

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 16 日現在

機関番号：21301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24560569

研究課題名(和文) 土木構造物のライフサイクルにおける情報構造分析とマネジメントに関する研究

研究課題名(英文) Research on Analysis and Management of Information Structure in Civil Infrastructure Lifecycles

研究代表者

蒔苗 耕司 (Makanae, Koji)

宮城大学・事業構想学部・教授

研究者番号：10295404

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：土木構造物のデザインプロセスの中で、「情報」は抽象から具体へのピラミッド構造を有するという仮定の下、建設プロジェクトを対象とした情報フロー分析により情報構造の存在を実証的に明らかにした。またライフサイクル間における情報継承が人による暗黙の技術継承に依存していることから、今後、意思決定段階で生成される情報を包含した知識マネジメントシステムが必要であることを示した。さらにコンピュータの高度利用を前提とした設計プロセス、設計基準、運用方法を提案するとともに、設計者、システム開発者、検証者の三者の関係を表した。そして土木構造物のライフサイクルの中での組織的な情報マネジメントのための階層構造を示した。

研究成果の概要(英文)：In the design process of civil engineering structures, under the assumption that information has a pyramid structure from the abstract to the concrete, the existence of information structure was empirically obvious by the information flow analysis of the construction project. Also, inheritance between the lifecycles depends on the implicit technology inherited by individuals, and knowledge management system that can include all information generated by the decision stage will be required in the future. Furthermore, the design process, design criteria, and operation under the advanced use of the computer are proposed, and the relationship among designers, system developers, and verifier are represented. Finally, the layer structures for systematic information management are shown.

研究分野：土木情報学

キーワード：情報マネジメント 土木構造物 ライフサイクル分析 情報構造分析 土木情報学 道路設計 知識マネジメント

1. 研究開始当初の背景

土木構造物のライフサイクルの中で「情報」はどのように機能するのか。近年は情報学の視点から、あらゆる学問分野を「情報」という観点で捉え直し、情報構造を明らかにすることが求められている。しかし土木においては、各論としての情報技術についての議論は多くなされているが、学術的に「情報」そのものについての本質的な議論がほとんど行われていないのが現状である。

土木構造物は、他産業の生産物と比較して、その規模が極めて大きいこと、多くが単一生産物であること、さらにこれらに起因して、生産物のデザインプロセスおよびライフサイクルが極めて長期に及ぶという特徴を有する。デザインプロセスに注目すれば、土木構造物はその規模の大きさから直接的にそのプロトタイプを実スケールで形づくることは難しく、構築対象となる巨大な空間を机上の空間に縮小し、その中でデザイン作業が必要となる。ここで行なわれるデザイン作業は、基盤となる実空間を情報化し、それにより再構成される3次元仮想空間の中で、対象物の位置、構造、材料、外観等を試行錯誤し、実空間で実現可能な土木構造物の情報を定める行為であるということが出来る。このデザインプロセスは、基本計画から概略設計、詳細設計へと進む設計プロセスの進展に伴い、情報の粒度・精度を向上させ、最終的には、実空間への物理的な投影作業である施工へとつながる。このプロセスにおける情報構造について、建築分野では Eastman(1999) は、円錐構造として、また申請者は、計画・設計から施工に至る一連のプロセスにおける情報構造を抽象から具体へのピラミッド構造として説明した(蔭苗, 2008)。このピラミッド構造は時間の経過とともに具体的に進化するものであり、その構造は時間軸との関係で表すことができる(図1)。

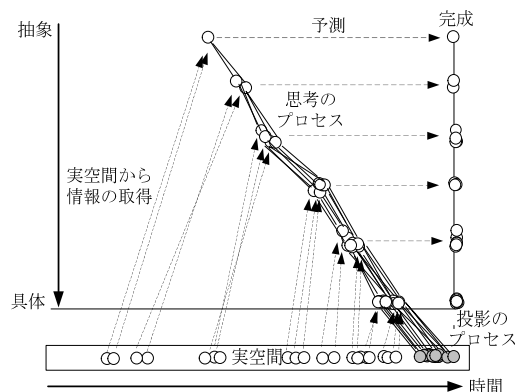


図1 情報構造のピラミッドモデル

このようなデザインプロセスで形成されるピラミッド構造の存在を実証的に明らかにするとともに、それがどのような因子に影響されているかを明らかにし、その最適化を図

ることによりデザインプロセスの改革ができるのではないかとというのが本研究の発想である。

2. 研究の目的

土木構造物のデザインプロセスの中で、「情報」は抽象から具体へのピラミッド構造を有するという仮定の下、建設プロジェクトを対象とした情報フローの分析により、情報構造物の存在を実証的に明らかにするとともに、情報構造の効率性からみた評価手法および情報構造の最適化の手法を明らかにする。さらに、ライフサイクルの中で生成される膨大な情報の蓄積および管理と、地域、社会に存する外部のステークホルダからの情報の発生と還流を含めたシステムについて検討し、現実の土木構造物と仮想的に定義・構築される情報構造物とを有機的に関連させた新しい情報マネジメントシステムの仕組みを明らかにする。

3. 研究の方法

本研究は土木構造物のデザインプロセスにおける情報フローの分析に基づき、情報構造物の存在を実証的に明らかにするとともに、現実の土木構造物と仮想的に定義される情報構造物を有機的に関連させた情報マネジメント手法の構築を目指すものである。研究プロセスは以下の3段階から構成される。

(1) 建設プロセスの情報構造分析

道路建設プロセスを対象として、設計プロセスにおける情報の取得・生成に関する分析を行い、情報の拡大過程を明らかにする。

(2) 情報構造物のライフサイクル分析

複数のライフサイクルを経た土木構造物における情報の継承性を、既存文献に基づく分析により明らかにする。

(3) 情報の蓄積・マネジメント手法の検討

上記(1)(2)の分析に基づき、情報構造の最適化の手法、また長期のライフサイクルに亘る情報のマネジメント手法を明らかにする。また情報構造物の生成と多角的評価を支援する情報システムの構築を行う。

4. 研究成果

(1) 研究の主な成果

建設プロセスの情報構造分析

建設プロジェクトの情報構造分析を行うことを目的として、道路建設プロジェクトを対象として、その設計プロセスにおける情報の取得・生成プロセスの分析を行い、道路設計における情報連鎖モデルを図化した(図2)。また、現在の概略設計から詳細設計へと進むプロセスが対象エリアを細分化するセクショニングを繰り返しながら精緻化を図る手法が取り入れられており、このプロセスを multi-spiral waterfall model として表現できることを示した(図3)。

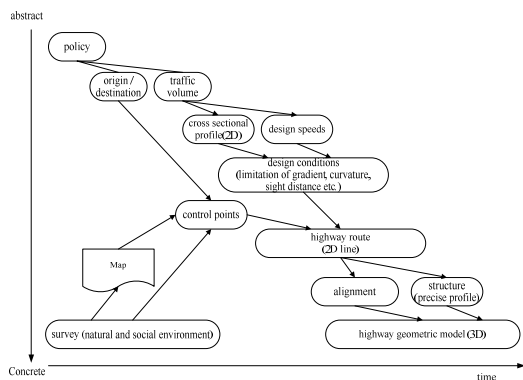


図2 道路設計における情報連鎖モデル

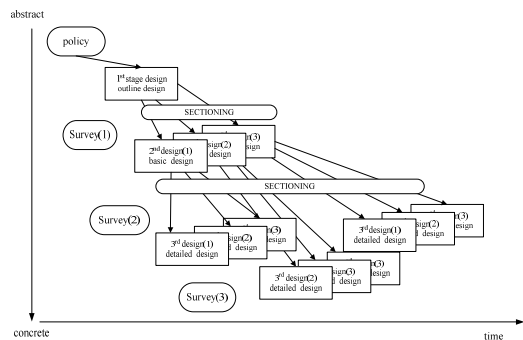


図3 Multi-spiral waterfall model

情報構造物のライフサイクル分析

複数のライフサイクルを経た中世に建設された土木・建築構造物についての文献調査により、情報の継承は記号化された情報のみではなく、人を介した暗黙の技術継承が重要な役割を有していることが明らかとなった。そこで情報構造のピラミッドモデルをベースに、情報の分岐に生成される知識を包含した情報バルジ (swelling) を含むモデルを提案し (図4)、意思決定段階で生成される情報を包含した知識マネジメントシステムの必要性を示した。

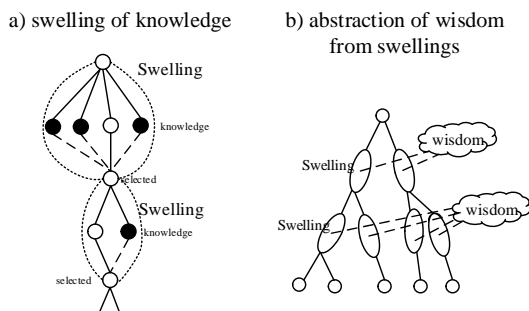


図4 知識継承のモデル化

情報のマネジメント手法の検討

設計情報の生成プロセスとして道路幾何設計に注目し、これまでの研究で構築した道路幾何構造の最適化モデルをベースとし、既往の設計プロセスおよび設計基準の問題点を明らかにするとともに、コンピュータの高度利用を前提とした最適な情報生成プロセ

スを実現する設計プロセス、設計基準、運用方法について検討を行った。その結果、現行の設計基準に包含されているロジックを設計支援システムに包含すべきであること、設計基準は上位項目を規定する性能基準として再定義すべきあること、システムに包含されているロジックが正しいか否かを検証するシステムが必要であることを示し、設計者・システム開発者・検証者の関係を表した (図5)。

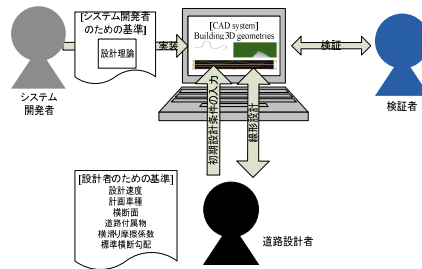


図5 設計者・システム開発者・検証者の関連

また情報構造物を概念から形成するシステムとして、バブルダイアグラムをベースとした対話型構築支援ツールを構築するとともに、計画・設計段階における設計物の多角的な評価を支援するツールとしてAR技術やゲームエンジンを適用した体験型システムを構築し、それらについて有用性評価を行った。

最後に土木構造物のライフサイクルの中で生成される情報をマネジメントするための方策について検討を行った。世界的に導入が進みつつある BIM (building information modeling) を基盤として、今後、情報のマネジメントを進めていくためには、データ構造のみではなく、情報に関わる組織や人のマネジメントも重要であり、それらを含めた情報マネジメントの構造を階層モデルとして示した (表1)。

表1 情報マネジメントの階層モデル

階層	課題
1:組織	組織・システムの構成
2:人	人の教育・訓練
3:アプリケーション	設計・施工・維持管理を支援するアプリケーションの構築
4:データ管理	データ管理の仕組みづくり (マルチメディア・ターカイ形式、保存場所、命名規則、時空間フレームワーク内のデータリンクシステム)
5:データ構造	データ・情報モデルスキーマ

(2)研究の位置づけと今後の展望

本研究の成果として、情報技術の利用を前提とした設計プロセスとその実現のための仕組み、さらに情報マネジメントの階層モデルを示す等、情報マネジメントという新たな視点から今後の研究開発の方向性を示すことができた。また情報マネジメントは、今後

の土木構造物のライフサイクルの中で極めて重要な役割をもつものと期待され、本研究成果はそのための仕組みに関する有用な知見となり得る。

また本研究により、複数の土木構造物のライフサイクル間での継承において、人を介した技術継承が重要な役割を有していることが改めて明らかになった。このことから今後の展望として、暗黙の知識・技術を明示的にモデル化し、それらを情報として蓄積する仕組みを作ることにより、より知的な情報システムの実現とそれを適用した新しい情報生成プロセスの形成に繋がっていくものと考えられる。

<引用文献>

Eastman, C. M.(1999) ,Building product models: computer environments supporting design and construction, pp.14-15, CRC Press LLC, 1999.
蒔苗耕司 (2008), 土木における情報の意義と役割, 蒔苗耕司, 土木学会論文集 F, Vol. 64 No.2,148-162 .

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文](計 10 件)

Koji Makanae , The Conceptual Model of Information and Knowledge Management in Civil Infrastructure Lifecycles, Proceedings of the 7th Civil Engineering Conference in the Asian Region , 査読有 , 2016 . (印刷中)

蒔苗耕司, 情報化時代における道路幾何構造設計プロセス, 土木学会土木情報学シンポジウム講演集 , 40, 49-50, 査読無 ,2015.

Koji Makanae, Optimization of Highway Geometric Design Process for Computer-based Design, Computing in Civil and Building Engineering, 1376-1383, 査読有 , 2014.
<http://dx.doi.org/10.1061/9780784413616.171>

Junpei Koike, Koji Makanae, Development of an Architectural Programming Support Tool Using Bubble Diagrams, Proceedings of the 1st International Conference on Civil and Building Engineering Informatics, 277-280, 査読有 , 2013.

Koji Makanae, Development and Analysis of Time-Spatial Information Model for Infrastructure Lifecycle Management, Proceedings 14th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, PaperNo.65, 査読有 , 2012.

[学会発表](計 4 件)

伊藤廣紀, 蒔苗耕司, 3次元空間情報を用いたモバイル AR のためのオクルージョン手法 ,土木学会第 38 回土木情報学シンポジウム , 土木会館 (東京都・新宿区) , 2013 年 9 月 18 日 .

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

蒔苗 耕司 (MAKANAE, Koji)
宮城大学・事業構想学部・教授
研究者番号 : 10295404