

# メンテナンス現場における デジタル技能伝承の研究

専攻 静岡大学大学院総合科学技術研究科  
工学専攻事業開発マネジメントコース  
学籍番号 51936008  
氏名 菅原 基  
指導教員 鈴木 康之 教授  
副指導教員 前田 恭伸 教授

1

## 目次

1. 研究背景と概要
2. 目的・目標
3. 現状調査と仮説
4. 研究の検証実験
5. 今後の課題

2

## 目次

1. 研究背景と概要
2. 目的・目標
3. 現状調査と仮説
4. 研究の検証
5. 今後の課題

3

## 研究背景

2018年度版中小企業白書

中小企業白書がまとめる中小企業が抱える経営課題



白書のまとめ：女性・シニアの積極的活用、職場環境の整備

深刻化する人手不足と中小企業の生産性革命（中小企業白書2018）より

4

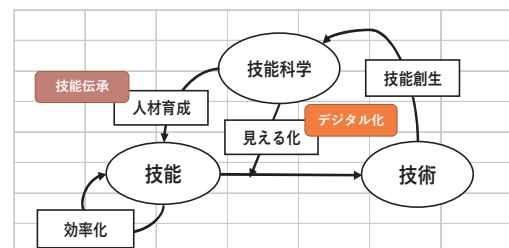
## 技能伝承と機械化

- (1) 機械化が可能であり、機械化しても問題ない技能  
大量生産
- (2) 機械化が可能であるがすべてを機械化すると問題が発生する可能性のある技能  
少量多品種生産
- (3) 機械化が望まれるが今のところ機械化が困難である技能  
ロボット、IoT
- (4) 熟練技能に頼らざるをえない技能  
メンテナンス

参考文献：製造現場における熟練技能の現状  
中村 肇（株式会社三菱総合研究所）

5

## 技能・技術伝承サイクル



参考文献：技能科学によるものづくり現場の技能・技術伝承  
(PTU技能科学研究会)

6

## 目次

1. 研究背景と概要
2. 目的・目標
3. 現状調査と仮説
4. 研究の検証
5. 今後の課題

7

## 目的・目標

### 目的

中小企業の限られた予算と人員で運用できる  
**技能伝承の仕組みづくり**

いつでも、だれでも簡単に使える  
**デジタルツールの用途開発**

### 目標

デジタル化で技能伝承が図れた具体的、体系的方法を  
**1つのシステム**として見つける

8

## 目次

1. 研究背景と概要
2. 目的・目標
3. 現状調査と仮説
4. 研究の検証
5. 今後の課題

9

## デジタル技能伝承モデル（仮説①）

➤技能伝承の仕組みは、

技能伝承者を増やせば**最適な仕組み**ができる。

10

## <ケース1> デジタル技能伝承モデル

➤技能継承の理想は**技能者と継承者が1：1**

マニュアルなどの形式知化が困難なため教育訓練方法は「マンツーマン指導」が中心。熟練技能者の減少が比較的急激でない中小企業に多い。

参照：「技能は盗むもの」からの脱却

— 一定年延長により技能伝承の指導者として活躍—

参考文献：経済産業省 2019年ものづくり白書  
「第3章 ものづくり人材の確保と育成」

11

## <ケース2> デジタル技能伝承モデル (全国5,867社の製造業の模範モデル)

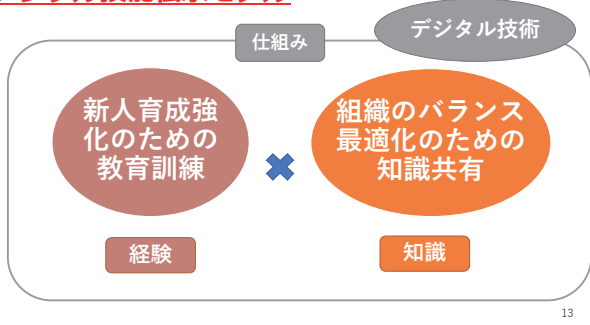
➤デジタル技能伝承は個の能力アップだけでなく、  
**組織における技能者バランスの最適化**

➤デジタル技能伝承は**入社3年未満の新人の育成強化**

参考文献：JILPT「ものづくり産業における技能継承の現状と課題に関する調査」 (2018年)

12

## デジタル技能伝承モデル



## デジタル技能伝承モデル（仮説②）

➤技能伝承には経験年数の壁がある

経験年数の壁を破るにはデジタルツールを活用し**疑似的経験値**を得ることで知識共有により技能伝承が促進される。

## デジタル技能伝承モデル（仮説②）の検証2

- デジタルツールを使うことにより技術・技能の**曖昧さが無くなり技術・技能を共有**できる
- ただし、**技能伝承が行われたかは判断できない**（疑似的経験値は得られた）

## 新たな実証の必要性

デジタルツールを使った技能伝承の仕組みとして

- 熟練技能者の**技能を見える形**にできるか？
- 継承者を**短期間で育成**出来るか？

## 熟練技能者と継承者は何が違うのか？

- 熟練技能者は**作業の再現性**が高く、継承者は低い
- 再現性の要因**となる要素の調査
  - ・スピード、リズム、ルーティン
  - ・目からの情報
  - ・耳からの情報
  - ・手、指の感触（手ごたえ、振動、手触り）
  - ・姿勢、位置

## デジタル技能伝承モデル（仮説③）

➤技能の見える形とは？

技術：技を数値や文字、図に表し記録することが出来る。  
技能：人に備わった技で直接見ることができない。体験や経験で学ぶことができ、人から人へ継承する必要がある。

技能の種：技能を得るためのヒントで個人に属するが数値や文字、図でも表す事ができる。  
Ex) 姿勢、リズム、ルーティン…

## 目次

1. 研究背景と概要
2. 目的・目標
3. 現状調査と仮説
4. 研究の検証
5. 今後の課題

19

## 実験名：継承者と技能者のボルト締め映像比較

- 保全課継承者A 入社10年未満 映像時間 4分16秒
- 保全課継承者B 入社5年未満 映像時間 4分45秒
- 保全課継承者C 入社3年未満 映像時間 6分33秒
- 保全課技能者D 入社20年以上 映像時間 2分55秒
- 保全課技能者E 入社20年以上 映像時間 3分01秒

20

## 実験名：継承者と技能者のボルト緩めの映像比較



21

## 検証実験：ボルト緩め映像比較（姿勢）



対象物のセンターラインと体のセンターラインが正面に位置する姿勢（継承者C）

対象物のセンターラインから体のラインは外れ工具と正対する姿勢（熟練技能者D）

22

## 検証実験：ボルト緩め映像比較（持ち手）



工具の中央部分から内側を持つ（継承者C）

工具の中央より外側を持つ（熟練技能者D）

23

## 検証実験：ボルトの緩め映像比較の考察

分類	レベル	具体的行動、動作
技術	知識	工具の役割の違いによる選択（スパナ、ラチェット、メガネ）
		工具の正しい使い方（持ち方、動かし方）
技能の種		ボルトの締付具合（トルク値）
	経験・学習	力の入れやすい姿勢 *マニュアルには書かれない内容
		ボルトの締める順序、力加減
		工具の持ち手位置、手の角度
		工具を持ち替えるタイミング
技能		両手の連動作業
	カン・コツ	指先の感覚、指を使うタイミング

24

### 検証実験：ボルトの締付トルク測定

- 対象：M8ボルト×6本
- ラチェットにて連続で締付作業を行う
- 締付トルクは20N・mを基準と想定し止める（上限は32N・m）



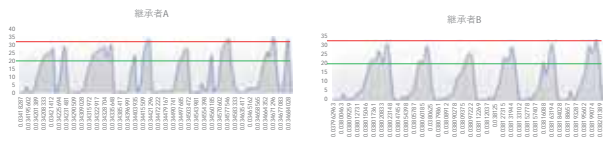
\*京都機械工具社製トルクル使用

### 検証実験：ボルト締付トルク測定【熟練技能者】



- ・技能者の波形はほぼ同じカーブで上昇し頂点は一つになる
- ・頂点付近でカーブが緩やかになるところでトルクを調整している
- ・基準トルクをやや超えているが**再現性は高い**

### 検証実験：ボルト締付トルク測定【継承者】



- ・継承者の波形は毎回形が変化し頂点が複数ある
- ・頂点付近でトルクを調整しているというより繰り返し締める動作がある
- ・基準トルクを大幅に超えて**再現性は低い**

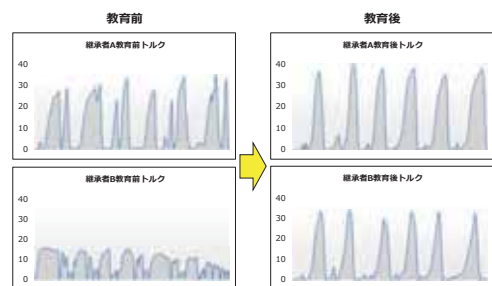
### 検証実験：ボルトの締付トルク測定の考察①

分類	レベル	具体的行動、動作
技術	知識	工具の正しい使い方（持ち方、動かし方）
		ボルトの締付トルク
技能の種	経験・学習	力の入れやすい姿勢 *マニュアルには書かれない内容
		ボルトの締める力加減
		ボルトが締まった見極め
		工具を持った手の親指の位置
技能	カン・コツ	工具を持たない方の手の使い方、置き位置
		ボルトを締めるリズムの再現性

### 検証実験：ボルトの締付トルク測定の考察②

	継承者	熟練技能者
右手親指位置	クワの姿勢 	親指を工具に掛けている 
左手の位置	定まっていない(架台、右手、添えていない) 	ラチェット上部 
締める角度	定まっていない(上下左右) 	右斜め上から下に向かって 

### 検証実験：ボルトの締付トルク測定と教育



## 目次

1. 研究背景と概要
2. 目的・目標
3. 現状調査と仮説
4. 研究の検証
5. 今後の課題

31

## 今後の課題

- 更なる調査実験調査と定量的評価
- デジタルツールによる教育訓練と知識共有
- デジタルツールで“技能の種”を見つけ  
具体的、体系的な技能伝承システム構築

32

## 参考文献

- ◆ 中村 肇 (株式会社三菱総合研究所)  
「製造現場における熟練技能の現状」
- ◆ PTU技能研究所  
「技能科学によるものづくり現場の技能・技術伝承」
- ◆ 失敗学会「失敗の伝達に必要な記述」
- ◆ 中小企業庁「2018年版中小企業白書」
- ◆ 経済産業省 2019年ものづくり白書  
「第3章 ものづくり人材の確保と育成」
- ◆ JILPT  
「ものづくり産業における技能継承の現状と課題に関する調査」  
(2018年)

33

## メンテナンス現場における デジタル技能伝承の研究

専攻 静岡大学大学院総合科学技術研究科  
工学専攻事業開発マネジメントコース  
学籍番号 51936008  
氏名 菅原 基  
指導教員 鈴木 康之 教授  
副指導教員 前田 恭伸 教授

34