

### 3-2 建築セクターのITについて

CSTB研究・開発業務担当理事 エルベ・シャリュ

皆様こんにちは。私の方からはこういった形でITを導入しているのかというその道筋についてお話をしたいと思います。そしてそれがいろいろなレベルでどの様になってきているのか、また、BIMについてもお話をして参りましょう。

建設業界全体を俯瞰いたしますと、こういった背景にあるのか、そしていろいろな意味で都市における建物が大変複雑化していることが分かります。実際どの様な応用例があるのか、どの様なメインが、目標があるのか、また、私どもCSTBはこの分野でどの様な戦略をもってやっているのか、実際に具体例としてどの様なモデリングやシミュレーションを開発してきているのかご紹介をして参りたいと思います。そしてまた、これからはこういった進化を求められているのか、それはもっと複雑で、コンプリートなものになってくると思いますが、それについても言及して参りましょう。

世界中の人口は、どんどん増えています。

特に何が問題かといいますと、高齢化の問題があります。と同時に、人々がどんどんと都市に住むようになっており、約100万人以上の人口のある都市に住む人々がこの地球上で30%を超えているということになります。

フランスも正に他の国と同じで、他の先進大国と同じトレンドを歩んでいるわけであります。

やはりどの国においても、特に、都市部がどんどんと広がってきています。それも早いスピードで。

それに対しまして、国によって、どの様な対策をとっているのかというと、国によってだいぶ違うわけです。つまり集合住宅の凝縮されたものをつくるというやり方もあれば、もっと広い地点に広げて住宅をつくっていくというやり方の国もあるわけです。

そうなりますとそこで人々がどの様な移動手段、つまりは輸送手段、を担保するのか。そして、そういった都市の中に住居を実際に上手くどの様に組み入れていくことができるかという問題になります。

少ない面積の街に高層ビルなどを建てて、ギュッと詰まった形で人口密度の高い街をつくるということになれば、人々はそれ程車を使わないことになり、1人あたりの車の台数は少なくなるかもしれない。しかし、反対に今度は公害という問題も出てくるわけであります。やはり、こうした都市における人々の移動を考えますと、どうしても公害の問題、そしてまたエネルギー消費の問題に立ち向かっていかななくてはなりません。

温室効果ガス、GHGの排出量の50%以上が、結局は輸送から、また建築物から出ているということは事実であります。そうなりますと、こういった街はつくっていくのはいいのですが、それと同時にリスクというものに対処していかななくてはなりません。

その場合、自然災害もあれば、例えば工場をつくることによつての災害も考えられます。また諸々の災害、リスクも想定できるわけです。

もう1つ問題が何になるかということ、こうした都市に人々が住むようになると、人びとのいろいろな期待、要求があるわけです。やはり住む以上は質の高い生活をしたいとか、快適でありたいとか、ありとあらゆるいろいろな要求が出て参ります。

それに対して、行政の方はといいますと、そういった商品の期待とある程度反対の方向でもっと世界のことを考えなくてはならないとか、もっと持続ある方向性をもっていかなくてはならないということで、政策面におきましてはまた違った方向性を強調しようとする。

ですから、建物は、その大変複雑な環境の中に建っていくということが分かるわけです。1人の人間がいたなら、その人間は住まいと職場、そしていろいろな活動をその生活、人生においてしており、この3つの場所を1人の人間が動きまわることになります。

このように人は1つのところに留まるのではなく、いろいろなところを動き回りながら、いろいろな活動をその生活によってしていくということになると、そこにはいろいろな意味での資源が必要になると同時に、廃棄物もいろいろ出てくることになります。そうなりますと、片や、その経済活動によりGDPを個人が創出することに貢献もすると同時に、はたしてその街は住みやすいかというもう1つの制約もクリアしていかなければならないわけです。

この様に、街の形相は大変複雑であることがわかった後に、そこでどの様にITを使っていこうか、と考える場合にも、1つ1つの街の成長ペースが違ってくるのが分かります。

例えば建物を建てる時は、2年から5年のスパンで行われます。しかし、鉄道なり何か輸送手段を敷設しようとするのもっと長い時間がかかります。それに関して、街そのものが段々出来上がってくると、もっと長い時間がかかる、そこにズレがあるわけです。

そうなりますと、市民がこうした街に住み市民サイドからの期待もある。それと同時にまた違った形で街がどんどん構成されていき、そこに経済的な価値が創設される。また、街においては倫理面においても価値観が満たされていかなくてはならない。それらを包括しながら、市町村、自治体は街づくりをしていかなくてはならないわけです。1人の人間がそういった活動をする場合には、経済性も考えながらいろいろな願望を満たしていかなければならない。ですから、そういった願望を満たしていくためには政治サイドとしてのいろいろな考え方も取り入れながら、同時に文化的なものを考えながら、市民の生活を支えていかなくてはならないのです。

そうなりますとこの様に街は、ユーザーサイドにいろいろなニーズがあることがわかるわけです。それらは理論上では分かるかもしれないけれども、では一体誰がどれに何をどの様にしていくのか、そして何を目標にするのかということになりますと大変複雑なものがあります。どういった人間が関わって、どの様なレベルで誰が何をやっていくのか、そしてどういうニーズがあるのかということになると、ものすごく複雑なものとなって参ります。

そうなりますと、色々なレベルにおいて、そういった色々なニーズをモデリングしていく、そしてその特性を見極めていくことになります。まずはそれを長い目で見た場合、或いは気候や地理的な条件を考慮に入れていかなくてはならないわけで、どういったものを全体的に考慮に入れていかるといいますと、建物としてどの様な全体のネットワークをつくるのか、どういったネットワークづくりをしてインフラ網をつくっていくのか、また同時に、例えば、街において実際に水や緑をどの様に配置していくのか、等が出て参ります。

そうなりますと、3つのレベル、スケールで物事を理解していくことになります。まずは建築物では、いろいろな部材をしっかりと理解し、それがどの様な材料で、どのような部材として建築物を構成し得たのかという考察があり、さらに、建築物単位ではなく、もっと広く街区レベルにまで目を向けていくことになります。

もっと視野を広げて見た場合には、街としてはどうなっていくのかということになります。街という区画の中でその建物がどうなっていくのかというと、街のレベルまでいったら、今度は反対

に街区、それから建築物と反対方向に下りて物事を見ていくという2つの方向性があります。

そしてこの左側にはいろいろな条件、例えばストレスといったものがあるわけであり、これを全て考慮した場合、また、どういったスケールで物事をみていけばいいかということになると、まずは巨大なスケールのメタがあり、もっと小さいスケール、ナノレベルでの考察が必要になってきます。

と同時に、ユーザーはどういった挙動をするのかというもっと複雑なこともしっかりと考慮に入れていかななくてはならないし、また、いろいろな経済性についても考慮に入れて、全てを概観していかなければいけません。

行政は、政策という形でこうした人々の生活の質、そして安全を守っていかななくてはなりません。その場合、エネルギー、環境、健康について、また経済活動、経済性について、社会活動も含めた形で全てを包括していかななくてはならないわけで、同時にいろいろなデータを、デジタルデータネットワークとして、統合していかなければならないのです。我々は、一体どれくらいの性能レベルを目指したいと考えているのか、それが例えば部材の所謂製品にしても、建物の場合にはどのくらいの性能レベルを目指すのかということが、部材以上のレベルで、関連してくることになります。

そうなりますと、こういうソリューションでいこうと決まった場合には、実際に誰が何を思考して、実際に実行していくのかということになります。いろいろな知見をまずはつくり、そしていろいろな方向性を支援していくこととなりますと、ここに書いてあるように、専門知識を得て技術的な支援をしていく、そして今度は政策的にも規制をつくっていった、今度は技術データ、全体データがあり、その後シミュレーションし、全体の管理ができるツールで見るといことになります。やはり学術的な研究をして、開発されたソフトがあり、ソリューションという形になっていくこととなります。

例えば、こうしたものを考えた場合に、4つのレベルがあることが分かります。1つがR&D、次がエンジニアリング、それからプロジェクトの管理（プロジェクトマネジメント）、そしてその後の評価が出てきます。そうなりますと、今度は実際にどういう設計にするのか、どの様に測定をするのか、そして今度はそれを実際にどの様にモデリングしていくのか。今度はそれをシミュレーションできる力を持ってはいけませんし、実際にそれに関わる人々の育成、教育もできなくてはならなくなるわけです。

こういった建物、そして街がどういう特性を持ったものであるのかを考えていく場合には、3つの分野が関わってくるわけでありまして、その1つが物理的な化学、次に生命科学、もう1つが社会経済学になります。ですから、全体のレベルは、ナノ単位から、メガ単位にまで広がっていくこととなります。

このように、街としての情報システムを開発し、それを展開していくため、いろいろな建設業界における開発を支援する私どもといたしましては、この全体のスケールがまずあり、次に1つ1つの建築物の単位が必要になって参ります。実際問題、建築物1つの単位として一体どのようなことが起こっているかをしっかりと解明するためにも、BIM並びにIFC（Industry Foundation Classes：建物を構成する全てのオブジェクトの仕様を定義したデータフォーマット）が使えるわけです。

この様な方向にいくためには、モデリング、シミュレーション、それからバーチャルリアリティ、と同時に相互間のデータの完成が必要になって参ります。このシミュレーションを考えた場

合、まずは理論的なアプローチがあり、次に実施態シミュレーションがあり、実験を試みる。そして、バーチャルリアリティがあり、次に測定というものがある。そういったものを全て混ぜ合わせる形でのハイブリッド化が必要になってきて、そうなりますと基はこのリサーチ用のツール、研究のツールであったものが実際に使える。つまりは二重に使えるものにならないわけであり、エンジニアにとっても、実際にその場で働く人々にとっても、建物をマネージする人々にとっても使えるよう、ツール化することが必要になって参ります。

この1つの例をご覧ください。まずナノ単位のものから街、都市のレベルにまで上げていった形でのモデリングです。1つ1つのモデルがあり、どこまでの見解をもって特性として使えるか、どういう条件として使えるのかというもので、スケールがどんどんと繋がって変わっていくわけです。

例えばこちらでは、セメントの中に水の粒子がナノレベルでどの様に内包されているのか、それをもって建物のコンクリートにどれくらいの耐火性があるかというレベルまで話が、つまりスケールが広がってくるわけです。

そうなりますと実際にデジタルコンクリートという形での想定ができるわけであり、建物そのものとして実際にどのくらい耐火性があるかということが分かって参ります。

例えば、地震のストレス下にあるアンカーボルトの挙動はどういうものかという中間スケールくらいのものについても、このように考察することができるわけであります。それをもうちょっとスケールアップしますと、今度はこちらの方は橋梁、橋になります。この空気力学的な、つまり風が吹いた時に構造的に橋の強度がどのくらいなのかをモデリングしていくことができるわけです。

こちらの方は、アメリカのタコマの橋ですが、1つの例とはなりますけれども、結局は崩れてしまいました。

この様に、インフラレベルでの規模、スケールから見ていくには、実際に都市における交通量をモデリングすることです。つまりその都市でどのくらい量の車等が、どの様に走っているかということなんです。

このマイクロスコピックなレベルになりますと、1つ1つの車がどのくらいの排気量があり、どのくらいの音、騒音をどのレベルで出しているのかという特性をしっかりと測っていくという片やことになります。マイクロスコピカルなレベルからもっと大きなレベル、街全体のレベルということになりますと、どのくらいの騒音レベルになるのか、どのくらいの公害が出るのかのモデリングができるようになります。そしてこうした1つの建築物の周りの全ての環境をシミュレーションしていくことによって、この建物はどのくらいの排出量になるのか、そしてどっちの方向を向いているのか、例えばどういった騒音にさらされているのかということが分かってくるようになります。そこから、帰結する形で、どの様な車の流れにしていっていいのかや、どの様にそれを規制していいのかという考え方になります。

こちらは、全体の車の流れや、音、騒音をダイナミックシミュレーションという形で行ったものです。

例えば工事現場を想定した場合に、いろいろな車の出入りがあることにより、どのくらいの騒音を出すことになるのかというシミュレーションです。そして、それに対して対処策をとり、しっかり管理していかなくてはということになります。例えば防音壁、遮音壁をつくらうとか、または大変騒音がするような工事はいつやった方がいいのかというようなことの選択に繋がって

参ります。また、公害がこの街、都市に対してどのくらい影響があるのかの特性を図っていく意味でも、そこに天気という要素も考慮に入れて、測っていくこととなります。そして、例えば太陽光パネルを常設しようということになった場合には、都市においてどのような日照があるのかということをごいう形でモデリング、そしてシミュレーションすることができるわけです。

こちらはパリのデファンス地区につくることになっている、かなり複雑な形状をもった建物ですけれど、これにどのような形で光が入ってくるのかという内部までの光を想定することができるようになります。

街、大都市ということになりますと、たとえば電話、携帯電話等の基地局がどんどん設置されるようになりますので、それをもう1つの公害、電磁波による公害をこうした形でモデリングとシミュレーションすることができるようになります。

この様に、都市におけるいろいろな検証をシミュレーションして、それを3Dでという展開になりますと、実際にこの街の写真をいろいろと撮って3Dモデルをつくっていくこととなります。つまりは必要なアルゴリズムを使って、必要な写真だけを撮ることにより、実際のその空間を3Dモデルで再現することができるようになります。何百枚かの写真を撮ることにより、実際にその街を3Dで再現できるようになり、それとかなり細かい単位で再現できるようになります。

実際にこうした3Dでのスケールをもって、例えばここに建っている建物は、この街においてどのくらいの騒音、公害にさらされるのか、また、どのくらい日が当たるのかを全て計測することができるわけです。

このような形で、街の中の建物がどういうものに成り得るか、その特性がわかった場合は、反対に今度は上から下にということで、建物が実際どのような部材でできているかとスケールダウンをしていくこととなります。

正にそこでBIMということになるわけでありまして、その建築物が所謂物理的なデータとして、どのような部材から構成されているかが、これによって分かって参ります。

例えばIFCなど、他とのデジタルシミュレーション等をドッキングさせることによりある程度はできてきますけれども、あくまでもこのモデリングは全体モデリングということで、実際の部品特性までははっきり細かくは出せないものになります。

そうなりますと、例えば、実際に建築物で使われている部材性能ということになりますと、そこまで細かくは出てこないということで、その建物のシミュレーションをデジタルモデルでやる場合にはそこまで細かいところまでは出せないということになります。

やはりここの建築の部材の細かい特性までが出せないということになりますと、実際の物と、シミュレーションがピッタリ一致しないという問題になります。

ですから、そうなった以上、メーカーが持っている建材やいろいろな部材の細かいデータベースと一緒に使っていくということになり、それがSAINT GOBAINと一緒にやっているものです。どのような形状のものであるかということ、それから1つ1つの部材そのものについての物理性能データがここにはありますので、それとドッキングをして実際のシミュレーションに使っていくということになります。

設計者にしてみればより良い形でソリューションを考えていくことができるわけですし、こういう設計だったらこの部材、こういうソリューションを使えばより求めている方向に近いものができるということがわかってくることとなります。

こちらの方に単なるBIMのモデルがあります。これに統合していくものが何かというと、メーカ

ーサイドから出てくるカタログということになります。それに対して、技術的な規制で何を満たしていかななくてはならないかをここに入れていく、これも統合していく。

そして、これを一緒にすることにより、BIMよりリッチなものといいたまいますか、中身の濃いもののIFCを手に入れることができるようになるわけです。先程からご紹介しておりましたツールを使い、この様な形で統合することによって、より計測も、シミュレーションも精度の高いものをつくっていくことができます。

こういった形で計算シートが出てくるわけでありそうなりますと、実際にどのくらい製品、つまりは部材の製品として性能を期待しているのかという細かいスペックまで出てくることとなります。実際にこの街の中にあるこの建築物といった条件をもってシミュレーションをかけることによって、実際にそういった計測をしていくものの、はたして計算上の性能が実際に建物を使ってみたときの性能に合致するかどうかという問題に突き当たることとなります。

例えば、実際に物理的なデータであるならばそちらの方をチェックするのは簡単ですが、BIMを使ってかなり細かいところまでしっかりと想定をし、そういった設計をし、実際にそれを使うユーザーサイドが全く違った挙動をとってしまうこともあり得るわけです。それを実際につくる側、つまりは施工する側もはたしてこの計算通りにちゃんと全てをやるかといったら全くその通りにやらないかもしれない。そうなりますと、建築業界におけるITというものを考えた場合に、今度ソフトサイエンスを考えていかななくてはならないということになるわけです。実際にこれを使うユーザーがどういう挙動をとるようになるのであろうか、また、こういうソリューションがありますといくら計算上、理論上で言ったところで、設計者にしても、建築家にしてもそれにしようと言うかどうかの問題にもなります。全体、つまりはたくさんの量というものの全体をしっかりと監察をする、しっかりと見極めるためのツールを果たして開発できるかどうか、全体をしっかりと考えながらやっていくことができるようなツールを建築物のシミュレーションツールとうまく統合ができるかどうか、がなければ、最終的には、1つ1つの建築物の性能をしっかりと特定していくことができないということになるわけです。このようにITソリューションを使うことによりまして、設計もできればエンジニアリングもできる、管理もできる、そしてまたそういったものを施工する人間の育成教育もできるということは分かったわけですが、やはり一番のネックなのは人材育成というか、その人たちの教育ということになります。あくまでもイーランニングということでもありますので、ソリューションとして本当に使いやすいものでないと実際にそれを使ってももらえないだろうということがあるからです。

ご清聴ありがとうございました。