

# 労働集約型作業における 人材力向上に関する研究

北見工業大学 YU YATING

## 1. はじめに

労働集約型作業では評価指標の一つとして生産性が用いられ、自動化およびIndustrial Engineering (IE) に基づく作業改善により生産性向上が図られている。他方、企業経営の視点からは、生産性の計画と実績との差が小さいことも重視される。生産性の目標の実績の差が大きくなるほど、顧客、投資家からの信頼が低下すること、および目標未達成による補償費用が増加する現象が実社会で見られる。生産性の目標と実績の差が生じる原因は、機械的要因と人的要因に大別されると考えられる。機械的要因に対処するために、機械工学、信頼性工学などの分野において作業を自動化するための研究が多く行われている。他方、人的要因に対する対処方法に関する研究は多くないと考える。人的要因に関しては、主要な要因として作業者の適性、知識・経験の個人差が挙げられる<sup>1) 2)</sup>。生産管理の立場からは、生産を計画通りに実施するには、作業者が実際に作業に就く前に作業適性を判定する方法が必要と指摘されている<sup>3)</sup>。また、労働集約型作業では、作業者の技能（知識・経験）が生産性や品質に大きく影響するため、作業者の効果的な技能教育が求められる<sup>4)</sup>。また、知識・経験を習得した熟練作業者が離職により不足することも生産性の実績の確実性が高まることにつながると考えられている。

そこで、本報告では、現在取り組んでいる労働集約作業における生産性に関わる人材力向上に関する研究について、3つ紹介する。

## 2. 作業適性評価方法に関する研究

生産性の計画と実績の差が生じる人的要因として作業者の作業適性の観点から作業が始まる以前の採用段階、または職務設計段階において作業適性を評価する方法を提案した<sup>5)</sup>。

作業適性を動作の観点から見れば、多くの作業では人間の視覚と手の協応動作が求められる。協応動作が求められる具体例として、選別作業が挙げられる。選別作業のような協応動作が必要とされる作業では、視覚探索により色および形状の欠陥が検知され、コンベヤーを止めることなく、欠陥品が手で排除される。しかし、視覚探索の難易度は検査条件に依存することから、協応動作が求められる作業に対する作業適性を評価するためには、現実の作業工程を模倣し、対象の種類、大きさ、欠陥の種類などの作業条件を設定し、作業適性を測定する必要がある。さまざまな作業条件を容易に設定することを可能にするためには、人工現実感 (Virtual Reality, VR) を利用する方法が考えられる。作業適性を測定するためにVRを用いる方法については、本研究においても取り上げる。具体的な作業として、食品製造工程における選別作業を想定する。食品製造工程における選別作業は、品質を左右する重要な役割を持つものの、機械化や抜き取り検査の実施が容易でないケースもあり、労働集約的な側面が強いことが知られている。そのため、選別作業における個人の作業適性を評価することは、生産性向上の重要な課題となっている。そこで、VR装置を用いて食品製



図1 実機による選別作業の様子

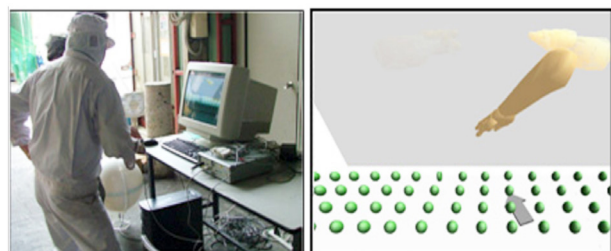


図2 VR装置による選別作業の様子

造工程の欠陥品を正確かつ迅速に取り除くことのできる選別作業適性を推定することを考えた。

選別作業の作業時間を測定するために、図1および図2に示す装置を製作した。まず、実コンベヤーおよびVR装置を製作し、多様な原材料、コンベヤー速度、欠陥品の種類と位置等の作業条件を設定した実験を行う。次に、クラスター分析を用いて実コンベヤーで得られたデータ（選別作業時間）を基に、被験者を複数の選別作業適性グループに分ける。その後、交差検証法を用いて、VR装置により得られたデータ（選別作業時間）から実コンベヤーでの選別作業適性を推定するためのモデルを作り、モデルに基づき作業員の選別作業適性を推定した。さらに、選別作業適性と人員配置との関係も考察した。適用例において、提案方法により食品製造工程に配置されている作業員の選別作業適性の推定が可能となることを示した。

### 3. 機械設備保全作業教育支援システムの開発に関する研究

作業準備を終えた後の生産段階において、人的要因の知識・経験の個人差を低減するための作業教育支援方法を提案した<sup>6)</sup>。労働集約型作業は加工・組立作業だけではなく、倉庫内作業および機械設備の

保全作業などにおいて広く投入されている。労働集約型作業は主として人の労働力により遂行されるため、作業教育の重要性は高い。特に、機械設備保全作業では、生産性に加え、安全面の視点からも作業教育が重要視されている。本研究では、作業準備を終えた後の生産段階において、人的要因に関わる知識・経験の個人差を低減するための作業教育支援方法を提案した。

プラスチックやタイヤなどの多様な工業製品の原料となる基礎化学品はわが国の生産活動には必要不可欠であり、化学プラントにおいて生産されている。化学プラントは新規建設が少なく、設備の長期使用とそれに伴う設備の老朽化を余儀なくされている。このような状況下で運用される科学プラント設備は、長期使用によって腐食、劣化、割れ等の損傷が生じるため、設備の保全作業が重要となる。設備診断により損傷が発見されたときには、その損傷に対して適切な補修作業が行われなければならない<sup>7)</sup>。大規模な化学プラントにおいて、ひとたび事故が発生すれば、重大な災害を引き起こされ、従業員やプラントに多大な被害が及ぶ可能性がある。化学プラントにおける事故は、誤操作が原因となる場合と機械設備の故障が原因となる場合がある。誤操作による事故は、類似の装置を間違えて操作した、疲労や緊張により誤った操作を実施したなどの「誤操作」や、認知していたが思い出せず誤った判断をした、作業の意味を理解せず誤った判断をしたなどの「誤判断」、必要な確認を実施しなかったなどの「誤認識」等、多くが人為的なミスに起因して発生している<sup>8)</sup>。そのため誤操作の防止および運転効率向上のために、プラントの自動化、機械化が急速に進んでいる。それにより、プラントは長期にわたって安定的に稼働している。一方で、生産コストを低減させるため作業員の数は一減少傾向にあり、1人作業が増加している。このような背景により、作業員の異常・緊急事態への対応力が不足し、マニュアルがあっても、適切に操作が行われないことがある。機械設備の故障による事故を防ぐために保全作業が行われる。設備保全作業のために作業員が国内外から採用され、日本の研修センター等であらかじ

め設備保全作業の研修を受ける。作業員は研修を受けた後に国内外の化学プラントに派遣される。近年は、東南アジアからの作業員が国内で研修を受け、諸外国の化学プラントの設備保全作業に派遣される頻度が増加している。設備保全作業の研修内容には、作業手順、治工具の使い方、安全教育、品質に関する注意等の広範な内容が含まれる。研修の実効性を高めるために座学に加えて実習も行われる。座学と比較して実習は機材の準備に時間を要することおよび台数の制約による待ち時間が発生する。また、未経験者には使用目的すら分からない治工具も多数あるため、個々の工具に対して、専門的な知識や技能の教育が必要とされ、多くの実習時間を要する。しかし、海外から研修に参加する作業員は、研修期間が数週間に限られているために、研修期間内に全ての機械設備に関する保全作業の実習を行うことは難しい。全ての機械設備に対する作業手順や治工具の使い方を習得することが困難であることから、技能や知識が不完全なまま現場に派遣されている<sup>9)</sup>。そこで、研修で学ぶことができなかった作業方法や知識を後日派遣先において座学および実習により学ぶことが対策として求められる。さらに、座学により学ぶことは、設備や工具の大きさ、重さ等、作業遂行のために必要となる感覚を知ることができないという課題がある。実物に触れながら、作業方法を学ぶことが重要であると考えられる。また、プラントの機械設備は最大で7年に一度しか保全作業が行われないこともあり、熟練作業員であっても十分に作業方法等を記憶しておらず、紙に記された作業手順書を見ながら作業が行われることがある。作業手順書だけでは、機械設備の分解、点検、再組立の動作が詳しくは伝わらない。そのため、映像により過去に行われた作業方法を参照できる仕組みが望まれる。映像を見ながら作業現場で治工具および装置に直接触れて、重量、大きさ、質感等を体感することができれば、現実感を持ち、かつ円滑に設備保全作業方法を学習できると考えられる。ある設備保全会社ではウェアラブルデバイスおよび保守・点検作業管理システムにより収集した情報や作業ノウハウを現場作業員に提示できる教育ツールが開発され

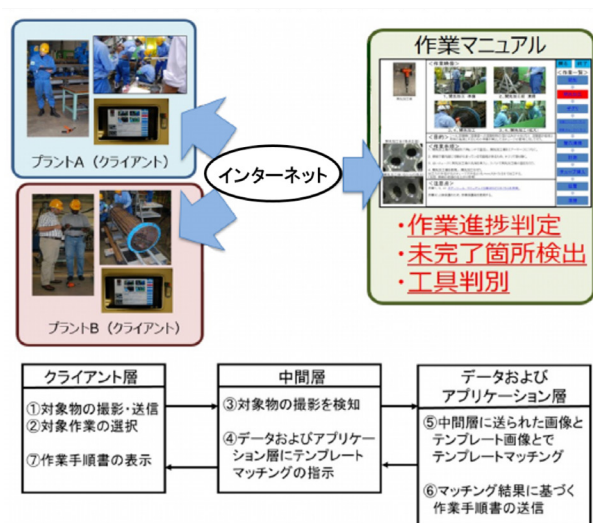


図3 本システムのイメージ

ている<sup>10)</sup>。しかし、この教育ツールは、名称が分からない工具の使用方法に関する情報を表示することは困難である。従って、工具の名称を自動で判別し、使用方法を作業者に提示することを可能にする方法が必要と考えられる。

そこで、作業現場において作業員自身が作業方法を学習できるようにするための作業教育支援システム（図3）として実装する。さらに、設備保全作業を具体例として取り上げる。作業現場で実機に触れ、安全と生産性の両方を考慮して、保全作業の教育を受けることを可能にする支援技術の有効性を調べる。具体的には、タブレットPCの背面カメラにより工具を撮影する。得られた画像に対して画像処理を行うことにより、工具の種類を判別する。次に、画像処理の結果に応じた工具の使用方法を動画や図、文章で表示する。これにより作業者に工具の使用方法を教示できるようにする。次に点検中の機械設備の映像から作業進捗を判定できる機能を開発した。この機能により作業進捗に合わせて、逐次的に作業者に作業方法の指示を出すことを可能にした。

#### 4. 従業員の職務満足に関する研究

従業員が熟練者となった段階を測定し、熟練作業員を含む従業員が離職を考えるメカニズムを明らか



にした<sup>11)</sup>。従業員のモチベーションは、職務満足と関係があると考えられる。生産計画を着実に遂行し、生産性の目標値を達成するためには、従業員の職務遂行に対するモチベーションが求められる。国内の製造企業では、製造コストの低減、販路拡大などを主な動機として、生産拠点の海外展開が進められている。そして、多くの生産拠点が展開されている中華人民共和国（以降、中国）では、製造業における離職率が高いことが報告されている<sup>12), 13)</sup>。中国における従業員数約2,100名および600名の電池製造企業2社の平均離職率が43.9%と高い値であったことがZhang等<sup>14)</sup>の調査により示されており、文献<sup>13)</sup>における調査結果と整合している。そのため、中国における生産拠点では、従業員の継続就業意思を高めることが求められている。継続就業意思に関わる従来研究は、対極の視点から転職意思が高まる構造を解明することが主たる目的とされている。その中でも、転職意思が職務満足からの影響を受けることは、多くの研究により示されている<sup>15), 16)</sup>。さらに、職務満足もまた、複数の要因（以降、職務満足要因と呼ぶ）から影響を受けると考えられている。また、従来研究では、単年度の調査データに基づき職務満足要因から転職意思への影響が分析されており、複数年にわたる職務満足向上施策の効果を検証された報告は少ない。

そこで、中国生産拠点において4年間にわたり実施された職務満足向上施策を事例として用い、従業員の職務満足要因から継続就業意思への影響を分析した。質問項目では、継続就業意思に関しては会社への継続就業意思、今の仕事への継続就業意思および今の仕事に対する意欲からなる3項目を設定した。職務満足要因は、MSQ（ミネソタ職務満足尺度）短縮版に記されている20項目<sup>17)</sup>およびHerzbergが示した16項目<sup>18)</sup>を基にし、両方に共通する項目はまとめ、29項目を設定した。質問紙調査による回答に対して、多数の職務満足要因が持つ情報を抽出するために、主成分分析により低次元空間に情報を縮約した。また、主成分分析により得られる少数の主成分から職務満足に影響が及ぶことを表すパス、さらに職務満足から継続就業意思に影響が及ぶことを

表すパスからなる構造モデルを仮定した（図4）。調査データのクロス集計から、年度により継続就業意思に有意差があることが確認され、年度別に職務

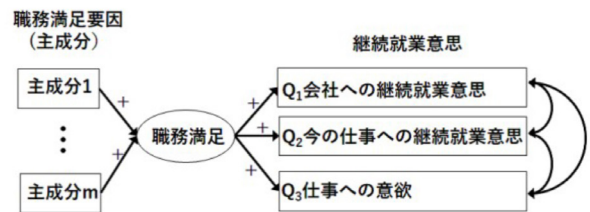
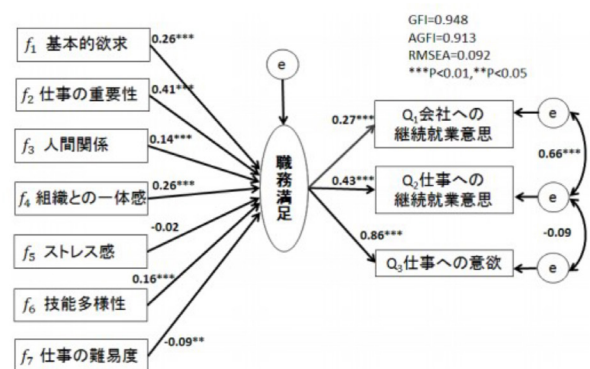
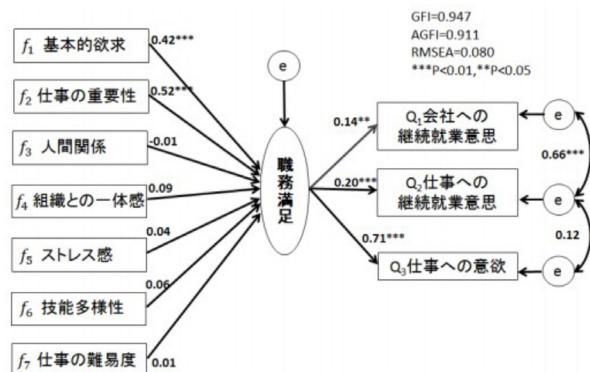


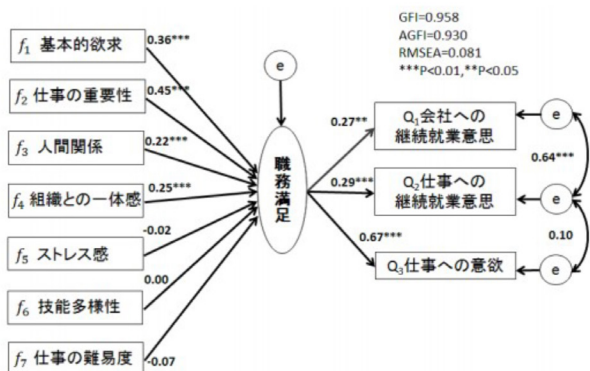
図4 継続就業意思構造モデル



(1) 2012 年度



(2) 2014 年度



(3) 2015 年度

図5 調査年度別継続就業意思構造モデル

満足要因から継続就業意思への影響を共分散構造分析により、全ての年度で継続就業意思への影響が有意な職務満足要因と、年度により影響の有無が変わる要因があることが確認された（図5）。

## 5. まとめ

本報告では、労働集約型作業における生産性の計画と実績の差を低減することを目的として、人的要因による影響を軽減できる提案方法を紹介した。

生産準備段階において、人的要因に含まれる作業適性を評価する方法を提案した。食品製造工程における選別作業を対象とした適用例により、VRを用いて測定される仮想作業域における作業特性から実工程における作業特性を推定できる可能性が示された。

生産開始後の段階において、人的要因に含まれる知識・経験の個人差を低減する方法を提案した。機械設備の保全作業を対象とし、画像処理を用いて工具種別の判定、作業進捗の判定を行う方法を提案した。適用例により、作業現場において作業員自身が作業方法を学習できるようにするための作業教育支援装置の開発が可能であることが示された。

従業員が熟練者となった段階において、熟練者の離職を低減する方策を実施するために離職願望が生じるメカニズムを考察した。新興国における生産拠点において複数年にわたり実施されている職務満足向上活動を事例とし、離職願望（または継続就業意思）は従業員満足により影響を受けること、従業員満足は複数の従業員満足要因の影響を受けることが明らかになった。また、従業員満足要因には年度により影響の有無が変わる要因と変わらない要因があることも示された。さらに、従業員満足向上施策がどの従業員満足要因に影響を及ぼしているのかを統計的に明らかにできることも示された。

今後の研究課題は、サービス業における生産性に関わる人材力向上に関する方法を提案する。

## <参考文献>

- 1) 古川勇二:CIM総論 (1) 製造業の課題と対応, 計測と制御, Vol.30, No.12, pp.1050-1053 (1991)
- 2) 赤木文男, 大崎紘一, 菊池進:技能と作業能力との関係: 第1報, 手による小さな部品の組立の場合, 日本機械学会論文誌, Vol.43, No.370, pp.2389-2396 (1977)
- 3) 蛭田礼弥, 白木信:RT法を用いたクレペリン型検査の判定, 品質工学, Vol.16, No.6, pp.50-59 (2008)
- 4) 原口春海, 貝原俊也, 藤井信忠:セル生産における技能向上を目的とした作業者の配置に関する研究, 日本機械学会論文誌Vol.81, No.825 (2015)
- 5) 于亜婷, 梶原康博, 滝聖子, 新里隆:食品製造工程における選別作業適性評価手法に関する研究, 日本経営工学会論文誌, Vol.67, No.3, pp. 242-251 (2016)
- 6) Yu.Yating,Yuji.Yamazaki,Yasuhiko.Kajihara,Tomoyuki.Akashika,Kazuhiko.Izumi,Mitsuru.Jindai,Development of a system for practical skill training of maintenance personnel, Innovation and Supply Chain Management, Vol.9, No.3, pp.83-88 (2015)
- 7) 内田昌克:化学プラントの設備補修技術の現状と問題点, 溶接学会誌, Vol.56, No.6, pp. 358-367 (1987)
- 8) 経済産業省:産業事故の発生防止に向けた対応の方向性 [https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan-shohi/koatsu\\_gas/pdf/002\\_02\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan-shohi/koatsu_gas/pdf/002_02_00.pdf) (2013)
- 9) 鈴木剛, 野村光俊, 森正美:プラント安全運転と技能伝承・教育へ向けた保守・点検作業支援システムの開発, 計装, Vol. 48, No. 6, pp. 27-31 (2005)
- 10) 金井務, 利島康司:平成20年度石油化学コンビナートのメンテナンス作業へのRT適用に関するニーズ調査研究報告書, 社団法人日本機械工業連合会・社団法人日本ロボット工業会, 調査・研究報告書の要約 (2009)
- 11) Yu.Yating,梶原康博, 新里隆, 林之久, 従業員の職務満足と継続就業意思の経年変化とその因果関係に関する研究, 日本経営工学会論文誌, Vol.69, No.1, pp. 33-45 (2018)
- 12) 高瑞紅:中国における日系中小企業の人材マネジメント, 国際ビジネス研究:コア人材の育成と確保を中心に, Vol.4, No.1, pp. 145-159 (2012)
- 13) Foreign Enterprises service Corp.:2011 年企業工具離職調査研究報告, China New Time, Vol.168, pp. 74-75 (2012)
- 14) Zhang, Q., Liu, Y., Ge, Q., Zhang, H., Wang, J., Zhu, B.:2つの企業における離職率および離職傾向への影響要因, (表題和訳) Chinese J. Industrial Hygiene and Occupational Diseases, Vol.30, No.12, pp. 916-918 (2012)
- 15) Tnay, E., Othman, A., Siong., H. C., Lim, S.:The Influence of Job Satisfaction and Organizational Commitment on Turnover Intention, Procedia-Social and Behavioral Sciences 97, pp. 201-208 (2013)
- 16) 田中規子:女性ホワイトカラーのモチベーション研究:日本の総合職と一般事務職に着目して, 人間文化創成科

学論叢, 第13卷, pp. 247-257 (2011) .

- 17) Weiss, D. J. and Dawis, R. V.: Manual for the Minnesota Satisfaction Questionnaire, Industrial Relations Center University of Minnesota (1967)
- 18) Herzberg, F., Mausner, B., & Snyderman, B. B. : The motivation to work. New York, Wiley (1959)