

インフラ分野の建設施工段階における協調領域への取り組み

Efforts in the open and cooperation development at the construction stage

松下 文哉

MATSUSHITA Fumiya

AI、IoTなどのEmerging Technologyの発展は、インフラ分野の建設施工段階においても積極的に導入が進められている。こういったデジタル技術によりDX（Digital Transformation）が進む時代に適した建設施工段階の基盤システムの開発が求められる。この基盤システムの開発を推進するためには協調領域における研究開発が必要不可欠である。本稿では、協調領域について概説するとともに、ブロックチェーンを活用した受発注者間の生産プロセスの合理化に向けた取り組みについて述べる。

The development of Emerging Technologies such as AI and IoT is being actively introduced even at the construction stage. It is required to develop a platform of construction stage suitable for the times when DX is advancing by such digital technology. This paper outlines the areas of the open and cooperation and describes efforts to rationalize the production process between client and contractor using blockchain.

キーワード：協調領域、建設施工、i-Construction、基盤システム、ブロックチェーン

1 はじめに

近年、国土交通省は、i-Constructionの政策を掲げ、「現場作業の高度化・効率化による工事日数の削減」「ICTの導入による省人化」により2025年までに建設業の生産性2割向上を目標として示している¹⁾。この目標を達成するために、AI、IoT、VR/AR/MR、クラウド、量子コンピューティングなどのEmerging Technologyを活用したツールやシステムの開発・試行が積極的に進められている。こういった取り組みが急速に進展するDXの時代では、建設施工現場の情報も比較的容易に収集・解析・可視化が可能になりつつあり、情報を生産プロセスにおいていかに効率よく活用するかについて、様々な議論がなされている。

この議論の論点の一つとして、次世代のインフラ分野の生産プロセスを支える基盤システムの構築が挙げられる。この基盤を効率よく開発・運用するためには協調領域と呼ばれる領域の研究開発が必要になる。本稿では、特に建設施工段階に着目し、協調領域に関連する筆者の考えや取り組みを含めて紹介する。

紹介するにあたり、まず、協調領域とは何かについて他産業の事例を踏まえ明らかにすることを試み

る。この上で、具体的に建設施工段階の協調領域の必要性を検討する(2章)。次に、東京大学大学院工学系研究科i-Constructionシステム学寄付講座²⁾にて研究開発を進めるブロックチェーンとスマートコントラクトを活用した基盤システムについて協調領域の一例として紹介する(3章)。最後にまとめと今後の取り組み内容について述べる(4章)。

2 協調領域について

2.1 協調領域とは

本稿で取上げる協調領域は、建設産業だけでなく他産業においても、その取り組みが推進されている。例えば、自動車産業においては協調領域を10分野に特定し検討を進めている³⁾。自動車産業では、各企業が単独で開発するにはリソース的、技術的に難しい内容を協調領域で補い、自動運転サービスの国際競争力強化を図っている。また米国を中心としたIT企業では、経営戦略の一つとしてオープン・クローズド戦略をとっている^{4) 5)}。この戦略では、自社の競争優位性を維持し続けるために、技術・製品の中で何をオープンに、何をクローズドにするかを検討している⁶⁾。こういった事例から企業戦略においても協調領域に近い内容が検討されていることが分かる。

このように様々な観点からの取り組みがある中で、「協調領域」を定義することは難しいが、筆者は協調領域について「関係者で協調し、共有・活用するデータやシステム及び仕組み」を指すと理解している。また、対義語は競争領域であり、こちらについては「各プレイヤーが開発する個別の要素技術（アプリケーション）」と捉えている。

2.2 協調領域の対象範囲の具体例とその効果

ここでは、協調領域の対象として捉え得る「データ、システム、仕組み」について、図1に示す他分野の具体例を中心に、対象範囲と協調領域として扱うことによる効果を整理する。

協調領域の対象範囲の例	具体例
データ	機械学習の教師データ
システム	WAGRI
仕組み	Linux

図1 協調領域の対象範囲の例とその具体例

まずデータの観点では、機械学習の分野において学習用のデータセットがオープンデータとして公開されている⁷⁾。これにより、Deep Learningを行う際の教師データの収集・作成の手間が減るため比較的容易にDeep Learningを活用したサービスや研究を行うことが可能になっている。

次にシステムの観点では、例えば農業分野において、ICTサービスを提供する民間企業の協調領域としてWAGRIが構築されている⁸⁾。WAGRIは農業データの連携基盤として整備されており、この基盤を通じてデータを取得し新たな農業関連サービスが開発されることが期待されている。

次に仕組みの観点で、PC (Personal Computer) 向けのOS (Operating System) のOSS (Open Source Software) として有名なLinuxについて概説する。Linuxでは、ソースコードがオープンであるだけでなく、不特定多数の個人が開発に関与可能な「バザール型開発」をとっており、その開発プロセス自体がオープンであることが特徴である⁹⁾。この開発プロセスを維持するために、ソースコードを管理するためのツール「Git」¹⁰⁾が誕生した。Gitにより不特定多数の個人が開発に参加することが可能となり、関与する開発者のコミュニティが形成されている。さらに、別のプ

ロジェクトにおいてOSSのソフトウェアライセンスとしてGNU GPL (GNU General Public License)¹¹⁾が検討され、誰でもOSSを自由に利用・改変・再配布できる環境も整備されている。この事例から、協調領域においてはシステム及び組み込まれたソースコードをオープンにするだけでなく、協調するための仕組み(例: ツール, コミュニティ, ライセンス)が必要となることが分かる。

2.3 建設施工段階での協調領域の必要性

ここでは、協調領域の必要性についてサプライチェーンの観点から議論する。協調領域の必要性は多方面から議論することが可能であり、ここで議論は一例として捉えられたい。

建設施工段階のサプライチェーンは、図2に示す通り、発注者から工事を請負った元請を基点に下請負契約を結ぶ専門工事会社や、売買契約を結ぶ材料供給会社など様々な企業によって重層下請構造が形成されることが多い。

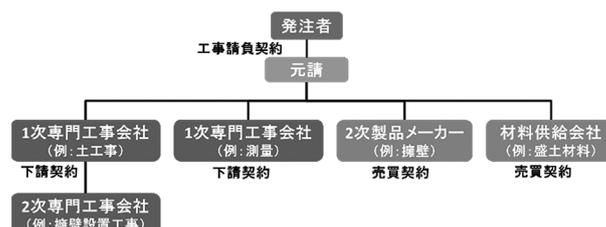


図2 サプライチェーンの一例

このサプライチェーンにおける生産プロセスの一つとして施工成果物に対する検査・支払があげられる。工事検査には、「公共工事の品質確保の促進に関する法律（品確法）」第6条第1項に基づく工事中及び完成時の施工状況の確認及び評価を目的とする技術検査と、「会計法」第29条の11第2項に規定された工事の請負契約についての給付の完了を確認するための検査がある。この技術検査及び給付の検査には出来形の検査、品質の検査が含まれ¹²⁾、こういった検査には監督職員の立会により、規格値に適合しているかを判断する臨場検査が含まれる。

臨場検査は公共工事において重要なプロセスである一方で、この実施には、受注者は検査のための書類作成、現場での検査準備の負担が、また発注者は現場へ赴き実物を確認する負担がかかっている。

この受発注者間に跨る生産プロセスの生産性向上は、発注者または受注者単独で解決することが難しく、まさに協調領域の取り組みが求められる。

3 建設施工段階の協調領域の基盤システム

3.1 基盤システムの研究開発事例

ここでは建設施工段階の基盤システムの例として、筆者らが研究開発を進めるブロックチェーンとスマートコントラクトを活用した基盤システムを紹介する。なお、研究開発の詳細については参考文献^{13) - 15)}を参照されたい。

ブロックチェーン技術とは、保存データの耐改ざん性を担保する特徴を有し、さらにスマートコントラクトを活用することによって契約条件や検査・査定結果といった契約の履行状況を適切にトレース可能となる。これらの技術を適用した基盤システムを開発することにより、品質・出来形検査の臨場検査の省略や出来高査定と組み合わせた既済部分検査の合理化や支払いの自動化の実現を目指すことが可能となる。そこで本研究開発の目的としては、「目的1：ブロックチェーンとスマートコントラクトを用いた公共工事の契約情報及び出来形・出来高情報管理システムの提案」と、「目的2：プロトタイプを開発し、システムの有効性を実証」を設定した。

目的1に対して、検査の合理化については、施工管理情報を直接、検査情報として活用可能とするためにブロックチェーンを活用した情報の信頼性担保の仕組みを考案した。次に支払の自動化については、契約条件や契約履行情報の管理機能を考案した。

目的2に対しては、基盤システム以外に施工管理情報、設計情報、契約情報の入力に必要なWebAPIや改ざん確認、出来形確認、出来高確認、支払金額の確認に必要なシステムを準備し、検査や支払の実行が可能となるプロトタイプを開発した。このシステム構成を図3に示す。

このプロトタイプを活用し、「検証項目1：施工管理情報の改ざん確認をしたうえで品質・出来形検査の実行が可能であること」と、「検証項目2：出来高査定の結果に基づいて契約条件や契約履行

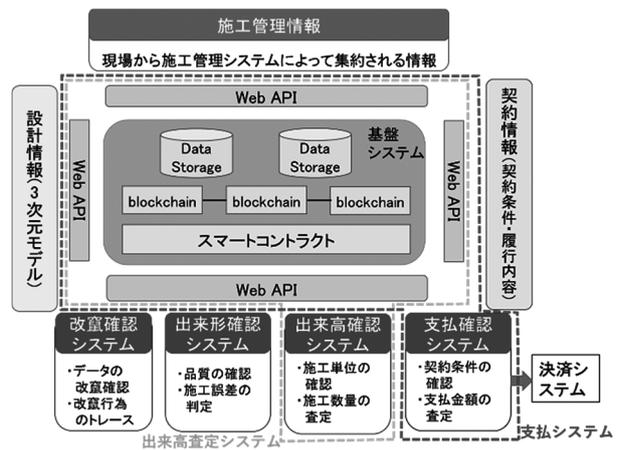


図3 プロトタイプのシステム構成

状況をトレースし、支払金額の自動算出が可能となり支払の実行が可能であること」を検証した。検証は2カ所の土工事現場において実施した。

本研究の意義としては、開発したシステムを用いることにより、公共土木工事のサプライチェーンにおける検査や支払いの手続きの合理化が図られ、約30億円程度（国土交通省関東地方整備局対象工事）の効率性向上効果を期待できるだけでなく、公共工事の品質の信頼性が向上することに繋がる。

3.2 出来形管理を対象とした情報共有システム

基盤システムが実装され、臨場検査が省略可能となったとしても、規格値に適合しているか確認する書面検査は実施する必要がある。この書面検査を合理的かつ効率的に実施するためのBIM/CIMを前提とした情報共有システムの研究開発もあわせて進めている。

現在、筆者らはICT土工の出来形管理を対象に、各種情報（設計情報、点群情報、出来形情報）のアップロード・閲覧機能、施工誤差の解析機能、検査依頼機能、検査受付機能、検査承認機能を具

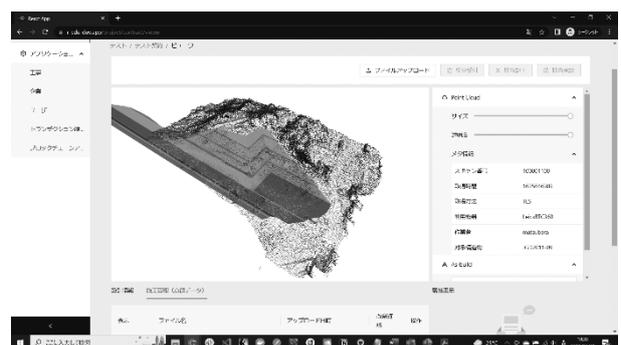


図4 プロトタイプของผู้界面

備したプロトタイプを開発している。なお、このシステムは 3.1 で紹介した基盤システムとシステム間連携しており現場から収集した情報の信憑性も担保されているほか、契約条件に対する契約の履行状況を管理することができる。

4 おわりに

4.1 まとめ

本稿では、協調領域とは何かについて明らかにすることに試みたうえで、建設施工段階における協調領域の事例を筆者の経験をもとに記述した。協調領域は関係者で協調し、進めることが重要であるため今後、建設会社だけでなく、メーカー、ソフトウェアベンダー、ベンチャーなどといった様々な主体が、本取り組みに参画されることを期待したい。

4.2 今後の取り組み

2022年3月30日に東京大学 i-Construction システム学寄付講座主催で協調領域検討会設立記念シンポジウムが開催された。本稿で紹介した協調領域の取り組みについても、今後、協調領域検討会や日本建設業連合会の協力のもと社会実装に向けた取り組みを推進する。さらに、ブロックチェーン技術の建設産業への導入を検討するために土木学会建設マネジメント委員会のもとにブロックチェーン技術活用検討小委員会を設置し、2022年7月から活動を開始している。

また、研究開発では、他工種への拡張やデバイスとアプリケーション間の連携を容易に可能とするデータ・システム連携基盤の開発を進める¹⁶⁾。さらに2章で述べた通り、協調領域はシステム以外にデータや仕組みなどの検討項目もあるため、こういった内容についても研究を継続的に行いたい。

<参考文献>

- 1) i-Construction 推進コンソーシアム (企画委員会) 資料 1 : H28 年度の実績と H29 年度以降の取り組み, p.1, 2017, <https://www.mlit.go.jp/common/001181285.pdf> (最終アクセス: 2021年6月24日)
- 2) 東京大学 i-Construction システム学 (小澤一雅編著): i-Construction システム学, p.5, 技報

堂出版, 2021年6月25日

- 3) 経済産業省: 自動走行の実現及び普及に向けた取組報告と方針, 自動走行ビジネス検討会, p.69, 2021年4月30日
- 4) 佐伯靖雄: オープン・イノベーションとクローズド・イノベーションの相克, 社会システム研究, 第31号, pp.29-49, 2015年9月
- 5) 小川紘一: オープン&クローズ戦略, 翔泳社, pp.35-61, 2019年8月5日
- 6) 岩本隆, 楠浦崇中, 橋本純一: 技術の変化点における技術・経営戦略, JIST, pp.935-938, 2013年11月2日
- 7) The MNIST DATABASE: <http://yann.lecun.com/exdb/mnist/> (最終アクセス: 2022年6月16日)
- 8) 農業・食品産業技術総合研究機構 農業情報研究センター: 農業データ連携基盤 WAGRI の運用について, 2019年9月26日
- 9) 吉岡弘隆: OSS の進化—コミュニティ開発がもたらすもの—, vol.56 no.3, 情報処理, 2015年3月
- 10) Git: <https://git-scm.com/> (最終アクセス: 2022年6月16日)
- 11) GNU GPL: <https://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.en.html>
- 12) 国土交通省全国総括工事検査官等会議: 公共事業の品質確保のための監督・検査・成績評定の引き, pp.95-103, 2010年7月
- 13) 松下文哉, 小澤一雅: 施工管理情報の非改竄性を担保するブロックチェーンを用いた出来形検査システム, 土木学会論文集 F4 (建設マネジメント), pp.1-11, 77 巻 1 号, 2020年11月26日
- 14) 松下文哉, 小澤一雅: ICT 土工を対象とするブロックチェーンとスマートコントラクトを用いた出来高査定及び支払プロセス自動化のためのシステム開発, 土木学会論文集 F4 (建設マネジメント), pp.133-147, 78 巻 1 号, 2022年7月20日
- 15) 松下文哉, 小澤一雅: ブロックチェーンを用いた出来形検査効率化のための情報共有システム, i-Construction 推進に関するシンポジウム, 2021年7月8日
- 16) 松下文哉, 小澤一雅: データ・システム連携基盤を考慮した切盛土工のための施工管理システムの開発, i-Construction 推進に関するシンポジウム, 2022年7月11日

松下 文哉 (まつした ふみや) 技術士 (建設部門)

清水建設 (株) 土木技術本部
(兼 東京大学院工学研究科 i-Construction システム学寄付講座)
博士 (工学), 1 級土木施工管理技士
e-mail: f_matsushita@shimz.co.jp

