

Scan to BIM の社内活用

久保田 善経 山口 瞳
青木 真路 大田 真一郎^{※1}
小田 博志^{※2}

概 要

近年、建設業界では、デジタルツイン技術の発展やBIMの普及を背景として、現実空間をデジタル化し活用する技術への関心が高まっている。Scan to BIMは、3Dスキャナにより取得した点群データとBIMモデルを連携し、施工品質確認や既存建物のBIMモデル構築を支援する技術・プロセスであり、設計・施工・維持管理の各段階における活用が期待されている。当社では、建設現場におけるロボット活用の研究を契機として、2018年よりScan to BIMの研究開発に着手し、点群データとBIMモデルの照合機能および点群データからBIMモデルを半自動生成する機能の開発を進めてきた。前者については、施工品質管理および施工進捗管理を支援するシステムConstructMonitorとして実装し、後者については、点群データからBIMモデルを半自動生成するシステムScan to BIM Modelとして開発を進めてきた。本稿では、当社が取り組んできたScan to BIMの技術概要、システム開発および社内活用について報告する。具体的には、ConstructMonitorおよびScan to BIM Modelの開発経緯と機能開発の内容について述べるとともに、建築現場における施工品質管理業務への適用や既存建物のBIMモデル作成業務への活用事例を通じて、実務適用における効果と課題について報告する。

Internal Use of Scan to BIM

Abstract

In recent years, driven by advances in digital twin technologies and the widespread adoption of Building Information Modeling (BIM), the construction industry is showing increasing interest in technologies for the accurate digitisation of real-world environments. Scan-to-BIM is a process that integrates point cloud data acquired by 3D scanners with BIM models to support construction quality control and the creation of as-built BIM models of existing buildings. It is applicable throughout the building lifecycle, from design through to construction and facility management. Since 2018, our company has been conducting research and development on Scan-to-BIM technologies as part of its efforts to enhance the use of robotics in construction sites. Two core capabilities have been developed: a function for comparing and verifying point cloud data against BIM models, and a semi-automated BIM model generation function from point cloud data. The former has been implemented as ConstructMonitor, a system that supports quality control and construction progress management, whilst the latter has been developed as Scan-to-BIM Model and has been continuously improved through practical application. This paper presents an overview of Fujita's Scan-to-BIM technologies, including the 3D scanners and software used in the workflow. It also describes the development process and functional enhancements of ConstructMonitor and Scan-to-BIM Model. Furthermore, internal application cases are presented, including quality management in construction projects and BIM model creation for existing buildings, together with the operational results and benefits obtained through practical use within the company.

キーワード：Scan to BIM、点群、BIM、デジタルツイン、
施工品質管理、ファシリティマネジメント

※ 1 経営改革統括部

※ 2 建築本部 BIM推進統括部

§1. はじめに

近年、建設業界では少子高齢化に伴う労働力不足や働き方改革への対応を背景として、生産性と施工品質の向上を両立するためのデジタルトランスフォーメーション（DX：Digital Transformation）が求められている。その中で、BIM（Building Information Modeling）は、設計・施工・維持管理の各段階で情報を一元的に活用できる技術として期待されている。一方、現況を反映したBIMモデルの整備や施工品質の確認には多くの現地調査やモデリング作業を要するという課題があり、その解決策として、3Dスキャナで取得した点群データとBIMモデルを活用するScan to BIMが注目されている。Mihicら¹⁾は建設分野における3Dスキャンデータの進捗・品質管理への活用可能性を示し、染谷・志手²⁾は点群データ活用のための合理的なワークフローや省力化・自動化手法を提案している。これらの研究から、点群データの活用には計測技術に加え、データ処理や運用フローの整備が重要であることが示されている。一方で、遮蔽やノイズの影響、後処理負担、人材確保などの課題が残されており、BIM活用に向けては点群処理技術と運用フローを統合した仕組みの構築が求められている。

当社は、点群データとBIMモデルを活用した施工品質確認技術およびBIMモデル半自動生成技術の研究開発と、実務適用に向けた運用フローの構築・社内展開に取り組んできた。本稿では、当社が開発したScan to BIMの技術概要と活用事例を報告し、ConstructMonitor³⁾およびScan to BIM Modelの検証を通じて、その実務適用の可能性と課題を示す。

§2. 技術概要

Scan to BIMは、3Dスキャナで取得した点群データとBIMモデルを連携し、施工品質確認や既存建物のBIM化を支援する技術である。本技術により、設計モデルとの整合性確認や現況を反映したBIMモデルの構築を効率的に実施できる。

2.1 Scan to BIM

当社は2017年より建設現場における四足歩行ロボット「Spot」の活用に取り組み、現場巡回や施工管理の研究開発を進めてきた⁴⁾。その過程で、ロボットが取得する点群データと設計情報を連携させる重要性に着目し、Scan to BIMの研究開発に着手した。研究開発では、点群データとBIMモデルの照合による施工品質確認機能と、点群データからBIMモデルを半自動

生成する機能を中心に高度化を進めてきた。前者は建築現場における出来形確認や施工進捗把握、後者は既存建物のBIM化やFM(Facility Management)用途向けBIMモデル作成への適用を目的としている。

これらのScan to BIMの研究開発成果は、遠隔による現況把握や品質確認の高度化にとどまらず、建物や建設現場をデジタル空間として構造化し、AIが活用可能な情報基盤へ変換するための技術基盤である。これは、デジタルツインや実世界の状態変化を予測するワールドモデル^{5)、6)}の実現を支える基盤技術の一つであり、将来的には建築ライフサイクル全体におけるAIとデータ活用の高度化に貢献することが期待される。

2.2 3D スキャナ

3Dスキャナは、レーザー光を用いて対象物までの距離を計測し、その結果を三次元座標として取得する計測機器である。建築・土木分野では、ミリメートル単位の高精度な計測が可能な地上固定式レーザースキャナ（TLS：Terrestrial Laser Scanner）や、広範囲を効率的に計測できる移動型レーザースキャナが活用されている⁷⁾。物流施設のような大空間では、計測距離やレーザー入射角の影響により点群データの欠損が発生するため、対象空間や利用目的に応じて適切な機器選定と計測計画を行うことが重要である。図1に本技術で利用した3Dスキャナを示し、図2に物流施設などの大空間における床面および天井面の計測範囲の概念図を示す。3Dスキャナの最大計測距離は100m以上あるが、天井面は15m、床面は25mより先は欠損



(a) BLK 360 G1 (b) Focus Premium (c) VLX

図1 本技術で利用した3D スキャナ

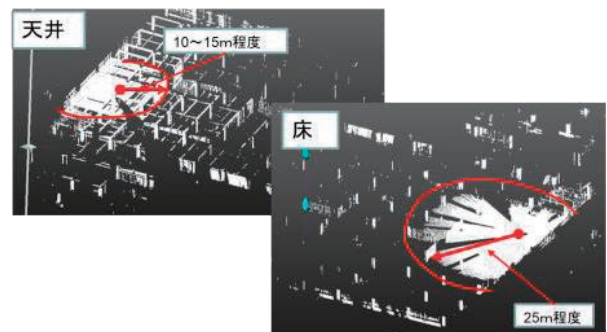


図2 物流施設などの大空間における床面および天井面の計測範囲の概念図

が発生し点群データが取得できないことがわかる。

当社では、用途に応じて複数の3Dスキャナを活用し、初期検証ではLeica Geosystems社製BLK360 G1を使用し、その後、施工品質確認用途には高精度なFARO Technologies社製Focus Premiumを使用した。また、既存建物のBIM化やFM用途向けに、広範囲を短時間で計測できるNavVis社製VLXを利用した。

2.3 ソフトウェア

Scan to BIMでは、当社独自に研究開発したソフトウェアを中核として、BIM情報を取り扱うソフトウェアおよび市販の点群処理ソフトウェアを組み合わせる運用している。独自開発ソフトウェアは、点群データとBIMモデルの照合やBIMモデルの半自動生成といった中核機能を担い、市販ソフトウェアは計測、点群処理、モデリングおよびデータ編集などの補助的な役割を担う。独自開発ソフトウェアでは、オープンソース技術を活用して点群処理・可視化・認識処理を行い、点群データをブラウザ上で共有・閲覧できる環境を構築し、遠隔地からの現況確認や情報共有を可能としている。BIMモデルの作成・編集にAutodesk社製Revitを利用し、点群データの位置合わせ・編集・設備モデルの作成・出来形確認には市販の点群処理ソフトウェアを併用している。ソフトウェアを組み合わせることで、点群データの取得から処理、BIMモデル生成、現況比較、品質確認までの一連のワークフローを実現している。

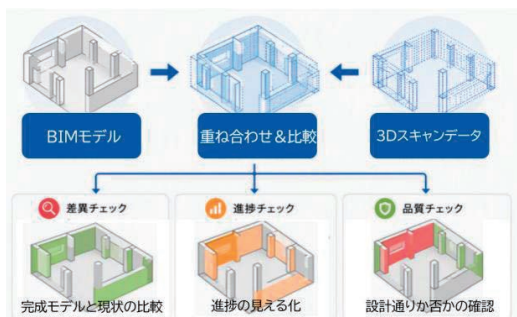
§3. システムの開発

当社とNeilsoft社は2018年より共同研究開発を進め、点群データとBIMモデルの照合による施工品質確認機能と、点群データからBIMモデルを半自動生成する機能を開発した。前者はクラウド型サービスConstructMonitorとして、後者はデスクトップアプリケーションScan to BIM Modelとして実装し、社内業務で活用している。

3.1 ConstructMonitorの開発

ConstructMonitor[※]は、施工中に取得した点群データと設計BIMモデルを照合し、施工品質管理および施工進捗管理を支援するクラウド型サービスである。図3にConstructMonitorの主要機能を示す。図3(a)は点群データとBIMモデルの照合機能、図3(b)は360度画像を用いた可視化機能、図3(c)はConstructMonitor上での照合機能の表示例である。

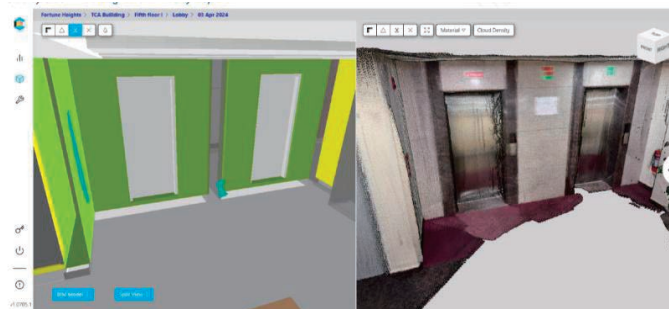
大容量点群データを対象とした高速処理技術を実装するとともに、照合精度向上のためのBIMモデル編集機能を開発した。また、現場状況を把握しやすくするため、360度画像上に照合結果を重ねて表示する機能を実装した。これらの機能をクラウドサービスとして統合し、場所を問わず施工品質および施工進捗を確認できる環境を構築した。実務適用にあたっては、計測から評価までを含めた運用フローの整備を進めた。物



(a) 点群データとBIMモデルの照合機能



(b) 360度画像を用いた可視化機能



(c) ConstructMonitor 上での照合機能の表示例

図3 ConstructMonitorの主要機能

※ ConstructMonitorは Neilsoft Ltd. の登録商標です。



図4 ConstructMonitor による照合結果の例

流施設の建築現場を対象とした実証試験を通じて、躯体工事では外壁胴縁・鉄骨柱・コンクリート柱・スリーブ・天井下地、内装設備工事では空調設備・配管・ダクト・ケーブルラックを対象とした品質確認を実施した。ConstructMonitorの評価として、設定した許容誤差範囲内に収まり、躯体部材から設備部材まで幅広い対象への適用可能性を確認した。現在、ConstructMonitorは、主にインド国内の建設プロジェクトで活用されており、今後は対象部材の拡大および評価機能の高度化を進める予定である。

図4にConstructMonitorによる照合結果の例を示す。図4(a)にスキャンデータ、図4(b)に鉄骨ファブモデル、図4(c)にスキャンデータ(点群)とBIMモデル(鉄骨ファブモデル)との照合結果をConstructMonitor上に表示している。設計どおりに施工された箇所は緑色、BIMモデルに存在しない箇所は水色で表示することで、照合結果を直感的に把握できるようにしている。鉄骨ファブモデルには柱のふかしや梁への巻付け耐火被覆材が表現されていないため水色で表現されている。

3.2 Scan to BIM Model の開発

Scan to BIM Modelは、3Dレーザースキャナで取得した点群データからBIMモデルを半自動生成するデスクトップアプリケーションであり、既存建物のBIM化やFM用途向けBIMモデル作成の効率化を目的として開発し、その後、改修計画やプラント施設への適用も

視野に機能拡張を進めてきた。図5に点群データからBIMモデルを半自動生成する機能の概要を示す。

Scan to BIM Modelでは、床・壁・天井などの建築部材や、配管・ダクト・ケーブルラックなどの設備部材を対象に、幾何学的特徴に基づくルールベース処理とAI認識を組み合わせることでBIMコンポーネントへ変換する。具体的には、ルールベース処理では、水平面を床や天井、垂直面を壁とした幾何学的特徴に基づく認識機能を実装し、AI認識では、大空間の点群データに適したStratified Transformer⁸⁾や、配管・ダクト・ケーブルラックなどの継手のような小規模部材にSE-PseudoGrid⁹⁾を適用した。評価の結果、床・壁・天井などの建築部材は90%以上のモデル化が可能であったが、設備部材は遮蔽や点群欠損の影響により認識率が低いことが分かった。そこで、近年、点群情報に加えて画像情報を利用することで認識性能の向上が期待されていることから¹⁰⁾、画像情報を活用した認識手法を検討し、ゼロショット物体検出モデルのGrounding DINO¹¹⁾、画像セグメンテーションモデルのSAM 2¹²⁾、深度や表面法線の推定モデルであるLotus¹³⁾を適用した結果、認識性能が向上することを確認した。点群データと画像情報を併用し、対象に応じて複数のAI認識を組み合わせることで、既存建物のBIMモデル生成に必要な実用レベルの性能を達成できる見通しを得た。

§4. 社内活用

ConstructMonitorについては施工品質確認業務への適用性評価を、Scan to BIM Modelについては既存建物のBIM化およびFM用途への適用性評価を実施した。

4.1 ConstructMonitor の社内活用

ConstructMonitorの施工品質確認業務への適用性を評価するため、点群計測から照合結果の確認までを対象とした運用フローを構築し、建築現場において検証を実施した。運用にあたっては、当社研究開発部門の支援を前提とせず、作業所および関係部署のみで

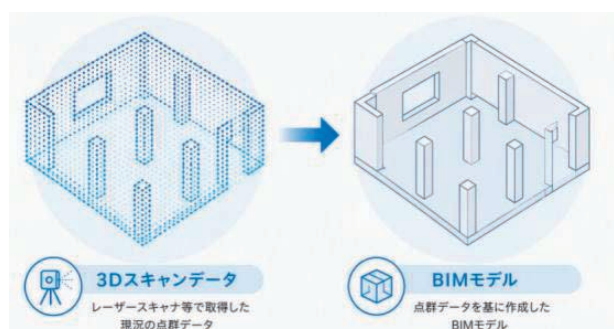


図5 点群データからBIMモデルを半自動生成する機能の概要

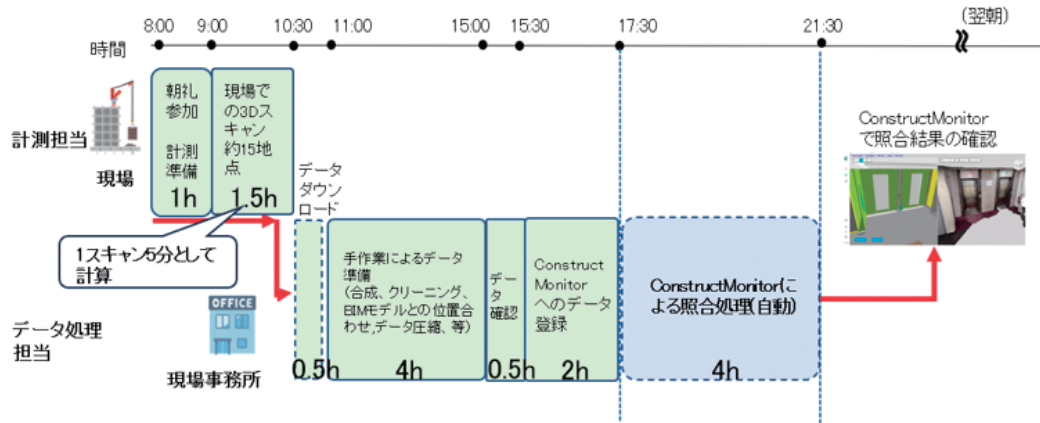


図6 点群計測から ConstructMonitor で照合結果を確認するまでの運用フロー

運用が完結することを目標とした。図6に点群計測からConstructMonitorで照合結果を確認するまでの運用フローを示す。

物流施設および住宅の建築現場を対象として計26日間の検証を行い、計測作業、データ処理、計測範囲、現場環境、活用用途および運用コストの観点から評価した。その結果、2名体制であれば外注することなく計測翌日までに照合結果を提示できることを確認した。また、運用を通じて作業手順の標準化が進み、想定作業時間内で運用可能である見通しを得た。活用用途としては、梁スリーブ、外壁胴縁、シャッター下地、ケーブルラック、配管、ダクトの位置ずれ確認に有効であることを確認した。一方、天井下地高さなど、高精度な計測を必要とする項目については、点群データの計測誤差やノイズの影響が大きく、現状の適用は限

定的であった。また、計測およびデータ処理の内製化により、外注と比較してコスト削減が可能であることを確認した。一方で、結果確認までに約1日を要することや、現場での利用を考慮した結果、システムのUIの改善が今後の課題として挙げられた。

4.2 Scan to BIM Model の社内活用

Scan to BIM Modelについては、研究開発部門で取得した点群データを用いて、BIMモデル生成機能および省力化効果を評価した。評価にあたっては、点群前処理からモデル生成までの運用フローを整備し手順書に基づいて作業を実施した。図7にScan to BIM Modelによるモデル再現割合と省力化率を示す。

従来の手作業によるBIMモデル作成と比較した結果、熱源室では5%、食堂では17%の省力化率を確認

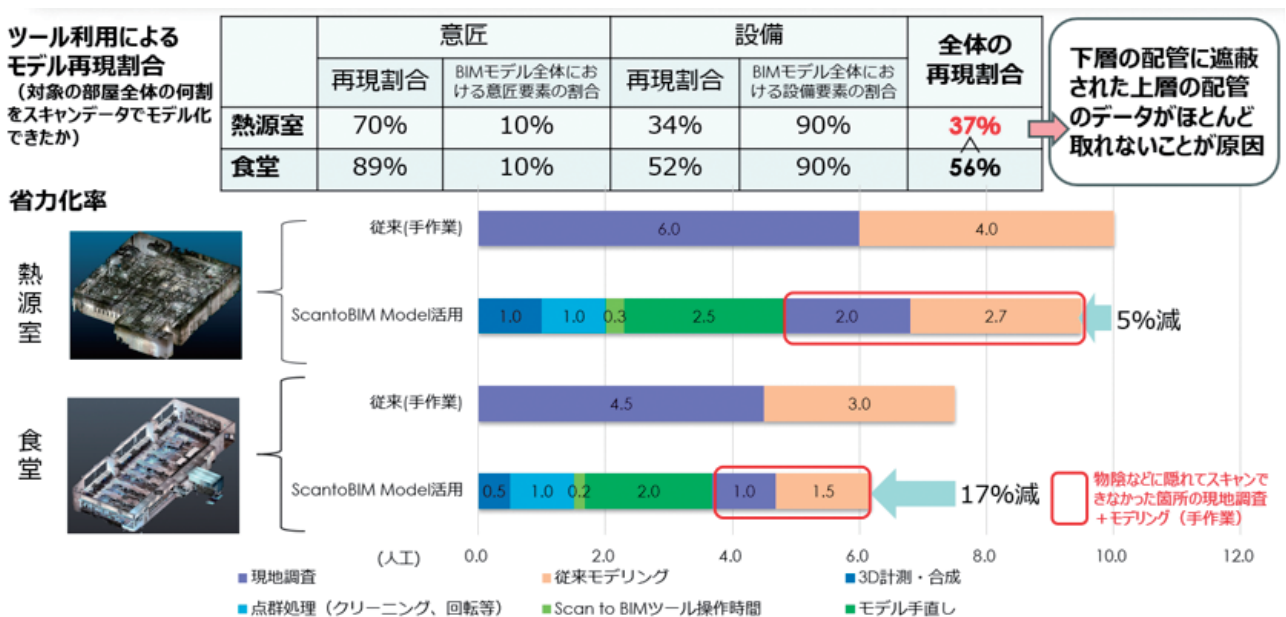


図7 Scan to BIM Model によるモデル再現割合と省力化率

した。また、点群前処理には一定の習熟を要するものの、実運用可能な作業量であることを確認した。評価の結果、設備が密集した空間では遮蔽による点群欠損が発生しやすく、省力化効果は限定的であることが分かった。一方、物流倉庫や体育館などの大空間や、オフィスのように構成が比較的単純な建物では、より高い省力化効果が期待できることを確認した。

これらの結果を踏まえ、FM用途向けBIMモデル作成への適用を目的として社内展開を進めた。既存宿泊施設を対象とした評価では、半自動修正機能を活用することで、FM提案や施設管理に利用可能なBIMモデルを効率的に作成できるとの評価を得た。一方で、点群データの状態に応じた前処理やパラメータ設定に関する支援機能の充実が課題として挙げられた。また、維持管理部門へのヒアリングでは、図面が残っていない既存建物のBIM化や改修計画への活用可能性が示され、FM用途向けBIMモデル作成を支援するツールとして有効であることを確認した。

§5. おわりに

本報では、当社が研究開発を進めてきたScan to BIMについて、その技術概要、システム開発および社内活用の取り組みを報告した。

ConstructMonitorでは、点群データとBIMモデルの照合による施工品質確認システムを開発し、建築現場での運用検証を通じて、梁スリーブや設備部材等の位置ずれ確認への有効性を確認した。また、計測から結果確認までの運用フローを整備し、作業所主体で運用可能な見通しを得た。Scan to BIM Modelでは、点群データからBIMモデルを半自動生成する機能を開発し、既存建物のBIM化およびFM用途への適用可能性を確認した。一方、ConstructMonitorでは適用範囲の拡大と運用効率の向上、Scan to BIM Modelでは操作性向上と運用負荷低減が今後の検討事項である。

今後は、両技術の性能向上と適用範囲の拡大を進めるとともに、建築分野におけるデジタルツイン構築の基盤技術として発展させ、設計・施工・維持管理の各段階におけるAIとデータ活用の高度化に貢献していく。

参考文献

- 1) Mihić, M., Sigmund, Z., Završki, I., and Lovrenčić Butković, L. L.: An Analysis of Potential Uses, Limitations and Barriers to Implementation of 3D Scan Data for Construction Management-Related Use—Are the Industry and the Technical Solutions Mature Enough for Adoption?, *Buildings*, 13(5), 1184, 2023
- 2) 染谷俊介、志手一哉：建設分野における点群データの業務活用に関する研究－活用用途に応じたデータ処理方法－、日本建築学会技術報告集、第29巻、第73号、pp.1594-1599、2023
- 3) ConstructMonitor, <https://constructmonitor.online/>
- 4) 株式会社フジタ、ソフトバンクロボティクス株式会社、ソフトバンク株式会社：建設現場におけるBoston Dynamics社の「SpotMini」の活用に向けた実証実験を実施、大和ハウスグループニュースリリース、2018.6.25. <https://www.daiwahouse.com/about/release/group/20180619143727.html>
- 5) D. Ha, J. Schmidhuber: "World Models", arXiv preprint, arXiv:1803.10122, 2018
- 6) Y. LeCun: "A Path Towards Autonomous Machine Intelligence", OpenReview, Version 0.9.2, 2022
- 7) ジオメトリストの会 編著、中川雅史 監修：点群データの取得と処理～測量・土木の実務者向け入門書～、日本測量協会
- 8) Lai, X., Liu, J., Jiang, L., Wang, L., Zhao, H., Liu, S., Qi, X., and Jia, J.: Stratified Transformer for 3D Point Cloud Segmentation, *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2022)*, pp. 8500-8509, 2022
- 9) Yin, C., Cheng, J. C. P., Wang, B., and Gan, V. J. L.: Automated Classification of Piping Components from 3D LiDAR Point Clouds using SE-PseudoGrid, *Automation in Construction*, Vol. 139, 2022
- 10) Wang, B., Chen, Z., Li, M., Wang, Q., Yin, C., Cheng, J.C.P.: Omni-Scan2BIM: A ready-to-use Scan2BIM approach based on vision foundation models for MEP scenes, *Automation in Construction*, Vol.162, 105384, 2024
- 11) S. Liu, Z. Zeng, T. Ren, F. Li, H. Zhang, J. Yang, Q. Jiang, C. Li, J. Yang, H. Su, J. Zhu, and L. Zhang, "Grounding DINO: Marrying DINO with Grounded Pre-Training for Open-Set Object Detection," in *Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV)*, vol. 15047, pp. 38-55, 2024

- 12) N. Ravi, V. Gabeur, Y.-T. Hu, R. Hu, C. Ryali, T. Ma, H. Khedr, R. Rädle, C. Rolland, L. Gustafson, E. Mintun, J. Pan, K. V. Alwala, N. Carion, C.-Y. Wu, R. Girshick, P. Dollár, and C. Feichtenhofer, "SAM 2: Segment Anything in Images and Videos," arXiv preprint arXiv:2408.00714, 2024. doi: 10.48550/arXiv.2408.00714
- 13) J. He, H. Li, W. Yin, Y. Liang, L. Li, K. Zhou, H. Zhang, B. Liu, and Y.-C. Chen, "Lotus: Diffusion-based Visual Foundation Model for High-quality Dense Prediction," arXiv:2409.18124, 2024

ひとこと



共同開発先との連携強化を目的としてインドでの技術開発に従事し、日本では得難い貴重な経験を得ることができた。この場を借りて、このような挑戦の機会を与えていただいた会社に深く感謝申し上げたい。

久保田 善経