鉄道インフラ管理における課題解決を志向したモバイル GIS の開発と評価

清水 智弘*・松本 亮介・名加 達矢***・林 博文****・加藤 昌史*****

A Study on the Development and Evaluation of a Mobile GIS for Railway Infrastructure Management Aiming to Solve Challenges

Tomohiro SHIMIZU*, Ryosuke MATSUMOTO**, Tatsuya NAKA***, Hirofumi HAYASHI**** and Masashi KATO*****

Abstract: The railway industry is facing critical societal challenges such as a shrinking workforce and the need for technology transfer. There is a growing demand for efficient infrastructure management using Geographic Information Systems (GIS). This paper presents an applied study on the development and validation of a mobile GIS for railways to address these issues. We propose a mobile GIS with a web-based, loosely-coupled architecture to overcome the limitations of conventional systems, specifically their restricted user environments and usability issues. Our approach is based on a UX research study and an analysis of access logs derived from 18 years of operational experience. The results quantitatively demonstrate that the proposed system enhances usability, improves information sharing efficiency, and facilitates the formalization of tacit knowledge. These findings contribute to improving the productivity and safety of railway field operations, serving as a new case study for applied GIS research in the railway sector.

Keywords: 鉄道インフラ管理（Railway Infrastructure Management），モバイル GIS（Mobile GIS），ユーザエクスペリエンス（UX）（User Experience (UX)），デジタルツイン（Digital Twin），働き方改革（Work Style Reform）

１．緒言

鉄道業界では，労働人口の減少と熟練技術者の退職に伴う技術継承が喫緊の課題となっている．加えて，激甚化・頻発化する自然災害への対応力強化も不可欠である．こうした課題に対し，西日本旅客鉄道株式会社（以下，JR 西日本）は，地理情報システム（以下，GIS）を活用したデジタル鉄道インフラの情報共有・連携基盤を 2007 年に開発した（吉川ほか，2009）．この鉄道 GIS は，多岐に渡る部門が共通で利用でき，インフラ構造物に関わる設計，施工，維持管理といった平時の業務にくわえ，自然災害などの異常時対応においても活用されている．

鉄道インフラの管理において，デジタル化のニーズは高まっているものの，現場作業に特化した GIS 活用の成功事例はまだ少ないという課題が残る．本稿は，このギャップを埋めるための応用研究である．具体的には，18 年にわたる運用経験から得られた現場のニーズ（容易な閲覧・検索機能など）を反映した GIS 応用システムを提案し，その有効性を検証する．鉄道インフラが直面する情報共有と安全管理の非効率性を解決する具体的なアプローチを示すことで，鉄道分野における GIS 応用研究の新たな一例となることを目指す．

２．既存 GIS の課題

既存 GIS は情報共有基盤としての役割を担い，連携や機能追加によって進化を続けてきたが，その運用の中でいくつかの課題も顕在化してきた．ひとつ目の課題は，利用環境の制約である．新型コロナウィルス感染症のパンデミックを契機に，JR 西日本ではテレワークが導入され，現業部門へのタブレット端末の配備も進んだ．これにより「GIS をテレワーク先や現場でも使用したい」というニーズが急速に高まった．従来の GIS はクライアント・サーバ型の Windows のデスクトップアプリであり，かつイントラネットからのアクセスに限定されていたため，多様なデバイスや場所での利用には適さないという

*　正会員　ジェイアール西日本コンサルタンツ株式会社（JR West Japan Consultants Company）
〒532-0011　大阪市淀川区西中島 5-4-20
E-mail：shimizu.tomo@jrnc.co.jp
**　非会員　西日本旅客鉄道株式会社（West Japan Railway Company）
***　非会員　西日本旅客鉄道株式会社（West Japan Railway Company）
****　賛助会員　応用技術株式会社（Applied Technology CO.,LTD.）
*****賛助会員　株式会社インフォマティクス（Informatix Inc.）

構造的な課題を抱えていた．このためシステムのモダナイゼーション（近代化）が不可欠となった．

ふたつ目の課題は，ユーザビリティである．鉄道現場では，時間的制約のある中で安全に作業を行う必要があるため，精神的・肉体的な負荷の総量であるインタラクションコストを最小限に抑え，「扱いやすい」システムにすることが求められた．従来の GIS は多岐に渡る部門の多様な要件を満たすために，専門性が高く，高度な機能が多数実装されていた．このため，複雑なユーザインターフェイス（UI）となり，現場ユーザが少ない操作で目的を達成することは困難であった．

３．モバイル版 GIS の開発

３.１　コンセプトデザイン

鉄道は，土木・建築・機械・電気・都市計画など多くの工学系統が高度に関わる総合工学であり，部門ごとに異なる課題に連携を持たせる必要があった．そこで，全系統のユーザニーズを明確にし，ユーザニーズに最適化された機能と，インタラクションコストに留意した「モバイル版鉄道 GIS（以下，本システム）」を開発した．

具体的には，「Where：どこにどのような設備があるか」という全系統に共通するニーズと，「How：どのような設備を管理するのか」という系統ごとの異なるニーズを分離した．これにより「閲覧」や「検索」をユーザ体験の中心に据えた「鉄道インフラデータ検索サービス」をコンセプトとした．

また，鉄道インフラの管理は，路線の起点となる駅（0 キロ地点）から，線路に沿った延長距離を示す「キロ程」と呼ばれる位置情報で行われている．そこで，そのキロ程を仮想化した「デジタルキロポスト」をマップ上のシンボルとして採用した（図 1）．

３.２　アーキテクチャ

既存 GIS が抱える密結合なシステム構造の課題を解決するため，本システムにおいては，サービスを独立したコンポーネントとして実装するマイクロサービスアーキテクチャを採用し，システムの拡張性を確保した（図 2）．

具体的には，キロ程⇔緯度経度の変換や，緯度経度から周辺の設備情報を取得する，といった鉄道向け GIS として汎用的に必要となる機能は『GIS-W-API』として API 環境を整備し，他の業務システムとの連携を可能とした．

また，Google Maps Platform®を本システムでは利用し，衛星写真の表示や経路案内等の機能を効率的に実装した．Google Maps Platform®の API 以外にも，任意の API を利用して地図上にコンテンツを統合する仕組みを構築した．これにより，多様なユーザニーズにも API の組み合わせにより開発コストを抑えながら応えられる構成とした．



図 1　デジタルキロポスト



図 2 本システムのアーキテクチャ

３.３　主な機能

（１）位置情報の変換・共有・検索

鉄道インフラは主に「キロ程」で管理されているが，系統によっては住所で管理する場合もあり，位置情報が異なる．さらに，一般的な緯度経度では位置の特定やイメージを共有することが困難である．この課題に対し，本システムでは，緯度経度からキロ程へ，キロ程から住所へと位置情報を相互に素早く変換することで，円滑な意思疎通を可能にした．

また，ユーザ体験の中心に位置づけたキロ程や構造物・設備等の検索機能は，Google Maps®に準拠した操作性とすることでユーザの学習コストを最小化している（図 3）．

（２）情報登録・共有・可視化

災害などの異常時における迅速な意思決定には，部門横断的な情報共有が不可欠である．とくに，現場状況の早期把握はダウンタイムを解消し，応急対応を円滑にする．この課題に対し，本システムでは，位置情報を取得可能な端末でユーザの居場所をリアルタイムで共有可能とした（図 4）．少ない操作かつシンプルな UI にすることで，時間的制約のある状況でも活用しやすくしている．

（３）現場周辺環境の机上把握

鉄道の現場作業は，安全確保のため，列車走行がない限られた時間帯での実施が必須であり，かつ線路周辺の多様な設備に囲まれた狭隘な空間で注意を払いながら行う必要がある．このため，時間的・空間的な制約が極めて大きい．これにより，労働災害や輸送障害といった大きなリスクを伴う．本システムでは，現地調査の一部を

デジタル空間で可能にすることで，現場作業機会の減少と安全性の向上を両立させることを目指した．具体的には，航空写真や Google ストリートビュー®と連携し，事務所でも現地の周辺環境を把握できるようにした(図 5)．これにより，計画立案や情報収集・共有の効率化を図り，現地での作業時間を短縮することに貢献する．

（４）ナレッジの蓄積・活用

現場の「暗黙知」は働き手の減少に伴い失われるリスクがある．そこで，本システムでは，個人の経験やノウハウを地図上に記録し「形式知」として可視化・共有できる機能を提供した（図 6）．ユーザは，キロ程や Microsoft® Excel®台帳からも容易に位置情報をマッピングでき，複雑な GIS 操作の知識を必要としない．さらに，共有権限を細かく設定することで，ナレッジの円滑な継承を促進する．

（５）オープンデータの活用

本システムは，国土地理院タイルなどのラスタタイル（TMS 形式）やベクタタイル（Geo JSON 形式）といったオープンな地理空間データを取り込む機能を実装した(図 7)．これにより，従来の独立した環境で運用されてきた鉄道 GIS に，外部の豊富な背景情報を統合することが可能となった．このアプローチは，鉄道インフラが直面する情報共有の非効率性を解決するための具体的なアプローチのひとつとなる．

（６）動的データの可視化

鉄道インフラの管理において，静的な情報にくわえ，現場の動的な状況をリアルタイムに把握することは迅速かつ安全な意思決定に不可欠である．従来の GIS にも動的データの可視化は可能であったが，密結合なシステム構成がデータの取得や更新に制約を課していた．この課題に対し，本システムはより疎結合なアーキテクチャを採用することで，動的データの可視化をより柔軟かつ効率的に実現した．具体的には，保守用車の在線位置といった動的な情報をリアルタイムで取得し，マップ上に可視化できる．この疎結合な実装は，刻々と変化する現場の状況を直観的に把握することを可能にし，異常時発生時の迅速な対応や，作業計画の最適化に大きく寄与する．



図 3　検索

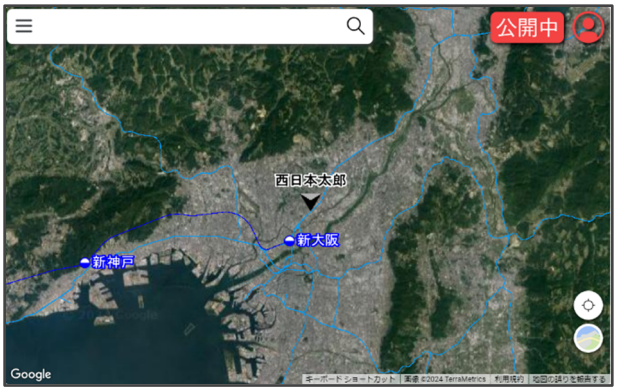


図 4　居場所公開



図 5　現場周辺環境の把握



図 6　マップ作成・共有



図 7　オープンデータの重畳

４．開発システムを用いた評価・考察

本章では，第 2 章で提示した「ユーザビリティ」という課題を，本システムがいかに解決したかを検証する．その検証手法としてユーザの行動，感情，満足度を体系的に調査する UX リサーチを採用した．

４.１　ユーザの行動特性とシステムの有効性

UX リサーチから，ユーザは業務において使い慣れた Google Maps®や紙媒体を即座に参照するといった「システム画面の外にも存在するユーザ体験」が明らかになった．これは，従来の GIS が抱える「扱いにくさ」を補うための行動である．開発したシステムは，Google Maps®に準拠した操作性に鉄道特有の機能を実装することで，このユーザ行動に合致する有用性を持つことが明らかになった．この機能は，直観的な操作で鉄道特有の位置情報を扱うことを可能にし，ユーザの行動特性からその有用性が実証されたといえる．

４.２　鉄道インフラ管理における具体的な貢献

本節では，本システムが，鉄道インフラ管理における具体的な課題をどのように解決したかについて，ユーザの活用事例から考察する．

（１）　情報共有の効率化と安全性向上

線路周辺での工事管理では，従来紙媒体で行っていた図面管理や情報共有をデジタル化することで，場所の特定や情報確認にかかる時間を大幅に短縮できることが示唆された．また，災害時の情報共有においては，リアルタイムな居場所共有機能が，電話によるコミュニケーションコストを削減し，迅速な意思決定に貢献することが明らかになった．

（２）　ナレッジの形式知化と技術継承

鉄道事業者には，地域住民への配慮や，社外の事業者との連携が必要となる場合がある．これまで個人の経験やノウハウといった「暗黙知」に依存していた．本システムにこれらをマップとして記録・共有することで「形式知」へと変換し，組織全体のナレッジ継承に貢献する．

４.３　成果と今後の展望

本システムのアクセスログデータを分析した結果，MAU（月間アクティブユーザ数）は，順調に増加傾向にある（図 8）．とくに，線路内への立ち入り場所を示す「門扉マップ」は，多くのユーザにとってキラーコンテンツとなり，システム利用率の向上に大きく貢献した．この結果は，ユーザ中心のサービスデザインが，システム利用の定着化という形で成果につながったことを示している．

さらに，本システムは既存 GIS が抱えていた応答速度の遅さという課題も解決した．システム起動から設備名で検索し，結果が表示されるまでの時間を比較したところ，本システムは従来の 10 分の 1 にまで短縮された．この定量評価は，ユーザのインタラクションコストを大幅に低減し，業務効率を向上させたことを明確に裏付けるものである．

５．結論と今後の展望

本稿では，鉄道インフラ管理における GIS の応用可能性について，モバイル版 GIS の開発と，その有効性の実証を通じて考察した．本システムは，インタラクションコストを低減したユーザビリティ，部門横断的な情報共有と迅速な意思決定，暗黙知の可視化と技術継承という複数の側面から，既存 GIS の課題を解決できることを示唆した．

なお，本システムは既存の GIS を完全に代替するものではなく，それぞれの役割を分担し，共存していくことを企図している．既存 GIS は，高度な解析や専門的なデータ管理や，時間をかけて行う事務所内での詳細な資料作成といった集中を要する作業に適した強みに対し，本システムは現場で迅速な閲覧・検索に特化することで，それぞれのツールが最適な環境で利用されることを目指す．

今後の展望に向けた課題も残されている．多部門への本格展開に向け，複雑化する要件とシステムの簡潔性とのバランスを取ることが今後の課題となる．今後はユーザのコアニーズに最適化し，システムの疎結合を維持しながら，部門間の合意形成を図っていく必要がある．

将来的には，オープンデータ活用のさらなる拡大や，Geo Json 等を活用した多様なデータ配信・表示といった機能拡張により，鉄道 GIS を単なる管理ツールから，鉄道業界ひいては，社会全体に貢献する情報基盤へと進化させることを目指す．

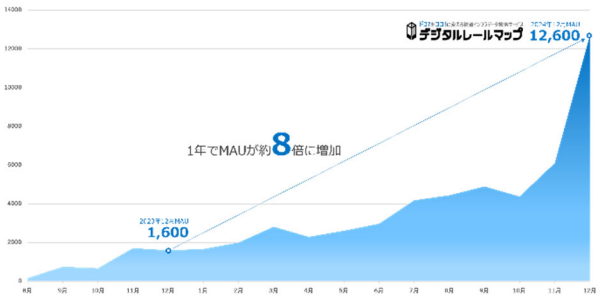


図 8　MAU の推移

参考文献

吉川 悟，岩橋 寛臣，大塚 雅紀，中山 忠雅：鉄道における情報共有基盤の構築，第 18 回地理情報システム学会講演論文集，18，pp.103-106，2009.10〈https://www.gisa-japan.org/content/files/conferences/proceedings/2009cd/papers/2B-1.pdf〉