日本の建築領域の産業特性に関する課題に関する一考察

建築コンポーネントの設計プロセスにおける技術的な知識の偏在

STRUCTURAL PROBLEMS IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY IN JAPAN

Focusing on uneven distribution of technological knowledge in design process of components

吉田 敏^{*1}

Satoshi YOSHIDA

This paper discusses technological knowledge mobility in design process of architectural projects. The research focuses on design information for technological knowledge-based designs by architects and engineers. The research framework was based on the expression of technological knowledge and responsibility, because it is possible to understand that the characteristics of the design system depends on the allocation of drawing creations and final approval and responsibility. The purpose of this paper is to develop a method to explain the tendency of technological design process in architectural projects, and to understand structural problems in of the Japanese construction industry.

Keywords : *technological knowledge, design process, knowledge mobility, design information, responsibilities of construction*

技術的知識, 設計プロセス, 知識の移動, 設計情報, 施工責任

1. はじめに

現在、日本の建築産業で行われている設計行為は、多層化されたプロセスによって構成されている。言い換えれば、建築の意匠設計者、構造設計者、設備設計者に加え、建築に付帯される各部品や製品の設計者らの複数の設計者によって、重層化した設計に関する情報の作成を、慣行化された複雑なプロセスによって進められている^{注1)}。要するに、複数の異分野の設計者によって、様々な技術領域が部分的に重なりつつ、一つの建物のための設計情報を作成していくということになる。

一方、契約面を見ていくと、建築プロジェクトでは、建築の発注者と直接契約するのは、全ての設計者というわけではなく、主たる建築設計者と建築施工者などに絞られる面があることは否めない。そのため、建築発注者は主たる建築設計者に建築設計に関する情報作成の全体を任せるという位置づけになる傾向があることになる。つまり、発注者は、建築に関する全ての部品やシステムの品質や安全性などについて、技術的な知識の有無は問わないまま、主たる建築設計者に任せることになる。

ここ数年、国内において、社会全体が注目するような技術的な課題や事故が散見されてきた。そして、その対応のための原因の究明と、それに即した対応の必要性が高まってきたと考えられる^{注2)}。しかし、建築の技術領域においては、未だに根本的な処方箋が明示されたとは言い切れず、解明していかなければならない点が少なから

ず残ったままであると言わざるを得ない。

特に、設計行為の目的といえる設計情報の作成については、技術的な課題や事故に起因する内容とつながる可能性が否定できない面がある。設計情報を誰が作成しているのかという点に着目すると、少なくともその作成者が対象についての知識を持っている中心的な立場であることが考えられる^{注3)}。逆にいえば、十分な設計情報作成に関する知識が無い限り、実際の設計を進めて設計図や仕様書にまとめることが難しいという面があるということである。

本稿の目的は、建築のコンポーネントの設計プロセスを精査し、建築を構成する部品やシステムについて、誰が技術的知識を有し、誰が品質や安全性についての契約上の責任者か等を、明確にしておくことで、現状の課題を把握していくことである。そして、その課題に対する処方箋に関する一つの考え方を明示していくことである。

2. 設計プロセスと技術的知識

2.1 設計プロセスにおける技術的知識と組織間分業

建築を含む、有形の製品を創る産業を対象として、設計プロセスと技術知識に関し、複数の先行研究や学術的理論が存在する。人工的に創られるものは、一般的に、内的要素を外的環境に適合させることによって、必要な機能を実現させるという指摘がある^{注4)}。この指摘によると、設計者は、外的環境をよく理解した上で、内的要素を求められる方向性に沿うように構成させていく必要があることに

^{*1} 東京都立産業技術大学院大学 教授・博士（工学）

Prof., Advanced Institute of Industrial Technology, Dr.Eng.

なる。つまり、対象の内部要素についての知識と、外的環境についての情報を、持ち合わせていることが必要となる。また、設計の主要な流れとしては、概念設計、基本設計、生産設計を経て、設計解を得るという過程となる^{注 5)}。これらの過程では、対象が製造され、使われていくことに關し、必要な情報をつくり上げていくことが求められる。このような過程を俯瞰すると、設計者は対象についての外的環境と内部要素に関する情報と知識を十分に持っている必要があることになる。

従来の企業間分業。組織間分業に関する議論では、分業システムの方向性に関し主導的な立場にとって必要な能力は、技術的な内容を中心とした知識にあると考えられてきた。また、このようなシステムの構築には、システムの構成要素間の関係に関する知識と情報が重要であると考えられ、その知識は簡単に流出やコピーされるものではないとされている⁶⁾。

知識の共有は、タスクに関する情報の授受として理解できるとされ、このような知識の共有には、新しいプロセスやアイデアを開発するための他者との協働が含まれると考えられている⁷⁾。知識の共有は、製品やサービスの開発に重要な影響を与えるが、問題や課題の解決、他の立場を支援する意欲、他組織からの新スキルの獲得などの行為等から生成すると考えられている⁸⁾。また、知識の共有は、他の専門家とのコミュニケーションで得ることもできると考えられており、知識の客観化と文書化で開発することができるという指摘もある⁹⁾。

組織的能力と知識共有行動の関係の重要性については多くの議論が存在する¹⁰⁾。一般的には、組織的能力は重要な知識を処理した結果として成立すると考えられる¹¹⁾。知識の共有が、組織的能力の基盤となる可能性があることも議論されている¹²⁾。知識共有の中でも、知識の作成、伝達、および移動が、組織的能力を向上させる可能性があると考えられている¹³⁾。一方、知識の共有により、設計者とエンジニアは組織全体で組織的能力の向上を維持し、実践的な意思決定のためのフローを開発するとされている¹⁴⁾。

しかし、これらの先行研究では、自動車産業、電子機器産業、素材産業、鉄鋼産業などが中心であったが、建築産業を対象としたものは殆ど存在していない。そのため、これらの先行研究で指摘されている内容に注視しながらも、建築の独自性について抑えておく必要がある。

建築では、内部要素、外部環境共に、必要とされる情報と知識が極めて多いことが理解できる。これは、関与者の範囲、部品の点数、技術分野の範囲などからみても、明らかであると考えられる。特に、コンポーネントを中心とする内部要素については、様々な技術分野に基づく多くの要素で構成されており、設計プロセスの中で、多くの産業分野や製品分野に関する技術的な知識が必要となる。例えば、学術分野で分けて考えてみても、建築学分野以外の領域をベースとしたものも多く存在し、電気、電子、情報、機械、物理、化学などの学術分野が使われることになる。製品領域や素材領域で考えてみても、空調設備、衛生設備、電気設備、構造部位、耐火等の機能素材、外部仕上げ素材、内部仕上げ素材、セキュリティ等の運用システムなど、多くの領域が関わることになる。外部環境についても、直接の使い手だけ注目しても複雑性が高いことが把握できる面がある。使い手が特定少数である場合だけでなく、特定多数、不特定少

数である場合も十分に考えられ、不特定多数のケースも少ないとは言いきれないと言える。その上、それらの使い手の範囲は、時間と共に変化していくことも考えられる。そして、このような使い手の要望を考えてみると、継時的にどのように変化していくのかについては、高い不確実性が内包されている面を否定しきることは難しく、関連する外部環境の把握と対処に高い不確実性と複雑性が含まれることになると考えられることは否定できない。また、もちろん、その他の外的環境も、数十年という建築の使用期間を考えると、多くの環境が変化していくことが考えられ、対処に難しさが存在することになる。

このように、多くの学術領域、製品領域の内部要素で構成され、不確実性が高い外的環境を前提とする中、建築設計は進められることになる。そのために、実際の建築の設計プロセスには、主たる建築設計者だけでなく、多くの建築コンポーネントである製品やシステムの設計者が加わることになる。例えば、空調設備の技術者、エレベータの技術者、立体駐車場の技術者など、製品についての専門知識が無いと設計行為が困難な分野では、いずれのプロジェクトでも建築設計プロセスに専門知識を持つ者が建築設計プロセスに参加することになる。

2.2 建築の設計プロセスにおける品質や安全性に関する責任

日本の建築領域では、一つの典型的なケースとして、主たる建築設計者が建築発注者と契約することが、唯一の設計に関する契約行為であるというパターンを認識することができる。本稿では、この契約というものを、主にプロジェクトの技術的な責任や役割を任せる相手の明確化という考え方で捉えながら、議論を進めるものとする。

もちろん、主たる設計者は、建築構造設計者、建築設備設計者、製品およびコンポーネント設計者との間で分業しながら設計プロセスを進めていく。このとき、特に重要であると考えられることの一つに、設計作業の範囲と、品質や安全性に関する責任が、どのように分配されるかということである。

特に、誰がどのような設計作業の範囲を担っているのか、という点については、このように複雑性が高い状況において、確認していく重要性が高いと考えられる面がある。つまり、誰が基本的な考え方をつくり、誰が実際の設計情報をつくり、誰が承認行為をしたのかについて、使われている技術領域が広いために、正確に理解することが重要になると考えられる。

一方、主たる設計者は、すべての建築部品、建築素材、導入製品、導入システムについて、契約上の責任があり、それらの導入理由については説明責任を担うことになる。ただし、主たる設計者は、導入される多くのものについて、前述のように全ての知識や情報を持っているとは考えられない面があるため、様々な技術者の知識に依存しながら、必要な設計情報全体をまとめ上げていくことになる。したがって、主要な設計者は、専門のエンジニアと協力して、製品とシステムを導入する理由を明確にし、安全性と機能性に関する技術的保証を提供する必要がある。

また、主たる施工者も、主たる設計者と同様に、建築発注者と契約行為を取り交わすことになる。この施工者も、実際の施工図レベルの設計情報の作成を中心に、設計プロセスの一部を担うことにな

る。しかし、主たる設計者と同様に、施工者も全ての技術的知識と情報を持ち合わせているわけではなく、多くの技術者の知識に依存しながら、設計情報をつくり、実際の建築を造っていくことになる。

問題は、建築発注者と契約するのは、主にこのような二者（主たる設計者と施工者）であり、設計プロセスに関与する多くの技術者は、建築発注者と直接契約を結ぶことが無い点である。このような状況により、建築発注者は、設計プロセスに参加する多くの技術者について、プロジェクトに参加してもらっている認識すら無い場合も考えられることになる。特に、一次下請、二次下請、三次下請などの重層的な契約構造の中、誰が参加し、誰が実際の設計情報をつくっているのかについて、認識できていない建築発注者が多いという可能性は否定しきれないと考えられる。

ここまでの考察により、建築プロジェクトの中で、設計情報を創っていく立場が誰か、実際の技術的知識を持つ立場は誰か、技術的・品質的な責任を持つ立場は誰か、安全面の責任を持つ立場は誰かなどについて、明確化が成されていない場合、そして、つくり手全体の組織的な構造としての確かな構成が成されていない場合、根本的な産業構造としての問題がある可能性が含まれることになる。特に、設計の流れの重層化の観点から、建築を構成するコンポーネントに注視していくものである。

2.3 建築設計プロセスにおける技術的知識

このような観点から、まず、誰が十分な技術的な知識を持っているのかについて、考察を進める。

技術的な知識を誰が持っているのか、どこにあるのかということについて、理解するのが困難な点は、推し量る尺度がないことである。技術者として対象について大体解っている人がいても、正確に必要とされる部品やコンポーネントをつくるのが難しい場合があることは容易に想像できるといえよう。そのため、本稿ではこれまでの考察に即し、設計できるかどうか、という点に焦点を絞ってみたい。

一つの部品やコンポーネントを取り上げたとき、複数の立場の技術者たちが設計できる場合がある。このような場合、元請と言われる組織の技術者が、協力企業と言われる組織の技術者に、設計作業を依頼することが考えられる。この場合、協力企業の技術者によって作成された設計内容を、元請の技術者が確認して承認していくことになることが、一つの典型的な作業の流れである。しかし、ここまでの考察通り、主たる設計者が全ての部品やコンポーネントの技術的知識を持ち合わせていない以上、設計を依頼する立場が十分な技術的知識を持ち合わせていないケースが出てくることになる。建築産業では、この点について、承認するだけの知識は、設計の発注側が持っているということを前提とした慣行的なプロセスが張り巡らされていると考えられる可能性がありそうである。

少なくとも、建築生産のシステム全体について、誰がどのような認識を持っているかについては不明瞭の中、建築の規則では、建築設計者がプロジェクト全体の唯一の設計側としての契約者であり、この意味において全ての設計内容に責任を持つ立場となっている点は、事実として認識できることである。

本稿では、理論的、客観的に、建築設計プロセスにおける各立場の役割を整理し、そこに存在する課題を考えていく。

3. 実業における設計分業

3.1 設計作業の分業の概念

前章の考察から、現状の建築産業の課題の一つの面を抽出するために、実際の建築設計プロセスにおける設計情報の作成と承認、技術的知識の所在、つくられた製品やコンポーネントの品質責任、安全性責任などを理解していくことが重要となると考えることができそうである。ただし、前述の通り、技術的な知識は重要だが、一般的なツールや測定でそれを理解し、その所在を確認することは困難であると考えられる。そのために、技術的な知識がなければ進めることが出来ない設計情報の作成のプロセスを検討していく。特に、図面や仕様をコンパイルするために技術的な知識が重要であると考えられるが、技術的な専門知識と判断は、各形状と仕様を調整しながら決定および説明するために不可欠である^{注4)}。特に注目すべき点は、設計図や仕様書を実際に作成するには、このような技術的知識が不可欠であるという点である。また、反対に、技術情報を理解しておらず、内容に関する指示を受け、図面作成のみを担当する CAD オペレーターのような立場は、設計情報の作成対象者から除外されることになる。

一方、開発された部品やコンポーネントについては、その発案に即した権利も生じることになる。一度考えられた部品や工法・構法が、広く転用できる場合も考えられる以上、特許申請、もしくはその位置づけに準じる開発内容の使用権なども、軽視すべき事項ではないことになる。

また、性能や安全面に関する責任についても、極めて重要な側面を持つ。工事中、そして竣工後に、一度深刻な問題が生じた場合、対象の部品やコンポーネントを設計した者は、法律的にも、倫理的にも、責任を持つことになる。当該の立場であれば、工事中、そして竣工後に、対象の設計情報を保持する必要があることになるが、実際の建築プロジェクトでも反映されている側面であると考えられる。

このような視点から、実際の建築プロジェクトにおける設計プロセスを精査し、図面や仕様書の作成行為、その内容の承認行為を中心に整理していく。このような考え方に基づくものとして、先行研究に、自動車業界における複数の設計者の役割が分析されているものがある¹⁵⁾。複数の設計者の役割分担中に、自動車のメイン設計者と協力会社のサブ的な設計者に基づいて、役割をいくつかのパターンに分割できることが指摘された内容である。この論文は、電子部品、化学素材、飲料品、鉄鋼などの産業の研究に影響を与えたと考えられ、複数の先行研究が行われている。本稿では、このような多くの産業で議論が可能であった考え方を基盤とし、未だ試みられていない建築分野で、試論を展開するものである。

この先行研究では、全体的な設計者と部分的な設計者の関係が、自動車産業における設計の役割分担のために4つのパターンに分類されている¹⁵⁾。最初のパターンは、すべてを設計するメイン設計者が全ての設計内容を決定し、図面と仕様書を作成し、図面と仕様を協力会社側に貸すことによって生産のみを委託するものである。2つ目は、対象のメイン設計者と協力会社のサブ設計者が設計の協力をし、メイン設計者が設計ドキュメントと開発内容の使用権を所有するパターンである。3番目のパターンでは、対象のメイン設計者とサブ設計者が設計の協力をし、サブ設計者が設計ドキュメントと

Table 1 Classification of design activities in the automobile industry¹⁵⁾

			Design works			Responsibilities and authorities	
			Parts production	Detailed design	Basic design	Right to own drawings	Quality assurance
Self-Manufacturing Manufacturing-Outside			Car manufacturer	Car manufacturer	Car manufacturer	Car manufacturer	Car manufacturer
	Lending drawing method		Parts supplier	Car manufacturer	Car manufacturer	Car manufacturer	Car manufacturer
	Black box method	Contract drawing method	Parts supplier	Parts supplier	Car manufacturer	Car manufacturer	Car manufacturer
		Drawing approved method	Parts supplier	Parts supplier	Car manufacturer	Parts supplier	Parts supplier
	Commercial parts		Parts supplier	Parts supplier	Parts supplier	Parts supplier	Parts supplier

開発内容の使用権を所有するパターンである。4 つ目は、サブ設計者が設計し、設計書や開発内容の使用権を保有し、メイン設計者が内容を理解した上で設計内容を承認するというパターンである。また、これら以外に、市販品を購入する形での部品やパーツの導入という考え方が示されている。いずれの場合も、メイン設計者は最終製品の品質、パフォーマンス、安全性などに責任があるが、設計が完全に委任されたパーツについては、そのパーツを担当する会社のサブ設計者も責任を担う場合がある。この概念は、メイン設計者とサブ設計者の権利と責任が表裏一体であるという前提に基づいているものである¹⁵⁾。この内容をまとめたのが、Table1 である。

この研究では、著者は設計作業と責任と権限を指標として注目し、複数の設計者間の関係を分類しているわけである。内部製造の場合、自動車メーカーのみが技術的な知識を持っている。また、商用部品の場合は、部品サプライヤーのみが技術的な知識を持っているといえる。この研究で指摘されている日本の自動車産業の特徴は、複数の設計者が対象部品を設計できる同程度の能力を持っているということである。たとえば、自動車メーカーの設計者と部品サプライヤーの技術者は、同じ部品を設計するための技術知識を持っている場合があることが触れられている。違う点の指摘としては、これらの設計者は、契約図面作成と図面承認方法に関してほぼ同じレベルの知識を持っていることが議論されている。これは、これらの設計者がお互いを刺激し、高いレベルの総合的な専門知識を維持できる可能性を示唆し、さらに、最終製品は、この高い技術知識に基づく高性能レベルを維持できる可能性があると考えられている。

3.2 建築設計における分業の類型化

この項では、前項の先行研究の内容を参考にしながら、建築産業における考察を進めていく。特に、建築設計プロセスの中で、誰が基本的な設計情報を作成し、誰が生産に関する詳細情報を作成し、誰が設情報を保存し、誰が建築設計内容の品質を維持する責任があるかを検討していく。言い換えれば、自動車産業の産業特性と建築産業の産業特性は様々な相違点があるため、全体を俯瞰するのではなく、建築設計の担当者とコンポーネントの技術者の、設計行為における役割に、焦点を絞って考察を加えていく。

前述のように、建築はさまざまな技術領域と専門知識に基づく要素で構成されているため、一部の要素には高度な専門知識が必要である。そのために、設計プロセスの管理が正確に行われていないと、

設計者やエンジニアが建築要素の作成能力だけでなく、評価能力を維持できなくなる可能性がある。また、部品や材料の設計者が作成した情報が、その技術的意味を理解されずに、要素の各ブロックのメイン設計者およびコンストラクターによって使用される可能性がある。場合によっては、これらのギャップにより、構造や機構に明らかな欠陥が生じることが懸念されることになる。

先行研究¹⁶⁾で指摘されている日本の自動車産業の特徴は、複数の立場の設計者が同じ部品を設計できる能力を持っていることである。たとえば、Table1 の内製 (Self-Manufacturing) を除く枠組みの中では、自動車メーカーの設計者と部品サプライヤーは、ある部品を設計するための技術知識を持っている場合があると、事例を調査したうえで指摘されている。この場合、複数の設計者が、つくるための必要なレベルの技術知識は持っていると考えることができ、図面作成と図面承認に関して、ほぼ同じレベルの技術知識を持っていることを前提とすることができていると指摘されている。この内容については、両方の立場にある設計者がお互いを刺激し、高いレベルの総合的な専門知識を維持できることも示唆されている。

この考え方に基づき、本研究は論理的に実業の枠組みを読み解いて記述を行っていくものであり、製品間比較も視野に入れながら、建築領域の設計プロセスを検討していく。特に、設計行為を分業する上で、設計の元請側が十分な知識と共に設計内容を理解できない状態で、設計の下請け側に設計行為を任せした場合、自動車産業にも重なる部分がある現行の枠組みでは、設計の元請側による機能面、品質面、安全面などの必要な理解に基づく確認がなされない可能性が、生まれるためである。まず、先行研究を参照しながら、設計プロセスを、基本設計と詳細設計に分けて考察していくものとする。先行研究の考え方を基にしながら、この二つのフェーズを建築設計プロセスの中で整理すると、基本設計とする内容は、建築発注者が基本的なプロジェクト内容を把握すること、工事金額の算出すること、法規に適合していることを明示することなどを対象とするフェーズとする。

また、詳細設計とは、この設計情報があれば実際の建築や部位をつくることが出来ることを対象とするフェーズとし、これ以外の目的のためにつくられた設計情報は基本設計に含まれるものとする。このため、慣行的な基本設計図、建築確認申請図、見積図、契約図、施工図などの概念ではなく、実質的な設計情報制作に基づく段階に分けた概念となる。

Table 2 Classification of design process in architectural industry (basic design and detail design)

Design works						
Basic design			Detailed design			
Concept design	Design information	Approval	Concept design	Design information	Approval	
Creating a design direction	Creating drawings and specifications		Creating a design direction	Creating drawings and specifications		
1) Main architect	Main architect	-	Main architect	Main architect	-	
2) Main architect	Main architect	-	General contractor	General contractor	Main architect	
3) Main architect	Main architect	-	Main architect	Sub-contractor	Main architect	
4) Main architect	Main architect	-	Sub-contractor	Sub-contractor	Main architect	
5) Main architect	Sub-contractor	Main architect	Sub-contractor	Sub-contractor	Main architect	

この考え方では、基本設計と詳細設計において、必要とされる技術的な知識の範囲が異なる可能性が生じるため、建築設計者とコンポーネントの設計者の役割を、設計情報の作成と承認という行為から理解していく必要がある。Table2 に先行研究に対応する建築設計のプロセスパターンを整理した。

Table2 の横軸の設計共有の内容は、設計プロセスで共有できる役割と義務を表している。設計プロセスは、基本設計と詳細設計に

大別しているが、各プロセスにおいて、実際の設計情報の作成、設計情報の承認を明示する内容となっている。このような整理に基づき、5つのカテゴリー（1）～5））に分類される。これは、自動車産業を対象とした Table1 の考え方を準用したものであるが、建築産業では、詳細設計を、建築設計者でもコンポーネント設計者でもなく、ゼネコンの技術者が担当する類型（例えばプレキャストコンクリート版など）が存在することだけが Table2 における差異の要因となっている。

ここで、契約行為との関係性を抑えておくと、建築発注者と契約を取り交わす立場である主たる設計者の役割を抑え直しておく。建築発注者は、主に契約した主たる設計者を中心に、コミュニケーションを図りながら、プロジェクトを進めていくことになる。逆に言えば、建築発注者は、プロジェクトに参加している多くの技術者とは、殆ど直接コミュニケーションを取ることが無い面があると言える。そのために、主たる設計者は、多くの設計上のコンテンツについての説明責任があるといえる。また、設計情報の内容について最終的な責任がある場合、プロジェクト期間の中で設計情報が変更される可能性がある限り、常に情報内容が把握できていなければならないことになる。それから、承認行為を行う立場については、十分な技術的な知識と情報を常に蓄えておかなければならないことになる。しかし、自ら設計情報をつくらない期間が長くなった場合、そのような知識と情報を失っている状態に陥っている可能性が考えられる。

Table2 の内容を確認していくと、1)では、建築設計者が、基本方針に基づきながら、コンポーネント設計に関する図面や仕様書などに集約される設計情報を作成していく。2)では、建築設計者が基本設計に関する設計情報を作成し、建築施工者が詳細設計の設計情報を作成する。その内容を建築設計者が承認するパターンである。ここまでは、建築発注者と契約を取り交わしている立場が、設計情報

に作成に関する内容を担当していることになる。3)では、建築設計者が基本設計情報の作成と詳細設計の方針作成を担当し、各コンポーネントの技術者が詳細設計情報を作成するパターンである。この詳細設計情報は、作成後、建築設計者によって承認についての判断が成されることになる。4)では、建築設計者が基本設計に関する設計情報の作成まで行うが、詳細設計については、コンポーネントの技術者が方針の決定から設計情報の作成まで行う。この場合、建築設計者は部位の使用や要求性能までは決定することになる場合が多いと考えられるが、技術的な知識の必要性に関する重心は、コンポーネントの設計者に偏ることが考えられることになる。5)では、建築設計者は、コンポーネント設計に関しては基本的な方向性を決定するが、基本設計情報の作成、詳細設計の方向性、詳細設計情報の作成は、部位の設計者が担当する。4)と5)の場合、基本的な要求性能や機能を建築設計者が決定するが、技術的な知識や情報が重要となる詳細設計の実質的なつくり込みは、コンポーネントの設計者に任されることになる。この場合、各プロジェクトを通して、建築設計者に技術的な知識や情報が蓄積される傾向が薄い可能性があることになる。つまり、コンポーネントの設計者には、情報と知識が蓄積されていく傾向がある可能性、建築設計者には情報と知識が蓄積されにくい可能性が含まれていることになる。

3.3 設計プロセスの中の役割と品質責任との関係性

Table3 は、Table2 の 1)～5)の各パターンに対応させながら、コンポーネントの詳細設計と製作、契約関係、責任、権利に関する視点から内容をまとめたものである。

前述の通り、国内の典型的なプロジェクトの一つのパターンとして、建築発注者との契約を結ぶのは、主たる建築設計者と建築施工者の二者が中心となる傾向がある。つまり、法的な詳細を述べるには至らないものの、現行の商習慣では、建築発注者が直接契約を取り交わす相手は、建築事業に参加する全関係者の極一部ということになる。言い換えれば、協力会社と言われる様々なコンポーネントを扱う立場は、設計者としても施工者としても、建築発注者と直接契約することが多いということは無いということになる。そのため設計プロセスの中で、建築発注者は多くの様々なコンポーネントの設計者を認識することが難しいと考えられる。しかし、建築設計者と建築施工者が、全てのコンポーネントの安全性や品質に関する保

Table 3 Classification of design process in architectural industry (basic design and detail design)

Design works			Responsibilities and authorities			
Detailed design						
Concept design	Design information	Approval	Design Contractor	Parts quality assurance	Right to own drawings	Parts production
Creating a design direction	Creating drawings and specifications					
1) Main architect	Main architect	-	Main architect	Main architect	Main architect	Sub-contractor
2) General contractor	General contractor	Main architect	Main architect	Main architect	General contractor	Sub-contractor
3)-1 Main architect	Sub-contractor	Main architect	Main architect	Main architect	Sub-contractor	Sub-contractor
3)-2 Main architect	Sub-contractor	Main architect	Main architect	Sub-contractor	Sub-contractor	Sub-contractor
4) Sub-contractor	Sub-contractor	Main architect	Main architect	Sub-contractor	Sub-contractor	Sub-contractor
5) Sub-contractor	Sub-contractor	Main architect	Main architect	Sub-contractor	Sub-contractor	Sub-contractor

証や責任を担うことは、ここまでの内容のために、難しいと言わざるを得ない。むしろ、詳細設計がコンポーネントの設計者中心に行われる場合、技術的知識がコンポーネントの設計者に偏する可能性が否定出来ない。また、各部位の品質や安全性に責任を持つ場合、その対象の情報を保持する必要性が生じることになる。つまり、多層化された設計プロセスの中で設計された内容に対して技術的責任を持つ意識がある以上、少なくとも対象の設計図や仕様書を、竣工後も保存しておくことが基本となる。

Table3 の 1)では、設計者は建築発注者と契約行為を行う主たる建築設計者が中心となり、設計内容に関する責任と権利の所在は明確な傾向があると言える。この内容に従って、協力会社が対象の部位の製作を行う。2)は、1)と基本的に近い内容だが、設計図書や仕様書などの設計情報を建築施工者が保存することになるカテゴリーである。そのために、設計品質責任などについて、名目上は建築設計者が担うが、実質的には建築施工者が担うために設計情報を保存している可能性を含むものといえる。3)は、二つのタイプに分けて理解すべき点がある。3)は、詳細設計に際し、建築設計者が方向性を定め、コンポーネントの設計者が詳細設計を行い、建築設計者が判断し承認するものである。Table3 で 3)-1 としているのが、対象コンポーネントの設計上の品質保証を建築設計者が担うものであり、3)-2 は、品質保証をコンポーネントの設計者が担うものである。ただし、両方のタイプ共に設計情報は協力会社側が保存することになり、何らかの問題が生じたときには両社で議論する可能性が含まれることになる。4)と 5)は、Table3 の範囲は同じ内容となっている。5)では、基本設計の設計情報作成も建築設計者が行わず、コンポーネントの設計者が基本設計・詳細設計の設計情報の作成を行うことになるが、この点だけが 4)と 5)の違いとなる。これらのパターンでは、建築発注者と契約関係にある建築設計者は、詳細設計の方針から作成まで関与することが無く、基本設計段階での確認だけを設計者としての拠り所とすることになる。また、コンポーネントの設計者は、建築設計者が関与した基本設計の内容に適応する範囲では、どのような設計情報を作成してもよいという位置づけとなり、実質的な詳細設計の決定者となる面があると考えられる。この場合、部位によっては、基本設計で仕様のみを決定することも考えられるため、対象の品質や安全性については、建築設計者が認識できていない可能性も含まれることになる。

Table 4 The types of component to Table2 and Table3

- 1) Plaster Work, Painting Work, and Interior Finishing (Carpet, PVC, etc.)
- 2) Concrete Skeleton Construction, Reinforcement Placing, and a Cast-in-place Concrete Pile
- 3)-1 Steel Structure, Precast Concrete Construction
- 3)-2 Stone Finishing Work, Aluminium Joinery Work, Steel Joinery Work
- 4) Precast Concrete Pile, ALC (Autoclaved Light-weight Concrete) , GRC (Glass Fibre Reinforced Cement) , and Free Access Floor
- 5) Unit Bath, Lift, Air Conditioning Equipment, and Automatic Door

Table4 は、Table2 および Table3 に対応する代表的なコンポーネントをまとめたものである。基本的に、設計分業が伴うことを前提に、元請が契約する対象企業の業種別に類型化した内容となっている。これは、対象部位（部品、素材、コンポーネント等）に関する設計、生産、施工などが、分業の実質的な中心に置かれる面から、試行的に取り上げる考え方に基づいている。この分類については、5 名の国内の総合建設会社での 10 年以上の工事管理経験がある方々に協力して頂き、標準的な事務所ビル工事を想定しながら各工種を分類して頂き、全員の分類案を再度検討して頂き、主観の差異を抑えるために、デルファイ法の考え方を使いながら、内容の普遍性を優先する形ではなく、参考としての一つの類型化にまとめたものである。

3.4 技術的知識の偏在と課題

ここまでの考察で、技術的知識の重要性と所在の理解を進めてきたが、いくつかの仮説を立てることが出来る。そのうちの一つとして、詳細設計がコンポーネントの設計者中心に行われる場合、技術的知識がコンポーネントの設計者に偏する可能性が否定出来ないという仮説を考えることができる。本項では、この仮説について考察を加える。

この仮説について、具体的に表すとすれば、技術的知識の偏在という観点からは、建築設計者に技術的知識が欠乏する可能性が内包する 4)と 5)のパターンを注視することが考えられる。このような知識の偏在が起これば、建築設計者が品質や安全性について理解できていないまま設計情報がまとまっていく可能性が生じるということ

である。結果として、承認行為についても、技術的知識が十分で持ち合わせない中で行われ、実質的な意味が薄らぐ可能性があるということになる。

Table1 の内容をまとめた自動車産業を対象とした先行研究の中では、主たる設計者が協力会社の設計者に「まとめて任せる」ということが日本の自動車メーカーの強みの一つであるという主張がなされている¹⁰⁾。この場合、建築産業でも、当然そのような可能性を含んでいると考えられる。建築設計者とコンポーネントの設計者の両者が十分な技術的知識を持ち、コンポーネントの設計者にまとめて任せることによって高いレベルの設計情報が創られ、その重要性や課題を建築設計者が確実に理解しながら設計プロセスを進めていくことになる。ただし、自動車産業で指摘されている強みに関するパターンは、Table2 と Table3 では、3)のパターンに当たり、4)と5)の検討は異なる意味が生じることになる。ただし、ここでは多角的な分析が必要な競争力や開発力の議論までは取り上げず、この点は他稿に譲るものとする。本項では、技術知識の所在についての課題に焦点を絞るため、設計情報の課題が直接的かつ集約的に表出する、コンポーネントの安全性の確保について考察を加えていくものとする。

古阪らによると、「日本の建築生産システムでは、法規範や准法規範の曖昧さを各主体の「善意のアプローチ」によって互いに補完することによって高い品質が確保されてきたが、経済情勢等によって各主体が「善意のアプローチ」を行わなくなれば品質事故につながる」としている¹¹⁾。ここでは、このような本質的な視点に加える形で、設計情報の作成から把握し得る技術的知識の偏在に焦点を絞ることにする。そのために、具体的な代表的事例をあげ考察を加えることと、複数の事例をあげて傾向を確認することの両面について、検討を加えていくものとする。

国土交通省は、『建築物等における事故・災害対策』の中で、『建築物等における事故対策について』に、独立した形で2つの事故が取り上げられ、対応されている。「エレベータ」と「自動回転ドア」である¹²⁾。また、平成27年に、独立した委員会「基礎ぐい工事問題に関する対策委員会」を設置し、特別な形で大臣告知とガイドラインが策定された¹³⁾。ここでは、このような国土交通省によって特別に取り上げられた3つのコンポーネントの技術知識について代表的な事例として考察を加える。また、個々のケーススタディだけでなく、全体の傾向も確認するため、ここ数年間の代表的な設計情報に関する技術的知識の偏在と考えられる事故の類型を考察する。これらは、限定的な議論となる面はあるものの、本稿において焦点を定めた技術知識の偏在の傾向についての仮説を、実業レベルで議論できると考えられる。

3.4.1 エレベータ

昇降機については、国土交通省として、かなり恒常的に様々な要件に対して対応してきていると言える。その中で、代表的なものの一つが、2006年に起こったシンドラ社事故と考えられる。これは、エレベータが開扉状態で上昇し、利用していた高校生が、エレベータの床面と開口部の枠に挟まれ、死亡したものである。エレベータの保守点検を担当していたエス・イー・シーエレベーター社が、点検の際にブレーキ部の異常を見落としたことが直接的な要因とされているが、メーカー側の技術情報の隠蔽、それによる技術情報不

足も、要因として挙げられている¹⁴⁾。これは、エレベータ本体の利益率が小さく、メンテナンスの利益率が大きいという、エレベータ産業の慣行的ビジネスモデルが、潜在的な要因であるとされている¹⁵⁾。要するに、エレベータ本体をつくった企業がメンテナンスも請け負うことが重要であり、このことによって各企業が長期に利益を上げていくモデルとなっていたと言えそうである¹⁶⁾。

エレベータは、Table3の5)に当たるコンポーネントであり、建築設計者はエレベータの主要な仕様などを決めるが、殆どエレベータについての技術的知識は持ち合わせていないといえる。特に、エレベータが設置されるための空間と、電気の供給などは、エレベータ側から要請が慣行化されており、当初の機器の機構的な技術的知識について、殆ど建築側は持ち合わせていない状況と考えられそうである。また、業界の暗黙の了解のような、メーカーがメンテナンスも担当するという取り決めのような傾向があり、それに反する場合、メンテナンスに必要な技術情報もメーカーから供給されなくなることになる¹⁷⁾。まさに技術的知識の偏在が明確に理解できると考えられる。

3.4.2 自動回転ドア

2004年3月に、六本木ヒルズの森タワーの正面玄関で、6歳の男児が三和タジマ製の大型自動回転ドアの回転ドア太ドア枠に頭部を挟まれ死亡した。原因として、回転ドアの回転部の重量が重すぎたこと、危険防止センサーに死角があったこと、安全制御システムへの過信があったこと、安全管理体制が甘くなっていたことの四点を中心に理解されている。この事故を受け、国土交通省と経済産業省によって、自動回転ドアに関する事故防止のガイドラインがつけられた¹⁸⁾。

設計プロセスの問題は、本質的なものと言える面がある。当初、オランダの企業によって回転部の重量が約0.9tだったものが、見栄えと耐風圧などの要望から最終的に約2.7tとなっていた。これは、欧州の温度差に耐えることに特化した原形から、高層ビルの正面入り口であるために見栄えと耐風圧が求められることになり、異なる機能が計画されることになったことを表している。そのような中、プロジェクトの途中で、オランダの企業が潰れるという状況が重なっている¹⁹⁾。

自動回転ドアは、Table3の5)に当たる部位である。建築設計者は、自動回転ドアについて技術的知識を殆ど持ち合わせていない面がある。そのために、建築設計者による独自の機能設計がなされ、その機能設計に合わせたかたちで、コンポーネントの設計者による自動回転ドアの設計がなされた。この場合、建築設計者は、国内のコンポーネントの設計者が、自動回転ドアの技術的知識を十分に持っていなかった可能性をも理解できておらず、品質と安全性に関する確信を持っている設計者がいなかったことを表しており、建築設計者に技術的知識が無かったということを明確に把握することが出来る。

3.4.3 基礎杭

2007年竣工の横浜市のマンションで、2014年に2棟の建物のジョイント部で2cmの段差が生じていることが発見され、2015年に国土交通省で委員会が立ち上げられた。取りまとめられた報告書の中で、実際に支持層に杭が届いていないことの意味合いと、その原因として、重層下請け化した施工体制、施工の不健全な慣行化、デ

一タの流用の業界浸透などが指摘されている。 委員会では、安全への取り組み体制の確立、業界の風潮と個人の意識の刷新、責任体制の整備、設計と施工の物件に即したルールの確立、高度技術・先端技術の利用の、五点の論点と、再発防止策として、適正な設計・施工及び施工管理のための体制構築と、建設業の構造的な課題に関する対策がまとめられた^{注8)}。

まとめられた再発防止策の内容に即する形で、技術的知識の偏在に関する議論がなされる面がある。基礎既成杭は4)のパターンであり、建築設計者および建築施工者に技術的知識が希薄になっていたとしても、設計プロセスや施工プロセスが進められていく可能性がある面がある。特に、協力会社が3次下請けまで重層化しており、実際に技術的知識を持っている範囲がどの範囲なのか、極めて重要な点である。なぜなら、実際に設計と施工の十分な技術的知識を持たない立場が複数重なった構造の場合、本稿での議論の指摘内容が複雑化し、問題の明確化について、個々の案件を注意深く行わなければならない面を否定することが難しくなるからである。

3.4.4 技術的な課題による事故の種類

また、個別のケーススタディに加え、様々な事故等の傾向を検討してみる。国土交通省の会資本整備審議会の建築物等事故・災害対策部会において、建築に関する事故や安全性の課題が議論されてきた。この中で、直近である令和2年7月14日の部会の中で、『特定行政庁より報告を受けた建築物事故の概要』という資料が示されている^{注10)}。内容は、平成27年11月から令和2年3月の建築に関連する事故等がまとめられているものとなっている。この中で、労働災害事故、経年劣化、人為的ミス等ではなく、竣工後に起こった建築の一般的な使用下で原因部位の特定ができる技術的知識の偏在に起因する可能性がある事故を抽出する。また、それぞれの対象となっているコンポーネントについて、Table2とTable3で該当するパターンを整理していくと下記のようなになる。類型化の手法は、前述の内容と同様にデルファイ法を活用したものとなっている^{注9)}。

- ・防火シャッター 4)
- ・ステンレス製フェンス 5)
- ・外壁面袖看板 3)-2
- ・吊り天井 4)
- ・天井ボード 4)
- ・天井パネル金属製看板 4)
- ・シャッターボックス 5)
- ・アルミ製手すり 4)

また、失敗学会のデータベースを参照すると、前項と同様の考え方で抽出すると、以下のようなコンポーネントの問題となる^{注6)}。

- ・鉄骨主要構造部 3)-1
- ・基礎部 4)
- ・鉄骨製デッキ 3)-1
- ・昇降機 5)
- ・シャッター 3)-2

ここに、13の工種が取り上げられているが、4)と5)が、併せて9つのコンポーネントとなっている。ここで指摘した4)と5)について、設計の元請の技術知識不足が必ず生じるということは言い切れないが、課題が含まれていることは理解できる。つまり、これらの現行の枠組みは、設計の元請が、技術的知識を十分に持っていることが

前提になっている面があり、品質や安全性に関して責任を取る必要があるが、それには技術知識範囲が広すぎるために問題点が含まれている可能性が高いということである。

ここまでにあげた内容は、中央行政庁の判断から専門の学術分野の考察に至るまで、同一の方向性を示しているものであり、本項における、詳細設計がコンポーネントの設計者中心に行われる場合、技術的知識がコンポーネントの設計者に偏在する可能性が否定出来ないという仮説に矛盾は生じていないと考えられる。ただし、自動回転ドアの事故などについて、法律面や倫理面からの議論は、異なる視点からこれらの事故の問題点を指摘することにつながるが、各事故に関する総括的な議論は他稿に譲るものとする。慎重な議論が必要であることは間違いと考えられるが、本稿では、技術的知識の所在と、設計情報の流れから、課題を明確にしていくことに焦点を絞るものである。

4. まとめ

本稿の目的は、建築の設計プロセスを精査し、建築を構成する部品やシステムについて、技術的知識の所在を理解することによって、現状の課題を把握していくことであり、その課題に対する処方箋に関する一つの考え方を示していくことであった。特に、詳細設計がコンポーネントの設計者中心に行われる場合、現行の建築プロジェクトのフレームワークの中では、技術的知識がコンポーネントの設計者に偏在する可能性が否定出来ないという仮説を立てた。そして、その可能性についての仮説に対して、矛盾が生じていない傾向を、代表的な事例の理論的ケーススタディと、ランダムサンプリングされた直近の課題を含む事例の傾向を確認し、基本的に把握することが出来たと考えられる。また、ケーススタディの中で、国土交通省をはじめ、専門学術領域からも、様々な課題解決のための提案が示されているが、本稿が理論的に導いた技術的知識の偏在に関する提案は極めて薄めであり、本稿の考え方が処方箋としての一つの明確な位置づけになると考えられる。

ただし、注意すべき設計分業パターンが示すことができても、それぞれの製品領域特性や素材領域特性によって、さらに深い分析や考察が必要な場合があると考えられる。これは、各特性が、設計分業パターンの影響だけでなく、他の多くの因子によって確立されるものであり、領域の慣行などの他の影響も少なからず影響を及ぼすことによって、各領域の課題が生まれてくることは否定できない。ただ、今回の設計分業パターンが重要な因子になることが否定されることではなく、この視点を基軸に置きながら、様々な因子も議論していくことが肝要であると考えられるものである。

また、本稿を通して考えられることは、現行の建築プロジェクトのフレームワークに課題が残る点である。主たる建築設計者がすべての技術知識を体得し、コントロールすることは、建築に関する技術知識領域が広いために、困難であると考えられる。しかし、本稿の主張としては、現行の技術知識の所在や設計情報生成の流れなどのフレームワークを精査すると、主たる建築設計者が様々な責任を集中的に担う必要がある面が否めず、そこに課題が見えてくるということである。言い換えれば、誰が技術的知識を持ち、誰が技術的な責任を持ってプロジェクトに臨み、どのように安全性や品質などを実現していくのか、注意深く検討していかなければならない必要

性の概要が理解できたと考えている。今後、建築設計に関する枠組みの慎重な検討と、主な製品や素材を中心に、一つ一つの建築に含まれるコンポーネントについて、その特性を精査しながら、あるべき技術的な分業に関する議論を、進めていくことが重要であると考えられる。

また、自動車産業の先行研究の示唆より、主設計者と協力企業の設計者が技術的知識を保持し合う状況であれば、まとめて任せることによって、高い品質や安全性が創出される可能性が考えられる。この点については、今後、検証し、日本の建築産業の強みを描いていく可能性を追うことも重要であると考えられる。

参考文献

- 1) Furusaka. S.: *Kenchikuseisan*, Rikoutosyo, 2009
古阪秀三編著: 建築生産, 理工図書, 2009
- 2) Takamura Y.: *Shippaigakunosusume*, Kodansha, 2005
畑村洋太郎: 失敗学のすすめ, 講談社, 2005
- 3) Fujimoto, T.: *Nihonnmonodukuritetsugaku*, Nikkei.co., 2004
藤本隆宏: 日本のもの造り哲学, 日本経済新聞社, 2004
- 4) Herbert A. Simon: *The Science of the Artificial*, MIT Press, Cambridge, MA, 1969
- 5) Yoshikawa, H., and Tomiyama, T.: *Sekkeigaku -Monodukurino riron-*, Housou Daigaku Kyouikushinkoukai, 2000
吉川弘之, 富山哲男: 設計学 —ものづくりの理論—, 放送大学教育振興会, 2000
- 6) Brusoni, S. & Prencipe, A.: Managing knowledge in loosely coupled networks: Exploring the links between product and knowledge dynamics. *Journal of Management Studies*, 38(7), pp. 1019–1035. 2001
- 7) Park, S., and Kim, E.: Revisiting knowledge sharing from the organizational change perspective, *European Journal of Training and Development*, Vol. 39 No. 9, pp. 769–797. 2015
- 8) Davenport, T.H., and Prusak, L.: *Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know*, Harvard Business School Press, Boston, MA 2000
- 9) Sousa, M. J., Cascais, T. and Rodrigues J.P.: Action research study on individual knowledge use in organizational innovation processes, in Rocha, A., Correia, A.M., Costanzo, S. and Reis, L.P. (Eds), *New Contributions in Information Systems and Technologies*, Springer Nature, Berlin, pp. 75–82. 2015
- 10) Swift, P.E. and Hwang, A.: The impact of affective and cognitive trust on knowledge sharing and organizational learning, *The Learning Organization*, Vol. 20 No. 1, pp. 20–37. 2013
- 11) Swart, J. and Kinnie, N.: Organizational learning, knowledge assets and HR practices in professional service firms, *Human Resource Management Journal*, Vol. 20 No. 1, pp. 64–78. 2010
- 12) Kumaraswamy, K.S.N. and Chitale, C.M.: Collaborative knowledge sharing strategy to enhance organizational learning, *Journal of Management Development*, Vol. 31 No. 3, pp. 308–322. 2012
- 13) Lee, S., Kim, B.G. and Kim, H.: An integrated view of knowledge management for performance, *Journal of Knowledge Management*, Vol. 16 No. 2, pp. 183–203. 2012
- 14) Yang, J.T.: The impact of knowledge sharing on organizational learning and effectiveness, *Journal of Knowledge Management*, Vol. 11 No. 2, pp. 83–90. 2007
- 15) Fujimoto, T., Takeishi, A. and Aoshima Y. (Eds), *Business Architecture*, Yuhikaku, 2001
藤本隆宏, 武石彰, 青島矢一 編著: ビジネス・アーキテクチャー製品・組織・プロセスの戦略的設計, 有斐閣, 2001
- 16) Clark, K. and Fujimoto, T.: *Product Development Performance: Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry*. Boston: Harvard Business School Press. 1991
- 17) Higuchi H.: *Sidlar shasei elevator shiboujikono jireikenkyuu*, Nihon Keiei Rinrigakkaishi, No. 24, pp179–197, 2017

樋口晴彦: シンドラー社製エレベーター死亡事故の事例研究, 日本経営倫理学会誌, 第 24 号, pp179–197, 2017

注

- 注1) 参考文献 1), 第 6 章
- 注2) 参考文献 2),
- 注3) 参考文献 3), 第 4 章
- 注4) 参考文献 4), (日本版) pp6–16
- 注5) 公正取引委員会事務総局『マンションの管理・保守をめぐる競争の実態に関する調査』2003 発行
- 注6) 失敗学会、『失敗知識データベース』
<http://www.shippai.org/fkd/index.php> (2020. 08. 14. 閲覧確認)
- 注7) 国土交通省、『自動回転ドアの事故防止対策に関する検討会』
https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/revolving_door.html
(2020. 08. 14. 閲覧確認)
- 注8) 国土交通省、『基礎ぐい工事問題に関する対策委員会中間とりまとめ報告書』
<https://www.mlit.go.jp/common/001114887.pdf>
(2020. 08. 14. 閲覧確認)
- 注9) 国土交通省、『建築物等における事故・災害対策』
https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/jutakukentiku_house_tk_000037.html (2020. 08. 14. 閲覧確認)。
- 注10) <https://www.mlit.go.jp/common/001188843.pdf#search=%E7%89%B9%E5%AE%9A%E8%A1%8C%E6%94%BF%E5%BA%81%E3%82%88%E3%82%8A%E5%A0%B1%E5%91%8A%E3%82%92%E5%8F%97%E3%81%91%E3%81%9F%E5%BB%BA%E7%AF%89%E7%89%A9%E4%BA%8B%E6%95%85%E3%81%AE%E6%A6%82%E8%A6%81> (2020. 08. 14. 閲覧確認)

STRUCTURAL PROBLEMS IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY IN JAPAN

Focusing on uneven distribution of technological knowledge in design process of components

Satoshi YOSHIDA *¹

^{*1} Prof., Advanced Institute of Industrial Technology, Dr.Eng.

This paper focuses on the location of technical knowledge and discusses the key points in the design process. To this end, we developed a description method that makes it possible to locate technical knowledge. We have also discussed the essential points that need to be understood for the development of the construction industry.

First, the perspectives provided in this paper are based on clarifying the location of technical knowledge and responsibility. As a result of varying backgrounds and business customs, what should have been a simple relationship started to include unnatural bias. From this, we can indicate the implications of the problems related to quality assurance of the design contents. Indeed, it is difficult for the main architect to take responsibility for the work that requires extensive knowledge of architectural design. However, it is necessary to clarify who has technical knowledge and who is responsible for the design.

Second, the location of technical knowledge changes. Technical knowledge will gradually change over time. Moreover, the layering of the design division of labor makes it difficult to indicate who will create the design information and who will approve it responsibly with its content. If the content and characteristics of knowledge and the relationships between the designers change, it is necessary to pay close attention to the uneven distribution of technical knowledge. It is necessary to add the considerations obtained from the previous chapter while describing the uneven distribution of technical knowledge, focusing on the types of construction that have caused serious problems and resulted in the recent accidents.

Thus, the points which could not be clarified in the discussions that did not focus on technical knowledge, may now be clearly recognized. Hence, we will continue to apply this description method to each construction, giving priority to constructions that affect safety, and add investigation and analysis.

Construction is a made-to-order production and it contains project-wise characteristics. In the future, the concept of this paper can be used while examining the important parameters of each project, such as complexity, uncertainty, and novelty.

(2020 年 9 月 10 日原稿受理, 2021 年 1 月 27 日採用決定)