

「都市の安全評価を支える——3次元都市空間情報の現状と展望——」

柴崎 亮介(東京大学空間情報科学研究センター 教授)

(スライド)

空間情報科学研究センターの柴崎と申します。先ほどの須田先生のお話は身近で深刻な問題をいろいろな角度から、緻密に切り込んだものでございますが、私の話のほうは、鉄道車両の脱線とはダイレクトには残念ながらつながりません。ただ、例えばほかの先生方の話、建築の話だったり、地域の安全だったり、例えばそういったところに出てくるいろいろなアイデアをインプリメントするためにはデータがいるわけです。そのデータを一体どうやって作っていくか、という話をさせていただきます。

とは申せ、今回の話は安全評価にかかわることでございますので、それと全然関係がない話のようにみえても困りますから、最初に簡単な例をあげます。これは人がつくったアニメーションをそのまま使うので、人のふんどしで相撲をとるといった類の話ではありますが。

「荒川決壊、東京水没」というのは、国土交通省の荒川下流工事事務所というところがつくったビデオです。荒川の右岸側、つまり東京側が万が一決壊するといったいどんなことになるであろうかというドキュメンタリー風のプログラムです。

(スライド)

荒川が決壊すると、大体20兆円ぐらいの被害が出るだろうということが骨子なのですが、特にそこで私が注目したいのは、いったいどういうふうな過程で来るかということです。

(スライド)

ここの箇所から破堤するのですが、水は地上を流れるのと同時に、ここにありますように、

(スライド)

地下鉄のトンネルを通過して急速に都心まで拡がって、都心の一番肝心な所を水没させる。それによって大変大きな被害が出るというシミュレーションの結果になっているわけです。

実を言いますと、これまで洪水のシミュレーションというのは、ほとんどの場合地表面の形だけ、それも1km間

隔だったり、500m間隔だったり、かなりラフなデータを使っていたのが実態でした。しかし、例えば我々の分野からいえば、1kmの標高データはほとんどナンセンスな話で、必要と言われれば50cmでも1m間隔でもとれるし、地下鉄のトンネルだって、入っている3次元の数値地図ができるわけです。ですから今日のお話は、そういう技術がいったいどのぐらいのところまでできていて、どのぐらいお役に立てそうか、あともう一つ、どの辺のところか欠けていて、それに向けてどんな努力が行われているかという話をまずさせていただきたいと思います。

(スライド)

ここで書いてありますのは、3次元の数値地図を作る技術の現状です。基本的に「3次元マッピング」と我々が呼んでいるのは、一つは、ものの形をちゃんと3次元の形状でそのままリアルにとりましようという技術です。もう一つは「テクスチャ」と書いてございますけれども、これはその色がどんな色をしているとか、場合によっては人間の目に見えない、例えば熱赤外だったり、ほかのいろいろなスペクトル情報を持っているかというデータですが、これを取得する技術です。電波の反射係数をとったりすることで、そこに電波が当たるとどのくらいはね返るかといったような話も、当然こういったところに入ってまいります。最後の一つは、ただ形がわかるというだけではなくて、例えば建物であるとか道路であるとか樹木である、そういう区別をちゃんと認識し、それがデータベースに入るような種の構図を与えるという技術です。こういったことは、もちろん人海戦術でできますので、研究のポイントは、基本的にどれだけ効率を向上できるか、どれだけ自動化できるか、かつどれだけ広い地域をカバーできるかということになるわけです。

例えば、先ほどの北千住から大手町まで水が流れる場合に、あれだけの広い領域をカバーしなくてはいけない。あのデータをつくるのに、例えば5億かかるというと、じゃあシミュレーションをやめましようというか、ということになります。そういう意味ではいかに安くやるかということ

ころがポイントになるわけです。

(スライド)

具体的には、現在までのところ、どんなデータ収集方法があるかということをご説明します。

まず、「手段」と「プラットフォーム」と大きく分かれます。手段というのは、例えばカメラを使うとか、レーザーを使って距離を測るのかとかそういった「手段」です。また、レーダーを使うというような手も最近だんだん芽が出てまいりました。プラットフォームは、そのセンサーを何に載せて計るかということでありまして、飛行機やヘリコプター、自動車、あるいは地上に据置きといった組合せがあるわけです。

(スライド)

一番上の「光学センサー」は伝統的には航空カメラです。航空写真を上から撮り、立体視をして、3次元形状を計るわけです。これは第2次世界大戦以降、ある程度広い場所の地図作りでは、もう定着しております、これを両眼で立体視しながら人間のオペレーターが1つ1つ建物をとっていくという作業をいたします。ただ、都市部では5年に1回更新というようにコストがかかっているというわけです。

(スライド)

そこで、まず一つ考えられることは、明るさが急激に変化するところ(エッジ)はきっと建物の角があるだろうと考えて、これをコンピュータに両眼立体視するというようなことをいたします。

(スライド)

そうした3次元形状計測の結果、地面から突き出しているものを建物であろう。それ以外のところは地面であろうと分類できるわけです。

(スライド)

結果的には多少成形してやると、ご覧になってわかるように、洗練された、ちゃんと建物が抽出されているということがわかる。

建物抽出の自動化ができると、あとは建物がどう経年的に変わっていくかを、例えば毎年毎年描き出すことが可能になります。

ところがデジタル化の一つの問題は、航空写真にあります。航空写真は大変特殊な、23cm四方ぐらいの巨大なフィルムを使っています。フィルムの解像度も大変すばらしく、数ミクロンぐらいのものがちゃんと読み取れます。そういったものを使う関係上、それをスキャナにかけて、デジタル化するのは大変な手間です。

(スライド)

ですから次の発想は、スキャナで読むのだったら、スキャナに羽根を付けて飛ばせばいいではないかということになります。今我々が開発しているのがフィルムの代わりに、

例えばスキャナとかコピーで使うような線状のCCDを3本はりつけるセンサです。それでこうやって真っ直ぐ飛んでやると、地面の上をまさにスキャナでコピーしていくようにデータがとれるわけです。

(スライド)

ここにはってあるCCDによりここがスキャンされる。ここからここが撮れる。ここからはここが撮れる。というように地面が3回、違う方向からスキャンされますので、高さ情報が得ることが出来ます。普通であれば2つあればいいのですが、もう1つつけることで精度がよくなる、信頼性が上がるという効果が期待されます。

(スライド)

実際の開発にはあまり学術的ではないいろいろなトラブルがありますが、今ようやくこうやってデータがとれるようになりました。これは新宿の横の高速道路のところですが。

(スライド)

だいたい、地上分解能は、高さ500mからで5cm、1kmから10cmぐらいです。

このように光学系センサも、スキャナを積んで飛びで、そのまま立体的にデータをとることができるようになってきています。

(スライド)

それに対する強力な対抗馬として現れているのが、ここにあるレーザースキャナと呼ばれるものです。

(スライド)

レーザースキャナというのはどういうものかという、例えばヘリコプターの下にレーザーを発信する機械があります。こういうたぐいのレーザーがあるわけです。

レーザーを下に向けてうつとはねかえって返ってくるので、その時間を計ると距離がわかる。レーダーをうった方向をちゃんと計ってやればこの3次元座標を求めることができることになる。それはまさにダイレクトに求めることができるわけです。

次に、レーザーをこのようにスキャンしていくと、面的に形がとれます。こういった技術に最初に着目したのが、日本では少なくとも電力業界でありまして、こういう高圧線が山の中を通っている。そうすると下に木があって、その木がだんだん伸びてきて、高圧線に近づいていくわけです。その距離を管理しておかないといけません。あまり近づき過ぎるといけないわけですから、それで時々ヘリコプターで高圧線に沿って飛んでデータをとるということをいたします。

(スライド)

そのデータの例がこれです。ここに電力線があって、その下に見えるのが、これが樹冠の部分、木の一番上の部分です。1つ1つのポイントは、XYZの座標を持っているの

で、距離を測ることは簡単です。すると今は何センチ、去年は何センチだったから、来年は何センチぐらいじゃないかというようなことがわかるわけです。

(スライド)

当然、次は街の中でとったらどうなるかということにたちまちなるわけでして、実はこれは我々のところでとったデータであります。こういうデータをとるだけの話であれば、もう完全にビジネススペースに乗っております。これは今我々がいる生産技術研究所ですが、六本木がこっちのほうで、乃木坂の駅はこの辺にあります。今ちょうど我々はここら辺にいて、話をしたり聞いたりしているというわけです。

見ていただいたらわかるように、確かにきれいに、3次元形状が自動的にとれます。ただ、やはりレーザーを1秒間に何度も何度もうつというのは限界がありまして、どうしてもこのように画像が、粗くなってしまふ。あまり細かいものはなかなか見えないというようなことがあります。

(スライド)

あともう一つの限界は窓からデータをとるところにあります。先ほどの水害のような場合に、地下鉄の入口がどこにあって、どこからどのようにつながっているかなど、もっと細かい情報が必要になるわけです。あるいは防災などでの避難シミュレーションでも、道路上の細かい情報が必要です。あるいはCGなんかで見せる場合でもいいわけですが、ユーザーの視点というのは多くの場合地上にあります。ですから上空から屋根の形がきれいにわかるというだけでは必ずしもユーザーはうれしくないわけです。すると地面にこういうレーザーを持って行って振り回すということをしていいのではないかということになります。

そこで、上からとるとの並行して、このように地面の上にレーダースキャナを置いてデータをとってみよう。その処理のためにどんな研究課題があり得るのかというようなところから始めました。もちろん地上に置くものは、ここにレーザーのクラスで1Aと書いてございますが、一番弱いクラスです。これのレーザーポインターは恐らくクラス2だと思えますが、プラス2というのは目に入ると危ないよというもので、クラス1Aというのは、レーザーが発信しているのも全然目では見えないような大変弱いレーダーですので、その辺に関してはご安心ください。

(スライド)

そういったものを振り回してデータをとってみました。これは今我々がいるところの窓です。レーザーを周りに回す機械を、学生がいろんな部品をもってきてつくったわけですが、それを使ってデータをとってみました。これだけですと3次元のデータがとれるというイメージがいまいちつきませんので、もうちょっとわかるようにしてみました。

(スライド)

これがそのときとれた生データでして、あまりよく見えないと思います。恐らく白い点々が何となく見えるという程度だと思います。この白い点々の一つ一つがXYZの座標を持ってあります。少し視点を下げてみますと何が写っているか。植え込みみたいな、アンパンみたいなのが並んでいることがわかります。もっと急速に下がると、ちょうど建物に囲まれた周りに、真ん中に植栽があって、というのが何となくわかってくるかなと思います。

こうやって見ていただくと、センサーを置いて回したところがよくわかりますし、あとだいたいこういうような建物の形がわかります。これは残念ながらプロジェクターのレゾリューションがいまいちでしたので、少し縞模様ができたりして、あまりきれいではないかもしれませんが、こんなふうにしてデータをとることができるわけです。こういった方法が大変いいのは、置いてスイッチを押せば、そのままとれてしまうということにあります。

(スライド)

ただ、もちろんこういう方法はいろいろな限界がございます。例えばこれは生研の建物を上ら見たところですが、こういうように星のマークがたくさんあります。これは学生が機械とコンピュータを抱えて、何週間かかかりましたが、1つ1つ置いてデータを全部とっていった跡を示しています。これだけ全部とらないと全体はできません、しかもこれをつながなくちゃいけない。そこで彼女のドクター論文のテーマができるわけですが、こうやってつないでいくということをしました。そのまま自動的にやりましようというわけです。

(スライド)

ただ、例えばこちらからつなぐ、こっちからこうつなぐということをするとは必ずどこかで出会うわけですが、その出会うときに誤差がずっと蓄積していき違ってしまうので、それも自動的に調整すると、全体のデータができるわけです。

(スライド)

これは上から見たところで、爆弾が落ちて穴があいてるように見えるところ、これがレーザーのセンサーが置かれたところです。このレーザーは、CCDの小さな白黒のカメラも付いておりまして、同時にこうやって明るさ情報もとっていることができます。ですからそれを全部はりつけておくと、多少細かいところはデータの関係上省いておりますけれども、ちょうどその場所の、まさに3次元のコピーがそのままとれるということになります。ですから、こういった技術は、もちろんこういう3次元の地図を作るといふ、かなり真面目なアプリケーションにも使えますし、あるいは例えば世界遺産のこういう3次元デジタルアーカイブを作りには去年はレバノンに行っていました、そ

ういったたぐいの応用もあり得ます。

(スライド)

ただあの方法は、先ほど学生が機材を持って歩き回ったということを申しましたように、あまり効率的ではありません。そこで車で機材を持って歩いたほうがずっと楽だということで、次は車の上に、レーザーをスキャンする装置を付けました。あとは、どこからどちらを向いてとったかというのがわからないといけませんので、車の上に位置が傾きをちゃんと知るためのGPSやINS(慣性管制工法装置)といまして、加速度計やジャイロを使って、乗っているものがどっちを向いていて、どう傾いているかというような情報を得るための装置)を載せています。

(スライド)

具体的にはセンサは車の上の後ろから顔を突き出しておりまして、同じような機械が3つ並んでいます。この機械は、レーザー部分と周りの画像を取るCCDの部分に分かれております。なぜ3つも必要かといいますが、車は、この方向に動きます。ここの機械はレーザーをちょうど真横にうちます。つまり私が車の後ろにいてセンサーだとすると、ちょうど手を回すように、レーザーを回します。ですから1回転すると、ここのところを中心にして、この平面に沿って断面図が1枚かけるわけです。車が動きますから、断面図がちょっとずつ動いていく。それを積み重ねていけば3次元になります。ただ、街にはたくさん街路樹がございます。必ずそういうところでブロックされてしまっています。ですから、断面図をかくレーザーを少し斜めにつける。こちらにも斜めにつけるということをいたします。すると街路樹にまともにもぶつかるだけではなくて斜めにとりますので、街路樹の脇から少し中に入り込んで、多少なりとも隠れる部分が減るのではないかという期待をしているわけです。

(スライド)

具体的にはそういう3つの組合せでデータをとってみました。例えば走りながら真横に、直角90度方向のレーザーを照射されている場所が赤で表現されています。黄緑色の部分が、走りながら斜め前にレーザーを照射している部分。この青い部分が、走りながら斜め後ろにレーザーを照射している場所です。この辺のところ、何も無いのは、かなりこんもりとした木があったりするところです。この辺のところであれば多少は届くということがわかりました。このように走りながら3次元のデータを、沿道に関してどんどんとっていく。先ほどの洪水の例でいえば、要するに街の中を洪水が流れるときには道路が流路になるわけですが、流路のデータをずっととっていくといったような感じであるといえると思います。その上にカメラで撮った画像をはりつけると、いったいどんなふうに見えるかというのがこれです。

(スライド)

これはレーザーの点群をそのまま絵にするのは、今のところ大変重たいので、相当乱暴に建物の壁のところは、こうやってみんな直線で、あるいは地面に直角な面ではられているというふうにしています。そして建物、木と水平面である道路と3つに自動分割して、それぞれ色をつけるということをしています。自動分割というのは、データを見ながら、これは木だとか、これは建物だとか見分けるプロセスですが、今始まったばかりで、まだ残念ながらそんなにきれいには見分けられていないという感じです。あともう一つ同じように道路の上からの視点に関して少しお見せしたいと思います。

(スライド)

これは道路に沿って車に乗っているように見せているものです。これも今のような限界がちょっと表れておりまして、例えばここにある緑色のもの、よく見ると明らかにこれは木ではなくて車です。今の段階では建物、道路を取って、そのあと残ったのはみんな樹木だとしておりますので、どうも車の格好をした植木がたくさん並んでいるというように現在ではなっている。ですから次は、車をとにかく見分けるロジックを入れてやらなくては行けないということになります。

ただ、この方法がいいのは、とにかく車で走るということで形と色がわかることです。まだ不十分ではありますが、形と色がわかれば、自動認識の精度が格段に向上します。今までのように、ただ画像だけを見て、そこに何が写っているか自動認識するのは大変難しい問題で、実験室以外ではあまり成功しておりません。それに対してここでは走った後に自動的に3次元の形と色の情報がどんどん基本的にはできていくというわけです。データ量が多いのをいったいどうやって絵にするかとか、そういう比較的些細のようには見えて実はけっこう深刻な問題もございますが、少なくともデータがだいぶとれるようになってきました。

(スライド)

あと最近多少出てまいりまして、ひょっとすると面白いかもしれないというのがレーダーです。飛行機に電波を出す、そういうアクティブなセンサーを積んで、地面の標高をとってやる。

(スライド)

これはひょっとすると雑誌のサイエンス番組かなにかで、宇宙から衛星で地表のレーダー画像をとらえると、地殻変動のように、地震で表面が若干動いたりするのがわかるというようなものをご覧になった方もいらっしゃるかもしれません。

(スライド)

これは日本の衛星で、ちょうど富士山を、7月7日と8月20日の2回撮影した結果です。そうすると、地面から

戻ってくる電波の反射の位相が少し違ってみえるわけです。その位相差を追っ掛けていくと、地面の高さが変化しているかをつかまえることができます。こうやって地面の形のでこぼこがわかるという技術がございます。ただしこれは富士山のように比較的なだらかに標高が変化していく場合には、位相の変化は大変追いやすいわけですが、街の中になりますと、こんなような粗いレゾリューションではだめですし、地面が、ビルなんかがあって急激に変化しますので、なかなかうまくいかない。

これは旧郵政省の通信総合研究所というところが持っている航空機搭載のレーダーのデータです。おぼけが立っているように見えますのがビルでして、向こう側にビルが少し倒れて見えるというふうにご覧になるかもしれません。実はレーダーは向う側から、電波(マイクロ波)をうっています。倒れて見えるのは、レーザーの電波が当たって、最初に戻ってくるのは建物の向う側の角だからです。縦軸は、電波が戻ってきた順になっていますので、こちらに近いということは、たぶんこのポイントはこのポイントよりレーダーに近いということなわけです。こういったものを使って3次元のデータをつくることのできる可能性はある。これは例えば夜間でも大丈夫ですし、雲が厚くたれこめていても画像がとれます。ビジネスジェットを使っていますので、半日ぐらい飛ぶと日本全部を完全にカバーすることができるというぐらいのデータ取得能力がございます。そういう意味では期待できるということであります。(スライド)

だいたいこういうような状況でして、簡単にまとめると、光学センサー、例えばカメラやCCDは相当に使っていて、非常に細かい情報を読み取ることはできるのですが、自動化という言い方をするとちょっと大変である。レーザーは、それに対して形状計測そのものはただ反射する時間を測るだけなので、簡単で自動化できるといっていい。ただし、レーザーをそんなに高速に発射できないので、分解能があまりよろしくないというのと、形だけから見ても、建物なのか、樹木なのか、車なのか区別するのはちょっと大変という話になるわけです。恐らく今後の方向は、あるいは我々も含めていくつかのグループが、そういうものの試作を開始していますが、レーザーと光学センサーを組み合わせさせてしまおうというのが当然あると思います。(スライド)

それを同じ場所ですったものを対比してみると2つの特徴がよくわかります。これは生研のちょっと向こう側の市街地をレーザーですったものです。明るい、白いところが比較的高いところで、この黒く見えるところは標高の低いところ。これを同じように3本のCCDを積んだTLSですったみたわけですが、こうやってみると形は完全に出ている。一方レーザーの場合はどうもレゾリューションがあま

りよくなくて、例えばこういうふう建物に連なったりすると、1つなのか複数なのかあまりよくわからないわけです。ここで光学センサー、これはレゾリューション、だいたい5cmぐらいですので、それを組み合わせてやると形がちゃんとでできます。こうやることでかなり自動化のレベルを上げられるのではないかというわけでした、こういったことを今一生懸命やっております。

(スライド)

そういう意味で、3次元のマッピング技術というものは、街並み、あるいは都市空間といってもいいと思います。そういうものの物理的な側面に関しては大変詳細にとることができる。もちろん物理といった場合に、ただ単に色と形ではないということはあると思いますけれども、相当昔に比べればいいところまで来たといっているのではないかと思います。ですからこういうのはもともと伝統的に、コンピュータグラフィックスであったり、コンピュータゲームで利用できるなか、シミュレーションのモデルと組み合わせることで、例えばビル風の問題であったり、あるいは音響・騒音の問題であったり、あるいは携帯電話なんかのタワーの配置のような電波の伝搬解析の問題であったり、あるいは沿道周辺の大気汚染の拡散、この辺からだんだん都市の安全になっていくわけですが、建物とか構造物の地震被害に適用できるようになります。こういったものもだんだん3次元のいろいろなシミュレーションのモデルが出てきておりますし、あと氾濫解析などももうかなりできている。あとは、それをつなげて動かすデータというか実験場があって、それのための検証データがあれば一気に進むであろうという状況になりつつあるといっているわけですね。

(スライド)

ただし、いま申し上げたように、こういう3次元のマッピングの話は、あくまで物理的な話に限定されるのではないかと。この絵は、例えば街の中のいろいろな空間データベース、あるいは地図のデータベースを考える場合の2つの軸を示しています。1つは、街並みを物理的に非常に細かく表現しようというような物理空間の軸です。もう1つが、そこでは人間が当然活動しておりますし、災害は、建物そのものが壊れるよりは、そこにいる人が怪我をしたり亡くなられたりするのがもっと深刻な問題であるというのは当然のことでしょうから、「人間活動」の軸となります。今のような技術を使っていくと、そういう物理空間のデータをよくしていくということに関してはかなりの程度成功しつつあるというわけでありまして、恐らく次にもう少し真面目に模索しなければいけない方向は、今にあるものをどれだけ人間方向に延ばせるかというわけです。じゃあレーザーで人間を測るのかということになるわけですがけれども……。

話が多少前後しましたが、人間活動を入れるとどういう使い方ができそうか、一つは、人間がいるというのは被災者に当然潜在的になりうるわけで、避難誘導もできるし、さっきのような細かい物理空間があれば、あなたの自宅、あなたの地域はいったいどのぐらい危ないかというのを、もっと細かく見せることができるわけです。また人間というのは時としてちゃんと救済者になってもらえるわけですから消防や警察といったヒューマンリソースがいったいどこに分布しているかというのをちゃんとおさえることができれば、状況に応じてダイナミックに配備を変えることもできるというわけです。

(スライド)

そこで、ではどうやって人間的な側面を取り込むのか、社会経済データは、行動科学や、交通、経済学の分野でもちろんとられているわけです。ただそれらは、基本的に集計された静的なデータ、つまりスタティックなデータです。災害のときにどう変化していくかといったようなことに関しては必ずしも反映しているわけではありません。

そこで今我々のグループでもうちょっと注目しているのではないかと思っているのはポジショニングです。つまり人間に何かを持っていただいて、その人がいったいどう動いているかというのを、どうトラッキングしていこうかというわけです。

(スライド)

PHSで位置がわかるというのは、もう商業的なサービスも始まっておりますし、皆さんよくご存じだと思います。PHSというのは、都市部であればいろんな基地局から電波が来ます。真っ直ぐ来る場合もあるでしょうし反射して来る場合もあるでしょう。皆さんお持ちのPHSは、だいたい街の中を歩いている場合に、基地局、一度に7局とか8局ぐらいのところから絶えず電波を受けてはいます。位置決めができるPHSというのは、どこのアンテナからどのぐらいの強度で電波が来ているかというのを同時に計測できます。1つのアンテナだけから来ていると、だんだん電波というのは強度を弱めて拡散していきますので、だいたいここからどのぐらいの距離にあるのだろうかというのがアバウトにわかる程度なわけですが、それが7局、8局あれば、こうやって周り中からどのぐらいの距離にだいたいあるかというのがわかります。街の中は確かに形状が大変複雑ですので、実際にサービスしておられるところは、住宅地図のデータを使って階数を与えて3次元のデータを立ち上げているわけです。そしてこうやって電波がどう反射してここに行くかというのをつくってあるわけです。ですからユーザーのPHSからデータが来て、そのユーザーのPHSは、何番のアンテナからどのぐらいの強度でもらっているかがわかると、それを逆算して、あなたはだいたいこの辺ですねということを示す。

ただ、これはもちろん3次元のデータがどのくらい正しいかによります。そこの方にお話を伺うと、例えば秋葉原が大変悪かった。なぜ悪いかというと、建物の形のデータがよくなかったのではなくて、住宅地図でやったので建物しか入ってない。秋葉原はご存じのように、中央線や総武線が街の真中で大変高い高架になっているわけです。そういったところの反射というのは入らないので、本来なら総武線の北側にいる人間がやってみると南側になってしまうといったことが起きるのだというわけです。ただ残念ながら、これは、まだチャンピオンデータでも40mだとか、そのぐらいの精度しかありませんので、ある目的には使えるけれども、もう一歩というところであるわけです。

(スライド)

また、ポジショニングでよく出るのは、GPSです。アメリカの海軍がそもそも始めたものですが、地球の周りにたくさん衛星を上げて、ここから電波を流し、距離を測ることで位置を計ります。ただ、ビルの中にいるような場合には電波が外から入ってきませんので使えない。だから街の中では使えないところが大変多いわけです。

(スライド)

ところが最近、おもしろい技術が現れてきました。実は、GPSの実験の段階から使われていたもので、とても古い、70年代技術とっていいものなのですが、Pseudolite (シールドライト：擬似衛星) といいます。このPseudoliteというのは実際の大きさはタバコぐらいの大きさなんです。GPS衛星とまったく同じ信号を出します。70年代に使われていたときは、まだGPSは計画段階でして、ほんとはあいう衛星を打ち上げるとちゃんと位置が決まるのか、どのぐらいの精度かを調べるために発振器を地上に置いて、それを使って実験していたわけです。

今それがなぜ注目を浴びるのかといいますと、例えばこれはスタンフォード大学のGPS研究所の研究例なんです。こういう露点掘りの鉱山で、この下で露点掘りをするロボットをちゃんと制御したい。そのためにはこれの位置を正確に求める必要がある。そのときにGPSを使うわけですが、露点掘りは急斜面の底にいるわけでした。ここから上空を通るGPS衛星は、そんなにたくさんは一度に見えないわけです。それで、それを補完するためにこういう発振器を周りにたくさん付けて、そこから電波を出すことによって、これの精度をうんと上げてやろうという試みです。これはアメリカですので、アメリカらしく露点掘りですが、これを東京の地下鉄や高層ビルに持ちこみ、たくさん付けることができれば、街の地下街でも、建物の中でも、外へ出ても、今持っているGPSの受信機の多少のソフトウェアの変更で、そのまま位置決めをすることができる。しかもGPSの機能は理屈上すべて使えますので、1cmぐらいの精度を達成できる可能性がある。例えばRTKGPS

というアプリケーションがあるのをご存じだと思いますが、そういったのもできるということになります。

それとあとはこれがいくらでできるの、ということですが、だいたいこういったものはタバコぐらいの大きさで、アンプも付いてないような発振器ですから、メーカーの方に聞くと、個数が出れば5万円～10万円ぐらいだそうです。例えばこのお部屋の四隅に置いておいて、この中で1cmの位置決めをできるということになってまいります。

(スライド)

というわけでして、こういったものを街の中に配備することで、3Dの空間の中で、人間がいったいどんなふうに動いていくか、あなたは今どこにいるのかという情報をもることができるわけです。ですから実際街の中に人間がいるとした場合に、周りの状況は、かなりの程度こちらにそのままコピーができるようになりつつあります。

あなたがどこにいるか、どんな状況なのかというのがわからないと、情報システムはサービスのしようがないわけですが、あなたが今ここにいるんですねと言えば、じゃあ真っ直ぐ行くと何がありますとか、真っ直ぐ行くと、例えば危ないとか、そういうような情報をどんどんプッシュすることができる。そういうわけで、まさに空間データとポジショニング、あるいは人間との組み合わせというのが今後の一つの大変重要な方向になるであろうと思います。た

だ、先ほどPseudoliteのような発信器をやれば大変社会的インパクトは大きいので、例えば既存のGPSユーザーに対する影響だとか、そういったこともチェックしなければなりません。なるだけ早く実証実験、あるいは公開実験をやろうという段階にあります。

(スライド)

まとめると、例えばこちらが人間の軸で、こちらが物理的な空間の軸で、こっちが時間だとすると、今はGISや空間データとしてあるのは、2次元の数値地図で、それが5年前のだったり3年前のだったりするわけですが、レーザーなどいろんな技術を使うことで、物理軸の方向にはかなり進歩しつつある。人間活動方向は、統計データなどを使うことでだんだん進んではいきますけれども、恐らくさっきのようなポジショニングなどを使うことで、まさに今、どこに誰がいて何をしているかということが(もちろんプライバシーの問題などいろいろございますが)わかってきて、だんだんこちらにダイナミックに変化していきます。そして空間と人間、その相互作用というようなものがまさにわかるようになってきたり、あるいは計算機の中に入れて、それを使って何をするかというようなことができるようになりつつあるわけです。

ということで私の話を終わらせていただきます。

(了)