

## 総合知の活用事例 災害デジタルツインプロジェクト Disaster Digital Twin 4 National Resilience

越村俊一 東北大学 災害科学国際研究所 教授

皆さん、こんにちは。ただいま紹介いただきました東北大学災害科学国際研究所の越村と申します。よろしくお願いいたします。

本日は、「総合知」の活用事例として我々が今取り組んでおります「災害デジタルツインプロジェクト (Disaster Digital Twin 4 National Resilience)」について紹介させていただきます。

災害レジリエンス共創センターは災害科学国際研究所の中に創設されて、私はそこで副センター長を務めながらこのプロジェクトを進めております。災害デジタルツインプロジェクトです。

「デジタルツイン」とは、物理世界の情報・データのデジタルコピーを仮想空間上に作成して、その仮想空間上での様々なデータの分析や将来予測に関するシミュレーションを実行して、その結果に基づいた最適な政策、方針、行動を物理世界にフィードバックすることで、新たな社会の問題の解決やビジネスを向上させる枠組みです。

我々が提案しています Disaster Digital Twin 4 National Resilience といいますのは、このデジタルツインの考え方を防災に取り込んだものです。多様なセンサから現実世界の状況を仮想世界にコピーし、シミュレーションを実行しながらその結果を現実世界にフィードバックするということです。「DDT4NR」と言っていますけれども、日常災害時の多様な地球観測データだけではなく、社会基盤のデータ、社会動態のデータをリアルタイムで取り込んで、シミュレーションと AI の融合による分析を通じて、我が国がレジリエントであるための方針や被災地の支援策などを提案するということです。

その具体的なコンセプトについてお示ししたいと思います。我々が進めます災害デジタルツインというのはこの六角形のような形をしています。それぞれの辺がそれぞれの機能を持っています。例えば現実世界は左側にありますが、左側においてはセンシング、モニタリング、政策であります。様々なセンシングによって「ひと・もの」の動きのスマートセンシングを行い、さらには災害観測と継続的モニタリングによる社会のレジリエンス評価、最終的にそれが政策決定につながるということです。一方、それらの現実世界のデータ情報をコピーする、仮想世界にコピーして何を進めていくかといいますと、社会の動態

予測、特にリアルタイムシミュレーションによる災害過程、これは単にハザードだけではなく、社会全体の動態の解明を行っていきます。一方、それに対して、これから我々が、社会全体がどう対応すればレジリエントでいられるのか、例えば被災後の回復を早めることができるのかということです。我々はレジリエンス指標というものを導入しています。これを最大化するための政策、あるいは対応の方針というものを、シミュレーションで無数のシナリオを生成して分析します。その評価結果に基づいた政策を提案することで現実世界にフィードバックするということです。すなわち、データ、情報、解釈、推論、見識、知性、様々な「知」を構成する要素がこのデジタルツインの中にあるということです。

具体的にこういったデジタルツインをどのような過程で使っていくのかということですが、まず左側を御覧ください。これは私がラップモデルと呼んでいるものですが、災害が発生しますと我々の社会が非常に大きな不確実性に対峙するというものを示しています。その不確実性の大きさをこの輪で示しています。我々が災害後、最初に対峙する不確実性というのはその災害そのものの、我々はハザードと呼んでいますけれども、そのハザードの規模です。その後、防災施設がどのくらい機能するか、あるいは我々がどう命を救うような対応を取るか、避難行動、また、災害が襲うときの状況、人流や交通の状況、そしてもう少し長い時間スケールで見ますと、我々が災害に対してどう対応するのか、復旧・復興するのかということです。そういう過程の中で我々が取り得るシナリオ、行動というのは無数にあると思います。そのシナリオの大きさ、シナリオが爆発する様子をここにお示ししています。

ところが多数のシナリオがある中で、ある一つの方向、例えば青い方向に向かっていくと、これはレジリエントな社会に向かいます。一方で、対応を誤ったり、意思決定を誤ったりしますと赤い矢印の方向に行きます。これが望ましくない社会、いわゆる国難と言われるような社会になります。ですから青い方向になるような意思決定や政策判断というものをどうしたらいいのかを、将来からバックキャストしてそれぞれのシナリオ分岐で提案できるというのが我々の目指す災害デジタルツインです。このデジタルツインといいますのは、右側を御覧いただきますと、様々なエビデンスに基づいて、人文社会科学、自然科学、そして AI、コンピューターとの融合によって表現されます。すなわちこれが「総合知」になります。その中で、様々な人文社会科学における経験知、伝承知、暗黙知なども取り込んだ上で、社会にとってよりよい政策、あるいはシナリオの分岐においてレジリエントな方向性を提示する、これが重要だと考えております。

幾つか事例を御覧に入れたいと思います。1つの事例が津波ですが、我々はリアルタイムで津波の浸水被害を予測するシステムを現在、運用しております。国にも情報の提供を行っております。これはリアルタイムで津波の被害を予測しますが、この被害の予測に加えて災害過程を明らかにするのが、例えば人のセンシングです。人が今、リアルタイムでどこにいるのか、そしてそれぞれの人たちが津波から生き延びるためにはどのような対応を取ればいいのか、そういう解をたたき出して、それぞれの個人に対して情報を発信していく、それが我々の目指す Society 5.0 の津波の予測システムです。被害の予測から命を守る予測へと発展して、人的被害ゼロとなるような、そういったデジタルツインを目指しています。

現時点の状況についてお伝えします。現時点では我々、NTT ドコモと協力することによって人の動きの情報をほぼリアルタイムで把握することができています。例えばこちらに示していますのは高知県高知市の人口の分布の時間的な変化です。例えば8月9日から12日、2019年ですけれども、こちらで「よさこい祭り」がありました。このように人の動きというのは周期的でありつつ、イベントによって大きく増減があるということが分かっています。

人の動きというのは、ある程度の予測が AI で出来るようになっていています。過去の人の動き、社会の動態と申しますのは周期性を示します。それは左側の Train と書いてある時間帯を例えば AI が学習します。そして右側の赤い枠で囲った部分を Forecast、これを予測します。我々はそのような AI を構築しました。

そうしますと、例えば赤い線がモニタリング、実際の人の動きのデータです。グレーのライン、そして黒のラインというのが AI が予測した結果です。つまり人の動き、社会の動態と申しますのは、平時においては過去の我々の人の動態、社会の動きを学習することによって、ある程度予測することが可能になります。

ところが難しいのが災害時です。2019年に宮城県丸森町で発生した洪水があるのですが、このときの人の動きを御覧に入れたいと思います。

赤いラインを御覧ください。洪水が発生した時に人口が急に下がっています。これは何を示しているかといいますと、人々が避難したということを示しています。同様に過去の人の動きを、社会の動態を学習しながら AI 予測を試みますと、このように動きがずれてきます。つまり、災害時の人の動きというのは平時の動態を学習したとしてもそうやすやすと簡単には予測できないということです。我々は今、この改善に取り組んでいるところ

です。一方、実態が平時のデータの学習に基づく予測と異なるということは、過去の状況から何か違うことが起きているということにほかなりませんので、異常検知ができるとも思っています。ですから、人の動きの短期間予測と異常検知、今、何が起きているのかということを入・社会の動態から明らかにするというのを今、目指しています。

最後です。もう一つ、これは医学者あるいは医療従事者とのコラボレーションの例ですが、我々、マルチエージェント・システム、マルチエージェント・シミュレーションによって災害医療の活動を最適化する研究に取り組んでいます。例えば災害医療チームのアサイン、病院における医療ニーズの設定、被災地の推定・トリアージ、広域搬送拠点設営など、様々な活動が行われていきます。その活動をシミュレーションで評価していきます。出力とありますけれども、これは受け入れ病床数あるいは搬送者数の経時変化など、災害医療の活動において不可欠な情報をデジタルツインが出力していきます。その評価結果を政策的示唆としてフィードバックしていきます。そもそもコンピューター、AI が現場の医療従事者に対して何か有益な示唆を提供することによって協働が可能かということが非常に大きなチャレンジなのですが、特に我々、DMAT の方々と協力しながら、通常であればお医者さんが経験知や暗黙知によって決定するような方針、そういったもの、暗黙知を形式知としてきちんとコンピューターに取り込む、現実世界から仮想世界に取り込むといったことに今取り組んでいます。

こういった様々な例をお示しいたしましたが、このような形で「総合知」を活用した災害デジタルツインというものをこれから構築していく予定です。

#### 【質疑】

(上山) 大変面白いお話をありがとうございました。あまり時間もありませんけれども、一番聞きたいことは、この類いの研究を進めていくときに、先生のところでやられています人文学とか社会科学の研究者が、どのような形で明示的にコントリビューションできるのかということだと思います。むしろ、このデジタルツインはそれなりにきちんと動いていくけれども、そのときに、特に社会科学分野からどのような知見が一番求められているのかということです。例えば集団心理学のようなところは、恐らくかなりのところは行動変容を伴うことですから、あると思いますが、そこを具体的に教えていただければと思います。

(越村) 我々、災害科学国際研究所は文理融合というものを理念として立ち上がった組織

です。このデジタルツインにおきましても人文社会科学の研究者とのコラボを進めています。

2 つ例をお示ししたいと思いますが、例えばこのデジタルツインで何を表現するのかということ。短期的なものだけではなく、復旧・復興期における政策の是非といったものを議論するためには、例えば震災の復興における復興過程の是非というものを学習する必要があります。復興の是非というものはなかなか、例えば工学・理学で表現できるものではありません。特に人の Well-being に関わるものです。その代表例が防潮堤の建設だと思います。東日本大震災において防潮堤の建設は工学的に決められました。ところがそれによって様々な議論がなされています。Well-being に関する議論です。そういった Well-being をどのようにこのデジタルツインの中で表現していくかということが人文社会科学者との一つのコラボになります。

もう一つは、やはり歴史の観点です。我々、災害に対峙するということは、特に数千年とか、そういった発生間隔を持つ災害に対しても相手をしなければいけません。それは東日本大震災で学んだことです。つまり歴史から得られる、震災だけではなく過去の歴史的な災害から得られる知見というものを大昔に遡って、あるいは他国の、例えば 1755 年のリスボン地震など、本当に国が傾いてしまうような、そういった災害からの教訓というものを、単にエンジニアリング的なデータではなく、人文科学的に得られる教訓といったものを学習していかなければいけないと思います。

そういった2点を例としながら、人文社会科学の研究者とのコラボを進めています。

以上です。

(上山) ありがとうございました。