

「FORUM 8
Design
Festival」

誌上報告 (3)

土木建設デザインと バーチャルリアリティ

— 先進のソリューションや国際的な研究アプローチから浮かび上がる次代への展開

09年11月18・19・20日の三日間にわたり東京コンファレンスセンター品川で開催された「FORUM8 デザインフェスティバル2009-3Days」(主催:㈱フォーラムエイト)。

その誌上報告連載特集第3弾の前半は、フェスティバルを構成する3イベントのうち、前号(1月号)で取り上げた「第3回 デザインコンファランス」の一部特別講演について詳述。後半は、「第3回 国際VRシンポジウム」に焦点を当てる。

橋梁編纂委員会・編集(ライティング・ソリューションズ)池野 隆

(以下本特集内の写真はすべて㈱フォーラムエイト提供)

第3回 デザインコンファランス (続編)

「第3回 デザインコンファランス」は11月18日 (Day 1) および19日 (Day 2) の二日間に分けて開催されている。今回はそのうち、Day 2で行われた<CAD & VR>セッションにおける2本の特別講演を詳しく紹介する。

デザインコンファランス 「CAD & VR」セッション

特別講演



国産3次元CADエンジンの開発

関西大学
総合情報学部 教授
田中 成典 氏

我が国の建設分野において2次元CADデータを有効活用する上でカギとなる、2次元CADデータの交換標準基盤「SXF」。官民の公共事業関係者やCADソフトベンダーらが参加した「CADデータ交換標準開発コンソーシアム」が2000年に開発し、その後、その成果は建設情報標準化委員会(現・社会基盤情報標準化委員会)のCADデータ交換標準小委員会(現・図面/モデル情報交換小委員会)が継承。国際標準のISO10303 STEP/AP202 規約に準拠した電子納品のための「.p21」および簡易形式の「.sfc」の物理ファイルをサポートするSXF Ver. 3.1がリリースされている。自身その開発プロジェクトを通じ仕様策定作業をけん引してきた関西大学総合情報学部教授の田中成典氏は、2次元CADデータの交換標準基盤「SXF」については仕様がフィックスし、対応するソフトウェアも提供されてきたと振り返る。

一方、09年3月に策定された「国土交通省 CALS/EC

アクションプログラム2008」の、とくに「目標3: 調査・計画・設計・施工・管理を通じて利用可能な電子データの利活用」および「目標4: 情報化施工の普及推進による工事の品質向上」で3次元CADデータの利活用に関する構想が提案されていることに着目。しかし、建設分野ではまだ3次元CADデータの利用そのものが進んでいないのが現状と説く。その背景として、外国製品があるとは言え、国産の安価な汎用3次元CADが提供されていないことを挙げる。しかも、前述のSXF仕様の策定作業ではオープンCADフォーマット評議会に参加するベンダー30数社のノウハウが反映された。「将来、3次元CAD用に同様な(データ交換)仕様をつくらうとする際、おそらく誰もノウハウを出すことが出来ないでしょう。そこで、我が国建設業界向けに3次元CADを出来るだけ早期に開発し低コストで普及させたいとの考えから、自ら中心となって「建設分野に特化した国産3次元CADエンジン」の開発を目指す取

り組みへと繋がったという。

構想の概要と具体化アプローチ

「建設分野に特化した汎用3次元CADエンジンの調査報告書、要求仕様書および実装仕様書を作成してCADベンダーに提供し、少しでも初期投資を抑えられるようにしようということです」。田中成典氏は国産3次元CADエンジンの研究開発を進める主目的についてこう述べる。

取り組みの中核となるのは、同大東京センターを拠点とする社会基盤情報に関する社会連携プロジェクト「関西大学カイザー・プロジェクト」(代表：田中成典氏、研究期間は08年7月～12年6月)。このプロジェクトを支えるのは大学研究所、ITベンダー、CAD・GISベンダー、商社の4カテゴリから成る開発組織。その上に、プロジェクト全体を管理するプロジェクトマネジメントオフィス(PMO：建設コンサルタントが担当)が設置されている。プロジェクトには、日本・米国・カナダ・中国の各大学研究者からの賛同を得ているほか、民間企業9社(アイサンテクノロジー(株)、江守商事(株)、(株)建設システム、三菱電機(株)、(株)フォーラムエイト、(株)建設技術研究所、日本工営(株)、(株)関西総合情報研究所、富士電機ホールディングス(株))が参加する。

プロジェクトの活動資金は参加企業からの出資金に加え、国交省の本省・各地方整備局による助成金などを随時申請し、側面からのサポートを得たいとしている。「開発体制のキーとなるのがPMOです」。これらの研究費は一旦大学が管理し、その拠出に当たっては

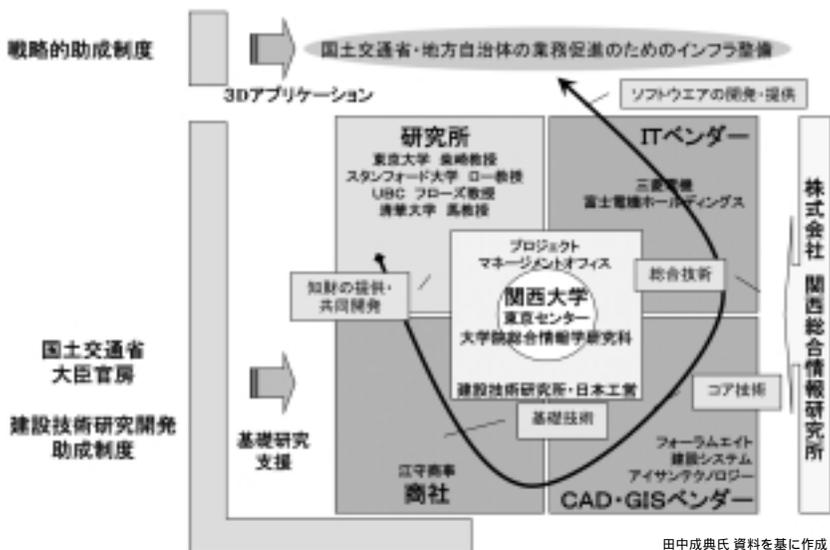
PMOを通じ共同研究者全員の合意形成を実現する形となる。したがって、PMOの活動内容、プロジェクトの計画書、進捗管理の計画書、品質管理の計画書を初めにしっかりと定義。これらの計画書に基づいてPMOが仕様やシステムの出来不出来などを含め判断していく、という仕組みで展開している。

プロジェクトがスタートした初年度(08年7月以降)の活動の大きな柱は汎用3次元CADエンジンについて調査すること。09年度は詳細設計、10年度はプロトタイプをそれぞれ作成。11・12年度で実用化に向けたシステムを開発していく。「これを世の中へ安価に提供し、皆にこのエンジンを使いながらドメインCADをつくってもらおうというのが(プロジェクトを通じた)開発の趣旨です」

具体的には、08年度に会議を計11回開催。会議には約20名のメンバーが参加し、毎回2～3時間議論しながら仕様の決定を行った。なお、同年は国交省研究助成による調査報告書の作成と同プロジェクトに基づく概略設計の作成が並行して取り組まれた。そのうち、前者は建設分野に特化した汎用3次元CADエンジンを設計・開発するために必要な調査を行うというもの。そこで、利用場面、標準化、既存製品、IT(情報技術)・シーズと留意点といった5項目に着目し、約200ページに及ぶ報告書をまとめている。一方、後者は3次元データの表現モデルの選択と建設分野に特化した汎用3次元CADエンジンのプロトタイプをつくるための機能要件に特化し、将来の基本・詳細設計に向けた概略設計という位置づけでまとめられた。また、初年度ということもあり、シンポジウムを2回開催するなど同プロジェクトの広報活動にも力を入れている。

続く09年度も国交省研究助成と同プロジェクト、それぞれのテーマに基づく取り組みが進められている。前者は、3次元モデルフィーチャ、ユーザインタフェース仕様書、ユーザインタフェース操作マニュアルから成る基本設計書の作成。後者は、内部データ構造設計仕様書およびライブラリ機能仕様書から成る詳細設計書の作成。いずれもその先のプロトタイプ開発、現場試行、実用化を視野に

国産3次元CADエンジンの開発組織



入れながら検討されているという。

「今年度は難しい領域に入っていこうとしています」。田中成典氏がその一つとして挙げるのは、3次元モデルフィーチャ仕様書の作成。そこではISO規格を踏まえ、建設分野に特化した3次元の位相要素、幾何要素、構造化要素を表現するために用いるフィーチャを定義・リリースする。その成果物はまさに2次元ベースのSXFの仕様を踏襲しながら3次元に拡張するようなイメージ、と位置づける。またユーザインタフェース仕様書の作成では、グラフィカル・ユーザ・インタフェースの設計とそれに付随する各機能の設計が行われる。とくに、利用可能性を高めるためにインタフェースをどうすれば良いかがカギとなる。同氏が最も難しいとするのは、詳細設計書の中でも3次元データ設計仕様の作成。ISO/STEPを見据えながらモデリングしたデータをどう交換するか、内部データとしてデータをどう保持するかを考慮する必要がある。さらに、ライブラリの機能仕様については、システム開発者の能率が上がるようなAPI群を実装するための仕様を決めるという意味で非常に重要としている。

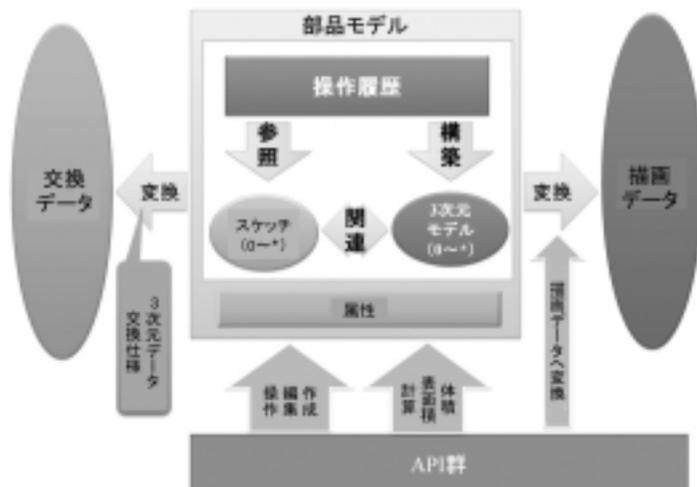
全体像と3次元CADをめぐる実態

3次元CADエンジンの中核には部品モデルが置かれ、関連するスケッチを参照し、モデル同士を操作・アセンブルして3次元モデルを構築。それに属性を与えるとオブジェクトが構成される。近い将来、この建設分野に特化した汎用3次元CADを道路CADや河川CADなどへ拡張。そして切土・盛土の表面積や体積を算出、あるいはGISに利用する、という場合にはAPI群が対応する。田中成典氏はその全体像をこう概説する。

「ただ、3次元CADエンジンの開発は非常に難しい内容を含んでおり、そう簡単にいくとは思っていません。したがって今回プロジェクトに先駆け、それについての事前調査や関連する取り組みを重ねてきた。

まず、プロジェクト立ち上げの二、三年前から「3次元CAD」をテーマとした技術書の執筆を行っており、近く出版する予定という。また、Google SketchUpのような簡単な3次元CADでどの程度のことが可能か、ユーザをサポートするグラフィックスライブラリ群でどこまで出来るか、3次元グラフィックス処理のためのAPI「OpenGL」の可能性などについても調査を行っている。

3次元CADエンジンの全体像



たとえば、3次元CADやグラフィックスライブラリの実態、各機能の実装方法などの調査を実施。その一環としてOpenGLによる3次元モデルの表現方法を探る中で、SXFを参考にOpenGLが保持する位相・幾何要素とそのネイティブなAPIで表現可能な3次元モデルを整理。その描画空間の設定方法、視点の切り替え、モデルの操作方法に関するAPIを使い、3次元CADを割と簡単に描くことが出来るとしている。併せて、DirectX（マイクロソフトが提供する3次元ライブラリ群）が保持する幾何要素にも言及。OpenGLとほぼ同様な位相・幾何要素に加え、テキストにも対応するものの、建設業界での利用には制約がありそうとの見方を示す。

今後の展開と将来構想

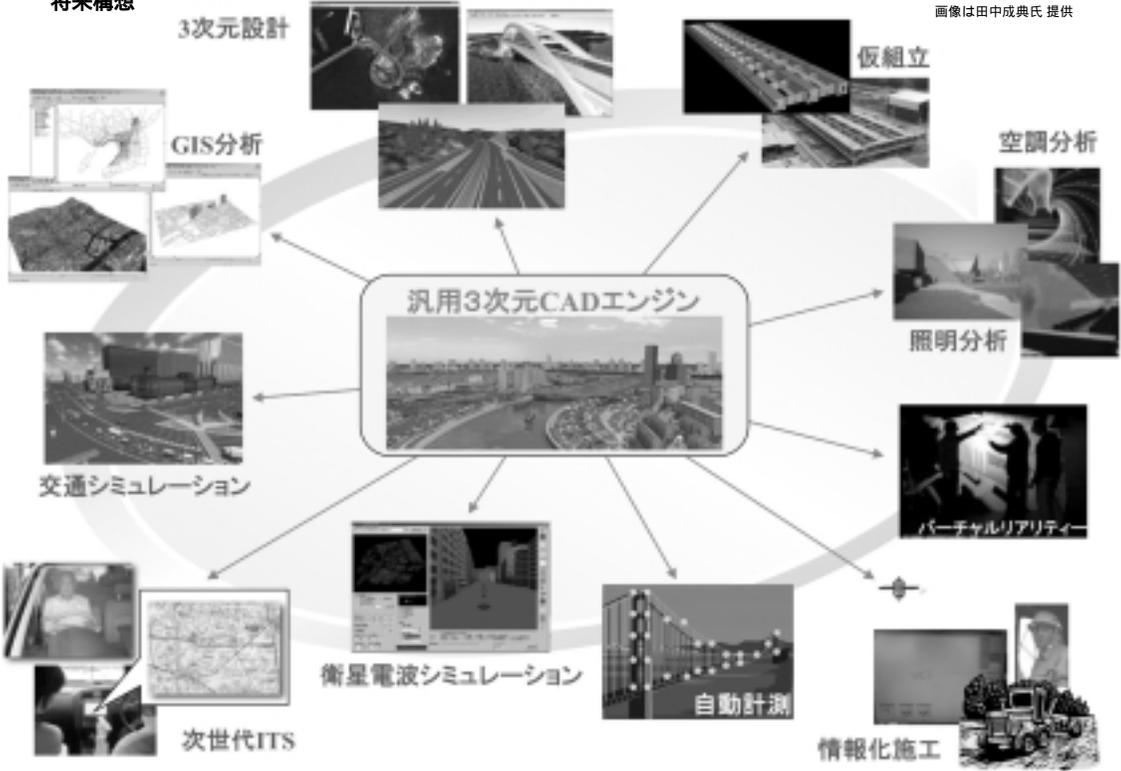
「将来は開発した3次元CADエンジンに時間項を入れ、4次元CADを考えたい。するとそれが4次元GISへと繋がり、CGやVR（バーチャルリアリティ）も付随。最終的にはITS（高度道路交通システム）を目指す。そのためには画像処理や映像処理の概念も必要になる。それらのコアとなるのが数理学」と、田中成典氏は汎用ソフトウェアとしての利用展開イメージを描く。

また、開発した仕様の公開に当たっては、LCDM（ライフサイクル・データマネジメント）流通基盤を利用する仕組みを検討していく。一方、プロジェクトに参加するCADベンダーはもちろん、それ以外のベンダーに対しても何らかの形でノウハウを安価に提供。開発コストがかなり下がるメリットを感じてもらえるようにしたい考えという。

10年度には、道路もしくは河川にフォーカスしたコンソーシアムを組織するとともに、汎用CADに先行し

将来構想

画像は田中成典氏 提供



て道路CADあるいは河川CADを作成し、実験を目指す。これに関連し、既に並行して河川事業のデータ流通環境の構築に関する研究を進めているほか、点群データを活用した道路の3次元データモデルの作成にも取り組んでいる。そこで既存メンバー以外にも参加者を募って「サブセットのサブセットのチーム」をつくり、その検討成果は汎用3次元CADの仕様にも

フィードバックする。チームには標準化に取り組む主体との連携も視野に入れる。

VRがいつそうCAD側に寄ることで、将来はそれらが3次元設計や仮組立、空調分析、照明分析、情報化施工へと発展。「さらには次世代ITS、その上で交通シミュレーションや3次元GISでの分析などにもこの汎用3次元CADエンジンが使われていけばと考えています」

デザインコンファランス 「CAD & VR」 セッション

特別講演



エンジニア教育／大学教育におけるソフトウェアの役割と活用

構造解析はかくもエキサイティング!

東京都市大学
総合研究所 教授
吉川 弘道 氏

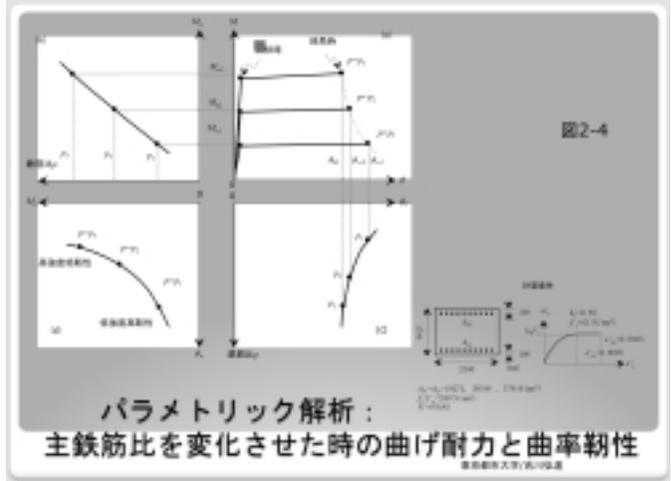
「これまで鉄筋コンクリート(RC)の耐震設計を中心に取り組んできましたが、最近は地震リスク解析にウェイトを置いて研究を行っています。東京都市大学(09年4月、旧 武蔵工業大学から改称)教授の吉川弘道氏は現在、同大総合研究所においてRC構造物の耐震性

能評価と地震リスク解析、鉄道/施設の脆弱性評価と地震システムリスク解析、Google EarthやGIS(地理情報システム)技術の地震防災技術への適用などを研究。土木学会では地震リスクマネジメントと事業継続性小委員会の委員長も務める。

「多様な構造物が解析意欲をかき立てる」と同氏は語る。少し前までは2次元の平面図や立面図に依っていた。それがCGやVR(バーチャルリアリティ)の機能によりさまざまなものを可視化できるようになった。したがって、たとえば、メッシュ割りや物性入力に行く前に、対象となる構造物がどのような構造系になるのか、どういう荷重がかかって最後に壊れてしまうか、といったことも見て欲しいという。「皆さんの日常業務にも少なからず役立っていると思いますし、私自身授業でこういうものを使っていくということを学生に対してアピールしています」

画像は吉川弘道氏提供

数値解析の事例

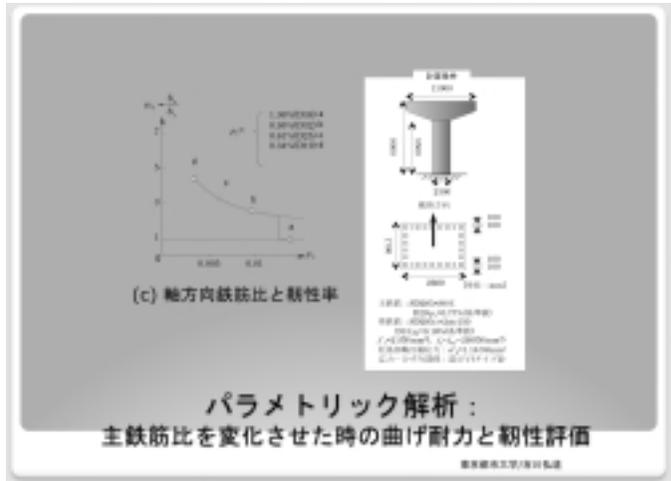
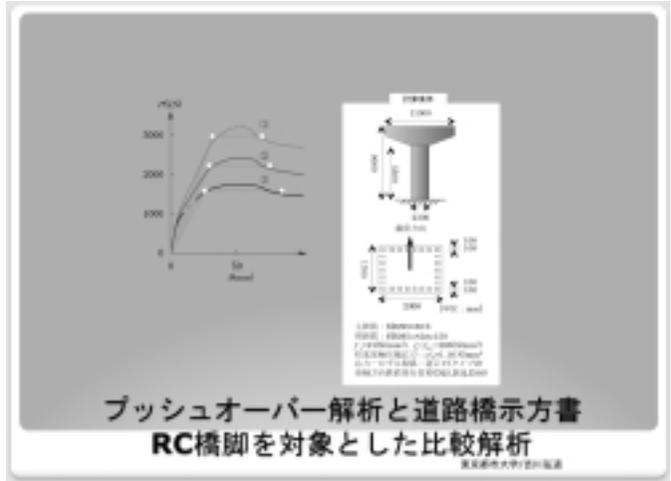


数値シミュレーション事例

講演の冒頭、吉川弘道氏は構造エンジニアへのメッセージとして、構造解析/耐震設計における商用ソフトの目覚ましい高度化と普及に触れる。それは少し以前と比べても、コンピュータの解析能力向上を含め、さまざまなことが容易かつ短時間に行えるようになったという面にも表れている。またそのことは、自身に関わるエンジニアリング教育や大学教育においても重要な意義を持つとする。しかも、格段に進歩した商用ソフトや計算機環境の下、数値解析から学ぶことは大きい。それらを踏まえ、当面の設計業務で多忙とは承知しつつも、日常業務から少し踏み出して更なるスーパーエンジニアへの成長を期待したいと訴える。

同氏はまず、構造解析について静的・動的解析、あるいは荷重ケース毎の解析、単調増分解析、繰返し荷重といった解析の種類、構造の次元数、材料非線形性、幾何学非線形性などの事項により分類。自身は研究室で主に単調増分解析(プッシュオーバー解析)や繰返し荷重に取り組んでいると述べる。

その上で、立体骨組み構造の3次元解析プログラム「UC-win/F-RAME(3D)」による解析事例として最初に挙げるのは、材料構成則を与えて構造解析を行うというもの。門型ラーメン橋脚に対しコンクリートおよび鉄筋それぞれの材料構成則を与えてプッシュオーバー解析を行い、さまざまな非線形挙動なども可視化できるとする。ま



た、道路橋示方書に従って行った荷重ケース毎の解析の結果も示す。

「この辺になってくると、いろいろ面白いことが分

かってきます」と同氏が言うのは、パラメトリック解析。主鉄筋比を変化させた時の曲げ耐力と曲率靱性の関係を示し、鉄筋量を増やして耐力を上げると靱性が下がり、低強度高靱性から高強度低靱性へと推移していくことなどが分かる様子を例示。「こうしたソフトを活用し、例えば、パラメトリックシミュレーションによって、実験をしないで、実現象を実感することが可能になる。さらなる工夫により、実験以上の知見も得られます」

同じくRC橋脚については、プッシュオーバー解析から求めたP- 関係を道路橋示方書に当てはめ、道路橋示方書が変形性能では安全側を取っているといったことも容易に分かるとする。

解析結果と実験結果との比較では、RC橋脚の静的繰返し挙動について行った例を紹介した。

別のパラメトリックシミュレーションの例は、主鉄筋比を変化させた時の耐力と靱性評価を行ったもの。ここではP- 関係から直接プッシュオーバーする代わりにパラメトリックに処理（二次処理）して結局水平耐力と靱性率の関係、さらに三次処理で軸方向鉄筋比と靱性率の関係などを求める考え方について説明している。

動的非線形解析の例は、水平2方向同時に加振した場合と単独加振の場合とで、天端の応答変位の軌跡を求め、比較している。「天端から見て、地震がどう起こっているかも手に取るようになります」

これに関連し、動的非線形解析をRC造建築で行った例にも言及。地震動の入力方向が1方向の場合と3方向同時の場合といった加振方法の違いが被災度に与える影響、さらに3次元動的非線形解析による被害予測結果から被災度を推定する方法について解説した。

大学教育でのソフト活用

吉川弘道氏は、大学教育においてソフトの優れた機能を積極的に活用、その延長線上に研究課題を設定し取り組むとのスタンスに立つ。その一環として同大都市工学科の授業では、RC橋脚の耐震設計に市販のパッケージソフトを用いた設計演習が採り入れられている。

ここでは「課題1：橋脚基部の断面解析」として、まず基部断面の配筋を決定し、任意形RC・SRC断面計算プログラム「UC-win/Section」により断面解析（M-関係や曲げ耐力の算定）を行う。その際、受講生約50～60名に対し、鉄筋量やコンクリート強度などの設計

大学教育での解析ツール導入事例

画像は吉川弘道氏 提供



条件がすべて異なる断面が与えられる。続く「課題2：RC橋脚の耐震設計（その1）」では、基本的に現在の設計基準を満たさない既設橋脚となるよう課題を設け、許容応力度法および地震時保有水平耐力法による耐震設計計算を行う。最後に「課題3：RC橋脚の耐震設計（その2）」として、今度は設計基準を満たすように配筋を変更し、再度、地震時保有水平耐力法により耐震設計計算を行う。受講生にはこれら3段階の演習課題が順次設定され、それぞれについてレポートの提出が求められる。

この設計演習を実施するに当たっては、UC-win/Sectionを6ライセンス購入。併せて、受講者が各自の携帯電話からアクセスできる土木計算の携帯ツール「モバイルUC-1」を活用。地震時保有水平耐力法による設計計算では前者（UC-win/Section）が、許容応力度法による計算に関しては後者が、それぞれ活用された。

ツールが受講生全員に行き渡らない分、教員スタッフに加えて4年生の学生をTA（Teaching Assistant）として配置。まず、教員とTAが一組目を教え、先に学んだ学生が講師役となって次の学生を教える という手法が採られた。これにより、2時間程度で全員の作業がほぼ完了するメドも立ったとしている。

同氏はこれまでの取り組みを通じ、まず課題1において受講生一人ひとりの設計条件が異なるため他の学生に頼ることが出来ず、皆が自力で計算書を作成していることの意義を挙げる。

また、手計算で苦労することの重要性を理解を示しつつ、実務計算で使われる主要ツールの利用・習熟により得るところも大きいと語る。

「学生はモバイルソフトやパソコンソフトにすぐに慣れ、嬉々として取り組んでいるように見えました」。し

かもその副次的効果として、これらソフトを実際に使って作業する中で、横拘束筋やせん断補強筋、副鉄筋や側方筋、Muや u 、など多くの専門用語がその工学的意味合いとともに自然と身につく様子が窺われたとする。「少なくとも(その面では)講義のみで説明するよりもはるかに効果的だったと思います」

加えて、断面特性や応力計算など手計算では困難な計算も、ソフトを活用することでそこに時間を過度に取られることなく、地震時保有水平耐力法など次のステップに進むことが出来た。その辺りの考え方には議論もあるとしながら、利用可能なツールをいかにうまく活用していくかは今日の課題でもあると位置づける。

さらに、課題2においては地震時保有水平耐力法による設計照査が敢えて「OUT」となるような条件を設定。それを課題3では照査結果が「OK」となるように設計変更あるいは補強計算することを求めた。そこでの試行

錯誤を通じ、耐震設計計算の核心を理解させることが出来るように授業シラバスを設定している、と吉川弘道氏は強調する。

こうした試みと並行し、同氏は同大研究員の青戸拓起氏および(株)フォーラムエイトの甲斐義隆氏との共著により「数値シミュレーションで考える構造解析 ソフトで学ぶ非線形解析と応答解析」(建通新聞社)を執筆した。これは数値シミュレーションを主体に断面および部材の非線形解析、構造物の地震応答解析、骨組み解析の基本理論などから構成。教材あるいはエンジニアの入門書としての利用が意図された。とくに身近な解析事例を取り上げ、多様な数値シミュレーションやパラメトリックシミュレーションを例示したことで、解析結果の見方や判断の涵養にも繋がるのではとの見方を示す。

第3回 国際VRシンポジウム(The 3rd International VR Symposium)

「新時代のVRシミュレーション」

— 進化を続ける建築・建設分野での3次元VR利用、国際学術グループ

「World 16」を中心とする気鋭の研究者が描く多様な可能性(前編)

3次元VR(バーチャルリアリティ)技術は、可視化やシミュレーション、プレゼンテーションなどにおける優れた特性はもちろん、広範なICT(情報通信技術)との連携により多様かつ高度な応用にも対応。関連技術やツール自体の充実などもあり、その活躍の場は年々着実に拡大している。

そうした3D・VRの建築・建設に関わるさまざまな活用事例を、「World 16」に世界各国から参加する進取の研究者らによる研究成果とともに紹介する「第3回 国際VRシンポジウム」が、「FORUM8 デザインフェスティバル2009-3Days」Day 2(09年11月19日)のメインイベントとして開催された。

橋梁編纂委員会・編集(ライティング・ソリューションズ)池野 隆

特別講演は英国の交通とエネルギー各分野における取り組みに焦点 国際学術グループは規模を倍増して展開

(株)フォーラムエイトが初めて「国際VRシンポジウム」を実施したのは07年11月。現アリゾナ州立大学計算・情報・意思決定工学部プリズム研究所研究員(FORUM8 AZ代表)の小林佳弘氏から提案を受け、3D・VRモデリングの次なる針路を探るべく、建築・建設系研究者による世界的なネットワークとして「World 8」を組織。その研究成果を発表する機会として同シンポジウムはスタートしている。

もともと、同社が3DリアルタイムVRソフト「UC-win/Road」(2000年5月初版リリース)の継続的な機能強化と複数言語(日本語・英語・中国語・韓国語)への対応を進めてきた中で、その利用シーンは分野や国境を越えて広がりを見せている。加えて、09年は新戦略VR製品であるラージスケール・マルチVR「VR-Studio」を10月に、従来製品の最新版「UC-win/Road Ver.4」を12月に、それぞれリリース。そうした事情もあり、「第3回 国際VRシンポジウム」に向けては前述の国際学術グループをさらに拡充し、国際VRシンポジウム実行委員会を兼ねた「World 16」として再編された。

「第3回 国際VRシンポジウム」午前の部では、いずれも英国からのゲストスピーカーが、マイクロシミュレーションに関する解説と交通計画への適用事例、欧州連合(EU)において建物

に着目したエネルギー効率化策の開発を目指す「IntUBE」プロジェクトの取り組みについて、それぞれ特別講演。続く午後の部では、「World 16」の各メンバーによる研究発表と、FORUM8ヨーロッパの担当者による欧州市場のVRビジネス展開についてのプレゼンテーションという構成で実施されている。

そこで同シンポジウムの誌上報告・前編となる2月号ではそのうち、午前の部で行われた2本の特別講演を紹介する。



第3回 国際VRシンポジウム(東京コンファレンスセンター 品川)

「第3回 国際VRシンポジウム(The 3rd International VR Symposium)」の構成 (敬称略)
特別講演(Special Lectures)

ピート・サイクス Pete Sykes	SIAS社 開発ディレクター Director of Development, SIAS Limited	*
ナシュワン・ダーウッド Nashwan Dawood	ティーズサイド大学 工学部 建設イノベーション研究センター長 教授 Professor, Director, Center for Construction, Innovation & Research, School of Science & Technology, University of Teesside	*

「World 16」発表(“World 16” Presentations)

福田 知弘 Tomohiro Fukuda	大阪大学大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻 環境設計情報学領域 准教授 Associate Professor of Environmental Design & Information Technology, Division of Sustainable Energy & Environmental Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka University
施 勝誠 Sheng-Cheng Shih	明道大学 数位設計学系 専任助理教授 Assistant Professor, Department of Digital Design, MingDao University
マイケル・ジェムトラッド Michael Jemtrud	マギル大学 建築学科長 准教授 Associate Professor of Architecture, Director, School of Architecture, McGill University
マテウ・スウォーツ Matthew Swarts	ジョージア工科大学 建築学部 研究員 Research Scientist, College of Architecture, Georgia Institute of Technology
ロナルド・ホーカー Ronald Hawker	ザイド大学 ドバイ校 総合科学部 造形学科 准教授 Associate Professor, Department of Art & Design, College of Arts & Sciences, Dubai Campus, Zayed University
トーマス・タッカー Thomas Tucker	ウィンストン・セラム州立大学 美術学科 アシスタントプロフェッサー Assistant Professor, Department of Fine Arts, Winston Salem State University
榎原 太郎 Taro Narahara	ハーバード大学大学院 デザインスクール 博士課程 Doctor of Design Student, Graduate School of Design, Harvard University
コスタス・タージディス Kostas Terzidis	ハーバード大学大学院 デザインスクール 准教授 Associate Professor of Architecture, Graduate School of Design, Harvard University
パウロ・フィアマ Paolo Fiamma	ピサ大学 土木工学科 アシスタントプロフェッサー Assistant Professor of Technical Architecture, Civil Engineering Department, University of Pisa
ワーイル・アブデルハミード Wael Abdelhameed	バーレーン大学 工学部(バーレーン)ノサウスバレーン大学 ルクソール校 美術学部(エジプト) アシスタントプロフェッサー Assistant Professor, College of Engineering, University of Bahrain (Bahrain)/ Faculty of Fine Arts at Luxor, South Valley University (Egypt)
クラウディオ・ラバルカ・モン トローヤ Claudio Labarca Montoya	チリ・カトリック大学 建築・設計・都市研究学部 准教授 Associate Professor, Faculty of Architecture, Design and Urban Studies, Pontifical Catholic University of Chile
マーコス・ノヴァック Marcos Novak	カリフォルニア大学サンタバーバラ校 メディア・アート技術研究大学院プログラム 教授 Professor, Media Arts & Technology Graduate Program, University of California, Santa Barbara
小林 佳弘 Yoshihiro Kobayashi	アリゾナ州立大学計算・情報・意思決定工学部プリズム研究所研究員(FORUM8 AZ代表) Prism Lab. Research Associate, School of Computing, Informatics, and Decision Systems Engineering, Arizona State University/ FORUM8 AZ CEO & President

プレゼンテーション(Presentation)

ブレンダン・ハファティ Brendan Hafferty	FORUM8 ヨーロッパ ゼネラル・マネジャー General Manager, FORUM8 Europe
---------------------------------	---

* 印の講演に関する記事は今月号に掲載、それ以外に関しては後編(3月号)に掲載

●● 特別講演

交通マイクロシミュレーションの適用と事例

Applications of
Microsimulation

SIAS社 開発ディレクター
ピート・サイクス 氏

Pete Sykes,
Director of Development, SIAS Limited



交通計画を中心とした専門的な知識や技術に基づく多様な実績を誇るSIAS社。英スコットランドの首都エジンバラに置く本社をはじめ、同じくスコットランドのパーズおよびグラスゴー、イングランドのロンドンおよびパーミンガムにもオフィスを展開。現在65名のスタッフが、運輸・交通や都市問題に関わる計画、管理、分析などに及びコンサルタント業務のほか、マイクロシミュレーションを行うソフトウェア（Paramics Microsimulation）の開発、そのユーザーへの訓練および支援を提供している。

今回シンポジウム最初の講演に当たり同社開発ディレクターのピート・サイクス氏は、交通計画用ソフトウェア・ツールにおける革新、マイクロシミュレーションを用いた複数プロジェクト例、なぜマイクロシミュレーションが現実的な交通評価に不可欠か、などの視

点から解説した。

従来手法とマイクロシミュレーション

英国で最初にマイクロシミュレーションを採用したSIAS社は、自ら蓄積した多彩なノウハウを基にソフトウェアを製品化。英国国内はもちろん、世界の交通計画に携わる機関やコンサルタントの間で設計ツールとして広く利用されてきた。その、シミュレーションや可視化、分析など多様かつ高度な応用が可能な交通流モデリングシステムの最新バージョンが「S-Paramics」だ。

同氏はまず、交通計画に当たって従来行われてきた手順の例として、各経路への車両の割り当て、それを反映したシミュレーション、異なる条件設定により所要時間が最小となる最も効果的なケースの探求と

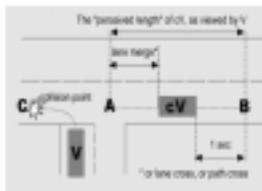
マイクロシミュレーションの仕組み：

マイクロシミュレーションではドライバーが考えるのと同じように作業をカバーする。（道路網、ジャンクション、経路、速度、車線選択、間隔受け入れ判断、ドライバーによる差異、交通信号とITS、バスとバス停）

How does microsimulation work ?

•It works the same way that road users think:

- Road network
- Junctions
- Routes
- Speed
- Lane choice
- Gap acceptance
- Differences in drivers
- Traffic signals and ITS
- Buses & bus stops



本講演の画像はすべてピート・サイクス氏提供 (Images provided by Mr. Pete Sykes)

挿入図の日本語はライティング・ソリューションズ訳 (Inserted Japanese translated by WritingSolutions Ltd.)

いった流れを挙げる。ただ、実際の道路システムに生じる事象を正しく反映させようとするれば、行列 (Queues) の発生やドライバーによる運転の違い、信号やITS (Intelligent Transport Systems : 高度道路交通システム) あるいは車群化 (Platooning) などへの対応も求められる。従来型の手法は、もともと混雑がない地域に道路を増設するというような粗いレベルの分析ならともかく、さまざまな原因で渋滞を生じている地域にITSや道路交通制御などを設置する際の詳細な分析を含むようなケースでは十分な解をもたらし得なかったとの見方を示す。

一方、マイクロシミュレーションでは最適な走行状況を探るため、個々のドライバーや車両といった単位でそれぞれの目的地、最短経路、他の車との相互作用、交通規則の順守、制御システムによる誘導などを考慮。加えて、道路システムがいかに機能しているかを知るためすべての車両をそこに入れ、そのモデルを使って道路ネットワークに加えらるる変更に対応したテストがなされる。

それには、道路利用者が普段行っているのと同じような思考の要素が可能な限り織り込まれていることが前提となる。

そこでたとえば、スピードの関連ではどのような速度で走行するか、先行車両との距離をどう取るか、あるいは減速すべきか。合流部では他者に道を譲るか、競走するか。レーン変更に際しては、自分が今どのレーンにいて、レーンを変更すべきか、あるいはそれが他者との協働を含め可能かどうか。認識と攻撃性という観点からは、ドライバーによって異なる走行速度や追い越し時、車線変更時の挙動、あるいは車間距離の取り方。ルート選択に当たっては、最短ルートを取るか、渋滞箇所を学習してそれを回避しようとするか、主要ルートもしくはマイナーでも慣れた道を通るか、主要な道標を経由するか。公共交通に関して言えば、バス路線やそのスケジュール、あるいは乗客モデルを加えるなど多様な選択項目を設定。さらに、道路状況が毎日異なるのと同様、シミュレーションもその都度変化する形で不規則性を反映する、といった仕組みが描かれる。

ツール機能活かし、複数交通計画に適用

「しばしば誤解されるのですが、マイクロシミュレーションはモデルのサイズを意味するものではありません。つまり、それは個々の車両間における相互作用の詳細を参照するもの、とピート・サイクス氏は位置づけ。その上で、代表的な S-Paramics の利用例を紹介する。

その一つが、交通混雑で知られるロンドンの環状高速道路 M25 のジャンクション (JCT) 11・12 区間周辺にフォーカスし、その運用改善に向け候補となる構成をテストしようというもの。具体的には、高速道路交通事故検知および通知システム (MIDAS : Motorway Incident Detection and Automatic Signalling) に修正を加えることで多様な高速道路制御戦略の評価を行っている。その際、複数箇所での交通量を実際に観測した結果と、目的に応じて要素項目を設定しマイクロシミュレーションによりモデル化した成果がほぼ一致している様子を比較表示。そうしたモデルを基に M25 の中でも混雑が激しい JCT のレイアウトを変更することで、M25 から M3 への所要時間がピーク時ではかなり改善され得ること、その一方で M3 の東から西へ向かう交通には従来問題のなかった箇所新たに混雑する時間帯が現れ得ることなどが浮かび上がった。これらを総合的に分析し、主要な JCT を変更。プロジェクトはほぼ成功と言える成果を収めたと振り返る。

またガーナ共和国の首都アクラにおける高速バス輸送計画は、7マイル進むのに1時間を要した都心の回廊

環状高速道路 M25 での MIDAS 利用の交通制御例
An application of motorway control using MIDAS on M25

M25

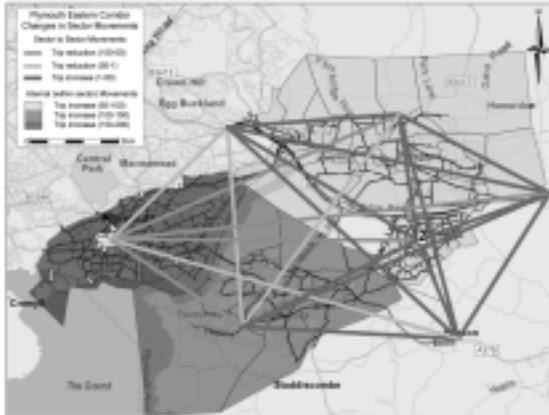


移動経路の再分配：所要時間が長くなると、ドライバーの移動経路にも変化が

Trip redistribution

•As
journey
times get
too long

•Some
drivers will
change
where
they go



に対してその中央部にバスレーンを設け、併せて新たなバスシステムを導入しようという研究プロジェクト。そこではバスの乗り換え動作、停留所数、乗客の乗車時間、JCTのもたらす作用、信号などの要素を設定してモデル化している。同プロジェクトを通じ興味深い知見が蓄積されており、個人的にも興味深く注視しているとする。

さらにロンドン近郊で開催され、毎年数多くの来場者を集めるハンプトンコートパレス・フラワーショーはそのもたらす激しい交通渋滞でも知られる。とくに、サリー州イーシャーではA3から続く車列が問題となっていることから、その解決策を探るべく両者のほぼ中間に位置する交通管制システム（SCOOT：Split Cycle Offset Optimisation Technique）とS-Paramicsを連携。検出器の流量に基づきSCOOTが信号のタイミングをマイクロシミュレーションに渡し、それに基づく情報をマイクロシミュレーションがSCOOTに渡すというシステムを構築、実験を行っている。まず、戦略をモデル化してそれを分析、シミュレート、検討、変更した上で、再度シミュレーションに戻すというサイクルを繰り返し、所要時間の短縮はもちろん、安全性および燃料消費削減も考慮された。その結果、前年（07年）と比べシステム導入後（08年）は明らかに混雑が解消され、車両の走行速度にも如実に表れている。

世界最大規模のマイクロシミュレーション・モデルを使った例が、イングランド南部・プリマスの広域開発における交通への影響調査。これは、数年前に作成された道路計画をはじめ、新都市およびその周辺開発、パーク・アンド・ライドを含む公共交通構想、長期間

にわたり増大する交通混雑へのドライバーの反応などの影響を実験したものの。その際、外出時間の予想モデルを作成。混雑が増すとともに移動時間が長くなる中で、ドライバーの行動がどう変化し、道路システムとどう関係してくるか、などを検討している。

加えて、スコットランドの地方部道路で行った追い越しに関する研究は、ドライバーの挙動の違い、車両タイプの違い、あるいは交通信号やバス停、右折動作との関係を調査。その後の追い越しレーン設計や道路ネットワークの改善などに反映されているという。

機能特性と広がる可能性

ピート・サイクス氏はマイクロシミュレーションの、アニメーションおよびシミュレーションという二つの機能に着目する。前者により、都市計画決定の影響は一般の人々にも視覚的に捉えられ、かつ理解しやすくなる。後者は、車両の相互作用を詳細にシミュレート。その際、同社の知見に基づくことで、将来の道路開発における工学的・財政的な意思決定にも繋がる。統計的な詳細はこの点で重要なアウトプットとなる。そのような観点からS-Paramicsでは両面のニーズを重視し、いずれの要求をも満足すべく努めていると説く。

その一端として同氏は、道路ネットワークの変更による交通流の変化、イベント時のレーン変更、時刻ごとに個々の車両が移動に要する時間の推移、またその時刻ごとの平均所要時間の推移、その数日間にわたる平均所要時間推移の比較、さらにその間全体の平均の推移、数日間にわたる平均所要時間の最大値と最小値およびそれらの多面的な比較といった、さまざまなデータ分析例を列挙。その上で、これらの分析がいかに関連する他の従来手法と比べ実効性に優れた評価をもたらし得るか、に言及する。

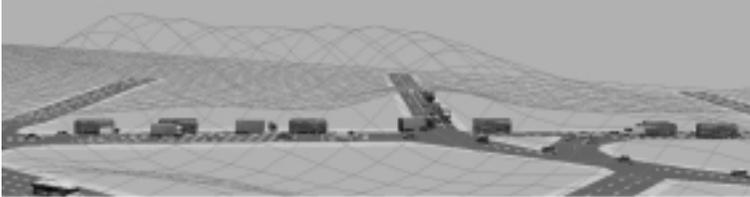
また、なぜモデルに追い越しや車群化、炭素排出といった詳細を含むことが重要なのかについては、交通管理システムと大気汚染の関係、交通量や走行速度の増減が及ぼす炭素排出量への影響などを例示。併せて、走行速度と燃費の関係や燃費効率から見た最適速度などにも触れる。

さらに、燃料を成分とする費用便益分析（Cost Benefit Analysis）として、いずれも同じデータを使って

行ったマトリックスベース、トリップベース、タイムステップベースの3手法を整理し、それぞれの分析結果を比較。各方法間で費用の現在価値 (PVC: Present Value of Costs)・正味現在価値 (NPV: Net Present Value)・費

炭素排出の解析事例

Analysis example of carbon emissions



用便益比率 (BCR: Benefit Cost Ratio) などに差異を生じることを示す。次いで、走行速度や混雑状況、燃料消費などの関係に対する分析例を説明した後、そうした細かな分析を一つひとつ交通計画に盛り込み、マイクロシミュレーションにも反映していく。

より詳細な計算がより正確なコストの推定に繋がる。その意味で、現実に即したさまざまな要素をモデル化するマイクロシミュレーションの適用がカギになると語る。

●● 特別講演

エネルギー効率の高い建物のためのシミュレーションと最適化

Simulation and
Optimisation Technology
4EE Building

ティーズサイド大学 理工学部 建設イノベーション研究センター長 教授
ナシュワン・ダーウッド 氏
Nashwan Dawood, Professor, Director, Center for Construction,
Innovation & Research, School of Science & Technology,
University of Teesside



ティーズサイド大学はイングランド北東部のミッドルズブラにキャンパスを置き、学生数は2万人超。産業界との繋がりが強いのも同大の特徴で、独自の研究プログラムや起業支援に力を入れるほか、広範な分野にわたる複数の調査研究機関を設置している。「建設イノベーション研究センター (CCIR: Center for Construction, Innovation and Research)」はそうした組織の一つ。同大理工学部が運営し、政府・産業界の支援を得ながら、建設や環境工学を専門とするコンサルタント業務および調査研究に取り組む。近年は ICT (情報通信技術) や VR (バーチャルリアリティ) 技術の建設プロセスへの応用、それらシステムの統合化などに焦点が当てられてきた。

CCIR のセンター長を務める同大理工学部教授のナシュワン・ダーウッド氏は、エネルギー効率に優れた建設の実現に向けシミュレーションおよび最適化技術の活用に着目。その具体例として、現在進行中の建物に関わるエネルギー情報のインテリジェントな利用について探るプロジェクト「IntUBE (Intelligent Use of Buildings' Energy Information)」の概要と、そこでの自身の取り組みを紹介している。

EU のエネルギー効率化策で建物に注目

欧州委員会 (EC) は、気候変動対策や域内のエネル

ギー安定供給、競争力強化などを狙いとして、温室効果ガスの90年比20%削減、エネルギー源の20%の再生可能エネルギー化などと併せ、一次エネルギー総消費量の20%節約を2020年までに実現するとの目標を掲げる。

たとえば、電気エネルギーは遠く離れた発電所から電線を通じ各建物へと運ばれる。こうした現在のエネルギー供給システムは高い炭素排出量に加え、発電時と送電時に大きなエネルギーロスを生じることが避けられないとされる。そこで、再生可能エネルギーの活用や地域エネルギーネットワークとの連携、自家発電の促進などによる新しいビジネスモデルを目指そうとの考え方が形成された。

そのような中で注目されたのが、欧州連合 (EU) において最終エネルギー消費量の約40%が居住用・商用建物のエネルギー使用によるものとされていること。つまり、建物の運用フェーズで使用されるエネルギーの全エネルギー消費量に占める比重はきわめて大きい。そのため、その部分にフォーカスした消費削減策はエネルギー効率改善に高い実効性があるものと考えられた。また、新しい建築物であればその面での技術革新も期待できる。とは言い、建物そのものを更新するというのでは目標達成までに時間が掛かり過ぎる上、2020年時点で存在すると想定される建物の多くは既に

建設されてしまっている。それであれば、既存の建物資産を基にエネルギー使用の最適化を図ることで目標達成に迫ろうというIntUBEプロジェクトの構想へと繋がった。

IntUBE の概要

IntUBE は、EU による資金拠出を受けて 08 年 5 月から 11 年 4 月までの 3 年間にわたり取り組まれている調査開発プロジェクト。フィンランド、ノルウェー、オランダ、ドイツ、イタリア、英国、アイルランド、フランス、スペイン各国の 12 に及ぶ大学・研究機関・企業がコンソーシアムを構成。ICT を駆使して建物のエネルギー情報のインテリジェントな利用を通じ、EU が目標とする 2020 年までのエネルギー消費量 20% 削減に向けたソリューション開発を目指す。

そのターゲットは、建物の運用・設計の两段階でエネルギー性能の最適化を可能にすることにある。その際、実際の消費が最適なレベルを下回るベンチマークとの比較ではなく、特定の建物にとって可能な限り最良となるよう、エネルギー性能のシミュレーションモデルを最適化していく。つまり、建物の快適性および性能面で妥協することなく、先進 ICT の活用により建物のエネルギー効率を高める新しいビジネスモデルを構築し、それに基づいたライフサイクルへ導こうというもの。

それを実現するため、バーチャルな協働によるライフサイクル・ビルディングツールを開発していくこととした。同ツールは、インテリジェントな各システム

と連動し、実際の建物性能やその建設をシミュレート。また、建物の設計意図と性能をモニターおよびアーカイブし、その結果をそれぞれのシミュレーションツールにフィードバックする。そしてより良い実験データの統合を通じ、ツールそのものの精度も順次向上させていく とのビジョンが描かれた。

その技術的な目標としてまず、新しいビジネスモデルの概念の作成と、ビジネスモデルを支援するソフトウェアやハードウェアに必要な開発の説明を挙げる。次いで、建物および各地域エネルギーネットワーク (local energy networks) においてライフサイクルにわたるエネルギーの効率的な使用を可能にするモデルやシミュレーションツールなどのエネルギー・プロファイリング手法を開発。さらに、最新 ICT と既存のビル管理システム (BMS : Building Management System) との統合によりエネルギー使用のリアルタイムなモニタリングと最適化を可能にするインテリジェント・ビル管理システム (IBMS : Intelligent BMS) を創出。併せて、複数の建物グループを連携して効率的なエネルギーの配電を支援する近隣地域マネジメントシステム (NMS : Neighbourhood Management Systems) に関する二つの概念と ICT 支援ツールを考案していく。ナシュワン・ダーウッド氏はその一環として、UC-win/Road を使い NMS のモデル作成を行っているという。

IntUBE プロジェクトの中心には統合プラットフォームが位置づけられる。それを通じエネルギー・プロファイリング、シミュレーションおよび可視化、各種制約間のトレードオフ (調整) の開発、シミュレーションと各種 BIM (Building Information Modeling) ツールとの統合、シミュレーションとリアルタイムデータとの統合、などが行われる。これに BMS や NMS を介して居住用・商用建物のエンドユーザーや運用者のほか、近隣地域の運用者、エネルギーやメンテナンスなどの各種サービスプロバイダーらがワイヤレスで繋がる といった新しいビジネスモデルが考えられている。構想そのものは評価・設計・建設・運用の各フェーズに跨るが、まずは運用段階においていかにシミュレーションおよび可視化していくかにフォーカスしていきたいという。

そのビジネスモデルの核となるのがエネルギー情報サービスプロバイダー (EISP : Energy Information Service Provider) で、さまざまな情報を利用しながら、顧客がそれぞれの建物のエネルギー効率化に向けた意思

The Vision of IntUBE

- Virtual (collaborative) 'life-cycle' building tools:
- that simulate actual buildings performance, coupled with intelligent systems
- that monitor and archive design intent and performance and feed the results back to the simulation tools,
- which, in turn, grow more refined through integrating better empirical data

IntUBEのビジョン

- バーチャル・(協働)ライフサイクル・ビルディングツールは:
- インテリジェントシステムと連動し、実際の建物性能をシミュレートする
- 設計意図と性能のモニターおよびアーカイブをおこない、その結果をシミュレーションツールにフィードバックする
- それによってシミュレーションツールは、より良い実験データの統合を通じて精度が向上する

本講演の画像および挿入図英文はすべてナシュワン・ダーウッド氏提供 (Images and insertions in English provided by Prof. Nashwan Dawood)

挿入図の日本語はライティング・ソリューションズ訳 (Inserted Japanese translated by WritingSolutions Ltd.)

Scientific and Technological Objectives of IntUBE

- The creation of concepts for new business models and description of the development needed in software or hardware to support the business models.
- The development of methods (models and simulation tools) for energy profiling to enable the life-cycle energy-efficient use of buildings and local energy networks.
- The creation of new ICT-enabled Intelligent Building Management Systems (IBMS) by integrating the latest developments in ICT field into existing BMS.
- The creation of two concepts and a supporting ICT tool for Neighbourhood Management Systems.

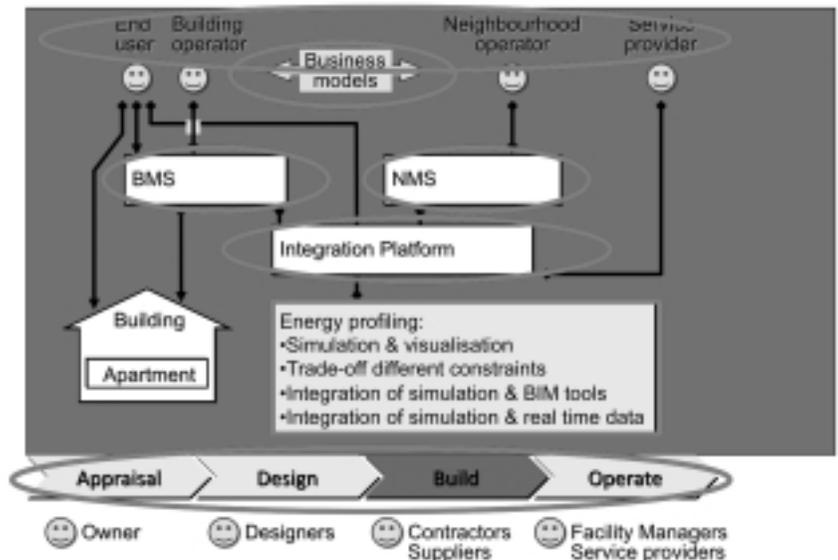
IntUBEの科学・技術的目標

- 新しいビジネスモデルの概念の作成と、ビジネスモデルを支援するソフトウェアやハードウェアに必要な開発の説明
- 建築物および地域エネルギーネットワークにおいてライフサイクルにわたるエネルギーの効率的な使用を可能にするエネルギー・プロファイリング手法(モデルおよびシミュレーションツール)の開発
- ICT分野における最新技術を既存BMS(ビル管理システム)に統合することにより、新たなICT対応のIBMS(インテリジェントビル管理システム)を創出
- 近隣地域マネジメントシステムに関する2つの概念およびICT支援ツールの考案

決定を行うのに必要な知識を提供する。そのため、データベースは建物のサイズや構造、材料、冷暖房空調設備(HVAC)システムなどの建物情報を蓄積し、それらをEISPに提供。インテリジェント建物センサーからは温度・湿度、占有状況、照明、エネルギー消費など変化するデータがEISPに送られる。また、ファシリティマネージャーからのエネルギー生成施設に関する情報、BMSやNMSからの技術情報も同様にEISPにもたらされるほか、EISPはエネルギー価格や天気予報など付加情報へのアクセスも可能で、顧客の意思決定を支援する。一方、EISPからファシリティマネージャーへはエネルギーに関する収益や価格などのエネルギー生産情報が、建物の占有者へは内部の空調情報、現在および過去のエネルギー消費、需要特性、価格やコストに関する情報、省エネ提案などがそれぞれ提供され

全体像

The Big Picture



る といった考え方を示す。

新たなビジネスモデルと関連ツールの開発

このような構想の下、既存のビジネスモデルに関する調査を経て、必要な情報に繋がる新たなビジネスモデルおよびICTツールの開発が取り組まれてきた。

ナシュワン・ダーウッド氏はその一端として、設計フェーズでは各分野に対しエネルギー・シミュレーションや多様な制約間でのトレードオフ分析を通じたエネルギーの最適化が行われ、そこでは利用者の行動や使用される材料によるエネルギー消費への影響なども考慮されるとする。また、エネルギーBIMモデルの開発にも着手。こうした仕組みの中から、モデル間の関係やエネルギー最適化のための設計パラメータが作成され、その成果は運用フェーズへと引き継がれることになる。

一方、運用フェーズに関しては、実際のビルを基にワイヤレス・モニタリングシステム、HVACなどの機器、ホームオートメーションシステム(HAS)、赤外線カメラなどを使って必要なデータを取得。それらはBIMサーバに取り込まれ、省エネを実現するために利用される。そこで新たに作成されたデータは、さらに新設される建物の設計フェーズにも活用されていく。

ただ、初期の設計工程では主要な利害関係者によつ

て支配的あるいは偏った意思決定がなされ得る、現行の施工指針が環境配慮に欠けている、初期の設計支援ツールのためのガイドラインがない、コスト・データの入手が困難、設計のためのコストが高む上に余分な時間を要する などの課題も挙げられる。そこでそのソリューションとして、初期の設計段階でも利用可能なツールを組み込んだ初期段階のプロセス・フレームワーク、および施工に先駆けて潜在的な環境影響をテストする意思決定支援システムの開発などが進められている。

また同プロジェクトでは、ライフサイクルを通じてシミュレーションや最適化を行うさまざまなシステムおよびツールの開発、モデルの作成に力を入れている。これらの取り組みの中から建物の動的挙動を的確に捉え、その情報は建物の設計・制御・メンテナンス、改良戦略などに活用していくという。

その上で、環境評価トレードオフツール (EATT : Environmental Assessment Trade-off Tool)

を用い、異なる材料・シナリオ・設計の組み合わせにより持続可能な設計ソリューションを導く取り組みに言及。小学校の設計に当たり実施された調査を例に、さまざまな選択肢に応じて異なる CO2 排出量、エネルギー消費、資本コスト、エネルギーコスト NPV (正味現在価値) 取替原価 NPV、総ライフサイクルコスト (LCC) の分布、また暖房や冷房、扇風機などの機器、照明などのベンチマークを比較。さらに、熱や空気の流れ、快適性、CO2排出量などへの影響を分析し、それらを可視化した様子を示す。

これまでの取り組みと今後への見方

同プロジェクトの前半を振り返り、ナシュワン・ダーウッド氏はまず、資本コストを16%追加投資することで建物のLCCは60年間で22%節約できるとする。またEATTは、利害関係者の主観的および客観的な判断基準の入力を可能にするとともに、利害関係者の要件を満たす最適な材料設計の組み合わせをもたらすなど、高度な専門知識を生み出すツールとして使えるものと説明する。さらに、初期の設計評価は建物のライフサイクルにわたる影響を減じる上できわめて重要と位置づけ。ライフサイクルにわたる建物内でのエネルギーのより良い使用および管理のための有効なソリューションとして、シミュレーション手法やエネルギー・プロファイリング用可視化ツール、WLC (Whole Life Costs : 生涯費用) カーボンフットプリントなど各種制

Conclusions

- Optimisation and visualisation of energy performance in both building operation and design set to play a major role in carbon footprint reduction.
- IntUBE is set to contribute to the 20% reduction by deploying ICT for energy efficient buildings
- WLCA for energy analysis in buildings is vital for any potential energy reduction.
- Neighbourhood Management Systems for efficient distributed energy production and optimal energy transfers among buildings

結論

- ・カーボンフットプリントの削減において重要な役割を担うために設定された、建物の運用および設計におけるエネルギー性能の最適化と可視化
- ・IntUBEは、エネルギー効率に優れた建物に対応したICTの活用によって(エネルギー消費量の)20%削減に貢献するよう設定されている
- ・建物内のエネルギーを解析するWLCA(生涯費用解析手法)は、エネルギー削減に不可欠である
- ・効率的な分散型エネルギー生産および建物間の最適なエネルギー移転のための近隣地域マネジメントシステム

約間のトレードオフツールを挙げる。

これに対し運用フェーズに関してはまだ検討を始めたばかりとしつつ、多様な既存の建物制御技術の比較、家庭用および商用の無駄なエネルギー消費を削減するためのアルゴリズム、シミュレーションとBMSの統合あるいはBIMにおける統合のための必要なデータおよび提案の概要、赤外線ベースのリアルタイムなエネルギー収支のためのシミュレーションおよび環境モニタリング・アルゴリズム など、リアルタイム環境モニタリングおよび意思決定プロセスのためのエネルギー効率化アルゴリズムにおける課題を列挙。次いで、居住用および事業用建物におけるIBMS手法やそこでの技術的内容などを図示。これらを通じ、IBMSによるエネルギー使用および最適化のリアルタイムなモニタリングが可能になるほか、インタラクティブなエネルギー使用の可視化により利用者の快適性の最大化およびエネルギー使用の最適化にも対応できるとしている。

さらに、従来の統合型プラットフォームに対し、分散型エネルギー生産および建物間での最適なエネルギー移転のためのNMSは今後、とくに欧州においては重要性が増してくるものと注目する。

同氏は最後に改めてIntUBEプロジェクトにおける開発の狙いとそこでのポイントに触れ、そのベースにある炭酸ガス排出削減の成否はわれわれ一人ひとりの認識に掛かっているとの考え方を説く。