90mm:順にC1,C2,C1Wとする)が存在する。壁見込み寸法のパターンは、C1にはボルト突出部(突出部寸法:19.2mm)があることに留意すると、104mm,90mm,130mmの3つが考えられるが、流通寸法を考慮し、104mmは105mmとして設計することが望ましい。また、特に検討すべき部位は次の通りである。

- (1) 充填断熱工法:断熱下地材に留意すれば上述の壁見込み寸法から選択し断熱材の厚み<sup>注12)</sup>を決定することが望ましい。尚、外張断熱工法を採用する場合、断熱材の厚みと柱の見込み寸法は直接の関係を持たず、断熱性能から断熱材厚を決定することが可能である。
- (2) 隅部:図7のようにボルト突出部と受け材が干渉する。
- (3) 柱脚部:図8のように鋼製プレートが飲み込まれているため、釘の打ち込み深さを十分に確保出来ない。(柱頭部も同様)

(2),(3)のルールを適用すると構造用合板の仕様規定<sup>注13)</sup>を遵守出来ないため、耐力要素を他で検討する必要が出てくる。

### 5-3. 製材に関する経済設計

表6に壁見込み寸法ごとに必要な下地材(胴縁材は縦胴縁とする)をまとめた。一般流通規格<sup>注14)</sup>外の下地材が大半を占めており、木材調達の際には製材を考慮した経済設計が求められる。

### 5-4. 壁面パネル割付の自動化に向けたフロー構築と考察

図9に壁検討フローと全体計画フローとの関係を示す。本システムは梁スパンによって異なるパタンの架構が生成される<sup>6)</sup>ため、相互の調整が常に要請される(①)。大きな制約条件として働く架構システムに加えて、限定的な製材環境はコスト増大の要因となる。ディテール検討が全体性能やコスト調整に直結する本システムは、完結した部位ごとの分割が困難であり、常に全体を調停しながら、複合的なルールを同時に処理する必要があると考えられる。つまり壁面パネル割付自動化を志向する上で、AIの発展段階で見れば最低でも【LEVEL4-4】以上の技術達成を必要とする。また加えて、意匠性とのバランスを検討する段階(⑥)や、性能が影響し合う部分の検討段階(⑦)においては一義的に決定することは困難であり、設計者の判断が常に要請されるだろう(【LEVEL5】に該当)。

## 6. 結

建築分野におけるAIとの協業を模索する上で、情報技術の発展は未だ実務レベルで実装するに耐え得ないことが明らかになった。その実現には、AIが【LEVEL4-4】以上の段階に到達することが不可欠である。また、地方における職人不足の現状を鑑みれば、AIを援用した構法システムの汎用化への期待は大きい。建築の固有性故に乗り越えるべきハードルは高く、あらゆる角度からの検討過程を蓄積し、更新し続けることが求められる。

今後の展望として、本研究において得られた指標を更に精査した上で、あらゆる設計組織に対して同様の調査を実施し、得られた技術内容とその課題を定量的に分析することで、現在活発に行われているDTの開発とその発展に大きく寄与出来るだろう。

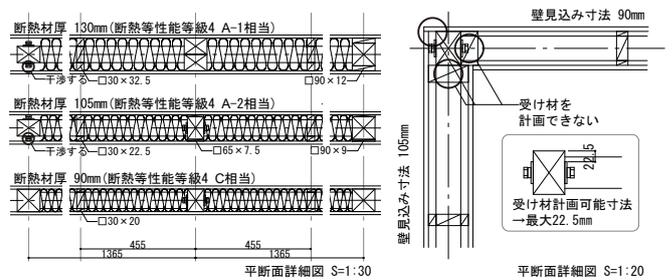


図6 充填断熱工法(K型筋交い部<sup>6)</sup>)

図7 隅部

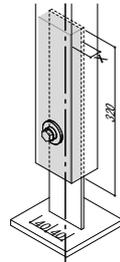


図8 柱脚部  
C1: xmax=29.5mm  
C2: xmax=42mm  
C1W: xmax=62mm

表6 柱パターンと壁見込み寸法に対する下地材径

構造柱材径(mm)	壁見込み寸法(mm)	下地材名称	材径(mm)	種別 <sup>※1)</sup>	設計寸法との誤差
共通	—	間柱	30×65	×	なし
	105	間柱補助材1	30×20	×	なし
	90	間柱補助材2	30×12.5	×	なし
	130	間柱補助材3	30×32.5	×	なし
65×90(C1) 見付寸法=65mm	105	胴縁材1	65×7.5	×	なし
	130	胴縁材2	65×20	×	なし
65×90(C1) 見付寸法=90mm	105	胴縁材3	90×21	△	誤差1mm
	90	胴縁材4	90×12	△	誤差0.5mm
	130	胴縁材5	90×22.5	×	なし
90×90(C2) 見付寸法=90mm	105	胴縁材6	90×9	△	誤差1.5mm
	130	胴縁材7	90×21	△	誤差1mm
65*2×90(C1W)	—	胴縁材不要	—	—	—

※4: ○=一般流通規格材に該当するもの  
△=日本農林規格(JAS)の製材標準寸法に該当するもの(○を除く)  
×=オリジナルの製材寸法によるもの

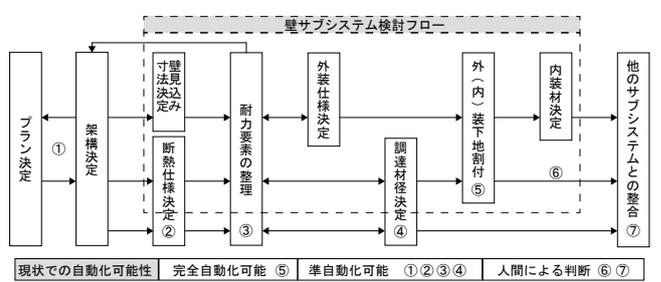


図9 壁サブシステム検討フローと全体計画フローの関係

### 参考文献

- 1) 3D Innovations: The History of Computer-Aided Design(CAD), <https://3d-innovations.com/blog/the-history-of-computer-aided-design-cad/>, 2013年3月
- 2) 豊田啓介: 建築のAIはパベルの塔か, 10+1website <http://10plus1.jp/monthly/2016/07/issue-02.php>, 2016年7月
- 3) 太田利彦: 設計手間に関する研究(1~4), 日本建築学会論文報告集, 1964~1967年
- 4) 松尾豊: 人工知能は人間を超えるか, KADOKAWA, 2015年3月
- 5) 深尾精一: 建築生産のサブシステム化に関するルールについて(その1~その3), 日本建築学会論文報告集, 1976年8月~10月
- 6) 武蔵真己: 病害スギの小径材を用いた木造軸組構法の開発研究, 2016年
- 7) 住宅金融支援機構: フラット35対応 木造住宅工事仕様書 平成28年版, 井上書院, 2016年10月

### 注釈

- 注1) 「ディープラーニング」とも呼称され、コンピュータが人間と同等の学習能力を実現するために必要な変数を自ら学習すること。(文献4)
- 注2) 15分(設計補助業務に従事)+1分(被調査者1人当たりの観察時間)×5人+α=23分(素数とする:乱数としてサンプリングするため)
- 注3) 磯崎新: 建築家捜し, 岩波現代文庫, 2005年 p.12, p.247
- 注4) 2次元CAD用プラグイン(Plugin)の略記とする。
- 注5) ベクターイメージ編集機能(vector graphics editor)の略記。
- 注6) ラスターイメージ編集機能(raster graphics editor)の略記。
- 注7) 表計算ソフトウェア(spreadsheet)の略記。
- 注8) プレゼンテーション用ソフトウェア(presentation program)の略記。
- 注9) バーチャル地球儀システム(virtual globe system)の略記。
- 注10) 電子上の文書等に関するファイル保存形式のこと。主にPDFを指す。
- 注11) 「ソーシャル・ネットワーキング・サービス」の略称。
- 注12) 断熱材の厚みは次世代省エネ基準(断熱等性能等級4)とした。モデルケース(敷地設定は千葉県)に該当する地域区分4~7を検討する。
- 注13) 隅部の受材径は45×90mm以上でN90釘@300mm以内、一般部では合板をN50釘@150mm以下で留め付ける。(建第1100号)
- 注14) 日本農林規格(JAS)の製材標準寸法を元に、全国から数ヶ所無作為に抽出した材木市場で単価表示のある木材を一般流通規格材とした。