

第2回 東京都における「都市のデジタルツイン」ユースケース創出に向けた検討会

日時 令和5年11月14日（火）9：00～11：00

会場 GovTech東京

議事（全文）

1 開会挨拶

【事務局】

それでは、定刻になりましたので、第2回「東京都における「都市のデジタルツイン」ユースケース創出に向けた検討会」を開会します。

会議の冒頭に当たり、本日の出席者を御紹介します。なお、今回の検討会は、東京全体のDX推進を目指すGovTech東京を会場としており、これから紹介する皆様は現地に御参集いただいています。

まず、本検討会の委員の御紹介をします。伊藤委員、今井委員、瀬戸委員、廣井委員、吉村委員、の計5名の委員の方に御参加いただいています。よろしく申し上げます。

東京都から、宮坂学副知事、池田データ利活用担当部長、そのほか幹事各局が参加しています。加えて、本日の会場であるGovTech東京の各務理事にも御参加いただいています。

宮坂副知事より開会の挨拶を申し上げます。

【宮坂副知事】

今日は検討会に御出席いただき、ありがとうございます。令和3年度からデジタルツインの検討会を始めましたが、ちょうどコロナの時期ということもあり、委員の皆様と対面で議論するのは実は初めてで、ある意味でデジタルツインらしい検討をしてきたわけですが、リアルもいいものだと感じております。

今日は9月から事業開始しましたGovTech東京のオフィスで開催しています。GovTech東京のことも少しだけ紹介させていただくと、「情報技術で行政の今を変える、首都の未来を変える」というのを我々はチーム目標にしています。「情報技術で行政の今を変える」というのは、端的に言うと、今、紙で手続しているものが多過ぎる、ハンコが多過ぎる、とよくおしかりを受けるようなものをデジタルにしていくという話です。しかし、今の課題解決だけをやり続けていると、そこに未来があるのかというと、少し違うかなと思います。課題の解決とイノベーションは違った時間軸が必要だと思います。「首都の未来を変える」と大きく出ていますが、首都の未来を変えるような新しいイノベーションにも取り組みたいと思っています。

そういった中でこのデジタルツインというのは、まさに首都の未来を支えるようなイノベーションとつながる新しい情報基盤になるのではないかと我々は考えています。今それを目指してオール都庁で2030年をめぐりに社会実装ができるように取り組んでいる重要な事業の一つとなっています。デジタルツインのデータを載せる庁内のデータ連携基盤も稼働させました。そして、都庁横断で様々なデータを取得し、それをデジタルツインの上に載せて可視化し、そして合意形成をより合理的に、そしてスピーディにできるような基盤に、その結果、行政の今を変えるだけでなく、未来を変えるようなインフラになればいいなと思っています。

これまでも何度も委員の皆様から、このプロダクトはインフラであり、時間軸の長い目線でしっかり着実に取り組んだほうがいい、というアドバイスをもらいました。そういった長い時間軸を持ちつつも、一方でユースケースも少しずつ積み上げていければと思います。そんな議論をぜひ皆様とさせてもらえればと思っています。

本日は活発な議論を、チャットで参加している皆様も含めて期待していますので、よろしく願います。

【事務局】

宮坂副知事、ありがとうございました。

2 プロジェクト説明

【事務局】

それでは、議事次第に沿って進めさせていただきます。

東京都におけるデジタルツイン実現プロジェクトの進捗について御説明させていただきます。

【池田部長】

東京都の池田です。それでは、プロジェクトの進捗についてスライドで10分ほど御説明させていただきます。

最初に、点群データ取得、整備事業です。

現在、都内全域を対象に、点群データの取得・整備を実施しています。対象地域は、航空レーザ測量により点群データが取得可能な都内のエリアであり、デジタルサービス局と都市整備局の2局で分担しながら、区部と多摩・島しょ地域のデータを整備しているところです。なお、多摩・島しょ地域についてのLP点群データ取得は既に完了しています。東京都全体の点群データが整備されるのは年度内という予定になっており、今後は共通基盤データとしてこの点群データが都庁内の各局事業で活用される予定になっています。

また、多摩・島しょ地域のデータについては、9月1日にオープンデータとして公開しています。例えば、八王子駅付近の点群データや、青ヶ島の点群データについては、今スライドにあるような画像になっており（P9）、東京都デジタルツインのビューアで閲覧、ダウンロード画面に遷移することが可能となっています。点群データはG空間情報センターや都庁のビューア、オープンデータカタログサイトに掲載されており、オリジナルデータや等高線のデータなどが公開されています。既に、本データを使用してイベントでの映像背景に利用されるなど、使用された方からSNSで本データを活用した結果などを御発信いただいております。なお、多摩・島しょ地域については先ほど9月1日に公開したと申し上げましたが、区部については来年度の公開を予定しています。

続いて、庁内システム間でのデータ連携の関係ですが、こちらはリアルタイムデータの掲載も行っています。東京都建設局河川部の水防災総合情報システムと連携し、河川に関する観測データなどを現在公開しています。右下の図のとおり（P10）、河川監視カメラの映像や水位などをリアルタイムで御覧いただくことが可能となっています。

さらに、3Dビューア上に既に掲載していたデータについても順次更新を進めており、ビューアの活用シーンを拡大しています。多様な庁内データと連携しながら、建物・道路の3Dモデルや点群データに加えて、防災やまちづくりの分野などの情報も拡充していきたいと考えています。

次に、デジタルツイン実現プロジェクトにおけるベータ版の実証事業です。

第1回検討会で御説明しましたが、今年度は3つの技術的テーマに基づいて、この事業を実施しています。1つ目は、センサによるリアルタイムデータの活用、2つ目は、データ整備の仕組み検討、3つ目は、

データ連携となっています。それぞれ現在の状況について御報告させていただきます。

まず、ベータ版事業01の、センサ等によるリアルタイムデータ活用の検証についてです。

ベータ版事業01では、庁内でのセンサ・リアルタイムデータ活用の検討の一環として、人流や交通、安全・安心、防災などの分野を対象とし、都市のマネジメントに関連したセンサ等の活用事例を整理しているところです。こちらについては、年度末までに整理して事業成果として報告します。

続いて、庁内におけるセンサ・リアルタイムデータ活用検討の促進についてです。第1回検討会でも、東京都の各局において、利用状況や将来の利用ニーズについてアンケートを実施した旨、御報告させていただきましたが、その中でも特に関心の高かった部署については、個別にヒアリングを行ったところです。

これらの調整を踏まえて、庁内業務に関連したリアルタイムデータ活用のユースケースとして、建設局と連携した交通量調査の機械化検証を現在実施しています。スマートフォンのプローブデータや、AIカメラで取得したデータによって、車や歩行者の交通量を取得し、手動による交通量調査と比較する予定になっています。これにより、各データの精度を検証し、将来的な代替性について検証します。

続いて、ベータ版事業02の、都市のデータ整備の新たな仕組みの検証についてです。

本検証では、東京都の職員によって点群データを取得し活用する意義があるようなシーンを整理するため、ユースケースを検討しているところです。また、点群データの取得に慣れていない都職員でも手軽に利用可能な点群データを取得するための機材や点群データ処理用ソフトウェアの調査も併せて実施しています。

また、今年度は、点群データの取得・活用するシーンを見据えて、データ取得の試行も実施しています。こちらについては、東京都の水道局と連携し、水道管工事の現場において、短時間、かつ、少人数での点群データ取得の検証を行ったところです。簡易な方法でデータを取得した場合であっても、水道管の位置・深さ・太さを確認することが可能となっています。取得したデータについては、ビューア上で可視化等を行うほか、水道管の維持管理業務等のデータの活用の可能性について協議しているところです。

今後、都職員向けの点群データ取得の試行の機会も設ける予定になっています。スマートフォン搭載のLiDARや位置情報付与デバイス等を用いて、実際に点群を取得して、データ取得や活用方法の普及促進に努めていきたいと思っています。

最後に、ベータ版事業03で、産学官でのデータ連携に向けた課題検証です。

こちらについては、国やその関連団体との連携について、デジタルツイン上での活用が想定されている、行政データ、公的データをビューア上で可視化する形での連携を推進しています。今年度は、都市環境を示すデータや、河川に関する情報など、都市インフラに関するデータの連携やユースケースの検討を行っているところです。

また、民間のデータについては、自動車メーカー等によって構成されるITS Japanと連携し、自動車から取得される情報を用いた都市の状況把握の可能性を検証しています。今年度については、ITS Japanとの連携により、自動車メーカー2社の車両データ等を統合した情報の活用可能性を具体的に検討しています。例えばワイパーの稼働速度によりリアルタイム、かつ、詳細な降雨強度の分析や、プローブデータによって通行実績を確認することなどを予定しています。

今年度は、試行的なデータ連携を実施していきます。その上で、今後は、都における多様な主体で

のデータの活用可能性や有用性についても検討を深めていく予定です。

雑駁ではありますが、現在の事業の進捗について御報告をさせていただきました。

3 講演：瀬戸委員

【池田部長】

続いて、本会議において都市のデジタルツインのユースケースを協議するに当たり、4名の委員による活用事例の御紹介をこれからさせていただきたいと思います。前半は瀬戸委員と伊藤委員に、後半は廣井委員と今井委員に御講演いただく予定になっています。

最初は、瀬戸委員より、まちづくりでのデータ活用の観点から、「都市空間データ流通の今日的役割と課題」と題してお話をいただきます。

それでは、瀬戸委員、よろしくお祈りします

【瀬戸委員】

私は今まで、このデジタルツインの検討会の中で話題提供をさせていただいたことがある中で、ほかの委員の皆さんはたくさんユースケースに係る知見をお持ちなので、全体的な概念のような形になってしまっていますが、海外のデータ流通も含めて少しお話をさせていただきたいと思います。

今朝は対面ということで、私自身あまり混雑したところを歩くのが苦手なので、南新宿の駅から歩いて来ました。私は東京で生まれましたが、実は意外と知らない場所は多くて、こういった形でリアルにその現場を見に行くのは、デジタルツイン時代とはいえ非常に大事だと思いました。一方で、実際の景色を眺めながら、今後ここはどのような再開発されるのかなと想像する中で、この地域の都市計画はどうなっているのか、ハザードマップ上どうなっているのかというのは瞬時には分かりません。そこでこの会議が始まる直前にデジタルツインを見てみたのですが、こんな感じになっているのかと即座にチェックできますし、現実空間とデジタルツインを往復していろいろな合意形成を図っていくということがいかに大事かというのを、改めて実感することができました。いきなり今日の話のまとめかもしれませんが、こういったことを続けていくことが大事なのではないかと改めて痛感しました。

これは2021年の検討会のときに私が、これからどうしていくかという提案をさせていただいた資料になります（P3）。こういった話は、今でも、これからも考え続けるべきではあると思います。池田部長のお話にもあったように、リアルタイムのデータが蓄積されてきている現状もあるので、まさにこういったまちづくりのデータや現場が常に変化しているという話と、リアルタイムにいろいろなシミュレーションを回しながらどう東京という全体像をメンテナンスするのかという視点は変わらないのかなと思います。

改めてこういったスマートシティやデジタルツインについての政策や都市研究の分野から考えてみると、2010年代から海外ではいろいろな先進事例が積み重ねられて研究されてきました。初期にはダッシュボードと言われるような、それぞれの政策指標や都市に関するデータを集約して一目で見られるようなものが、ロンドン、ダブリン、ニューヨークなどいろいろなところで作られていくわけです。こういったツールやデータが、まさに都市のガバナンスにおいて中心的な役割を持つ、あるいは、こういったデータを指標化したたり、さらに言うと標準化することで、ほかの都市でもより使いやすくするという側面がありました。ただ、一方で、視覚化すると一見分かりやすいのですが、データの持つ意味や指標自体が正しい方向性に行っているのかといったリテラシーのようなものがしっかり伝わっているかどうかという側面が重要だということが、研究の中でも指摘されてきています。

一方で、東京都でもデジタルツインを含めてここ5年ぐらいで一気に進んできた背景だと思いますが、ダッシュボード化をして分かりやすくすることで、未来はなかなか予想できない分、ダッシュボードのようなものがあると、これを踏まえて将来どうすべきかと発想したり考えたりできるという特徴があるので、こういった指標化、データ化は非常に大事だと改めて思いました。

ここからは地図やデジタルツインに絡めて、地図を使った可視化についていくつか御紹介したいと思います。まず、これはプラハの建築系研究所が整備しているStorytellingと言われるようなもので、画面をスクロールすると、都市の発展の歴史や、都市計画が今後どうなっていくかというのを、まさにストーリーを通じて閲覧することができるウェブサイトになっています（P7）。これはすごくシンプルには作られていますが、バックグラウンドで持っているデータは、建物の一つ一つのデータや都市計画のデータなど、すごく大量のデータがあって、これぐらいシンプルになっていて、非常に分かりやすく伝えられるような事例の一つになっているかと思えます。

もう少し突っ込んだ社会課題の解決という視点でいくと、例えばニューヨークでは3,000以上のデータセットをオープンデータとして公開していますが、こういったいろいろな属性がついたデータを地図上に分かりやすく可視化するようなプロジェクトを、非営利組織、あるいはMITの研究者と一緒に構築して、それを使って都市の空間的不平等、例えばバリアフリーができていないのか、その地区の住民がいろいろな福祉政策で困っていないかというのを、地図上で指標化して視覚化するようなサイトができています。これも一見、2次元ですごくシンプルではないかと思いますが、バックグラウンドで入っているデータは、道路の拡張など道路の計画は3次元的に必要があるので、こういったバックグラウンドのデータも使いながらうまく指標化して伝えているという事例ではないかと思えます。

こういうことをどこまで今後、東京都のデジタルツインの中でやるのか、あるいは、むしろこういった視覚化が得意な民間と連携していくのかというのが分かれ道になると思いますが、こういった成功例には参考にできるものがあるのではないかと思います。

Googleなどでも今、まさにCO₂やグリーンインフラといった視点で全世界の様々な都市のデータを使って、例えばCO₂の排出量の推定をしています。日本では横浜市が詳細なシミュレーションの例として取り上げられていますが、建物からのCO₂排出量を推計して、今後どうなっていくかというのを示すようなダッシュボード的なサイトも作ってたりします。

もっと進むと、高さデータも含めたということになるのだと思いますが、太陽光発電等のグリーンインフラの活用ということで、これはボストンのベンチャー企業だったと思いますが、オープンソースのライブラリを駆使して、あとはボストン市のオープンデータを使って、将来的な太陽光の最適化や、それにどのくらい予算がかかるのかといったことを推計するようなサイトもできてたりします。

こういったユースケースや事例は、海外から学ぶべきところも多いと思いますし、日本あるいは東京ならではの課題を含めていろいろ検討することができると思いますが、もう一つ、大事だと私が思う点としては、こういったいろいろなデータを連携する、統一化する、標準化するという流れの中で、フレームワークすなわち枠組みをいかに作っていくかということが大事かと思えます。

何か参考になる例がないかと思って調べたところ、例えばイギリスだと、ケンブリッジ大学等と連携しながら、フレームワークの原則をかなり早い段階で作ってしまって、この後ユースケースの開発をする、これは昨年から本格的に産業界と拠点化して、ハブとして広げていくような取組などがされています。この中でもクオリティをどうするか、オープン化をどうするか、セキュリティをどうするかといったいろいろな観点から話

し合っていますが、こういうフレームワークを作ることも行政として、もしかすると今後大事になってくるのではないかと思います。

一方、もう少し広い枠組みでいくと、国連の中でも地理空間のデジタルツインについての、これは各国のフレームワークという形になりますが、こういったものも作っていくべきだという提言をしています。この中で興味深かったのは、キャパシティ・ビルディングを丁寧に進めるべきだということで、物を作って終わりというわけではなく、それに関わる人々、関わるそれぞれのセクターをどううまく巻き込んでいけるか、参画してもらうかということで、これはもちろん行政、政府機関、自治体だけではなく、まさに我々のような研究者やこの事業に興味がある民間企業がどういう形で参加したいと思うか、できるかといったところを丁寧にキャパシティ・ビルディングすることが大事だと書いています。

まさにこのデジタルツイン事業を3年間やってきた中で、既に一部実現できているところもあると思います。ただ、繰り返しになりますが、アジャイルで継続的に変化したり、ユーザーニーズをきちんと押さえたり、また今、各局で連携するのにすごく大変な思いをされていると斟酌しますが、サイロにならないように、同じ目標に向かっていく必要があるのだなと実感しています。

最後に、今後どうなっていくのかということも少し御紹介すると、いろいろなデジタルツインは、工場など、まさに当初から研究されてきた領域でも既に次のステップに行っているわけですが、こういった形で自動か、共生かということももちろんありますが、やはり最後は人間が意思決定をする、特にまちづくりや都市計画では合意形成を図っていくところも含めて人間の知識によって決めていくということ考えると、人間による知識・モデルを意思決定に組み込む、ツインならぬトリプレットという部分が注目される論考も出てきています。

ということで、概念的な話が多くなってしまいましたが、この後の事例紹介をすごく楽しみにしていますので、よろしくお願いします。私からは以上です。

【池田部長】

瀬戸委員、ありがとうございました。

今お話があったとおり、海外事例で指標化、視覚化、フレームワークの関係は参考になりました。そういったところをやりながら合意形成や外部の方々どう連携していくかということを検討していきたいと思えます。また、資料にもありましたが、ワンソース・マルチユースは以前にもお聞きして、なるほどなと思えたので、各局にまたがるようなユースケースも、防災まちづくりを中心に検討していきたいと思えます。

委員の方には、後ほど伊藤委員の講演が終わった後にお聞きしたいと思えます。

4 講演：伊藤委員

【池田部長】

それでは、伊藤委員よりまちづくり分野での研究・取組内容やデジタルツインへの期待という観点で、「デジタル・ツインのもたらす参加性と創造性」と題してお話をいただきます。

それでは、伊藤委員、よろしくお願いします。

【伊藤委員】

改めまして、伊藤です。よろしくお願いします。

私は必ずしもデジタルの研究をしているわけではないので、少し抽象的な話になるかと思えますが、御

容赦ください。対面もそうですが、そもそも初めて参加させていただくので、様子が分からないところもありますが、よろしく願います。

この左の図は、国交省が出していた図ですが、それをベースに私が描き足して右の図を作りました（P2）。いろいろな情報が連携することで全体を見渡して最適化することができるというのは確かにそのとおりで、それを表しているのが左の図だと思いますが、それだけではなく、もう一つの特徴として、あまねく行き渡っている、例えばスマートフォンをみんなが持っている、いろいろな技術が使えるようになっていくというときの变化もあるはずで、そこで、トップダウンだけではなくボトムアップの参加、創造があり得るということに関してお話できればと思います。

一つの事例として、御存じの方も多いかと思いますが、ニューヨーク市の公園局が作っている「New York City Tree Map」を御紹介します。これは、ニューヨーク市内の公園の樹木や街路樹が、今6〜7割ぐらいではないかと思いますが、一本一本入力されていて、誰でも見られるというシステムです。調査は、もちろん市の職員もやっていますが、市民も調査に参加して入力できるようになっていたりしますし、ユーザーは樹木にお気に入りマークをつけることができたり、保護活動に参加してその記録を残したりすることができます。また、それぞれ一本一本の樹木について様々な効果の情報が、貨幣換算されていたかと思いますが、一本一本も、あるいはエリアの合計値なども示されています。この事例では、行政が公園や街路樹管理にデジタル技術を役立てるだけではなく、市民が計測、入力、保護活動、お気に入りマーク、あるいは可視化された価値の認識など、様々なレベルで関わるすることができます。すぐ入り込んで活動する方もいますし、ただ見て理解する方もいますし、そうした様々なレベルの関わりを通して、まちの緑に関心と愛着、それを支えている自分への誇りを育んでいくと考えています。

具体的に見ていくと、このストリートのある1本の木をクリックすると、樹種、番地、幹の太さ、場所の写真などが出てきます。それをもう少し下にスクロールしていくと、これが指標化です。雨水の樹冠遮断、エネルギー節約、空気汚染物質の除去などが数値と、貨幣換算された値で表されています。

また、Tree Care Activitiesを見ると、「Trees New York」という団体が枝刈りをしたり、その前に「NYC Parks Stewardship Team」が雑草をきれいにしたり、根の周りを整備したり、ごみを取り除いたりしたという日程が全部書いてあって、どういう作業をしたかというのが記録されています。調査も年に1回ぐらいはしているようで、そのことについても書かれています。

それから、先ほど瀬戸先生からもStorytelling手法についてお話がありましたが、ここでも同様の方法が取り入れられています。これはMapそのものとは違うページですが、取得した点群データや指標化が、どのような効果につながるのかということ、データを使って伝えているものです。先ほども出てきた右左で2枚の図を見比べるような可視化をしていたりします。それによって樹木、緑というものが都市においてどのような役割を果たし、あなたの生活にとってどのように大事なのかということ伝えるということも併せてやっているのが特徴的ではないかと思います。

そのように考えると、「New York City Tree Map」については、行政の樹木管理のためだけではなく、具体的な情報で一本一本の樹木に愛着を持つことができる、参加したことを発信することができる、情報を用いてストーリーを届けることができるということが、とてもよくできていると思います。

最初にも申し上げましたが、一般にICTをはじめとする新技術の普及浸透は、もちろん行政のことも増やしますが、個人レベルでできることを増やすので、情報の非対称性を和らげて、例えば為政者と市民、生産者と消費者、アーティストと鑑賞者といった単純な二項対立の無効化を後押ししてい

ると考えられます。都市・地域の分野も例外ではなく、スマートシティは、最適化のようなトップダウンで考えるだけでなく、市民自治や市民の都市に対するエンゲージメントなど都市と市民をつなぎ直すものとしても同様に重要です。

ですが、この側面が日本ではあまり語られていないと思っています。私はシビックプライドという概念に関する研究をしています。これは都市に対する市民の誇りですが、ただのまち自慢ではなく、ここをよりよい場所にするために自分たちが関わっているという、ある種の当事者意識に基づく自負心という概念です。ですので、主体的に自分がまちに参加し、まち、あるいは自分の身の回りの環境に関与していくことがシビックプライドにつながり、ひいては、まち自体の活力につながっていくのではないかと考えています。

次に、アル・ゴアが1998年にDigital earthの概念を提示したというのは皆さんご存じかと思いますが（P9）が、それより数十年前にもそうした概念は示されていたのではないかと考えています。バックミンスター・フラーは、1950年代に「geoscope」を作って、世界の全ての情報を表示したいというモチベーションを持っていました。

バックミンスター・フラーは建築家でもあり、モントリオール万博の会場としても実現した非常に美しいフラードームも設計しています（P11）。

さらに、「World game」を提案していました（P12）。左側の写真がモントリオール万博の会場ですが、この参加案として始まった対話型ゲームで、地球上の全ての者の生存条件を改善する最良の戦略を生み出すゲームです。自然資源、人口、エネルギー、輸送手段、通信手段などを配分し、シミュレートするものです。当時はもちろんそれだけのデータもないですし、計算能力もないのですが、そういうことを構想していたのが、とても早かったなと思います。

さらに、面白いと思っているのは、彼はデザイナー、建築家でもあったので、Dymaxion carという自動車、バスルーム、あるいは4Dタワーという、飛行船で運んでいって地球のいろいろな場所に建てる集合住宅といったものを構想していきました（P13）。

もちろんうまくいったもの、いかなかったもの、早過ぎたものも多いのですが、何を考えていたのかというのをよくよく見てみると、先ほどのバスルームは実は銅製で、銅が掘られて今、地球上のどこに銅の資源があるのかというのは、実は全部把握できるはずだということで、それを22年周期で再生して流通させていくことができる。だから、22年程度で更新されるバスルームを銅で形成するのがいいという発想をしている。だから、いろいろな資源や人の動きなどを把握できる未来があるとして、把握できたときにそれをプロダクトにどう落とし込んでいくか、そのときにどういう素材がいいのかということを考えてデザインしていました。こうした発想は本当にすごく早かったなと思っています。大きいものを大きく把握して大きくガバナンスしていくだけではなくて、プロダクトのレベルに落としていくというのがとてもクリエイティブだと思いますが、そういうことにつなげていけるといいなと思っています。

これは建築関係ですが、私が編集委員をしている日本建築学会の『建築雑誌』の特集で、エビデンス・ベスト・デザインの話をしました。そこでも、機能面だけに最適なものを選ぶと間違いなくデザインはつまらないものになるので、最適に近いところで止める、あるいはパラメータに挙がっていないほかの要素をくみ取って融合させるプロセスが非常に大事だという話も出てきています。シミュレーションはあくまでベースで、そこからいかにクリエイティブに進化させていくか、そしてコミュニケーションが大事だという話が出てきています。これはこれからのデジタルツインにも求められるところではないかと思っています。

現在、都市のデータやシミュレーションの解像度が細かくなってきているからこそ、建築のほうにもつなげ

ていけるのではないかと考えています。都市と建築をつなげて計画・設計できるといいのではないかと。また、先程来申し上げているとおり、最適化も結局は、変数や関数の選択やモデルの設定には価値観が問われてきますが、その価値観は人間や社会に依存していますし、空間の具現化、あるいはプロダクトとしての具現化の際に創造性の余地があるのではないかと考えています。あとは、オープンデータ化することによって、既に起こっていますが、地域に潜在する様々な能力を引き出し、高度に生かしていくことができるのではないかと考えています。

以上です。ありがとうございました。

【池田部長】

伊藤委員、ありがとうございました。

先ほどの「New York City Tree Map」はいろいろなメディアで取り上げられていて私も着目していました。東京都「スマート東京」の先行実施エリアで、スマートシティの構築に向けたいろいろな支援を行っています。その中でも住民の参加は非常に重要だと感じており、デジタルツインの関係でいえば、我々のほうで3Dビュアというのがあって、分かりやすく都民の方に実際に見える化を出しているところもあります。そういった取組を通じながら市民の方に分かりやすく情報を提示して、双方交換の意見交換をしていきたいと考えています。

5 討議(1)

【池田部長】

お二人の委員の講演がここで一巡しましたので、それに関連して付随したユースケースの関連情報でも結構ですし、委員に対する御質問でも構いませんので、各委員から御意見をいただければと思います。もしよろしければ瀬戸委員からお願いします。

【瀬戸委員】

伊藤先生のお話を聞いて、改めて痛感するところがいくつもあったと思いました。自分のまちに愛着を持つ手法は今、多様になってきて、情報も多い中で、いかにして主体的にいろいろなアクションを起こせるか。アクションを起こすためのサポートツールとして、こういったデジタルツインなどいろいろなオープンデータが、今21世紀になって機能しつつあることを痛感しました。「New York City Tree Map」もそうですし、東京でも今「My City Report」を稼働させていますが、まちに対して何か気づくというアクションは、やったださいという仕掛けだけではなかなか難しく、いかに自分事に行えるかというところがあって、そういった意味でハードな仕掛けはいろいろ育ってきているし、そろってきている段階でもあるので、今後ソフトな仕掛けもセットにして考えていけるといいのではないかと考えていました。

【池田部長】

続いて、今井委員、お願いします。

【今井委員】

私は瀬戸委員に質問という形になります。難しい質問かもしれませんが、いろいろな事例を御紹介いただきましたが、データの鮮度をどのようにして確保しているのか。それは表裏一体である予算的な措置、さらには産官学でどういう役割を果たされているのか。御存じの範囲で教えていただきたいと思いました。お願いします。

【瀬戸委員】

紹介した事例も三者三様でいろいろな解像度があると思うので、一概に全部答えていくのは難しいですが、今日はあえて人流の話はしませんでした。鮮度という意味ではもちろんリアルタイムにこしたことはないとは思いつつも、まちづくりや将来のエネルギー需要のような話を中心にさせていただきましたが、それらはリアルタイムにデータがなかったとしてもいろいろな仕掛け、仕組み次第でできるのではないかとこのところも匂わせています。

というのも、データを毎日、毎分、場合によって今センサが使えるので毎秒取れるとして、それをバックグラウンドで共有するホストはどうするのか、民間で売っているデータを自治体、行政としてずっと購入し続けられるのかといった問題もあると思います。一方で、都市計画は短期間で解決できるものもあれば、数十年、場合によっては数百年かかるものもあつたりするので、例えば年間ぐらいのスケールであれば、こういったいろいろな更新データは各自治体の業務の中でも出てくると思うので、まずは1年ごと更新ぐらいで何とかできるいろいろな指標がないかというのが今の私の考えです。

ただ、この後の議論にもつながるかもしれませんが、いろいろなリアルタイムデータが使えるにこしたことはないと思うので、そういったデータを、例えば一部は民間から寄託してもらい、その民間データを使ってやった結果などをダッシュボードで公開して、この民間データはすごくいいということになれば、それでビジネスマッチングができるかもしれないので、そういったサイクル、還流を起こせるといいのではないかと思います。

【今井委員】

そういう意味では協調領域と競争領域も今、模索しながら海外でも取り組まれているということですかね。

【瀬戸委員】

まさにそうだと思います。カタパルトもまさにそうだと思います。むしろ産業・民間側に明け渡すような感じにはなっていますが、それも模索の結果、いろいろ調整をしているのだと思います。

【池田部長】

では、続いて、廣井委員、お願いします。

【廣井委員】

私は伊藤委員に質問させていただければと思います。先ほどのニューヨークの事例はデジタルそれ自体が目的のような形ではなく、都市の維持や活性化といった大きな目的を達成するための手段、ツールとして、コミュニケーションを媒介するツールとして、かなりうまく作用したものと見受けられました。それで、鍵になるのは、どうやって市民を巻き込んでデジタルツインの上でコミュニケーションをしてもらおうかということだと思います。先ほど言われたシビックプライドもかなりのキーになると思いますが、それ以外に、伊藤先生から見られて、こうしたことが市民を巻き込んで、その上でコミュニケーションしていただくコツになるということが何かあれば、教えていただければと思います。

【伊藤委員】

これはもともと樹木の管理のためのシステムだと思いますが、そこからいかに全体の効果のようなものを見せていくかということまで発展してきているのだと思います。市民の巻き込み方として、見ていくと、先ほど2つの団体、「Trees New York」と「NYC Parks Stewardship Team」が何をしたかというのが書いてありましたが、あのようなボランティア団体がいくつかあって、デジタル上だけでコミュニケーションしている

というよりは、そこに所属すると樹木の剪定のやり方などを習いながら参加して、それを入力することができる。ですので、デジタルだけではなく、リアルというか、フィジカルなほうの活動が大事で、それとうまく連携して巻き込んでいるというところではないかと思います。それに加えて、ただデジタルツイン上で見て、「いいね」、「へー」と思うぐらいのレベルの関わり方の人もいます。深く関わっていく人は、フィジカルなほうの関わりからつながっているような印象を受けています。

【廣井委員】

デジタルツインというと仮想空間のことばかり考えていましたが、やはり現実世界でのインタラクションがかなり大事だということですね。よく分かりました。

【池田部長】

続いて、伊藤委員ですが、視聴者の方からの質問が来ています。フェイク対策の関係です。デジタルデータが正しいことはどうやって検証していくべきかという御質問をいただいています。そこも含めて、伊藤委員からコメントをお願いできればと思います。

【伊藤委員】

恐らく「New York City Tree Map」の話ではないかと思いますが、こちらは基本的には公園局が主導してやっているの、勝手に測って勝手に入力するというよりは、「一緒に測りましょう」ワークショップのような形で測って入力しているのだと思います。毎年やる調査に関しては専門家がやっているの、市民に開放する部分と専門的にやる部分をうまく分けながらやっているのかなという印象です。

次に瀬戸委員の講演について、リテラシーやキャパシティ・ビルディングのような話が出てきて、私もそれがすごく大事だと思っています。まずは可視化して理解できることがたくさんあるということで可視化が大事ですが、可視化で起こる誤解もたくさんあって、分かった気になってしまうところが多いので、データを使いながら、教育などを通して、データを読み取る能力が一人一人についていかないと、なかなか活用につながっていきづらいと思います。それこそ学校教育でうまく取り入れていく。学校でも今、情報の科目が必修化されたりしてきているので、それを、ただ使い方というだけではなくて、地域の学びのようなものつなげていったりできるといいかなと思います。一方で、キャパシティ・ビルディングの話で、いろいろな業界のあまり関係ないと思われるようなところの方たちにもどんどん参加していただけるようなリーチをすることはとても大事だと思いました。そこで、どうやってリーチしたらいいのかについて、何か御意見があれば瀬戸先生にお伺いしたいです。

【瀬戸委員】

それは私も含めた先生方共通かもしれませんが、授業で使ってみるというのは大事だと改めて痛感しました。また、地域の小・中・高校で、こういった素材を渡したら簡単に使いこなすのだろうなという期待もあると思います。もう一つ、キャパシティ・ビルディングでいくと、ボランティア団体や行政に関わるような市民団体、カウンターパートの方を企業が大いに使っていただくことは大事だと思います。ですが、最初、基本になるのは、行政職員が、統計などは行政資料を作る中で使いこなせていると思う一方で、それをグラフ化したときに何が見えてくるか、あるいは、地図化したときに何が見えてくるかというのを、研修や政策立案の現場でどれだけ使っているかは、ぜひお伺いしたいと思います。そういったところもできていないのであれば、そこも含めて研修のパッケージをどんどんアップデートできるし、まさにデジタルツインそのものを使った職員研修をやる可能性もあると思います。

【池田部長】

続いて、吉村委員からお願いします。

【吉村委員】

瀬戸委員、伊藤委員、プレゼンテーションをありがとうございます。非常に勉強になりました。お二人のプレゼンテーションを聞いていて、非常に重要な点を指摘してくれたと思います。お二人とも、私の観点からは同じことを違う側面から言われているのではないかという感じを受けました。

瀬戸委員のお話は、現実空間を体験するということから今日のプレゼンテーションに入られたところがすごく印象的で、我々はこちらでデジタルを扱っていますが、最終的に我々は所詮人間なので、人間が感じる五感、匂い、手触りなどが大事だということ思い出させてくれたという意味では、非常に重要なメッセージだったのではないかと思います。また、Storytellingであったり、「Spatial Equity NYC」はMITのUrban Studiesの学部がやっていますが、とても広範な事例を持ってきてくださったり、太陽発電のベンチャーも、ボストンのベンチャーがデジタルツインを用いながらも、どこかという屋根に太陽光をつけたら、どれぐらいの太陽の電力が消費されて発電されて、いくらぐらいもうかるのかということシミュレーションしてベンチャーにしているという事例だと思います。そういう世界中のユースケースを集めながらも、東京で我々が一体何をやるのか、もしくは何をやるべきか、どういう意味があるのかというのを考えるのが重要なのではないかと思います。コメントです。

伊藤委員のお話もすごく勉強させていただきました。伊藤委員はシビックプライドが御専門なので、デジタルツインを用いながらもいかに市民参加を高めるか、都民の皆様のシビックプライド、都市をどう自分事として捉えていくかということにいかにかデジタルツールを使っていくかということが大事だというメッセージだと思います。今日のプレゼンテーションですごくうれしかった、印象的だったのが、建築家の1960年代の事例を出されたということで、我々建築家は、1960年代ぐらいからデジタルを使っていかに都市をよくしていくかということ非常に長い間考えていて、まさにデジタルがなかったときに、都市のビジョンとして出していったということがありますが、なかなかほかの業界には知られていないと思います。それが、今日出していたいただいたバックミンスター・フラーであったり、ロンドンの「Archigram」という重要なグループがありますが、彼らは動く都市ということで、「Walking City」のようなことも言っていたと思います。

そのときに日本はどうだったかというと、それぞれ丹下健三さんのような人が、列島改造計画や、もしくは都庁もやられましたが、丹下さんは実はデータを使いながらも、データをきちんと分析した上で建築を建てていったというのが私の理解です。ですので、実は丹下さんはデータサイエンティストとしての側面もあったのではないかと考えています。実は私はそれを今、研究しているところですが、1960年代はそのように丹下さんのような人が、データを集めてきちんと分析した上で、都市計画、まちづくり、建築をしていったのですが、それがいつの間にか忘れられてしまったのではないかとというのが私の持論です。今ちょうどコンピュータサイエンスの側からデータを分析する人、建築の側から都市計画やまちづくりをデジタルを使いながら作っていく人が出てきたところなので、もう一度この辺を整理しながら、我々建築家やアーバンプランナーもデータを使ってデジタルツインを使いながらもまちづくり、都市計画を作っていく、都市のビジョンを出していくといういい時期に来ているのではないかと私は個人的に思っています。そういうことも伊藤委員のプレゼンテーションの中のメッセージとして入っていたかと思えます。

以上、コメントです。

【池田部長】

ありがとうございました。

では、続いて、各務理事、お願いします。

【各務理事】

私からは、瀬戸委員のお話を伺って、私は地理と歴史が苦手でしたが、データを使って地理と歴史を学ぶというのは、特に小中ですごく重要だと思ひまして、伊藤委員もおっしゃっていたように、本当に教育に使えるなと思ひます。これは実現しなくてはいけないと今、感じています。

一方で、伊藤委員の先ほどのソーシャル活動の件は、どういう小さなクラスターを作るか、つまり、お茶の間化、自分のまち化というイメージがすごく大事で、そういうところをどうやってソーシャル化することが大事だと思ひました。

それを実現する上で2つ重要な技術的な要素があると思ひています。一つは、生成AIを使い切る。つまり、今コモディティ化されたデータは徹底的に使う。さらに言うと、業種DBのようなものが関係してきて、それをインプットすることによって、ある程度ゆるふわな構造化されたデータができるので、これは使うべしということです。2点目は、このようなサービスをやるとすると、どうしてもコストが増えてしまうので、どうやったらROIの高いような基盤を作れるか。国、都という観点、公共全般で考えてほしいと思ひています。そういうところをPaaSという観点でやらなくてはいけないと、技術面で思ひています。

【池田部長】

最後に、宮坂副知事からお願いします。

【宮坂副知事】

お二人の委員、ありがとうございました。

前半の瀬戸先生のお話で印象的だったのが、Barnsさんのダッシュボードがスマートシティであったという話で、私が副知事になった直後は、スマートシティといえばダッシュボードを作ろうという感じがすごくあり、スマートシティのイベントをやると、大半がダッシュボードということがありました。実際に作って見ましたが、確かに「So what?」になります。「人が多いな。それで？」という感じになるので、何らかテーマ設定をした上でダッシュボードにしないと、やみくもなダッシュボード化は作って終わりになりやすいと思ひます。委員のお話はうなづくことばかりでした。ダッシュボードを作るときは、割と為政者側、行政側にとって知りたいことをダッシュボード化して、より管理を最適化していくようなものでした。それで第1期スマートシティブームに対するアンチテーゼが出て、いろいろなプロジェクトが失敗だったと言われたりしたと思ひますが、そこからは学ばないといけないと思ひています。

今、東京都のデジタルツインは、どちらかという行政が持っているデータをどう出すのか、行政がまちをスキャンして載せるというものですが、委員がおっしゃったように、デジタルのよさは誰もがアップロードできることです。アップロードできないデジタルというのは、ほかの技術と一緒にになってしまうので、行政側ではない人がどれだけアップロードできるようにするのか。我々のほうで載せるデータと市民サイドがアップロードするデータが混ざる形のデジタルツインをどう作るのかというのはすごく重要で、それがなくてデジタルツインが単なるダッシュボードが3D化されたものになってしまうのだなと思ひたので、そこは大変示唆的なヒントだと思ひました。

6 講演：廣井委員

【池田部長】

続いて、廣井委員と今井委員からの御講演をいただきます。

まず初めに、廣井委員より、都市防災に関するリアルタイムデータ解析やシミュレーション技術の観点で、「社会型防災デジタルツインの開発と課題」と題してお話をいただきます。

それでは、廣井委員、よろしく申し上げます。

【廣井委員】

京都大学防災研究所の廣井と申します。皆様、改めましてよろしく申し上げます。1人だけ京都の人間がいるなと思うかもしれませんが、私は一応、東京出身で、ふるさとということで、私もシビックプライドを持っていますので、お仲間とさせていただければうれしいです。

私からは、システムの観点で「社会型防災デジタルツインの開発と課題」というタイトルで話をさせていただきます。

システムの観点でデジタルツイン構築の難しさを御説明したいと思いますが、それに当たって、まず概念の振り返りを最初にさせていただきたいと思っております。皆様、何度も聞いたことがあると思いますが、IoTという言葉があります。これは、現実空間の様々なもの、例えば建物、河川などいろいろなものにセンサをつけてセンシングをして、そこから得られたデータを現実空間の人間が利用するという概念のものがIoTになります。

これはかなり広がってきていると思っておりますが、それがもう少し進化した形になるのがCyber Physical Systemです。センシングして解析した結果に基づいて、対象をアクチュエーションする。アクチュエーションというと難しいように感じるかもしれませんが、例えばビルの空調でいうと、エアコンが分かりやすいですが、エアコンは自分で運転すると同時に部屋の温度を観測して、温度が上がっているなと思ったら涼しくしたり、温度が下がっているなと思ったら暖かくしたり、観測した温度に基づいてエアコンの温度を上げたり下げたり制御する、それがアクチュエーションです。IoTとの違いは、対象物をアクチュエーションすることになります。

これがさらに進化してデジタルツインになると、先ほどのCyber Physical Systemではエアコンのアクチュエーションには部屋の温度という単一のものが使われていましたが、デジタルツインでは今度は部屋の温度だけではなく、いろいろなデータを併せて考えるようになります。例えば日照量、風、人間の位置や密度、そういった様々なリアルタイムデータが扱われるようになってくるわけです。つまり、対象物が1つではなくて大規模化していきます。リアルタイムデータだけではなく、日照量の予測を使ったり、そのときにこのように暑くなっていくから最適な制御をするにはどうしたらいいかというのが、リアルタイムデジタルツインという概念です。

しかも、対象はビルだけではなくて、先ほどの先生方お話にもいろいろな社会課題のお話が出ていたと思いますが、ビルの空調の負荷をコントロールすることによって、そのビルだけではなくて、例えばまち全体の電気使用量を下げたり、環境への影響を与えるといった、対象物以外、現実空間の全体を扱うようになります。この対象物もそうですし、現実空間の物理量を扱うに当たって、それぞれが個別で動いているわけではなく、物流量同士の交差（インタラクション）が発生する。インタラクションを考慮しなければいけないという意味で、デジタルツインをシステム的に作るのは非常に難しいということになってきます。

こうしたインタラクションを考えながら、現実空間をいかに仮想空間に再現するかというのがデジタルツイン上で非常に大事になってくることで、しかも、アクチュエーションが非常に高度になってくるわけで、先ほ

どのCyber Physical Systemだとエアコンの制御部分のアクチュエータを制御すればよかったのですが、今度は人をアクチュエーションしたり、施策をアクチュエーションしたり、物理量で測りにくいものまでアクチュエーションしなければいけなくなってくる。先ほどはエアコンでしたが、交通でいえば、交通や気象のデータを使って冬に雪が降ったときにバスをどう運行するか、スケジューリングや路線、運転手のバックアップといったものを、データを見て違っていたらリアルタイムで修正したり、そういったところまで踏み込んでいくのがデジタルツインで、アクチュエーションが難しい、現実空間を再現するのが難しいといった話になってくるわけです。

ここで、そういった難しいものを系統的にどうしようかという話になりまして、今かなり規模は小さいのですが、防災に関連するデジタルツインのようなものを私は作っていて、そこで開発をして得た課題として、社会型のデジタルツインの本質は「CyReal」と我々が呼んでいる概念に該当するのではないかと考えていますので、簡単に御説明したいと思います。

それがどういうものかという、大体2018年ぐらいだったと思いますが、私たちは様々な防災情報を連携したり、融合したり、生成するような仕組みとして、連携基盤のARIAという仕組みを研究開発してきました。今御覧いただいている写真（P5）が2019年に、その概念実証でこのシステムを作ったときのものです。

簡単に説明すると、システム構成はこのようになっていて（P6）、避難誘導のサービスをデジタルツイン上に載せたらどうなるかということでやりました。四角の箱は、それぞれの防災に関するシステムのモジュールを示しています。これが様々な機能を持っています。これを連携基盤を介して連携させて、同期させて動かすということをしました。これはデータの連携だけでなく、モジュールの機能やサービス自体を連携するものとして作っています。防災ですので氾濫の解析、避難対象者のシミュレータ、システム全体の様子がどうなっているかを観察するビジュアライザ、被害予測計算のような先進的なモジュールも含まれています。氾濫解析シミュレーションの結果が、連携基盤を通過して道路冠水シミュレータに伝わって、どのぐらい道路が冠水するかというのを出力して、その道路を通れるか、通れないかを計算して、同時にスマートフォンのエミュレータもあって、この基地局が使えなくなったかどうかを出力して、基地局が使えなくなると通信障害があるなら、それを加味して避難対象者のシミュレータが行動解析をする。そういう仕組みになっています。

こういったPoCを作るに当たって一番最初に打ち当たった壁は、データの整合性です。例えばそれぞれのシミュレータが持っているデータの座標系が違ったり、データの分解能が違ったり、そういった細かい苦労もありましたが、もっと大事な気づいた課題を中心に説明していきます。

先ほどの構成にしたのは、厳密にモデル化すると、右のような形になります（P7）。これは1個のシステムに全部機能を入れ込んで作るのではなくて、先ほど御説明した連携基盤を介していろいろなシステム、シミュレータをつないでいます。左側の、1つのシステムの中に全部入れるというのが今までのやり方であって、モノリシックな作り方ですが、これをやると一からシステムを全部作り込まなければいけないですし、先ほどお話があったコストの問題で、運用を維持していくのに非常にコストがかかります。モジュールが新しくなってそれを替えなければいけないとなったときに、何千万円、何億円といったレベルで年間単位でかかってくる。頻りに更新のあるものは1個でも外に出して連携させるような構成にすると、変わったときにつなぎ直すだけでいいということで、維持運用のコストを抑えることができる。しかも、もっといいシステムがあるなと思ったら、今つないでいるシステムは放してしまって、別のベストなシステムにどんどん入れ替えな

がら使い続けることができる。ということで、右側の構成を使うことで、開発もそうですし、導入もそうですし、維持運用・改修のコストを削減するだけでなく、全体をベストな状態に保っていけるという利点があります。こういった構成がよいだろうということがまず一点です。

このようにしてできたシステムは、先ほどの写真は一番左の防災ITシミュレータで（P8）、全てがシミュレータの状態に該当しますが、よくよく考えると、連携基盤を介していろいろなシミュレータをつないでいるわけですので、シミュレータの部分を現実の部品、現実のシステムに置き換えることができるようになります。そうすると、こちらの右の全部が実際のシステム、実際のモジュールでできたものになります。右側は現実動いているシステムを連携基盤、例えばインターネットなどでつないだような状態です。この左側と右側はデジタルツインの関係にあるわけです。

ところが、現実的に防災ITシミュレータと実際のシステムを維持運用してフィードバックをかけようとする、かなり複雑なデジタルツインの関係を持たなければいけなくて、かなり大変だということが分かりました。なぜかという、巨大な複合システムのシミュレータを一気に作らなければならなくて、フィードバックをするのもそうだし、左側の現実世界を再現したものを作ること自体、かなり大変なわけです。それで、我々は中間を考えました。中間状態というのがこちらで（P9）、仮想のものと現実のものが混在していても構わないという考え方です。これが「CyReal」です。この「CyReal」の考え方を適用すると、いろいろな使い方ができるわけです。シミュレータだけのときは開発の試験や検証などに使えますし、右側のものは、被害予測、避難誘導に使えますし、真ん中のもので少しずつ実システムを増やしていくと、訓練などに使えるようになってくる。徐々に現実近づけると、少しぐらい仮想の部分に足りないデータがあっても、現実とかなり剥離してしまうということはシステム的にはなくなるのではないかとこの考え方です。

こういった「CyReal」化したデジタルツインがいかに有用であるかというのを考えると、こういうのも一気に作れるわけではなくて、段階的に作っていく必要があります。その段階によって「CyReal」化した都市を異なる目的で用いることができるようになるわけです。シミュレーションスタディというのは、調べたい事物を、シミュレータを使って挙動調査をしたり、開発技術の開発、試験として、現実に行っていることを解析してその性質を調べたり、シミュレータの開発、試験は、よりそれがソフトウェア寄りになり、「CyReal」化のためのシミュレータを開発するためのテストベッドとしての使い方ができたり、要素システムとして現実世界のシステムを開発するための全体システムとしても開発できたりするわけです。それぞれ実現の仕方、特にClockの扱いやデータの入れ方・出し方に特徴があります。リアルタイムデータをデジタルツインで使うことになると、かなりClockの扱いがstrictになってきて重要になってくるということが出てきてしまうわけです。

実例として今動いているものがありますが、例えばこういうつなぎ方とすると、VR避難行動シミュレータや右下の避難誘導のアプリなどができるようになりました（P11）。左側だけ説明すると、VR避難行動シミュレータというのは、先ほどのARIAのPoCにつないで、ARIAのほうで水位が上がると、VR避難行動シミュレータのほうでも水位が上がっていきます。水位が上がると、どれだけ行動がしにくくなるかというのを、VRに実際に歩ける歩行器をつけて体験してもらおうシステムです。スマホもつながっていて、そのスマホ側VRの中で触れて情報が取れて、通信障害の情報も加味されて、それがスマホがあるところに来ると見えなくなるというような仕組みになっています。もともとこういったサービスがあったときに、実際の災害時にどれだけ機能が動くかというのを検証するために作ったのですが、別の見方をすれば、シミュレータとして避難訓練に使う、アプリを避難訓練に使うなど、ほかの施策にほかのシステムをつないだり、シミュレータをつないだりして使っていくことができるようになってくるのではないかと思います。

まとめますと、アクチュエーションを考えることが非常に重要で、先ほどのお話にあった使いみちをどうするかということからシステム構成が大分変わってしまうというのが、かなりのネックではないかと思います。課題としては3段階で、①正確に現実世界のデータを取り込むこと、②物理量のインタラクションを含めて現実世界を仮想世界に再現すること、③それをアクチュエーションすること、つまり、計画に取り入れる、施策に取り入れる、現実を変える、人間も含めてそれをどうするかということ、それがかなりの課題になるのではないかということです。

【池田部長】

廣井委員、ありがとうございました。

防災分野のシミュレーションについて具体的な手法や課題について御講演をいただきました。

続いて、今井委員より、点群データの活用事例や教育への活用という観点で、「インフラ・防災・教育分野における点群データの活用事例」と題してお話をいただきます。

それでは、今井委員、よろしく申し上げます。

7 講演：今井委員

【今井委員】

法政大学の今井です。

私からは「インフラ・防災・教育分野における点群データの活用事例」ということで、私自身、振り返ると、もう17～18年、点群データを扱う研究をしており、今まで取り組んできた内容をこれから紹介させていただきます。

点群データですが、こちらは法政大学の多摩キャンパスの道路です（P1）。私たちがぱっと見たときには、恐らくこのように法面、植栽、ガードレール、路面標示、区画線、車道というように、いわゆる地物と言われるものがすぐに分かりますが、点群データは、御存じのとおり、XYZの座標、物によってはRGB値の色情報が入っているということで、点列としてしか認識されていませんので、コンピュータに、車道だ、区画線だ、ガードレールだということを人間と同じように理解させることができると、インタラクションのやりとりができる。つまり、人とコンピュータとのインタフェースとして役立ってくれるだろうということで、これを私たちはプロダクトモデル、あるいはSemantic Point Cloud Dataと呼んでいます。そういった開発にこれまでチャレンジしてきました。

これは地図、具体的に言うと、高規格の道路でいうとダイナミックマップ基盤、自動運転の地図で、これは非常に賢くて、この地図を下敷きにすると、このような車道部を抽出することができます。つまり、空間上で、領域でボクセルを作って、その中に入っている点群データを抜き出して、それにラベリングをする。そういったことを進めていくと、Semantic Point Cloud Dataということで、それぞれ地物として認識させることができます。

その地物を今度は人工知能を使って学習させると、どんどん点群データを取ってきて、それを人工知能に入れると、地物化された点群データを生成することができます。それをコンピュータ上で扱うことができる。これは今、技術的には開発することが可能で、私たちの研究チームでも開発したツールとして、実務的に御利用いただけるような「3D Point Studio」という形で、御利用いただける形で提供もさせていただいているものです。

これを使うと、例えば台帳も3次元で管理していこうということで、今3次元台帳という言葉が出てきて

いますが、点群そのものを台帳として使う。モデリングして3Dモデルを作るのはコストが非常にかかってしまいますので、点群データに対していろいろな調書をラベリングすることもできるようになってきています。

これは国交省で取り組まれていたものですが、施設の機械の台帳なども3次元で管理ができないだろうかということにもチャレンジしています。

これは静岡県と一緒に今、共同研究をしていますが、法面の点検、防災点検、さらには静岡県も講演されていますが、災害が起こったときの査定にも使えるのではなかろうか。

さらには、これは徳島大学で主体的に取り組まれているブロック塀の点検の例です。ブロック塀が倒壊して亡くなられた事故がありました、それを受けてブロック塀の点検をしっかりしていこうということで、地域住民の皆さんとワークショップも開いて、実際に活用をされているという事例も今、出てきているところ です。

さらに道路に着目すると、道路の地物に特化して、轍掘れを算出することも、技術的にもできるようになってきているという動画の紹介例です。

さらには、3次元のモデルを作って、例えば構造解析をしたい、さらには復元設計をしたいというときには、3次元のモデルも点群データから、物によっては、シンプルな構造のものであると、生成することができるようになってきています。

これもSemantic Point Cloud Dataを使うと、橋梁の上下部工の3次元を生成することが技術的にもできるようなところまで今、来ているところです。

こういったものを、さらにデジタルツインという環境で点群データを扱っていこうとした場合は、空間IDと言われるボクセル空間上で地物を管理することをやっていたらどうかということで今、取り組んでいるところです。こちらは動画がありますので、御覧いただければと思います。これは今年のG7の閣僚会議でデモした動画の日本語版です。短縮していますが、御覧いただければと思います。

(動画再生開始)

3次元情報基盤の研究開発。現実空間の情報を仮想空間に再現し、実社会の課題解決に生かしていくデジタルツイン環境。

このデジタルツイン環境をさらに広く社会インフラとして活用するためには、情報をつなぐための基礎となる3次元空間情報基盤の構築が必須です。

そこで日本では、2022年に専門技術を有する企業群がコンソーシアムを形成し、ドローンの自律飛行をユースケースとした、いまだ世界でも例を見ない新たな3次元空間情報基盤の研究開発に着手しました。

この研究開発は大きく分けて3段階で進められます。1つ目が、3次元空間情報基盤の開発、2つ目が、ドローン自律飛行計画のリスクマネジメントシステムの開発、そして最後に、3次元空間情報基盤を使った自律ドローンによる飛行実証及び検証です。

3次元空間情報基盤の開発。

3次元空間情報基盤は、これまでの2次元情報とは異なります。空間上の位置を特定するため、縦・横・高さ、そして時間軸の情報を使う指標なのです。私たちは現実空間から空間の状態を点群データとして集積する技術を確立しました。そのデータを基に現実空間は3次元のボクセルと言われる立方体で表現されます。このボクセルには2次元の地図を基にした空間IDが割り振られ、様々なデータを

柔軟に格納できます。この3次元空間情報基盤と空間IDが確立されれば、実社会での有効活用が可能になるのです。

身近な活用方法としてまず考えられるのは、道路や電柱、標識など、社会インフラの維持管理領域です。空間上に存在する様々な社会インフラに対し空間IDが付与され、さらに既存の地図情報と連動することで、約9割の精度で物体の識別ができるとともに、その物体の部位をピンポイントで照合することができます。

(動画再生終了)

ということで、本当にこれができるのかということは今、静岡県内の一部のところで、この環境自体を構築して、この秋から実証実験を行うということで、今準備を進めていっているところです。ですから、皆様も御利用いただけるような機会を作りたいと思っていますので、ぜひ御利用いただきたいと思います。

さらには、インフラの点検のところで、これは人が行って点検するということもあるでしょうし、先ほどドローンが出ていましたが、いわゆるロボットが行って点検するようなことを行える環境にもなってくるだろうと思います。

その第1弾で、まずは人が行くというところですが、先日CEATECでもデモを行っていましたので、その動画を御覧いただければと思います。これはCEATECのNEDOのブースを3Dの点群データを事前にとって、そこでデジタルツイン環境をある程度作って、写真を撮ってアップロードしたときに、デジタルツイン環境で写真を見ることができるといってデモンストレーションです。こういうものが既に実装できているということです。

さらに、こういうデータがますます流通してきた場合、先ほどチャットでも御指摘がありましたが、データの正しさはどうするのかということなんです。私たちが今、データの原本性と追跡可能性、いわゆるトレーサビリティを確保するというのを、ぼちぼち本気でやらないといけないということで、ブロックチェーンを導入した原本性と追跡可能性を確保するような検討を今、進めていっているところです。

さらに、究極のところは、先ほど廣井委員からありました災害対応のところがあるかと思っています。実は廣井委員と瀬戸委員とも一緒に取り組んでいるSIPの事業があって、そこではまさに今、地球上で何が起きているか、災害が起った瞬間に何が起きているのかということ、左側の衛星と地上のセンサ、様々なセンサから取ってきて、とにかくデジタルツイン上に送り込んで把握するというのに今、チャレンジしようとしているところです。3年以内には実証実験を行おうとしていますので、東京都のデジタルツインと連携した形で進めていくことができないかと思っています。

もう一点、最後に教育です。こういった点群データを扱う学習環境がまだまだ整備できていないところです。たまたまありがたいことに、法政大学は文科省から事業を助成していただいて、レーザ関係の実習ということで、例えば測量の実習で、実際にレーザを使って点群データを取り、その取ったデータのフィルタリングをするところが非常に重要ですので、そこを行う。さらにはメタバースのようなものを作ってみる。

そういったことを実際にやって習熟度を高め、さらにはCADの実習の一環で、外濠キャンパスを計画するときに、こういった3Dの「PLATEAU」のモデルと点群データを使って、最終的に右側にあるような最終課題の提出物をレポートとして作ってもらう(P25)。こういう授業も今、始めているところです。

さらには、私たちは土木業界の人材の育成で、こちらは、恥ずかしいからあえて出典を書かないでほしいと言われましたが、前田建設工業が取り組まれている内容です。点群データから、先ほど空間IDのようなボクセルにして、ゲームを行う中で施工管理を一通り学ぶことができます。さらに、施工管理をやっている

く中で、例えば必要な3D CADのツールなども覚えていく。こういうことで人材不足を解決していこうというところで今、果敢にチャレンジをされているところです。

ということで、私から一通りの、今取り組んでいる事例の御紹介をさせていただきました。

【池田部長】

今井委員、ありがとうございました。

8 討議(2)

【池田部長】

廣井委員と今井委員より、御講演をいただきました。こちらについて、各委員からコメントをいただければと思います。

では、瀬戸委員からお願いできますでしょうか。

【瀬戸委員】

御発表、ありがとうございました。今井委員にコメントと御質問をさせていただきたいと思います。

防災に関してはデジタルツインの検討会でも、私も含めて数人の委員がかなり重要な課題の一つになるということで、東京都でもいろいろな取組をされていく中で、今年は実は水害に関する実証が動いているので、それについてもまた御意見をいただければと思います。

今井委員にお伺いしたいのは、まさに今日前半にお話しいただいたSemantic Point Cloud Dataの話で、3D都市モデルを作り込むのは、コストが大分下がっているとはいえ、それをリアルタイムで更新していくのは大変かもしれないというのがある中で、逆にSemantic Point Cloud Dataの場合、スキミングして若干抽出やフィルタリングができれば、すぐデータとしてスタンバイできるということが大きな利点だと思います。今、静岡といろいろな事例をやられていると思いますが、抽出や処理時間がどのくらいでできるのか。例えば静岡市など1つの行政全体でやろうとしたときにどのくらいの処理時間がかかって、インターネット上で公開するのにどのくらいのタイムスパンでできるのかという観点で、実際に作業もされていると思うので、もし御知見があればお話しいただければと思います。

【今井委員】

現時点では、その部分の高速処理が実はまだできていないところで、今まさにやっているところです。1自治体ですと、それでも対象とする地物の数が少なければ、例えば1日で取ってきたデータを1晩回したら、ある程度抽出できるといったところは、物によってはできつつありますので、1か月待たなければできないという次元のものではないかと思います。

【瀬戸委員】

まさにそこがお伺いしたかったところで、今後、災害対応があったときに、差分を抽出できるというのは大きな利点だと思いますが、1日ぐらいであれば、大規模な災害等でなければ、そういった時間感覚で処理解析した結果、どう補修していくかは、行政の業務にすぐ使えると思います。

【今井委員】

そうですね。そういう意味では、災害査定の時間短縮につながるようなところを狙っているので、そこは必須だと思います。

私から一点、廣井委員に、先ほど連携基盤というのがありましたが、それは、例えば東京都のような都道府県単位で作るのがいいのか、もう少し広いエリアで作るのがいいのか、あるいは日本で作るのがいいのか、あるいは複数の階層構造になったほうがいいのか、その基盤の構成はどのようにするのかと思っただので、教えてください。

【廣井委員】

まだまだそこまで考えられていないというのが正直なところですが、恐らく都道府県単位、地域単位というよりは、使う人主体で考えたほうがいいたろうと思っています。先ほどのSIPでいえば、SIPで使う関連する方と、そこにサービスを提供したい方々を目当てに作る。ある自治体で使いたいなら、もしかしたら関連する自治体、近隣の自治体も含めたものを作るかもしれないですし、自治体の中でも目的に合わせて少し小さめのものになるかもしれないですし、地理的なエリアというよりも利用のユースケースを考えて誰に提供するかということ考えたほうが早いのではないかと考えています。

【今井委員】

よく分かりました。

【池田部長】

では、続いて、廣井委員、お願いします。

【廣井委員】

今井委員に少し重いことを伺ってもよろしいでしょうか。先ほどの点群のお話で、ここまで研究は進んでいるのかと思って非常に興味深く伺わせていただきました。点群データは研究としては脈々とされているものかと思いますが、ユーザー目線で見ると新しいものですので、どうやって使うのかというのはかなり難しいところだと思います。冒頭に宮坂副知事がおっしゃっていた、課題を解決するという意味で使うのであれば、こういう使い方があるということがディスカッションによって出てくると思いますが、攻めの使い方なのか、新しいものを提供していく、新しいものを追求していくという観点になると、どういう使い方があるのか。両方やっていくのが正しい姿ではないかと思いますが、今までにないような発想で新しい防災なら防災の在り方の提供するために我々は何をしたらいいのだろうかというのを、先ほどお話を伺ってからずっと考えています。ヒントになるようなお考えをいただければ。

【今井委員】

そういう意味では、先ほど宮坂副知事が、データをアップロードすることは非常に大事だとおっしゃっていたのが一つのヒントではないかと思っています。点群データは、今まで玄人集団が扱うもので、非常に高いソフトウェアを使って操作しないと扱えなかったのが、だんだんと無償のツールが出てきて、最近ではiPhone Proなどを使うと、自分たちで点群データを取ってアップロードすることができるし、見ることもできるようになってきているわけです。東京都をまるごと電子化しようと言ったときに、今は東京都が頑張っているんですが、屋内の空間などいろいろなところは、まだ細部が取れていないところがあります。それなら都民みんなで取ろうということもできるわけです。あそこはどうなっているかということも、取ったものがすぐにアップロードできて、形状差分がすぐに見られる。特に点群データが一番威力を発揮するところは差分ですので、その差分を取るためにみんなでアップロードしてもらおうということができるようになってきました。防災でもみんなで作る防災マップのようなものがありますが、そういうことが点群データでもできるようになってきたのではないかとということで、ここから一気に広がってくるのではないかと考えています。

【廣井委員】

新しい発想が生まれやすい環境を作っていくことがまず大事だということがよく分かりました。

【池田部長】

続いて、伊藤委員、お願いします。

【伊藤委員】

御講演、ありがとうございます。私は専門が大分違うので、どのくらい理解できているか分かりませんが、感想で。廣井委員のお話は、「CyReal」ということですのですごく興味深かったのですが、例えば空調の話で、建築だと空調だけで完全に良い環境にするのではなくて、ときには自分で窓を開けて調整したり、そういう行動が起こるぐらいの空調の調整をしていると思います。避難も同じだと思いますが、教育や行動規範によって何か変わってくるというところのリアルのほうで、人間がまた関わってくるとどうなるのか、また既にそこは取り入れられているのか、そこを今後また教えていただきたいと思いました。

【廣井委員】

IoTの段階では、人間は主体的にデータを見て、自分で判断して動いてくれるものだと思いますが、Cyber Physical Systemやデジタルツインになると、人間が主体にもなるし、アクチュエーションされる客体にもなるし、いかに人間をシステムに取り込むかということもまず大事で、システムとのインタラクションも大事だと思っていました。先ほどの伊藤委員のお話を伺って、システムだけで考えるのではなくて、リアルでの人間中心のシステムも考えていかないと、リアル空間と仮想空間がインタラクションして考えていかないと、実際の人間をどうやってアクチュエーションの対象にしてよくなっていくかということまでは、なかなか難しいのではないかと思います。両方考えることが必要だと思っています。

【池田部長】

では、続いて、吉村委員、お願いします。

【吉村委員】

お二人の委員、プレゼンテーションをありがとうございます。

廣井委員の連携基盤のお話はすごく重要だと思ってお聞きしていました。東京都もデータ連携基盤をしっかりやられていると思いますので、ぜひアドバイスなどをお願いできればと思います。今井委員の発表を聞いていて、デジタルツインは我々の社会を今後10年、もしくは50年、100年という単位で見たときに必要になってくる社会的なインフラであり、基礎的な社会的共通資本となるようなものだということを再認識させてもらいました。その上で、先ほどおっしゃったように、みんながアップロードできることの大切さを認識することによって、「あの部分は俺がアップロードしたんだ」という感じになると、それこそ伊藤委員がおっしゃるようなシビックプライドにもつながるのではないかと思います。そういう社会ができれば、みんながまちを育てていける、よくしていけるようになっていくのではないかと思います。

最後に、教育と人材育成について私も少しだけコメントさせてください。ここは本当に重要だと思っています。急務です。実は私は昨日まで舞鶴に行っていて、高専のデザインコンペティションというのがありますが、その審査委員長をやっていました。高専のロボコンは有名ですが、デザインを競う全国の高専のデザインコンペティションというのがあります。これは建築系、都市系の人の方がやりますが、今年、私が担当した部門は、「PLATEAU」を使って都市再生、地域創生をするというのをテーマにしてやりました。若い人たちが考えることは、我々大人が考えることとは全然違うことを考えていて、都市の形状から音楽を作っ

たり、もしくは雪かきの提案が出てきたり、非常に面白い提案が出てきています。見ていると、若い人たちはデジタルにすぐ慣れているので、すぐ使いこなして、いろいろなツールを使いながらも、なかなか面白い提案が出てきているなと思います。

ゲーミフィケーションのことにも触れていただきましたが、そういう若い世代はゲームが大好きなので、いきなり当日に実装してゲームを作ったというチームもいたり、そういうところを混ぜていくと、そういう世代にも興味を持ってもらって、このようなデジタルツイン、「PLATEAU」、バーチャルというところにもどんどん参画してきてくれるのではないかと思います。その辺も皆さんで戦略を練りながら、どうやってこれを普及していくか、リーチしていくかというのは考えていければ、まちがもっとよくなっていくのではないかと思います。

以上、コメントです。

【池田部長】

続きまして、各務理事、お願いします。

【各務理事】

私は一点、廣井委員に質問があります。モジュール化、再利用化はとても大事だと思っていて、それをどうやってプラグイン化していくか、分割していくかということと、先ほどのClockという話は同期性のようなことかと思いましたが、その辺りについては非同期でよということと、同期性が重要なところをどうやってマネジメントされているかを伺いたいと思っています。

【廣井委員】

今の時点の話になりますが、今の時点の同期は、同期を管理するマネジャーのシステムがあって、それぞれつながるシステムが自分の処理速度はこうだということを申告して、それに従って「次はあなた」というように管理するシステムを作っています。データのやりとりも、ものすごく簡易なものであれば、それほど難しいことをすることはなくて、よくあるようなデータベースを使ってというもので十分な範囲ですが、処理速度をだんだん速くしていかなければいけない、リアルタイムデータを扱わなければいけないとなると、それだと遅くなったり、インターバルが来ってしまう。リアルタイムといっても分野によってリアルタイム度が違って、1年がリアルタイムというような分野もあれば、ミリ秒単位でやらなければいけないところもあると思うので、その扱いで、さらに1年とミリ秒を同時に扱わなければいけないというのがかなりの難しさになってくのではないかと思います。

【池田部長】

では、続いて、宮坂副知事、お願いします。

【宮坂副知事】

最初に廣井先生に、都庁の今の課題を教えてくださいたいのですが、帰宅困難者の対策は大きな課題です。前回の東日本大震災のときは500万人ぐらい帰宅困難者がいらっしまったという話も聞いています。また、通勤通学で都外から来られる方が大体1日300万人ぐらいと言われていています。そういった方に災害時にどのように適切に避難場所等を伝えるかというのはとても大きな課題になっています。

特に担当から聞いているのが、避難をお願いした際に、一斉に行動に移されると大変で、そこがすごく難しいという話でした。人間の行動ですから1人が動き始めるとそれがどう波及して集団の行動になっていくか分からないところがあるので、難しい課題となっていました。そのため、改めてそういったところいろいろ研究できればと思いました。

今井先生については、点群は形状の差分が強いという話をされていて、私もそこは可能性を感じているところです。今後の大きな歴史的視点でいうと、ちょうど今年は関東大震災100年です。都の図書館などでも前回の震災被害の記録が、大体写真か地図で残っています。次に起きたときは、我々は100年後に何で残すかという、写真と地図だけではないと思います。写真一つをとっても、都民が膨大に残すスマートフォンや動画のデータ、点群データもしっかり取り、精度の高い被害状況を残すというのも、防災を次世代に伝えるデータとしてもとても大事だと思いました。その辺りもぜひ今後アドバイスをもらえればと思いました。

【池田部長】

委員の皆様、ありがとうございました。

9 意見収集

【池田部長】

本日は4人の委員に御講演をいただきました。まちづくりの関係では主に市民の参加をどう取り込んでいくか。これはスマートシティの文脈でも非常に重要だと思います。また、防災の関係についても、ユースケースや課題がいろいろあるなと思いました。私どもとしても、デジタルツインにはいろいろなポテンシャルがあると思いますが、まずは防災やまちづくりでしっかりユースケースを作り込んで、それを踏み固めながら将来のデジタルツイン、リアルタイムの世界に行きたいと思っています。引き続きいろいろな御知見をいただければと思います。

10 閉会

次回ですが、1月か2月頃を予定しています。委員の皆様からロードマップの改訂について御意見をいただきながら、今回、中間報告で御報告させていただいたベータ版の進捗、取りまとめなど今年度を総括するような御報告ができればと思っていますところです。

本日は御参集いただきまして、誠にありがとうございました。

(了)