

「高度IT社会」

池内 克史 (東京大学生産技術研究所 教授)

本日のお話は、「高度IT社会とITS」というタイトルで、特にITSのお話をさせていただきます。ITSのめざすもの、ITSの根幹になる「インフォモバイルインフラの構築」に向けて最近始めましたプロジェクトで「サステナブルITSプロジェクト」というものをご説明させていただきます。

まず、高度IT社会とITSとの関係について少し考えてみたいと思います。

ITSの概念というのは、皆さんご存じのように、人と道路と車両というものをIT技術でつないで、情報あるいは人の流通を円滑にすることによって快適で高度な移動や安全で安心な移動を実現することです。こうすることによって安全性、効率的な輸送、快適性、環境保全というものをめざすというのがITSの目的でございます。

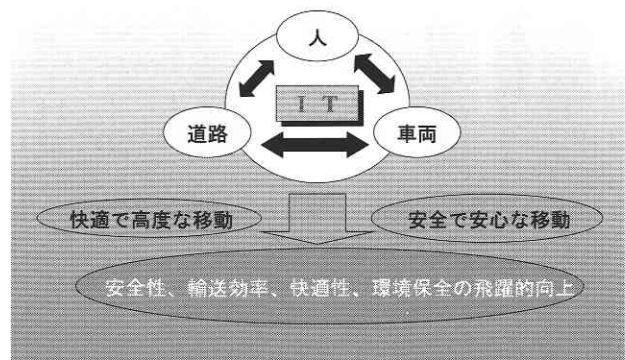
実はこのITSというのは自動車産業がもたらした2つの側面を解決しようという点がございまして、1つ目の点は、自動車産業、車というものがあるために負の側面が発生している点。すなわち死亡事故とか環境公害というものが発生する。それを何とかIT技術を用いて解決したいというのが1つ目のITSの目的でございます。

もう1つ、ITSがもたらす正の側面として移動時間の生産性の向上、安心・安全の向上というポジティブな面もございまして。こういう面に関してはITSということを考えますと、儲からなければならないというふうな、この2つの束縛を満足させるようなことを考えていく必要がある。

ITSのキーテクノロジーとしては、例えば検知技術。カメラ画像とかレーザー処理による車あるいは歩行者の検知

高度IT社会とITS

ITSの概念



目次

- ◆ 高度IT社会とITS
- ◆ ITSのめざすもの
- ◆ インフォモバイルインフラ構築に向けて
- ◆ サステナブルITSプロジェクト

ITS : 2つのMUST

- ◆ 交通がもたらす負の側面
 - 死亡事故
 - 環境公害
 - 減少させなければならない
- ◆ 交通がもたらす正の側面
 - 移動時間の生産性向上
 - 安心・安全の向上
 - 儲からなければならない

こういった3次元仮想都市をつくとどういふメリットがあるかということをしこしこ話したいと思ひます。

例として、現状の世界での車両のトラッキング、あるいはトラッキングされた結果を仮想都市へ投影して、この仮想空間での任意の視点を生成するというで3次元仮想都市が生成できます。

これは例えば駿河台下を、実はこれはゼンリンのデジタル地図から、階高情報に基づいてつくった都市空間にカメラ画像から撮られたテクスチャをはってつくった3次元都市の例でございます。そこへ坂内先生や上條先生が用いられている、実は駿河台下のビルの上にテレビカメラがございまして、そこから映像が逐次、坂内・上條研に送られてきています。そこで坂内先生と上條先生たちは車をトラッキングするシステムを開発されております。

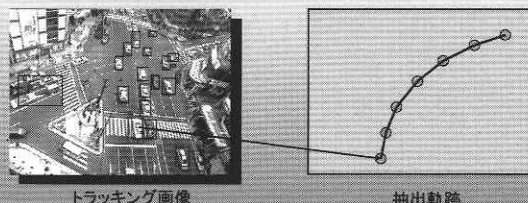
モデルベース法による仮想空間

(仮想駿河台下)



この情報をいただきまして、各々の車が実社会あるいは実画像の上ではどういふふう動いていったかという軌跡が抽出できます。

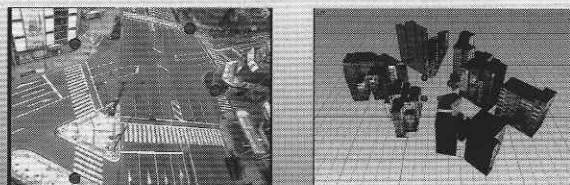
経路抽出



◆位置情報から軌跡情報へ

そういたしますと、実はテレビカメラと仮想世界とを形づくることよって、画像上の各点というものが仮想空間でいっただいどこに対応するかという対応関係がとれます。

実空間と仮想空間の対応付け

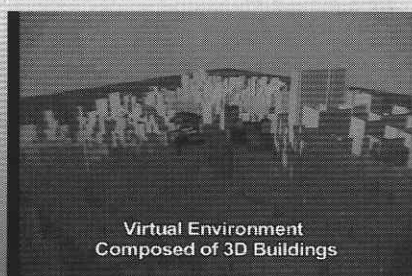


- ◆2次元射影変換
- ◆仮想車両の生成

これはゼンリンからつくった3次元地図の上の仮想空間の中に、先ほどの車の軌跡を投影してそれらしい車が走っている。まだビジョンシステムがちゃんとしていないので、世の中には青いセダンしかないのですが、そのうちにだんだん赤い車とか白い車を入れたいと考えております。これにより仮想空間に各々の車の運動というものを表現することができます。これらをわれわれは「3次元仮想化都市」と呼んでおります。この3次元仮想化都市のひとつの応用例として、ああいったビルの上から撮られた画像から実はその各々の時点でのドライバーの視点における車の動きというものが表現できます。

3次元仮想化都市

仮想化駿河台

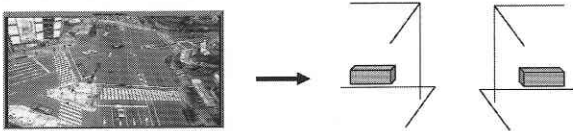


すなわちドライバーの視点を表現できますから、例えばビルの向こう側にどういふふうな車が走っているかというふうな映像が生成できたり、あるいは事故が起こった時点で、いっただいそのときドライバーはどういふふうな映像を見て事故が起こったのかというふうな映像が生成できます。これは実は運転者支援の例でございますが、ビルの上から見られた画像から車がビルの向こう側でどういふふう動いているかという視点の映像が生成できます。

この様なシステムがあれば、出会い頭の事故が起きてしまう状況でもビルの向こう側の車を表示できるので、事故を防止することができます。これはある意味においてはカ

3次元仮想化都市応用例

- ◆ドライバーの視点で表現
- ◆運転者支援
- ◆事故解析

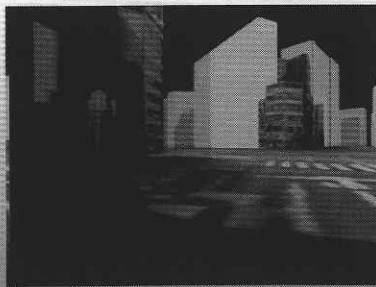


ドライバーの視点(ビルあり)



→ 事故！！

ドライバーの視点(透明ビル)



視覚確認 → 安全運転支援

ーブミラー、道路の交差点にあるミラーをもうすこし知能化して、それを各車両に配信したようなシステムですが、こういった視覚確認ができれば安全運転支援に役立つのではなからうかというふうなひとつの応用が考えられます。

この3次元仮想化都市をつくることによって視点を拡大することができました。すなわちドライバーに現状見えないものが見えるようにすることができた。どこからでも見ることができる、どちらの方向からでも見ることができるという機能を実現することができた。

3次元都市から4次元都市へ

- ◆3次元仮想都市 → 視点の拡大
 - どこでも見ることができる
 - どちらの方角からでも見ることができる
- ◆4次元仮想都市 → アウェアネスの拡大
 - いつの時代でも見ることができる
 - これからのことも見られる

ではこれを4次元にするとどうなるか。当然4次元にすると、どこからでも見る、あるいはどちらの方向からでも見えるだけでなく、いつの時代でも見ることができる。あるいは今後、その各々の時点がどういうふうになるかという予測もできることとなります。それをわれわれは「ドライバーあるいは歩行者のアウェアネスの拡大」というふうに呼んでおります。

アウェアネスが拡大すると当然周辺の様子がよくわかりますから、安全性が向上するであろう。未来の様子がわかりますから、わざわざ渋滞に突っ込む人はいない。すなわち利便性が向上します。過去の状況がわかると、娯楽性も向上する。このように、アウェアネスを向上させることによっていろいろの利便性、安全性、娯楽性が向上するのはなからうか。こういったアウェアネスの拡大こそがITSとして産・官・学で開発すべき基本技術ではないかというふうに考えております。

アウェアネスの拡大

- ◆周辺の様子が分る → 安全性の向上
- ◆未来の様子が分る → 利便性の向上
- ◆過去の様子が分る → 娯楽性の向上

そう言っているだけでは夢物語だなどと言われてしまうので、実際の研究内容をご説明したいと思います。

ここで、そういったアウェアネスの拡大のための4次元世界の基本技術として、こういったことを開発すべきかということを考えますと、1つは、各々の時点における情報を収集する。要するにこういうことをするためには、す

インフォモバイルインフラ 構築に向けて

インフォモバイルインフラの構造

すべての時点でのすべての情報を集める必要があります。すなわちユビキタスな情報観測網を開発する必要があります。

さらにそれらをつないで各々の時点での状況を予測するような予測エンジンを開発する必要があります。これで4次元都市ができるわけですが、この4次元都市を、ではそれをどういうふうにして表現するか、それをどういうふうにして情報をリトリブするかというふうな配信あるいは検索の技術も開発する必要があります。

基盤技術

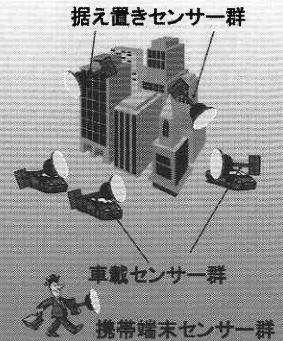
- ◆ 4次元都市構築基盤技術
 - ユビキタス情報観測網
 - 高度交通予測エンジン
- ◆ 4次元都市使用基盤技術
 - 仮想化都市空間表現
 - 高度情報検索・配信

少し構築技術で考えてみますと、現状、ビルの上にはまだ少ししかテレビカメラが置いてないのですが、道路インフラ、あるいは交差点インフラで各種の所にテレビカメラが置かれてあります。それから車両には現状、トヨタの車ですと4台から5台のテレビカメラが積まれております。それらは通常はオフにされているわけですが、電源を入れることによって情報を収集することは可能だと思います。

それから最近、携帯電話にはカメラがついておりますから、その各々の時点で当然その画像を撮ることができます。もちろん常に情報を届けますとプライバシーの侵害等の問題が発生しますから、当然ユーザーの方が、例えば写真をその時点で送ると1円あげるよ、2円あげるよというふうなメリットをキックバックすることによって、希望者だけ

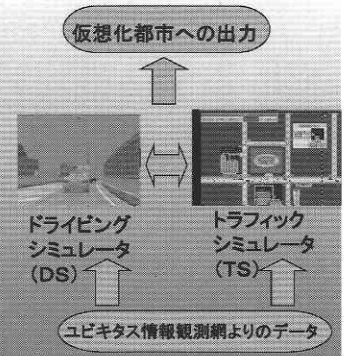
ユビキタス情報観測網

- ◆ 情報統合法の確立
- ◆ 情報通信網の構築



分散協調データベース管理

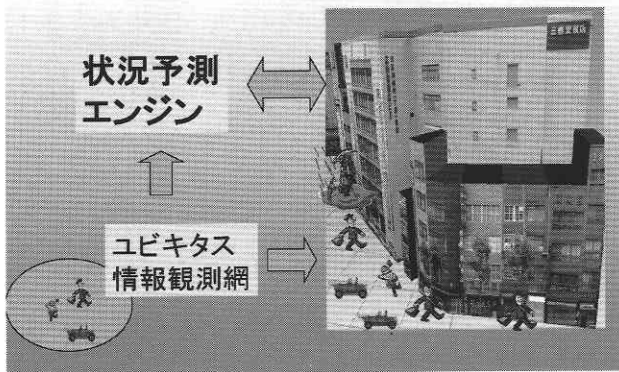
- ◆ 仮想化都市としての表現
- ◆ DSとTSの密結合による予測エンジン
- ◆ 統計エンジンによる情報の分散整理
- ◆ ユビキタス観測網情報の分散協調管理



の情報ということになりますけれども、世の中に1億人の7割ぐらいの方が携帯電話を持っているとすると、7,000万台のセンサーが日本中にばらまかれているわけで、それらの任意の状況での情報を収集することができる。世の中に存在しているこういったユビキタスなセンサー群からどうやってそれらの情報を統合するか、あるいはそれらをどうやって配信するかというふうな技術を開発するということが、こういったユビキタス情報観測網が形成できます。

次に、各々のノード（観測点）から上がってくるこういったユビキタスの情報からどうやって予測するかということが問題になるわけですが、各々の周辺の状況から、例えば桑原先生が開発しているトラフィックシミュレータにそういった情報を入れることによって、あるいは須田先生が開発しているドライビングシミュレータにそういう状況を入れることによって、その各々のノードにおける将来予測ができます。すなわち仮想からの情報とユビキタス観測網から上がってくる情報を、そういった統計エンジンによって各々のノードにおける統計量に変換するとか、あるいはドライビングシミュレータとかトラフィックシミュレータによって、その各々のノードにおける将来像を計算するというふうなものを開発する。それらを仮想化都市へ出力するということができると思います。これをわれわれは分散協調データベース管理というふうに呼んでおります。

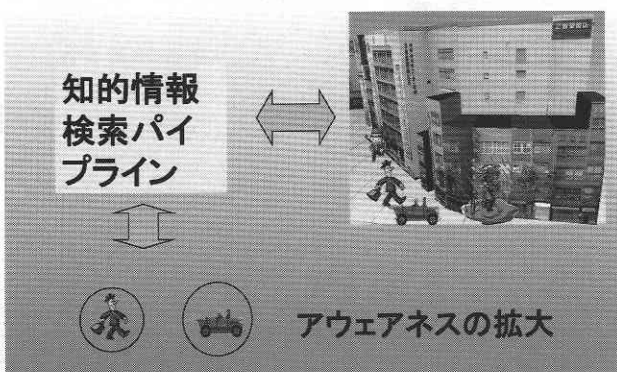
4次元仮想都市の作成



こういったユビキタス観測網から上がってくる情報、あるいは状況予測というものを4次元都市に入れることによって、

例えばユーザーから問い合わせが入った場合に、あなたの周辺では将来こういうふうになりますよとか、あなたが行こうとしている所では将来的にこういうふうな状況が起こりますよという情報を伝達することによって、先ほどから言っておりますアウェアネスの拡大ができるのではなかろうかということを考えております。こういった方向へ、できればわれわれ3人で研究を展開していきたいと考えております。

仮想化都市の検索技術



思っているだけではなかなか進みませんので、では実際にやってみようということでサステイナブルITSプロジェクトというものを最近この3人で始めました。

先ほども言いましたように、ITSというのは2つのMUST、すなわち交通事故等、交通がもたらす負の側面を減少させなければならないと同時に、儲からなければならないということで、この2つの点を注意しながら産・官・学の研究をしている。

なぜ産・官・学の必要があるかというと、ITSというのはシステム産業のため、単独の企業ではなかなか開発しに

サステイナブルITSプロジェクト

インフォモーバイルインフラコア技術

ITS：2つのMUST

- ◆ 交通がもたらす負の側面
 - 死亡事故
 - 環境公害
 - 減少させなければならない
- ◆ 交通がもたらす正の側面
 - 移動時間の生産性向上
 - 安心・安全の向上
 - 儲からなければならない

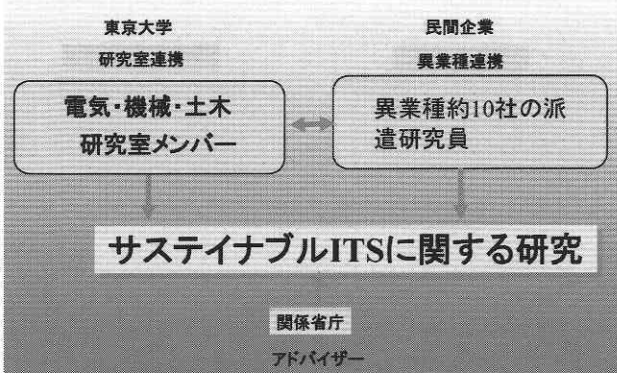
ITS分野の特殊性

- ◆ システム産業 → 単独企業では困難
- ◆ 融合工学 → 単独研究室では困難
- ◆ インフラと深く関連 → 官の関与が必須
- ◆ 技術革新が激しく、早期連携が必要

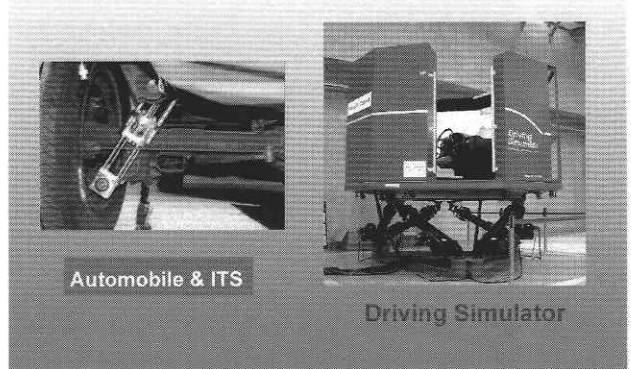
く。さらに融合工学でございますから、先ほども言いましたように画像工学とか交通工学とか制御工学というふうな各種の分野の要素技術を融合する必要がありますので、単独の研究室では困難である。さらに、そういったアウェアネスの拡大のためにはインフラと深く結びついたような技術開発が必要であるということで、官の関与がぜひともMUSTであるということから、実は産・官・学のプロジェクトを立ち上げました。

1つの核は東京大学の生産技術研究所の3名、あるいはその周辺にいらっしゃる先生方で学のメンバーを形成して

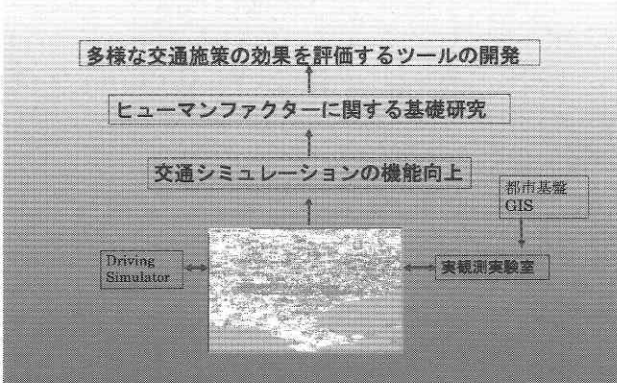
新しい産学連携の展開



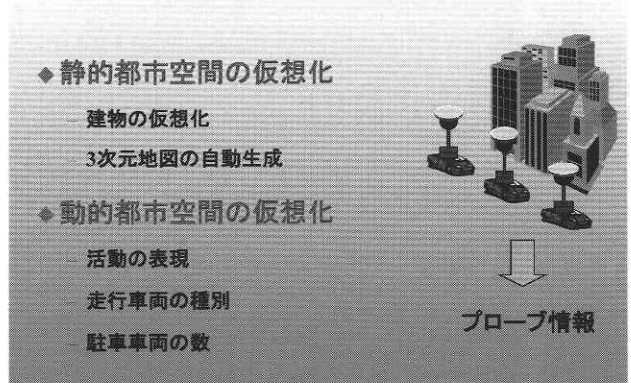
須田研究室(車両制御動力学)



桑原研究室(交通工学)



池内研究室(画像処理)



おります。それから、異業種の約10社の方の派遣研究員を、生研キャンパス内にあるCCRという場所を使っているわけですが、そこに研究員の方を派遣していただきまして、それから官庁からアドバイザーをお招きしてサステイナブルITSプロジェクトというものを産・官・学の形態で進めつつあるという状況でございます。

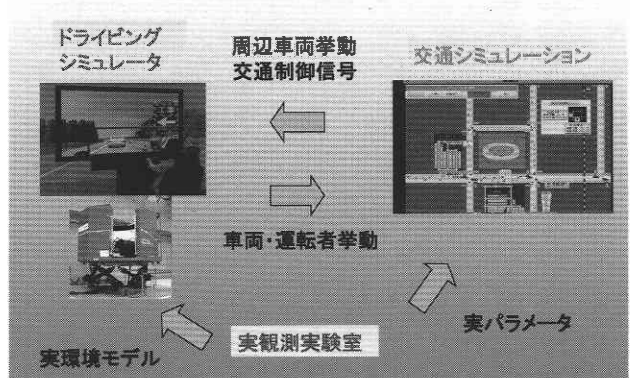
各研究室を紹介いたしますと、桑原先生の研究室は、交通シミュレーションの機能向上ですとか、それに基づくヒューマンファクターに関する基礎研究をやっておられます。したがって桑原先生に、先ほどの4次元都市の中の各ノードにおける将来像のようなものを生成するような予測エンジンを開発していただく。

須田先生のほうでは、車両制御等の研究を以前からやられておりますから、そういったところから出てくる車の挙動でございますとか、あるいはヒューマンファクターの研究をやっている。

われわれ池内研究室では、そういった静的な都市空間をどうやってつくるかとか、あるいは現状の活動をどうやって仮想空間に入れるかというふうな動的活動の仮想化ということをやっております。

それらの3研究室が協力いたしまして実観測実験室で現状の状況を収集し、それに基づいてそれらの実パラメータを交通シミュレータに入れることによって、よりリアルな交

複合現実感交通実験スペース



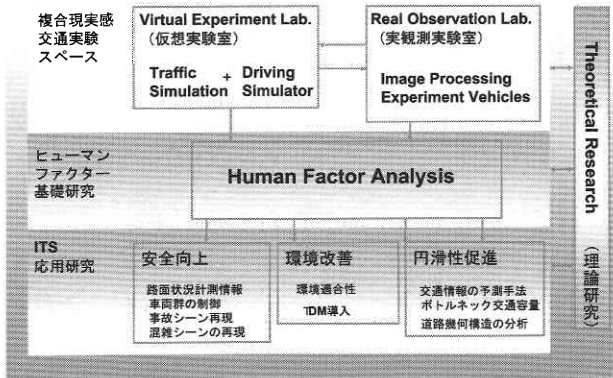
通シミュレーションができる。あるいは実観測実験室から出てくるパラメータに基づいてドライビングシミュレータを動かすことによって、よりリアルなドライビングシミュレータ環境ができる。さらには、いままではドライビングシミュレータ環境というのは切り離された状況であったわけですが、ドライビングシミュレータと交通シミュレータをつなぐことによって、実際の状況によりリアルに感じたドライビングシミュレータが生成でき、それらの上に人間をのけることによって車両や運転者の挙動が図れるというプロジェクトを進めております。

三層構造

- ◆ 複合現実感実験スペース
 - 実観測に立脚
 - 仮想体験
 - インフラとの相互作用
- ◆ ヒューマンファクター基礎実験
- ◆ ITS応用研究

このプロジェクト自体はそういった実観測に立脚した複合現実感実験スペースというものを構成し、そこでのヒューマンファクターの基礎研究を行うことによって ITS の応用研究をやっていきたいということを考えて一昨年からプロジェクトを始めております。

サステイナブルITSに関する研究



このサステイナブル ITS の目標として、産・官・学の共通フォーラムをつくって、できればこういったドライビングシミュレータ、トラフィックシミュレータに基いたインフォモバイルインフラ、すなわち4次元仮想化都市のコア技術を開発したいと考えております。それから新しいIT、あるいはITS産業が創出できればということでこのプロジェクトを進めている。

波及効果といたしましては、こういったスマートモビリティ社会を確立することによって交通弱者の自立ですとか、円滑な移動情報空間の提供、あるいはそれに基づく生産性の向上、社会安全保証の確立、すなわち過去、現在、未来の可視化、あるいはエネルギー問題の解決ということが得られるのではなかろうかということでプロジェクトを進めている。

これは実は先ほども浦先生からご紹介ありました高度ITリサーチインテグレーションの一部としてやっているプロジェクトでございまして、この中には、それ以外にもE-

波及効果

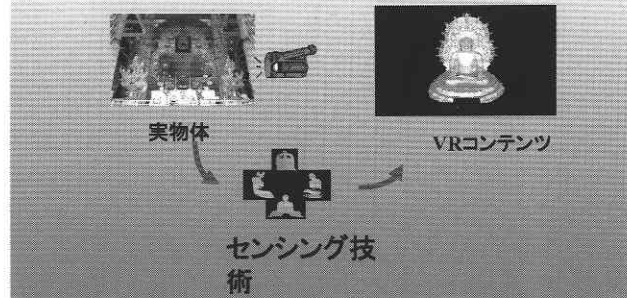
- ◆ スマートモビリティ社会の確立
 - 交通弱者の自立
 - 移動情報空間の提供
 - 生産性の向上
- ◆ 社会安全保証の確立
 - 過去、現在、未来の可視化
- ◆ サステイナブル社会の確立
 - エネルギー効率、環境改善

リサーチインテグレーション

- ◆ E-society プロジェクト
- ◆ E-learning プロジェクト
- ◆ 文化遺産コンテンツ化プロジェクト
- ◆ ナノ構造プロジェクト

コンテンツ化

文化遺産のコンテンツ化支援技術



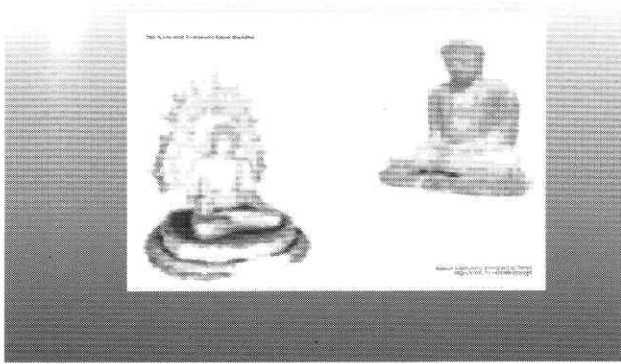
Society プロジェクトとか、E-learning のプロジェクトとか、ナノ構造プロジェクトですとか、私がやっている文化遺産コンテンツ化のプロジェクト等々もございまして。

実は私は、これ以外にも文化遺産コンテンツ化支援プロジェクトというものを進めております。その目的は、仮想現実システムというものが非常に流行っているわけですが、その開発期間が長いとか、どうしても人手がかかるので高価になってしまうという問題がございまして。

ところが文化遺産のなかには、例えば仮想美術館とか仮想旅行といったような応用分野で、仮想化したい実態が存

在しております。そういった場合に、文化遺産のVRモデルが自動的に生成できれば、そういった開発期間が非常に短くなり、かつ価格もより低くなるであろうということで、観察によりVRモデルを生成するというプロジェクトを進めております。

文化遺産のコンテンツ化



(「文化遺産のコンテンツ化支援」ビデオ放映)

「国宝奈良東大寺盧舎那大仏、身の丈15メートルの巨大な大仏は、8世紀の建立以来訪れる多くの参拝者にその荘厳な姿をたたえておられます。しかし、この大仏と大仏殿は幾度ももの天災、人災を経験し、現在の姿は主に17世紀に再建されたものです。私たちはデジタル技術を使って現在の大仏、大仏殿の姿から建立当時の姿を再現する試みを行いました。まず3次元デジタル計測技術を使って大仏の現在の姿を計測します。このデジタルデータと各種の文献調査により天平時代当時の姿を再現しました。

2001年5月、2週間にわたりレーザ距離計測装置による計測を行いました。さまざまな視点からの情報を得るため、地上からのみでなく天井裏などの高所からも計測を行いました。114もの方向から得られたデータの位置合わせを行います。各方向のデータは、多数の平面群によってあらわされ互いのずれが最も小さくなる位置が計算されます。このため、多数のデータを同時位置合わせする手法を開発しました。データの統合処理を行います。位置合わせされた複数の形状データから大仏の形状を表現し、信頼性の高い点をつなぎ合わせることで統一された面で大仏の形状を再構成します。こうして得られた大仏の3次元形状モデルによりさまざまな視点からの映像をつくりだすことができます。

日本の仏教建築のなかでその様式は次第に変化してきました。現在の東大寺大仏殿は17世紀に建立されたもので、建立当時の姿からは異なっていると考えられています。大仏殿の中には建立当時の姿を再現したといわれる、およそ100年前につくられた模型がおさめられています。この模型の形状データを計測しデジタルデータを得ることができました。計測された模型の3次元データです。計測装置の性能や観測位置の問題からデータの欠損や精度不足が多

まとめ

◆ ITS → Livable Society の実現

◆ インフォモバイルインフラと 4次元仮想化都市

◆ リサーチインテグレーション内のプロジェクト例： 産学連携サステナブルITSプロジェクト

く、このままでは正しいデータとして使うことはできません。

奈良唐招提寺の金堂は東大寺大仏殿と同時期に建立された建物です。この建物の部分データを計測し780枚のデータから20カ所のデジタルモデルを得ました。模型の形状モデルからは木組みなどの大まかな位置と大きさがわかります。データの位置合わせアルゴリズムを改良し部分データの寸法と位置を正確に推定する手法を開発しました。こうして模型からの全体の形状と建物からの細かな形状を組み合わせ、より精度の高いモデルをつくりだしました。

最後に、盧舎那大仏の推定を行います。計測による現在の3次元モデルと文献調査から得られた建立当時の大きさの情報から、大仏の形状データを変形させて当時の姿をつくりだしました。

デジタル計測技術とコンピュータグラフィックス技術、そしてさまざまな調査結果から大仏殿、そして大仏の建立当時の姿を推定し、映像として見るできるようになりました。私たちが開発した技術により現在の姿にさまざまな推定結果を加え、映像としてみるのが可能になりました。この技術により文化財保存や教育分野、国際的な相互文化の理解など多くの応用が期待されています。

(「文化遺産のコンテンツ化支援」ビデオ終了)

実はこれらの研究は、若干ばらばらながらも見えるかもしれないけれども、先ほど言いましたように4次元の仮想化空間というものの中には、桑原先生たちがやっているような未来予測技術とともに、過去の情報ももせた方が有効であると考えております。こういったVR化の技術等も、4次元アウェアネス空間の中の一部のコンポーネントになるのではなかろうか。そういうふうな4次元世界を通じて livable Society を実現していくのが ITS の目的ではないかと考えております。

本日は ITS、それからインフォモバイルインフラと4次元世界、インフォモバイルインフラを開発するまず最初の一步としてリサーチインテグレーション内のプロジェクトとしてのサステナブル ITS についてお話をさせていただきました。