

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 29 日現在

機関番号：82727

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350221

研究課題名(和文) 建築大工技能の科学的手法にもとづいた指導法に関する研究

研究課題名(英文) Study on teaching method based on motion analysis of carpenter skills

研究代表者

松留 慎一郎 (MATSUDOME, Shinichiro)

独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構職業能力開発総合大学校(能力開発院、基・能力開発院・教授)

研究者番号：10157331

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は熟練した建築大工の技能を分析し、その結果に基づいた職業訓練指導法に関する教材を開発することを目的とした。まず既往文献の収集・整理・調査を行なうとともに、熟練技能者にヒアリングとアンケート調査をし、建築大工の技能要素の抽出・分類・整理を行なった。次に大工の基本作業であるノコギリ挽き作業、鉋掛け作業、刃研ぎ作業の動作解析を行なった。さらに、開発した教材を用いて未熟練者に対して、作業の改善指導を行なうことができた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research was to analyze the work of skilled carpenters and develop teaching materials on vocational training method. Firstly, we conducted a survey of past studies and conducted hearings and questionnaire surveys to skilled technicians. Next, we analyzed the behavior of the saw blade work, the plane work, and the blade sharpening work which were the basic work of the carpenter. As a result, it was possible to understand the difference of the operation of the skilled workers and unskilled person. In addition, we were able to instruct improvement of work to unskilled people using developed teaching materials.

研究分野：科学教育・教育工学

キーワード：大工技能 動作解析 技能教育

1. 研究開始当初の背景

(1)バブル経済崩壊、リーマンショックを経て、建設投資の縮小に伴って受注競争が激化したことによって、建設技能労働者の就労環境が悪化したために建設業界の人材不足が常態化している。さらに、若年入職者、後継者が減少していることから、技能者の高齢化が進んでおり人材不足は深刻である。

(2)人材不足を解決するためには、公共職業訓練施設を最大限に活用することが有効であるが、ここでの職業訓練は受講機会の平等・均等化のために職業訓練期間が2年、1年、6か月と段階的に短縮されて現在に至っている。6か月間の職業訓練のうち、建築大工技能者としての基本的な作業である鉋、ノミに代表される大工道具の手入れ、それらを用いた鉋掛け作業、ノコギリ挽きなど基本的な作業に関する訓練時間は最大でも1か月と短い。これは就業先や職種の範囲を広げるため、訓練内容が耐震診断技術、CAD製図、壁紙施工、床仕上げ施工など広範囲・多岐にわたっているために、大工作業の基本作業に多くの訓練時間を割けないことが一因としてあげられる。また、受講生は基本的な大工の技術・技能については訓練を修了した後に、技能者として就労してから独学またはOJTで次の高度な技術を習得する必要があるが、就労先に技能レベルや指導能力が高い技能者が存在しない場合には技術習得が難しい。このことから、指導者側・受講生側の双方から効率的な大工技能の指導法に関する教材開発が望まれている。

2. 研究の目的

(1)本研究では、熟練技能者・公共職業能力開発施設の指導者らにヒアリング・アンケート調査を行なって作業時の注意点、カン・コツなどを把握することを目的とした。

(2)市販のモーションキャプチャー機能を有する測定器(Microsoft社製Kinect)を用いた動作解析システムの作製を行なって、熟練技能者と未熟練者の大工作業時の動作を解析することによって、両者の差異を明らかにすることを目的とした。

(3)未熟練者に対して作業指導が行えるような教材の開発を行なうことを目的とした。

3. 研究の方法

(1)熟練技能者・公共職業能力開発施設の指導者らのカン・コツの調査は、既往文献の調査やヒアリング、アンケート調査で行った。

(2)熟練者と未熟練者の動作解析は、分析する対象作業をノコギリ挽き作業、鉋掛け作業、刃研ぎ作業の3つとし、動作解析装置を用いて関節の位置座標を測定した。

(3)当初目標としていたゴルフのシミュレータのような装置は解析動画のリアルタイム表示が技術的に不可能であったが、解析画像と測定した関節座標のグラフを表示させるカルテを模した教材を作成した。

4. 研究成果

(1)既往の文献調査^{引用文献①~⑩}や熟練技能者・公共職業能力開発施設の指導者らに対して、ヒアリング、アンケートでカン・コツの調査を行なった。ノコギリ挽き作業や刃研ぎ作業などの基本的な大工作業のうち、鉋掛け作業を取り上げて述べる。調査対象とした文献で、鉋掛け作業のカン・コツについて複数の文献に共通して記述されていたものと文献ごとに異なる記述がされていたものを表1に示す。

表1から、視覚的に確認できる項目(「姿勢」、「鉋の持ち方」)は、複数の文献に共通した記述が認められるが、視覚的な確認が困難である項目(「重心の位置」、「鉋への力の掛け方」)のカン・コツに関する記述は、文献によって異なる傾向にあることがわかった。

表1 鉋掛け作業に関する文献調査結果

	分類	記述内容	参考文献
共通する記述	姿勢	状態を少し前方にかがめる 状態を前かがみにして体重を利用 前傾姿勢で鉋る	木造建築実技教科書 図説 基礎木工の使い方 図でわかる大工道具
	持ち方	鉋身と台尻の間からやや鉋身寄り のところが利き手で持ち、もう一方の 手は、台頭に添える 右手で刃口と台尻の中ほどを押さえ、 左手は台頭と鉋身に添える	木工の用具と使い方 木工加工系実技教科書
異なる記述	重心の位置	鉋の頭を左手で丸く包むように軽く 握る。右手は台尻と甲穴の真ん中くら いを握る 押し付けたまま腰を後ろへ移動させる	木造建築実技教科書 木工加工系実技教科書
	力の加え方	引くと同時に右足に重心がかかるよう 動作する 左手は力を抜いて、引く力だけに 右手は引く力6分に対して押さえる力 4分ぐらいとし、左手は引く力4分対 して押さえる力6分	図解木工技術 家庭大工 木工加工系実技教科書

(2)熟練技能者と未熟練者のノコギリ挽き作業、鉋掛け作業、刃研ぎ作業における動作解析を行なって両者の差異を把握した。

①ノコギリ挽き作業は、105×105mmのヒノキ材の縦挽き、横挽きとしたが、ここでは横挽きについて述べる。被験者は熟練技能者5名、未熟練者13名である。

測定器(Microsoft社製Kinect)の座標軸と被切断材の座標軸の関係を図1に示す。本研究では測定された座標を被切断材の材表軸に座標変換している。

測定した関節(全部で20箇所が測定可能である)のうち、分析した関節は熟練技能者に対するアンケート結果から、ノコギリ挽き作業の熟練度と関連していると思われた右肘と頭の座標とした。

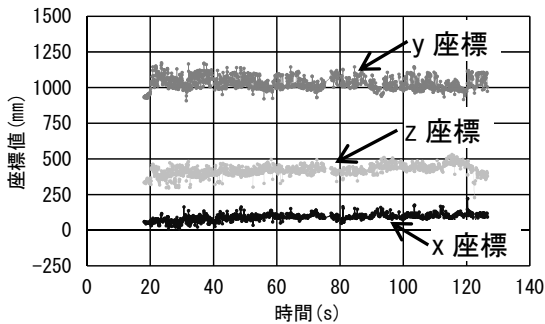
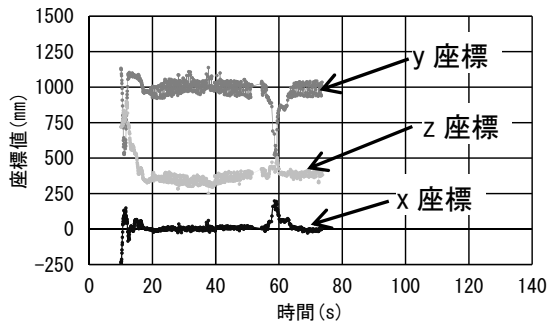
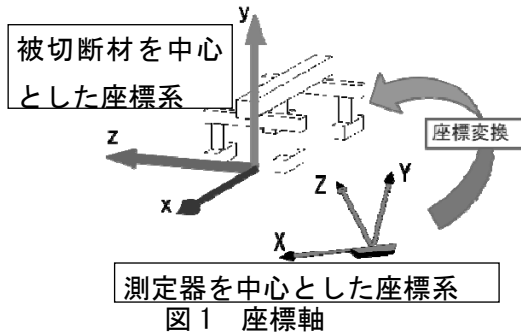
熟練技能者の右肘の座標と未熟練者の右肘の座標を測定した一例を図2と3にそれぞれ示す。

図2の熟練技能者の右肘の座標のうち、x座標については0mm付近の値をとっており、被切断材の切り墨(切断位置)を含むyz平面上に右肘があることがわかる。y座標とz座標の値については、規則的な変化を示しており、ある一定の間隔・調子で右肘、即ちのこぎりを動作させていると言える。

一方、未熟練者は図3から、x座標は原点から正の方向へ100mm程度の値を示している

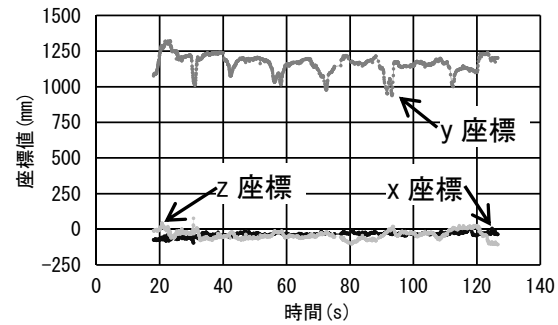
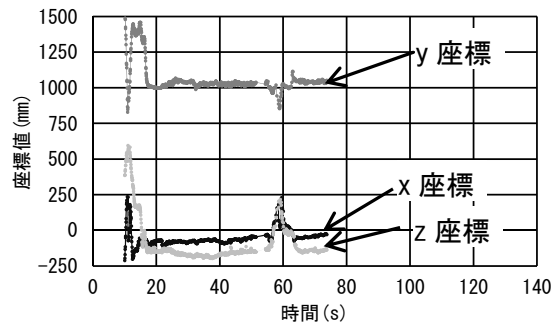
ことがわかる。

このことから、この未熟練者は被切断材の切り墨上(yz 平面上)に右肘が存在していないことがわかる。また、y 座標と z 座標の値については、不規則に大きな変動を示している箇所が多数存在することがわかる。このことから一定の調子でノコギリを動かしていないことがわかる。



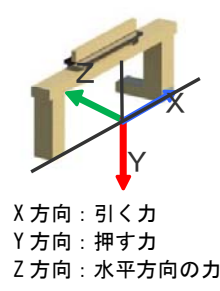
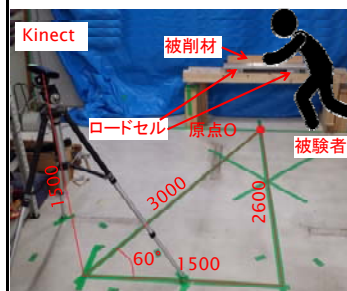
次に図 4 から、熟練技能者の頭の位置は、z 座標が負の値を示していることから、前傾姿勢を保ち、被切断材の前面の切り墨を目視しながら、ノコギリ挽き作業を行なっていることがわかる。それに対して図 5 から未熟練者の z 座標は概ね原点付近の値を示しているため、被切断材の上端を中心に目視していることがわかる。

また、両者の y 座標の値に着目すると、熟練技能者は変動を示していないのに対して、未熟練者は上下に大きく変動していることがわかる。以上のことから、熟練技能者は未熟練者に比べて安定した姿勢を保ちながらノコギリ挽き作業をしていると言えよう。



熟練技能者と未熟練者のノコギリ挽き作業を測定し、切断中の右肘の動き、頭の位置を定量的に把握することができた。その結果、熟練技能者は未熟練者に比べて、規則的な動作を行っており、作業の姿勢が安定していることがわかった。

②鉋掛け作業の被削材は材幅 45 mm × 材成 105 mm の台湾ヒノキとし、長さを 910 mm と 1820 mm の 2 種類とした。被験者は熟練技能者 5 名、未熟練者 8 名である。試験は被験者に被削材の長さ方向すべてに渡る鉋掛け作業を 8 回連続させ、動作時の関節の位置を測定器 (Microsoft 社製 Kinect) で測定するとともに、作業時に生じている力をひずみゲージ式のロードセルで測定した。図 6 に実験概要を示し、図 7 に座標軸と力の方向を示す。



熟練技能者と未熟練者の頭、腰、左手の高さ方向の座標、即ち図 7 における原点に対する y 方向の座標値に着目した。図 8 に熟練技能者、図 9 に未熟練者の y 座標値を示す。熟練技能者と未熟練者の頭の高さを比較すると、前者は頭の位置が規則的に上下しているが、後者は不規則な上下動を示している。

また、図8と図9の熟練技能者と未熟練者の鉋掛け作業開始時の姿勢における頭、左手、腰のy座標値を図10に示す。同図から熟練技能者は前傾姿勢であるが、未熟練者は上半身が立っている姿勢をしていることがわかる。

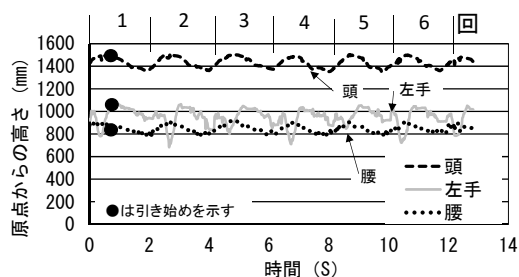


図8 熟練技能者の頭、左手、腰の原点からの高さ(y座標値、被削材長さ910mm)

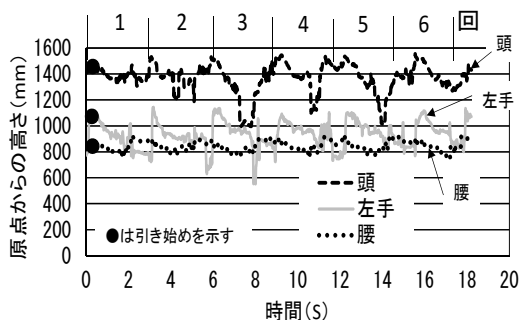


図9 未熟練者の頭、左手、腰の原点からの高さ(y座標値、被削材長さ910mm)

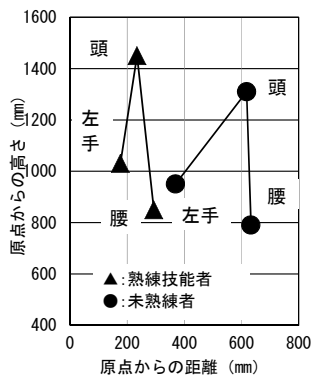


図10 鉋掛け作業開始時の頭、左手、腰の位置(被削材長さ910mm)

熟練技能者と未熟練者の鉋掛け作業時に生じる力の関係を測定した。図11から熟練技能者の鉋掛け作業時に生じる力は、引く力が120~150N(平均140N)、押す力が150~200N(平均180N)、水平方向に生じる力が10~20N(平均15N)であった。熟練技能者の引く力と押す力の関係は、引く力を基準とすると概ね1:1.5の関係であることがわかった。

未熟練者については、図12から引く力が100~120N(平均110N)の範囲で、押す力が130~150N(平均130N)、水平方向に生じる力が-10~10N(絶対値の平均で10N)であった。未熟練者の引く力と押す力の関係は、引く力を基準とすると概ね1:1.1の関係であった。

ここで熟練技能者と未熟練者の鉋屑の厚

みを測定すると、未熟練者の厚みは0.02mm~0.04mm、熟練技能者は0.01mm~0.02mmで、未熟練者は熟練技能者の約2倍の厚みであった。熟練技能者は鉋の刃の出を小さくして鉋を強く押さえているが、未熟練者は鉋の刃の出を大きくして鉋を軽く押さえている傾向が捉えられた。

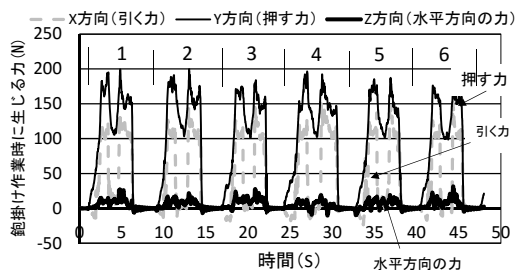


図11 熟練技能者の鉋掛け作業時に生じる力(被削材長さ1820mm)

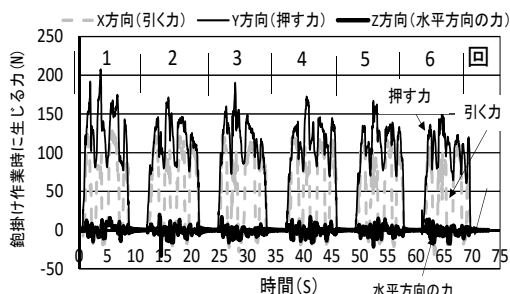


図12 未熟練者の鉋掛け作業時に生じる力(被削材長さ1820mm)

以上のことから、熟練技能者は鉋掛け作業開始時から前傾姿勢を保って規則的な動作を行なっている。未熟練者は上半身が立った姿で鉋掛け作業を開始し、頭の上下動が不規則であることがわかった。さらに、熟練技能者は押す力が引く力の約1.5倍であるが、未熟練者は押す力と引く力が概ね同等である傾向を捉えることができた。

③刃研ぎは、ノミと鉋の刃研ぎ作業について実験を行なったがノミの刃研ぎについてのみ述べる。ノミの刃は幅が24mm、刃先角度は28°から30°のものを用いた。研磨には粒度の異なるものを3種類(#120、800、6000)の砥石を用い、研磨後の刃物角度の変化を把握するために測定終了後に刃物角度定規で確認した。被験者は熟練技能者5名、未熟練者5名である。

被験者には刃研ぎ作業を30往復させ、作業時の関節の位置を測定器(Microsoft社製Kinect)で測定するとともに、研磨時に力の入っている指に指装着型センサ計測システム(以下、指圧センサと称す)を取り付けて指圧を測定した。指圧センサを取り付ける指は研磨時、被験者が特に力を入れていると認識している指2本に取り付けることとした。

図13に被験者と測定器の位置関係を示す。座標軸は図14に示すように被験者の左右方

向を X 方向、前後方向を Y 方向、高さ方向を Z 方向とした。

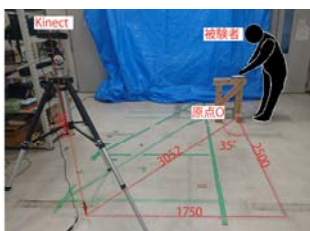
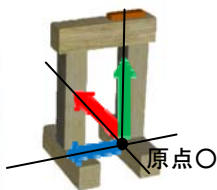


図 13 実験概要(単位: mm)



X 方向: 左右方向
Y 方向: 前後方向
Z 方向: 高さ方向
図 14 座標軸

熟練技能者と未熟練者の刃研ぎ作業時の頭と腰の平面的な動き(図 13 中の XY 平面上の動き)と、左手の砥石に対する動き(図 1 中の Y 方向への動き)に差異が認められた。

図 14 に熟練技能者と未熟練者の XY 平面上における頭の位置を示す。熟練技能者の方が未熟練者よりも頭の動く範囲が狭く、砥石の幅方向(X 軸)に対して平行移動していることがわかる。一方、未熟練者の頭は広い範囲で動き、砥石の長さ方向(Y 軸)にも頭が動いているのがわかる。この傾向は図 15 に示す熟練技能者と未熟練者の XY 平面上における腰の動きと同様であった。

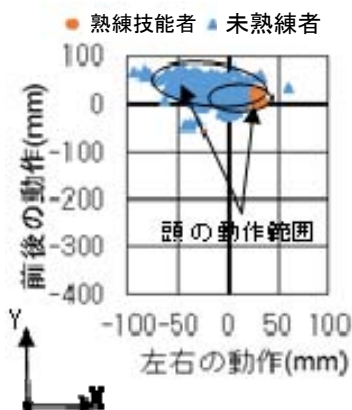


図 14 熟練技能者と未熟練者の刃研ぎ作業時における頭の動作範囲

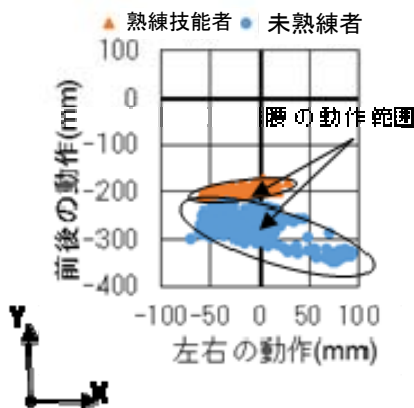


図 15 熟練技能者と未熟練者の刃研ぎ作業時における腰の動作範囲

図 16 に熟練技能者と図 17 未熟練者に # 800(中砥石)の砥石による刃研ぎ作業時に生

じる力の関係を示す。

図 16 から熟練技能者の力の入れ方は押す時に力を入れ、引く時は力を抜く、規則的かつ一定の力加減で刃研ぎ作業をしていることがわかる。一方、図 17 に示す未熟練者の引く時の力の抜け具合には 2 段階に分かれて下がる部分が存在する。1 段目は引く時に力を入れている部分、2 段目は引き動作の終わりに力を抜いた部分であると推察される。このことから未熟練者は押す時も引く時も力を入れる不規則な力で刃研ぎ作業をしていることがわかった。

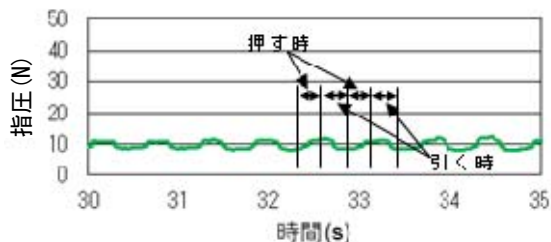


図 16 熟練技能者の刃研ぎ作業時に生じる力

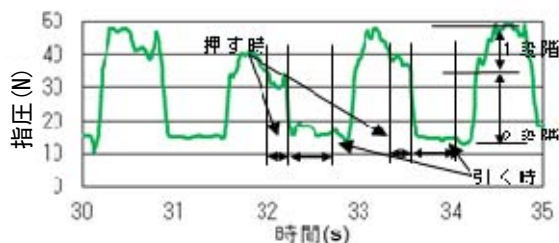


図 17 未熟練者の刃研ぎ作業時に生じる力

以上から、熟練技能者は刃研ぎ作業をする際に狭い範囲で身体を動かしているが、未熟練者は広い範囲で身体を動かしていることが把握できた。熟練技能者は押す時のみに力を加え、未熟練者は押す時も引く時も力を入れて刃研ぎを行なう傾向がわかった。

(3)当初目標としていたゴルフのシミュレータのような装置は解析動画のリアルタイム表示が技術的に不可能であったが、解析画像と測定した関節座標のグラフを表示させるカルテのような教材を作成した。鉋掛け作業における動作解析の結果を図 18 に例示する。図中の赤線は被験者の骨格を示し、左上の緑線は被験者が掛けている力の向きを表している。この図 18 と前掲図 8 や図 9 に示した測定結果を併記した作業改善のためのカルテを作成する教材を開発した。

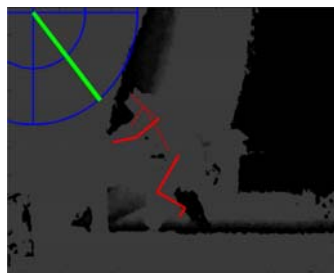


図 18 鉋掛け作業における動作解析の結果

これまで述べてきた動作解析結果に基づいた教材は、効率よく基本的な大工作業を習得することに活用できると考えられる。具体的には、熟練技能者の動作解析結果から、熟練技能者の作業時の型(フォーム)、作業のコツを学べる。また、未熟練者自身の動作解析結果を分析することで、自らの作業姿勢、視線、力の掛け方などを客観的に把握し、作業の改善に活かすことができる。

得られた成果を工業高校生や所属施設の学生に対して適応した結果、作業の改善が見られたので、有用な教材であることが確認できた。これらの成果に基づいて、今後もデータを蓄積するとともに、職業訓練に活用し、建設業界の人材不足に貢献したいと考えている。

<引用文献>

- ①村松 貞次郎、わが国大工の工作技術に関する研究、(財)労働科学研究所出版部、1984.2
- ②永雄 五十太、大工道具入門、井上書院、1981.7
- ③永雄 五十太、絵でみる大工道具もの知り事典、井上書院、1980.3
- ④大下 敦、木工の用具と使い方、美術出版社、1980.3
- ⑤戸張 公之助、家庭大工～道具の使い方入門～、日本文芸社、1993.12
- ⑥佐藤 庄五郎、図解木工技術～日曜工作から専門まで～、共立出版、1980.5
- ⑦(独)雇用・能力開発機構 職業能力開発総合大学校 能力開発センター、木材加工系実技教科書、雇用問題研究会、1976.3
- ⑧(独)雇用・能力開発機構 職業能力開発総合大学校 能力開発センター、木造建築実技教科書、雇用問題研究会、1976.3
- ⑨永雄 五十太、図でわかる大工道具、理工学社、1986.1
- ⑩日本建築士会、大工道具の本、理工学社、1998.7
- ⑪WOODY STYLE 週末工房編集部、木工手道具入門、誠文堂新光社、2005.5
- ⑫星野 欣也、図説 基礎木工工具の使い方、信山社、1997.10
- ⑬佐藤 日出夫、木材作業の実技、理工学社、1973.11

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計0件)

[学会発表] (計5件)

- ①西口 光太郎、塚崎 英世、玉井 瑞又、定成 政憲、前川 秀幸、松留 慎一郎、大工技能の動作解析に関する研究 - 刃研ぎ作業について - 、日本建築学会、2017.9.3、広島工業大学(広島市)
- ②塚崎 英世、玉井 瑞又、近藤 聖徳、前川 秀幸、松留 慎一郎、大工技能の動作

解析に関する研究 - 鉋掛け作業について - 、日本建築学会、2016.8.24、福岡大学(福岡市)

- ③赤澤 慶一郎、塚崎 英世、玉井 瑞又、前川 秀幸、松留 慎一郎、近藤 聖徳、建築大工技能の文献調査およびアンケート調査による分析、第23回職業能力開発研究発表講演会、2015.10.30、職業能力開発総合大学校(小平市)
- ④近藤 聖徳、塚崎 英世、玉井 瑞又、前川 秀幸、松留 慎一郎、大工技能の動作解析に関する研究、日本建築学会、2015.9.6、東海大学(平塚市)
- ⑤近藤 聖徳、山口 哲平、塚崎 英世、玉井 瑞又、前川 秀幸、松留 慎一郎、建築大工技能の科学的手法にもとづいた指導法に関する研究、第22回職業能力開発研究発表講演会、2014.10

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松留 慎一郎 (MATSUDOME Shinichiro)
独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構職業能力開発総合大学校(能力開発院、基盤整備センター)・能力開発院・教授
研究代表者番号：10157331

(2) 研究分担者

塚崎 英世 (TSUKAZAKI Hideyo)
独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構職業能力開発総合大学校(能力開発院、基盤整備センター)・能力開発院・助教
研究者番号：60648913

前川 秀幸 (MAEKAWA Hideyuki)
独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構職業能力開発総合大学校(能力開発院、基盤整備センター)・能力開発院・准教授
研究者番号：20649199

玉井 瑞又 (TAMAI Mizuyasu)
独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構職業能力開発総合大学校(能力開発院、基盤整備センター)・能力開発院・准教授
研究者番号：20725965