建設会社の組織形態が BIM の導入に与える影響に関する研究

STUDY ON CORPORATE ORGANIZATION IN CONSTRUCTION COMPANIES THROUGH TECHNOLOGY INTRODUCTION OF BIM

石田 航星*, 志手 一哉**, 壹岐 健章***

Kosei ISHIDA, Kazuya SHIDE and Takeaki IKI

The authors have analyzed the process of introducing BIM in the construction company. In this study, the authors conducted a questionnaire survey of construction companies about BIM. Based on the questionnaire results, the authors performed the analysis for corporate organization shown below.

1. Analyze the relationship of the respondents of department and technician experts by cross tabulation.
2. Classify respondents by factor analysis.
3. Discuss the motivation of BIM introduced by covariance structure analysis.

Keywords : *BIM, Diffusion Rate, Factor analysis, SEM, Construction Company, Corporate Organization*

BIM, 普及率, 因子分析, 共分散構造分析, 建設会社, 組織

1. 緒言

1.1. 研究背景

2009年に「Building Information Modeling(以後、BIMと表記する)」の概念が国内で一般化してから6年^{注1)}が経過し、企画から維持管理に至る建築生産プロセス全体でBIMの検証や導入が試みられている。BIMの特徴は、企画や設計を含む建築生産に纏わる情報をデジタルデータで連携することにより、建築プロジェクトを効率的に進められるとする思想にある。言い換えれば、プロジェクトに参加するメンバー全員にBIMへの理解が求められ、そのプロセスのどこかに穴が開いていれば、BIMの導入で期待される効率を十分に発揮できない可能性がある。つまり、BIM導入の成否を握る鍵は、プロジェクトに参加している専門家個人のBIMスキルにあると考えられ、個人のBIMスキルの背景には各々の経験に裏付けられた、BIMに対する考え方の違いがあると推測する。そこで本研究は、BIMの導入に関する回答者の考えを類型化し、類型相互の違いを明らかにすることで、今後のBIM推進の在り方を考察することを目的に、ゼネコンと設備サブコンの実務者を対象としたアンケート調査と分析を実施した。

1.2. 既往の研究

2008年に、日本建築学会材料施工委員会の建築生産VR小委員会が、建設会社における3次元CADの活用に関する技術予測調査¹⁾を実施し、調査時点におけるアンケート回答者の日常業務における3次元CAD利用率は「良く使う」が11%と報告され、2次元CADから3次元CADに移行する時期が2017年と予測されている。設計業務での活用が主流だが、昨今におけるBIMへの取り組みの広がりを見ても、当時の予想が大きく違っているとは言えないと考える。

専門工事会社におけるBIMの活用実態については、2011年に日本建設業連合会生産委員会IT推進部会のBIM専門部会がアンケート調査²⁾を実施している。この調査では、BIMに取り組んでいる専門工事会社が3%と結論付けている。報告書によれば、BIMに取り組んでいると回答した専門工事会社の業種は、昇降機器メーカー、鉄骨ファブリケーター、設備サブコン、施工図事務所で過半を占める。その後、同専門部会は、総合建設業や専門工事会社の導入事例³⁾をまとめ、両者のデータ連携や設計情報確定手順の改善の必要性を提言し、施工段階におけるBIM普及への後押しが期待される。

日本ファシリティマネジメント協会のBIM・FM研究部会は、FMに

* 工学院大学建築学部建築学科 助教・博士(工学)

** 芝浦工業大学工学部建築工学科 准教授・博士(工学)

*** 戸田建設㈱

Assist. Prof., School of Architecture, Kogakuin University, Ph.D.(Eng.)

Assoc. Prof., Architecture and Building Engineering, Shibaura Institute of Technology, Ph.D.(Eng.)

Toda Corporation

における BIM の導入に関して調査を実施し、2015 年にガイドブック⁴⁾を纏めている。この調査は、主として発注者に効果が訴求する BIM の活用方法を、FM の視点から検討したものと解釈できる。

これらに代表されるように、業界団体単位で実施事例を中心として BIM の技術導入に関する調査が行われているが、企業単位の調査というマクロ的な分析という感は否めない。企業として BIM を推進していても、2 次元 CAD で問題無く業務をこなしている現実があり、実務者が BIM を不要と感じていれば、その普及が進まないことは容易に想像できる。このような問題意識から本研究では、実務者の経験や立場に注目したアンケート調査の分析から、BIM 導入現場の現状及び普及に向けた課題や可能性を明らかにする。

1.3. 研究の目的

建築生産活動の効率化の切り札として 3 次元 CAD を含む BIM への期待は大きい。しかし、3 次元 CAD と BIM は導入において多額のコストがかかるとともに、部署・部門を超えた幅広い関係者が存在する技術であるため、その導入に際しては、建設会社全体のみならず、協力会社も含んだ合意形成が必要となる。そのため、建築工事の実務者がどのような意見を持っているのかを明らかにし、異なる考えを持つ参加者がいることを踏まえた導入方法を検討する必要がある。また、建築工事の高度化により会社や部署などの細分化された集団ごとに技術開発と導入が図られてきたが、BIM の導入は全産業的な取組であり、BIM をキーワードとして建設業に係る会社や実務者の関係性を明らかにすることが可能であると考えられる。

以上を踏まえ、本報では、企業で働く実務者で、建築工事や設備工事に関わる設計や施工の実務者や情報関連の実務者を対象としたアンケート研究を実施する。その上で、回答者の所属部署や会社種類などの属性情報を分類する。また、アンケート結果から、建築業に携わる実務者の類型化を計る。そして、BIM の導入がどのような動機により実施されているかを明らかにし、この結果を通じて新規技術がどのような動機で導入されているかを明らかにする。以上を踏まえ、以下の 3 つの項目に関して研究を行う。

- (1) 建築生産活動に関わる実務者の属性
- (2) BIM への関わり方を通じた建築実務者の類型化
- (3) BIM 導入の動機を通じた新規技術導入のプロセスの考察

1.4. 研究の方法

前節で示した研究項目を明らかにするために、アンケート調査を実施する。アンケートの回答結果を踏まえ、以下の手順で実施した。

- (1) アンケート項目の作成と調査の実施
- (2) 回答結果のクロス集計による回答者の属性の分析
- (3) 因子分析による回答者の分類
- (4) 共分散構造分析による BIM 導入の動機の考察

2. アンケート調査の概要

2.1. アンケート項目の作成

2.1.1. 回答者の属性に関する項目

本アンケートは、「回答者の属性に関する項目」と「回答者の BIM に関する関心と姿勢を問う項目」の 2 つから構成される。「回答者の属性に関する項目」とは、回答者の年齢や勤続年数や回答者が所属する会社の種類などを問う項目で、表 1 に示す 12 項目で構成される。また、この 12 の質問に関連する、本論文において重要な用語を以下

に定義する。

(1) 回答者の専門分野(質問 6)：

回答者自身が主として行う業務が、「建築系」「設備系」「情報系」「事務系」「土木系」「その他」のいずれであるかを問う項目である。所属会社が「総合建設業」である場合、回答者が設備分野を担当する可能性があるため、この項目を加えている。

(2) 回答者の職能(質問 10)：

回答者が最も長く在籍した部門において、専門性の高い知識と技能を身に付けていると考え、これを「回答者の職能」と定義した。

(3) 所属会社の種類(質問 11)：

回答者が勤務する会社が、「設計事務所」「総合建設業」「設備専門工事会社」「その他」のいずれかであることを問う項目である。本アンケートは無記名方式のため、本項目を設けている。また、2.2 節で述べるようにアンケート発送先は「総合建設業」「設備専門工事会社」の 2 種類に限っているが、会社の種類は明確に分けられるものではないため、回答者が回答する方式とし、「設計事務所」「その他」の項目も加えた。

表 1 回答者の属性に関するアンケート項目

番号	質問項目	回答方式
Q1	年齢	自由回答
Q2	性別	選択式
Q3	現在勤務している会社での勤続年数 ^{注2)}	自由回答
Q4	パソコン歴 ^{注2)}	自由回答
Q5	最終学歴の学科（建築学科などを指す）	選択式
Q6	回答者の専門分野	選択式
Q7	回答者が担当されている分野	選択式
Q8	現在の役職	選択式
Q9	現在の所属部門	選択式
Q10	これまでに最も長く携わった部門	選択式
Q11	勤務している会社の種類	選択式
Q12	勤務している会社の主たる事業（主として建築、主として土木、建築土木と同じくらいの 3 項目で構成）	選択式

2.1.2. 回答者の BIM に対する関心と姿勢を問う項目

本アンケートは「回答者の属性に関する項目」の後に、「回答者の BIM に対する関心と姿勢を問う項目（解答欄：5 件法）」を用意した。

本アンケートは BIM への関わり方を通じた建築実務者の類型化や BIM の導入がどのような動機により実施されているかを明らかにすることを目的に実施している。そこで、「回答者自身の BIM・3 次元 CAD への関心の高さや BIM・3 次元 CAD への期待」を問う項目を用意した。また、BIM などの新技術の導入は所属会社や回答者の同僚も導入に肯定的である方が進みやすいため、「回答者が所属する会社の BIM・3 次元 CAD の導入状況や導入意欲」を問う項目を用意することが必要と考えた。BIM など新技術の導入の理由として工事の生産性を向上があげられることが多い。ただ、工事の生産性の向上は BIM 以外の新技術によっても実現可能である。「工事の生産性を向上させるための手段」が具体的に何を指しているのか問う項目を用意した。この際に BIM と関連付けられることの少ない項目も加えるよう心がけた。また、「建築生産分野の将来」を楽観的にとらえているのか、悲観的にとらえているのかにより、BIM 導入への積極性が変化する可

能性もある。或いは、単純に現状の建築工事の実施方法に無駄が多いと感じ、その解決策として BIM に期待している可能性もあり、「現状の建築工事への問題意識」を用意した。最後に、BIM ソフトは、2 次元 CAD や 3 次元 CAD など建築生産分野に既に導入されている IT 技術に関連する技術であるため、「回答者自身の IT 技術の利用率」自体を問う項目を用意した。

以上を踏まえ、以下に示す 6 種類の質問項目で構成した。各分類の細かな質問項目は附表 2 に示している。

- (1) 回答者自身の BIM・3 次元 CAD への関心の高さや BIM・3 次元 CAD への期待
- (2) 回答者が所属する会社の BIM・3 次元 CAD の導入状況や導入意欲
- (3) 工事の生産性を向上させるための手段
- (4) 建築生産分野の将来への認識
- (5) 現状の建築工事への問題意識
- (6) 回答者自身の IT 技術の利用率

また、5 件法で回答するアンケート項目の例を図 1 に示す。質問項目に対して肯定的に回答する場合、「5」を、否定的に回答する場合は「1」を選択するような回答項目を用意した。なお、質問番号 58 の項目のみ、「名前を知っている場合は 3」という注釈がついている。

質問番号	質問	該当する番号に○を付けてください
13	BIM・3次元CADの情報を収集している	積極的に収集している ← 5 4 3 2 1 → ほとんど収集しない
14	BIM・3次元CADで自分の業務を効率化できと思う	大いに思う ← 5 4 3 2 1 → ほとんど思わない
15	BIM・3次元CADでプロジェクトを効率化できと思う	大いに思う ← 5 4 3 2 1 → ほとんど思わない

図 1 使用したアンケート用紙の一部

2.2. アンケートの発送先の選定基準と有効回答数

本報で実施したアンケートは、建設関連企業 357 社を対象とし、アンケート用紙を社長あてに郵送して行った。アンケート送付先の選定の基準として、日刊建設工業新聞の完成工事高調査に記載されている 2013 年度の完成工事高が 10 億円以上の総合建設業(213 社)と設備専門工事会社(144 社)を対象とした。各企業に郵送した 1 つの封筒にアンケートを 2 部入れ、1 つは「BIM・IT に明るい社員、あるいは BIM・IT 推進部門に所属する社員」に、もう一方は「建設工事の支援部門や工事担当の社員」に解答してもらう依頼文を同封した。回答期間は 2014 年 10 月 20 日から 11 月 7 日までである。表 2 に本アンケートの実施の概要を示す。また、回答者が所属する会社の種類を表 3 に示す。発送時点の総合建設業と設備専門工事会社の比率は 60:40 だったが、有効回答数においては 68:29 であった。

表 2 有効回答率

項目	値
実施方法	建設会社へ郵送
発送件数	714 件 (357 社)
有効回答数 (有効回答率)	212 件 (29.7%)
回答期間	2014 年 10 月 20 日～11 月 7 日

表 3 アンケート回答者が勤務する会社の種類^{注 3)}

	設計事務所	総合建設業	設備専門工事会社	その他
人数	1 (0.5%)	143 (67.5%)	62 (29.2%)	6 (2.8%)

3. アンケート回答結果とクロス集計による回答者の属性の分析

3.1. BIM・3 次元 CAD の普及率

アンケート回答者のうち、「BIM・3 次元 CAD の情報を収集している」という質問に「ややしている」「している」と肯定的な回答をした人の割合は、図 2 に示す如く全体で 40%を超えていた。また、回答者の勤務する会社の違いで、BIM に関する情報を収集している人の割合にほとんど差はなかった。「社内で BIM・3 次元 CAD を利用したプロジェクトを知っている」という質問に対しては、図 3 に示す如く全体では約 32%の人が肯定的回答をしていた。特に設備専門工事会社においてその割合が高くなっていた。回答者の約 40%が BIM に関する情報を収集し、勤務先の約 32%で BIM の導入例があることから、BIM はアンケート実施時点において、多くの会社で試行され始めていると言える。

図 2 BIM の情報を収集している人の割合

図 3 社内で BIM を利用したプロジェクトを知っている人の割合

3.2. 建設会社内の部署と職能の関係

3.2.1. 部署間の移動関係

本アンケートにおいては、回答者が、「現在、所属する部署」と「最も長い期間在籍した部署」を問う質問項目を設けている。後者は長年に渡りその部署で専門的知識や技術を身に付けていると考えられるため、「職能」と言い換えることができる。表 4 に「現在の所属部署」と「職能」のクロス集計表を示す。また、この表を基に、両者の移動の関係を示した図を図 4 に示す。施工系の部署は、他部署への移動はあるが、他の部署から移動した人は 0 人であった。設計系や研究開発系は、他部署への移動と他部署からの受け入れの両方、存在している。他方、施工支援系と情報系は他部署からの受け入れが多い傾向にあった。以上を踏まえると、各部門は以下の 3 つに分類される。

- (1) 外部への人材の供給が専らである：施工系
- (2) 外部へ人材を供給し、受入れもある：設計系、積算系、研究開発系
- (3) 受入れが専らである：施工支援系、情報系

図4 部署と職能の移動関係（※移動者が1名の場合は矢印を省略）

表4 現在の部署と長く在籍した部署のクロス集計表

		現在の所属部署								合計 (職能)
		設計系	生産設計系	施工系	積算系	施工支援系	研究開発系	情報系	その他	
長く在籍した部署 (職能)	設計系	46	2			4	2	1	2	57
	生産設計系	1	2							3
	施工系	9		35	1	18	2	3	6	74
	積算系	3			6	4				13
	施工支援系		1		1	14		2		18
	研究開発系				1	1	4	2		8
	情報系							1	26	29
合計(現在の部署)		59	5	35	9	41	9	36	18	212
職能と部署が一致した人の割合		78%	40%	100%	67%	34%	44%	72%	44%

図5 各職能のBIMの情報を収集している人の割合

図6 各職能のBIMでプロジェクトを効率化できると思う人の割合

図7 各職能のBIMで施工を効率化できると思う人の割合

3.2.2. 職能とBIMへの関心や評価の関係

本項では実務者の経験の形成に影響を与えていると考えられる「職能」の違いによる、3次元CAD・BIMへの関心や評価の違いについて扱う。

BIMの情報を収集しているかを問う質問項目に対して「4. ややしている」「5. している」人を自分自身で情報の収集をしていると見なした場合、図5に示す如く、設計系や研究開発系で高い一方で情報系では20%を下回っていた。BIMによりプロジェクト全体や施工自体の効率化が図れるかに対する質問では、図6に示す如く肯定的回答をした人は設計系や研究開発系に加え、施工支援系、施工系においても50%を超えていた。施工自体の効率化への期待も図7に示す如く、同様の結果となっていた。

表5 各分野・職能の人数

	設計系	生産設計系	施工系	積算系	施工支援系	研究開発系	情報系	その他	分野
建築系	36	2	42	5	11	4	1	2	103
設備系	18	1	24	5	5	1		1	55
情報系	2		1	1	1	1	26		32
その他	1		7	2	1	2	2	7	22
職能	57	3	74	13	18	8	29	10	全体 212

表6 各分野・職能のBIMの情報収集している人の比率

	設計系	生産設計系	施工系	積算系	施工支援系	研究開発系	情報系	その他	分野
建築系	72% (26)	50% (1)	29% (12)	40% (2)	36% (4)	75% (3)	100% (1)	50% (1)	49% (50)
設備系	56% (10)	100% (1)	29% (7)	20% (1)	80% (4)	100% (1)		100% (1)	45% (25)
情報系	100% (2)		0% (0)	100% (1)	0% (0)	100% (1)	12% (3)		22% (7)
その他	100% (1)		14% (1)	0% (0)	0% (0)	50% (1)	0% (0)	0% (0)	14% (3)
職能	68% (39)	67% (2)	27% (20)	31% (4)	44% (8)	75% (6)	14% (4)	20% (2)	全体 40% (85)

表7 各分野・職能のBIM・3次元CADの利用者の比率

	設計系	生産設計系	施工系	積算系	施工支援系	研究開発系	情報系	その他	分野
建築系	36% (13)	50% (1)	12% (5)	0% (0)	9% (1)	50% (2)	100% (1)	0% (0)	22% (23)
設備系	28% (5)	100% (1)	50% (12)	0% (0)	40% (2)	100% (1)		100% (1)	40% (22)
情報系	50% (1)		0% (0)	100% (1)	0% (0)	0% (0)	4% (1)		9% (3)
その他	0% (0)		0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
職能	33% (19)	67% (2)	23% (17)	8% (1)	17% (3)	38% (3)	7% (2)	10% (1)	全体 23% (48)

※人数が5名以上の分野・職能の項目は太字で示した。
※括弧内の数字は肯定的回答をした人の人数を示している。

3.3. 3次元CADの利用率

BIMにおける基幹技術である3次元CADを、日常的に「4. やや利用している」「5. 利用している」人の割合は、図8に示す如く、約23%であり、BIMの情報収集をしている人の割合や施工の効率化への期待の大きさと比較すると少なかった。

本アンケートでは、建築系、設備系、情報系などの担当分野を問う項目を設けている。同じ施工系部署でも、設備工事と建築工事では業務内容が異なる。この職能と分野のクロス集計表を表5に示す。

各分野・職能のBIMの情報収集している人の比率は、表6に示す如く、建築・設備の違いで差がない職能が多いが、施工支援のみ、設備系の方が大幅に高い比率となっていた。他方、3次元CADの利

用は、表7に示す如く、建築分野は施工系よりも設計系での3次元CADの利用が多く、設備分野は設計系よりも施工系での利用が多かった。建築設備の施工図の作成では、配管、ダクト、躯体の干渉を回避することが必要なため、設備工事の際に3次元CADを活用するメリットが大きいのではないかと解釈できる。

図8 2次元CADと3次元CADの利用率

4. 因子分析によるアンケート回答者の分類

4.1. 探索的因子分析の手順

前章においては、各部署や職能に着目してBIM普及の現状を考察した。本項においては、5段階尺度で質問した項目に関して因子分析を行い、各回答者の判断に影響を与えた潜在的な因子を明らかにする。また、BIMに対する関心や評価を示す因子得点に職能などの回答者の属性によって差があるか否かについて分析を行う。

分析においては、年齢、性別、所属部署などの回答者属性を問う設問も含め、記入漏れのない212名分のデータを用いた。この回答者の平均年齢は46.4歳で、平均勤続年数^{注2)}が20.7年、平均パソコン歴^{注2)}が20.9年で、女性が9名含まれている。本アンケートの回答者は総合建設業に所属する回答者と設備専門建設会社に所属する回答者が存在し、一部の質問項目では平均値に有意差^{注4)}があったが、同一の因子空間で比較するために全回答者を対象として分析した。5段階評価で質問した49個の質問項目の回答を対象として因子

分析^{注5)}を実施した。因子分析においては、最尤法とプロマックス回転を用い、最終的に32個の質問項目に対して因子分析を実施した。因子数の決定においては、各因子が解釈可能な結果であり、かつMAPテスト^{注6)}並びに平行分析^{注6)}がともに因子数を7と示唆したため、因子数を7とした。

4.2. 因子への名前付け

因子分析の結果、各質問項目の因子負荷量^{注7)}を得た。その結果を表8に示す。また、因子間の相関を表9に示す。第1因子(F1)と第2因子(F2)、第3因子(F3)は、中程度の相関を取っていた。7因子ごとの因子負荷量を基に、各因子に名称を付けた。

第1因子(F1):「BIMによる生産の効率化」や「工事でのBIMの必要性」に関する項目で構成されている。故に「BIMによる生産性向上への期待」と解釈する。

第2因子(F2):「3次元CADの利用度」や「BIMの情報収集」に関する項目で構成されている。「回答者と所属企業のBIMへの積極性」と解釈する。

第3因子(F3):「外部の業者との協業」に関する項目で構成されている。「フロントローディングの必要性」と解釈する。

第4因子(F4):「ITの知識」に関する項目で構成されている。故に「回答者のIT技術の高さ」と解釈する。

第5因子(F5):「3次元CADの利用環境」に関する項目で構成されている。「所属会社の情報機器の充実度」と解釈する。

第6因子(F6):回答者、自社、業界の「将来性」に関する項目で構成されている。「建設業界の将来の明るさ」と解釈する。

第7因子(F7):所属会社の「ムダ」に関する項目で構成されている。「現状の工事手法の改善点の多さ」と解釈する。

表8 因子分析による7つの因子と因子負荷量

番号	番号 (因子)	質問事項	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Q16	Q1-1	BIM・3次元CADで施工を効率化できると思う	.823	-.001	.040	.046	-.025	.011	.037
Q15	Q1-2	BIM・3次元CADでプロジェクトを効率化できると思う	.807	.063	-.011	.038	-.022	-.048	.024
Q14	Q1-3	BIM・3次元CADで自分の業務を効率化できると思う	.655	.311	-.049	-.123	-.061	-.052	.006
Q51	Q1-4	あなたは、BIM・3次元CADを使いこなす仲間が欲しいと思う	.595	-.071	.057	-.087	-.022	.081	.012
Q23	Q1-5	BIM・3次元CADを活用すれば現場の労務工数を削減できると思う	.589	.215	.020	.034	-.065	.029	.024
Q20	Q1-6	2次元図面よりも3Dモデルの方が間違いが起きないと思う	.496	-.104	.071	-.068	.046	-.041	-.101
Q52	Q1-7	CAM・NC等の自動加工機を建設業でもっと活用できると思う	.439	.126	.104	.063	-.156	-.036	.052
Q38	Q1-8	工事現場にBIM・3次元CADは必要ないと思う	-.401	-.168	-.029	-.058	.024	-.016	.010
Q45	Q1-9	BIM・3次元CADのスキルは社内では評価されないと思う	-.529	.204	.196	.041	-.216	-.044	.020
Q29	Q2-1	あなたは、所属する課・グループの中でBIM・3次元CADに詳しい方だと思う	.124	.825	-.136	.151	.003	-.057	.055
Q13	Q2-2	BIM・3次元CADの情報を収集している	.228	.814	-.096	.019	-.046	-.053	-.012
Q65	Q2-3	BIM・3次元CADを利用している	-.012	.806	-.076	-.030	.000	.090	.040
Q21	Q2-4	社内でBIM・3次元CADを利用したプロジェクトを知っている	-.059	.665	-.076	.011	.175	.060	.009
Q22	Q2-5	あなたの上司はBIM・3次元CADに詳しいと思う	.118	.484	.071	-.039	.108	.030	-.131
Q24	Q2-6	あなたは、社内でBIM・3次元CADの導入が積極的に進められていると感じる	.159	.433	.021	-.072	.285	.014	-.038
Q64	Q2-7	2次元CADを利用している	-.189	.388	.138	-.190	-.263	.018	-.091
Q33	Q3-1	躯体の専門工事会社が設計に参加することでプロジェクトの生産性が上がると思う	-.057	-.203	.986	.040	.058	.011	-.065
Q35	Q3-2	外装の専門工事会社が設計に参加することでプロジェクトの生産性が上がると思う	.192	-.204	.714	-.003	-.009	.081	.035
Q34	Q3-3	設備の専門工事会社が設計に参加することでプロジェクトの生産性が上がると思う	.000	.092	.701	-.111	-.024	.012	-.028
Q30	Q3-4	新しい工法の開発を積極的におこなうべきだと思う	.084	.094	.483	.040	.107	-.052	.025
Q32	Q3-5	ITで関係者とのコミュニケーションを更に効率化したほうが良いと思う	.089	.111	.423	.120	-.047	-.016	.026
Q59	Q4-1	ITに詳しい方だ	.009	.062	.000	.956	.010	.016	-.021
Q60	Q4-2	プログラミングの知識がある	-.096	.054	.033	.681	-.004	.146	-.019
Q58	Q4-3	CALS/ECの内容を知っている	.077	.052	.011	.681	-.007	-.097	-.011
Q26	Q5-1	会社は、あなたが必要なソフトウェアを導入してくれる	-.048	.077	.011	.038	.882	.008	.036
Q27	Q5-2	会社は、あなたが必要なスペックのパソコンを導入してくれる	-.096	.048	.076	-.032	.867	-.074	.040
Q43	Q6-1	これから将来に向けて自社の受注額が安定的に推移すると思う	-.067	-.006	.073	.029	-.020	.990	-.032
Q42	Q6-2	これから将来に向けて建設投資が安定的に推移すると思う	.159	.002	-.139	.004	-.125	.721	.085
Q44	Q6-3	今の会社で働く限りあなた自身の収入は安泰だと思う	-.138	-.006	.090	-.040	.168	.486	-.054
Q55	Q7-1	自社における建設材料の調達にはムダが多いと思う	.089	.040	-.133	-.017	.041	-.018	.899
Q56	Q7-2	自社における工事現場の工程進捗にムダが多いと思う	-.007	-.015	.133	-.027	.069	.012	.699
Q57	Q7-3	自社の建設現場における労働生産性は業界平均と比較して低いと思う	-.097	.061	.039	-.036	-.062	-.016	.505

表 9 因子間の相関

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
F1	---	.566	.487	.084	.256	.176	-.055
F2		---	.447	.165	.349	.162	.005
F3			---	.024	.002	-.015	.277
F4				---	.169	-.026	.093
F5					---	.290	-.269
F6						---	-.167
F7							---

4.3. 各因子と回答者の属性情報の相関関係

4.3.1. 各因子と回答者の職能の相関関係

各因子と職能（最も長い期間在籍した部署）を始めとしたアンケート回答者の属性情報との関係性を基に、BIM や 3 次元 CAD への積極性が何をもとに決まるのかに関して考察を行った。

まず、7 つの因子が職能によりどのように変化するかを確認するために、図 9 に示す如く職能ごとの因子得点の平均値を求めた。

情報系で長年勤務した回答者は、「回答者の IT 技術の高さ (F4)」が突出して高いが、BIM に関連する因子である F1~F3 の値が低くなっていた。施工系に所属した回答者は、情報系の者と同様に F1~F3 の BIM に関連する因子がやや低い、「建設業界の将来の明るさ (F6)」が高めである。他方、施工支援系に在籍した回答者は、F1~F3 の BIM に関連する因子が中立で、「建設業界の将来の明るさ (F6)」への期待が低かった。

図 9 職能と各因子の関係

4.3.2. 各因子と回答者の属性情報の相関関係

7 つの因子と「年齢」、「勤続年数^{注 2)}」、「パソコン歴^{注 2)}」の関係を分析するために、表 10 に示す如く相関係数を求めた。多くの項目で相関は認められなかったが、「回答者の IT 技術の高さ (F4)」のみ、「PC の利用年数」の相関係数が 0.478 であり、相関がみられた。

次いで、会社の種類や所属部署などの回答者の属性と各因子との関係を分析するために表 11 に示す如く、分散分析により群間に差があるのか検定を実施した。次に、有意差がある可能性が示唆された項目に関して、具体的にどの群間で差があるのか検証するために、Bartlett 検定によりいずれの分析においても、分散に有意差がないことを確認した上で、Tukey-Kramer 法により、どの群間に差があるのか、検定を実施した。その結果を表 12 に示す。第 2 因子 (F2) と第 4 因子 (F4) で属性による差異が多く観測された。第 2 因子は BIM

に関する情報の収集や 3 次元 CAD ソフトの操作頻度などに関する項目が含まれており、分野や所属が情報系の回答者の関心と 3 次元 CAD の利用頻度の低さを反映した結果であると考えられる。また、表 6 で示した通り、職能が設計系である回答者は BIM に関する関心が高いことが確認できた。第 4 因子は IT の知識に関する項目であるが、分野と職能、所属が情報系の回答者の因子得点が高いことが確認できた。総合建設業と設備専門工事会社では、第 5 因子のみ有意差があることが確認できた。

表 10 年齢・勤続年数・パソコン歴と因子との相関

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
年齢	-.045	-.160	-.077	.138	-.079	-.010	.058
勤続年数	-.004	-.107	-.025	.171	-.007	.018	.121
パソコン歴	.056	.103	.091	.478	-.010	-.041	.168

表 11 分散分析の結果

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
役職 F(3,208)	1.48	0.90	0.69	2.40	2.19	0.29	1.50
分野 F(2,187)	2.57	5.38**	2.12	45.6***	2.85	0.06	1.12
現在の所属 F(5,183)	0.87	4.01**	1.71	14.7***	2.48*	3.60**	0.61
職能 F(5,193)	2.86*	6.01***	1.29	17.9***	1.74	1.42	0.51
会社の種類 F(1,203)	1.81	0.13	0.33	0.32	5.86*	0.10	0.64

表 12 群間の有意差の確認結果^{注 8)}

項目	因子	有意差の確認できた属性
分野	F2	建築系 > 情報系* 設備系 > 情報系**
	F4	情報系 > 建築系, 設備系***
現在の所属	F2	設計系 > 積算系, 施工系, 情報系*
	F4	情報系 > 設計系, 施工系, 施工支援系*** 情報系 > 積算系, 研究開発系**
	F5	情報系 > 施工支援系*
	F6	施工系 > 施工支援系** 施工系 > 積算系*
	F7	設計系 > 積算系*
職能	F1	設計系 > 積算系*
	F2	設計系 > 施工系** 設計系 > 情報系***
	F4	情報系 > 設計系, 積算系, 施工系, 施工支援系***
会社の種類	F5	設備専門工事会社 > 総合建設業*

ただし、*** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$, 無印: 有意差なしとする。

4.4. クラスタ分析によるグループ化

4.4.1. クラスタ分析によるグループ化と名前付け

4.3 節での分析により、回答者の属性により因子得点に差が出る場合がある群の存在が示されたが、全ての群間で回答に差が出ているわけではないことも確認できた。そのため、同一の属性を持っても回答が大きく異なる場合がある可能性もある。そこで、本項では回答者の「職能」に着目し、BIM への関心や BIM への評価に関して異なる考えを持つ回答者が同一の職能内に存在している可能性を調査する。本節において F2, F4, F6 の 3 因子に関して、クラスタ分析（ヴォード法、ユーグリット平方距離）を実施した。結果、デンドログラム^{注 9)}を基に表 13 に示す 4 グループに分類した。

表 13 各グループの人数と平均年齢、PC の利用年数

	人数	比率	平均年齢	平均のパソコン 利用年数
Grp1	58	27.4%	45.5	22.2
Grp2	77	36.3%	48.4	19.6
Grp3	46	21.7%	44.1	19.6
Grp4	31	14.6%	46.5	23.4

図 10 各グループの因子得点の平均値

図 11 各グループの職能の比率

4.4.2. 各グループの特徴的分析

クラスター分析により分類した4つのグループにおける7つの因子の平均値を図10に、各グループに所属する回答者の職能を図11に示す。図10-11を踏まえ、各グループは以下の特徴があることが明らかになった。

Grp1：BIM への評価と関心が高いが、建設業の将来に悲観的

Grp2：BIM への評価と関心が低く、建設業の将来にやや悲観的

Grp3：BIM への評価と関心が高く、建設業の将来に楽観的

Grp4：BIM への評価と関心が低いが、IT 分野に詳しい

この4つのグループのうち、Grp1 と Grp3 は第1因子と第2因子の値の平均が高いことから、BIM による生産性向上への期待が高く、BIM に関する情報を収集している積極的なグループであると言える。Grp1 は設計系が多く、IT 技術への自信があるが建設業全体の将来性には悲観的である。他方、Grp3 は IT 技術への自信はないが建設業全体の将来性には強気である。BIM を積極的に進める動機として、現状の建築生産の方式を改善したいという意識があると考えられるが、建設業全体の明るさについては異なる意見が存在することが明らかになった。また、現在の建築工事においては、日常業務に必要なメールやサーバーの維持、工程管理システムの開発など IT 技術が必要とされる場面は3次元 CAD や BIM 以外にも多く存在しており、情報系での勤務が長い回答者は、設計系や施工系とは異なる考えを持っていることが観察できた。

5. 共分散構造分析による BIM 導入の動機の考察

5.1. BIM 導入の動機の考察

前章の分析の Grp1 と Grp3 のように BIM による生産性向上への期待と BIM への関心が高い実務者が一定数、存在することが明らかに

上段の数値: 全回答者の標準化推定値

中段の数値: 総合建設業(ゼネコン)の標準化推定値

下段の数値: 設備専門工事会社の標準化推定値

データ数: 212件 CFI=.945 RMSEA=.064 SRMR=.059

データ数: 143件 CFI=.926 RMSEA=.078 SRMR=.076

データ数: 62件 CFI=.946 RMSEA=.060 SRMR=.076

全段で共通 : ※ $p < .1$ 、※※ $p < .05$ 、※※※ $p < .01$ 、無印は $p < .001$

図 12 共分散構造分析による因子間の関係

なったが、一方で3次元CADの利用率は約20%に留まっていた。そこで、本章においては、「3次元CADの利用度」や「BIMの情報収集」に関する項目を含む「回答者と所属企業のBIMへの積極性（F2）」の因子に対して他の因子がどのような影響を与えるのかについて、分析を行う。因子間の分析には、共分散構造分析を使用した。

5.2. 因子間の関係性の考察によるパス図（仮説）の作成

4.2節における因子分析の結果より、BIMへの積極性を示す第2因子は、「BIMによる生産性向上への期待（F1）」との相関係数が高いため、生産性向上への期待が回答者の行動を変化させる大きな要因であると推定できる。他方、現状の工事への不満を示す「現状の工事手法の改善点の多さ（F7）」の高低は「フロントローディングの必要性（F3）」へ大きな影響を与え、更にフロントローディングにより「生産性が向上（F1）」することを期待しているはずである。

以上をふまえ、図12に示す因子間の関係を示すパス図を仮定した。まず、回答者全体のデータに対して分析を行う。また、回答者が所属する会社が総合建設業と設備専門工事会社で異なる場合、BIM導入の動機に違いがあるかを明らかにするために、所属会社の種類ごとに分析を実施する。

5.3. 共分散構造分析による標準化推定値の算出

前節で推定したパス図を基に、共分散構造分析に基づいて因子同士のパス係数（標準化推定値）を求めた^{注10)}。このパス図の正しさをCFI^{注11)}、RMSEA^{注12)}、SRMR^{注13)}の値を基に検証した。

その結果^{注14)}を図12のアロー上に示す。各アローの上段の数値が回答者全体のパス係数で、中段が総合建設業のパス係数で、下段の数値が設備専門工事会社のパス係数である。また、3つの分析ごとの構成概念間のパス係数と標準誤差と有意確率を表14に示す。なお、いずれの分析もモデル構造のみ共通であり、パス係数の共通化は行われていない。

所属会社が総合建設業でも設備専門工事会社でも、「フロントローディングの必要性」から「BIMによる生産性向上への期待」が高まり、更に「回答者と所属企業のBIMへの積極性」に繋がっていることが分かった。他方、「現状の工事手法の改善点の多さ」と「フロントローディングの必要性」については、表14の標準誤差^{注15)}も合わせると影響が弱いと考えられる。

総合建設業のパス係数では「現状の工事手法の改善点の多さ」と「自社の調達に無駄が多い」を結ぶパスの係数が0.93と大きな値を取っていたが、「現状の工事手法の改善点の多さ」と「フロントローディングの必要性」を結ぶパスの係数は0.17と他のパス係数よりかなり小さい値であり、標準誤差も考慮すると現状の工事の問題点とフロントローディングの間に影響がないことが示唆された。

設備専門工事会社のパス係数は、「BIMによる生産性向上への期待」と「回答者と所属企業のBIMへの積極性」のパス係数が0.81となるなど、構成概念間のパス係数が構成概念と観測変数を結ぶパス係数と比較したときに大きな値となっており、構成概念間の関係が強いことが示唆された。ただ、総合建設業のパス係数と同様に、「現状の工事手法の改善点の多さ」と「フロントローディングの必要性」を結ぶパスの係数は0.39と他のパス係数より小さく、標準誤差の値が0.16であり、推定値が示す区間が大きいと、総合建設業と同様に影響がないことが示唆された。

回答者全体、総合建設業、設備専門工事会社の3つの分析を行っ

たが、表14の推定値と標準誤差の値を踏まえると、いずれの分析においても、類似したパス図を取ることが確認できた。

表14 各分析の標準化推定値と標準誤差

		推定値	標準誤差	p値
全回答者	BIMによる生産性向上への期待 → 回答者と所属企業のBIMへの積極性	.695	.044	.000
	フロントローディングの必要性 → BIMによる生産性向上への期待	.494	.063	.000
	現状の工事手法の改善点の多さ → フロントローディングの必要性	.253	.081	.002
総合建設業	BIMによる生産性向上への期待 → 回答者と所属企業のBIMへの積極性	.640	.058	.000
	フロントローディングの必要性 → BIMによる生産性向上への期待	.484	.076	.000
	現状の工事手法の改善点の多さ → フロントローディングの必要性	.172	.093	.065
設備専門工事会社	BIMによる生産性向上への期待 → 回答者と所属企業のBIMへの積極性	.809	.061	.000
	フロントローディングの必要性 → BIMによる生産性向上への期待	.545	.113	.000
	現状の工事手法の改善点の多さ → フロントローディングの必要性	.389	.160	.015

6. 結言

本研究により以下の項目が明らかになった。

- (1) 建設会社内で一部でもBIMを導入した事例は32%にのぼり、多くの会社で導入されていることが確認できた。ただ、3次元CADを使用している回答者の比率は23%であり、一部でも導入した会社数よりも少ない比率であった。
- (2) 建設会社内では図4に示したように部門を越えた移動がみられるが、施工系は人材供給型の職能であり、他の職能と異なっていることが確認できた。
- (3) 3次元CADやBIMを実際に用いている実務者は表7に示したように設備分野の施工系が最も多く、次いで建築分野の設計系が多かった。一方、建築分野の施工支援系や情報系を職能とする場合、利用率が低かった。
- (4) 図9や図10で示したように情報系部門に長年所属していた回答者は、BIMに関する情報収集や3次元CADの利用率が低く、IT技術の一要素に過ぎないBIMへの関心が低いことが分かった。
- (5) アンケート結果に対して因子分析を行い、潜在的な因子が7つあることが明らかになった。また、表12より回答者の属性により、因子得点に有意な差が出ていることが確認できた。
- (6) 図12の共分散構造分析の結果を踏まえると、実務者がBIMの情報を収集し、3次元CADを操作する技能を身に付ける動機は、「BIMにより生産性が向上することへの期待が影響している事が分かった。
- (7) また、総合建設業、設備専門工事会社のいずれの分析でも「現状の工事手法の改善点の多さ」と「フロントローディングの必要性」の間には影響がないことが示唆された。

謝辞

本調査は、日本建築学会建築生産BIM小委員会の協力により、実施しました。ご協力いただいた小委員会の関係者と、アンケートに回答して頂いた皆様に謝意を表します。

付録

本研究に際して、実施したアンケートの回答結果を付表 2 に示す。

注

- 注 1) BIM と言う概念の起源に関しては諸説あるが、日本国内において 2009 年が BIM 元年⁵⁾⁶⁾とされる。
- 注 2) 勤続年数とはアンケート回答者の現在の所属会社での勤続年数を指す。パソコン歴とは、初めて PC を利用してからの年数を指す。
- 注 3) 発送先に設計事務所は存在しないが、回答結果に含まれていた。また、発送先の建設会社の分類は日刊建設工業新聞の完成工事高調査における会社分類を基に分類しているが、有効回答数における会社の分類は回答者の回答結果に基づいて分類している。日刊建設工業新聞の会社分類と、回答者が考える会社の分類が一致していない回答者が若干含まれていると考えられる。
- 注 4) 本アンケートでは 2.2 節で述べたように総合建設業を生業とする会社だけでなく、設備専門工事会社にもアンケートを送付している。総合建設業と設備専門工事会社の 2 群間で、アンケート回答に差があるか確認するために質問項目ごとに t 検定を実施した。その結果を付表 2 の p 値の列に示す。
- 注 5) 本稿における因子分析では統計分析ソフト R のパッケージ”psych”の関数 fa によって実施した。各因子間の相関を観察するために斜交プロマックス回転を用いた。
- 注 6) 平行分析(Parallel Analysis)は固有値を利用して因子数を決定する手法⁷⁾である。R のパッケージ”psych”に含まれる関数 fa.parallel を利用して算出した。他方、MAP(Minimum Average Partial)テストは主成分分析で生成される「主成分」を利用して因子数を決定する手法⁷⁾である。R のパッケージ”psych”に含まれる関数 VSS を利用して算出した。
- 注 7) 因子分析の結果、7 因子ごとの固有値と寄与率を以下の付表 1 に示す。

付表 1 因子分析における固有値と寄与率

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
固有値	3.94	3.63	2.44	2.01	1.86	1.79	1.57
因子寄与率	12.3%	11.3%	7.6%	6.3%	5.8%	5.6%	4.9%
累積寄与率	12.3%	23.7%	31.3%	37.5%	43.4%	49.0%	53.9%

- 注 8) 表 12 の表内で用いている不等号は、有意差があるという結果が出た群の大小関係を示している。例えば、「分野」の「F4」における「情報系 > 建築系、設備系***」とは、回答者を専門分野(Q6)で分類した時に、第 4 因子の平均値に関して $p < .001$ で「情報系 > 建築系」と「情報系 > 設備系」が同時に成り立つことを示している。なお、この式は建築系と設備系の関係については言及していない。
- 注 9) クラスタ分析時に得たデンドログラムを示す。

付図 1 グループ分けの判断に用いたデンドログラム

- 注 10) 共分散構造分析では、統計分析ソフト R のパッケージ”lavaan”を使用し、最尤推定法によって母数の推定を行った。
- 注 11) CFI(Comparative Fit Index:比較適合度指標)は、0 から 1 までの値を取り、1 に近いほどパス図の適合度が高いと判断する。一般に 0.95 以上で良いと判断⁹⁾する。

- 注 12) RMSEA(Root Mean Square Error of Approximation)は 0.05 以下でパス図の適合が良く、0.1 以上で悪いと判断⁸⁾する。
- 注 13) SRMR(Standardized Root Mean Square Residual)は下限値が 0 で、0.05 以下の時、パス図の適合が良いと判断⁸⁾する。
- 注 14) 図 12 のパス図の適合度は、CFI, RMSEA, SRMR のいずれも良いと判断できる値をやや下回っているが、観測変数が多いと適合が悪くなりやすい⁹⁾ことと、図 12 のパス図が理解の可能なモデルであるため、実質科学的なモデル解釈の妥当性を優先し、このパス図を採用した。
- 注 15) 図 12 のパス図における係数は、標準化推定値であるが、単方向のパスの係数のため、係数の絶対値が 1 を超えることもある。パス係数はパスで結ばれた観測変数や構成概念の間の影響の有無や強さを示す指標である。このパス係数の 95%信頼度区間¹⁰⁾は以下の式①により定義される。
推定値-1.96×標準誤差 ≤ 真値 ≤ 推定値 + 1.96×標準誤差 …①
この式①の推定値と標準誤差に表 14 の値を代入すると真値の範囲が示される。この式①の範囲が狭い区間で、かつ 0 から遠いほど、その効果、影響が大きいと考える。
- 注 16) 付表 2 の t 検定を実施した際の p 値のアスタリスクは、
***: $p < .001$, **: $p < .01$, *: $p < .05$, 無印:有意差なし、を意味する。また表の最上段の「建設」とは総合建設業の会社の平均値を「設備」は設備専門工事会社の平均値を示している。Q37, Q56 は F 検定により 5%水準で分散に有意差があったため、ウェルチの t 検定を用いた。故に Q37, Q56 の p 値は斜字で示した。

参考文献

- 1) 日本建築学会建築生産 VR 小委員会：3 次元 C A D 活用に関する技術予測調査，建築生産 VR 小委員会活動報告，pp.9-15，2008. 2
- 2) 日本建設業連合会 建築生産委員会 IT 推進部会 BIM 専門部会編：専門工事会社における B I M 活用実態調査報告書（2011 年版），日本建設業連合会、2012. 6
- 3) 日本建設業連合会 建築生産委員会 IT 推進部会 BIM 専門部会編：施工 B I M のスタイル ―施工段階における元請と専門工事会社の連携― 2014，日本建設業連合会、2014. 12
- 4) 日本ファシリティマネジメント協会 BIM・FM 研究部会 編：ファシリティマネジャーのための B I M 活用ガイドブック，日本ファシリティマネジメント協会、2015. 2
- 5) 武藤正樹：BIM の現状と建築研究所の BIM 関連研究の取組み，建材試験情報，Vol. 48，pp. 2-7，2012. 6
- 6) エー・アンド・ユー 編：BIM in Japan 2009，エー・アンド・ユー，建築と都市 2009 年 08 月臨時増刊，pp.156-157，2009. 7
- 7) 豊田秀樹：因子分析入門 -R で学ぶ最新データ解析-，東京図書，pp.97-109，2012. 5
- 8) 豊田秀樹：共分散構造分析 R 編 ―構造方程式モデリング―，東京図書，pp.192-195，2014. 4
- 9) 豊田秀樹：共分散構造分析 入門編―構造方程式モデリング（統計ライブラリー），朝倉書店，pp.173-174，1998. 10
- 10) 豊田秀樹：共分散構造分析 疑問編―構造方程式モデリング（統計ライブラリー），朝倉書店，p.150，2003. 12

付表2 アンケート回答結果^{注16)}否定的 ← → 肯定的
■ 1 ■ 2 ▨ 3 ■ 4 □ 5

■ 回答者自身のBIM・3次元CADへの関心の高さやBIM・3次元CADへの期待	1	2	3	4	5	建設	設備	p値	
Q13 BIM・3次元CADの情報を収集している	56	37	34	47	38	2.92	2.84	0.73	
Q14 BIM・3次元CADで自分の業務を効率化できと思う	48	31	61	46	26	2.95	2.74	0.30	
Q15 BIM・3次元CADでプロジェクトを効率化できと思う	24	24	48	81	35	3.48	3.21	0.15	
Q16 BIM・3次元CADで施工を効率化できと思う	17	22	61	81	31	3.45	3.34	0.49	
Q17 BIM・3次元CADソフトの操作は難しいと思う	14	29	71	59	39	3.59	2.87	***	
Q18 BIM・3次元CADソフトのスキルを向上させたいと思う	27	17	51	62	55	3.68	3.15	**	
Q19 現在の建築プロジェクトの進め方を効率的だと思う	23	80	101	7	1	2.50	2.32	0.12	
Q20 2次元図面よりも3Dモデルの方が間違いが起きないと思う	14	19	47	83	49	3.64	3.63	0.97	
■ 回答者が所属する会社のBIM・3次元CADの導入状況や導入意欲									
Q21 社内でBIM・3次元CADを利用したプロジェクトを知っている	92	32	20	27	41	2.45	2.61	0.52	
Q22 あなたの上司はBIM・3次元CADに詳しいと思う	96	43	44	18	11	2.10	2.05	0.76	
Q23 あなたは、BIM・3次元CADを使いこなす仲間が欲しいと思う	23	19	57	51	62	3.66	3.27	*	
Q24 あなたは、社内でBIM・3次元CADの導入が積極的に進められていると感じる	85	46	39	26	16	2.20	2.40	0.30	
Q25 あなたの会社はBIM・3次元CADを利用する専門工事会社に優先的な発注をしていると思う	128	44	38	2	0	1.57	1.69	0.31	
Q26 会社は、あなたが必要なソフトウェアを導入してくれる	10	26	65	63	48	3.43	3.81	*	
Q27 会社は、あなたが必要なスペックのパソコンを導入してくれる	7	17	56	73	59	3.62	4.11	**	
Q28 会社は、あなたが必要な機器を導入してくれる	7	21	66	75	43	3.47	3.90	**	
Q29 あなたは、所属する課・グループの中でBIM・3次元CADに詳しい方だと思う	51	46	41	47	27	2.81	2.76	0.80	
■ 工事の生産性を向上させるための手段									
Q30 新しい工法の開発を積極的におこなうべきだと思う	1	7	39	97	68	4.06	4.05	0.91	
Q31 新しいITツールの社内開発を積極的に行うべきだと思う	7	15	61	79	50	3.69	3.89	0.17	
Q32 ITで関係者とのコミュニケーションを更に効率化したほうが良いと思う	3	11	61	91	46	3.73	3.89	0.24	
Q33 躯体の専門工事会社が設計に参加することでプロジェクトの生産性が上がると思う	5	18	78	75	36	3.52	3.65	0.41	
Q34 設備の専門工事会社が設計に参加することでプロジェクトの生産性が上がると思う	4	6	47	90	65	3.94	4.05	0.45	
Q35 外装の専門工事会社が設計に参加することでプロジェクトの生産性が上がると思う	9	26	85	64	28	3.41	3.26	0.31	
Q36 現状の工程管理手法には改善できるところが少ないと思う	19	81	87	19	6	2.56	2.61	0.69	
Q37 近年、職長の力量が平均的に低下していると思う	6	22	68	70	46	3.65	3.52	0.43	
Q38 工事現場にBIM・3次元CADは必要ないと思う	49	74	66	20	3	2.30	2.34	0.80	
Q39 あなたは、新しい知識やスキルを身に付ける時間的余裕がある方だ	27	65	78	36	6	2.63	2.79	0.29	
Q40 「技術実習制度」による外国人技能労働者の受け入れ拡大に賛成だ	23	31	97	50	11	3.05	2.79	0.10	
■ 建築生産分野の将来への認識									
Q41 BIM・3次元CADに積極的な企業の受注や受注機会がこれから増えると思う	14	22	61	78	37	3.53	3.35	0.30	
Q42 これから将来に向けて建設投資が安定的に推移すると思う	35	89	71	17	0	2.34	2.32	0.88	
Q43 これから将来に向けて自社の受注額が安定的に推移すると思う	25	85	78	22	2	2.49	2.53	0.75	
Q44 今の会社で働く限りあなた自身の収入は安泰だと思う	31	81	80	16	4	2.41	2.55	0.30	
Q45 BIM・3次元CADのスキルは社内で評価されないと思う	23	60	79	27	23	2.75	3.06	0.06	
Q46 協力会社と自社の関係は将来も変わらないと思う	23	61	83	40	5	2.66	2.81	0.33	
Q47 自社は設計・施工以外にも事業領域を広げていくべきだと思う	12	37	76	64	23	3.26	3.13	0.42	
■ 現状の建築工事への問題意識									
Q48 自社の現場で職人が不足していると思う	0	4	15	83	110	4.41	4.44	0.78	
Q49 ユニット化やプレファブ化等の工業化を推進すべきだと思う	1	12	43	89	67	3.89	4.19	*	
Q50 将来の建設業では建設技能者不足が更に深刻化していると思う	0	1	15	75	121	4.47	4.55	0.41	
Q51 BIM・3次元CADを活用すれば現場の労務工数を削減できと思う	22	37	76	63	14	3.09	3.02	0.65	
Q52 CAM・NC等の自動加工機を建設業でもっと活用できと思う	12	23	102	53	22	3.29	3.24	0.76	
Q53 建設技能者の処遇(賃金と社会保障)を改善すべきだと思う	1	1	17	101	92	4.33	4.31	0.83	
Q54 建設技能者の不足は一時的な現象だと思う	84	91	23	10	4	1.85	1.95	0.46	
Q55 自社における建設材料の調達にはムダが多いと思う	5	38	122	41	6	3.03	3.03	0.97	
Q56 自社における工事現場の工程進捗にムダが多いと思う	5	41	112	41	13	2.98	3.34	*	
Q57 自社の建設現場における労働生産性は業界平均と比較して低いと思う	9	54	104	37	8	2.90	2.92	0.90	
■ 回答者自身のIT技術の利用率									
Q58 CALS/ECの内容を知っている (名前だけ知っている場合は3)	24	19	94	55	20	3.17	3.03	0.41	
Q59 ITに詳しい方だ	13	56	77	49	17	3.03	2.94	0.56	
Q60 プログラミングの知識がある	97	48	36	19	12	2.05	2.10	0.80	
Q61 ワード等の文書ソフトを利用している	6	22	28	66	90	4.03	3.90	0.47	
Q62 エクセル等の表計算ソフトを利用している	2	2	24	62	122	4.41	4.44	0.81	
Q63 パソコンでインターネットを利用している	0	0	16	53	143	4.64	4.53	0.27	
Q64 2次元CADを利用している	41	11	29	45	86	3.66	3.42	0.29	
Q65 BIM・3次元CADを利用している	113	19	32	26	22	2.08	2.40	0.14	

0% 50% 100%

STUDY ON CORPORATE ORGANIZATION IN CONSTRUCTION COMPANIES THROUGH TECHNOLOGY INTRODUCTION OF BIM

Kosei ISHIDA^{}, Kazuya SHIDE^{**} and Takeaki IKI^{***}*

^{*} Assist. Prof., School of Architecture, Kogakuin University, Ph.D.(Eng.)

^{**} Assoc. Prof., Architecture and Building Engineering, Shibaura Institute of Technology, Ph.D.(Eng.)

^{***} Toda Corporation

Building information modeling (BIM) is an important technology in the design and construction of buildings. BIM is also used in the construction of building equipment. In recent years, construction companies have been promoting the introduction of BIM. Typically, the technologies of building construction are introduced for each department. However, BIM has been promoting technology introduction beyond departments and companies. Therefore, we analyzed the process of introducing BIM in construction companies. We also analyzed the proportion of companies that introduced BIM, process of technology introduction, and the organizational form of the construction companies.

In this study, we conducted a questionnaire survey of construction companies about BIM. Based on the questionnaire results, we performed an analysis of corporate organization as follows.

1. Analyze the relationship between the respondents of a department and technician experts by cross tabulation.
2. Classify respondents by factor analysis.
3. Discuss the motivation behind introducing BIM by covariance structure analysis.

The percentage of companies that have used BIM in their construction projects was approximately 32%. Moreover, 40% of the survey respondents collect BIM information. More than 50% of the respondents think that construction work using BIM is more efficient than the traditional construction work. These results mean that BIM entered a stage of popularity. On the other hand, the percentage of engineers that manipulate 3D-CAD or BIM is only approximately 23%. The occupation of the highest percentage of 3D-CAD users is construction engineers of building equipment. Architects are also a high percentage of 3D-CAD users. Then, we created a contingency table (Table 4) for the relationship between the current department and the specialized field of survey respondents. All personnel who belong to the building construction department are part of the specialized field of building construction. On the other hand, 22% of the personnel who belong to the architectural design department are part of a different specialized field of architectural design. Next, we performed an exploratory factor analysis on the questionnaire results. Maximum likelihood estimation with a promax rotation of 32 Likert scale questions was conducted on data gathered from 212 participants. The results of the promax rotation of the solution are listed in Table 8. When loadings less than 0.35 were excluded, the analysis yielded a seven-factor solution. The seven factors were labeled as follows: "Expectations of BIM (Factor 1)", "The degree of information gathering about BIM (Factor 2)", "The need for the introduction of front-loading (Factor 3)", "IT skill levels of the respondents (Factor 4)", "Adequacy of information equipment in the belonging company (Factor 5)", "Growth potential of the construction industry (Factor 6)", and "Dissatisfaction with the current construction technology (Factor 7)." Moreover, we performed a hierarchical cluster analysis by selecting three factors—Factor 2, Factor 4, and Factor 6. As a result, we classified four respondent groups. In addition, we analyzed of the motivation behind the introduction of BIM by structural equation modeling (SEM). The results of SEM analysis are shown in Fig.12. SEM supposes that motivations behind introducing BIM are to improve productivity of the construction work.

(2015 年 12 月 10 日原稿受理, 2016 年 4 月 21 日採用決定)