



SEMINAR REPORT

人や社会から地球環境のデジタル化を目指すデジタルツイン コンピューティング構想



日本電信電話（株）
デジタルツインコンピューティング研究センター
主幹研究員
深山 篤 氏

NTTの深山です。日本電信電話株式会社の持株会社に研究所がありまして、私はそこでデジタルツインコンピューティングの研究に携わっています。

タイトルの「人や社会から地球環境のデジタル化を目指す」とは、様々な人や社会、あるいは環境といったものをデジタル的にモデル化して、そしてモデル化したものを掛け合わせて、何らかの判断に供するような情報を演算したり、様々な予測を立てるといったところを目指していこうというものです。今回は応用に近いものからコンセプトレベルのものまでかなり広範な話になりますが、そういうところも踏まえてご理解いただけたらと思います。

NTTのデジタルツインコンピューティング構想

まずは「NTTのデジタルツインコンピューティング構想」の全体像をご説明します。

前置きになりますが、「モノやヒトのデジタル化」はここ20～30年で進んできています(図1)。まず1985年にヒト第一世代とありますが、ヒトのコミュニケーションのありようというものが随分デジタル化され、デジタル基盤の上にヒトのコミュニケーションが表されていくというもの(例えばe-mail)が起り始めました。1995年にはモノ第一世代になりまして、インターネット上にいろいろな商品や店舗(amazonなど)、あるいは地図(Googleマップやゼンリンなど)といったモノというものが載ってくる世代を経まして、2005年からはヒト第二世代でSNSの時代ということで、ヒトのコミュニケーションであったり、購買ログや検索ログのようなヒトの生活の一部がデジタル化されてインターネットの上に乗ってくるという時代になりました。さらに2015年からはデジタルツインと呼ばれているものですが、工場や物流、あるいは都市計画といったものがどんどんデジタル化されて、インターネットや情報通信基盤の上に乗ってくるという時代を迎えているところです。

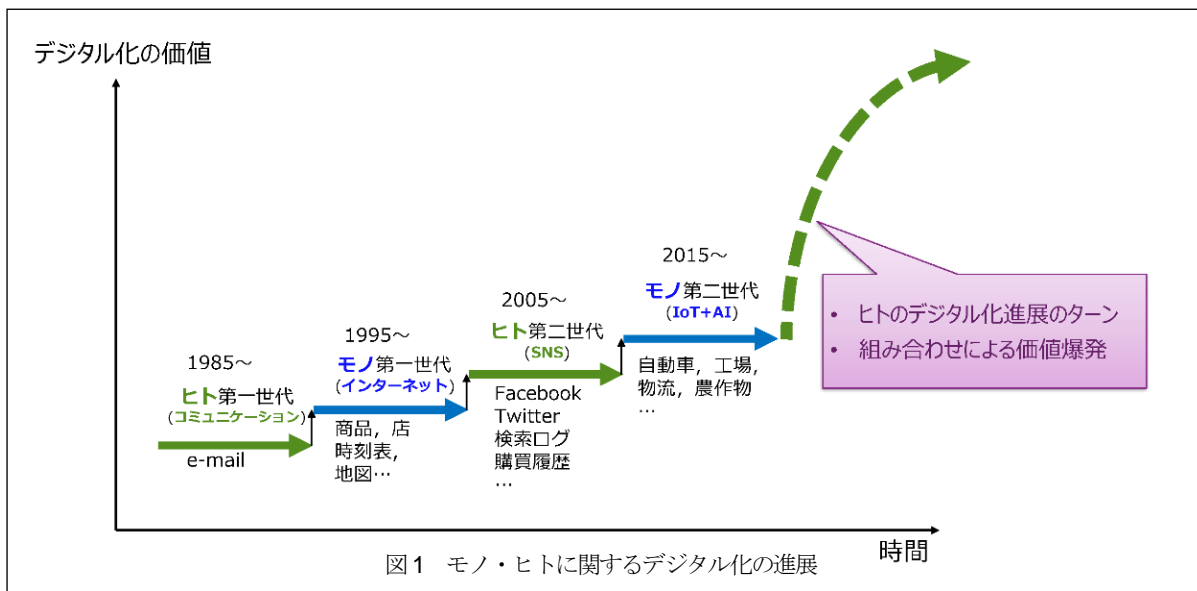


図1 モノ・ヒトに関するデジタル化の進展

我々はこのようにどんどん進んでいるモノやヒトのデジタル化をより進めていくこと、また、その組み合わせでより価値を増大させていくことを目指して研究開発を進めています。

あくまでも我々の認識としてですが、図2は現在のデジタルツインをまとめたものです。昨今、自動運転やロボットの制御、あるいは工場や医療において、様々なモノやヒトの挙動というものがデジタル化されて、故障の検知や疾病の予測に使われるなどの応用が進んでいるところです。このように産業ドメインごとに進展してきているものを掛け合わせて、より価値を増大させていこうと考えています。

デジタルの持つ威力はどんどん複製が可能なことや、複数のものを掛け合わせてより価値の高いものにすることです。そこに保存、記録、シミュレーション、未来予測といった技術を様々な組み合わせで、このデジタルツインの価値をより高めていこ

うというのがデジタルツインコンピューティング構想になります。

デジタルツインコンピューティング構想（図3）には3つの特徴があります。1つ目のデジタルツインを自在に掛け合わせられる共通の手段をつくっていくことと並行して、2つ目のAIの技術を利用した大規模・高精度・複合的な未来予測技術の研究開発を進めています。

3つ目のヒトのデジタルツインは、弊社では音声、顔画像、映像の研究知見がありますので、人の内面や外面をモデル化することで、例えば人がどのような場面でのどのような判断をするのかということデジタル化していきます。それらをシミュレーションに生かすことで、社会における合意形成や予測などにも踏み込んでいきたいと考えています。

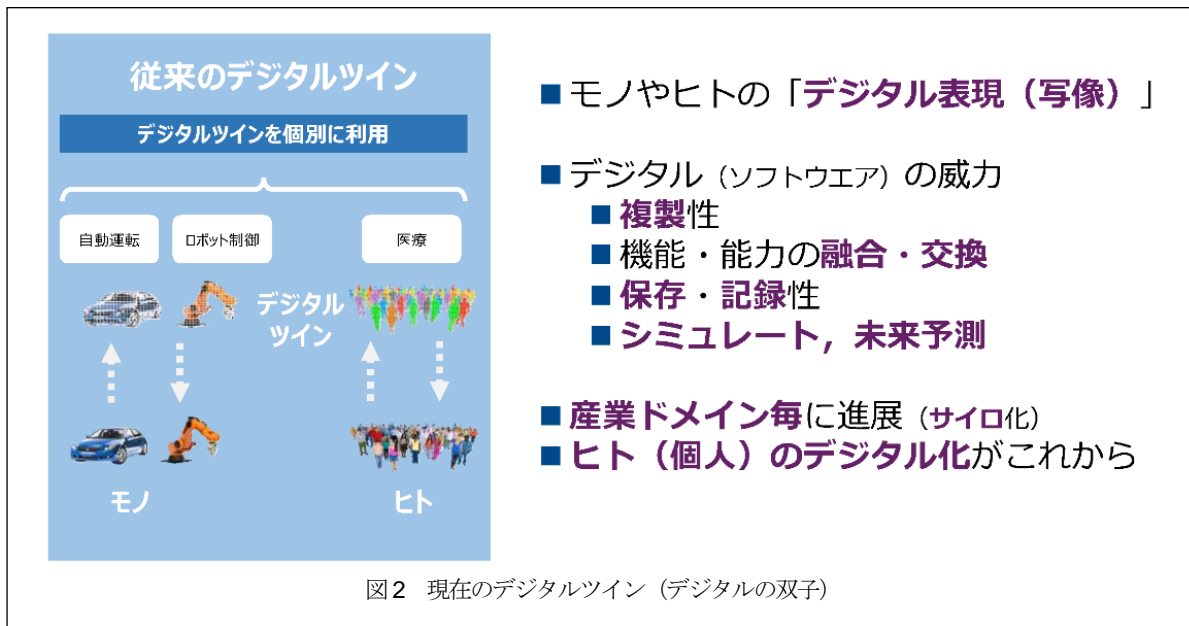
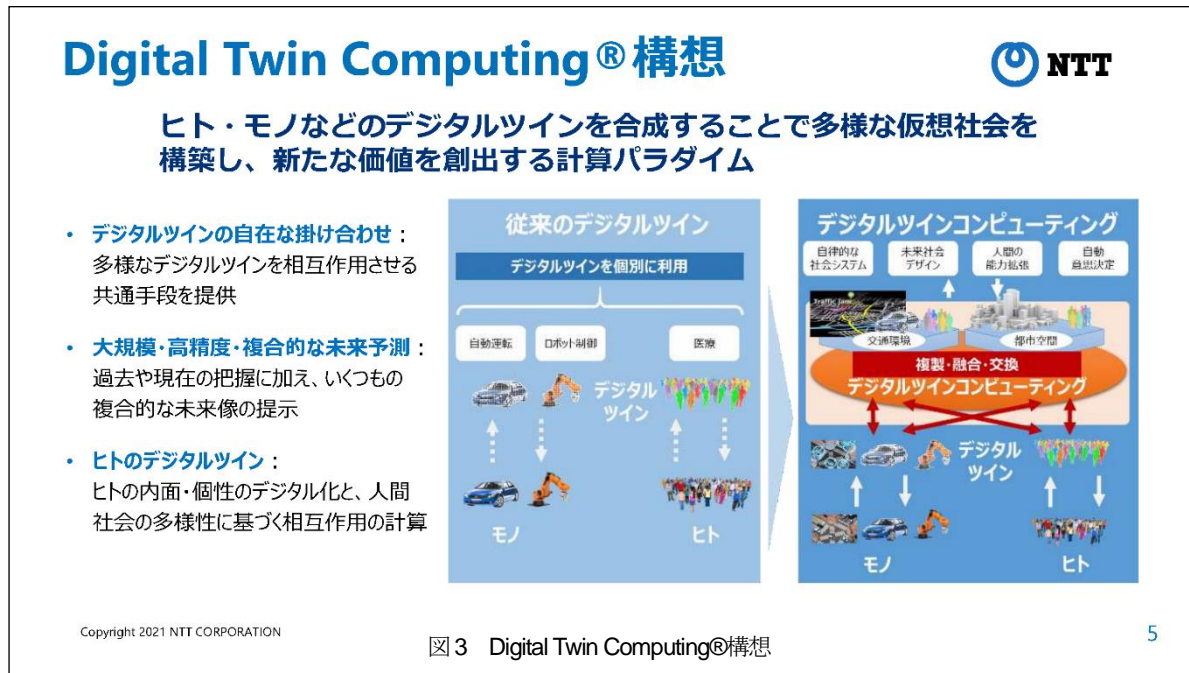


図2 現在のデジタルツイン（デジタルの双子）



Copyright 2021 NTT CORPORATION

図3 Digital Twin Computing®構想

図 4 ではデジタルツインコンピューティングの略称で DTC と書いていますが、適用領域をご説明します。

「能力拡張」は、知的な業務を担ったり自律的に行動したりするようなサポーティングなエージェントをつかって、それらと自分の協働作業によって、より人間の能力というものを拡張していくことを目指します。

「意思決定」のモデル化など、こういったものが個人 (person) から人のグループ (group)、街 (town) や都市 (city) レベルに拡張していくと「時空間を超えた人知活用」となります。多様な個性や専門性を掛け合わせ、瞬時の合意形成やアイデア創発への活用を指向しています。

我々は、大局的な最適解がなかなか得られないような問題や、多様な人の意見を反映した上で意思決定することに価値があるような場面があると考えています。特に社会の合意形成などには、人の多様性を反映したような判断や解の探求というものが非常に重要だと思っていて、そういうところに人の様々なアイデア、考え方、個性のようなものをモデル化した上で、そこから創発的に解を出していくということにもぜひ乗り出していきたいと考えています。

次に「医療健康」では、バイオデジタルツインを手がけています。例えばその人ごとの臓器をモデル化して、どのくらいの負荷を与えるとどのような挙動になるのかといった診断にデジタルツイン技術の利用を進めています。

そして都市 (city)・国家 (nation) のレベルになってきますと、「人流/交通流の最適制御」は外せないアプリケーションになると考えていて、この辺は後ほど事例をご紹介します。

続いて「都市エネルギー予測」や「未来都市のデザイン」、まだ研究中のものですが「地球規模のデジタル再現」をあげています。昨今、SDGs などいろいろございますので、例えば個人の人々の行動や社会における意思決定が地球全体の環境にどのように影響を与えているかが、ミクロから非常にマクロなレベルまでつながってシミュレーションできるようになってきますと、

人々の行動というものも非常に変わってくるのではないかと考えています。我々は、そのような人々の行動や意思というものと地球環境をつなげてシミュレーションするというにも取り組んでいます。

DTC グランドチャレンジ

我々はデジタルツインコンピューティング構想を2年ほど前に立ち上げました。図 4 にありますように対象が人から街や地球まで非常に幅広い分野なので、4つの課題 (グランドチャレンジ) を設定して、研究開発活動を進めているところです (図 5)。

DTCグランドチャレンジ

・ **新たな未来社会を切り拓くための4つの挑戦 (グランドチャレンジ) を研究開発目標として策定しました**

(2020/1/13 第1版) https://www.ntt.co.jp/news/2020/2011/201113_01.htm

個人の多様性や機会・可能性の拡大、社会構造の複雑化、地球規模の不確実性が増す未来において、個人の生きがいや心の豊かさを増進しながら、地球・社会・個人の間で調和的な関係が築かれる社会を実現するために、4つのグランドチャレンジに取り組みます

1 感性コミュニケーション	2 Another Me
3 未来社会探索エンジン	4 地球と社会・経済システムの包摂的な平衡解の導出

図 5 DTC グランドチャレンジ

グランドチャレンジの1つ目は「感性コミュニケーション」です。多様な考え方を持っている人同士、その人のバックグラウンドなどによっては、なかなか分かり合えないということもあるかと思えます。その人同士の感じ方やバックグラウンドをデジタル化、モデル化することによって、このコミュニケーションの齟齬というものを検知するとか、齟齬の部分を少し変換してあげて分かりやすくして伝えていく、といったところが必要なのではないかとというのが根幹になっています。

DTC の適用領域

- ◆ ミクロな空間中の人流・交通流・物流・エネルギー流の掛け合わせから地球規模のデジタル再現を通して**高精度かつ高速な未来予測**を行い、**実世界へのフィードバック・制御**によって、スマート社会を実現
- ◆ 「人間の内面」まで含めたデジタル化、時空間やリアルを超えた社会的インタラクションにより、個や集団の活動 (企業活動・経済・SDGs等) において、かつてない創造力や解決力を獲得

デジタルツインの規模・粒度

より深く person group town city nation globe space より広く

<p>能力拡張</p> <p>知的業務・技能を強化する能力拡張や、自律的に行動・成長するデジタルツインとの協働を実現</p>	<p>時空間を超えた人知活用</p> <p>多様な個性や専門性を掛け合わせ、瞬時の合意形成やアイデア創発に活用</p>	<p>人流/交通流の最適制御</p> <p>空間と時間の4D情報を活用した人流/交通流等の制御。気象、スケジュールまで組み合わせた混雑/渋滞/CO2最少社会を実現</p>	<p>未来都市のデザイン</p> <p>4D情報の中長期的変動予測による都市開発計画、ヒトの社会活動まで試行/予測した新たな街づくりの実現</p>
<p>意思決定</p> <p>様々な自身の可能性・未来像を提示し、自らの意思決定に活用</p>	<p>医療健康</p> <p>生体センシングとライフスタイル分析による個別化・予測型の医療、行動変容に活用</p>	<p>都市エネルギー予測</p> <p>都市レベルでリアルタイムなエネルギーインフラ (電気、ガス、水道他) の需要予測・高効率利用を実現</p>	<p>地球規模のデジタル再現</p> <p>地球全体の地形、気候変動等をデジタル化し、大規模自然災害の予測・対策し、持続可能な国・街づくりを実現</p>

図 4 DTC の適用領域

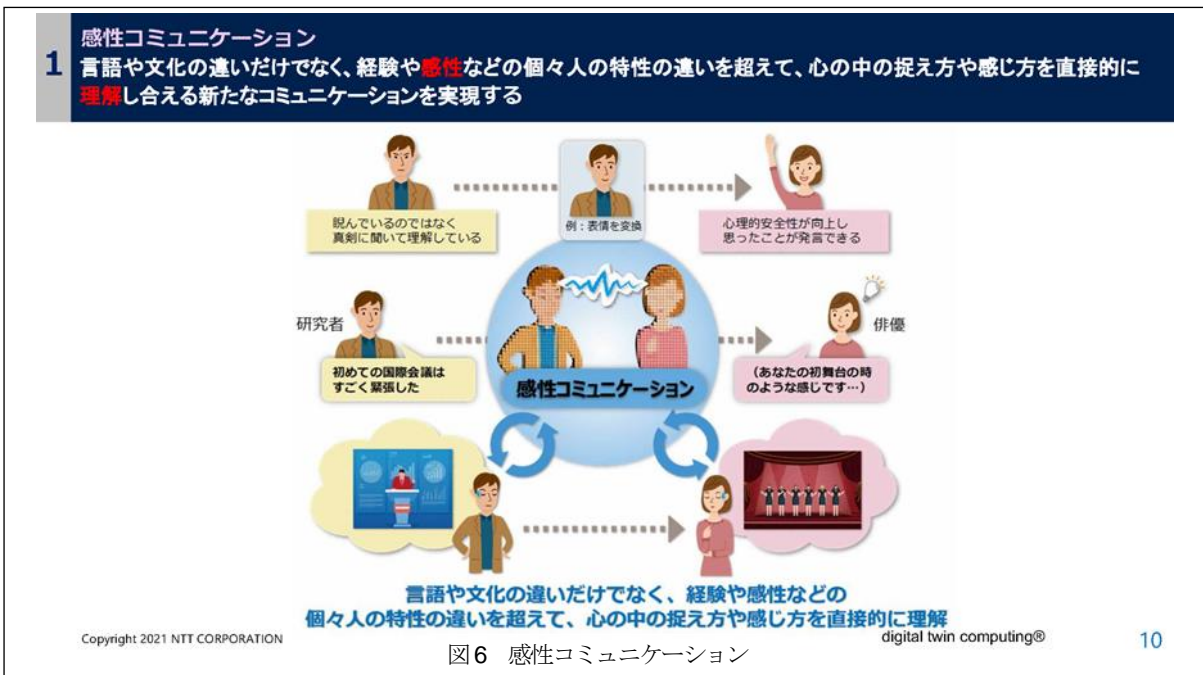
2つ目は「Another Me」といって、私がリーダーとしてやっているプロジェクトになります。読んで字のごとく、自分の分身をデジタル的に構成します。その分身が自分とは別にいろいろな場所で活躍してくれることによって、その人自身の機会を拡張していこうというものです。

3つ目は「未来社会探索エンジン」で、未来の社会のあり方を人や街のデジタルツインを使って、探索や予測をしていくというものです。

最後は「地球と社会・経済システムの包摂的な平衡解の導出」と書いていますが、いわゆる地球環境のシミュレーションです。地球環境という非常にグローバルなレベルのシミュレーションと、社会や経済システムといったもう少し小さいレベルのものや、あるいは人が関わってくるようなシミュレーションを接続していく取り組みです。

まず、グランドチャレンジの1つ目は「感性コミュニケーション」(図6)です。まだ始めて間もない研究ですので、研究課題のコンセプトのご紹介になります。

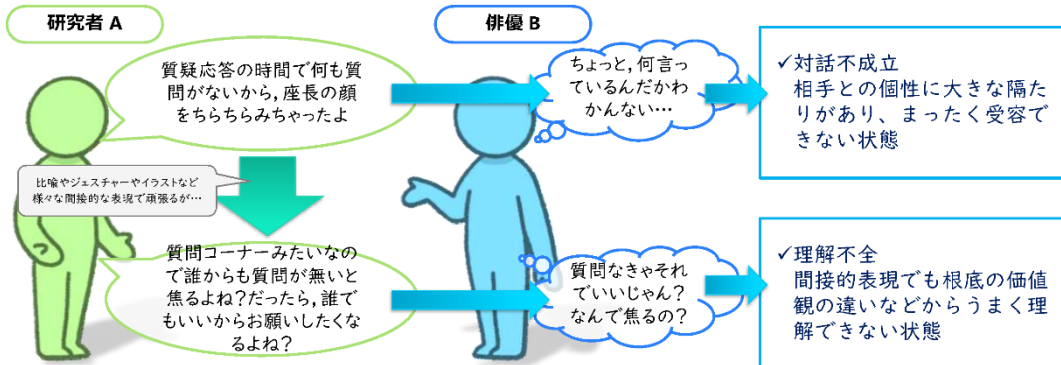
こちらは言語や文化の違いだけでなく、経験や感性などの個々人の特性の違いを超えて、心の中の捉え方や感じ方を直接的に理解し合える新たなコミュニケーションを実現する、とうたっています。図6では研究者と俳優の会話を例としています。例えば国際会議について「初めて出るときはすごく緊張するよね」と言えば、研究者の間であれば一瞬で理解できるような話ですが、これを全く違う立場の方に初めて国際会議に出るということは一体どのようなものなのかを伝えるために、会話の相手が俳優なので「初舞台のときのような感じです」と変換します。このように、それぞれの人の経験やバックグラウンドによっては意味が非常によく通じても、違うバックグラウンドの方にはなかなか分かりにくい表現などを変換してあげるような取り組みになります。



コミュニケーションにおける課題



- ✓ 対話不成立 (ディスコミュニケーション) : 感性受容力の違いや過去の経験からの類推が困難な状況により、感性的経験を受容できず、そもそも対話が成立させられない
- ✓ 理解不全 (ミスコミュニケーション) : 間接的表現の限界により、相手の感性的経験を理解することができない



上記は言葉の例だが、言葉以外のモーダルも含めて課題がある

図7 コミュニケーションにおける課題

コミュニケーションにおける課題を少し分解しますと、対話がそもそも成り立たない、理解できないという状態を我々は「対話不成立(ディスコミュニケーション)」と言っています。例えば、過去の経験の違いなどから相手の言っていることが類推できないという状況を指します。

図7の研究者と俳優の会話では、「質疑応答の時間で何も質問がないから、座長の顔をチラチラ見てしまいました」と研究者が言っています。質問は発表の場では非常にウェルカムなものであり、質問がないと発表した内容にあまり興味を持たれていない状況なのが、欧米の方なら分かるかもしれませんが、日本の方ではそれがあまり分からないようなこともあるかもしれません。この例では、研究者の発言を受けた俳優が「この人は一体何をそんなに気にしているのだろう」と疑問に思っています。このように感性的な経験を受け取ることができず、「何を言っているのか分からない」というところがディスコミュニケーションになります。

次に「理解不全(ミスコミュニケーション)」と書いていますが、間接的表現(比喩やジェスチャーなど)を用いても、根底の価値観の違いから相手の感性的経験を理解することができないということです。

研究者が「質問コーナーのようなものがあっても質問がないと焦るよね」と話をしたところ、俳優は「いやいや、質問がなければそれでいいんじゃないの」と思ってしまう例です。文脈上、相手が言っていることは分かっても、「一体この人は何でそんなことを言っているのかな」と相手の気持ちが推し量れないようなところがミスコミュニケーションになります。

このように研究者と俳優の間で、相手の経験であったり、相手の感じ方やバックグラウンドが違うことで生じるディスコミュニケーションやミスコミュニケーションを、その人の内面をモデル化することによって相手の感性を機械側が理解し、それを適切に変換あるいは可視化して、お互いの意思疎通がよりスムーズに行くようにするというのがこの感性コミュニケーションにおける一つの解決策になります(図8)。

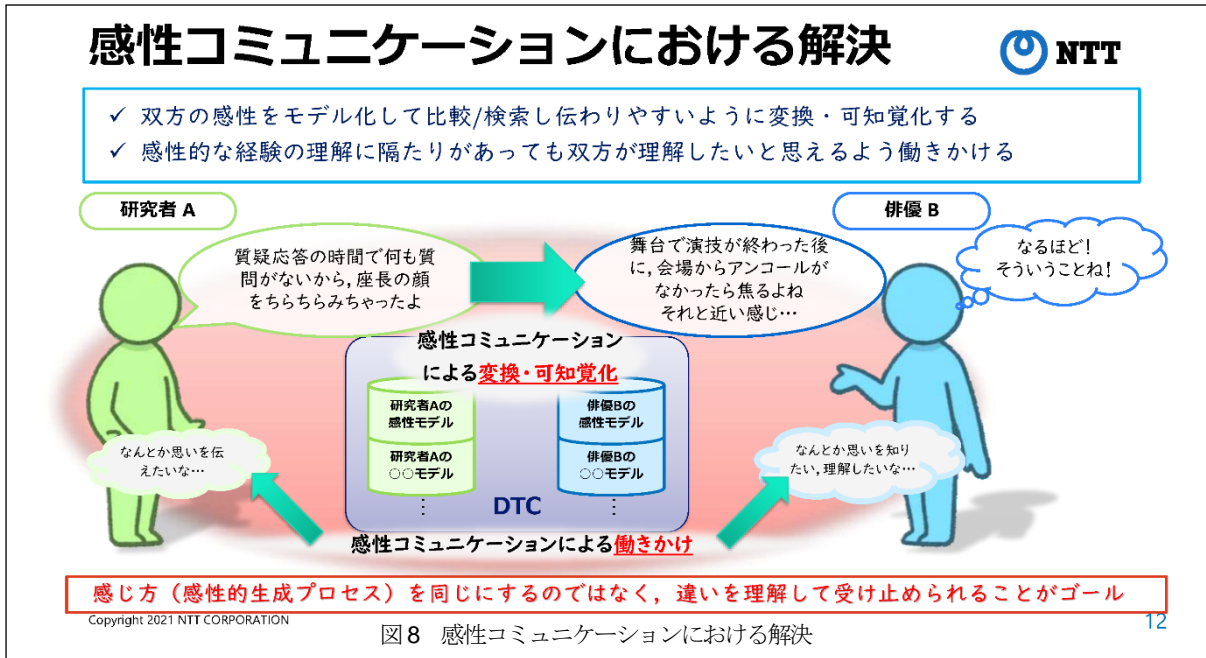


図8 感性コミュニケーションにおける解決

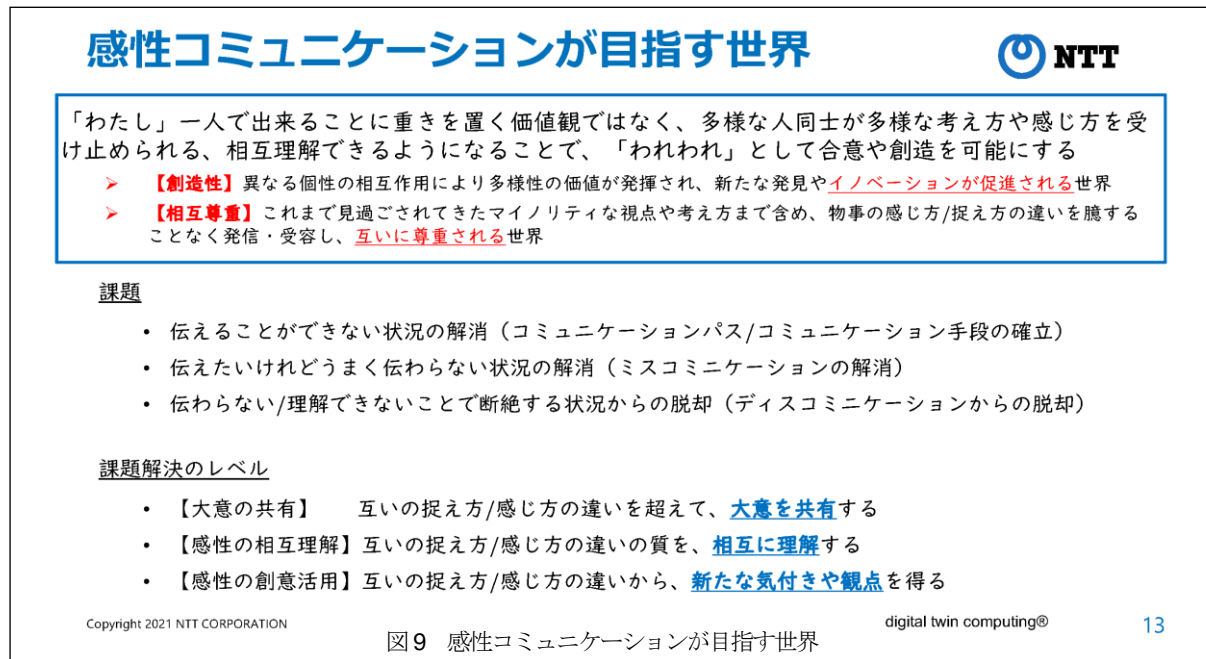


図9 感性コミュニケーションが目指す世界

感性コミュニケーションを技術として実現していくことで、「どのような世界を目指すのか」というところを2つ挙げています(図9)。

1つ目は「創造性」で、異なる個性を持つ人々が相互作用することによってそれぞれの多様性の価値が発揮されて、新たな発見やイノベーションが促進される世界と書いています。全然世界が違うのでなかなかコミュニケーションが成立しないというところを橋渡ししてあげることで、より創造性を発揮した相互作用が促進されるようにしていくというものです。

2つ目は自分が多数派だと思って生活していると、例えば障害を持たれている方といったマイノリティ側の行動や考え方など、「何が問題で何が問題でないのかが、なかなか分からない」ということが日常的にあると思います。自分では体験できないような境遇の方の感じ方や捉え方というところをより分かりやすくすることで、「お互いに尊重される」社会を目指していく取り組みです。

課題を解決するための取り組みの1つ目は、伝えることができない状況を解消するというところで、要はコミュニケーション手段というものがある無しというところをつなげていくという話です。

それから先ほど見た研究者と俳優の会話のように、伝えることはできてもうまく伝わらないというところを解消していきます。その結果、どうせ伝わらないとか、どうせ理解されないということで断絶してしまうような関係性から脱却していくことを目指します。

「感性コミュニケーションの技術」は現在、大きく3つの分野の技術に取り組んでいます(図10)。

1つ目は「感性モデリング技術」で、人の感性というものをより機械的に理解できるようにしていくことです。その中で、脳科学的な方面からの理解ということも進めていまして、どのような状況でどのような脳波や反応が出るのかというところの基礎的な研究なども含めて進めています。それから生体工学(センサ工学)、感性情報学など書いていますが、そのようなバイタル情報などから感性というものを理解していくといった研究も進めています。

次に「感性変換提示技術」とありますが、こちらは先ほども申し上げましたように、相手により伝わりやすいような表現に変えてあげる技術です。ここでは認知心理学や言語解析とありますが、人が発するメッセージというものを機械的に認識した上で、相手の感性モデルに合うように変換して提示するという技術になります。

3つ目は「状態変容技術」で、コミュニケーションができるようにつながったとしても、そこにコミュニケーションをしていくという意思が無いという状況も考え得るので、そのような状況でも、お互いにコミュニケーションをとるように促すという感性的な介入の技術であったり、あるいは自分が言ったことに対する相手の理解度というものを共有するような技術といった人の行動に介入していくような技術になります。

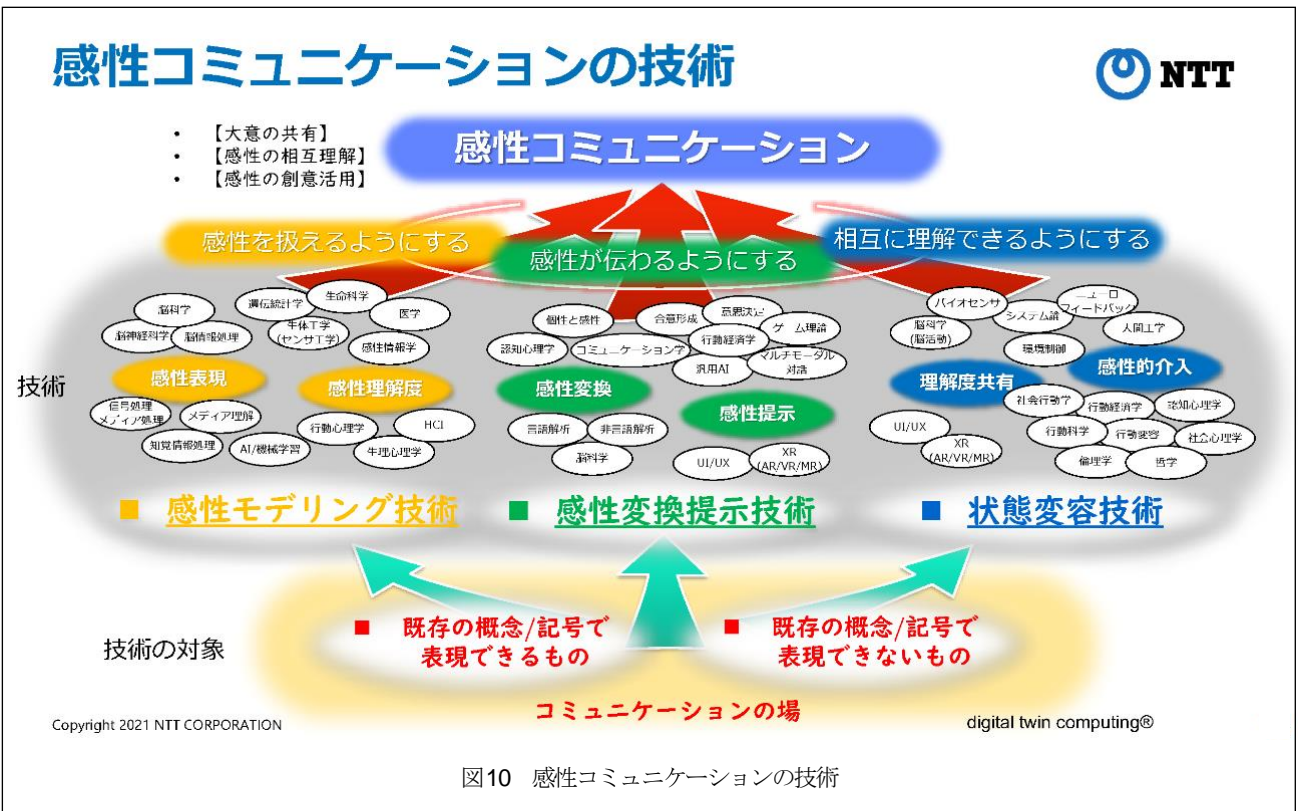


図10 感性コミュニケーションの技術

グランドチャレンジの2つ目は「Another Me」で、こちらは自分のデジタル的な分身をつくるという話です。図 11 に「人生における機会を 10 倍に拡張し」と書いていますが、何のことかと疑問に思う方もいらっしゃると思いますので説明していきます。

図 11 の左側に自分がいます。自分の内面のモデル化と外面のモデル化によって、自分の分身 (Another Me) をつくります。この分身は自分本人の操作がなくても自律的に行動をします。例えば、昨今非常に話題のメタバースの中で何かのショップを経営していて、そこでのお客様の対応を Another Me がやってくれるとします。その間、自分は現実世界での仕事ができるというような世界観です。このように自分は現実の世界で生活を続けていて、この Another Me が別の世界ではもう一人の自分として働いてくれるとか、あるいは図 11 では地域のボランティアと書いていますが、興味はあるけれど時間はないし、できるかなと躊躇もあってなかなか手が出せていないという活動を、この Another Me に試験的にやらせてみるということを想定しています。

メタバースには私も幾つか入って試しているのですが、やはりその中のコミュニティーになかなか入っていけないという問題もあるので、自分の代わりに Another Me が勝手に行って友達をつくってきてくれるとか、そういうものもいろいろかなという話を社内ですんでいます。

もう1つポイントがありまして、自分の Another Me が別の場所で得た経験を自分にフィードバックすることが重要な要素と考えています。これは自分のふりをして行動しているアバターやロボットがどこかで勝手に何かをやっているのではなく、自分が「これは自分の一部だ」という感覚を持つには恐らく経験をフィードバックが必要であろうという考えに基づきまして、経験をフィードバックするところの開発に取り組んでいます。

我々の世界観としまして、人と AI が融合していくことによって人間自身が拡張されていく世界を目指したいと考えています。これは人が AI に代替されるとか、AI によって人がやることなくなくなってしまうといったことではなく、個人性を持った AI がやってきたことが自分自身の経験としてフィードバックされることによって、もしかしたら自分とは独立して自律性を持ってどこかで活動している AI を含めて自分自身として認識し得るのではないかと考えています。例えば、非常に使い慣れた道具は自分の腕の拡張のように感じられるという話がありまして、それに似たように私と密にインタラクションがある Another Me というものは徐々に自己として捉え得るのではないかと。そのようなことを続けていくことで、例えば先の例ですと、朝、メタバース上のショップに出勤した自分の Another Me が夕方帰ってきたというように、自分とは完全に離れてやり取りがあまりないような Another Me に対しても自分として認め得るのではないかとということで、この先、未来的な自分や人間の拡張というものの姿の一つがここにあるのではないかと考えています (図 12)。

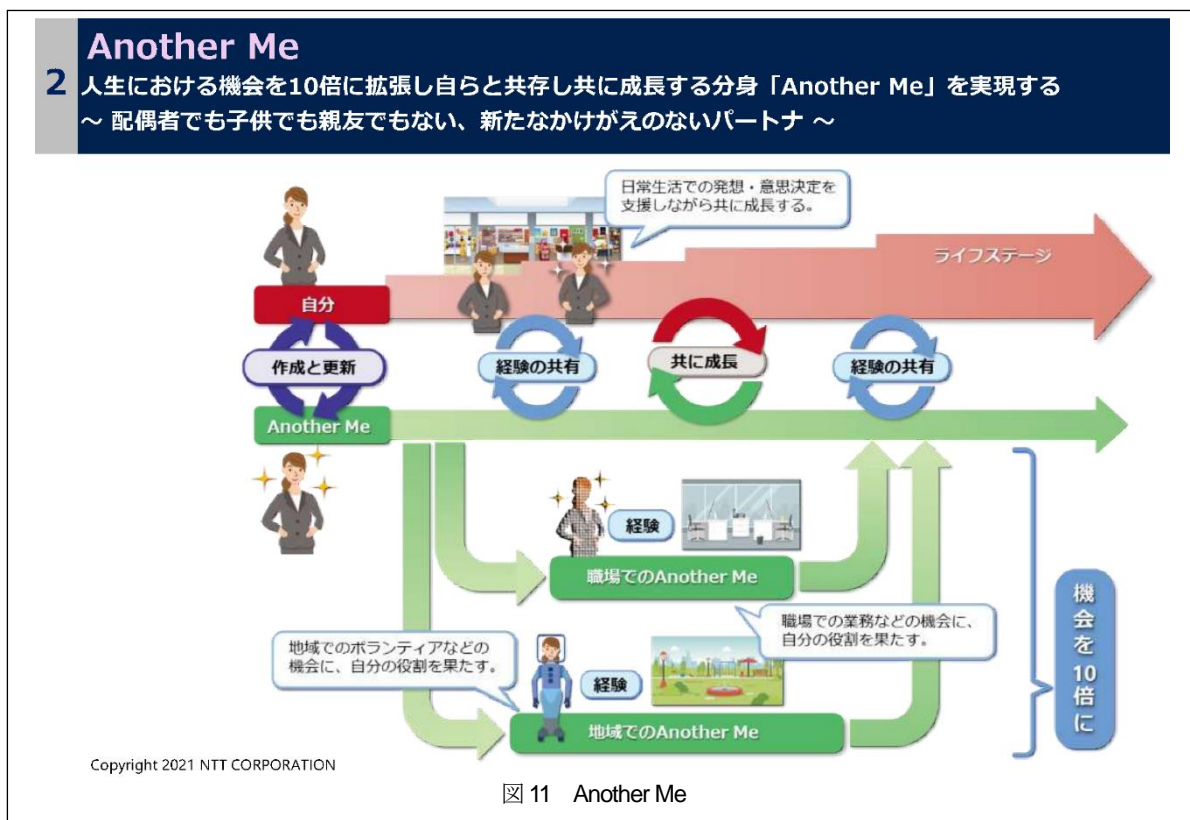



図 11 Another Me

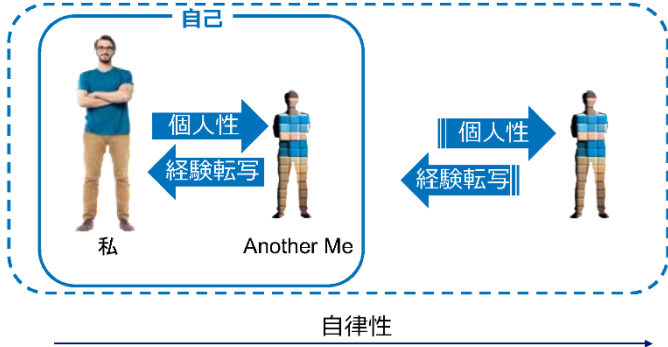
そのようなことを考え始めますと、「私って一体何だ」という非常に根源的な問いに発展してしまうため、私たちは哲学の先生とも議論をしています(図 13)。要は、今この講演で話している私以外にもうひとりの私がいるというのは一体どういうことなのかを、哲学的な思索を通して概念整理するという取り組みです。まだ仮説ではありますが、「指標的な私 (indexical I)」というものと「機能的な私 (functional I)」から私という概念が成り立っているのではないかという結論に至っています。

「機能的な私 (functional I)」は非常に分かりやすいと思います。見た目や能力が私と似ている、あるいは同じであるというのが、機能的 (functional) な意味での私というものです。他方、「指標的な私 (indexical I)」の指標という言葉、指標性や指標的と使いますが、これは哲学や言語学の言葉なので少し理解が難しいところもあります。図 13 左下のグラフで説明しますと、そこに私らしさや私の痕跡のようなものを感じるといった、私とつながっている感のようなものが指標的な意味での私であるという理解です。

人とAIの融合による自己概念の拡張




Another Meの**個人性**と**経験転写**により、自分とは独立に**自律性**を持って動作する対象を自己と認識し得るのではないか



Copyright 2021 NTT CORPORATION 19

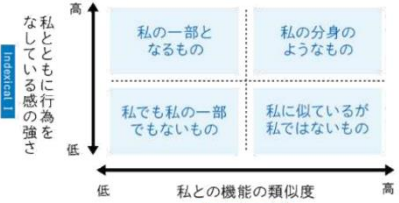
図 12 人とAIの融合による自己概念の拡張

哲学的課題「私であること」の解明

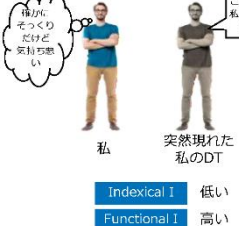


- 今ここに存在する「私」ではない別のものが「私」であるとはどういうことか、様々な実例をもとに議論 (京大 出口教授との共同研究)
自分の写真/自分の子供/長年連れ添ったぬいぐるみ/ドッペルゲンガー…
- 「私」という概念は、**指標的な私 (indexical I)** と、**機能的な私 (functional I)** から成り立っていると結論に至った

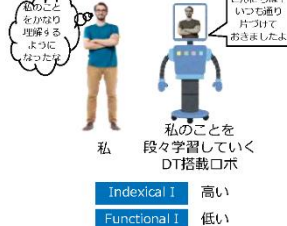
「私」概念の二層構造



機能的に私であるDT



指標的に私であるDT



Copyright 2021 NTT CORPORATION 20

図 13 哲学的課題「私であること」の解明

図13右下にある指標的に私であるDT(デジタルツイン)では、ロボットなので自分とは似ても似つかないわけですが、私のことを徐々に学習、理解をしていって、私のこだわりポイントのようなものを踏まえたうえで作業してくれる機能ができたと思います。最初は理解できなくても、どんどん教え込むにしたがって徐々に理解するようになってきたという来歴も含めて自分とのつながりを感じることによって、より自分というものの断片がロボットに入っているという感覚が得られるのではないかとという意味合いでの「指標的な私」という言葉になっています。

機能的に完全に私であっても、図13中央下の機能的に私であるDT(デジタルツイン)の例にありますように、よくSFでエイリアンが自分にとって代わるといった設定がありますが、たとえ自分にそっくりであっても、自分の代わりとしては受け入れられないわけですし、一方で非常に自分とつながりが深くても、全然自分のことを理解せずに勝手気ままなことをやられると、なかなか私とは認められないということもあります。

これら指標的と機能的の両方の私というもののバランスが必要なのではないかというのがこの哲学的な思索の一つのアウトプットになっています。

Another Meは、技術的にいろいろとこれまでの蓄積が使えている部分もあります。弊社のNTT R&Dフォーラムでも展示を行いまして、そのときのデモンストレーションに組み込んだ3つの技術をご紹介します。

1つは「観点別質問生成技術」です(図14)。従来から質問技術、質問生成技術、対話技術がありまして、それらを活用しています。

対話技術は、人が何か言ったときの単語や文章を理解して、それらしい受け答えをするというものです。

質問生成技術は何らかの文章が情報として入ってくると、その中で何か欠落している情報を見つけて、それに対して質問をするものです。図14には「休みの日に行きたいのはなぜですか?」や「TOEFLのテストの結果はどうでしたか?」と書かれています。これは「休みの日に英会話教室に行きたいと思っています」という会話があって、その中に幾つか欠落している情報があるとして提示している質問になります。



図14 観点別質問生成技術

我々は会話の中で欠落している情報を見つけて質問をするという行為を日常的にやっています、人それぞれの観点や個性の違いで、どのような質問をするかが変わってきます。

質問生成結果の「休みの日に行きたいのはなぜですか?」は、英語の勉強というのは自己研さんだから平日にやったらいいのではないかと思っているのかもしれませんが、その次の「TOEFLのテスト結果はどうでしたか?」は、その人の英会話の能力に合わせてどういう教室がよいかなど会話をどんどん深掘りしていこうとしているかもしれません。また、「会話教室の受講料はいくらですか?」は、お金のことが気になる人なのかもしれません。

このように、ある情報を受けて、そこからどこに注目して何を質問するかというのは、その人のかなり重要な個性の一つと我々は考えています。

2つ目は「身体モーション自動生成技術」(図15)で、こちらは外面の個人性になります。図15左側「入力画像」は、実際に人が話している教師データになります。図15中央の「生成結果」は、この人の音声だけで今どのようなポーズやジェスチャーをしているのかを生成したものです。図15右側の「正解」は、「入力画像」からその人の骨格を割り出す技術で出力したものです。

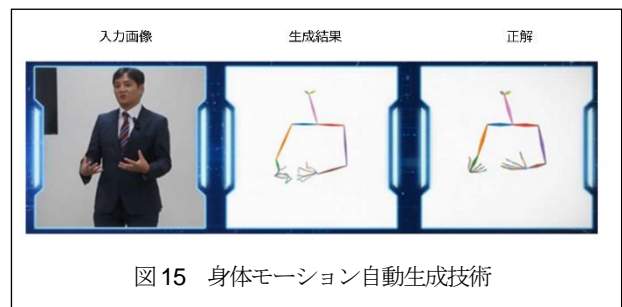


図15 身体モーション自動生成技術

この「生成結果」は、「入力画像」がない状態で、音声だけから「この人は肘を曲げて手を前に出している」というのを予測して生成した結果になります。こちらは指が予測できていませんので曲がったりしていますが、かなり近いジェスチャーが予測できています。

これを一体何に使うのかといいますと、先ほどから話が出ているメタバースで考えていただきますと、例えば私も会社のミーティングでMetaのHorizon Workroomsを使う機会がありますが、メタバース空間の中に自分のアバターが出現して、会議の別の参加者のアバターもいて、お互いメタバースの会議室の中で会議をするということがあります。そのときにアバターが止まっているとつまらないので、いろいろと動きが入ります。その動きというのは何らかのアルゴリズムによって推定されたものであったり、あるいは3Dのヘッドセットなどを装着していますと、カメラで認識された手の動きがアバターの手の動きに再現されたりします。そのような場面で、私が話している音声だけから私の手の動きが推定できれば、私らしい動きをするアバターがマイクのみで構成できるという利点があります。

最後は「対話映像要約技術」です。こちらは経験のフィードバックということで、Another Me がやってきたことを自分の経験のごとく認識する技術の一丁目一番地です。



図 16 対話映像要約技術

図 16 は Another Me と 3 人の人間が 60 分会話している場面になります。ここで会話した中身をこの Another Me が本人に対して 60 分かけて報告しても本人の人生の機会を全然拡張しないので、これをギュッと圧縮して報告しますが、この会議に参加をしていたら当然のごとく分かっているような情報は欠落しない形で要約することが重要です。「結論はこうでした」と非常に簡潔な議事録があったとして、議事録だけ読んだ人は「ちゃんと結論が出てよかったね」と思っても、実は場の雰囲気は違ったということもあるかと思えます。例えば、その提案に対してこの人は賛成していたのか、あるいは口に出して反対はしなくても納得をしていない顔をしていたといった、その場に行ったら雰囲気で分かって実際に参加していた人の中では「あれってこんな感じだったよね」という感覚が共有されているような、議事録だけを見ても分からない情報というのはいろいろあるかと思えます。

「対話映像要約技術」は人それぞれの反応や、ある提案に対して回りの人がどのようなリアクションをしていたのかといったところも逃さずに要約するような技術になっていまして、Another Me 向けの技術ではあるのですが、例えばウェブ会議などへの応用も並行して進めています。

以上のように、グランドチャレンジ2つ目の Another Me では人のデジタルツイン、人のコピー、デジタル的な分身をつくる研究を進めています。

3つ目のグランドチャレンジは「未来社会探索エンジン」(図 17)です。こちらは現実社会と同期するような仮想社会をつかって、様々な条件であったり、社会の構成であったり、あるいは時間変化などを操作することで未来の社会の姿を様々な探索して、どのような未来につながる行動がよいのかということを選択していくものになります。

「未来社会探索エンジン」と言っていますが、一つ核になるものとして、ここ数年は「4D デジタル基盤」に取り組んでいます。これは高精度の地図データに様々なセンサデータなどを組み合わせて緯度・経度・高度・時刻を記録できるデジタル化された都市のようなもので、このような基盤上で、様々なシミュレーションを構築するというものになります。この 4D デジタル基盤で街や都市の 10 年後の姿であったり、交通流をシミュレーションしたり、それらのシミュレーションを災害対策に生かしていくといった応用を進めています。

参照動画「4D デジタル基盤の全体像」

<https://youtu.be/ltqSRwJLcB8>



図 17 未来社会探索エンジン

4D デジタル基盤 (図 18) の土台となる「高度地理空間情報データベース」をゼンリン様と共同で構築する取り組みを進めています。高度地理空間情報データベースとは 2D 地図に高精度な 3D 空間情報や過去の蓄積における豊富な意味情報を付加したもので構成しています。そこへさらに多様なセンサ情報を組み合わせたものが 4D デジタル基盤となります。図 18 右下にセンシングデータとありますが、移動体センサの例を挙げますとコネクティッドカーといった移動体の情報といったものや、環境に散りばめたセンサの情報などが 4D デジタル基盤の上にマッピングされていきます。

このような 4D デジタル基盤を活用して、道路交通の整流化、社会インフラの協調・保全、都市アセットの活用、防災・減災

などに取り組んでいます (図 19)。

4D デジタル基盤に様々なデータが地図基盤の上にマッピングされるというところまではよいのですが、例えば自動車への応用を考えたときに、ある場所で事故があったとか、あるいは渋滞が発生しているとか、ごみが落ちていて危険ですといった場合、「どの車にその情報を通知するのか」という課題には、「影響を受けそうな領域にいる車全部に通知を送りましょう」となります。数千万台の車が一斉に走っている中で、ある地域にいる車をリアルタイムに特定して通知を投げるには、対象となる車がそれだけの数になると計算も大変ですし、それを効率的にリアルタイムで運用していくのは非常に難しい問題です。

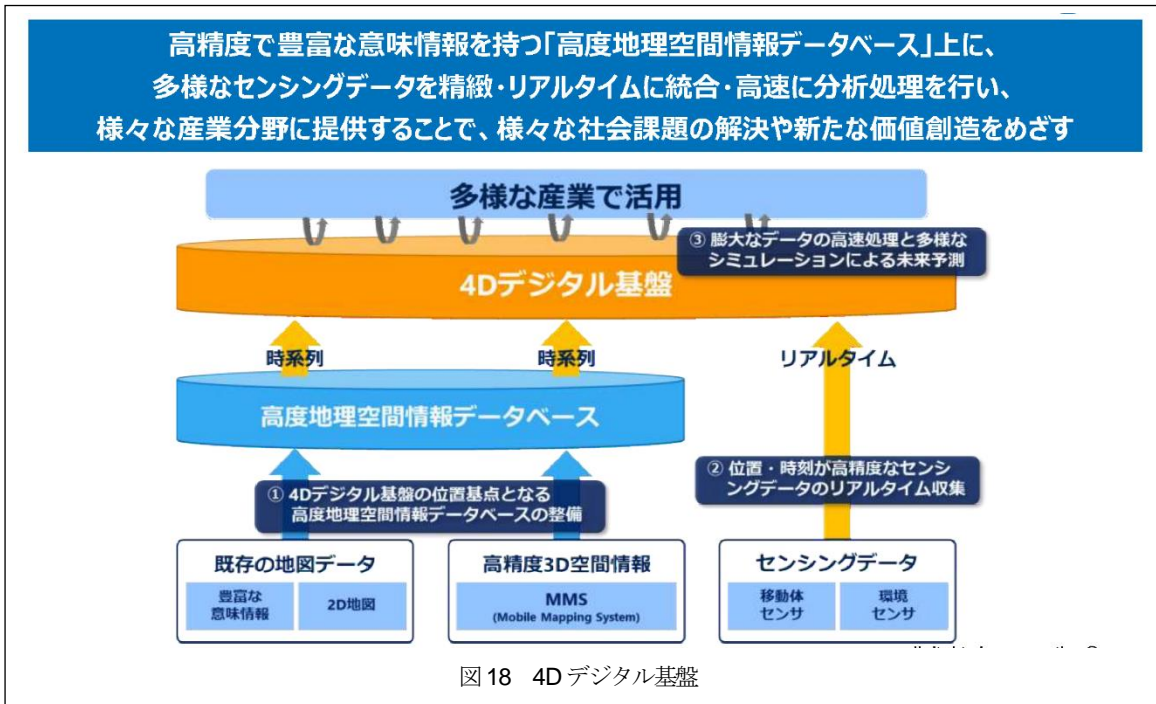


図 18 4D デジタル基盤

道路交通の整流化

不測の事態のない安全で快適な移動の提供

- 膨大な車両情報の高速処理
- 高精度測位によるレーン単位の車両位置把握
- 道路から車両へのピンポイントな情報配信
- リアルタイム交通流予測・シミュレーション

都市アセットの活用

都市アセット(※)のジャストインタイム提供による安心・快適な生活

- 多様なセンシングデータからの需要予測・アセット最適配置による空調・緊急車両・物流などの効率化
- 通信 (周波数) 需要予測と最適割当

※エネルギー・緊急車両・物流等

社会インフラの協調保全

事業者・多様なセンサーを跨る協調管理によるサービス(※)の安定供給

- 様々なインフラ設備の精緻な位置把握による管理プロセス統合・共同施工
- 多様なセンシングデータ活用による設備劣化予測・計画保全

※通信・電力・水道・ガスなど

環境・防災に向けた地球理解

地球現象把握による、環境保全・防災/減災に向けた先手対応への貢献

- 光技術や局舎・ファイバー網を活用したセンシング技術による地球環境変化の精緻な把握

図 19 4D デジタル基盤が提供する価値

このようにリアルタイムに変化する4D デジタル基盤上のデータを管理する技術の開発にも取り組んでいまして、例えば図20右にありますように、道路の各レーンにいる車を特定するか、何丁目の交差点の北向き左レーンにいる車というものをパッと特定するか、あるいは人の位置情報が把握できているという前提にはなりますが、ある特定地域に入ってくる人や出ていっている人の数を推計するといったものにも使える技術になっています。これらを利用して、例えばコネクティッドカーの実証実験に活用するといったことにも取り組んでいます。

4つ目のグランドチャレンジは「地球・人間活動の包摂的サステナビリティ」(図21) という名前になっていまして、全地球的な気候変動と我々の社会・経済のあり方、あるいは人それぞれの豊かさ、Well-being というものをまとめてシミュレーションしていこうというものです。これらは当然それぞれに絡み合っていて相互に連鎖をしているのですが、それを一括して、一つの系としてシミュレーションすることはなかなか難しい問題です。

リアルタイム時空間データ管理基盤技術 Axispot® NTT

- ◆ 自動車/スマホ/ドローン等の「移動オブジェクト」が生成するリアル世界のセンサ情報を、その情報を取得した際に付随する時空間データ (緯度・経度・高度・時刻) と合わせてリアルタイムに格納/検索/集計分析
(適用例) 自動走行向けダイナミックマップ基盤、MaaS等の配車システム、ドローン管制システム etc.
- ◆ 数千万台のクルマが一斉送信する車両データのリアルタイム収集と結果を集計・分析するアプリケーション向けの基盤

高精度3次元地図情報 アプリケーション (渋滞判定、配車計画、異常検知 etc...)

地図変換 空間インデックス 静的ポイントDB 検索・集計・分析基盤

時空間データ格納モジュール (時空間インデックス化 & 分散) データ受信・配信基盤

自動運転・安全運転支援システム ネットワーク (5G網など) 配車支援システム ドローン管制システム

先行車両 後続周辺車両

Copyright 2021 NTT CORPORATION

ポリゴン(レーン別)内の車両を検索

特定エリアへの人の入出検知

digital twin computing®

図20 リアルタイム時空間データ管理基盤技術 Axispot® 28

地球・人間活動の包摂的サステナビリティ

4 地球環境が備える自律性とその一部としての社会・経済システムの自律性を調和させ、自然と社会・経済との調和した関係が持続可能となる個人・企業の行動の選択肢を示す

エネルギー生産・利用 豊かさ

気候変動 Water-Energy-Food Nexus 複雑な系が相互に連鎖 (観測困難性, 不確実性, 遅効性, etc.) + Economy and Society

水循環 食糧生産・廃棄 経済・社会

地球環境の自律性

人類が制御可能なシステムの自律性

相互の自律性が長期的に整合し調和するための社会システムの変容の選択肢は何か

Copyright 2021 NTT CORPORATION digital twin computing®

図21 地球・人間活動の包摂的サステナビリティ 1 29

それぞれにつきましてはいろいろとモデルを提案されている先生や、シミュレータをつくっている大学や研究の専門家の方がいますが、このようなシステム同士をつないだものを連成シミュレーションと言って、一括りの系としてシミュレーションを回していくということにも取り組んでいます（図22）。

現状、想定しているモデルのイメージが図23になります。右上の「社会モデル」と左下の「自然環境モデル」を接合するための概念として自然資本、すなわちナチュラル・リソースというものを資本として捉えるような考え方を活用しまして、このような異分野のモデルを接合していくことに取り組んでいます。

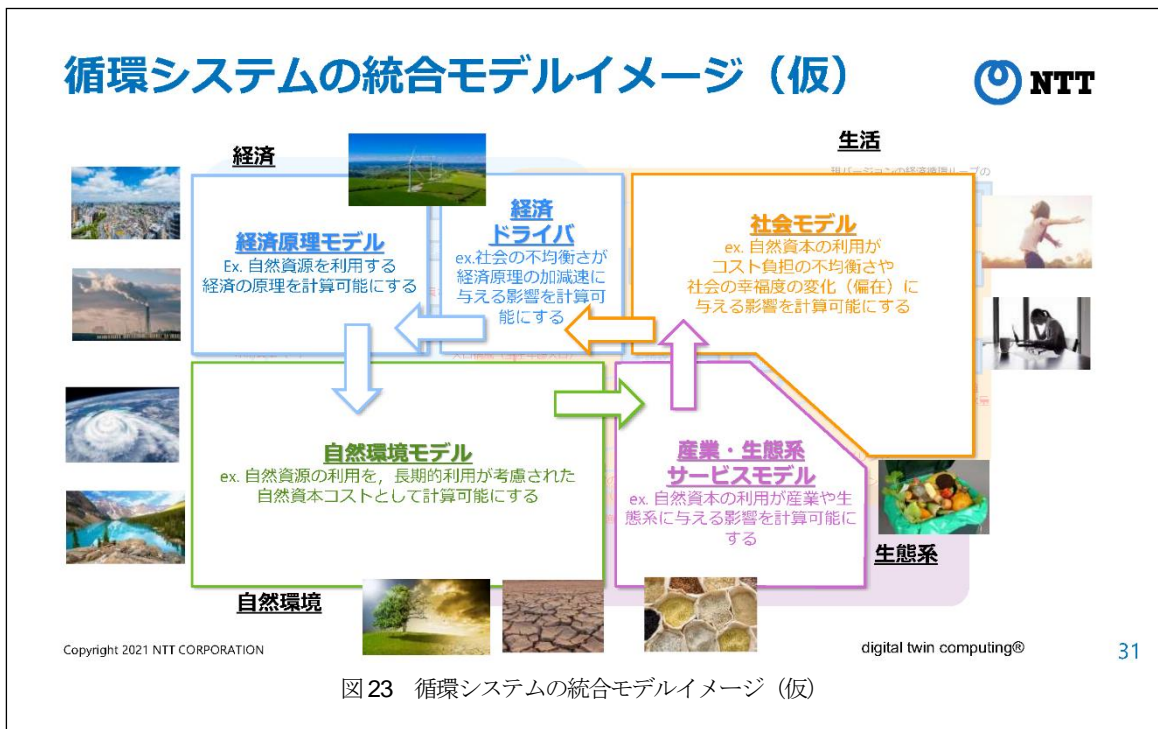
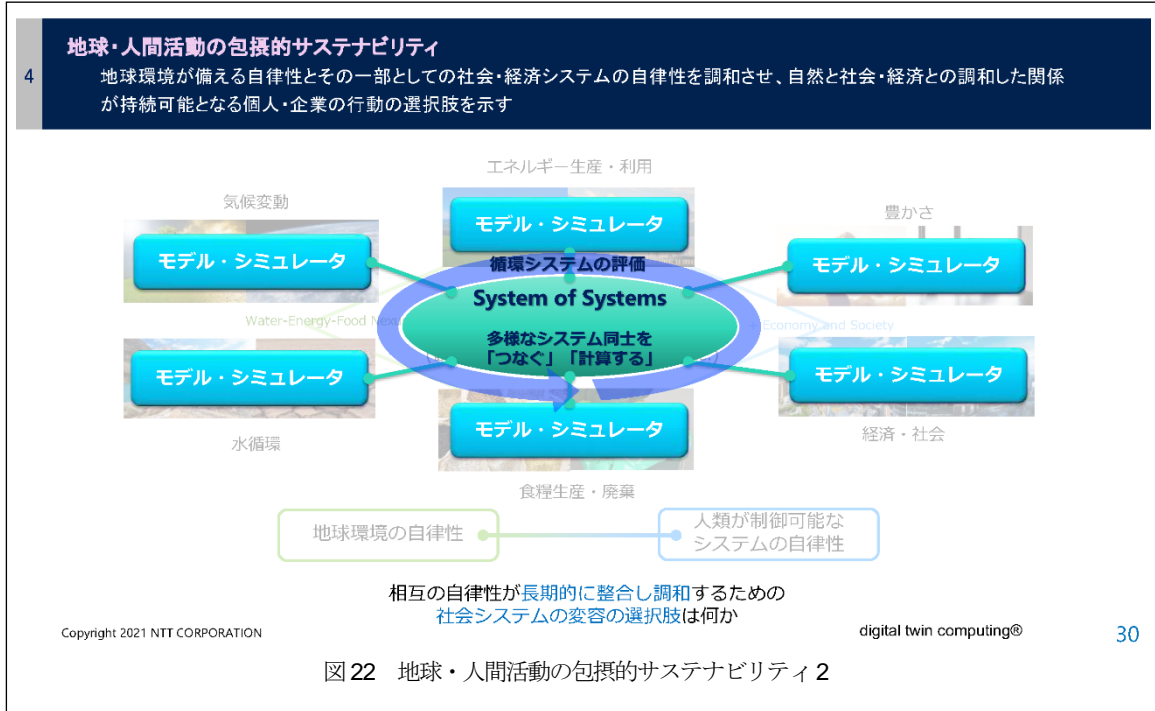


図 24 はこれまで説明した技術を活用しまして、3つの仮想の国の水資源の供給と需要のバランスをシミュレーションしたもので、こちらも R&D フォーラムで展示を行いました。

河川の上流と下流にそれぞれ国がありまして、上流の国が非常に欲張ったことをすると、当然下流の国の水資源が無くなります。このシミュレーションは①降雨量や河川の流量のシミュレーション、②社会・経済的な取り組みのシミュレーション、③経済的な水の需要のシミュレーションをつなげて行っています。

②は、水が枯渇してくると水に税金を上乗せするといった社会システムを入れた場合はどうなるのか。あるいはそこまで行かなくても、水の節約を訴えるといった啓発活動に力を入れた場合、どの程度の水の需給バランスが回復し得るのかといった想定でシミュレーションしています。

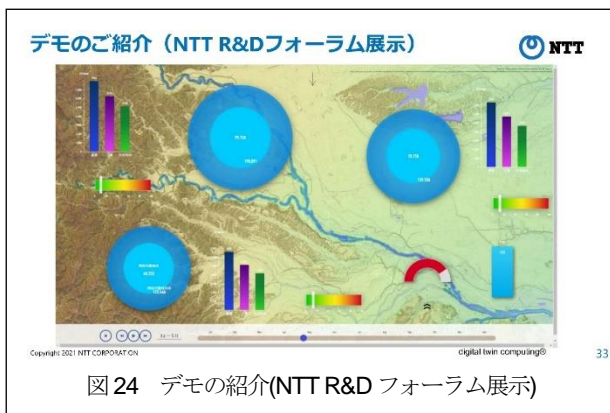


図 24 デモの紹介(NTT R&D フォーラム展示)

以上のように4つのグランドチャレンジに取り組んでいまして、様々なデジタルツインを組み合わせ、より高精度な予測や人や社会のあり方を予測するという研究を進めているところです。

以上で終わらせていただきます。ありがとうございました。