第38回建設マネジメント問題に関する
研究発表･討論会講演集　2020年12月

包括的モデル空間の提案と運用に関する一考察

小林　優一[1]・緒方　正剛[2]・小林　一郎[3]・柿本　竜治[4]

[1]正会員　熊本大学大学院　自然科学研究科（〒860-8555 熊本市中央区黒髪二丁目-39-1）
E-mail:188d9225@st.kumamoto-u.ac.jp

[2]正会員　一般財団法人　先端建設技術センター（〒112-0012 東京都文京区大塚二丁目15-6）
E-mail:ogata@actec.or.jp

[3]正会員　熊本大学大学院　先端科学教育部（〒860-8555 熊本市中央区黒髪二丁目-39-1）
E-mail: ponts@gpo.kumamoto-u.ac.jp

[4]正会員　熊本大学大学院　先端科学教育部（〒860-8555 熊本市中央区黒髪二丁目-39-1）
E-mail:kakimoto@kumamoto-u.ac.jp

筆者らは，これまで土木事業において事業を効率よく進め，かつ関係者間での合意形成を図る一つとして，モデル空間の構築手法や利用方法について研究してきた．その中で，事業を効率よくマネジメントするには，専門の組織ないしは個人が必要であること，さらに，その役割を明確にすることなどの必要性について提唱してきた．国土交通省が公開しているガイドラインでは，地形モデルや構造物モデルなどのCIMモデルの構築手法，設計及び施工など一部分への利活用例を中心に示されている．一方，事業全体を通しての利用例は事業の守秘義務などの関係から示されていない．

本論文は，既往研究でICTを活用した事業例を題材にBIM/CIMで取り扱うモデル空間について利活用法，その在り方について分析した．その分析結果を踏まえ，事業全体をマネジメントするためのモデル空間として包括的モデル空間を提案し，現在行われている事業の受発注者へのヒアリングをもとに，その内容について述べる．

Key Words : *Comprehensive model space, Management, BIM/CIM, i-Construction, Model space*

1. はじめに

我が国における建設業界は，近年，就業者数の減少とともに高齢化の進行が著しい．今後10年間で，高齢化などによって技能労働者約340万人のうち約1/3の離職が予想されており，労働力不足が懸念されている[1), 2)]．さらに，建設事業への投資額は，1992年のピーク時に比べて約50%減少している[3)]．このような厳しい環境の中で，社会資本の整備，管理体制を持続的に確保していくためには，人的資源が限られていることを前提に，建設産業全体の労働生産性を高めることが重要と考えられている．

国土交通省は，i-ConstructionやBIM/CIMといったICT，3次元データを全面的に活用して生産性を向上させる施策を提唱し，その活用業務，工事件数を着実に増やしている[4)]．過去3年を見ても2017年度132件（業務：54件，工事：78件），2018年度212件（業務：147件，工事：65件），2019年度には361件（業務：254件，工事：107件）まで増加傾向であることが確認できる．また，受発注者含めBIM/CIMを推進するため，CIM導入ガイドライン（案）（以降，“ガイドライン”と略記）が第1編共通編から第11編港湾編まで公開されている[5)]．

著者らは，土木事業において事業を効率よく進め，かつ関係者間との合意形成を図るため，ICTの活用について研究してきた．研究成果の一つとして，モデル空間の構築手法[6)-8)]や利用方法[9), 10)]がある．モデル空間とは，投影座標系で定義された位置にデジタルデータとして地形，構造物を配置した空間及びその情報である．モデル空間は，協議の場において視覚的に確認可能なほか，SNSやクラウド環境においても活用できるため，事業着手時から各検討へ用いる事が可能である．また事業をマネジメントするためには，CIMチームなるものが必要であり，そのチームの役割についても提唱してきた[11)]．

我が国における既往研究は，たとえば宮武らがゲート設備に関する三次元モデルの詳細度について，土木構造物の共通仕様書を基に整理・提案している[12)]．藤澤らは，道路橋における下部工を対象にモデル構築，数量算出及び積算方法について検討し，その有効性について述べている[13)]．また富井らはスマート社会における建設プロセスに適用するためのシステムアーキテクチャの提示と必要となるシステム要素を分析している[14)]．

一方，諸外国では，たとえば英国は政府主導でBIMをビジネス戦略とし，2016年までにBIMを義務化，2025年には建設コスト縮減33%及び工期短縮50%を目標値として掲げ政策を進めている状況である[15]．また，HangらはBIMの概念を用いて三次元モデルに付与した属性情報を用いて，建設プロセスを通してライフサイクルコストを評価するシステムを開発している[16]．

本来，BIM/CIMは維持管理段階を見据えたモデルの活用や運用が重要となる．つまり，建設プロセスの一部分や，特定の構造物だけでなく，建設プロセスを通して活用すべきモデル空間の必要性及びその意義について検討することが重要であり，建設プロセス全体での活用法を論じる必要がある．前述のガイドラインでは，統合モデルをはじめとする広域地形モデルや線形モデルなど，CIMモデルが提唱されているが，モデルそのものの管理手法や活用の意義は触れられていない．また各モデルの構築手法，設計及び施工など一部分への利活用例が示されているものの，事業単位レベルでの利用例は，事業の守秘義務などの関係から示されていないのが実状である．

本論文では，既往研究で著者らが示してきたICTを活用した事業例を分析し，BIM/CIMで取り扱うモデル空間の利活用法や，その在り方について分析した．その結果を踏まえ，事業で運用していくモデル空間の必要性，それを包括的モデル空間として定義し，提案する．

2. モデル空間の利活用状況と分析

本章では，包括的モデル空間を提案するにあたり，著者らがこれまでに実施した代表的な事業3件について分析する．具体には，事業概要，モデル空間の利活用状況を踏まえ，包括的モデル空間に必要な要素や具備すべき機能要件などについて整理する（**図-1**）．

(1) 新水前寺駅地区交通結節点改善事業

a) 事業概要

新水前寺駅地区交通結節点改善事業（以降，“新水事業“と略記）は，熊本県熊本市の新水前寺駅地区を対象とした県道28号線及び熊本市電水前寺線の都市計画事業である[17]．本事業は，**図-2**に示すように高架の駅舎から地上の電停への移動，それらに伴う基礎工事など，3次元的に複雑な事業である．受発注者も異なる状況の中，熊本県が主導となり事業が進められた．対象地の状況は，都市部の狭隘な中，各交通機能を維持しつつ，九州新幹線全線開通までの事業完了，各交通機関の利用者へ配慮した動線計画，空間的な制約が多い中で併設する各構造物同士の安全かつ効率的な施工計画など様々な課題が想定された．以上を踏まえ，熊本県の担当者による指示の下，モデル空間が導入された．

b) モデル空間の利活用状況

新水事業では，工期，設計，施工における課題の解決を図るため，モデル空間と情報共有システムであるKOLG（Knowledge Oriented Logistic Groupware）を用いた．

本事業において**図-3**に示す二層の協議システム，あるいは二層の協議場を適宜使い分けて協議が進められた．なお，**図-3**の合意形成場とは，全関係者が一同に会してモデル空間を利用して協議することを示し，それを同期集中型と定義している．情報交換場とはKOLGを利用することにより，時間や場所にとらわれずに協議し，その内容を履歴として残すことを示し，それを非同期分散型と定義している．

これらの管理はモデル空間の知見を持つ熊本大学が担った．個別事業を示すものでなく，対象地区全体を示すモデル空間を用いることで，構造物間の整合性の確認をおこなった．

適用事例として，各発注者の担当事業の施工計画をモデル空間に反映し，各施工工程を同時に確認し，かつ重機が稼動した場合の干渉チェックなどを実施した．

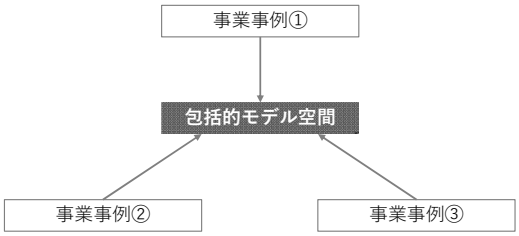

図-1 事業事例分析と包括的モデル区間の相関

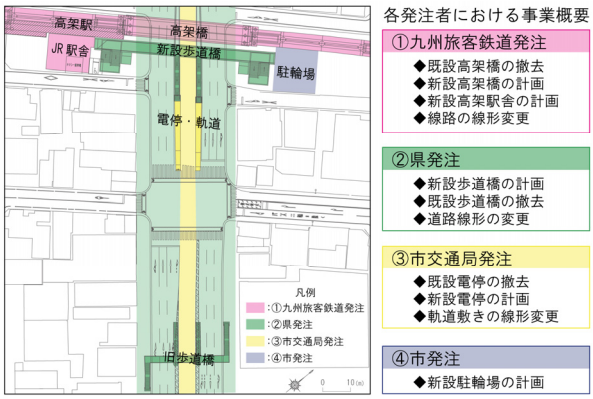

図-2 各事業と発注者の状況（文献17）

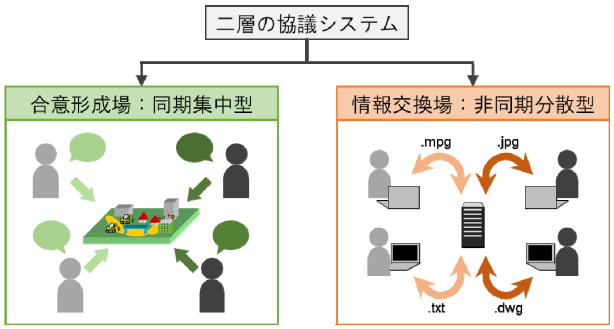

図-3 二層の協議システムの概念（文献17）

図-4は，実際に施工ヤードが重複し，さらに建設中の駅舎の仮設と，歩道橋の杭基礎工事で使用する重機が干渉している状況である．2次元図面上では把握することが困難であった検討を，モデル空間上で実施することで，次工程で発生する可能性があった手戻りの軽減へ寄与した．また，情報共有システムであるKOLGを活用し，モデル空間の動画や静止画とともに議論を関係者全員で共有した．これにより，対面協議の閉会期間中，KOLGを活用することで時間に関係なく自由に発言でき，それらの意見が掲示板に集約される．つまり，ある決められた時間に集合することなく，任意の時間，場所で非同期分散型の協議が実現でき，限られた期間内で活発に議論できた．

c) モデル空間の分析

新水事業におけるモデル空間は，同一の発注者が（熊本県）事業の中心となる新設歩道橋において，予備設計段階から同時期に施工される複数の構造物（JRの駅舎や熊本市交通局の電停など）を考慮し，詳細設計，施工段階まで連続的に利用し，問題解決を実施したことが特徴的である．言い換えるならば，関係者が各自の抱える課題を確認するためのモデル空間である（図-5）．個別案件の情報をひとつのモデル空間に統合し，同時に確認することで設計のコントロールポイントの調整，施工段階の工期遅延や干渉防止などを行なった．

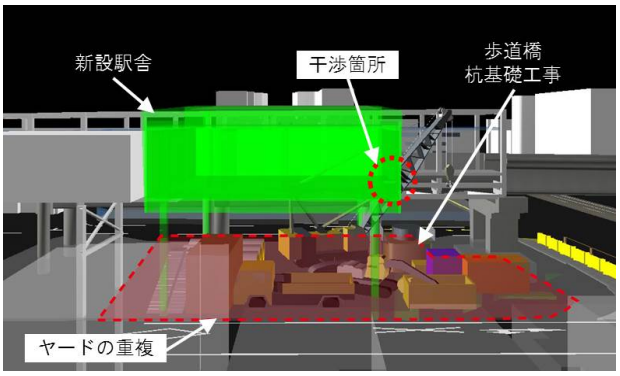

図-4　施工ヤードの重複及び駅舎と重機の干渉（文献17）

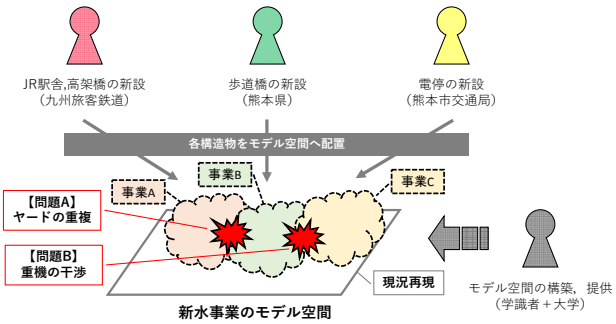

図-5　新水事業の模式図

本事業のモデル空間は，複数の発注者が存在する地区を俯瞰し，確認することが目的のひとつとして掲げられていた．一方で，対象地区としてフォーカスされているのはあくまでも交通結節点という範囲であり，それ以外の風景を形成する周辺環境や，事業目的の交通結節点の改善以外である観光や街づくりといった観点からの検討要素は強く持ち合わせてはいない．

モデル空間の構築は，熊本大学が一括して担っていたため，受発注者がモデル空間を確認する機会はKOLGに共有された動画や画像，もしくは対面協議時に示されたものに限られていた．本来，受発注者が自らの考えの下，モデル空間を取り扱うことが理想的であるが，モデル空間を扱う人材は少ないのが実状である．

つまり，モデル空間の対象範囲が交通結節点という限られた範囲（狭域）であったため，発注者の議論の対象も限定的になり，モデル空間を活用した全体での議論には発展し難く，周辺環境や街づくりと言った広い観点での議論に至り難かったことが，本事業における課題であったと言える．

(2) 山国川における石橋保存，堤防整備，まちづくり事業

a) 事業概要

本事業は，一級水系山国川水系山国川を対象にし，大分県中津市平田地区において，市指定の石橋文化財である馬渓橋の保存，国の「名勝」に指定された区間における堤防整備及びまちづくりの事業である（以下，“山国川事業”と略記）[18]．山国川事業は，2012年7月の梅雨前線豪雨による甚大な被害に伴い，国指定名勝の現状保存と治水対策が課題となった（山国川床上浸水対策特別緊急事業）．本事業では，山国川河川事務所による「多自然川づくりアドバイザー会議」，河川整備後の文化財保護やまちづくりに関する中津市の「名勝耶馬渓整備委員会」の調整を図る必要があった．第三著者は，両組織の委員であり，熊本大学がモデル空間の作成，利用を進めた．具体的には，調査段階において中津市教育委員会から景観マスタープランの作成（景観計画），設計段階において山国川河川事務所から堤防設計（景観設計）に関して，景観保全と防災という両項目を検討できるよう，モデル空間が活用された．

b) モデル空間の利活用状況

景観計画の素案検討では，対象地域の優れた眺望点を確認するため，現地調査の前にモデル空間で実施した．図-6に示すB及びC地点は，モデル空間と現地写真を比較したものであり，現地とほぼ同等の状況を再現できている．モデル空間を用いて検討する際の特徴は，次の2点である．1つ目は，物理的には困難な視点場での確認ができる点である．2つ目は，完成形状など，現時点で

は存在しない仮想空間での確認可能な景観を確認できる点である．たとえばC地点から川を見渡す際，モデル空間では開けていた眺望が，現地では樹木に遮られて十分に確認できない．そのため樹木の整備をおこなえばモデル空間に示すように開けた良好な景観が得られることが確認できる．

堤防設計では，前述した景観計画の素案検討で用いたモデル空間を転用し，活用した．同モデル空間に堤防や護岸モデルを追加することで，現況地形などを新規作成する手間を省略できた．また，計画段階でモデルを活用する際，次の設計段階を考慮して眺望点を設定していたため，それを活用して継続した景観検討が実施可能となった．**図-7**は，モデル空間で対岸から景観を確認し，周辺状況と調和する護岸の設計例である．

これらの取り組みによりモデル空間を用いて，当初目的としていた「馬溪橋を存置したうえで河川改修の工事を実施する」と言う相異なる二つの目的達成へ貢献した．

c)　**モデル空間の分析**

山国川事業におけるモデル空間は，検討と継承のためのモデル空間であるといえる．山国川事業のモデル空間の構造を**図-8**に示す．本事業では，個別案件についてモデル空間を活用する際，モデル空間が前工程で検討した内容を次工程へ引き継がれることを前提とし，それを見据えた検討をおこなっている．今回のケースでは，眺望点を設けて次の検討で活用したことである．これはモデル空間が検討素材であることに加え，何に着眼して検討したかを履歴とする役割も担った結果である．一方で本事業は，ひとつの案件についてのみの検討がおこなわれるにとどまり，新水事業のような複数事業の同時性は含んではいない．

図-6　現地写真とモデル空間（文献18）

本事業は，堤防設計から次の段階としてまちづくり業務へモデル空間を引き継ぐ予定であった．その後の取り組みに関する報告は見られず，引き継ぎは実現していない．その一因として，新水事業と同様にモデル空間を熊本大学が一括して取り扱っていたためと考えられる．つまりモデル作成に特化した組織や個人と言った専門グループが必要であること，つまり各段階の担当者と担当者をつなぐことのできる存在が必要であると考える．一方で，モデル空間の作成や監理が実際の業務として発注されるとなると，使用するソフトウェアのバージョンの違いやデータの権利関係などの問題が生じる可能性があり，このことが課題であったと言える．

(3)　大分川ダム建設事業

a)　**事業概要**

大分川ダム建設事業は，大分川水系七瀬川を対象とし，洪水調節や流水の正常な機能の維持と，水道用水の供給を目的に実施されるダム建設事業である[19]．「ななせの里と，豊かな自然をつなぐ気軽に行きたくなるダム」をコンセプトに景観設計がおこなわれ，2013年より本体関連の工事に着手している．現在は本体工事，試験湛水が完了し，周辺道路の整備をおこなっている段階である．

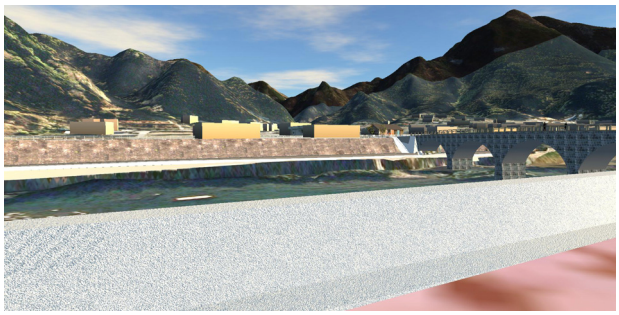

図-7　対岸から景観を確認（文献18）

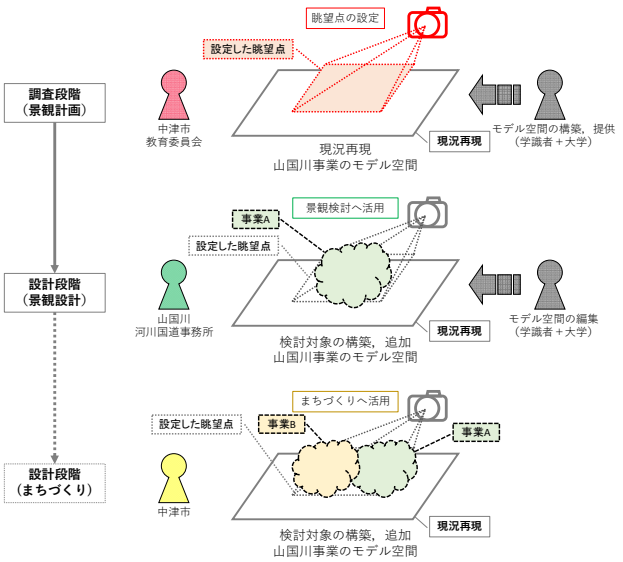

図-8　山国川事業の模式図

本事業では，周辺の美しい山並みや，国内希少野生動物であるクマタカの生息する豊かな森林環境を活かすため，景観委員会が組織された．また，景観委員会の下部組織として実務を担う景観ワーキンググループ（以降，“景観WG“と略記）が設けられた．本事業の方針は，地形や構造物を単体として捉えるのではなく，地形や人との係わりを考慮しながら周辺を整備することが定められた．そのツールとしてモデル空間が選定され，景観WGで活用された（図-9）．

b) モデル空間の利活用状況

景観WGでは，その設立と同時にSNS掲示板がたちあがり，大分川ダム工事事務所，コンサルタント，学識者，熊本大学で構成されたメンバーが参加していた．なお熊本大学は景観WGの一員として，CIMの支援を担当した．モデル空間はダム本体をはじめ，周辺施設や付替え道路といった複数の構造物モデルと，各構造物の周辺地形，さらにそれらを包含する広域地形で構成された．

本事業では，新水事業と同様，クラウドシステムの機能をもつ情報共有システムのKOLGと，新たな取組としてモデル空間を閲覧するためのクラウドシステムを併用した（図-10）．モデル空間を閲覧するクラウドシステムは，モデル空間を構築する大学側の利用に限られていた．しかし，事業が進むにつれ，組み込まれる設計要素も増え始めたため，工事事務所やコンサルタントも加わり，関係者全員でモデル空間を共有する試みがなされた．

これにより受発注者が，オンライン上で各々の意図でモデル空間を活用することが可能となった．モデル空間という検討ツールそのものが非同期分散型になることにより，遠隔地間である電話協議においてもモデル空間でモデルを動かしながら議論が可能となった．これは対面協議時における参加者全員（ここでは受発注者）が，任意の視点から模型を見て認識を共有化でき，協議事項（ここでは設計検討案）に対するイメージの統一を図ると言う点で意義があった．

c) モデル空間の分析

大分川ダム建設事業におけるモデル空間は，共有のためのモデル空間であるといえる．大分川ダム建設事業のモデル空間の構造を図-11に示す．個別の案件を一つのモデル空間に統合し同時に見ることで，それぞれの位置付けや関連性のイメージを共有することができる．またモデル空間がクラウドサービスによって共有されることでPC環境に依存せず，かつ関係者が一堂に会さずとも対面協議のようなイメージ共有が可能となった．

一方で，本事業ではモデル空間の管理を設計コンサルタントが実施していた．発注者がクラウド環境においてモデル空間を確認する際，インターネットの通信速度に制限があることから，十分に活用することができず，一部PCへ全データをダウンロードすることもあった．

本事業では，景観検討のため複数の案を検討したが，利用したクラウドシステムの制限もあり全ての履歴情報を保持できていない．前節と同様，事業の継続性の観点から事業が次段階へ移行する際の発注者間の引継ぎとして十分な資料であることから，本来であれば，履歴情報も保持できることが望ましい．

本事業では，当初想定した効果を実現するために異なるクラウドシステムを選定，試行した．双方でのデータ連携を実施を試みたが，想定した成果が得られない結果となり，システム選定の重要性が確認できた．

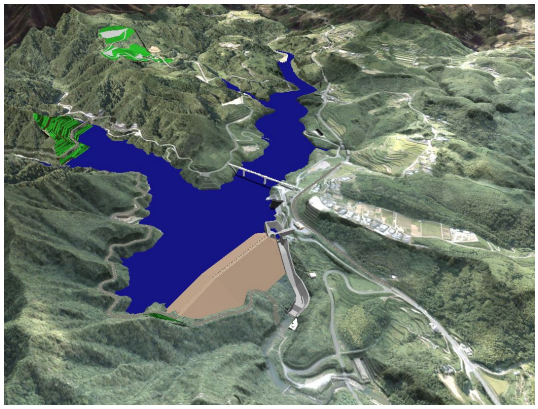

図-9　山国川事業の模式図（文献19）

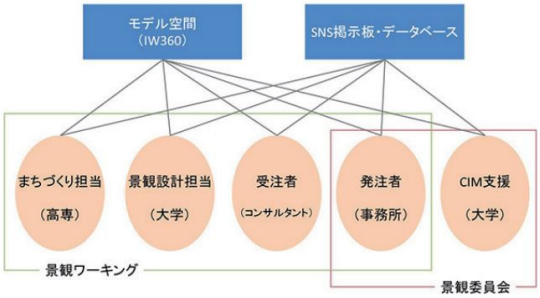

図-10　2種類のクラウドシステムの活用（文献19）

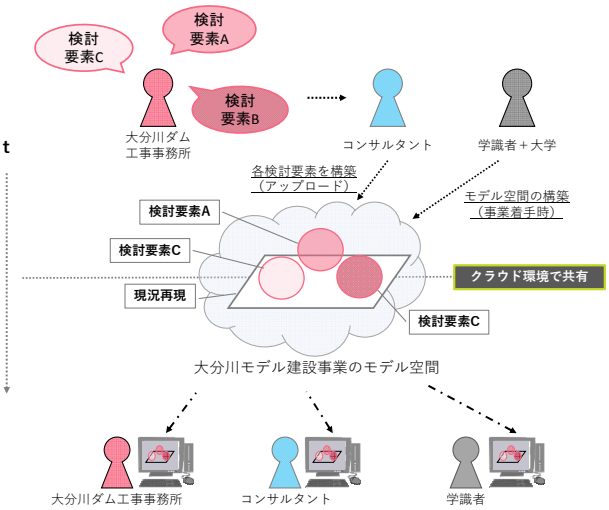

図-11　大分川ダム建設事業の模式図

3. 包括的モデル空間の提案

著者らは，モデル空間を事業全体を通して活用するには，前章での各事業における分析結果を踏まえ，次に示す3点が機能要件として担保されるべきと考える．

1点目は，同時期に複数の場面で用いることを前提として構築することである．具体的には個別の案件（事業）を地区単位で同時に包括し，監理できることである．

たとえばクラウド環境上で，個別案件の担当業者が各々検討している状況をリアルタイム，もしくは定期的に更新され，双方で最新の状況を確認できることである．

2点目は，事業の段階間で連続的に用いられることを想定してモデル空間に必要な情報を保持させることである．モデル空間が調査段階から用意されることにより，個別の案件（事業）を設計段階，施工段階へと段階をまたいで利用でき，監理できることが必要である．

3点目は，モデル空間の利用者が限定的にならないことである．受発注者のどちらかだけが利用するのではなく，より多くの関係者がモデル空間を利用できる環境が望ましく，さまざまな事業者が包括され運用されていくことが必要である．

本論文では，同時利用の実現，段階を問わない連続的な利用，利用者を限定しないことを一体として検討できるモデル空間として「包括的モデル空間(Comprehensive Model Space)」（以降，“CMS“と略記）と定義し，提案する．CMSの概念図を**図-12**に示す．CMSは，個別案件ごとに作成されたモデル空間が，一つのモデル空間として統合される．利用者を限定する必要がなければ，各事業者が目的に応じた視点でモデル空間を確認することが可能である．利用者は，CMSから確認できた課題（たとえば，構造物同士の干渉確認など）や，その改善案を各事業者間で共有，事前検討することができる．さらに，各事業者が次段階でのCMSの利用を想定し，必要な情報や検討履歴を保持させる．たとえば**図-12**に示すように，企画から調査，さらに設計から施工段階へと連続的にモデル空間を活用することが可能となる．

4. 適用事例

本章では，前章で提案した機能要件を具備したCMSを適用した事業について，その概要と適用の経緯を述べる．また，現在，進行中の事業であることから，ここではCMSの効果検証として，事業関係者へヒアリングを実施し，その内容を整理し，定量的な評価の代替とし，それらの内容を踏まえて，CMSについて考察した．

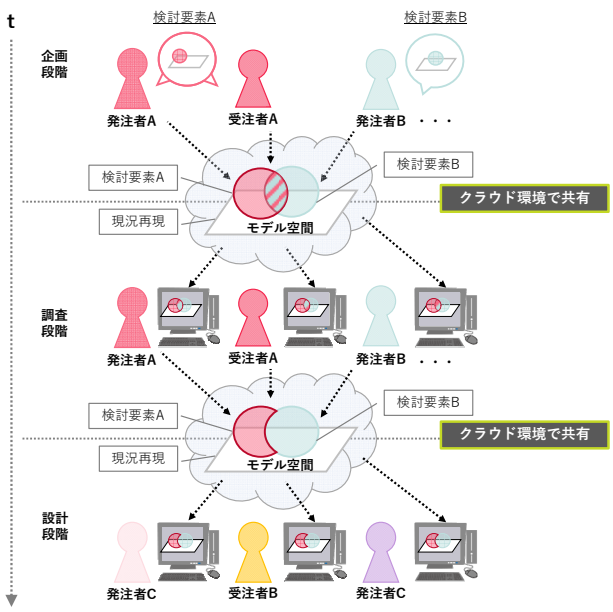

図-12 CMSの概念図

(1) 事業概要と適用経緯

適用事例として熊本県阿蘇郡阿蘇村立野地区（以下，“立野地区”と略記）を選定した．立野地区は，現在，立野ダム建設事業が行われており，2018年よりダム本体工事に着手している．また，2016年に発生した熊本地震の影響により，同地区内では大規模な斜面崩壊や，国道325号線にかかる阿蘇大橋の崩落，俵山トンネルの損傷を含む多くのインフラ被害が発生し，現在も災害復旧事業や砂防事業が実施されている．さらに，立野駅付近を含む私鉄南阿蘇鉄道の復旧，南阿蘇村による復興まちづくり事業なども実施されている．

表-1は，立野地区において同時に進行している事業者をまとめたものである．建設事業や景観委員会，まちづくり計画など，各事業段階は別々であり進捗もバラバラである．立野地区を一体として俯瞰する視点や，地区とその周辺を見渡し関連性を考慮する視点が必要であった．

表-1 立野地区で進行中の事業一覧

	事業	発注者
1	ダム建設事業	立野ダム工事事務所
2	道路及び橋梁復旧事業	熊本河川国道事務所
3	道路及び橋梁復旧事業	熊本復興事務所
4	砂防事業	熊本復興事務所
5	鉄道復旧事業	南阿蘇鉄道株式会社
6	復興まちづくり計画事業	南阿蘇役場

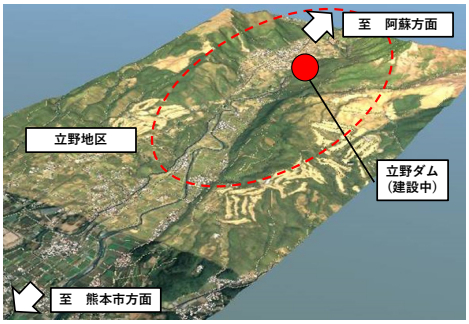

図-13 立野地区CMS

表-2　CMS構築において収集したデータ

項目	データ	概要
クラウドモデル	地形データ(30mメッシュ)	立野地区を中心に外輪山から大津まで(約11km×6km)
詳細モデル	地形データ(5mメッシュ)	立野地区及び南阿蘇鉄道復旧工事箇所
衛星写真	ラスターデータ	外輪山から大津を含めた全域のBingMap
位置情報	建物	国土地理院提供の基盤地図情報より取得
	道路	OpenStreetMapより取得
	鉄道	OpenStreetMapより取得
	河川	OpenStreetMapより取得

表-3　ヒアリング内容のまとめ

対象事業者	国土交通省九州地方整備局 立野ダム工事事務所	国土交通省九州地方整備局 熊本復興事務所	南阿蘇村役場
日時	2018年12月4日10時～12時, 2019年1月16日11時～12時	2018年12月3日15時～17時	2019年1月17日13時30分～15時
主たる事業	立野ダムの建設事業	阿蘇山の砂防事業	復興まちづくり事業
調査対象者	管理職：2名，事業担当者：2名	管理職：1名，事業担当者：6名	管理職：1名，事業担当者：4名
ヒアリング結果	湛水位の表現による貯水池内に存在する他事業者への湛水の影響を確認可能【利点】	事業計画を立てる際に用いる複数の2次元図面データを3次元モデルに重ねることで，現地地形をイメージしながら図面確認が可能であり，予備検討に活用可能【利点】	浸水域と新築住宅の立地計画をみえる化することで，住民説明資料へ活用可能【利点】
	航空写真と地形の起伏が可視化されるため，構造物の完成形が景観性を含めて確認可能【利点】	3次元の地形モデルと航空写真が合わさっていることで，渓流の状況を一目で確認することが可能【利点】	フットパスコースの計画，設計，施工を一括管理し，ガイド用の動画や資料へ活用したい【要望】
	事業規模を考慮してCMSの範囲を任意で拡大及び縮小可能【利点】	CMSで対策済の渓流，対策中の渓流，未着手の渓流など色分けして対策状況及び進捗率を把握できるようにしたい【要望】	入力した地域地点へジャンプする機能があれば，観光案内に活用したい【要望】
	施工中に発生する細部構造の調整履歴など，進捗情報を包括的モデル空間に蓄積し，完成後の管理に活用したい【要望】	建設発生土の発生状況に関する情報を，CMSに随時表示し，他の事業者達と共有したい【要望】	ハザードマップの浸水深を立体的にみえる化することで，避難誘導に活用したい【要望】
	現場で稼働している重機の位置情報をCMSに反映し，現場の稼働率や状況を確認したい【要望】	各事業の工事スケジュールを共有し，建設発生土の発生時期や利用時期を読み取ってほしい【要望】	フットパスのコース計画に活用したい【要望】
	景観検討や施工検討等，CMSの活用目的に応じてデータを表示/非表示することにより操作性を軽くしたい【要望】	-	施工前後，トラブル地点等の情報をプロットすることにより，引継ぎ資料へ活用したい【要望】
	CMSで表示するデータにアカウント権限を付与し，公開する情報を管理したい【要望】	-	-

各事業の発注者からCMSを構築するのに必要なデータを受領し，構築したものを図-13に示す．各事業が対象とする構造物の完成形状，未設計の構造物に関してはボリュームを表現した簡易形状で表現し，さらに施工に際し計測した点群データなどを収集，反映した（表-2）．

なお，各事業者，各事業に従事する受注者側の要望を念頭に，各構造物の作成はAutoCAD Civil3D，点群データの編集はRecap，CMSの統合，構築はInfraworksを採用した．

(2)　CMSの効果に関するヒアリング

表-3はCMSの効果について各事業者へヒアリングを実施し，まとめたものである．ヒアリング結果は，事業者が自ら使用して欲しい情報が得られる「利点」と，CMSに今後付与してほしい機能や情報などに関する「要望」に分類した．以下に各事業者へ実施した主なヒアリング結果を示す．

a)　立野ダム工事事務所

図-14に示すように湛水位を3次元で視認できることは，浸水する斜面範囲，他事業への影響を直感的に確認することが可能である．CMSが周囲の風景も再現しているため，立野ダムや阿蘇長陽大橋などの大規模な構造物を景観に配慮して検討できたことが有用であるとの意見も得られた．

事業者目線の要望として，施工中に発生する細部構造の調整履歴など，進捗情報をモデル空間内に蓄積し，完成後の管理に活用したいという意見があがった．また要望として，現場の重機の位置情報をモデル上に反映したいというものもあった．現場で作業をすすめる際，多数の重機の移動が対象地内で常におこなわれている．道幅の狭い工事用道路では，重機の移動が同時に行われ錯綜することが懸念される．その際現場内で重機の位置をあらかじめ把握できていれば，手戻りのない重機の移動計画を立てることができるというものであった．

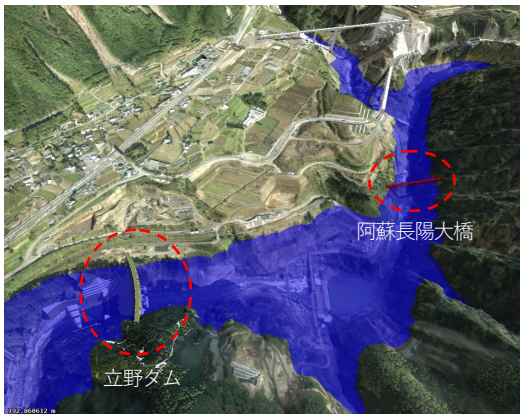

図-14　湛水位と他事業との状況を確認

CMSの構造についても意見が得られた．現状のCMSは，景観検討や施工検討など，CMSの活用目的に応じて必要となるデータを保持しているが，モデルを非表示にした場合に，操作性が向上すると好ましいとの意見を得た．さらに，事業者間でCMSを運用する場合に，守秘義務が発生する場合が想定されるため，データの閲覧にアカウント権限を付与してほしいとの意見もあった．

b) 熊本復興事務所

CMSは，事業計画を立てる際に用いる地質データや傾斜量図，人口分布図，地図や官民境界など，複数の2次元図面データをモデル空間上に重ね合わせることで，現地の地形をイメージしながら図面の確認ができた．また，現地調査の予備検討にも活用できるという意見があった．砂防事業において現地調査をおこなう際，現状ではあらかじめ地図を用意して現地へ乗り入れるが，2次元図面では標高は等高線で表現されており，渓流のつながりや起伏の把握が難しいという．CMSでは，**図-15**に示すように渓流のつながりが現地に近い状態で確認でき，現地調査の予備検討だけでなく住民説明に用いることもできるという意見を得られた．

CMSへの要望は，対策済みの渓流，対策中の渓流，未着手の渓流など時系列別に色分けすることで，対策状況及び進捗率を管理したいとの意見を得た．また，他業種と共有したい情報として，建設発生土の発生状況に関する情報を共有したいという意見があがった．ある地区の工事において土捨場を共同利用することとなっており，そのため土捨場までの行き来に時間とコストを割いているという現状がある．各工事現場の建設発生土情報の管理に関しては，一般財団法人日本建設情報総合センターより建設発生土情報交換システムが提供されている[20]．しかしながら本システムでは，該当工事箇所の必要な情報が得られない場合があった．これはリアルタイムで情報が更新されていないためと考えられる．CMSで，本システムのように建設発生土が管理でき，かつリアルタイムで情報が更新される仕組みが構築できれば，土捨場を介さない近辺の工事現場同士の建設発生土の調整が可能となり，運搬にかかる時間やコストの削減につながるという要望があった．

c) 南阿蘇村役場

まちづくり計画から見るCMSは，フットパスのコース計画に活用したいという意見があがった．現地に即した地形モデルで眺めを検討することで，現地調査や地元住民との，現地視察の予備検討が可能である．設計の質を向上させるため，計画段階からCMSを整備することで，眺望検討を設計の前段階で可能な環境を整えることが重要であるという意見もあった．またダムの構造物モデルが含まれていることから，浸水域の表現が可能であることがあげられた．

図-15 渓流の状況を確認

これにより，新築住宅の立地計画を立てる際，浸水域と照らし合わせ，対象用地には手当をあたえるなどの対策を講じるための資料とすることができるとの意見であった．

浸水域と関連して，まちづくり計画目線の要望としてハザードマップの浸水域を3次元で表現してほしいという要望もあがった．モデル空間に国土地理院からダウンロードした建物情報を含んでいることから，ハザードマップ上で土砂災害警戒区域や土砂災害特別警戒区域にかかる住宅がどこか，2次元図面よりも現実味をもって情報提供・共有することが可能である．また，地域住民向けのフットパスコースの案内地図として用いることができるとの意見があがった．コースの要所のビュースポットを保存し，住民へ提供・共有することで，現地のイメージを持ってフットパスを望むことができるため，現地に設置する案内看板の数を削減できるという意見であった．たとえば施工前後の写真を並べてCMS上の施工箇所に注釈のようにプロットすることで，工事の完了報告に活用できるのでは，との意見があがった．さらに同様の活用方法で，トラブルの起こった地点をプロットして蓄積することで，業務執行期間中の職員の異動に伴う引き継ぎ資料にしたいという要望があがった．現状の紙面管理だと，地点との参照や索引に時間がかかる点が問題にあがっており，アーカイブ資料としてCMSを利用することで，情報の分布が一覧で見えるのではないかという意見である．

(3) CMSの考察

CMSに対する各事業者へのヒアリング結果を整理すると，大きく分けて，3次元であることに着目した意見と，情報の履歴及び共有に着目した意見，CMSの構成に着目した意見の3つに分けることができた．

a)　プラットフォーム型

図-16は，CMSのプラットフォームとしての構成案である．広域地形モデルをベースに，各事業の完成形のモデルが統合されている．各対象物は必要に応じて外部参照データを保持しており，各事業の独自所有物や，一部の事業者における限定的な共有物など，様々な形で連携している．外部参照データは，CMSの一部を切り出した限定的な範囲をベースにした個別のモデル空間も，必要に応じて含まれる．

b)　アーカイブ型

図-17は，CMSのアーカイブとしての構成案である．広域地形モデルをベースに，各事業の完成形のモデルを統合したものをベースに，各事業の各段階における個別の情報がプロットされ更新されていくモデルである．プロットされた点ひとつひとつには，写真やテキストなどのデジタルデータが紐づけられており，時系列で整理されている．

c)　地理空間情報システム型

図-18 は，CMS の地理空間情報システムとしての構成案である．広域地形モデル上に各事業の完成形のモデルが統合されたものをベースに，地理空間情報を保持した様々なデータを重ねる．これにより指定した地点や範囲の位置情報と，その他の情報を掛け合わせることにより，関係者の新たな知見を導きだすことが可能となる．

立野ダム建設事業は現在も継続されており，一方でハード・ソフトの改善も期待されることから，ここで整理したCMSを関係者間でクラウド環境で共有し，活用することで課題を導き出し，適宜定義を見直していくことが重要であると考える．

5.　おわりに

本論文では，これまでの研究成果であるモデル空間の利活用について，同時利用の実現，段階を問わない連続的な利用，利用者を限定しないことが重要であると分析した．これらを一体として検討できるモデル空間として包括的モデル空間（CMS）を定義，提案した．また，CMSの効果検証として，立野地区を対象に適用し，各事業者へヒアリングを実施，その結果をもとに運用における構成の型として3種類に整理，考察した．

立野地区におけるCMSは，事業完了までは運用される予定である．CMSの円滑な運用には，CIMチームのような事業を監理できる専門家（組織・個人）が必要である．現在，発注者側でも3次元データを扱うことのできる技術者を育成する取り組みも開始され，またDX（デジタル・トランスフォーメーション）に代表されるような更なるデジタルデータの活用促進も進められており，今後，発注者が主体となるCMSの利活用も期待できるところである．これらの成果が今後，CIM導入ガイドラインに反映され，多くの事業でCMSが活用され，効率化が図れるよう引き続き研究を進めていく．

謝辞：国土交通省九州地方整備局立野ダム工事事務所，国土交通省九州地方整備局熊本復興事務所，南阿蘇村役場，立野ダムJV工事事務所からのデータ提供及びヒアリングに協力頂いたことで，本研究を実施することができました．ここに厚く御礼申し挙げます．

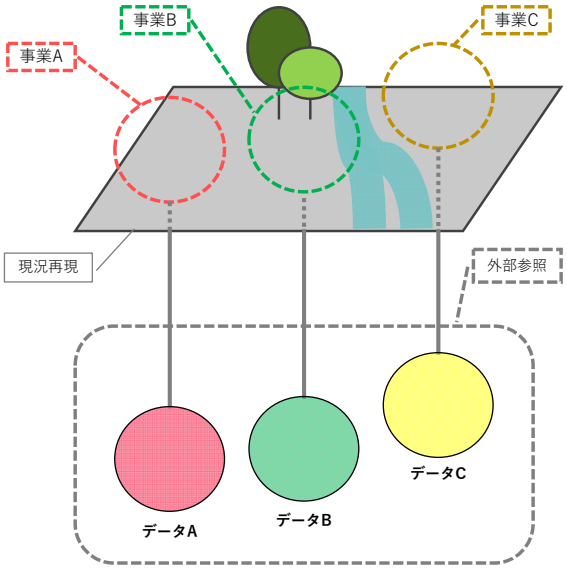

図-16　プラットフォーム型

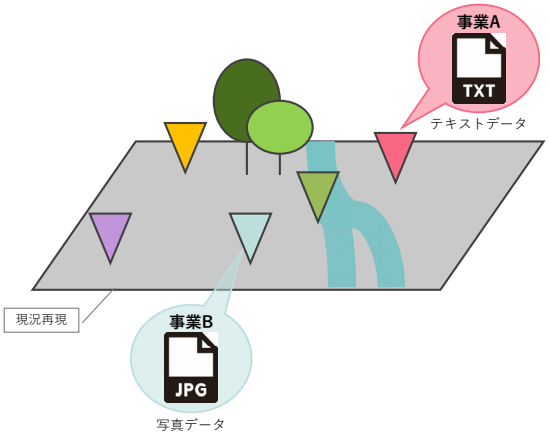

図-17　アーカイブ型

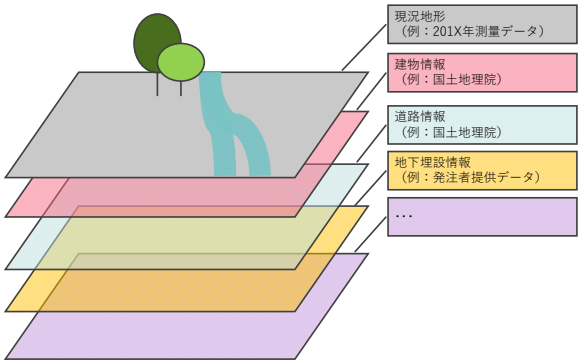

図-18　地理空間情報システム型

参考文献

1) 近藤弘嗣：i-Construction における ICT 土工について，JACIC 情報，114 号，pp.26-32，2014,<http://www.jacic.or.jp/books/jacicjoho/jac114/p_2.pdf>,(2020.5.10 参照).
2) 岩﨑福久：国土交通省における CIM のこれまでと今後の取組み，JACIC 情報，114 号，pp.21-25，2014，<http://www.jacic.or.jp/books/jacicjoho/jac114/p_2.pdf>,(2020.5.10 参照).
3) 内閣府：社会資本整備等の現状，p.15，2015，<https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/special/reform/wg2/270828/shiryou1-2p.pdf>,(2020.5.10 参照).
4) 第 2 回 BIM/CIM 推進委員会：これまでの取組への対応について，2019 年 4 月 23 日，<http://www.mlit.go.jp/common/001286927.pdf>,(2020.5.10 参照).
5) 国土交通省：CIM 導入ガイドライン（案）第 1 編共通編，2020 年 3 月，<http://www.mlit.go.jp/tec/content/001334802.pdf>, (2020.5.10 参照).
6) 小林一郎，池本大輔，竹下史朗，坂口将人：3D-CAD を基盤としたトータルデザインシステムの提案，土木情報技術利用論文集，Vol.17，pp.171-182，2008.
7) 小林一郎，吉田史朗，野間卓志，小林優一：モデル空間を用いた予備設計協議への点群データの活用，土木学会・土木情報利用技術論文集，Vol.19，pp.154-164，2010.
8) 小林一郎，小林優一，髙橋優介，吉田史朗：モデル空間での 2 次元図面データ利用に関する一提案，土木学会論文集 F3（土木情報学），Vol.67，No.2，pp.I_85-I_94，2011.
9) 朝重亜紀子，小林一郎，松尾健二，竹本憲充：3D-CAD を用いた分水路設計検討に関する実証的研究，土木情報利用技術論文集，Vol.17，pp.161-170，2008.
10) 小林一郎，竹本憲充，高尾篤志，山根裕之，星野裕司：地形設計初期段階への立方体地盤モデルの適用，土木情報利用技術論文集，Vol.18，pp.17-24，2009.
11) Yuichi, K., Takuji, N., Ichiro, K., and Seigo, O：The Practice of the management by the CIM team on the Construction Site，*2019 International conference on climate change, disaster management and environmental sustainability,* <https://icccbe2018.exordo.com/files/papers/259/final_draft/Shinsui_ENG_r9.pdf>, (2020.5.10 参照).
12) 宮武一郎，田村 利晶，盛伸行，岡井春樹，高岸智紘：築堤事業に適用する 3 次元モデルにおける属性情報の付与と利活用に関する一考察，土木学会論文集 F3（土木情報学），Vol.73，No.2，pp.I_65-I_73，2017.
13) 藤澤泰雄，矢吹信喜，吉野博之：三次元設計モデルの積算への利用方法の検討，土木学会論文集 F3（土木情報学），Vol.69，No.2，pp.I_63-I_70，2013.
14) 富井建，蒔苗耕司：建設プロジェクトのシステムアーキテクチャモデルとその応用，土木学会論文集 F3（土木情報学），Vol.75，No.2，pp.I_132-I_140，2019.
15) HM Government, Industrial Strategy: government and industry in partnership, <https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/210099/bis-13-955-construction-2025-industrial-strategy.pdf >，(2020.5.10 参照)
16) Hang, T. T. L., Veerasak, L., and Nobuyoshi, Y.：A BIM-Integrated Relational Database Management System for Evaluating Building Life-Cycle Costs, *ENGINEERING JOURNAL Volume 24 Issue 2, ISNN 0125-8281,* pp.78-86, 2020.
17) 小林優一，野間卓志，小林一郎，緒方正剛：新水前寺駅地区交通結節点改善事業におけるマネジメントの実践に関する一考察，土木学会論文集 F4（建設マネジメント），Vol.73，No.4，pp.I_45-I_54，2017.
18) 川﨑仁美，小林優一，小林一郎，星野裕司：調査段階で用いたモデル空間の設計・まちづくりへの活用，第 34 回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集, pp.77-80，2016.
19) CIMを学ぶⅢ～モデル空間の活用に向けて～，共同編集：熊本大学大学院先端科学研究部モデル空間研究所・(一財)日本建設情報総合センター建設情報研究所研究開発部, 2017.07.14 第1版.
20) 一般財団法人日本建設情報総合センター：建設副産物情報HP，<http://www. recycle. jacic. or. jp/>，(2020.5.10参照).

(2020.5.11 受付)

A STUDY ON PROPOSAL AND OPERATION OF COMPREHENSIVE MODEL SPACE

Yuichi KOBAYASHI, Seigo OGATA, Ichiro KOBAYASHI and Ryuji KAKIMOTO

We have studied methods of model spacing for constructing and practice utilizing as a method to advance the business efficiently in the AEC industry, and to achieve the agreement formation between parties concerned. In addition, we also have proposed that the CIM team is necessary for the management of the business, furthermore, making their role clear is also needed.

In the guidelines which announced by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, construction methods of 3-D model, such as the terrain model and the structural model, and examples of use in parts such as design and installation are shown. However, the usage example at the business unit level is not indicated because of the confidentiality of business.

In this paper, we analyzed that the example of the business using the ICT shown in the previous study, and the utilization method and the state of the model space handled by BIM/CIM.

From that analyzation, we propose a comprehensive model space for the model space which we will operate in the business, and describe the contents on the basis of hearing for a contractor.