

## 審査の結果の要旨

氏名 太田 守重

本研究では、地理空間情報技術 (GIT) に関する学習支援ツールの提案を行っている。そのために、GIT の新たな概念構造、その骨格を学ぶための学習支援ツール、そのツールを使った入門教育、そして教育実践の検証結果を示している。さらに、GIT に含まれるモデリング技術が都市工学に関する応用システム開発に役立つことを示すために、三つの応用システムのためのスキーマを提案している。

現在、多くの国で、空間データ基盤 (SDI) の開発、オープンデータポリシーの推進、そのためのデータ交換の標準化が進んでおり、地理空間データの利用が以前と比べて容易になった。また、商用ソフトウェアの低価格化とオープンフリーウェアへの容易なアクセスが実現し、地理空間アプリケーションの開発も以前と比較すれば容易になった。しかし、国際水路機関 (IHO)、世界気象機関 (WMO)、そして国際連合食料農業機関 (UNFAO) などの、国際的な協調を前提とする、情報共有の要求に対応するためには、国際的な地理情報標準で採用されたオブジェクト指向モデリングが採用されている。日本国内でも、国土地理院が地理情報標準プロファイル (JPGIS) を公開し、その利用を促している。この事実は、近い将来GIT の分野において、地理情報標準が一層使用されることを示している。一方、地理空間オブジェクトを取得することができる技術者は不足しており、地理情報標準に従ったアプリケーションを開発できる専門家も十分ではない。その理由の一つとして、少なくとも日本においては、地理情報標準に準拠したデータ取得とアプリケーション開発を学ぶ機会が非常に少ないことが挙げられる。さらに、関連する教材が不足していることもあげられる。その教材を開発するためには、GIT の包括的なアーキテクチャを示すメタモデルが必要である。しかし、ほとんどの地理空間情報科学技術の知識体系 (GIS&T BoK) は知識の網羅性については優れているが、アプリケーション開発のためのメタモデルとして、つくられたものではない。そこで、本研究では、筆者が行ってきたこれまでの研究 (Ota 2014; Ota and Plews, 2015; 太田, 2016, 2017) を踏まえ、まず、教材となる学習支援ソフトウェアのメタモデルとなる、GIT の概念構造の仕様化を試みた。そのために、4種類のモデルを組み合わせて使用した。その4種類とは、1) ISO の地理情報標準で参照モデルとして採用された、四段階のメタモデル階層 (ISO/TC 211 2014)、2) 地理空間現象の抽象化に基づく、データの意味を示す構造と、それを加工して情報として表現するための構造をあらわす、深層構造と表層構造 (Moellering, 1980; Nyerges, 1991)、3) メタデータを使用して地理空間オブジェクトを管理するための管理構造、そして4) 相互の整合性が図られて公開されている地理情報標準群である。このような組み合わせを使用してつくられたGIT の概念モデルは、これまでほとんどない。また、ソフトウェア開発の過程で発見された、知識領域間の不整合の解消も図ったので、実装可能な概念モデルを構築することができている。

次に、GIT の概念モデルを参照して開発した学習支援ツールであるgittokの詳細を示している。gittok は40 のコンポーネントからなる。その開発の目的は、GIT 学習の支援であるが、同時に、この概念モデルに基づいて応用システム開発が可能であることを実証することも、目的になっている。そして、gittok が、GIT の入門コースで要求される機能を満たすことは、ソフトウェア品質評価のための標準であるISO 25010 に示された機能適合性の、3つの試験項目を使って検証した。ちなみにgittok は、2014 年度に、地理情報システム学会から学会賞 (ソフトウェア・データ部門)、国土地理院から電子国土賞 (PC 部門) を受賞している。

その次に、gittok を使用した、GIT の入門教育の実践を紹介している。2014 年度から2015 年度には中央大学で2期、2016 年度からは、GIS 資格認定協会が主催する教育 (GITEC) の入門講座を3回行っている。また、gittok が存在していなかった2008 年度から2010 年度には、東京大学で、地理情報標準の概論を主とする半期の講義を3期にわたって行っているが、その体験がgittok 開発の契機になっている。

さらに、GITEC の入門講座を対象として、教育の効果検証のために広く使われている、Kirkpatrick の

4段階評価モデル(Kirkpatrick 1979; Rouse 2011)を応用して、3段階までの効果検証、つまり、reaction, learning, behavior の検証を試みた。4段階目 (results)は、受講者が得た知識によって、所属する組織がどのくらいの利益を得たかを調べる段階であるが、gittok の目的は、GIT の入門教育として、より深い知識を学ぶための基礎知識を得ることであり、その結果が組織の利益に直接的な影響を与えることを目的にはしていないので、検証からは外している。さて、受講者の 63% は、講座直後の無記名アンケートに対して「この講座は興味深く、得られた知識は有用であり、より深い学習がしたくなった」と答えている (reaction)。また、講座の前後にテストを行っているが、その結果をもとに *t*-検定を行い、知識に有意な差(平均値の増加20点、95%信頼区間は16.6点以上)がでたことを確認した (learning)。さらに、2016年1月の開始以来この講座を修了した受講者全員を対象にして、フォローアップの無記名アンケートを2018年4月に行ったが、回収率は66%であり、回答者は、得られた知識は役に立っている(64%)、または、やや役に立っている(32%)と応えている (behavior)。以上の調査結果を見る限り、gittok による入門講座には、一定の有効性があると言えるであろう。

統一モデリング言語 (UML)によって表現された応用スキーマは法律や規則を一目で理解することにも役立つ。しかし、都市工学の分野では応用スキーマによってアプリケーションの仕様を表現することがほとんど行われていない。そこで、GIT で使われているモデリング技術がアプリケーションの仕様検討に役立つことを示すために、接道要件の確認、および斜線制限による建築可能曲面の導出を目的とする応用スキーマを示した。さらに、国土交通省によって2005年に発表された都市計画GISガイドラインを改定する際に検討すべき要件を提案し、応用スキーマの一部を例示した。

本研究では、これまでにほとんどなかった地理空間アプリケーションの実装のための、整合性を重視したGIT の概念構造を提案した。つぎに、GIT の学習支援ツールであるgittok を開発したが、これはGIT の概念構造を実装する地理空間アプリケーションの実装例でもある。そして、gittok は教育実践を通じて分析され、gittok を使用した入門教育は一定の効果があることが確認された。さらに、都市工学の分野で、モデリング技術が仕様検討に有用であることを確認するため、三つの応用スキーマを提案した。以上のように、本研究は地理空間情報技術の教材ツールの開発およびその実践の効果検証を行い、さらに都市工学への適用例を示すなど、GIT教育面で大きな貢献を果たしている。

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。