

# はじめに

本書は、東京大学大学院工学系研究科において、主として社会基盤学専攻および精密工学専攻の大学院生向けに2019年度から開講されている講義「i-Construction システム学特論」に基づき、発刊するものである。同講義は、2018年10月に設置された「i-Construction システム学寄付講座」に所属する7名の教員が始めたオムニバス講義である。「建設現場」をフィールドとして、社会基盤学とロボティクスを情報通信技術でつなぐことにより、イノベーションを創出し将来の建設現場の変革を期待して実施され、両専攻を含む大学院生が多数受講している。

「i-Construction システム学」は、i-Construction を実現するためのシステムを構築し、このシステムを利活用することでインフラ事業の各段階における生産性等を向上させることにより、インフラ事業全体の価値の向上を目指した学問知である。これまで、建設現場への機械施工の導入によって生産性の向上が図られてきた。しかし、一品受注生産・現地屋外生産・労働集約型生産を特徴とする建設生産システムが制約となり、最新の製造工場のように効率化・自動化を図ることは困難と考えられてきた。現場ごとに施工環境が異なるだけでなく、作る製品も材料も労働者も異なるからである。

一方で、IoT (Internet of Things) により、大量生産からカスタマイズ生産へのシフトが可能となり、建設現場の生産性向上にも期待が寄せられている。また、BIM/CIM (Building Information Modeling / Construction Information Modeling and Management) の導入により工事目的物のデジタル表現が可能となり、施工機械の自動制御に大きな役割を果たすことになる。さらに、5Gに代表される高速通信技術により大量の情報伝送が可能となり、Cyber Physical System (CPS) を用いたリアルタイム制御が現実のものとなりつつある。

i-Construction システム学寄付講座では、このような技術環境のもとで描けるインフラの新たな建設生産・管理システムを構築・実現することに挑戦している。工事目的物だけでなく、施工環境を3次元モデルで忠実に再現することによりサイバー空間上に建設現場を実現し、施工のシミュレーションに基づき、建設機械の選択・活用方法を検討することが可能となること、また、建設機械の開発コストやスケジュールを大幅に削減および短縮することが可能となることが期待される。これまでに培われた品質・コスト・工程・安全・環境に対する評価手法や汎用性の高い Robot Operating System (ROS) を活用することにより実現可能であり、将来の建設機械の開発体制に大きな影響を与える可能性がある。

本書では、i-Construction を実現するためのシステム開発に必要な社会基盤学、ロボティクスおよび情報通信技術の基礎を提示するだけでなく、寄付講座に所属する研究員が取り組む研究のコラムを設け、これら技術を組み合わせたユースケースを紹介している。今後の研究開

発の方向性や技術活用の戦略を検討するのに役立つことが期待される。

本年夏には、新たな演習「i-Construction システム学特別演習」を開始する予定である。社会基盤学とロボティクスの知識を習得した学生が自身でプログラミングした建設機械（約 1/20 の模型）による自動化施工にチャレンジする。次世代の活躍による建設現場の変革に大いに期待したい。最後に、本寄付講座の立ち上げに際してお世話になった国土交通省 i-Construction 推進コンソーシアム会長の小宮山宏様（(株)三菱総合研究所理事長）、同副会長の宮本洋一様（当時（一社）日本建設業連合会副会長兼土木本部長）に心より御礼申し上げます。また、本寄付講座を支えていただいている国土交通省、（一社）日本建設業連合会、（一社）建設コンサルタンツ協会、（一社）全国地質調査業協会連合会、（一社）全国測量設計業協会連合会、（一社）日本建設機械施工協会の関係各位に感謝いたします。

2021 年 5 月吉日

東京大学大学院工学系研究科  
i-Construction システム学寄付講座  
特任教授 小澤 一雅

# 目 次

<b>1 章 i-Construction システム学とは</b>	<b>1</b>
<b>1.1 「i-Construction」の誕生</b>	<b>1</b>
1.1.1 建設現場における ICT の活用から i-Construction へ	1
1.1.2 地方建設会社における取り組みと i-Construction のもたらすもの	2
<b>コラム①(研究紹介)</b> : i-Construction モデル事務所 甲府河川国道事務所の取り組み	3
<b>1.2 i-Construction システム学寄付講座の誕生</b>	<b>5</b>
1.2.1 「超スマート社会 (Society 5.0)」と i-Construction	5
1.2.2 「i-Construction システム学」寄付講座の誕生	5
<b>1.3 i-Construction システム学における研究課題</b>	<b>6</b>
1.3.1 インフラデータプラットフォームの開発	6
1.3.2 スペックマネジメントシステムの開発	7
<b>コラム②(研究紹介)</b> : 道路設計のエラー事例の分析と 3次元モデルを活用した 設計システムの開発	8
1.3.3 サイバー空間における仮想建設システムの開発	11
1.3.4 サプライチェーンマネジメントシステムの開発	11
<b>コラム③(研究紹介)</b> : ブロックチェーンとスマートコントラクトを活用した サプライチェーンマネジメントシステムの開発	12
1.3.5 i-Construction システム学の体系化と教育システムの開発	15
<b>1.4 ロボット技術 (RT) と i-Construction</b>	<b>15</b>
1.4.1 ロボット技術による建設機械の高度化技術	15
1.4.2 建設機械の自動化レベル	17
<b>1.5 i-Construction システム学とは</b>	<b>19</b>
1.5.1 i-Construction からインフラ産業のデジタルトランス フォーメーション (DX) へ	19
1.5.2 i-Construction システム学とは	20
<b>コラム④(研究紹介)</b> : 施工計画策定プロセスに着目した 仮設構造物プロダクトモデル生成手法の開発	20

## 2章 i-Construction システム学に必要な社会基盤学

25

<b>2.1</b>	<b>社会基盤学の概要</b>	25
2.1.1	二つの流れ	25
2.1.2	二つの流れの融合	26
<b>2.2</b>	<b>i-Construction システム学の情報学的基礎</b>	27
2.2.1	GIS	28
2.2.2	BIM	30
2.2.3	分散データシステム	31
2.2.4	その他の情報工学の基礎的知識	33
	<b>コラム⑤(研究紹介)</b> : 3次元モデルを活用した道路占用申請・許可支援システムの開発	34
	<b>コラム⑥(研究紹介)</b> : 河川協議を対象とした3次元モデルを活用した許認可審査自動化・支援システムのプロトタイプ開発	37
<b>2.3</b>	<b>データプロセッシングプラットフォーム (DPP)</b>	39
2.3.1	i-Construction システムの特徴と配慮すべき点	39
2.3.2	i-Construction システムの要求定義例と要素技術	41
2.3.3	データプロセッシングプラットフォーム (DPP) の思想と実装	43
2.3.4	DPP による情報の汎用化と統合	44
<b>2.4</b>	<b>インフラデータシステム</b>	47
2.4.1	構造系と計画系を融合する都市の地震シミュレーション	47
2.4.2	都市の地震シミュレーションの実例	48
2.4.3	都市のデジタルツインの自動構築	49
	<b>コラム⑦(研究紹介)</b> : 集客施設の維持管理段階における統合プラットフォームの開発と活用に向けて～むつざわスマートウェルネスタウンを対象として	52

## 3章 i-Construction システム学におけるデータプラットフォーム

55

<b>3.1</b>	<b>データプラットフォームによりもたらされる生産性向上</b>	55
3.1.1	既存のデータプラットフォームの構造	55

3.1.2	土木工学分野において求められるデータプラットフォームの構造	59
	<b>コラム⑧(研究紹介)</b> : 3次元モデルを活用した河道特性把握	60
	<b>コラム⑨(研究紹介)</b> : 土木躯体工事における CPS を活用した 施工管理支援システムの開発	62
3.2	データ統合による意思決定補助と可視化を通じた実務効率向上	64
3.3	AI 技術の活用	67
3.3.1	AI 技術の分類と教師あり学習の概要	68
3.3.2	ディープラーニング	70

<b>4章 i-Construction における情報通信と遠隔計測</b>	81
--	----

4.1	i-Construction で活用される情報通信・遠隔計測技術の概要	81
4.2	無線通信技術の活用	86
4.3	衛星を利用した情報通信・遠隔計測技術の活用	89
4.4	情報通信と遠隔計測技術の発展と課題	93

<b>5章 建設機械自動化のためのロボット技術</b>	95
-----------------------------	----

5.1	自動化に必要な技術の概要	95
5.2	メカニズム	96
5.2.1	アクチュエータ	96
5.2.2	動力伝達機構	98
5.2.3	移動機構	100
5.2.4	作業機構	103
5.2.5	その他の機械要素	103
5.3	位置推定	104
5.3.1	オドメトリ	104
5.3.2	スキャンマッチングを用いた自己位置推定	104
5.3.3	GNSS を用いた位置推定	105

<b>5.4</b>	<b>走行制御</b>	107
5.4.1	移動体の誘導制御の基本	107
5.4.2	ピュアパシュート法	109
5.4.3	テラメカニクスを用いたフィードフォワード制御	110
<b>5.5</b>	<b>プランニング／動作計画</b>	112
5.5.1	モデルベースナビゲーション (Model Based Navigation)	112
5.5.2	センサベースナビゲーション (Sensor Based Navigation)	114
5.5.3	移動障害物の存在する環境でのナビゲーション	115
<b>5.6</b>	<b>油圧シヨベルの順運動学／逆運動学</b>	115
5.6.1	順運動学	116
5.6.2	逆運動学	116
<b>5.7</b>	<b>インタフェース</b>	118
5.7.1	ヒューマンインタフェースとは？	118
5.7.2	ヒューマンインタフェース研究の事例紹介	119
5.7.3	建設業と関連したヒューマンインタフェース研究の応用事例	120
<b>5.8</b>	<b>システムインテグレーション</b>	121
5.8.1	システムインテグレーションとロボットの開発	121
5.8.2	オープンプラットフォーム	121
<b>5.9</b>	<b>建設機械の無人化, ICT 化, 自動化の事例</b>	123
5.9.1	無人化施工	123
5.9.2	マシンガイダンス (MG), マシンコントロール (MC)	124
5.9.3	レトロフィットによる建設機械の無人化	124
5.9.4	建設機械の自動化	125

## 6章 建設機械のためのセンシング技術

129

<b>6.1</b>	<b>建設機械とセンシング</b>	129
<b>6.2</b>	<b>距離センサ</b>	131
6.2.1	光学式距離センサ	131
6.2.2	超音波式距離センサ	132

6.2.3	RGB-D センサ	132
<b>6.3</b>	<b>IMU</b>	<b>132</b>
6.3.1	加速度センサ	133
6.3.2	角速度センサ	133
<b>6.4</b>	<b>カメラ</b>	<b>134</b>
6.4.1	カメラの基本的なメカニズム	134
6.4.2	物体検出	135
6.4.3	ステレオビジョン	135
6.4.4	写真測量	138
<b>6.5</b>	<b>AI 技術</b>	<b>139</b>
<b>6.6</b>	<b>応用事例</b>	<b>140</b>
6.6.1	画像情報を用いた AI 技術による構造物点検	141
6.6.2	ドローンを用いた橋梁点検	141
6.6.3	画像以外の情報を用いた AI 技術による構造物点検	143
6.6.4	打音検査を用いたトンネル点検	143

## 7章 建設現場の安全

149

<b>7.1</b>	<b>建設業における労働災害の現状</b>	<b>149</b>
<b>7.2</b>	<b>リスクアセスメント</b>	<b>151</b>
7.2.1	リスクと安全 — ALARP の原則	152
7.2.2	リスクアセスメントとリスクの低減	153
<b>7.3</b>	<b>Safety 2.0</b>	<b>155</b>
7.3.1	Safety 0.0	155
7.3.2	Safety 1.0	155
7.3.3	Safety 2.0	156
	<b>コラム⑩(研究紹介) : 4D モデルを活用した建設工事の安全管理手法</b> に関する取り組み	157

<b>8.1</b>	<b>社会基盤事業のサイクルと社会基盤システム</b>	161
8.1.1	社会基盤事業のサイクル	161
8.1.2	社会基盤システム	162
<b>8.2</b>	<b>i-Construction の実現に必要な新たな社会基盤システム</b>	163
8.2.1	新技術を活用するためのシステム	163
8.2.2	関係者間で情報共有・活用するためのシステム	166
8.2.3	基盤システムを活用したオープンイノベーション	168
	<b>コラム⑩(研究紹介)</b> ：施工段階における建設情報の整備に関する研究	169
<b>8.3</b>	<b>新たな社会基盤システムの実現に必要な変革</b>	171
8.3.1	インフラ関連産業のデジタルトランスフォーメーション (DX)	171
8.3.2	政策の実現に必要な変革	172
索引		175
著者一覧		178



# 1

## i-Construction システム学とは

### 1.1 「i-Construction」の誕生

#### 1.1.1 建設現場における ICT の利活用から i-Construction へ (図 1-1)

2007(平成 19)年 5 月に国土交通省において取りまとめられた「国土交通分野イノベーション推進大綱<sup>[1]</sup>」では、ICT(情報通信技術)を利活用した国土交通分野のイノベーションについて、そのブレークスルーとなる共通基盤の構築、重点プロジェクトとともに、将来像と今後の戦略が示されている。ここでは共通基盤として、地理空間情報基盤、場所やヒト、クルマ、モノと情報を結びつける基盤、ネットワーク基盤とこれらを利活用するためのソフト基盤が取り上げられている。これに基づき、建設施工の生産性向上、品質確保、安全性向上、熟練労働者不足への対応などの諸課題を解決するため、ICT 施工技術の普及に向けて、2008 年 2 月に「情報化施工推進会議」が設置され、5 年間の戦略期間の後に、新たな「情報化施工推進戦略<sup>[2]</sup>」

ICT 利活用から i-Construction へ (国土交通省)	
2007 年 5 月	「国土交通分野イノベーション推進大綱」 ICT(情報通信技術)を利活用したイノベーション推進
2008 年 2 月	「情報化施工推進会議」設置 建設施工の生産性向上、品質確保、安全性向上、熟練労働者不足への対応、 情報化施工推進戦略
2012 年 4 月	「CIM (Construction Information Modelling/Management)」の提言
2015 年 12 月	「i-Construction 委員会」設置
2016 年 2 月	「ICT 導入協議会」設置(技術基準・要領など)
2016 年 4 月	提言「i-Construction ～建設現場の生産性革命～」
2017 年 1 月	「i-Construction 推進コンソーシアム」設立
2017 年 3 月	「CIM 導入ガイドライン」(CIM 導入推進委員会)

図 1-1 ICT 利活用から i-Construction へ

が2013年3月に示され、五つの重点目標と10の取り組みを設定している。

一方で、国土交通省は、2012年に建設業務の効率化を目指した「CIM（当初は、Construction Information Modellingのちに、Construction Information Modelling/Management）」を提言し、3次元モデルの利活用による建設生産システムの効率化・高度化への取り組みを開始した。2017年3月には、CIM導入推進委員会は、「CIM導入ガイドライン」など五つの要領および基準類を策定している。また、2016年に設置されたICT導入協議会では、ICTの全面的な活用に向けて、必要な要領などの技術基準類を策定している。

そして、2015年12月に設置された「i-Construction委員会」は、ICT土工、コンクリート工の規格の標準化、施工時期の平準化などをトップランナー施策として建設現場の生産性革命をうたう提言<sup>[3]</sup>を2016年4月に取りまとめ、国土交通省は、2017年をi-Constructionの「前進の年」、2018年を「深化の年」、2019年を「貫徹の年」として、2025年までに生産性2割向上を目指して、さまざまな取り組みを並行して進めている。

### 1.1.2 地方建設会社における取り組みとi-Constructionのもたらすもの

2017(平成29)年度に創設された国土交通省の「i-Construction大賞」の中では、地方建設会社の建設現場の生産性向上に係る取り組みが数多く表彰されている。2018年度と同賞を受賞し、創業まもなく100周年を迎え、土木工事を専門に年間の完成工事高が数億円規模の地方建設会社の方からお話を伺う機会<sup>[4]</sup>を得た。

そこでは、若手社員が新しく購入した自動追尾計測器を使って杭打ち作業を行い、また、トータルステーション(TS)を用いた出来形管理システムの導入により、土工に加えて周辺コンクリート構造物の3次元施工データおよび3次元床掘データを作成し、マシンガイダンスによる無丁張の床掘や3次元測量による構造物の墨出し、位置出し、水準測量で生産性の向上が図られていた。最新のクレーンやバックホウなどの建設機械とICT設備の購入には、先端設備投資促進税制が活用されていた。

経験の浅い若手社員でも3次元データを利用すれば、現場をけん引する技術者に短期間に成長することが可能であり、3次元設計データの作成を自ら学習する内発的動機づけも得られる。また、現場での計算が不要となるため、計算間違いがなく手戻りが少なく施工速度が上昇する。さらに、若手社員が工事測量を支配することで熟練社員とのワークシェアリングが成立し残業は激減、週休2日制も導入することが可能となっている。生産性向上により現場のものを増やすだけでなく、働き方改革も実現することにつながっている。

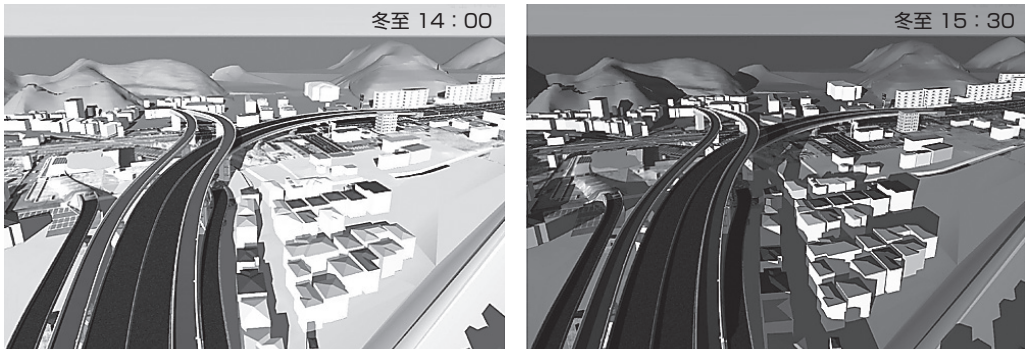
何より若手社員がドローンを飛ばして測量したり、最新機器でテキパキと仕事をしたりする姿は遅くもあり、「カッコイイ!」。実際、新卒の応募者も増加傾向にあるという。i-Constructionが新3K(給料・休暇・希望)+K(カッコイイ)をもたらし、担い手確保にもつながっている。i-Constructionというイノベーションがさまざまな相乗効果をもたらし、地方建設会社の経営を後押しすることにつながっている。

## コラム① i-Construction モデル事務所 甲府河川国道事務所の取り組み (研究紹介)

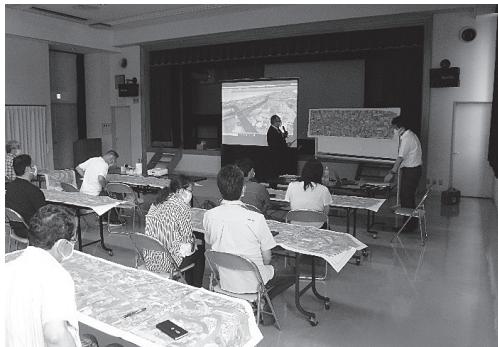
国土交通省では、i-Construction をより一層促進し、3次元データなどを活用した取り組みをリードするため、「i-Construction モデル事務所」を2019(平成31)年3月に決定した。関東地方整備局管内のモデル事務所である甲府河川国道事務所では、道路などの計画・調査・設計・施工・維持管理の各段階でさまざまな取り組みを始めている。

### 1. 3次元モデルを活用した地域住民らへの説明

道路などの計画から開通までの間、事業主体となる国道事務所などでは、各種調査や工事に着手する際などに住民らへの説明会を行っている。説明内容は、道路の位置、構造のほか、騒音や振動といった住環境への影響など多岐にわたるが、開通後の地域の状況をより具体的にイメージしてもらうため、例えば、開通前後での住環境の変化を3次元モデルを用いてシミュレーションし、その説明も3次元モデルを用いて行うなどの取り組みを行っている。説明会の参加者からは、「構造物のイメージが明確化できた」、「住民に理解してもらおうという熱意が伝わった」、「道路計画の理解が促進された」、「構造・形状など容易に理解しやすい」、「これまでの資料に比べてわかりやすかった」などの感想が寄せられており、一方的な説明にとどまらない双方向のコミュニケーションの実現に寄与している。



図①-1 3次元モデルを用いた日照のシミュレーション



図①-2 説明会の様子

## 2. 維持管理での3次元データなどの効果的な活用

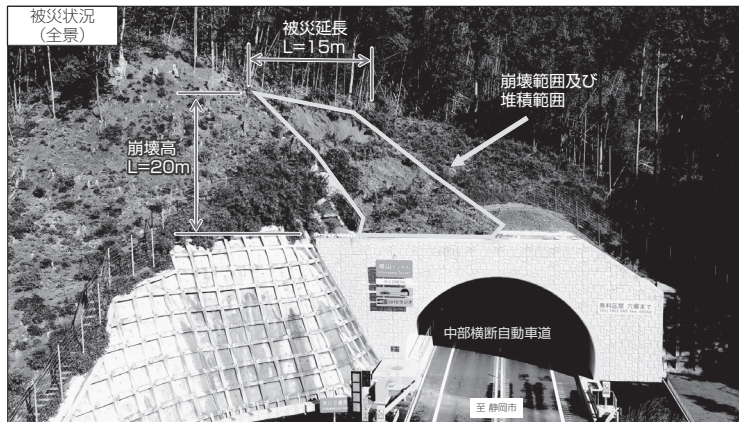
道路などの社会資本の老朽化の進展、頻発・激甚化する災害・豪雪への対応など、これまで以上に効率的に社会資本を維持管理することが求められている。甲府河川国道事務所では、道路などの効率的な維持管理に向け、3次元データなどを効果的に活用する取り組みを始めている。

### ① 施設変状の原因究明

甲府河川国道事務所が管理する中部横断自動車道の醍醐山トンネルにおいて、2019(令和元)年10月にトンネル横断目地部でコンクリート片が落下した。この原因究明にあたり、外力によるトンネルへの影響の有無を確認するため、地山およびトンネルの変状をMMS(モービル・マッピング・システム)などで確認することを試みた。

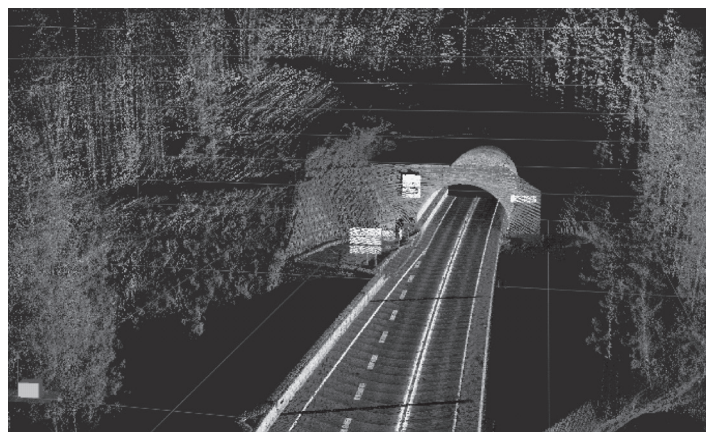
### ② 災害の復旧調査

2019年10月の台風19号において、中部横断自動車道城山トンネルの坑口上部の斜面で土砂流出が発生した。本復旧工事の設計を行うにあたって被災状況を把握するため、MMSで点群データを取得し、開通前と比較することを試みた。



図①-3 台風19号による城山トンネル坑口の被災状況

図①-4 城山トンネル坑口の点群データ(2020年2月撮影)





## 1.2 i-Construction システム学寄付講座の誕生

### 1.2.1 「超スマート社会 (Society 5.0)」と i-Construction

第5期科学技術基本計画<sup>[5]</sup>では、「必要なもの・サービスを、必要な人に、必要な時に、必要なだけ提供し、社会の様々なニーズにきめ細かくに対応でき、あらゆる人が質の高いサービスを受けられ、年齢、性別、地域、言語といった様々な違いを乗り越え、生き活きと快適に暮らすことのできる社会」すなわち、サイバー空間とフィジカル空間（現実社会）が高度に融合した「超スマート社会(Society 5.0)」の実現により、人々に豊かさをもたらすことが期待されている。

一方、社会インフラの建設は、受注生産、屋外生産、労働集約型の生産システムとしての特性を持ち、これまで建設産業は生産性向上の難しい産業とされてきた。そこで、国土交通省は、計画・調査から施工・検査、さらに維持管理・運用までのプロセスにおいて、IT、IoT、衛星測位技術、空間情報処理技術、ロボット化技術などを活用することで建設生産システムに変革を促す i-Construction を掲げ、生産性向上を目指している。

i-Construction は、現場の生産性向上を図ることができるだけでなく、超スマート社会において、社会のさまざまなニーズにきめ細やかに対応できるインフラサービスを提供する社会インフラを効率的に整備、維持管理、運営することが可能なシステムであり、21世紀における新しい産業を創出するものである。社会インフラの建設現場における生産性向上を図ることにより、現場の労働環境を改善し、現場の安全性の向上を図ることも可能となる。また、技術者がより創造的な業務に集中することが可能となり、多様な人材の活躍の場が広がり、社会生活や産業を支える新たなインフラサービスの創出を期待できる。

### 1.2.2 「i-Construction システム学」寄付講座の誕生

社会インフラの計画・調査段階から維持管理・運用段階までのプロセスにおいて、IT、IoT、衛星測位技術、空間情報処理技術、ロボット化技術などを活用することで現場の生産性向上を図る i-Construction を実現するためのシステム開発を行うだけでなく、そのシステムを実践するプロフェッショナルを育成するため、i-Construction システム学を構築することを目的として、2018(平成30)年10月、「i-Construction システム学」寄付講座は、東京大学大学院工学系研究科に設置され、同研究科の社会基盤学専攻と精密工学専攻との共同運営体制がとられることとなった。

本講座で得られる成果により、i-Construction が実現され、現場の生産性向上が図られるだけでなく、「超スマート社会」の実現に貢献することが期待される。また、地域社会のニーズに応えるインフラサービスが実現され、我が国の地域の競争力強化につながるだけでなく、今後、労働力不足が懸念される日本の建設産業の競争力を強化することにつながることを期待される。さらに、日本人だけでなく留学生も含め、本講座において育成されたプロフェッショ

## 執筆者一覧

### 小澤一雅 [はじめに・1章・8章]

専門は建設マネジメント。1988年自己充填コンクリートの開発に成功し、その製造・施工・一般的設計法を示した『ハイパフォーマンスコンクリート』を1993年に出版(岡村甫・前川宏一と共著)。コンクリート構造物の施工に関する研究から、公共調達や建設事業のマネジメント問題、さらに社会基盤システムに関する研究に取り組み、2015年に『社会基盤マネジメント』を出版(堀田昌英と共編著)。2017年より本寄付講座の立ち上げに尽力し、現在、特任教授。国土交通省 i-Construction 推進コンソーシアム企画委員会委員、土木学会建設マネジメント委員会 i-Construction 特別小委員会委員長。

### 堀 宗朗 [2章]

専門は応用力学。1993年 Micromechanics : Overall properties of heterogeneous materials (S. Nemat-Nasserと共著)、2006年 Introduction to computational earthquake engineering を出版。スーパーコンピュータの地震・津波防災利用の研究プロジェクトを主導し、高性能計算有限要素法と都市地震シミュレーションの実用化を進める。2017年より防災に関する戦略的イノベーション創造プログラムのプログラムディレクタ。2018年より海洋研究開発機構にて、数理科学・先端技術の研究開発を開始。2019年6月より寄付講座の特任教授。

### 全 邦釘 [3章]

2003年東京大学工学部を卒業後、2010年に Wayne State University で Ph.D. の学位を取得。その後、Yonsei University、愛媛大学を経て、2019年4月より本寄付講座特任准教授。2016~2018年度には、「SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」において、四国地区の研究代表者として四国地区に新技術を実装するための取組みを行った。本講座では、AI、IoT 技術を活用したインフラ建設、維持管理の生産性向上に向けて取り組んでいる。土木学会構造工学委員会「構造工学での AI 活用に関する研究小委員会」委員長。

### 亀田敏弘 [2.3・4章]

2019年4月から本寄付講座特任研究員(筑波大学システム情報系准教授と兼務)。要素技術の特性を活かしたシステム開発に注力。現在、インフラデータプラットフォームを用いて社会基盤データを多方面に活用する統合評価システムのプロトタイプを開発中。これまで、センサ群を用いた構造物の健全性評価システム、微小噴圧発生検知デバイスによる眼圧計測システム、LPWAN・人工衛星による電源喪失時に稼働可能なデータ収集システムなどの研究開発に従事。土木学会構造工学委員会「鉄道工学連絡小委員会」委員長。

### 永谷圭司 [1.4・5章]

1990年に、筑波大学 知能ロボット研究室に所属して以後、一貫してロボット研究に従事している。特に、2011年の東日本大震災以降、災害対応ロボットや無人建設機械を中心としたフィールドロボットに関する研究開発に従事。モットーは「役に立つロボット」。2012年には、不整地移動探査ロボットに関する研究で競基弘賞学術業績賞、2018年には、火山調査ロボットの研究開発で第8回ロボット大賞国土交通大

臣賞を受賞。2019年より、本寄付講座の特任教授。ムーンショット型研究開発事業 目標3における「多様な環境に適応しインフラ構築を革新する協働 AI ロボット」のプロジェクトマネージャー。

### 谷島 諒丞 [5.2・5.8・5.9]

2019年9月、東北大学大学院工学研究科博士課程後期を修了。同年10月より、本寄付講座の特任研究員。2020年11月より、本寄付講座の特任助教。専門はフィールドロボティクス。大学院では、火山探査ロボットに関する研究開発に従事。火山環境におけるクローラ型移動ロボットの障害物乗越えに関する研究や UAV 吊下げ型火山噴出物採取装置の開発を行った。本寄付講座では、建設機械のロボット化に関する研究に取り組んでいる。

### 山下 淳 [6章]

2018年10月より本寄付講座の特任准教授(兼務)。2011年10月より東京大学大学院工学系研究科精密工学専攻准教授。空間情報処理技術、センサ情報処理技術、ロボット化技術に興味を持ち、画像を用いた3次元計測、ロボットの動作計画、ロボットによる環境センシングなどの研究に従事。極限環境センシング、極限環境作業ロボットの遠隔操作、画像処理・音響信号処理を用いたコンクリート建造物の自動点検の研究に取り組んできた経験を活かし、本寄付講座では特に建設機械の遠隔操作、ロボットを用いたインフラ点検の研究などに精力的に取り組む。

### 筑紫 彰太 [6.2・6.3]

2018年3月九州工業大学大学院生命体工学研究科博士課程修了。博士(工学)。東京大学大学院工学系研究科精密工学専攻特任助教を経て2020年8月より同専攻助教。社会連携講座「インテリジェント施工システム」において建設機械の遠隔操作、走破性判定、無人化施工に関する研究に取り組んでいる。

### 小松 廉 [6.4]

2020年7月東京大学大学院工学系研究科精密工学専攻、博士(工学)取得。同年8月より東京大学大学院工学系研究科特任助教として「JAEA/CLADSによる英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業」において燃料デブリ取り出し時における炉内状況把握のための遠隔操作に関する研究に従事。主に、コンピュータビジョンおよびロボット遠隔操作に関する研究を行っている。

### ルイ 笠原 純 ユネス [6.5・6.6]

2016年6月エコール・セントラル・ド・リヨン、Diplôme d'Ingénieur 取得。2019年9月東京大学大学院工学系研究科精密工学専攻 博士課程修了。博士(工学)。同専攻特別研究員を経て2020年10月より同専攻特任助教。内閣府「戦略的イノベーション創造プログラム」ならびに、社会連携講座「インテリジェント施工システム」などのプロジェクトに関わる。機械学習、センサ信号処理、自動化アルゴリズムに興味を持ち、打音検査の自動化、無人化施工に関する研究に取り組んでいる。

### Sarthak Pathak [6.7・6.8]

2014年9月に Department of Engineering Design, Indian Institute of Technology Madras で学士・修士を取得し、2017年9月東京大学大学院工学系研究科精密工学専攻で博士(工学)を取得。学位取得後、東京大学大学院工学系研究科精密工学専攻でポスドク、特任助教として勤め、2021年4月から中央大学

理工学部精密機械工学科の助教に就任。ロボットによるインフラ点検や自律化を目的とし、広視野カメラの画像処理や知的センサ情報処理による位置姿勢推定および環境の3次元測定の研究に取り組んでいる。

## 濱崎峻資 [5.7・7章]

2018年3月東京大学大学院工学系研究科精密工学専攻博士課程修了，博士（工学）。同年4月より東京大学大学院工学系研究科特任研究員として科研費新学術領域「脳内身体表現の変容機構の理解と制御」に関する研究に従事。2019年4月より東京大学工学系研究科 総合研究機構 i-Construction システム学寄付講座に特任助教として着任。主に，建設現場の安全に関する研究を行っている。

## ●コラム執筆者

---

### 松實崇博 [コラム①]

外環道，圏央道といった道路分野の計画・調査，事業の進捗管理・予算管理等に関し，発注者の立場から従事。2019年4月に本寄付講座に着任。道路の維持管理の効率化・生産性の向上を目指し，その業務の在り方や，そのためのシステム開発およびデータマネジメントの確立を研究テーマとしている。

### 梶原拓也 [コラム②]

2020年4月，寄付講座に着任。これまでは建設コンサルタント会社にて，道路概略設計～道路詳細設計，交差点設計などの道路設計（主に土工）に従事。寄付講座では，道路の設計エラーに着目し，3次元モデル等を活用した設計システムによりエラーが解消可能か整理を行い，道路設計エラー解消のためのシステムを開発することを目的に研究を進めている。

### 松下文哉 [コラム③・④]

2018年10月，寄付講座に着任。これまでは建設会社にて，国内・海外（マレーシア・ホーチミン・東京）にて施工計画・施工管理業務や，本社技術部において仮設構造物の設計業務に従事。寄付講座では異なるプレイヤー間（発注者，元請，専門工事業者，資機材サプライヤー）の情報共有や手続きの合理化に着目し，ブロックチェーンを用いたサプライチェーンマネジメントシステムの開発を進めている。

### 大江展之 [コラム⑤]

2020年4月，寄付講座に着任。これまでは建設コンサルタント会社にて，舗装の点検，分析，維持管理計画策定に従事。寄付講座では，道路の占有に関わる占有事業者による申請および道路管理者による許可判断について，3次元の舗装データや構造物データの活用によって，効率的な業務の遂行に寄与する道路占有申請・許可支援システムを開発することを目的として研究を行う。

### 小出和政 [コラム⑥]

2020年4月，寄付講座に着任。これまでは建設コンサルタント会社にて，地理空間情報に係る業務に従事。寄付講座では，道路の占有に関わる占有事業者による申請および道路管理者による許可判断について，3次元の舗装データや地下構造物データの活用によって，効率的な業務の遂行に寄与する道路占有申請・



許可支援システムを開発することを目的として研究を行う。

### 玉井誠司 [コラム⑥]

2019年12月、寄付講座に着任。これまでは建設会社にて、コンクリート構造物の施工計画・施工管理業務や耐震設計業務に従事。寄付講座では、河川利用に伴う河川管理者と河川利用者(申請者)との河川協議について、3次元の地形データや構造物データと属性情報の活用によって、河川管理者および申請者双方の効率的な協議の遂行に寄与する許認可審査支援システムの開発を目的とした研究を進めている。

### 澁谷宏樹 [コラム⑦]

2019年8月、寄付講座に着任。これまでは建設コンサルタント会社にて、公園や広場の計画・設計や景観検討、大規模スポーツ施設の開発業務に従事。寄付講座では、地方創生の拠点として期待される「道の駅」の安定的な経営の実現を目的として、千葉県長生郡睦沢町の中央部に位置する「むつざわスマートウェルネスタウン」を対象に、ファシリティマネジメントのための統合プラットフォームの開発と公開を目指し、研究開発に取り組んでいる。

### 藤原圭哉 [コラム⑧]

2019年9月、寄付講座に着任。これまでは建設コンサルタント会社にて、3次元点群データを活用した河川管理の検討業務、景観検討結果を踏まえた河川の護岸設計・調整池の修正設計・豪雨災害の復旧支援業務等に従事。寄付講座では、維持管理の効率化を目指すべく、データ処理プラットフォームに盛り込む各種河川管理データや堤防・護岸シミュレーションデータの整備、データを利活用した統合評価システムを開発することを大目的に研究を進めている。

### 湯浅知英 [コラム⑨]

2019年12月、寄付講座に着任(兼務)。建設会社でニューマチックケーソンをはじめとした大型躯体工事の現場施工管理およびその設計に従事。海外留学後の2018年10月からは、社内の生産性向上に関わる先駆的プロジェクトにも複数参画。寄付講座では特に土木躯体工事における現場生産性の大幅な向上のため、CPS(Cyber Physical System)の考えに基づき、ゲームエンジン等を活用した設計ならびに現場データ連携させた新たな施工管理システムの研究開発を行う。

### 佐藤正憲 [コラム⑩]

2018年10月、寄付講座に着任。3Dモデルに時間軸(工程表)を追加した「4Dモデル」を安全管理に活用する手法について共同研究を提案。仮想空間上で施工シミュレーションを行いながら当該作業に関係する法令および過去の事故事例を表示することで、安全な施工手順が検討できるシステムの研究開発に取り組んでいる。

### 宮岡香苗 [コラム⑪]

2020年6月、寄付講座に着任。これまでは建設会社にて、国内の高速道路工事やシールド工事における施工管理業務や、仮設構造物の設計業務、建設現場の技術開発業務に従事。寄付講座では、異なる組織やシステム間での情報の連携・連動を達成するための建設情報分類体系に関する研究を進めている。

## i-Construction システム学

定価はカバーに表示してあります。

2021年6月25日 1版1刷発行

ISBN 978-4-7655-1878-9 C3051

編著者 小 澤 一 雅

著者 東京大学 i-Construction  
システム学 寄付講座

発行者 長 滋 彦

発行所 技報堂出版株式会社

日本書籍出版協会会員  
自然科学書協会会員  
土木・建築書協会会員

〒101-0051 東京都千代田区神田神保町1-2-5  
電 話 管 業 (03) (5217) 0885  
編 集 (03) (5217) 0881  
F A X (03) (5217) 0886

Printed in Japan

振替口座 00140-4-10  
<http://gihodobooks.jp/>

©Program on Construction System Management for Innovation, 2021

装幀 ジンキッズ 印刷・製本 愛甲社

落丁・乱丁はお取り替えいたします。

**JCOPY** <出版者著作権管理機構 委託出版物>

本書の無断複写は著作権法上での例外を除き禁じられています。複写される場合は、そのつど事前に、出版者著作権管理機構(電話：03-3513-6969, FAX：03-3513-6979, E-mail：info@jcopy.or.jp)の許諾を得てください。