

論文の内容の要旨

論文題目	Research of Spatiotemporal Data Model for GIS (地理情報システムのための時空間データモデルの研究)
学位申請者	王 碩

地理情報システム (GIS) の研究は 1960 年代に始まった。それ以来、その一般的関心、理論的發展、応用分野の拡がり等々の面において大きな發展を遂げた。実際、“GIS” という言葉は「地理情報科学」を意味するものとしても受け取られている。即ち、単なるツールや手法の集合に留まるものではなく、それ自身、1つの科学的研究分野として確立された。

GISは現実世界の記述を目指すものであり、動的世界を記述するためには時間とともに変化するデータも扱う必要がある。現在のGISは動的情報の扱いにおいては極めて不完全である。空間情報の時間的挙動を理解し、動的地理情報の記述を如何に行うかは時空間GIS (TGIS) の基本的研究課題である。

過去20年以上にわたって多数の時空間モデルに関する研究がなされた。しかし、それらの多くは離散的变化を扱うものである。自然世界において多く見られる連続的变化はあまり研究されていない。本論文では、時空間モデル構築の出発点としてこれまでに研究されてきた重要概念、即ち、エンティティ、オブジェクト、イベント、バージョンを採択し、それらを精緻化、拡張することで行った。現在のバージョンの概念では連続時間情報を効率よく扱い、記憶することができない。本論文ではダイナミックバージョンと呼ぶ拡張バージョンを導入し、その利点を議論した。

連続時間を扱う提案したモデルにおいては、他の時空間情報モデルで採択されているような、時間を単なるタイムスタンプの列として表現することはできない。TGISは空間エンティティの連続時間軸上における状態を監視、分析できなければならない。さらには、リンクされた空間エンティティの依存関係を調べることができなければならない。こうしたことに応えるために、イベントと

プロセスを再定義した。この再定義されたイベントとプロセスの導入により、複雑な時空間現象を統一的に分析・表現することが可能となった。また、プロセスを明示的に表現することにより、空間エンティティとそれらが時間と共に変化する依存性を記述するリンクの時間変化関係を記録することを可能とした。

STFQLと呼ぶ、問い合わせと解析の機能を上記モデルに対して提案した。この機能はプロセスファンクションライブラリとGetInfoファンクションライブラリにより実現する。前者は基本的には変化を計算するファンクション群であり、後者は問い合わせを実現するファンクション群である。これまでの時空間GISの理論的研究では単なるモデルの提案に留まっていることが多く、エンティティエボルーションを記述する方法を提案しているものは少ない。本論文では、シミュレーションによる連続変化情報を記憶する方法を提案した。この方法により、時空間GISに要求される解析機能の主要部分を実現するのに必要なコア機能を実現することができることを示した。

論文審査の結果の要旨

学位申請者氏名	王 碩
審査委員主査	前川 守
委員	渡辺 俊典
委員	多田 好克
委員	大森 匡
委員	太田 敏澄
委員	
委員	

第1章では、地理情報システム（GIS）の現状と抱える問題点を2つの視点から述べた。一つはGISの理論的研究の進展とそれらが抱える問題点である。現在の理論的研究はいたずらに機能や柔軟性を競うあまり、現実のGISに適用が困難である。一方、現実のGISは時間軸の取り込みに困難さを抱えている。その根本的課題は、膨大な資産を抱えている現在のGISに適用可能な時空間モデルが存在しないことによる。この章ではこうしたモデルを理論的研究を集約した形で提案することの重要性を示唆した。

第2章では、本論文の理論的、概念的基盤を導入した。基本的概念は空間次元、時間次元、テーマ次元に分けて考えられる。本研究で対象の中心とする時間次元について、精度、表現法について議論を深めた。特に理論的研究、現実のGISシステム双方において採用されているタイムスタンプ方式の限界を明らかにした。

第3章では、時間GIS（Temporal GIS：TGIS）の中心概念となるバージョンの概念を導入した。現在のGISシステムを時間軸において拡張するモデルではバージョンの概念が根本をなす。本章は本研究の最も重要な概念であるダイナミックバージョンを種々の考察に基づき導入した。従来のスナップショットに過ぎなかったバージョンに代えて、時間幅を有する動的に変化する推移を定義するものとしてダイナミックバージョンという概念を新たに導入した。同一バージョンの間はダイナミックバージョンの定義そのものは変化しない。このことが実装可能性を高める。本章ではこの新たなダイナミックバージョンの定義、ならびに、この定義を導入することの利点を具体例を用いて示した。

第4章では、バージョン内でのエンティティの挙動、振る舞い、変化を具体的に表現するものとしてプロセスの概念を導入した。プロセスはエンティティが時間と共に変化する挙動を定義するものであり、静的関数、動的関数、離散点の補関数等により示す。

本章ではさらにイベントの概念を導入し、定義した。イベントは事象の理由を

説明するものである。イベント自身、時間幅を有しており、現実世界をより精密に記述できる。本章の最後では、これまでに定義したバージョン、イベント、プロセスの関係を明確にし、それらが個別にそれぞれ独立に定義可能であることを示した。この分離性も本論文で提案するモデルの優位性の一つである。

第5章では第4章で導入したモデルを実装へ移行する第1ステップとして、モデルを関係データベースのスキーマへと展開した。自由なモデルを導入することにはある意味容易ではあるが、それが実現可能なものでなければならない。その実現性を示す第1歩がデータスキーマへの展開である。第4章で導入したダイナミックバージョン、プロセス、イベントのスキーマ上での定義を示し、これらが実現可能な形で表現できることを示した。

第6章では前の章に続いて、本論文が提案したモデルが実装可能であることを示すために、問合せの記述、実装が現実的なものであることを示した。まず、記述法をSQLを拡張する形で示した。即ち、提案したモデルが言語として記述可能であり、時間的な完全性を満足することを示した。

第7章は前の章で示した問合せ記述に対して、それを実行する具体的なアルゴリズムを示し、その性能を評価した。基本的な手法はシミュレーションと呼ばれるものである。これはエンティティの時間的な推移による挙動の変化を計算する手順である。シミュレーションはポイント、ネットワーク、ポリゴンに対して行う。ポイントは1点のみの移動であり、これまでのTGISで扱われている移動オブジェクトのモデル化を含んでいる。ポイントの移動は動的関数または離散点の補間関数で与えられる。ネットワークとポリゴンに対しては、それを構成するポイントの軌跡を求めることが出発点となる。GISではポリゴンが基本であり、その構成要素となるポイントの扱いとそれらの関係を分離して考えることにより対処される。ポイント間の関係としては、ポイントの分離、合併、発生、消滅が問題となる。それらをシミュレーションする方法を示した。

章の後半では上記のシミュレーション手法に基づき、第6章で導入した問合せ自体の実現アルゴリズムを具体的な例を用いて示した。特に時間軸から空間軸、空間軸から時間軸への問合せを実施するアルゴリズムの概要を示し、その性能を評価した。

第8章は結論である。本論文で提案したモデルが現状でのGISシステムが抱える最大の問題の一つである時間軸の導入を支援できることを、理論的な考察と実装上の考察から明らかにした。提案したモデルは、現状のGISシステム適用への制約なしに提案されている多くの理論的モデルが提供する機能のかなりの部分を満足するものである。提案したモデルはそうした高い機能を提供しながら、現実のGISシステムと親和性が高く、現実のGISシステムをTGISへと拡張発展させる上での大きな示唆を与えるものである。

よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として十分な価値を有するものと認める。