

平成21年5月11日現在

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2007～2008

課題番号：19710144

研究課題名(和文) 流体計算技術と地理情報システムを相互連携した
新しい防災・危機管理システムの構築研究課題名(英文) New construction of disaster prevention and crisis management system
linkaging between CFD and GIS

研究代表者

内田 孝紀(TAKANORI UCHIDA)

九州大学・応用力学研究所・助教

研究者番号：90325481

研究成果の概要：

“安全・安心な市民生活”をキーワードに、市街地において生物化学兵器テロや、突発的な事故が発生した場合の、被害拡大、危険物質の移流・拡散、さらには人の避難性状を的確に把握・予測するソフトウェアの開発を目指す。市街地周辺では、非線形な連成現象が支配的であるため、わずかな条件の違いが拡大し、大規模な災害に発展する危険性を秘めている。本プロジェクトは、格段に高い精度とユーザーフレンドリーな操作性を有する「都市の防災・危機管理システム」を確立することを目指している。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,100,000	0	2,100,000
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	360,000	3,660,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム学，社会システム工学・安全システム

キーワード：危機管理，テロ対策，防災，減災

1. 研究開始当初の背景

今回、研究開発を進めるソフトウェアは、“安全・安心な市民生活”をキーワードに、産業界や一般社会からの強い要請に応え、市街地において生物化学（BC，Biological Chemical）兵器テロや、突発的な事故が発生

した場合の、被害拡大、危険物質の移流・拡散、さらには人の避難性状を的確に把握・予測するものである。これにより、危険物・有害物質を用いた犯罪・テロ、環境汚染等の発生を迅速に把握し、的確な対応を講じることが可能となる。

市街地周辺では、非線形な連成現象が支配的であるため、わずかな条件の違いが拡大し、大規模な災害に発展する危険性を秘めている。このように、複雑かつ大規模な実世界の風の流れ、また、危険物質の拡散現象を迅速にかつ精密にシミュレーションすることは極めて困難である。本プロジェクトは、このような困難な課題に果敢にチャレンジし、格段に高い精度とユーザーフレンドリーな操作性を有する「都市の防災・危機管理システム」を確立することを目指している。開発されたソフトウェアは、学術研究のみならず、実務に供し得るものを前提とする。

以上から、汎用的なWindows搭載のモバイルPC、デスクトップPC1台を用い、1人の作業員で数時間以内に一連のシミュレーションを実現可能とする。本プロジェクトは、我が国にとって喫緊の課題である。

2. 研究の目的

本研究では、研究代表者がこれまで開発を進めてきた『非定常・非線形数値モデル：リアムコンパクト』をベースに、「都市の防災・危機管理システム」に的を絞ったソフトウェアを開発する(図1を参照)。市街地の入力から流体シミュレーション(CFD, Computational Fluid Dynamics)の考察までの一連の作業を地理情報システム(GIS, Geographic Information System)

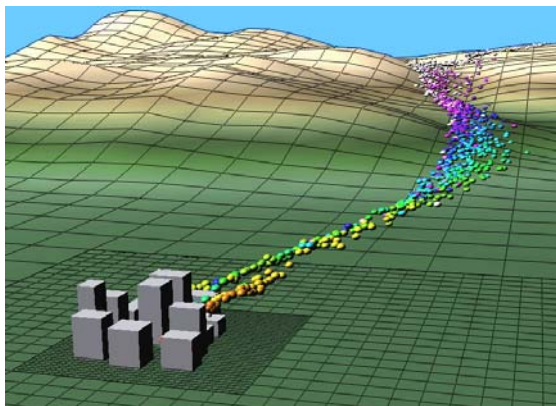


図1 危険物質の拡散現象の可視化

と連携して実現する。ビル群を含む対象地域の選定、流体シミュレーション、そこから出力される計算結果のアニメーションなどの一連の作業を、一人の作業員により数時間以内で実現する。市街地の風環境解析では、対象建物とその周辺の街区を構成する構造物の入力が作業上のボトルネックになる。従来までは、白地図や現地調査などで周辺の地形を把握し、CADソフトや解析ソフトのモデラーを用いて個別に入力していた。こうした作業の繰り返しは非効率で、かつ、複雑化する入力内容に対して人為的ミスも誘発しかねない。本研究では、図2に代表される最新の測量データフォーマットを、GISを利用してCFDの入力条件に自動変換し、適切に街区を構

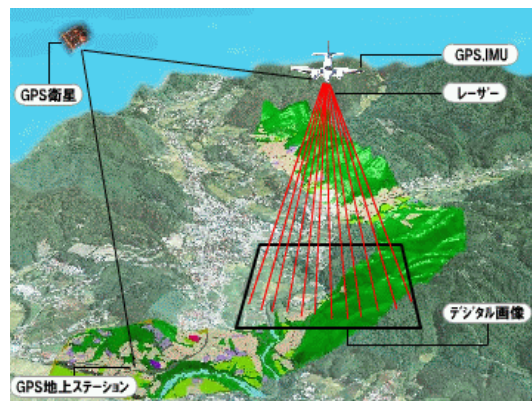


図2 航空機搭載型レーザプロファイラによる測量



図3 GISで再現した世界貿易センタービル

築する技術を開発する(図3を参照)。CFDでは、上記の街区データを用い、高速かつ高精度に風の流れ、および、危険物質の拡散現象を予測可能とする。得られた膨大な数値データは、再びGIS上に展開し、見慣れた地図の上にアニメーションやリスクマップを作成する。これら一連の作業が、提案する『流体シミュレーション技術(CFD)と地理情報システム(GIS)の相互連携(双方向連携)』である。個別技術に基づいた製品は既に幾つか存在する。しかし、分野の違う両者を融合した類似製品および競争技術は国内ではほとんど報告されていない。もし、今回の研究開発が実現すれば、他の研究機関や企業などを先行した、全く新しい日本独自の風環境予測システムの誕生となる。

本提案システムは、以下に示す種々の社会的・工学的問題にも適用可能であり、その波及効果は極めて大きい。

- ✓ 市街地におけるテロ・事故などの人為災害や、三宅島火山ガスなどの自然災害などによる有毒性ガスの移流・拡散現象予測(リスクマネジメント)
- ✓ 高層建築物周辺に発生する強風災害(ビル風)の抑止
- ✓ ヒートアイランド現象などに起因した局地集中豪雨のメカニズム解明
- ✓ 住宅や農林業に対する強風災害対策
- ✓ 航空機の安全運行のための、市街地近辺に建設されている空港周辺の局地風解析精度の向上

3. 研究の方法

本提案研究を実現するために、以下に示す三つの個別研究開発を行う。

前処理:

GISとの連携による効率的な3次元建物および実地形形状デジタルデータ

の整備と構築

従来、地形や建物の形状を3次元デジタルデータとして取得し、流体シミュレーションの入力データとして利用するには多大な労力が必要であった。既存の市販データは極めて高価である。そこで、一般的に入手可能な既存の3次元デジタルデータ(DM, Digital Mappingデータ, レーザ測量機データ)を取り込む手法をGIS技術と連携させることにより開発する。同時に、それらを流体シミュレーションの入力データとして自動的に変換する技術を開発する。結果として、流体シミュレーションの前処理の作業時間は数日から数時間に大幅に短縮化される。既存データがデジタルデータとして入手できない場合には、紙面上の地図や図面から、3次元デジタルデータを効率的に取得する手法を、CADシステムとGISを連携させることにより開発する(図4を参照)。



図4 紙図面から再現した地盤モデル

ソルバー:

非定常風況・拡散場シミュレータ
RIAM-COMPACTのさらなる改良

種々の大気安定度(中立時, 不安定時, 安定時)へ適用可能な流体解析コードの改良, 汎用性とロバスト性に優れた最新のLES(Large-Eddy Simulation)乱流モデルの導入, 流入気流条件, 境界

条件，地面境界条件などの精緻化を行う(図5を参照)．同時に，計算時間を短縮化するため，モバイルPC，デスクトップPC，PCクラスタに最適な計算コードのチューニングを施す．開発期間中に，具体的な地域の模型を作成して風洞実験を実施する．風洞実験では，主に平均風速や乱れ強さなどの気流性状の評価を行う．この結果に基づき，計算コードの予測精度を多角的に検証し，精度向上へフィードバックする．今回の改良の結果，平均風速分布および乱流強度分布は，風洞実験値と数%の範囲で一致させる．計算時間は，従来のモデルと比較して20%以上の短縮を達成する．

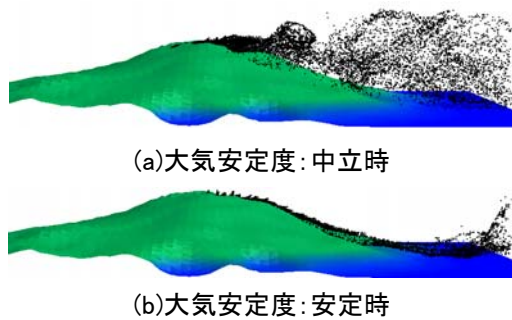


図5 三宅島火山ガスシミュレーションの例

後処理:

CFDの出力とGISとの相互連携
(見慣れた地図の上への再展開)

CFDの結果と地図データを用いて空間分析を行う際，風工学や流体力学の専門家でない一般ユーザーにも理解し易いプレゼンテーションを作成するためには，流体シミュレーションの結果を再びGISに取り込み，文章や動画，写真などの種々の地図情報と重ね合わせて視覚化することが有用である．本研究では，流体シミュレーションから出力される膨大な数値データに，文章や写真，動画などのGISの情報を効率良く付加し，対象地域の風環境などを3次元

として立体的に視覚化する技術を開発する(図6を参照)．

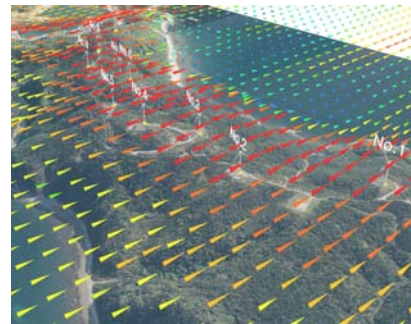


図6 CFDの結果を見慣れた地図上(航空写真)に重ね合わせた例

4. 研究成果

平成19年度は以下に示す個別研究開発を実施した．

実在市街地を対象とした数値シミュレーションを実施する際には，気流の予測精度が非常に重要である．そこで，建築学会から2007年に発表された数値シミュレーションに関するガイドブックに記載の市街地のベンチマークシミュレーションを行った．得られた結果(流入風速に対する風速比)は，風洞実験結果および他の商用コードと定量的にも定性的に良い一致を示し，本研究で開発している計算コードの有用性が示された．

同一の対象地域において，不安定から安定までの広範囲に変化する大気安定度を考慮した計算も行った．中立時とは異なり，大気の鉛直方向の温度分布が変化することで，建物周辺気流が劇的に変化することが示された．得られた気流場に基づいて，パッシブ粒子の拡散場シミュレーションを行い，市街地の中で放出されたガスが建物影響を受けて移流・拡散する挙動を再現することができた．

市街地に流入する気流の変動が与える影響についても検討を行い，一部その影響が顕著に現れる領域もあるが，建物からの剥離流が形成する乱れが概ね支配的であるこ

とが示された。

市街地を対象にした気流予測シミュレーションでは、樹木などの障害物の影響も非常に重要となる。そこで、既存の風洞実験をより良く再現可能な単独樹木の数値モデルを新たに提案した。これを拡張させて、実在する建築物の周辺に複数の樹木を配置した場合の検討を行い、ビル風などの局所的な増速を軽減できることを示すとともに、提案する樹木モデルの有効性を示した。

平成20年度は以下に示す個別研究開発を実施した。

昨年に引き続き、建築学会から2007年に発表された数値シミュレーションに関するガイドブックに記載の市街地のベンチマークシミュレーションを行った。特に、流入気流が有する乱れの影響に着目した。流入風速に対する風速比は、風洞実験結果やその他の商用コードと定量的にも定性的に良い一致を示し、本研究で開発している計算コードの有用性が示された。

さらに、具体的な市街地を対象にした気流予測シミュレーションを行った。特に市街地形状データを如何に効率良く数値シミュレーションで活用可能なデータ形式に変換できるかを検討した。その結果、地理情報システム(GIS)を駆使することで、従来までは利用が難しかった各種データの活用にも成功した。汎用的なPCレベルで高解像度の大規模計算を実現するため、計算コードの緻密なチューニングを行った。その結果、従来のスーパーコンピュータ並の計算を数日で終了することに成功した。

計算結果を汎用的なWEBブラウザGoogle Earthに投影する技術開発も行い、数値計算で得られた結果に緯度経度情報を保持させることで、一義的に地図上に重ね合わせることに成功した。これにより、緊急災害時の情報発信システムや検討プロジェクトの合意形成に極めて有効であることを示した。

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計3件)

1. 小田雅之, 内田孝紀, 大屋裕二, 大気安定度を考慮した実在市街地周りの風況シミュレーション, 第21回数値流体力学シンポジウム, 2007年12月20日, 秋葉原コンベンションホール
2. 辻美奈子, 内田孝紀, 大屋裕二, 植栽を考慮した市街地の風況予測に関する数値的研究, 第21回数値流体力学シンポジウム, 2007年12月20日, 秋葉原コンベンションホール
3. Takanori Uchida, Numerical Simulation of Airflow around Urban Area by using the RIAM-COMPACT CFD Model, Sino-Japan International Symposium on The EastAsian Environmental Problems (EAEP2008), 2008.08.26, 上海

6. 研究組織

(1) 研究代表者

内田 孝紀 (TAKANORI UCHIDA)
九州大学・応用力学研究所・助教
研究者番号：90325481