

特集

都市の再エネ普及とシュタットベルケ / 地域主導型再エネの現在 / 先端技術と再エネの未来

「先端技術と再エネの未来」

ドイツ国内 研究機関より (案内・翻訳 西村健佑 (Umwertlin UG))

この研究所はソフトウェアとシステム開発を専門に担当している研究所になります。今日お話しするデジタルツインは、元々宇宙開発の分野で使われるようになった仕組みで、バーチャル空間にテストベッドをつくり、機器のテストをするものです。よく言われるシミュレーションは特定の変数に限ってそれを動かす、どのような変化が表れるかを見ますが、このデジタルツインでは重要な変数を全て入れ、非常に多くの変数を変化させることで、できる限り現実に近い挙動のシミュレーションを行うモデルになります。デジタルツインは、インダストリー4.0というテーマに関わってよく使われ、工場の製造工程を全てデジタル空間上につくることで、機械、労働者、製品の変化についてシミュレーションが行われています。実際の製造工程を止めることなくデジタルツイン上でシミュレーションを行うことで、コストを節約できます。また製品だけではなく、その会社が持っているアセットに関しても過去のデータとモデルから導き出される将来の予測図までデジタルツインを通じて作り出すこともできます。

こうした工程はスマートグリッドで援用が可能で、特に電力の供給網についてシミュレーションができます。現在は再生可能エネルギー(再エネ)が分散型に設置され、それらを制御する必要が出てきています。発電の予

測や需要家側の調整といったところで、いつどの設備を抑制する必要があるか、必要な抑制量がどれぐらいかといったことを事前に評価する必要があります。デジタルツインによって、条件が変わった際のグリッドの挙動の変更を予測し、エネルギーの系統をよりよく制御していくことが可能になっていきます。

デジタルツインでは、最初に重要なのがライブデータへのアクセスとなります。ライブデータを使ってクラシックなモデルでのシミュレーションもできますし、ニューラルネットワークを使った学習モデルをデジタルツイン上でつくることも可能です。デジタルツインは、複雑化すると様々なシミュレーション用のモデルを組み合わせて一つの結果を出すことになっていきますから、様々なシミュレーションモデルを組み合わせていくと、その相互の関係から最終結果にエラーが出てきてしまいます。それが実際に使えるように、エラーレートを下げることが、我々の課題になります。

もう一つ重要なのが、どのようにデータにアクセスするかです。多くのデータを一つのシステムに入れ込むには、フォーマットを統一する必要があり、非常に複雑な作業になります。インダストリー4.0においても、ある工程だけをデジタル化するだけでなく、そこから出てくるデータも使いながら、企業の

マネジメントレベル全体を取り込み効率化を行うことが、目指されています。これはスマートグリッドでも言え、エネルギーの消費や、分散型電源がどのように電気をつくるだけでなく、そこから出てくる様々な課題を包括的にシミュレーションできるものをつくることとなります。以上、簡単ではありますが、デジタルツインとは何かと、私たちがどのような仕組の開発に取り組んでいるかの紹介となります。

次に、AAS¹⁾について説明します。様々な機械が別々のプロトコルやデータモデルを使っていることをイメージしてください。問題になるのは、機器間のデータのやりとりです。様々なITのシステムが、機器をネットワーク化しようとクラウドで管理する仕組みを提供し始めていますが、カップリングできるのは、同じプロトコルを使うものだけになります。私たちが取り組んでいるのは、様々な設備にAASを提供することで統一的に管理ができるようにする仕組みです。私たちはインダストリー4.0のプラットフォームに参加している企業でコンソーシアムをつくり、統一的なアセット管理のためのデータのやりとりができる仕組みの開発を行っています。データにアクセスできるだけでなく、データを使った仕組みの開発までできるAASの開発に取り組んでおります。ただし、私たちは全ての機器を横断的にできる仕組みではなく、電話帳のような、AASの下にさまざまなサブモデルがあり、それぞれが別々のデータを取り扱うかたちを目指しています。

AASは設備を管理するツールボックスのようなものです。スマートグリッドでは様々な設備をこのシステムで管理し、電力消費を

ユーザーの要望に合わせて実現していくことが考えられます。このような総合的なシステムを管理するためのAASとはどういったものか、インダストリー4.0のプラットフォーム上で定義されてきたところです。今後はサブモデルを具体的に開発していくステージに入っていきます。例えば、サブモデルではどのような機器がどれぐらいのエネルギーを使っているか管理できる仕組みの開発、標準化が今後の課題になっていきます。

一例になりますが、AASが管理するサブモデルと、サブモデルにデータを与える部品、その仕様が示されています。これは現在オープンソースで提供されておりますが、それでもかなり扱いづらいシステムになっていきますので、さらに誰でも使いやすいようにしていくのが次のステップです。それから、AASにつながっているサブモデル以外のところで、例えば別のERPシステムと繋がることで、より幅広いデータを使った分析ができるようになります。このように非常に幅広いデータを包括的に扱うような仕組みが、デジタルツインでは開発されていくこととなります。また、フィールドバスからサブモデルの方へ直接データが行くところでは、様々なデータを統一的な言語にして集めていくこととなります。

具体的な使い方の一つが、小ロット大量生産の生産工程の調整です。製造工程の変更は大変な労力がかかりますが、デジタルツイン上でシミュレーションすることでコストを節約できます。工場には各メーカーの各作業を行う様々な機械があり、これらは一つのデータフローにまとまる仕組みにそもそもないません。我々は、こうした様々な全然

違うプロトコルを使う仕組みをネットワーク化して、一つにまとめ上げていくことを、このインダストリー4.0の中で目指しています。私たちは生産工程、特に組み立て工程へのインターフェースをAASを通じて定義することで、様々な生産工程をつくっていくこととなります。例えば様々な異なる商品の注文が入ってきたとき、生産計画を自動的につくり、実現していく仕組みということになります。これをスマートグリッドに置き換えると、デジタルツインで実現するのは、まず柔軟な負荷抑制、負荷制御等になります。以上、デジタルツインと、スマートグリッドでも同じようなアイデアをベースにつくり上げていくというところです。

人口10万人の自治体でデジタルツインをつくると、幾らぐらいかかるかという質問があります。参照できるデータの質と量、目的で異なりますが、重要なのは人口ではなく、仕組みになります。例えば、スマートメーターが各家庭に入っているケースでは、いつ誰がどのような家電を使うのか傾向を導くことで、電力消費のシミュレーションが可能になります。大体6万から8万ユーロぐらいで、最も初歩的なシステムをつくるのは可能だと思います。

電気自動車を調整電源のように使っていくことは、デジタルツインを使ってより簡単になっていくのかという質問もあります。将来的に普及が進み様々な充電ポストに基本的に電気自動車がつながってくれば、電気自動車をバッファ的に使うことが可能になると思います。いつどこでどれだけの電力が系統を流れるかをデジタルツインでシミュレーションすることで、電気自動車の充電の最適化を

図るといった使い方が考えられます。

現在デジタルツインは、ミュンヘン、ハンブルグ、ブレーメンといったところが実際に導入を始めていますが、市民に開発計画の全容をお伝えするときに3Dのモデルとして使うケースが多いです。例えば、建物や街区の開発によって、景観がどのように変わるか、街区が開発されるとか街区で人口が減っていくといったときに、公共交通がどう変化していくか、もしくはその自家用車がどう市内の交通に変化を及ぼすかといったシミュレーションをするかたちで使われ始めています。

(講演終了)

質疑応答

○内藤 電気自動車の充電器の管理等は、金銭的やりとりが付随して出てきますね。決済システムとのリンケージはセキュリティーも必要で難しい。技術的にどうなのでしょう。

○K氏 データの管理システムをつくるだけではなくて、特定の用途に使うための、中間的なシステムも必要になり、まずデータのやりとりの標準化が大事。そのために機器ごとの認証を把握する。この認証を受け取っている機器は、デジタルツインに接続して、管理をしてもいい。例えば、ある町で20個の充電ポストを設置する場合、それらを全てデジタルツインで使おうと思うと、20の設備がそれぞれ認証を必要とし、20の認証が発行されます。それらを全て安全に管理するのは非常にコストがかかるが、どのセキュリティーレベルで実現するかは、今後の課題になっていく。重要なのは、どの設備がどういったデータを、どういった権限を持って使っているのかをまずは定めるところです。ドイツ

の国内は会社があって、そこが配電網の投資決定支援システムを提供しています。デジタルツインによってそれも将来的に可能になっていくのかですが、まずはエンジニアリングの意思決定を助けていくということです。スマートグリッドのレベルで考えていけば、例えばウインドパークを建てたいといったときに、シミュレーションを行い、投資が最適化できる。そうした意思決定の支援のシステムとして使うことも可能だと思います。製造工程では実際検討されています。

ドイツでも、地域のエネルギーをマネジメントしていくというのはこれからの課題です。今後、日本の自治体がデジタルツインを使って、地域のエネルギーを管理していくときに何に気を付ければいいんでしょうかという質問があったんですけど、一つは、具体的なユースケースを確定させることです。その上でデジタルツインがしなければならない事、そのためにどういったデータセットが集められるか。アーキテクトをきっちりつくるのが一つ。それからもう一つは、一度デジタルツインができると、様々な用途が必ず出てきますから、最初から拡張性をベースにしておくことです。私たちはAASにサブモデルを追加していくことによって、拡張性の高さを保証するかたちを取っております。

○諸富 こういうふうに使えるのかなと思ったのは、物的に実際に試験してみなければ得られなかったはずの結果も、デジタルツインによってかなり正確に再現することで、実際に実験しなくても得られると。例えば、自動車の耐性試験を、もしデジタルツインによって完全に、電子空間上で再現できるのであれば、実験をしなくても済むようになると。そ

うすると車の開発のコストと時間が一挙に削減できることになるんでしょうか。ち

○K氏 そうですね。自動車で言うと、自動運転などで強力なツールとして使えると思います。いままでの交通法は基本的に自動運転は前提としない法律になっていますから、自動運転が普及してくると、当然法律が頻繁に改正されていくことになります。改正条件をデジタルツインに組み込むことで、既存の自動運転のアルゴリズムが、問題なく新規制に対応できるのかシミュレーションすることが考えられます。

○諸富 社会的な意思決定を、実際に頻繁な法改正があったとしても決断できると、様々な社会的なメリットが生じていくような気がしました。ただ、完全にこのデジタルツインが現実を再現できるのか。つまりデジタルツインで想定外のことを考慮する必要があるような気もしました。例えば、想定できない人間の動き、モデル化できない挙動を考慮する必要はないのかと。デジタルツインでの代替が完璧なものなのかについても、少し留保が必要なのかなとも、思いました。

○K氏 そうですね。そういったところをどう取り入れていくかは、今後の大きな課題の一つだと言えます。

・なぜデジタルツインが必要とされるか

○西村 なぜデジタルツインかという、ドイツの中で電力市場2・0が非常に大きなテーマになっているんです。ドイツが電力市場2・0を提唱したのは、2015年なんですけど、うまく機能していないのが現状です。理由の一つが、需要家側の価格弾力性の低さです。発電側の制御では限界があるし、価格を市場が反映すると言っても、これまで電気代が常

に一定、もしくは夜は安い、昼は高いぐらいしか反映できなかった。これをダイナミックプライシングにして、15分、30分単位で価格が変わっていくときに、それに必要な設備とやそのための投資をどうするかは、実際に実験はできないのでインダストリー4・0において、まずデジタルツインが使われています。

インダストリー4・0の中で、今後重要なテーマになってくるのは、エネルギーコストに併せた生産計画の作成になっていきます。ですから、自治体は今後エネルギー転換を地域で実現するために、地域の大口需要家との密なコミュニケーションや、投資の意思決定を手助けする仕組みが必要になってきます。デジタルツインは、そのためのツールとして非常に期待されているんです。生産工程の最適化、エネルギーコストの最適化を、デジタルツインを使って示すことが、最終的にはエネルギー転換につながっていく。日本でもまだエネルギー転換とか、地方創生でデジタルツインを聞くことはないと思いますけれども、今後地方で再エネの地産地消モデルを実現していく中で、最適投資を自治体と大口需要家がコミュニケーションしていく中で、デジタルツインは今度5年、10年の間に一般的に普及してくるかと思います。これはドイツの国内でもようやく認知され始めて、今後伸びてくるテーマだと思うので、今回まだそこまで自治体が使っていないので、生産工程の自動化というお話になっていましたが、個人的には特に地方では、実際に工場に投資したり風車を建ててから考えるわけにもいかないので、こういったツールが重要になってくると思っています。

○諸富 実際にこの研究所が開発されたモデルは現実に、インダストリー4・0の具体等で積極的に使われだしているのでしょうか。

○西村 工場では使われだしています。2014年のハノーファー・メッセ²⁾で、初めてメルケルがこのコンセプトを紹介したんですね。このインダストリー4・0が、コンセプトとして紹介されてまだ6年程度なので、一気に投資の方向性が変わるのは、やはり難しいです。

ドイツで、インダストリー4・0に完全に対応するかたちで今年の夏に稼働を始めたのが、ボッシュの半導体工場です。完全なインダストリー4・0仕様の工場で、デジタルツイン等、非常に積極的に活用しています。それから、ライプツィヒの近郊にあるフォルクスワーゲンが新しくつくる電気自動車の工場も、近いものを導入しています。さらに日本企業がシーメンスのシステムを使って、このようなこのようなインダストリー4・0対応と言えるような仕組みをつくっています。ただドイツの国内は、ダイナミックプライシングを使っている企業が殆どありません。今後積極的に使うようになるとして、風力の発電は夜が多いんですが、その時間帯に労働者を働かせようと思うと昼夜逆転します。そういったものは労働安全環境の観点から許容されません。ですから、再エネが安いときに工場を動かせばいいわけでもない。労働者の安全衛生環境と、再エネの利用が、生産計画の中でどのように最適化されていくかという段階で、デジタルツインは非常に強力なツールになります。

○諸富 デジタル仕様の工場をつくったとしても、それを全面的に動かせばいいというわ

けじゃなくて、最終的に最適に使うためにはデジタルツインを使ったシミュレーションをやるのが最も効果的ということですね。物的な基盤、インダストリー4.0に適応した工場、これは常にネットにつながっていて、外部からの情報や環境変化に対して柔軟に生産プロセスを変更できるような、そういうイメージで思っています。

○西村 例えば、ドイツ最大の工作機械メーカーの持っているオートメーションシステムと、VPPが持っている遠隔の電源と需要家の制御システムは全く違う仕組みを使っています。それをまずデジタルツイン上でつなげて、どこまで使えるかシミュレーションしましょうということですね。ただ、諸富先生がおっしゃっていたように、全てのデータを入れることは現実的に不可能なので、取り組みは100%正しいシミュレーションではなく、どこまでエラーレートを改善できるかにあると。

○諸富 でも、そこまでも全然日本ではしていないので、非常に新しい話だったと思います。これから自分の中で咀嚼するのかなと思いました。何か日本でこれをどういうふうにして広げていくんだろうとか、考えさせられる話でしたね。

○安田 電力システムのシミュレーションは今も殆どデジタルシミュレーションになっているんですね。やはり、風力とか太陽光の変動性とかも全部デジタルでやって、しかもIECの規格で全部シミュレーションでやるという。その結果が現実とどう合っているか検証する規格もあるぐらい、急速にデジタル化が進んでいる。加えて、さらに人の動きとか、需要までデジタルで表現するのは、時代の流

れかなということ。これだけ計算技術が発達すると、ビッグデータとかの処理とかできてしまうのかなと。本来だったら、日本企業とかがチャレンジして得意なはずなんでしょう。頑張っしてほしいなと思っております。

○西村 そうですね。日本企業では、福島県でロボコム・アンド・エフエイコムが南相馬の工場をインダストリー4.0のコンセプトをベースにつくっているんですけど、これを支援しているのがシーメンスで、まずは工場の最適化。これに将来的にエネルギー転換が組み込まれていって、再エネが多い時間帯に稼働率を上げていくような工場が、ドイツの目指すインダストリー4.0の最終的なあたりに近いものだと思います。発電設備をどう制御するかは、アグリゲーションの分野では非常に大事なんですけども、自治体さんのレベルで考えると、需要家側をどのように柔軟にしていくか、特に価格弾力性をどのように工場に、需要家に持ってもらうかが、いま現在最も大きな課題だと言えます。

○諸富 やはりものづくりのやり方のかなり大きな革新だと思いますね。デジタル化を使って生産プロセスを最適化していくというのは、言うのは簡単なんですけれども、アイデアを実際に構想して、その生産プロセスの革新につなげていくんだという、プロジェクトを出してくるところがすごいと思います。エネルギーと組み合わせると、日本ではそこまでのアイデアと構想、そういう提案と実行の議論が確かに出てきていないですね。

○西村 ドイツでは、家電に関しては日本企業にボロ負けした経験があって、今後は電気自動車も、生産力でまず中国には勝てないというのがあります。それから3Dプリンター

●
が期待されたほどでないにしても、様々な領域で使われてくるようになっていきます。ナノレベルでコントロールできるようになると、職人技が全部3Dプリンターに置き換わるという意識もあるんです。こうしたなかで産業大国ドイツを維持していくかと、よりクリーンに、よりフレキシブルにということを考えていく必要があるということですね。

○諸富 それをドイツの強みにしていこうということですね。クリーンかつデジタルという視点で産業、ものづくりを刷新する。そこで競争力を維持するという。

○西村 そうです。あと一つは、ドイツでは自動化できるものは全部機械にさせて、人間

はより想像力を生かせるような場所に配置していこうと。さもないと、中国やインドには絶対勝てない。大量生産を強みにするのは、先進工業国としてはあり得ないという考えです。こういった危機感がインダストリー4.0にはあって、それとエネルギー転換、特に需要家側の価格弾力性が議論として結び付いてくるようになった段階です。今後は投資がそこへ向かっていくことになります。

注

- 1) アセット・アドミニストレーション・セル
- 2) 大規模な工作機械の展示会