

アドバンス・シミュレーション・ニュース

No.9 (2024年1月30日発行)

第9回アドバンス・シミュレーション・セミナー2023 開催報告

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 人工知能研究センター

総括研究主幹 中村 良介 様

「都市のデジタルツイン」

アドバンス・シミュレーション・ニュースは、アドバンスソフト株式会社が2021年度から、我が国における計算科学技術の振興を目的として、幅広い分野の最先端研究を対象として開催している「アドバンス・シミュレーション・セミナー」の開催報告と今後の開催予定をご案内するサービスです。

本セミナーで紹介される多種多様な最先端研究をきっかけに、企業の研究開発を担う技術者の方が新たな視点を持つこと、最先端研究を産業に応用する起点となること、長期的には計算科学シミュレーション分野の裾野が広がること等を期待しています。

開催概要

- 日時：2023年11月10日（金）14:00～15:30
- 開催方法：オンラインセミナー（Zoomにて開催）
- 主催：アドバンスソフト株式会社 出版事業部
- 講演概要

デジタルツインは、現実空間に存在する物体（モノ）と、その時間的な変化（コト）をサイバー空間にコピーすることで構築される現実の鏡像です。初期のデジタルツインは、主に工場内などの限られた人工空間のみを対象としていましたが、いまやそのカバレッジは道路や建物といった人間の生活空間に拡大しています。また、都市域ではインフラなどが埋設されている地下空間のマネジメント



にも活用が検討されています。

本講演では都市を主な対象としつつ、デジタルツインが世界をどのように網羅していくのか、そして人間と自律機械の関係をどのように変容させていくかについて議論します。

ご講演内容

1. 講演内容

本稿は、2023年11月10日に開催した「アドバンス・シミュレーション・セミナー2023」において、中村 良介 様にご講演いただいた内容をアドバンスソフトがまとめたものです。

1.1. 研究の意義

外れない未来予測は人口統計だけである。今後はさらに高齢化が進行し、2050年には日本の人口は1億人を切り、半分以上が65歳以上で就業人口が減少する。労働力をロボットで代替していく必要性が出てくる。

今も工場ではロボットが働いている。工場のように完全に制御された環境ではロボットは有能で、高速に働くことができる。一方で、自動運転がなかなか実用化しないのはなぜか。その答えとしてフレーム

問題と呼ばれるものがある。機械は設定された枠組みの中ではうまく動くことができるが、予想外のことが起こればうまく動かない。機械を人間の代わりに働かせるためには、機械を賢くするアプローチと、制御された環境を広げるアプローチの2つがある。本研究センターでは、ほとんどが前者の方向性を取っているが、我々の研究室では後者の方向性をとっている。

産総研があるお台場に行くためのモノレールのゆりかもめは完全に制御された環境なので、自動運転ができています。一方、山手線や自動車が自動運転できないのは、環境が制御できておらず可能性がたくさんあって予測できないからである。

金出武雄先生(カーネギーメロン大学、産総研名誉フェロー)は、次のように述べている。

『データが明示的に表現できている世界の中に限定されればAIは人間よりも良いスコアを出せる。だが現実世界は必ずしもそうではない。システムを設計するときに想定した世界よりも、実際の世界は常に大きい。それには対応が難しい。だが、地球の中だけで考えればいいのであれば、考えなければいけない世界は「たかだか地球くらい」ということになる。』

1.2. 地球を僕の手の上に

金出先生の言葉を現実のものにする、すなわち地球をどこでも工場と同じくらい制御された空間にすればよい。

例として、お台場の領域で、上空からの3次元モデルと地面の3次元モデル、建物中の3次元モデルをシームレスにつなげるモデルを作ってコンピュータの中で再現することができた。上空からのデータはすべてを網羅できるが、地上の近くの樹木のデータなどは正確ではない。地上からのデータは道路の付近の詳細なものを取ることができる。座標系を合わせて統合することで両者のメリットを享受でき、デジタルツインが実現できる。これを世界全体に広げられれば、自律移動体による自動運転ができるのではないか。

今後の高齢化社会では、スマホで呼び出して目的に着いたら勝手に帰っていくようなモビリティサービスのようなものが必要になってくる。これら人流や物流を自律的に自動運転するための基盤がデジタルツインである。

1.3. サイバーとフィジカルのリンク

サイバー空間で構築したデジタルツインの情報に対し、現実の(フィジカル)世界は常に更新される。

自律移動体はサイバー空間から情報をもって自動運転を行い、フィジカル空間の情報を更新してサイバー空間に返す。このフィードバックサイクルを回していく。

作業の複雑さ、環境の複雑さの2軸で分類すると、環境も単純で作業も単純であるものの例として、ルンバやゆりかもめなどが実用化されている。環境が単純で作業が複雑なものの例としては、工場のロボット、原発の修理ロボットなどが挙げられる。環境が複雑になっていくと難易度が上がっていくが、今後は対応していかななくてはならない。自動建機や森林

ロボットは作業も環境も複雑であり、最も難易度が高い。

複雑な環境で自律ロボットが移動する例として、商業施設における自律車いすの例を紹介する。3次元地図(点群データ)とLIDAR搭載センサを使って自己位置を決定し、自律移動することができる。センシングで元の地図にはない看板ができていたりなどの新しい情報をサイバー空間にフィードバックする。

これは3次元の点群情報とセンシングだけで判断しているのでGPSは必要がない。この方法は地下空間にも拡張できる。

1.4. 都市を超えたデジタルツイン

国土すべてをデジタルツインで網羅するためには、7割を占める森林のデジタルツインを作る必要があり、つくばの森林総研と共同研究を進めている。森林は環境も要求される作業も複雑であり、森林でデジタルツインを作ることができれば、他の環境でもできると考えられる。

森林で使われる機械には、伐木、造材と集積までを行うハーベスタ、積み込み、集材と巻き立てまで行うフォワーダ等がある。これらを自律式にするための研究が行われている。デジタルツインの点群モデルを用いた林道での自動運転をするための実証実験を行った。森のデジタルツインを作るには、UAV/LIDAR観測を使うが、地上付近での情報は不足している。地上LIDARデータでは樹木の特長も把握できる。両者を統合することで精度のよい森林デジタルツインが構築できる。NeRFというアルゴリズムをつかえばスマホを使って数分で地上付近の3Dモデルが構築できる。

また、和歌山県紀伊風土記の丘の実証実験の例を紹介する。これは古墳をたくさん含むような領域である。UAV/LIDARで測定し、複数回パルス当てて地面に当たった情報を取ると、現実では難しいような、樹木や建物を除去して地面を抽出することもできる。これで新たな古墳(文化財)の発見につながる可能性がある。

もう一つの例として、八王子の森林のデジタルツインデータを紹介する。東京都が公開している点群データから樹木の個体抽出を行うことができ、木が何本生えているかの推定を行うことができる。統計的な推定で210億本の樹木があると考えられる。日本全国のオープン点群データが網羅されてそれを活用すれば日本全国の樹木の個体抽出も可能になる。

1.5. 地球から宇宙へ

JAXAの小惑星探査機「はやぶさ2」のプロジェクトにも、デジタルツインが活用されている。「はやぶさ2」は小惑星「リュウグウ」から石のサンプルを採取するのが目的である。「リュウグウ」まで光の速度でも17分かかるため、遠隔操作するのは難しいので、自律で動くようにする。そのために事前にシミュレーションするためデジタル「リュウグウ」を計算機の中に構築した。いろいろな場合を想定し、数十万通りのシミュレーションを実施した。その結果、目標から1m以内のところの石を取ってくることに成功した。

「はやぶさ1」では、自律移動ができず遠隔操作を

していたため機体が損傷し、地球に帰還する際に燃え尽きてしまったが、「はやぶさ2」は再び別の小惑星に旅立っていった。

1.6. デジタルツインを実現する計算機

柏の産総研にはデジタルツインを計算する世界最大級の AI 専用計算機 ABCI がある。日本で2番目に早い計算機であり、40 ペタバイトのストレージを持っている。

人工衛星、船舶、航空機から放送されている GPS の情報、自律移動体からのローカルな人の動きの情報、これらを統一的にあらゆるスケールで、リアルタイムでデータを蓄積していく。

都市の避難シミュレーションでは上下移動もあるので2次元シミュレーションでは無意味であるが、建物データや地下空間のデータで3次元のシミュレーションをすることができる。シミュレーションの結果として避難の際にどこにボトルネックがあるかがわかる。

1.7. サイバーとフィジカルの融合

すでにデジタルツインの情報があればカメラだけで現実空間の情報を取り込むことができる。これを用いて監視カメラだけでリアルな情報をサイバー空間上に表示することができる。また、デジタルツインの中では過去のデータをヴァーチャルに再現して、リアルと重ねて表示することもできる。

スマホの地図を見ながら移動する場合、サイバーとフィジカルを一致させるのが難しいが、将来はリアルの中にサイバーの情報を重ねて見るようになる。

1.8. デジタルツインの役割

Society5.0 はデジタルツインのことを指しているとも考えることもできる。

サイバー空間にフィジカル空間のコピーを作り、データを AI で処理して意味づけをすることができる。

地図は意味づけされた情報の2次元表現であるが、IoT でリアルタイム更新され、AI で意味づけされた3次元モデルができればそれがデジタルツインである。

デジタルツインのターゲットは工場のように制御された空間から一般環境まで拡張していく。最初のターゲットは都市域（人間がコントロールできている空間）、屋外、屋内、地下生活空間で、さらに農地、森林、海洋へ広げていく。さらにロボットが行動する範囲として、太陽系まで範囲を広げたデジタルツインを作っていく。データが膨大になり、AI で解析するようになる。

デジタルツインを活用したシミュレーションは見栄えのよいものから物理現象をターゲットにしていくようになり、初期条件、境界条件の入力源となっていく。

2. 聴講における感想（アドバンスソフト）

将来の自律機械を実現するため、機械を賢くするだけでなく、制御できる環境を広げていくというア

プローチの先にデジタルツインがある、という考え方に感銘を覚えました。都市、農地、宇宙などの事例をご紹介いただき、現在の技術到達点と将来像を理解することができました。われわれはデジタルツインを活用したシミュレーションを社会に提供できるよう、進めていきたいと考えています。

【ご経歴】

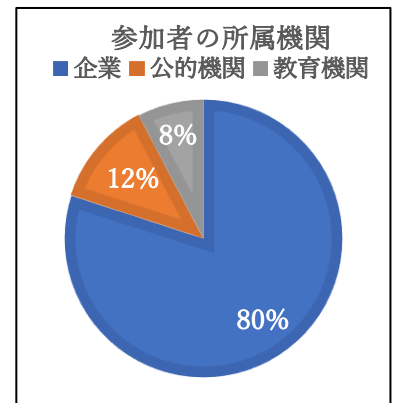
1996年 神戸大学 理学博士

2000年～2005年 宇宙開発事業団（現宇宙航空研究開発機構）にて地球観測衛星みどり、月探査機かぐや、小惑星探査機はやぶさに搭載された可視カメラ／赤外線分光装置の開発に従事

2005年からは産業技術総合研究所にて、AI による衛星ビッグデータ解析やデジタルツイン構築に関する研究を行っている

参加者

申込者は114名、当日の参加者は65名であった。参加者の内訳は、企業が52名、公的機関が8名、教育機関が5名であった。主な業種は、「建築/土木」、「材料/素材」、「ソフトウェア/システム」であった。主な職種は、「研究/開発」であった。



参加者のご意見

- 導入から先端まで非常に分かりやすかったです。センシングによるフィードバックの必要性、その手段と方法に、分析の応用があることが分かりました。ありがとうございました。
- 未来を想像でき、たいへん興味深い内容でした。
- 現実の空間をデジタル化する技術が非常に発展されていることに驚きました。林業や宇宙空間など、都市や工場に限らない適用範囲であることに興味を持ちました。

公開資料

今回のご講演の YouTube 動画は非公開です。ご講演の資料は、事前登録された方に事前配付したのみです。

右の QR コードから過去のアドバンス・シミュレーション・セミナーの YouTube 動画をご覧ください。



開催一覧

アドバンス・シミュレーション・セミナー

2023 の開催一覧

<https://www.advancesoft.jp/seminar/11637/>

No	日程 受付状況	内容	テーマ
第1回	4月21日(金) 終了	「 防災・インフラ分野でのシミュレーションへの期待と課題 」 国立研究開発法人 海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 部門長 堀 宗朗 様	防災・インフラ
第2回	5月19日(金) 終了	「 半導体デバイスの歴史と展望 」 IEEE LIFE FELLOW 広島大学 名誉教授 角南 英夫 様	半導体
第3回	6月22日(木) 終了	特別セミナー 「 複雑流動現象の数値シミュレーション 」 大阪大学 基礎工学研究科 機能創成専攻 教授 後藤 晋 様 ----- 「 機械学習による流体解析の拡張 」 University of California, Los Angeles (UCLA) 教授 平 邦彦 様	複雑流動・機械学習
第4回	7月21日(金) 終了	「 GPU スパコンによる混相流シミュレーション・流体構造 連成のシミュレーション 」 東京工業大学 学術国際情報センター 教授 青木 尊之 様	流体・HPC
第5回	8月3日(木) 終了	「 原子力安全に必要となる計算科学技術への期待 」 東京大学大学院 工学系研究科 原子力国際専攻 教授 笠原 直人 様	原子力安全
第6回	8月28日(月) 終了	「 サイバー空間の脆弱性と AI：エコーチェンバー、ディープ フェイク、ChatGPT の社会的影響 」 東京工業大学 環境・社会理工学院 イノベーション科学系 准教授 笹原 和俊 様	生成 AI
第7回	9月14日(木) 終了	「 量子コンピュータと量子アニーリングマシン：基礎から最 先端まで 」 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 新原理コンピューティング研究センター 副研究センター長 川畑 史郎 様	量子コンピュータ
第8回	10月6日(金) 終了	「 爆轟から見える CAE の方向性 」 青山学院大学 理工学部 名誉教授 林 光一 様	爆轟
第9回	11月10日(金) 終了	「 都市のデジタルツイン 」 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 デジタルアーキテクチャ研究センター 総括研究主幹 中村 良介 様	デジタルツイン
第10回	12月15日(金) 終了	「 計算物質科学による 2.5 次元物質科学研究：原子層物質複 合構造体と外場 」 筑波大学 数理物質系 教授 岡田 晋 様	ナノ

【お問い合わせ先】

アドバンスソフト株式会社 出版事業部

〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台四丁目3番地 新お茶の水ビルディング 17階西

TEL: 03-6826-3971 FAX: 03-5283-6580 E-mail: office@advancesoft.jp

<https://www.advancesoft.jp/>

当社では随時人材の募集も行っております。

<https://www.advancesoft.jp/recruit/>