

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 18 日現在

機関番号：32702

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23730362

研究課題名(和文) 工作機械産業における熟練技能の技術への置換による人材育成システムの提案

研究課題名(英文) An Educational Program Development Method for Accelerating Human Resource Development of Expert Skills in Machine Tool Industries

研究代表者

湯川 恵子 (YUKAWA, Keiko)

神奈川大学・経営学部・准教授

研究者番号：20420763

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円、(間接経費) 630,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではわが国の工作機械産業に着目し、高度熟練技能人材育成を加速化させるためにマシニングセンタの加工作業の重みづけを行うことで、どのような時期にどのような作業をどのような方法で教育していくと人材育成が加速化されるかを熟練技能の可視化、即ち技術への置換可能性によって明らかにした。結果「OJTでの教育が効率的な作業群」「Off-JTでの教育が可能な作業群」「熟練技能のまま伝承する高度熟練技能群」に分類可能であることが導き出され、人材育成加速化のカギを握るOff-JTの有効活用の指針を提示するとともに「熟練技能として存続する作業」即ちわが国の競争優位性としての高度熟練技能の存在が強調された。

研究成果の概要(英文)： In this study, we discuss human resource development on expert skills in machine tool industries. The problem of OJT based training is to take time to fulfill the personnel training by OJT. It was also found, on the other hand, personnel training programs with Off-JT have not been improved until today due to lack of trainers and time for preparation.

We therefore proposed a framework of effective personnel training programs. For this purpose, we decomposed a machining process of machining centers into operational processes, and analyzed the operational processes to correlate their degree of difficulty, education method, education stage, occurrence frequency, and skill dependency. By this method, we clarified kinds of operational processes, timing for education, and methods of transfer. This suggestion would be useful for small and medium companies in the machine tool industry to develop their educational programs step by step according to their resource situation.

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：経営学

キーワード：熟練技能 人材育成加速化 工作機械産業 技能の可視化 技能伝承 国際競争力

1. 研究開始当初の背景

熟練技能はわが国のものづくり産業の競争優位性の源泉として広く認知されている。しかし、これ以上先送りできない熟練技能者の退職に加え、若者のものづくり現場離れは少子化も相まって、ベテラン技能者から若手への技能継承が質・量ともうまく進まなくなるばかりではなく、わが国製造業が強みとしてきた「現場力」の維持すらいっそう難しくなる恐れがある。

こうした熟練技能を取りまく昨今の現状を鑑みると、いかに効率的に技能を伝承し、これまでたとえば10年かかっていた高度技能人材育成を5年へと加速化させる道筋を探っていくことが喫緊の課題となっているのはいうまでもない。ところが今日、熟練技能伝承への関心がますます高まってきている反面、熟練技能伝承にまつわる問題点は今なお解決されていない大きな課題となっている。これらの問題点から熟練技能を「どのように」伝承していけばいいのか、その方法論についての研究が待たれており、各方面でその研究の取り組みが行われている。

従来のプロジェクトや研究、あるいは企業内活動の成功例では、熟練技能と言っているものをデジタル化したり文書化したり計測装置を使って分析したりしてデータベース化、すなわち既存のノウハウなど熟練技能をデータベース化することが目的となっており、この点においては一定の成果が出ているといえる。金型産業を対象に行われた経済産業省主導の「デジタルマイスタープロジェクト」もデータベース化を目的とし、そのための計測法や分析法、データベースそのものの蓄積を目指し、一定の成果を出してきた。

しかし、ある時期にデータベース化しても、当然ながら、熟練者の頭の中には技能と称するものが日々蓄積されるため、データベース化するという目的を達するには日々データベース化を継続する必要があり、このプロセスには終着点が存在しない。もう一つ重要なことは、データベース化された技術と称するものがあっても、それらを継承すべき若手技能者や技術者が理解できなければ何の意味ももたない。つまりいかなる現象もデータベース化された情報も、モデル化するというプロセスが介在しなければならぬということである。過去にはそれが機能していたので熟練技能伝承もうまくいった。しかし今日ではそれができないので伝承が問題視されているともいえる。

またデータベース化するので、海外への技能流出などという問題と対峙しなければならない。重要なことはデータベース化した結果ではなくて、熟練技能の技術化というプロセスと、頭の中で行われる現象のモデル化である。これらについての本質を明らかにすることは技能流出にはならない。なぜなら実行できるかどうかは我が国の生産文化が大きく関係していると考えられるからである。

いずれにせよ技能伝承へのニーズは大きい。しかし現状ではそれらがうまくいっているとは必ずしも言えない。そこでこうした熟練技能伝承のための新しい方法論、すなわち人材育成システムを明らかにしていく試みで、我が国のものづくり産業の競争優位性を可視化し、熟練技能の技術への置換可能性の視点から熟練技能者の手技をモデル化し、人材育成の取り組みを加速化させる知見を得たいと考えた。

2. 研究の目的

今日、わが国のものづくり産業の優秀性を支えてきた熟練技能の低下や崩壊を招く危険性が高まっており、技能伝承の効率化や加速化が不可避の課題となっている。機械を生み出す機械＝マザーマシンと呼ばれ、高度な熟練技能に支えられている工作機械産業では、すでに生産額27年間世界の座を2009年に中国、ドイツに追い越されてしまった。

しかし優れた熟練技能を基盤とした高い開発力においてはまだまだ世界トップ水準を維持している。そこで本研究では、工作機械産業を対象としてわが国の高度な熟練技能伝承を支援する「熟練技能の技術への置換」による新しい人材育成策を提案し、高齢化による熟練技能者の技能喪失と若手人材育成の加速化という課題の双方を解決する。

3. 研究の方法

本研究ではまず「熟練技能」について、先行研究を整理しながら本研究における定義づけを行った。そのうえで工作機械産業におけるマシニングセンタ(以下、MC)の加工工程を取りあげ、工程に従って分類した各作業を「技能依存度」「出現頻度」「教育の時期」「教育方法」の項目で5段階で点数化、作業に対する各社の点数の平均値から分析を行った。アンケートに際しては、社団法人日本工作機械工業会の協力を得て、技術委員に登録されている工作機械メーカーに対して調査を行い、回答を得た(回収率38.7%)。

4. 研究成果

(1) 「熟練技能」の考え方

まず重要となるのが、熟練技能の定義である。『機械工学便覧』を見てみると、熟練技能には6つの代表的な定義がある。たとえば、「物事を行う腕まえ、技量」、「技能とは、経験の蓄積によって特定の人に身についている、ものを作る能力や知識、技術とは、客観化・形式知化されたものを作る方法や手順」などとされている。個人に固有の身体的な知として、熟練技能は暗黙知と関連付けて議論されることも多い。

一方で熟練技能を技術に置き換えてこの問題に対処していくことは、いいかえれば暗黙知の形式知化の手法ともいえる。しかしここでいう暗黙知は、ITでシステム化しようと思っても、アルゴリズムやプログラムになら

ない知が暗黙知というわけではない。そうではなく暗黙知は科学的な発見や創造的な仕事に作用した知のことで、暗黙知と形式知は表裏一体であり、熟練技能と技術も切り離して考えるものではない、と松岡は指摘している。

しかし熟練技能伝承の問題では、熟練技能といえは競争力の源泉であり、付加価値の高いものと広く信じられているために、たとえばある個人の暗黙知すなわち熟練技能が、実はそれ以外の人にとって形式知(技術)となっていることに気づきにくく、技能偏重が進めば進むほど教育が難しいということになってしまう。こうした難しさゆえにこれまで、あいまいなままにされてきた熟練技能を文字通り暗黙知のまま放置するのではなく、可視化できる部分に焦点を当てて、熟練技能を分類したうえで、人材育成加速化にアプローチしていく必要があると考える。

そこで本研究では、熟練技能を「勘、経験、手作業など、個人ないし組織が保有する加工、組立等に活用する方法・手段のうち、明確なドキュメント化がなされておらず、組織や個人がいわゆる“暗黙知”として保有しているもの」と定義し、その作業を遂行できる能力として熟練技能を捉えた。一方で技術を「機械化、数値化、データベース化、ドキュメント化など、個人ないし組織が保有する加工、組立等に活用する方法・手段のうちいわゆる“形式知”化されているもの」として、個人の能力に依存しなくても作業可能なものを技術と捉えた。その上で現場において習得すべき優先度の高い作業は指示書やマニュアル化して教育に組み込んでいったほうが効率的に教育できるため、人材育成の加速化につながるという視点に立って分析を進めた。

(2) マシニングセンタ加工作業の関連性分析

効果的な熟練技能人材育成のために、工作機械産業における作業を抽出し、技能依存度や現状での教育の時期などからそれぞれの作業の重みづけを行うことで、どのような時期に、どのような作業を、どのような方法で教育していくと人材育成が加速化されるかを明らかにしてみたい。

そこで MC 加工工程から手順に従って抽出した 33 作業を「技能依存度」「出現頻度」「教育の時期」「教育方法」の項目で評価していただき、それらの関連性から各調査項目の知見を個別に整理していく。

技能依存度

当該作業が文書化・データ化され技術として蓄積されているのか、あるいは作業者の判断や能力に依存する技能依存の作業なのかについて 1~5 段階で回答していただいた。1 では完全に文書化・データベース化され、作業者の判断や能力を必要としない作業とし、反対に 5 では文書化・データベース化は不可

能あるいは実質的に困難であり、作業者の判断や能力に大きく依存し、その習熟にかなりの時間を必要とする作業と設定した。

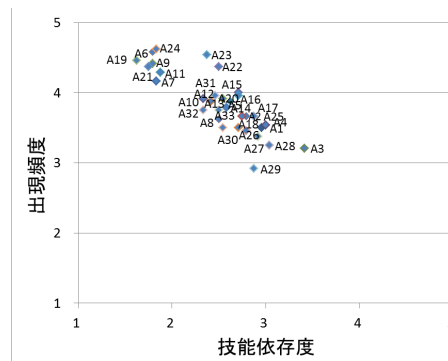


図 1 技能依存度と出現頻度の関係

技能依存度に関しては、出現頻度 $r = -.832 (p < .001)$ および教育の時期 $r = .884 (p < .001)$ と負と正の強い関連性がみられた。しかし教育方法 $r = .370 (p < .05)$ に関しては、やや弱い正の関連が見られた。技能依存度が低く個人の判断や能力を必要としない技術的な作業は出現頻度が高く、これらは教育の時期も早い段階で行われている。

また技能依存度が高い作業は基礎的な作業習得の後に教育が行われている。しかしその教育方法に関しては、図 2 の通り、弱い正の関連性があり、技能依存度が高い作業は、OJT と Off-JT の併用による教育が行われている。

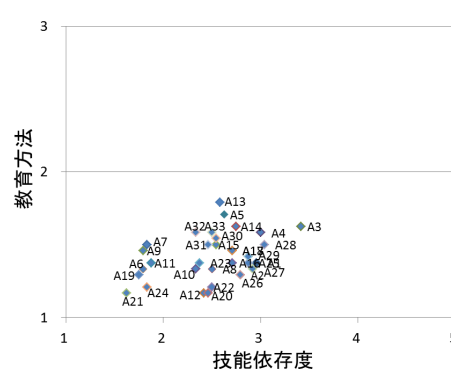


図 2 技能依存度と教育方法の関係

以上のことから、出現頻度が高い作業に関しては現場での OJT によって早い段階で教育されている。一方で、出現頻度が低い作業は現場で出現する機会が少ないため実際に経験する機会に乏しい作業であるために、OJT での教育は難しく Off-JT による教育方法が行われなければ技能習得にはつながらないということが導き出された。

出現頻度

当該作業の出現頻度について、何年かに 1 度しか出現しない頻度の低い作業を 1、日常的に出現する頻度の高い作業を 5 とし、5 段階で回答していただいた。

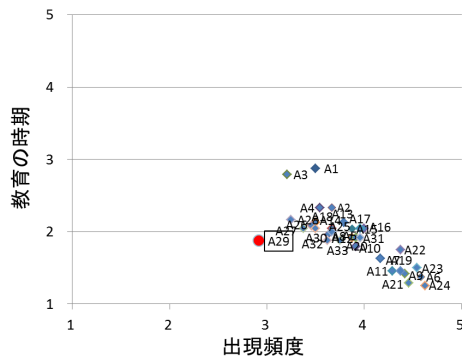


図3 出現頻度と教育の時期の関係

出現頻度と教育の時期で負の強い関連性 $r = -.780 (p < .001)$ が図 3 より見られた。出現頻度と教育方法に関しては、 $r = -.371 (p < .05)$ で負の弱い関連性ではあるが、出現頻度が高いものは OJT による教育が行われている傾向にあることがわかった。

図 3 の A29「トラブルシューティング - 異臭・異音」は、出現頻度では頻繁には出現しない作業でありながら、比較的早い段階で教育をしている特異な作業であることがわかる。これは異常事態に関することであるため、出現頻度は低い危険度・重要度が高いため、図 1 にも示されているように技能依存度が比較的高く、かつ出現頻度が低い作業ではあるが比較的早い段階で教育されていることがわかる。

また「プログラム作成 - 加工順序決定 - 全体の加工順序がわかる」(A1)については、教育の時期が最も遅いものとなっていた。この「プログラム作成」は、特にこの作業が、前提とする他の技能との関連性が強く、過去に習得した熟練技能との前後関係がなければ教育が難しいために教育の時期も遅くなっていると考えられる。作業に関する技能を習得する際に、当該作業の前提となる関連技能が存在する可能性は十分あり得る。しかしながら、もしも他の技能に関連付ける必要性の低い作業が個別に抽出できれば、その作業をできるだけ早い段階で教育してしまうことで、技能習得の加速化が可能になるだろう。

教育の時期

当該作業を入社後、どの段階で教育しているかについて 5 段階で回答していただいた。新入社すぐに教育する作業を 1、入社 10 年以降の段階で教育する作業を 5 とした 5 段階で回答していただいた。

教育の時期と技能依存度で $r = .884 (p < .001)$ の正の強い関連性が、また教育の時期と出現頻度で $r = -.780 (p < .001)$ の負の強い関連性が見られた。教育の時期と教育方法では $r = .401 (p < .05)$ の弱い関連性が見られた。図 4 に示した通り、緩やかな傾向ではあるが、教育の時期が遅くなればなるほど、OJT と Off-JT の併用による教育方法の傾向がみられた。

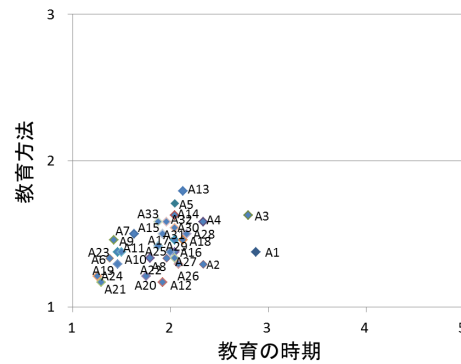


図 4 教育の時期と教育方法 (OJT/Off-JT) の関係

教育方法

OJT で教育しているのか、Off-JT で教育しているのか、あるいはその両方を併用しているのかについて回答していただいた。1 では OJT で教育、2 では OJT と Off-JT を併用、3 では Off-JT で教育していることを示している。

教育方法と技能依存度は図 2 から $r = .370 (p < .05)$ とやや弱い関連性であった。教育方法と出現頻度に関しては $r = -.371 (p < .05)$ で弱い負の関連性ではあるが、出現頻度が高いものは OJT による教育が行われている傾向にあることがわかった。教育方法と教育の時期では $r = .401 (p < .05)$ の弱い関連性が見られた。図 4 に示した通り、緩やかな傾向ではあるが、教育の時期が遅くなればなるほど、OJT と Off-JT の併用による教育方法の傾向がみられるという興味深い結果が得られた。

(3) 作業分類からみた実践的示唆

本研究で取りあげた MC 加工工程の各作業について整理すると、2 つの特筆すべき点があげられる。

教育の初期段階で技能依存度の低い作業が現場での OJT によって教育され、その次の段階で技能依存度の高い作業が OJT と Off-JT の併用で教育されている。

教育の時期と教育方法についても、Off-JT 併用による教育方法が比較的中期の段階で実施されている。

以上のことから技能依存度が中程度以上の作業は、教育の時期としては比較的早い段階で OJT のなかで作業を習熟したのち、Off-JT を併用しながら習熟していている事実が浮かびあがった。暗黙知として OJT のなかで教育され続けてきた熟練技能のなかから、モデル化するなわち形式知化が可能な作業を抽出し、これらの作業をいかにして早い段階の教育プログラムに組み込んでいくかを考えることが、人材育成を加速化させる 1 つの手立てになることが導き出された。

そこで各作業における OJT から Off-JT 併用への教育方法の流れを、技能依存度と教育の時期との関連から作業抽出してみたのが

図5である。

図5では、A群=技能依存度が低く初期の段階で教育される作業、B群=技能依存度が中程度で初期の段階の作業を習熟してから習うと理解が加速される作業、C群=技能依存度が高い作業なので最も習熟までに時間を要する作業、と読み取ることができる。

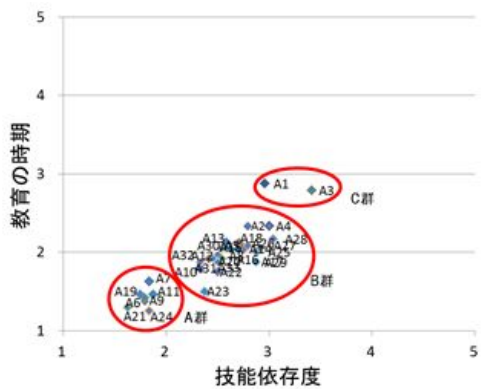


図5 MC加工作業に適した教育手法の分類

この結果から、加速度的な人材育成プログラムの構築においてカギとなるのは、図5のB群の領域で示した作業群におけるOff-JTの有効活用であると考えられる。つまり教育の時期が相対的に中間におかれる作業はOff-JTの併用により教育が行われており、この作業群を早い段階でどう教育するかという工夫が行われれば、今よりも「教育の時期」を早めることができるので、これによって熟練技能習得を加速化できるのである。言いかえると、教育すべき作業を現場で日常的に行われるOJTを基礎にして、その基礎の上に早い段階でOff-JTを有効に取り入れていくことで人材育成加速化の道筋が見えてくると考えられる。

さらに図5から読み取れることは、OJTでの教育においても、「文書化・マニュアル化する必要がなく、現場においてOJTで教育したほうが効率が良い作業」と「文書化・マニュアル化することが不可能な高度熟練技能であるためOJTのまま保存される作業」との分類である。左下のA群の範囲の作業は、教育の時期が比較的早い段階にあり、かつ図3と見比べると出現頻度も比較的高い。反対に右上のC群の囲みの中のA1およびA3の作業は教育の時期も遅く、図3からも分かるように出現頻度も低い。以上の結果をまとめると、人材育成の効率化、加速化という観点から以下の2点に集約される。

第一に、技能依存度が低く、すでに教え方のノウハウの蓄積のある作業は、整理しやすいからといって、必ずしもマニュアルや指示書にする必要はなく、現場でのOJTで教育をした方が効率的であるということ、第二に、反対に技能依存度が高く遅い時期に教育される作業群は、モデル化することを主眼とするのではなく、従来通り熟練技能のまま伝承することで、模倣を防ぎ、わが国の競争優位

性の源泉として保存しておくことが望ましい熟練技能群と捉えることができる。

そこで、工作機械産業における人材育成加速化のために初期段階での教育内容としての「OJTでの教育が効率的な作業」、中期段階における「Off-JTでの教育が可能な作業」、さらには日本の競争優位性の源泉として「熟練技能のまま伝承」する作業、の3分類でマシニングセンタの各作業を表1の通り提案する。

表1 MC加工作業における教育プログラム提案

教育方法	作業項目	
初期段階でのOJTでの教育が効率的な作業	A6	準備—始業前点検
	A7	段取り—ジグ取付・交換(段取シート・手順書に従って作業できる)
	A9	段取り—工具取付・交換(段取シート・手順書に従って作業できる)
	A11	段取り—ワーク取付(段取シート・手順書に従って作業できる)
	A19	生産加工—ワーク取付(段取シート・手順書に従って作業できる)
	A21	生産加工—切粉処理
	A23	生産加工—計測(計測器が読めて良否が判断できる)
	A24	生産加工—ワーク取り外し(面取り、バリ取り)
	中期段階でのOff-JTでの教育が可能な作業	A2
A4		プログラム作成—工具選定・制作
A5		プログラム作成—加工条件決定
A8		段取り—ジグ取付・交換
A10		段取り—工具取付・交換
A12		段取り—ワーク取付
A13		テストカット—プログラムの内容が理解できる
A14		テストカット—座標軸が決定できる
A15		テストカット—補正入力ができる
A16		テストカット—加工状態のチェック
A17		テストカット—工具のチェック
A18		テストカット—ジグのチェック
A20		生産加工—ワーク取付
A22		生産加工—加工状態のチェック
A25		トラブルシューティング—工具トラブル
A26	トラブルシューティング—仕上げ面不良	
A27	トラブルシューティング—仕上げ面不良	
A28	トラブルシューティング—仕上げ面不良	
A29	トラブルシューティング—びびり	
A30	トラブルシューティング—加工精度不良	
A31	トラブルシューティング—加工精度不良	
A32	トラブルシューティング—異臭・異音	
A33	メンテナンス—機械管理	
熟練技能のまま伝承	A1	プログラム作成—加工順序決定(全体の加工順序が分かる)
	A3	プログラム作成—ジグ選定・制作

(4)おわりにかえて

本研究では、わが国の工作機械産業に着目し、人材育成を加速化させるための熟練技能教育プログラムの構築を目的として、工作機械のうちマシニングセンタの加工作業を対象に作業を細分化し、これらの作業の重みづけを行うことで、どのような作業をどのようなタイミングでどのような方法で教育する

のかということを示した。結果、一般にOJT依存と考えられてきた熟練技能教育が「OJTでの教育が効率的な作業群」「Off-JTでの教育が可能な作業群」「熟練技能のまま伝承する高度熟練技能群」に分類可能であることが導き出された。そしてこの分類によって熟練技能教育プログラム構築の上でOJTとOff-JTの活用指針を示すとともに、「熟練技能として存続する作業」即ちわが国の国際競争力の源泉として熟練技能のまま保持可能な高度熟練技能の存在を強調することができた。

しかし本研究では、工作機械産業のごく一部の熟練技能の整理に留まっているので、今後は広く領域を拡充していくと同時に本研究から得られた知見が現場において人材育成加速化に寄与するものとなるか否かを精査していきたい。

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5件)

碓山恵子・湯川恵子・細川和彦・木村尚仁・川上敬, 工学系学生の活動履歴が「就職決定力」に及ぼす要因の研究, 工学教育, 日本工学教育協会, 2014, 査読有。(掲載決定)

湯川恵子・割澤伸一, 工作機械産業における熟練技能者の作業プロセス可視化に関する研究, 国際経営フォーラム, No.24, 神奈川大学国際経営研究所, 2013.11.30, pp.135-148 査読有。

川上敬・湯川恵子・丹羽孔明, 付加価値創出のための次世代型生産ネットワーク構造のモデル化, 生産管理学会論文誌, Vol.20, No.1, pp.91-96, 2013.10.31, 査読有。

湯川恵子・川上敬: 地域性を活かした生産ネットワーク構造の構築可能性 付加価値創出を意識して, マネジメント・ジャーナル, 第5号, 国際経営研究所, pp.43-52, 2013.3.31, 査読有。

Keiko YUKAWA・Takashi KAWAKAMI; A Manufacturing Network for Generating Added Value from a Geographical Distance for the Next Generation, Journal of Machine Engineering, Vol.11, No.3, 2011, pp.44-57, 査読有。

[学会発表](計8件)

Keiko YUKAWA・Takashi KAWAKAMI, A Manufacturing Network Simulation for Overcoming Geographical Distance Making the Best Use of Regional Management Resources, 1st International Conference of Production Management(ICPM)2013, Eastern International University (Ho

Chi Minh City), 2013.9.10.

碓山恵子・湯川恵子・細川和彦・木村尚仁・川上敬「工学系学生の活動履歴と「就職決定力」の関係性に関する研究」第61回工学教育研究集会, 日本工学教育協会, 新潟大学, 2013.8.30.

湯川恵子・佐々木智之・碓山恵子・三上行生・割澤伸一「統合的コミュニケーション能力を身につけたエンジニア教育に関する研究」第60回工学教育研究集会, 日本工学教育協会, 芝浦工業大学, 2012.8.23.

碓山恵子・湯川恵子・石田眞二・真田博文・木村尚仁・川上敬「学習する組織への変革をうながす創造的会話手法の研究」第60回工学教育研究集会, 日本工学教育協会, 芝浦工業大学, 2012.8.22.

湯川恵子・割澤伸一「作業の関連性に着目した熟練技能者の思考プロセス可視化による人材育成加速化の研究」日本機械学会生産システム部門研究発表講演会 2012, 日本機械学会, 武蔵大学, pp.77-78, 2012.3.13.

湯川恵子・佐々木智之・碓山恵子「統合的コミュニケーション能力育成の手だてに関する研究」第59回工学教育研究講演会, 公益社団法人日本工学教育協会・北海道工学教育協会, 北海道大学大学院工学研究院, 2011.9.10.

湯川恵子・川上敬「組織構造設計のための人間関係ネットワーク類推手法の提案」日本経営学会北海道部会, 北海学園大学, 2011.7.16.

湯川恵子・割澤伸一「工作機械産業の熟練技能可視化による人材育成加速化に関する研究」2011年度組織学会研究発表大会, 組織学会, 慶応義塾大学, pp.163-166, 2011.6.4.

[図書](計1件)

佐藤郁夫, 森永文彦, 松本源太郎編著, 湯川恵子他分担執筆『北海道の企業 第3集』北海道大学出版会, pp.119-139 (5章), 2012.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

湯川 恵子(YUKAWA, Keiko)
神奈川大学経営学部・准教授
研究者番号: 20420763