

第4章 作業姿勢負担評価システムの構築

1. 作業姿勢負担評価システムの概要

加齢による機能低下は否めない。高齢者の身体的負担を軽減し働きやすい職場づくりへのアプローチ法として、作業者を煩わせることなく作業姿勢を観察するのみで簡単に負担の度合を測定し、改善対象の特定化や改善実施後の効果測定を可能とするシステムを構築することは、腰痛症などの健康障害の防止、安全性、作業性等の向上につながり有用なこととなる。これまで「作業姿勢分析を通して改善点を抽出し改善を図る」というアプローチ研究の中では、OWAS(The Ovako Working posture Analyzing System)法や⁶⁾、長町三生⁷⁾、渥美文治⁸⁾、前田悟志等の負担評価法⁹⁾等が利用されている。しかし、現実を使用する場合、利用可能な作業姿勢の数や付帯条件が限定されていたり、解析に手間がかかったり、姿勢の再現性に欠ける等の問題点があった。また、OWAS法は姿勢負担解析によく利用される方法ではあるが、厳密な意味では「上肢」、「腰背部」、「下肢」等の評価の合計値が、付帯条件をも加味した姿勢そのものの全体的負担を必ずしも表出するものではないと考えられる。そこで、本研究では、現場で発生する作業姿勢をほぼ網羅する各種作業姿勢に対応する身体各部位の筋負担（筋電図使用）から算出された負担指数をデータベース化し、ユーザーが入力する作業姿勢データと出現頻度（%）の照合・計算により作業姿勢の定量的負担評価を可能とし、「改善の計画(Plan)」段階での改善ポイントの指摘及び「改善の評価(See)」での改善効果測定に有効に利用し得るこれまでの研究にない「作業姿勢負担評価システム」の構築を考えた。また、本システムではユーザーに対し作業姿勢分析結果の履歴を残すこととし、次の「改善の継続的活動(Action)」のトリガーともなるものである。

2. 作業姿勢負担評価システムにおける作業姿勢負担の定量化

1) 作業姿勢のコード化

各種作業現場のVTR撮影を用いて現場で発生する作業姿勢のコード化を考え、非接触のスナップリーディング法にて作業姿勢を再現できるようにした。作業姿勢は1桁目・上肢、2桁目・腰部、3桁目・前屈（上体）、4、5桁目・下肢（膝）、6桁目・下肢（足）、7桁目・加重（重量・負荷）の7桁のコードで表現できるようにした。表2-4-1に本システムで使用する姿勢コード値詳細を、また図2-4-1にコード姿勢イメージ図を示す。

表 2-4-1 姿勢コード値詳細

桁位置	内容	値
1	上肢	0 : 両肩 0°
		1 : 両肩前方拳上 135°
		2 : 両肩前方拳上 90°
		3 : 両肩前方拳上 45°
		4 : 片肩 135° (右)、片肩 90° (左)
		5 : 片肩 135° (左)、片肩 90° (右)
		6 : 片肩 135° (右)、片肩 45° (左)
		7 : 片肩 135° (左)、片肩 45° (右)
		8 : 片肩 90° (右)、片肩 45° (左)
		9 : 片肩 90° (左)、片肩 45° (右)
2	腰部	1 : 腰側屈 0°
		2 : 腰側屈 30° (右)
		3 : 腰側屈 30° (左)
		4 : 腰側屈 0°、腰回旋 30° (右)
		5 : 腰側屈 0°、腰回旋 30° (左)
		6 : 腰側屈 30° (右)、&腰回旋 30° (右)
		7 : 腰側屈 30° (右)、&腰回旋 30° (左)
		8 : 腰側屈 30° (左)、&腰回旋 30° (右)
		9 : 腰側屈 30° (左)、&腰回旋 30° (左)
		3
2 : 上体前 30° ~ 60°		
3 : 上体前 60° ~ 90°		
4 : 上体後 30° ~ 60°		
5 : 上体後 60° ~ 90°		
4, 5	膝 (立位もしくは 座位・臥位)	立位
		00 : 両膝屈折 0 ~ 30°
		01 : 両膝屈折 60 ~ 90°
		02 : 両膝付き
		03 : 両膝付き、90°
		10 : 片膝 0 ~ 30° (右)、片膝 60 ~ 90° (左)
		11 : 片膝 0 ~ 30° (左)、片膝 60 ~ 90° (右)
		12 : 片膝付 片膝 0 ~ 30° (右)
		13 : 片膝付 片膝 0 ~ 30° (左)
		14 : 片膝付 片膝 60 ~ 90° (右)
		15 : 片膝付 片膝 60 ~ 90° (左)
		20 : しゃがみ
		21 : しゃがみ、片膝 0° ~ 30° (右)
		22 : しゃがみ、片膝 0° ~ 30° (左)
		23 : しゃがみ、片膝 60° ~ 90° (右)
		24 : しゃがみ、片膝 60° ~ 90° (左)
		25 : しゃがみ、片膝付き (右)
		26 : しゃがみ、片膝付き (左)
		30 : 両膝屈曲 0 ~ 30° (右足がラインに乗った場合)
		31 : 両膝屈曲 0 ~ 30° (左足がラインに乗った場合)
		32 : 両膝屈曲 60 ~ 90° (右足がラインに乗った場合)
		33 : 両膝屈曲 60 ~ 90° (左足がラインに乗った場合)
		34 : 両膝付、ラインに乗った場合
		35 : 片膝 0 ~ 30°、片膝 60 ~ 90° (右足がラインに乗った場合)
		36 : 片膝 0 ~ 30°、片膝 60 ~ 90° (左足がラインに乗った場合)
		37 : 片膝付 片膝 0 ~ 30° (右足がラインに乗った場合)

		座位 臥位	38 : 片膝付 片膝0~30° (左足がラインに乗った場合)
			39 : 片膝付 片膝60~90° (右足がラインに乗った場合)
			40 : 片膝付 片膝60~90° (左足がラインに乗った場合)
			50 : 腰下ろし
			51 : 腰下ろし、片膝 60~90° (右)
			52 : 腰下ろし、片膝 60~90° (左)
			53 : 腰下ろし、両膝 60~90°
			54 : 腰下ろし、両膝、胡座
			60 : 正座
			61 : 正座、片膝立て (右)
			62 : 正座、片膝立て (左)
			63 : 正座、足崩し (右)
			64 : 正座、足崩し (左)
			65 : 正座、這う
			70 : 椅子、両膝 0~30°
			71 : 椅子、両膝 60~90°
			72 : 椅子、片膝 0~30° (右)、片膝 60~90° (左)
			73 : 椅子、片膝 0~30° (左)、片膝 60~90° (右)
			80 : うつぶせ
			81 : あおむけ
			90 : 腰下ろし、両膝60~90°、ラインに乗った場合
			91 : 椅子、両膝60~90° (右足がラインに乗った場合)
			92 : 椅子、両膝60~90° (左足がラインに乗った場合)
			93 : 椅子、片膝0~30° (右)、片膝60~90° (左) (右足がラインに乗った場合)
			94 : 椅子、片膝0~30° (左)、片膝60~90° (右) (左足がラインに乗った場合)
			95 : あおむけ、ラインに乗った場合
			6
			2 : 両足爪先立ち
			3 : 重心の乗っている足が接地
			4 : 重心の乗っている足が爪先立ち
			※ 4, 5桁目が21~26の場合には6桁目はZ
			※ 4, 5桁目が座位・臥位の場合には6桁目はZ
7	加重 (重量・負担)		0 : 重量物無し
			1 : 重量物保持 (1 k g)
			2 : 重量物保持 (5 k g)
			3 : 重量物保持 (10 k g)
			4 : 重量物保持 (15 k g)
			5 : 重量物保持 (右手 5 k g)
			6 : 重量物保持 (左手 5 k g)
			7 : 重量物保持 (右手10 k g)
			8 : 重量物保持 (左手10 k g)
			9 : 重量物保持 (右手 1 k g、左手 1 k g)
			A : 重量物保持 (右手 5 k g、左手 5 k g)
			B : 重量物保持 (右手10 k g、左手10 k g)
			C : 重量物保持 (20 k g)
			D : 重量物保持 (25 k g)
			E : 物押し (物引き)
			F : 蹴り
			G : 台車押し
			H : 蹴り&押し

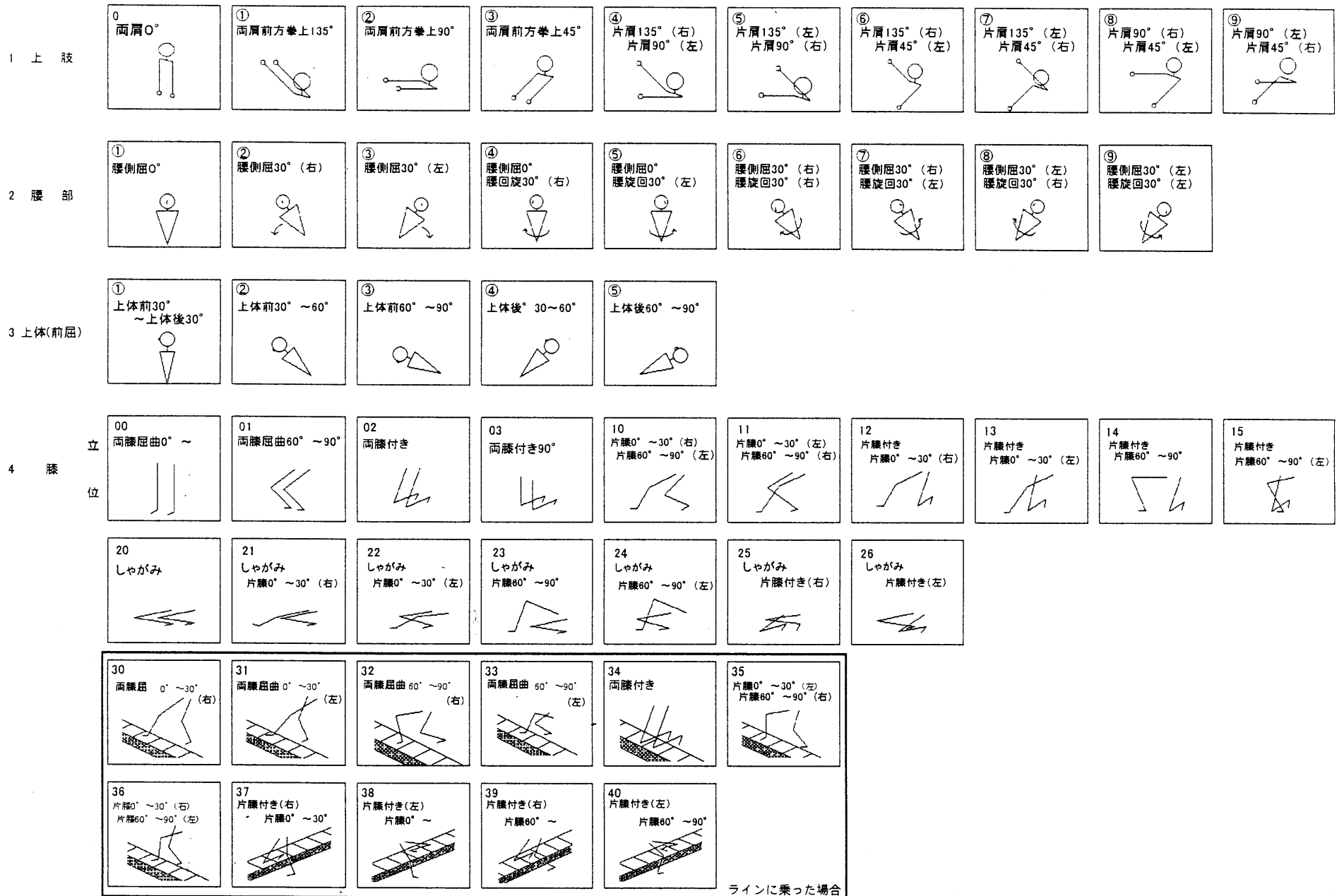
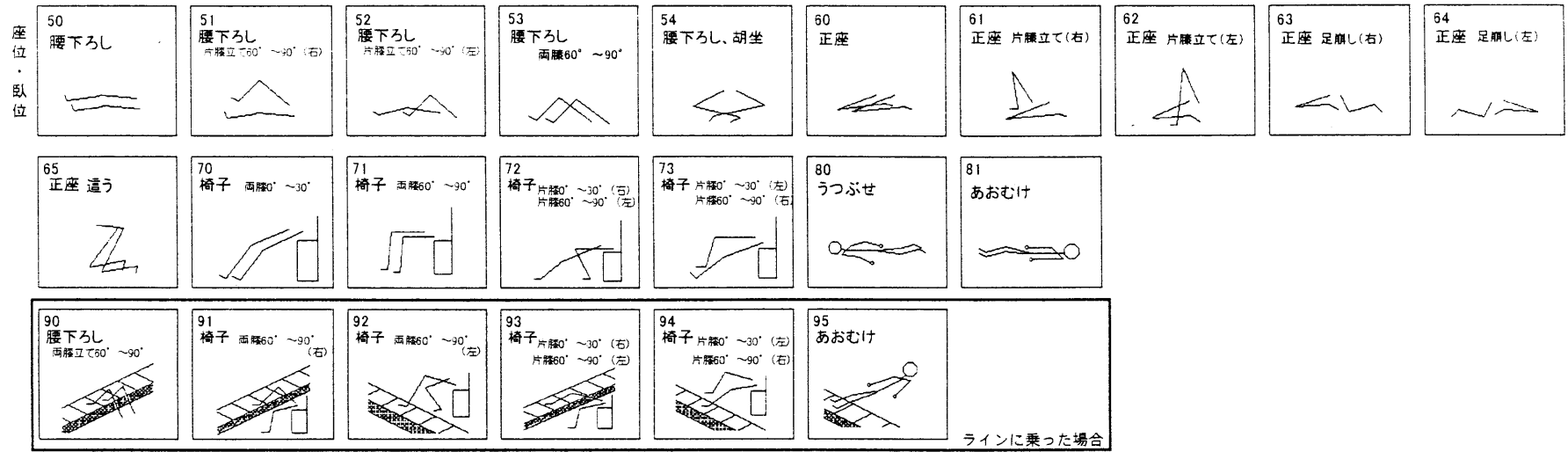
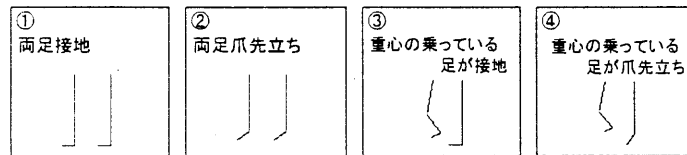


図2-4-1 作業姿勢コードイメージ図(1)



5 足



6 加重

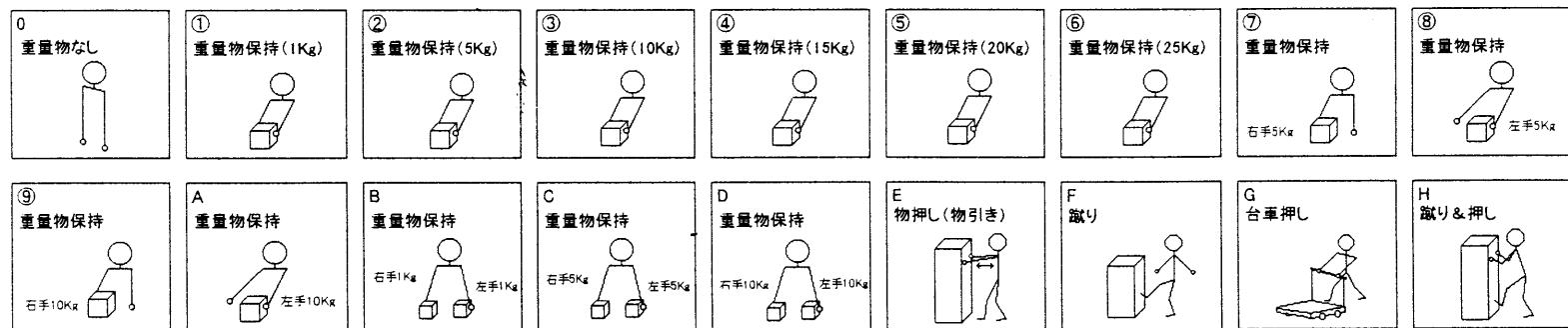


図2-4-1 作業姿勢コードイメージ図(2)

2) 実験による作業姿勢の定量的負担評価

(1) 筋電図 (EMG) と自覚的負担度の測定

実験研究により、1 作業姿勢ごとに、40sec 間の EMG (surface-ElectroMyoGraph: 表面筋電図) と 4 段階評価による自覚的負担度の計測を各筋ごとに行った。EMG は、三角筋 (前部繊維)、脊柱起立筋 (L5)、内則広筋、腓腹筋 (内則頭)、前脛骨筋の左右 10 筋をそれぞれ筋走行に沿って motor point を中心に、電極間距離 4 cm で双極で有線導出し、ポリグラフ (NEC San-ei 製 BIOELECTRIC AMPLIFIER 4124(336)) とコンピュータを用いて各姿勢ごとに 40 sec 間計測した。自覚的負担度は、40 sec 間の EMG 測定後、被験者の主観的な負担度を self rating 方式により各被験筋の左右ごとに 4 段階評価 (0~3) でチェックシートに記入させた。

図 2-4-1 に実験の様子を示す。

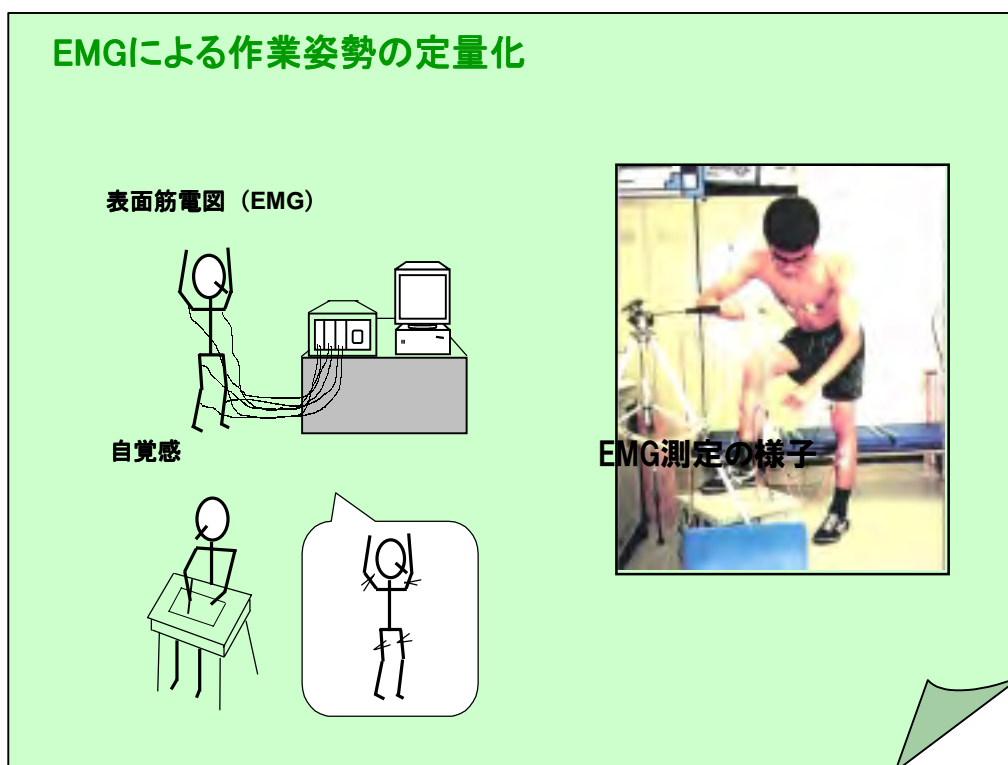


図 2-4-1 EMGの実験風景

(2) EMGの定量化

次に、1作業姿勢ごと40sec間のEMGのデータを定量化する解析を行った。定量化は、各作業姿勢ごとに、各被験筋の最大筋力比を求めて行った。本実験では、岡田守彦の姿勢保持における筋負担の方法¹⁰⁾を基に、測定前・後5secカットした、30sec、1000Hz振幅積分値の平均振幅とその筋の最大発揮時の平均振幅との比(最大筋力比:MMSR)を算出した。

(3) 最大筋力比と自覚的負担度との関連性

測定時に実施した、各姿勢の各筋ごとの最大筋力比と自覚的負担度、ならびに「各被験筋のTOTALの最大筋力比(MMSR)」と「各被験筋のTOTALの自覚的負担度」との間に相関が認められた。相関係数は530種類測定時点では $r=0.61$ であった。相関の有意差検定ではn数が100以上のとき $r(100, 0.01)=0.25$ なので、相関は高度に有意といえる。このことは、各被験筋のTOTALの最大筋力比(MMSR)は、自覚的負担度を十分に反映していると解釈される。

(4) 負担評価のための定量的評価指数の決定

そこで、本研究での作業姿勢の定量的負担評価指数を「各被験筋($m=1, 2, \dots, 10$)のTotalの最大筋力比」に決定した。

各作業姿勢の負担評価指数は(index)は、以下の式で定義した。

$$(式1) \text{ index} = \sum_{m=1}^{10} \text{MMSR}_m$$

k : 作業姿勢
MMSR : 最大筋力比

(5) 負担評価指数に及ぼす作業要因・作業者要因の検討

(式1)で定義された負担評価指数を現場で使用する場合、作業者の扱う部品、製品、治工具等の加重ならびに重量物保持に関する作業要因や作業者自身の体格等の個人差、重心、身長・体重に関する作業者要因について考慮しなければならないと考えた。そこで、これら影響を把握するための実験を実施した。表2-4-2に実験条件を示す。

表 2-4-2 負担評価指数に及ぼす作業要因・作業者要因実験条件

実験項目	検討内容	重さ（加重）	実験姿勢数	被験者数
加重の影響	負荷状態で作業姿勢負担指数を算出する必要性の有・無の解明	【無負荷】 何も持たない 【負荷】 両手 1Kg ずつ	① 辛い姿勢 ② やや辛い姿勢 ③ あまり辛くない姿勢 それぞれ 2 種類ずつ、合計 6 種類	1 名
重量物保持の影響	10 種類の重量物保持姿勢の作業姿勢負担評価指数の算出及びその特質の解明	5Kg 10Kg 15Kg	10 姿勢	4 名
筋力の影響	負荷状態で、各作業姿勢ごとに個人間で相関があるかを明らかにする	【負荷】 両手 1Kg ずつ	① 辛い姿勢 ② やや辛い姿勢 ③ あまり辛くない姿勢 それぞれ 2 種類ずつ、合計 6 種類	10 名
重心の影響	重心が作業姿勢負担評価指数に影響を与えるか否かを明らかにする	【負荷】 両手 1Kg ずつ	しゃがみ 2 姿勢	10 名
身長・体重の影響	身長及び体重が作業姿勢負担評価指数に影響を与えるか否かを明らかにする	【負荷】 両手 1Kg ずつ	① 辛い姿勢 ② やや辛い姿勢 ③ あまり辛くない姿勢 それぞれ 2 種類ずつ、合計 6 種類	29 名

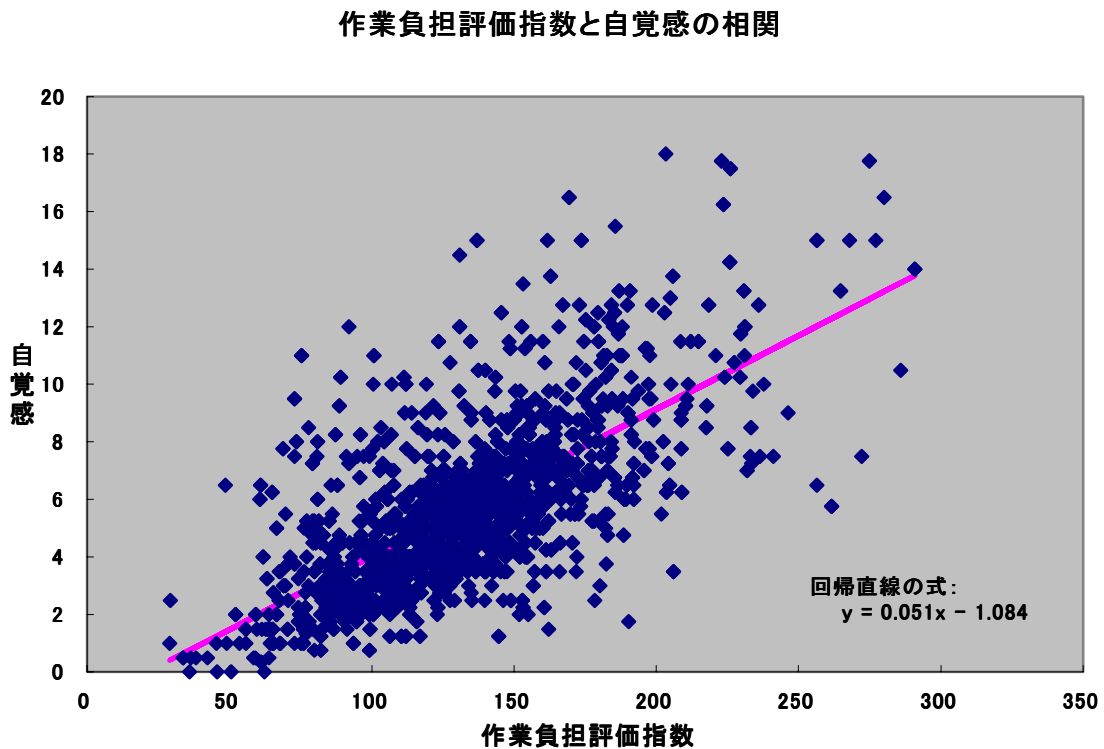
以上の条件で実験を実施した結果、以下のことが明らかとなった。

- ア. 加重の影響では、同一作業姿勢であっても加重が大きくなると負担指数も相対的に大きくなる加重の影響が認められた。また、加重が加わった場合は辛い作業姿勢はさらに負担作業姿勢が大きくなることが明らかとなった。このことから、作業者が工具等を使用している場合はその加重等を配慮した負担評価指数を使用しなければいけないことが明らかとなった。
- イ. 重量物保持の影響では、重量の増加（5Kg、10Kg、15Kg）に伴い負担評価指数も増加し、実現場作業において重量保持姿勢に対応した負担評価指数の必要性が明らかとなった。すなわち、作業者が重量物を扱う場合はその重さに対応する負担評価指数を使用しなければ正確な評価が出来ないことが明らかとなった。
- ウ. 個人差については、しゃがみ姿勢以外は最大筋力比に相関が認められ、個人差がないことが明らかとなった。このことは、本研究での最大筋力比を使用した作業姿勢負担評価指数が個人によって影響を受けない一般化可能な指数であることを示している。
- エ. 重心の影響では、“しゃがみ姿勢”で影響が認められ、その原因として前脛骨筋の最大筋力比が前に重心を掛けた場合と後ろに掛けた場合で異なり、前重心にすれば作業姿勢負担評価指数へのバラツキの影響が少なくなることが明らかとなった。“しゃがみ姿勢”の作業姿勢負担評価指数は前重心にした指数を使用することとした。
- オ. 身長・体重と負担評価指数との関係では、身長が高くなれば作業姿勢負担評価指数が大きくなるとか、体重が重くなれば指数が大きくなる等の明確な関連性は認められなかった。本研究の作業姿勢負担評価指数は身長・体重等によって影響を受けない一般化可能な指数であることが示された。

3) 負担評価指数算出実験の実施とデータベース化

これらの検討結果を踏まえて、平成12年度、13年度にわたり複数被験者（4名）を用いて両手1Kg（工具想定）の加重を加えた姿勢と無負荷の姿勢、それに5Kg 10Kg 15Kg 20Kg 25Kgの重量物持ち上げ・保持の姿勢、特殊姿勢等、合計2005姿勢の負担評価指数のデータベース化を図った。作業姿勢負担評価指数と自覚的疲労感との相関を図2-4-2に示す。相関係数は $r=0.68$ （ n が100以上のとき $r=(100, 0.01)=0.25$ ）で、相関は高度に有意と言え、本研究の作業姿勢負担評価指数は作業者の負担感を充分反映しているものと言える。

図2-4-2 作業姿勢負担評価指数と自覚的負担感の相関



4) 入力データからの負担評価指数の算出法

本システムでは、「ユーザーからの入力作業姿勢データ」と「データベース化された作業姿勢の負担評価指数」をプログラムで照合し計算することにより、作業や工程の総合的負担評価指数を算出できるようにした。

算出式は以下のとおりである。

① 各作業の負担評価指数(IW)算出

$$(式) I_{wi} = W_{ri} \cdot \sum_{j=1}^k (PR_j \cdot index_j) \quad (j=1, 2, \dots, k)$$

I_{wi} : 作業*i*の負担評価指数

W_{ri} : 工程*p*における作業*i*の発生頻度(%)

PR_j : 作業*i*における作業姿勢*j*の発生頻度(%)

$index_j$: 作業*i*における作業姿勢*j*に対応する負担評価指数

i : 作業*i*の負担評価指数の添字 ($i=1, 2, \dots, n$)

j : 作業*i*における作業姿勢*j*の添字 ($i=1, 2, \dots, k$)

k : 作業*i*における作業姿勢数

② 各工程の負担評価指数(IP)算出

$$(式) IP_p = \sum_{i=1}^n I_{wi}$$

IP_p : 工程*p*の負担評価指数

p : 工程*p*の負担評価指数の添字 ($i=1, 2, \dots, q$)

n : 工程*p*における作業種類数

q : 各工場における工程数

3. 作業姿勢負担評価システムの提供機能

図 2-4-3 に、職場改善支援システムのトップ画面「評価する。ー作業の負担度合いがわかる。ー」からリンクされる「作業姿勢負担評価システム」の初期画面を示す。



図 2-4-3 「作業姿勢負担評価システム」の初期画面

1) このシステムについて

トップ画面では、ユーザーへの「このシステムについて」のボタンを設定し、ユーザーへの本システムの概要説明と事前に準備すべき情報や評価の方法を説明する表 2-4-3 に示す説明用表示を提供した。

表 2-4-3 このシステムについての説明用表示



1) システムの概要

作業姿勢の改善は腰痛症などの健康障害の防止、作業の安全性ややり易さの上から大変重要なものとなります。このシステムは、高齢者の最大のウイークポイントとなる身体的負担を軽減し働きやすい職場づくりを支援するため、各種作業姿勢に対応する身体各部位の筋負担（筋電図）から算出された値をデータベース化し、現場で発生する作業姿勢とその出現頻度（%）を入力することにより、作業姿勢の定量的負担評価（指数）を行うものです。各種作業や動作に対してこの負担（指数）を相対的に比較することにより「何から手を付けたら良いのか、何を改善の優先とすべきなのか」に対応する改善対象を選定でき、また、改善実施後の効果測定にも活用できます。ユーザー履歴を残せませんので本システムを利用し継続的改善活動を行いましょう。

2) 本システムの特徴

(1) 作業姿勢データベースには、上肢（1桁目）、腰部（2桁目）、上体（3桁目）、下肢（膝：4,5桁目）、下肢（足：6桁目）、加重（7桁目）の7桁コードから構成される2005種類の姿勢コードに対応する姿勢筋負担データが入力されています。

(2) データベース化されている2005種類の姿勢筋負担データは、1姿勢づつ三角筋（前部繊維）、脊柱起立筋（L5）、内側広筋、腓腹筋（内側頭）、前脛骨筋の左右10筋の各表面筋電図（surface-Electromyograph）を測定し、これら各被験筋の最大筋力比を求め10筋のトータル値（指数）となっております。この指数と自覚的負担度には指数が大きくなると自覚的負担の訴えも大きいという正の相関が確認されています。

(3) ユーザーが本システムを使用する際、まず、現場でよく出現する姿勢については「作業動作」「基本」「運ぶ」「特殊」の4つの選択画面の中から容易に選択できるよう構成されています。その他の細かい姿勢についてはプルダウンメニューにより部位別条件にそって容易にコード選択が出来るよう配慮されています。

(4) このシステムは、作業者を煩わすことなく観察した姿勢と発生頻度だけで容易に負担の程度を負担評価指数という定量値で把握できます。そこでユーザーの皆様はこのシステムを使用する前の準備段階として不具合姿勢が発生する作業の一連の作業姿勢とその発生割合に関する情報をご用意ください。

(5) 本負担評価システムでは、姿勢負担度の目安として、単に立っている場合の立位姿勢の指数は62.8ポイント、座っている座位姿勢の指数は46.3ポイントとなっております。これまでの各種作業における姿勢評価指数と現場作業者の自覚的訴えの関係から、指数が100ポイント以下なら姿勢負担の低い作業、100～120ポイントなら姿勢負担が中程度の作業、120ポイント以上なら姿勢負担が高い作業といえ、改善対象になるでしょう。100ポイント以下を目標にして継続的改善を実施して下さい。



2) 作業姿勢の設定方法

(1) 作業名称入力

設定する作業の名称をテキストで入力する。この名称は、負担評価結果出力および登録時に使用する。

(2) 作業・姿勢選択

代表的な作業または姿勢を「作業動作」、「基本」、「運ぶ」、「特殊」の4グループのアイコン表示から選択する。選択した姿勢は、「選択した姿勢を設定」ボタンで「設定作業一覧」に追加する。「作業動作」を選択すると自動的に基本構成姿勢が設定されるようにした。図 2-4-4 に“ダンボールの運搬”の設定姿勢の内容を示す。

また、作業アイコンはアニメ化し動きで作業内容を表示することとした。



図 2-4-4 作業姿勢の設定の表示例

表 2-4-4 に、「基本」、「運ぶ」、「特殊」、「作業動作」の 4 グループのアイコン表示から選択できる作業姿勢内容を示す。

「作業動作」に関しては選択すると自動的に基本構成姿勢が設定されるようにし、作業アイコンはアニメ化し動きで作業内容を表示することとした。

現段階で登録している作業内容は 9 種類であり、表 2-4-5 に作業を構成する作業動作を示す。

表 2-4-4 4 グループから選択可能な作業姿勢内容

分類	NO	名称	姿勢コード
基本姿勢	1	座位姿勢	01171Z0
	2	座位姿勢で両手を前に伸ばした姿勢(90°)	21171Z0
	3	立位姿勢で両手を肩より上の姿勢(135°)	1110010
	4	立位姿勢で両手を前に伸ばした姿勢(90°)	2110010
	5	上体を軽く前屈し(0~30°)膝は伸ばした姿勢	3110010
	6	上体を軽く前屈し(0~30°)膝を深く曲げた姿勢	2120110
	7	上体を深く前屈し(60~90°)膝を伸ばした姿勢	2120010
	8	上体を深く前屈し(60~90°)膝を深く曲げた姿勢	2120110
	9	両手を肩より上に挙げかかとを浮かした背伸び姿勢	1110020
	10	しゃがみ位姿勢	2112010
	11	基本姿勢	0110010
	12		
運ぶ	1	肩より上での重量物保持姿勢	1110012
	2	両足をそろえて腰をのばしたまま膝を軽く曲げた重量物保持姿勢	3110012
	3	両足をそろえて腰をのばしたまま膝を深く曲げた重量物保持姿勢	3110112
	4	腰を回転させた重量物保持姿勢	3410012
	5	肩での重量物保持姿勢	4110012
	6	両足をそろえて上体を前屈(60~30°)させた重量物保持姿勢	3120012
	7	片足を前に出し腰と膝を軽く曲げた重量物保持姿勢	3121032
	8	両足をそろえて中腰(60~90°)での重量物保持姿勢	3130012
	9	両足をそろえて腰と膝を深く曲げた重量物保持姿勢	3130112
	10	片足を前に出し腰と膝を深く曲げた重量物保持姿勢	3131032
	11	片手での重量物保持姿勢	0110015
	12	基本姿勢	0110010
特殊	1	台車押し姿勢	311001G
	2	物を移動させるため蹴っ飛ばす姿勢	311431F
	3	物を移動させるため蹴ったり押したりする姿勢	212431H
	4	物を移動させるため物を押したり物を引いたりする姿勢	212101E
	5	うつぶせ姿勢	11180Z0
	6	あお向け姿勢	11181Z0
	7	両膝付き姿勢	2110210
	8	片膝付き姿勢	3111420
	9	正座姿勢	21160Z0
	10	足崩し姿勢	21163Z0
	11	あぐら姿勢	21154Z0
	12	基本姿勢	0110010







作業動作	1	手運搬作業	10 姿勢
	2	台車運搬作業	10 姿勢
	3	棚入れ作業	10 姿勢
	4	箱詰め作業	10 姿勢
	5	穴あけ加工作業	10 姿勢
	6	ハンマー作業	10 姿勢
	7	ネジ締め作業	10 姿勢
	8	ペンキ塗り作業	10 姿勢
	9	溶接作業	10 姿勢
	10		

※姿勢コードの意味については、「表 2-4-2-1 姿勢コード値詳細」に記載。

表 2-4-5 現段階で登録中の「作業」を構成する作業動作





作業名： 手運搬作業

No.	姿勢コード	姿勢の画像	注記
1	3122011		負担評価指数：78.130905
2	3130014		負担評価指数：130.851822
3	3110014		負担評価指数：94.898384
4	3121034		負担評価指数：274.792206

5	3121134		負担評価指数 : 274.792206
6	3121034		負担評価指数 : 274.792206
7	3121034		負担評価指数 : 274.792206
8	3120014		負担評価指数 : 145.696601
9	3122010		負担評価指数 : 88.236504
10	0110010		負担評価指数 : 62.349209

作業名：台車運搬作業

No.	姿勢コード	姿勢の画像	注記
1	0110010		負担評価指数：62.349209
2	3130114		負担評価指数：203.235184
3	3121034		負担評価指数：274.792206
4	3130114		負担評価指数：203.235184
5	311001G		負担評価指数：129.119598
6	311001G		負担評価指数：129.119598







7	311001G		負担評価指数 : 129. 119598
8	3130114		負担評価指数 : 203. 235184
9	2122020		負担評価指数 : 117. 479912
10	0110010		負担評価指数 : 62. 349209


作業名：棚入れ作業

No.	姿勢コード	姿勢の画像	注記
1	3130114		負担評価指数：203.235184
2	3110014		負担評価指数：94.898384
3	3110014		負担評価指数：94.898384
4	3110014		負担評価指数：94.898384
5	3110014		負担評価指数：94.898384
6	1110014		負担評価指数：220.981873

7	1110011		負担評価指数 : 127.585892
8	4110011		負担評価指数 : 114.648003
9	4110011		負担評価指数 : 114.648003
10	0110010		負担評価指数 : 62.349209

作業名： 箱詰め作業

No.	姿勢コード	姿勢の画像	注記
1	3410014		負担評価指数：95.740837
2	3110014		負担評価指数：94.898384
3	2130111		負担評価指数：119.216549
4	2420010		負担評価指数：123.334099
5	3410010		負担評価指数：65.404900
6	3120114		負担評価指数：145.696601

7	3120014		負担評価指数 : 280.050598
8	3410010		負担評価指数 : 65.404900
9	3120014		負担評価指数 : 280.050598
10	3410010		負担評価指数 : 65.404900

作業名： 穴あけ加工

No.	姿勢コード	姿勢の画像	注記
1	3110010		負担評価指数：64.300797
2	2120010		負担評価指数：151.913315
3	6110010		負担評価指数：89.909096
4	8110010		負担評価指数：75.590591
5	3110010		負担評価指数：64.300797
6	3110010		負担評価指数：64.300797

7	2110010		負担評価指数 : 86.748901
8	8120010		負担評価指数 : 113.952904
9	3120010		負担評価指数 : 113.146400
10	3120010		負担評価指数 : 113.146400

作業名：ハンマー

No.	姿勢コード	姿勢の画像	注記
1	0110010		負担評価指数：62.349209
2	3110011		負担評価指数：64.300797
3	6110011		負担評価指数：147.958191
4	4110011		負担評価指数：114.648003
5	3110011		負担評価指数：86.017197
6	6110011		負担評価指数：147.958181




7	3110011		負担評価指数 : 86.017197
8	9110010		負担評価指数 : 75.590591
9	3120010		負担評価指数 : 113.146400
10	0110010		負担評価指数 : 62.349209

作業名： ネジ締め

No.	姿勢コード	姿勢の画像	注記
1	01171Z0		負担評価指数：45.771053
2	35171Z0		負担評価指数：59.223801
3	25171Z1		負担評価指数：103.874313
4	21171Z0		負担評価指数：87.782402
5	21171Z0		負担評価指数：87.782402
6	21171Z0		負担評価指数：87.782402

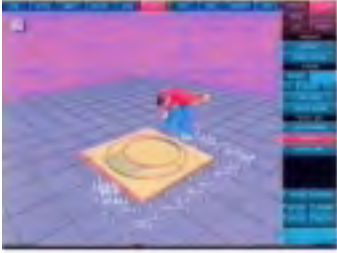

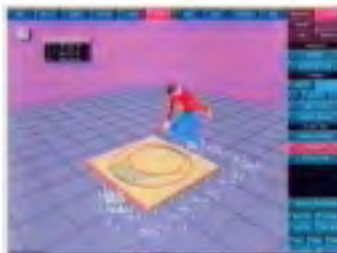



7	31171Z0		負担評価指数 : 58.459400
8	21171Z0		負担評価指数 : 87.782402
9	24171Z1		負担評価指数 : 103.874313
10	01171Z0		負担評価指数 : 45.771053


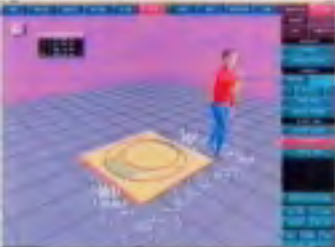
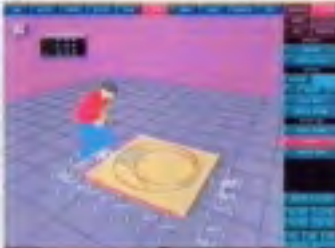
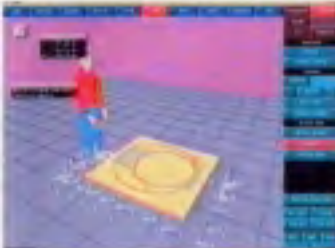
作業名： ペンキ塗り作業

No.	姿勢コード	姿勢の画像	注記
1	0110010		負担評価指数：62.349209
2	2120130		負担評価指数：151.913315
3	9112020		負担評価指数：142.165298
4	9112020		負担評価指数：142.165298
5	7112020		負担評価指数：154.355392
6	2120010		負担評価指数：151.913315

7	3120010		負担評価指数 : 113. 146400
8	3120010		負担評価指数 : 113. 146400
9	3120010		負担評価指数 : 113. 146400
10	0110010		負担評価指数 : 62. 349209

作業名： 溶接作業

No.	姿勢コード	姿勢の画像	注記
1	8131011		負担評価指数：101.439591
2	8131011		負担評価指数：101.439591
3	8121011		負担評価指数：167.591888
4	8120111		負担評価指数：214.706085
5	3110031		負担評価指数：92.249001
6	3110011		負担評価指数：86.017197

7	0110011		負担評価指数 : 50.529697
8	0110011		負担評価指数 : 50.529697
9	3122011		負担評価指数 : 78.130905
10	0110010		負担評価指数 : 62.349209

(3) 詳細な姿勢の選択

「基本」、「運ぶ」、「特殊」、「作業」の4グループ以外の作業姿勢については、図2-4-5 に示すような形式で、「表2-4-2-1 姿勢コード値詳細」から姿勢を選択することを可能とする「詳細姿勢入力」ウィンドウを設けた。

■上肢 両肩0°

■腰部 腰側屈0°

■前屈(上体) 上体前30° ~ 上体後30°

■膝(立位もしくは座位・臥位) 両膝屈折0° ~ 30°

■足 両足接地

■加重(重量・負荷) 両足爪先立ち

両足接地
両足爪先立ち
重心の乗っている足が接地
重心の乗っている足が爪先立ち

図2-4-5 「詳細姿勢入力」ウィンドウ

(4) 補助シート

図2-4-6 に示すような形式で、ユーザーが入力した作業の各姿勢に対しコメント、およびチェックを行うことを可能とし評価結果に反映できるようにした。



図2-4-6 補助シート表示例

(5) 作業姿勢の確認

入力した動作の確認を行うため、アニメーションによる姿勢の連続再生による表示を行うようにした。

図2-4-7 に示すように、アニメーションは再生スピード毎に決められた一定時間を各姿勢の割合で表示した。再生スピードは、「速く」、「普通」(デフォルト)、「ゆっくり」の3パターン選択可能としそれぞれ 5, 8, 10秒で表示出来るようにした。



図 2-4-7 アニメーションの再生画面表示例

また、図2-4-8 に示すようにイメージの方向は、「正面」(デフォルト)、「右」、「左」、「上」からも選択出来るようにした。



図 2-3-8 アニメーションの再生画面表示例—イメージの方向—

3) 評価結果の出力

負担評価結果を基にPDFファイルを作成し、Webブラウザで表示する事とした。
 図2-4-9 に、“ダンボール運搬作業”の出力結果の一部を示す。

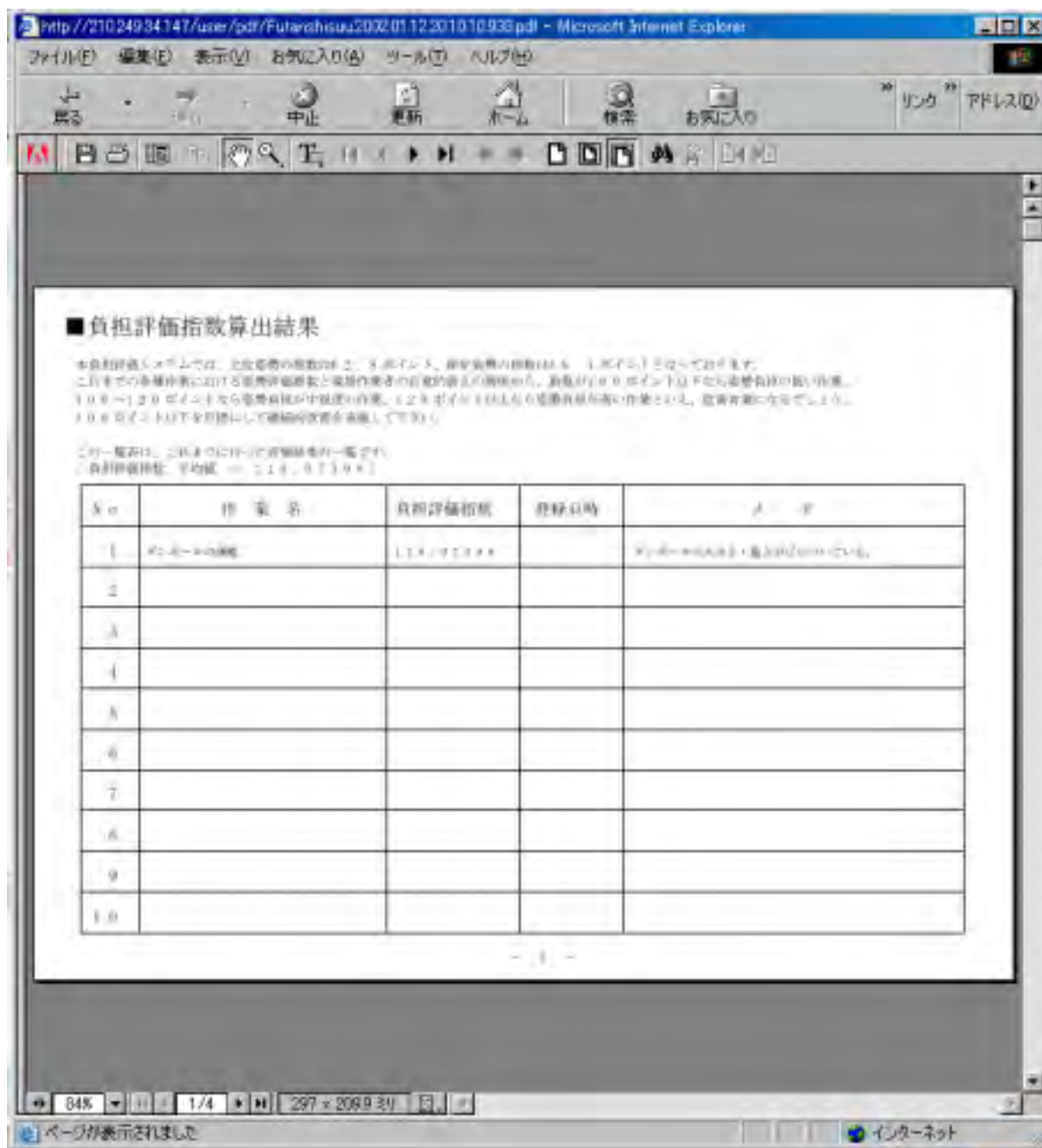


図2-4-9 “ダンボール運搬作業”の出力結果の一部

本システムの結果出力ページは、下記に示す図2-4-10～図2-4-13の内容を出力するようにした。各ページには、ページの説明文を出力し理解し易いものとなることを心掛けた。

(1) 作業一覧（1ページ目：図2-4-10）

すべての仕事毎の負担評価指数を一覧出力する。

また、仕事毎の登録日時、補助シートで入力された備考を出力する。

この一覧表は、これまでに行った評価結果の一覧です。
[負担評価指数 平均値 = XXX.XXXXXX]

NO	作業名	負担評価指数	登録日時	備考
1	塗料調合工程（改善前）	194.04897	2001/08/01	改善前の...
2	塗料調合工程（改善後）	134.35439	2001/09/01	↑
3	↑	↑	↑	
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

③ ④ ⑤ ⑥

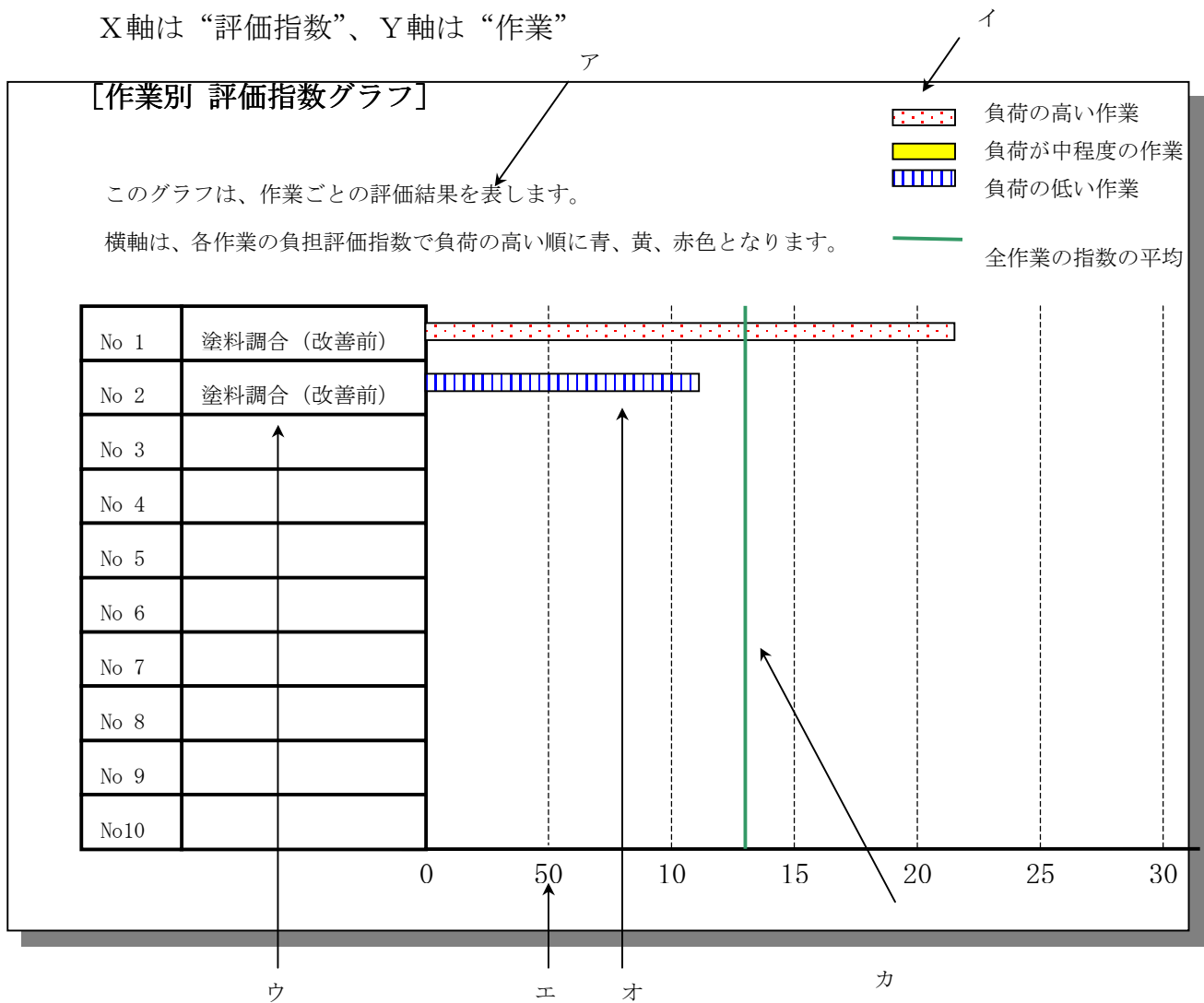
- ①：ページ説明文
- ②：全作業の評価指数の平均値
- ③：作業名称
- ④：作業毎の評価指数
- ⑤：登録日付
- ⑥：備考、補助シートの入力を表示

図 2-4-10 作業一覧

(2) 作業別 評価指数グラフ (2 ページ目 : 図2-4-11)

仕事単位の負担評価指数を棒グラフにて表示する。

X軸は“評価指数”、Y軸は“作業”



ア：ページ説明文

「このグラフは、作業ごとの評価結果を表します。……」

イ：凡例

ウ：作業名称

エ：横軸は、評価指数。目盛りは0～ 300までを50刻みで出力。

オ：棒グラフは、評価指数の値により色分け出力。

100 以下 : 青色

100 ～ 120 : 黄色 (100 以下になるよう改善努力をして下さい)

120以上 : 赤色 (改善が必要です)

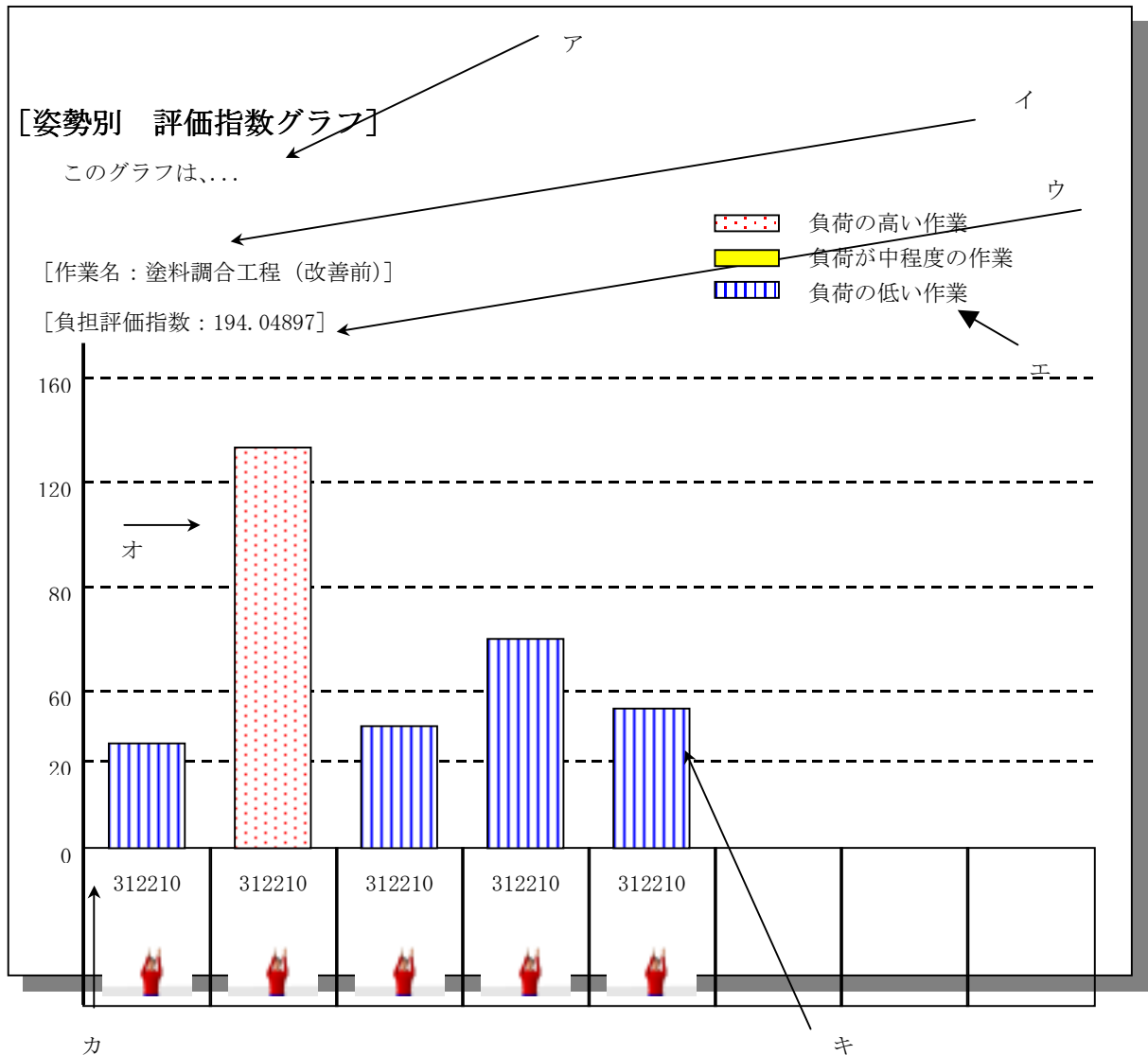
カ：全作業の評価指数平均値のライン。

図 2-4-11 仕事別 評価指数グラフ

(3) 姿勢別 評価指数グラフ (3 ページ目以降 : 図2-4-12)

姿勢単位の負担評価指数を棒グラフにて表示する。

X軸は“姿勢コード”、 Y軸は“作業の評価指数に占める割合”



ア : ページ説明文

「このグラフは、姿勢毎の評価指数 (指数と作業に占める割合) をグラフに表したものです。バーは負荷の高い順に青、黄、赤色となります。」

イ : 作業名称

ウ : 作業の評価指数

エ : 凡例

オ : 縦軸は、評価指数。

目盛りの最大値は、(最大の評価指数+10) / 10。各目盛りは、最大値を10等分した値。

カ : 横軸は、仕事に含まれる姿勢コード (並びはコード順、最大8コード、8

コード以上は次ページ)。コード値と、姿勢イメージを出力。
キ：棒グラフは、評価指数の値により色分け出力。

図 2-4-12 姿勢別 評価指数グラフ

(4) 補助シート（姿勢別 評価指数グラフの次ページ：図2-4-3-3-5）

前述の図2-4-3-2-2 の「作業入力補助シート」で入力された項目を表示する。

作業入力補助シート		
作業名	: XXXX作業	
日時	: YYYY/MM/DD HH:MM	
番号	: NN	
姿勢コード	: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	
細目	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	
	XXXXXXXXXXXX	
	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	
	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	
チェック欄		
XXXX	■	XXXX □
XXXX	□	XXXX ■
XXXX		XXXX ■
メモ		
	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	
	XXXXXXXXXXXX	
	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	

図 2-4-13 補助シート例

4) ユーザー履歴機能

(1) 機能概要

登録を行ったユーザーの入力の内容をデータベースに保存し、前回までの作業姿勢評価との比較、検討を行えるようにした。

(2) ユーザー登録

図 2-4-14 に示すようにユーザー登録はユーザー ID およびパスワードを登録することにより、システムへの登録を可能とした。

ユーザー登録 - Microsoft Internet Explorer

ユーザー登録

ユーザー登録することにより、本システムの利用履歴を保持することができます。
初めての方は、新規登録をチェックし、好きなユーザー名とパスワードを「半角英数字・最大8文字以内」で入力し、登録ボタンを押してください。
既に登録されている方は、ログインをチェックし、登録してあるユーザー名、パスワードを入力し、ログインを押してください。
※登録したユーザー名、パスワードは必ず控えて忘れないようにしてください。

ログイン 新規登録

■ユーザー名 半角英数字最大8文字

■パスワード 半角英数字最大8文字

ログイン リセット

図2-4-14 ユーザー登録画面

(3) ユーザー履歴

作業負担評価機能について、最新の入力情報を保存し同一ユーザーによる保存は10回までとし、11回目以降は順次最古のデータから上書きするものとした。