人間工学的設計アプローチによる工業目視検査の構築に関する研究 —異物選別検査におけるコンベヤ速度が作業構造におよぼす影響—

阿久津正大 (玉川大・工)

Construction of Industrial Visual Inspection by Using Ergonomic Design Approach
— Effects of the Conveyor Speed to Structure of Sorting Inspection task —
M. Akutsu (Fac. of Eng., Tamagawa Univ.)

1. はじめに

本研究は、人間工学的設計アプローチ (EDAと略記)¹⁾を適用し、品質保証や生産上からの要求を満たし各検査員の人間特性に適合する工業目視検査の構築を目的としている。ここでEDAとは、作業構成要素について広範な水準で実験を行い、作業成績、作業状態、生理心理負担、心理状態の4側面を測定・分析・定式化 (資料化) し、それらを基礎にして至適条件を見出していくアプローチである。

本報では、食品加工業において製品への異物混入を防ぐために極めて重要な位置にある異物選別検査にEDAを適用し、コンベヤ速度 (検査対象物の移動速度) が前述の4側面におよぼす影響を明らかにしたので報告する。

2. 異物選別検査の概要と速度規制実験

2.1 異物選別検査

今回対象とした異物選別検査は、連続式コンベヤで供給される不定型な粒状の乾燥具材 (検査対象物) を目視検査し、その中に混入している異物を取り除く作業である。この検査において、検査成績に大きな影響をおよぼすと考えられる作業構成要素 (作業条件) は供給速度 (単位時間当たり供給量) とコンベヤ速度である。なお前者の適正条件についてはすでに解明されている¹⁾。

2.2 速度規制実験

実験は大手食品加工企業の異物選別検査ラインにおいて、コンベヤ速度2.0(m/分)、5.0(m/分)、8.0(m/分)の3条件下で、供給速度を広範な水準で規制し作業状態を多面的に測定する速度規制実験²⁾を実施した。実験をした供給速度水準は、コンベヤ速度2.0(m/分)条件では50~800(g/分)の範囲において10水準、5.0(m/分)条件では100(g/分)、515(g/分)の2水準、8.0(m/分)条件では100(g/分)、300(g/分)、515(g/分)、800(g/分)の4水準である。

使用したテストバッチは乾燥ワカメ5リットル (1450g)の中に実際に検出される5種各6サイズ計30個の異物 (一部のものは疑似異物) を混入したものである。

被験者はこの検査に習熟している現場女性検査員2名である。検査員は、ベルトコンベアで帯状に連続供給されるテストバッチを左手で攪拌しながら目視検査し、右手で異物を摘出する。実験は各条件で5回繰り返し、うち1回はアイカメラを装着して検査時の眼球運動を測定した。実験はコンベヤ速度2.0(m/分)、5.0(m/分)、8.0(m/分)の順に実施し、供給速度、検査員、繰り返しについては無作為とした。

2.3 測定と解析

実験では、次の項目を測定した。①検査成績の指標：検査摘出率 (= 摘出数 / (総異物数 - 未検査数))、見逃し率 (= 見逃し数 / (総異物数 - 未検査数))、未検査率 (= 未検査数 / 総異物数)。未検査数とは、供給された具材のうち検査できなかった具材中の異物数のことである。②心理状態の指標：供給速度、作業ペース、コンベヤ速度等に対する心理評定 ③生理心理負担の指標：CFF値、近点距離、自覚疲労症状、目の疲労感 ④作業状態の指標：検査時間、未検査量 (与えられた時間内に検査できなかった具材の量)、単位注視時間、注視回数、単位移動時間。

解析は、まず各指標ごとにコンベヤ速度、供給速度について要因分析を行い、次に最小二乗法により供給速度との関係の定式化を試みた。そして最終的に各コンベヤ速度条件における作業構造を比較した。

3. 結果 —コンベヤ速度が作業構造におよぼす影響

紙面の制約から本報では、分散分析の結果だけを表1に示す。

(1)検査成績：検査摘出率は、いずれのコンベヤ速

度条件においても供給速度の増加に対し指数減少変化を示し、見逃し率は指数増加変化を示した。そして、供給速度との関係は(1)式で表せることが判明した。両指標とも、コンベヤ速度間で有意な差異は認められず、コンベヤ速度による影響は検出されなかった。

未検査率は、どのコンベヤ速度条件でも比較的高速な供給速度水準から出現し、供給速度の増加につれ直線的に漸増した。そして、供給速度との関係は(2)式で表せることが判明した。未検査率はコンベヤ速度間で有意な差異が認められ、コンベヤ速度から影響を受けることが判明した。未検査率の発生点はコンベヤ速度が増加するにつれてより速い供給速度にシフトしていく。

(2)作業状態・作業条件に対する心理感：「作業ベース」、「検査の正確性」、「コンベヤの速さ」、「作業の余裕度」に対する心理感はコンベヤ速度間で有意な差異が認められ、コンベヤ速度はこれらの心理面に影響することが判明した。また「コンベヤの速さ」に対しては至適感を抱く速度が存在した。

しかし、「供給速度(供給量)」に対する心理感に対しては、コンベヤ速度は影響しないことが明らかになった。いずれの指標も、供給速度との関係を(2)式で表すことができる。

(3)生理心理負担：CFF値にコンベヤ速度間で有意な差異が検出されたが、他の指標には検出されなかった。今回の条件の範囲内では、コンベヤ速度は生理心理負担にはほとんど影響しないといえる。

(4)作業状態：検査時間・注視回数は、いずれのコンベヤ速度条件においても供給速度の増加に対し指数減少変化を示した。そして、供給速度との関係は(1)式で表せることが判明した。また、これらはコンベヤ速度間で有意な差異は認められず、コンベヤ速度による影響は検出されなかった。

未検査量は、どのコンベヤ速度条件でも比較的高速な供給速度水準から出現し、供給速度の増加とともに直線的に漸増した。供給速度との関係は(2)式で表せることが判明した。未検査量はコンベヤ速度間で有意な差異が検出され、コンベヤ速度による影響が認められた。その発生点はコンベヤ速度の増加につれてより速い供給速度にシフトする。

単位注視時間・単位移動時間は、供給速度・コンベヤ速度が変化しても変わらない。

$$Y = a \cdot x^b \quad (1)$$

$$Y = a + bx \quad (2)$$

ただし、Y:各指標、x:供給速度(g/分)、a、b:定数

表1 分散分析の結果

検査項目	コンベヤ速度	供給速度
検査摘出率(%)	有意性なし	$F_0=202.0, p<0.01$
見逃し率(%)	有意性なし	$F_0=170.5, p<0.01$
未検査率(%)	$F_0=5.6, p<0.01$	$F_0=23.9, p<0.01$
作業ベース	$F_0=89.0, p<0.01$	$F_0=339.9, p<0.01$
検査の正確性	$F_0=5.1, p<0.05$	$F_0=8.2, p<0.01$
コンベヤの速さ	$F_0=196.4, p<0.01$	$F_0=18.1, p<0.01$
供給速度(量)	有意性なし	$F_0=181.0, p<0.01$
作業の余裕度	$F_0=32.6, p<0.01$	$F_0=172.9, p<0.01$
CFF値	$F_0=3.3, p<0.05$	有意性なし
近点距離	有意性なし	有意性なし
自覚疲労症状	有意性なし	$F_0=10.1, p<0.01$
目の疲労感	有意性なし	有意性なし
検査時間(分)	有意性なし	$F_0=7951, p<0.01$
未検査量(g)	$F_0=4.6, p<0.05$	$F_0=48.9, p<0.01$
単位注視時間	有意性なし	有意性なし
注視回数	有意性なし	$F_0=1135, p<0.01$
単位移動時間	有意性なし	有意性なし

4. まとめ

本研究の結果、検査摘出率・見逃し率に対するコンベヤ速度の影響は検出されず、両指標に直接関係する検査時間、さらにはそれを構成している注視回数・単位注視時間・単位移動時間にもコンベヤ速度の影響は検出されなかった。この事実から、異物選別検査においては、今回の範囲内のコンベヤ速度は検査摘出率・見逃し率に影響をおよぼさないことがいえよう。また、コンベヤ速度は未検査率およびそれと直接関係する未検査量に影響し、「作業ベース」、「コンベヤの速さ」、「作業の余裕度」に対する心理面にも影響することが明らかになった。なお、それらの定量的な影響関係については、大会時に報告したい。

最後に、本研究はクノール食品株式会社との共同研究の成果の一部であることを付記する。

参考文献

- 1)阿久津正大：工業目視検査の人間工学的設計アプローチ－異物選別検査の作業構造と適正供給速度、人間工学、31(特別号)、426～427、1995。
- 2)武岡一成、田川晋一、阿久津正大：タクト式目視検査における適正検査速度の研究－作業の構造と適正速度の研究(第3報)、日本経営工学会誌、42(1)、1～7、1991。