

論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

○氏名	坂入 威郎（さかいり たけお）
○学位の種類	博士（工学）
○授与番号	甲 第 1139 号
○授与年月日	2016 年 9 月 25 日
○学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項 学位規則第 4 条第 1 項
○学位論文の題名	地理情報システムのための地図描画高速化と地図検索に関する研究
○審査委員	（主査）仲谷 善雄 （立命館大学情報理工学部教授） 川越 恭二 （立命館大学情報理工学部教授） 桑原 和宏 （立命館大学情報理工学部教授）

<論文の内容の要旨>

本論文は、計算機上で地図情報を扱う地理情報システム（Geographic Information Systems：GIS）について、システム側の機能の向上と、ユーザ側の検索の認知的負荷の軽減の 2 つの課題に着目し、解決方法を示したものである。

本論文は 7 章で構成される。1 章で問題意識と研究目的を述べている。2 章で、GIS の研究動向のうち、特に、地図表示の一部だけを非同期に描画更新する Ajax（Asynchronous JavaScript And XML）技術を適用した地図サービス（Ajax-GIS）の実用化が GIS の普及を促進した点に注目し、Ajax-GIS の研究動向と課題を整理している。

3 章で、Ajax-GIS の技術的課題のうち、特に地図データを種別毎に区分したレイヤを組合せて使用目的に応じた地図を構成するレイヤ制御と、地物などの図形の縮尺変更、頂点移動、色変更などの図形編集の高度化を図るための技術を提案している。これら 2 機能は業務システムに不可欠であるが、ラスタ形式のタイル画像に分割した部分地図を組合せて地図を構成する Ajax-GIS では、レイヤの表示切り替え制御や図形の移動変形などの編集に制約が生じる。この課題を解決するために、サーバ側で描画処理を実行するサーバサイドレンダリングを用いた手法を提案した。レイヤ制御については、クライアントから送信される表示レイヤ情報に従い、サーバで表示レイヤの透過型タイル画像の存在を確認し、なければ生成し、リアルタイムに重ね合わせて合成する。図形編集については、処理イベントの通信プロトコルを定義し、サーバで頂点移動や色変更などのイベントに応じた図形を描画し、結果をクライアントに返信する。実地図データを用い

た評価実験では、レイヤ制御に関しては従来法に比べて約 1.5 倍高速化し、図形編集に関してはクライアントで実施した座標移動、描画変更などの図形編集がサーバでリアルタイムに画像化され、クライアントに送信されることを確認できた。一方、この方法では、複数のクライアントからのリクエストがサーバに集中する可能性がある。そこで、複数のサーバに処理を割り振り、処理負荷を常時監視して、負荷集中が発生しないように動的に処理を分散させる方法を提案した。実地図データを用いた評価実験では、ラウンドロビン方式などの従来法に比べて処理時間が最大 20%短縮された。

4 章で、ユーザフレンドリーな GIS の実現という観点から、従来の GIS がユーザに求める高度な空間認知能力である鳥瞰的なサーベイマップ型空間認知と、特定ルートを頭の中でたどるときに想起する風景や特徴的な建物などの系列から構成される、より根源的・直観的なルートマップ型空間認知の特徴を比較議論している。

5 章で、サーベイマップ型におけるランドマークの位置関係の厳密さという条件を緩め、ランドマークの相対的かつ概略的な位置関係を検索条件とすることでユーザ側の認知的負荷の軽減を図る地図検索方式 ILS (Incremental Location Search) を提案している。ILS ではユーザが、検索地域を 10km 四方にあらかじめ指定した上で、空間イメージ中の複数のランドマークのアイコンを、相対的位置関係に基づいて平面上に配置する。ILS は、配置されたランドマークの種類と相対的な位置関係を地図と照合して、類似している場所を複数個提案する。検索条件を追加するごとに候補地がリストアップされるので、ユーザは検索結果を見ながら段階的に候補地を絞り込める。評価実験では、いずれのユーザも約 5 個のランドマーク数で、ユーザの空間イメージに対応する場所を検索できることを確認した。また、方向感覚質問紙簡易版 SDQ-S を用いて空間認知能力と検索結果の関係を評価したところ、検索に用いたランドマーク数と SDQ-S の得点の間の相関は-0.38 と小さく、本手法が空間認知能力に関わらず有効であることを確認できた。

6 章で、ILS よりさらに空間認知の負荷が小さな地図検索方式として、ルートマップ型空間認識結果のサーベイマップ型空間認識への変換操作を省くことを考えて、ユーザが目前に見る風景中のランドマーク、あるいは記憶した風景の視覚イメージ中のランドマークを、視野を模擬した画面上にランドマークを配置する形で検索条件とする地図検索方式 LSAS (Location Search by Actual Scenery) を提案している。LSAS は、視野中のランドマークの位置、種類、看板に示された文字列などの視覚的な特徴を検索条件とし、地図と照合して、類似している候補地を提案する。市販地図にランドマーク情報を付加した地図データベースを Google ストリートビューで見せる評価実験の結果、70%の被験者が LSAS に入力したランドマークから当該場所を正しく検索できることを確認できた。

7 章で、全体を整理し、今後の課題を述べている。特に LSAS について、音声による検索機能の最新デバイス (スマートウォッチなど) への実装が課題として挙げられている。

<論文審査の結果の要旨>

本論文は以下の3点で高く評価できる。

- (1) システム側の機能の向上では、システム側の機能高度化として、研究を始めた2008年当時の設備維持点検作業現場（配電網、上下水道配管網、道路設備など）の市場ニーズを出発点として、限られたCPU資源の下で地図を高度利用できる環境の整備を目指したもので、当時はAjax環境下でレイヤ制御を実現するという考え方はなかった。ニーズに基づいた課題設定と、実効性のある手法の実現という点で評価できる。
- (2) ユーザ側の支援については、今後GISのユーザ層が広がるとともに、利用場面や利用方法も多様化するものと思われる。そのため、地図利用が得意でないユーザの認知的負荷の軽減は大きな課題であり、問題意識に先見性が認められる。特に従来の地図検索はユーザにサーベイマップ型空間認知能力を求めており、ILSやLSASのような、高度なサーベイマップ型空間認知能力を求めないGIS、あるいはルートマップ型のGISは提案されてこなかった。この点で新たなアプローチとして評価できる。
- (3) 特にLSASについては、記憶した風景の視覚イメージを検索条件として使用できることから、思い出の土地の検索など、これまでにない新たな地図利用方法を開拓する可能性を持つものとして評価できる。

以上により、本論文は博士学位を授与するに相応しいものと判断した。

<試験または学力確認の結果の要旨>

本論文の公聴会は2016年8月8日（月）13時から14時まで、情報理工学部情報コミュニケーション学科会議室で行われた。公聴会において主査および副査は、レイヤ制御方法については他手法と比べての特徴や先見性、検索手法についてはマッチング方法の詳細、ILSとLSASの検索精度とその評価方法などについて、多方面から質問を行った。申請者はいずれに対しても逡巡することなく適切に回答し、博士学位に相応しい知識と見識を有することが確認できた。

また本論文の主査は、本学大学院情報理工学研究科情報理工学専攻博士課程後期課程の在学期間中における学会発表などの様々な研究活動、および日常的に研究討論を行ってきた。

したがって、本学学位規程第18条第1項に基づいて、博士（工学 立命館大学）の学位を授与することが適当であると判断する。