

[別紙 2]

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 謝 榕

GPS 付き携帯電話に代表されるように誰でも容易に自分の位置や人の位置を決定できるようになってきた。その一方で、ITS(高度交通システム)向けサービスで渋滞予測サービスがキラーサービスとして期待されている。このように多数の移動車両や人に関するデータを効率的、網羅的に集積し、分析・加工する技術が強く求められている。データの収集から分析、加工、サービスの生成をつなぐためには、移動する車両や人間(以降、移動オブジェクトと呼ぶ)に関する情報を出来るだけ忠実に表現するモデルとそれをハンドリングする手法体系が必要である。これまでこうした地理情報を処理するシステムとして GIS(地理情報システム)がよく用いられてきているが、時間的な変化をイベント時刻ごとのスナップショットとして表現し、時々々の時刻での不連続な変化しか表現されていないケースが大半である。また、連続的に移動するものを表現するためのデータモデルでは MOST(Mobile Object Spatio-Temporal)モデルなどが提唱されているが、移動物を点として表現するモデルであり、線分やポリゴンなど点以外の図形を対象とした一般的な時空間データモデルではない。一方、移動体に関する情報は、さまざまな組織や基地局に別々に管理されることが多い。そのため、データを効率的に収集したり、問い合わせたりするためには、移動体データを管理する分散データベース群を想定し、それらを対象としたデータ検索方法を開発する必要もある。しかし、分散管理まで考慮し、移動オブジェクトデータのデータモデルを提案している例はこれまでない。そこで、本論文は分散環境下で移動オブジェクトデータの連続的な変化を忠実に表現し、同時に効率的な検索性能を提供できるデータモデルとその操作方法を体系的に提案し、実データを用いてその有効性を実証することを目的としている。

本論文は、8章からなっている。

第1章は序論であり、研究の背景、目的をのべ、既往の研究を整理している。

第2章は DMOST モデルを提案している。DMOST は Distributed Mobile Object Spatio-Temporal の略称である。DMOST モデルは、データが地域的に分割された単位に分散管理されていることを前提に、移動オブジェクトの状況(過去の歴史(軌跡)と現在の位置など)を忠実に表現する全体モデルであり、二つの構成要素からなっている。一つは移動オブジェクトのための時空間スキーマである。これは点、線、面といった一般的な幾何オブジェクトを対象に時間的な移動や変化を表現できる。利用しやすさを考慮して、そのプロファイルとして ISO(国際標準化機構)が検討を進めている空間スキーマや時間スキーマを利用している。さらに既存の R-tree を移動オブジェクトデータ向けに改良し、検索効率が向上することも示した。二つめは、HLA(Hierarchal Location Schema)であり、地理的な地域にほぼ対応したサーバに移動オブジェクトデータを蓄積する際、検索や更新を容易にすることを目的としている。

第3章は、移動オブジェクトのための時空間スキーマを詳細に述べている。時空間スキーマでは、

時間は瞬間的な時刻 (Instance) と持続的な時間 (Period) に分けられている。一方、空間スキーマは点、線、面、サーフェス、ソリッドの幾何オブジェクトからなっている。その両者を直行する軸として組み合わせることで、ある時間継続して存続するソリッドなどの時空間オブジェクトが定義されている。これらにより時間軸に沿って位置や形状を変化させるオブジェクトを表現できる。またこれらのオブジェクトをハンドリングするためのオペレーションの体系を整理し、さらに Java オブジェクトクラスのライブラリーとして整備することで、実装を容易にしている。

第4章は軌跡データの内挿方法を提案している。これは連続的な軌跡情報も離散的な時空間データから表現されることから、その中間時刻に関しては値を内挿により生成する必要があるためである。

第5章は、HLA を詳細に説明している。HLA では各データサーバがそれぞれ適当な地域単位を「守備範囲」として受け持っており(地域単位は互いに重複してもよい)、移動オブジェクトは地域から地域に移動するたびに管理するサーバが移り変わることを前提としている。HLA は二つのインデクスを持っている。一つは、ある地域に存在するすべてのオブジェクトを検索するために、各サーバの地理的な守備範囲を表現する階層的なインデクスである。もう一つは、ある特定のオブジェクトが分散サーバ群のどこに存在するかを見いだすための階層的なオブジェクトのインデクス構造である。これは比較的少数のオブジェクトを対象にする場合と、大量のオブジェクトを対象にする場合でもスケーラビリティの観点で問題が生じないような方式の二つを提案している。これらのインデクスにより必要な情報を管理している特定サーバ位置を素早く知ることができる。なお、オブジェクトインデクスのうち、後者に関しては、移動オブジェクトの最新の位置情報(それが存在するサーバの位置情報)を絶えず、オブジェクトのインデクスを更新するというモバイル IP と同様の構成を取っている。

第6章はモバイルエージェントを用いた分散データサーバへの検索方法の実装を述べている。モバイルエージェントは FIPA'98 Mobile Agent Reference Model に基づいており、分散データサーバに対する検索を実行する。

第7章は、ケーススタディであり、JR 東日本企画が調査した 10,000 人の移動者調査データを利用した。鉄道を利用する利用者のデータを DMOST モデルのプロファイルとして表現し、路線別のサーバを立ち上げて、移動者データを管理することで、ここまで提案されたモデルやスキーマを実装し、その有効性をテストしている。

以上まとめると、分散環境下での移動オブジェクトデータ管理という新しい課題に対して、時空間スキーマ、時空間インデクス、分散データ管理のためのスキーマ(HLA)、分散データの検索エージェントなどを体系的に提案し、体系を示した上で、その有効性を実データの実装を通じて示したことは、空間情報工学の新しい分野を開拓するものとして高く評価できる。よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。