

PBL の実践を目的としたファブリケーション・トラックの運用に関する研究 A Study on Operation Methods by the Fabrication Truck for PBL

○中澤 公伯^{*1}, 木下 哲人^{*2}, 矢田 来夢^{*3}, 横山 友紀^{*3}
Kiminori NAKAZAWA^{*1}, Tetsuhito KINOSHITA^{*2}, Raimu YATA^{*3} and Yuki YOKOYAMA^{*3}

*1 日本大学生産工学部創生デザイン学科 教授 博士(工学)

Professor, Department of Conceptual Design, College of Industrial technology, Nihon University, Ph.D.

*2 日本大学生産工学部創生デザイン学科 専任講師 博士(美術)

Lecturer, Department of Conceptual Design, College of Industrial technology, Nihon University, Ph.D.

*3 日本大学生産工学部創生デザイン学科

Department of Conceptual Design, College of Industrial technology, Nihon University

キーワード：実践教育；デジタルファブリケーション；移動体；遠隔操作

Keywords: PBL; digital fabrication; mobility; remote control.

1. はじめに

著者らの既報において、空間デザイン系学科における PBL の実践を目的とした移動式デジタル工房：Fabrication Truck（以下ファブトラ）の導入の背景と活用方法についてまとめた¹⁾。本報はそれに続くものであり、運用面の改善と検討、特にファブトラと派遣元基地（大学研究室）との連携手法について論述したものである。

近年、デジタルファブリケーションの教育現場への導入は、ものづくりに対する素養がない人であっても比較的自由的加工・造形が可能であり²⁾、ものをつくることを経験し、学生や生徒のアイデアを形にできることから³⁾、建築系学科においても大きな注目を集めている。

著者らの所属機関は、複数の学生が協力し、主体的に取り組みながら実践的な課題解決に取り組む Project Based Learning（PBL）の実践にデジタルファブリケーションを活用するという立場から、2019年にファブトラを導入した⁴⁾。PBLは、歴史的価値を有する廃校の活用など、ファブトラの派遣を活用したものづくりワークショップの開催を伴う地域課題の解決を想定しており、派遣現場での運用面における工夫を要した。現場での運用面の向上、すなわち生産性の向上には、通信技術の導入による合理化も解決策の一つであり、例えば建設分野における重機の遠隔操作が、「無人化施工技術」として発展している⁵⁾。そこで本稿では、ファブトラを活用したワークショップ運用の効率性の向上と目指して、ファブトラと派遣元基地（大学研究室）を遠隔操作によって連携する手法を検討することを目的とする。

2. 研究方法

2.1. ファブトラ基本仕様

以上の背景をふまえ、ファブトラには以下のような仕



Fig.1 ファブトラ外観

様を設定し、制作会社に発注した。

- ・ベース車：1,500cc トラック（最大積載荷重 450kg）
 - ・スキンデザイン：学科学生がデザイン
 - ・架装：基本架装＋トップ架装
 - ・搭載工作機械：デジタルミシン（6針1頭刺繍ミシン）、小型 3D プリンタ×2、カッティングプロッタ、測色計、照度計、レーザー測距計
- ※一度の派遣には上記機器から1機～2機を選択する。
- ・昇降機：昇降能力 400kg
 - ・電源：1,600W 発電機×2

2.2. 想定派遣先（PBL 事例）

PBL 事例としてのファブトラ派遣先としては、オープンキャンパス開催時の大学、高等学校（大学模擬授業、閉校跡地、公園、イベント会場、祭り会場等の公共空間を想定している。今回は、著者らの所属機関の PBL がきっかけに国登録有形文化財に指定（令和元年 12 月 5 日付け官報告示）された旧佐倉市立志津小学校青菅分校を事

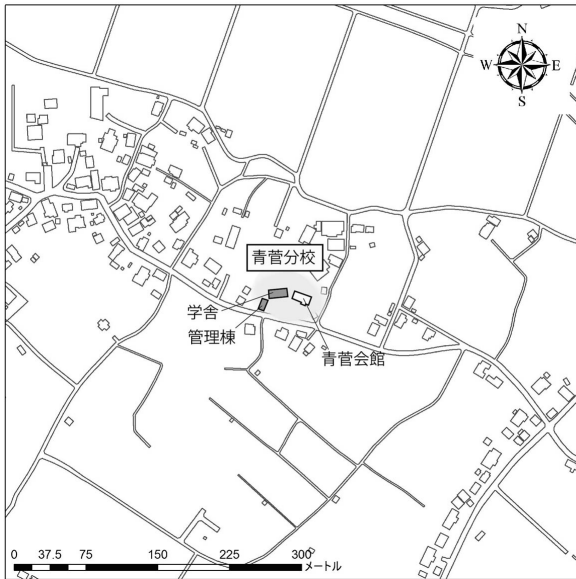


Fig.2 ファブトラ派遣先（広域図）



Fig.3 ファブトラ派遣先

例地とした (Fig.2, Fig.3)。当地は、廃校となった分校の保存と活用、また周辺地域の活性化を目指して、著者ら所属機関の学生有志が PBL の実践の場として活動しており、ファブトラの派遣によるものづくりワークショップがそのメニューの一つとなっている。

2.3. ワークショップと遠隔操作の概要

(1) PBL の目的

前述の通り、PBL における学生の目的は、小学校分校跡地活用として、地域イベントの催しの一つとしてデジタルファブリケーション体験イベントを開催することとした。学生が企画・主催するものづくりワークショップの開催を通じ、地域住民から募集する参加者の廃校への興味を誘導・醸成し、廃校の保存・活用を核とした地域活性化を促す (Fig.4 参照)。

(2) ワークショップの内容

具体的なものづくりワークショップの内容としては、



Fig.4 会場イメージイラスト

①デモンストレーションスペース：小学校高学年あたりの子どもには、実際にデジタル機器に触れてもらう。②デザインスペース：テーブルと椅子を用意し、参加者が座ってデザインを考えることができるスペース。教育支援 3 次元 CAD ソフトの導入を検討しているため、小学生でも簡単にモデリングが可能になる。子どもの成長段階に合わせて、手書きデザインやソフトでのデザインなど選択が可能。③飲料提供スペース：参加者の待ち時間や休憩時に飲料や軽食提供する。立て看板で緑道の魅力を発信し、立ち寄られる方をワークショップに取り込む。

現場の参加者が地域イメージから想起したデザイン案の巾着袋へのデジタル刺繍や、同じく現場の参加者がデザインした装身具の 3D プリントなどである。いずれの場合でも、参加者がタブレット型端末でモデリングした 2 次元ラスタデータを、ファシリテーターである著者ら所属機関学生が出力に必要なベクターデータ (3D プリントの場合は 3 次元) にリアルタイムで変換操作を実施している。

ここで、これらのものづくりワークショップのスムーズな運用を実現するために、ワークショップ参加者へのファシリテーションと、技術的な操作を分離する必要があるのでは考えた。ファブトラは移動体であるため、ファブラボのように十分なスペースを常に確保できるとは限らない。また、限られた現場学生スタッフで、ワークショップ参加者へのファシリテーションと技術的支援を同時に行うことは難しい。3D プリントの待ち時間を最小限にするなど、参加者を飽きさせない事も重要であり、限られた時間内に決められたプログラムをなるべく短い時間で完了する必要がある。そこで、ファブトラと共に現場に派遣されたワークショップファシリテーターを、ファブトラ派遣先とは別の場所：派遣元基地＝大学研究室からデジタルファブリケーションを遠隔操作する要員が支援することとした。

(3) 遠隔操作の概要

Fig.5 には、遠隔操作しない場合のファブトラによるものづくりワークショップの概念図を、また Fig.6 には、ファブトラと派遣元基地 (大学研究室) との遠隔操作の概要を示した。

また以下には、ファブトラ側、派遣元基地側双方の PC・ネットワーク環境の概要を示す。

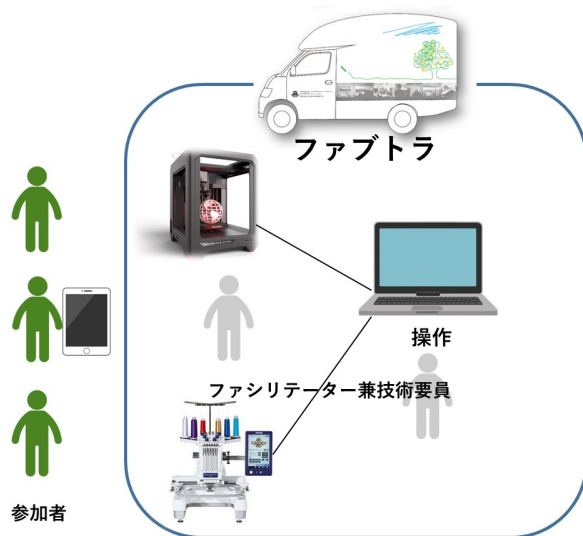


Fig.5 ワークショップ概念図（遠隔操作なし）

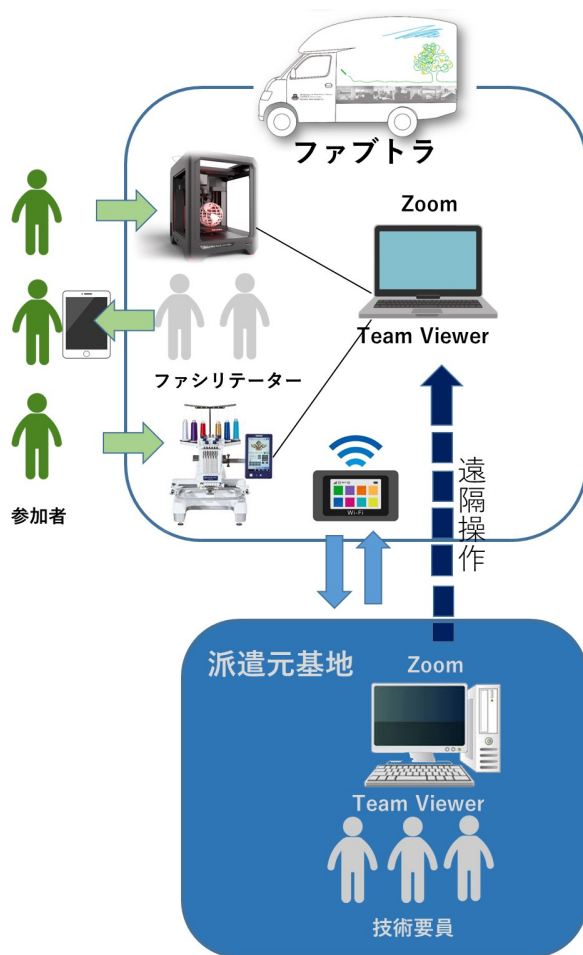


Fig.6 遠隔操作の概要

- ・ファブトラ側
- PC：ノート PC
(CPU Corei7-8550U@1.8GH z/メモリ 16GB)
- ネットワーク：有線 LAN
- ウェブカメラ：ロジクール C922n/1080p 30FPS

- 遠隔操作ソフト：TeamViewer Ver.15.21.8
- ウェブ会議ソフト：ZOOM Ver.5.7.4
- ・派遣元基地側
- PC：デスクトップ PC
(CPU Corei7-11700@2.5GH z/メモリ 128GB)
- ネットワーク：ポケット WIFI NEC Aterm (LTE)
- ウェブカメラ：内臓カメラ
- 遠隔操作ソフト：TeamViewer Ver.15.21.8
- ウェブ会議ソフト：ZOOM Ver.5.7.4
- 使用ソフト：Autodesk Fusion360 2021
- ワークショップ参加者操作端末：タブレット型端末
(CPU OPM1@2.0GH z/メモリ 4GB)
- タブレットソフト：アイビスペイント Ver.9.1.1

3. 試験と結果

実際にものづくりワークショップを実行する形で、遠隔操作試験を実施した。ワークショップ参加者は10名で、その内代表1名がタブレット端末により装身具のためのモチーフデザインを行い、そのデザインを3次元化の後に3Dプリントを体験する。比較対象として、遠隔操作を行わないワークショップも実施した。

表1に、遠隔操作試験を含む試験ワークショップの実施状況を示す。

遠隔操作は、TeamViewerを介し、ファブトラ派遣元基地である大学研究室のデスクトップPCを用いて、ファブトラに配備したノートPCを操作することによって行った。行った主な遠隔操作は、ワークショップ参加者がデザインした2次元ラスタデータの3次元ベクターデータ化(表1-③)、データの移動及び3Dプリンタ出力(表1-④)の2つのタスクである。この試験ワークショップでは、基地側技術要員1名、ファブトラ側ファシリテーター2名で実施した。基地側の支援要員が、ZOOMを用いて、ファブトラ側のワークショップの進行を見据えながら上記遠隔操作を行った。

また表2には、遠隔操作をしない場合の試験ワークショップの実施状況を示した。この試験ワークショップでは、2名がファシリテーションとPC操作を同時に行った。

表1及び表2に示すように、ワークショップ全体の所要時間は、遠隔操作の有無によらず同時間を要したが、遠隔操作ありの場合ではファシリテーションにかかる時間に余裕ができたため、参加者の単純な待ち時間が無くなった。これは、ファブトラ側ファシリテーターがZOOM越しに基地側の技術要員の遠隔操作の進捗を確認しながら、ファシリテーションに注力できた事が大きな要因であると考えられる。

4. 考察

試験ワークショップの結果に基づき、遠隔操作とデジ



Fig.7 試験ワークショップの様子（遠隔操作あり）



Fig.8 試験ワークショップの様子（遠隔操作あり）

タルファブリケーションの運用，遠隔操作とワークショップの運用の観点から考察を述べる。

(1) 遠隔操作とデジタルファブリケーションの運用

デジタルファブリケーションの運用にはコツやある程度の訓練が要求され，未だ手軽なツールとは言いがたい。今回，TeamViewer と Zoom という比較的手軽なウェブツールによって熟練度が高い学生が遠隔操作できる事を示すことができた。

(2) 遠隔操作とワークショップの運用

初等教育現場でのものづくりワークショップの導入が進んでおり^{6) 7)}，民間でも小学生向けものづくりイベントの開催が盛んであり，デジタルファブリケーションを用いたワークショップは魅力的なイベントの一つである。ワークショップの運用はデジタルファブリケーションの操作と同じく高い熟練度が求められる。特に今回のように，参加者はもとより，操作する者の目的が PBL という別の所に重点がある場合，遠隔操作によってデジタルファブリケーションの操作とワークショップのファシリテーションを分離する事は効果的であると考えられる。

5. 終わりに

本報では，派遣元基地としての大学研究室から公共空間に派遣されたファブトラ上のデジタルファブリケーションの遠隔操作を試みた。現場・派遣先と教室が連動した授業運営など，ファブトラと遠隔操作による新たな取

表 1 試験ワークショップ概要（遠隔操作あり）

	所用時間	参加者	参加者	
			ファシリテーター2名 (ファブトラ側)	技術要員1名 (派遣元基地側)
①準備	20分		・ZOOM準備 ・TeamViewer準備 ・タブレット準備	・ZOOM準備 ・TeamViewer準備
②イントロダクション	10分	・説明を聞く ・代表者選出	・ワークショップの説明 ・代表者選出	
③デザイン	5分	・タブレットでモチーフをデザイン	・タブレットを渡す ・デザイン案をクラウドストレージに保存	・デザイン案をクラウドストレージから開く
④3D変換	15分	・説明を聞く ・事例作品を手にとる	・事例作品の紹介	・Fusion360で3次元化 ・3Dプリント準備 (215°まで上昇)
⑤3Dプリント	10分	・説明を聞く ・完成作品を手にとる	・3Dプリンター概要説明	・MakerBotで3Dプリント操作

表 2 試験ワークショップ概要（遠隔操作なし）

	所用時間	参加者	参加者	
			ファシリテーター兼技術要員2名 ファシリテーション	技術支援
①準備	20分		・タブレット準備	
②イントロダクション	10分	・説明を聞く ・代表者選出	・ワークショップの説明 ・代表者選出	
③デザイン	5分	・タブレットでモチーフをデザイン	・タブレットを渡す ・デザイン案をクラウドストレージに保存	・デザイン案をクラウドストレージから開く
④3D変換	15分	・待機 (15分)		・Fusion360で3次元化 ・3Dプリント準備 (215°まで上昇)
⑤3Dプリント	10分	・待機 (10分) ・完成作品を手にとる		・MakerBotで3Dプリント操作

り組みの実現を今後の課題としたい。

【参考文献】

- 1) 中澤 公伯，木下 哲人，三井 和男：ファブリケーション・トラックによる PBL の実践，第 41 回情報システム・利用・技術シンポジウム論文集，pp.354-357
- 2) 松浦李恵，岡部大介，渡辺ゆうか：高等学校における FABLAB の公教育導入実証実践の事例報告，日本教育工学会論文誌 44(3)，325-333，2020
- 3) 岡村 吉永，森岡 弘：フェイスシールドの作成と利用を通じた学校におけるデジタルファブリケーション活用について，山口大学教育学部研究論叢，第 70 巻，pp.69-174，2021. 1
- 4) Kiminori NAKAZAWA: Introduction of PBL Education of the Department of Conceptual Design, 日本大学生産工学部第 51 回学術講演会校外集，pp700-701，2018. 12
- 5) 古屋弘岩，下正剛，陣内英二，蔵多正人，岡本邦宏，小林只和：次世代高速通信 5G を用いた重機の遠隔操縦の高度化，大林組技術研究所報 No. 83 2019
- 1) 文部科学省総合教育政策局地域学習推進課：地域みんなで子供たちの未来を考えるワークショップのすすめ，https://manabi-mirai.mext.go.jp/document/pamphlet_workshop_01.pdf，accessed20190930
- 2) 貞国信吾：造形あそびとその制作物の電磁メディアを通じた即時的な提示によるワークショップ，エンタテインメントコンピューティングシンポジウム (EC2019) プロシーディング，pp.419-422，2019