

土木系大学における BIM/CIM 教育導入の提案

日大生産工(院) ○天川 瑞季 日大生産工 永村 景子

1. はじめに

BIM/CIM(Building/Construction Information Modeling / Management)¹⁾とは、建設事業において、計画から調査・設計、施工、維持管理、更新に至る一連の過程の情報を一元化し、3次元モデル(写真1)を扱うことで建設業務の効率化・高度化を図るという取り組みである。昨今では、国土交通省による i-Construction²⁾の推進をはじめ、建設業界においてもDX(Digital Transformation)³⁾化の取り組みが加速している。

国土交通省は、令和5年度までに小さな工事を除く全ての公共工事において、BIM/CIM利用の原則化を発表した。加えて、人口減少・少子高齢社会の進展により、建設業界においても、若手技術者の教育・育成は重要な課題である。これらの背景から、土木系大学において、BIM/CIMが利用できる若手技術者の育成は喫緊の課題であり、大学教育の一環としてBIM/CIM教育導入は、今後の建設業界にとって、意義深いといえる。

そこで本研究では、土木工学を学ぶすべての学生に、基礎から応用までの技術を修得できるようなBIM/CIM教育導入に関する提案を目的として、教育項目の検討や、教育プログラムの試行・検証を実施する。

2. 研究の流れ

本研究では、土木系大学におけるBIM/CIM教育の必修化を最終目標とする。BIM/CIM教育を必修化するにあたり、BIM/CIMに関する知識・3次元モデル作成の技術・BIM/CIMに必要な道具(表1)の把握、といった3点を習得できるような演習内容が必要である。

本研究ではまず、国土交通省が作成した「CIMガイドライン」⁴⁾、「事業監理のための統合モデルガイドライン」⁵⁾に基づいて、大学におけるBIM/CIM教育項目を抽出する(3章(1))。「CIMガイドライン」・「統合モデル活用ガイドライン」の内容と、BIM/CIM業務に携わる実務者への聞き取り調査をふまえ、学生が特に学んでおく必要のある教育項目を抽出する。さらに、抽出された内容を基にBIM/CIM技術水準



写真1 BIM/CIM モデルのキャプチャ

表1 ソフトウェア・ハードウェアの紹介

	名称	特徴
ソフトウェア (Autodesk)	Civil3D	土木全般設計施工汎用
	InfraWorks	土木全般概略予備設計
	Revit	構造物全般設計施工汎用
	NavisWorks	施工管理・シミュレーション
	ReCap	写真測量・点群
	AutoCAD	2次元汎用CAD
ソフトウェア (福井コンピュータ)	EX-TREND武蔵	土木施工システム
	TREND-POINT	3次元点群処理システム
	TREND-CORE	コミュニケーションシステム
ハードウェア	UAV	測量・災害調査・点検
	レーザースキャナ (BLK)	3次元点群取得

(レベル)を整理し、難易度・必要度に応じてレベルを設定する(3章(2))。さらに設定したレベルに応じた演習内容を検討する(4章)。レベル設定とレベルに応じた演習内容を分けて提示することで、学生時代に習得すべき最低限のレベルや、就職後、実務において即戦力としてBIM/CIM技術を積極的に活用するために修得すべき応用的なレベルが、明確になると考えられる。またレベル設定およびレベル別の演習内容は、これからBIM/CIM教育を導入しようとする土木系大学において、各大学で異なる事情(カリキュラムや科目編成)に応じ、柔軟に対応させられるよう考慮した。

続いてBIM/CIM教育導入のケーススタディとして、レベル別演習内容を本学科の学生向けカリキュラムに適用した教育プログラム試行の状況を、検証結果とともに示す(5章)。本学科では、土木系学生向けに、2019年度よりBIM/CIM演習を導入しており、2020年度からはレベル別演習の実施や演習課題のルーブリック評価受講生向けアンケートといった検証を行っている。

3. 大学におけるBIM/CIM教育内容検討

(1) BIM/CIM教育項目の抽出

BIM/CIM教育に必要な項目を検討するにあたって、まず、BIM/CIM業務に携わる実務者への聞き取り調査を実施した。BIM/CIMに関して土木系学生が卒業時に何をどの程度、身に着けておくべきか、実務者自身が学生時代にやっておけば良かったことはあるか、等について聞き取る。聞き取り調査の結果、2次元モデルから3次元モデルへおこすこと、3次元計測からデータの処理まで実施できることは、必ず身に着けておきたい技術である、ということがわかった。なお、実務にてBIM/CIMを積極的に活用したい学生に関しては、地形モデルの作成ができることや各種3次元モデルの統合による3次元空間モデルの作成ができることは、自身の強みになるという結果が得られた。

以上の実務者への聞き取り調査をふまえると、土木系大学において修得させるべきBIM/CIM教育は、大きく3つに分けられると考えられる。BIM/CIMに関する基礎から応用までの知識、知識を実践・具現化するための技術、用途によって異なるBIM/CIMツール(ソフトウェアおよびハードウェア)の把握である。

続いて、実務者への聞き取り調査に基づき、国土交通省が作成した「CIMガイドライン⁴⁾」、「統合モデルガイドライン⁵⁾」に示されている

項目を基に、大学で土木系学生が修得すべきCIMスキルを抽出し整理した(図1)。「CIMガイドライン」の「第1章 総論」には、各種2次元・3次元データの統合や、2次元図面を用いた3次元モデル化について触れられている。前者はCIM適用の最高峰ともいえる技術であり、後者は既存図面や過去のデータを活用するにあたって必要となる最低限の技術といえる。「第2章 測量」では、現場の3次元計測の中でも、空間情報の取得が比較的容易なUAVを用いた空中写真による3次元点群測量や地上レーザー測量を抽出した。「第3章 地質・土質モデル」は、地質や土質といった地中の情報の取り扱いではなく、地盤表層の処理技術(地形モデルの作成、3次元モデル空間の作成)を抽出した。一方、「事業監理のための統合モデル活用ガイドライン」からは「第2編 統合モデルの作成及び活用の流れ」に記載されている、3次元空間モデルの作成を抽出した。

(2) BIM/CIM技術レベル設定

(1)にて抽出した内容に対し、BIM/CIM技術水準(スキル)を整理し、難易度・必要度に応じてレベルを設定する。

レベル設定にあたっては、BIM/CIMに関わる知識・技術・道具を段階的に修得できるよう、考慮した。BIM/CIMに用いるソフトウェア・ハードウェアの把握、3次元モデルや3次元空間モデルを作成するために必要となる最低限

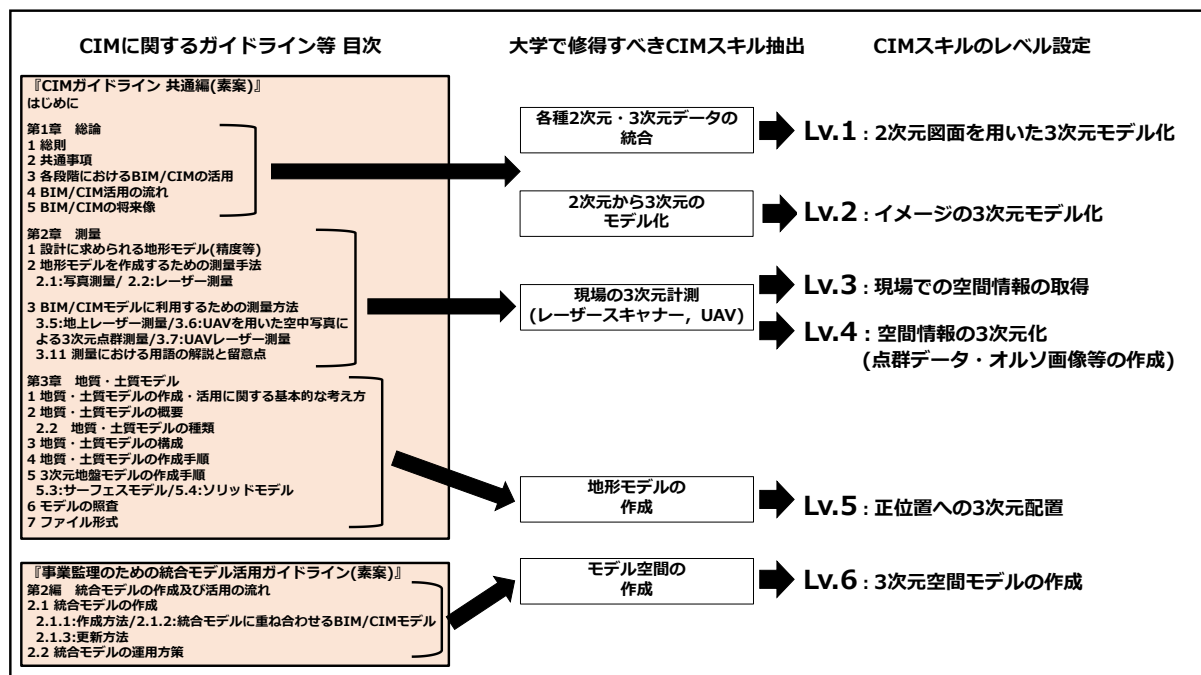


図1 CIMガイドラインに基づく演習レベル設定

の知識・技術を身に着ける初級～中級程度の内容を、Lv.1からLv.6の6段階に分け、レベル設定した。

Lv.1は、2次元モデルから3次元モデルに起こすことができることとした。これにより、既存の2次元図面を3次元モデル化できる。また既存図面が無い場合は、2次元モデルを作成し、作成した2次元モデルを基に、3次元モデルを作成することができるといえる。Lv.2は、イメージの3次元モデルを作成できることとした。これにより、想像の具現化ができる。また3次元モデルを正確に作成することができるといえる。Lv.3は、UAVや3Dレーザースキャナーを用いて、現場での空間情報の取得をすることができることとした。3次元モデルを作成する際に必要となる、点群・オルソ画像を取得することができることを目指す。Lv.4は、Lv.3にて取得した空間情報の処理ができることとした。点群データ・オルソ画像等を作成できるスキルを身に着ける。Lv.5は、3次元空間で正位置へ3次元モデルを配置できることとした。より現実的な3次元空間モデルに近づけることができる表現力につながる。Lv.6は、Lv.1からLv.5までの内容を駆使して、3次元空間モデルを作成できることとした。これにより、正確な土地の正確な位置に、現実と非常に近い3次元空間モデルを作成することができるといえる。

続いて、以上のレベル設定をもとに、土木系の全学生が修得すべき内容を考察する。

まずBIM/CIM利用の原則化をふまえると、Lv.1からLv.6まで内容を”知識”として修得すべきといえる。BIM/CIMに係る用語や概念といった最低限の知識があり、必要な道具を理解していることが重要である。

「技術」については、簡単な空間情報を表現できる程度のスキルとして、Lv.1およびLv.2が、さらに新たな測量方法であるLv.3およびLv.4は、多くの土木系教育課程で必修化されてきた測量学や測量実習に相当するスキルとして、最低限、身に着けるべき技術といえる。

“道具”については、用途によって種類の異なるBIM/CIMツールを把握しておく必要がある。少なくとも、Lv.1からLv.6までで用いるハードウェア・ソフトウェアを把握しておくべきといえる。以上をふまえると、“知識”と”道具”についてはLv.1からLv.6すべてを網羅する必要があるのに対し、“技術”はLv.1からLv.4に留まる。

以下では、全学生が修得する必要は無いが、

BIM/CIMを積極的に活用できる即戦力を身に着けたい学生が修得を目指すべき内容について、考察する。受発注者でCIMに詳しい「CIMマネージャー」、実際のモデル空間を段取り、データの監理を行う「CIMコーディネーター」、モデルを調達する「CIMモデラー」といった、CIM効果的に運営していくための3階層の役割・人材⁶⁾に基づいて示す。目指す役割や立場に応じて、必要な”知識”および”技術”が異なる。

「CIMマネージャー」を目指す学生は、Lv.1からLv.6までのBIM/CIMに関する”知識”が必要である。「CIMコーディネーター」を目指す学生は、Lv.1からLv.6までの”知識”とLv.1からLv.4までの”技術”を網羅的に身に着ける必要がある。「CIMモデラー」を目指す学生は、Lv.1からLv.6までの”技術”をふまえ、3次元モデルを創ることを極めるといった”技術”を高度に身に着けておく必要がある。

4. レベル別演習内容の検討

本章では、設定したレベルに応じた演習内容の検討について述べる。3章より、CIMに関するガイドライン等から抽出した必要な技術に対応するBIM/CIMツールを使用する。

まず、「Lv.1：2次元図面を用いた3次元モデル化」の演習は、与えられた2次元モデルから3次元モデルを起こす、自ら2次元モデルを作成し、作成した2次元モデルを基に3次元モデルを作成する手順の理解、操作を修得する。

「Lv.2：イメージの3次元モデル化」の演習は、Lv.1にて3次元モデルにおこす手順と操作を修得したため、実際に2次元モデルを線としてではなく、面として押し出すことかつ正確に押し出すこと、押し出せているかを確認する技術を修得する。「Lv.3：現場での空間情報の取得」の演習は、空間情報の取得を通して、UAV・3Dレーザースキャナーといったハードウェアの計測方法手順、操作を修得する。「Lv.4：空間情報の3次元化」の演習は、Lv.3にて取得した空間情報を処理する、点群データ・オルソ画像の作成方法を修得する。「Lv.5：正位置への3次元配置」の演習は、3次元空間で正位置へ3次元モデルを配置する、3次元空間でのXYZ座標・移動・回転といった操作を修得する。「Lv.6：3次元空間モデルの作成」の演習は、Lv.1からLv.5までの内容を駆使して、3次元空間モデルを作成する、統合モデルに関する知識、活用方法について修得する。

5. レベル別演習内容の実践

3章および4章で検討したBIM/CIM教育内容を、本学科の演習系科目に振り分け、実践・検証した。本章ではBIM/CIM教育プログラムのケーススタディとして、2020年度および2021年度の実施状況を示す(表2)。当該年度の教育プログラムでは、レベル別演習の実施に加え、演習課題のルーブリック評価や、受講生向けアンケート結果を取得しており、教育効果の検証が可能である。

(1) 2020年度教育プログラム(Lv.1,2,3,5,6)

2020年度はLv.1・Lv.2・Lv.3・Lv.5およびLv.6を実施した。まず、表2より科目Aにおいて、Lv.1・Lv.2・Lv.3を実施した。Lv.1として、Civil3D およびInfraWorks を用いて、CIMに関する基礎知識・基本操作を教授し、各受講生が演習課題に取り組んだ。Civil3Dでは、簡単な2次元・3次元モデルの作成を通して、コマンドや操作の理解を深めた。InfraWorksでは、任意の地点の地図情報を読み込み、架空の都市の3次元モデルを作成し、基本的な操作の演習を行った。続いてLv.2では、Civil3Dを用いて学生自ら考案した3Dイメージを作成する。作成したい3Dイメージの手描きスケッチを作成した後に、3次元モデル化し、3Dプリンターで出力した。最終的に、自ら考案した3Dイメージが、正しく3次元になっているかを確認するために、特定のファイル(.stl)に変換して、出力した。Lv.3として、UAVおよびレーザースキャナーの演習を行った。UAVは、屋内外で操縦・空中写真を手動撮影し、撮影画像から点群データ作成する過程を経験する。レーザースキャナーでは、基本的な操作方法、ReCap proを用いたデータの撮影から処理までを体験した。

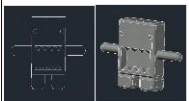
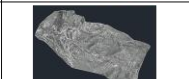
続いて、科目Cでは、Lv.5・Lv.6を実施する。複数人のグループに分かれて、1つの成果物を役割分担して協力することで、作成する。今まで1人で作業していた状況と異なり、受講生間での教え合いや、補完しながら3Dモデルを作成する必要があった。

(2) 2021年度教育プログラム(Lv.1,2,3,4,5,6)

科目A・Cの演習内容は、2020年度と同様の内容であるため、紙面の都合上割愛する。

2020年度の教育プログラム実施状況をふまえ、Lv.4を実施する科目Bを追加した。科目Bでは、指定された屋外空間を対象としたプランニングを行い、そのイメージを3D空間モデルで表現する演習を行った。指定エリアを地上レ

表2 レベル別演習

レベル	内容	2020年度	2021年度	受講生に提供された演習一例
Lv.1	2次元から3次元に転換することができる (2次元断面を用いた3次元モデル化)	科目A	科目A	
Lv.2	想像の具現化ができる (イメージの3次元モデル作成)	科目A	科目A	
Lv.3	レーザースキャナーで測定できる UAVを飛ばすことができる (現地で空間情報の取得)	科目A	科目A	
Lv.4	撮影した写真から 点群・オルソ画像を作成できる (空間情報の3次元化)	—	科目B	
Lv.5	正しい位置に3次元モデルを 配置できる (正位置への3次元配置)	科目C	科目C	
Lv.6	3次元空間モデルを作成できる (3次元モデル空間の作成)	科目C	科目C	

ーザースキャナーにて3次元計測・点群データを取得し、InfraWorksを用いて、点群を挿入した3次元空間モデルを作成した。

6. おわりに

本研究では、土木工学を学ぶすべての学生に、BIM/CIM教育導入に関する提案を目的として、教育項目の検討、レベル別演習の検討を実施した。以下に、本研究で得られた成果を示す。

- ・ 3章では、BIM/CIM教育内容の検討として、教育項目の抽出、技術レベル設定を行った。
- ・ 4章では、レベル別演習内容の検討として、レベルごとの具体的な演習内容を述べた。
- ・ 5章では、実践として、2年間の実践内容をケーススタディとして述べた。

今後の課題としては、レベル別演習を通してどのくらいBIM/CIMの知識・技術を身に付けることができたかを図るために「CIM習熟度チェックシート」を実施することが挙げられる。

参考文献

- 1) 国土交通省,BIM/CIMポータルサイト,
<http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/bimcim/bimcimsummary.html>
(参照 2022-10-13)
- 2) 国土交通省,i-Construction,
<https://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/index.html> (参照 2022-10-13)
- 3) 国土交通省,インフラ分野のデジタルトランスフォーメーション,
<https://www.mlit.go.jp/common/001385990.pdf> (参照 2022-10-13)
- 4) 国土交通省,BIM/CIM活用ガイドライン(案),
<https://www.mlit.go.jp/tec/content/001472848.pdf> (参照 2022-10-13)
- 5) 国土交通省,事業監理のための統合モデルガイドライン(案),
<https://www.mlit.go.jp/tec/content/001472860.pdf>
(参照 2022-10-13)
- 6) 小林一郎,CIMを学ぶⅢ〜モデル空間の活用に向けて
~, (2017), p.85