

倉庫における数字表示に関する基礎的実験研究

海運ロジスティクス専攻 0955012 嶋津 直哉

指導教官 鶴田 三郎

1. 序論

1.1. 研究の背景

倉庫業の経常収支率は 2006 年度をピークに以降の 3 年間では漸減しており、改善が頭打ち傾向にある。特に荷役部門では 10 年以上もの慢性的な赤字が続いているため、更なる改善の必要性が指摘されている。

荷役部門の主要コストは人件費および下請費用である。両者を合わせた実質的な人件費率はおよそ 7 割と高いことから、人件費を抑制する方法について考察した (表 1)。本研究では、この中から時間・精度・安全という 3 つの評価項目を理由に「作業現場の改善」を選択し、近年注目されている“見える化”をキーワードとして、過去の研究について調査した。その結果、見える化において基本となるはずの、表示などの「見やすさ」が、見える化の視点から研究されていないことが判明した。

表 1 人件費の抑制方法

方針	具体的方法
給与単価の減額	女性従業者比率の増加
	高学歴従業者比率の低下
	パートタイマー比率の増加
	従業員平均年齢の低下
手当の減額	時間外労働の抑制
	休日・祝日労働の抑制
	郊外部への移転
労働人数の削減	作業またはシステムの機械化
	従業者の教育
	作業現場の改善

1.2. 研究の目的

本研究の目的は、物流作業の「見える化」の基礎固めとして、庫内作業用の表示の作成基準を設定することである。

そのため、本研究では「庫内作業用の表示について分類を実施し、その傾向を参考にして実験項目の絞り込みや実験の条件を設定する」「表示の諸項目と視認性の関係性を、ここで設定された条件下で実験によって明らかにする」という 2 つの過程を踏むことにした。

2. 表示の分類と

2.1. 分類の方法

表示の分類について、本研究では、表示の要素別に分類・集計を実施することで表示使用の傾向を把握する。要素の設定については、表示が対象としている作業と、5W1H の概念を用いて次の 7 つの要素を設定した。

① 作業分類

「表示がどのような作業を対象としているか」

② Why : 使用目的

「表示がなぜ使用されているのか」

③ What : 表示情報

「表示にどのような情報が書かれているか」

④ How : 表示形式

「情報をどのような形で伝えているのか」

⑤ Where : 設置位置

「表示がどのような場所に設置されているか」

⑥ Who(m) : 対象者

「表示がどのような作業者を対象としているか」

⑦ When : タイミング

「表示が提示される時の作業者の状態」

この 7 要素について、要素ごとに分類項目を設定し、項目別の単純集計と項目間のクロス集計の結果から表示の傾向を把握する。

2.2. 分類の対象

本研究では、表 2 に示した書籍・雑誌に使用されている写真を抜き出して、庫内作業の現場で使用されている表示の分類を実施した。

表 2 分類に使用した書籍・雑誌

調査書籍・雑誌名	号
物流改善ケーススタディ65	
全日本物流改善事例大会	2001年-2010年
月刊ロジスティクス・ビジネス	2007年7月号-2010年6月号
月刊マテリアルフロー	2007年7月号-2010年6月号

抜き出した写真の枚数は 123 枚で、うち、表示の対象となる作業が複数にわたる場合は、これを別項目としてカウントしたため、研究に使用した項目件数は総計で 173 件である（全工程は「全工程」として 1 項目扱いとした）。以下、項目件数によりデータの整理と分析を行う。

2.3. 単純集計の結果

単純集計の結果の中で特徴的なものを図 1 および図 2 に示し、表示の傾向を把握する。

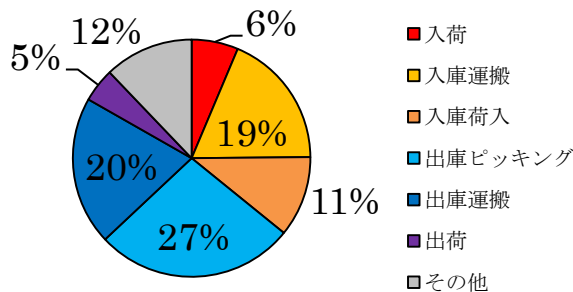


図 1 作業分類の単純集計結果

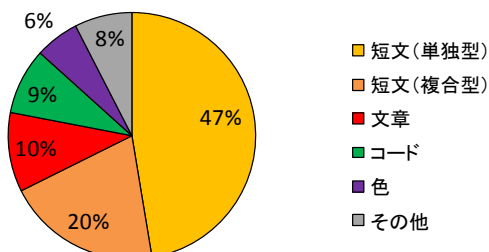


図 2 表示形式の単純集計結果

図 1 は、作業分類の項目別単純集計の結果である。対象としている作業は入庫が約 30%、出

庫が約 47%で、入出庫作業に表示の 77%が使用されていることが判明した。このことから、入出庫の作業（人手による物品の運搬や移動）をイメージして視認実験を計画すべきである。

図 2 は、表示形式の項目別単純集計の結果である。使用されている形式は短文が多く、全体の 67%が短文を中心とした表示である。特に英数字を用いた表示が散見されることから、実験時は短文、特に英数字を使用すべきである。

2.4. クロス集計の結果

クロス集計の結果の中で特徴的なものを表 3 に示し、表示の傾向を把握する。

表 3 設置位置と対象者のクロス集計

設置位置	対象			
	移動者	手作業者	全般	総計
棚正面	11	48		59
棚側面(通常)	14	1		15
棚側面(張出型)	11			11
天井付近	19		2	21
壁面	6	1	14	21
柱	2	2	7	11
床面	2		1	3
作業者		1		1
輸送器具	3	9		12
商品		9		9
不明	5	3	2	10
総計	73	74	26	173

表 3 は、表示の設置位置と対象者のクロス集計結果である。設置位置の項目件数では棚正面が最も多いが、棚側面、天井付近、壁面などにもある程度使用されていることが見て取れる。特に棚側面、天井付近の表示には移動作業者を対象とした表示が多いことから、移動しながら視認する作業があることや、表示を視認する際の仰角も考慮すべきである。

3. 表示の視認実験

3.1. 実験で変化させる項目と実験方法

分類の集計結果、および関連研究を参考に、本研究では表示する文字のサイズ、字間、字体と、視認時の水平角度・垂直角度を変化させることにした。実験では「基本条件」を設定し、いずれの実験でも基本条件から各項目のみを変

化させる方法を採用した。項目ごとの実験内容については、次のように設定した。

① 文字のサイズ、字間、字体

10m 離れた距離から、被験者に 4 桁の数字が書かれた紙を 5 秒間提示し、被験者は認識した文字を記録用紙に記入する。各項目を変化させながらこの実験を繰り返し実施することで、条件の変化が視認性に対して与える影響について検討する。

② 視認時の水平角度・垂直角度

表示を視認する際の角度は、水平角度（横からの視認角度）および垂直角度（仰角）と共に 0 度を正対、90 度を視認不可角度とする。実験方法は、被験者から 10m 離れた距離に、4 桁の数字が書かれた紙を提示し、被験者は文字が認識できる点まで接近する。被験者が認識できた地点から紙までの距離を計測し、記録用紙に記入する。以下、表示の角度を変化させて実験が終わるまでこれを繰り返す。

なお、本実験では角度の変化について「想定角度」という概念を導入している。これは表示を横・下から視認する際に表示面が $\cos \theta$ 分圧縮されていると考えるもので、例えば横から視認角度 60 度で視認した場合は横方向に $\cos 60^\circ$ 圧縮されているものとする（図 3）。



図 3 水平角度の変化と圧縮度合いの変化

3.2. 実験の条件と被験者

本実験の条件をまとめたものを表 4 に、被験者についてまとめたものを表 5 に示す。なお、実験時には実験環境の照度が 300lx~400lx の

範囲に収まるよう光量の調節を行い、表示には上白紙を使用した。また、被験者は 20 代の男女 10 名で、実験ごとに被験者 5 名を選抜して実験を実施している。視力の際に伴う視認性の影響については、実験①については文字サイズを、実験②については認識可能距離をそれぞれ視力 1.0 換算で修正している。この修正の例については、表 5 に示した通りである。

表 4 実験条件の一覧

実験番号	文字サイズ	字間	字体	水平角度	垂直角度	実験回数
1	90	50	MSゴシック	0度	0度	25
2	90	10	MSゴシック	0度	0度	25
3	90	30	MSゴシック	0度	0度	25
4	90	70	MSゴシック	0度	0度	25
5	90	90	MSゴシック	0度	0度	25
6	90	50	Century	0度	0度	25
7	90	50	Arial Rounded MT Bold	0度	0度	25
8	70	50	MSゴシック	0度	0度	25
9	80	50	MSゴシック	0度	0度	25
10	100	50	MSゴシック	0度	0度	25
11	90	50	MSゴシック	30度	0度	10
12	90	50	MSゴシック	45度	0度	10
13	90	50	MSゴシック	60度	0度	10
14	90	50	MSゴシック	0度	30度	10
15	90	50	MSゴシック	0度	45度	10
16	90	50	MSゴシック	0度	60度	10

表 5 被験者の一覧

	視力	矯正の有無	文字サイズ90pt	視認可能距離5m
被験者1	0.7	矯正	63	7.1
被験者2	1	矯正	90	5.0
被験者3	1.2	裸眼	108	4.2
被験者4	1.5	裸眼	135	3.3
被験者5	1	矯正	90	5.0
被験者6	1.5	裸眼	135	3.3
被験者7	0.7	矯正	63	7.1
被験者8	0.6	裸眼	54	8.3
被験者9	0.7	矯正	63	7.1
被験者10	0.6	裸眼	54	8.3

3.3. 実験結果

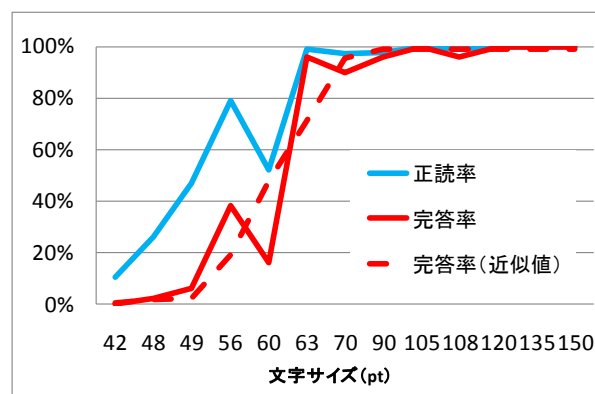


図 4 文字サイズの視認実験結果

図 4 は、文字サイズの視認実験結果をグラフにプロットしたものであり、横軸は視力 1.0 に換算した文字サイズである。図中、青の実線が

正読率（各文字を正確に読めた割合）を、赤の実線が完答率（文字列を正確に読めた割合）を、赤の破線が完答率の近似値の推移をそれぞれ示している。

同図によると、実質文字サイズが大きくなるにつれて正読率・完答率とも向上している。完答率は正読率と類似した傾向を示し、相関係数は 0.95 でほぼ完全相関に近い値を示した。また、完答率の近似曲線を見ると 49pt から 70pt にかけて急激に完答率が上昇し、視認性が大きく変化していることが見て取れる。分散分析を実施したところ、統計量の観測値（p 値）が 0.01 を大きく下回ったため、文字サイズの変化が完答率や正読率に大きな影響を与えていることが明らかとなった。この結果を用いて、庫内作業用の表示に少なくとも必要な文字サイズを式 1 のように示した。

$$\text{必要文字サイズ (pt)} = 7 \times \frac{\text{平均視認距離 (m)}}{\text{作業者の平均視力}} \dots\dots\dots (1)$$

同じ実験方法で実験した字間・字体についての実験結果については、字間の p 値が 0.3、字体の p 値が 0.8 と大きい値を示したため、統計的な有意差は認められなかった。ただ、字体については予備実験で 10 字体ほど比較した際に有意差が認められたことから、今回実験に用いたゴシック体、Century、Arial Rounded MT Bold の 3 字体が同等の視認性を持っていることが明らかとなったといえる。

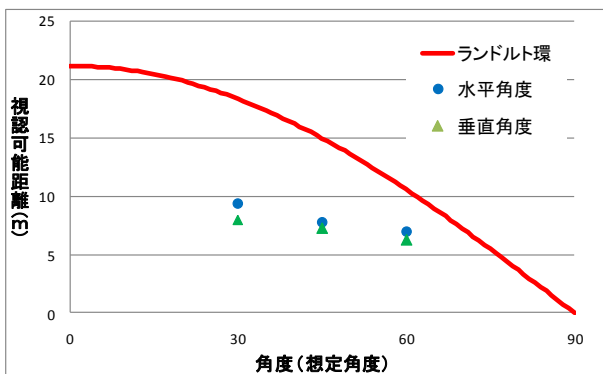


図 5 視認時の水平角度・垂直の実験結果

次に、視認時の水平角度・垂直角度の実験結

果を図 5 に示す。図 5 は視認時の水平角度と垂直角度の実験結果をグラフにプロットしたものであり、横軸は想定角度、縦軸は視力 1.0 に換算した実質的な視認距離である。図中青の円形で示した点が各角度における水平角度の実験の平均視認距離、緑の三角形で示した点が各角度における垂直角度の実験の平均視認距離、赤の曲線はランドルト環の視認における予測線をそれぞれ示している。

これらの差異から、ランドルト環と数字表示の視認実験には似て非なる部分があることが判明した。特にランドルト環の視認では実際に使用されている表示よりも良い実験結果が得られると予想される。そのため、庫内作業用の表示などを検討する場合は、ランドルト環を用いると実態に即した結果が得られない可能性があり、実際に倉庫などで使用されている文字を用いて実験を実施した方が実用的であることが明らかとなった。

4. 結論

本研究では作業改善の方法として「見える化」に着目し、物流作業の「見える化」の基礎固めを行うべく、庫内作業に用いられている表示の作成基準を設定するため、実験によって表示の諸項目と視認性にどのような関係性が生じているのかを追究した。

その結果、庫内作業用の傾向について、入出庫に多く表示が用いられていること、短文が多く使用されていること、移動しながら視認する作業があることや、表示を視認する際の仰角も考慮すべきことが明らかとなった。表示の諸項目を変化させた実験では文字サイズが表示の視認性に有意な影響を与えていることが判明し、必要文字サイズを算出した。また、視認実験ではランドルト環ではなく実際に使用されている文字などを使用すべきだということを示した。

(ここから参考文献)