

多重仮想時間軸を持つ時空間データベースシステムの開発

畑山満則・多々納裕一

要 旨

筆者らは、阪神・淡路大震災以降、防災（災害対応を含む）活動を支援することも視野に入れた情報システムの開発に取り組んでいる。災害時に利用できる情報システムは、平常時の自治体業務支援システムと連動した形で構築するべきであることを指摘し、そのための技術的要素として時間情報を持つ空間情報による自治体情報管理手法を提案している。本稿では、人為的時間軸を多重仮想時間軸として時空間GISに実装し、これを用いて開発した水害リスクコミュニケーション支援ツールについて報告する。

キーワード: 時空間情報, GIS, リスクコミュニケーション

1. はじめに

筆者らは、阪神・淡路大震災以降、防災（災害対応を含む）活動を支援することも視野に入れた情報システムの開発に取り組んでいる。災害時に利用できる情報システムは、平常時の自治体業務支援システムと連動した形で構築するべきであることを指摘し、そのための技術的要素として時間情報を持つ空間情報による自治体情報管理手法を提案している。この提案の技術的要素は、時空間データベース構造KIWI+と時空間地理情報システムDiMSISとして実装され、現在、複数の自治体でその有効性に関する検証を兼ねた試行導入がなされている。

時空間GISは、自治体での統合型情報システムを構築することが目的であるが、自治体内の都市計画にかかわる部署では、その利用に限界があることが寺木（2003）によって指摘された。これに対し、浦山ら（2004）において、多重仮説データを管理する手法として人為的時間軸の導入が提案された。本研究では、人為的時間軸を多重仮想時間軸として時空間GISに実装し、これを用いて開発した水害リスクコミュニケーション支援ツールについて報告する。

2. 多重仮想時間軸を用いた時空間情報管理

浦山ら（2004）では、現実の地物の変化に加えて仮説に基づく地物の変化情報を記述するために「ステージ番号」と呼ばれるパラメータを導入している。また、計画策定後の評価、推定・予測した後の評価

等において、前提とした空間基盤データ等が評価時点までには殆ど変更されてしまうことを考慮し、評価根拠である空間情報を評価作業の時点で復元することを目的とした「人為的時間軸」の導入を行っている。本研究では、「ステージ番号」により分類可能となった仮説の多重性と、「自然時間軸」とは別軸の「人為的時間軸」を記述する「多重仮想時間軸」を用いて、提案された概念を実現することにする。

多重仮想時間軸を用いた時空間情報の管理は、以下のように説明される。

- （1） 自然時間軸上の地物に変化する場合（多重仮想時間軸の必要なし）

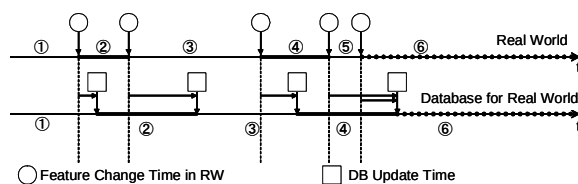


Fig.1 Feature Changes on Database

Fig.1 に示すようなデータベース管理がなされる。つまり、現実世界で変化が生じ（○に相当）、その後、調査によってその変化が見つけれられた際にデータベースは更新される（□に相当）。リアルタイムでのモニタリングとデータ更新がなされれば、現実世界と自然時間軸上のデータは同等になる可能性があるが、多くの場合は Fig.1 のようにデータ更新には時間遅れが生じるため、現実世界に対応している期間にはずれがある（～ の対応に相当）。

道路などの計画的に変化する地物（●に相当）については、未来の現実データを先取りして自然時間軸上にデータ更新をしておくことで、現実世界との対応期間のずれをなくすることができる（Fig.2）。

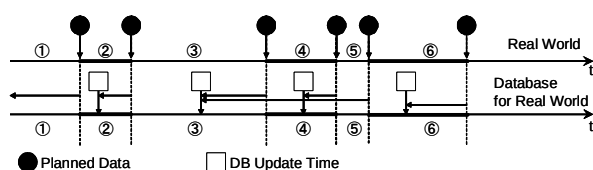


Fig.2 Database Management for Planned Data

（２） 自然時間軸上のある時点で計画や分析を行った場合

自然時間軸上のある時点に対し、確定しない未来情報を入力したり、シナリオ分析、仮説・推論のためのシミュレーションを行ったりする場合がある。これらの情報は現実世界の情報ではないため自然時間軸上に記述することは望ましくない。そこで、人為的時間軸上に記述される。時空間データベースでは、指定される時点は無限にあるため、多種多様なパラレルワールドを作成可能であるため、人為的時間軸は１つとは限らない。これらを分類する概念がステージ番号となる。つまり、多重仮想時間軸とは、複数的人為的時間軸に相当することになる（Fig.3）。自然時間軸と人為的時間軸を重ね合わせて表示することで、仮想的な空間の情報を復元することが可能となる。

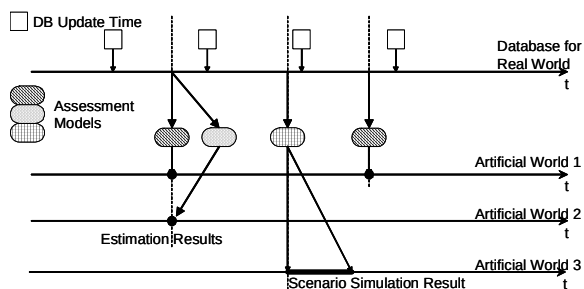


Fig.3 Database Management on Artificial World

このような概念を時空間データベース構造であるKIWI+（KIWI+委員会，2001）に実験的に追加し、時空間地理情報システム DiMSIS（畑山ら，1999）上に実装した。実装に際しては、多重仮想時間軸は、空間情報に対して有効な種別（レイヤ）のような役割をもつ、多重仮想時間軸種別（MATAxisCode）を時間情報に対して付加することとした。実装方法については、複数存在する人為的時間軸も１つの物理的な軸と考え、高次元 GIS として実装する方法（伊理，1998，鳥海・伊理，1998）も考えられたが、人為的時間軸間の位相関係については、空間上の位相

関係と利用頻度が違うため、KIWI+のような単純な位相構造非明示（算出）型データ構造のほうが適していると考えている。

3. 水害リスクコミュニケーション

支援ツール

2で実装した多重仮想時間軸を持つ時空間 GIS の１つの具体事例として、水害リスクコミュニケーション支援ツールを開発した（川島ら，2006）。このツールは、水害による被害を軽減化するためのソフト対策である水害リスクコミュニケーションを支援する目的で開発された。本稿では、支援ツールの内容と多重仮想時間軸を用いたシステムの例としてこのツールを捕らえるものとする。なお、水害リスクコミュニケーションそのものの成果については川島ら（2006）を参照されたい。

3.1 ツールへの要求条件

現状で行政が地域住民に対して行う主な水害危険度情報の提供手法は、洪水ハザードマップの配布である。この手法に対しては情報提供手法が一方的であること、水害リスク情報を含まないことなどから、自助・共助の支援には必要であっても十分ではない。本ツールは、洪水ハザードマップに付加的な機能を提供することにより自助・共助の促進を目指すものである。支援ツールに関連するアクタとしては、行政、地域住民、そしてファシリテータが考えられる。行政においては水害リスク情報の作成、提供が想定され、地域住民やファシリテータには、水害リスク情報や、自分の考える水害時の対応行動に対する安全性の評価が受け取れることが必要である。以下では想定されるユースケースに関して、その概要を述べる。

（１）水害リスク情報の提供

アクタは行政であり、具体的には、直轄河川においては国土交通省、その他の河川では地方自治体である。実際には河川工学の研究者の協力を得て氾濫解析を行う、あるいはその結果の提供を受けることになるが、行政にはサービスとしてその情報を揃え、住民に対して提供する責務を負うものとする。また本ユースケースの条件としては、水害リスク情報が氾濫解析によるものであること、氾濫解析がシナリオを横断的に備えるものであること、そしてそのデータが時系列を持つことであるとする。また提供はユーザが本システムを利用する以前に完了し、さらにデータの対象地域や精度の変更を要する際には適宜提供されるものとする。

（２）水害リスク情報の獲得

アクタとしては、地域住民とファシリテータが想定される。システムを個人で利用する場合は地域住民、ワークショップ等で利用する場合には、直接のユーザとしてファシリテータが獲得を行い、さらにワークショップの参加者である地域住民に提供されることとなる。本ユースケースの目的は、地域住民の避難メンタルモデルにおける水害を、リスク概念を含む横断的なものに変容させることである。よってその条件としては、行政による水害リスク情報の提供における水害リスク情報に対して定義されるものと同様に、シナリオを横断的に備える氾濫解析による時系列情報の提供が前提となる。

（３）対応行動に対する評価の獲得

避難や財の確保などの対応行動の評価獲得は、本支援ツールにおける最も中心的なユースケースである。水害リスク情報の獲得と同様に、アクタとして地域住民個人とファシリテータを想定する。その目的は、地域住民持つ避難メンタルモデルを表層化させ、システムとのインタラクション、あるいは他者とのインタラクションによってこれを客観的な形に変容させることである。

3.2 システム概要

システム全体の概要について、Fig.4 に示すクラス図を用いて説明する。3.1 の３つの要求定義に対応した３つのオブジェクトとして氾濫アニメーション、避難シミュレータ、家屋の被害予測オブジェクトを開発した。各オブジェクトの機能は以下である。

（１）氾濫アニメーション

降雨確率と破堤地点をインプットとして、地図上に特定の氾濫シナリオにおける氾濫の変化の様子をアニメーションで表示。

（２）避難シミュレータ

ユーザの入力により得られた避難の安全性を決める３つの要素である避難先、避難タイミング、避難経路と氾濫シナリオを用いて避難のリスクを明示。

（３）家屋の被害予測

ユーザの入力から推定される家計の資産額と氾濫シナリオを用いて家屋と家財に関する被害額を明示。対応行動（保険加入、家財移動）による被害額の減少についても明示。

これらのオブジェクトは、DBMSに相当するDiMSISの管理下にあり、浸水深、最大浸水深、メッシュID、建物形状バクタデータ、背景地図のラスターデータを利用している（Fig.4）。時系列浸水深は、複数の降雨確率と、さらに降雨確率毎の破堤の有無、あるいは破堤地点によって規定される68の氾濫シナリオ（内水氾濫も考慮）を持ち、シナリオ毎に地理

的座標と時間を属性に持つ点列によって構成されている。これに対して最大浸水深においては、浸水深は属性として時間を持たず、氾濫シナリオ毎のある地点における最大浸水深の点列で構成される。システムにはこれに加えて位置属性を持つメッシュIDの点列と、建物属性と地理データとしての形状を持つ建物形状が統合されている。

3.3 多重仮想時間軸を用いたデータの定義

本ツールで取り扱う情報において、自然時間軸で管理すべきものは、背景図、建物データ、メッシュIDであり、68のシナリオを持つ氾濫シナリオと最大浸水深情報は、いくつかの想定を用いたシミュレーション結果として人為的時間軸で管理される情報である。最大浸水深も１つのシナリオであると捕らえれば、１つのシナリオが１つの人為的時間軸を示すことになる。この情報は、シミュレーションが行われた時間に最新であった情報の示す世界に対して付加しており、河川改修や下水道の再整備などハードな対策がこのシミュレーション実行以降に施された場合、それらの情報が反映された空間情報セットに対して無効な情報となる。シミュレーションに影響を与える地物の管理が同一データベース上では行われていれば、シミュレーションが有効な期間を明示することも可能となる。

4. おわりに

本研究では、多重仮想時間軸の説明とその応用例として水害リスクコミュニケーションツールにおける空間情報の管理に関して説明した。多重仮想時間軸は、情報更新と地域計画、地域分析が同じDB上に混在する場合にその重要度を増す。特に防災分野では、最新のリスクを明示するため、より新鮮な情報、最新のモデルを用いたシミュレーションが繰り返される。今後は、これらの情報の管理について詳細な考察を行っていく予定である。

参考文献

- 寺木（2003）：都市計画・まちづくり支援のための・GIS，地理情報システム学会講演論文集，Vol.12，pp.135-140.
- 浦山ら（2004）：多重仮説データを管理できる時空間データベース構造の開発，地理情報システム学会講演論文集，Vol.13，pp.233-236.
- 伊里（1998）：高次元 GIS への１つの道，地理情報システム学会講演論文集，Vol.7，pp.123-126.
- 鳥海，伊里（1998）：多次元 GIS のための位相情報構

造と実例, 第2回統合型地理情報システムシンポジウム予稿集, pp.47-62.

畑山ら (1999) : 時空間地理情報システム DiMSIS の開発, GIS-理論と応用, Vol.7, No.2, pp.25-33.

KIWI+委員会 (2001) : <http://www.kiwiplus.jp>.

川島, 多々納, 畑山 (2006) : 自律的避難のための水害リスクコミュニケーション支援システムの開発, 土木計画学研究・論文集, Vol.23, CDROM.

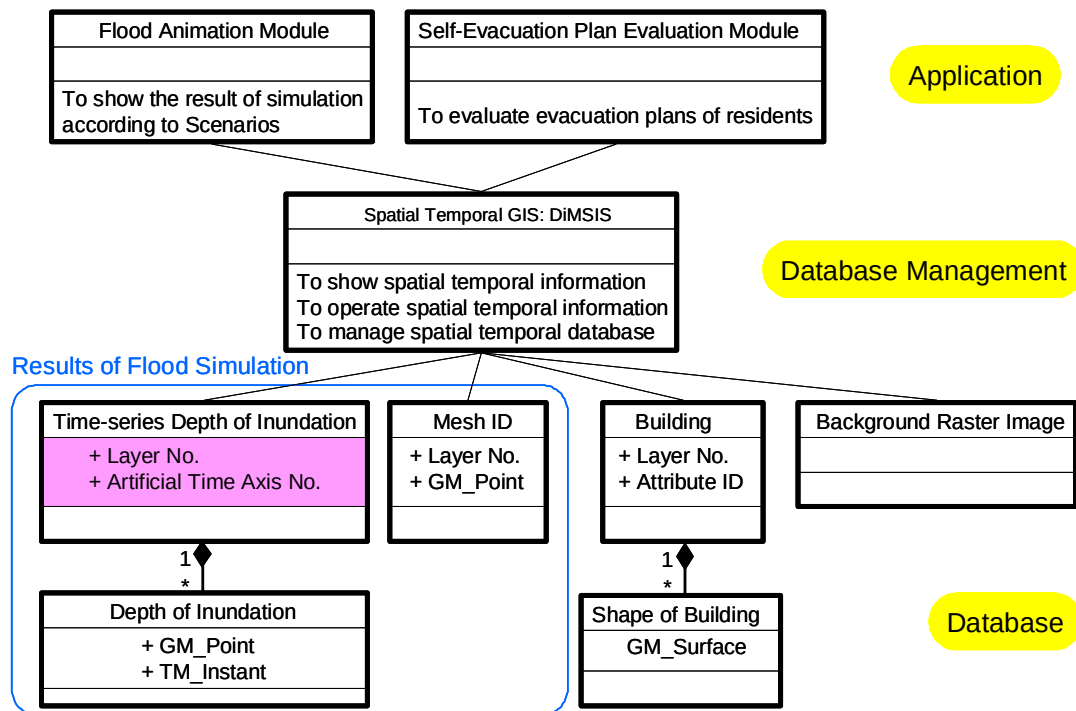


Fig.4 UML Class Diagram on Developed Flood Risk Communication System

Development of Flood Risk Communication Support Tool using Spatial Temporal Database Management System with Multiple Artificial Time Axis

Michinori HATAYAMA and Hirokazu TATANO

Synopsis

In urban planning and in simulation of disaster presumption, one or more results are overlaid and displayed with actual data. And those results will be analyzed and evaluated after days. However, consistent information processing such as comparing with fact-data which changes is difficult by conventional Spatial Temporal GIS also. In this research, firstly a concept of multiple artificial time axes (MATAxes) is explained. And then a tool for flood risk communication is developed as an example of spatial temporal database system with MATAxes

Keywords: Spatial Temporal Information, GIS, Risk Communication