

氏名	富井 建
学位の種類	博士（事業構想学）
学位記番号	第32号
学位授与年月日	令和2年3月19日
学位授与の条件	学位規程第3条第3項該当
学位論文	移動体支援のための空間情報基盤に関する研究
論文審査委員	主査 風見 正三 副査 蒔苗 耕司, 富樫 敦

論文の要旨

近年、CPS（Cyber-Physical System）と呼ばれるサイバー空間とフィジカル空間の融合によるスマート社会の実現に向けた取り組みが国際的に進んでいる。スマート社会における高度な交通システムは、移動体や交通サービス、インフラ、そしてそれぞれに関係するステークホルダーが密接に関係しあう複雑なシステムであり、その実現には、構成要素やプロセスを包含するシステムアーキテクチャの構築が必要である。本論文は、移動体支援のためのCPSを実現するために、システム基盤である空間情報基盤のアーキテクチャを構築し、有効性を検証することを目的とする。

本論文ではまず、空間情報基盤に関する現在の取り組みについて整理を行い、要素の複雑な関係性と、横断的な統合ができていない課題があることを示した。これらの課題に対し、空間情報基盤の本来あるべき姿を明らかにするため、移動体と移動空間の観点から移動体支援を行う2つのシステムを構築し、それらを参考事例として、空間情報基盤を構成する要素をフィジカル空間とサイバー空間の分類で整理し、空間情報基盤システムの全体像と要素間の関係を示した。

次にシステムを構成する要素と実現化のプロセス、責任主体を明確化するために、木構造のシステム構成とVモデルのライフサイクルを同一の階層構造で組み合わせたシステムアーキテクチャモデルを提案し、空間情報基盤システムに適用した。システム構成は、空間情報基盤の中で移動に対するフィードバックループを行うCPSから、移動体と交通、共通資源の要素に分類し、モデル化を行った。また、一般的な社会インフラにおける建設プロジェクトを対象として、ライフサイクルをVモデルで表し、階層構造を社会、事業、構造物の3階層で定義した。そして、定義したシステム構成とライフサイクルに基づくシステムアーキテクチャを道路交通の建設プロジェクトに当てはめ、適用の妥当性を示すとともに、階層ごとの責任主体を明確化できることを示した。システムアーキテクチャモデルの応用として、各プロセスで適用可能な情報技術とその範囲を明確化することが可能であることを示すとともに、階層の追加や分解によりモデルの拡張や詳細化が可能であることを示した。

以上の通り、本論文では、移動体支援のためのCPSを実現するために、システムの基盤である空間情報基盤のシステム構成とライフサイクルを検討し、要素とプロセスの責任主体を明確化することで、空間情報基盤のアーキテクチャモデルを構築した。さらに、提案モデルを道路交通の建設プロジェクトに適用することで、実際のシステムへ適用可能であることを示した。

審査結果の要旨

本論文は、移動体支援のための空間情報基盤を対象に、その構成要素やプロセスを包含できるシステムアーキテクチャモデルについて論じたものである。

論文は六章により構成され、その構成は以下の通りである。

第1章は序論であり、CPS (Cyber-Physical Systems) に基づくスマート社会の考え方を背景に、移動体や社会インフラに関するシステム基盤を空間情報基盤として位置づけ、研究目的として、移動体支援のために必要される空間情報基盤のあり方を明らかにするとともに、空間情報基盤の構成要素やプロセスを包含するシステムアーキテクチャモデルを構築し、その有効性を検証することを述べている。

第2章では、空間情報基盤の現状と課題を、移動体と移動空間の2つの観点から整理している。前者については、自動運転及びMaas等の移動サービスの取り組み、後者については、空間情報等のデータやインフラに関する取り組みをまとめ、現状の空間情報基盤に関する取り組みは複雑で横断的な統合が実現できていないことを示している。

第3章では、空間情報基盤のあり方について論じている。空間情報基盤に関して自らが開発したプローブ情報からの移動制御システム、多様な障害物を評価しながら、最短経路探索を行うシステムの実装例を示し、移動体、移動空間、そして、移動を支援するシステムとの関係性を具体的に示している。これらの実装を基に、移動体と移動空間を構成する要素をフィジカル空間とサイバー空間に分類した上で相互の関係性の図化することにより、その複雑さを示し、要素・プロセスを含めたアーキテクチャモデルの必要性を示している。

第4章では、本論文の核となる空間情報基盤のシステムアーキテクチャモデルについて論じている。システム上の構成要素やライフサイクルを表現する標準的なシステムアーキテクチャモデルに基づき、システムの構成要素は木構造で、ライフサイクルはVモデルで表現できることを示し、これらを組み合わせた階層構造をもつシステムアーキテクチャモデルを提案している。このモデルは複数のサブシステムに分解して表現可能であること、また階層構造により責任主体が明確になることを述べるとともに、立体モデル等の他モデルと比較して当該モデルの優位性を示している。

第5章では、第4章で構築したシステムアーキテクチャモデルを空間情報基盤への適用し、その検証を試みている。移動体を対象とした空間情報基盤の諸要素を木構造で、また社会インフラの建設プロセスを表すVモデルでそれぞれ示し、それらを組み合わせるとともに、社会層・事業層・構造物層で階層化したアーキテクチャモデルを示している。このモデルを、道路交通を対象とした建設プロジェクトに適用した場合の具体的なモデルを構築し、プロセス、システム要素、責任主体の対応関係が明確に表現できることを検証している。また適切な情報技術の適用範囲の分析や階層の追加等の拡張性について考察し、提案モデルの有用性を述べている。

第6章は結論であり、本論文の各章で明らかになった事項を総括するとともに、今後の展望として実際の建設プロジェクトへの適用に向けての課題や維持管理段階への適用の可能性について示している。

なお、論文を構成する核となる部分は、土木学会論文集F3(土木情報学)特集号掲載の論文(査読付)及び土木情報学に関する国際会議論文(査読付)等に基づいている。

以上に示す通り、本論文では申請者が開発した移動体支援システムの構築事例に基づ

き、移動体を支援するための空間情報基盤のあり方を示すとともに、空間情報基盤の構成要素・プロセスを包含できる独自のアーキテクチャモデルを提案し、その有用性を明らかにしている。今後のスマート社会の実現に向けて必要とされる空間情報基盤を論じたものとして論文の価値は高く、学位論文として十分な新規性・有用性を有するものであるとともに、事業構想学の発展に寄与するものである。

よって、博士（事業構想学）の学位論文として合格と認める。