

氏名（本籍）	山崎 敦子（埼玉県）
学位の種類	博士（工学）
学位授与番号	甲第36号
学位授与日付	平成22年3月25日
専攻	システム工学専攻
学位論文題目	作業手順伝達手段としてのピクトグラムの構成要素に関する研究
学位論文審査委員	(主査) 教授 瀧 寛和 (副査) 教授 宗森 純 教授 内尾 文隆

論文内容の要旨

In this study, the author investigated the elements of pictograms for steps in manufacturing procedures. Pictograms for lathe and manufacturing procedures were designed and their effectiveness was examined by a questionnaire and a proving experiment. The questionnaire experiment was conducted with Japanese, Portuguese and Thai-speaking subjects, and the proving experiment was done with another group of Japanese subjects. The experiment results suggest that a pictogram for an action with an object element can be comprehended better than one without an object element. In particular, the pictograms for procedures performed by a body part induced erroneous responses when they were presented without an object. The pictograms for manufacturing procedures were understood comparably well by three language groups. These results suggest that properly designed pictograms can be effectively used for emergency situations in manufacturing sites where workers and supervisors do not share the same language.

キーワード: 作業動作, ピクトグラム, 意味認識, 非言語コミュニケーション, 有効性テスト, 指示伝達 (pictogram, work procedure, non-verbal communication, effectiness test, instruction making)

1. はじめに

ピクトグラムは、情報を知覚によって伝える手段として用いられている。特に、言語での情報伝達が難しい場合や瞬時の対応が求められる状況では、有効な非言語情報伝達方法である[1]。ピクトグラムはいくつかの要素から成り立っており、要素を適切に組み合わせることで効果的に意味を伝えることができるが、ピクトグラムの構成要素のみについて有効性実験を行っているケースは多くはない。特に、情報伝達の対象となる人達を特定し、意味を容易に伝えるために有効なピクトグラムの要素を検証する実験は少ない[2]。

近年、海外生産拠点のみならず日本国内でも外国人従業員業者数が増加しており、即座の判断や安全が求められる生産や保全の現場では、サインなど言語以外の情報伝達方法は重要な方策と思われる。また、対象となる作業と作業者が限定できる製造や保守作業現場ではデザインを絞り込むため、ピクトグラムは有効な情報伝達手段として期待できる。本研究では、ピクトグラムを用いて生産現場における動作指示の伝達が有効に行えるかどうかを検証するとともに、どのようなピクトグラム構成要素を用いれば、実際の作業現場における指示が正確かつ迅速に伝わるのかを実験した。









2. 旋盤手順ピクトグラムの有効性

旋盤作業手順を表すピクトグラムを作成し、その意味の分かりやすさへの評価アンケートを実施した。旋盤手順ピクトグラムを公共の場で使用されているピクトグラム（「非常口」と「トイレ」）と対比し、作成したピクトグラムの有効性を検証した。被験者は旋盤手順を経験した工学系大学1年生108人（1名のみ女）であった。アンケートには各ピクトグラムにその意味を付記し、意味が分かるかを5段階で評価させる方法を取った。用いた旋盤指示ピクトグラムと公共のピクトグラムを表1に示した。ピクトグラムは(a)(b)2種類あり、グループAの被験者59名には(a)のピクトグラムを、グループBの被験者49名には(b)のピクトグラムを評価させた。表1には、各ピクトグラムの評価平均値も併記した。

公共ピクトグラムと旋盤ピクトグラムの間で行った t-検定 ($\alpha=0.05$) の結果は、「非常口」と「回して送る」の間に有意差を示さず、2つのピクトグラムは平均値からも同程度の分かりやすさであることが示された。また、「固定する」の

平均値は「非常口」を上回っており、t検定でも有意差はなかった。チャックを強調した「固定する」(a) のピクトグラムは、「トイレ」と間でのt検定で差異が認められず、「トイレ」と同じくらい認識されることが示された(表1)。検証した旋盤ピクトグラムは、認知されている公共ピクトグラムとのt検定結果で差異が認められないこと、「分かりやすさ」の平均値がピクトグラムによっては公共施設で用いられているサインよりも高いことから、実際の現場で作業ピクトグラムを活用する可能性が示された。特に、チャックを強調した「固定する」サインは、非常に分かりやすいことが示された。この結果は、固定作業を行う道具のチャックをはっきり表すことで、作業が明確化されたためと考えられ、作業ピクトグラムにおける動きの要素の重要性を示した[3]。

表1 旋盤指示ピクトグラムと基準の公共施設ピクトグラムおよび各ピクトグラムの「分かり易さ」平均値

ピクトグラムの意味	非常口	トイレ	ぶつけない(a)	ぶつけない(b)
ピクトグラム				
分かり易さ 平均値	3.18 (全被験者)	4.27 (全被験者)	2.36 (Group A)	2.21 (Group B)
ピクトグラムの意味	回して送る (a)	回して送る (b)	チャックに固定 (a)	チャックに固定(b)
ピクトグラム				
分かり易さ 平均値	3.37 (Group A)	3.35 (Group B)	3.64 (Group A)	3.25 (Group B)

3. 作業手順のピクトグラム要素実験

旋盤ピクトグラムへの評価結果をもとに、外国人作業者が多い生産現場で行われている手順を表わすピクトグラムを作成し、その有効性とピクトグラム要素について実験を行った。実験では、浄化槽製造工場の作業動作から、実験対象として、「切る」「はかる」「押す」「踏む」「たたく」「呼ぶ」の5動作を選択した。これらの動作おのおのに対して、2種類の白黒のピクトグラムを作成した。1つは動作サインのみのもので、もう1つは動作の対象物を示すサインを動作サインとともに併載したピクトグラムである(表2)。まず、日本人とポルトガル語とタイ語を母語とする外国人を被験者として、意味を記述するアンケートで実験をした。次いで、ピクトグラムで指示が与えられた場合、作業者がどのくらいの速さで作業に取りかかるのか、そして正しい作業を行うかどうかについて検証する実証実験を行った。













3.1 作業動作ピクトグラムの意味記述実験

意味記述実験の被験者は、ポルトガル語を母語とする被験者32名(内3名が女性)、タイ語を母語とする被験者185名(内6名が女性)、日本人男性被験者73名である。記述アンケートは2種類(AおよびB)を作成した。アンケートAには動作サインと作業の対象物を示すサインを併記したピクトグラムを載せた。アンケートBでは対象物はなく、アンケートAと全く同じ動作のピクトグラムのみを示した(表2)。

3.2 作業動作ピクトグラムの意味記述実験結果

被験者が記述したピクトグラムの解釈の分析は、2段階評価と5段階評価で行った。2段階評価では、記述された言葉が意図した動作と完全に合致する場合のみ1とし、それ以外は0とした。5段階評価は、言葉の意味の近さとその品詞で点数化し、合計で1から5点とした。全被験者で平均した結果では、道具のサインを用いる「切る」「量る」「たたく」のピクトグラムほうが、体の部位を使った「押す」「呼ぶ」「踏む」よりも理解度が高いことが分かった。この傾向は、対象物の併記がないピクトグラムの場合でより顕著であった。

表 2. 手順動作のピクトグラム：対象物を併記したもの(a)と対象物のないもの(b)

ピクトグラム意味	切る	量る	押す	呼ぶ	たたく	踏む
(a) 対象物あり (アンケート A)						
(b) 対象物なし (アンケート B)						

対象物併記があるピクトグラムへの理解度はどの言語グループも高く、理解が最も低い「呼ぶ」でも声を出す動作を記述したものが多く、検証したピクトグラムは動作伝達に有効であることが結果より示された。対象物が併記されているものとないものの比較では、3 言語グループ全てで対象物を併記したピクトグラムのほうへの理解度が高かった。全被験者のデータで行った t 検定 ($\alpha=0.05$) の結果では、対象物がないデザインとの間で明らかな差異が見られ、「呼ぶ」以外のピクトグラム全てで、 $p<0.001$ としても有意となった。特に、体の部位を使う「押す」「踏む」で差異が大きかった。

言語グループ間での比較では、理解度平均値で日本語とポルトガル語のグループ間に大差はみられなかった。日本語とタイ語のグループ間でも平均値の差は±0.7 以下であった。2 言語グループ間の t 検定 ($\alpha=0.05$) では、対象物を併記した「踏む」が $p<0.001$ で、対象物がない道具のピクトグラム「切る」「たたく」「量る」が $p<0.01$ で有意差を示した。ポルトガル語グループでも対象物のない道具ピクトグラムへの理解度が比較的良かったことから、道具のピクトグラムの意味解釈に文化的背景や経験などの影響があったと推測される。しかし、結果全体では言語グループ間での差は小さく理解度平均値も高いことから、母語が異なる人たちに作業動作ピクトグラムの意味は良く認識されたと言える [4][5][6]。

3.2 作業ピクトグラムの実証実験

実証実験では、大学 1, 2 年生を被験者として、動作ピクトグラムを見てから作業にとりかかる時間と手順ピクトグラムを見てから作業を終えるまでの時間を計るとともに、作業が正確に行われるかを検証した。被験者は 32 人のグループ A と 39 人のグループ B の 2 つに分けられ、前者には対象物が併記されているピクトグラム (表 2 の a) で、グループ B には対象物のないピクトグラム (表 2 の b) で指示を与えた。作業台上に、ロール台にのせたプラスチックシートロール、はさみ、はかり、プッシュボタンを、台の下にペダルを置いた。ピクトグラムを「切る」「量る」「押す」「踏む」の順に 1 つずつ被験者に示してゆき、各作業に取りかかる時間を被験者毎に計測し、作業が正しいものであるかを評価した。次に、同じ被験者に一連の作業手順をピクトグラムと文字で続けて表記したものを見せ、作業時間と正しさを記録した。

3.3 作業ピクトグラムの実証実験結果

各グループについてピクトグラム指示に対する作業取り掛かり時間の平均と、正しく動作を行った被験者の割合を算出した。また、正答した被験者のみでの取り掛かり時間も算出した (表 4)。各ピクトグラム指示で算出した正答率は、対象物を併記したほうが 78%以上と高く、対象物ありのほうが作業は正確に伝わることを示した。正しい作業を行った被験者のみでは、全ての動作で対象物ありのほうがより短い時間で反応した。正答した被験者のみでの t 検定は、「押す」ピクトグラムで対象物併記のものとなないもの間で $p<0.01$ で有意を示した ($\alpha=0.05, df=23, t=-3.11, p=4.88E-3$)。体の部位の「押す」「踏む」のピクトグラムでは、指さしや蹴るなど作業に直接結びつかない動作が間違いの約 20%を占めた。それに対し、「切る」「量る」への間違いは、動作対象物が違っていった場合がほとんどで、道具のピクトグラムが動作自体に結びつきやすいことを示唆した。ピクトグラムと文字で、「押す」「切る」「量る」「踏む」の連続した手順指示を行った実験の結果は、対象物ありの場合にはどちらも 96.9%と高い正答率であったが、対象物なしではピクトグラムも文字も正答率が低かった。一連の手順指示を対象物ありのピクトグラムと文字で指示した場合の比較では、正答者の作業時間平均はピクトグラムのほうが約 1.5 秒短く、ピクトグラム指示の有効性を示した [5]。

表 3. アンケート実験全被験者のピクトグラム理解度平均値（5段階評価 - 意味の近さ）と正答率（2段階評価 - 言葉の合致%）

ピクトグラム	切る	量る	押す	呼ぶ	たたく	踏む
対象物あり (N=145)	4.91 (95.9%)	4.98 (95.2%)	4.66 (84.8%)	3.68 (15.9%)	4.84 (93.8%)	4.78 (91.0%)
対象物なし (N=147)	4.53 (76.6%)	4.44 (75.9%)	3.15 (29.0%)	3.53 (4.1%)	4.37 (76.6%)	3.06 (20.7%)

表 4. 正答者のみの作業動作ピクトグラムへの取り掛かり時間と作業時間の平均値

指示		ピクト - 切る	ピクト - 量る	ピクト - 押す	ピクト - 踏む	ピクト手順	文字手順
平均時間 (秒)	対象物あり	7.25 (N=26)	5.66 (N=25)	2.35 (N=30)	2.99 (N=29)	13.51 (N=31)	14.95 (N=31)
	対象物なし	9.17 (N=23)	6.00 (N=24)	3.04 (N=22)	4.33 (N=26)	11.42 (N=17)	12.13 (N=23)

4. 考察とまとめ

作業動作をピクトグラムで伝達する有効性とその要素に関する本研究の結果は、検証したピクトグラムで作業が容易に指示できることを示した。また、作業動作ピクトグラムには動作対象物を併記したほうが理解度は高いこと、特に指や足など身体部位を使う動作を伝えるピクトグラムでは、対象物の明示が正確な意味を伝える鍵となることがわかった。道具と結びついた「切る」などの動作では、道具サインが手順を伝える際に有効であることも結果は示した。また、3つの言語グループの理解度に大差はなく、作業動作ピクトグラムは言語に依らない情報伝達手段として使用できることが示されたが、「道具」や「もの」をサイン化する場合には、文化言語背景への考慮も必要であることを記述実験は示した。これらの結果は、ものが持っている行動への属性を考慮したピクトグラム作成が重要であることを示唆した。動作の繰り返しが多い保守や製造現場や緊急時の対応に際しては、ピクトグラムを使って取るべき動作の確認を直感的に促すことができる。作業の手順指示書には文字と写真の組み合わせが多いが、文字での情報伝達では読解の時間が必要であり、写真は情報過多で要点が絞り込めない場合も多い。本研究結果は、作業に必要な最小限の情報をピクトグラムで単純化し伝えることが可能であり、標準化した動作ピクトグラムと対象物の絵を組み合わせると、効果的かつ異なる状況にも対応できる製造や保守作業手順書を作成することができることを示した。

参考文献

- [1] 太田幸夫: ピクトグラムのおはなし, 日本規格協会 (1995).
- [2] 松田基弘ほか: ピクトグラムの構成要素に関する配置ルール抽出方式, DBSJ Letters. Vol.6, No.1, pp.165-168 (2007).
- [3] Yamazaki, A. K. et.al: Study of meaning comprehensibility of pictograms for lathe procedural instructions, in *the Proceeding of 11th International Conference on Knowledge-Based & Intelligent Information & Engineering Systems*, Italy, pp. 1058-1064 (2007).
- [4] Yamazaki, A. K. et.al: An Effectiveness Study of Pictogram Elements for Steps in Manufacturing Procedures, in *the Proceeding of 12th International Conference on Knowledge-Based & Intelligent Information & Engineering*

Systems, Croatia, pp.680-686 (2008).

[5] Yamazaki, A. K and Taki, H.: A comprehensibility study of pictogram elements for manufacturing steps, *International Journal of Knowledge Engineering and Soft Data Paradigms*, Vol.1, No. 5, pp. 70-81 (2009).

[6] Yamazaki, A. K and Taki, H.; An Evaluation of Pictograms for Communication among Japanese and Thai-speaking Engineers Working in Manufacturing Settings, to appear in *the Proceeding of International Professional Communication Conference 2010*, the Netherlands, July (2010)

論文審査の結果の要旨

論文内容について審査し、博士論文として、必要条件を満たしていることが認められた。研究内容は、作業指示に有効なピクトグラムの表現と条件を求めるものであり、グローバル化の中、就労国の言語を理解できない労働者に適切な作業指示を行うことを目的としている。道具・身体・対象の関係表現を実験等で分析し、有効な表現を提案していることが評価された。ジャーナル論文1編、国際会議論文3編の業績をまとめており、予備審査において指摘された事項「各実験間の評価方法の違いの詳しい説明」、「日本国外の就労者データの分析の追加」も十分であると判定された。

最終試験の結果の要旨

公聴会・最終試験を2010年2月8日に実施、研究の発表内容と論文に関して適切な質疑応答が行われ、最終試験に合格していると判断された。

1. 文化的影響に関する内容について
2. 統計分析に関する内容について
3. 実用可能性に関する内容について、利用条件等について

研究そのものではないが、研究の今後の発展・実用化に関して、以下のコメントへの対応を考慮した記述を論文に追加する要請がなされた。

1. 研究は実用化段階にあり、産業現場への適用について言及すること
2. 実用化に当り、複数のピクトグラムを併記する場合の主語表現について言及すること