

(71) 建設プロジェクトへの システムアーキテクチャモデルの適用

富井 建¹・蒔苗 耕司²

¹正会員 国際航業株式会社 (〒183-0057 東京都府中市晴見町 2-24-1)

E-mail:tatsuru_tomii@kk-grp.jp

²正会員 宮城大学教授 事業構想学群 (〒981-3298 宮城県黒川郡大和町学苑 1-1)

E-mail:makanac@myu.ac.jp

スマート社会における建設プロジェクトでは、フィジカル空間とサイバー空間が関係しあう複雑なライフサイクルになることが考えられる。本論文は、複雑化する建設プロジェクトに適用するためのシステムアーキテクチャモデルを提示する。このモデルは、プロジェクトの各プロセスの対象範囲に基づいてプロジェクトライフサイクルを階層化し、システム要素とプロセスを対応付けることで、プロセスの責任範囲を明確化する。また、このモデルを建設プロジェクトのライフサイクルへ適用し、プロセスとシステム要素について整理する。

Key Words: system architecture model, V model, construction project life cycle

1. はじめに

近年、米国における先進製造パートナーシップやドイツにおけるインダストリー4.0 など、高度なデジタル化による製造業の革新を図る国際的な動きがみられる。インダストリー4.0 では、デジタルと現実世界を統合することで生産性の向上を図っている¹⁾。このデジタルと現実世界を統合する考え方は、CPS (Cyber-Physical System) と呼ばれるサイバー空間とフィジカル空間を統合したシステムに基づくものである。日本においては、CPS を取り入れた「超スマート社会」の実現を掲げ、Society 5.0 として実現に向けた取り組みを推進している²⁾。

建設プロジェクトにおいては、BIM/CIM (Building and Construction Information Modeling/Management) といった取り組みにより、デジタルと現実世界の統合管理を推進している。建設プロジェクトのプロセスは様々な業種が関係しあう複雑なライフサイクルであり、BIM/CIM の取り組みは一連のプロセスを円滑化することで、生産性を向上しようとするものである³⁾。

高度にデジタル化された建設プロジェクトを考えると、フィジカル空間とサイバー空間双方の要素が関係しあう複雑なシステムと見なすことができる。本論文では、CPS により複雑化する建設プロジェクトのためのシステムアーキテクチャモデルを提示する。このモデルは、プ

ロジェクトライフサイクルの各プロセスにおける対象範囲を明確にすることで、実施主体者の責任範囲を明確にする。次章では本論文で提案するシステムアーキテクチャモデルについて説明する。

2. システムアーキテクチャモデル

システム開発のライフサイクルには様々な規格が存在する。国際標準としては ISO/IEC/IEEE 24748 によりシステムのためのライフサイクルマネジメントガイドラインが示されている⁴⁾。日本においては JIS X 0170:2013 によりライフサイクルプロセスが規格化されており⁵⁾、情報処理推進機構はこれら規格を基にしたガイドラインである共通フレームを規定している⁶⁾。

これらの規格では、開発におけるプロセスや活動のフレームワークとして、いくつかのライフサイクルモデルを提示している。ライフサイクルモデルのひとつであるウォータフォールモデルは、一連のプロセスを1回のライフサイクルで順番に進めて行くモデルである。このモデルは、計画から実装へとシステム要素を分解しながら進める過程と、要素を結合しながら検証を進める過程で分けることができる。これら2つの過程を折り返してV字で表現したモデルがVモデルである⁷⁾ (図-1)。Vモ

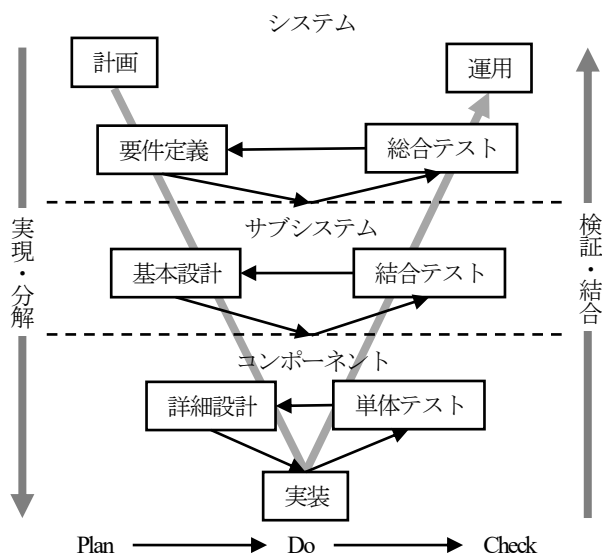


図-1 Vモデルの例

デルは、標準フレームやドイツの V-Modell XT といったシステム開発プロジェクトの規格に用いられており^{9,8)}、ITS (Intelligent Transportation Systems) や宇宙機ソフトウェアなどの開発ガイドラインなどにも利用されている^{9,10)}。図-1 に示す V モデルの例では、要件定義に対する総合テスト、基本設計に対する結合テストのように、左右のプロセスの対応付けが可能である。これにより実現の各プロセスに対応する検証内容が明確になり、実現化の段階で評価プロセスを計画することができる。検証内容を早い段階で計画することで、各プロセスでの不備を早期に発見し、品質や生産性を向上することができる。

また、V の左側が分解、右側が結合のプロセスということから、上位ほど広い対象範囲を扱い、下位ほど個別の対象範囲を扱うと考えることができる。図-1 の例では、上位から下位へ、システム、サブシステム、コンポーネントへと分解して階層化される。各階層において、右側のプロセスは計画、下位階層への実行、左側のプロセスで検証するという Plan-Do-Check の関係を持つ。

ここで対象とするシステム構成を考えると、階層の上位から下位へと分解されるピラミッド構造で示すことができる⁹⁾。このシステム構成と V モデルを組み合わせたものを図-2 に示す。図-2 の例では、システム構成の最下層が 5 つの要素からなるが、この図のライフサイクルに図-1 のプロセスを当てはめた場合、要素ごと詳細設計、実装、単体テストのプロセスが実行されることを意味する。本モデルは Dual Vee モデルに類似するが¹⁰⁾、プロセスに対応する対象範囲と構成要素の関係を明確にすることで、各プロセスの実施主体者が責任を負う対象範囲を理解しやすくしている。

次章では、社会インフラへの適用として、一般的な建

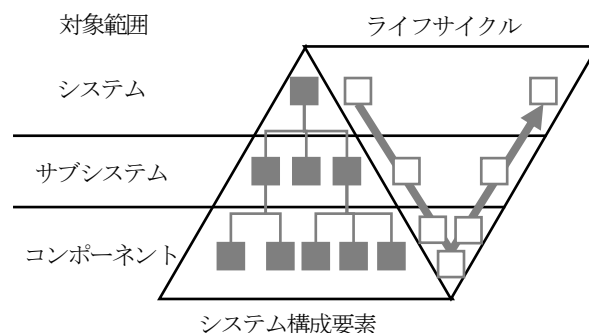


図-2 Vモデルとシステム構成を組み合わせたモデル

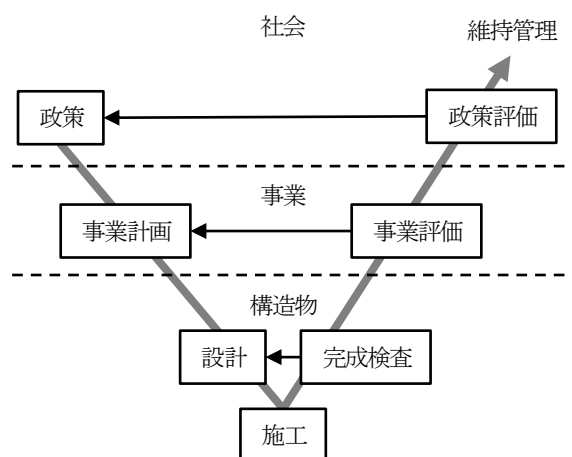


図-3 Vモデルによる建設プロジェクトのライフサイクル例

設プロセスを V モデルで整理し、道路交通システムを例にこのシステムアーキテクチャモデルの適用を行う。

3. 社会インフラのシステムモデル

(1) 建設プロセスの V モデル

社会インフラの生産プロセスは、計画・調査、設計、施工の整備段階から完成検査を経たのち供用され、メンテナンス段階へと移行する^{12),13),14)}。通常は構造物の生産プロセスの前に事業計画が策定される。そしてその事業も組織の方針に従って計画される。公共事業であれば、基本方針やマスタープラン、法律などの政策がそれにあたる。適切な PDCA サイクルに基づいたプロジェクトは、実施後にそれぞれの計画に対する評価が行われる。これらの建設プロセスを V モデルで表した例を図-3 に示す。本図では各プロセスの目的や成果の対象範囲から、社会、事業、構造物の階層で構成している。

(2) 道路交通におけるシステムアーキテクチャモデル

このモデルを日本における道路交通システムに適用し

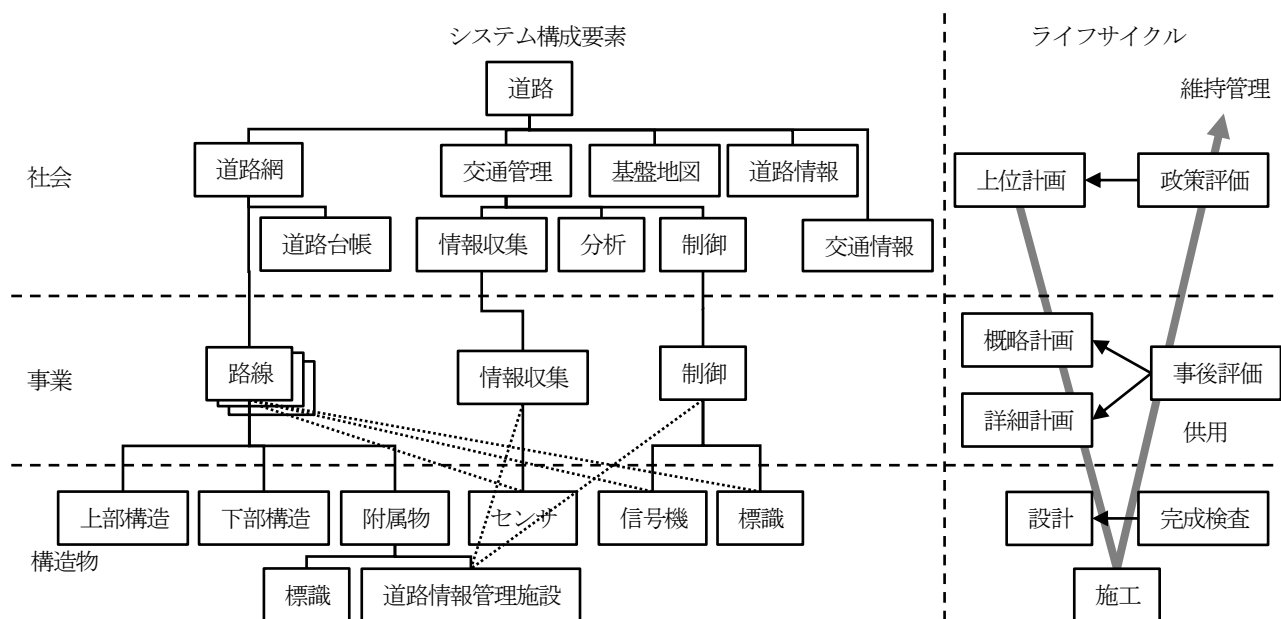


図-4 日本における道路交通のシステムアーキテクチャモデル

た例を図-4に示す。社会の階層におけるライフサイクルプロセスでは、国土形成計画や国土利用計画、社会資本整備重点計画などの上位計画により全体的な方針が策定され、その評価として政策チェックアップや政策レビュー、政策アセスメントの事後評価といった政策評価が行われる。事業の階層では概略計画、詳細計画と段階的に詳細化され、供用後の事後評価によりその事業の効果や影響等の実績を評価する。構造物の階層では、設計、施工が行われ、完成検査の後、供用される^{15),16),17),18),19)}。

システム構成要素における物理的要素は、道路網とそれを構成する複数の路線、そしてその路線は上部構造や下部構造、附属物などの様々な要素から構成される。これら道路の物理的要素及びそのデータベース（道路台帳）は、国や都道府県などの道路管理者により管理されることが法律により定められている（道路法第十八条、第二十八条）。

その道路により提供されるサービスである交通は、情報を収集し、その情報を分析し、規制等により制御することにより管理される。構成要素としては道路網全体の管理から、個別の路線に対する管理、そして具体的なセンサや制御装置等の設置により情報収集と交通制御が行われる。これらの要素は道路管理者とは別に公安委員会（警察）により管理される。信号機等の交通制御に関する要素は、物理的には道路に附属するが、交通制御の目的から交通管理者により管理される。

道路情報が交通管理者による交通制御に必要であり、交通情報が道路管理者による道路の計画に必要であるように、システム要素には組織間で共有されるべきものも存在する。実空間とのマッピングには基盤地図も必要と

なるが、これら広域の道路情報や交通情報、基盤地図といった要素は単独の要素に統合し、集中管理することによりシステム全体で共有しやすくなる。

4. おわりに

本論文では、スマート社会における建設プロジェクトへの適用を目的に、フィジカル空間とサイバー空間それぞれの要素を統合管理するシステムアーキテクチャモデルとして、Vモデルとシステム構成を組み合わせたモデルを提示した。さらに、プロセスの対象範囲に基づいた階層構造を定義し、プロセスと構成要素を分類することで、プロセスにおける担当者の責任範囲を明示した。

建設プロジェクトへの適用として、そのライフサイクルを政策、事業計画、設計、施工、完成検査、事業評価、政策評価のプロセスで構成するVモデルで表した。また、各プロセスの対象範囲から、社会、事業、構造物の階層構造を示した。これらの階層を基に、道路交通におけるライフサイクルと構成要素への適用を行った。道路のシステム要素は、物理的なインフラと交通で大別できるが、道路情報や交通情報、基盤地図のような要素間で共有すべき要素が存在する。これらは構成要素から分離し、統合することで共通化できる。

本論文では、システムアーキテクチャモデルの定義と建設プロジェクトへの適用について述べたが、実際の建設プロジェクトでは、各プロセスにおいて多くの情報技術が用いられる。建設プロセスにおける情報の流れと、そこで用いられる情報技術については今後整理が必要で

あるが、本論文で定義したアーキテクチャモデルは、プロセスやシステム構成要素と情報を対象範囲から関連付けることで、システム全体のモデル化に有用であると考える。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 19K04641 の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) プラットフォーム・インダストリー4.0(日本貿易振興機構訳): インダストリー4.0 実現戦略, <<https://www.jetro.go.jp/world/reports/2015/01/c982b4b54247ac1b.html>>, (入手 2019.6.17).
- 2) 内閣府: 科学技術基本計画, <<http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/5honbun.pdf>>, (入手 2019.6.17).
- 3) 国土交通省 CIM 導入推進委員会: CIM 導入ガイドライン (案) 第 1 編 共通編, <<http://www.mlit.go.jp/common/001289030.pdf>>, (入手 2019.6.17).
- 4) International Organization for Standardization: ISO/IEC/IEEE 24748-1 Systems and software engineering - Life cycle management - Part 1: Guidelines for life cycle management, ISO/IEC/IEEE, 2018.
- 5) 日本規格協会: JIS X 0170:2013 システムライフサイクルプロセス, 2013.
- 6) ソフトウェア高信頼化センター: 共通フレーム 2013, 情報処理推進機構, 2013.
- 7) Boehm, B. W.: Guidelines for Verifying and Validating Software Requirements and Design Specifications, *Euro IFIP 79*, pp.711-719, 1979.
- 8) Biffl, S., Winkler, D., Höhn, R. and Wetzel, H.: Software process improvement in Europe: potential of the new V-model XT and research issues, *Software Process: Improvement and Practice*, Vol.11, No.3, pp.229-238, 2006.
- 9) US Department of Transportation, Federal Highway Administration California Division and California Department of Transportation: Systems Engineering Guidebook for Intelligent Transportation Systems Version 3.0, <<https://www.fhwa.dot.gov/cadiv/segb/>>, (accessed 2019.6.17).
- 10) 宇宙航空研究開発機構: IV&V ガイドブック導入編, <<http://sma.jaxa.jp/Software/IVV/index.html>>, (入手 2019.6.17).
- 11) Forsberg, K., Mooz, H. and Cotterman, H.: Visualizing Project Management, John Wiley & Sons, 2005.
- 12) 土木学会: 社会インフラ メンテナンス学, 土木学会, 2016.
- 13) 土木情報学委員会教育企画小委員会: 土木情報学 基礎編, pp.196-204, 土木学会, 2017.
- 14) 国土交通省大臣官房技術調査課: 施工プロセス検査業務運用ガイドライン (案), <http://www.mlit.go.jp/tec/s ekisan/sekou/pdf/220913sekou_process02.pdf>, (入手 2019.6.17).
- 15) 公共事業の構想段階における計画策定プロセス研究会: 上位計画等の策定プロセスについて, <<http://www.mlit.go.jp/tec/kanri/process/pdf/shiryou04.pdf>>, (入手 2019.6.17).
- 16) 国土交通省道路局: 構想段階における道路計画策定プロセスガイドライン, <http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-hyouka/pdf/ps_guideline.pdf>, (入手 2019.6.17).
- 17) 国土交通省: 政策評価, <<http://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/hyouka/>>, (入手 2019.6.17).
- 18) 国土交通省: 国土交通省所管公共事業の完了後の事後評価実施要領, <http://www.mlit.go.jp/tec/hyouka/public/180330/youryou/06_jigo_koukyou180330.pdf>, (入手 2019.6.17).
- 19) 富井建, 蒔苗耕司: 建設生産プロセスへのシステム開発モデルの適用と GIS の役割定義, 土木計画学研究・講演集(CD-ROM), Vol.58, ROMBUNNO.120, 2018.