

2020. 12月

General Institute Report

総研レポート

vol.19



寄稿

- 日本文明と情報社会—過去から未来へ—
- 建設業の安全対策としてICT技術を活用した現状と将来の展望
- BIM／CIMによる設計情報のデジタル化と情報・知識マネジメントの展開
- 専門高校（土木系学科）におけるUAV導入授業の現状と今後の展望
- 「電子化された生コン情報」の活用による現場打ちコンクリート工の生産性向上と品質管理の高度化—PRISM制度によるT-CIM®／Concreteの現場試行と効果の確認—
- 映像認識AIとデジタルツインを用いた施工改善支援システムの開発および現場適用

調査研究報告

- 資材価格予測モデルの構築に向けて
- 主要建設資材需給・価格動向調査から見る市場の動き
- 建設現場における労働災害と外国人建設就労者への安全教育
- マンションの修繕工事費に関する最近の状況
- 近代地理学の祖 長久保赤水…実用性の高い日本地図を初めて世に送り出した人物
- 新型コロナウイルス感染症による国内投資計画への影響アンケート調査結果（2020年3月・6月調査）
- 戸建住宅における屋根、外壁と建築費の関係について

2020年度建設投資見通し (国土交通省公表資料)

- 令和2年度（2020年度）建設投資見通し

付録

- 総研レポート掲載報文リスト



一般財団法人

建設物価調査会 総合研究所

目 次

寄稿

日本文明と情報社会 —過去から未来へ—	1
特定非営利活動法人日本水フォーラム 代表理事 竹村公太郎	
建設業の安全対策として ICT 技術を活用した現状と将来の展望	8
明治大学 顧問 名誉教授 公益財団法人鉄道総合技術研究所 会長 一般社団法人セーフティグローバル推進機構 会長 向殿 政男	
BIM/CIM による設計情報のデジタル化と情報・知識マネジメントの展開	15
公立大学法人宮城大学 事業構想学群 価値創デザイン学類 教授 蒔苗 耕司	
専門高校（土木系学科）における UAV 導入授業の現状と今後の展望	23
東京都立葛西工業高等学校 建築科 教諭 東 君康	
「電子化された生コン情報」の活用による現場打ちコンクリート工の生産性向上と 品質管理の高度化—PRISM 制度による T-CIM [®] /Concrete の現場試行と効果の確認—	33
大成建設株式会社 土木本部 土木技術部専任部長 大友 健	
映像認識 AI とデジタルツインを用いた施工改善支援システムの開発および 現場適用	44
株式会社奥村組 ICT 統括センター イノベーション部 DX 推進課 課長 藤本 情志	

調査研究報告

資材価格予測モデルの構築に向けて	53
日本大学 スポーツ科学部 スポーツ科学研究所 総合研究所 経済研究課	

主要建設資材需給・価格動向調査から見る市場の動き	66
--------------------------	----

総合研究所 主席研究員 川野辺 豊

建設現場における労働災害と外国人建設就労者への安全教育	76
-----------------------------	----

総合研究所 主席研究員 齋藤 彰

マンションの修繕工事費に関する最近の状況	84
----------------------	----

総合研究所 経済研究課 上席研究員 山本 高史

近代地理学の祖 長久保赤水…実用性の高い日本地図を初めて世に送り出した人物…	88
--	----

総合研究所 経済研究課 主任研究員 岡本 哲也

新型コロナウイルス感染症による国内投資計画への影響 アンケート調査結果（2020年3月・6月調査）	91
--	----

総合研究所 経済研究課 主任研究員 伊沢 佳織

戸建住宅における屋根、外壁と建築費の関係について	96
--------------------------	----

総合研究所 技術研究課 主任研究員 丸木 健

2020年度建設投資見通し（国土交通省公表資料）

令和2年度（2020年度）建設投資見通し	103
----------------------	-----

国土交通省 総合政策局 情報政策課 建設経済統計調査室

表紙写真

工事件名：天ヶ瀬ダム再開発トンネル流入部本体他建設工事および天ヶ瀬ダム再開発流入部本体他建設工事（3期工事）

発注者：国土交通省 近畿地方整備局 琵琶湖河川事務所

所在地：京都府宇治市横島町六石山地先

工事内容：（本体部）コンクリート工 16,135 m³，（ゲート室部）覆工コンクリートおよび頂版 1,680 m³，（トンネル掘削）30.5 m 及び覆工・防水 99.3 m，前庭部側鋼管矢板の切断・撤去，底版工，トンネル内への通水等

工期：2016年12月～2022年2月

本工事は、京都府宇治市内の天ヶ瀬ダムの再開発（放流能力増強）において、トンネル設備の流入部（本体部：OP+39.7～88.0）およびゲート室部、接続部の施工を行うものである。ダム湖内に設置した大深度の鋼管矢板の締切り内にマスコンクリート躯体を構築し、先行施工のトンネル部と接続するものであり、大深度での構築にあたり様々な打込み方法や品質管理の工夫を行っている。2018年度～2020年度には、「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト（PRISM）」を活用して、電子化された生コン情報を活用した製造から打重ねまでのプロセスにおける生産性向上と、単位水量とスランプの全数測定を含む品質管理の高度化に取り組んでいる。

寄稿

日本文明と情報社会

—過去から未来へ—

特定非営利活動法人日本水フォーラム 代表理事 竹村公太郎

人類の情報伝達の基本は言語である。その日本の言語は世界の中で極めて特異な存在である。

その日本言語の特徴は未来の情報社会にとって重要な指針となり、未来の日本社会の在り方も示してくれる。

1. 西欧人と日本人の左脳

昭和48年（1973年）、当時の東京医科歯科大学の角田忠信教授が「日本語の特徴」という研究発表を行った。その後、日本人の脳を西欧人の脳と比較して、著しい相違いがあることを次々と実証していった。それらの集大成が「日本人の脳」（大修館書店 '78）として出版された。

「西欧の言語は『子音』が優性であるのに対し、日本人の言語は『母音』が優性する。

さらに西欧人は、自然界の虫の音を『雑音』とし

て右脳で処理している。ギャーギャー泣いたりワーワー叫んだり怒鳴ったりする人の感情音も、『雑音』として右脳で処理されている。つまり西欧人の左脳は、子音言語と数値計算を司っている。

ところが日本人は異なる。虫の音や人の感情音声を、普通の言語と同じ左脳で処理している。」

西欧人の左脳には、子音と計算しか入っていない。そのため西欧人の論理は、複雑で微妙な発音の子音と合理的な数値計算で構築されていく。

一方、日本人は言語だけでなく虫の音も人の感情音声も左脳が司っている。そのため日本人は、自然情緒や人間感情も組み込んで論理を構築していく。

（図1）が日本人と西欧人の左右の脳の機能を示している。

なおこれは遺伝子の問題ではない。生まれ育った環境に依存すると、角田教授は実証した。

「アメリカで生まれ育った日本人の脳は、西欧人

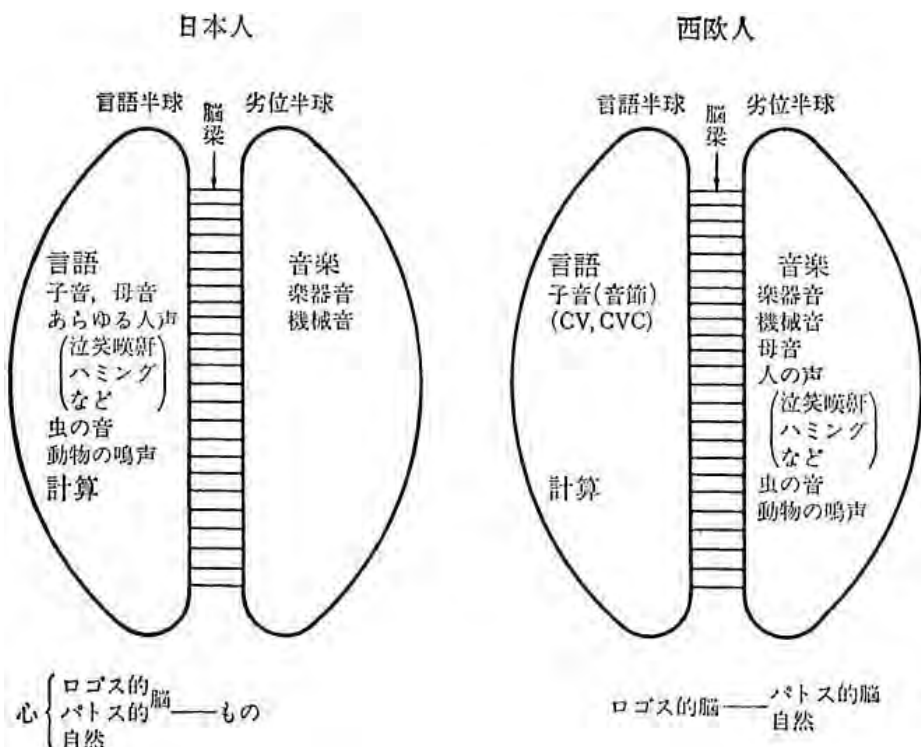


図1 「日本人の脳」 角田 忠信

と同じ脳の機能であった。つまり虫の音や人の感情音声は、雑音として右脳で処理されていた。

逆に、日本で生まれ育ったアメリカ人は、日本人と同じ脳の機能であった。つまり虫の音も人の感情音声も、言語と同じ左脳で処理されていた。」

2. 言語の源流の日本語

角谷先生はその後、日本人と同じ左右の脳の機能分担をする民族を探し廻っていった。

その結果、隣の中国も、台湾も、朝鮮半島の人々も、東南アジアの人々も全て西欧人と同じパターンであった。文法が日本語と似ている民族も、やはり虫の音、人の感情音声は雑音として右脳で処理されていた。

しかし、遂に角田教授は、同じ母音が優性で、虫の音や人の感情を左脳で処理している人々を見つけた。絶海の南太平洋に浮かぶポリネシア諸島の「トンガ」と「サモア」であった。

以上が角田先生の発見であり研究成果である。以後は私の推測と仮設になっていく。

人類が言語を使用した初期、大自然の中で危険を知らせたり、獲物を追い詰める連絡を取り合う時は母音の叫び声であったろう。また猛獣に気が付かないよう、暗闇の中で合図を交わす時に、虫や動物の音を聞きながら、その音にまぎれてそっと合図を交わしたであろう。

初期人類にとって虫の音、動物の鳴き声は、極めて重要な情報であった。そのため、人が話す言語と自然界の音は、密接な関係を持ち、それらはすべて同じ左脳で処理されていたと考えられる。

生物の進化は、全て単純なシステムから次第に複雑化していく。この類推から、言語も単純な母音から、複雑な子音に変化していく。母音中心の日本人とトンガ、サモア人は、人類の発声の進化の源流に位置していると推定できる。

3. 文明の侵略、被侵略

紀元前、人類は文明を創り出した。その後、文明は交流を始めた。最も劇的な交流は、征服と被征服である。ユーラシア大陸ではいくつもの大帝国が登場し、その帝国は膨張して征服と被征服が繰り返行われた。

紀元前、西でローマ帝国、東で秦帝国。紀元になり、東西ローマ帝国、中国では漢王朝と南北朝。その後は、西にビザンティン帝国、中央でウマイヤ王朝、東では唐。7世紀になるとイスラム帝国、12世紀には神聖ローマ帝国、13世紀にはモンゴル帝国、18世紀にはオスマントルコ帝国と清帝国、19世紀になるとロシア帝国も登場した。

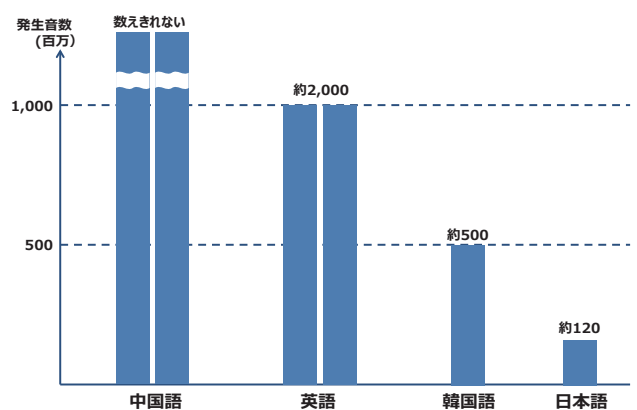
これらの王朝と帝国が誕生し膨張し、征服と被征服の繰り返しが行われた。そのたびに人々の言語は重なり合い、複雑さを増した。その言語の発声の増加は子音で行われた。子音は曖昧さがあり、微妙な表現も可能である。敵か味方か分からない人の出会いでは、微妙な音声の子音が便利であった。

文明の交流と民族の侵略、被侵略で、子音は爆発的に増大していった。(図2)は、日本語と中国語、英語、韓国語の発声音数を比較した図である。日本語は圧倒的に発声音数が少ない。日本人が子音中心の英語が苦手というのはこれでも納得できる。

子音が増大するにつれ、左脳は右脳に比べゆとりがなくなった。論理と関係のない自然界の音は子音で一杯になった左脳から右脳へ押し出されていった。そして母音まで右脳へ追いやられた。

世界中で子音が進化し、左・右の脳の機能分担も変化していった。しかし、日本人とトンガ、サモア人だけは21世紀の現在も、母音中心の発声言語を保ったままであった。

日本とトンガ、サモアの共通点は、はっきりしている。両者とも他民族に侵略されず、固有の言語は



出典：エデュケーショナル・テスト・サービス

図2 世界の発声音数

抹殺されず、そのまま存続した。そのため日本とトンガ、サモアは、複雑で厄介な子音を発達させる必要がなかった。左脳には自然界の音を収納したまま、母音中心の言語でおおらかに会話が続けられていた。

4. 日本人は情報伝達が苦手？

情報伝達の根本は言語であるなら、子音発音が極端に少ない日本語は情報伝達にとって不利なのか。

言語といっても2つの手段がある。発声言語と文字言語である。日本語の発声言語は極めて貧弱だが、文字言語つまり語彙は圧倒的に豊富である。

英語と日本語の語彙の数の比較を(図3)で行った。普通の米国人の大人が会話するに必要な語彙は5,000語で十分足りるという。それに対して日本の小学生6年生レベルの児童が知識として必要語彙は3万個となる。

日本人は発声音には弱い、文字解釈に関しては圧倒的に強い。日本の小学6年生に「人類学」や「甲殻類」と黒板に書けばどうにか説明はできる。しかし、米国の高校生、大学生に「Anthropology (人類学)」や「Crustacea (甲殻類)」と書いても答えられる学生は少ない。

では、漢字が有効かといえばそうでもない。中国は漢字だけで「カタカナ」「ひらがな」はない。日本人はカタカナは外国関連の単語だと一瞬にして理解する。自分に関係ないカタカナならパスして次の

語彙に勤む。しかし、漢字だけの中国人はそうはいかない。次々と出てくる新語彙は、全て漢字で表現されていく。コカ・コーラの「可口可樂」はどうか分かる。しかし、米国のロック歌手のボンジョビは「邦喬維」となる。中国政府は毎日数多くの漢字語彙を作成しているという。一般の人にとって、次々と生まれてくる新漢字の語彙を消化していくのは容易な作業ではない。

ところで、情報伝達の手法として図や絵がある。日本人は直接出会って会話する代わりに、絵と図をふんだんに使用して情報交換をしてきた。日本語は発声言語ではなく、語彙と図の文字言語となっていた。

その理由は、日本列島の地形が影響している。

5. 情報を共有した蜘蛛の巣ネットワーク列島

1600年の関ヶ原の戦いで勝利した徳川家康は、200以上の戦国大名たちを統制するのに巧妙な手法を使った。それは日本列島の地形の利用であった。

日本列島の地形は海峡と山々で分断されていて、脊梁山脈からは無数の川が流れ下っている。日本列島の地形の単位は流域であった。家康は、この各地の流域の中に大名と領民たちを封じた。

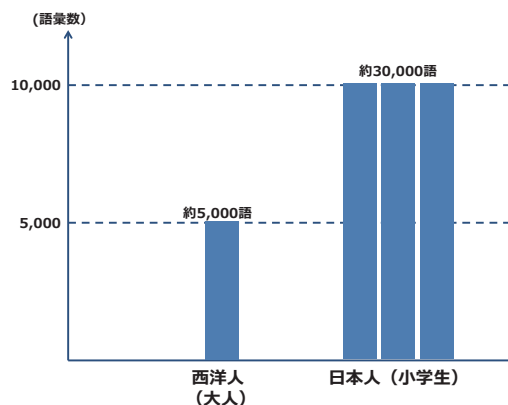
大名と領民は流域に封じられたが、大名は2年に1度、参勤交代として領地と江戸の間を往復した。その江戸は途方もない物量を必要とした。全国各地から毎日毎日、休むことなく江戸に物資が注入された。

全国からモノが江戸に集まり、そして、帰りの船には江戸の情報が満載されていた。江戸時代の250年間、地形で分断されて生きてきた日本人は情報を共有するネットワークで結ばれていた。そのネットワークとは、海に囲まれた地形を利用した水運ネットワークであった。

(図4)が江戸時代の主要な港と航路地図である。

この水運ネットワークは海上だけではなく、曳き舟で上流の農村そして山岳地帯までも張りめぐらされていた。(図5)は内陸をいく曳き舟である。人類の歴史上、このようなネットワークに包まれていた文明は見当たらない。

水運は濃密な情報を運んだ。それは絵と語彙で構成される瓦版であり浮世絵であった。谷風が連勝し



出典：「話を聞かない男、地図が読めない女」
アラン・ピーズ／バーバラ・ピーズ
「小学国語辞典」三省堂

図3 一般会話に必要な語彙数

た。団十郎が大人気だ。赤穂の浪士が吉良邸に討ち入りした。黒船が浦賀沖に来た。豊富な情報が日本列島の津々浦々に届いた。(図6)は当時の瓦版である。

日本人は地形に分断されて生きていた。しかし、

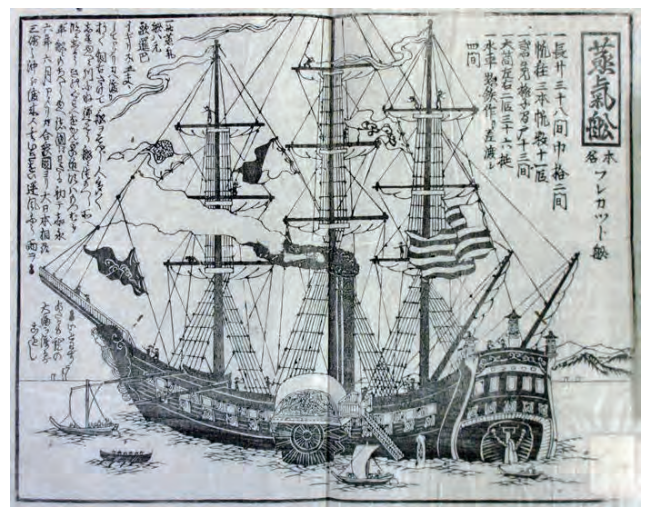


図5 弘重(四木通用水引船)

その地形を克服する情報ネットワークを構築していた。「他人」とは、情報を共有していない人を指す。「仲間」とは、情報を共有している人々をいう。アイデンティティーとは、それほど難しい概念ではない。情報を共有している仲間意識である。

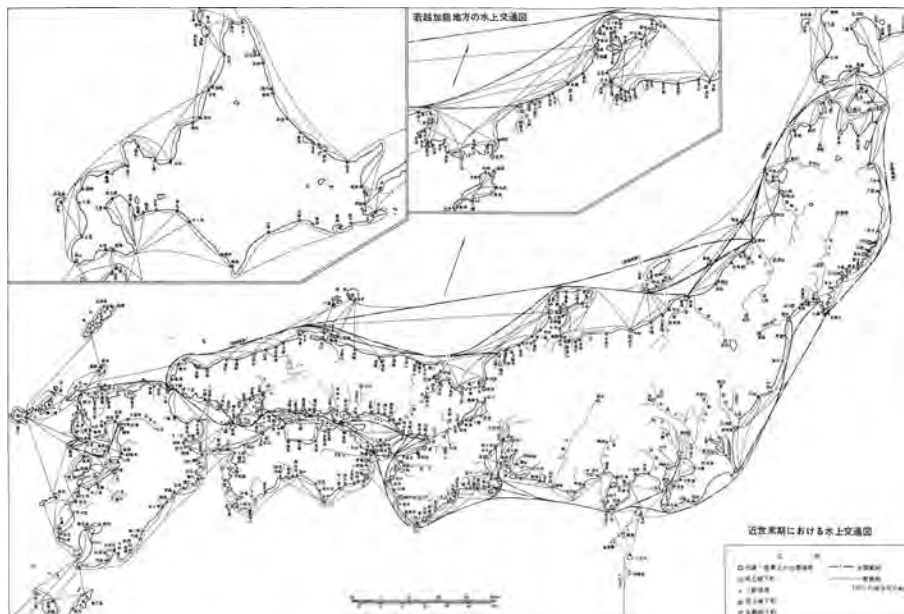
地形で分断されていた日本人は、蜘蛛の巣の情報ネットワークで情報を共有し、共同意識を醸成していた。

その情報を共有していた日本人の言語で忘れてはならないことがある。舟が運んだのは文字、絵画そしてモノの情報であった。言語は文字と発声で構成



出典：Wikipedia

図6 黒船の瓦版



出展：福井県立図書館他編
「日本海海運史の研究」昭和42年

図4 近世末期における水上交通図

される。

文字の共有は水運が成し遂げた。しかし、発声の共有を成し遂げた社会システムが日本にはあった。

6. 発声の共有化システム

現在、27ヶ国が集まったEU連合の議会の課題の一つが、通訳のための費用である。23の公式言語が飛び交うEU議会の常勤通訳は350人で臨時通訳は400人もいて通訳費用が議会経費を圧迫している。EUは共同体を志向しているが、今でも発声の差で悩まされている。21世紀の今でも、EUは同じ発声の共同体にはなりえていない、いや、そのような共同体になろうともしていないようだ。

ところが、EUと南北の距離がほぼ等しい日本列島の人々は、同一の発声を共有して江戸を生き抜いていった。発声は分裂していくのが歴史の相場である。旧約聖書のバベルの塔の言語分裂騒動以来の一貫した人類の宿命であった。それに反して、日本人が同じ発声を共有していたのは、人類史の謎の一つであるといっても過言ではない。

実はその答えは簡単である。参勤交代であった。

参勤交代で領主が国元へ帰っていく時、領主は江戸の言葉で話した。なぜなら、全国各地の大名領主は江戸っ子であった。母親が江戸にいて、江戸で子供を生み、その子供は成人するまで江戸で育った。全国の諸大名たちは、2、3代目になるとほとんどが江戸っ子になっていた。

参勤交代とは、領主が地元の領土から江戸へ行くのではない。領主本人が2年に1度、単身で領地へ行ったのだ。教科書が教える参勤交代とは全く反対であった。

江戸生まれで江戸育ちの大名たちは、江戸の言葉を話した。領主が江戸の言葉なら、部下たちもそれに従わざるをえない。領内の人々もそれに従わざるをえない。日本列島は細長く、山と海で分断されている地形である。しかし、そこに住む人々の言葉は、方言はあったが、公式的には江戸の言葉で会話は統一され、分裂を起こすことはなかった。次の明治の時代、東京に集まった日本人同士が通訳を介して会話をしたなど聞いたことがないことでもわかる。

7. 流域の封建社会を破った黒船

1853年、米国のペリー提督が黒船を引き連れ浦賀沖に姿を現した。日本は蒸気機関と巨砲の前に開港せざるをえなかった。鎖国を解いた日本は常に欧米列国の植民地化に曝されていた。欧米列国はアメリカ、インド、東南アジアそして清国を次々に植民地にして、日本に近づいてきた。

彼らの植民地政策の原則は「分割統治 (Divide and Rule)」であった。

その国の権力層の亀裂を拡大させ、地方間の疑心暗鬼を増幅させ、内戦へ誘った。内戦で体力が消耗したところ、傀儡政権を擁立してその国を支配していく。

日本も分割され植民地化される瀬戸際にあった。何しろ日本の幕藩封建体制は欧米による分轄統治にとっては絶好の条件であった。各地の地方権力者を分断させ、内戦を起こさせればよかった。

明治新政府は、地方の大名の権力を解消し、中央集権の国家を作らなければならなかった。諸大名の権力は流域に深く根付いていた。明治新政府にとって、廃藩置県は最も重要な政治課題となった。政権を担った西郷隆盛や大久保利通が、廃藩置県の課題で苦闘しているときに、これをインフラで実現した人間が現われた。海峡と山々と川で分断されていた流域地形を貫き、東京へ人々が集るインフラ装置であった。

それは蒸気機関車であった。

この鉄道計画を推し進めたのは大隈重信と伊藤博文であった。1872年(明治5年)、新橋と横浜間の鉄道が実現した。蒸気機関車は東京都横浜を1時間で結んだ。多摩川を1分もかからず越えてしまった。(図7)は多摩川を渡る蒸気機関車である。そ



1871年(明治4年) 出典: 恵の本音

図7 多摩川橋梁 六郷蒸気車往返之全図 三代広重

れまでの多摩川は地域を分ける厳然とした境界であったが、その境界はあっさりと機能を消し去った。

大久保利通の凄さは、この鉄道の社会的な衝撃性を一瞬にして理解した。その後、大久保利通は一気に鉄道建設への投資に舵をとった。明治22年、東海道全線が、明治24年、東北全線が開通した。新橋―横浜間の開業からわずか30年余りで、鉄道網は北海道から九州まで7,000 kmを突破した。

江戸の封建制度は流域の地形に支えられていた。その流域は鉄道によって横串に貫かれてしまった。目の前を横断していく蒸気機関車を見て、人々は自分たちの人生を流域に閉じ込める時代は終わったことを理解した。その鉄道網は全て東京に向かっていった。(図8)は、日本全国を流域境界で表した図であり、その流域を横串しにして東京へ向かう鉄道網である。

全国の若い人材は鉄道に飛び乗った。東京へ、東京へと蟻の行列のように集中していった。鉄道は強靱な肉体と知力を携えた若者を東京へ集中させた。同じ言語で会話する人々が集中した民族は強かった。人々は団結して企業を起こした。口角泡を飛ばし議論をした。

そして、日本は封建制度から一気に中央集権国家

に変身し、世界史の最後の帝国国家に滑り込んで行った。

新橋の汽笛一斉は、長い日本の流域社会との決別の合図であった。

8. 近代の情報伝達

近代日本社会の成長、特に、第二次世界大戦後の経済発展と人口急増は凄まじかった。そのGDPは20世紀末から横ばいを示し、急増した人口は21世紀初頭にピークから減少に転じた。(図9)が約百年のGDPの伸びで、(図10)が1千年間の人口動態である。

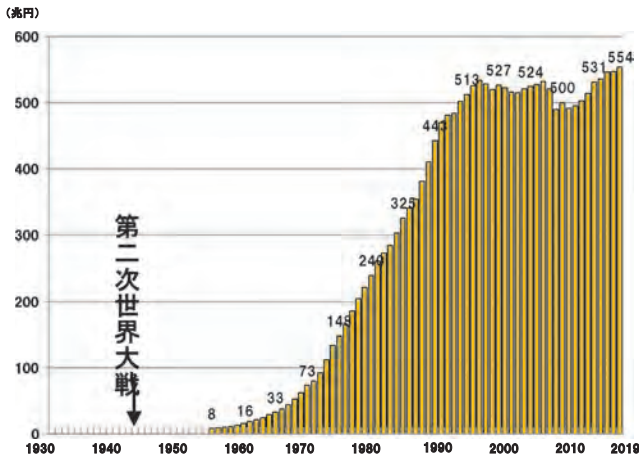
この戦後約70年間のGDPと人口の膨張は、日本史上でもう二度とない特異点であった。

この膨張時期の合言葉は「効率化」であった。効率化のためには、一人当たりの生産性、単位面積当たりの生産性、そして単位時間当たりの生産性を高める必要があった。画一化された大量生産、都市への集中、化石エネルギーの大量投入がそれらを成し遂げた。

しかし、日本が失ったものも大きかった。農林漁業の衰退、地方の衰退、そして日本国土の荒廃と日

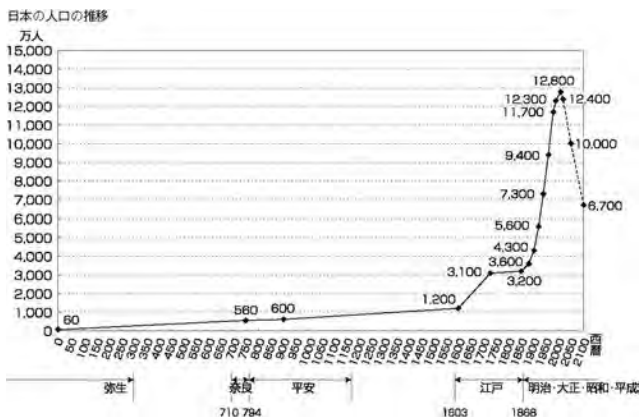


図8 河川流域を横断した鉄道



(出典：内閣府ホームページ「国民経済計算 平成2年基準、平成12年基準及び平成23年基準」をもとに竹村作成)

図9 日本のGDP(名目)の推移



出典：「国勢調査」

*1850年以前は、鬼頭宏『日本二千年の人口史』(PHP研究所)、将来人口は、(財)日本人口問題研究所(中位指針)による。

図10 日本2千年の人口動態

本文明の多様性の衰退をもたらした。

未来は限られた資源とエネルギーで社会を運営せざるを得ない。膨張社会の原動力であった化石エネルギーは、この世から退場していく。人間に残されたエネルギーは、太陽と水と電磁場となる。

社会は物の大量消費から知的情報活動へ向かっていく。その萌芽ははっきり見えだした。若者たちの興味は車から離れ、パソコンとスマホの情報に向かっている。この迫りくる社会の情報伝達は、発声言語による会話ではない。語彙と図の文字言語と動画である。この分野では日本人の独壇場である。

実は、未来の情報社会、AI社会は深刻な課題を抱えている。そのAI社会は膨大な電力を必要とすることだ。国立研究開発法人科学振興機構によると(2019年3月発表)、情報関連の電力需要だけで、2030年には現在の世界の消費電力の約24PWhを大きく上回ると予測している。

9. 未来社会への準備

日本はこの未来の電力需要の増加に恐れることはない。日本列島には潜在的に豊富な水力エネルギーを持つ数多くの流域が控えている。

また、未来社会では水資源逼迫とリン鉱石枯渇で食糧危機に見舞われる。その時、他国からふんだんに食糧が日本に投入されることはない。そのため、日本は独自で最低限の食糧を確保しなければならない。それにも恐れることはない。日本の全ての流域に、江戸時代から整備された自然流下の農業用水網がある。このようなインフラが整った流域群を持つ文明は、世界を見回しても皆無だ。日本は食糧自給が可能である。

日本の未来社会の拠点は東京ではない。全国の流域が拠点となる。日本の流域では豊富な水で農業が営まれ、豊富な水力エネルギーで知的産業が展開していく。

未来の東京は、全国から人々が週に1回、月に1回、適宜集まり情報交換する空間となる。

次世代、次々世代、三世代後へ引き継ぐ持続可能な日本社会はこれ以外にない。日本文明は東京一極集中から全国に分散した流域に戻っていく。

これは日本国内だけに終わらない。世界中の資本と知的産業企業は、豊かで清浄な水が流れる安全な地域を探している。彼らは豊かで清浄な水が流れる流域の存在に気が付いていく。包容力のある日本人と日本の各流域は、世界の先端知能企業を受け入れていく。日本列島全体が未来世界の情報、知的集約の拠点となっていく。

日本人は明治で別れを告げた流域から、ふたたび流域へ戻り、持続可能な社会を実現していく。

寄稿

建設業の安全対策として ICT 技術を活用した現状と将来の展望

明治大学 顧問 名誉教授

公益財団法人鉄道総合技術研究所 会長

一般社団法人セーフティグローバル推進機構 会長 向殿 政男

1. まえがき

建設業は、関係者の懸命な努力にもかかわらず、墜落や熱中症等、労働災害の数が、製造業等に比べて、常に多いという事実がある。一方、建設業界でも、国土交通省の指導の下、最近の新しい技術として ICT (情報通信技術) を用いて、自動化、効率化、高度化、生産性の向上、柔軟化等を目的に、i-construction (アイ・コンストラクション) が提唱され、多くの成果を上げつつある。それらの中には、労働災害の減少に繋がる技術や施策も多く含まれていて、たとえば、ICT を安全管理やリスクマネジメントへ適用することも提案されていて、安全性の向上にも大いに貢献することが期待されている。しかし、これらは、ICT の間接的な安全性への貢献であって、直接的に ICT の技術を安全機能 (安全を実現する機能) の発揮に生かすという視点が弱いように思える。

本報告では、まず、建設業の安全の現状と、ICT がもたらしつつある社会の変化について概観する。この流れの中で、ICT を安全機能の実現そのものに応用しようとする Safety 2.0 という考え方、およびそれによって実現される新しい安全の思想である協調安全について紹介する。すでに、建設業界でも Safety 2.0 や協調安全を実現している例があるので、それらを紹介する。続いて、ICT をただ単に安全のために使えばよいというものではなく、しっかりと安全設計思想が必要であることを述べて、その考え方を考察する。最後に、建設業の安全に関しての将来の課題について触れる。

2. 建設業の安全の現状

建設業という事業は、その中に実に多くの仕事が含まれていて、すそ野が大変広い業種である。事

実、現在の建設業法上の許可業種には 29 種類が含まれている。具体的には、建築を筆頭に、土木、電気、管、舗装、鋼構造物、鉄筋、しゅんせつ、タイル、造園、等々から電気通信、水道・消防施設、解体まで、実に幅広い。これらの建設業全体の安全対策を考える場合、そこにはそれぞれの特徴があり、具体的レベルですべて同じ手法や考え方を用いることはできないだろう。

筆者の専門としている安全学¹⁾では、安全対策は、人間、技術、組織の三つの面を総合して統一的に、協調して取り組むべきであることを主張している。建設業においては、人間の面から言えば、専門職の人から現場の日雇いまで、各種の人々がかかわっている。組織の面からは、大手ゼネコンから一人親方まで、多くの組織が何重にも組み合わさっている。技術の面から言えば、それぞれの分野での独自の技術があり、高度な技術を導入している場合から、いまだに人間の力仕事に頼らざるを得ない面まで、実に幅広い。これら三つのそれぞれ側面から、建設業における安全について改善すべき点が多いと考えられるが、本稿では、主に、技術の面について考えてみることにする。

最近、多くの産業分野で活用され、その有効性が実証されている ICT 技術を、建設業界でも使用しようとする i-Construction が提案されて、現在、大きく動き出しており、成功例が報告されつつある。本稿では、これらを安全管理や安全技術という面に適用することを提案するものである。

建設業関係の人からは、建設業は基本的にリスクが大きく、安全面では条件が悪いという返事が返って来る。確かに、地質や地盤等も影響されるし、野外での作業が多いために風、雨等の自然環境の影響を強く受ける分野である。不確実性が高く、かついったん事故が起きると、危害の程度がきわめて大きな分野であることは確かである。更に、建設分野

での災害が多い理由として、ほとんどが一品生産で同じものを作ることがないために安全対策がその都度の「対症療法」に陥りやすい、複数の事業者や下請けが関わるため、安全対策の徹底が困難である、設計・施工分離が基本のため、一貫した安全対策が採りにくい等々の返事が返ってくる²⁾。しかし、ICTを安全技術に用いることにより、組織との情報共有ができ、コミュニケーションをすることを通して、人間、技術、組織の三つの面が協調して安全を実現するようになり、建設現場での労働災害の減少に貢献できる可能性があることを紹介する。

3. DX という時代の流れ

現在、世界を変えつつある大きな潮流（メガトレンド）の一つに、ICT（情報通信技術）の発展がある。ここで、ICTとは、IoT（Internet of Things）、AI（人工知能）、ビッグデータ、クラウド、ドローン、ロボット、ブロックチェーン等の技術を意味している。あらゆるものがデジタル化を経て、お互いにつながり始めて、いわゆるデジタルトランスフォーメーション（DX）が唱えられている。すなわち、ICT活用によるイノベーションを経て、ついには、ビジネスモデルを変え、社会生活を変え、価値観を変えるところまできているといわれている。この技術的改革が生産現場に適用されると生産性を上げ、柔軟な生産を可能にするコネクテッドインダストリーとなり、産業の在り方を大きく変える第4次産業革命と言われる動きになる。それが実社会に広がってくると、我が国の提案しているSociety 5.0になる。これらはすべてICT技術の発展に基づいている。ICTの活用で、建設業界の生産システム全体の生産性の向上を目指して国交省が掲げているi-Constructionもこの流れの一環である。

ただし、このメガトレンドの流れの中では、安全であることが大前提になっていなければならないはずである。確かに、DXには、ICTの技術的な発展で社会を効率よく、楽しく、人類を幸福にしていこうという前向きのビジネス改革、社会改革の面がある。しかし、ベネフィット（利便性、利潤、楽しさ等）のあるところ必ずリスク（危険の可能性）がある。基本的には安全が確保されているという前提で

の前向きな改革でなければならない。従って、ICTを社会変革に適用するとともに、一方で、安全の確保、すなわち、安全管理や安全技術に適用することも同時に、考えていかなければ片手落ちというものである。

4. ICTの安全技術への適用

ここで、安全確保の歴史的な流れを概観してみよう。我が国に機械が導入されたころは、危ない機械を人間が注意して使っていた時代があった。コスト、機能、納期等を重視して、安全の実現は人間の作業に任されていた。安全機能は人間が発揮していた時代である。この時の安全を「Safety 0.0」と呼ぶことにする。Safety 0.0時代における安全原則は、「自分の身は自分で守る」であった。これは、現在でも重要な原則であり続けている。一方、人間は、間違えるものであり、ついうっかりのために労働災害が絶えなかった。これを防ぐために、次は、安全を技術で実現する時代が来た。まず、機械設備側を安全化して、残ったリスク情報を提供して、作業者に安全を委ねるという順番である。この時代は、技術が安全機能を発揮している時代であり、「Safety 1.0」と呼ぼう。Safety 1.0は、機械安全技術の時代であり、現在はここにある。Safety 1.0時代の安全原理は、隔離の原則（危ない機械と人間とは分離する）、および停止の原則（機械が止まっているときにしか、人間は近づくことはできない）である。

ICTの発展のお陰で、安全技術にも新しい方向が見えてきた。ヒトとモノと環境が、デジタル情報を用いて情報を共有し、お互いにコミュニケーションすることで、協調して安全を確保することができるようになった。このように、ICTを用いて安全を実現する時代を「Safety 2.0」と呼び、このように、ヒトとモノと環境が協調して安全を実現する考え方を「協調安全」と呼ぼう^{3),4)}。協調安全を実現する安全の技術がSafety 2.0であり、Safety 2.0は、スマート化による安全技術である。これらの流れを示したのが図1である。前の時代を含む形で安全機能を発揮するあたらしい安全技術が加わってきている。すなわち、表1に示すように、Safety 0.0では、人間に依存した人間科学の時代であり、Safety 1.0

は、技術に依存して自然科学が加わり、そして、ここで提案する Safety 2.0 は、環境や組織を取り込んだ社会科学が加わった時代、といった順に前を含む形で発展してきたとみることができる。このよう

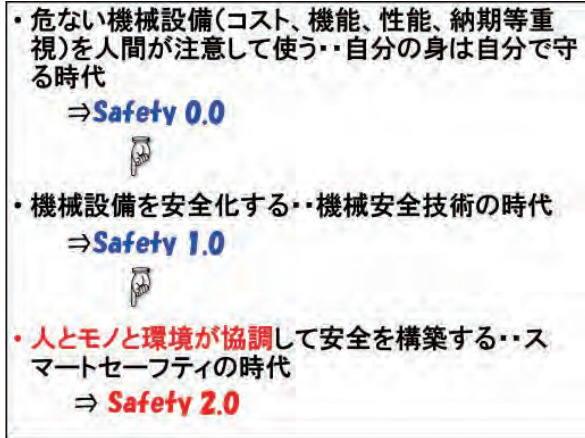


図1 安全技術の流れ

表1 Safety 0.0～Safety 2.0³⁾

	安全確保の手法：安全機能の発揮	原則	具体的内容
Safety 0.0	人間の注意 (人文科学)	自分の身は自分で守る (作業安全)	教育、訓練 管理、作業基準、 作業マニュアル
Safety 1.0	(人間の注意) + 技術 (自然科学)	機械設備の 安全化 (機械安全)	本質的安全 安全防護 安全制御 標準、基準
Safety 2.0	(人間の注意 + 技術) + 環境・ 情報・組織 (社会科学)	協調による 安全化 (協調安全)	ICT技術の活用 情報共有

に、現在は、Safety 2.0 及び、協調安全の時代に入ったといえる。この辺の事情については、参考文献4) に詳しい。

最近、(一社)セーフティグローバル推進機構(IG-SAP)では、労働災害をはじめ各種災害や事故防止の観点から、Safety 2.0 に対する技術基準を定め、条件を満たしている機械設備、システム等に対して、審査を経て、Safety 2.0 適合証明書を発行して、Safety 2.0 適合マークの表示許可を与えている⁵⁾。

5. 建設業における Safety 2.0 の応用例

建設関係での安全に関する ICT 活用の例を紹介してみよう。まず、株式会社 NIPPO の道路舗装の例である^{6),7)}。これは、IGSAP が実施している Safety 2.0 適合を最初に取得した事例になっている。道路の舗装工事等では、狭い場所でタイヤローラや建機等が動き回り、バックなどをする場合には、人間の存在に気が付かず巻き込んでしまって、大きな災害になる例がある。本例では、IC タグをつけた人間を RFID によって検出して、また、ステレオカメラの画像処理によって、移動する可能性がある危険領域に人間が存在する場合を自動的に検知して、タイヤローラや建機を強制的に止まってしまう構造になっている。図2は、この道路の舗装におけるタイヤローラの例である。まず、作業者には、IC タグを着装させる。タイヤローラは、RFID の発信機を機械の左右に取り付けて、両者の合成磁界の

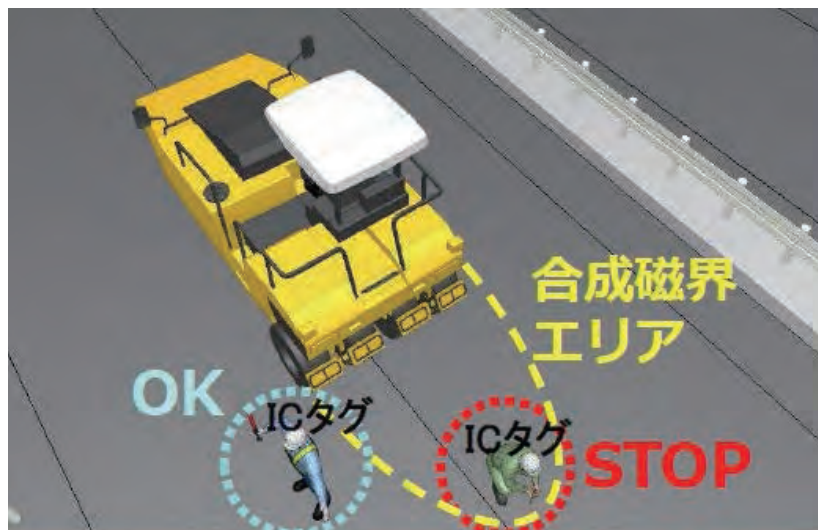


図2 Safety 2.0 適合を受けた道路の舗装におけるタイヤローラ⁶⁾

AND（共通領域）を見出して本当に危ないエリアを特定しておき、そこに作業者が入った場合には強制的にストップさせるものである。バックする場合などには、音などで人間に注意を与えるが、聞き逃したり、ついうっかりしたり等で危険エリアに入ってしまう場合などを考慮して、また、本当に危ない領域を特定して運用することによって、安全性確保と生産性の両立をはかっているものである。

次に、清水建設が実装しているトンネル内での安全のための ICT 利用について紹介しよう。これも、「トンネル工事における重機接触災害リスク低減システム」⁸⁾として、Safety 2.0 適合を取得している。トンネル内では、狭いところを重機が動きまわると同時に、多くの作業員が働いており、かつ、粉塵等で見通しが悪いといった悪条件が重なっている。特にトンネルの先端の切羽が行われている場所は、土質の関係で崩壊等の危険性があり、能力の高いプロフェッショナルしか近づいてはいけないエリアである。このシステムでは、図 3 のように、トンネル内を先端に近い切羽エリアと許可エリアに分け、作業員、重機、切羽の位置などの情報をお互いに共有して、許可のない作業員が切羽エリアに入った場合や、重機の死角に作業者が入った場合には、警告

照明機器から極めて大きな警告音と極度の明るい高照度発光により知らせるようになっている。許可のない作業員が切羽エリアから出ない限り、また重機の死角から作業者が出ない限り作業を中止する。対象となっているのは、切羽付近で行う掘削した土砂の搬出（ずり出し）作業で、人間と機械と環境とが情報を共有して重機と作業員との接触するリスクを低減させる構造になっている。この例も、Safety 2.0 の概念を採り入れて、人と機械の協調作業を支援する協調安全の実現の例といえる。

6. 安全設計思想～ICT の安全へ適用する場合の設計思想～

昔、コンピュータが出現したころ、コンピュータを安全性実現のために使おうという期待が多く出された。しかし、当初は、むやみに使うとかえって危険になる恐れがあるという指摘であった。すなわち、電子機器の不安定性、信頼性問題、EMC（電磁干渉）問題、ソフトウェアのバグの問題等から、安易に使うべきではないという声が強かった。しかし、こんな高機能なものを安全機能実現のために使わない手はないのは、一方で、当然である。生産

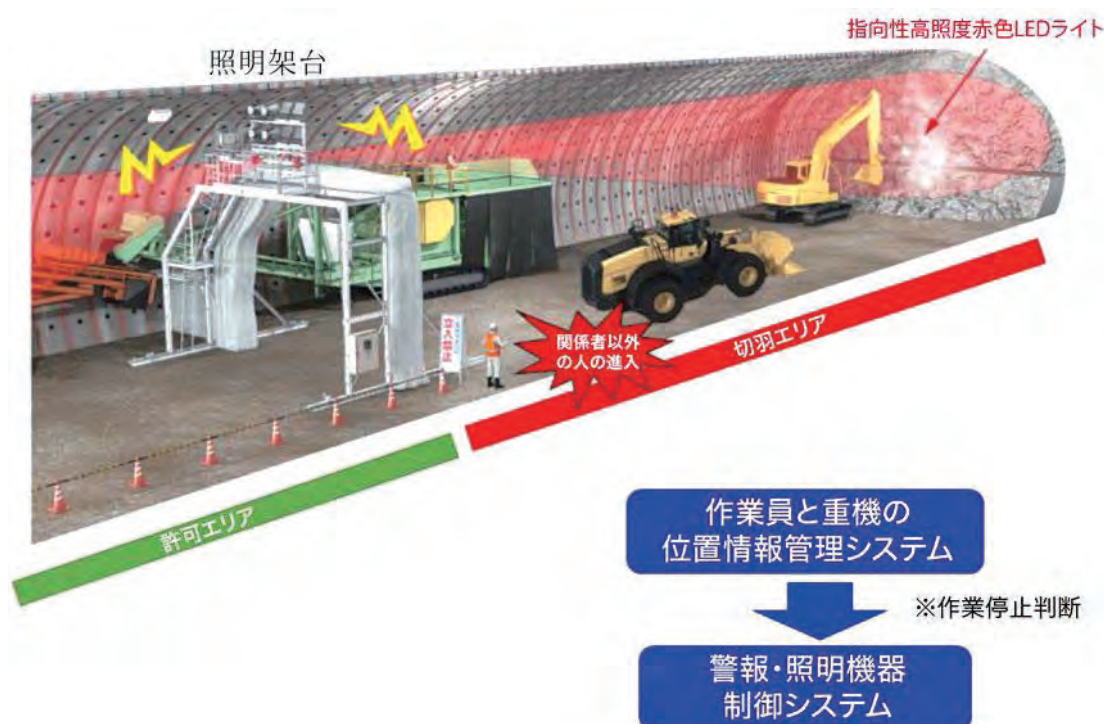


図3 Safety 2.0 適合を受けたトンネル工事における重機接触災害リスク低減システム⁸⁾

表2 スリー・ステップ・メソッドにおける適用の順番¹⁾

第1ステップ	本質的安全設計によるリスクの低減
第2ステップ	安全防護対策(安全装置等)によるリスクの低減
第3ステップ	使用上の情報の提供によるリスクの低減

性、機能、効率化等の向上のためにコンピュータは、産業やオフィスをはじめ、どんどん導入され、社会を変えていった。しかし、コンピュータを安全のために使うためには、長い時間が必要であった。しっかりした安全設計思想の下に、コンピュータが安全のために本格的に導入されたのは、「機能安全」という概念が確立された時で、それに至るまで長い時間を要した。現在は、機能安全に基づき、例えば、自動車の自動運転のように、コンピュータなしの安全性実現は考えられない時代になっている。

コンピュータ技術をその一部に包含する ICT を、何も考えずに安全機能実現のために使うと、かえって危険になることがあることはすでに指摘した。例えば、センサーが壊れたら、ソフトウェアにミスがあったら、通信が途絶えたら、等の初歩的な問題から、AI（人工知能）に本当に安全を任せてよいのか、個人情報はどうなるのか、セキュリティ問題で悪意に人に乗っ取られたらどうなるのか等まで、考えなければならないことは山ほど出てくる。協調安全という安全思想に基づき、Safety 2.0 という新しい技術を用いて機械設備やシステム、サービス等の安全機能を実現するためには、安全設計思想はあるのだろうか。ここでは、この問題にあまり深入りせずに、その概要を述べよう。

安全設計において歴史と伝統のある機械安全では、その設計思想として、表2のスリー・ステップ・メソッドが基本となっている。この順番で設計しなければならないことになっていて、ステップ1は、本体そのものを危険でないように設計せよというもので、危ないところを作らないように設計せよ、壊れないように信頼性高く設計せよ等ということである。その次には、第2ステップとして、危ないところに近づけさせないように防護柵を設けたり、危なくなったら機械設備を止めたり、警報を発して人に知らせるような対策を施せ、すなわち安全装置を設置しろということである。しかし、建設業

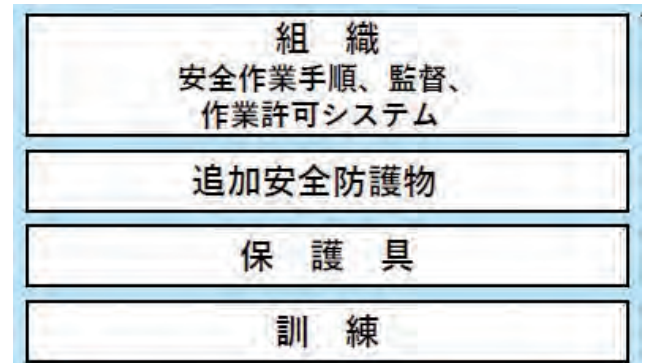


図4 使用者により講じられる防護方策

では、現実には、人間と機械設備を分離することができない場合が多い。次の第3ステップは、危険な場所、その内容、対処の仕方を前もって情報として使用者に提供をしておけということである。ここまでが機械設備側の安全方策として、設計者の役割であり、この使用上の情報を貰って、人間側である使用者が講じなければならない防護方策が図4にある、組織、安全防護柵、保護具、訓練である。

それでは、Safety 2.0 という安全技術は、どこの段階で用いるべきであろうか。もちろん、機能安全と同様にステップ2でその実力を発揮することができる。ただし、Safety 2.0 と機能安全との根本的な違いは、Safety 2.0 は、人間が関与する第3ステップでも大きな力を発揮することにある。安全設計での第3ステップは、使用上の情報の提供だけであるが、建設現場での労働安全は、この情報を利用して人間側が自ら安全を実現するところに重要さがある。すなわち、技術だけでなく、人間も含めて一緒に安全を実現するところにある。

前章で多少紹介したが、もう一度、Safety 2.0 で具体的に、何ができるかを例で考えてみよう。例えば、人間にバイタルメーター（体温や心拍数、呼吸、血圧、尿量等に関するデーターを検出する装置）やRFID（Radio Frequency Identifier：無線などを用いて近距離で情報をやりとりする装置）等を付けることで、作業員個人の存在場所の情報だけでなく、体

調や経験・資格情報等を機械設備側や環境側に提供する。こうすれば、技術的には、作業者の体調、経験・資格に基づいて機械設備側が過去のデータに基づくヒューマンエラー防止のための警告を出したり、近づいても止めないでゆっくり動いたり、近づきすぎたら、ロボットの方が衝突を自動的に避けたりすることが可能になるかもしれない。経営的には、体調を考慮した適切な健康管理、経験や資格に基づいた作業管理、ルールに基づく行動範囲決定の可能性がある。安全の自動的確保やヒューマンエラーの防止にも大いに貢献して、安全と生産性を両立させることが可能になるだろう。また、人間の能力や感性を引き出すために、安全の見える化することもできるだろう。更に、これまで困難であった動的な安全管理の実現等に貢献だろう。こう考えると、Safety 2.0 は、人間と技術と、更に組織の三者を結びつけて安全を実現していることになる。機能安全は、技術だけで安全を確保することを狙っているが、Safety 2.0 は、技術を飛び出して、人間や環境と協調して安全を確保することに貢献していることになる。

以上のように、Safety 2.0 を用いる場合の安全設計思想は、技術的には、ステップ1の本質的安全を大前提にしている。更に、ステップ2で機能安全と同様な使い方をすることができる。そして、その上で、人間に注意を与えたり、人間に示唆を与えたり、人間と共に創造的に安全を実現するという観点で用いるべきである。これらの思想なしに、ICTを安全機能の発揮にむやみに用いると、前述したように、かえって危険になることがあり得ることを肝に銘ずるべきである。

7. あとがき

ICTを活用することで、各種の組織内で働く人々を統一的に、一括して管理することができるようになるだろう。その中で、Safety 2.0 と協調安全を用いることで、これまで技術や組織が主になりがちだった安全の分野に、本当は最も大事であった人間を表に出すことができるようになる。すなわち、作業者の能力を評価して、適切に能力を発揮してもらうなどして、作業者の安全と共に人間の健康、幸福

にまで高めることができるようになるだろう。

最後に、安全の観点から、将来の建設業界が他の業界の負けなだけの魅力ある業界になるにはどうすれば良いかについて考えてみよう。技術的な面からは、上で紹介した Safety 2.0 や協調安全の本格的な採用が重要であろう。

人間的な面からの現在の問題点は、建設業界の職場は敬遠され、若い人が入ってこないことだろう。その最も大きな原因は、蟹澤氏のレポートにあるように⁹⁾、年齢のピークと給与のピークが一致しているという事実が物語っている。これは、経験が重視されていない業界であることを意味していて、魅力ある職場になっていないので、優秀な人は末端では集まらないということになる。確かに、建設関係の大手企業には、優秀な人が多く、我が国の建設業を支えているのは事実であるが、本当に、現場で働き、実際の事故に会うのは、末端の小さな下請けのところが多いという事実、これが無くならない限り、被害者を減らすことも、魅力的な職場になることもできないだろう。これを避けるには、安全面での教育を重視し、安全の資格制度を定着させて、危ない仕事は日雇いや非正規職員などの非専門家にはやらせるのではなく、資格を持ったプロフェッショナルである専門家に任せ、その給与を高くし、経験を尊重することである。こうすれば、労働災害を減らすことができるだけでなく、魅力的な職場になるはずである。危ない仕事を下の現場に押しつけて安い給与で働かせ、高い給与をもらっている正規職員たちは、危なくない職場で指示を出しているだけという構図は、(もうそういう職場はもうないかもしれないが、) 根本的に間違っている。

組織的な面からの提案としては、上記の人間的な面とも関連するが、多重請負契約となっていて、末端まで、管理しきれていないのが、労働災害が多い原因の一つとなっていることの解消である。前述したように安全資格者制度を確立し、安全のプロフェッショナルを重視して、末端まで安全管理を行き届かせる必要がある。そこには、コストと責任の問題がでてくる。安全にかける金は、決してコストではなく先行投資であり、長期的に見れば結局は安く済むという事実を知るべきである。一方、責任の問題についても、すべての責任を元請が持つことになって

いるが、予算を握っているのは、本当は発注者である。安全問題も含めて、本来は、発注者責任とすべきであるという主張は²⁾、かなり、本質を捉えているのではないかと考えている。

最後に、機械安全の立場から、建築工事や土木工事等における機械設備の安全化の問題を指摘しておこう。現場で使う機械設備の安全化に掛ける費用は、受注者に委ねられていて、現実には、安全対策が取られないまま機械設備を現場では使うことになりがちであるという。更に、ここでの根本的な問題は、設備機械には、本来、スリー・ステップ・メソッドに従って、安全装置が標準でついて販売されているべきものなのに、日本の場合には、危ない機械を売っておいて、安全設備は、受注者や使用者が付けるというオプションの形が多く、それが許されているということである。これでは、危ない機械設備を作業者が注意をしながら使うという、まさに Safety 0.0 の時代のままであり、現場での労働災害が減らないのは当然と思われる。「機械設備には、安全装置が付いているのが標準である」という常識を是非とも定着させたいものである。その上で、はじめて、Safety 2.0 や協調安全が効力を発揮する。

参考文献

- 1) 向殿政男, 入門テキスト安全学, 東洋経済新報社, 2016-3
- 2) 向殿政男, 安全学からみた建設業に関する安全について 特別寄稿, 道路建設, No. 777, PP. 9-14, 日本道路建設業協会, 2019-11
- 3) 向殿政男, Safety 2.0 とは何か? ~隔離の安全から協調安全へ~中災防ブックレット中央労働災害防止協会, 2019-5
- 4) 向殿政男, 新しい時代の安全・安心を創る~Safety 2.0 と協調安全~ 一橋ビジネスレビュー 2019 WIN, pp. 8-17, 東洋経済新報社, 2019-12
- 5) Safety 2.0 適合審査登録制度, (一社)セーフティグローバル推進機構 <https://institute-gsafety.com/safety2/guide/>
- 6) 泉 秀俊, 相田 尚, 宮本多佳, (株)NIPPO における Safety 2.0 への取組み~舗装用機械の自動停止システムを中心として~, 第 8 回横幹連合コンファレンス, 2017-12
- 7) 日経 CONSTRUCTION, 重篤災害防ぐ技術に「適合マーク」, NIKKEI CONSTRUCTION, 2018-9-10
- 8) 清水建設, 重機接触災害リスク低減システムが技術認証「Safety 2.0」を取得, <https://www.shimz.co.jp/company/about/news-release/2020/2019048.html>
- 9) 蟹澤宏剛, 建設業の重層下請構造の実態と技術者の処遇, 2016 総研リポート, Vol. 15, pp. 1-6, (一財)建物物価調査会総合研究所, 2016

BIM/CIM による設計情報のデジタル化と 情報・知識マネジメントへの展開

公立大学法人宮城大学 事業構想学群 価値創デザイン学類 教授 蒔苗 耕司

1. はじめに

情報通信技術（ICT）の急速な進歩に伴い、土木事業における ICT 導入も急速に進みつつある。その適用範囲は、構造物の設計、解析、景観予測、工費積算、情報化施工と様々に広がりつつあるが、それでも土木分野での情報化は他産業に比べて遅れていると言われている。その要因として、扱う対象物の規模が大きいこと、地形条件等の現地特性に応じた単品生産という特殊性から 3 次元設計技術の確立が遅れたこと、またその多くが公共事業であるという特性上、業界の裾野が広く、一貫した生産システムを構築することが難しいことが挙げられる。その一方で相次ぐ自然災害や大規模イベントに伴う公共工事の増加に対して、少子高齢化による生産年齢人口の低下も相まって労働力不足が顕在化してきており、ICT を活用した生産性の向上が強く求められるようになってきている。また近年、様々な業界において ICT の進展に伴う業務プロセスの改革、いわゆるデジタルトランスフォーメーション（DX）が求められるようになっており、建設事業においても例外なくその対応が求められている状況である。

このように土木事業において更なる ICT 導入による改革が求められる中で、政府が主導する BIM/CIM や i-Construction 等の施策の展開も急ピッチで進められている。本稿では、設計情報のデジタル化を対象に、その中心的施策である BIM/CIM の現状と課題について述べるとともに、情報及び知識マネジメントの必要性、さらに土木構造物のライフサイクル全体を支援するための時空間を超えたバーチャルコンストラクションへの展開について述べる。

2. 設計情報のデジタル化への取り組み

2.1 建設 CALS から CIM へ

1990 年代後半から 2000 年代初頭、2 次元 CAD

が急速に普及するとともに、建設事業における電子情報化の推進施策であった建設 CALS（CALS/EC）の施行と進展に伴い、設計情報の紙媒体から電子媒体への転換が急速に進んだ。そして当時に比べてコンピュータ処理性能が飛躍的に向上した現在、従来の図面ベースの設計手法に代わり、設計物を 3 次元物体として扱う 3 次元設計も実用段階に到達している。しかしながら建設プロセスの各工程間で受け渡される設計情報については、従来同様の 2 次元図面に基づく情報交換が主となっており、業界全体を見渡すと 3 次元化に向けて道半ばといった状況にある。

一方、他業界に目を向けてみると、1990 年代以降、機械系の製造業を中心に 3 次元 CAD は急速に普及し、製造や解析を支援する CAM/CAE との連携による設計・製造プロセスの最適化も急速に進んだ。2000 年代に入ると、この流れは建築分野にも波及し、BIM（Building Information Modeling）を活用した 3 次元設計が急速に普及してきた。

このような 3 次元設計技術の進展や建築分野での BIM 普及の流れを受けて、国土インフラの整備を担う国土交通省でも 2012 年度には CALS/EC から CIM（Construction Information Modeling / Management）へと舵を切り、3 次元設計を核とした建設プロセスの情報化の取組みが本格的に進められるようになった。

2.2 3 次元設計を支える情報モデル

他産業を含めて 3 次元設計の根源となるのは、設計情報のデジタル情報としての「モデル化」であり、また特定の CAD システムに依存しない情報交換を可能とする「標準化」である。建築分野での BIM、国土交通省が推進する CIM の末尾“M”も、本来は情報のモデル化を意味する。そこで本節では、設計情報のデジタル化の理解を図るために、設計情報のモデルについて改めて解説する。

土木構造物の設計プロセスの中では、設計対象物に係わる様々な情報が生産され、それらが有機的に結びついて仮想的な構造物が定義され、最終的にはそれが実体として実空間に投射される。著者らはこのような情報の流れを「建設情報のピラミッド構造」と呼び、図-1のように表した。

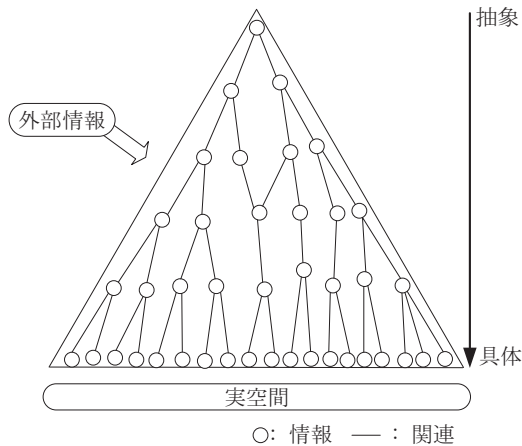


図-1 建設情報のピラミッド構造^{1),2)}

土木構造物の設計情報は、設計者により図面や報告書等の媒体上に表現・記録され、それらを読み取る側の人間の脳内で3次元の構造物として仮想的に再構築する仕組みが取られている。このプロセスでは書出し、読出しに係わる人間の負荷が大きく、また図面から正確な3次元形状を復元できるかは読み取る側の人間の能力にも依存するという問題がある。

一方、情報モデルの考え方では、設計物を構成する部材の種類毎にその部材が有する属性情報を格納する枠組み（モデル）をあらかじめ定める。その枠組みに従って、個々の設計対象物の情報を定義することで、構造物を仮想的に構築していく。

図-2は情報モデルにより定められる本質型情報、3次元空間内で定められる空間依存型情報、2次元図面上で定められる媒体依存型情報の関連を示したものである。3次元空間内に三角形があると考え、その頂点を①、②、③とする。それらは図面上では、平面図、正面図、側面図の3つの図面にそれぞれに分散して表現される。このことは3次元空間内の三角形の1つの頂点を動かしただけで3つの図面に影響が及ぶことを意味する。設計物の3次元形状を3次元空間の中で直接定義できれば、複数の図面に跨る作業を省略することができるとともに、任意の方向からの投影により、図面を得ることも透視図

を描くことも可能となる。

しかし、3次元空間に形状のみを定めた空間依存型情報のみでは、この三角形が一体何であるのかという情報を有せず、図形間の相互関係から人間が判断する必要がある。またコンピュータ自身も、形状に係わる情報のみから空間内に定義された物体が何であるのかを認識することも難しい。そこでさらに抽象的に考えて、物体Aはどのような物体であるのかをあらかじめ定めた分類により定め、その形状、位置に加えて、材質や価値（価格）等の属性を含めた本質型情報として定義する。この本質型情報は次元に依存するものではなく、必要に応じて表現方法を選ばよく、図面としての2次元表現、3次元空間表現、報告書、帳票等での表現等、必要に応じた表現が可能となる。さらに構造物の構築手順に係わる時系列情報を加えることにより4次元での表現も、さらに資金の概念を加えて5次元というように、任意の次元での表現も可能となる。

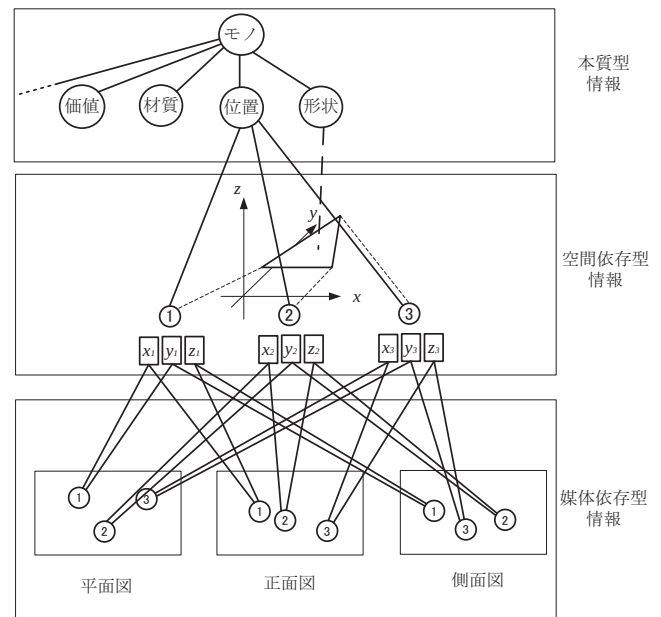


図-2 情報モデルの構造¹⁾

2.3 BIM/CIM の国際動向

抽象的な概念に基づいて構築される製品情報のモデルはプロダクトモデルと呼ばれ、様々な業界で標準化を目指した情報モデルの開発が進められきた。例えば、様々な業種に共通したプロダクトモデルの標準化規約を世界共通で定めた STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data; ISO 10303) が

ある。また建築関係の情報モデルについては、buildingSMART International による IFC (Industry Foundation Classes) が標準的な情報モデルとしての地位を得て国際標準化されており (ISO 16739), 多くの CAD ソフトウェアに実装され、今日の建築分野での BIM 普及の源流となっている。一方、土木分野でもさまざまなプロダクトモデルの開発が模索されてきており、国レベルで実用化段階に達したものとしてはドイツで開発された道路・交通に関するオブジェクトカタログである OKSTRA³⁾ 等がある。最近では建築物を対象に構築されてきた IFC をベースに土木 (道路、鉄道、橋梁、トンネル) に適応したモデルを構築する取組みが国際的に進められており、近い将来に国際標準化されることが期待されている。日本でも国土交通省 BIM/CIM において、標準的な情報モデルには IFC の利用を前提としている。

前述したように、土木を対象とした 3 次元 CAD も実用段階へと達し、IFC 等の標準化の取組みと相まって、先進国を中心に BIM 導入の取組みが急ピッチで進んでいる。例えば EU では、公共事業を対象とした BIM 導入のためのハンドブック⁴⁾ を作成し、BIM 導入のメリットや配慮すべき事項や各国でのケーススタディを紹介するとともに、本格的なデジタル化により 2025 年までに設計施工段階で 13~21% の年間コスト縮減が可能であることを強調し、その導入を促している。またドイツでは政府主導で “BIM4INFRA2020” プロジェクト⁵⁾ を実施する等、デジタル化の進展を急いでいる。米国でも、米国連邦道路庁 (FHWA) が “BIM for Infrastructure” の導入を推進しており、各州交通局 (DOT) が主導する大規模プロジェクトでの BIM 導入を積極的に進めている。また 2016 年には橋梁情報標準モデル BrIM を公表し、AASHTO や複数の州 DOT と連携した標準化の動きを活発化させている。アジア圏でも同様であり、中国では 2018 年には鉄道情報モデルを開発する等の標準化を進め、また香港でもマカオと接続する港珠澳大橋の建設において本格的に BIM 導入を図る等、精力的な取組みが行われている⁶⁾。

2.4 BIM/CIM の国内動向と課題

日本でも例外ではなく、2012 年度には国土交通

省により掲げられた CIM (Construction Information Modeling/Management) の概念に基づき、国の事業を対象に 3 次元モデルによる建設プロセス間での情報連携が模索され、各工種を対象とした CIM 導入ガイドラインの策定等、導入のための環境整備が進められてきた。2019 年度からは国際動向を考慮して、BIM を併記するかたちで “BIM/CIM” と名称変更し、建築物も含めたかたちで取組みが進められるようになった。また国が直轄する全事業を対象に BIM 導入を図ることを目標としており、最近の DX 施策の中で、その目標年度を 2023 年度までに前倒しし、急ピッチで各種ガイドラインや情報モデルの規格整備、技術者教育等の仕組みづくりを進めている。さらに 3 次元から時系列情報を加えた 4 次元モデルの活用も視野に入れ、設計から施工への情報連携の仕組みづくりにも取り組んでいる。

また全国規模の高速道路各社や鉄道会社等の交通事業者も BIM/CIM の導入に向けて積極的に動き出している。例えば NEXCO 東日本では、2018 年度から 4 車線化設計及びスマートインターの詳細設計を対象に BIM/CIM の本格導入を図っており、また JR 東日本では 2020 年 5 月に JRE-BIM ガイドラインを発行するとともに、カタログライブラリを整備する等の取組みを始めている。

以上に述べたように国際的にも BIM の進展が急ピッチで進み、また国内でも国が主導的に進めている BIM/CIM であるが、その一方で県や市町村等の地方自治体レベルではその適用は大きく遅れをとっている。現代の日本が置かれている人口減少社会の中で、地方部にはより効率的なインフラ整備と維持管理が求められており、今後、BIM/CIM の果たす役割も大きいと期待される。どのように自治体への展開を図っていくか、建設業界の広い裾野や人材教育も考慮して、導入プロセスを考えていく必要がある。

3. 設計プロセスの再構築の必要性

土木構造物には、機能や安全性を確保するための設計上の指針・基準が定められており、設計作業はそれらを満たすことを前提に行われる。しかし、設計基準の中には図面に基づく設計手法を前提としたものもあり、コンピュータ利用が当然となった現代

において、これらの基準を適用することが合理的と言えるだろうか。ここでは著者が専門とする道路幾何構造設計を例として考える。

道路幾何構造の設計基準は、道路法に基づき制定される道路構造令、その解説書である「道路構造令の解説の運用」が基本となる設計基準として示されている。道路構造令の趣旨は全国の道路を一定の水準に保つことであり、その実現のための設計方法と設計基準値を示しているが、実際の運用を考慮して、数表により段階的な基準値が与えられている。これらの設計基準の基礎が築かれた 1960～70 年代には、鉛筆、定規を用いた紙上での製図手法が主流であり、コンピュータ利用が一般化した現代とは大きく状況が異なる。しかしながら設計基準は現在でも過去と同様に提供されている。現行の設計プロセスと設計者、設計基準との関係を図-3 に示す。設計は起終点および計画交通量の決定、道路のサービスレベルの設定を経て、道路線形設計、横断設計と段階的に進むが、設計者はそれぞれの段階で適宜、設計基準である道路構造令および同解説書を参照しながら設計を進めている。

1990 年代以降、設計環境は、個々の技術者が個々にパーソナルコンピュータ (PC) を利用できる環境へと変わった。PC が普及する以前は、いくつかの前提条件に対して予め理論式に基づいて求めた結果を基準値として用いていたが、PC 利用を前提とすれば容易に設計物に対する評価が可能となる。平面線形設計を例とすれば、現在の設計基準では設計速度に応じて走行の安全性・快適性を満たす最小の曲線半径が基準として示されているが、PC 利用の場合には、仮設定した道路線形に対して自動車が走行した場合に生じる加速度を計算し、それに基づいて安全性・快適性を評価するといったプロセスの逆

転が可能となる。このことは設計プロセス全体でのパラダイムシフトの可能性を示している。

著者は過去の研究において、道路幾何構造設計の根拠となる理論を再整理し、それらの理論的な接続が可能であることを 3 次元設計システムへの実装により示している^{8),9)}。このロジックによれば、設計者が前提として与えるべき条件は、起終点、計画交通量であり、また事業者の意思決定により横断構成および設計速度が定まれば、線形設計では周辺環境を考慮しながら線形の距離に対する曲率・勾配の変化点を決定するだけで、片勾配や拡幅を含めた道路幾何構造の 3 次元形状を自動的に得ることができる (図-4)。

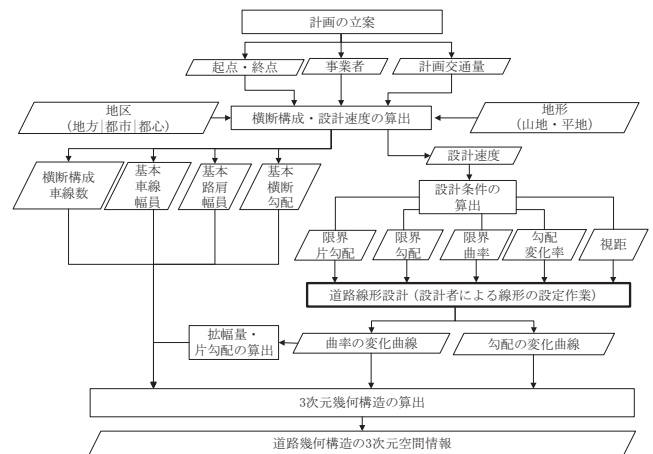


図-4 道路幾何構造設計プロセスの再構成¹⁾

このように関数化したロジックを包含し、パラメータにより構造を設計していく仕組みは「パラメトリック設計」と呼ばれ、設計者がパラメータの値を設定するだけで、あとはコンピュータ処理に任せた半自動での設計が可能となる。図-5 は道路幾何構造を対象にしたパラメトリック設計の実装例である。

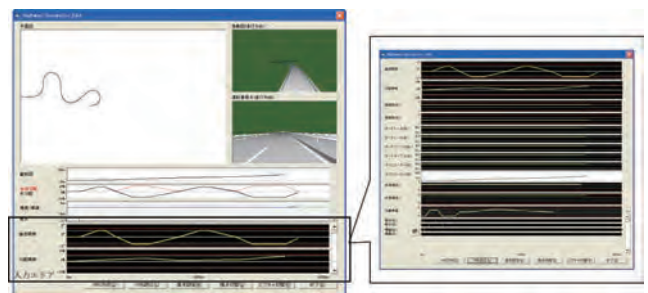


図-5 道路幾何構造のパラメトリック設計⁹⁾

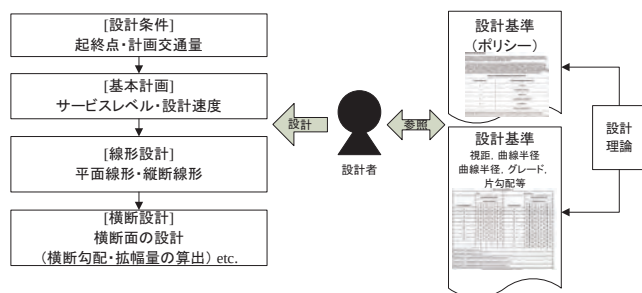


図-3 現行の設計プロセスにおける設計者と設計基準との関係⁷⁾

パラメトリック設計による設計では、設計基準は従来のような数表ではなく、それらを定義づけるために設計システムに包含されるべき理論式とパラメータにより構成される。これらの仕組みの下で必要となる設計基準は、①設計者のための基準、②設計システム開発者のための基準、の二つに大別される。前者①は設計者が定める設計の前提条件に関する基準であり、道路の例では、道路のサービスレベル（設計速度、車両タイプ、横断構成）、安全のための条件（横滑り摩擦係数、標準横断勾配）等が挙げられる。また後者②はシステム開発者がシステムに包含させるべき理論（式）と必要なパラメータが取り得る範囲を定めるものである。例えば横断勾配、視距、勾配、緩和曲線長、最大・最小曲率、片勾配、車線拡幅量等の制限値、3次元幾何構造形状の理論式が対象となる。またもう一つの役割として重要となるのは設計システムに正しく理論式が搭載されているかを検証する仕組みである。図-6では、これらの設計を実現するための設計者、設計システム開発者、そしてシステムを検証する検証者の関係を示している。

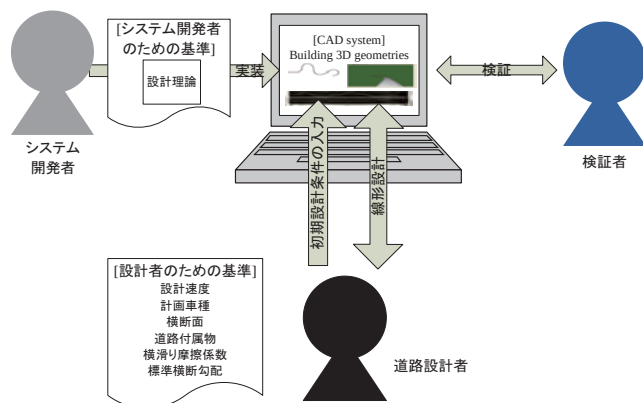


図-6 コンピュータ利用を前提とした設計における設計者・システム開発者・検証者の関係⁷⁾

このような新しい設計基準および設計プロセスの適用により、設計プロセスの効率化が図られるとともに、設計品質の向上への貢献も期待される。ここでは道路幾何構造を例として示したが、このことは土木設計全般に言えることである。近年、仕様基準から性能基準への転換が求められるようになってきているが、実際に構造物に求められる本質的な性能基準をどのように定めるかが、今後の設計システムのさらなる高度化のための鍵となる。

4. 求められる情報・知識マネジメント

4.1 情報マネジメントの階層化

コンピュータの歴史はノイマン型コンピュータが開発されてからまだ 100 年にも満たず、ハードウェア、ソフトウェアの進歩も日進月歩、そのライフサイクルも数年単位である。一方、社会インフラの寿命は 50~100 年以上にも及ぶ。このライフサイクルの長さの違いは、インフラ更新時に前のサイクルで作成された設計情報を引き出すことができるかという問題を生じさせる。本格的に CAD が利用され始めた 1980 年代以降をみても、デジタル情報の保存媒体は、磁気テープ、フロッピーディスク、DAT、光ディスク、光磁気ディスク、CD、DVD、そしてクラウドへと変わり、コンピュータのオペレーティングシステムや CAD ソフトウェアの変遷も目まぐるしく、1980~90 年代のデータを引き出し再利用することも既に難しくなりつつある。

情報のデジタル化と蓄積が進む中で、土木構造物の極めて長期に及ぶライフサイクルで生成される情報をどのように管理し、それを有効に活用していくか、「情報マネジメント」は重要な課題である。著者は、情報マネジメントを進めるにあたって、その系統的な枠組みを示す必要があると考え、情報マネジメントの必要とされる要素を抽出し、それらを階層モデルとして表-1のように示している¹⁰⁾。

表-1 情報マネジメントの階層モデル¹⁰⁾

階層	課題
Layer 1：組織・人	・ 組織・システムの構成 ・ 人の教育・訓練
Layer 2：プロセス	・ ライフサイクル全般にわたる 情報マネジメントのプロセスとセキュリティ
Layer 3：アプリケーション	・ 設計・施工・維持管理を支援する アプリケーション
Layer 4：データ管理	・ データ管理の仕組み (マルチメディアデータ/アーカイブ形式、保存場所、命名規則、時空間フレームワーク内のデータリンクシステム)
Layer 5：データ構造	・ データ(情報)モデル(スキーマ)

情報マネジメントの階層モデルでは、組織・人、プロセス、アプリケーション、データ管理、データ構造の5つの層により構成される。

基底となる Layer 5 は「データ構造」を対象としたものであり、構造物の形状・属性を定義するデータモデルをはじめとして、ライフサイクルに必要な各種情報・データのスキーマを定義するものである。Layer 4 は、データモデルに基づき構築された

データを管理する仕組みを定めるものであり、設計データや文書、静止画、動画等の各種形式、保管場所、命名規則、時空間フレームワークの中でのデータリンクの方法等を規定する。Layer 3は、下位層の定義に基づき蓄積された情報を有効に活用するためのアプリケーションを規定する層である。Layer 2では、情報マネジメントをどのように進めるか、そのプロセスを規定する層であり、その対象範囲はライフサイクル全般に及ぶ。そして最上位層のLayer 1は情報マネジメントの運用で欠くことのできない「組織」「人」を規定するものであり、プロセスを運用するための総合的なシステム・組織の構成、それに携わる人の教育・訓練等が対象となる。

情報マネジメントに関しては、国内ではこれまでLayer 3～5の下位層に関する個別の議論が行われてきたものの、Layer 1・2の上位層に関する検討はまだ十分に行われていない状況であった。最近、国際的にBIMに関する情報マネジメントの必要性が認識されるようになり、2018年には、英国が策定した規格(PAS1192-2:2013等)をベースにISO 19650として国際規格化される等、その関心が高まっている。国内でも、国土交通省を中心にBIM/CIMの情報管理センターや人材育成センターの設置も検討が進められる等、情報マネジメントの上位層に関する取組みが徐々に動き出している。今後は国際規格の動向を踏まえて、上位層の検討をさらに進めるとともに、長期にわたる情報マネジメントの統合的な課題整理とそれに基づく運用方針の策定を進めていく必要がある。

4.2 知識／知恵マネジメントへの展開

情報モデルに含まれる構造物の形状や材質等情報だけでなく、設計に関する知識や知恵等もライフサイクルの中では重要な情報である。中世から複数のライフサイクルを経て継承されている錦帯橋や伊勢神宮等の建築物・構造物では、あえて短期での計画的な施設更新サイクルを設定し、職人が世代間で知識・知恵を伝承できる仕組みを取り入れている。最近では職人の確保ができず人を介した伝承が難しくなっており、情報マネジメントとして知識・知恵を適切に管理・継承していくための仕組みを考える必要がある。

前出の情報構造のピラミッドモデル(図-1)では、生成される全ての情報は、リンクを通じて必ず実空間の実体に接続される。しかし生産プロセスをミクロに見た場合、実体に接続されないまま、棄却される情報も存在する。道路設計を例にすれば、路線選定の段階では、起終点を結ぶ複数の路線が候補として描かれ、それぞれについて仮の設計作業がなされる。そして、候補路線について、様々な要素に対する優劣評価に基づき、意思決定がなされ、選定された1つの候補路線のみが次工程へと引き継がれる(図-7)。この意思決定の経緯は報告書には記述されるが、デジタル情報として残される情報モデルには残らない。しかし、この意思決定には人の知識・知恵が最大限に活用されており、選定に係る意思決定の根拠の記録は、複数のライフサイクル間での情報活用を考えた場合に有用なものとなり得る。

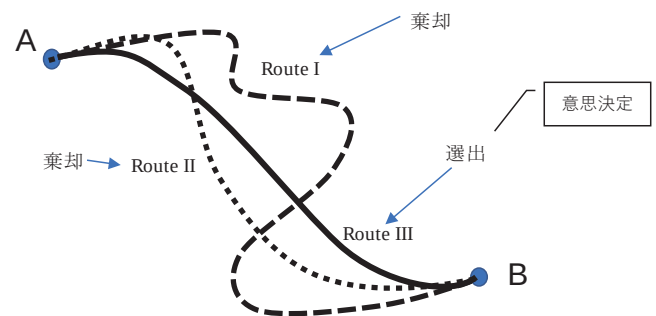


図-7 路線選定における棄却される設計情報

知識マネジメント分野ではDIKW（data-information-knowledge-wisdom）ピラミッドが提案されているが(図-8)¹¹⁾、土木構造物を対象とした情報マネジメントにおいても、データと情報だけではなく、DIKWの上位層である知識・知恵を蓄積・形成する仕組みが必要である。

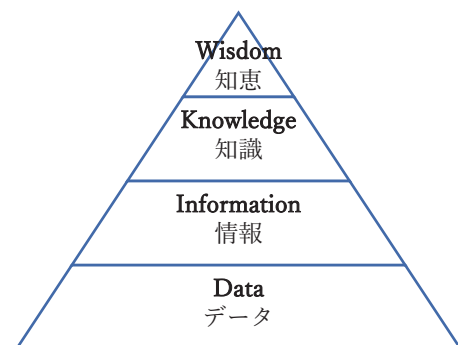


図-8 知識マネジメントにおけるDIKWピラミッド

著者らはこの仕組みとして、意思決定を含む情報コネクタの概念モデルを提案している（図-9）¹⁰⁾。それぞれのコネクタは、複数の選択肢を有する知識のふくらみ (swelling of knowledge) として表現でき、このふくらみの中に、いずれか一つの選択肢を選ぶ意思決定の仕組みが含まれている。これらの意思決定の仕組みを蓄積し、そこから経験則を導くことにより、知恵を導出することができると考えている。

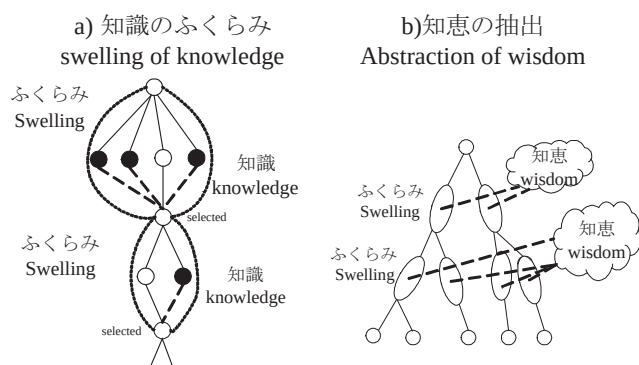


図-9 知識・知恵を含む情報コネクタモデル¹⁰⁾

5. バーチャルコンストラクションの実現に向けて

最近では、現実空間と情報空間をセンサネットワークで連携させる Cyber-Physical Systems (CPS) の必要性が認識され、政府が主導する Society 5.0 の中にもこの概念が取り入れられている。地形や地物等の3次元モデルにより再現される仮想空間に、センサから得られる現実情報を加えれば、現実世界とリアルタイムで同期した動的な仮想空間を構築できる。このような動的な仮想空間を基盤に、土木構造物の構築過程を仮想的に模擬できるバーチャルコンストラクションの仕組みを創ることも今後の重要な課題である。

これまでの設計では、構造物の最終形状を決定することが中心であったが、建設プロセス、すなわち人や機械、資材、資金をどのように動かして構造物をかたち造っていくのかを緻密に計画・設計することも生産性向上を目指す上で重要である。そのために時空間を超えて多次元化したバーチャルコンストラクションの仕組みはその実現のために有用なものとなる。

図-10 では、情報空間に構築される仮想モデルと

現実モデルと時間との関係を示している。設計段階では仮想モデルが先行するが、施工段階で仮想モデルと現実モデルとの整合が進み、竣工時に両モデルは完全に合致する。以降は双方の整合を図るように、適切な維持管理が求められていく。二つのモデルの大きな違いとして挙げられるのは、現実モデルでは時刻を操作することはできないが、仮想モデルでは時刻を操作することができ、過去を振り返ったり、また将来を予見することができることである。仮想モデルの中では、現実モデルで蓄積される情報を基に、精度の高いシミュレーションと連携させることにより、劣化予測を踏まえた適切な維持管理計画の立案が可能となる。

そして、このバーチャルコンストラクションの仕組みを対象事業の範囲に限定せず、地域、国内、または世界的に運用を図ることで、社会インフラシステム全体での建設事業の効率化、そしてインフラの連携機能の強化に結びつけていくことができる。

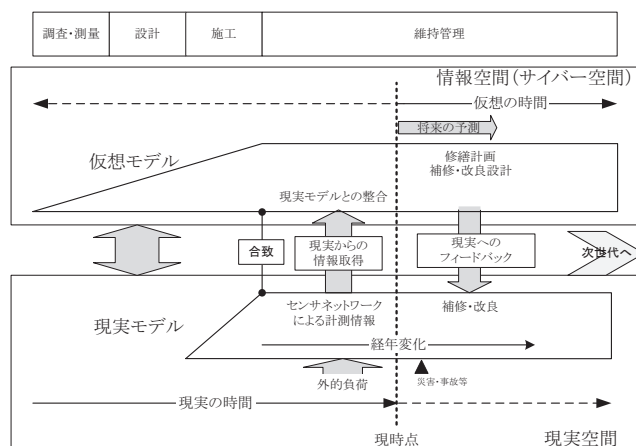


図-10 仮想モデルと現実モデルの連携

6. おわりに

インターネットの本格的な普及が始まり、設計情報の電子化と共有を目指して建設 CALS の取組みが始まってまだ 20 年余りである。ICT の進歩は目覚ましく、建設事業の情報化も CALS/EC から CIM、そして BIM/CIM へと変わり、設計技術も 2 次元から 3 次元、そして多次元化へと着実に進歩している。その一方で異なる側面から見ると、建設事業を対象に 3 次元 CAD の試行的導入がゼネコンや研究機関等で進められたのは 1980 年代後半から 1990 年

代前半であり、30年余りの年月を経て、ようやく建設業界の情報基盤として実用化の段階に達してきたともいえる。社会インフラ整備という公共事業の中で、一つの建設事業に事業者の他に多種多様な企業が関わるとともに、その建設期間、そして維持管理を含めたライフサイクルが極めて長期に及ぶという特性の中で、共通となる情報基盤を構築し、その高度化を進めていくことが難題であることを改めて感じさせられる。本稿で示した通り、国レベルではBIM/CIM、あるいはi-Construction等の施策により本格的なICT活用が進みつつあるが、地方レベルでの適用はまだこれからである。それとともに、建設事業の中でのより高度な情報化を支えるための人材育成も課題である。著者が関わる土木学会土木情報学委員会でもそのための教育コンテンツの整備や遠隔教育の導入等、新しい人材育成の取組みも進めているところである。今後は、本稿で取り上げた技術的課題を克服していくとともに、業界全体での情報化とその高度化を実現するための方策を考えていく必要がある。

参考文献

- 1) 蒔苗耕司：土木における情報の意義と役割，土木学会論文集F，Vol. 64 No. 2，pp. 148-162，2008.
- 2) 土木学会土木情報学委員会教育企画小委員会編：土木情報学—基礎編—，土木学会，2017.
- 3) OKSTRA: Objektkatalog für das Straßen-und Verkehrswe-
sen, <http://www.okstra.de/>, 2017.
- 4) EU BIM Task Group: Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector, http://www.eubim.eu/wp-content/uploads/2017/07/EUBIM_Handbook_Web_Optimized-1.pdf, 2017.
- 5) Borrmann A., Forster C., Liebich T., König M., Tulke J.: Germany's Governmental BIM Initiative - The BIM4 INFRA2020 Project Implementing the BIM Roadmap, Proceedings of the 18th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering. ICCCBE 2020. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 98. Springer, Cham., 2020.
- 6) Cheng, J.C.P.: International Trends and Future of BIM for Infrastructure,土木学会土木情報学委員会国際ワークショップ“CIM/BIMの国際動向とこれからの展開”資料，2018.
- 7) 蒔苗耕司：情報化時代における道路幾何構造設計プロセス，土木情報学シンポジウム講演集，vol, 41，pp. 49-50，2015.
- 8) 蒔苗耕司：曲率関数・勾配関数による道路幾何構造の3次元設計，土木学会論文集，No. 639/IV-46，pp. 13-22，2000.
- 9) 蒔苗耕司：道路線形の関数表現を用いた道路設計情報モデルの構築とその実装，土木情報利用技術論文集，Vol. 13，pp. 205-210，2004.
- 10) 蒔苗耕司：ライフサイクル支援のための情報・知識マネジメントの概念モデル，土木情報学シンポジウム講演集，vol, 41，pp. 17-18.，2016.
- 11) Rowley, J.: The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy, Journal of Information and Communication Science, 33(2), pp. 163-180, 2007.

専門高校（土木系学科）における UAV 導入授業の現状と今後の展望

東京都立葛西工業高等学校 建築科 教諭 東 君康

1. はじめに

急激な気候変動がもたらす豪雨により、土砂崩れ、河川氾濫や家屋浸水などの災害が頻繁に起こり、その被害は甚大である。昨年の台風 19 号や先日の熊本県人吉における球磨川の氾濫は多くの犠牲をもたらせた。近接する職業に関する教科を置く高等学校（以下、専門高校という）も甚大な被害を受けた。授業で学んだ擁壁や堤防、橋梁、住宅が流され、倒壊する様が身近に感じられれば感じられるほど、より一層の安全や安心が担保できる社会づくりに貢献する人材やメンテナンスを含めた持続可能なインフラ整備の一役を担う人材が求められる時代になるだろう。そうしたなか、災害地の状況把握や建設現場の工事前地形状況を測量による出来高管理、建設現場の生産性向上に向けて、小型無人航空機（Unmanned aerial vehicle 以下、UAV という）、通称ドローンの導入が進められている。建設現場の変状を受け、専門高校も UAV による測量技術の学習を積極的に進めている。しかしその反面、UAV は地上から離れ、空中を飛ぶ機器であることから、墜落のリスクも持ちあわせている。これまでの測量機器と異なり、自身の手を離れる機器を使用することは初めてのことである。そのため、安全管理技術や操縦技能が未熟であるため、データを取るためだけの道具として扱う実習ともなれば、安全性が脅かされる恐れが強い。産業界から求められる人材育成の視点と方向性の確認、関係官庁の支援が極めて重要である。本稿では、学校安全を前提とした専門高校建設系学科が取組を進めている UAV の授業導入の現状と懸念、今後の展望について考察する。

2. 学校安全と学校教育関連法令

2.1 学校管理下における取組

高等学校は、中学校における教育の基礎の上に、心身の発達及び進路に応じて、高度な普通教育や専

門教育を施すことを目的としている（学校教育法第 50 条）。目標には、豊かな人間性、創造性及び健やかな身体を養い、国家及び社会の形成者として必要な資質を養うことや専門的な知識、技術及び技能を習得させること、社会について広く深い理解と健全な批判力を養い、社会の発展に寄与する態度を養うことなどが示されている（学校教育法第 51 条）。これら達成するために最も大切な考えは、学校は安全でなければならないという根本的な理念である。学校安全は、「安全教育」と「安全管理」の大きな柱に、これらの活動を円滑に進めるための「組織活動」を加えた 3 つの主要な活動で構成されている。安全教育は、各教科などにおける安全に関する学習などであり、これに「安全指導」等が学校や教員、外部指導員により行われる。安全管理は、事故の原因となる学校環境や児童・生徒が学校生活等における行動にともなう危険を学校や指導者が早期に発見し、それら危険を速やかに取り除くことが第一である。一般に、生徒たちの心身の状態の管理及び様々な生活や行動の管理である対人管理と、学校の管理下にある物品や施設等の環境からの管理である対物管理に分けられている。安全管理は、教職員が中心となっていくことはもちろんだが、生徒が取り組む内容に生徒自身が危険な事象を認識したり、安全に配慮したり、安全点検に関わるなどは、安全を日常とするうえではとても重要なことであろう。

また、文部科学省は、『『生きる力』をはぐくむ学校での安全教育』^{1), 2), 3)}のなかで、『日常生活全般における安全確保のために必要な事項を実践的に理解し、自他の生命尊重を基盤として、生涯を通じて安全な生活を送る基礎を培うとともに、進んで安全で安心な社会づくりに参加し貢献できるような資質や能力を養う。』としている。この内容には、具体的な 3 つの目標があげられている。1 つは、日常生活における事件・事故災害や犯罪被害等の現状、原因及び防止方法について理解を深め、現在及び将来に直面する安全の課題に対して、的確な思考・判断に

基づく適切な意思決定や行動選択ができるようにする。2つめに、日常生活の中に潜む様々な危険を予測し、自他の安全に配慮して安全な行動をとるとともに、自ら危険な環境を改善することができるようにする。3つめは、自他の生命を尊重し、安全で安心な社会づくりの重要性を認識して、学校、家庭及び地域社会の安全活動に進んで参加・協力し、貢献できるようにする。これら安全教育の目標は、児童・生徒の日々の学校生活の営みのなかで、安全で安心してさまざまな教育活動に携わり、成長をしてもらいたいという学校側の思いと、卒業後に社会に貢献できるようになってもらいたいとの願いが込められている。一方で、教科のなかでの安全教育は、表面的な側面があることも否めない。具体的な危険につながるリスクを示し、リスクを低減するための方策が教育環境にどれほどの安全効果をもたらすかは、大きな課題でもあり、具体的な検証が必要である。

2.2 学校安全に関する活動と領域

実際の安全に関する活動をみてみよう。ある学校の実習では、安全対策の一つとして、実習の始まりには必ず整列朝礼を行い、作業内容の確認、服装点検、安全具の装着確認等を生徒同士で行い、最後には全員で「その場所を建設現場と心得よ」といったかけ声をかけて、その日の安全作業の心がけを行うように指導している（図1）。安全への意識を高め、前段で行われていた授業との差別化、緊張感を持たせること、習慣づけることにもつながると考えられるため3年間を通じて必ず実施している。建設現場では建設機械などの重機類やさまざまな資機材、材料があり、施工の状況により現場が変容して安全が脅かされる可能性もあるため、その意識づけである。作業前朝礼では、作業環境の違いがあっても服装や用具の確認は必ず共通した認識のもと実施している。また、道具を使用する作業では、必ず数量を確認し、返却時も同様の確認を行い、使用した道具による二次的な災害が起こらないように注意を払っている。さらに、作業前にはグループごとに作業において起こりうる危険事象について話し合いをさせて発表をし、意識向上に努める取組も行われている（図2）。作業前点検や確認事項の徹底は、実際の



図1 実習前の服装点検

現場で起こった怪我や死亡といった過去の悲しい経験に基づいているにほかならない。したがって、UAVに関しても器材に関する安全点検はもちろんのこと、学校保健安全法施行規則第28条（安全点検）、第29条（日常における環境の安全）を視野に入れた取組が重要となる。

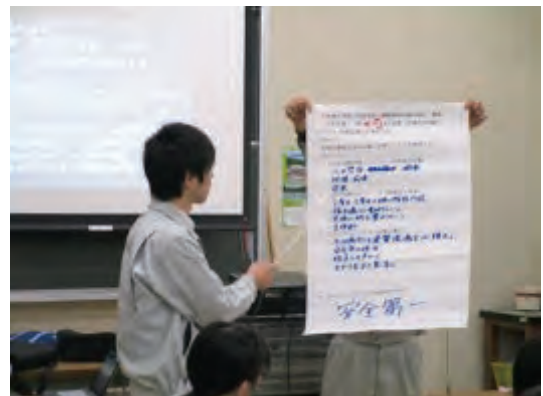


図2 生徒による危険事象発表の様子

万一事故が発生した場合、状況によっては安全配慮義務の欠如や過失責任が問われる可能性もある。UAVに関しては、空中を飛ぶことから落下のリスクを十分に把握しつつ、繊細な安全への配慮⁴⁾が求められるのである。

2.3 学校保健安全法と労働安全衛生関係法令

学校保健安全法は、学校保健法等の一部を改正する法律(平成20年6月18日法律第73号)が平成21年4月1日から施行され、学校における安全管理に関する条項(第26条-第30条)が加えられたわけであるが、第26条に学校の設置者の責務、第27条に学校安全計画の策定等、第28条に学校環境の安全の確保が規定されている。また、労働安全衛生法は

職場における労働者の安全と健康を確保するとともに、快適な職場環境を形成する目的で制定された法律で、安全配慮義務を具体化したもので、働く人の健康を損なう危険回避の配慮や健康を保持推進するための配慮、業務を適正かつ快適なものにするための配慮、危険状態にある人への安全確保のための配慮を規定している。つまり、使用者が安全配慮義務を履行することが求められている。その手段の具体策として労働災害の防止のための危害防止基準の確立や、責任体制の明確化、自主的活動の促進の措置など総合的、計画的な安全衛生対策を推進するものである。さらに、機械や設備による危険や労働者の作業行動から生ずる労働災害など、事業者が講じなければならない措置の対象となる危険などが定められている。また、平成18年の法改正では危険性又は有害性の調査及び調査の結果に基づき講ずべき措置が事業者の努力義務として導入され、リスクアセスメントの考え方が意識されている。そもそも、労働安全衛生法は、労働災害の防止に効果をもたらす目的で導入されている。労働災害を防止するために、若年時に危険性について意識させ、リスクを低減し、安全対策を講じるために、具体的なリスクアセスメントの取り組みなどを教授していくことは、自身も含め第三者に危険を及ぼさないための重要な安全確保のための指標となることは間違いないだろう。同時に、労働安全衛生法は、労働者の危険又は健康障害を防止するための措置(第20条～第36条)や機械等及び有害物に関する規制(第37条～第58条)を定めており、指導者である教員に適用される可能性も意識した授業づくりを考えることは重要ではないだろうか。

学校保健安全法⁵⁾は、その学校における教育活動が安全な環境において実施されることを大前提に、児童・生徒等の安全の確保が図られるよう、学校に対して安全管理に関し必要な事項を定めさせ、学校教育の円滑な実施とその成果の確保に資することが求められているのである。そのうえで労働安全衛生法は、安全配慮義務を具体化し、危険回避に対して使用者が安全配慮義務を履行することであると述べた。このことは、UAVを導入するにあたって、最低限知っておかなければならない法の最低ラインであり、授業の魅力を「楽しく、取り組みやすく、お

もしろい」などの抽象的なフレーズでは描き切れない奥深さが求められていることも指導者が理解しておく必要がある。

3. 実習と安全

3.1 実習の安全と学習指導要領

実習は、専門高校の根幹をなす重要な科目である。現在、土木系学科が行っているおもだった実習は、大きく3つの方向性がある。1つが、室内等で行うJIS (Japanese Industrial Standards) を基本としたコンクリートやアスファルト、土、鋼材など土木材料試験を中心とした材料試験と、構造、水理といった力学的な現象を確認する力学試験、2つめが、レベルやトランシット、トータルステーションなど測量機器を用いて屋外で測量技術を実地に習得し、丁張の技術や盛土の施工法を学ぶ測量実習、3つめが、建設工事時の現場環境保全について考える環境測定実習である。測量機器でデータを取り、図面などに取り込む測量とそれに基づいて丁張を行ったりする施工をわけて行い、測量実習、施工実習としている場合もあり、各学校の生徒の実態や施設と設備、資機材の実情によって違う。足場組立や解体などの仮設実習や鉄筋組立実習、型枠加工と組立実習なども行われている。それぞれの実習によりさまざまな資機材を用いるため、安全面での留意点や指導は、大きく異なる。たとえば施工実習などで使用するバックホウの回転アームには、フェールセーフの考えによる制御機能があるとはいえ、作業の状況把握が不十分で、手順を理解していない場合や死角がある場合などは回転するアームに吹き飛ばされる事故なども予想される危険リスクである。足場の組立・解体では、筋かいの取り付けや取りはずす場合に、指を挟まれることが良くあるし、床付け布枠が落下することもよくあるため、両端の金具を建枠の横架材にしっかり押さえつけ、取り付けることなども留意点である(図3)。実習は、事故防止につとめ、安全に作業を進めることが最も重要であり、労働安全関係法令に従い、毎回異なった環境で異なった作業をする場合も多いため現場状況を把握することが求められる。

生産年齢人口の減少や世界の技術革新や競争力が



図 3 作業足場組立実習

高まるなか、社会構造は変化し、雇用環境や国や地方のあり方も予想が困難になりつつある。価値観や生き方に多様性が認められる新しい時代のなかで、専門高校の生徒一人一人が持続可能な社会の担い手として質的な豊かさをもち、工業技術の現場に進路を進めてくれることは今まで以上に願っていることである。しかし、人工知能（AI）の台頭や物の働きがネット上を介してつながりをもつ IoT が広がりを見せ、Society 5.0 とも呼ばれる新たな時代もすぐそこまで到来している。このような背景から、学習指導要領は、「生きる力」を基礎に少しずつ改訂がされてきた。平成 30 年改訂の学習指導要領は、「社会に開かれた教育課程」の実現をめざし、「よりよい学校教育から、よりよい社会を創る」を目標に、「何ができるようになるか」（育成を目指す資質・能力）や、「何を学ぶか」（教科等を学ぶ意義と、教科等間・学校段階間のつながりを踏まえた教育課程の編成）までを見通した改訂になっている。この「何ができるようになるか」は、育成を目指す資質・能力ごとに三つの柱で再整理されている。各職業分野について体系的・系統的に理解するとともに、関連する技術を身に付ける、いわゆる知識及び技術、各職業分野に関する課題を発見し、職業人に求められる倫理観を踏まえ、合理的かつ創造的に解決する力

を養う。つまり思考力・判断力・表現力等、職業人として必要な豊かな人間性を育み、よりよい社会の構築を目指して自ら学び、産業の振興や社会貢献に主体的かつ協働的に取り組む態度を養うとした学びに向かう力、人間性等である。「どのように学ぶか」についても示されており、指導計画の作成に当たっての配慮事項として、資質・能力の育成に向けて、生徒の「主体的・対話的で深い学び」を図るように明記されている。本要領の趣旨の実現のために、これまでの学習活動、育成の視点を「主体的・対話的で深い学び」を念頭に置いて指導計画や授業の改善が求められている。

3.2 UAV の導入に向けて

UAV は生産に使用するための機械なのか、データを蓄積する機器なのか、その両方なのか。自問しながらも UAV の導入に当たっては慎重な姿勢をとってきた。それは、高等学校工業課程の役割は工業技術をわかりやすく、基礎・基本に立ち返り指導し、技術の伝達を行い、社会にその技術伝承者の卵を送り出し、貢献してもらう位置づけがあったからにはほかならない。高等学校で使用している教科書は 10 年遅れていると言われている。工業技術を伝達する意味では、現在の最先端技術に合致していない項目も多い。しかし、最先端技術を理解するためには、力学特性、部材性質、構造など、多くの基礎的知識と工業の基本技術の習得が大きいのである。UAV の調査をしているなかで、あるコンサルタント会社の社長に言われたことを今でも覚えている。「最先端の技術を導入しようとする動きは間違っていない。技術の進歩は目覚ましいので遅れをとるとんでもないことになる場面もある。しかし、それらを扱えるようになるためには、基礎・基本の技術の習得がなければ、必ずどこかで頭を打つ。デジタル技術の考え方は、やはりアナログ技術の考え方の上に立っていると考えている。スマートフォンなどを起用に使いこなす高校生の中には、確かにすぐに社会で通用する技能・技術を持ち合わせた素晴らしい人材もいるだろうが、全体として高校生に学んでもらいたいのは、UAV がなぜ空を飛び、どんな挙動をするのか。風が吹き、雨が降った時にどんなことが起こりうるのか。そのときの対応はどうすれ

ばよいのか。飛ばすことを前提にしてしまうと、こうしたリスクがあるかもしれないと思えることがらや事象への対応ができない、単純に言われたままの技術者を育てることになる。この部品は何のために付けられているのか、なぜ必要なのかなどを考え、検証し、その技術をしっかり理解することが重要だ。高校生に UAV を教えることがらを明確にし、骨格がしっかりできあがったうえで導入することには大変意義のあることだと思う。」諸説あろうが、アナログは論理では割り切れず、人間の才能を必要とするので付加価値が高いともいわれている。将棋や囲碁、音楽や絵画、料理などがその一例であろう。曖昧さや専用性は従来から持ち合わせた能力にもよるところが大きく、容易に複写できず、その分高い利益性があるとされている。個性や感性、才能と修行などが必要ともされ、広い技術分野と多くの知識を必要とし、複雑でパラメータが大変多い。それゆえ、曖昧性があるためにすべてが明晰には説明できず、技と実践の繰り返し(ここでは技能とよぶ)が不可欠となる。デジタル化された社会においては、通信やネットワーク、センサーやアクチュエータ、インターフェイスなどのアプリケーションの広がりはもちろんのこと、システム化、デジタルの高速化や微細化などは当たり前のようになったがこれを使いこなせる技術者が少なくなったとも言われている。土木系学科で学ぶ生徒は当然だが、指導者もまたデジタル化の波に翻弄されてきている。特に授業の主軸にあげている技術の伝承が、測量技術である。機器の進歩により、測量の意味や意義、機器のしくみなど、本来教えなければいけない内容から大きくはずれ、データを集めてくる道具、データ処理の実習になっていることも事実なのである。UAV を測量に用いた場合は、UAV が集めてくる写真データをコンピュータに導入されているアプリケーションソフトに取り込むだけで、すべての処理をコンピュータが行う。誤解があってはいけないので敢えて述べるならば気象状況やトラブル時の判断等には当然技術者の経験や高度な技能は必要となる。しかし、UAV が取得したデータがすべてであり、技術者の勘や技能は特に必要とされない、まさしくデジタル化なのである。以前は、写真測量も実習の本軸であったが、今はその理論さえも測量士補試験対

策以外は教えなくなっている。デジタル化を懸念し、UAV を授業へ取り入れる取組や操作できる人材育成を否定するために論じているのではなく、このデジタル化された技術を高校生に対してどの点に着目して指導するのか。指導側は、何を学び、何を知り、何ができるようにさせるのか。この辺りをあいまいにしておくと、これまでも述べてきたとおり、大きなリスクを背負うことにもなりかねない。

3.3 実習事例

ここでは、岡山県立の専門高校が全国に先駆けて国土交通省から無人航空機の飛行に係る許可・承認を得て、UAV 関係法令や飛行知識・技術を身に付けながら、測量からデータ処理までを体験する実習を導入した事例を紹介する。産学官連携により実際の測量依頼を受けた生徒自らが飛行許可の申請を行い、「課題研究」という授業において、より実践的な測量に取り組むとともに、課題解決型学習(Problem Based Learning, PBL)を活用した取組であり、科目「実習」で UAV の導入、「課題研究」で PBL に基づいた測量実践である。実習の目的は、『ドローン測量についての知識・技術・安全な運用を身に付ける』であり、課題研究の達成目標は『生徒自らが操作・承認申請から測量図面の作成までを行うことができる』である。

実習の流れは、3 年生を 4 班に分け、(週 3 時間を 4 週間、計 12 時間)で 1 年をかけてローテーションしている。具体的には、1 週目をドローンの用途と課題、関連法令、操縦者の責任、保険、2 週目に機体の構造、バッテリー、トラブルの予測、飛行手順、操縦方法、操縦練習、3 週目はドローンによる



図 4 トラブル予測の説明を聞く生徒

測量，4週目にデータ処理，まとめ，操縦練習としている。

実習における達成目標は、『安全な運用のための知識，飛行原理や機体の知識，関連法令についての知識，操縦及び測量の基礎的な知識と技術の4つを身に付ける』を幹として，ドローンの安全な運用とドローンの知識，用途の理解，課題点と関連法についての知識や操縦の基礎的な知識と技術，ドローン測量の基礎的な知識と技術を身に付けることである。目標が多いように見えるが，1年間の実習としては学期に2つ程度の目標としては適切のように思える。元来，目標は生徒がその時間内に「何を学ぶか」，「何ができるようになるか」など，「何が」というところに合致する具体的なものを据える。たとえば，「ドローンの安全な運用」がそれであり，それに対して，「UAVの安全確保」なる単元があり，無人地帯で飛行させるや万一の場合は何もないところへ墜落させる，自動航行中も手動操作に切り替えられるようにするなどの個別の学習項目がつくられる。禁止事項として，飛行範囲や飛行方法，飛行場所などの項目，義務や注意点として運用者の義務，操作時の注意点などの項目をあげて学習することになる。目標は，生徒が主であり，指導者はそのために「何を学ばせるか」，「何ができるようにさせるか」を相反する関係として対比して学習指導案の作成と目標達成のための環境を整えるのである。これは企業の新人教育にも似たものがある。

本実習では，独自の実習書を作成し，1週から4週までを前述で示した項目を指導している。このなかで特に注目したいのが，実習であるにも関わらず問題と称して，生徒自らが学習する場面を与えているところにある。たとえば，“「i-Construction」について調べなさい”や“近年発生したドローン事故について挙げ，簡単に説明しなさい”，“その事故は，どうすれば防ぐことができたか考えなさい。”と，指導者側が教え込む一方通行型ではなく，生徒自らが主体的に取り組むように，自分たちで考えたり，発表したりすることができる場面を想定しているのである。UAV導入に向けた取組には，生徒自らが主体的に現事象に取り組むことが最も重要で，事前を含め，実施中，事後も把握に努めておく必要ことが多岐にわたりあるからである。トラブル予

測では，墜落に至る原因と現象について実習書に記載しておき，“この墜落に至る原因と現象以外に，予想できる原因と，その対策を考えなさい”とする問題も掲げている。このことから実習としての形態を想像すると，いろいろなことが工夫できる。墜落に至る原因さえも伏せて，生徒でグループを組み，グループ討議をして事象を洗い出し，その対策も自身たちで探らせる。ヒントを与える場合もあれば，なくても良い。そして，それらをグループごとに発表させ，同じ事象が出てきたらそれをカテゴリー別に振り分けさせる。一般的な事象だと重複が多くなるので，たとえば地域性や条件を変えて実践する。生徒自らが主体的に参加し，実習に臨む意識を向上させることにつながるヒントがここにあるのではないか。最終週では，もう一つの工夫をしている。UAVを用いた測量では，評定点や検証点の設置位置，飛行技術や撮影技術により精度に差が多くなる場合がある。そのため，UAVを用いた測量で得られた値とトータルステーションを用いた測量の値とを比較し，どの程度の誤差が生じているのかを比較している。このことは，1つの器材で得られたデータのみを信用するのではなく，多角度からの検討をしてデータの信頼度をあげるという基本的な考えを取り入れているところである。これは大変重要で，飛行に特化した実習になりがちでもある高校生ではこの部分が抜け落ちてしまうこともあるのだが着眼点が素晴らしい。UAVを授業へ導入する検討では十分な軸になるだろう。

課題研究では，平成29年度からPBLの手法を用いた取組を実践している。特に指導上重要視した点として，『社会に開かれた教育課程を意識し，地域社会と連携・協働すること』と『PBLの手法を用いて，主体的・対話的で深い学びにし，コミュニケーション能力を向上させること』をあげ，成果がでている。市内の地域支援型団体から，ある公園内BMX（Bicycle Motocross）競技コースの測量を依頼され，産学官の取組として，市と市内企業と連携し，現在の正確なコース図面を作成することを課題研究のテーマ設定とした。課題解決力を身に付けさせるために，必要なことがらを具体的に整理し，目的を明確にしている。①依頼者へのヒアリングを何度も行い，要望や改善点を的確に把握する，②生徒

が現状分析し、主体的に問題を発見し、グループワークを行い、解決案を発案する、③相手の要望や希望にあった、もしくはそれ以上のものを完成させるという目的を達成するために、操縦技術の向上させる方法を主体的に検討する、④生徒たちが測量し製作した図面を贈呈し、実際に国際公認コースにするために使用してもらうことで、目標を達成できたという達成感・自己有用感を向上させる。などである。この取組には、指導者が留意することとして、生徒が活動できる環境づくりや状況づくりをあげている。「なぜそうなる？ どうしてそう考えた？ ほかにないかな？」などの問いかけにより、生徒自らに考えさせる視点を持たせることを主眼にしている。教員が「行動の指示をする」ことが、生徒の指示待ち状態をつくり、自身で考えず、指示通りにしか動かない作業者となる引き金になるため、絶対にしてはならない原則としている。

事前準備では、依頼者の要望、打合せ確認した内容を担当ごとに整理、話し合いを繰り返しながら準備を進め、教員が前述の問いかけを意識して行い、生徒は必要に応じて文献やインターネット等を参考にしながら主体的に検討を重ねた。申請に向けては、当該の BMX 競技コースは人口集中地区ではないが、人または物件から 30 m 以上の距離を保つことが困難になった場合を想定し、許可・承認に必要な書類を生徒達自らが作成、申請している。

飛行許可の前提として 10 時間以上の飛行実績が必要であるため、実習中以外に放課後に体育館で練習を繰り返し必要な飛行実績をクリアしている（図 5）。ここで注目しておくことは、飛行技術の確認を国土交通省から全国包括飛行許可を受けている複数の教員が審査しているところであろう。これは指導側の体制づくりのヒントにもなる重要な要素である。申請書類は、提出後も航空局から内容不備の指摘後の修正や再提出など、生徒は失敗を繰り返しながら作成に当たったようである。ここでも大きなポイントとなるのが、公園内競技コースを飛行させる場合、所有者の市にも飛行申請が必要なことを生徒自身に気づかせたところである。これ以外にもドローンの知識をさらに深めるため、無人航空従事者試験（ドローン検定）取得に向けて主体的に取り組んだ。生徒が自身の置かれている状況を感じとりな



図 5 体育館でのドローン操縦練習の様子

がら、「何を」、「どのように」、「どのような方法で」、「いつごろまでに」を生徒が自発的に、そしてグループで話し合っている（図 6）。実際の測量は、従来の測量よりも危険リスクが高まることから、安全面では特に気を遣ったようである。



図 6 グループワーク

発展的な取組として、国土交通省の「UAV を用いた公共測量マニュアル」及び「公共測量における UAV の使用に関する安全基準」^{6),7)}の内容遵守するため、地元企業へ協力依頼し、行政である市も交え、産学官連携によるドローン測量について共に学ぶ機会を設けることを生徒が提案した。企業、行政、生徒によるドローン測量を行っている企業による講習会が行われた。実際の飛行コースをドローン自動操縦システム（DJI GS Pro）飛行許可を受けている生徒自身で飛行させ、測量データ収集時には、注意看板、監視員役生徒の配置などの安全管理を徹

底した。得られたデータは、PhotoScan で処理後、図面化した。産学官連携を生徒自らが上げた功績も十分なことであるが、一つの気づきを与え、そこから枝葉につなげていくきっかけをつくるのが指導者である。冒頭にも記述したとおり、指導上特に重視した点である 2 点から、今回の取組においてはこの部分で際立っていたように感じる。興味を持たせた後は生徒の主体性を重んじて、指導者は安全面やトラブル面での注意に細心の注意は払うものの、生徒が課題を見出し生徒自身で解決策、取組を練り上げ、解決に導く全体像を構築し実践する。UAV 導入に向けて重要な参考例である。

4. 今後の展望

建築領域では、建築物の高層域のコンクリート等の外壁調査、土木領域では、鋼橋梁の鋼材腐食状況の調査、防災領域では、災害地での人が入れない地域での被害調査、物流領域では離島やへき地への物資の配送など、UAV の活用拡大は期待が寄せられている。一方で、安易に飛ばすことができるため空撮にともなう基本的な知識や技術、操縦技能についてはまだまだ発達段階といえるため、専門高校での人材育成については賛否が分かれるだろう。UAV の活用範囲が広すぎることや若年層の技術指導における指導者が少ないことなどがあげられる。取り組みが慎重すぎると UAV の撮影や測量技術の発展や振興が抑えられてしまうことは残念でならないが、空中を自由に動き回ることができる機器は、地上で使用するそれとは違い、墜落という安全を脅かすリスクがあるため、授業の本格的実施には多くの障壁を乗り越えなければならない。生徒の安全を第一に考えることはもちろんのこと、技術者、技能者として育成していく以上、地域の人々の生活の安全も考えさせなければならない。社会インフラ構築のための技能を磨かせ社会実装を生徒に意識させることは簡単ではない。そして、専門高校での指導においても人口密集地域ではその技術を磨くための実習が組み込めないために、全国的に一律の指導ができない。さらに、測量技術としての取り扱いとなれば、学習指導要領上では UAV の測量技術については明記がなく、まして器材購入となると産業振興機器と

しての備品扱いが前提となるため、実習などの授業に組み込むことに苦労しているのが正直なところであろう。また、指南役の指導書や指導できる教員が極端に少ない。資格として、測量士や測量士補のような側面を持たせるのか、操縦等の技能者育成教育⁸⁾に重点を持つか、安全管理等も含めた技術者の側面を重視するのか、その両方なのか。建設現場の土工に関して言えば、土量計算を行う基礎的なデータを取得できるため明らかに作業の効率化が図れることは自明である。しかし、だれでも簡単に操縦ができることや、プログラムを組み込むことによる自動操縦が可能のため、慢心による墜落や安全対策不足による構造物との接触も報告されている。いずれは、社会の要請に応じた人材育成が求められるのであろうが、その基盤となる法的な整備や育成の環境、省庁間の連携も薄いともしえる。墜落などのリスクを考えると、点群データを自在に取得できるレーザースキャナなどの高精度機器の導入も考えようとなるのも自然の流れである。だが高校生に何を求め、どんなことを指導し、何ができるようになる教育をするのか。これは国づくりの根幹であり、地域社会個々の要請でもある。UAV を用いた測量は、UAV がデータさえ安全に取得できれば、あとはコンピュータでソフトウェアがほぼ自動的に解析するため、導入はしやすい。しかも、将来の土木関連企業の職業人となって働く生徒側にも効率化を図る測量技術としては理解されやすいという効果もある。実際のところ、国も働き方改革を推進しているし、国土交通省が進めている「ICT の全面的な活用 (ICT 土工)」等の施策を建設現場に導入することによって、建設生産システム全体の生産性向上を図り、魅力ある建設現場を目指す取組である i-Construction も重要なファクターとなって学校現場には取り入れられつつある。生徒側も、UAV は動きのある機器であるために、自身でも飛行させてみたいという欲求もあるだろうし、自分が得た操縦技術などでデータの取得が正確にできたなど貢献できる面が具体的に表れるとやりがいにもつながる。UAV を授業に導入することにより、生徒への興味・関心付けにはとても魅力的な要素といえるかもしれない。全国にある専門高校土木系学科の授業では UAV を用いた授業の取組が少しずつ始まろうとしている。しか

し、その取組では、科目「課題研究」において数名の生徒が課題を見つけて取り組んでいる様子や、外部の企業と連携した、いわゆる UAV で何ができるかといった紹介程度の授業形態である。これには、生徒が自ら関わりをもって行う授業というよりは、最新の機種を用い、このようなことが、短時間で正確にできますといった機器の紹介や技術の紹介に終わっている。

国家における未来投資会議で、UAV による荷物配送の実現や空飛ぶクルマ、農林水産業のスマート化などが話し合われてから、UAV に関する環境は大きく変貌してきた。UAV に係る環境整備として、ロードマップの策定や重要課題として、機体の認証や識別、登録、事故調査や被害者の救済、航空機との空域共用などが話し合われ、本格的な運用に向けて様々な取組が進められている。関係省庁もそれぞれの領域において、多くの内容が推進または検討されているのである。経済産業省や国土交通省では、第三者上空飛行に向けた許可承認要件の検討や、建設現場の生産性向上を図る i-Constructioni の推進、国土地理院では、UAV が広く建設や測量現場で利用されることを推進し、国土交通省は目視外飛行による物流事業のガイドラインの作成、内閣府や経済産業省では福島イノベーションコースト構想に基づくロボットテストフィールド等の整備の推進などが行われている。UAV のロードマップでは、2020 年代前半から、有人地帯での目視外飛行というレベルをもっと高いレベルにあげ、都市の物流や警備等に実用したいと考えられている。目視外及び第三者上空を飛行する UAV に要求される性能の基準及び評価手法や飛行させる者に求められる要件や運航管理体制等の検討が行われており、航空法に基づく審査要領の改訂などが取り組まれている。UAV の社会実装に伴い国内外で UAV の墜落や航空機への異常な接近、プライバシーの侵害などの社会問題も発生している。UAV を活用した新たな社会の構築には、機体の安全性や操縦者の技量確保、安全な運航システムなどの社会基盤を整備することが急務である。しかし、UAV の全般に関わる人材の育成には明確な取組がないまま、操縦技術等を教えるさまざまな機関が乱立することになっており、学校現場も安易に取り入れていこうとする動きが出てきている。

UAV を用いた測量は、UAV がデータさえ安全に取得できれば、あとはコンピュータでソフトウェアがほぼ自動的に解析するため、導入はしやすい。業界からの支援がもっと強くなれば、実習での本格実施に向けた可能性もあるし、統一した指導書の完成も期待できる。国土交通省では、専門高校土木系学科の生徒に対して施工管理技術者検定試験の受験機会を増やして、早く現場で活躍できるような育成環境を整え、建設業に係わる技能者に対して建設技能者の能力評価制度⁹⁾を設け、工種や規模の異なる複数の現場において、この制度を利用した就業履歴の蓄積と技能者の能力評価を正確に行い、待遇改善や昇給につなげることを実施しようと進めている。これらは、すべてこれから入職する予定の生徒にも関係する制度であり、今後 UAV も、安全面を含む運航管理の技術とともに、若年層の能力評価の対象になる可能性もある。こうした背景からも、専門高校の実習などに UAV を用いた測量などの導入を取り入れる検討を積極的に進めることは必要である。UAV がさまざまな諸事象が発生したときに墜落するリスクを感じながらも、安全に関わる取組を積極的に取り込んでいくことで、生徒の主体的な取組につながる。まずは、簡易的な UAV のリスクアセスメントを実施し、飛行に関してのチェックリストを生徒自らに作成させ、安全への意識を高めていく。UAV 機体制御などの技術進歩や変化はめまぐるしいもので、一度構築した実習のシラバスや指導案、実習テキストなどは、すぐには変化に適應できないという点では弱点となるが、実習授業全体を PDCA サイクルによる検証を行いながら、UAV を導入した場合の安全到達目標などにこれを当てはめることは適切な取組¹⁰⁾と言えるだろう。そのことが、指導者の育成にもつながるし、指導そのものの標準化にもなる。

5. おわりに

UAV を扱える技術者、技能者の育成には、変化していく社会情勢にも常に関心を持たなければならない。200 g 以下の軽量 UAV も航空法の対象となることもすでに国土交通省から方針が発表されているし、国立公園での UAV 規制も環境省が検討を始

めた。また、在日米軍基地などの上空と周囲が新規で飛行禁止エリアに指定された。さらに UAV 所有者に登録義務ができたのは6月である。このような新しい法整備，規制などはこの機器を使用する側の倫理観や安全性の向上を求めているにほかならない。専門高校でこの分野の人材を育成するには，日常から新しい変化等にも目を配っておく必要がある。専門高校の社会的責務として，生徒の保護者，生徒を受け入れてもらう各企業等，ステークホルダーとの関係の中で，彼らの期待を把握し，安全性を高める学習を繰り返し，取組内容を可視化することが，社会の期待に応える第一歩となる。そのうえで，社会の要請と支援が不可欠で，そこに生徒自らの希望と教員の思いが一つになってこそ国土建設の礎になる技術や技能を伝承していく意識と土壌づくりになり得るのだということを付け加えておきたい。

参考文献

- 1) 文部科学省, 高等学校学習指導要領工業, 平成 30 年 3 月
- 2) 文部科学省大臣官房文教施設企画部, “学校施設における事故防止の留意点について,” 2009.
- 3) 文部科学省, 「生きる力」をはぐくむ学校での安全教育, 2010
- 4) 国土交通省航空局, “小型無人機の更なる安全確保に向けた制度設計の方向性について,” 2018
- 5) 学校経営委員会, 『工業高等学校の学校経営に関わる調査』, 全国工業高等学校長協会, 2012
- 6) 国土交通省航空局, “改正航空法の制度と現状等,” 2019
- 7) 総務省総合通信基盤局, “ドローンによる電波利用について,” 2017
- 8) 日本 UAS 産業振興協議会, 無人航空機安全運航管理コース教材, 2017
- 9) 建設業振興基金, 平成 29 年度建設産業担い手確保・育成コンソーシアムプログラム・教材等ワーキンググループ報告書（資料編）, 2018
- 10) 建設業振興基金, 「工業高等学校の取組事例集 ～建設系学科の魅力発信と学科新設による魅力創出～」, 2019

寄稿

「電子化された生コン情報」の活用による現場打ちコンクリート工の生産性向上と品質管理の高度化

—PRISM 制度による T-CIM[®]/Concrete の現場試行と効果の確認—

大成建設株式会社土木本部土木技術部 ICT 推進室

同 上

同 上

大成建設株式会社土木本部土木技術部

大成建設株式会社関西支店天ヶ瀬ダム放流路作業所

室長

課長

専任次長

専任部長(担当)

作業所長

川田 淳

渡邊 高也

北原 剛

大友 健

水野 智亮

1. はじめに

建設会社における ICT の利用については、従来から「情報化施工」のツールとして安全や品質の確保を目的とした開発や適用が進められてきており、例えばトンネル切刃や、都市土木における大規模土留めやアンダーピンニング、橋梁の張出し工などの専門工種の高度施工管理技術では不可欠のイメージはあるものの、一般の現場打ちコンクリート工への適用はあまり進められていなかった。

Construction Information Modeling（以下 CIM と称する）が国土交通省から提唱されたのは 2012 年であり当初は構造物の 3 次元モデリングと自動化技術の活用を主体とするものであったが、平成時代に続いた就業者の高齢化による担い手不足、加えてこれからの働き方改革の必要に対して、この解決策として「i-Construction」が提唱されたのは 2016 年である。

大成建設では 2015 年より施工情報 CIM の活用に注力しており、共通工種としてのコンクリート工についても、個別データのデジタル化から始め、工事現場内でのタブレットを用いてのリアルタイムの情報共有や帳票作成手間の削減などにより、業務の生産性と品質の向上を可能とするシステム造りを進めてきた。2016 年 11 月からは、生コン工場での練混ぜから打込み完了までの生コン情報をリアルタイムにインターネット上の WEB サーバで閲覧できるようにすることで全ての工事関係者間で共有し出荷～運搬～打込みと品質の管理を支援するシステム（T-CIM[®]/Concrete）を、土木・建築・道路等の工事現場で展開している¹⁾。さらにこの適用事例について、施工者側・供給側の双方に積極的に紹介してきた^{2),3)}。

2018 年 9 月には、「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」（以下、PRISM と称する）⁴⁾に採用され、国土交通省の直轄工事 6 現場において「生コン情報の電子化」を試行し、この手法の生産性と品質の向上への寄与を検証した。

引続き 2019 年度の PRISM においても、電子化された生コン情報を活用した全数の品質管理・打込み管理と CIM モデル連携手法に関する試行と実証を行ない、2020 年度もこの試行を継続することとしている。

本報は、これらのコンクリート工に関する ICT 技術の現場施工への適用効果と今後の展望について紹介するものである。

2. 「生コン情報の電子化」の取組み

2.1 生産性向上検討協議会の議論の反映

i-Construction における現場打ちコンクリート工の生産性向上については、産官学からなる「コンクリート生産性向上検討協議会（議長：横浜国立大学 前川宏一教授、以下、協議会と称する）」による検討が進められている。「機械式鉄筋定着」「機械式鉄筋継手」「流動性を高めたコンクリート」の一連のガイドラインがとりまとめられ、実際に国土交通省ははじめ公共工事の発注に取り入れられて、生産向上に大きく効果を上げていることが知られている。この協議会では「サプライチェーンマネジメントの導入」も課題として挙げられており、第 5 回協議会（2017 年 10 月）では、図 1 に示すように、生コン情報の従来型運用の課題とあるべき姿の検討もなさ

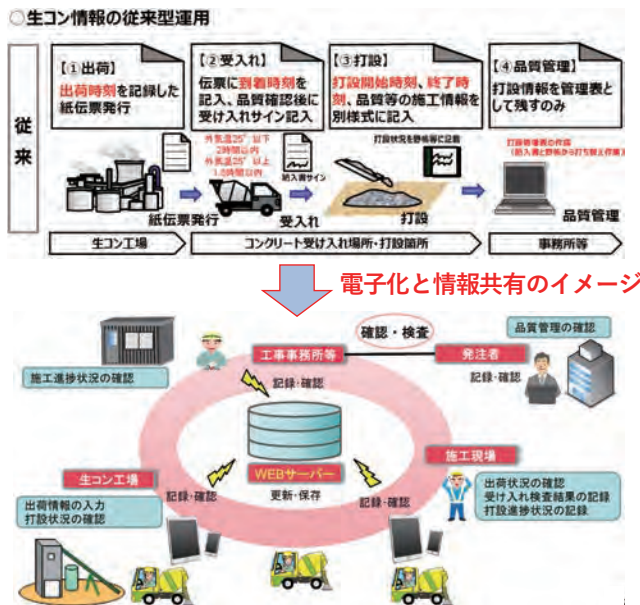


図1 生コン情報の従来型運用と将来の在り方（第5回コンクリート生産性向上検討協議会（2017. 10）資料5を編集）

れていた⁵⁾。

この動きを受け、第6回の協議会（2018年3月）においては「生コン情報の電子化」が日本建設業連合会より提案された。これに対して、

- 1) 生コン情報の電子化は、共通のクラウドを構築し、現行システムを活用しながら、電子化を推進すべき
- 2) （さらに、）映像の活用などにより、業務の確認検査までできれば、大幅な負担低減が期待できるとの議論があった⁶⁾ことから、上記を受け、T-CIM[®]/Concreteを現行システムとし、1) および2) の具現化を目的として2018年度PRISMを申請し、この枠組みの活用による試行を行なった。

2.2 2018年度のPRISMによる試行の内容

「生コン情報の電子化」の試行イメージを図2～図4に示す。クラウドとして「生コン情報共有サーバ」を設置し、生コン製造時に出荷システムからデータをアップ、現着、打込み開始、終了の時間情報を現場にて加え、打込みの進行を見える化した。また、現場で行うフレッシュ試験等の動画像や写真も品質試験情報に紐付けしクラウド上に保存するものとしている。これらを、供給者・施工者・発注者の三者にてリアルタイムに共有できることはもちろんである。



図2 出荷～運搬～打込みデータの共有方法の概念



図3 品質試験の画像データの活用方法の概念



図4 生コン情報のタブレット上での共有方法

試行は、現行で品質管理用システムを活用している大成建設、効果の調査を担当する成和コンサルタント、生コンの出荷伝票情報を扱うシステム会社5社と、試行結果の分析と活用を指導する横浜国立大学により構成する技術コンソーシアムが担当した。

電子化のシステム構成とデータの共有方法を図5に示す。生コン伝票情報のクラウド化にあたってまず共通フォーマットによるデータの受渡しを設定した。そして生コン工場では、特別な操作を行うこと

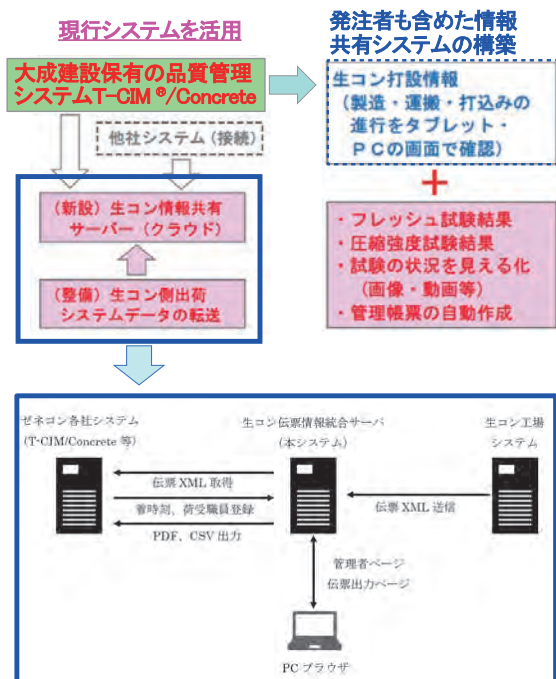


図5 電子化のシステム構成と利用方法

なく、計量ボタンを押すだけで、運搬車1台毎の伝票情報がクラウドに送信される仕組みを標準とした。

クラウド化フォーマットを統一できたことで、国内シェアの約85%を占めるシステム5社の出荷システムを使用する供給側および利用者である施工会社の間で伝票データの相互利用が可能となったことは、今後の生コン電子化情報の利用拡大には大変有効なことでありと考える。

試行の実施に当たっては、図6に示す日本建設業連合会のコンクリート技術部会/土木情報技術部会、全国生コンクリート工業組合連合会の技術委員会のメンバーからなる生コン電子化WGの支援を得て、PRISM申請の対象現場である天ヶ瀬ダム再開発トンネル流入部本体工事（追加として九州地整：阿蘇大橋上下部工工事）の他、東京・横浜地区を含む国土交通省発注の4現場において「生コン情報の電子化」を試行し、生コン情報の電子化を適用しない「従来」と適用した場合の「電子化」での差異を調査した。

3. 「生コン情報の電子化」の効果

図7には、施工者へのヒアリングの結果を含めて明らかになった打込みの工夫を示した。生コン情報の利用により、次の運搬車が現場に到着する時間がリアルタイムに予測できるようになると、

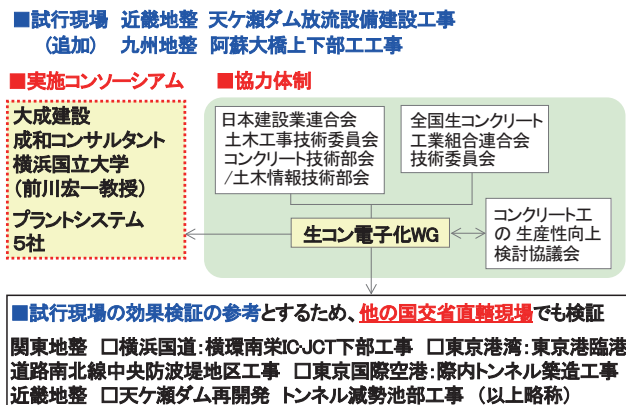


図6 「生コン情報電子化」試行の実施体制

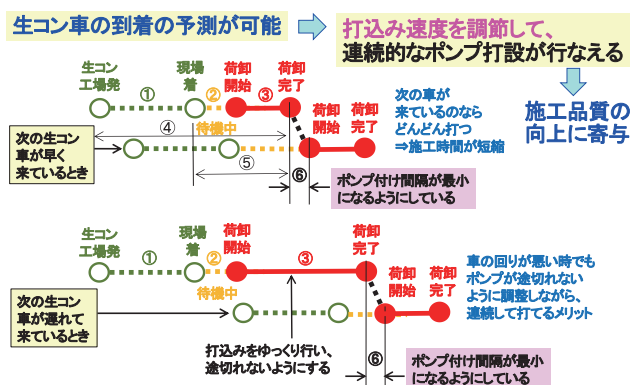


図7 「生コン電子化情報」の利用した打込みの工夫

- ・次の運搬車が続けてきている場合：③の打込みを早めて、次の運搬車をポンプに速やかにつけ、
- ・次の運搬車がおくれてきている場合：③の打込みを遅くして、次の運搬車の到着まで打込みを引き延ばし、次の運搬車が付いた時点で速やかにポンプ車につけ、
- ・「できるだけコンクリートの打込みが途切れないように調整」する施工を行っていることが明らかとなった。

電子化情報の利用により、平均値として「ポンプ付け間隔」が1～7分短縮、「打重ね時間間隔」が1～5分短縮され、「打込み終了までの時間」、「生コン運搬車の拘束時間」の最大値も小さくなる傾向が確認された。この結果、打込みの進捗が早くなり、現場での作業時間が1～22%短縮する効果も確認され、現場の工種や施工条件が異なる場合でも、電子化された生コン情報の利用が工事全体の生産性向上と構造物の施工品質向上の双方に寄与していることが明らかとなった。

この成果については、2019年3月開催の第8回協議会において日本建設合連合会より報告されてい

る⁷⁾。また「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」として評価の公表がなされ（A：目標は達成され、十分な研究成果があったとの評価）、国土交通省主催の平成 30 年度 PRISM 試行結果に関する報告会においてもその成果が紹介された⁸⁾。なお、実際の取得データとその分析、「生コン情報の電子化」の課題などについてはコンクリート工学（2019 年 11 月号）のレポート⁹⁾に詳報しているので参照されたい。

4. 2019 年度 PRISM の試行内容

2018 年度 PRISM の取組みについては、「データ活用による建設現場の生産性向上ワーキンググループ」より、委員からのコメントとして、以下を受領している。

- ・品質管理の効率化と打設するコンクリートの品質向上の両方で大きな導入効果が得られたと評価した。
- ・生産工程全体に及ぶシステム化を行って生産性に寄与するところが大きい。将来は CIM モデルと連携することで、維持管理段階でも参照できる情報にして戴ければ一層有効なのではないでしょうか。

そこで、2019 年度の PRISM の応募に際して、生コンの出荷～打込み/品質管理情報を電子化しクラウド上で共有する「生産工程全体に及ぶシステム化」の枠組みはそのまま活用し、「検査業務のさらなる効率化に寄与できる画像利用機能の改善」と「維持段階に活用できる情報の蓄積と、CIM モデルとの連携の可能性の検討」を付加する試行を提案した(図 8)。

具体的には、コンクリート工事において、発注者（担当の工事監督者）と生コンの供給者、施工者の 3 者が、打込みの進行、運搬車毎の品質状態、フレッシュ試験状況の画像をリアルタイムに共有し、見える化することに加えて、以下について取り組んだ。

- ・フレッシュコンクリート試験の動画送信機能に、監督者承認機能を含めての通信双方向性を付与し、承認履歴、検査結果記録表示を含めてクラウド上に保存
- ・生コンの製造時伝票データ、コンクリート製造/運搬/打込みの時間データに加えて、構造物への

「クラウド上で共有した動画を含む生コン情報の CIM モデル連携」

コンソーシアム構成員：大成建設、成和コンサルタント、横浜国立大学、ソイル No. 24
アンドロックエンジニアリング、パナソニック・アドバンステクノロジー、エム・エス・ティー、応用技術

試行場所：天ヶ瀬ダム

・コンクリートの施工効率化と品質向上に効果のある製造～運搬～打込みのクラウド管理システム（2018年度試行）の、画像活用機能を高度化、打込み位置の定義機能を追加することで、スランプ/単位水量試験の全数化と検査結果の発注者承認の省力化を図り、全生コン車の品質情報の CIM モデルとの連携を目指す

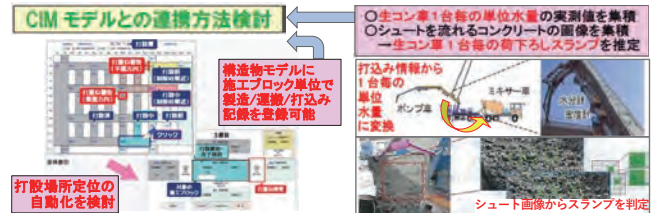


図 8 2019 年度プリズムの試行内容 文献 10) を編集

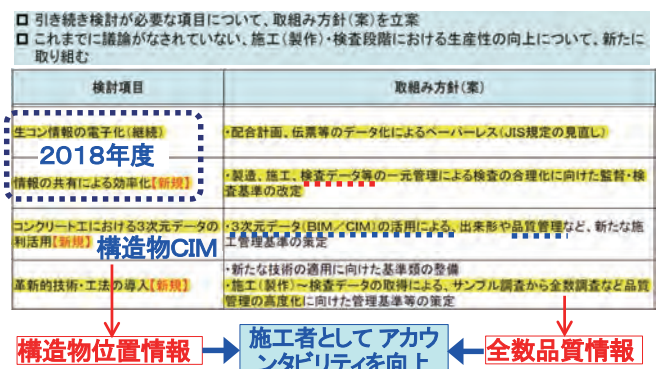


図 9 検討が必要な項目（協議会資料-5⁷⁾を編集）

打込み手順とその結果を登録できる「打重ね管理システム」を運用し、施工ブロック単位での打込み位置情報に連動させて、運搬車 1 台毎の施工情報/品質管理情報を蓄積

- ・運搬車の荷下ろし時に、「単位水量の全数連続測定」と「シュートを流れるコンクリートの動画撮影」を行い、運搬車 1 台毎の単位水量の測定値と打込みコンクリートの動画像およびこれから判定したスランプ値を蓄積

これにより、コンクリート構造物の維持管理段階で役立つ情報として「運搬車 1 台毎の製造・施工情報と、品質を代表する情報としての単位水量とスランプの全数情報を、構造物 CIM モデルとの連携を図りながら参照する」ことについて検討している。すなわち、コンクリートの施工履歴と構造物内での位置情報、全品質情報を統合表示することで、施工者としてのアカウントビリティを確保できることになる。

これらのことは、第 8 回協議会（2019 年 3 月）の資料 5⁷⁾に示される「今後の検討課題（図 9）」の

解決手段の具体化に対応するものとなっていた。

コンソーシアムは、2018年度 PRISM での大成建設・成和コンサルタント・横浜国立大学（前川宏一教授）に加え、他分野における技術との連携を視野に、ソイルアンドロックエンジニアリング（単位水量情報取得）、パナソニックアドバンステクノロジー（スランプ画像の取得・分析）、エム・エス・ティー、応用技術（システム構築・CIM連携検討）との協業とした。

5. 全数管理手法と品質管理システムとの連携

5.1 全数管理の適用システム

生コン運搬車から荷卸しするコンクリートの「単位水量の全数連続測定」とシュートを流れるコンクリートの動画画像の集積から「運搬車全台についてのスランプ値の推定」を行い、これを共有化することのテーマに対して、実際に天ヶ瀬ダム再開発流入部本体3期工事において行なった荷卸しコンクリートの全数管理の状況を図10に示す。

従来であれば、 50 m^3 から 150 m^3 (4.25 m^3 積み生コン車でいえば12台～35台)に1回であったサンプル採取による品質試験を全数の測定として品質管理の高度化をはかろうとするもので、ここで、単位水量とスランプに着目したのは、これらが各々、完成した構造物の圧縮強度と施工性の担保に重要な要因となり将来の維持管理に有用になると考えたことによる。

単位水量はポンプ車の圧送配管に連続RI法の測定器(COARA)を設置して測定した。また、シュートを流れるコンクリートの画像をウェブカメラで撮影し、この画像のリアルタイム解析からスランプ値を推定した。

測定した単位水量とスランプは、タブレット画面に生コン車1台毎の情報として表示され、またその変化状況を随時グラフ上で確認することができ、現場の工事関係者はもちろんのこと、工事の監督者と、コンクリートの供給者も品質の変化状態をリアルタイムに共有することができる(図11)。

5.2 単位水量の連続測定における工夫

単位水量の測定では、品質管理システムの保有す

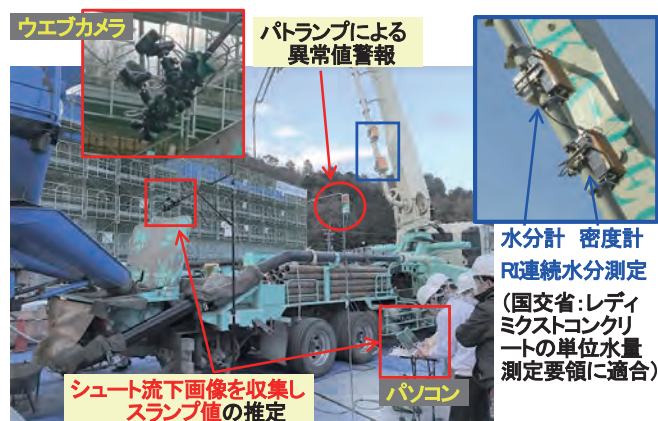


図10 天ヶ瀬ダム工事における全数管理の実施状況

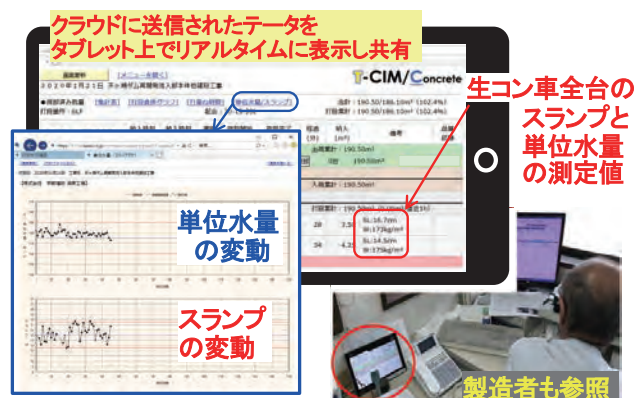


図11 全数管理状況の共有方法

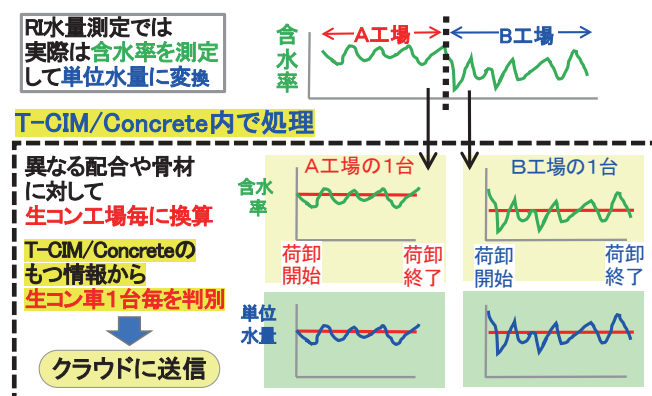


図12 複数生コンの共同納入に対応可能な手法

るコンクリートの荷卸し開始・終了の時間情報から、生コン車1台毎の単位水量を定義している。従来の手法では、異なる生コン工場の配合が混在した場合、材料の含水比が異なることから単位水量の算定が不可能であったが、このクラウド型品質管理システムからは打込み開始・終了の時間情報のほか供給工場・打込みのポンプ車の情報も取得できるため、複数工場からの共同納入と複数ポンプによる打込みにおいても、図12に示す手法により生コン車



図 13 画像分析によるスランプ値推定手法の概念



図 14 流下画像データベースの取得状況

1 台毎の平均の単位水量として算定し、その変化状態をスランプ値とともにタブレット上に表示できるようにしている。

5.3 シュート流下画像によるスランプの判定

生コン車全台のスランプの推定においては、シュート流下画像データベースにより AI が自動的にスランプ値を推定する計算式を算定し、撮影画像から検知した流量・流速・シュート角度よりスランプ値を推定する手法をパナソニックアドバンストテクノロジー社と共同で開発し適用した。この手法の概念を図 13 に示す。

実際の工事では、コンクリートのスランプの推定幅、シュート角度の変動幅が小さいため、天ヶ瀬ダ

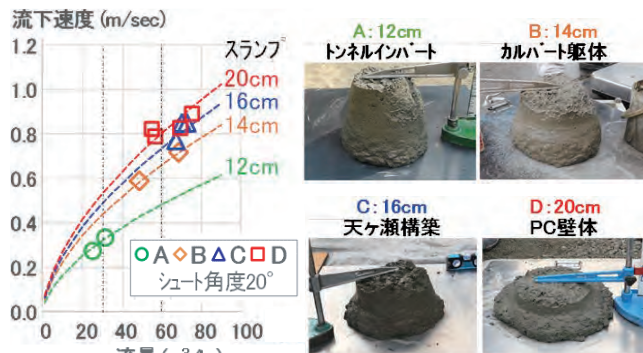


図 15 異なる仕様のコンクリートにおける流下速度

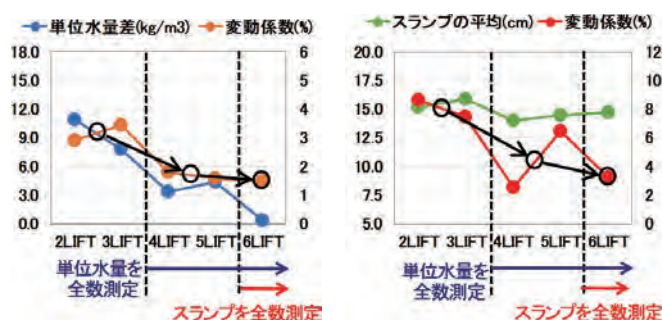


図 16 全数管理の適用による品質変動の低減状態

ムにコンクリートを供給する京都福田生コン洛南工場にて図 14 に示すように画像の採取を行い、この結果に基づき流下画像データベースを構成した。

天ヶ瀬ダムの構築用コンクリートはスランプ 15 cm の仕様であるが、図 15 に示すように、異なる工種の現場の異なる仕様のコンクリートについても、流量、シュート角度の相違を考慮すれば、流下速度とスランプの間には一定の関係があることが確認されている¹¹⁾ことから、シュートを流れるコンクリートの状態の分析からスランプを推定することには汎用性があると考えている。

5.4 単位水量とスランプの全数管理の効果

2019 年度の天ヶ瀬ダムの構築工事では 1 リフトから 6 リフトまで 6 回の打設を行なった。このうち 5 回分の単位水量とスランプについてサンプリング試験により得られた品質試験の結果を図 16 に示す。今回開発の全数管理システムを適用しない場合が 2, 3 リフト、単位水量について全数管理を行った場合が 4, 5 リフト、単位水量とスランプの両方を全数管理とした場合が 6 リフトである。

単位水量の連続監視によって単位水量・スランプの変動幅は約 40% 減に、双方を連続監視した場合

には、単位水量の変動は半分以下に、スランプの変動は60%減となるデータが得られた。製造者へのヒアリングの結果を含めて、全数の測定データの参照が品質変動の抑制に寄与する効果が確認できた。

6. コンクリートの打込み管理と CIM 連携

6.1 打重ね管理システムとその適用効果

構造物への打込み手順とその結果を登録できる「打重ね管理システム」³⁾を運用し、打込みブロック単位での打込み位置情報に連動させて、コンクリート構造物の維持管理段階で役立つ情報として「運搬車1台毎の製造・施工情報と、品質情報を構造物 CIM モデルとの連携を図りながら参照する」手法について試行を行った。

「打重ね管理システム」では、図17に示すように、構造物の1回の施工ロットの打込み手順計画に基づき、格子要素による平面ブロックを設定し、これを打込み層分積層して打重ねモデルを構成する。天ヶ瀬ダムゲート室部上部の躯体工の平面は図17のa)に示すように複雑な形状と打回し計画となっていたが、これを同図のb)のようにタブレット端末上でモデル化し、打込みブロック毎にリアルタイムに打込みの進捗や打重ね状況を見える化した。

施工ブロック毎に打込み開始、完了時刻など打込み情報の記録・確認が可能（同図のc)、d)）であり、また打重ねの制限時間が近づいた場合には、打重ね境界部を画面上で赤色表示し、メールによる警報で注意を促す機能もあることから、コンクリートの供給と作業に合わせた適切な打重ね管理を可能とし、コールドジョイントの発生を防止できる。

打重ねの記録は、従来は打設層1層ごとの時間記録としていたことが多かったが、本システムによれば、クラウド型の品質管理システム（T-CIM[®]/Concrete）の生コン車1台毎の製造～打ち込み終了までの時間記録と連動させ、ブロック化した構造物のどの位置にどの生コン車のコンクリートを打ち込んだかを記録できる。

天ヶ瀬ダムのゲート室上部の施工（図18）においてシステムの適用の有無を比較した場合、打重ね管理システムの利用を含め、電子化された生コン情報による施工状況のリアルタイムのモニタリング、

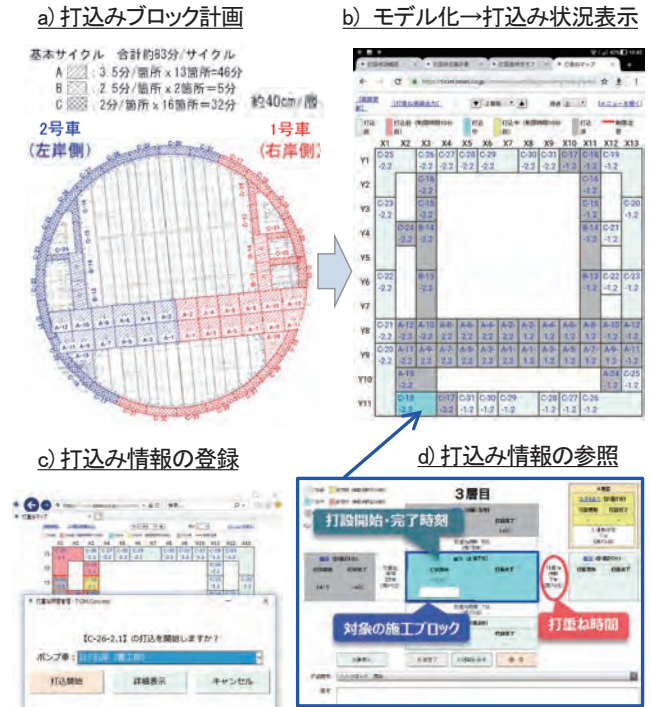


図17 打重ね管理システムの概要

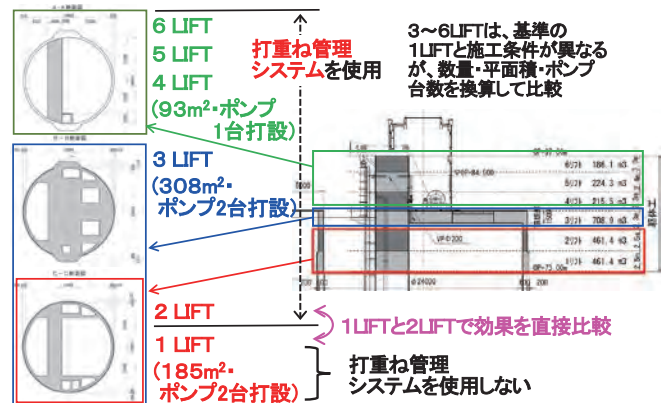


図18 ゲート室躯体の施工条件と打重ね管理状況

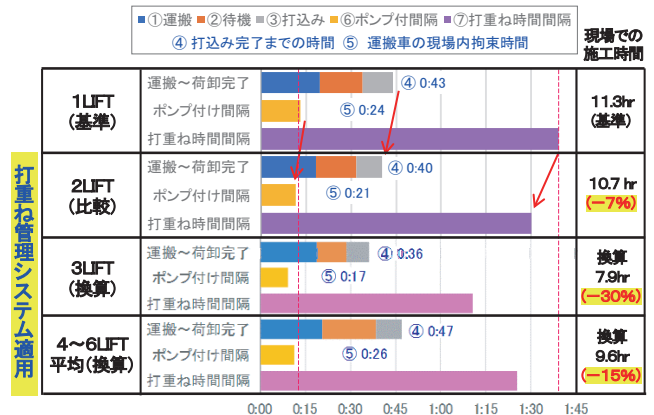


図19 打重ね管理システム使用の効果

施工履歴の記録により、図19に示すように打重ね時間が短縮され、現場施工時間が7%～30%短縮す

る効果が確認されており、打込み品質と施工効率の双方が向上する効果が確認された。

6.2 打込み場所定位の自動化手法の適用

打重ね管理システムにおけるブロック毎の打込み記録は、打設ポンプの筒先にいる職員がタブレットのワンタッチボタンを押下することで打込みの開始と終了を記録していたが、生産性向上の観点からは打込み位置の特定と時刻の記録を自動化することが望ましい。

また、打込みブロックの定義を容易にするため、図 17 の b) のように表計算ソフトで格子状のモデル定義を行っていたが、この打重ねモデルは構造物上の座標を反映するものではなかった。複雑な形状の構造物に対しても、打設の現状を直感的かつリアルタイムに把握するためには 3 次元のモデルが望ましく、また将来の CIM モデルへの展開にも有用と考えた。

そこで本年度の試行ではこれらの課題を解決すべく、ICT 技術を活用した「打込み場所定位の自動化」、CIM モデルの施工中の活用として「構造物 3 次元モデル連携によるリアルタイムな打込み時間管理状況の表示」の機能を開発し、T-CIM[®]/Concrete に付与して、実際の打込み作業における適用性も実証した。

打込み位置の定位についてはカメラ映像から画像認識を行う方法などもあるが、本試行では障害物が多く見通せない現場での実用性やコスト面を考慮し、RFID を利用した位置検知方式を採用した。ここで、RFID リーダには全方位検知型のポータブルなもの、RFID タグには金属探知対応型で受信能力の大きいものを選定（図 20）し、実際の施工現場で必要十分な定位能力があることを確認した。自動定位適用の手順を、以下に示す。

- 1) 打設前に作業範囲を取り巻く外周縁に（スラブの場合は打設平面に）RFID タグを配置する。構造物形状を Android アプリ画面に表示させ、タグ位置をこの画面上でトレースして、RFID タグの位置を定義する（図 21）。
- 2) 作業員に RFID リーダを装着し、複数のタグの検知頻度に基づき作業員位置の定位を行い、この履歴を蓄積して、一定の時間範囲（＝生コン



図 20 打設位置自動検知の機材構成



図 21 構造物位置情報の定義方法

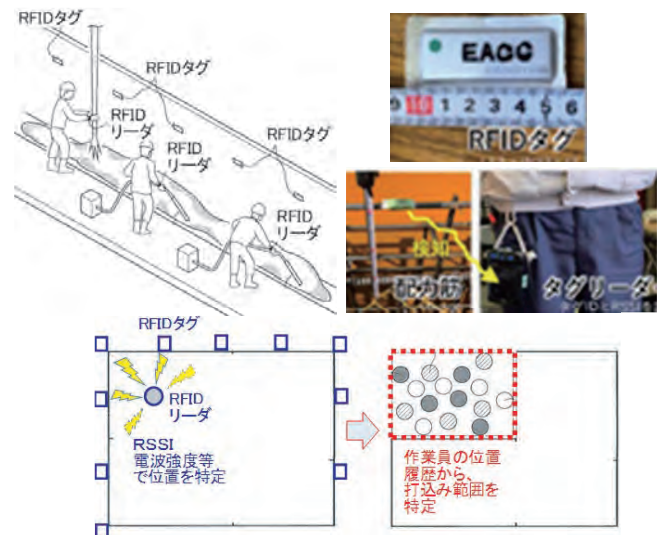


図 22 打込み位置の検知手法

車 1 台分の打込み時間←T-CIM/Concrete からの情報）での打込み位置を定義する（図 22）

- 3) T-CIM/Concrete の打重ね管理システムの表示機能を用いて打込みを表示する（図 23）。
- 4) 同時に、打込み位置情報に、その打込みブロックに対する生コン車 1 台毎の製造・運搬・荷卸し・打込み開始/終了の属性情報もクラウド上に

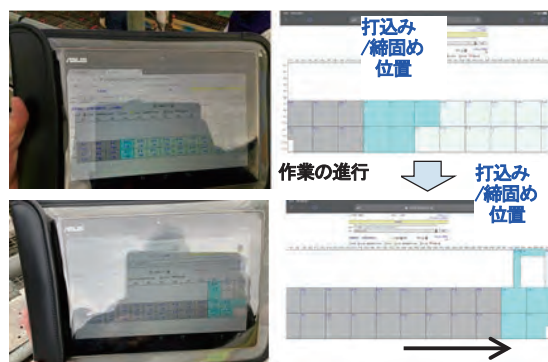


図 23 打込み位置のタブレット画面への表示

登録される。

「打込み中」の水色表示の切り替え基準については、実際の施工状況とタグの検知状況を照合しながら調整し、最終的には、筒先マンとパイプレータマン2名を同時に検知した状態をそのブロックでの作業開始、筒先マンもパイプレータマンも検出されなくなった状態が5分間継続した状態をそのブロックでの作業終了として定義することで、概ね、打重ね管理システムと同様な、打込み作業開始・終了の表示ができるものとした。なお、施工する構造物ごとの作業特性に合わせて、打込み開始/終了の閾値は調整できるようなプログラミングとしている。

生コンの打込み時に、位置、開始・完了時刻の記録を自動化する自動化という当初の目的は満たすことができた。しかし、打設前にRFIDタグを配置し、位置情報を定義するという準備作業は必要であることから、今後より使いやすい打込み位置の自動定位方法を検討していきたいと考えている。

6.3 CIMモデルとの連携と将来にわたる活用

施工段階におけるBIM/CIM活用については、着手時の現況と設計との照査、施工計画等における工程(4D)を含めた発注者や工事関係者との合意形成などが挙げられる。一方で複雑な構造物の場合、計測データに基づく施工状況を3次元で分かりやすくリアルタイムに把握したいというニーズもある。

本試行では、T-CIM[®]/Concreteのクラウド上の打設情報(工場・生コン車・配合呼び名)や打重ね位置情報(打込み部位、開始・終了時刻)をリアルタイムな進捗状況と合わせてCIMモデル上で参照できるようにした。

従来の3次元モデル情報共有クラウドでは、リア

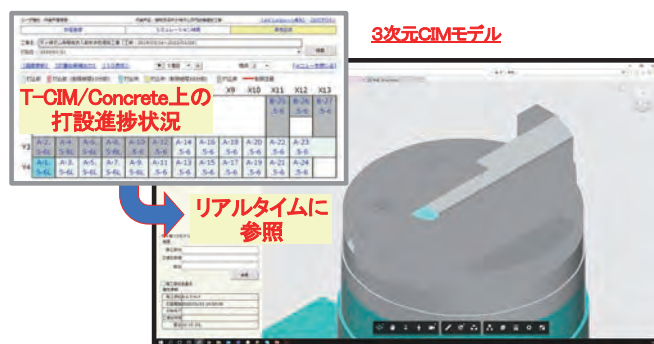


図 24 3次元 CIM モデル上でのリアルタイム表示

ルタイムに計測値に従って注意値なら黄色、警戒なら赤色のようにモデルの色を変化させ、計測のデータ値と共に表示することは困難であった。計測データに基づく自動モデルの更新は高性能パソコン上のCADソフトをカスタマイズしたシステムを開発するしかなかったからである。

今回、オートデスク社の「Forge」という3次元モデルのクラウド開発・表示環境を利用することで、パソコン、タブレット、スマートフォンなど種類を問わない環境でのリアルタイムな施工状況を表示可能とした(図24)。

一方で維持管理段階に向けて得られた計測データを施工品質情報としてCIMモデルに格納して発注者に納品する必要がある。しかし現状において、3次元モデルを作成・編集し、CIMモデルとして属性を付与できるCADソフトは意外と少ない。例えば、建築分野で多用されるオートデスク社の3Dモデラ「Revit」は梁・柱・仕器等部品化できる定形的な構造物モデルの作成には大変有効なツールであるが、公共座標を扱えないことや土木分野で扱う構造物は一品生産であることから教育・運用が困難な場合も多い。そこで今回は、土木分野で広く使われている汎用CADソフト「AutoCAD」と表計算ソフト「Excel」で簡単に属性付与できるツールを併せて整備した(図25)。

現在IFCで格納すべき属性情報も検討されているが、施工中に発生する品質記録の情報は多様であり、3次元モデルの中に全てを格納するのには限界がある。施工部位名など必須でモデル内に格納する情報と、外部参照で参照・加工可能な情報を明確に分けていく必要があると考える。

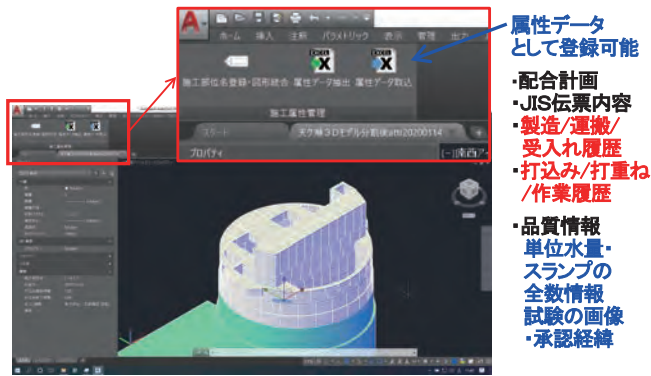


図 25 納品時 CIM モデルへの属性付与ツール

7. 今後の展開

2019 年度の PRISM 制度を活用し、「クラウド型のコンクリート品質管理システムに単位水量とスランプの全数管理機能を付加したシステムを構築」し、実際の工事に適用してその品質の向上効果を確認した。また、「運搬車 1 台毎の製造・施工情報と、品質情報を構造物 CIM モデルとの連携を図りながら参照する手法」についても、実際の工事に適用して、成果物として 3 次元 CAD の納品まで一連のシステムを構築した。

この取組みについては、「データ活用による建設現場の生産性向上ワーキンググループ」より、総合評価 A：試行は十分な効果があり、技術の導入効果や社会実装の実現性について高く評価できる¹²⁾とされ、委員からのコメントとしては以下を受領している。

- ・生コンに関するログをシステムティックに捉えた取組みは大きな意義がある。
- ・単位水量とスランプ値の全量管理の導入効果が定量的に詳細に検討されていて、コンクリートの品質向上に有意な効果があることが示されている。
- ・施工品質の情報を維持管理段階にも活用できる環境の構築に寄与する技術である。

本品質管理システムのスランプ推定については、2019 年度天ヶ瀬ダムで効果を検証したコンクリートは仕様スランプ 15 cm に対して 10.5 cm～21 cm の変動範囲であった。コンクリートの仕様は様々であり、生コンクリートの工場や配合が異なればその流動特性が異なりスランプの評価にも影響することは当然である。

スランプ等の全数調査による品質管理手法の確立とその技術基準の提案

コンソーシアム：大成建設、成和コンサルタント、横浜国立大学、パナソニック No14 クアドバンストテクノロジー、ソイルアンドロックエンジニアリング

試行場所：天ヶ瀬ダム

- ・過年度試行のクラウド型管理システムをベースとし「画像からスランプ値全数を AI 判定する技術」を用いて、普通スランプの他、「中流動・高流動」や「高強度」など幅広いコンクリートへの適用に向けた試行及びシステム改良を実施。
- ・現場実装のための基準改定に向け、全数調査時の管理基準を検討する。

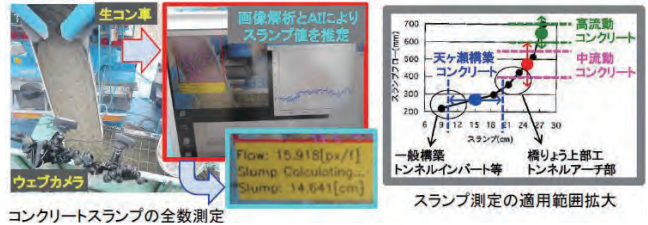


図 26 2019 年度プリズム追加応募（2020 年度試行）の概要（文献 13）を編集）

このたび、2019 年プリズムの追加公募において、「スランプ等の全数調査による品質管理手法の確立とその技術基準の提案」が採用された¹³⁾（図 28）ことから、2020 年度には、2019 年度に確立した画像取得とスランプ判定のシステムを用いて、より幅広い種別のコンクリートについての画像を収集し、スランプ推定の確実性を高め、将来的には AI による Deep Learning が可能となるようなシステム作りをしていきたい。また、コンクリートの検査はスランプと単位水量だけではないため、これ以外の受け入れ検査項目についても全数の自動測定方法を検討していくことを考えている。

2019 年度の「生コン情報の電子化」ならびに「電子化情報を活用した品質管理の高度化」についての取組みについては、日本建設業連合会土木技術委員会コンクリート技術部会/土木情報技術部会の協力により 2020 年 1 月 21 日に天ヶ瀬ダムにおいて現場見学会を開催し、コンクリート生産性向上検討協議会の委員の先生方も含めて、詳細をご覧ください機会を持つことができた。また、内閣府、国土交通省の技術調査課・国土技術政策総合研究所、国土技術研究センターの方々にも実際の施工と管理の状況を現場にてご視察いただき、数多くの貴重なご意見をいただいている。

この中で指摘された大きな課題として、このような新しい全数管理を適用した場合にどのような管理基準を採用すべきか、がある。この基準は、生コン供給者、施工者と監督者の三者ともにメリットが

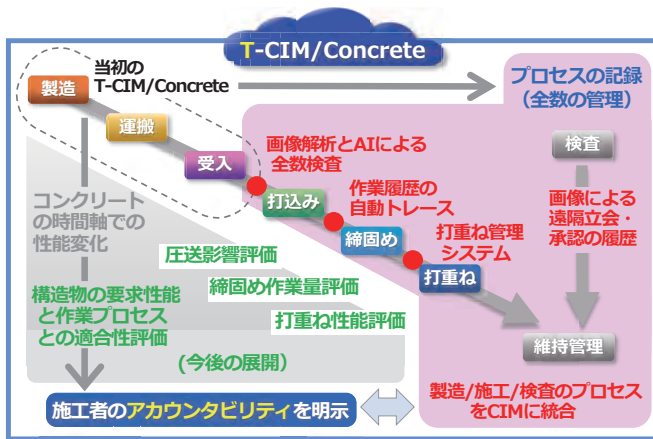


図 27 構造物維持管理へのストレートライン

あり、納得ができるものであるべきであることから、これを反映した基準の在り方についても、今後検討をしていきたい。

前述したが、今回単位水量とスランブを全数測定としたのは、これらが完成した構造物の圧縮強度と施工性の保証となり将来の維持管理に有用になると考えたことによる。将来の維持管理に向けてのT-CIM[®]/Concreteによる施工管理のストレートラインのイメージ図を図27に示す。

T-CIM[®]/Concreteでは、生コン車1台単位で、製造・運搬・受入れの履歴に加え、構造物のどの位置にどのように打ち込んだかのプロセスも含めて、時間と位置の情報を記録に残せるようにしている。

今回、全数管理としたのは受入れのステージであるが、スランブについては、受け入れ後に時刻歴で変化する性質のものである。T-CIM[®]/Concreteにより、荷卸し後のコンクリートに対する作業を時間と空間の双方についてトレースが可能となることから、さらに、時間軸で変化するコンクリートの性能を把握し、圧送・打込み・締固めの各作業がその時点のコンクリートの性能に対して適切に行われたかを評価するルーチンを加えることで、将来に構造物としての性能の発揮を保証し得るようにして、「施工者のアカウントビリティ」を明示できる体系化についても、今後進めていきたいと考えている。

CIMとの連携については、2019年度の試行はコンクリートの品質管理に関するBIM/CIM連携であったが、今回開発した3次元モデルのクラウド表

示システムについては一般のIT協力会社でもシステム化できるよう拡張性を考慮してAPI（Application Programming Interface）化し、汎用性を持たせている。このことにより、コンクリートの品質管理のみならず他工種にも応用できると考えているので、BIM/CIMの更なる現場の生産性向上・品質に資する技術として、今後、コンクリート工に関わらず他工種でのリアルタイム状況表示などへの応用についても検討していきたい。

参考文献

- 1) 大成建設ホームページ： https://www.taisei.co.jp/about_us/wn/2016/161122_3811.html, 2016. 11. 22
- 2) 北原剛：現場イノベーションの最新事例(1)現場打ちコンクリートの新しい管理手法, 土木学会「現場イノベーションプロジェクト」シンポジウム, 2017. 6. 1
- 3) 北原剛：現場打ちコンクリート工事の新しい管理手法の提言～生コン情報の電子化による品質向上と生産性向上～, セメントコンクリート, No. 847, 2017. 9
- 4) 国土交通省ホームページ： https://www.mlit.go.jp/tec/tec_tk_000062.html および <https://www.mlit.go.jp/common/001259526.pdf>
- 5) 国土交通省大臣官房技術調査課：第5回コンクリート生産性向上検討協議会 資料5, 2017. 10
- 6) 国土交通省大臣官房技術調査課：第6回コンクリート生産性向上検討協議会 資料5, 2018. 3
- 7) 国土交通省大臣官房技術調査課：第8回コンクリート生産性向上検討協議会 資料4および資料-5, 2019. 3
- 8) 国土交通省ホームページ： <https://www.mlit.go.jp/common/001284515.pdf> および <https://www.mlit.go.jp/common/001302168.pdf>
- 9) 大友健ほか：「生コン情報電子化」が打込み作業の生産性向上に及ぼす効果—コンクリートの出荷～運搬～打込み/品質管理情報を電子化し、クラウド上で共有する試み—, コンクリート工学, Vol. 57, No. 11, 2019. 11
- 10) 国土交通省ホームページ： <https://www.mlit.go.jp/common/001302424.pdf>
- 11) 大友健ほか：トラックアジテータから排出されるコンクリートの流下速度とスランブ値との関係, コンクリート工学年次論文集, Vol. 42, 2020. 7
- 12) 国土交通省ホームページ： <https://www.mlit.go.jp/tec/content/001339775.pdf>
- 13) 国土交通省ホームページ： <https://www.mlit.go.jp/tec/content/001356734.pdf>

寄稿

映像認識 AI とデジタルツインを用いた 施工改善支援システムの開発および現場適用

株式会社奥村組 ICT 統括センター イノベーション部 DX 推進課 課長 藤本 情志

1. はじめに

近年、ICT や IoT の急速な発展・普及やそれらに追随した基準類の策定により、一部の工種においては現場の労働生産性の向上が図られつつあるが、これら先進技術の導入が未だ進んでいない工種も多い。

このような状況下、建設産業全体の生産性を向上させるためには、さらなる技術の開発・導入に加え、日々の施工において現場に潜んでいるムリ・ムラ・ムダを洗い出し、施工改善を図っていくことが不可欠と考える。

一方、同施策を講じていくために必要となる生産性等の詳細な施工サイクルデータの収集は、目視による時間計測など人力で行われることが多く、多大な労力がかかるため、施工改善を図るうえで大きな負担となる。

このような状況下、国土交通省は建設現場の生産性向上を目指す i-Construction¹⁾と、統合イノベーション戦略²⁾(平成 30 年 6 月 15 日閣議決定)を受け、「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」をスタートさせた。

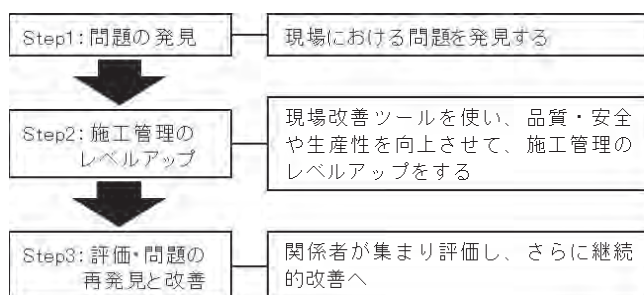
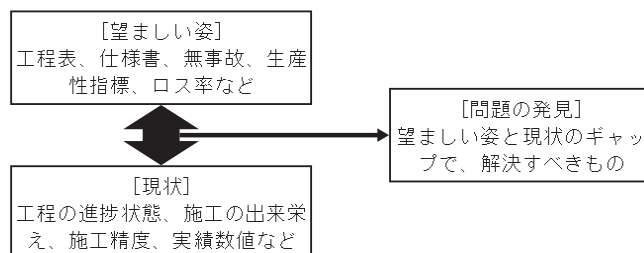
本稿では、同プロジェクトの助成を受け実施した施工の詳細データを自動で取得し見える化するシステムの開発と、同システムを現場に適用したカイゼン活動による労働生産性の向上への取り組みについて紹介する。

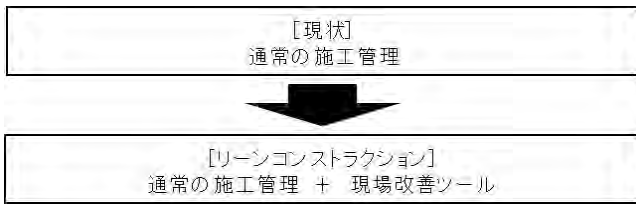
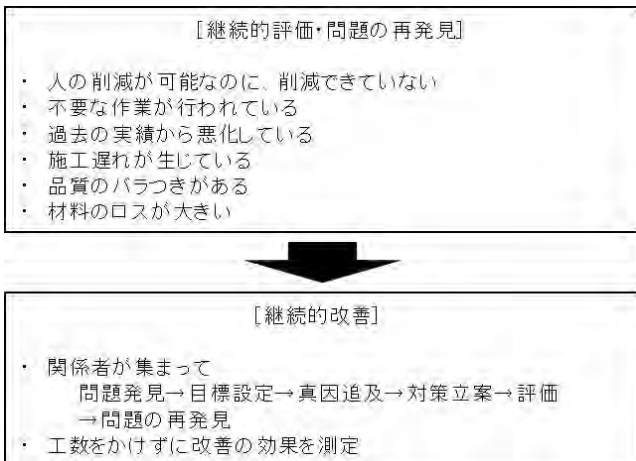
2. 生産性の向上

生産性の向上への取り組み例としてよく挙げられるのは、「トヨタ式生産方式」である。トヨタ式生産方式 (TPS, Toyota Production System) の根底の思想は、生産現場の「ムリ・ムラ・ムダ」を徹底的になくし、良いものだけを効率良く造ることにあり³⁾、生産性向上と品質確保を追究している。

この TPS の考え方を建設工事に応用しようとする建設方式として、リーンコンストラクション (LC, Lean Construction) がある。しかし LC は日本では発展せず、主に海外で適用が進められてきた。1980 年代初め日本のトヨタ式の技術文書が英語に翻訳されて海外の製造業に導入され、それが 1990 年代半ばから海外の建設現場に導入され始め、近年、米国を初め十数カ国で適用・研究がなされているが、日本では建設現場で施工管理と一体で TPS を用いる動きはこれまであまりなかった⁴⁾。

今回の試行では、図-1⁵⁾に示すリーンコンストラクションの流れに従い、現場における問題を顕在化させ (図-2⁵⁾)、望ましい姿に向けて改善ツールなどを活用し施工管理のレベルアップを図り (図-3⁵⁾)、取り組んだ結果に対する評価を行う (図-4⁵⁾) ことで継続的改善 (以下 カイゼン活動) を実施する。

図-1 現場改善システムの流れ⁵⁾図-2 問題の発見⁵⁾

図-3 施工管理のレベルアップ⁵⁾図-4 評価と継続的改善⁵⁾

3. 建設現場におけるカイゼン活動の現状

日本の建設現場では、施工管理と一体でTPSを活用する動きはなかったが、実際の建設現場では意識することなくムリ・ムラ・ムダの排除を行っており、繰り返しが多い工程などでは経験や慣れなど暗黙知の形で作業効率の改善が図られている。

経験や慣れによる作業効率の改善は、図-5に示す出来高累計曲線からわかるように、従来の曲線において、施工の序盤では発揮されず、施工中盤において経験や慣れにより生産性が向上し、施工終盤においては停滞する傾向にある。これは個々の作業員の熟練度による改善箇所の気づきによるところが大きいため施工序盤での改善は難しく施工中盤以降に

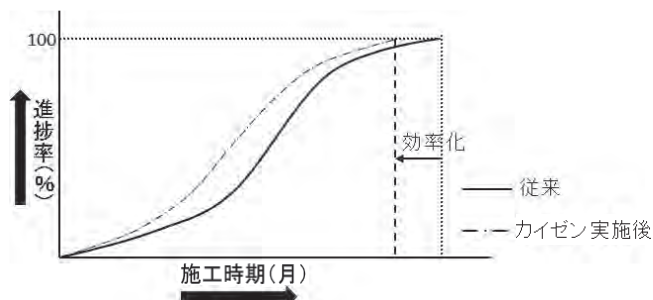


図-5 出来高累計曲線にみるカイゼン効果

改善されることが多くなる。

今回の取り組みでは、個々の作業員の自然な気づきに頼る改善ではなく、作業を定量的に把握するために作業状況を数値化し、取得したデータを比較することで問題個所の洗い出し容易にする。そうすることで図-5に示すカイゼン実施後の曲線のように施工序盤から改善効果を引き出し、効率化による進捗率の早期向上を目指すことにある。具体的には、各作業工程のサイクルタイムを常時取得し、蓄積したデータを比較検討することで改善すべき箇所を洗い出し、改善内容を検討する。

しかしながら、建設現場における現状は、各作業工程のサイクルタイムを常時取得し比較検討するには、職長もしくは監督員が作業時間を常時計測する必要がある、実際の建設現場で行うことは困難である。

そこで、作業工程のサイクルタイムを自動取得し、取得したデータを比較することが可能なシステムを開発し、関係者がシステムを使用して比較したデータから問題個所を洗い出し、改善方法の策定・実施する活動を継続的に行うことで作業の効率化を図る取り組みを試行した。

4. 試行概要

4.1. 試行の全体概要

本試行では、カイゼン活動を有効的に実施するために、工程の繰り返しが多い補強土壁工にて試行することとした。補強土壁工の工程および試行対象工程を表-1に示す。

また、本試行で構築したシステムの概要を図-6に示す。本試行では、現場内に設置したクラウドカメラにより常時撮影した現場映像を用いて、ブルドーザやダンプトラックなどの建設機械、作業員およびスキンプレートなどの資材の位置や動きを抽出する映像認識AIを開発した。抽出したデータを時系列に分析することで作業工程のサイクルタイムを自動で数値化・グラフ化するシステムを開発し、作業の見える化を行った。

また、常設している建設機械に取り付けたセンサーから取得したデータと映像認識AIで抽出した作業員および資材の位置情報を合わせて、現場の

3D モデルに反映することで、現場の進捗や建設機械の配置等をデジタル空間に再現するデジタルツインを構築した。

これらのシステムを現場の施工改善を図るためのカイゼン活動で使用し、効率的な改善作業の洗い出しおよび改善方法を検討し、かつデジタルツインを用いて作業員に具体的指示を行うことで労働生産性の向上を目指した。なお、これらの情報は全てクラウド上に集約し、閲覧権限を付与することで、複数の関係者による web 上での幅広い情報共有を可能とした。

表-1 補強土壁工の全工程および試行対象工程

種別	工程
基礎	
壁面材組立・設置	スキンプレート設置
埋戻し	撒き出し
	敷均し
	締固め
補強材取付	ストリップバー設置
かさコンクリート	
防護柵基礎	
壁高欄	

■ : 試行対象工程

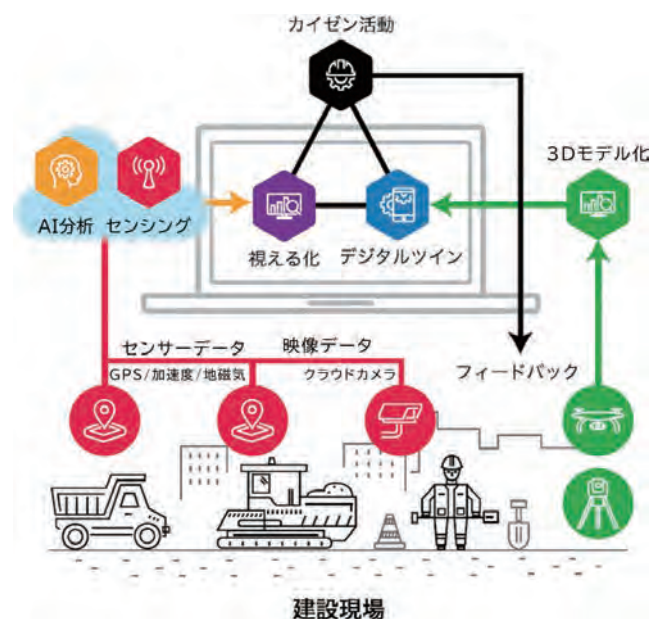


図-6 試行で構築したシステムの概要図

4.2. 映像認識 AI を用いた施工情報の見える化

施工情報の見える化に必要な現場映像の取得は、一般的に監視カメラとして市販されているクラウド型監視カメラで行った。クラウド型監視カメラの仕様を表-2 に示す。映像認識は、①クラウド環境にアップロードした動画データを 0.5 秒ごとに切り出して複数の静止画像を作成、② AI による各静止画像中のオブジェクトの種類と位置の認識（図-7）、③認識した複数情報のパターン分析による作業内容の自動判別、という 3 つの手順で行った。また、クラウド型監視カメラの映像および判別・数値化したデータは、作業内容および作業時間等をサイクルタイムや平面移動範囲など様々なグラフを用いて見える化し、後述するカイゼン活動の基礎資料とした。グラフの一例を図-8 に示す。

表-2 クラウド型監視カメラの仕様

項目	仕様
本体	
本体サイズ(mm)	約H210×W180×D120
重量	2.6Kg
画角水平	61.8° -6.7°
LIVE映像画質	HD/100万画素/30fps
録画映像画質	HD/100万画素/30fps



図-7 AI によるオブジェクト認識例

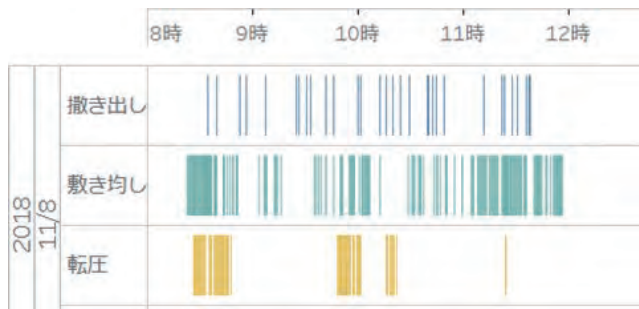


図-8 工程別作業実績ガントチャートで見える化

4.3. デジタルツインを用いた情報共有

デジタルツインの実装では、UAV 写真計測・地上レーザ計測での地形データ、ハンディスキャナによる施工段階ごとの地形の点群データ、およびコンクリート構造物等の進捗にあわせた3Dデータ(表-3)を組み合わせた統合3Dモデルを構築した(図-9)。また、図-10に示すように建設機械に設置した複数の車載センサーから取得した位置情報

表-3 施工進捗に合わせた現場の再現

進捗予定		図
11月 末	工程表を基にした壁面展開図	
	デジタルツインによる再現	
12月 末	工程表を基にした壁面展開図	
	デジタルツインによる再現	



図-9 デジタルツイン構成図



図-10 車載センサー

と、先述した映像認識 AI より取得した作業員や資材の位置情報を組み合わせ、統合 3D モデル上に再現した。現在の状況をデジタル空間に表現するだけでなく、過去の作業データの蓄積・再現や簡易なシミュレーション機能も備えており、日々の打合せ等において建設機械や資材の配置計画の見直しなどに効果的かつ効率的に活用することができる。

なお、今回実装したデジタルツインは、最適化により扱うデータ量を最小限に抑え、クラウド上の 3D モデルを再現するシステムを活用することにより、通常のパソコンや iPad 等のスマートデバイスからでも快適な操作が可能な仕様とした。

4.4. カイゼン活動の実施

クラウド型監視カメラで撮影した現場映像や映像認識 AI で視える化したデータとデジタルツインで取得したデータから、資材の手待ち状態等のムダ・ムラが発生している停滞作業を洗い出し、作業計画を改善する検討会議（図-11）を実施するとともに、結果を現場へフィードバックした。同時に、現場にフィードバックした改善施策に対する効果も映像認識 AI にて視える化したデータを用いて検証を行った。これらのサイクルを繰り返すことで、現場の労働生産性の向上を図った。なお、一連のカイゼン活動のサイクルは 1 週間程度とし、早期の改善行動実施に努めた。

5. 試行結果と考察

(1) 映像認識 AI の精度

現場映像からの作業内容等の自動判別は先述の通



図-11 改善方法検討会議実施状況

り、主に AI による各オブジェクトの種類・位置の認識と、パターン分析による作業内容・作業時間等の判別の 2 工程に分けられる。それぞれの工程の精度検証結果を以下に示す。

a) AI モデルの認識精度の検証

本試行で適用した AI モデルの認識精度を検証する方法は次の通りである。認識（予測）結果を表-4 に示す混同行列の 4 象限に分類し、機械学習の評価手法として代表的である mAP（mean Average Precision：オブジェクトの有無の認識精度）と mIoU（mean Intersection over Union：オブジェクトの位置の認識精度）の 2 種類の指標を用い、表-5 に示すようにカメラの角度等の撮影条件が異なる 3 つのケースでの精度を比較した。

mAP は、式(1)と式(2)に示す算出方法とした。

P （Precision, 適合率）= AP （Average Precision, 平均適合率）

$$= \frac{TP_{count}}{FP_{count} \cup TP_{count}} \quad (1)^{*}$$

$$mAP = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M AP_i \quad (2)$$

TP_{count} ：オブジェクトごとの FP・TP の総数

M ：オブジェクトの種類数

表-4 混同行列（confusion-matrix）

		正解	
		正	負
予測（認識）	正	真陽性 TP(True Positive) あると予測し 実際にあった	偽陽性 FP(False Positive) あると予測したが 実際はなかった
	負	偽陰性 FN(False Negative) ないと予想したが 実際はあった	真陰性 TN(True Negative) ないと予想し 実際はなかった

表-5 撮影条件一覧表

	① 9/20	② 11/12	③ 12/5～12/10
距離 (m)	88.2	84.5	81.1
焦点距離 (mm) (35mm換算)	108.6	74.6	73.7
俯角 (度)	10.8	13.5	10

※本試行では AI の予測結果には順位付けをしていないため、Precision と Average Precision は等しい値となる

mIoU は、式(3)と式(4)に示す算出方法とした。

$$IoU = \frac{TP_{area}}{FP_{area} \cup TP_{area} \cup FN_{area}} \quad (4)$$

$$mIoU = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M IoU_i \quad (3)$$

$FP_{area} \cdot TP_{area} \cdot FN_{area}$: オブジェクトごとの FP・TP・FN の領域面積

撮影条件の異なる両指標の算出結果を図-12 に示す。

mAP については、AI の学習に用いた撮影条件である① 9/20 で 0.92836 と比較的高い値を示し、AI モデルとして適切であった一方、撮影条件が変わると、大きく低下した。また、mIoU では、mAP と比較して全ての画角で低い精度に留まっており、オブジェクト位置の認識精度は高いとは言えない結果となった。

b) 自動判別の精度検証

AI の認識精度評価と同様、パターン分析によって自動判別された認識結果を表-4 に示す混同行列の 4 象限に分類し、適合率を算出した。算定結果を図-13 に示す。敷均しや転圧など、主に重機の静動で判別できる単純な工程の判別精度は比較的高いものの、壁面材設置など、複数オブジェクトが作業に関係するうえ、オブジェクトの位置情報等が必要になる複雑な工程の判別精度は低い結果となった。

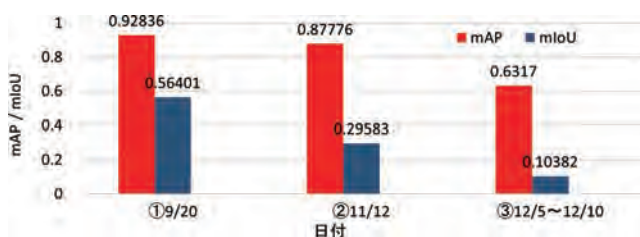


図-12 撮影条件の違いによる AI 認識精度の比較

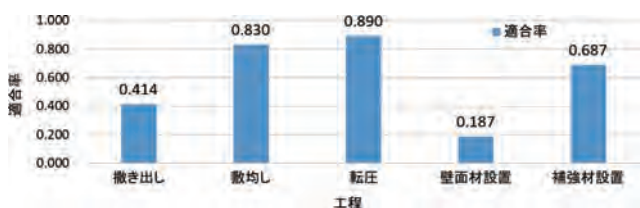


図-13 工程別判別精度（適合率）の比較

(2) デジタルツインのリアルタイム性の検証

デジタルツインは本来、全てのデータがリアルタイムでデジタル空間に反映されることが理想であるが、本試行では、種々の理由でタイムラグが生じている。表-6 に示すとおり、建設機械に設置した車載センサーのデータは最大 13 分、AI のデータは最大 40 分程度、反映までのタイムラグが発生する。また、ハンディスキャナによる地形データの計測、データ反映については、計測自体は従来の地上型レーザースキャナ（TLS）と比較して手間が少ないものの、計測結果から 3D モデルを作成し、デジタルツインへ反映する際には、TLS と同程度の約 1 週間かかっており、これらのリアルタイム性に課題が残った。

3) カイゼン活動による労働生産性向上の効果

カイゼン活動の一例として、補強土壁工における壁面材設置作業での安全設備等撤去による建設機械の待機時間が全体作業時間の 6% を占めている状況を把握し、作業手順の見直し等により同時間を全体の 1% に低減した（図-14）。こうしたカイゼン活動を複数回実施することで、壁面材設置作業の労働生産性は、表-7 に示すように、施工序盤と比較して 20.2%、施工中盤（カイゼン活動実施直前）と比較して 5.6% 向上した。なお、施工序盤から施工中盤にかけての生産性向上については、施工の慣れによるものも多分に含まれていることから、施工中盤から比較した 5.6% の向上という結果が、カイゼン活動による効果となる。

表-6 デジタルツインへのデータ反映のタイムラグ

データ取得元	データ送信頻度	データ送信のタイムラグ	デジタルツイン更新頻度	最大遅れ
車載センサー	10秒/回	2～3分	10分/回	13分
AI		最大30分		40分

表-7 各期間における壁面材設置の生産性

期間 () 単位	サンプル日数 (日)	設置面積 (m ²)	作業時間 (時間)	施工人員 (人)	生産性 (m ² /人・時)
① 08/23～11/05 (序盤)	17	255.43	13.18	4	4.35
② 11/06～11/30 (中盤)	17	473.12	21.42	4	5.52
③ 12/01～01/30 (終盤)	17	357.02	15.30	4	5.83

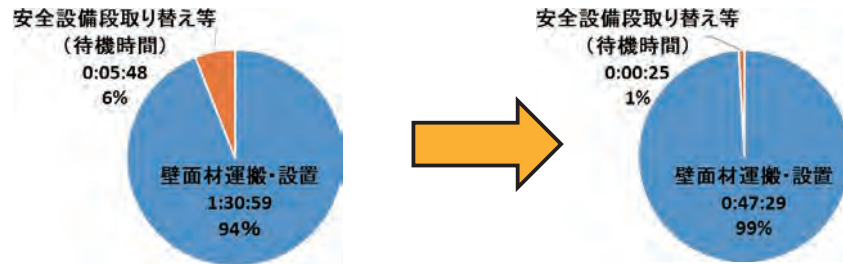


図-14 カイゼン活動による重機待機時間の削減

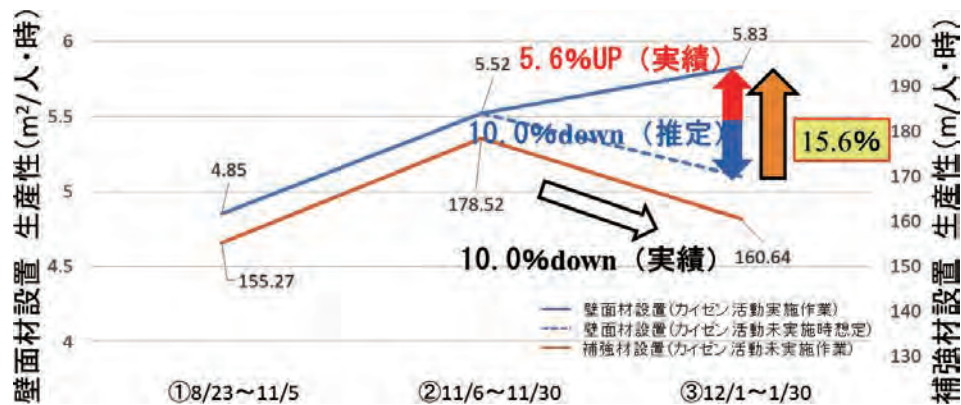


図-15 壁面材および補強材設置における生産性の推移

しかし、試行期間中に、生産性向上に有効な施策を実行できなかった補強材設置作業では、図-15に示すように施工中盤から施工終盤にかけて、施工条件の悪化により10%程度生産性が低下している。同条件で施工した壁面材設置作業についても、カイゼン活動を実施しなかった場合、同程度の生産性低下が起こっていたと考えられ、同値に、施工中盤から施工後半にかけての生産性向上値5.6%（実績）を加えた15.6%の生産性向上が、カイゼン活動実施による効果であると推定される。

6. 課題と今後の展開

先の試行結果と考察にも述べたが、AIの学習と同じ撮影条件のmAPは92.8%と高い精度を示したが、画角が変わることによりmAPが低下した原因は、学習に用いた画像に多様性がなかったことによりAIモデルへの過学習が起きたと考える。今後、AIモデルに学習させる映像に多様性を持たせることで画角の違いにより生じたmAPの低下を抑え、AIモデルの汎用性を高める必要がある。

また、自動判別の精度において、複数のオブジェクトが作業に関係する複雑な工程の判別精度が低い

結果となったのは、mIoUの精度が影響していると推測する。mIoUの向上には、オブジェクト認識の精度を高める必要があり、複数のAIモデルを用いてオブジェクト認識時に用いている範囲の境界精度を高める必要がある。

本試行では、AIの認識精度に課題が残るものの、LCの流れに従ったカイゼン活動により施工終盤にも労働生産性を向上しており、繰り返し工程の発生する作業の生産性の向上に有効な手法であることが確認できた。

今後は、本試行に用いた補強土壁工と同様に繰り返しが発生する作業にカイゼン活動の適用を行い、生産性の向上を図りたい。

7. おわりに

今回試行したシステムがさらに発展すれば、多大な労力を必要とすることなく現場の詳細なデータが自動で取得出来るようになり、現場に潜むムリ・ムラ・ムダの洗い出しが容易になると考えられる。また、それらをクラウド上で共有することにより、いつでも・どこでも・誰にでも、現場の進捗に関する問題・課題を認識することが可能である。

さらに、課題抽出～施工改善に至るプロセスの標準化に取り組む事で、適切なタイミングで過去の改善プロセスを引き出す事が可能となり、熟練者に依存せずに労働生産性の向上が可能になる技術であると考えている。

一方で、今回活用した手法を広く展開するためには、様々な工種や工法・作業単位のデータを取得しなければならず、非常に膨大なデータが必要となる。この膨大なデータの作成には、一企業や団体で取り組むには限界があり、産・官・学が連携し、業界全体で継続的に段階を踏んで取り組む必要があると考えている。

なお、本試行は国土交通省の「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」の助成を受けて実施されたものである。

参考文献

- 1) 国土交通省：i-Construction 推進に向けたロードマップ, http://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/pdf/180601_roadmap.pdf (2019.3.29 入手)
- 2) 内閣府：統合イノベーション戦略【本文】, https://www.8.cao.go.jp/cstp/tougosenryaku/tougo_honbun.pdf (2019.3.29 入手)
- 3) トヨタ自動車株式会社：トヨタ生産方式, <https://global.toyota/jp/company/vision-and-philosophy/production-system/> (2020.07.06 入手)
- 4) 猪熊明・志村満・小泉力 (2014) 「リーンコンストラクションの日本での適用性」, 『土木学会論文集 F4 (建設マネジメント)』, 70(3), pp. 119-125
- 5) 猪熊明・志村満『工事の品質と生産性向上のための手引き(クリティカルパス法・リーンコンストラクション等の手引き) 2015』一般社団法人 全国土木施工管理技士会連合会, 2015 年, p 19-20

資材価格予測モデルの構築に向けて

日本大学スポーツ科学部 スポーツ科学研究所
総合研究所 経済研究課

1. はじめに

建設事業は、その計画から竣工まで長い時間を要することから、建築費の将来価格を予測することができれば、建設事業者は、建築事業に伴うリスクをコントロールすることができる。

本研究は、建築費指数等の中長期予測に関する情報を収集分析し、現状の算定手法を把握すると共に、価格情報を用いた中長期予測モデル式の開発を目的として実施した。

建築費価格には、建設業者が投入するインプット価格と、最終的な需要者が購入するアウトプット価格がある。経済モデルでは、経済システムの中での市場均衡の中で決定される価格を予測するために、アウトプット価格を利用しなければならない。それは、一般的に経済活動の中で認識されるのは、インプット価格ではなくアウトプット価格だからである。例えば、経済活動としての建設は、建設そのものに意味があるわけではなく、建設活動を通じて供給される不動産を活用するためであり、その不動産から生み出されるサービスを楽しむために、政府・企業・家計は建設投資を行う。その際に決定されるのが、アウトプット価格であり、インプット価格ではない。インプット価格はあくまでもアウトプット価格の一構成要素でしかない。

しかし、本研究を開始してから、わが国においては、経済モデルに耐えうることができるアウトプット価格は存在しておらず、それを作成することも困難であることが分かった¹。

そのため、短期変動または中期変動を説明することができる予測モデルは、インプット指数を利用することが余儀なくされた。インプット価格は、建築費を構成する資材ごとに価格変動構造が異なるために、部材ごとのモデルを推計することとした。

また、現在、入手可能な建築費指数を用いることが余儀なくされるが、同指数を使って予測モデルを

構築しようとした場合には、異なるモデルを設定しなければならない。具体的には、建築費は多くの資材や労賃や運送費などによって構成されるが、それぞれの資材単位での価格変動を理解しておかなければならない。インプット価格は供給価格であることから、生産サイドの構造の違いが価格変動の違いとなって生まれる。鉄などのように海外からの輸入のシェアが大きい場合には、国内だけでなく国際的な経済変動に強い影響を受けるかもしれないし、地域間でも連動する可能性がある。生コンクリートなどは、極めてローカルな市場であるため、異なる価格変動要因を持つとともに、地域間でも独立した動きを持つ可能性が高い。

そこで、本稿では、入手可能なインプット価格を用いて、建設物価の時系列および地域特性を把握し、予測モデルを構築するため、10都市別の建築費指数（建設物価調査会）のダイナミクスを分析した。第3項で、建築費指数の特徴を明らかにしたうえで、第4項では、地域別 VARX モデルを推計し、地域間、および建設資材間での価格波及について分析した。第5項では、第4項で明らかになった地域間波及の効果を、Global VAR² モデルで検証する。第6項では、結論と残された課題を述べる。

2. 建設物価予測に関する先行研究

建築費の予測モデルに関する研究のほとんどは、

- 1 建築費価格指数の構築には、OECD や各国の統計機関が先駆的な研究を実施しているが、現在のデータ資源下で、アウトプット型建築費価格指数の構築は困難であるという結論に至っている。
- 2 ここでは、マクロ経済変動と併せて、地域的な価格変動が相互に影響し合うことを考慮したモデル開発を行った。近年において、著しい発達を見せた VAR モデルを拡張し、Global VAR モデルの適用可能性を試みた。建築費予測に、このモデルの適用を試みた研究はこれまで無いと考える。

公共工事や実務家向けの価格予測モデルに焦点を合わせたものである。たとえば、Wong and Ng (2010), Taylor and Bowen (1987), Hua and Pin (2000) は、いくつかのモデル (Box-Jenkins, 重回帰, ベクトル誤差修正, 線形回帰, 指数回帰, 移動平均, ARIMA) を分析し、予測力を比較している。ただし、1つの変数の時系列に基づく分析は、過去の傾向が将来にわたって続くという強い仮定に基づいているため、傾向が変化すると大きなエラーが発生するだけでなく、非常に短期的な予測のみ可能である。また、他の変数との相互作用は考慮されない。したがって、近年では、VAR モデルとベクトル誤差修正モデルが利用されることが多くなっている。これらは、複数の変数間の関係を考慮に入れて、長期の均衡と短期のダイナミクスを考慮した分析を可能にする手法であり、Hwang and Liu (2010) は、VAR, ARIMA, 指数平滑法, 移動平均を比較し、VAR モデルが建設業界の生産性の予測に最も適していると評価した。Jiang and Liu (2013) は、オーストラリアの 1996 年から 2011 年までの建築費を使用して、説明変数として国民所得、人口、失業率、および金利を含むモデルを推定し、モデルの予測精度をインサンプルテストで確認するとともに、世界的な金融危機の影響も分析している。また、Dipasquale (1999) は、税制やその他の海外の要因も建設コストに影響することを示している。

このように、建築費のダイナミクスを分析した研究は複数あるものの、いずれも利用しているデータが住宅価格であり、土地部分を明確に分離していないという問題を抱えている。本研究では、建物の工事費データを用いることにより、建物の価格のみを分析対象としている点で、他の分析とは異なるアプローチである。

3. 予測モデルで使う建築価格

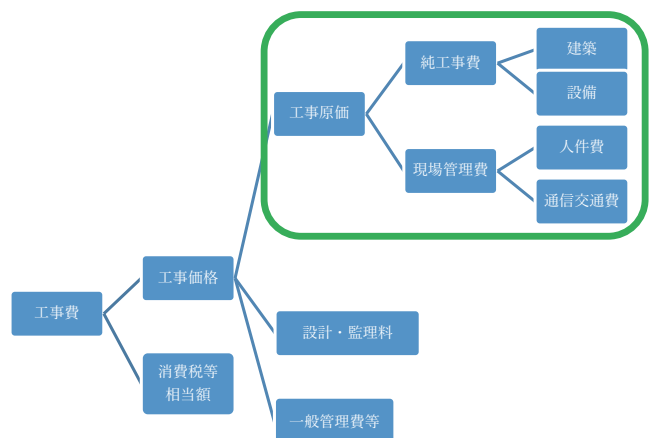
3.1. 建築費指数 (Building Construction Cost Index・BCCI)

わが国建設業の物価指数としては、(1)国民経済計算「建設デフレーター」、(2)国土交通省「建設工事費デフレーター」、(3)建設物価調査会「建築費指数」、(4)建築着工統計「工事費予定額」が存在して

いる。それぞれカバーする範囲が異なっており、国民経済計算の建設デフレーターや国土交通省の建設工事費デフレーターには利潤が含まれていない。一方、建築着工統計の工事費予定額は、アウトプット価格としてカバーしたい部分が概ね網羅されているが、品質調整がなされていないため、品質の変化によってもたらされている価格変化を排除できていないという特徴がある。

今回利用する「建築費指数」(建設物価調査会)は、建物を建築する際の工事価格の変動を明らかにすることを目的として作成されているもので、図 1 の枠で囲った部分を対象としている³。

工事価格は、「工事原価」「設計・監理費」「一般管理費」から成る。「工事原価」は、「純工事費」と「現場管理費」から成るが、現場管理費は、工事施工にあたり、工事現場を管理運営するために必要な共通仮設費以外の費用であり、人件費(作業所の従業員給料・手当等)、事務用品費、設計費、通信・交通費、金融・保険料等が含まれる。新営の建築工事における現場管理費の構成をウエイトの高い項目は、従業員給与手当が約 63%、法定福利費が約 14% (国土交通省大臣官房官庁営繕部計画課 (2009)) であり、現場管理費の大部分を人件費が占めていることが分かる。ただし、この人件費には作業所の従業員以外の元請への給与は含まれておらず、それら給与は一般管理費として計上される。なお、建築費



(資料) 建設物価調査会 HP「建築費指数の作成方法」より筆者作成

図 1 公共建築工事の工事費積算における工事費の構成

3 なお、市場での建物価格(いわゆる産出価格)は、工事費に元請利潤を加算したものである。

指数の作成にあたって、現場管理費は、「毎月勤労統計（厚生労働省）」、「企業向けサービス価格指数（日本銀行）」、「消費者物価指数（総務省）」等から算出されている。

3.2. 指数作成方法

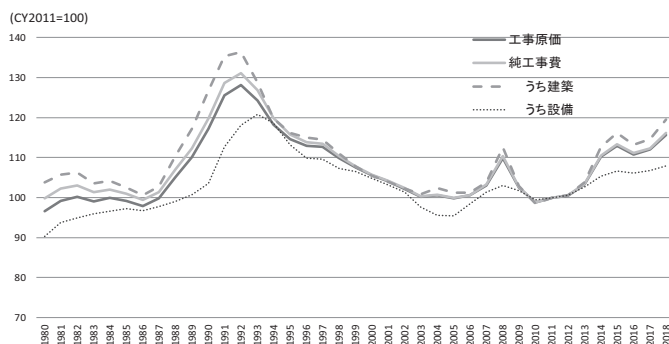
建物はそれぞれ個別の条件によって建築されるのがほとんどであるため、同一の建物の工事価格を時系列で比較することによって物価指数作成の方法をとることができない。こうしたことから、この建築費指数は、それぞれの建物をいわば基準化した建物として設定し、基準化したそれぞれの建物の建築工事費のうち、工事原価を構成する各費目及び細目等の工事費のウエイトを求め、それぞれの費目、細目等に対応させた工事価格指数を、そのウエイトによって集計する方法をとっている。ウエイトは、2011年（基準年）で固定されているラスパイレ方式である。したがって、実際に建築された建物の工事価格による指数ではなく、理論的な指数となっている。また、建物の内容差が時間によって変化することから、できるだけ実態に合った指数とするため、基準化した建物を見直すなどの基準年の改定が5年ごとに行われている。価格データは、建設物価調査会調査による建設資材価格、施工単価、官公庁公表の諸統計などの結果が用いられている⁴。地域別には、東京、大阪、名古屋、福岡、広島、高松、金沢、新潟、仙台及び札幌の10都市について指数が計算されている⁵。

$$I_t = \sum_{i=1}^n W_0^i U_t^i$$

I：建築費指数，W：細目ウエイト，U：細目価格指数，i：各細目，0：基準時，t：比較時

1980年以降の建設費指数の動向をみたものが、図2である。純工事費の推移は、建物の建設費用の推移とほぼ一致している。1992年に向かって上昇し、2005年以降、特にリーマンショック直前の

2008年にミニバブル期に上昇するまで下降傾向にあった。2013年以降、急激に上昇し、2005年以来最高レベルにある。一方、設備費用の変動は、建物の建設費用の変動よりも変動幅が小さく、若干の遅れを伴っている。



（資料）建設物価調査会「建築費指数」

図2 建築費指数（SRC、構造別平均）

次に、各科目が工事費に占める割合をみていきたい（表2）。SRC造とS造では鉄骨工事（主な資材として、H形鋼）が、RC造では鉄筋工事（主な資材として異形棒鋼）が最も大きなウエイトを占めている。複数資材の合計値である仮設や金属を除けば、次に大きいウエイトを占めるのがコンクリート工事（主な資材として生コンクリート）である⁶。

表2 建築費指数各科目のウエイト

	SRC造	RC造	S造		木造
鉄骨	18.9%	1.7%	21.5%	仮設	38%
仮設	9.6%	9.5%	9.4%	基礎	16%
金属	8.6%	5.9%	9.9%	木工	11%
金属製建具	7.6%	7.5%	7.5%	屋根	9%
仕上ユニット	7.5%	9.3%	6.3%	金属製建具	6%
コンクリート	7.1%	10.3%	7.0%	木製建具	6%
内外装	6.5%	7.8%	7.9%	ガラス	4%
鉄筋	6.4%	11.7%	5.0%	防水	3%
型枠	5.9%	9.8%	3.5%	石工	2%
地業	5.6%	6.8%	4.5%	タイル	2%
土工	3.1%	3.4%	3.2%	金属	1%
カーテンウォール	2.4%	0.0%	0.3%	左官	1%
木工	1.6%	3.3%	2.5%	塗装・吹付	1%
塗装・吹付	1.5%	1.3%	1.2%	内外装	0%
左官	1.5%	2.4%	1.5%	仕上ユニット雑	0%
タイル	1.5%	2.4%	0.9%		
ガラス	1.5%	1.7%	1.4%		
防水	1.5%	2.2%	2.0%		
既製コンクリート	0.9%	0.7%	3.2%		
木製建具	0.6%	1.8%	0.9%		
石工	0.4%	0.8%	0.6%		

（資料）建設物価調査会「建築費指数」

4 本指数においては、消費税は含まれていない。

5 正確には、標準指数、構造別平均指数、モデル指数及び連鎖方式による建築費指数（参考指数）については、東京が対象となっている。地域指数（都市別指数及び都市間格差指数）については、大阪、名古屋、福岡、広島、高松、金沢、新潟、仙台及び札幌の9都市である。

6 これら3資材は、国土交通省が建設資材の需給及び価格の安定化、建設事業の円滑な推進を図るため、毎月実施している「主要建設資材需給・価格動向調査」の調査対象である主要資材にも含まれている。

従って、本章では、この主要3資材を対象に価格の分析を進めることとしたい。

3.3. 異形棒鋼

鉄筋の主要資材である「異形棒鋼」地域別価格の推移をみてみると（図3）、各地で似通った推移を示している。しかし、仔細にみると、数か月単位でのラグを伴う動きを見させている箇所もあり、札幌や新潟などは、相対的に価格が粘着的である。

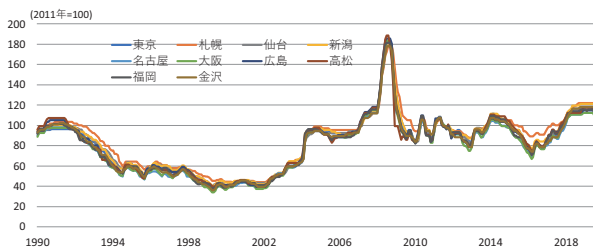


図3 異形棒鋼価格の地域別推移

3.4. H形鋼

鉄骨の主要資材である「H形鋼」の地域別価格の推移をみてみると（図4）、異形棒鋼と同様に、いずれの地域でも同様の動きを示している。

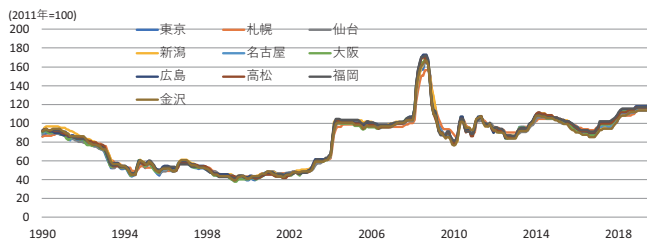


図4 H形鋼価格の地域別推移

3.5. 生コンクリート

生コンクリート価格の地域別推移をみてみると（図5）、上記2資材と異なり、各地でかなり異なる動きを示している。また、価格改定頻度が低く、数年変化のない地域もあるなど、粘着性が高い。生コンクリートの価格決定メカニズムは他の2資材とは大

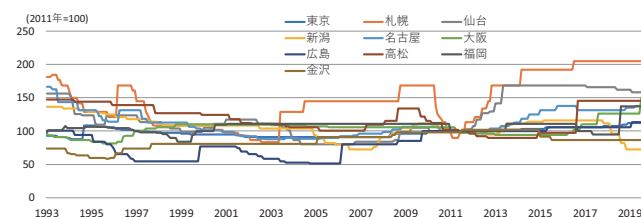


図5 生コンクリート価格の地域別推移

きく異なることがわかる。

次に、三資材の価格水準について、地域間のばらつきを変動係数で確認した（図6）。H形鋼と異形棒鋼は生コンクリートに比べ、ばらつきが小さいものの、過去に幾度かばらつきの拡大がみられた。特に2008年から2009年にかけての上昇は顕著である。生コンクリートは、ばらつきの水準が高く、かつ、変動が緩やかである。つまり、地域間格差が大きく、かつその格差が持続性を持ち、狭まりにくいという特徴がある。

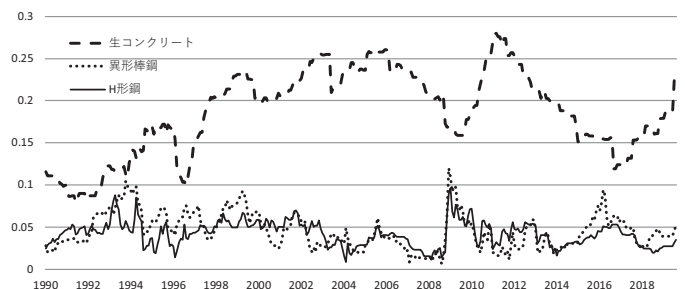


図6 各資材価格の地域間でのばらつき（変動係数）

4. VARXモデルによる中期予測モデルの構築

4.1. 予測モデル

経済予測モデルは、大きく三つのモデルに分類される。数か月から1年程度先まで予測する短期予測モデルと1年以上から3年程度先を予測する中期予測モデル、そして3年を超えて将来を予測する長期モデルとなる。

本研究では、建築費価格の中長期予測モデルの構築の可能性を模索することを目的としている。そのためには、過去のデータを用いて建築費価格の時系列変動を理解することから始めなければならない。建築費価格の時系列的な変動は、過去の価格変動からもたらされる自分自身のエネルギーによるもので（自己相関）、その時のエネルギーは、時間が近いほどに強い影響を受ける。数か月程度の変動は、過去の変動によって動く部分が多いことから、自己回帰モデルによる方法が採択される。

しかし、一年を超えるような期間においては、建築費だけでなく、その他のマクロ経済変動によっても影響を受ける。金利が上がれば調達コストが高くなることで建築費は変動するかもしれないし、建築

費を構成するような生産者価格が変動することで建築費が変動するということも考えられる。そうすると、建築費といった自分自身だけのエネルギーで将来の価格を決定するだけでなく、その他のマクロ変動と併せて変化していくエネルギーも考慮しないといけない。このような場合には、Vector AR のような他のマクロ経済変動も考慮した自己回帰モデルによってモデルを作ることになる。

一方、そのような自己回帰的なエネルギーは、数年を超えて影響するものではない。3 年を超えるような長期変動を説明するためには、建設市場を取り巻くダイナミクスを説明することができなければならない⁷。

建築市場によって生産される建物は、土地と合わさって不動産となる。建築主の立場に立たれば、土地を購入し、建築投資を行って不動産を使用することになる。そのように考えれば、建築価格のダイナミクスを考えようとすれば、不動産市場のダイナミクスを考えなければならないことは容易に理解できるであろう。

わが国における不動産市場で考えるならば、不動産バブルとその後の暴落といった大規模な変動を経験した。バブル期には、多くの建設投資を呼び、バブル崩壊後には、建設投資も縮小した。建築投資額は、建築価格と数量によって決定されるところであるが、建築価格が変われば数量も変化することから、建築価格は不動産市場のダイナミクスを説明するうえでも、重要な変数となる。

一方、建築費価格もまた不動産価格の変動から強い影響を受ける。このような長期的な関係を明示的に説明するためには、建築費または建設市場だけを見ていては説明ができず、一般均衡の枠組みで考えなければならない。つまり、建築費価格の長期予測を行うためには、建築市場だけの部分均衡モデルの枠組みでは説明ができないのである。

しかし、不動産価格の変動は、多くの場合、地価の変動によってもたらされる。そうすると、地価の

長期的にダイナミクスを解明できなければ、建築価格の長期的な変動を解明することができず、長期の予測モデルは構築できないことになる。建築費の中期予測モデルを構築するために、地域間波及をも考慮したブロック外生性ベクトル自己回帰（以降、VARX）を使用する。このモデルは2ブロック、マクロ経済の変数を含むブロック（ブロック1）と地域の建設資材価格を含むブロック（ブロック2）で構成されるVARモデルである。

以上より、長期予測モデルを構築するためには、建築市場を含む不動産市場全体の構造的な議論をしなければならない。また、長期のアウトプット指数が必要となる。ここでは中期モデルの開発を目的としていることから、建築費そのものの価格変動のエネルギーの大きさも考慮した広い意味での自己相関モデルを出発点としたVARXを採用した。ここで推計された結果は、予測モデルの中で推計される部分と、その予測モデルでは説明ができなかった誤差部分に分解できる。つまり、モデルの中に組み入れられた過去の変数に関連付けて予測できるモデル部分と、過去の変化からは予測できない政策変更等の影響を分解したうえで、後者をインパルスレスポンスとして予測することとした。

予測モデルでは、1つの地域経済における資材価格だけではマクロ経済に影響を与えないため、ブロック2の変数はブロック1の変数に影響を与えないと仮定するのが合理的である。言い換えれば、ブロック1の変数はブロック2に外生的に与えられる。予測モデルとして採用したVARXモデルの構造形式は次のように記述できる。

$$\begin{bmatrix} A_{11} & 0 \\ A_{22} & A_{21} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{1t} \\ y_{2t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_{11}(L) & 0 \\ B_{21}(L) & B_{22}(L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{1t-1} \\ y_{2t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_{1t} \\ \epsilon_{2t} \end{bmatrix} \quad (1)$$

ここで、 t は時間を表し、 y_{1t} と y_{2t} はそれぞれブロック1と2の変数の列ベクトルである。 y_{1t} は t 期の鉱工業生産指数および t 期の短期金利（一部シャドーレート⁸）で構成される。

7 マサチューセッツ工科大学のWheaton教授は、建築市場のダイナミクスを説明し、長期予測モデルを構築することを目的として、新規の建築投資の供給メカニズムを内包した不動産市場のダイナミクスを説明する4象限モデルと呼ばれる方法を提案した。

8 Reserve Bank of New Zealand, Leo Krippner氏による推計値が利用可能な1994年以降で使用している。一つの試算値であるため、その利用には議論の余地が多くあるが、金利水準だけでは捉えることのできない、量的・質的緩和等の政策を反映したプロキシとして、今回使用している。

A_{ij} は係数行列であり、 $B_{ij}(L)$ は遅延演算子の係数行列から構成される多項式であり。 ϵ_{1t} と ϵ_{2t} は、それぞれブロック 1 と 2 のショックの列ベクトルで、 $(\epsilon'_{1t}, \epsilon'_{2t})' \sim (0, I)$ を満たす。ここで、 I は単位行列である。

(1) の構造 VARX モデルでは、 ϵ_{1t} が y_{1t} に及ぼす影響と、 ϵ_{2t} が y_{2t} に及ぼす影響が、それぞれ A_{11} および A_{22} の逆数によって捕捉される。なお、 A_{11} と A_{22} はリカーシブな構造を持っていると仮定する。

$$A \equiv \begin{bmatrix} A_{11} & 0 \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix}$$

そしてその逆行列もリカーシブな構造をもち、後者は次の誘導形の残差 $(u'_{1t}, u'_{2t})'$ の共分散行列のコレスキー分解として識別できる。

$$\begin{bmatrix} y_{1t} \\ y_{2t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_{11}(L) & 0 \\ D_{21}(L) & D_{22}(L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{1t-1} \\ y_{2t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_{1t} \\ u_{2t} \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots (2)$$

(2) の誘導形の VAR は OLS によって直接推定でき、その推定結果から、 A (したがって A_{11} および A_{22})、 $B_{ij}(L)$ 、および構造モデル(1)の構造ショック $(\epsilon_{1t}, \epsilon_{2t})'$ を特定できる。構造 VAR が特定されると、インパルス応答関数の分析や分散分解などを実施することにより、各地域の資材価格へのショックの伝播が分析できる。この手法を用いて、以下 3 つの分析を行う。

分析 1 では、東京の資材価格のマクロショックへのインパルス応答を、分析 2 では、各資材価格の東京から他の地域への波及の有無および度合いを、分析 3 では、各地域内における資材間の価格波及の有無および度合いを分析する。VAR モデルにおける変数の順序は本来 Sims (1992) にない先決性の高いものから並べるべきであるが、3 つの資材について先決性に違いを仮定できないことから、便宜的に異形棒鋼—H 形鋼—生コンクリートの順とした⁹。推計期間は、2000 年 1 月～2019 年 8 月である。

9 なお、通常のインパルス応答分析はコレスキー分解する際の変数の順序によって結果が異なることが知られている。本分析でも、コレスキー分解の順序を H 形鋼—異形棒鋼—生コンクリートとした場合には、結果に大きな違いはみられなかったが、生コンクリート—H 形鋼—異形棒鋼とした場合には、結果に若干の差異がみられた。今後、コレスキー分解によって直交化する必要がない Pesaran and Shin (1998) に基づく一般化インパルス応答分析などを用いるなどの改善を行いたい。

4.2. 分析 1-1：マクロ変数に対する各資材価格の反応（東京）

表 4 は、東京における 3 資材の価格がマクロ変数のショックに対してどのような反応をみせるか推計した結果である。この推計結果から得られた係数を用いて、想定される鉱工業生産および金利の将来パスを代入することで、将来の資材価格の予測値を得ることが可能となる。

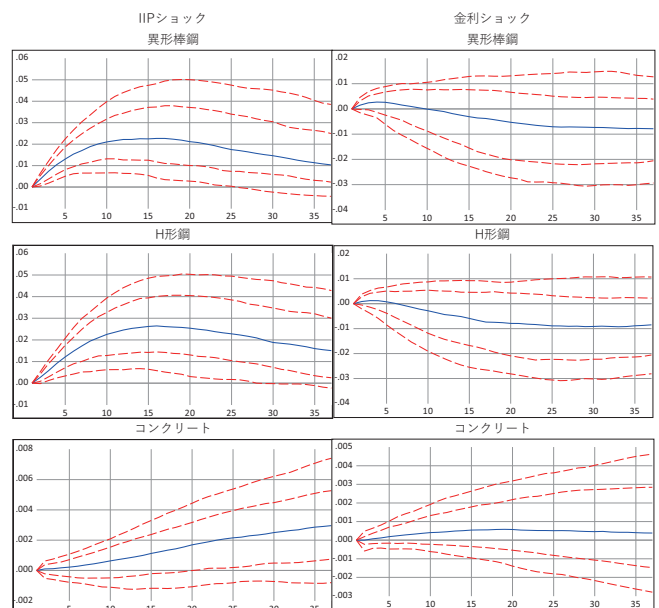
表 4 推計結果

	異形棒鋼の推計結果		
	異形棒鋼	鉱工業生産	金利
異形棒鋼価格(-1)	1.539 (0.055) [27.8550]	6.239 (4.464) [1.39752]	0.778 (0.417) [1.86651]
異形棒鋼価格(-2)	-0.555 (0.054) [-10.2050]	-6.681 (4.393) [-1.52067]	-0.762 (0.410) [-1.85703]
鉱工業生産(-1)	0.001 (0.001) [1.63038]	1.016 (0.067) [15.1340]	0.002 (0.006) [0.26020]
鉱工業生産(-2)	-0.001 (0.001) [-0.67515]	-0.078 (0.067) [-1.17165]	-0.002 (0.006) [-0.24347]
金利(-1)	-0.006 (0.008) [-0.70162]	0.342 (0.645) [0.53103]	1.430 (0.060) [23.7544]
金利(-2)	0.005 (0.008) [0.58916]	-0.350 (0.650) [-0.53913]	-0.432 (0.061) [-7.11545]
定数項	0.089 (0.057) [1.56109]	11.141 (4.628) [2.40720]	-0.216 (0.432) [-0.49966]
Adj. R-squared	0.994093	0.904187	0.994114
Sample: 2000M01 2019M08			
Included observations: 236			

	H型鋼の推計結果		
	H型鋼	鋳工業生産	金利
H型鋼価格(-1)	1.501 (0.056) [26.6277]	3.520 (4.267) [0.82483]	0.452 (0.399) [1.13293]
H型鋼価格(-2)	-0.520 (0.055) [-9.40327]	-4.008 (4.187) [-0.95726]	-0.443 (0.392) [-1.12995]
鋳工業生産(-1)	0.002 (0.001) [1.96014]	1.025 (0.087) [15.2922]	0.003 (0.006) [0.41651]
鋳工業生産(-2)	-0.001 (0.001) [-1.03937]	-0.081 (0.067) [-1.21301]	-0.002 (0.006) [-0.28381]
金利(-1)	-0.001 (0.009) [-0.11874]	0.344 (0.647) [0.53198]	1.431 (0.061) [23.6530]
金利(-2)	0.000 (0.009) [0.01456]	-0.359 (0.652) [-0.55108]	-0.434 (0.061) [-7.10912]
定数項	0.128 (0.065) [1.95548]	11.148 (4.957) [2.24881]	-0.221 (0.464) [-0.47566]
	0.992438	0.903583	0.994058
Sample: 2000M01 2019M08			
Included observations: 236			

	生コンクリートの推計結果		
	生コンクリート	鋳工業生産	金利
生コンクリート価格(-1)	0.967 (0.067) [14.4220]	-23.112 (24.378) [-0.94806]	0.647 (2.263) [0.28615]
生コンクリート価格(-2)	-0.041 (0.068) [0.59709]	14.953 (24.909) [0.60032]	-1.684 (2.312) [-0.72849]
鋳工業生産(-1)	0.000 (0.000) [0.12689]	1.030 (0.067) [15.4832]	0.001 (0.006) [0.21527]
鋳工業生産(-2)	0.000 (0.000) [0.34925]	-0.093 (0.066) [-1.41248]	-0.001 (0.006) [-0.14605]
金利(-1)	0.001 (0.002) [0.52316]	0.135 (0.651) [0.20769]	1.407 (0.060) [23.2906]
金利(-2)	-0.001 (0.002) [-0.58400]	-0.304 (0.646) [-0.46989]	-0.431 (0.060) [-7.17718]
定数項	-0.080 (0.105) [-0.75902]	82.721 (38.179) [2.16669]	9.615 (3.544) [2.71325]
	0.992081	0.904767	0.99422
Sample: 2000M01 2019M08			
Included observations: 236			

よび「短期金利」を用いることとした。各々の+1標準偏差のショックを東京の資材価格に与えた際のインパルス応答を観察する。



注：ブートストラップ（500回）で計算。信頼バンドを示す点線は上から順に95パーセンタイル、84パーセンタイル、16パーセンタイル、5パーセンタイル、実線は中位数。

図7 マクロショックへのインパルス応答

図7に示されているように、IIPショックに対しては、異形棒鋼およびH形鋼では符号条件を満たし、かつ有意な結果が得られている。また、いずれも、およそ12か月で反応が最大となっている。金利ショックについては、異形棒鋼およびH形鋼では有意性は低いものの、符号条件を満たしている。一方、生コンクリートについては、IIPショックに対しては1標準偏差の範囲内で、有意な結果が得られているが、金利ショックに対しては、有意な結果は得られず、符号条件も満たさなかった。これらの結果は、鉄骨・鉄筋という資材については、国内経済のファンダメンタルズの影響を受ける一方、生コンクリートはこの他にダイナミクスを決定づける主因が存在する可能性を示唆している。

4.3. 分析1-2：マクロ変数に対する各資材価格の反応（東京）

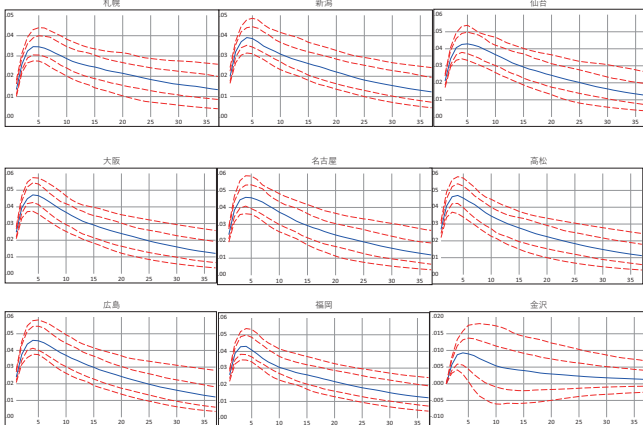
経済のファンダメンタルズを示すマクロ変数として、月次データが利用可能な「鋳工業生産指数」お

4.4. 分析2：各資材価格の東京から他の地域への波及

異形棒鋼、H形鋼、生コンクリートについて、東京の価格が他の地域に波及しているのか、波及してい

る場合、どの程度のラグを持っているのか観察する。

東京の異形棒鋼の価格上昇ショック

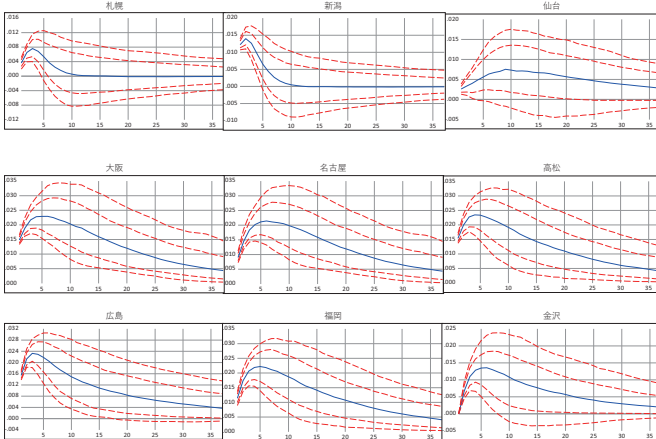


注：線、実線の定義は図7の脚注を参照。

図8-1 東京から他の地域への波及：异形棒鋼の価格上昇ショック

いずれの都市も有意な反応を見せており、ショック後4～5か月でピークを迎えている。反応のマグニチュードもほぼ同程度であるが、札幌、新潟、金沢で、若干弱めの反応となっている。今後、東京オリンピック・パラリンピックに関連するものなどの需要増に伴う価格上昇が、全国に広がっていくことが予想される。

東京のH形鋼の価格上昇ショック



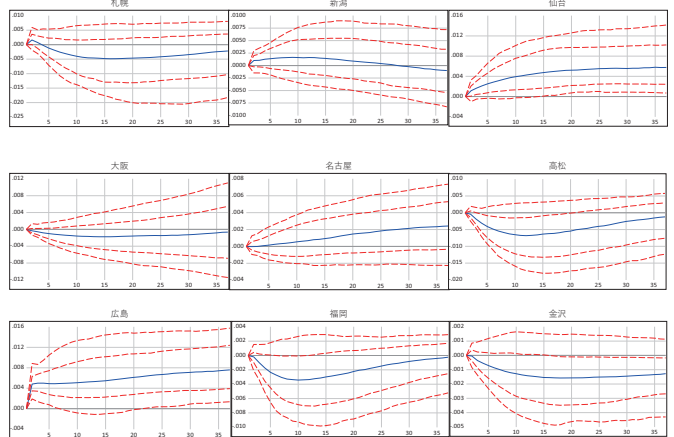
注：点線、実線の定義は図7の脚注を参照。

図8-2 東京から他の地域への波及：H形鋼の価格上昇ショック

异形棒鋼とほぼ同様の結果が得られたが、札幌、新潟、仙台において、有意性が低めの結果となった。同一時点の価格水準のばらつきは异形棒鋼よりH形鋼の方が小さいものの、ショックの波及という

側面からは、H形鋼の方が連関性の低い都市が存在していることが明らかになり、時系列方向での動きにばらつきが生じていることが示唆される。

東京の生コンクリートの価格上昇ショック



注：点線、実線の定義は図7の脚注を参照。

図8-3 東京から他の地域への波及：生コンクリートの価格上昇ショック

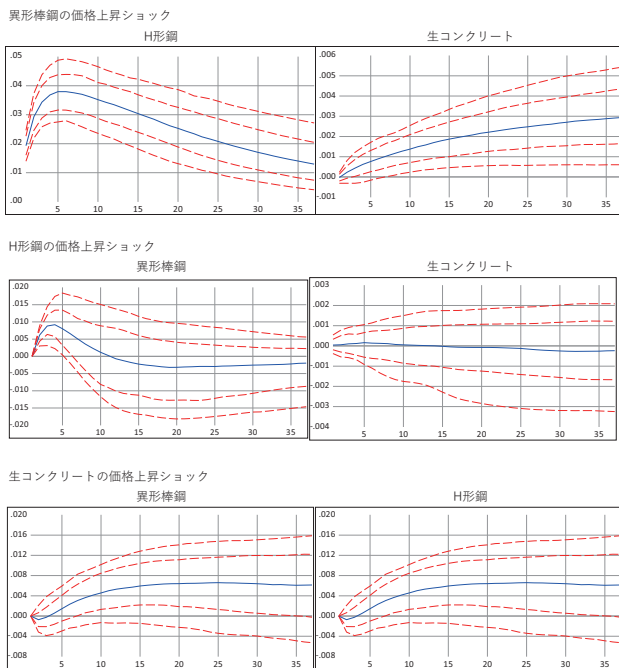
広島を除いて有意な結果が得られなかった。東京からの価格波及はみられず、各都市の市場がローカルにセグメント化されていることが示唆された。輸送コストがかかるため、地域需要が価格形成に大きな影響を与えている可能性が高い¹⁰。异形棒鋼やH形鋼と並んで重要なシェアを占める生コンクリートという資材の価格形成が地域毎に独立しているという事実は、建設物価指数の作成過程で考慮が必要であろう。

4.5. 分析3：東京における資材間の価格波及

ひとつの地域内において、异形棒鋼、H形鋼、生コンクリートの各資材価格が相互に影響を与えているのか観察する。図9は東京の結果を示している。异形棒鋼の価格上昇ショックに対しては、H形鋼、

¹⁰ 産業組織論の分野では、資材市場の分析が数多く行われている。例えば、生コンクリートの需要変動に関する分析を行っている Collard-Wexler, A.(2006) では、輸送コストが高いことから、生コンクリートの工場の立地が限定されていることを指摘している（以下、抜粋）“Moreover, there is substantial regional and local variation in construction activity, that affects ready-mix plants within only a limited area due to high transportation costs. Indeed, wet concrete cannot travel for much more than an hour before it hardens in the barrel of a truck.”

生コンクリート双方が有意な反応を見せているが、パラメータからは生コンクリートの反応は軽微であることがうかがえる。H形鋼については、およそ半年後に反応のピークを迎え、その後減衰する。H形鋼の価格上昇ショックに対しては、異形棒鋼は有意な反応を見せ、半年後にピークを迎える一方、生コンクリートは有意な反応は示さなかった。生コンクリートの価格上昇ショックに対しては、異形棒鋼、H形鋼ともに有意な反応は示さなかった。



注：点線、実線の定義は図7の脚注を参照。

図9 東京における資材間の価格波及

5. GVAR モデルによる分析

4節の分析2では、VARXモデルを用いて、東京から他地域への価格波及を分析したが、実際には、東京のみならず全国の価格動向がある地域の価格動向に影響を与えている。そこで5節では、その状態をGlobal VARモデルによって表現し、分析する。

5.1. モデルの概要

まず、資材価格が直面するマクロ経済について、以下のような定式化を考える。

$$\omega_t = a^d + \Theta_1^d \omega_{t-1} + \Theta_2^d \omega_{t-2} + \eta_t \dots \dots \dots (1)$$

ただし、

$$\begin{pmatrix} \omega_t \\ (m_o \times 1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_t \\ r_t \end{pmatrix}$$

y_t = t期の鉱工業生産指数

r_t = t期の短期金利（一部シャドーレート）

ここで、共分散行列は下記のように計算される。

$$\hat{\Sigma} \eta T^{-1} = \sum_{t=1}^T \hat{\eta}_t \hat{\eta}_t'$$

次に、地域別資材価格のモデルを設定する。

都市*i*について、以下のようなモデルを考える。

$$x_{it} = a_{i0} + \underbrace{\Theta_{i1} x_{i,t-1} + \Theta_{i2} x_{i,t-2}}_{\text{自地域の資材価格}} + \underbrace{A_{i0} x_{it}^*}_{\text{他9地域の資材価格}} + \underbrace{\Psi_{i0} \omega_t + \Psi_{i1} \omega_{t-1} + \Psi_{i2} \omega_{t-2}}_{\text{マクロ経済変数}} + u_{it} \quad (11)$$

ここでは以下で定義する地域の資材価格ベクトルが、自身の過去の値とマクロ経済変数だけでなく、他地域の資材価格変動からも影響を受けるように定式化している。

共分散行列 $E(u_{it} u_{it}') = \Sigma_{u(i)}$ は、下記の通り計算される。

$$\hat{\Sigma}_{u(i)} = T^{-1} \sum_{t=1}^T \hat{u}_{it} \hat{u}_{it}'$$

ただし、最大ラグは2期で固定し、系列相関は無いことを仮定している。ここで $A_{i0} x_{it}^*$ と $\Psi_{i0} \omega_t$ の項を織り込んでいるが、これは誤差項が地域間で相関を持っていないことを明示的に仮定していることを示している ($E(u_{it} u_{js}') = 0$)。したがって以下でインパルス応答分析をする際には、誤差項の共分散行列がブロック対角であることを前提とする。

x_{it} および x_{it}^* は、

$$\begin{pmatrix} x_{it} \\ (ki \times 1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p_{it}^b \\ p_{it}^h \\ p_{it}^c \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} x_{it}^* \\ (ki \times 1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p_{it}^{b*} \\ p_{it}^{h*} \\ p_{it}^{c*} \end{pmatrix}$$

であらわされる。また、各都市の関数には、下記 x_{it}^* が含まれている。

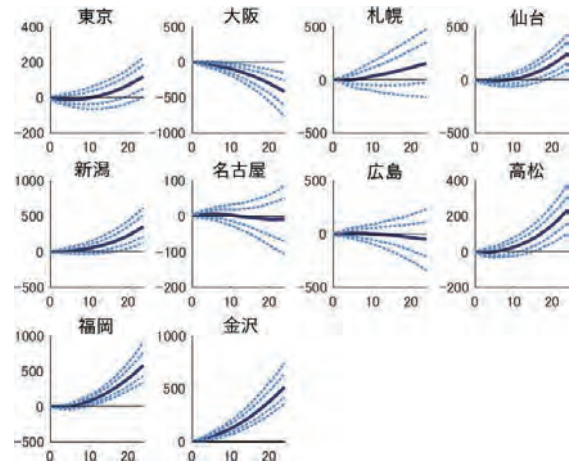
$$x_{it}^* = \sum_{j=1}^N w_{ij} x_{jt}, \quad w_{ii} = 0$$

11 当該地域から他地域までの距離や貿易量などの関連度を示す変数をウェイトとして加重平均する手法も考えられるが、本章では単純平均値を用いている。ウェイトを変更することによってもたらされる結果の変化については、今後分析を進めたいと考えている。

5.2. 推計結果

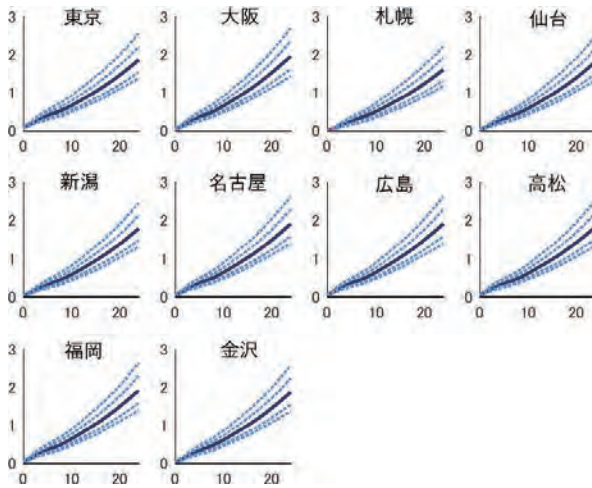
東京で生じた各資材の価格上昇ショックが各地域の各資材の価格にどのように波及するかを示したものが図 10-1 a~10-3 c である。各都市の異形棒鋼の価格は、東京の異形棒鋼価格上昇ショックに対して、有意なプラスの反応を示している（図 10-1 a）。異形棒鋼は搬送可能であるため、一市場での価格上昇は他市場へ伝播していることを反映しているといえる。

次に、H 形鋼の価格上昇ショックに対しても有意なプラスの反応を示している（図 10-1 b）。鋼材同士の価格上昇の伝播であるのか、あるいは、同じ原



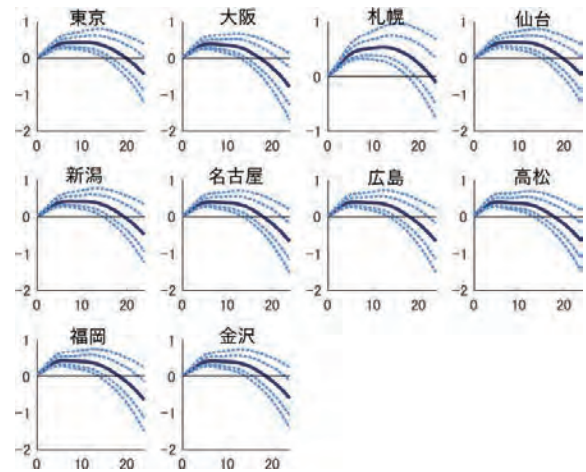
注：点線、実線の定義は図 7 の脚注を参照。

図 10-1 c 東京の異形棒鋼価格上昇ショック：生コンクリート価格の応答



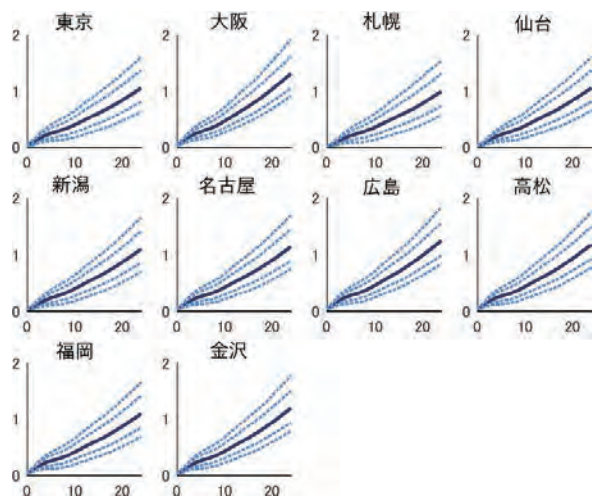
注：点線、実線の定義は図 7 の脚注を参照。

図 10-1 a 東京の異形棒鋼価格上昇ショック：異形棒鋼価格の応答



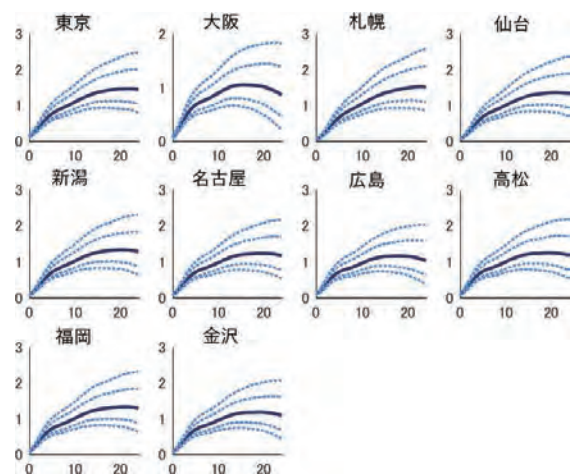
注：点線、実線の定義は図 7 の脚注を参照。

図 10-2 a 東京の H 形鋼価格上昇ショック：異形棒鋼価格の応答



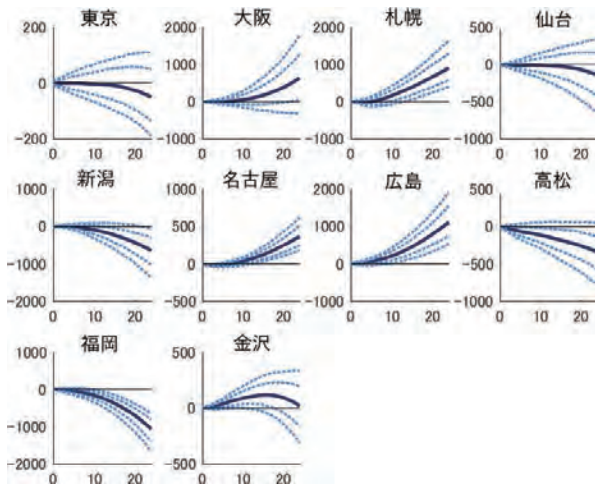
注：点線、実線の定義は図 7 の脚注を参照。

図 10-1 b 東京の異形棒鋼価格上昇ショック：H 形鋼価格の応答



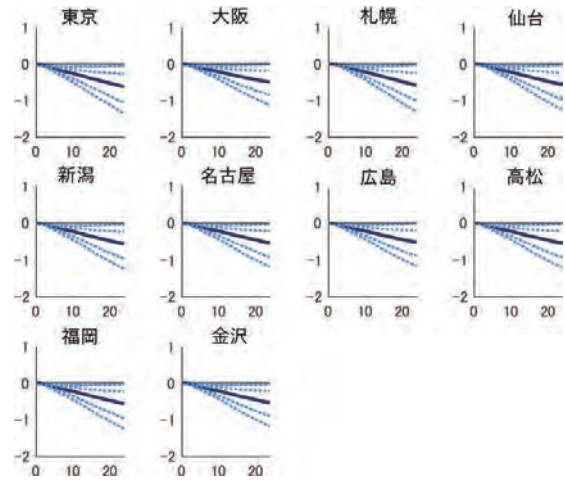
注：点線、実線の定義は図 7 の脚注を参照。

図 10-2 b 東京の H 形鋼価格上昇ショック：H 形鋼価格の応答



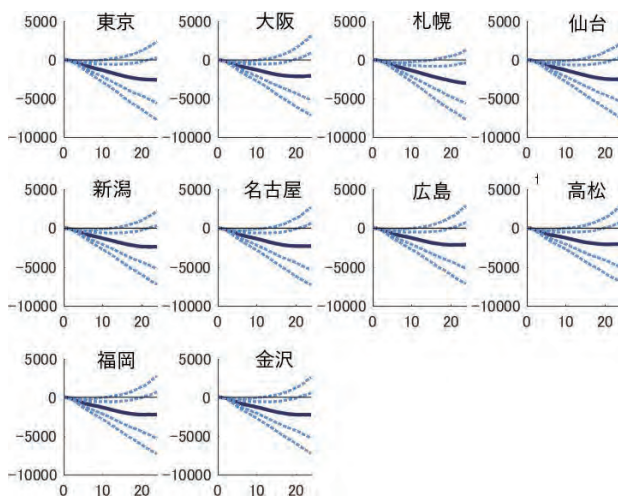
注：点線、実線の定義は図7の脚注を参照。

図 10-2 c 東京のH形鋼価格上昇ショック：生コンクリート価格の応答



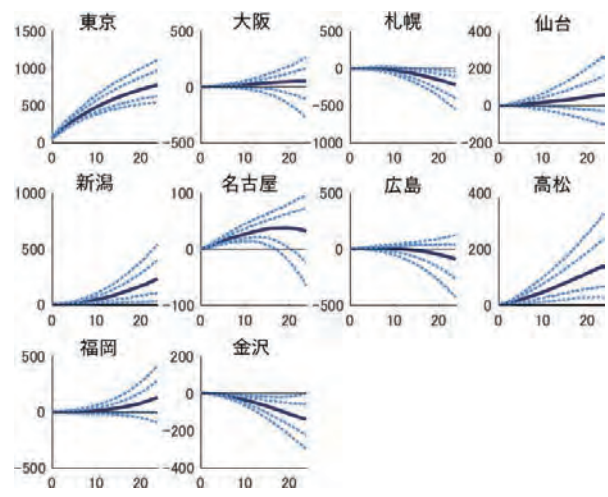
注：点線、実線の定義は図7の脚注を参照。

図 10-3 b 東京の生コンクリート価格上昇ショック：H形鋼価格の応答



注：点線、実線の定義は図7の脚注を参照。

図 10-3 a 東京の生コンクリート価格上昇ショック：異形棒鋼価格の応答



注：点線、実線の定義は図7の脚注を参照。

図 10-3 c 東京の生コンクリート価格上昇ショック：生コンクリート価格の応答

材料費の影響であるのか識別が必要であり、今後、さらなる分析が必要である。

生コンクリート価格は、都市によって結果が区々であり、有意ではない都市も多い。有意にプラスの反応を見せている東京については、異形棒鋼価格上昇のショックは建築需要の上昇を表しており、生コンクリート価格も上昇していることを反映していると解釈できる。一方、札幌、仙台、新潟、名古屋、広島、高松、福岡については、生コンクリートは搬送困難であるため、ショックが伝播しにくいことを反映していると考えられる。大阪がマイナスに有意な結果となるのは、東京市場の鋼材価格上昇により大阪市場でも鋼材価格が上昇し、大阪市場では建設

需要が低下し、生コンクリート価格が下落というメカニズムが働いている可能性も考えられよう。

続いて、東京のH形鋼価格の上昇ショックに対しては、各都市のH形鋼価格も有意にプラスの反応を見せ、異形棒鋼は半年程度の期間において有意にプラスの反応を見せたが、やはり生コンクリートの結果は区々であり、有意でない都市が多い。

最後に、東京の生コンクリート価格の上昇ショックに対しては、異形棒鋼、H形鋼ともに有意に負の反応を見せている。鋼材と生コンクリートは代替関係にある財ではないため、この関係性の解釈には困難を伴う。東京市場の価格上昇が、比較的近隣の名古屋と新潟にプラスに作用している点は、生コンク

リートは搬送費用が高いため、市場範囲が局所的になることが反映されているといえよう。先にもみたように、生コンクリートの価格は粘着性が高く、地域間でのばらつきも大きいなど、特徴的なダイナミクスを持っているため、本分析では重要な価格決定ファクターを考慮できていない可能性もある。

6. 結論

本章では、わが国における建設物価のダイナミクスを、地域別資材価格に基づき分析し、インプット価格を用いた中期予測モデルの開発を行った。

具体的には、10都市における建設物価（建設物価調査会「建築費指数」）の月次指数のうち、主要な建設資材である異形棒鋼、H形鋼、および生コンクリートについて、時系列・地域別に、その特性を明らかにした。また、VARXモデルおよびGVARモデルを構築し、マクロ経済変数や他の都市の価格に対するインパルス応答を観察した。その結果、(1)異形棒鋼とH形鋼の価格水準および価格動態は都市間でばらつきが少なく、価格改定頻度は高い一方、生コンクリートは、都市間でばらつきが大きく、価格改定頻度が低いこと、(2)生産や金利などのマクロ経済変数の建設資材価格への影響は、資材によって違いがあること、(3)異形棒鋼、H形鋼は、東京の価格上昇が他の都市に波及しているのに対し、生コンクリートではほとんど波及がみられないこと、が明らかになった。もっとも、これらの事実、当該データの分析における第一歩であり、因果関係の識別や、VARモデルの精緻化、さらには、国内の要因だけでなく、全世界的需給バランスといった外的要因や供給要因などの重要な決定要素も織り込んだ分析は必要不可欠であり、これらは今後の課題として取り組んでいきたい。

7. おわりに

本研究は、「建築費指数等の中長期予測に関する研究」として、日本大学スポーツ科学部スポーツ科学研究所と一般財団法人建設物価調査会総合研究所との共同研究契約に基づき、2018年6月から2020年3月にかけて実施したものである。

研究報告書は全5章107頁に及ぶことから、本レポートではその中の第3章について「資材価格予測モデルの構築に向けて」として取り纏めた。本章は、才田・井上・清水（2019）「建設物価のダイナミクス」mimeoに基づく。報告書全編については、当会HPへ掲載している。

研究担当者（所属は2020年3月時点）

清水千弘 日本大学スポーツ科学部教授

井上智夫 成蹊大学経済学部教授

才田友美 東京大学空間情報科学研究センター

客員研究員

池原一彦 一般財団法人建設物価調査会

総合研究所部長

吉田光正 一般財団法人建設物価調査会

総合研究所課長

吉本隆英 一般財団法人建設物価調査会

総合研究所主任研究員

参考文献

- 国土交通省大臣官房官庁営繕部計画課（2009）「公共建築工事積算における共通費」，建築コスト研究 第66号，建築コスト管理システム研究所，2009年7月。
- 守屋邦子（2017）「国民経済計算の2008SNA対応等におけるデフレーター推計」，内閣府経済社会総合研究所「季刊国民経済計算」第161号
- 山崎福寿・浅田義久（2008）『都市経済学』日本評論社。
- 吉川洋（2004）「失われた10年：金融と実体経済」，フィナンシャル・レビュー September 2004，財務省財務総合政策研究所。
- Akintoye, A., and M. Skitmore. (1993), "Macro models of UK construction prices." Civ. Eng. Syst., 10(4), pp. 279-299.
- Bokhari, S and D. Geltner (2012), "Estimating Real Estate Price Movements for High Frequency Tradable Indexes in a Scarce Data Environment," Journal of Real Estate Finance and Economics 45(2), 522-543.
- Burnett-Isaacs, Kate (2015), "Using Hedonics to Create Land and Structure Price Indexes for the Ottawa Condominium Market," Ottawa Group Meeting.
- Collard-Wexler, A. (2006) "Demand Fluctuations and Plant Turnover in Ready Mix Concrete," Mimeo, New York University.
- Diewert, W.E., K. Fox and C. Shimizu (2016), "Commercial Property Price Indexes and the System of National Accounts," Journal of Economic Surveys 30(5), 913-943.
- Diewert, E. and C. Shimizu (2019), "Measuring the Services of

- Durables and Owner Occupied Housing,” CSIS Discussion paper 157, The University of Tokyo.
- Dipasquale, D. (1999). “Why don’t we know more about housing supply.” *J. Real Estate Finan. Econ.*, 18(1), pp. 9–23.
- Beyond the Numbers: Prices and Spending, vol. 3, no. 10.
- Hwang, S. (2009). “Dynamic regression models for prediction of construction costs.” *J. Constr. Eng. Manage.*, 135(5), pp. 360–367.
- Hwang, S., and L.Y. Liu (2010). “Contemporaneous time series and forecasting methodologies for predicting short-term productivity.” *J. Const. Eng. Manage.*, 136(9), pp. 1047–1055.
- Hua, G.B., and Pin, T.H. (2000). “Forecasting construction industry demand, price and productivity in Singapore: The Box-Jenkins approach.” *Constr. Manage. Econ.*, 18(5), pp. 607–618.
- Im, K.S., M.H. Pesaran, and Y. Shin (2003), “Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels,” *Journal of Econometrics*, Vol. 115, pp. 53–74.
- Jiang, H., Xu, Y. and Liu, C. (2013), Construction price prediction using vector error correction models, *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(11).
- Kao, C. (1999), “Spurious Regression and Residual-Based Tests for Cointegration in Panel Data,” *Journal of Econometrics*, Vol. 90, pp. 1–44.
- Levin, A., C.F. Lin, and C.S.J. Chu (2002), “Unit Root Tests in Panel Data: Asymptotic and Finite-Sample Properties,” *Journal of Econometrics*, Vol. 108, pp. 1–24.
- Liu, C., Luo, Z., Ma, L., and Picken, D. (2008). “Identifying house price diffusion patterns among Australian state capital cities.” *Int. J. Strategic Prop. Manage.*, 12(4), pp. 237–250.
- Maddala, G.S. and S. Wu (1999), “A Comparative Study of Unit Root Tests with Panel Data and New Simple Test,” *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Vol. 61, pp. 631–652.
- Musgrave, J. (1969), “The Measurement of Price Changes in Construction,” *Journal of the American Statistical Association* 64 (September): pp. 771–86.
- OECD/Eurostat (1997) Construction Price Indices: Sources and Methods, OECD.
- Office for National Statistics, UK (2016), “Development of a single house price index”
- Office for National Statistics (2018), “Construction Output Price Indices (OPIs) QMI”, Office for National Statistics, U.K.
- Pedroni, P. (1999), “Critical Values for Cointegration Tests in Heterogeneous Panels with Multiple Regressors,” *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Vol. 61, pp. 653–670.
- Pesaran, M and Y. Shin (1998), “Generalized impulse response analysis in linear multivariate models,” *Economics Letters*, 1998, vol. 58, issue 1, pp. 17–29.
- Shimizu, C., H. Takatsuji, H. Ono and K.G. Nishimura (2010), “Structural and Temporal Changes in the Housing Market and Hedonic Housing Price Indices,” *International Journal of Housing Markets and Analysis*, 3(4), pp. 351–368.
- Sims, C.A. (1992), “Interpreting the macroeconomic time series facts: the effects of monetary policy. *EurEcon Rev* 36(5): pp. 975–1000.
- Skitmore, M., G. Runeson, and X. Chang (2006). “Construction price formation: Full-cost pricing or neoclassical micro-economic theory ? ” *Constr. Manage. Econ.*, 24(7), pp. 773–783.
- Stock, J., H., and M.W. Watson (1993), “A Simple Estimator of Cointegrating Vectors in Higher Order Integrated Systems,” *Econometrica* 61, pp. 783–820.
- Takáts, E. (2012), “Aging and house prices,” *Journal of Housing Economics*, Vol. 21, No. 2, pp. 131–141.
- Tamai, Y., C. Shimizu and K.G. Nishimura (2017), “Aging and Property Prices: Theory of a Very Long Run and Prediction on Japanese Municipalities in the 2040 s”, *Asian Economic Policy Review*, Vol. 16, Issue 3, pp. 48–74.
- Taylor, R.G., and Bowen, P.A. (1987). “Building price-level forecasting: An examination of techniques and applications.” *Constr. Manage. Econ.*, 5(1), pp. 21–44.
- Tinbergen, J. (1959), “On the theory of income distribution”, in: L.M.K.L.H. Klaasen and H.J. Witteveen, eds., *Selected Paper of Jan Tinbergen*, North-Holland, Amsterdam.
- Wong, J.M.W., and Ng, S.T. (2010). “Forecasting construction tender price index in Hong Kong using vector error correct model.” *Constr. Manage. Econ.*, 28(12), pp. 1255–1268.

調査研究報告

主要建設資材需給・価格動向調査から見る市場の動き

一般財団法人建設物価調査会 総合研究所 主席研究員 川野辺 豊

(1) 価格動向と需給動向の相関性(全体傾向)

国土交通省が取りまとめる主要建設資材需給・価格動向調査(以下、モニター調査と呼称)とは、建設市場における主要13資材(表-2)の「価格動向」、「需給動向」、「在庫状況」の3項目(表-3)について、需給双方の意識調査結果を数値化して毎月公表しているものである(表-1)。

表-1 モニター調査の公表資料(生コンの例)

現在の主要資材の価格・需給動向及び在庫状況
 <平成26年12月1～5日現在>

生コンクリート		価格動向			需給動向			在庫状況		
地 方	都道府県	前回調査 11/1～5	今回調査 12/1～5	前回調査 との差	前回調査 11/1～5	今回調査 12/1～5	前回調査 との差	前回調査 11/1～5	今回調査 12/1～5	前回調査 との差
北海道	北海道	3.5	3.3	▲0.2	3.1	3.1	0.0	—	—	—
東 北	青森県	3.1	3.1	0.0	2.9	2.6	▲0.3	—	—	—
	岩手県	3.1	3.2	0.1	3.5	3.4	▲0.1	—	—	—
	宮城県	3.1	3.1	0.0	3.2	3.4	0.2	—	—	—
	秋田県	3.3	3.1	▲0.2	3.1	3.2	0.1	—	—	—
	山形県	3.2	3.3	0.1	3.0	3.0	0.0	—	—	—
関 東	福島県	3.2	3.2	0.0	3.3	3.1	▲0.2	—	—	—
	茨城県	3.6	3.3	▲0.3	3.2	3.1	▲0.1	—	—	—
	栃木県	3.0	3.1	0.1	3.1	3.2	0.1	—	—	—
	群馬県	3.4	3.3	▲0.1	3.0	3.0	0.0	—	—	—
	埼玉県	3.5	3.5	0.0	3.2	3.2	0.0	—	—	—
中 部	千葉県	3.2	3.3	0.1	3.3	3.1	▲0.2	—	—	—
	東京都	3.3	3.5	0.2	2.9	3.2	0.3	—	—	—
	神奈川県	3.2	3.4	0.2	2.9	2.8	▲0.1	—	—	—
	山梨県	3.1	3.2	0.1	2.8	2.8	0.0	—	—	—
	長野県	3.1	3.2	0.1	2.8	3.0	0.2	—	—	—
北 陸	新潟県	3.4	3.3	▲0.1	2.9	2.8	▲0.1	—	—	—
	富山県	3.1	3.0	▲0.1	3.1	3.1	0.0	—	—	—
	石川県	3.0	3.0	0.0	2.9	2.7	▲0.2	—	—	—
中 部	岐阜県	3.1	3.2	0.1	3.5	3.3	▲0.2	—	—	—
	静岡県	3.5	3.4	▲0.1	2.8	2.8	0.0	—	—	—
	愛知県	3.7	3.5	▲0.2	3.3	3.4	0.1	—	—	—
近 畿	三重県	3.7	3.4	▲0.3	2.9	2.8	▲0.1	—	—	—
	福井県	3.2	3.1	▲0.1	2.7	2.8	0.1	—	—	—
	滋賀県	3.0	3.0	0.0	2.4	2.5	0.1	—	—	—
近 畿	京都府	3.1	3.0	▲0.1	2.9	2.8	▲0.1	—	—	—
	大阪府	3.3	3.1	▲0.2	2.8	2.9	0.1	—	—	—
	兵庫県	3.2	3.2	0.0	2.9	2.8	▲0.1	—	—	—
	奈良県	3.3	3.6	0.3	2.7	2.8	0.1	—	—	—
	和歌山県	3.1	3.2	0.1	2.8	3.0	0.2	—	—	—
中 国	鳥取県	3.2	3.1	▲0.1	2.9	2.9	0.0	—	—	—
	島根県	3.3	3.4	0.1	2.8	2.8	0.0	—	—	—
	岡山県	3.1	3.0	▲0.1	2.7	2.5	▲0.2	—	—	—
	広島県	3.4	3.0	▲0.4	2.9	2.8	▲0.1	—	—	—
四 国	山口県	3.1	3.1	0.0	2.9	2.9	0.0	—	—	—
	徳島県	3.0	3.0	0.0	3.0	2.9	▲0.1	—	—	—
	香川県	3.4	3.4	0.0	2.5	2.6	0.1	—	—	—
	愛媛県	3.0	3.1	0.1	3.0	3.0	0.0	—	—	—
	高知県	3.0	3.0	0.0	3.0	3.2	0.2	—	—	—
九州・沖縄	福岡県	3.1	3.0	▲0.1	2.9	2.6	▲0.3	—	—	—
	佐賀県	3.3	3.1	▲0.2	3.0	3.0	0.0	—	—	—
	長崎県	3.0	3.1	0.1	2.7	2.9	0.2	—	—	—
	熊本県	3.5	3.4	▲0.1	2.9	3.1	0.2	—	—	—
	大分県	3.1	3.1	0.0	2.8	2.8	0.0	—	—	—
九州・沖縄	宮崎県	3.1	3.0	▲0.1	3.1	3.1	0.0	—	—	—
	鹿児島県	3.1	3.1	0.0	3.1	2.8	▲0.3	—	—	—
	沖縄県	3.4	3.2	▲0.2	3.0	3.1	0.1	—	—	—
全国平均値		3.26	3.21	▲0.05	3.00	2.98	▲0.02	—	—	—
被災3県平均値		3.17	3.17	0.00	3.34	3.31	▲0.03	—	—	—

表-2 モニター調査の対象資材(13資材)

資材名称	仕様・寸法	(本研究での呼称)	
セメント	普通ポルトランド バラ	生コン類	地場資材
生コンクリート	21-18-25		
骨材	砂	骨材類	
	砂利		
	砕石		
	再生砕石		
アスファルト合材	密粒度13 (新材)	合材類	
	密粒度13 (再生材)		
鋼材	異形棒鋼 SD295A D16	鋼材類	一般資材
	H形鋼 200×100×5.5×8mm		
木材	杉正角 特1等 3.0m×10.5×10.5cm	木材類	
	型枠用合板 輸入品 12.0×900×1,800mm		
石油	軽油1・2号	石油類	

表-3 モニター調査結果の調査項目

現在の価格動向	下落 1	やや下落 2	横ばい 3	やや上昇 4	上昇 5
現在の需給動向	緩和 1	やや緩和 2	均衡 3	やや逼迫 4	逼迫 5
現在の在庫状況	豊富 1	普通 2	やや不足 3	不足 4	

市場原理を念頭に需給・価格・在庫の関係性を考えると、「需要が増加すれば価格が上昇する」、「在庫がひっ迫すれば価格が上昇する」および「需要が増加すれば在庫がひっ迫する」となる。モニター調査の結果も、当然ながらこれらに相関性が確認できるものと推測される。

そこで、2006年4月～2020年3月(14年間・168ヵ月)の価格動向の全国平均値と、需給動向の全国平均値を使って、両者の関係性を散布図に表した(図-1、図-2)。

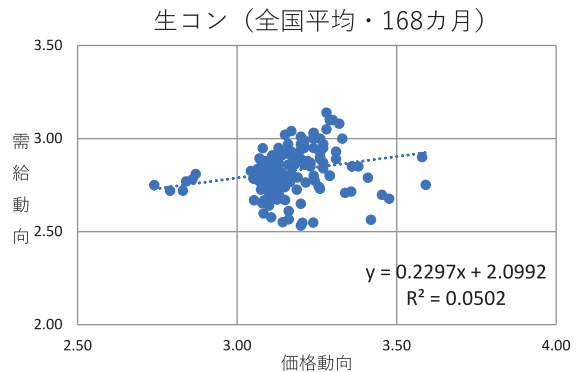


図-1 地場資材の散布図(一例)

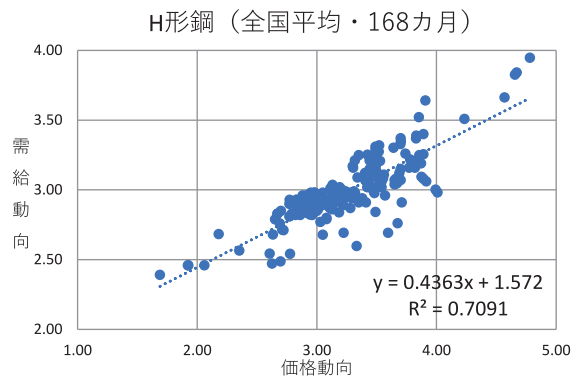


図-2 一般資材の散布図(一例)

『セメント、生コンクリート、骨材（各種）、アスファルト合材（各種）』（以下、包括して地場資材と呼称）では、相関係数 R（決定係数 R^2 の平方根）が低く相関性は確認できないが、『鋼材（各種）、木材（各種）、石油』（以下、包括して一般資材と呼称）では相関係数 R が比較的高い数値を示すなど、価格動向と需給動向の相関性は資材によって大きく傾向が異なる結果となった。

これらは、製品の製造拠点(工場)からの輸送範囲が限られるため全国に製造・販売業者が存在し、それぞれの地域で市況を形成している地場資材と、国内における製造拠点が少なく、広範囲に資材が供給され広域的な同一市況圏が形成されやすい一般資材といった、資材特性の違いによるものかもしれない。

(2) 価格動向と需給動向の相関性（年度別）

このように、2006 年 4 月～2020 年 3 月(14 年間・168 カ月)の全体傾向で言えば、地場資材と一般資材で『価格動向と需給動向の相関性』に差異が確認されるが、単年度で見れば、地場資材も相関性を強める時期や、一般資材でも相関性が弱まる時期が存在していた可能性がある。

そこで、『建設需要や原料調達状況等の市場環境は時代と共に変化しているため、モニター調査の価格動向と需給動向、および在庫状況との相関性も年度ごとに強弱が生ずる』と仮定し、資材別・年度別で相関係数 R を取りまとめた(表-4～表-6)。なお、表中の網掛け部は $R \geq 0.25$ の正の相関を表しており、太文字は $R \geq 0.7$ の強い相関を示す。

表-4 価格動向と需給動向の相関係数 R（年度別）

年度	生コン類		骨材類				合材類		鋼材類		木材類		石油類
	セメント	生コン	砂	砂利	碎石	R C	新材	再生	異形棒鋼	H 形鋼	製材	合板	軽油
2006年	0.10	-0.76	0.01	-0.44	-0.60	-0.49	-0.83	-0.85	0.84	0.84	0.70	0.88	0.76
2007年	-0.23	-0.04	0.71	0.46	0.70	0.87	0.73	0.76	0.76	0.91	0.53	0.59	0.53
2008年	0.45	-0.54	-0.71	-0.75	-0.79	-0.74	-0.72	-0.73	0.99	0.99	0.31	0.59	0.83
2009年	-0.70	-0.70	-0.76	-0.73	-0.84	-0.65	0.73	0.69	0.71	0.63	0.67	0.54	-0.18
2010年	-0.66	-0.87	0.07	-0.03	-0.05	0.13	-0.12	-0.16	0.82	0.89	0.88	0.14	0.54
2011年	0.02	0.31	-0.69	-0.72	0.02	0.27	-0.17	-0.17	0.93	0.92	0.94	0.99	0.81
2012年	-0.26	0.90	0.19	0.09	0.23	0.26	-0.35	-0.44	0.81	0.88	0.84	0.96	0.75
2013年	0.68	-0.21	0.35	0.54	0.67	0.83	-0.42	-0.44	0.73	0.72	0.90	0.63	0.44
2014年	0.36	-0.29	-0.05	-0.20	-0.31	-0.51	-0.80	-0.82	0.40	0.26	0.54	0.80	0.82
2015年	0.56	0.68	0.75	0.75	0.78	0.81	0.78	0.79	0.45	0.24	0.19	0.19	0.12
2016年	-0.15	-0.69	-0.05	-0.44	0.10	0.35	0.45	0.52	0.68	0.84	0.84	0.78	0.37
2017年	0.43	0.46	0.23	0.32	0.34	0.48	0.71	0.76	0.80	0.86	0.75	0.93	0.79
2018年	-0.19	-0.09	-0.26	-0.32	0.01	0.19	0.29	0.23	-0.36	-0.19	-0.19	0.58	0.56
2019年	-0.33	-0.58	-0.08	-0.44	-0.41	-0.36	-0.71	-0.72	0.70	0.75	0.24	-0.03	0.18

表-5 需給動向と在庫状況の相関係数 R（年度別）

年度	生コン類		骨材類				合材類		鋼材類		木材類		石油類
	セメント	生コン	砂	砂利	碎石	R C	新材	再生	異形棒鋼	H 形鋼	製材	合板	軽油
2006年			0.64	0.78	0.44	0.65			0.98	0.98	0.69	0.97	
2007年			0.67	0.51	0.86	0.92			0.92	0.94	0.68	0.69	
2008年			0.40	-0.29	0.19	0.75			0.99	0.99	0.55	0.57	
2009年			0.63	0.79	0.87	0.94			0.32	0.20	0.65	0.47	
2010年			0.86	0.82	0.69	0.69			0.69	0.80	0.92	0.78	
2011年			0.78	0.20	0.76	0.78			0.90	0.93	0.95	0.99	
2012年			0.91	0.89	0.88	0.67			0.62	0.81	0.86	0.87	
2013年			0.91	0.92	0.87	0.94			0.77	0.90	0.95	0.76	
2014年			0.58	0.57	0.74	0.83			0.33	0.28	0.49	0.72	
2015年			0.63	0.30	0.39	0.84			0.05	0.68	0.77	0.67	
2016年			0.89	0.89	0.95	0.88			0.54	0.95	0.94	0.94	
2017年			0.79	0.84	0.82	0.82			0.97	0.92	0.80	0.94	
2018年			0.35	0.32	0.44	0.91			0.90	0.97	0.31	0.34	
2019年			0.88	0.72	0.62	0.99			0.86	0.94	0.67	0.54	

表-6 在庫状況と価格動向の相関係数 R（年度別）

年度	生コン類		骨材類				合材類		鋼材類		木材類		石油類
	セメント	生コン	砂	砂利	碎石	R C	新材	再生	異形棒鋼	H形鋼	製材	合板	
2006年			0.27	-0.28	-0.47	-0.36			0.85	0.80	0.45	0.83	
2007年			0.30	0.61	0.47	0.64			0.54	0.67	-0.16	0.20	
2008年			-0.59	0.15	-0.45	-0.69			0.75	0.68	0.46	0.73	
2009年			-0.48	-0.40	0.66	0.67			0.49	0.57	0.34	0.45	
2010年			0.10	0.27	-0.06	-0.10			0.51	-0.03	0.11	0.56	
2011年			0.19	0.63	-0.36	0.13			0.95	0.92	0.54	0.01	
2012年			0.06	-0.07	0.40	0.50			0.63	0.78	0.67	0.64	
2013年			0.81	0.87	-0.04	-0.18			0.63	0.07	0.03	0.40	
2014年			0.66	0.43	0.12	-0.40			0.64	0.62	0.24	0.74	
2015年			0.21	0.17	-0.07	0.65			0.28	0.05	0.19	0.42	
2016年			0.31	0.50	0.44	0.56			0.50	0.91	0.47	0.87	
2017年			0.72	0.71	0.94	0.98			0.92	0.91	0.91	0.94	
2018年			0.63	-0.11	0.21	0.35			-0.18	-0.08	-0.39	-0.26	
2019年			0.20	-0.07	-0.07	-0.71			0.80	0.65	0.11	0.26	

市場原理を念頭に「正の相関」にのみ着目して言うと、価格動向と需給動向の相関性（表-4）では、地場資材は概ね低い傾向にあるが、相関性が強まる年度も確認できる。一方、一般資材は概ね全期間を通じて強い相関性を示すものの、年度によっては弱まることを確認できる。

また、在庫状況と価格動向の相関性（表-6）については、地場資材は表-4とは異なる時期に強い相関性が見られるなど、価格動向への影響要因が年度によって需給動向であったり在庫状況であったり、或いはどれも関係しないといった状況が繰り返されているように見える。一方、一般資材は表-4で示されるより相関性が若干弱まる傾向から、在庫状況よりも需給動向の方が価格動向に強く影響を及ぼしていると考えられる。

需給動向と在庫状況の相関性（表-5）では、地場資材と一般資材ともに、概ね全期間を通じて強い相関性を示し、市場原理に則していると言える。

なお、相関係数 R の判定基準は諸説あるが、本研究では表-7 の判定基準を設けている。

表-7 本研究で使用する相関係数 R の判定基準

相関係数 R	本研究で採用する相関係数の解釈
±0.70 ～ ±1.00	強い相関あり
±0.50 ～ ±0.70	相関あり
±0.25 ～ ±0.50	弱い相関あり
±0.00 ～ ±0.25	相関なし

(3) 価格動向と需給動向の相関性（出現傾向）

次に、価格動向と需給動向の相関性（表-4）について、年度の推移に伴う相関係数の出現傾向を資材毎の棒グラフで表した（図-3、図-4）。なお、グラフの見方は次のとおり。

- ・ここでは「負の相関」についても表示している。
- ・グラフの横線（破線）は、相関係数の強弱を測る閾値として $R = \pm 0.7$, ± 0.5 , ± 0.25 を表す。

図-3 によると、地場資材は年度によって「正の相関」、「負の相関」、「相関なし」と多彩な傾向が確認できる。また、「負の相関」を示す年度、「正の相関」を示す年度が複数の資材で概ね近似しており、共通的な傾向が確認できる。

一方、図-4 のとおり一般資材は全期間を通じて強い「正の相関」を示すが、相関性が弱まる年度、あるいは「負の相関」に転じる年度といった、こちらもある程度共通的な傾向が確認できる。

しかし、地場資材と一般資材とでは、相関関係の強弱が生ずる年度に共通的な傾向は見られない。両者は異なる資材特性を持つグループと言え、それぞれが別の市場ルールに基づいて変動しているものと考えられる。

また、複数の資材で同一年度に「負の相関」が出現する事実は、それが生ずる偶然以上の理由があり、何らかのメカニズムがあるものと推測される。

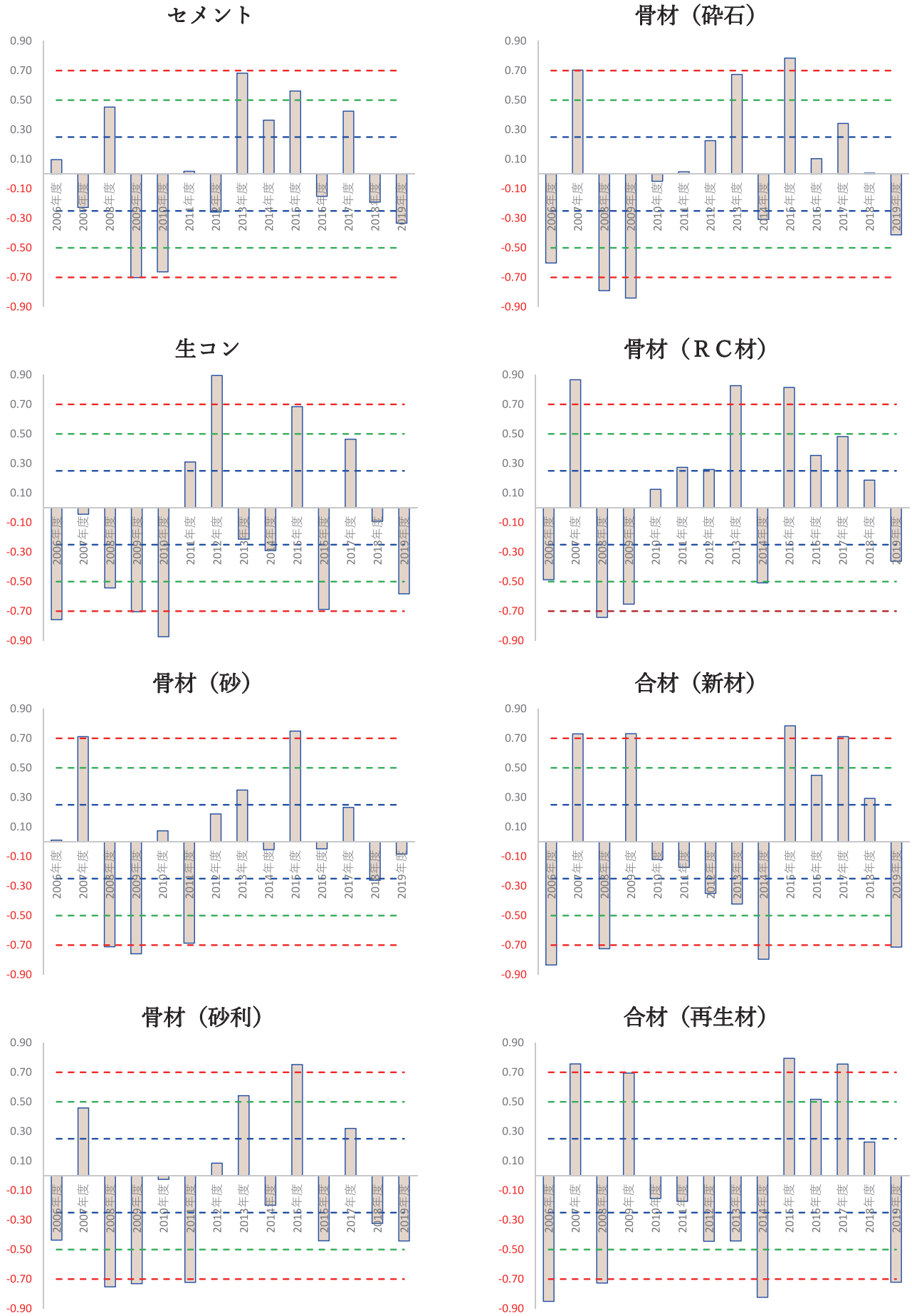


図-3 価格動向と需給動向の相関係数 R の推移（地場資材）

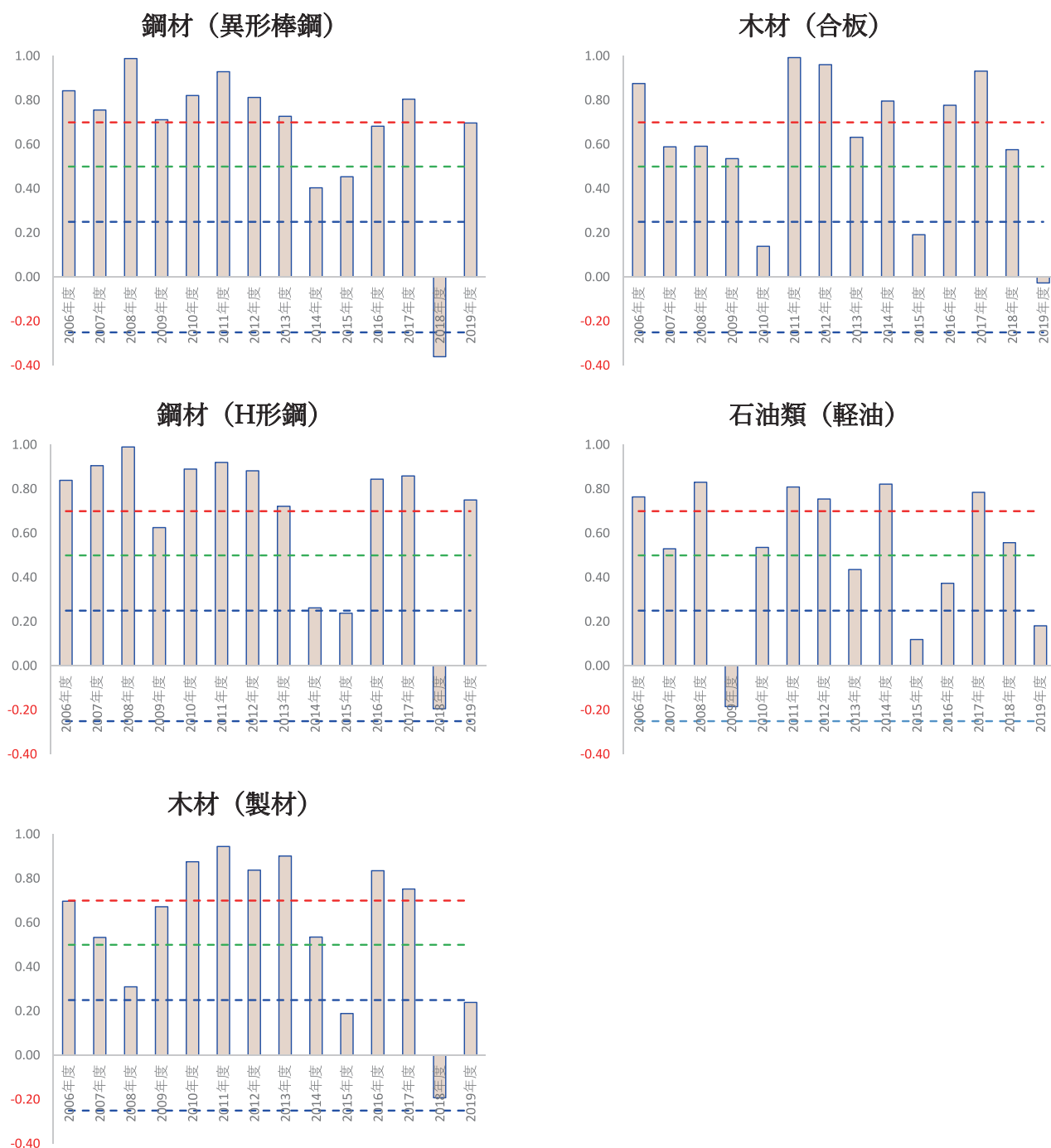


図-4 価格動向と需給動向の相関係数 R の推移（一般資材）

(4) 負の相関係数が出現する意味

ここで、価格動向と需給動向の相関性の「負の相関」について考えてみる。

市場原理的には「需要が増加すれば価格も上昇する」と考えられ、これは「正の相関」となる。単純にその逆を考えれば「需要が増加すれば価格が下落する」が「負の相関」と言え、メーカー間の競合状況によっては地区・時期限定で起こりうることもあるが、全国各地で独自市況圏を形成している地場

資材において、全国一律にそのような市場環境に陥ることは考えにくい。

現実的な解釈として、地場資材で多く見られる「負の相関」の意味は2つ考えられ、一つは「需要が減少すれば価格が上昇する」というもので、実際に地場資材の多くは需要の減少に伴う製造固定費率の上昇を理由に、販売価格の維持もしくは値上げを打ち出してきた歴史がある。もう一つは、「需要と価格の間に相関性は一切なく、年によっての相関係数の正負は偶然」と言うものである。

表-8 全期間のうち価格動向と需給動向に相関性が確認された年度の数

(単位: 回/14年間)

相関係数		生コン類		骨材類				合材類		鋼材類		木材類		石油類
		セメント	生コン	砂	砂利	碎石	R C	新材	再生	異形棒鋼	H形鋼	製材	合板	軽油
正の相関	$R \geq 0.7$	0	1	2	1	2	3	4	3	9	10	6	6	6
	$0.7 > R \geq 0.5$	2	1	0	1	1	0	0	2	2	1	4	5	3
	$0.5 > R \geq 0.25$	3	2	1	2	1	4	2	0	2	1	1	0	2
相関なし		5	3	7	3	5	2	2	3	0	2	3	3	3
負の相関	$-0.25 \leq R < -0.5$	2	1	1	4	2	2	2	2	1	0	0	0	0
	$-0.5 \leq R < -0.7$	1	3	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
	$-0.7 \leq R$	1	3	2	3	2	1	4	4	0	0	0	0	0
計	正の相関	5	4	3	4	4	7	6	5	13	12	11	11	11
	負の相関	4	7	4	7	5	5	6	6	1	0	0	0	0
全期間中、正負を問わず相関性を確認できた年度の割合		64.3%	78.6%	50.0%	78.6%	64.3%	85.7%	85.7%	78.6%	100.0%	85.7%	78.6%	78.6%	78.6%
平均73.2% (うち、「負の相関」は39.3%)										平均84.3% (うち、「負の相関」は0.9%)				

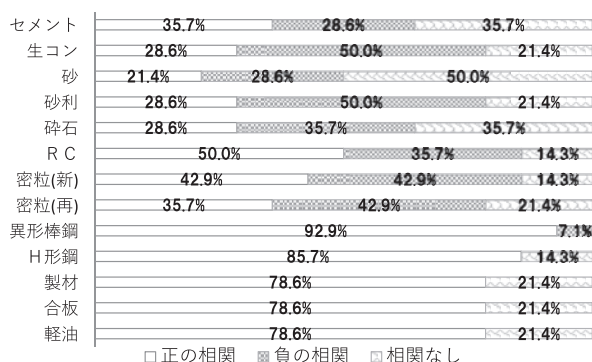


図-5 全期間において相関性が確認された年度の割合

そこで、まずは表-4を基に、一定の相関性が確認された年度の数を取りまとめた(表-8)。

結果、2006年4月～2020年3月の全期間に対し、一定の相関性が示された年度の割合は、地場資材が73.2%、一般資材は84.3%であり、両者とも14年間のほとんどの期間において、価格動向と需給動向に相関性を示していることが分かる。

次に、表-8を基に正負の相関係数の出現期間の割合をグラフ化した図-5を見ると、一般資材はほと

んどの期間が市場原理に則った「正の相関」を示しており、地場資材は過半数の期間で相関性が確認できるものの、その内訳は「正の相関」を示す期間と「負の相関」を示す期間が概ね拮抗する形で存在していることが確認できる。

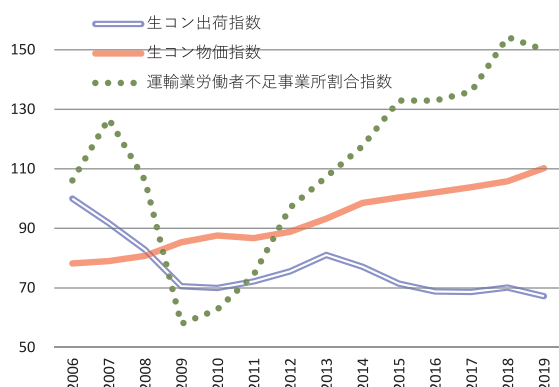
ここで、これまでに得られた相関係数の出現傾向が、実際の価格や需要の動きとどのように整合するのか、公表された他の統計資料を基に確認する。

地場資材は生コン、一般資材はH形鋼を代表資材として、出荷量(需要)や物価指数のほか、関係性の深い統計量をグラフに取りまとめた(図-6)。

図-6によると、実際の生コン価格は漸増的に上昇を続けているが、出荷量は漸減的に減少していることが確認できる。

生コン価格と出荷量の関係を細かく見ていくと、2006～2010年度は両者は反比例の関係(負の相関)にあり、2010～2013年度にかけては正比例の関係(正の相関)に転じ、2013年度以降は再び反比例の関係に至るなど、図-5の価格動向と需給動向の

生コンの出荷量と価格の動き(全国)



H形鋼の需要量と価格の動き(全国)

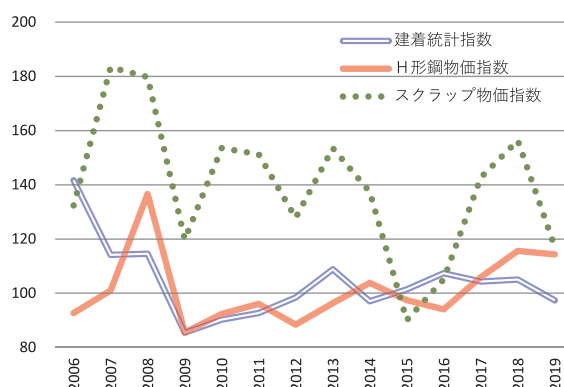


図-6 他の統計資料にみる代表資材の出荷量(需要量)と物価の動き

相関性が年度によって正負が入れ替わる状況と整合している。

ただし、図-6 に示す 2013 年度以降の価格と出荷量の反比例の関係については、図-3 では年度によって正比例の関係が現れるなど、整合しない点も見受けられる。出荷量が減少している時の正の相関とは、本来は価格の下落を表すが、実際には生コン価格が上昇を続けていることから、何らかの理由で『実需は減少しているが供給が困難な状況（ひっ迫）』にあったものと推測される。その要因の一つに挙げられるのが運輸業労働者不足事業所割合指数であり、近年、社会問題化している慢性的な運転手不足、ならびに都市再開発事業等に伴う突発的・局地的な需要増加が、需給双方の間で一時的に生コンの供給不安を募らせ、意識調査である資材モニター調査において「需給ひっ迫」として表出した可能性がある。

一方、H 形鋼の価格は、概ね建築着工統計から類推される需要量の動きに追随するなど正比例の関係（正の相関）にあり、これは図-5 が示す内容と整合している。

しかし、2007～2008 年度と 2017～2018 年度には、原材料のスクラップ価格の急騰に追随して H 形鋼の価格も上昇し、一時的に需要量の動きとは反比例の関係に至っていることが確認できる。図-4 とは 2007～2008 年度の動きが整合していないが、2017～2018 年度については、多少のズレはあるものの、ある程度整合している。

一般的に、資材メーカーの製造・販売にかかる運転資金（固定費）は毎年一定の額を要するが、その

年の需要が伸び悩み、最低限必要とする出荷量のライン（閾値）を下回ると赤字経営となる。

このような需要減退期において、運転資金の補填のため販売価格を引き上げる努力をしているのが地場資材であり、相関係数の正負が年度によって切り替わる状況は、その時々で「需要の増加」と「需要の減少」を値上げ理由として使い分けていることを示しているのかもしれない。

一般資材は、通常は需要の多寡に応じた価格変動を取るが、原材料その他の要因に突発的な変動があれば、突発要因による価格変動に切り替わるなど、どこまでも市場原理に則った資材と言える。

(5) 価格動向と需給動向のサイクル性

前節の推論を補完する目的で、資材モニター調査の価格動向と需給動向の値（表-3 を参照）について、各年度の推移とバラツキを確認する。

ここでは、地場資材は生コン、一般資材は H 形鋼を代表資材とし、2006 年 4 月～2020 年 3 月の 14 年間の価格動向と需給動向のデータを、月ごとに箱ひげ図として取りまとめた（図-7、図-8）。

図-7 によると、生コンは価格動向・需給動向ともに各月の四分位範囲が狭い＝各月のデータの変動が少ないことが分かる。このことから、価格動向・需給動向ともに、値の強弱が発生する月は概ね毎年固定化している（サイクル性が高い）と言える。

一方、図-8 によると H 形鋼の価格動向は四分位範囲が大きく、価格動向が強まる月、弱まる月が毎年一定しているとは言い難いことが分かる。需給動

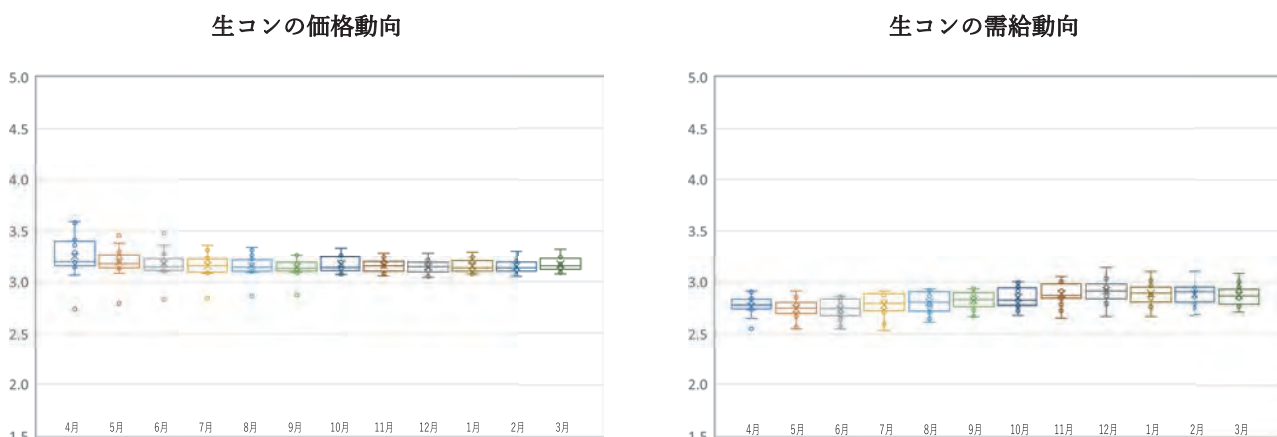
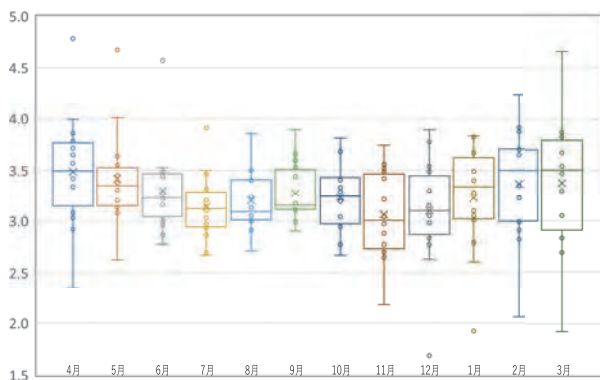


図-7 価格動向と需給動向の月別のデータ分布状況（生コン）

H 形鋼の価格動向



H 形鋼の需給動向

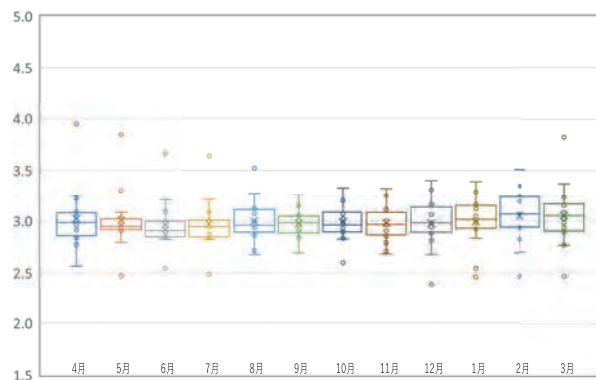


図-8 価格動向と需給動向の月別のデータ分布状況（H 形鋼）

表-9 価格動向と需給動向の月別のデータ分布状況（資材別）

資材名		価 格 動 向												平均	需 給 動 向												平均	相関係数
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		
セメント	平均値	3.26	3.21	3.18	3.16	3.15	3.14	3.15	3.14	3.13	3.13	3.13	3.14	—	2.86	2.83	2.82	2.84	2.88	2.88	2.91	2.92	2.96	2.93	2.93	2.92	—	-0.65
	標準偏差	0.23	0.20	0.17	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.12	0.13	0.11	0.10	0.09	0.11	0.10	0.09	0.10	0.12	0.13	0.12	0.11	0.11	—
生コン	平均値	3.25	3.19	3.17	3.16	3.15	3.14	3.17	3.16	3.15	3.15	3.15	3.17	—	2.76	2.74	2.74	2.78	2.80	2.82	2.85	2.88	2.91	2.89	2.88	2.87	—	-0.55
	標準偏差	0.21	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.07	0.10	0.11	0.10	0.10	0.11	0.10	0.09	0.10	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	—	—
砂	平均値	3.18	3.14	3.12	3.11	3.10	3.10	3.13	3.12	3.11	3.11	3.12	3.11	—	2.84	2.80	2.82	2.82	2.85	2.87	2.93	2.95	3.00	2.96	2.98	2.96	—	-0.34
	標準偏差	0.17	0.13	0.10	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08	0.09	0.11	0.10	0.09	0.10	0.09	0.10	0.09	0.10	0.10	0.11	0.10	0.11	0.10	—
砂利	平均値	3.18	3.14	3.12	3.12	3.10	3.10	3.13	3.12	3.11	3.11	3.11	3.11	—	2.81	2.79	2.81	2.82	2.84	2.86	2.91	2.93	2.97	2.95	2.96	2.95	—	-0.49
	標準偏差	0.17	0.12	0.10	0.10	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08	0.09	0.12	0.12	0.11	0.12	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.10	0.11	—
砕石	平均値	3.15	3.12	3.10	3.09	3.08	3.08	3.10	3.09	3.09	3.08	3.10	3.10	—	2.73	2.71	2.72	2.71	2.74	2.77	2.80	2.85	2.89	2.86	2.88	2.88	—	-0.33
	標準偏差	0.16	0.11	0.09	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08	0.13	0.11	0.10	0.13	0.12	0.12	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.12	0.13	—
R C	平均値	3.12	3.09	3.08	3.07	3.07	3.06	3.09	3.08	3.08	3.08	3.08	3.10	—	2.81	2.77	2.78	2.79	2.84	2.86	2.92	2.96	3.01	2.99	3.02	3.02	—	0.04
	標準偏差	0.13	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.07	0.11	0.08	0.09	0.10	0.10	0.11	0.11	0.13	0.13	0.13	0.11	0.10	0.11	—
合材	平均値	3.40	3.33	3.31	3.39	3.35	3.29	3.40	3.31	3.26	3.28	3.26	3.26	—	2.61	2.56	2.56	2.62	2.65	2.69	2.73	2.80	2.84	2.79	2.82	2.91	—	-0.65
	標準偏差	0.35	0.28	0.22	0.30	0.25	0.19	0.35	0.21	0.17	0.23	0.21	0.21	0.25	0.14	0.13	0.08	0.11	0.11	0.10	0.11	0.09	0.10	0.09	0.10	0.12	0.11	—
合材 (再生材)	平均値	3.37	3.32	3.29	3.36	3.33	3.27	3.37	3.29	3.24	3.26	3.25	3.24	—	2.65	2.61	2.60	2.66	2.69	2.74	2.78	2.85	2.89	2.83	2.86	2.96	—	-0.68
	標準偏差	0.34	0.27	0.22	0.28	0.23	0.18	0.32	0.19	0.15	0.21	0.20	0.20	0.23	0.14	0.14	0.07	0.11	0.11	0.10	0.10	0.07	0.08	0.09	0.08	0.09	0.10	—
異形棒鋼	平均値	3.55	3.48	3.32	3.16	3.21	3.28	3.26	3.07	3.12	3.22	3.36	3.39	—	3.03	3.00	2.98	2.98	3.00	3.01	3.02	3.00	3.00	3.00	3.03	3.03	—	0.51
	標準偏差	0.53	0.45	0.42	0.34	0.29	0.27	0.37	0.45	0.49	0.52	0.54	0.60	0.44	0.28	0.23	0.24	0.23	0.22	0.18	0.21	0.22	0.23	0.22	0.23	0.25	0.23	—
H形鋼	平均値	3.49	3.42	3.30	3.14	3.20	3.27	3.23	3.06	3.10	3.22	3.37	3.38	—	3.02	3.00	2.96	2.97	3.00	2.97	2.99	2.98	2.97	2.99	3.05	3.05	—	0.66
	標準偏差	0.55	0.46	0.42	0.32	0.29	0.28	0.34	0.43	0.53	0.51	0.55	0.65	0.44	0.31	0.29	0.24	0.24	0.21	0.14	0.18	0.19	0.24	0.25	0.27	0.31	0.24	—
製材	平均値	3.14	3.13	3.10	3.07	3.07	3.07	3.09	3.10	3.12	3.13	3.12	3.12	—	2.89	2.89	2.87	2.86	2.88	2.90	2.95	2.97	2.98	2.98	2.96	2.93	—	0.35
	標準偏差	0.18	0.13	0.07	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09	0.15	0.13	0.16	0.13	0.11	0.17	0.13	0.12	0.09	0.09	0.07	0.09	0.12	0.15	0.15	0.13	0.13	0.12	—
合板	平均値	3.26	3.24	3.18	3.15	3.14	3.15	3.18	3.16	3.16	3.16	3.17	3.21	—	2.99	2.97	2.95	2.94	2.97	2.97	2.99	3.01	3.01	3.00	3.00	3.00	—	0.09
	標準偏差	0.33	0.28	0.17	0.21	0.26	0.27	0.24	0.26	0.21	0.22	0.22	0.22	0.24	0.31	0.32	0.19	0.15	0.17	0.17	0.18	0.21	0.17	0.16	0.14	0.13	0.19	—
軽油	平均値	3.45	3.53	3.44	3.37	3.51	3.31	3.17	3.13	3.12	3.13	3.18	3.32	—	2.89	2.86	2.87	2.88	2.90	2.89	2.88	2.91	2.92	2.90	2.90	2.92	—	-0.62
	標準偏差	0.45	0.39	0.58	0.55	0.50	0.41	0.46	0.57	0.66	0.68	0.60	0.47	0.53	0.14	0.08	0.08	0.09	0.09	0.05	0.06	0.05	0.07	0.08	0.07	0.07	0.08	—

向については、各月のデータの変動が比較的小さくサイクル性があるとも言えるが、外れ値も多い状況から、その年の市場環境の違いで需給動向の強まる月、弱まる月が大きく異なることが予想される。

そこで、全資材のサイクル性の有無を確認するため、価格動向と需給動向の各月の平均値と標準偏差を取りまとめた（表-9）。

年度内全体のバラツキを判断する指標として、表-9では標準偏差の平均値（以下、指標と呼称）も算出しているが、地場資材は価格動向、需給動向とも指標は概ね 0.1 前後と小さく、サイクル性が高いことが確認できる。例外は合材で、需給動向の指標は十分小さくサイクル性が高いと言えるが、価格動向は 0.2 を超えており、年度によって価格動向のサイクル性が崩れることを示している。合材は、主原料のストアスを海外から調達している関係上、原油の

国際相場の乱高下の影響を受けやすく、年度によって価格動向に影響を与えるものと推測される。

一方、一般資材は、需給動向の指標が 0.2 前後となるものが多く、年度によって需給動向のサイクル性が崩れることを示している。価格動向に至ってはさらに指標が大きくなり、サイクル性があるとは言えない結果となった。例外は製材と軽油で、前者は価格動向、需給動向ともに指標が地場資材並みに小さくサイクル性が高いと言え、製材の需要主体である戸建て住宅の建設ピークが、毎年、年度後半に集中している事が理由として挙げられる。後者は需給動向のみサイクル性が高いものの、価格動向については合材と同様の理由でサイクル性は確認できない結果となっている。

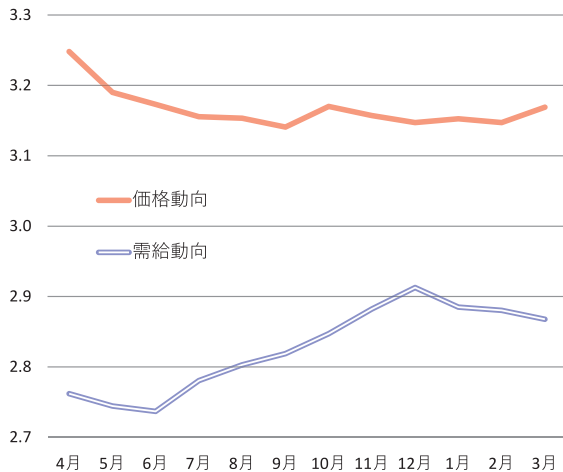


図-9 生コンの価格動向と需給動向の年間推移

ここで、サイクル性の高い資材として、表-9の生コンを例に、価格動向と需給動向の推移をグラフで示す（図-9）。

この図-9からは、以下の点が挙げられる。

- ① 生コンの価格動向は、年度当初に価格の上昇感が最も強く、年度末にかけて緩やかに下がっている。これは、年度当初に値上げが表明され、新価格が徐々に浸透するにつれ横ばい（3.0）に向かうサイクルが毎年度繰り返されていると考えられる。図-6の生コン物価指数が漸増的に上昇していることと整合する。
- ② 需給動向は、年度当初は需給緩和感から始まり、年末・年度末にようやく需給均衡（3.0）に近づくサイクルが毎年度繰り返されている。需給ひっ迫に至ることがなく、図-6の生コン出荷指数が漸減的に減少していることと整合する。
- ③ 生コンの価格動向と需給動向は、グラフの形状からして反比例の関係（負の相関）にあることが分かる。

生コンだけでなく、地場資材は概ね①～③に挙げた傾向を示しており、表-9のとおり価格動向と需給動向が変動するサイクルが毎年度固定化していることも踏まえると、地場資材の標準的な年度（デフォルト）に現れる相関性は「負の相関」（RC材のみ「相関なし」）であると言える。それは、市場において価格動向と需給動向の変動・推移に関連性はなく、相関係数自体に意味はない（市場原理に基いた相関性は存在しない）とも言える。

そのように考えると、図-3に示した地場資材の

相関係数の推移において、「正の相関」もしくは「相関なし」（RC材のみ正負どちらかの相関性）が現れた年度は、何らかの市場環境の変化によって、価格動向が年度当初に横ばいで始まった、あるいは需給動向が年度当初からひっ迫で始まった等、イレギュラーな年度であった可能性がある。

一方、一般資材は、表-9が示すとおり価格動向と需給動向のサイクル性が低く、その年の市場環境によって値の推移が大きく変わるものの、需給動向の動きに価格動向が連動して、常に相関性が維持されていることは図-4や表-8を見ても明らかである。したがって、一般資材はデフォルトが「正の相関」であると言える。そうすると、「負の相関」あるいは「相関なし」が現れた年度は、イレギュラーな年度であったと言える。

(6) イレギュラー年度に関する考察

前節において、価格動向と需給動向の関係性が、デフォルトで「正の相関」、あるいはデフォルトで「負の相関」となる資材が、逆の相関性を示す年度をイレギュラー年度と称した。イレギュラー年度が生ずるメカニズムについては、原材料その他の要因による価格動向の乱れ、あるいは社会的要因による建設投資の変化に伴う需給動向の乱れが生じ、偶然もしくは必然的に逆の相関性が強まったものとする。

そこで、表-4を基に、地場資材は「正の相関」（相関係数 $R \geq 0$ ）、一般資材は「負の相関」（相関係数 $R \leq 0$ ）を示す年度をイレギュラー年度と定義し、それに該当する資材数の年度別の割合を表-10のとおり取りまとめた（なお、傾向把握のため「相関なし」は集計から外している）。

また、表-10には建設市場に何らかの影響を及ぼしたと思われる社会的イベント記載し、表-10をグラフ化した図-10には景気動向指数を加えている。

市場関係者（需給双方）の取引姿勢は、実需の多寡のみならず社会的イベント（公共投資に対する政権の姿勢や各種の政策、民間投資における投資家の心理、或いは自然災害や海外諸事情等）にも影響を受けているとすれば、意識調査であるモニター調査の価格動向と需給動向にも、それが反映されていると考えるのが自然である。

表-10 イレギュラー年度を示す資材数の推移と社会的イベント

年度	イレギュラー年度を示す資材数の割合		社会的イベント
	地場資材(8資材) (相関係数 $R \geq 0$)	一般資材(5資材) (相関係数 $R \leq 0$)	
2006年	25.0%		マンション耐震偽装問題（2005年11月）の影響
2007年	75.0%		改正建築基準法施行（新設着工戸数が減少）、米サブプライム問題
2008年	12.5%		リーマンショック
2009年	25.0%	20.0%	民主党政権が誕生（ダム中止・事業仕分け）、世界同時不況、新規求人 数が最低を記録
2010年	12.5%		
2011年	50.0%		東日本大震災（復興）、電力不足で計画停電
2012年	50.0%		自公が政権を奪還、失業率改善（人手不足）、アベノミクス始動（異次 元緩和で円安・株高）
2013年	62.5%		
2014年	12.5%		消費増税5%から8%へ、消費増税10%の導入延期を発表
2015年	100.0%		TPP交渉が大筋合意、外国人観光客が激増、中国経済にブレーキ
2016年	50.0%		熊本地震、日銀がマイナス金利初導入
2017年	100.0%		各地で自然災害が多発、各業界で品質偽装問題、衆院選で自民大勝
2018年	37.5%	60.0%	米中貿易摩擦が激化、景気回復局面の終了
2019年		20.0%	働き方改革施行、消費増税8%から10%へ

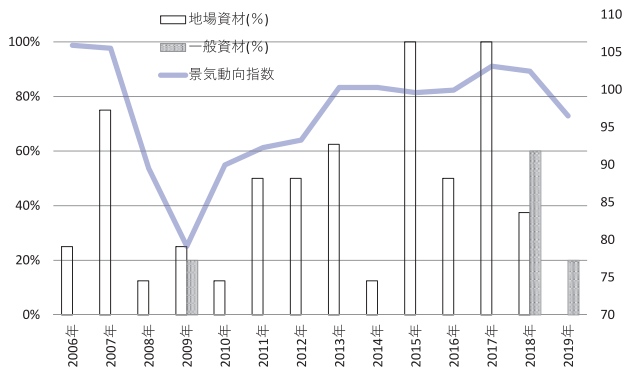


図-10 イレギュラー年度を示す資材数の推移

そのような仮定の上で表-10 と図-10 を取りまとめたものの、明確な関連性や傾向を述べるには判断が難しい結果となった。

強いて言うと、地場資材については、表-10 でイレギュラー年度を示す資材数の割合が高い 2011～2013 年度や 2015～2017 年度の傾向が、公共投資に対する期待感や好景気感、あるいは自然災害の復旧・復興が重なる時期であるとも言えるかもしれない。その逆にイレギュラーの少ない年度は、建設市場に対して厳しい社会情勢であったと想像しやすい年度が多く見られる。

一方、一般資材については、表-10 ではイレギュラー年度が、建設市場に厳しい社会情勢と想像される年度にのみ見られるが、厳しい時期＝イレギュラーが生じやすいとまでは言い切れない。むしろ、図-10 に示すように、景気動向指数から想像される景況感の落ち込む時期にイレギュラーが現れてお

り、需要主体が民間建築事業であることが要因にあるのかもしれない。

いずれにしても、社会的イベントだけでイレギュラー年度の発生メカニズムに迫るのは困難であり、今後の研究課題である。

ここでは、各年代の社会的イベントと、それにより建設市場のムードがどう変化したかを大まかに想像する参考資料として、あるいは建設市場での取引姿勢が切り替わる社会的イベント＝価格に影響を与える可能性のある社会的イベントを推測する資料として取り扱われたい。

参考文献

- 1) 国土交通省：主要建設資材需給・価格動向調査
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&toukei=00600060>
- 2) 全国生コンクリート工業組合連合会・全国生コンクリート協同組合連合会：全国出荷数量の推移
<http://www.zennama.or.jp/3-toukei/gaiyou/index.html>
- 3) 日本銀行：企業物価指数（2015 年基準）
https://www.boj.or.jp/statistics/pi/cgpi_2015/index.htm/
- 4) 厚生労働省：労働経済動向調査 結果の概要
<https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/43-1a.html>
- 5) 国土交通省：建築着工統計調査
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&toukei=00600120&tstat=000001016965>
- 6) 内閣府：景気動向指数（長期系列）
<https://www.esri.cao.go.jp/jp/stat/di/di.html>

建設現場における労働災害と外国人建設就労者への安全教育

一般財団法人建設物価調査会 総合研究所 主席研究員 齋藤 彰
一般財団法人建設物価調査会 事業普及部 出版企画課 課長代理 鴨志田倫之

1. はじめに

我が国の社会資本整備は、厳しい財政制約のもとで、集約・再編を含めた既存施設の戦略的なメンテナンスの実行、既存施設の有効活用および社会資本の目的、役割に応じた選択と集中を図る必要がある。それにより、「安心安全」、「生活の質の向上」、「国際競争力の強化」による、社会全体の「生産性の向上」を国民にもたらすことが可能になる。

しかし、社会資本は老朽化が加速し、巨大地震や激甚化する気象災害の発生、人口減少による地方の疲弊により維持修繕や更新等の計画実施が進まない状況となっている。社会資本に携わる建設業者や建設就労者は、新たに構造物を構築するだけでなく、既存の社会資本の維持管理・修繕や更新等を進めて国民生活に必要な重要な基盤を整備する責務がある。その社会資本を守る「地域の守り手」である建設業者は人材不足に加え高齢化が著しいことから、それを補うため外国人建設就労者を受け入れ、社会資本の整備に係る作業を担う方向に舵を切っている。

一方、建設業は労働災害が多い産業であり、その作業を高齢者や言葉による意思疎通が難しい外国人に託していることから、作業上の安全管理を徹底させる必要が生じている。作業上の安全管理をする上で安全教育は必要であり、外国人建設就労者の安全教育のため、当会でまんが本を製作したので、この経緯について考察する。

2. 我が国の社会資本整備の経緯

我が国の社会資本の整備の経緯について概説する。社会資本は明治維新後に先進国の指導を受けて発展してきた。その技術は、第二次世界大戦後の復興、高度成長期を経て技術が飛躍的に向上し、現在の豊かな暮らしが実現されている。土木学会の資料¹⁾をもとにもう少し見てみることにする。

我が国の社会資本整備は、第二次大戦後の1945年から戦後復興期として戦禍により破壊された社会資本、多発する洪水災害、雇用対策の失業事業、猛烈なインフレと社会資本整備に必要な財源不足からくる緊縮財政など困難な状況下でありながら戦後2、3年の日本経済の立ち直りにより回復を見せ始めた。

1955年から10年ほど続く高度成長期前半では、京浜、中京、阪神、北九州の工業地帯の活発化に合わせ、それらの地域の民間投資や労働力が集中し産業基盤資本の不足が産業活動の妨げとなっていた。そのため産業基盤を整備するための大都市への公共投資が優先され、民政安定のための投資は先送りされることとなる。このことを背景に我々の生活や仕事に密接な関係を持つ新幹線、高速道路、ニュータウンなどの社会資本の整備が始まり、東京オリンピック競技施設建設など国民の豊かな生活を実現するために質の高い社会資本が求められたことが戦後復興の象徴となった。しかし、豊かな生活を実現する一方で、公害問題や住宅環境の悪化などの大都市問題、大都市と地方圏での所得格差や生活水準格差などの歪みが顕著になっていく。

1965年からの10年間の高度成長期後期では、前述した高度成長の歪みが是正され高度経済成長が現実のものとなるものの、国家生活環境最低水準（ナショナルミニマム）の拡充が最重要課題になってきた。ここで新たな社会資本整備として、新全国総合開発計画（1969年）、日本列島改造論（1972年）などが進み、公共投資の地方圏への配分割合が増加し、地方圏での民間投資である企業誘致による雇用の創出を促すことで生活基盤投資の割合も増加していく。

1975年以降の安定期には、第一次石油ショック（1973年）を契機にGNPの平均成長率高度成長期後半の10%強から5%程度まで減少し、我が国の産業構造が大きく変化した。そのため国と地方の財

政収入の伸び率が低下したことにより、公共投資に占める国の負担割合が低下し、地方圏への公共投資を相対的に抑制したことにより大都市と地方圏の所得格差が徐々に拡大し現在に至っている。

3. 我が国の建設産業における就労者数と高齢化

少子高齢化により我が国の人口は、2008年の1億2,808万人をピークに減少を続け、2020年4月我が国の人口は1億2,593万人²⁾とピーク時に比べ215万にも減少し、さらに2055年には1億人を下回る³⁾とされている。

また2020年4月の労働力人口は6,817万人⁴⁾、生産年齢人口は5,913万人⁴⁾である。建設産業への就労者数は2018年503万人⁵⁾で、1997年の685万人をピーク減少傾向となっている。

建設産業は、社会資本の整備を支える重要な産業である。建設投資が増加しているにも関わらず、建設業許可業者数および建設業就労者数が伸び悩んでいることは、社会資本を守る「地域の守り手」を担う建設就労者の確保が難しい状況にあることを意味している。

現在の建設就労者数が横ばい若しくは減少していくことは、将来の建設就労者の高齢化に拍車が掛かることであり、引き続き若者の建設就労者を確保し育成するには、働き方改革に取り組む必要がある。

国土交通省では、2019年6月に建設業法、公共工事の入札及び契約の適正化の促進に関する法律（入契法）および公共工事の品質確保の促進に関する法律（品確法）を改正し「新・担い手三法」として施行したところである。2014年に品確法と建設業法・入契法を一体として改正してから5年が経過し、新たな課題・引き続き取り組む課題を提示したものである。

新たな課題⁶⁾は、「相次ぐ災害を受け地域の守り手としての建設業への期待」、「働き方改革促進による建設業の長時間労働の是正」および「i-Constructionの推進等による生産性の向上」である。

4. 建設産業の労働災害の状況

建設就労者の減少と高齢化を補うために、外国人建設就労者受入事業に関する告示⁷⁾を利用して多くの外国人労働者が建設工事現場に就労している。建設工事現場は労働集約型産業であり、人による作業が中心で、さらに生産効率を上げて構造物を造る必要がある。

ここで労働災害について見ていきたい。我が国の社会資本は、第二次世界大戦後の1945年の戦後復興から高度成長期および安定期に整備されてきた。

しかし、社会資本整備が整備されていくなかで、建設業の労働災害は増加を続け労働環境は悪化していく。労働災害における死亡者数は1961年にピークになり全産業で6,712人、建設産業で2,652の方が命を落とす最悪の状況⁸⁾となった。

こうした中で1972年に労働安全衛生法が施行され、その後労働災害は激減していくものの建設産業の死亡者数は、不名誉な結果が図-1⁹⁾のとおり現在でも続いている。

建設工事は、大きく分け「土木工事」、「建築工事」、「電気設備工事」および「機械設備工事」の4つの工事分野に分類される。どの工事分野においても死亡災害者数が多いのは、「墜落・転落」である。

年代別死亡災害発生人数¹¹⁾を事故種別8例について図-2に示す。グラフで示すとおり「墜落・転落」による死亡者数は、他の事故種別の死亡者数より遙かに多いことが分かる。

墜落・転落に続いて多い死亡事故は、「建設機械等」、「自動車等」、「飛来落下」と続く。また、どの事故種別についても死亡者数は右肩下がり傾向が見て取れるため、全体的に死亡災害は減少傾向になってきていることが分かる。

墜落・転落事故の対策として厚生労働省では、2018年6月8日に労働安全衛生法施行令第13条第3項28号の「安全带（墜落による危険を防止するものに限る。）」を「墜落制止用器具」と改め、2018年6月19日に労働安全衛生規則等および安全衛生特別教育規定における墜落・転落による労働災害を防止するための措置および特別教育の追加について所要の改正が行われ、2019年2月1日に施行された。

墜落制止用器具は、フルハーネス型を原則¹⁰⁾と

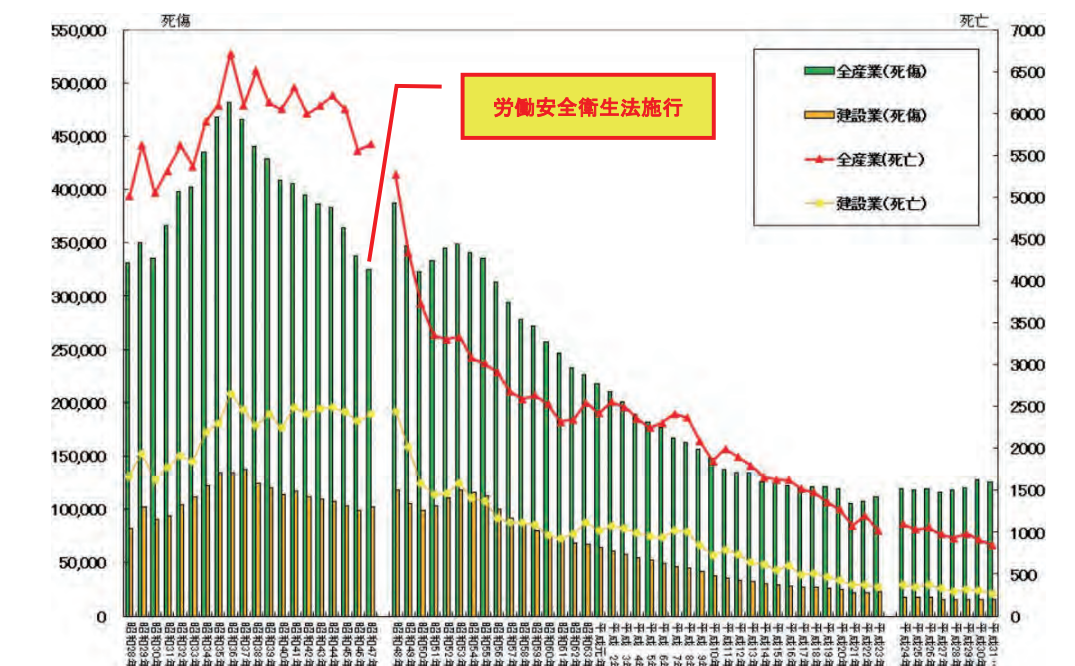


図-1 労働災害数推移

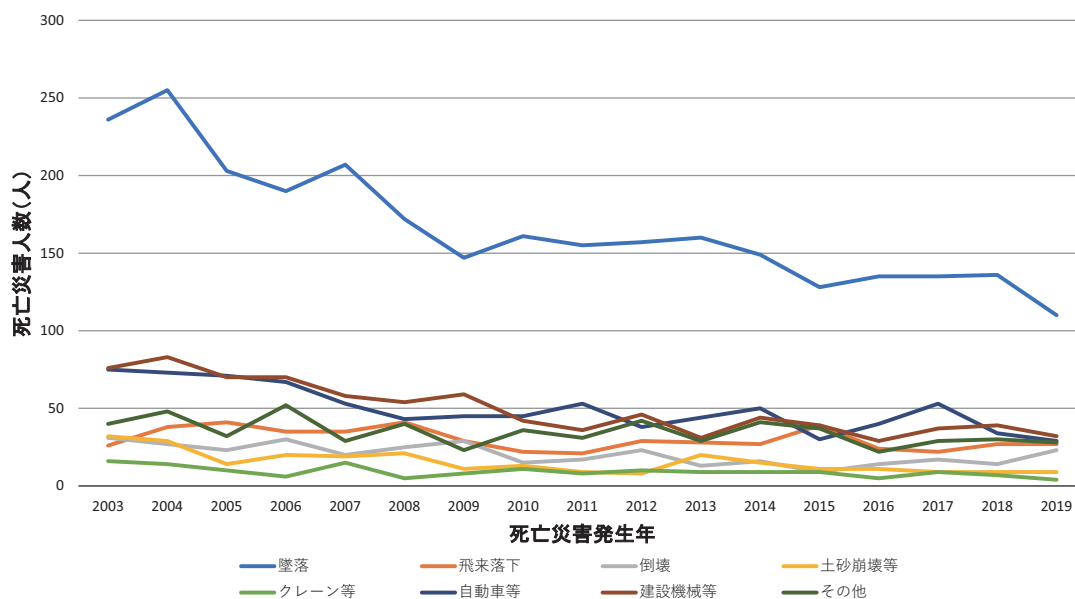


図-2 年代別死亡災害発生人数（事故種別8例）

するが、これを着用する者が墜落時に地面に到達するおそれのある場合は胴ベルト型の使用が認められる。またショックアブソーバ機能も選択できるため、墜落時の衝撃を緩和することが可能になった。高さ2m以上の箇所で作業床が設置できない労働者でフルハーネス型を用いる場合は「安全衛生特別教育」が必要になる。今回の法改正で、「墜落・転落」事故がさらに減少することが期待される。

5. 建設産業の労働災害の課題

建設産業における死亡災害事故は、1961年に2,652人の建設就労者が亡くなる最悪の状況になった。この状態が暫く続き、1972年に労働安全衛生法が施行されると労働災害が減少を始める。しかし、平成に入っても建設工事の死亡災害事故が1,000人を超えその後も減少は続き、300人を下回ったのは2019年になってからである。

労働災害が減少に転じたのは、関係省庁等の行政

機関や関係業団体の指導はもちろんのこと、各建設業者の経営者をはじめとする指導者ならびに指導に忠実で安全作業に向きあってきた建設就労者などの努力の賜であることは言うまでもない。

死亡災害死者数の推移¹²⁾を図-3にみると年々減少傾向に転じていることが分かるが、回帰曲線が示すとおりこのままでは、死亡災害をゼロにすることは困難といえる。我が国の社会資本の整備は、主に日本人で構成され、これらの建設就労者により労働災害を抑制してきた。

建設現場の安全を確保するためには、安全教育を実施することが労働安全衛生法第59条で定められている。

労働安全衛生法59条では、「事業者は、労働者を雇い入れたときは、当該労働者に対し、厚生労働省令で定めるところにより、その従事する業務に関する安全又は衛生のための教育を行わなければならない」とされている。

また建設業では、各工事分野でさらに専門の施工を担う専門工事業者が存在する。したがって、建設現場には、元請、下請の複数の業者や建設就労者が混在し作業を行うことになる。労働安全衛生法59条第3項では、「事業者は、危険又は有害な業務で、厚生労働省令で定めるものに労働者をつかせるときは、厚生労働省令で定めるところにより、当該業務に関する安全又は衛生のための特別の教育を行わなければならない」とされ、元請による下請建設就労者への教育を行うこととしている。

外国人建設就労者への教育は、日本人と同じく実

施することになる。外国人就労者は、来日の条件として日本語が理解できることとされているが、エンジニアは日本語、英語にも堪能であるが、コントラクターの中には日本語、英語の理解度が低い建設就労者も存在していると聞いている。したがって、来日して日本語を覚えざるを得ない状況にある。

しかし、前述したとおり少子高齢化の波による労働人口の減少、とりわけ建設業で人手不足と高齢化が著しく、それを補うため外国人建設就労者を受け入れ、建設現場に外国人を配置しようとしている。はたしてこれで建設現場の安全が確保出来るのか難しい問題に直面している。

6. 外国人就労者の現状

国籍別・産業別外国人就労者数¹³⁾を表-1に示した。全産業で約166万人の外国人就労者が国内で働いている。全産業とは、建設業、製造業、情報通信業、卸売・小売業、宿泊業・飲食サービス業、教育・学習支援業および医療・福祉である。外国人就労者数では、製造業が最も多く全産業計の約30%を占め、卸売・小売業、宿泊業・飲食サービス業および建設業と続く。

我々の身近でもある介護施設などの医療・福祉は、34,261人の外国人就労者が働いているが全産業計の2.1%と少数である。

また国別に見ると、ベトナムが全国籍計の1/4を占め、建設業就労者数においては全国籍計の半数を占めている。これらのことから、ベトナムから来日し

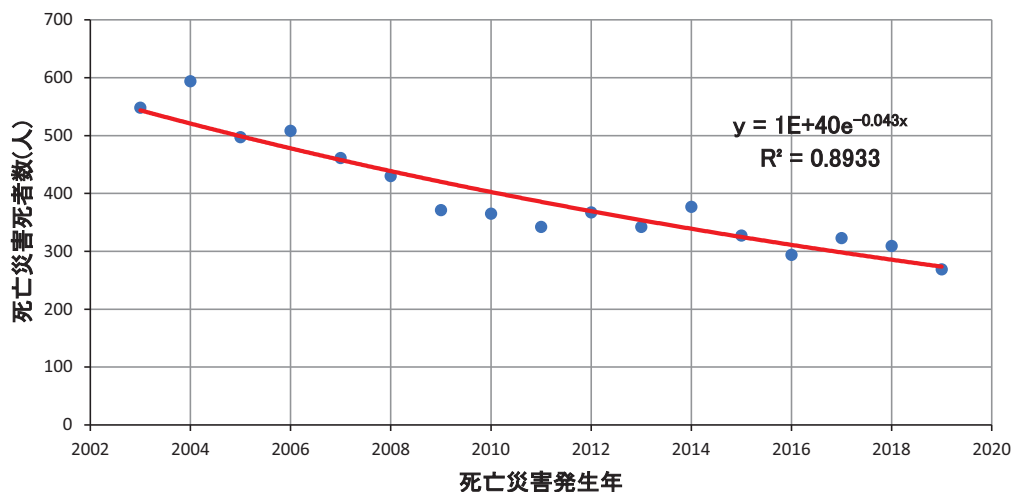


図-3 死亡災害死者数の推移 (2003年～2019年)

表-1 国籍別・産業別外国人就労者数

(単位：人)

	全国籍計	中国	韓国	フィリピン	ベトナム	ネパール	インドネシア
全産業計	1,658,804	418,327	69,191	179,685	401,326	91,770	51,337
建設業	93,214	14,169	1,143	10,339	46,783	680	5,725
製造業	483,278	103,393	6,303	67,426	147,143	12,926	23,972
情報通信業	67,540	31,361	9,685	1,783	4,645	589	552
卸売・小売業	212,528	84,208	14,195	15,019	43,086	12,980	2,878
宿泊・飲食サービス業	206,544	61,289	10,123	9,608	58,360	28,693	2,551
教育・学習支援業	70,941	16,268	4,899	2,996	1,627	475	1,032
医療・福祉	34,261	7,178	2,213	10,060	4,926	534	2,586
その他	266,503	41,739	8,305	39,319	52,286	23,115	4,114

	ブラジル	ペルー	オーストラリア ニュージーランド	アメリカ	イギリス	その他
全産業計	135,455	29,554	34,197	34,454	12,352	201,156
建設業	3,150	866	218	229	47	9,865
製造業	59,318	11,799	2,241	1,392	420	46,945
情報通信業	912	282	2,903	2,434	791	11,603
卸売・小売業	5,545	1,809	3,875	1,935	661	26,337
宿泊・飲食サービス業	2,810	959	2,080	557	235	29,279
教育・学習支援業	977	223	10,834	14,795	5,880	10,935
医療・福祉	1,496	682	427	481	146	3,532
その他	48,951	9,751	3,382	3,243	1,178	31,120

た、4万7千に余りのベトナム人建設就労者に対して如何に安全教育を実施していくかが課題になっている。建設現場での労働災害防止を念頭に置き、ベトナム人建設就労者への安全教育の資料として、当会では刊行物「まんが よくわかる工事現場の安全」をベトナム語に翻訳することとした。

7. 外国人建設就労者への安全教育

現在、我が国には前述したとおり、全産業で約166万人の外国人就労者が働いている。産業分野によっては、大きな労働災害につながらない作業もある。建設分野は、建設工事の現場で複数の下請や多くの建設就労者が作業を行う。また、現場内は、多種多様の建設機械類が縦横無尽に稼働している。建設機械類は、工場などに設置されている組立・加工の機械とは異なり、同一場所でアームだけが稼働するものではなく、前後左右の動きが加わり可動範囲

も広く動作は複雑である。そのため、現場内での建設就労者と建設機械類の接触事故も多く、死亡災害事故も墜落・転落の次に多い結果となっている。

最近では、国土交通省が進めている i-Construction により、ICT 技術によりロボットとデータを活用した生産管理や鉄筋のプレハブ化による建設現場の生産工程等と一体化しサプライチェーンマネジメントを導入し、全体の「生産性向上」を図ることとし、既に多くの現場で導入が図られている。

また、これらの工事に使用される建設機械類には、ICT 化を利用した制御装置などを搭載した安全対策は可能で既に実用も始まっている。これにより、建設機械と建設就労者が接触する労働災害が軽減できるものと考えられる。しかし、実際の導入は国土交通省の直轄事業や都道府県の大規模工事を中心に、市町村の小規模工事への導入はまだ図られていない。

建設業は、国内に約46万5千社が登録され裾野

が広く、その多くは都道府県や市町村発注の中小規模の工事を受注する業者および下請である。加えて、外国人建設就労者が在籍する建設業者は、高齢化や人手不足に苦慮する中小建設業者が多い。これらの建設業者にICT化を図っていくには相当程度の時間と費用が掛かる。それまでには、別な安全方策および安全教育を考える必要がある。そこで当会では、外国人建設就労者とりわけ建設業への就労者が最も多いベトナム人向けに、ベトナム語のまんが

本による教材を提供することを目的に製作することとした。これは既に当会で発行している「まんがよくわかる工事現場の安全」を基本にベトナム語版を発行することとした。ベトナム人建設就労者は、必ずしも日本語が堪能とは限らない。そのため安全教育だけではなく日本語教育にも役立てるために、**図-4**¹⁴⁾、**図-5**¹⁵⁾見開きにして同じ挿絵で左ページにはベトナム語、右ページには日本語で併記することで、言葉の違いによるコミュニケーション不足を

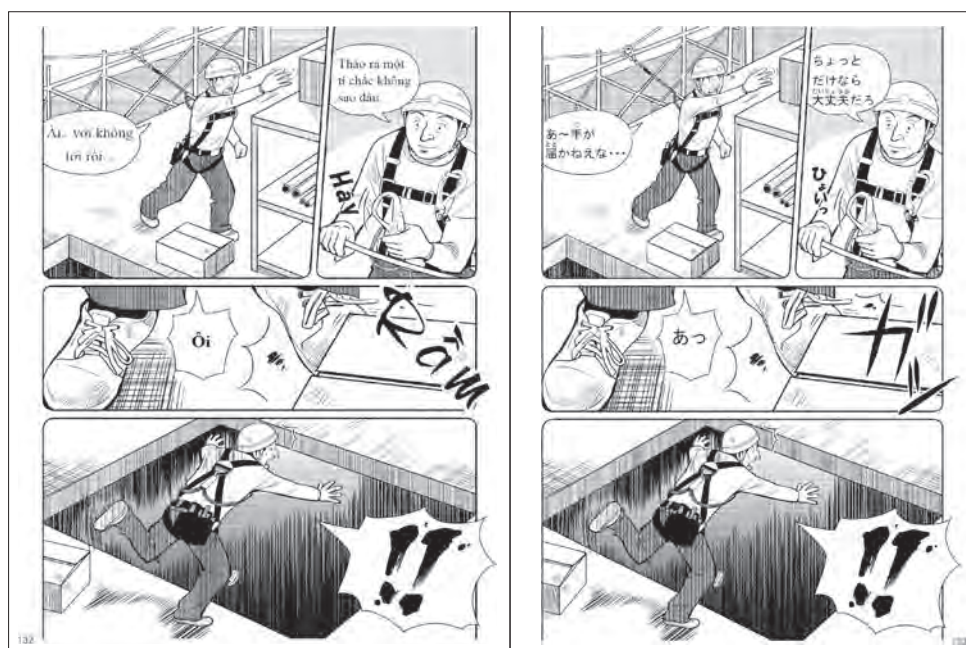


図-4 高所足場からの転落の危険性

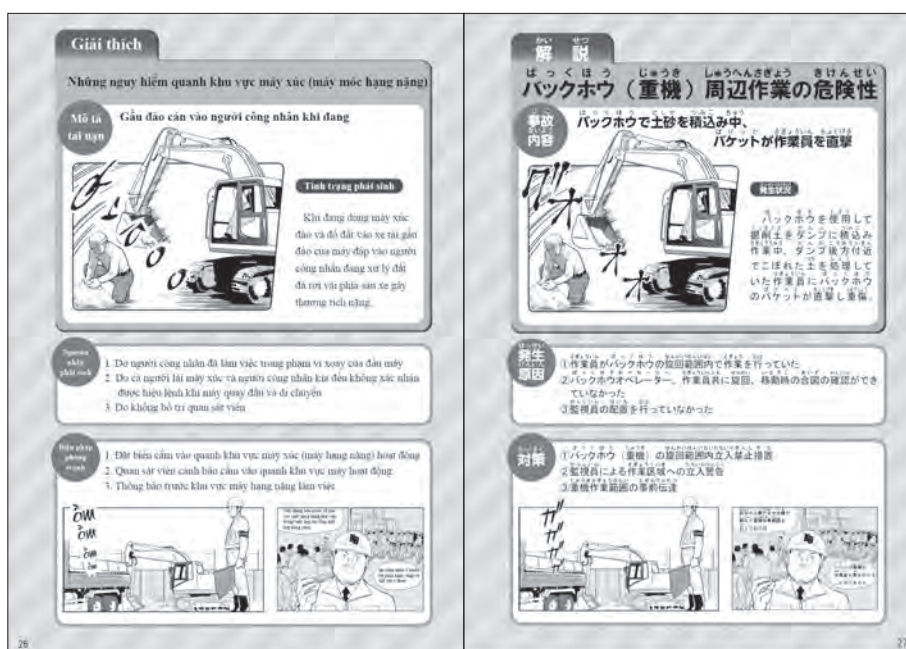


図-5 バックホウ（重機）周辺作業の危険性（解説）

乗り越えて、現場の安全管理をどの様に維持していくのかを念頭に置いたものである。

製作にあたってのコンセプトは、

- (1) 当会で発刊済みの日本語版をベトナム語・日本語併記版としてリメイクした。
 - (2) 現場に潜む様々な危険とその対策方法を「まんが」としてわかりやすく解説した。
 - (3) 現場で特に必要な用語や安全に直結する標識についても学べるようにした。
 - (4) まんが・解説ページともにベトナム語と日本語を見開きにした。
 - (5) 工事現場の安全と日本語を学べるようにした。
- の5点である。

実際にベトナム語版の製作にあたり、日本語からベトナム語への翻訳に多くの時間を要することとなった。これは、ベトナム語が堪能で建設業界に精通した日本人の方に一度翻訳いただいたうえで、さらに建設会社に勤務するベトナム人技術者がチェックする方法を取ったためである。この背景には、建設業界独特の言い回しや擬音語表現についてベトナム人建設就労者が理解できなければならないことであり、この点について工夫を凝らす必要があったからである。

これを元にベトナム人建設就労者には、安全教育を学習し早く現場作業に慣れて戴くことと日本語を理解して貰うことを願っている。

8. おわりに

今回の投稿に当たり、労働災害をテーマに扱うことはネガティブな要素がある。しかし、現在の最新技術を用いても事故は必ず発生する。「機械は故障する、人はミスをする」ことを前提にすれば、その方策や対策を如何にすれば良いかについて検討していかなければならない。

最新の技術を利用したとしても万全ではない。日々の安全に対する教育が不可欠となる。この度発刊した「まんが よくわかる工事現場の安全（ベトナム語・日本語併記版）」が労働安全衛生法 59 条の安全または衛生に係る教育のテキストとして、ベトナム人建設就労者の安全に役立てればと願っている。

また、ベトナム語版を発刊したところ、他の言語

についても「まんが化」の要望を戴いているところであり、今後製作について検討していくこととしている。

今回の発刊につきまして、国土交通省不動産・建設経済局国際市場課、公益社団法人土木学会、一般社団法人海外建設協会、中央労働災害防止協会、建設業労働災害防止協会、一般財団法人建設業振興基金、清水建設株式会社、向井建設株式会社、株式会社エス・ジー・エスなど関係省庁ならびに関係業団体の方々にご指導戴いたことを感謝するとともに、筆者（齋藤）が本年3月まで安全に係る教育をしていただいた国立大学法人長岡技術科学大学大学院技術経営研究科システム安全専攻の先生方に御礼を述べさせていただきこの章を終わりたい。

参考文献

- 1) 土木学会：「21 世紀における社会資本整備ビジョン並びに情報発信に関する特別委員会」、第2回委員会資料「戦後 50 年の社会資本整備と国際比較」
- 2) 総務省統計局：令和2年度9月23日人口推計2020年（令和2年）9月報
- 3) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の将来推計人口（平成29年推計）
- 4) 総務省統計局：月別結果の原数値【年齢階級（10歳階級）別】
- 5) 一般社団法人日本建設業連合会：2019年建設業ハンドブック
- 6) 国土交通省土地・建設産業局建設業課：新・担い手三法について（令和元年7月）
- 7) 国土交通省：令和元年国土交通省告示第268号（令和元年9月13日改正）外国人建設就労者受入事業に関する告示
- 8) 厚生労働省労働基準局安全衛生部安全課：平成15年における死亡災害・重大災害発生状況
- 9) 建設業労働災害防止協会：建設業における労働災害発生状況
- 10) 厚生労働省：墜落制止用器具の安全な使用に関するガイドライン（平成30年6月22日付け基発0622号第2号）
- 11) 12) 建設業労働安全防止協会：建設業における死亡災害の工事の種類・災害の種類別発生状況
- 13) 厚生労働省：「外国人雇用状況」の届出状況まとめ（平成30年10月末現在）[別表7] 国籍別・産業別外国人労働者数
- 14) 一般財団法人建設物価調査会：まんがよくわかる工事現場の安全（ベトナム語・日本語併記版）6. 高所足場からの転落の危険性 P. 132, P. 133

- 15) 一般財団法人建設物価調査会：まんがよくわかる工事
現場の安全（ベトナム語・日本語併記版）1. バック
- ハウ（重機）周辺作業の危険性（解説）P. 26, P. 27

調査研究報告

マンションの修繕工事費に関する最近の状況

一般財団法人 建設物価調査会 総合研究所 経済研究課 上席研究員 山本 高史

1. はじめに

2019年（令和元年）末時点のわが国の分譲マンション総戸数は約665.5万戸（国土交通省調べ）¹⁾と、2015年（平成27年）の国勢調査による1世帯当たりの平均人員2.33人から逆算すると、国民の約1割がマンションに居住しているという計算になる。そのうち築40年を超える高経年マンションは91.8万戸（約13.7%）を占め²⁾、今後も増え続ける見通しである。

マンションでの快適な住環境を実現しながら、資産価値を維持するためには、時宜を得た計画的な修繕工事の実施が不可欠であり、近年、その重要性が注目されている。

しかしマンションの修繕工事は、立地や規模、設備や仕様、劣化の進行度など、施工条件が幅俵化し、個別性が高いため、長期修繕計画の作成は困難を極める。将来を見据えた継続的かつ効率的なマンション管理を実施するためにも、修繕工事の現状を知っておくことは必須事項と言える。

本稿では、当会が2020年（令和2年）に公表した研究発表資料「改修工事（集合住宅）のマクロ的価格傾向に関する研究（その7）」の結果を基に、最近のマンションの修繕工事費の傾向について解説するものである。

2. 調査データの概要

本稿で扱う調査データは、2017～2018年（平成29～30年）に、長期修繕計画に基づいて行われた共用部分の修繕工事を対象に、全国のマンション管理会社、専門工事会社などへのアンケート調査を行った結果を集計したものである。

アンケート調査票では、立地環境、主構造、竣工年、総戸数、地上階数、法定延床面積などの建物概要に係る20項目について設問しており、もっとも多かった回答をモデルマンションの概要としてとりまとめた（表1）。調査対象は、小～中規模のファミリー層向けの中層マンションが多かった。

また、表2に示す調査対象科目ごとに設問しており、対象金額を総戸数で除した「戸当たり単価：円/戸」と、延床面積で除した「延床面積当たり単価：円/㎡」を算出し、その傾向をとりまとめている。

本来であれば、工事費目ごとに「施工面積当たり単価：円/㎡」や「施工数量当たり単価：円/箇所」の方が把握しやすく、精度も高くなるが、マンション規模に応じた「戸当たり単価」や「延床面積当たり単価」の方が、各居住者がどのくらいの修繕工事費を負担するのかを把握しやすいと思われるため、本稿ではその単価での表記を採用している。

表1 モデルとするマンションの概要

立地	住宅地(単棟)	建築面積	400～599 ㎡
竣工年	2000～2004年	延床面積	2,000～2,999 ㎡
戸数規模	30～59戸	標準間取り	3LDK
階数	6～10階建て	専有面積	70～79 ㎡
構造	RC造	付帯施設	なし

表2 調査対象工事科目

工事科目	主な修繕工事内容
1.仮設	共通仮設、直接仮設
2.建築	屋根・床防水、外壁塗装等、鉄部等塗装、建具・金具、共用部分内装、発生材処分
3.機械設備	給水・給湯、排水、消防、ガス、空調・換気
4.電気設備	電力、照明
5.昇降設備	エレベーター
6.土工・外構	フェンス、遊具、ゴミ置場、自転車置場、駐車場、通路、屋外排水・雨水管、植栽
7.諸経費	現場管理費含む
8.総工事費	上記すべての合計

3. 価格傾向の見方

具体的に総工事費の戸当たり単価の分布状況（図1）を見ると、長期修繕計画に基づく共用部分の修繕工事は、工事内容や施工規模が千差万別であることから、その費用は大きくバラついているのが分かる。最頻価格帯は90～100万円/戸だが、10万円未満から200万円以上まで広く分布している。

各工事項目における「戸当たり単価」と「延床面積当たり単価」の統計値（表3）を見ると、25%値が595,559円/戸、75%値が1,161,193円/戸となっている。中央値（50%値、第2四分位）が924,039円/戸、平均値が950,059円/戸であるから、図1の最頻価格帯である90～100万円/戸と概ね合致して

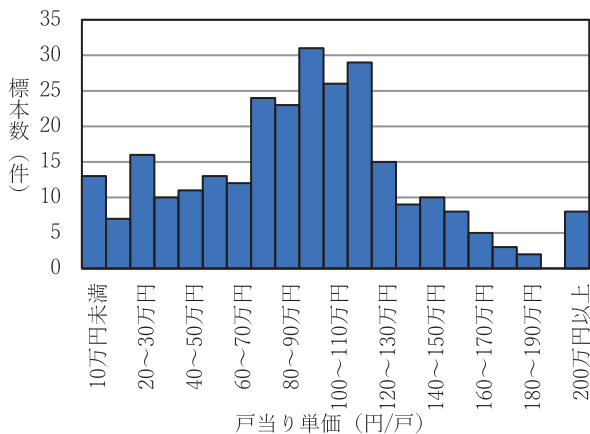


図1 総工事費の戸当たり単価

いることが分かる。

4. 外壁塗装等工事費の傾向

マンションの外壁は美観を保つ重要な要素であり、資産価値をはかる指標のひとつでもあることから、適宜、修繕工事を実施する必要がある。また、長期修繕計画に基づく修繕工事費のうち、もっとも大きな割合を占める費目であることから、非常に関心が高い項目であると言える。

外壁塗装等の修繕工事には大きく分けて4つ（表4）があり、外壁下地であるコンクリート躯体の補修工事と、外壁塗装等の仕様に応じた補修工事を組み合わせて実施するのが一般的である。

補修工事別の戸当たり単価と延床面積当たり単価の傾向を表5に示す。

各工事費の統計値を見ると、25%値と75%値で大きな価格差があることが分かる。これは各マンションで工事対象となる外壁塗装等の施工規模や劣化状況等が千差万別であるため、その費用にも大きなバラツキが生じるためと考えられる。特にタイル張補修工事では、戸当たり単価・延床面積当たり単価ともに25%値と75%値で約3倍の価格差が見られる。これは、落下やひび割れ等の欠損タイルの補填枚数やその単価に要因があると考えられる。

表3 工事項目別の単位単価の傾向

工事項目	戸当たり単価(円/戸)					延床面積当たり単価(円/㎡)				
	標本数	25%値	中央値	平均値	75%値	標本数	25%値	中央値	平均値	75%値
仮設	253 件	150,769	225,332	232,940	308,115	220 件	1,998	2,882	3,284	3,619
屋根防水	199 件	34,648	86,038	115,804	147,624	179 件	465	1,097	1,442	1,845
床防水	207 件	78,635	110,871	122,515	156,577	186 件	916	1,394	1,651	2,028
外壁塗装等	213 件	257,394	326,605	372,330	437,159	191 件	3,295	4,046	4,839	5,069
鉄部塗装等	203 件	22,241	37,116	41,896	50,532	181 件	276	451	655	710
建具・金物	108 件	15,255	37,125	85,093	81,091	94 件	184	415	1,018	937
共用部内装	25 件	3,215	7,285	35,727	36,667	23 件	42	86	696	338
その他	42 件	11,610	24,902	46,077	39,589	41 件	156	264	452	505
発生材処分	91 件	4,085	6,875	8,264	9,381	81 件	47	80	96	120
機械設備	64 件	33,736	214,083	316,273	463,554	43 件	280	1,983	4,254	6,859
電気設備	42 件	16,465	33,810	62,962	64,579	37 件	178	401	1,139	1,138
昇降機	12 件	5,885	50,410	142,925	230,548	12 件	105	902	3,217	3,173
土工・外構等	70 件	6,932	19,141	46,708	58,246	65 件	107	240	588	824
諸経費	235 件	50,699	88,212	104,849	125,604	206 件	643	1,104	1,461	1,606
総工事費	275 件	595,559	924,039	950,059	1,161,193	233 件	9,155	11,387	13,223	14,556

表 4 外壁塗装等の修繕工事の種類

工 事 名	工 事 の 内 容
コンクリート補修工事	コンクリート躯体のひび割れ、浮きや剥がれを埋める補修工事です。経年劣化によるひび割れは、放置しておくと建物の耐久性に影響を及ぼす可能性があるため、モルタル等で埋める必要があります。
シーリング補修工事	サイディングボードと呼ばれる外壁パネルの目地を埋める補修工事です。経年劣化によって傷んだシーリング材(目地材)は雨漏りやひび割れの原因となる可能性があるため、撤去・再打設が必要となります。
タイル張補修工事	外壁タイルの浮きや剥がれ、落下による欠損を補填する工事です。事前に外壁全面の打診調査を行い、下地材の接着力が低下したタイルの浮きや剥がれ、ひび割れたタイルの交換・補填を行います。
外壁塗装吹付補修工事	コンクリートやモルタル等の下地材に塗料や塗材をローラーやスプレーガンで塗布する補修工事です。美観の維持、耐久性や防水性の向上のほか、断熱性や遮熱性等の省エネ塗料も誕生しています。

表 5 外壁塗装等工事費単価の傾向

工事項目	戸当たり単価(円/戸)					延床面積当たり単価(円/㎡)				
	標本数	25%値	中央値	平均値	75%値	標本数	25%値	中央値	平均値	75%値
コンクリート補修	202 件	24,003	40,043	59,134	63,749	181 件	296	461	732	767
シーリング補修	212 件	57,619	81,608	90,032	105,678	190 件	723	962	1,198	1,313
タイル張補修	169 件	50,625	95,657	109,657	143,556	153 件	554	1,177	1,436	1,829
外壁塗装吹付補修	210 件	76,211	115,224	135,187	164,547	188 件	975	1,353	1,724	1,963

なお、これらの単価には、施工のための作業足場等の費用は含まれていない。

続いて、マンションの戸数別・工種別の戸当たり単価と延床面積当たり単価の中央値の傾向を表 6 に示す。

一般的な建築工事の場合、施工規模が大きくなるほどスケールメリット（数量に伴う経済効率）が発生し、工事費単価は安くなる傾向にある。しかし、マンション修繕工事の場合は、劣化状況や施工規模や施工条件にバラツキがあるため、施工の効率化や材料単価の低減が難しく、スケールメリットが発生しにくいと言われている。

表 6 を見ても、30 戸未満と 180 戸以上なら後者の方が工事費単価は安くなる傾向は見られるが、

もっとも安価なのは 120 戸～149 戸のマンションであり、単純にマンションの規模だけでスケールメリットが発生するとは言えないのが実情である。

特に外壁塗装吹付補修工事費は、戸数によって工事費単価に大きな変動がないことが分かる。これは、当該工事が、劣化部分のみを再塗装するのではなく、外壁全面の古い塗装を剥がして新たに塗り替える工事であることが要因であると推察される。劣化部分のみ補修工事を行う場合、マンション規模に対して劣化部分が小さければ、相対的に工事費単価が小さくなるが、マンション規模に比例して施工対象面積が連動すれば、工事費も連動し、結果として工事費単価はマンション規模の大小によって変動しないと考えられるからである。

表 6 戸数別・工種別の工事費単価（中央値）の傾向

戸数 (戸)	コンクリート補修		シーリング補修		タイル張補修		外壁塗装吹付補修	
	戸単価 (円/戸)	延床単価 (円/㎡)	戸単価 (円/戸)	延床単価 (円/㎡)	戸単価 (円/戸)	延床単価 (円/㎡)	戸単価 (円/戸)	延床単価 (円/㎡)
30 未満	49,294	566	98,176	1,086	118,207	1,435	118,687	1,357
30～59	36,789	485	79,962	1,068	86,269	1,241	114,968	1,379
60～89	40,774	418	75,291	950	102,353	1,137	118,885	1,200
90～119	43,251	573	84,286	860	60,367	487	121,444	1,679
120～149	31,225	338	51,903	662	54,296	799	95,886	1,066
150～179	45,183	431	59,042	729	91,792	837	120,702	1,146
180 以上	37,180	393	69,143	891	79,354	647	127,246	1,437

5. 施工周期の傾向

外壁下地のコンクリート修繕工事を実施した周期を示したグラフ（図2）を見ると、12年周期で実施した例がもっとも多かったことが分かる。

しかし、国土交通省が策定した「長期修繕計画作成ガイドライン」³⁾には、長期修繕計画における大規模修繕工事について「周期12年程度」としながらも、「時期（周期）は、おおよその目安であり、立地条件等により異なることがある。」としており、12年周期で実施しなければならないわけではない。図2でも、概ね10～18年の間で行われていることが分かる。各マンションの外壁塗装の劣化状況等を考慮したうえで、適切な時期に実施することが肝要であると言える。

一方で、国土交通省の試算⁴⁾では、設備の故障や機能の不具合が発生する前に交換や補修等の対策を講じる「予防保全」の費用は、不具合が発生してから対応する「事後保全」の費用に比べて、20年後には32%減少し、30年後には47%も減少としている。外壁塗装等の修繕工事も、早めに対策を講じた方が経済的となる場合があるかも知れない。

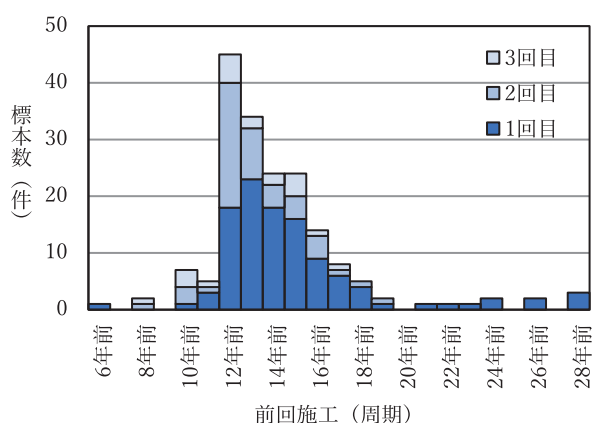


図2 コンクリート補修工事の施工周期

6. おわりに

一般的にマンションの修繕工事費は、築年数を経るに従って増加する傾向にある。築30～40年のマンションともなれば、エレベーター設備や給排水設備等、高額な修繕費用が必要な大型設備の更新工事が発生するため、その費用がマンション居住者や管理組合の大きな関心事となってきた。高経年マンションが増加している近年では、それまでの積立金で修繕費用が賄いきれず、施工内容や施工規模を限定・縮小せざるを得ないケースが増えている。

適切な修繕工事が行われなければ、マンション設備は劣化し、住環境の悪化や資産価値の低下を招くだけでなく、地震等の災害時に被害を最小限に抑えることができなくなる可能性もある。また、マンションの美観を保つことは、資産価値を維持するだけでなく、高い防犯効果も発揮する。

分譲マンションは「一生の買い物」と言われるとおり、非常に高価な購入品である。しかし、購入したらそれで終わりではなく、日々のメンテナンスと計画的な大規模修繕工事の実施によって、快適な住環境の維持に努める必要がある。

本稿が、これからのマンション管理における適切な修繕工事の実施の一助になれば幸甚である。

本稿で取り上げた調査結果は、建設物価調査会のHPで閲覧いただくことができます。

https://www.kensetu-bukka.or.jp/business/so-ken/shisu/mansion_kaisyu/

■参考資料■

- 1) 国土交通省『分譲マンションストック戸数』（令和元年末現在/令和2年7月1日更新）
<https://www.mlit.go.jp/common/001351557.pdf>
- 2) 国土交通省『築後30、40、50年超の分譲マンション戸数』（令和元年末現在/令和2年7月1日更新）
<https://www.mlit.go.jp/common/001351558.pdf>
- 3) 国土交通省『長期修繕計画作成ガイドライン』（平成20年6月）
<https://www.mlit.go.jp/common/001172736.pdf>
- 4) 国土交通省『予防保全の促進に向けた取組（インフラメンテナンス）』（平成31年2月25日）
<https://www.mlit.go.jp/common/001274810.pdf>

調査研究報告

近代地理学の祖 長久保赤水…実用性の高い日本地図を初めて世に送り出した人物

総合研究所 経済研究課 主任研究員 岡本 哲也

1. はじめに

総研リポート 18 号（2019 年 8 月）において当研究所部長が伊能忠敬と間宮林蔵についてのリポートを発表している。

そのリポートを読んだ数週間後に情報番組にて伊能忠敬より 40 年近く前に日本地図を世に送り出した人物として長久保赤水が紹介されていた。

長久保赤水の作製した地図は「改正日本輿地路程全図」といい、「赤水図」とも呼ばれ、日本で初めて実質的な緯線（よこ線）と方角線（たて線）¹を用いた出版日本地図といわれている。

最初に日本地図を作製した人物という伊能忠敬を思い浮かべるが、その伊能忠敬よりも前にかなり精密な日本地図を作り上げ、数多くの江戸庶民に利用された地図を作製した、長久保赤水という人物に興味をもち、もう少し詳しく知りたいということから、長久保赤水について調べるに至った次第である。

なお、長久保赤水は地理学者、儒教者、農政学者と多才な面を持っており、自身でも地図は余技であると言っている文章が残っていることから、長久保赤水の功績は日本地図作製にとどまらない。



『自画像』高萩市歴史民俗資料館蔵（長久保甫氏寄贈）

2. 生い立ち

ここでは主に地理学者としての長久保赤水の生い立ちを紹介する。

長久保赤水は享保 2 年 11 月 6 日（1717 年 12 月 8 日）現在の茨城県高萩市赤浜の農家に生まれる。

9 歳の時に母が 11 歳の時に父が亡くなり孤児となるが、継母である咸が慈愛をもって育て赤水の一番の理解者にもなる。

その後 14 歳で鈴木玄淳塾に通い松岡七友（七賢人）²と出会う。その中でも兄貴分で生涯の友でもある柴田平蔵（水戸領内有数の豪農）との出会いにより一層学問にのめり込む。

17 歳で柴田平蔵と江戸遊学し服部南郭³に学ぶ。

25 歳で松岡七友とともに名越南溪⁴に師事。

35 歳で中国の地理学・天文学を学び日本地図を書き始め、52 歳で後の「改正日本輿地路程全図」の原図といわれている「改製日本分里図」が完成。



改製日本分里図
高萩市歴史民俗資料館蔵（長久保甫氏寄贈）

数多くの資料等を参考にし、天文学の知識を取り入れ、経緯線も含めることにより精度の高い日本地

1 作図には投影法は利用されず、現在の経線概念と同一ではないものの、「実質的には経線」であったと発表されている。（【参考文献】1）参照

2 鈴木玄淳、朝日祐誠、大塚玄説、大塚祐謙、柴田平蔵、長久保赤水、福地充宣の 7 名
3 江戸中期の儒者、荻生徂徠門弟で漢詩人・画家
4 幕府直轄の学問所である昌平坂学問所の塾頭であり、後の彰考館（徳川光圀が設立した修史のための研究所）の総裁

図となっている。

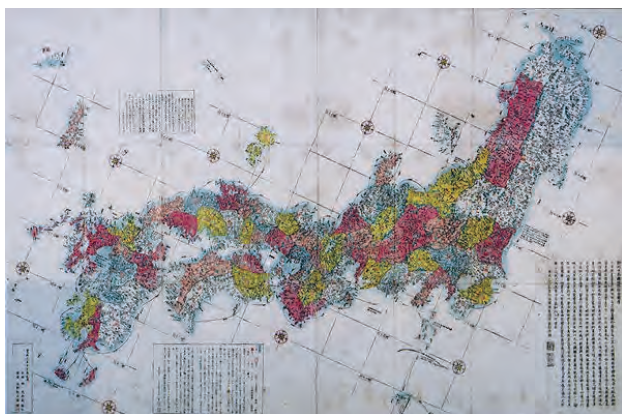
63歳でさらに精度を高めた「改正日本輿地路程全図」が完成し翌年大阪にて出版。



改正日本輿地路程全図 初版
高萩市歴史民俗資料館蔵（長久保赤水顕彰会寄贈）

74歳で間宮林蔵が間宮海峡を踏査する19年前に間宮海峡の描かれている「蝦夷之図」が完成。

75歳で長久保赤水編集の完成版ともいえる「改正日本輿地路程全図」の第二版⁵が完成し出版。



改正日本輿地路程全図 第二版
高萩市歴史民俗資料館蔵（長久保赤水顕彰会寄贈）

海賊版が出回るほどの人気で吉田松陰等幕末の志士にも愛用された。

明治までの100年間に第五版⁶を重ねるほどの大ベストセラーであった。

また、水戸藩主の命により大日本史編纂の「地理志」の執筆にあたり、75歳までにその完成に尽力している。

なお、長久保赤水は第二版完成の10年後の享和

元年7月23日（1801年8月31日）に85歳にて故郷である赤浜の地にて生涯を終えた。

3. 地図の作製方法

前田幸子氏の「一小宮山楓軒⁷『懷宝日礼』を読む」⁸では下記のように記されている。

伊能勘解由、官命ヲ奉ジテ、日本地図ヲ製ス。

人ニ話シテ曰ク、予諸州ヲ跋涉シテ製スルニ、甚ダ難キコトヲ覚フ。

水戸ノ長赤水坐ラニシテ、ヨク図ヲ製スルコト、甚ダ感ズルニ堪ヘタリ。（第三冊）

【大意】

伊能勘解由は幕府の命令で日本地図を製作している。

人に話して「私は諸州を歩き回って実測で地図を作っているが、非常に難しいと感じる。

水戸の長久保赤水が居ながらにして地図を作れたことには、非常に感心する」と言った。

伊能勘解由とは伊能忠敬のことである。

このことから、実測せずに既存の地図である

・森幸安⁹の『日本分野図』

・水戸彰考館が所蔵していたと思われる

『享保日本図（全国図）』

『江戸幕府撰国絵図（各藩の絵図）』

などを参考に各地から長久保赤水のもとを訪れてきた人々からの見聞（旅人情報）やさまざまな文献を調査して精度を高め、伊能忠敬も感心するほどの精密な地図を作製したことが窺える。

もちろん赤水自身も長崎や近畿、江戸、東北等に旅に出ているためその実体験も参考にしていることであろう。

4. 伊能忠敬との接点

長久保赤水と伊能忠敬は直接会ったことはないと思われる。しかしながら、前述の伊能忠敬が長久保赤水の地図を、居ながらにしてこれだけ精密な地図を作るとは非常に感心であると言っていること、また測量時には常に携帯して参考にしていたと言われていることから、赤水図に相当信頼を置いていたものと思われる。

7 江戸時代後期の水戸藩士、漢学者、農政家、民政家

8 「伊能忠敬研究」2015年第76号より。（【参考文献】2）参照）

9 江戸時代中期頃の地図考証家

5 第二版までが赤水が編集に加わった版とされている。

6 諸説ある。七版や八版という文献もある。

偶然なのか伊能忠敬の第二次測量隊¹⁰は長久保赤水が亡くなった10日後に、赤水の故郷でありかつ晩年を過ごした赤浜を通過している。伊能忠敬は測量日記に「赤水の出でし村なり」と書き記しており、あと1カ月ほど早く赤浜に到着していたら、二人は会う機会があり、地図談議に花を咲かせたのではないだろうか。

5. おわりに

最初の日本地図というと伊能忠敬というイメージが強いと思うが、これはおそらく小・中学校時代にどこの教科書でも「江戸時代後期の文政四年（1821年）に実測に基づく日本地図を完成¹¹させたのが、伊能忠敬である」と掲載されているからであると思う。（社会（日本史・地理）だけでなく一部の国語の教科書にも掲載していたこともある。）

しかしながら伊能忠敬の地図は実測に基づくものであることから製作当時から国家機密とされ、明治になるまで、世の中には出回らなかった。

それまでは、日本地図というと入手しやすく、広く知られ携帯性にも優れていた赤水図が用いられていた。

明治以降は伊能忠敬の地図が入手できるようになったため、赤水図は徐々に忘れ去られてしまったと思われる。

数年前に竹島問題がクローズアップされ、当時から竹島（当時の名称は松島）の記載のあった赤水図が竹島は日本の領土（属島）であるという根拠となるとメディア等で紹介されたため世間にも注目され、展示会等も頻繁に開かれるようになった。

しかしながら自分でも昔の地図に竹島が載っているというニュースを見た記憶があるが、当時その地図の作製者が長久保赤水だとは全く知らなかった。

周りの人たちに聞いてみても同様に長久保赤水や赤水図については知らないようなので、おそらく同じニュースを見た大半の方も同様であろうから、長久保赤水の認知度はまだまだ低いのかかもしれない。

ところが、2020年5月現在、赤水の関連資料693点¹²が国の重要文化財に指定される見通し¹³とな

り、長久保赤水や赤水図が今後ますます注目を浴びることが予想される。

近い将来、伊能忠敬の「大日本沿海輿地全図」とともに教科書等にも長久保赤水および赤水図も掲載され、さらに広く知れ渡ることを切に願う。

なお、当原稿を書く前に赤水生誕の地や資料館や銅像を見学し、お墓参りもしたいと思っていたのだが、コロナ禍の影響で外出は自粛せざるを得なくなってしまい断念した。コロナ禍が収束したら、ぜひ高萩市まで足を延ばしたい。

最後に、当会事務所の近くに旅の際に赤水図を愛用していた吉田松陰の終焉の地がある。その吉田松陰は茨城県から東北地方にかけて旅した23歳のころ、赤水のお墓に立ち寄ったと「東北遊日記」に記している。

【参考文献】

- 1) 上杉和央・豊田智美：「研究成果報告書 長久保赤水旧蔵資料についての検討 ―赤水日本図の作製過程の解明に向けて―」調査期間 2009年8月1日～2010年7月31日
- 2) 前田幸子：「伊能忠敬研究」2015年第76号 ―小宮山楓軒『懷宝日礼』を読む― 勘ヶ由、軽躁ノ人物ナリ 2015年6月20日
- 3) 長久保赤水顕彰会 HP <http://nagakubosekisui.org/>（自画像や地図については長久保赤水顕彰会 HP より。）
- 4) 高萩市教育委員会 HP 生涯学習課 長久保赤水 https://www.city.takahagi.ibaraki.jp/page/page_002920.html
- 5) 高萩市文化協会：高萩市市民文化誌「ゆずりは」2006年第11号 2006年7月1日
- 6) 高萩郷土史研究会・原康隆・長久保赤水顕彰会：「マンガ 長久保赤水の一生 付赤水先生為学入門抄・志学警 現代語訳」2017年1月1日
- 7) 高萩郷土史研究会・長久保赤水顕彰会：「續續 長久保赤水書簡集 現代語訳」2019年11月6日
- 8) 公益財団法人 常陽藝文センター：常陽藝文 2017/9月号 2017年9月1日
- 9) 外務省 HP 竹島問題の概要 https://www.mofa.go.jp/mofaj/area/takeshima/g_ninchi.html

12) 地図・絵図 84 点、文書・記録 279 点、典籍 274 点、書画・器物 56 点の計 693 点。すべて高萩市所蔵の一括資料として国の重要文化財に指定される見通し。

13) 国の文化審議会が答申中で 2020 年の夏ごろに指定される見通し。

10) 本州東海岸の測量（第一次は蝦夷地）

11) 一般に公開されたのは明治三年といわれている。

新型コロナウイルス感染症による国内投資計画への影響 アンケート調査結果（2020年3月・6月調査）

一般財団法人 建設物価調査会 総合研究所
経済研究課 主任研究員 伊沢 佳織

総合研究所では、国内の総合的な建設活動の見通しを把握するために、民間企業における建設投資ならびに機械設備投資の実績及び計画について、四半期毎に『民間企業設備投資動向調査』を実施し、公表している。2020年3月と6月の同調査において、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）が国内の投資計画に与える影響について、特別アンケート調査を実施した。

6月調査の結果がまとまり、7～9月期以降の日本国内の建設投資計画及び機械設備投資計画にどのような影響がもたらされたかを紹介するとともに、3月の前回調査結果との比較も併せて紹介する。

1. 調査条件

調査条件は表1のとおりである。なお、調査対象企業の選定方法は民間企業設備投資動向調査に準じている。

表1 調査条件

	調査時点	
	2020年3月1日	2020年6月1日
調査対象企業数※	1,884社	1,884社
調査方法	自記式アンケート方式	
回収数	733社	815社
回収率	38.9%	43.3%

※調査対象企業は民間企業設備投資動向調査の調査対象企業

2. 調査の目的と背景

2019年末に中国の武漢市で発見され、世界的大流行となった新型コロナウイルス感染症は、2020年1月16日に日本国内で初の感染者が確認され、その後も拡大している。感染防止の観点から、密閉空間、密集場所、密接場面のいわゆる「3つの密」を避けるために、各企業が営業自粛や在宅勤務、営業時間の短縮等のワークスタイルを導入したことで、日本の経済活動は多くの変化を余儀なくされた。このような社会情勢のもと、各民間企業が予定していた建設投資及び機械設備投資の実施見通しを把握するこ

表2 国内の新型コロナウイルス感染症を取り巻く主な出来事

	主 な 出 来 事
調査時点 3月1日	1月16日 初めて日本国内で感染者を確認
	2月 3日 感染した乗客が乗船したクルーズ船が横浜港に入港
	2月13日 国内での感染者が初めて死亡
	3月26日 新型コロナウイルス感染症対策本部を設置
	4月 7日 7都府県（東京、神奈川、埼玉、千葉、大阪、兵庫、福岡）に緊急事態宣言（5月6日まで）
調査時点 6月1日	4月16日 全国に緊急事態宣言 うち13都道府県（北海道、茨城、東京、神奈川、埼玉、千葉、石川、岐阜、愛知、京都、大阪、兵庫、福岡）は特定警戒都道府県に（5月6日まで）
	5月 4日 5月31日まで緊急事態宣言を延長 「新しい生活様式」の提言
	5月14日 緊急事態宣言が39県で解除も北海道、東京、神奈川、埼玉、千葉、京都、大阪、兵庫では継続
	5月21日 緊急事態宣言が京都、大阪、兵庫で解除も北海道、東京、神奈川、埼玉、千葉では継続
	5月25日 緊急事態宣言を全国で解除
	6月19日 全国で都道府県をまたぐ移動を緩和

出典：1. 厚生労働省 HP 新型コロナウイルス感染症について「新型コロナウイルス感染症対策の基本的対処方針」
(<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000633503.pdf>)

2. 首相官邸 HP 令和2年6月18日「新型コロナウイルス感染症対策本部（第38回）」
(https://www.kantei.go.jp/jp/98_abe/actions/202006/18_corona.html)

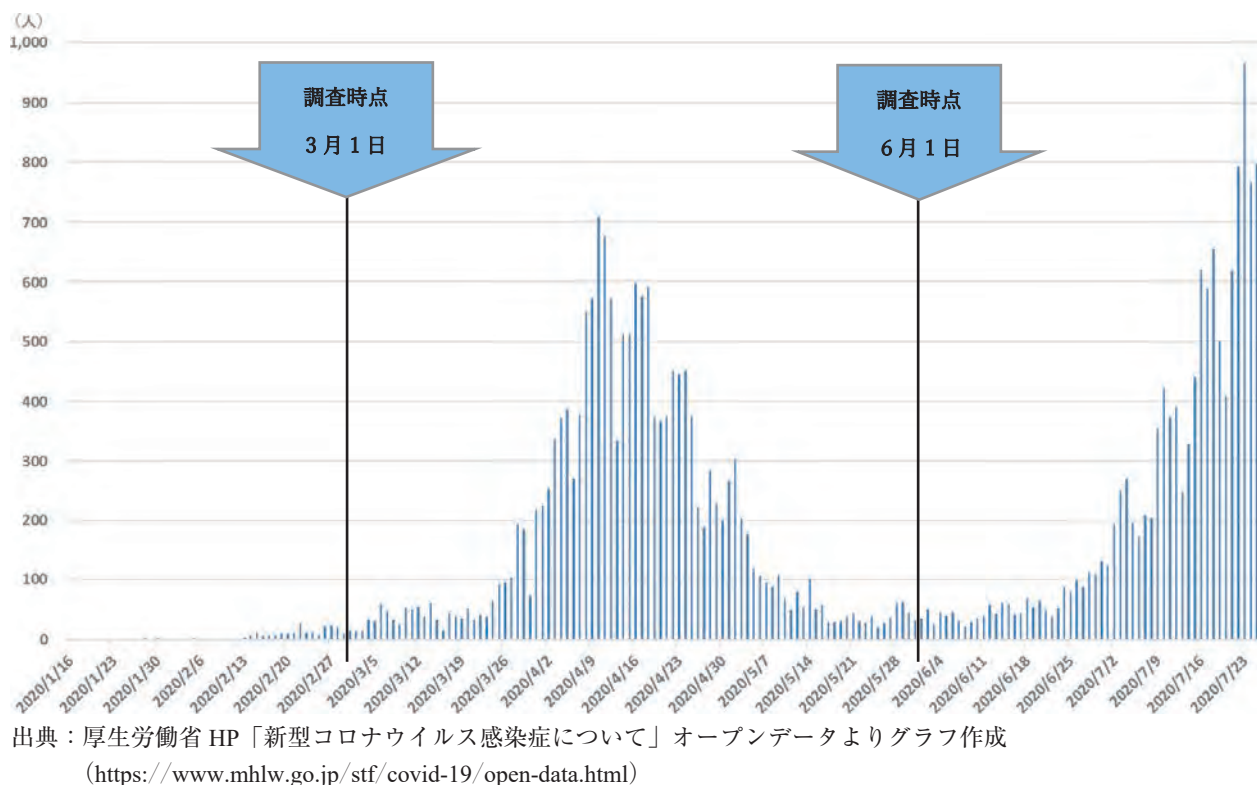


図1 国内の新型コロナウイルス感染者数の推移

とを目的に、このアンケート調査を実施した。

アンケート調査実施時点での日本国内における新型コロナウイルス感染症の状況は表2、図1のとおりであった。

このアンケート調査時点に着目すると、3月1日は国内での感染者が確認され始め、国が対応を模索している時点であり、6月1日は感染者が3月末時点から急速に増え始め、4月に出された緊急事態宣言が全国で解除された直後の時点だったことが伺える。このような背景を踏まえて、アンケート調査の結果を紹介する。

3. 調査結果

(1) 建設投資計画・機械設備投資計画への影響

6月調査結果では、7～9月期以降の建設投資計画は「変わらない」と回答した企業が599社（回答企業の73.5%）、「後ろ倒しになった」「中止または無期限延期」が合わせて127社（同15.6%）、「前倒しになった」が1社（同0.1%）となった（図2）。

7～9月期以降の機械設備投資計画は、「変わらない」と回答した企業が550社（回答企業の67.5%）、「後ろ倒しになった」「中止または無期限延期」と

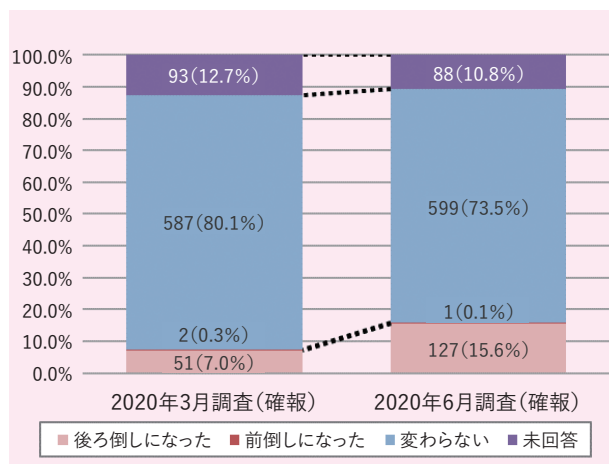


図2 建設投資計画の比較

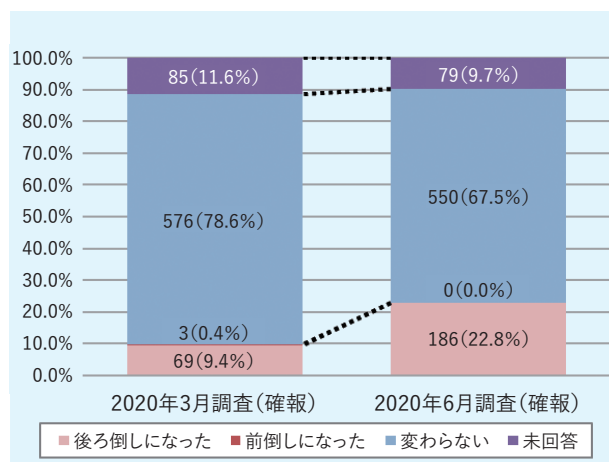


図3 機械設備投資計画の比較

回答した企業は合わせて186社(同22.8%)だった。一方、「後ろ倒しになった」と回答した企業はなかった(図3)。

【調査結果の比較】

3月調査と6月調査の結果を比較すると、建設投資計画・機械設備投資計画ともに「変わらない」と回答した企業の割合は、前回調査と比較して大幅に減少し、「後ろ倒しになった」と回答した企業は大幅に増加した。

特に機械設備投資計画については、製品需要の減少により生産設備増強の必要がなくなるなど、不要不急の投資を控える動きが強く見られた。

※6月調査で選択肢に追加した「中止または無期限延期」は「後ろ倒しになった」に含めて集計している。

(2) 投資計画が「後ろ倒しになった」要因

6月調査で投資計画が「後ろ倒しになった」要因は、建設投資計画・機械設備投資計画ともに「キャッシュフローの確保」や「先行きが不透明」と回答する企業が多かった(複数回答可)(図4、図5)。

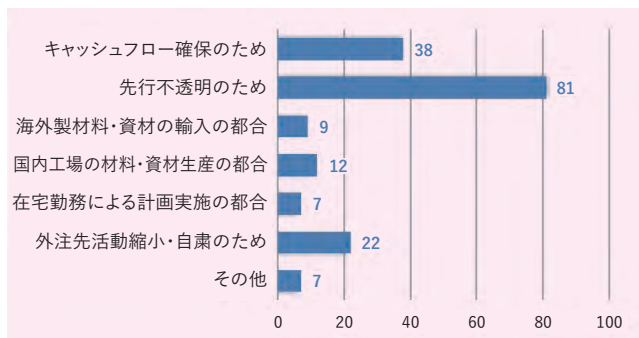


図4 建設投資計画が後ろ倒しになった要因 (6月調査)

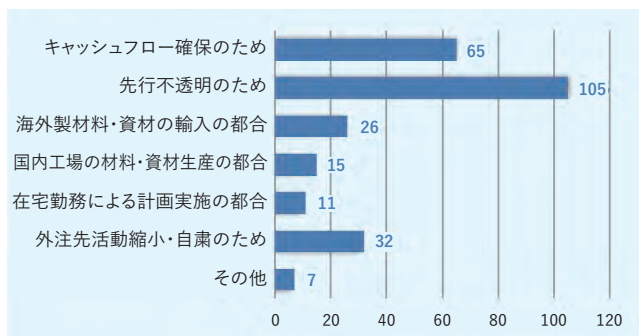


図5 機械設備投資計画が後ろ倒しになった要因 (6月調査)

【調査結果の比較】

3月調査では、「材料が入手できない」「自宅待機・在宅勤務による」などモノや人の不足といった計画実行に直接的に関与する要因の回答が多かったが、6月調査では、今後の経済動向の不透明感と、売り上げ減少による自社内の資金繰りの観点から、投資を控えるという回答が多かった。

(3) 産業別の建設投資計画・機械設備投資計画への影響

6月調査では、産業別の投資計画への影響は製造業全般において「後ろ倒しになった」「中止または無期限延期」と回答した企業の割合が、建設投資計画・機械設備投資計画ともに多かった。非製造業では、運輸業・サービス業においては「後ろ倒しになった」「中止または無期限延期」と回答した企業の割合が、建設投資計画・機械設備投資計画ともに多かった(図6、図7)。

※6月調査で選択肢に追加した「中止または無期限延期」は「後ろ倒しになった」に含めて集計している。

【調査結果の比較】

ほぼすべての業種において、建設投資計画・機械設備投資計画ともに3月調査に比べ6月調査のほうが「後ろ倒しになった」「中止または無期限延期」と回答した企業数は多かった。特に機械設備投資計画では、製造業のすべての業種で約3~4割の企業が「後ろ倒しになった」「中止または無期限延期」と回答しており、特に影響が大きかったことが伺える。

4. まとめ

3月調査時点では、日本国内で新型コロナウイルス感染症がどの程度の影響を及ぼすのか、先が見えない状態であり、「中国製の原材料の入手が困難」といった外的要因による計画の変更がみられる程度であった。しかし、事態が深刻化し、4月7日に緊急事態宣言が発せられると経済活動の自粛が行われ、「先行きの不透明感」、「資金繰り」といった経営的要因によって、投資計画を延期または中止する企業が増え、6月調査ではその傾向が如実に反映さ

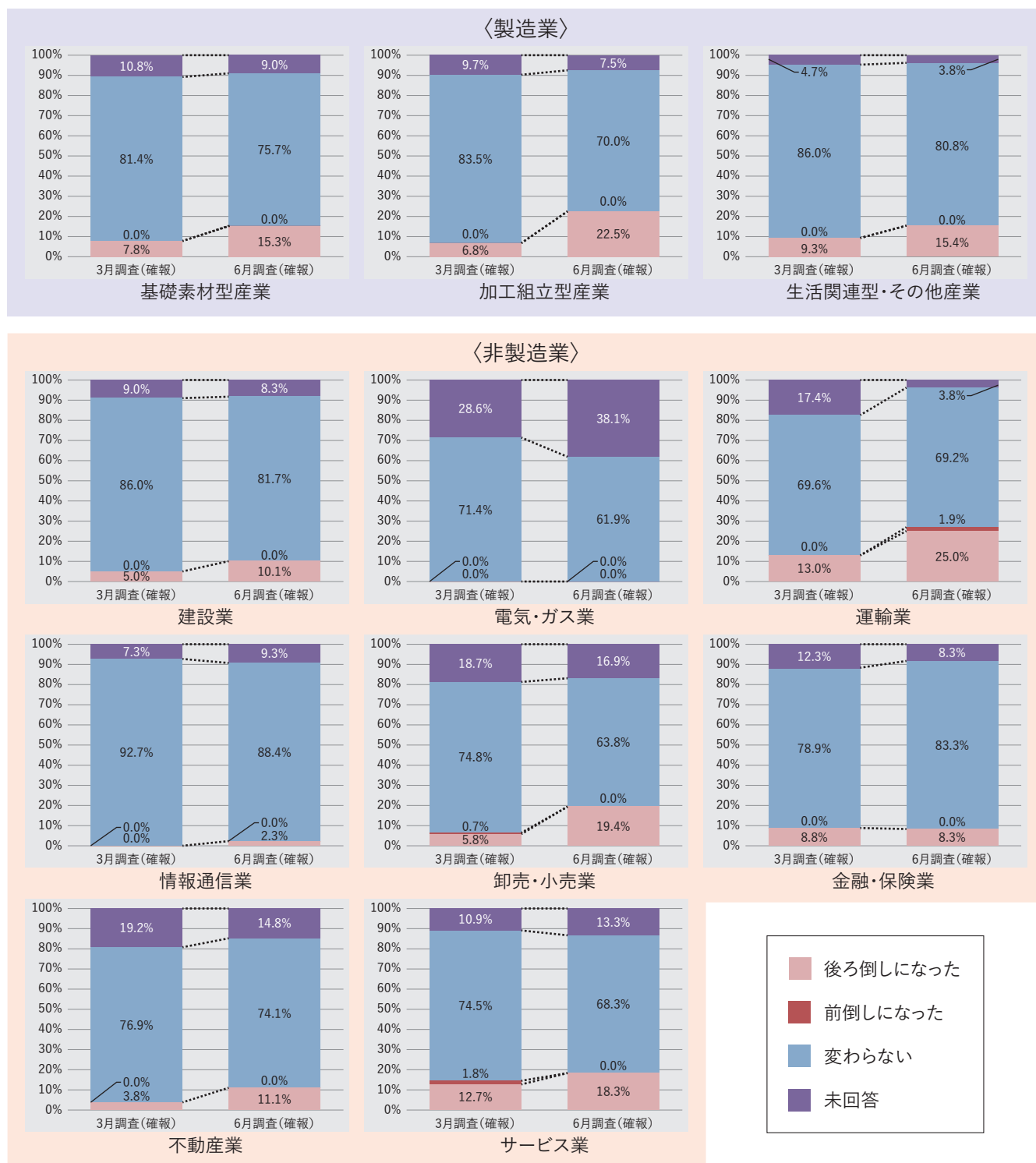


図6 建設投資計画の業種別の結果比較

れた結果となった。

また、社会環境が劇的に変わった現在、求められる建物や機械の仕様も変わりつつある。そのニーズに対応すべく、設備投資計画をあえて先送りしているとの回答もあり、今後も投資計画を変更する企業の増加が予想される。

緊急事態宣言解除後、感染者が再び増加しており、事態は刻々と変化している。引き続き、このアンケート調査を実施し、新型コロナウイルス感染症拡大状況下の建設投資・機械設備投資の動向に注視していく所存である。

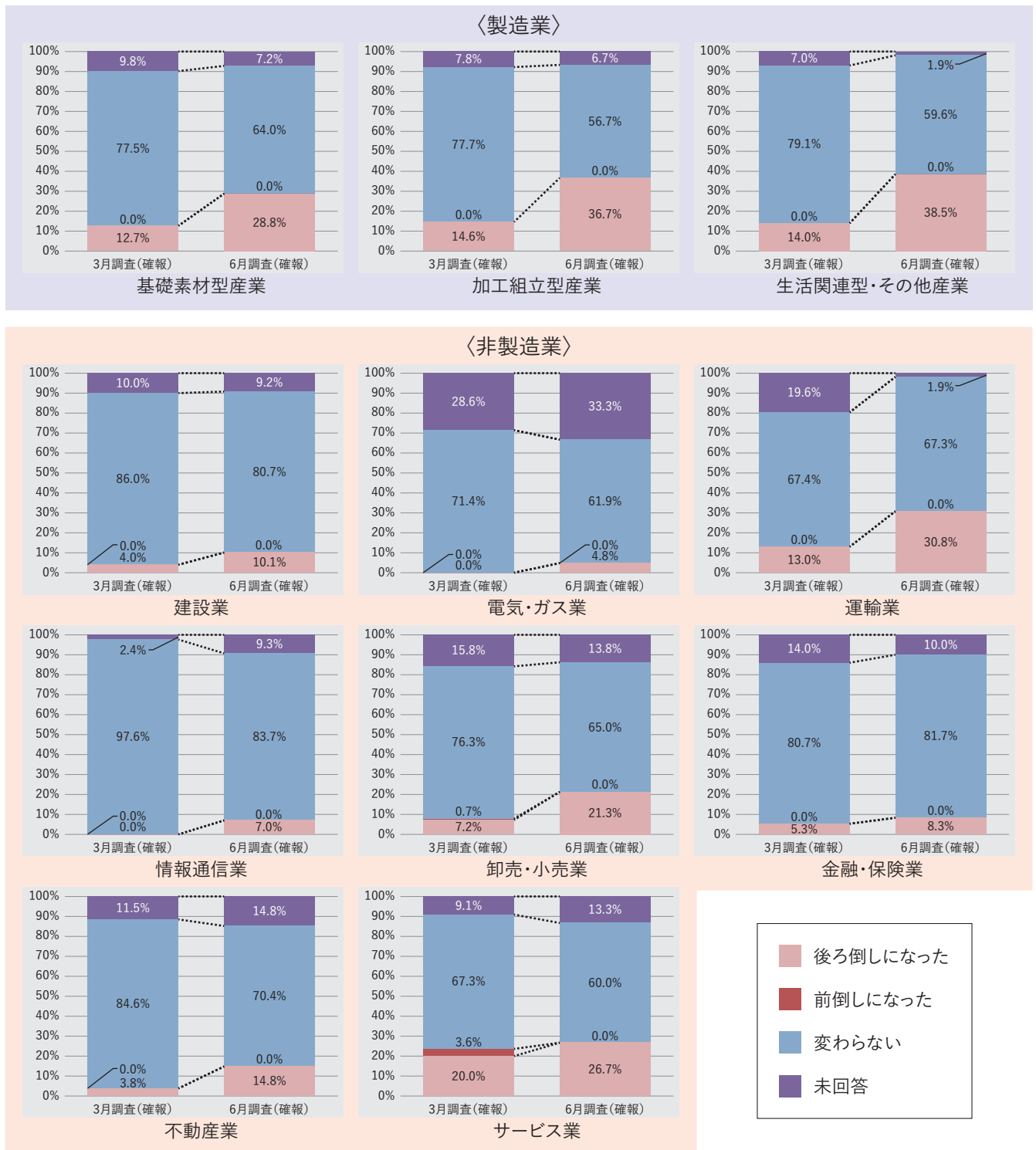


図7 機械設備投資計画の業種別の結果比較

【一般財団法人 建設物価調査会ホームページ 民間企業設備投資動向調査】

<https://www.kensetu-bukka.or.jp/business/so-ken/shisu/minkan/>

【お問い合わせ先】

一般財団法人 建設物価調査会 総合研究所 経済研究課

e-mail : econ@kensetu-bukka.or.jp

民間企業設備投資動向調査

検索

調査研究報告

戸建住宅における屋根、外壁と建築費の関係について

一般財団法人 建設物価調査会 総合研究所 技術研究課 上席研究員 小池 正倫
一般財団法人 建設物価調査会 総合研究所 技術研究課 主任研究員 丸木 健

1. 調査目的

わが国では、中古の戸建住宅の取引においては、建物の状態にかかわらず一律に20～25年程度で価値が0円となる扱いが一般的であったが、中古住宅活性化に関する様々な取組が実施され、建物価値を適切に反映した取引を推進していく方向に向かいつつある。

しかし、建物価値を適切に把握するためには、インスペクション等の詳細な調査が必要となるため、広く実施されていない状況である。そこで、新築住宅の外観（屋根・外壁）と建物の工事費の関係を調査し、外観調査のみで建物の価値（再調達原価）を簡易に把握する手法の有効性についてまとめた。

2. 調査・分析

2.1 調査概要

全国の工務店、ハウスメーカー、建設会社等に対し、新築の戸建調査のデータ提供を依頼した。

2012、14、16、18年度の計4回実施し、調査内容は、屋根、外壁の仕様、それぞれの工事費の他に、建物概要（供給方式、施工場所など）、建物規模、主な仕様、工事費とし、4回の調査で計2,067件のデータを収集した

2.2 対象データ

収集したデータのうち、最も一般的な2階建、木造軸組工法の建物を分析対象とし、地域性を考慮し、北海道と沖縄のデータは除外した。

また、時点については、工事費の物価変動の傾向を示す指数（建築費指数¹⁾）を用いて時点修正した。

分析対象データの内容を表1に示す。

2.3 分析方法

屋根の仕様と屋根工事費、外壁の仕様と外壁工事

費の傾向を確認し、各工事費と建物全体の工事費、科目工事費の関係を比較する。

3. 調査結果

3.1 建物規模

建物規模の基本統計量を表2、地域の割合を図1に示す。

対象データの結果と、住宅着工統計²⁾の値を比較すると、注文住宅の割合が約9割と住宅着工統計の約6割よりも多くなっている。また、延床面積も建築着工統計の値よりも約1割大きく、125.8㎡となっ

表1 分析対象データ

項目	内容
種類	専用住宅(二世帯除く)
地域	全国(沖縄・北海道を除く)
構造	木造軸組
供給方式	建売・注文
階数	2階建て(地下階なし)
着工年	2011～2018年
価格の時点	2020年1月時点に修正
データ数	1,029件

表2 建物規模の基本統計量

項目	平均値	標準偏差	中央値	最小値	最大値
延床面積(㎡)	125.8	31.5	119.2	49.0	293.9
建築面積(㎡)	78.4	27.9	71.2	23.3	299.6
敷地面積(㎡)	267.2	214.9	216.7	48.5	3,279.0
部屋数 (LDK除く)	3.7	0.3	4.0	1.0	11.0
和室数	0.8	0.7	1.0	0.0	6.0

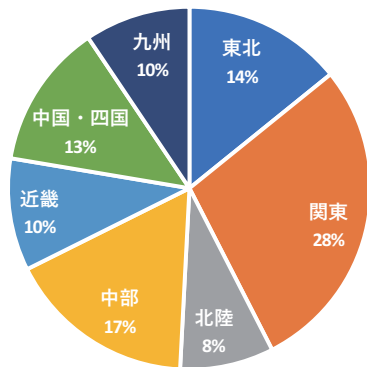


図1 地域の分布割合

ている。地域の割合は、関東、近畿の割合が建築着工統計よりも低く、東北地方のデータの割合が高いことが特徴として挙げることができる。

3.2 工事費

(1) 総工事費

総工事費（設計監理費除く）の延床 m^2 当たり単価の分布を図2に示す。

総工事費は最大値と最小値で約5倍の価格差があり、広範囲に分布しているが、全体の約3/4が150,000～250,000 円/ m^2 に集中している。

分布傾向は、正規分布ではなく、低価格帯よりも高価格帯に広く分布し、その結果、平均値が中央値より高くなっている。

また、150,000 円/ m^2 以下の多くは建売住宅であることが確認できた。

会社ごとにデータを確認すると、同一の会社であればほぼ同等の価格であり、物件によって価格差が2倍となるような価格差はなく、会社ごとに価格帯があることが確認できた。

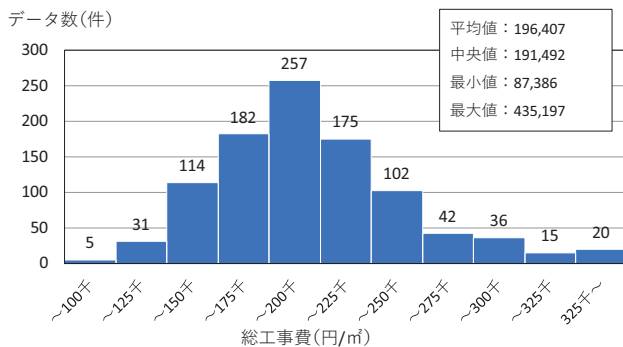


図2 総工事費の分布

(2) 科目工事費

科目工事費の延床 m^2 当たり単価の中央値と割合を図3に示す。躯体には仮設、基礎を含み、割合の計算では諸経費を除外した。

割合は、躯体が全体の35.5%と最も多くを占め、外壁と屋根の合計は11.5%と小さいことが確認できた。

科目工事費の分布傾向を図3に示す。総工事費と同様に、すべての科目が広範囲に分布し、特に内部仕上は、箱ひげ図の箱の大きさが最も大きく、特に分布が広いことが確認できた。

表3 科目工事費

科目	中央値 (円/㎡)	割合	含まれる内容
躯体	63,654	35.5%	仮設、基礎、躯体
建具	15,276	8.5%	金属建具、木製建具、ガラス
屋根	5,973	3.3%	
外壁	14,643	8.2%	
内部仕上	34,816	19.4%	内壁、床、天井
住宅設備	10,902	6.1%	ユニットバス、キッチン等
設備	21,422	11.9%	電気、衛生、空調、その他設備
外構	9,590	5.3%	舗装、フェンス等
その他	3,173	1.8%	
上記計	179,448	100.0%	
諸経費	9,234	-	一般管理費、現場管理費、値引き

3.3 屋根・外壁の仕様

屋根と外壁の仕様のクロス集計表を表4に示す。

外壁は窯業系サイディングが約7割を占め、金属系、コンクリート系のサイディングを含めると約8割がサイディングとなっている。屋根はスレート瓦、ガルバリウム鋼板、洋瓦など様々な仕上が使用され、関東ではスレート瓦が6割を占めるなど、地域による特徴も見られた。また、この傾向は、屋根、外壁の実態をまとめたフラット35住宅仕様実態調査報告（平成29年度）³⁾と類似した結果であった。

屋根と外壁の組合では、外壁が窯業系サイディング、屋根がスレート瓦またはガルバリウム鋼板で、全体の約50%を占めている。また、金属系サイディングの場合はガルバリウム鋼板が多い傾向や、天然系塗り壁やタイルの場合には洋瓦が多いなどの傾向が確認できた。

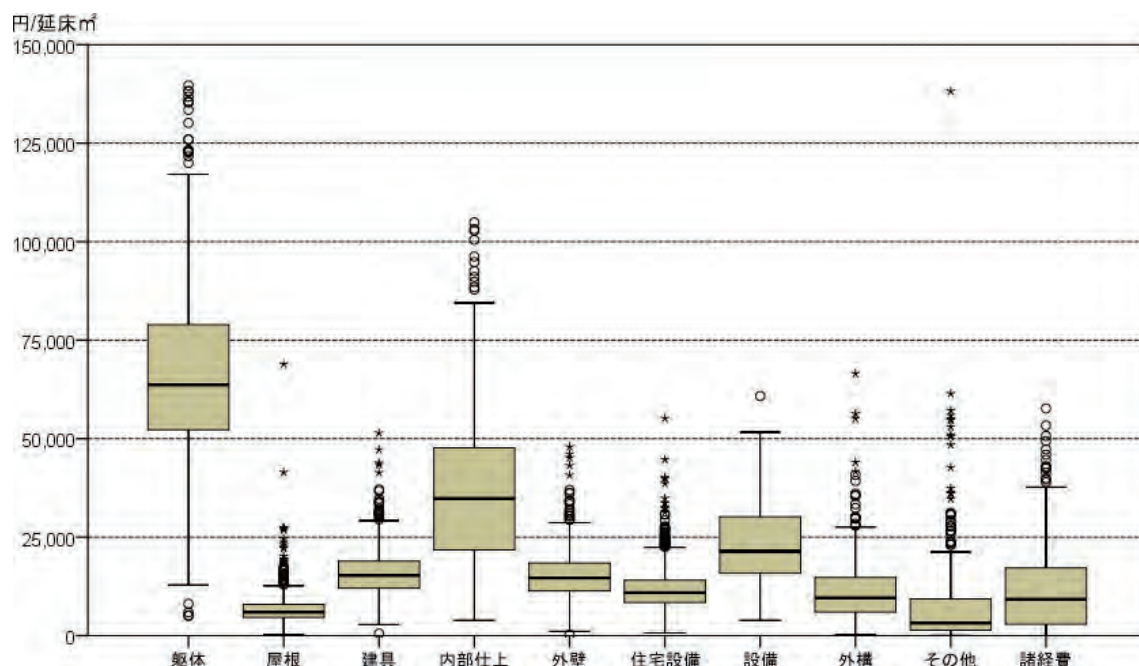


図3 科目工事費の分布傾向

表4 屋根と外壁の仕様の傾向

仕様		屋根仕上								合計	
		スレート瓦	ガルバリウム 鋼板	洋瓦	日本瓦	カラー鋼板 ・瓦棒葺	金属瓦	アスファルト シングル	その他	件数	割合
外 壁 仕 上	窯業系サイディング	233	233	120	60	17	7	8	14	684	70.1%
	金属系サイディング	3	60	3	4	7	0	0	2	79	8.1%
	コンクリート系サイディング	5	4	2	1	2	0	0	0	14	1.4%
	モルタル・リシン吹付	21	28	3	6	2	0	0	0	60	6.1%
	天然系塗壁(しっくい等)	1	8	21	6	2	0	0	0	38	3.9%
	合成樹脂系塗壁(シヨリパット等)	7	14	6	6	1	0	0	1	35	3.6%
	タイル	2	5	17	0	0	0	0	0	24	2.5%
	ガルバリウム鋼板	0	7	0	0	0	0	0	0	7	0.7%
	ALC	4	0	0	4	0	0	0	0	8	0.8%
	その他	4	12	0	5	1	3	0	2	27	2.8%
合 計	件数	280	371	172	92	32	10	8	19	976	100.0%
	割合	28.7%	38.0%	17.6%	9.4%	3.3%	1.0%	0.8%	1.9%	100%	-

4. 工事費の傾向

4.1 屋根工事費

仕様別の屋根工事費（建築面積 m^2 当たりの価格）の分布傾向を図4に、屋根仕様と総工事費（延床 m^2 当たりの価格）の分布傾向を図5、屋根工事費と総工事費の散布図を図6に示す。

図4の屋根工事費では、スレート瓦<ガルバリウム鋼板<洋瓦<日本瓦というおおよその傾向が確認できた。

一方、図5の総工事費は、日本瓦、洋瓦、ガルバリウム鋼板、カラー鋼板・瓦棒葺がほぼ同等程度と

なっており、屋根の仕様による価格差が見られなかった。

図5の屋根工事費（円/建築面積 m^2 ）と総工事費（円/延床面積 m^2 ）の散布図についても、R2乗値0.176とほとんど相関関係が見られなかった。

図5、図6からは屋根の仕様や屋根工事費と総工事費の関係は確認できなかった。

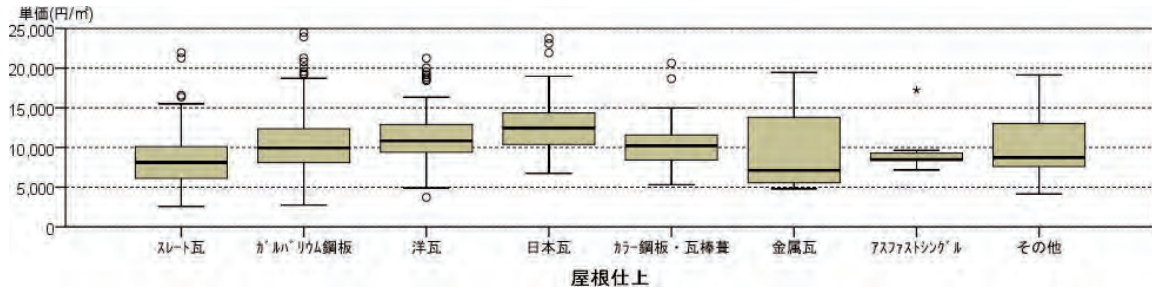


図4 屋根仕様別 屋根工事費単価 (円/建築面積 m²)

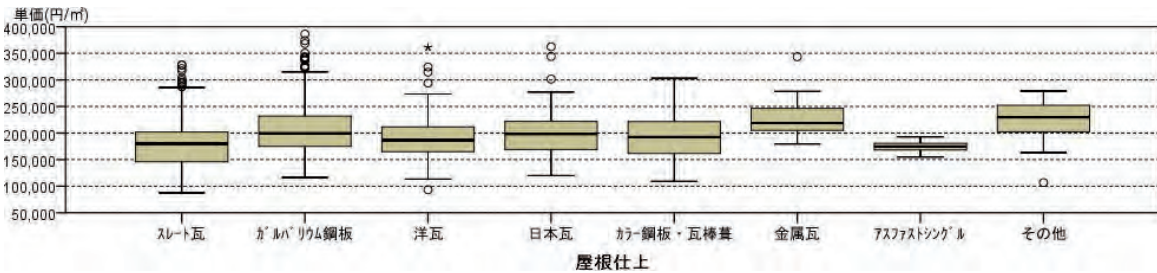


図5 屋根仕様別 総工事費単価 (円/延床面積 m²)

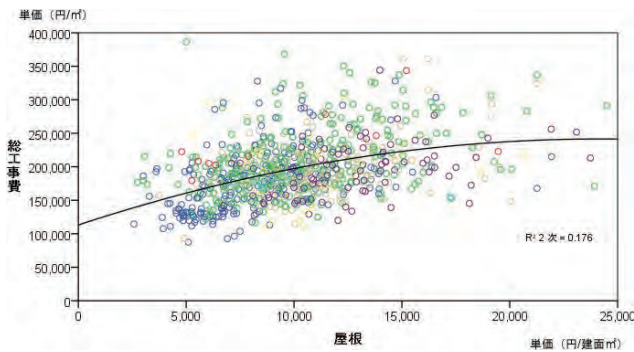


図6 屋根工事費と総工事費単価 (円/延床 m²)

4.2 外壁

仕様別の外壁工事費（延床面積 m² 当たりの価格）の分布傾向を図7, 外壁仕様と総工事費（延床 m² 当たりの価格）の分布傾向を図8, 外壁工事費と総工事費の散布図を図9に示す。

図7の外壁工事費では、天然系塗壁、合成樹脂系塗壁は同程度であること、窯業系、金属系、コンク

リート系の各サイディングは同程度であるなどのおおよその傾向が読み取れ、前者は各サイディングよりも高価格である傾向が確認できた。また、タイルは高価格から低価格まで幅広く分布している。これは、タイルの種類が多岐にわたり、使用されている商品の価格差が大きいことが要因として考えられる。

図8の総工事費では、図7と同様に、天然系塗壁が高価格帯であることや、各サイディングが低価格であるおおよその傾向が確認できた。また、モルタル・リシン吹付の箱（四分位範囲）は高価格にあるが、低価格まで分布していることが確認できた。

図9の外壁工事費（円/延床面積 m²）と総工事費（円/延床面積 m²）の散布図では、屋根同様、R²乗値0.081と低く、ほとんど相関関係が見られなかった。しかし、外壁10,000円/m²以下では総工事費は低価格に分布しているおおよその傾向が見られた。

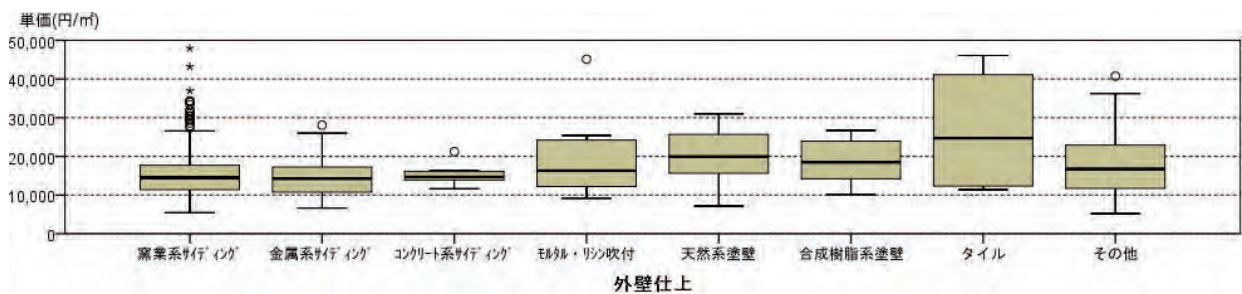


図7 外壁仕様別 外壁工事費単価 (円/延床面積 m²)

戸建住宅における屋根、外壁と建築費の関係について

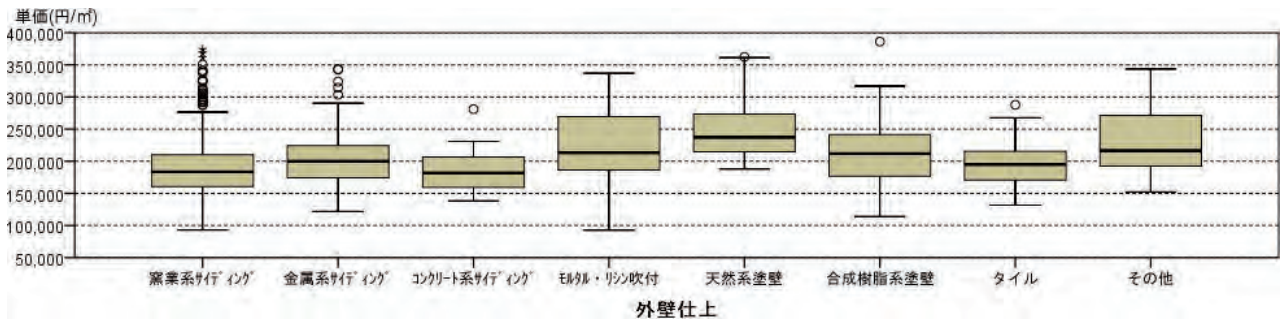


図8 外壁仕様別 総工事費単価 (円/延床面積 m²)

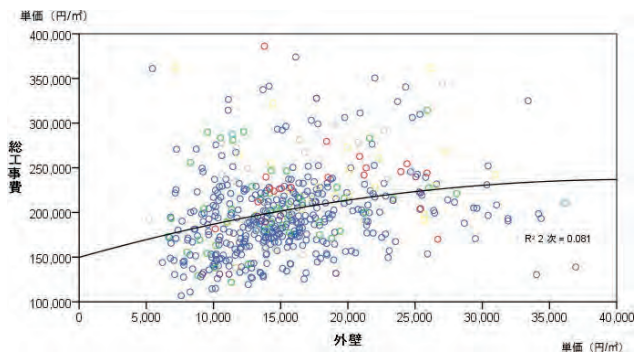


図9 外壁工事費と総工事費単価 (円/延床面積 m²)

4.3 屋根・外壁と総工事費

屋根と外壁の仕様別の総工事費単価(円/延床面積 m²) のデータ数, 平均値, 標準偏差, 四分位を表5に示す。なお, 表は7つ以上のデータが得られた仕様を抽出し, 中央値の高い順で並べ, 220,000 円/m²～(高価格), 200,000～220,000 円/m²(標準価格), ～180,000 円/m²(低価格)の3つに区分し, 考察した。

関東の住宅で最も多くみられる外壁が窯業系サイディングで屋根がスレート瓦の場合は低価格に位置している。一方, 屋根がガルバリウム鋼板の場合は,

表5 屋根・外壁の仕様別の総工事費 (円/延床面積 m²)

屋根仕様	外壁仕様	データ数	総工事費単価(円/延床m ²)				
			平均値	標準偏差	25%値	中央値	75%値
ガルバリウム鋼板	天然系塗壁	8	261,092	42,916	227,855	269,588	286,846
日本瓦	天然系塗壁	6	269,904	58,002	218,816	266,642	301,539
ガルバリウム鋼板	タイル	5	245,798	32,109	220,176	242,807	267,545
日本瓦	合成樹脂系塗壁	6	231,743	18,998	226,874	240,414	241,830
ガルバリウム鋼板	モルタル・リシン吹付	28	242,002	44,153	196,787	240,176	277,899
ガルバリウム鋼板	合成樹脂系塗壁	14	240,352	51,072	211,901	233,740	254,473
洋瓦	天然系塗壁	21	236,075	38,688	214,834	230,244	242,583
その他	窯業系サイディング	6	210,770	55,431	195,080	229,163	250,182
ガルバリウム鋼板	その他	19	219,189	41,001	192,739	216,909	253,675
日本瓦	モルタル・リシン吹付	6	215,321	29,326	203,405	208,501	213,995
金属瓦	窯業系サイディング	7	208,026	14,896	203,882	208,390	218,881
カラー鋼板・瓦棒葺	金属系サイディング	7	193,685	34,217	185,252	203,543	217,790
ガルバリウム鋼板	金属系サイディング	60	209,502	48,522	174,313	200,149	228,688
ガルバリウム鋼板	窯業系サイディング	233	201,398	49,218	171,374	194,815	220,559
日本瓦	その他	5	195,685	17,837	185,410	194,090	210,242
日本瓦	窯業系サイディング	60	186,705	35,648	157,249	183,112	209,792
洋瓦	タイル	17	181,639	23,310	169,474	181,977	196,798
洋瓦	窯業系サイディング	120	182,630	37,319	156,783	181,136	203,330
スレート瓦	窯業系サイディング	233	178,701	38,994	151,477	179,552	199,879
洋瓦	合成樹脂系塗壁	6	171,638	19,323	170,092	176,823	185,434
アスファストシングル	窯業系サイディング	8	174,304	11,232	168,218	174,587	180,646
カラー鋼板・瓦棒葺	窯業系サイディング	17	176,279	54,221	132,500	167,040	216,042
スレート瓦	コンクリート系サイディング	5	187,284	56,955	158,484	159,384	199,068
スレート瓦	モルタル・リシン吹付	21	183,843	75,300	125,000	131,899	233,191
スレート瓦	合成樹脂系塗壁	7	158,850	70,746	129,421	130,379	145,812
全体		979	196,407	48,142	165,730	191,492	220,367

標準価格に位置し、同じ窯業系サイディングでもスレート瓦よりもやや高いことが確認できた。

また、外壁が天然系塗壁の場合は高価格であること、屋根がスレート瓦の低価格であることなどの傾向が見られ、屋根と外壁の組合せでおおよその総工事費が推測することができると思う。

しかし、スレート瓦でモルタル・リシン吹付の場合や、カラー銅板・瓦棒葺で窯業系サイディングの場合など、四分位が広がっている組合せもあり、一概に判断できない場合もあることが確認できた。

5. まとめ

屋根、外壁の仕様と工事費と総工事費の関係を確認し、屋根と外壁の組合せで、おおよその総工事費

の水準を把握することが可能であることが確認でき、簡易に再調達原価を推測する方法として、屋根と外壁から判断する手法の有効性を示した。

しかし、同じ仕様でも、製品は多岐にわたり、価格帯も大きく異なるため、使用されている製品のグレードを把握することや、建物の価格は仕様以外にも、供給方式、施工場所、施工会社の属性、施主の属性など様々な要因の影響を受けるため、建物の価値を正確に評価する際には、詳細に調査する必要があると考える。

参考文献

- 1) 一般財団法人 建設物価調査会 建築費指数
- 2) 国土交通省 住宅着工統計調査
- 3) 住宅金融支援機構 フラット 35 住宅仕様実態調査報告

令和 2 年度（2020 年度）建設投資見通し

国土交通省 総合政策局 情報政策課 建設経済統計調査室

はじめに

我が国の建設投資は、社会経済活動・市場動向等に与える影響が極めて大きい。

このため、国土交通省では、国内建設市場の規模とその構造を明らかにすることを目的とし、1960年度から毎年度、建設投資推計及び建設投資見通しを作成し、「建設投資見通し」として公表している。

■作成の方法と留意点

- ・「建設投資推計」とは、我が国の全建設活動の実績を出来高ベースで把握したものであり、建築着工統計、建設工事施工統計、建設総合統計や建設

事業費の実績値等を基に作成している。今回は、2017年度分までを確定値とし、2018年度及び2019年度分については見込み額として公表している。

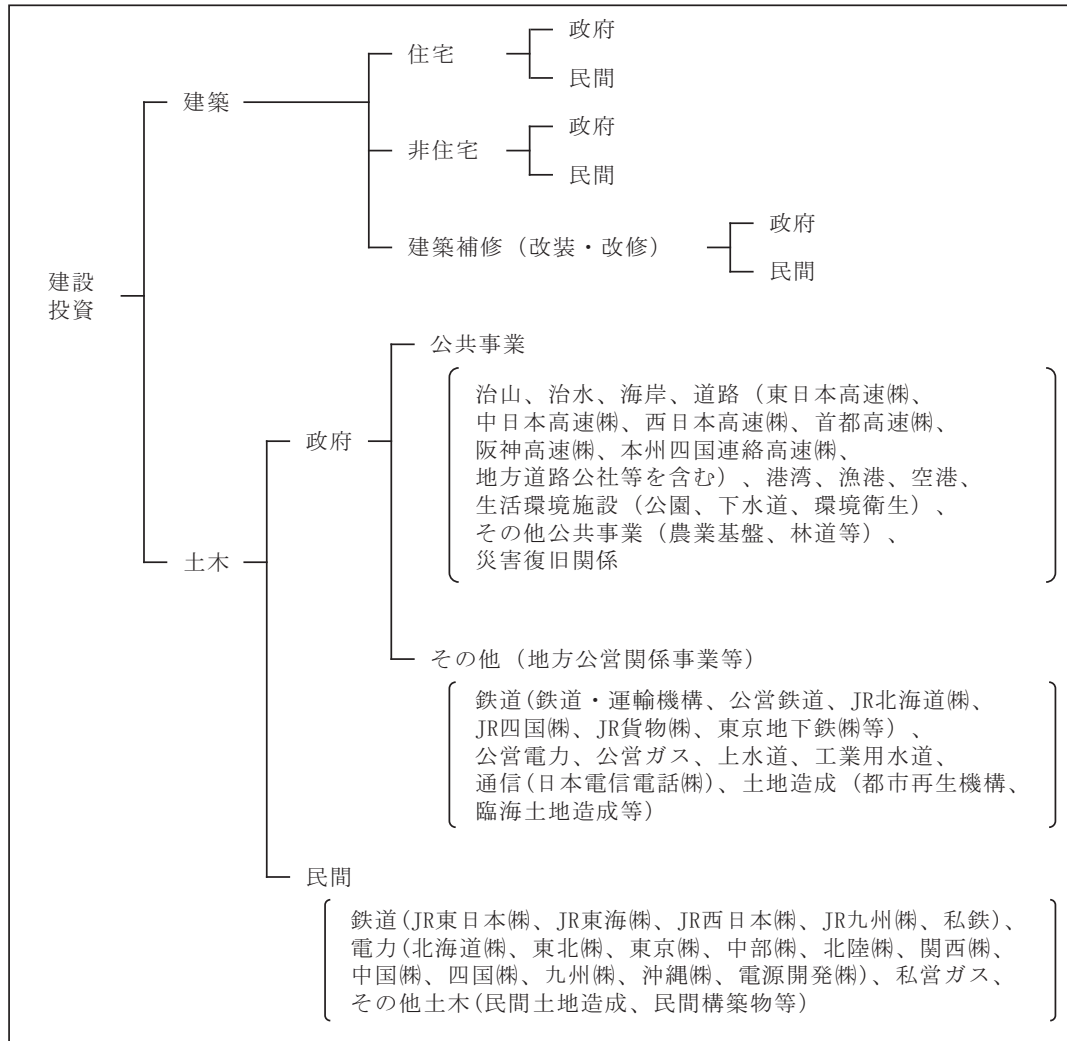
- ・「建設投資見通し」とは、我が国の全建設活動について出来高ベースの投資額を推計したものである。政府投資及び民間住宅投資については、政府経済見通し、内閣府年央試算により推計している。それ以外の投資については、建築着工統計、建設総合統計等により推計している。
- ・建築補修（改装・改修）は、2019年度から平成27年（2015年）産業連関表に準じ、2015年度以降を建設投資額として新たに計上している。

■公共事業関係費予算、政府建設投資及び公的固定資本形成の関係

公共事業関係費予算 (地方単独を含む)	用地費・補償費 調査費	国の事業 (直轄・補助・独立行政法人・ 特殊法人等)	地方単独		機械費等
建設投資(政府)※		公共事業関係建設投資 (土木・住宅)	公共事業 以外土木	政府 非住宅	
国民経済計算の 公的固定資本形成		公共事業関係建設投資 (土木・住宅)	公共事業 以外土木	政府 非住宅	機械費等

※建設投資（政府）には、公共事業関係費予算のうち用地費・補償費、調査費、機械費等は含まない。

■建設投資の区分



（区分変更の経緯）

- ・2001年度の建設投資から電源開発(株)を政府その他から民間に変更している。
- ・2005年10月より道路関係公団は民営化されて高速道路会社（東日本高速(株)、中日本高速(株)、西日本高速(株)、首都高速(株)、阪神高速(株)、本州四国連絡高速(株)）になったが、政府公共事業として計上している。
- ・2010年度の建設投資からJR各社のうちJR北海道(株)、JR四国(株)、JR九州(株)、JR貨物(株)を民間から政府その他に変更している。
- ・2010年度の建設投資から東京地下鉄(株)を民間から政府その他に変更している。
- ・2010年度の建設投資から日本電信電話(株)を民間から政府その他に変更している。
- ・2016年度の建設投資からJR九州(株)を政府その他から民間に変更している。
- ・2019年度の建設投資から2015年度以降の建築補修（改裝・改修）投資額を新たに計上している（2020年度より建築物リフォーム・リニューアルから名称を改める）。

1. 建設投資見通しの概要

2020年度の建設投資は、前年度比3.4%減の63兆1,600億円となる見通しである。

2020年度の建設投資は、前年度比3.4%減の63兆1,600億円となる見通しである。このうち、政府投資が25兆6,200億円（前年度比3.1%増）、民間

投資が37兆5,400億円（前年度比7.3%減）となる見通しである。これを建築・土木別に見ると、建築投資が38兆1,500億円（前年度比6.5%減）、土木投資が25兆100億円（前年度比1.7%増）となる見通しである。

2019年度の建設投資は、前年度比3.1%増の65兆3,700億円となる見込みである。このうち、政府投資が24兆8,600億円（前年度比7.8%増）、民間投資が40兆5,100億円（前年度比0.5%増）と見込まれる。これを建築・土木別に見ると、建築投資が

表-1 2020 年度建設投資（名目値）

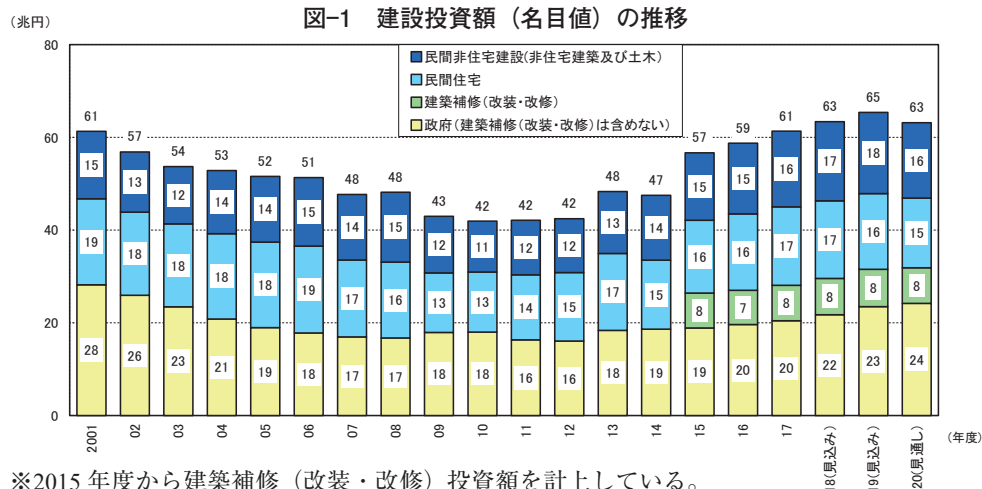
（単位：億円・％）

項目	年度	投資額				対前年度伸び率			
		2017年度 (実績)	2018年度 (見込み)	2019年度 (見込み)	2020年度 (見通し)	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度
総計		613,251	633,800	653,700	631,600	4.4	3.4	3.1	▲3.4
建築		408,592	406,900	407,900	381,500	6.7	▲0.4	0.2	▲6.5
住宅		175,629	173,600	169,900	156,900	2.0	▲1.2	▲2.1	▲7.7
政府		6,207	6,400	6,500	6,700	▲18.1	3.1	1.6	3.1 ^{注2}
民間		169,422	167,200	163,400	150,200	2.9	▲1.3	▲2.3	▲8.1 ^{注2}
非住宅		156,860	155,100	157,500	147,600	14.3	▲1.1	1.5	▲6.3
政府		42,333	38,800	40,600	41,800	21.7	▲8.3	4.6	3.0 ^{注2}
民間		114,527	116,300	116,900	105,800	11.8	1.5	0.5	▲9.5
建築補修 (改装・改修)		76,103	78,200	80,500	77,000	3.4	2.8	2.9	▲4.3
土木		13,196	13,000	13,900	14,300	▲1.8	▲1.5	6.9	2.9
政府		62,907	65,200	66,600	62,700	4.5	3.6	2.1	▲5.9
民間		204,659	226,900	245,800	250,100	0.2	10.9	8.3	1.7
土木		156,064	172,400	187,600	193,400	1.3	10.5	8.8	3.1
政府		133,094	149,000	164,200	169,300	3.2	12.0	10.2	3.1 ^{注2}
民間		22,970	23,400	23,400	24,100	▲8.4	1.9	0.0	3.0 ^{注2}
その他		48,595	54,500	58,200	56,700	▲3.4	12.2	6.8	▲2.6
再掲	民間非住宅建設	217,800	230,600	248,600	256,200	3.8	5.9	7.8	3.1
再掲	民間非住宅建設 ^{注1}	395,451	403,200	405,100	375,400	4.7	2.0	0.5	▲7.3
再掲	民間非住宅建設	163,122	170,800	175,100	162,500	6.8	4.7	2.5	▲7.2

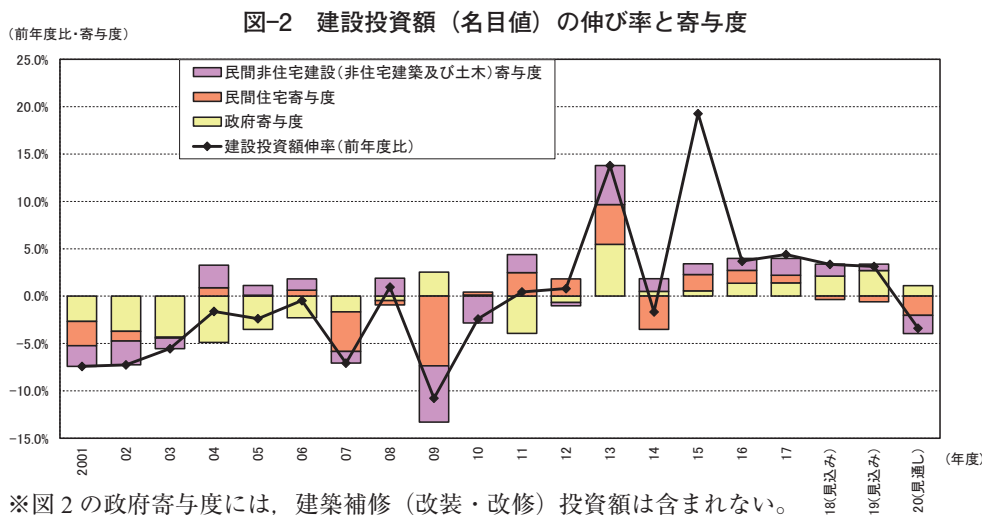
注1) 民間非住宅建設投資＝民間非住宅建築投資＋民間土木投資

注2) 2020年度の伸び率は、「令和2年度の経済見通しと経済財政運営の基本的態度」（令和2年1月20日閣議決定）及び「令和2（2020）年度 内閣府中央試算」（令和2年7月30日）の公的固定資本形成及び民間住宅の指標から算定している。

※見込み・見通しの投資額は、四捨五入により100億円単位にしているため、対前年度伸び率と合わない場合がある。



※2015年度から建築補修（改装・改修）投資額を計上している。



※図2の政府寄与度には、建築補修（改装・改修）投資額は含まれない。

表-2 2020年度の地域別・建設投資（見通し）

（単位：億円）

地域	北海道	東北	関東	北陸	中部	
建築計	15,000	27,900	154,800	16,500	43,900	
土木計	17,300	39,300	72,300	15,700	27,600	
合計	32,300	67,200	227,100	32,200	71,500	
地域	近畿	中国	四国	九州	沖縄	合計
建築計	51,700	20,200	10,200	34,400	6,900	381,500
土木計	25,000	14,800	9,300	25,500	3,400	250,200
合計	76,700	35,000	19,500	59,900	10,300	631,700

※2020年度の地域別・建設投資は、建設投資推計を過年度の建設総合統計の地域別出来高及び建築物リフォーム・リニューアル調査の施工地域別受注高の比率により配分し推計したものである。

※各種類別計を四捨五入により100億円単位の値としているため、合計と必ずしも一致しない。

表-3 2020年度の地域別・建設投資のシェア（見通し）

地域	北海道	東北	関東	北陸	中部	
建築計	4%	7%	41%	4%	12%	
土木計	7%	16%	29%	6%	11%	
合計	5%	11%	36%	5%	11%	
地域	近畿	中国	四国	九州	沖縄	合計
建築計	14%	5%	3%	9%	2%	100%
土木計	10%	6%	4%	10%	1%	100%
合計	12%	6%	3%	9%	2%	100%

40兆7,900億円（前年度比0.2%増）、土木投資が24兆5,800億円（前年度比8.3%増）となる見込みである。

建設投資は、1992年度の84兆円をピークに減少基調となり、2010年度には1992年度の半分程度にまで減少した。その後、東日本大震災からの復興等により回復傾向となっている。2020年度の建設投資については、2019年度の補正予算等に係る政府建設投資が見込まれること等から、総額として63兆1,600億円となる見通しである。

2. 国内総生産と建設投資の関係

2020年度の建設投資が国内総生産に占める比率は、9.7%となる見通しである。

国内総生産に占める建設投資の比率は、1975年頃は20%以上あったが、その後、減少傾向となった。1986年度から1990年度にかけて一時増加したものの、その後再び減少基調となった。近年では、約10%程度で推移している。

図-3 建設投資の国内総生産に占める比率

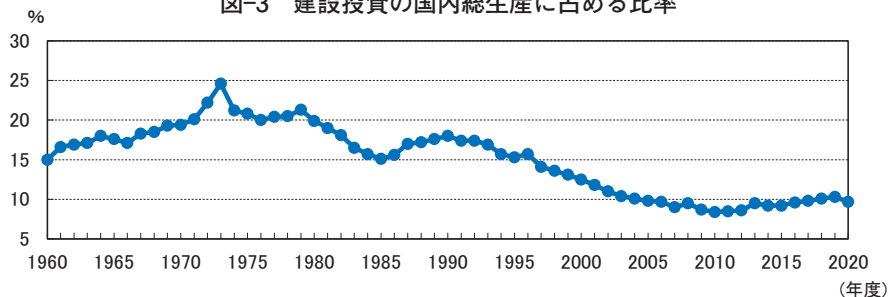
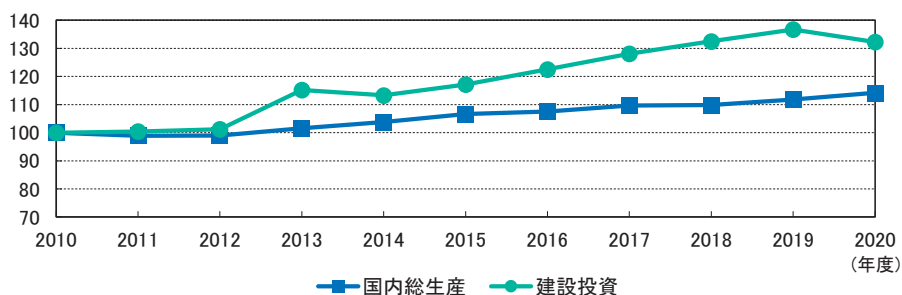


図-4 過去10年間の国内総生産と建設投資の水準の推移

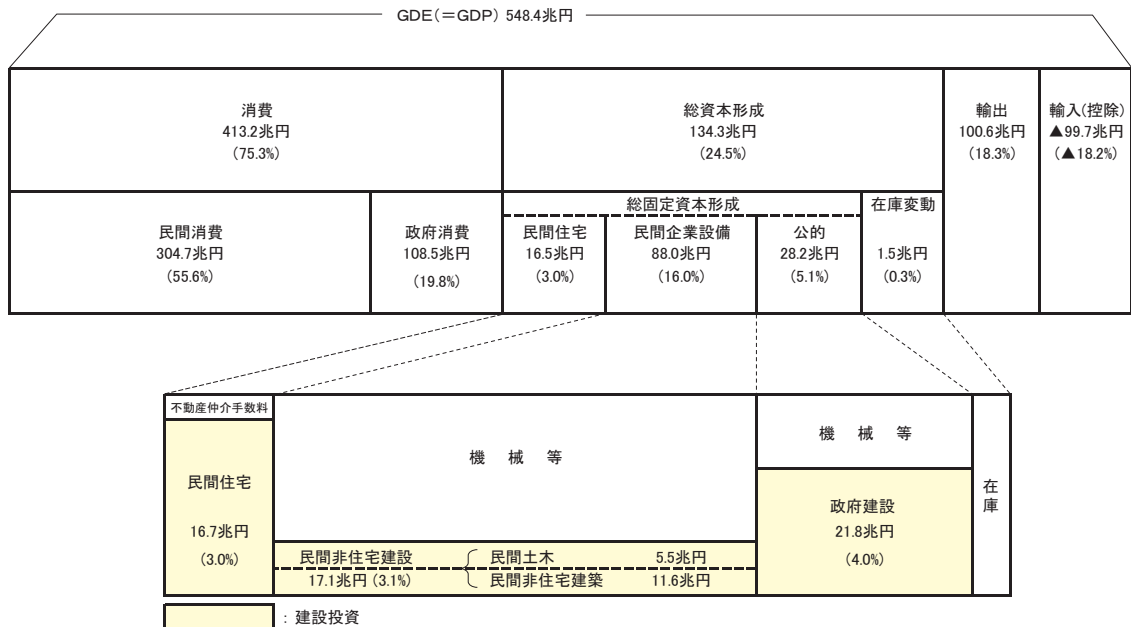


※現在公表されている国内総生産には、建築補修(改装・改修)投資額は含まれていないため、ここでの比率は、建築補修(改装・改修)投資額分を除いた建設投資額で算出している。
 ※図3、4の2018年度及び2019年度は見込み額、2020年度は見通し額から算出している。
 ※図4の建設投資の水準は、2009年度の値を100としたときの推移である。

表-4 国内総生産及び建設投資の推移

項目 年度	国内総生産 (名目値) (A)	建設投資 (名目値) (B)	国内総生産のうち、 建設投資が占める割合 (B) ÷ (A) × 100	項目 年度	国内総生産 (名目値) (A)	建設投資 (名目値) (B)	国内総生産のうち、 建設投資が占める割合 (B) ÷ (A) × 100
1960	166,806	25,078	15.0	1990	4,516,830	814,395	18.0
1961	201,708	33,418	16.6	1991	4,736,076	824,036	17.4
1962	223,288	37,772	16.9	1992	4,832,556	839,708	17.4
1963	262,286	44,979	17.1	1993	4,826,076	816,933	16.9
1964	303,997	54,750	18.0	1994	5,027,512	787,523	15.7
1965	337,653	59,531	17.6	1995	5,162,017	790,169	15.3
1966	396,989	67,820	17.1	1996	5,288,425	828,077	15.7
1967	464,454	84,928	18.3	1997	5,333,934	751,906	14.1
1968	549,470	101,915	18.5	1998	5,260,040	714,269	13.6
1969	650,614	125,251	19.3	1999	5,219,238	685,039	13.1
1970	752,985	146,341	19.4	2000	5,284,466	661,948	12.5
1971	828,993	166,768	20.1	2001	5,191,891	612,875	11.8
1972	964,863	214,625	22.2	2002	5,148,545	568,401	11.0
1973	1,167,150	286,673	24.6	2003	5,177,195	536,880	10.4
1974	1,384,511	293,944	21.2	2004	5,213,485	528,246	10.1
1975	1,523,616	316,241	20.8	2005	5,256,427	515,676	9.8
1976	1,712,934	341,965	20.0	2006	5,290,335	513,281	9.7
1977	1,900,945	387,986	20.4	2007	5,309,229	476,961	9.0
1978	2,086,022	426,860	20.5	2008	5,094,820	481,517	9.5
1979	2,252,372	479,219	21.3	2009	4,919,570	429,649	8.7
1980	2,483,759	494,753	19.9	2010	4,994,289	419,282	8.4
1981	2,646,417	502,198	19.0	2011	4,940,425	421,139	8.5
1982	2,761,628	500,689	18.1	2012	4,943,698	424,493	8.6
1983	2,887,727	475,988	16.5	2013	5,072,552	482,997	9.5
1984	3,082,384	485,472	15.7	2014	5,182,352	474,941	9.2
1985	3,303,968	499,645	15.1	2015	5,327,860	491,184	9.2
1986	3,422,664	535,631	15.6	2016	5,368,508	513,770	9.6
1987	3,622,967	615,257	17.0	2017	5,475,860	537,148	9.8
1988	3,876,856	666,555	17.2	2018	5,483,670	555,600	10.1
1989	4,158,852	731,146	17.6	2019	5,583,000	573,200	10.3
				2020	5,702,000	554,600	9.7

図-5 国内総支出と建設投資の関係 (2018年度)



※国内総生産は「国民経済計算」及び「令和2年度の経済見通しと経済財政運営の基本的態度」（令和2年1月20日閣議決定）による。

※建設投資（名目値）の2018年度及び2019年度は見込み額、2020年度は見通し額である。

※建設投資（名目値）には、建築補修（改装・改修）投資額は含まれていない。

※国内総生産の1960年度から1979年度までは「平成2年基準（1968 SNA）」、1980年度から1993年度までは「平成12年基準（1993 SNA）」、1994年度以降は「平成23年基準（2008 SNA）」による。

※計数はそれぞれ四捨五入しているため合計と必ずしも一致しない。

3. 建設投資の構成と推移

(1) 建設投資の構成と推移

2020年度建設投資見通しにおける建設投資の構成を見ると、政府土木投資と民間建築投資の合計が全体の81%を占めている。

2020年度の建設投資の構成を見ると、民間投資が59%、政府投資が41%である。民間投資のうち住宅、非住宅及び建築補修（改装・改修）投資を合わせた建築投資が全体の51%を占めている。政府投資は土木投資が全体の30%を占めており、この両方で建設投資全体の81%を占めている。

図-6 2020年度 建設投資の構成（名目値）

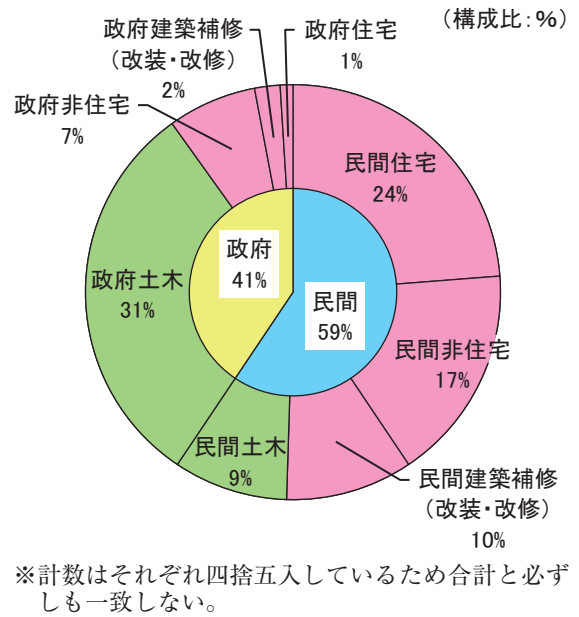


図-7 政府・民間別構成比の推移

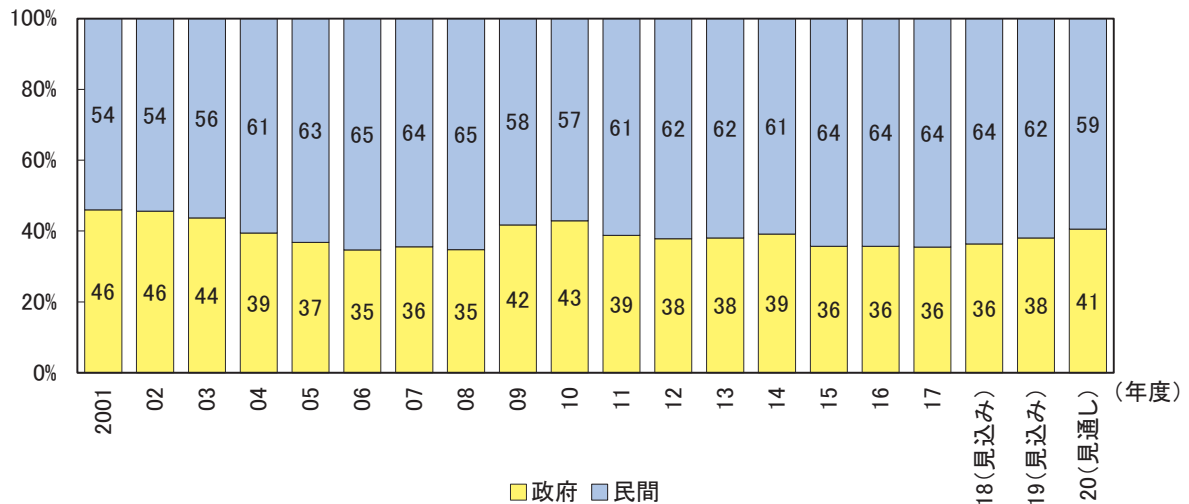
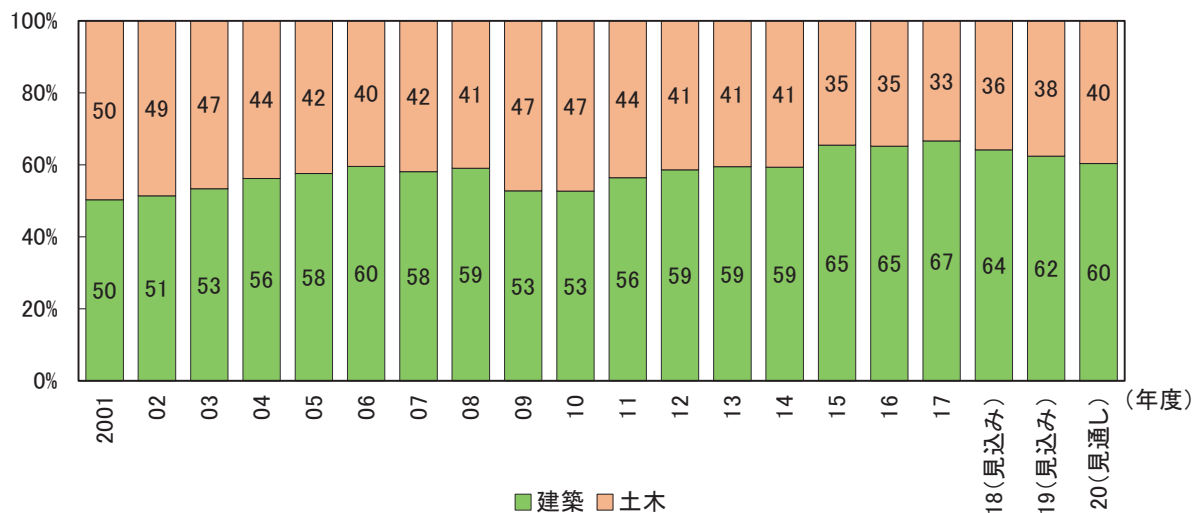


図-8 建築・土木別構成比の推移



(2) 建築・土木別構成比の推移

2020 年度の建設投資は、建築投資が 60% で、土木投資が 40% となる見通しである。

建築と土木との構成比については、1998 年度以降、建築投資が増加する一方で政府土木投資が減少し、建築投資の占める比率が 2006 年度には 60% となった。

その後、一時的に土木投資が増加したが、近年は建築投資の占める比率が高まる傾向にあり、建築投資が 60% 台、土木投資が 30% から 40% で推移している。

(3) 政府建設投資の動向

2020 年度の政府建設投資は、前年度比 3.1% 増の 25 兆 6,200 億円となる見通しである。

2020 年度は、前年度比 3.1% 増加し、25 兆 6,200 億円となる見通しである。

2019 年度は、前年度比 7.8% 増加し、24 兆 8,600 億円となる見込みである。

(4) 住宅投資の動向

2020 年度の住宅投資は、前年度比 7.7% 減の 15 兆 6,900 億円となる見通しである。

2020 年度の民間住宅投資は、前年度比 8.1% 減の 15 兆 200 億円となる見通しである。また、政府住宅投資を合わせた 2020 年度の住宅投資全体では、前年度比 7.7% 減の 15 兆 6,900 億円となる見通しである。(参考)

2019 年度の新設住宅着工戸数は、前年度比 7.3% 減の 88.4 万戸であった。利用関係別に見ると、持家は 28.3 万戸（前年度比 1.5% 減）、貸家は 33.5 万戸（前年度比 14.2% 減）、給与住宅は 0.6 万戸（前年度比 23.2% 減）、分譲住宅は 26.0 万戸（前年度比 2.8% 減）となっている。

表-5 新設住宅着工戸数と伸び率（前年度比）の推移

【着工戸数】

(単位：戸)

年度	総計	持家	貸家	給与	分譲
2015 年度	920,537	284,441	383,678	5,832	246,586
2016 年度	974,137	291,783	427,275	5,793	249,286
2017 年度	946,396	282,111	410,355	5,435	248,495
2018 年度	952,936	287,710	390,093	7,958	267,175
2019 年度	883,687	283,338	334,509	6,108	259,732

【伸び率：前年度比】

(単位：%)

年度	総計	持家	貸家	給与	分譲
2015 年度	4.6	2.2	7.1	▲25.9	4.5
2016 年度	5.8	2.6	11.4	▲0.7	1.1
2017 年度	▲2.8	▲3.3	▲4.0	▲6.2	▲0.3
2018 年度	0.7	2.0	▲4.9	46.4	7.5
2019 年度	▲7.3	▲1.5	▲14.2	▲23.2	▲2.8

※2020 年度の伸び率は、「令和 2 年度の経済見通しと経済財政運営の基本的態度」（令和 2 年 1 月 20 日閣議決定）及び「令和 2（2020）年度 内閣府年次試算」（令和 2 年 7 月 30 日）の公的固定資本形成及び民間住宅の指標から算定している。

※表 5 は「住宅着工統計」（国土交通省）による。

(5) 建築補修（改装・改修）投資の動向

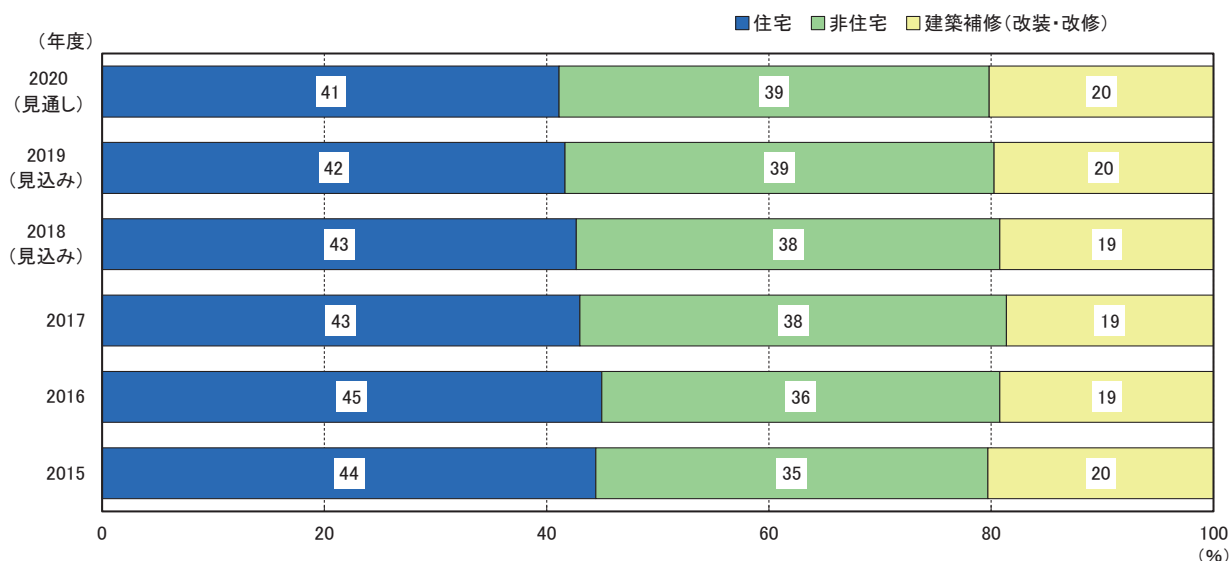
2020年度の建築補修（改装・改修）投資は、前年度比4.3%減の7兆7,000億円となる見通しである。

2020年度の民間建築補修（改装・改修）投資は、

前年度比5.9%減の6兆2,700億円となる見通しである。また、政府建築補修（改装・改修）投資を合わせた2020年度の建築補修（改装・改修）投資全体では、前年度比4.3%減の7兆7,000億円となる見通しである。

建築補修（改装・改修）投資は、建築投資全体に対し約20%を占めている。

図-9 住宅・非住宅・建築補修（改装・改修）構成比の推移



※2019年度より平成27年（2015年）産業連関表の考え方に準じ、建築物リフォーム・リニューアル投資額を建設投資額の内数として計上（2018年度までは建築物リフォーム・リニューアル投資額は建設投資額に含めず別途公表）。なお、2020年度より名称を「建築補修（改装・改修）」へ改める。

※建築補修（改装・改修）は、建築補修工事のうち、改装・改修工事に該当するものを範囲としている。

※平成27年（2015年）産業連関表の建設補修に係る産出額において、「建築物リフォーム・リニューアル調査」の結果を適用して、「維持・修理」及び「改装・改修」に該当する金額を推計し、「改装・改修」については国内総固定資本形成に計上した。

(6) 民間非住宅建設（非住宅建築及び土木）投資の動向

2020年度の民間非住宅建設（非住宅建築及び土木）投資は、前年度比7.2%減の16兆2,500億円となる見通しである。

2020年度の民間非住宅建築投資は、前年度比9.5%減の10兆5,800億円となる見通しである。また、民間土木投資は、前年度比2.6%減の5兆6,700億円となる見通しである。

これにより、2020年度の民間非住宅建設（非住宅建築及び土木）投資は、前年度比7.2%減の16兆2,500億円となる見通しである。

2019年度の民間非住宅建設（非住宅建築及び土木）投資は、前年度比2.5%増の17兆5,100億円となる見込みである。

このうち、民間非住宅建築投資は11兆6,900億円（前年度比0.5%増）、民間土木投資は5兆8,200億円（前年度比6.8%増）となる見込みである。

表-6 民間非住宅建設投資額（名目値）と伸び率（前年度比）の推移

【投資額】

（単位：億円）

年 度	民間非住宅建築投資	民間土木投資	合 計 (民間非住宅建設投資)
2016 年度	102,428	50,287	152,715
2017 年度	114,527	48,595	163,122
2018 年度（見込み）	116,300	54,500	170,800
2019 年度（見込み）	116,900	58,200	175,100
2020 年度（見通し）	105,800	56,700	162,500

【伸び率：前年度比】

（単位：％）

年 度	民間非住宅建築投資	民間土木投資	合 計 (民間非住宅建設投資)
2016 年度	6.8	1.4	5.0
2017 年度	11.8	▲3.4	6.8
2018 年度（見込み）	1.5	12.2	4.7
2019 年度（見込み）	0.5	6.8	2.5
2020 年度（見通し）	▲9.5	▲2.6	▲7.2

建設投資見通しは、国土交通省のホームページで公表しているので参照されたい。

http://www.mlit.go.jp/report/press/joho04_hh_000940.html

付録

総研リポート掲載報文リスト

(「*」は寄稿文)

- *伊豆 宏 (2007) : 経済をかえる不動産の証券化, 創刊号, 1 p..
- *河野 擴 (2007) : サステイナブルな不動産市場の構築, 創刊号, 2 p..
- *倉橋 透 (2007) : 首都圏における相続税対策の貸家着工戸数への影響, 創刊号, pp. 3~12.
- 吉本隆英 (2007) : 建築物リフォーム・リニューアル調査 平成 17 年度結果, 創刊号, pp. 13~21.
- 橋本真一 (2007) : 耐震改修工事費のマクロ的価格傾向に関する研究, 創刊号, pp. 22~31.
- 松本精一 (2007) : 江戸時代の土木設計・積算・施工技術を探る—「天保期の印旛沼堀割普請」の古文書を読む, 創刊号, pp. 32~69.
- *寶 馨 (2008) : 地球温暖化と社会資本整備, Vol. 2, pp. 1~8.
- *松谷明彦 (2008) : 人口問題から見る少子高齢化社会と社会資本の需要変化について, Vol. 2, pp. 9~21.
- 西方史子 (2008) : 民間企業設備投資動向調査にみる土地購入費の動向, Vol. 2, pp. 22~26.
- 丸木 健 (2008) : く体工事の主要資材量に関する調査結果, Vol. 2, pp. 27~28.
- 池原一彦 (2008) : 道路維持修繕工事施工単価の分析と作成, Vol. 2, pp. 29~38.
- 橋本真一 (2008) : マンション改修工事費のマクロ的価格傾向に関する研究, Vol. 2, pp. 39~51.
- 松本精一 (2008) : 江戸時代の土木設計・積算・施工技術を探る (続編), Vol. 2, pp. 52~71.
- 池原一彦 (2008) : ユニットプライス型積算方式事例解説, Vol. 2, pp. 74~102.
- *草柳俊二 (2009) : 国際化の進行と建設産業が取り組むべき課題と将来展望について, Vol. 3, pp. 1~9.
- *小林康昭 (2009) : 経済減速の激流に翻弄されるわが国の建設業, Vol. 3, pp. 10~19.
- 池原一彦 (2009) : 切削オーバーレイ工施工単価算定システムの検討, Vol. 3, pp. 20~26.
- 丸木 健 (2009) : 躯体工事の主要資材数量と変動要因に関する研究, Vol. 3, pp. 27~31.
- 橋本真一 (2009) : 躯体コストからみたスケルトンの類型化

- に関する研究, Vol. 3, pp. 32~38.
- 池原一彦 (2009) : 工事価格と施工条件の関係分析 (トンネル工事記録データを例として), Vol. 3, pp. 39~49.
- 橋本真一 (2009) : 建設資材の価格形成メカニズムに関する研究, Vol. 3, pp. 50~59.
- *牧角龍憲 (2010) : 持続可能な地域社会を構築するために社会基盤整備が果たす役割, Vol. 4, pp. 1~7.
- *山本幸司 (2010) : 我が国の社会資本整備と建設関連産業を取り巻く現状と課題, Vol. 4, pp. 8~12.
- 中村悦広 (2010) : 滋賀における公営住宅家賃及び入居難の要因分析, Vol. 4, pp. 13~18.
- 吉田光正, 西方史子, 中村悦広 (2010) : マンション需要の価格弾力性の計測 地域別, 時期別分析, Vol. 4, pp. 19~30.
- 橋本真一, 丸木 健, 中山健志 (2010) : 建築着工統計からみたマンションの工事費変動要因に関する研究, Vol. 4, pp. 31~39.
- 橋本真一 (2010) : マンション改修工事費のマクロ的価格傾向に関する研究 (平成 20 年調査), Vol. 4, pp. 40~52.
- 松本精一 (2010) : 「村明細帳」にみる江戸時代の八ヶ岳南麓の農業水利, Vol. 4, pp. 53~70.
- *中村悦広 (2010) : 社会資本の生産効果の研究レビュー, 特別号, pp. 4~12.
- *川出真清 (2010) : 社会資本の生産性に関する研究レポート, 特別号, pp. 13~27.
- *中東雅樹 (2010) : 日本の道路資本の現状分析—中東 (2010) の研究成果から—, 特別号, pp. 28~35.
- *亀田啓悟 (2010) : 公共投資の雇用・民間投資誘発効果について, 特別号, pp. 36~43.
- *倉橋 透 (2010) : 費用便益分析再考と New Approach to Appraisal, 特別号, pp. 44~56.
- *赤井伸郎, 中村悦広 (2010) : 公共建築による民間建築の「呼び水」効果について, 特別号, pp. 57~62.
- *赤井伸郎, 亀田啓悟, 中村悦広 (2010) : 「建設工事受注動態統計調査」と「建築着工統計調査」の比較および改正建築基準法が建築の契約と着工の関係に与えた影響の分析, 特別号, pp. 63~72.
- *土居丈朗 (2010) : 社会資本の最適規模と財政健全化に関する数値解析, 特別号, pp. 73~85.
- *根本祐二 (2011) : 社会資本の老朽化と維持更新—震災復興と危機管理の観点から—, Vol. 5, pp. 1~8.

- *宮本和明（2011）：道路 PFI 事業と事業スキーム検討ツールの提案，Vol. 5，pp. 9～18.
- 岩松 準，建設物価調査会総合研究所（2011）：ミクロな資材価格データの時系列及び地域差の分析，Vol. 5，pp. 19～28.
- 宮本和明，建設物価調査会総合研究所（2011）：建設資材価格変動リスク分析のための時系列分析，Vol. 5，pp. 29～37.
- 中村悦広（2011）：事務所エネルギー消費に対する事務所稼働時間及び冷暖房使用日数の影響—DECC データを用いた事務所エネルギー消費削減効果の検証—，Vol. 5，pp. 38～48.
- 中山健志，橋本真一（2011）：中古マンション価格指数と建築費指数の連動性分析，Vol. 5，pp. 49～52.
- 中村悦広，橋本真一（2011）：建物の特性（品質）調整済みマンション工事費単価指数の計測—JBCI 個票データを用いて，Vol. 5，pp. 53～60.
- 橋本真一（2011）：JBCI データによる建物用途別工事費の類型化に関する研究，Vol. 5，pp. 61～65.
- 橋本真一，古阪秀三，韓 甜（2011）：中国と日本における積算基準と価格情報に関する比較研究，Vol. 5，pp. 66～72.
- 松本精一，牧野雅美，吉田光正（2011）：純資本ストックからみた農業基盤整備資本の現状，Vol. 5，pp. 73～82.
- *中野剛志（2012）：財政構造改革と公共投資（インフラ整備が抱える課題），Vol. 7，pp. 1～6.
- *古阪秀三（2012）：日中韓台の建築プロジェクトにおける品質確保のしくみに関する比較研究—鉄筋工事・鉄骨工事を例に一，Vol. 7，pp. 7～18.
- 清水隆博（2012）：建設投資分析，Vol. 7，pp. 19～24.
- 西方史子（2012）：実質民間住宅投資の決定要因に関する一考察—生産年齢人口と実質金利による分析—，Vol. 7，pp. 25～28.
- 中村悦広，橋本真一（2012）：東京都の分譲住宅及び賃貸住宅に関する建物特性調整済み工事費指数の計測，Vol. 7，pp. 29～36.
- 中山健志，橋本真一（2012）：超高層建築物の供給実態と市場について，Vol. 7，pp. 37～42.
- 橋本真一，丸木 健（2012）：契約実績データからみたマンション工事費の価格変動要因に関する研究，Vol. 7，pp. 43～47.
- 橋本真一，丸木 健（2012）：改修工事（集合住宅）のマクロ的価格傾向に関する研究（その 5），Vol. 7，pp. 48～58.
- 橋本真一，古阪秀三，韓 甜（2012）：韓国・台湾と日本における積算基準と価格情報に関する比較研究，Vol. 7，pp. 59～65.
- 建設経済研究所，建設物価調査会総合研究所（2012）：LCC が建設コストに及ぼす影響に関する研究，Vol. 7，pp. 66～73.
- 村田裕介（2012）：非対称情報下における価格設定（調達）に関する研究の一考察，Vol. 8，pp. 78～84.
- 価値総合研究所，建設物価調査会総合研究所（2012）：価格情報および建設物価の価値に関する研究，Vol. 8，pp. 85～94.
- *家田 仁（2013）：「転換点に立つインフラ政策」—水平的展開の時代から垂直的發展の時代へ—，Vol. 9，pp. 1～7.
- 清水隆博（2013）：アベノミクスと公共投資，Vol. 9，pp. 8～18.
- 橋本真一（2013）：震災復興地域における建設資材・工事費単価等の推移と動向，Vol. 9，pp. 19～27.
- 橋本真一，丸木 健（2013）：契約実績データからみた事務所の工事費変動要因に関する研究，Vol. 9，pp. 28～32.
- 丸木 健（2013）：JBCI（建築工事費調査）について—データの概要とマンションの価格傾向—，Vol. 9，pp. 33～41.
- *高野伸栄（2013）：防災に係る市民意識を考える，Vol. 10，pp. 1～8.
- *藤川眞行（2013）：平成 25 年度建設経済見通しのポイント，Vol. 10，pp. 9～12.
- *藤川眞行（2014）：建築物リフォーム投資額のマクロ的な把握について，Vol. 11，pp. 1～6.
- *鈴木信行（2014）：新しい建設プロジェクトのマネジメント，Vol. 11，pp. 6～28.
- 橋本真一，丸木 健（2014）：契約実績からみた高齢者施設の工事費変動に関する研究，Vol. 11，pp. 29～36.
- 村田裕介（2014）：個人住宅の新築工事における建物概要と工事費の価格傾向，Vol. 11，pp. 37～45.
- 有森正浩，村田裕介（2014）：建設資材価格の定期調査において次回調査結果報告までの間に生ずる価格変動の予測，Vol. 11，pp. 46～51.
- 有森正浩，村田裕介（2014）：建築物着工統計の工事費予定額から資機材・労務調達の月別発注額を推定するモデル構築に関する一つの試み，Vol. 11，pp. 52～56.
- 有森正浩（2014）：西日本の積雪地帯における少雪傾向と少雪が水資源の不安定化に及ぼす影響，Vol. 11，pp. 57～65.
- 有森正浩，村田裕介（2014）：建設工事市場単価の定期調査後における価格動向の推定手法に関する検討，Vol. 12，pp. 1～6.

- *国土交通省総合政策局建設統計室（2014）：平成26年度建設投資見通し，Vol. 12，pp. 7～91.
- 有森正浩，村田裕介（2014）：建設資材価格の定期調査後における価格変動の予測，Vol. 13，pp. 3～8.
- 有森正浩，村田裕介（2014）：建設工事市場単価の定期調査後における価格変動の予測，Vol. 13，pp. 9～14.
- 有森正浩，村田裕介（2014）：建設資材の価格予測における予測期間と推定精度の関係—建設資材における3ヵ月先の価格予測の検討—，Vol. 13，pp. 15～22.
- 有森正浩，村田裕介（2014）：建設資材価格予測モデルの最適なモデルパラメータの決定方法に関する検討，Vol. 13，pp. 23～30.
- 有森正浩，村田裕介（2014）：建設工事受注動態統計の月別工事契約額から資材の月別調達額を推定するモデルの検討，Vol. 13，pp. 31～37.
- *倉橋 透（2015）：建設投資額のトレンドからの乖離と平成バブル期における乖離の背景と影響，Vol. 14，pp. 1～8.
- *五十嵐 健（2015）：次世代建設産業モデルとコスト情報のあり方，Vol. 14，pp. 9～18.
- 橋本真一（2015）：原価法による再調達原価算定の精緻化と価格情報等に関する一考察，Vol. 14，pp. 19～23.
- 橋本真一，丸木 健，村田裕介（2015）：木造住宅の工事費と価格変動要因に関する研究，Vol. 14，pp. 24～30.
- 西方史子，橋本真一（2015）：改修工事（集合住宅）のマクロ的価格傾向に関する研究（その6），Vol. 14，pp. 31～41.
- 有森正浩，村田裕介（2015）：市況気配を用いた建設資材価格予測モデルにおける予測の仕組みに関する考察，Vol. 14，pp. 42～47.
- 有森正浩（2015）：西日本の積雪地帯における積雪量の経年変化推定—鳥取県の日野川流域における事例—，Vol. 14，pp. 48～56.
- 齋藤 彰（2015）：被災3県の建設資材価格・工事費の動向，Vol. 14，pp. 57～62.
- *蟹澤宏剛（2016）：建設業の重層下請構造の実態と技能者の処遇，Vol. 15，pp. 1～6.
- *鈴木信行（2016）：女性が建設産業に継続的に就業するための基礎条件に関する提案，Vol. 15，pp. 7～17.
- *鈴木信行，村田裕介，齋藤 彰（2016）：建設工事（香港）の契約条件書等からみた女性用現場設備に関する調査研究，Vol. 15，pp. 18～26.
- 橋本真一，丸木 健（2016）：倉庫・工場の工事費と価格変動要因に関する研究，Vol. 15，pp. 27～32.
- 建設物価調査会総合研究所（2016）：市況気配モデルによる建設資材等の価格予測の研究，Vol. 15，pp. 33～37.
- 村田裕介，大谷忠広，齋藤 彰（2016）：女性が働きやすい就労環境の改善費に関する研究，Vol. 15，pp. 38～45.
- 山本高史（2016）：“アジアのラスト・フロンティア”ミャンマーの建設経済の動向と街の様子，Vol. 15，pp. 46～56.
- *橋本 亮（2017）：i-Constructionの現状と将来展望について，Vol. 16，pp. 1～6.
- *一般社団法人日本建設業連合会（2017）：現場打ちコンクリートの生産性向上への取組みについて，Vol. 16，pp. 7～18.
- *建山和由（2017）：i-Constructionの現状と将来展望，Vol. 16，pp. 19～28.
- *清沢唯志，和田 一，宮本勇太，森田晃司（2017）：熊本城再建におけるi-Constructionの活用，Vol. 16，pp. 29～38.
- *神崎恵三（2017）：ICT建設技術を活用した大規模造成工事の施工事例，Vol. 16，pp. 39～47.
- *橋本真一，丸木 健（2017）：RC造の躯体工事費と建物用途との関連性に関する研究，Vol. 16，pp. 48～55.
- *山本 高志（2017）：価格予測，Vol. 16，pp. 56～60.
- *吉田 光正（2017）：建築費指数・建設資材物価指数の改訂，Vol. 16，pp. 60～60.
- 矢吹信喜（2018）：i-Constructionの現状と将来展望「BIM/CIM導入に向けた諸問題と改善策」Vol. 17，pp. 1～9.
- 志手一哉（2018）：BIMのさらなる普及に向けた“Information”の活用について—英国・米国の事例を参考とした考察—Vol. 17，pp. 10～19.
- 後閑淳司（2018）：i-Constructionの現状と将来展望 Vol. 17，pp. 20～30.
- 藤原祐一郎（2018）：i-Constructionを活用した工事の施工事例 Vol. 17，pp. 31～39.
- 長島泰博（2018）：建設3Dデータ閲覧サイトの構築 Vol. 17，pp. 41～44.
- 橋本真一，丸木 健（2018）：鉄骨造の躯体工事費と建物用途との関連性に関する研究 Vol. 17，pp. 45～51.
- 渡辺弘一（2018）：資材価格の中期予測の研究について Vol. 17，pp. 52～58.
- 山本高史（2018）：「個人住宅工事費の価格傾向に関する研究（その3）」の結果概要 Vol. 17，pp. 59～68.
- 丸木 健，橋本真一（2018）：超高層マンションの建設費に関する考察 Vol. 17，pp. 69～75.
- 伊沢佳織（2018）：超高層建築物の供給実態と動向（2017年時点）Vol. 17，pp. 76～82.
- 齋藤 彰（2018）：うめきた再開発事業～JR東海道線支線地

- 下化・新駅設置事業～ Vol. 17, pp. 83～89.
- 国土交通省総合政策局建設経済統計調査室 (2018)：平成 30 年度 建設投資見通し Vol. 17, pp. 91～108.
- *木村哲也 (2019)：国際安全規格からみたドローン安全～ドローンビジネスの持続的発展のために～ Vol. 18, pp.1～6.
- *眞砂英樹 (2019)：ダム・河川インフラ点検へのロボット導入促進に向けたロボット性能評価手法標準化への取り組み Vol. 18, pp.7～16.
- *小島英郷 (2019)：デジタルスマートコンストラクションの幕明け Vol. 18, pp.17～34.
- *工藤敏邦 (2019)：スマートデバイスを活用した施工管理業務の生産性向上 Vol. 18, pp.35～43.
- *古賀純子 (2019)：防水改修における耐久性の確保 Vol. 18, pp.44～49.
- 橋本真一, 山本高史 (2019)：マンションの設備改修工事費と長期修繕計画との関連性に関する研究 Vol. 18, pp.51～57.
- 池原一彦 (2019)：伊能忠敬と間宮林蔵の関係が北海道地図作成に与えた影響 Vol. 18, pp.58～60.
- 株式会社リサーチアンドソリューション (2019)：回路図面における電気電子部品の自動認識手法の研究開発 Vol. 18, pp.61～65.
- 山本高史 (2019)：2020 年 東京オリンピック・パラリンピック開催に伴う建設需要の現状と今後の経済動向～五輪開催後の建設需要はどうか？～ Vol. 18, pp.66～74.
- 山本高史 (2019)：「個人住宅工事費の価格傾向に関する研究 (その 4)」の結果概要 Vol. 18, pp.75～84.
- 丸木 健 (2019)：建築プライスレポート 2018 Vol. 18, pp.85～89.
- 伊沢佳織 (2019)：民間企業設備投資動向調査 共通回答企業による時系列データ紹介と投資意向アンケートとの傾向比較について Vol. 18, pp.90～94.
- 総合研究所 (2019)：建設資材物価指数 平成 23 年基準改定について Vol. 18, pp.95～99.
- 総合研究所 (2019)：「建設物価・建築費指数」平成 23 年 (2011 年) 基準改定について Vol. 18, pp.100～103.
- *竹村公太郎 (2020)：日本文明と情報社会—過去から未来へ— Vol. 19, pp. 1～7.
- *向殿政男 (2020)：建設業の安全対策として ICT 技術を活用した現状と将来の展望 Vol. 19, pp. 8～14.
- *蒔苗耕司 (2020)：BIM/CIM による設計情報のデジタル化と情報・知識マネジメントへの展開 Vol. 19, pp. 15～22.
- *東 君康 (2020)：専門高校 (土木系学科) における UAV 導入授業の現状と今後の展望 Vol. 19, pp. 23～32.
- *川田 淳, 渡邊高也, 北原 剛, 大友 健, 水野智亮 (2020)：「電子化された生コン情報」の活用による現場打ちコンクリート工の生産性向上と品質管理の高度化—PRISM 制度による T-CIM[®]/Concrete の現場試行と効果の確認— Vol. 19, pp. 33～43.
- *藤本情志 (2020)：映像認識 AI とデジタルツインを用いた施工改善支援システムの開発および現場適用 Vol. 19, pp. 44～51.
- 日本大学スポーツ科学部スポーツ科学研究所総合研究所経済研究課 (2020)：資材価格予測モデルの構築に向けて Vol. 19, pp. 53～65.
- 川野辺豊 (2020)：主要建設資材需給・価格動向調査から見る市場の動き Vol. 19, pp. 66～75.
- 齋藤 彰, 鴨志田倫之 (2020)：建設現場における労働災害と外国人建設就労者への安全教育 Vol. 19, pp. 76～83.
- 山本高史 (2020)：マンションの修繕工事費に関する最近の状況 Vol. 19, pp. 84～87.
- 岡本哲也 (2020)：近代地理学の祖 長久保赤水…実用性の高い日本地図を初めて世に送り出した人物 Vol. 19, pp. 88～90.
- 伊沢佳織 (2020)：新型コロナウイルス感染症による国内投資計画への影響 アンケート調査結果 (2020 年 3 月・6 月調査) Vol. 19, pp. 91～95.
- 小池正倫, 丸木 健 (2020)：戸建住宅における屋根, 外壁と建築費の関係について Vol. 19, pp. 96～101.
- 国土交通省総合政策局情報政策課建設経済統計調査室 (2020)：令和 2 年度 (2020 年度) 建設投資見通し Vol. 19, pp. 103～111.

◎総合研究所の自主研究の結果は、建設物価調査会ホームページでご覧いただけます。

〈総合研究所〉

- ・マンション改修工事費調査研究
- ・個人住宅工事費の価格傾向に関する研究
- ・建設資材物価指数
- ・建設機械・仮設資材賃貸料金指数
- ・建築費指数
- ・民間企業設備投資動向調査
- ・建設経済季報
- ・建設資材価格予測

◇本誌の内容、数字等についてのお問い合わせは、下記へお願いします。

総合研究所 TEL 03-3663-7235

■禁無断転載

総研レポート

第19号

令和2年12月1日 発行

発行所 ©一般財団法人 建設物価調査会

〒103-0011 東京都中央区日本橋大伝馬町11番8号

フジスタービル日本橋

・オフィシャルホームページアドレス

<http://www.kensetu-bukka.or.jp>

編集 一般財団法人 建設物価調査会 総合研究所

印刷所 勝美印刷株式会社



一般財団法人

建設物価調査会 総合研究所