GIS の汎用的データ変換手法の開発と災害シミュレーションレイヤの構築

○田中謙吾(NTT データ)
堀宗朗(東京大学地震研究所)
小国健二(東京大学地震研究所)

１．はじめに

急変する社会が自然災害に備えるためには，より高度な災害･被害予測が必要である．一つの方法として，地理情報システム（GIS）から解析モデルを作り，各種自然災害と被害の数値解析手法を使ってシミュレーションを行い，より客観的・普遍的な予測を行うことが考えられる．GIS から解析モデルを構築する際には堅牢性の高さが重要となる．堅牢性の高さにより，さまざまな都市に適応できることは勿論であるが，都市の変化に合わせたモデルの更新ができるからである．

上記の構想の下，本報告は，標準的なGISに蓄積された地物データを変換し，数値解析手法の解析モデルを構築する手法を開発した．このモデルは洪水や火山災害といった自然災害のシミュレーションのものである．データ変換の堅牢性を高めるため，各種GISデータを共通の構造を持つデータに一旦変換し，それから各種の数値解析手法の解析モデルを構築する，という方針を取った．

２．モデル化用共通データ

本報告では，GISを下層データ，解析モデルを上層データとし，データ変換を下層データから下層データへの変換と考える．下層データと上層データに複数の種類があるため，個々の下層データを個々の上層データへ直接変換することは非効率である．代替として，一度，下層データを中間層データに変換し，それを上層データに変換することが考えられる．この中間層データをデータモデル化用共通データ(Common Modeling Data, CMD)と呼ぶ．

上記の考えは，GISのプロトコルの整備に共通する．プロトコルが確立するとデータの互換性が高まる．しかし，解析モデルの構築には，互換性の高さは必要であるが十分ではない．構築が容易となるよう，固有の構造を持ったデータを構築することが必須である．CMDの開発はこれを意図している．GISのデータには，通常，DXF等のCADのフォーマットが使われ，構造部材の形状を多角形として記述する．解析モデルの構築には部材の連結等の構造形式のデータも必要であり，CMDには部材形状と構造形式のデータが入ることになる．具体的には，有限要素法を念頭に，節点と要素で形状と形式のデータを表す（図1参照）．

中間層データであるCMDを通じて，下層データあるGISが上層データである解析モデルに自動的に変換されるようになると，各種自然災害・被害の予測の数値解析手法をGISで使うことは格段に容易になる．GISのデータ構造がレイヤ構造であることを考慮して，本報告では，多様な数値解析手法を，GISの災害シミュレーションレイヤとして位置付ける（図2参照）．災害シミュレーションレイヤは，GISのデータと数値解析手法を使って，災害・被害の情報を汎用的に生成することになる．

３．洪水・火山噴火災害の都市解析モデル

洪水･火山噴火の解析手法を都市に適用する場合，必要な解析モデルは地物を除いた空間のモデルである．この空間は，都市を含む適当な大きさの立方体を取り，この立方体から地物を除いたものである．GISには地物のデータが含まれているため，これ以外の領域を抽出して空間のCMDを作り，そのCMDから洪水用ないし火山噴火用の解析モデルを作ることになる．

堅牢性を高めるため，CMDのデータ構造はグリッド構造とする．グリッド構造とは，1か0の値を持つ格子状のデータである．複雑な形状の地物のデータでも，地物があるところは1，無いところは0とすることでグリッド構造のデータに変換することができる．格子の値を交換するだけで建物が無い空間のグリッド構造のデータとなる．すなわちデータ変換の堅牢性は極めて高い．一方，詳細な空間のCMDを作るためには，格子の寸法を小さくし格子数を増やす必要があり，計算量は膨大となるデメリットがある．

GISのデータをグリッド構造のデータに変換する際，図形描画の古典的アルゴリズムである「塗りつぶし」が利用できる．このアルゴリズムには，対象領域を小

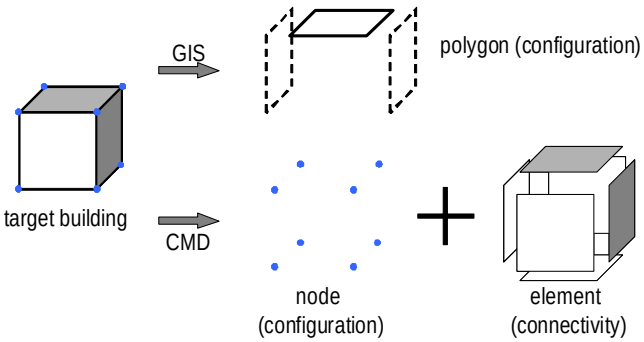

図 1 CMD と GIS の比較

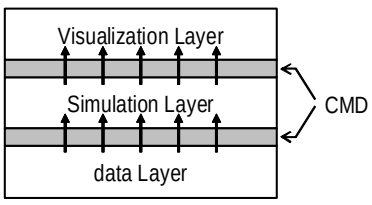

図 2 CMD とシミュレーションレイヤ

領域に分割することで計算効率が向上するというメリットもある．GISのように広範囲の多数の地物を網羅するデータを変換する際，領域分割によって計算効率が向上することは大きな魅力となる．

複雑な形状の地物に対しては，領域分割によって一部のみが小領域に含まれてしまうと，正しく塗りつぶせない場合が生じる．これは地物を機械的に分割する結果である．この問題を解決するために，地物を分割した後にグリッド構造のデータに変換するという通常の方法は採用せずに，先に地物をグリッド構造のデータに変換した後，それを分割して小領域のCMDを生成する，という方法を使う（図3参照）．

４．変換結果

市販されている東京23区全域のGIS（Tokyo Digital Map）を使って，地物のデータを空間のCMDに変換した．このGISに含まれる地物の総数は1,965,575であるが，空間のCMDの生成に成功し，開発されたデータ変換手法の堅牢性が裏付けられた．

国土地理院の数値地図5mメッシュを使い，標高データも空間のCMDに加えた．この結果，水域を外すことができるようになった．

空間のCMDから，洪水用と火山噴火用の解析モデルを構築した．各々の数値解析手法は，中央大学樫山教授と防災科学技術研究所から提供されたものである．解析モデルに数値解析手法の実行が可能である．すなわち，洪水と火山噴火の災害シミュレーションレイヤが機能することを確認した（図4参照）．

５．おわりに

GISの汎用的データ変換手法の基本を考案した．具体例として，市販のGISとDEMのデータ変換手法を開発し，堅牢性の高さを示した．この変換を利用し，洪水と火山噴火の数値解析手法を使った災害シミュレーションレイヤを構築することに成功した．

謝辞
数値解析手法を貸与して下さった，中央大学樫山教授，並びに防災科学技術研究所の石峯康浩・藤田英輔氏にも感謝の意を表する．

参考文献

田中謙吾, GISの汎用的形状データ変換手法の開発と災害シミュレーションレイヤの構築，東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻修士論文，2008.

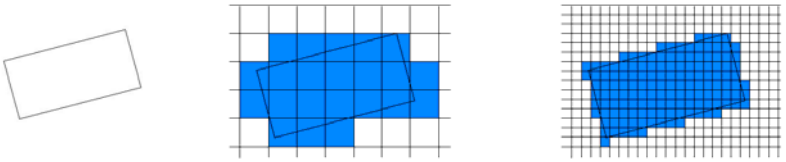

図２ 空間の CMD の基となる地物の CMD
グリッド構造の CMD：地物（建物）では 1，それ以外は 0
詳細なモデル化には細かい格子が必要．

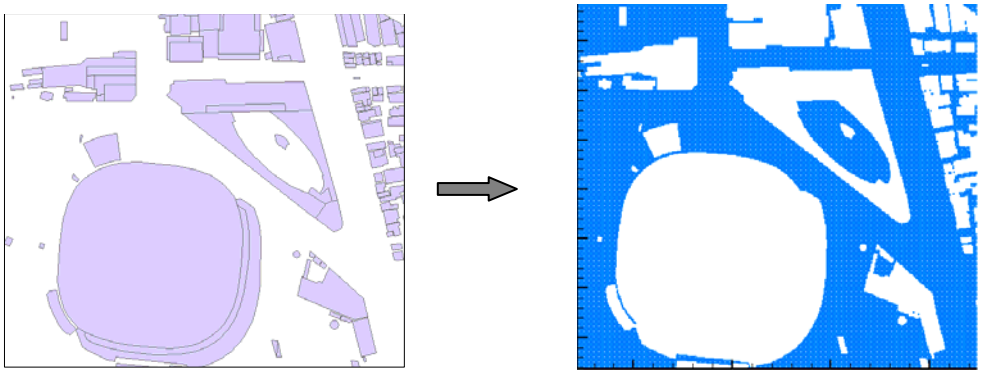

図 3 GIS から空間の CMD への変換

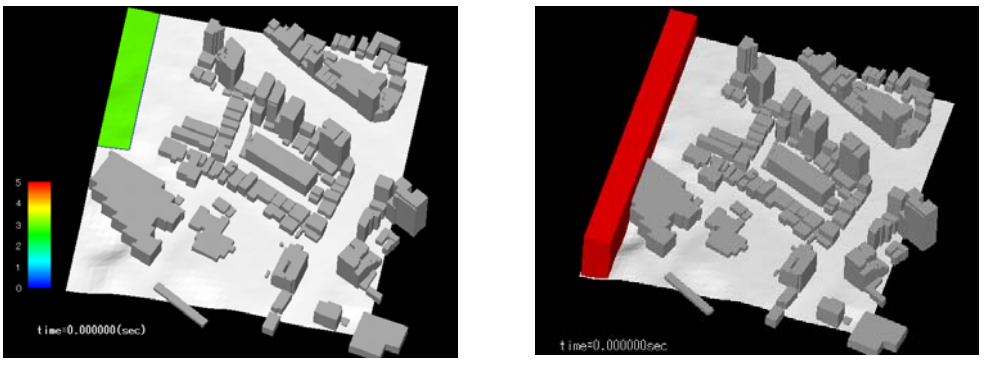

図 4 洪水用と火山噴火用のシミュレーションレイヤを使った解析結果の可視化