

建設施工のDXによる 生産性効果検証アプローチの検討



野村敏弘



座吾実希

CONTENTS

- I DXによる生産性向上の必要性と課題
- II EARTHBRAINが提供するDXソリューション
- III 建設施工のDXによる労務の生産性効果検証アプローチ
- IV 生産性効果の実証結果
- V まとめ

要約

- 1 国内では労働力人口の減少による人材不足の慢性化が深刻な社会問題となっており、各業界でDXによる生産性向上の取り組みに期待が高まっている。しかし、DXに関する取り組みは個別最適に陥りがちで、業務全体への影響を俯瞰して捉えられていないことが多い。俯瞰的に評価できないことで継続的な投資判断ができず、効果的な取り組み継続が難しくなってしまう。
- 2 個別最適に陥らず組織全体として生産性を継続的に高めていくためには、DXを活用した施策ごとの特徴を適切に把握した上で効果を可視化することが重要である。各DX施策の前提条件やスコープを整理し、ナレッジを蓄積することで、そのDX施策の費用対効果の評価や他プロセスへの適用可否が判断できる。
- 3 土木建設業においても、さらなる労働力人口減少が見込まれることから建設施工プロセスの生産性向上が喫緊の課題とされている。野村総合研究所（NRI）は、建設施工領域のDXソリューションを提供するEARTHBRAINとともに、土木建設業のDXを活用した生産性向上効果の可視化アプローチを策定した。
- 4 生産性効果検証アプローチを活用し、モデル施工現場の労務の生産性向上効果を可視化した結果、DXによる効果は少なくとも工数ベースで施工全体の29.47%が見込まれることが分かった。同様のDX施策を他現場や他企業へ横展開することで、効果的なDX活用に関する議論が活発化することが期待される。

I DXによる生産性向上の 必要性と課題

日本国内では人材不足の慢性化が深刻な社会問題となっている。全国約2万7000社を対象とした帝国データバンクの調査^{注1}によると、正社員について人手不足と感じている企業は、2023年1月時点では51.7%に上る。コロナ禍の一時的な低下を除くと、09年の10%台から年々上昇傾向が続く。

人材不足の問題解消に向けて、DXによる省力化・省人化の生産性向上効果が期待されている。AIやRPAを活用し、一部の業務プロセスを自動化することで省人化を図る取り組みや、業務におけるタスク管理やコミュニケーションを支援するツールを導入し、日々の業務に効率的に取り組めるような環境を整備する動きが進んでいる。

ただし、DX活用において気をつけるべきポイントとして、短期的効果ではなく長期的な視点で組織全体として継続的に生産性向上に向けた活動を推進する必要がある。そのためには、DXを活用した施策ごとの特徴を適切に把握したうえで効果を可視化することが重要だ。各DX施策に取り組むに当たっての前提条件やスコープを整理し、可視化された取り組み評価をナレッジとして蓄積してはじめて、そのDX施策の費用対効果や他プロセスへの適用可否を判断できる。

DXをうまく活用できない短期的取り組みの例として、一部の組織においてRPAを導入したことで一定の生産性向上効果を上げたものの、企業全体では大部分が紙や表計算ソフトでの手作業が残り続けておりDX施策の横展開がされずに終わるケースも少なく

い。また、RPAを導入して終わりとなってしまう、メンテナンスによって適用範囲を広げるための活動が進まないことや、後任者への引き継ぎがされず、ブラックボックス化してしまうケースもある。

組織全体で効果的に生産性を高めるためには、DX施策自体の内容やその導入効果を可視化したうえで、さらなる生産性の改善や他プロセスへの適用範囲の拡大を図ることが重要となる。

本稿では、土木建設業を対象に生産性向上効果を可視化することで、生産性向上効果を最大化するためのアプローチを紹介する。

他業界と同様に、建設業においても人材不足の課題に直面している。国土交通省の調査^{注2}によると、建設業就業者数は1997年の685万人をピークとして減少傾向にあり、2021年には485万人とピーク時から約29%減少した。また、21年の建設業就業者は、55歳以上が約35.5%、29歳以下が約12%と、高齢化も進行している。一方で、建設投資額は11年に42兆円まで落ち込んだが、その後増加に転じ21年は約58.4兆円が見込まれる。このように、就業者数の減少に対して建設需要は増加しており、今後の持続可能な建設産業の構築が喫緊の課題とされている。

株式会社EARTHBRAIN（以下、「EB」）は、土木建設現場の生産性を向上させることにより、建設業の労働力人口減少という課題解決などを目指し、建設施工向けのDXソリューションを提供する。野村総合研究所（NRI）はEBとの協業を通して生産性向上効果の可視化アプローチを策定し、好事例をナレッジとして蓄積することで、建設業全体の生産性向上に向けた取り組みを開始した。

II EARTHBRAINが提供するDXソリューション

EBでは、建設施工会社に対して、業務プロセス全体において安全でスマート・クリーンな高生産性を実現するためのDXソリューション「Smart Construction」を提供している。

施工会社には、事前調査・積算から、測量や計測などの施工準備、実際に土木建設施工を行う施工・管理、プロジェクトを完了する完工・検査までの一連の業務プロセスが存在する。同社が提供する複数のサービスを組み合わせることで、施工プロセス全体をカバーすることができる。以下に、EBが提供するSmart Constructionサービスの一部を紹介する。

1 SC Dashboard

デジタルツインを利用し、施工現場を高精度に再現することで、現場分析や進捗管理を可能とするサービスである。日々の掘削・盛土などの土量を実績として計測し、地形状況と合わせて可視化することで、調査・測量段階や施工計画、施工・管理、検査の段階での利用が想定される。

ドローンによる3次元測量や、油圧ショベルのバケットの刃先から土量計測を行うサービスなどと連携し、より詳細な出来高・出来形管理や施工進捗の把握が可能となる。業務の進捗や最新の地形の情報取得・可視化を3Dのデジタルツインで自動化することで、測量や関係者間の情報共有の効率化につながる。

2 SC Fleet

建機やダンプトラックの位置情報・稼働状況をリアルタイムでモニタリングするサービスである。地図上で、車両の位置や注意が必要なエリアなどを可視化・通知し、積み込み・荷降ろしの回数やサイクルは履歴として可視化される。主に、施工・管理段階での利用が想定される。

建機から取得される土量データと連携し、積載土量を把握することや、走行履歴を「SC Simulation」(後述)に連携することで予実管理を行うことも可能である。現場車両の稼働・位置情報がリアルタイムに可視化されることで、搬出入の効率化検討への活用や、現場作業員との円滑なコミュニケーションにつながる。

3 SC Simulation

施工計画を3Dモデルで表現して施工プロセスを可視化し、制約条件を考慮したうえでAIを利用して最適な計画を算出するサービスである。現場の条件によっては、1兆通りのパターンから最適解が導出される。主に施工計画や施工・管理段階での利用が想定される。

前述の「SC Fleet」と連携することで自動での予実管理ができ、常に変化する現場の状況に合わせて、高速に施工計画のPDCAサイクルを回すことが可能となる。施工計画にかかる時間の大幅削減や、シミュレーションによる最適な施工計画の実現が、生産性向上につながる。

4 SC Field

スマートフォンによる現場作業員のタスク

の割り当てや進捗状況の報告を可能にするサービスである。さらには、建機の稼働データや作業進捗、領収書の情報を集約し、機械／労務／材料に関する施工現場の情報を定量的に把握できる機能を持つ。主に施工・管理段階での利用が想定される。

これまで手作業で行われていた施工現場の情報収集・整理・管理の効率化や、可視化されたデータを踏まえた日々の施工作業の改善につながる。

EBでは、これらをはじめとするSmart Constructionサービスの利用促進および、効果的な活用方法の研究を進めている。その中で、当該サービスの施工現場への適用により、一定の生産性向上効果が見込まれることが明らかとなってきた。

次章では、効果推計のための具体的な評価手法について説明する。

Ⅲ 建設施工のDXによる 労務の生産性効果検証アプローチ

土木施工は基本的に一品受注生産という特性を持ち、特定の現場における効果検証結果を直接、ほかの施工現場に適用することは困難である。ただし、特定の作業の生産性だけに目を向けると、施工プロセス全体の最適化や費用対効果の把握が難しい。

施工現場に適用するツールについても現場監督の判断に一任されており、施工の生産性は現場監督の技量に依存する部分が多い。施工会社として全体の生産性を継続的に高めるためには、生産性を高める施策を組織的なナレッジとして蓄積していく必要があり、施工

プロセス全体を捉えた生産性効果を把握することが重要である。

NRIでは、このような課題への対応策として、「①現場ごとの特徴や施工の前提条件を整備」したうえで効果を測定し、「②施工プロセス全体を分母として生産性効果を算出」することにより、他現場や他社における活用可否などの検討材料として活用可能な効果検証が実現できるアプローチを策定した。①および②を整理する必要性として、①の現場ごとの前提条件を定めることで他現場との比較や施策適用可否の判断が可能となり、②で施工プロセス全体を捉えることで、生産性効果の規模を把握・比較できるというメリットがある。

1 効果推計や現場にかかわる前提

前提条件は、現場特性によらずにすべての施工現場に適用できる前提事項と、特定の現場ごとに異なる前提事項に分けて考える必要がある。本アプローチにおいては、調査全体にかかわる前提と、モデル現場特有の前提に分離して整理した。

(1) 調査全体にかかわる前提

調査全体にかかわる前提は、①DX前後の定義、②DX前後の比較方法、③作業の削減効果・手戻りの数値化、④1日当たりの労働時間、の4項目を定義した。

①DX前後の定義

DXによる生産性効果を検証するには、DX前後の状態を定義する必要がある。国土交通省が推進するICT施工促進に関する取り組み「i-Construction」^{※3}が導入された2016

年を基準時点とし、15年以前をDX前、16年以降をDX後として定義する。

③DX前後の比較方法

DX前後の生産性を推定する方法として、デジタル施工ロールバック方式と従来型施工ロールバック方式を定義する（図1）。一品受注生産という特徴を持つ土木施工では、DX施策を行わなかった現場と行った現場を同一条件下で比較することができない。そのため、実在する推計対象のモデル現場における施工がDX前に実施されたかDX後に実施されたかに応じて、採用する方式を選択する。

推計対象のモデル現場がDX前の場合は、同じ施工条件でデジタル技術を導入していたと仮定したDX後の労務の生産性を推定したうえで、実測値と推定値を比較することで効果を算出。推計対象現場がDX後の場合は、同じ施工条件でデジタル技術を導入していなかったと仮定してDX前の労務の生産性を推

定し、実測値と推定値を比較して生産性効果を検証する。

④作業の削減効果・手戻りの数値化

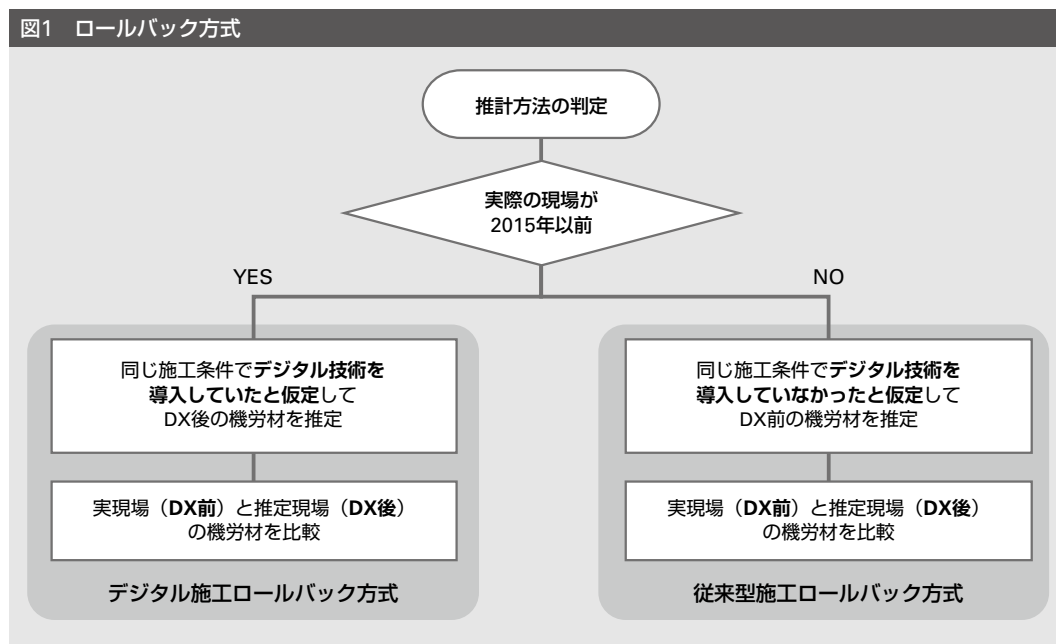
作業の削減効果や手戻りの数値化については、デジタル施工ロールバック方式もしくは従来型施工ロールバック方式によって作業工数を積算する。想定される作業の削減・手戻りを積み上げて推定することで、生産性の効果を算出する手法を取る。

⑤1日当たりの労働時間

労務の生産性の推計に当たり、基準となる労働時間を定義する必要がある。労働時間については、国土交通省が定める所定内労働時間^{※4}を参考として、1人日を8時間と定義する。

(2) モデル現場特有の前提

モデル現場特有の前提については、施工現



場ごとに定義が必要な条件となる。検討すべき観点として、①施工時間推計、②手戻りや作業削減の推定のための前提条件、の2項目を定義した。

①施工時間推計

施工時間推計は、生産性効果における全体工数から、各作業の工数割合を算出するために利用する。施工期間、対象要員、1日当たりの労働時間（調査全体にかかわる前提にて定義）より、全体の施工時間を算出する。

②手戻りや作業削減の推定のための前提条件

手戻りや作業削減を推定するためには、発生や削減が想定される手戻りなどの作業を具体的に定義する必要がある。対象作業の内容や作業工数、規模などをあらかじめ定義することとする。

2 定量的検証に伴う推計アプローチ

現場の施工プロセス全体の作業工数を100%と定義し、そのうえで何%の生産性向上効果が見込まれるかを算出するアプローチを策定した。

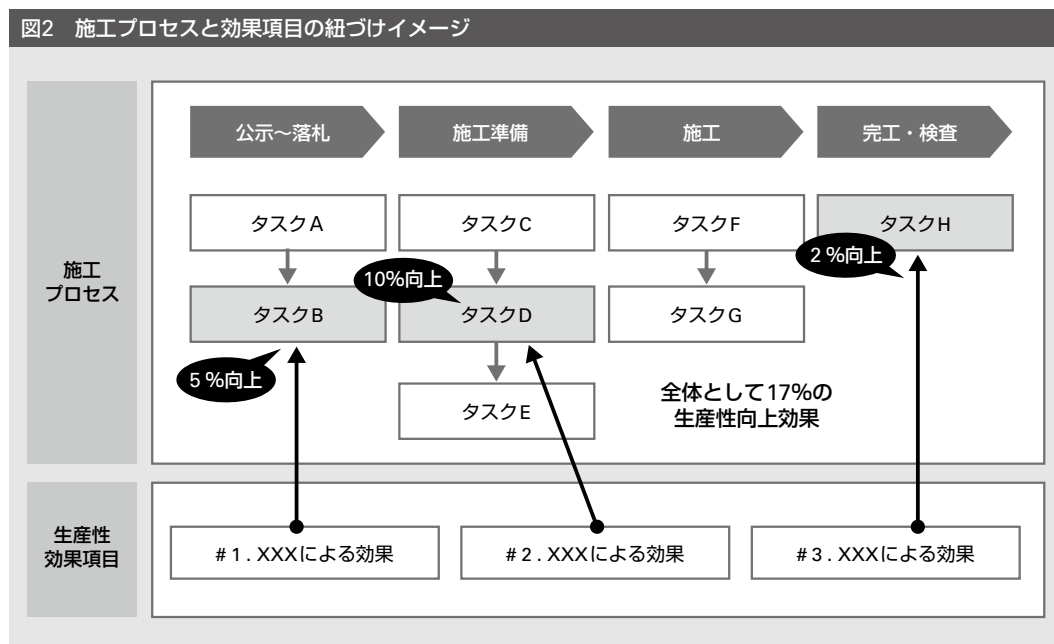
施工プロセス全体の定義は、公示から完工・検査までの施工会社のカスタマージャーニー全体と定義する。生産性効果が得られると想定される作業を抽出したうえで、カスタマージャーニーの各作業タスクと紐づける。さらに、各作業タスクの全体作業工数に占める割合を算出したうえで、全体における効果を算出するアプローチである（図2）。

これを数式化すると、任意のモデル現場における生産性向上率は以下のとおり。

任意のモデル現場における生産性向上率Y(%)

$$Y = \sum_{i=1}^N \frac{(BDX_i - ADX_i) 100}{BDX_i} x_i$$

図2 施工プロセスと効果項目の紐づけイメージ



$i = \{ \text{生産性測定項目数} : 1, 2, 3, \dots, N \}$

$x = \text{全工程に占める当該測定項目の工数割合}$
(%)

$BDX (\text{Before } DX) = \text{全工程に占める当該測定項目の工数}$

$ADX (\text{After } DX) = \text{全工程に占める当該測定項目の工数}$

生産性効果が見込まれる各項目について、作業タスクごとのDX前後の変化を割合で算出し、全体における工数割合を乗じたうえで各項目を足し合わせた結果を、モデル現場における生産性向上効果とした。

IV 生産性効果の実証結果

今回定義した効果推計アプローチの有効性

検証のため、過去の工事現場を対象として、下請け施工を行った建設会社へのインタビューを基に検証を実施した。

対象の工事は、2018年から2021年にかけて行われた民間宅地造成工事であり、前述のEBが提供するSmart Constructionを利用して実施されている。そのため、DX前後の比較方法として、従来型施工ロールバック方式を採用し、DX前の労務の生産性を推定して生産性効果を算定する手法を取った。

モデル現場へのインタビューの結果、主に6つの活用シーンにおける生産性向上効果があったことが分かった（表1）。

1 未来の地形を可視化し 関係者間で共有

従来の図面には、現況地形と完成形地形の

表1 生産性効果検証結果

#	活用シーン	生産性向上効果				
		①従来業務の工数割合	②従来型施工 (算定値/人日)	③DX後の施工 (算定値/人日)	④当該業務に閉じた生産性向上効果 (②-③)÷②	⑤DXによる施工プロセス全体における生産性向上効果 ④×①
1	未来の地形を可視化し関係者間で共有	2.74%	19	7.5	60.53%	1.66%
2	ドローンの導入による測量工数の削減	18.18%	126	2.25	98.21%	17.86%
3	ドローンによる出来高管理による進捗管理工数削減と精度向上	3.17%	22	5	77.27%	2.45%
4	仮設走路計画による手戻り減少	3.17%	22	5	77.27%	2.45%
5	残土や不足土の処理に関する手戻り減少	3.17%	22	0	100.00%	3.17%
6	見積/計画見直し作業の効率化	5.48%	38	25	34.21%	1.88%
合計			249	44.75	—	29.47%

みが記載されており、3次元の地形や施工途中の中間地形をイメージする能力が必要であった。そのため、土木の図面を見る機会が少ない構造業者に対する施工内容伝達に時間がかかり、正しくイメージが伝えられない事象も多く発生していた。

この活用シーンではSC SimulationやSC Dashboardのデジタルツインを利用して3D現況・完成地形、中間地形を可視化することで、従来の課題が改善され、生産性向上につながっていることが明らかとなった。

2 ドローン導入による

測量工数の削減

従来、施工の最初と5割完了時点、9割完了時点の最低3回は測量を実施していた。そのため、測量にかかわる費用がその都度必要とされていた。

測量にドローンを活用することで、測量にかかわる人件費を1回当たり200万/2人月程度削減できることが明らかとなった。

3 ドローンでの出来高管理による 進捗管理工数削減と精度向上

下請施工会社の担当者は、進捗を確認する毎週の工程会議にて施工計画と実績について説明する必要がある。従来、個人の感覚で施工日数を回答していたが、ドローンで算出した出来高を踏まえ、より精度の高い計画で説明できるようになった。測量の頻度を高めることで土配送の再検討などの手戻りが減少でき、出来高管理の精度が向上することにより、施主や元請の信頼獲得にもつながった。

4 仮設走路計画による手戻り減少

施工現場の高低差や土壌の質の悪さを改善するために敷設する仮設走路について、従来型施工では厳密な測量や設計はせずに大まかな施工場所を目測で決めたとうえで、設計をせずに施工していた。そのため、実際に建機やダンプトラックを走らせてみると走路幅が不足しており、再度作り直しになるなど、手戻りが多発していた。

仮設走路を3D図面で起こしたうえで施工計画を立てることで、手戻りをなくすことができた。

5 残土や不足土の処理に関する 手戻り減少

従来型の運土計画は、頻繁に測量できず施工途中で正確な土量を把握することが困難であった。そのため、工程の最後で残土や不足土が発生すると、その土量を効率的かつ経済的に処理することができず、手戻りが発生していた。頻繁にドローン測量を行うことで、運土計画の精度が向上し、それらの手戻りがゼロになった。

6 見積・計画見直し作業の効率化

見積作業は①運土計画、②機械選定、③積算、の3ステップで実施される。従来型の見積作業では、①に約1週間、②および③に2週間ほど要した。

SC DashboardやSC Simulationを利用することで、①の作業を約半分の工数、②および③においても試行錯誤する際の手間が約2/3に短縮できている。

次に、モデル現場における前提を定義する。今回の現場における労務の生産性向上効

果は、施工現場の世話役（現場作業員のまとめ役）1人を対象に効果推定を実施した。そのため、全体の施工時間については、対象の工事期間33カ月のうち、世話役1人の労務時間を対象として、5544時間（693人月）と定義した。

また、仮設走路の手戻りの減少を推定するために、施工会社へのインタビューを基に、手戻りが想定される仮設走路の本数や幅・高さ・長さ、建機の平均的な施工能力などを定義したうえで、手戻りによって発生する工数を推定することとした。

前述のアプローチにのっとり、効果項目6つに対して、①従来業務の工数割合、②従来型施工の工数、③DX後の施工の工数、を算出したうえで、④当該業務に閉じた生産性向上効果、⑤DXによる施工プロセス全体における生産性向上効果、を算出した。算出結果は表1のとおりである。

今回のモデル現場においては、労務に関するDXの効果として世話役1人の施工プロセス全体で29.47%の削減効果があると推計される。これは、DX以前と比べて204.25人日の削減効果に当たる。

業務全体への寄与率が大きいドローン測量による測量工数削減が17.86%と大きな効果として出てきており、人手の作業をドローンに置き換えたことにより、直接的な労務の生産性向上につながったと考えられる。また、その他の項目についても、3Dでの可視化や計画のシミュレーションなどにより手戻りが減少したことで、生産性向上効果につながったことが確認できた。以上より、手作業の機械化・自動化のみでなく、計画段階における精度向上に取り組むことで、大幅な生産性向

上効果が得られたことが分かる。

V まとめ

本稿では、土木施工におけるDXによる生産性効果の推計を目的として、施工現場の特徴や前提条件を整理したうえで、施工プロセス全体を捉えた効果検証を行うアプローチを紹介した。本事例と同様に、土木建設のDXによる生産性効果の推計結果を蓄積し、同様のDX施策を他現場や他企業へ横展開することで、効果的なDX活用方法に関する議論が活発化することが期待される。

また、土木建設業界のみならず他業界・他業種においても、DX施策の適用による生産性効果について適用プロセス全体の視点で前提条件と合わせて推計することは、継続的な生産性向上の取り組み推進に有用と考えられる。DX施策に取り組む際には個別施策に閉じず、組織全体に適用するための判断材料として前提条件と紐づいた生産性向上効果を蓄積することで、より効果的な生産性向上を図ることができる。

このような効果検証アプローチを活用しDX施策の取り組みの可視化を進め、費用対効果の評価や他プロセスへの適用可否の検討材料を蓄積してみたいかがだろうか。

注

- 1 帝国データバンク「人手不足に対する企業の動向調査（2023年1月）」
<https://www.tdb.co.jp/report/watching/press/pdf/p230207.pdf>
- 2 国土交通省「最近の建設業を巡る状況について」
https://www.mlit.go.jp/tochi_fudousan_kense

tsugyo/const/content/001493958.pdf

- 3 i-Construction（アイ・コンストラクション）とは、国土交通省が推進している、「ICTの全面的な活用（ICT土工）」など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、もって魅力ある建設現場を目指す取り組みのこと

<http://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/index.html>

- 4 国土交通省「令和3年3月から適用する公共工事設計労務単価について」

<https://www.mlit.go.jp/common/001387434.pdf>

著者

野村敏弘（のむらとしひろ）

野村総合研究所（NRI）ITアーキテクチャーコンサルティング部シニアシステムコンサルタント

専門はシステム基盤構想・計画策定、PMO支援、データ活用基盤、ブロックチェーンなど

座吾実希（ざごみき）

野村総合研究所（NRI）ITアーキテクチャーコンサルティング部シニアシステムコンサルタント

専門は製造業を中心としたシステム化構想・計画策定、実証実験の実行支援、DX事業推進など