

I 測定事例

ダイコン播種作業

※OWASのみの姿勢評価

1. 試験方法

- (1)試験場所：岩手県農業研究センター（北上）圃場
 〃 県北農業研究所（軽米）圃場
- (2)供試機械：播種マルチMS2D-T + 野菜栽培管理ビークルJK11-120GW
- (3)供試マルチ：11227-大穴8cm（特注品、株間27cm、マルチ幅110cm、2条ちどり穴）
- (4)調査方法 各作業時のビデオ画像から、被験者の作業姿勢をOWAS法により記録・解析。姿勢の記録は、スナップリーディング法を用い、5秒間隔で記録した。
- (5)試験区の構成

区No	作業方法・人員	被験者作業内容	試験月日	場所
①	マルチ同時播種機・1人作業	オペレータ+マルチ処理(男性a)	平成12年 5月15日	北上
②	〃 2人組(オペレータ1、補助1)	オペレータ (〃)		
③	〃 〃	補助者：マルチ処理 (男性b)		
④	対照：慣行人力播種・1人作業	人力播種作業のみ (男性a)	11月30日	軽米

2. 試験成績の概要

表1 マルチ同時播種機の作業能率

区	速度 (m/s)	作業時間 (h/10a)					対慣行作業 時間比
		実作業	旋回移動	マルチ補給	マルチ準備	計	
① 1人作業	0.313	0.75	0.13	0.08	0.33	1.29	21%
②③ 2人組作業	0.314	0.74	0.10	0.08	0.13	1.05	17%

<OWAS法による部位別評価>

表2 背部及び上肢の姿勢分類・発生頻度

単位：%、()内は判定AC

部位、分類	背 部				上 肢		
	1 まっすぐ	2 前後に曲げる	3 ひねる or横曲げ	4 ひねる +曲げる	1 両腕が 肩より下	2 片腕が 肩より上	3 両腕が 肩より上
区No、作業、被験者							
①機械1人、オペ+処理a	74.3(1)	13.3 (1)	6.9 (1)	5.5(1・2)	100(1)	0 (1)	0 (1)
② 〃 2人、オペレータ a	88.2(1)	4.5 (1)	3.3 (1)	4.0(1・2)	100(1)	0 (1)	0 (1)
③ 〃 〃、マルチ処理 b	76.9(1)	8.9 (1)	0 (1)	14.2 (2)	100(1)	0 (1)	0 (1)
④慣行人力播種 a	1.3(1)	40.8 (2)	0 (1)	57.9 (3)	100(1)	0 (1)	0 (1)

表3 下肢の姿勢分類・発生頻度

単位：%、()内は判定AC

分類	1 座る	2 両脚伸張で立つ	3 重心の 片脚伸張	4 両膝曲 げor中腰	5 重心の 片膝曲げ	6 膝を 床につく	7 歩く or移動
区No、作業、被験者							
①機械1人、オペ+処理a	69.1(1)	7.9 (1)	2.1 (1)	9.7(1・2)	0 (1)	0 (1)	11.2 (1)
② 〃 2人、オペレータ a	81.9(1)	2.1 (1)	1.5 (1)	6.1(1・2)	0 (1)	0 (1)	8.4 (1)
③ 〃 〃、マルチ処理 b	0(1)	24.2 (1)	0.9 (1)	7.5(1・2)	0 (1)	0 (1)	67.4 (1)
④慣行人力播種 a	0(1)	0.9 (1)	0 (1)	76.9 (4)	1.0(1)	0 (1)	21.2 (1)



<OWAS法による作業姿勢の総合評価>

表4 評価段階別姿勢発生頻度

単位：％

評価段階 区No、作業名	AC1 問題なし	AC2 有害、近いうちに改善必要	AC3 有害できるだけ早期に改善必要	AC4 非常に有害 直ちに改善必要	全体的負担 度の指標 AC3 + AC4
①機械1人、オペ+処理a	80.8	9.8	6.9	2.5	9.4
②〃 2人、オペレータ a	91.5	2.4	2.8	3.3	6.1
③〃 〃、マルチ処理 b	76.9	15.6	2.4	5.1	7.5
④慣行人力播種 a	1.3	20.9	25.6	51.2	76.8

※OWASでは、姿勢毎の負担度と改善要求度を以下の4段階のAC(Action category)で判定。

AC1：この姿勢による筋骨格系負担は問題ない。

AC2：この姿勢は筋骨格系に有害である。近いうちに改善すべきである。

AC3：この姿勢は筋骨格系に有害である。できるだけ早期に改善すべきである。

AC4：この姿勢は筋骨格系に非常に有害である。ただちに改善すべきである。

3. 結果と考察

(1)ダイコン慣行人力播種作業

農家慣行のマルチ穴への人力播種作業（マルチ張りは別途行う設定）の場合、部位別評価では背部の「ひねる+曲げる」姿勢がAC3、「前後曲げ」がAC2と腰への負担が非常に大きく、下肢の「両膝曲げor中腰」姿勢がAC4と非常に有害で直ちに改善が必要なレベルであった。

また、総合評価でもAC3 + AC4（全体的負担度の指標）が76.8%と非常に作業負担が大きいことが示された。

(2)ダイコン機械播種作業

マルチ同時播種機によるダイコン播種作業は、1人作業及び2人組作業オペレータの場合は基本的に座位中心、2人組補助作業者は立位・歩行が多い。OWAS部位別評価では、2人組作業の補助作業で背部の「ひねる+曲げる」姿勢がAC2とやや改善を要するレベルであった。しかし、他の各作業では、AC1・2の境界値があるものの、概ね問題ない姿勢であった。

また、作業姿勢の総合評価ではAC1が77～92%を占め、AC3 + AC4（全体的負担度の指標）は1人作業 9.4%、2人組オペレータ 6.1%、2人組補助者 7.5%で、慣行作業に比べ大幅に作業負担が軽減される結果となった。

なお、1人作業の場合と2人組作業オペレータの比較では、作業姿勢負担レベルに大きな差はみられず、作業能率でも1人作業から2人組作業にした場合の省力効果がみられないことから、実用上は1人作業体系が有効と思われた。

1. 目的

県北地域では、平成11年より加工用品種を使用した調理用トマトの栽培が行われている。この加工用品種は「心止まり型」の特徴を有することから、整支作業が不要で生食用栽培に比較し省力的な地ばい栽培（無支柱栽培）が行われている。しかし、地ばい栽培では、収穫時中腰での作業が中心となり作業負担が大きいことが問題となっていた。

そこで、新たに考案された簡易な支柱栽培法における収穫作業の作業負担軽減効果について検討する。

2. 試験方法

(1)試験場所 岩手県農業研究センター県北農業研究所 パイプハウス内

(2)試験月日 平成12年10月25日

(3)供試品種 にたきこま（播種：平成12年3月15日、定植：5月22日）

(4)栽植様式 簡易支柱栽培：畝間200cm、株間60cm、1条植え、直管パイプ・フラワーネット等使用
慣行地ばい栽培：畝間200cm、株間70cm、1条植え

(5)試験区の構成

区 名	人員	被験者作業内容	被験者
①簡易支柱栽培区	1人	垂れ下がっている果実を手摘み、カゴへ投入	男性
②対照：（慣行）地ばい栽培区	1人	地面に這っている " "	身長171cm

(6)調査方法 各収穫作業時のビデオ画像から、被験者の作業姿勢をOWAS法により記録・解析。
姿勢の記録は、スナップリーディング法を用い、測定間隔は5秒単位で記録した。

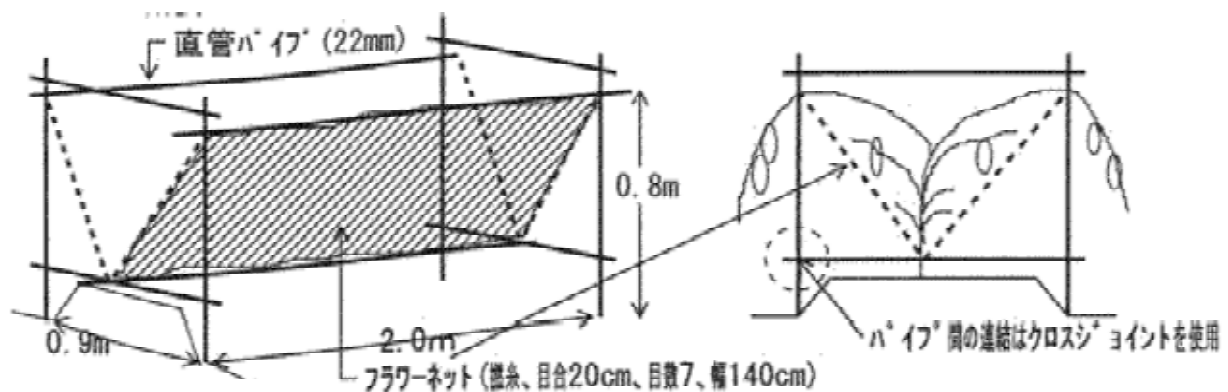


図1 支柱栽培概念図



図2 支柱栽培区収穫状況



図3 慣行地ばい栽培区収穫状況

3. 試験成績の概要

<OWAS法による部位別評価>

表1 背部及び上肢の姿勢分類・発生頻度

単位：％、()内は判定AC

部位、分類 区	背 部				上 肢		
	1 まっすぐ	2 前後に 曲げる	3 ひねる or横曲げ	4 ひねる +曲げる	1 両腕が 肩より下	2 片腕が 肩より上	3 両腕が 肩より上
①簡易支柱栽培区	63.7(1)	33.5(1・2)	2.8 (1)	0 (1)	100(1)	0 (1)	0 (1)
②慣行地ばい栽培区	5.1(1)	81.8(2・3)	0 (1)	13.1(2)	100(1)	0 (1)	0 (1)

表3 下肢の姿勢分類・発生頻度

単位：％、()内は判定AC

分類 区No、作業、被験者	1 座る	2 両脚伸 張で立つ	3 重心の 片脚伸張	4 両膝曲 げor中腰	5 重心の 片膝曲げ	6 膝を 床につく	7 歩く or移動
①簡易支柱栽培区	0 (1)	49.1(1)	2.3 (1)	33.5(2・3)	0 (1)	0 (1)	15.1 (1)
②慣行地ばい栽培区	0 (1)	3.2(1)	3.2 (1)	83.7 (4)	0 (1)	0 (1)	10.0 (1)

<OWAS法による作業姿勢の総合評価>

表4 評価段階別姿勢発生頻度

単位：％

評価段階 区No、作業名	A C 1 問題なし	A C 2 有害、近いう ちに改善必要	A C 3 有害できるだけ 早期に改善必要	A C 4 非常に有害 直ちに改善必要	全体的負担 度の指標 AC 3 + AC 4
①簡易支柱栽培区	35.9	59.4	4.7	0	4.7
②慣行地ばい栽培区	4.1	13.1	73.2	9.5	82.7

※OWASでは、姿勢毎の負担度と改善要求度を以下の4段階のAC(Action category)で判定。

4. 結果と考察

調理用トマト栽培において、新たに考案された簡易な支柱栽培法での収穫作業、及び農家慣行の地ばい栽培の収穫作業の作業負担を、OWAS法により検討した。

その結果、部位別評価では、背部の「前後曲げる」姿勢割合が慣行82％（AC2・3）から支柱栽培区34％(AC1・2)と減少した。また、「ひねる+曲げる」姿勢でも慣行区13％（AC2）から支柱栽培区0％(AC1)へと減少し、改善効果がみられた。さらに、下肢では「両膝曲げor中腰」姿勢割合が慣行区84％でAC4判定であったのに対し、支柱栽培区では34％にまで減少し、ACも2・3の境界判定と変わり、こちらでも改善効果がみられた。

作業姿勢の総合評価では、OWASにおいて全体的負担度の指標とされるAC3+AC4の割合が、慣行区82.7％であったのに対し、支柱栽培区では4.7％となり、支柱栽培区では作業負担が大幅に減少した。

しかしながら、支柱栽培区においても、下肢の「両膝曲げor中腰」姿勢がAC2・3の境界判定であり、この姿勢割合をさらに減らす工夫が必要と思われた。

水稲ロングマット苗移植体系

※OWAS及び姿勢区分評価法追加版の併用評価

1. 目 的

農業機械の大型化・機械操作の高度化が進む一方で、作業者の人間工学的見地からの作業負担軽減、及び安全な機械作業方法への改善などの問題点について、現状分析と課題の解決策を図る。

ここでは、水稲のロングマット水耕苗移植体系及び慣行土付き苗移植体系における各作業者の作業負担の比較検討を行う。

2. 試験方法

(1) 試験場所 岩手県農業研究センター内 3ha圃場(農道ターン)及び育苗ハウス

(2) 供試機械 I社 5条植え乗用ロングマット田植機

K社 6条植え乗用高速田植機

(3) 調査方法 各作業時のビデオ画像から、被験者の作業姿勢をOWAS法^{*}及び姿勢区分評価法追加版^{**}により記録・解析。姿勢の記録には連続観察法を用い、作業によっては非常に速い動作の作業もあったため、0.1～1秒単位で記録。

(基礎数値・対象物質質量：ロングマット苗 12kg/1ロール、慣行苗 7kg/1箱 とした)

(4) 試験区の構成

区No	区名	被験者作業内容等	作業人員	試験月日
①	ロングマット体系 巻取改善	苗押さえ鉄板使用→ずらしながら巻き取り	2人組	平成12年
②	〃 巻取従来	木板使用→人力で苗押さえしながら巻き取り	2人組	5月25日
③	〃 田植OP	ロング田植機オペレータ+苗ロールセット	苗補給時	平成12年
④	〃 〃 補助	苗ロールセット(苗補給)作業補助	2人組	5月26日
⑤	慣行移植体系苗搬出A	慣行苗箱搬出A、苗床から苗箱持上げ手渡し	4人組	平成12年
⑥	〃 〃 B	〃 B、苗箱を軽トラック上の棚へ積載		5月25日
⑦	〃 田植OP	慣行田植機オペレータ+苗補給作業	苗補給時	
⑧	〃 〃 補助	苗補給作業のみ	3人組	

3. 試験成績の概要

表1 作業能率

区 供試機械	速 度 (m/s)	作業時間 (h/h a)				
		移植	旋回移動	苗補給	調整	計
③④ 5条植ロングマット田植機	0.831	2.23	0.22	0.28	0.08	2.81
⑦⑧ 6条植高速田植機(慣行苗)	0.801	1.93	0.21	0.99 [*]	0.19	3.32

※移植途中における予備苗の苗つぎを含む。

<OWAS法による部位別評価>

表2 背部及び上肢の姿勢分類・発生頻度

単位：%、()内は判定AC

部位、分類 区No、区名	背 部				上 肢		
	1 まっすぐ	2 前後に 曲げる	3 ひねる or横曲げ	4 ひねる +曲げる	1 両腕が 肩より下	2 片腕が 肩より上	3 両腕が 肩より上
①ロングM 巻取改善	40.8(1)	15.1 (1)	0.9 (1)	43.2 (3)	100(1)	0(1)	0(1)
② 〃 巻取従来	19.9(1)	2.4 (1)	0 (1)	77.7 (4)	100(1)	0(1)	0(1)
③ 〃 田植OP	87.6(1)	3.8 (1)	4.6 (1)	4.0(1・2)	100(1)	0(1)	0(1)
④ 〃 〃 補助	55.0(1)	29.7(1・2)	0 (1)	15.3 (2)	100(1)	0(1)	0(1)
⑤慣行移植 苗搬出A	24.2(1)	24.2 (1)	27.5 (2)	24.1 (2)	100(1)	0(1)	0(1)
⑥ 〃 〃 B	63.8(1)	0.6 (1)	33.7 (2)	1.9(1・2)	73.7(1)	0.6(1)	25.7(2)
⑦ 〃 田植OP	84.6(1)	4.3 (1)	6.4 (1)	4.7(1・2)	97.9(1)	0.2(1)	1.9(1)
⑧ 〃 〃 補助	62.5(1)	13.5 (1)	24.0(1・2)	0 (1)	89.6(1)	5.7(1)	4.7(1)

表3 下肢の姿勢分類・発生頻度

単位：％、()内は判定AC

分類 区No、作業、被験者	1 座る	2 両脚伸張で立つ	3 重心の片脚伸張	4 両膝曲げor中腰	5 重心の片膝曲げ	6 膝を床につく	7 歩くor移動
①ロングM 巻取改善	0 (1)	92.0 (2)	0.1 (1)	0 (1)	0 (1)	0 (1)	7.9 (1)
② " 巻取従来	0 (1)	88.2 (1)	0 (1)	0 (1)	0 (1)	0 (1)	11.8 (1)
③ " 田植OP	89.9(1・2)	6.3 (1)	0.9 (1)	1.9(1・2)	0 (1)	0 (1)	1.0 (1)
④ " " 補助	0 (1)	81.8(1・2)	0 (1)	0 (1)	0 (1)	0 (1)	18.2 (1)
⑤慣行移植 苗搬出A	0 (1)	52.2 (1)	5.3 (1)	37.2 (3)	0 (1)	0 (1)	5.3 (1)
⑥ " " B	0 (1)	62.8 (1)	0.6 (1)	0 (1)	0 (1)	0 (1)	36.6 (1)
⑦ " 田植OP	81.6 (1)	9.5 (1)	0 (1)	3.2(1・2)	0 (1)	0 (1)	5.7 (1)
⑧ " " 補助	0 (1)	67.2 (1)	3.6 (1)	3.7(1・2)	0 (1)	0 (1)	25.5 (1)

＜総合評価＞表4 作業姿勢負担度

区No、作業、被験者	姿勢区分評価法追加版* による姿勢評価		h a 当り 作業時間 (h/ha)
	評価点平均	ha当作業負担度	
①ロングM 巻取改善	3.84	16.30	4.25
② " 巻取従来	5.08	16.69	3.28
③ " 田植OP	1.35	3.79	2.81
④ " " 補助	3.90	1.11	0.28 ← 苗補給のみ
⑤慣行移植 苗搬出A	4.93	1.10	0.22
⑥ " " B	2.58	0.63	0.24
⑦ " 田植OP	1.66	5.52	3.32
⑧ " " 補助	2.06	1.59	0.77 ← 苗補給のみ

※評価点が高いほど作業姿勢はつらい。h a 当作業負担度＝評価点平均×h a 当り作業時間(h/ha)

4. 結果と考察

(1)ロングマット体系巻き取り作業

ロール苗巻き取り作業者の場合、苗ロール等を人力（腕）で強く押し付けながらの作業となり、背部「ひねる＋曲げる」姿勢割合も、①巻取改善区43％（AC3判定）、②巻取従来区78％（AC4判定）と、腰や腕への負担が非常に大きい。総合評価では、評価点平均で、①3.8点、②5.1点と改善区で少しは楽になっているが、作業能率が悪いと、ha当作業負担度16.3～16.7で、慣行苗出し作業よりも大幅に作業負担増となった。この結果、人力による巻き取り作業では、連続作業が困難となることが予想されることから、自動巻取り装置等の導入による省力・軽労化が強く望まれる。

(2)ロングマット体系移植作業

ロングマット田植機の③オペレータは、苗ロールセット時以外は座位のみの作業で、部位別評価では特に問題となる姿勢は見当たらない。また、総合評価でも、評価点平均1.3点、ha当作業負担度3.8で、慣行作業よりも若干作業負担が減少している。

一方、ロール苗セット時の④補助作業では、背部「ひねる＋曲げる」姿勢割合が15％(AC2判定)以外に特に問題となる姿勢はない。総合評価では、評価点平均 3.9点、と作業そのものは慣行に比べて負担が大きい、ha当作業負担度では 1.1と慣行よりも負担が少なくなった。

(3)慣行移植体系

育苗ハウスの苗床から苗箱を搬出する作業の、⑤苗箱拾い上げ者では、下肢「両膝曲げor中腰」姿勢がAC3判定、背部「ひねるor横曲げ」及び「ひねる＋曲げる」姿勢がAC2判定であり、腰への負担が大きく、総合評価では、評価点平均 4.9点と作業そのものは非常に負担が大きい。また、⑥苗箱積載作業では、背部「ひねるor横曲げ」及び、上肢「両腕が肩より上」姿勢がAC2判定とやや改善が必要なレベルであるが、総合評価では、評価点平均 2.6点で負担は比較的少ない。

一方、慣行田植機の⑦オペレータ、及び⑧補助作業者の部位別評価では、AC1・2の境界判定はあるものの特に問題となる姿勢は見当たらず、総合評価の評価点平均でも⑦1.7点、⑧2.1点と比較的負担は少なかった。ただし、ha当作業負担度では、両区ともロングマット体系の約1.5倍となった。

ダイコン収穫作業

※OWAS及び姿勢区分評価法追加版の併用評価

1. 目的

ここでは、ダイコン収穫機及び慣行人力収穫作業の作業負担について比較検討する。

2. 試験方法

- (1)試験場所 岩手県農業研究センター内圃場
 (2)供試機械 K社 トラクタ装着式ダイコン収穫機 K・DH-210 + トラクタ KL-33
 (3)調査方法 各作業者の作業時のビデオ画像から、被験者の作業姿勢をOWAS法及び姿勢区分評価法追加版により記録・解析。姿勢の記録は、スナップリーディング法を用い、比較的速い動作の作業が多いため、5秒間隔で記録した。
 (4)試験区の構成

区No	収穫方法・人員	被験者作業内容	試験月日
①	収穫機通常速度・2人組(オペレータ、補助)	補助：座位フレコン収納作業 (男性a)	平成12年 11月9日
②	収穫機高速・3人組(オペレータ1、補助2)	補助1： (")	
③	" "	補助2：歩行フレコン収納作業(男性b)	
④	対照：慣行人力収穫・1人作業	引き抜き作業 (男性c)	平成10年 11月25日
⑤	" "	かによる葉切り作業 (")	
⑥	" "	人力運搬・フレコン収納 (")	

3. 試験成績の概要

表1 だいこん収穫機の作業能率

区	速度 (m/s)	作業時間* (h/10a)			
		実収穫	旋回移動	他	計
①通常速度・2人組作業	0.076	6.49	0.52	0.82	7.83
②③ 高速・3人組作業	0.123	4.16	0.52	0.72	5.40

<OWAS法による部位別評価>

表2 背部及び上肢の姿勢分類・発生頻度

単位：%、()内は判定AC

部位、分類 区No、作業、被験者	背 部				上 肢		
	1 まっすぐ	2 前後に曲げる	3 ひねるor横曲げ	4 ひねる+曲げる	1 両腕が肩より下	2 片腕が肩より上	3 両腕が肩より上
①収穫機通常 補助 a	46.4(1)	18.3 (1)	27.3 (2)	8.0(1・2)	88.6(1)	10.3(1)	1.1(1)
② " 高速 補助1a	40.4(1)	44.7 (2)	10.1 (1)	4.8(1・2)	97.9(1)	2.1(1)	0(1)
③ " " 補助2b	48.8(1)	42.1 (2)	7.0 (1)	2.6(1・2)	98.9(1)	1.1(1)	0(1)
④慣行収穫 引抜き c	19.2(1)	58.9 (2)	0 (1)	21.9 (2)	100(1)	0(1)	0(1)
⑤ " 葉切り c	10.9(1)	76.4(2・3)	0 (1)	12.7 (2)	100(1)	0(1)	0(1)
⑥ " 運搬 c	59.1(1)	32.2(1・2)	0.9 (1)	7.8(1・2)	100(1)	0(1)	0(1)

表3 下肢の姿勢分類・発生頻度

単位：%、()内は判定AC

分類 区No、作業、被験者	1 座る	2 両脚伸張で立つ	3 重心の片脚伸張	4 両膝曲げor中腰	5 重心の片膝曲げ	6 膝を床につく	7 歩くor移動
①収穫機通常 補助 a	64.0(1)	31.9 (1)	1.0 (1)	0.3(1・2)	0 (1)	0 (1)	2.8 (1)
② " 高速 補助1a	27.6(1)	67.7 (1)	0.5 (1)	1.1(1・2)	0 (1)	0 (1)	3.1 (1)
③ " " 補助2b	0(1)	20.4 (1)	8.1 (1)	0 (1)	0 (1)	0 (1)	71.5 (1)
④慣行収穫 引抜き c	0(1)	91.8 (2)	0 (1)	0 (1)	0 (1)	0 (1)	8.2 (1)
⑤ " 葉切り c	0(1)	85.5 (2)	0 (1)	0 (1)	0 (1)	0 (1)	14.5 (1)
⑥ " 運搬 c	0(1)	40.9 (1)	0.9 (1)	0 (1)	0 (1)	0 (1)	58.2 (1)



図1 ダイコン収穫機の外観

<総合評価>

表4 作業姿勢負担度

区No、作業、被験者	姿勢区分評価法追加版* による姿勢評価		10a当り 作業時間 (h/10a)
	評価点平均	10a当作業負担度	
①収穫機通常 補助 a	2.63	17.1	6.49
② " 高速 補助1a	3.31	13.8	4.16
③ " " 補助2b	3.18	13.2	
④慣行収穫 引抜き c	5.59	51.6	9.24
⑤ " 葉切り c	5.95	19.8	3.32
⑥ " 運搬 c	4.54	25.0	5.50

※評価点が高いほど作業姿勢はつらい。10a当作業負担度＝評価点平均×10a当り作業時間(h/10a)

4. 結果と考察

(1)OWA S 部位別評価 (表2, 3)

収穫機・2人組フレコン収納作業者の場合、基本的に座位中心であるがフレコン袋が横にあるため、ひねり姿勢が多く、部位別評価でも背部ひねり姿勢がAC2でやや改善が必要なレベルであった。一方、3人組作業の場合では、処理速度が速くなるため、座位作業者もステップ上での立位状態が多くなり、ひねり姿勢は減るが前後曲げ姿勢が多くなりAC2判定となった。また、歩行作業者でも前後曲げ姿勢が多く、AC2判定となった。

農家慣行のダイコン引き抜き作業者(未熟練者)の場合、背部前後曲げを含む姿勢が8割を越え、前後曲げ及びひねり+曲げがAC2であった。葉切り作業者(未熟練者)では背部前後曲げを含む姿勢が9割を越え、特に前後曲げがAC2・3の境界判定となった。また、運搬・収納作業者(未熟練者)の場合、部位別評価ではあまり問題となる姿勢はない結果となったが、実際にはダイコン束の持ち上げ、重量物運搬等つらい姿勢も多く、引き抜き作業等も含め動的姿勢が多い場合、OWA Sでは的確に判定されにくいことがあらわれている

(2)総合評価 (表4)

ダイコンの収穫においては、前屈動を伴う姿勢や重量物運搬等の動作が含まれるため、今回は、それらの動的姿勢評価も加えられた姿勢区分評価法追加版にて作業全体の作業負担を検討した。

その結果、慣行人力収穫の場合、評価点平均が④引抜き5.59点、⑤葉切り5.95点、⑥運搬4.54点となり、全て改善が必要とされる4点以上となった。また、10a当りの作業負担度は④引抜き51.6、⑤葉切り19.8、⑥運搬25.0であった。

一方、収穫機作業の場合、評価点平均が①2人組作業2.63、3人組作業②3.31、③3.18、と3人組作業のほうがやや忙しい分つらい姿勢となっているが、10a当りの作業負担度でみると①2人組作業17.1、3人組作業②13.8、③13.2、と一定面積をこなす上では逆になる。作業全体で見ると、ひねりや前屈姿勢等でやや問題のある姿勢もあるが、慣行に比べると大幅に作業負担が軽減される結果となった。

なお、収穫機のイスの付近に作業者が立位作業時に寄りかけられる部分(腰当て等)があれば、さらに作業者の負担を軽減できるものと思われる

キャベツ収穫作業

※OWAS及び姿勢区分評価法追加版の併用評価

1. 目的：キャベツの収穫作業において、新たに開発された収穫機による作業と慣行人力収穫の作業負担の比較検討を行う。

2. 試験方法

- 1) 試験場所 岩手県農業研究センター内圃場
- 2) 供試機械 Y社製 キャベツ収穫機 HC10（開発途中機種）
- 3) 調査方法 各作業時のビデオ画像から、被験者の作業姿勢をOWAS法及び姿勢区分評価法追加版により記録・解析。姿勢の記録は、スナップリーディング法を用い、比較的速い動作の作業が多いため、5秒間隔で記録した。
- 4) 試験区の構成

区No	収穫方法	被験者作業内容	作業人員	試験月日
①	機械体系A	収穫機後方仕分作業のみ(男性a：身長164cm)	5人組作業、分業制	平成12年 9月18日
②	〃	〃 (男性b：身長171cm)	収穫2、運搬1、箱詰2	
③	機械体系B	収穫機オペレータ作業 (男性a)	2人組作業	
④	〃	箱詰め作業のみ (〃)	コンテナ満載なるまで	
⑤	〃	収穫機後方仕分け作業 (男性b)	収穫→その場で箱作り	
⑥	〃	箱作り＋箱詰め＋ボクサーとじ (〃)	＋箱詰め→運搬	
⑦	機械体系C	収穫機後方仕分け作業 (男性a)	2人組作業、収穫作業	平成12年 9月19日
⑧	〃	オペレータ＋横歩行しながら箱詰め (男性b)	と同時に箱詰め	
⑨	慣行収穫	人力収穫＋収穫箱運搬 (男性c：身長180cm)	1人作業	9月27日

3. 試験成績の概要

<OWAS法による部位別評価>

表1 背部及び上肢の姿勢分類・発生頻度

単位：%、()内は判定AC

部位、分類 区No、作業、被験者	背 部				上 肢		
	1 まっすぐ	2 前後に曲げる	3 ひねるor横曲げ	4 ひねる+曲げる	1 両腕が肩より下	2 片腕が肩より上	3 両腕が肩より上
①体系A 後方仕分 a	58.5(1)	17.9 (1)	7.6 (1)	16.0 (2)	100(1)	0(1)	0(1)
② " " b	52.4(1)	25.0(1・2)	13.1 (1)	9.5(1・2)	100(1)	0(1)	0(1)
③体系B オペレータ a	94.2(1)	1.6 (1)	3.2 (1)	1.0(1・2)	100(1)	0(1)	0(1)
④ " 箱詰め a	75.0(1)	19.0 (1)	4.0 (1)	2.0(1・2)	100(1)	0(1)	0(1)
⑤ " 後方仕分 b	50.0(1)	26.3(1・2)	16.7(1・2)	7.0(1・2)	100(1)	0(1)	0(1)
⑥ " 箱作箱詰 b	44.7(1)	28.0(1・2)	12.2 (1)	15.0 (2)	99.0(1)	0.8(1)	0.2(1)
⑦体系C 後方仕分 a	72.9(1)	20.1 (1)	4.9 (1)	2.1(1・2)	100(1)	0(1)	0(1)
⑧ " OP+箱詰 b	46.2(1)	39.5 (2)	9.5 (1)	4.8(1・2)	96.6(1)	2.0(1)	1.4(1)
⑨慣行 手収穫運搬 c	34.4(1)	42.5 (2)	0 (1)	23.1 (2)	100(1)	0(1)	0(1)

表2 下肢の姿勢分類・発生頻度

単位：%、()内は判定AC

分類 区No、作業、被験者	1 座る	2 両脚伸張で立つ	3 重心の片脚伸張	4 両膝曲げor中腰	5 重心の片膝曲げ	6 膝を床につく	7 歩くor移動
①体系A 後方仕分 a	0(1)	21.0 (1)	1.0 (1)	0 (1)	0 (1)	0 (1)	78.0 (1)
② " " b	1.2(1)	8.3 (1)	0 (1)	0 (1)	0 (1)	0 (1)	90.5 (2)
③体系B オペレータ a	0(1)	98.4 (2)	0 (1)	0 (1)	0 (1)	0 (1)	1.6 (1)
④ " 箱詰め a	0.4(1)	88.7 (2)	0 (1)	0 (1)	0 (1)	0 (1)	10.9 (1)
⑤ " 後方仕分 b	1.3(1)	5.8 (1)	0.6 (1)	0 (1)	0 (1)	0 (1)	92.3 (2)
⑥ " 箱作箱詰 b	5.7(1)	84.9(1・2)	0 (1)	0 (1)	0.3(1・2)	0 (1)	9.1 (1)
⑦体系C 後方仕分 a	0(1)	20.8 (1)	0 (1)	0 (1)	0 (1)	0 (1)	79.2 (1)
⑧ " OP+箱詰 b	2.0(1)	23.8 (1)	1.4 (1)	2.0(1・2)	0 (1)	0 (1)	70.8 (1)
⑨慣行 手収穫運搬 c	0(1)	62.9 (1)	1.5 (1)	4.2(1・2)	0 (1)	0 (1)	31.4 (1)

<総合評価>

表3 作業姿勢負担度

区No、作業、被験者	姿勢区分評価法追加版* による姿勢評価		10a当り 作業時間 (h/10a)	収穫率 (%)
	評価点平均	10a当作業負担度		
①体系A 後方仕分 a	2.70	14.6	5.41	48.4
② " " b	3.46	18.7		
③体系B オペレータ a	1.11	6.0	5.42	53.9
④ " 箱詰め a	1.77	20.6	11.64	
⑤ " 後方仕分 b	3.52	19.1	5.42	
⑥ " 箱作箱詰 b	3.06	35.7	11.64	
⑦体系C 後方仕分 a	2.32	14.6	6.30	58.6
⑧ " OP+箱詰 b	3.44	21.7		
⑨慣行 手収穫運搬 c	5.24	218.0	41.61	(100) ← 想定収穫率

※評価点が高いほど作業姿勢はつらい。10a当作業負担度＝評価点平均×10a当り作業時間(h/10a)

4. 結果と考察

(1)OWA S部位別評価(表1、2)

収穫機体系A(2名でオペレータと交互に行う)の後方仕分け作業のみの場合、背部「ひねる+曲げる」姿勢割合が①作業員a(身長164cm)では16%、②作業員b(身長171cm)で10%であり、「前後に曲げる」姿勢では①18%、②25%と、作業員の身長差により作業中の姿勢に違いが生じた。

収穫機体系Bの③オペレータ作業では、座るとキャベツ取り込み部が見えないため、ほとんど立位状態での作業となり、下肢「両脚伸長で立つ」姿勢がAC2判定となった。また、箱詰め作業については、運搬車荷台上での作業で、体系A同様、作業員の身長により姿勢が異なった。身長の低い④作業員aはほとんど問題ない姿勢レベルだが、身長の大きい④作業員bは、背部で曲げを含む姿勢が5割を越え、特に「ひねる+曲げる」姿勢でAC2判定となった。

収穫機体系Cでは、横搬送ベルト上に収穫球の仮置き台をセットして作業を行った結果、⑦後方仕分け作業員aでは、ひねりを含む姿勢割合が減少した。また、⑧箱詰め作業員bは、横歩きを行いながらの作業で、「前後曲げ」姿勢が40%と多くAC2判定であった。しかし、同じ作業を身長の低い作業員aが行った場合は、違う結果となることが予想される。

農家慣行のキャベツ手収穫作業(未熟練者)の場合、背部前後曲げを含む姿勢が66%で、腰への負担が大きく、背部「前後曲げ」及び「ひねり+曲げる」姿勢でAC2判定であった。

(2)総合評価(表3)

キャベツの収穫においては、前屈動を伴う姿勢や重量物運搬等の動作が含まれるため、今回は、それらの動的姿勢評価も加えられた姿勢区分評価法追加版にて作業全体の作業負担を検討した。

その結果、慣行人力収穫の場合、評価点平均5.24点となり、改善が必要とされる4点以上となった。また、収穫率100%とした場合の10a当り作業負担度は218、と非常に大きい。

一方、収穫機作業の場合、作業員a(身長164cm)では評価点平均で①2.70、④1.77、⑦2.32、と全般的に低いが、作業員b(身長171cm)では評価点平均で②3.46、⑤3.52、⑥3.06、⑧3.44、と全般的に高く、ややつらい姿勢となった。しかし、慣行人力収穫との比較では大幅に作業負担が軽減される。

なお、今回供試したキャベツは、収穫適期より1週間程度早く、小玉で、収穫率も5割前後という条件での結果であり、収穫適期の作物条件下にて再検討する必要がある。

参考) ダイコン収穫作業における評価法検証

(H11試験)

1. 目的

ここでは、だいこん収穫作業について、過去の試験データも含め、現段階で最も信頼のおける姿勢評価法を用いて、だいこん収穫機及び慣行収穫作業の作業負担の検討及び評価法の検証を行う。

2. 試験方法

- 試験場所 岩手県農業研究センター内圃場 及び 岩手郡岩手町御堂 現地圃場
- 供試機械 (A)K社製 大根収穫機 K・DH-210 (全自動収穫方式・トラクタ装着型)
(B)I社製 大根収穫用搬送機 VHR-017 (半自動収穫方式・自走型)
- 調査方法 各作業時のビデオ画像から、被験者の作業姿勢を姿勢評価法であるOWAS法により記録・解析。姿勢の記録は、比較的速い動作の作業が多いことから、本来のスナップリーディング法ではなく、連続観察法(1秒単位で姿勢コード記録)を用いた。
- 試験区の構成

区No	収穫方法・供試機種	被験者作業内容	組作業人員	試験月日	試験場所
①	全自動機械収穫 (A)K・DH-210	フルコン収納 (男性 a) 台車内座位作業	オペレータ1、フルコン収納1 2人組作業	平成11年 11月8日	センター 内圃場
②	半自動機械収穫(B)VHR017	抜き取り (女性 b)	抜き取り3、フルコン収納2	平成9年	
③	"	" (女性 c)	5人組作業	10月28日	
④	慣行収穫(人力)	抜き取り (女性 d)	抜き取り8人	平成10年 11月15日	岩手町 現地圃場
⑤	"	" (女性 e)	葉切り1人		
⑥	"	鎌で葉切り(男性 f)	運搬・フルコン収納3人		
⑦	"	運搬・収納 (男性 g)	12人組作業		

3. 試験成績の概要

<OWAS法による部位別評価>

表1 背部及び上肢の姿勢分類・発生頻度

単位：％、()内は判定AC

部位、分類 区No、作業名	背 部				上 肢		
	1 まっすぐ	2 前後に曲げる	3 ひねる or横曲げ	4 ひねる +曲げる	1 両腕が 肩より下	2 片腕が 肩より上	3 両腕が 肩より上
①全自動 フルコン収納 a	17.4(1)	5.4 (1)	59.7(3)	17.4(2)	98.1(1)	1.8(1)	0.1(1)
②半自動 抜き取り b	36.4(1)	28.8(1・2)	33.2(2)	1.6(1)	100(1)	0(1)	0(1)
③ " " c	26.7(1)	17.3 (1)	36.9(2)	19.1(2)	100(1)	0(1)	0(1)
④慣行 抜き取り d	3.4(1)	52.8 (2)	0(1)	43.8(3)	100(1)	0(1)	0(1)
⑤ " " e	7.4(1)	33.5(1・2)	0(1)	59.1(3)	100(1)	0(1)	0(1)
⑥ " 葉 切 り f	13.2(1)	26.3(1・2)	0(1)	60.5(3)	100(1)	0(1)	0(1)
⑦ " 運搬・収納 g	64.8(1)	22.0 (1)	0(1)	13.2(2)	100(1)	0(1)	0(1)

表2 下肢の姿勢分類・発生頻度

単位：％、()内は判定AC

分類 区No、作業名	1 座る	2 両脚伸 張で立つ	3 重心の 片脚伸張	4 両膝曲 げor中腰	5 重心の 片膝曲げ	6 膝を 床につく	7 歩く or移動
①全自動 フルコン収納 a	60.7(1)	6.9(1)	30.0(1・2)	0 (1)	0(1)	0(1)	2.4(1)
②半自動 抜き取り b	0(1)	32.3(1)	34.8(1・2)	0 (1)	0(1)	0(1)	32.9(1)
③ " " c	0(1)	43.5(1)	56.0 (2)	0 (1)	0(1)	0(1)	0.5(1)
④慣行 抜き取り d	0(1)	53.1(1)	34.2(1・2)	2.5 (1)	0(1)	0(1)	10.2(1)
⑤ " " e	0(1)	31.1(1)	60.5 (2)	2.5 (1)	0(1)	0(1)	6.0(1)
⑥ " 葉 切 り f	0(1)	0(1)	40.8 (2)	0 (1)	0(1)	0(1)	59.2(1)
⑦ " 運搬・収納 g	0(1)	31.1(1)	11.0 (1)	7.2(1・2)	0(1)	0(1)	50.6(1)

＜OWAS法による作業姿勢の全体的評価＞

表4 姿勢コード判定AC割合

単位：％

姿勢コード判定AC 区No、作業名	AC1 問題なし	AC2 有害、近い うちに改善必要	AC3 有害できるだけ 早期に改善必要	AC4 非常に有害 直ちに改善必要	全体的負担 度の指標 AC3+AC4
①全自動 フレコン収納 a	75.4	24.6	0	0	0
②半自動 抜き取り b	69.6	30.4	0	0	0
③ " " c	63.6	36.4	0	0	0
④慣行 抜き取り d	3.4	94.1	1.6	0.9	3.5
⑤ " " e	7.4	90.2	2.5	0	2.5
⑥ " 葉切り f	7.3	59.6	29.9	3.3	33.2
⑦ " 運搬・収納 g	16.3	52.4	29.1	2.2	31.2

4. 結果と考察

1) だいこん収穫機作業

トラクタ装着型(全自動)収穫機のフレコン収納作業者の場合、基本的に座位中心であるがフレコン袋が横にあるため、ひねり姿勢が多く、OWAS部位別評価でもひねり姿勢がAC3で改善が必要なレベルに達している。なお、作業全体評価ではAC1が75%を占め、AC3+AC4(全体的負担度の指標)は0%で慣行作業に比べ大幅に作業負担が軽減される結果となった。

一方、収穫用搬送機(半自動収穫)の抜き取り作業者の場合、立ち位置の関係から歩行頻度等に個人差があり、部位別では背部ひねりや前後曲げでAC2となった。全体評価ではAC1が64～70%、AC3+AC4は0%と数字上はこちらも慣行作業より大幅に作業負担が軽減される結果となった。

2) 慣行収穫作業

農家慣行の抜き取り作業者の場合、部位別では個人差はあるが背部前後曲げを含む姿勢が9割を越え、特にひねり+曲げがAC3と要改善で、全体評価ではAC2が90～94%、AC3+AC4は約3%であった。

葉切り作業者は、こちらも部位別で背部前後曲げを含む姿勢が87%と多く、ひねり+曲げがAC3と要改善となり、全体評価でもAC3+AC4が33%と非常に負担度が大きいことが示された。

運搬・収納作業者の場合、部位別ではあまり問題となる姿勢はなかったが、全体評価ではAC3+AC4が31%と葉切り作業と同レベルで、非常に負担度が大きかった。

3) OWAS法における問題点

半自動収穫及び慣行の抜き取り作業者の場合、実際の前後曲げでは90度の前後動かつ引抜きが伴うため瞬間的な腰への負担は非常に大きいと思われるが、結果として実感より負担度が低く評価されており、OWASではこのような腰部負担については明確に評価されにくいことが予想される。このことから、腰部への負担が大きい作業での姿勢評価（保持姿勢の影響も含め）では、従前から言われているとおり椎間板内圧の推定やアメリカNIOSHが「トライ」等他の手法との併用による評価を検討する必要がある。

↓

※姿勢区分評価法追加版の開発へとつながる

Ⅱ 労働科学的、計測・評価項目

人を取り巻く多くの負荷要素は、客観的な計測が可能になっているが、外部からの刺激・負荷に対し、暴露量に応じて生体内部がどのように反応しているかを把握することは容易ではない。

多くのデータがあって、入力となる刺激を計測して生体への影響が把握でき、国際的にも共通な評価指針が示されている振動・騒音の例もあるが、複雑な作業環境のすべてについて生体の変化が把握できているわけではない。ここでは、いくつかの項目を取り上げて、計測・評価の手法や留意点を解説する。

1、基本用語解説

- 作業負荷（外的負荷）：作業システムにおいて、人間の生理的・心理的状态を乱すように作用する外的条件や要求の総量。
- 作業負担（内的反応）：作業負荷が個人の特性や能力と関連して与える影響。
- 精神的負荷：外部から人間に対して及ぼし、かつ精神的に作用する評価可能な影響の全体。
- 精神的負担：精神的負荷によって個人の内部に直ちに起こる影響で、個人の習慣およびそのときの条件に依存する。
- 作業疲労：局部的あるいは全身的であるが、病的ではない作業負担の現れで休息によって完全に取り除くことができるもの。
- 精神的疲労：事前の精神的負担の強さ、持続期間および時間的パターンに依存する精神的および身体的機能の効率の一時的な減退。精神的疲労の回復は、活動の変化よりも回復作用によって行われる。
- 肉体的疲労：エネルギー消費の大きい作業によってもたらされる疲労。
- 精神的疲労：広義では、肉体作業以外の作業遂行によって生ずる疲労を指すが、狭義では長時間の思考によって生ずる疲労。
- 神経的疲労：その時々外部から情報を得てそれを処理していく作業の場に生じる疲労で、知覚記憶や思考の心理活動や、感情や意思の活動も著しく要求された結果生じる。

2、外的負荷を受けた生体反応の計測

1) 外的負荷を測って評価できる項目 —物理的作業環境—

温熱環境、照度、騒音、粉塵、振動、振動等の外的負荷（物理的環境）を計測し、生体反応への影響度を判断した上で、所要の改善に取り組む。

外的負荷による生体反応については非常に多くの研究が行われ、それぞれの量－反応関係が把握され、健康障害発生防止のための指針が設定されている。ただし、これらの評価指針は農業を対象としたものでなく、一般の労働・生活の場での指針であることに留意し、指針の弾力的運用に当たっては説得できるだけの十分な根拠を提示する必要もある。

参考になる指針として、産業衛生学会の「許容濃度等の勧告」がある。毎年度勧告されるので、最新のものを適用すること。また、当勧告だけでは、測定法や評価指針の背景は不明であり、騒音関係では JIS Z8731 といった資料を参照する必要があるし、多くの関連資料にも目を配る必要が出てくる。

2) 比較的容易に計測可能な内的反応

被験者の内的反応を測定する場合には、以下の項目をクリアしてから取り組む必要がある。

- ①何を求めようとしているか。
- ②そのためには何を測ればよいか。
- ③無資格でも計測できるか。
- ④被験者へ「計測の負担」がかからないか。
- ⑤計測項目が目的としている外的負荷の変化に適切に対応しているか。
- ⑥時々刻々の変化を把握するのか、1 作業時間の平均的な値を得ればよいのか。
- ⑦個人差や個体内変動をどう処理するか。

⑧内的反応が、データ採取対象作業以外の要素を含んでいる場合が多分にあり、被験者のプライバシーにも及ぶ可能性がある、
外的負荷に対する内的反応を測定評価するに当たり、「疲労」に代表される自覚的症状の把握も大切である。

(1) 自覚的症状 (self-conscious symptoms)

作業負担や疲労感について質問紙などを介して自覚的症状などを評価する最も基本的な方法。日本産業衛生協会が設定した書式等がある。ただし、自覚的疲労症状は、その原因が作業のどの部分から大きな影響を受けているかは分析できない。他覚的症状・現象と併用していく必要がある。

(2) 他覚的現象 (objective phenomenon)

生体反応や疲労度を客観的に観察・測定する方法で、行動変化と生体反応の2側面がある。

①行動の観察・測定

被測定者の表情、態度、姿勢、言動、作業成績、所要時間、作業ミスなどをみるもので、疲労度判定の重要な客観的（他覚的）症状のてがかりとなる。

②生体反応

生理心理的機能変化を生理学および生化学的にとらえるもの。

ア. 生理学的指標

- ・フリッカー値 (fricker value)：大脳機能の興奮水準や神経疲労・精神的疲労の指標。
- ・心拍数：身体労働のほか、精神的疲労の指標として用いられる。
- ・脳波：意識水準、注意集中度などの指標とされる。
- ・筋電図 (electromyogram)：肉体作業、筋疲労などの指標とされる。
- ・眼球運動：視覚負担、認知プロセス、視覚性疲労などの指標とされる。
- ・エネルギー代謝率：肉体作業の強さを表す尺度として日本でよく用いられてきた。

イ. 生化学的指標

血液または尿中のホルモンあるいは代謝物質をてがかりにして肉体的負担、精神的負担などの指標として用いる。代謝物質の採取などに1時間程度必要なため細かい機能変化はとらえられないし個人差や測定条件の影響を受けやすい。

心身（生体）反応をみる方法を機能症状別に分類すると

- ・自覚症状：CFSI、自覚疲労症状調査
- ・筋機能：筋電位、筋力、関節可動度、タッピング法
- ・呼吸機能：呼吸数、呼気量（呼吸曲線）
- ・循環機能：心拍数、血圧、肢体体積、皮膚反射率、
- ・視機能：近点距離法、フリッカー、眼球運動
- ・聴機能：可聴閾値
- ・精神機能：脳波、連続反応時間、色名称呼
- ・唾液：pH、Vacat沃酸法

などがある。目的や被験者への（計測に伴う）負担も考慮して測定手法を選択する。

(3) 主な項目の特徴・留意点

①エネルギー代謝率 (RMR：Relative Metabolic Rate)

活動時の酸素消費量を測定して、労働の強さ判定に用いる手法。古典的測定法では、時々刻々の変化は把握できない。最近の手法では改善されているが、被験者に呼気採取用のマスクを取り付けるなど、測定のための負荷も大きい。また、基礎代謝の算出値が40年も前の値のままであったり、精神的負荷は酸素消費と比例しない場合も多く、近代農業では正しい分析手法ではないという意見もある。外的負荷が同じであっても、被験者ごとのRMRが異なることが多いので、考察に注意が必要。Mets (Metabolic rates) の考え方もある。

②心拍

心拍数は肉体的活動に比例して変動し、精神的負担の変動も計測可能である。また、電極やデータロガーも被験者に負担を感じさせない程度に小型軽量となっている。

③脳 波 (brain waves)

被験者の意識レベルや覚醒水準の把握に便利な手法といわれているが、作業内容や電極の位置によっては筋電位を誤って検出する場合がある。また、農作業のように、作業中の外乱が非常に多い場合はどの刺激に対する反応かを正確につかむことが困難。

④筋電位

動作によって筋肉が伸び縮みするときの微小な生体電気変化をとらえ、負荷の大小を計測・評価する手法。負荷の絶対値をとらえることは難しいが、作業の改善前後の比較は可能である。計測に伴う被験者への負荷は大きくない。

⑤標準負荷の考え方

外的負荷を受けて生体反応が現れるが、同一負荷でも個人差や個体内変動が現れる。このことは安静時と作業時の反応値との比較だけで作業負担の程度を一律に評価するには（被験者が複数の場合には）危険が存在することを意味している。標準負荷を与えた作業評価の方が、心拍上昇率だけの評価より意義のある結果が得られると考えられるが、エルゴメータを試験場所へ持ち込む不便さもある。簡易な方法として、ステップテストを活用する方法がある。

3、姿勢・動作の測定と評価

作業評価や操作性改善のための姿勢や動作 (motion) の測定法には、機器を用いない観察や時間調査による方法と機器を用いる方法がある。

1) 機器を用いない測定方法

機器を用いない方法の観察方法には、連続的に行う方法と間欠的に行う方法がある。

- a. **連続観察法 (continuous reading)**：作業を連続的に観察して、経過時間とともに記録する。
- b. **瞬間観察法 (snap reading)**：一定時間間隔（30秒が多い）で作業を観察しそのときの作業を記録する。

2) 機器を用いる測定方法

機器を用いる測定法には、作業者の身体各部にマーカを付けカメラ画像等により外部から動きを計測する方法と、作業者自身にセンサや測定装置を装着しその信号を記録・解析するという方法がある。

a. カメラ画像を用いる計測

CCDカメラ等の画像記録装置により作業者の動作を記録・解析する方法で、ケーブルを必要としないため作業者に測定を意識させることが少ない。作業者にマーカ（反射テープ、小型発光体等）を付けて記録する方式や、コマ取りVTRによって長時間記録する方式がある。

b. 画像を用いない方法

立位と座位の区別というような大まかな動作の識別には、水銀スイッチを用いた体位センサが用いられる。上肢や下肢の動きを含む細かな姿勢・動作の測定には、回転角度を検出するポテンシオメータ、歪みゲージ式関節角度計（ゴニオメータ）、傾斜センサが用いられる。

このほか、磁気センサを用いた3次元デジタイザ（three dimensions digitizer）がある。

(3) 姿勢の評価法

つらい姿勢とは上体を深く前に倒しての作業姿勢、中腰状態で上体を前屈するような作業姿勢や、上向き、ねじり姿勢である。このような作業姿勢の評価法としては、姿勢区分評価法（長町1995）やOWAS等がある。

姿勢区分評価法：長町が工場等の作業評価・改善のために考案したもので、姿勢分類に基づき作業工程の姿勢を分析、評価するもの。評価点は作業負担に対応して決められている。

OWAS (Ovako Working PostureAnalyzing System)：フィンランドの鉄鋼会社の労働衛生の研究者等により考案された方法で、欧米の産業界で広く使われている。上体、上肢、下肢の姿勢の区分に加え、作業に伴う重量物の保持や力のかかり具合を評価に加えたもので、作業状態を4桁の数字でコード化して記録する。評価はアクションカテゴリ（AC）に照らして行う。

Ⅲ 実際の測定と評価の方法

自覚疲労症状しらべ

1. 自覚疲労症状しらべについて

自覚症状しらべは、疲労感に関連する、個々の自覚内容について系統的に分類して作業者に質問をし、その回答を手がかりにして疲労感の全体的な構造を分析しようとするものである。具体的には、図13-7のように列挙した症状によって構成される質問用紙を作成し、被験者に該当する症状を具体的に指摘させ、自覚的疲労感の発現の種類や程度を個人別、集団別、作業別、日週月別、時刻別に比較し、さらに他の機能検査や作業パフォーマンス別についても比較を行い、労働負担、や労働意欲、労働感情と結びつけて評価するものである。

1967年に日本産業衛生学会産業疲労研究会によって提案され、現在ではこれが疲労調査の場合において最も一般的に用いられている。

2. 自覚疲労症状しらべの構成

質問項目の構成としては、以下のように分けられている。

第Ⅰ群（A群）：「ねむけ」と「だるさ」を中心とする疲労一般の質問10項目

第Ⅱ群（B群）：「注意集中の困難を中心とする作業意欲の減退」等の心的症状に関する質問10項目

第Ⅲ群（C群）：「肩がこる」、「腰が痛い」等の局在した身体の違和感で体の特定部位に現れる心身症的な症状に関する質問10項目

No. _____		自覚症状しらべ	
なまえ _____		今日の勤務 _____	
年 月 日 時 分記入		起床後・作業の前・間・後・就床前	
いまのあなたの状態について、お書きします。			
つぎのようなことが ☐ あった ☐ なかった ☐ のいずれかを、 ☐ のなかに必ずつけて下さい。			
A 1 頭が重い 2 全身がだるい 3 足がだるい 4 あくびがでる 5 頭がぼんやりする 6 ねむい 7 目がつかる 8 動作がごちなくなる 9 足もとがたよりない 10 横になりたい		B 11 考えがまとまらない 12 怒りやすい 13 いろいろする 14 気がちる 15 物事に熱心になれない 16 ちょっとしたことが思ひだせない 17 することに興味がない 18 物事が気にかかる 19 きちんとしない 20 根気がなくなる	
		C 21 肩がいたい 22 肩がこる 23 腰がいたい 24 いきいきしない 25 口がかわく 26 声がかすれる 27 めまいがする 28 まぶたや顔がピクピクする 29 手足がふるえる 30 気分がわるい	

① 1. 1～2月 ② 1. 男
2. 3～4月 2. 女
3. 5～6月
4. 7～8月
5. 9～10月
6. 11～12月

③ 1. ～19才 ④ 1. 2年未満
2. 20～29才 2. 2～4年
3. 30～39才 3. 5～9年
4. 40～49才 4. 10～14年
5. 50～59才 5. 15～19年
6. 60～ 6. 20年～

⑤ 1. 日勤（午前出勤）
2. その他の日勤
3. 夕勤（午後出勤）
4. 深夜勤
5. 一昼夜交代勤務
6. その他

⑥ 1. 勤務のはじまる前
2. 勤務前半の途中
3. 大休憩前
4. 大休憩後
5. 勤務後半の途中
6. 勤務のおわった後
7. 就床したとき
8. 就床する前
9. その他

図 自覚疲労症状調べ調査用紙（日本産業衛生学会産業疲労研究会）

3. 自覚疲労症状しらべ調査用紙による測定に際しての注意事項

自覚疲労症状しらべの利点は、用紙と筆記用具さえあれば、いつでもどこでもだれでも測定できることである。調査に際して作業前後や作業途中のいくつかの時点で調査用紙を被測定者に渡し、項目別に被測定者自身がその時点で感じた印象につき、感じていれば○印、感じていなければ×印を記入させる方法である。測定に際しての主な留意事項を以下にあげる。

- (1) 測定開始前に被測定者および測定回数に見合った数の調査用紙と筆記用具を用意する。
- (2) 測定者が測定時点ごとに作業現場に出向き、被測定者に直接調査用紙を記入してもらう方法が最もよいが、それが不可能な場合には被測定者または第三者に依頼することもよい。
- (3) 本調査の前に被測定者がこの調査方法につき理解をし、練習をする日を設け、調査目的、各質問項目のもつ意味、実施方法などについて十分理解させる。
- (4) 各質問項目には最近の症状でなく、測定時点（調査用紙記入時）での症状を記入させる。
- (5) 記入方法は○印が問に対する肯定、×印が否定であることを徹底理解させる。
- (6) 測定者や他の被測定者や被測定者の関係者が測定時に介入しないよう留意する。特に、同じ場所で大人数、一度に測定するような場合は、他人の影響を受けないようにすると。

- (7) 複数の機能検査法を一緒に用いる際は、被測定者名、測定順序、回数などを間違えないようにすること。
- (8) 測定調査時点は少なくとも、作業前、作業後、休憩前、休憩後にできるだけ行う。
- (9) 被測定者の作業背後要因（調査票の右欄記載事項）も可能なかぎり詳細に調査し、明らかにしておく。
- (10) 記録データの管理（日時、被測定者名、測定条件、データ番号など）を正確にする。
- (11) 身体疲労部位調査用紙もできるだけ併用する。
- (12) できるだけ本人が記入することが望ましいが、作業条件や作業環境条件によって無理な場合には、測定者が口頭により、回答をしてもらったり、テープレコーダ等に録音をしてもらうなども考える。

4. 測定値の処理・評価方法

一般的には、質問により取り出した被測定者の自覚的報告を群別や質問項目別に後述の方法でとりまとめる。

第Ⅰ群（A群）、第Ⅱ群（B群）、第Ⅲ群（C群）の出現頻度を現場調査のデータに基づいて集計するのが基本である。主な評価方法は以下のようである。

- (1) 各群それぞれの訴え頻度（訴え率）を求める。

$$\text{群別訴え率（％）} = \frac{\sum (\text{訴え項目数})}{(10 \times \text{被験者数})} \times 100$$

- (2) 各質問項目それぞれの訴え頻度（訴え率）を求める。

$$\text{項目別訴え率（％）} = \frac{\text{その項目の訴え数}}{(10 \times \text{被験者数})} \times 100$$

- (3) 各群について訴えた項目数の平均または総和。
- (4) 各群について訴えた各項目数の標準偏差。
- (5) 作業前頻度と作業後頻度の関係。
- (6) 各群の訴え頻度の相関関係。
- (7) 各群について訴えた項目数の平均とその標準偏差との相関関係。
- (8) 各項目相互の訴え頻度の相関関係。
- (9) 各群全体としての訴え率に対する各項目の訴え率の比と各症状群の訴え率の順序関係。

$$\frac{\text{対象集団の総訴え数}}{\text{訴え項目数} \times \text{対象集団のべ人数（調査対象者数} \times \text{調査日数）}} \times 100 (\%)$$

- (10) 日間低下率

$$\text{日間低下率（％）} = (\text{作業後の訴え率}) - (\text{作業前の訴え率})$$

- (11) 週間低下率

$$\text{週間低下率（％）} = (\text{週の最終作業日の作業前訴え率}) - (\text{翌週作業初日の作業前訴え率})$$

5. 調査結果の判定方法

調査結果の判定基準については標準化はされていないが、これまでの調査結果から明らかになっている特徴は以下のようである。

- (1) 30項目の合計訴え率の大小における各症状群の大小関係は、職種作業内容、男女別、勤務制度、調査時間などの条件によって異なる。
異体的には訴え率がⅠ群＞Ⅲ群＞Ⅱ群は一般作業型、Ⅰ群＞Ⅱ群＞Ⅲ群は精神作業型または夜勤作業型、Ⅲ群＞Ⅰ群＞Ⅱ群は肉体作業型に多くみられるパターンである。
- (2) 一般的に作業時間の経過に伴い各群の訴え率が増大を示し、特にⅠ群の増加が大きくなる。疲労感が大きいときにはⅡ群の比率が大きくなるが、一般に訴え率は少ない。Ⅲ群は職種による差を反映しやすいといわれる。
- (3) 強制または規制された作業ほど合計訴え率が高く、作業時間の経過に伴う増加率も大きい。
- (4) 自覚疲労症状の増減と、客観的もしくは生理的疲労の増減は必ずしも一致しない。
- (5) 職場や作業に不要素の多い場合や、作業者に潜在的欲求不満がある場合には、訴え数は著しく多くなりがちである。

身体疲労部位調査

1. 身体疲労部位

長時間にわたって作業をする場合、特定の作業動作や作業姿勢を継続することによって作業者の身体局所に生じる疲れや痛みなど自覚的に疲労した場所を、それが生じた部位別に身体疲労部位調査表（図13-9）の該当箇所に鉛筆やボールペンで○印や×印を付し、あるいは塗りつぶして示し、作業者の「だるさ」、「こり」、「痛み」、「疲れ」などの発生部位とその広がりや疲労の程度をとらえる質問紙法のひとつである。

身体疲労部位調査の構成としては、身体部位を頭部、躯幹部、上肢、下肢に分類し、さらに頭部を18部位、躯幹部については16部位、上肢は32部位、下肢は30部位に各々分けている。

2. 身体疲労部位調査測定時の留意点

基本的には自覚疲労症状調査用紙による測定のための留意事項が準用されるが、測定記入方法上の留意点は以下のとおりである。

- (1) 疲れ、こり、痛み、だるさなどが自覚される調査表上の身体部位に○印をつけさせる。
- (2) 調査は少なくとも作業前、作業後の2回、できれば休憩前、休憩後にも実施する。
- (3) 作業後一定時間経過後に再度調査を行い、回復傾向を調べることも有効である。
- (4) 被測定者に調査表に図示された身体疲労部位と自身の体部位が一致するようにあらかじめ理解をさせること。

3. 身体疲労部位データのまとめ方

- (1) 基本的には各部位ごとの訴え率を算出し、訴え率の大小、訴え率の作業時間内での時間的推移による変化を評価することが重要である。
- (2) 週による変動、季節による変動などを評価する場合もある。

身体疲労部位調査表 (日本産業衛生学会 産業疲労研究会)

作業前(後) (平成 年 月 日記入) 被検者氏名 _____ 男、女 職種 _____
(不要の方を消すこと) 年齢満 _____ 歳 職場 _____
作業前(後)で……つかれ、こり、いたみ、だるさ 勤 続 _____ 年 学 歴 _____
等のある部位に○印をつけて下さい。

The diagram shows a human figure from the front and back, with various body parts numbered for identification. The front view includes the head (1-13), torso (14-23), arms (24-31), and legs (32-41). The back view includes the head (1-13), torso (14-23), arms (24-31), and legs (32-41). Detailed views of the hands (palm and back) and feet (sole and back) are also provided, with specific areas numbered for marking.

図 身体疲労部位調査票 (日本産業衛生学会産業疲労研究会)

フリッカー値

1. フリッカー値とは

フリッカー値（または、ちらつき値；以下C F F）とは、点滅する光源を一定条件のもとに注視させ、これが連続光にみえるか、ちらついた光にみえるかの境界における点滅周波数のことをいう。

C F Fは視覚系の機能であるから、測定時の環境の明るさや暗さが激しく変化するような場合に目の疾病などが影響するのは当然である。しかしC F Fは通常、眼球や網膜の状態よりも脳の視覚中枢の状態により変化すると考えてよい。C F Fは同一神経に次々と与えられる光刺激が中枢へ伝達されたときの時間間隔を識別する機能であって、視力とは根本的に意味が違う。この時間識別は視覚中枢を取り巻く広い皮質領野（これを連合野という）の活動に基づくものであるから、時間識別の機能を表すC F Fは連合野の興奮性によって強く左右されるものであり、その意味でC F Fは連合野または知覚皮質の興奮性、もしくは活動水準の代表値であるといえる。

心が働くためには脳が覚醒状態にあることが前提であり、これを意識と呼ぶ。意識は外界や自己を認知しうる状態であって、脳の中でも特に知覚皮質の活動によって支えられている。これよりC F Fは、意識の明清さ（意識水準）あるいは精神活動能力の水準とも密接なつながりをもつことがわかる。その意味でC F Fは精神興奮度あるいは緊張度を表すともいえる。C F Fと人間特性との関係は、脳の活動電位がC F Fと一致すること、日周性、個人差、年齢差、作業ストレス、薬理的な影響などがあることが確認されているが、性差など確認できていないものもある。

2. フリッカー値測定装置について

フリッカー値測定装置は、一般的にセクター方式から発光ダイオードとマイクロコンピュータ制御による方式に移行しており、発光ダイオードから赤色光源を直接点滅させることによってC F Fを測定する。

点滅光刺激の揭示方法には知覚判断が被験者に求められる極限法、調整法、恒常法の3種類があるが、わが国では点滅光頻度をいったん増やして融合光にし、徐々に頻度を落としてちらつきが知覚され始めたときに応答ボタンを押させる方式を日本産業衛生協会の産業疲労委員会の規定に従って採用している。また、小型軽量化され携帯することができるものが多い。

携帯型フリッカー値測定装置の利点は、作業現場で各種作業に直接従事する作業者の負担評価に応用可能なことである。電源はAC100V、DC12V、乾電池、NiCd電池、シガーライター（自動車）のいずれも利用可能なものがあり、移動を含む各種の現場測定に大変に便利である。

フリッカー値測定装置は、電源、光学系、接眼装置、表示部に分けることができ、通常、電源は交直両用である。測定値は表示部に5つの測定値と平均値が表示される。平均値は平均値自動演算機能により計算され測定した5つの測定値の加算平均値（単純平均値）と、最大・最小値を除いた中央3つの値の加算平均値の2種類があり、装置によってはいずれも選択できるものなどがある。

3. フリッカー値測定条件の立案と計画

測定を始める前に、どのようにすれば最良の測定ができるかを考えることが大切である。

表 事前に把握しておくべき基本的事項

作業環境条件	必要事項
作業条件	職種および作業の内容、勤務形態および勤務時間、主作業と従作業の内容、作業方法、種々の作業環境、人間工学的条件など
環境条件	温湿度、騒音、振動、照度、作業位置など
個体（作業者）条件	年齢、性別、体力、健康度、熟練度、性格、気質など
被験者の選定	人数を決める場合の原則、選出時の注意、特別な場合
基準値の設定	作業条件の影響をみるのが主目的の場合：①作業前値、②標準安静値 数日にわたって作業条件の影響をみる場合：2つ以上の作業条件の比較

そのためにはC F Fの生理的意味をよく理解し、C F Fがどのような要因に左右されて変化するかわかっておく必要がある。特に現場調査などにおいては、調査の目的を考え、最も効果の大きい測定をするにはどうすればよいか検討する。測定に先立って測定条件をうまく立てることが特に重要である。

4. フリッカー値測定に際しての注意事項

- (1) 中枢性の疲労を検出する測定であるので、被測定者の連続光から点滅光に変わると思われる値の主観的判断基準をできるだけ一定にするために、事前に何回も測定練習をさせて、毎回、測定結果をみせ要領を会得させ、判断基準を安定させること。
- (2) 起床時または作業開始前にコントロール値（基準値）を測定・評価する必要がある、測定手続きや評価方法の標準化をしておくこと。
- (3) 測定により作業を一時中断しなければならないので、主作業を大きく妨害するような測定タイミングを設定しないよう、測定時点の至適選択をすること。
- (4) 他の評価方法と至適に併用、他の測定による影響を排除するためにはCFFの測定を第1番目とし、作業終了後に直ちに測定をすることが望ましい。
- (5) 記録データ（日時、被測定者名、測定条件、データ番号など）の管理システムをつくること。
- (6) 測定開始前に該当測定場所でいかなる種類の電源が用意できるかあらかじめ調べ、対応する。
- (7) 指標光源や周辺光源が正常に機能するかどうかをチェックしておく。また、可能であればスペアも用意すること。
- (8) 一回の測定はできるかぎり短時間で行うこと。
- (9) 測定環境の物理的条件（特に照度や湿度など）によって値が異なってくるので、なるべく一定条件が望ましいが、時刻や季節が変わったり、作業場所が移動、環境条件が変化する場合には必ず測定し記録をすること。
- (10) 測定時には接眼装置本体を机上などで固定し、両腕のみで支持するようなフリーの状態での測定は排除すること。また、屋外で測定する場合には、指標光源や周辺光に視覚を十分暗順応させることが重要であるので、測定器に接眼させ、少し時間をおくこと。
- (11) 被験者の測定されることへの緊張や警戒を消去するため、あらかじめ練習させて慣れ親しませること。その意味では測定者をなるべく交代させないほうがよい。
- (12) 測定中は第三者が被測定者に話しかけたり、体に触ったり、周辺で騒いだり、測定台を振動させたりしないこと。
- (13) 作業終了直後などは一時的に機能高進を示すので、終了後10分間～30分間後に測定をすることも有効である。

5. フリッカー値の測定方法

測定方法としては最初、上昇法（低周波数点滅光から高周波数点滅光に変化させる方法）で融合した時点の評価する法としたF F F（flicker fusion frequency）を用いていたが、わが国では現在、大島が融合光（60Hz）から下降法により、点滅光と知覚し始めた周波数をフリッカー値（flicker value）としている。測定装置によっては50Hzの周波数から測定が始まるものもある。

【用意するもの】

一般的なものを示すが、特に測定装置や電池規格は種々あるので、使用前に取扱説明書をよく読む必要があることはいうまでもない。

- (1) フリッカー値測定装置一式、電源または電池（測定回数、測定時間、測定人数に応じた数量を用意すること）。
- (2) フリッカー値測定器の予備の備品（主として電池、周辺光のための電球など）。
- (3) データ記入用紙、筆記道具一式。
- (4) ストップウォッチまたは秒単位の計測時計、データ記入用紙（測定年月日、測定時刻、性別、年齢、測定場所、作業内容、環境条件などの記録）と筆記用具。
- (5) 酒精綿（脱脂綿に消毒用アルコールをしみ込ませたもの）または消毒用アルコール＋ちり紙
※測定器の接眼部が他人の触れたものに再接触するのを嫌がる被測定者がいるため要注意。

【測定の手順】

- 手順1 被測定者への目的、教示、注意事項などの説明を行う。
- 手順2 被測定者に十分測定練習をさせて要領を会得させ、弁別のための判断基準を安定させる。
- 手順3 測定直前に被測定者に接眼装置をのぞかせ、視覚を十分暗順応させる。
- 手順4 測定を迅速に行う（安定した測定値が得られなかった場合には、再度測定をする）。

6. 測定値の処理・評価方法

- (1) 毎回の測定値の求め方：1回の測定時につき連続で5つの測定値をとり、その5つの値の平均値もしくは最大・最小値を除いた3つの測定値の平均を求める。
- (2) 作業におけるCFFの時間変動の求め方
 - a) 全員が同じ作業をした場合には、同じ時刻について全員の平均値を求め、基準値に対するパーセンテージ（増減率）を計算する。一般的に諸外国では平均値、日本では増減率で評価される傾向があるが、この両面から評価を行うのが理想である。
 - b) 被測定者によって作業もしくは時刻が異なる場合には、作業別、時刻別に各人の平均値を求める。
 - c) CFFの時間変動を理解するには、時刻を横軸にしたグラフを作成する。
 - d) 平均値に対する各人の値のばらつきをみる。
- (3) いくつかの異なる作業または作業時間の長さの影響を比較する：それぞれの作業について、作業中または作業後の測定値をひとまとめにした平均値をとり、これを各人別に求め、さらに同じ作業を行った作業者について平均値を計算する。
- (4) 測定値が単位期間にどれだけ低下するかをみる：一般的な評価法の例として、以下のようなものが使われる。

$$\text{日間低下率（\%）} = \frac{\text{作業後値}}{\text{作業前値}} \times 100 - 100$$

$$\text{週間低下率（\%）} = \frac{\text{週最終日の作業後値}}{\text{翌週初日の作業前値}} \times 100 - 100$$

また、その作業が作業者にとってどれほどの心身負担を与えているかの判定基準は次の表のようになる。

表 疲労負担の判定基準

	肉体労働の場合 (エネルギー代謝が大)		精神労働あるいはエネルギー代謝の大きくない肉体労働の場合	
	日間低下率	週間低下率	日間低下率	週間低下率
人間にとって好ましい限界	－ 1 0 %	－ 3 %	－ 5 %	－ 3 %
人間労働の可能限界	－ 2 0 %	－ 1 3 %	－ 1 0 %	－ 1 3 %

- (5) 作業時刻が異なる場合の作業による低下度を比較するには、それぞれの週間変動をみる。
- (6) 一日の中での波動の変位によってみる。
- (7) 休憩前後の変化をみる。さらに全作業終了後、一定時間が経過した後に再度計測をした値を比較する。
- (8) 他の機能測定結果との相互関係をみる。
- (9) 回復時間または回復曲線をみる。
- (10) 連続測定値の標準偏差を比較する（S・D法）。
- (11) CFFの時間的な変動経過をみる。
- (12) 表およびグラフ化をCFF値、または他の機能測定結果とともにする。

心 拍 数

1. 心拍数とは

心臓が血液を全身に送り出すときに鼓動を打つ速さ、つまり、毎分当たりの拍動数を心拍数という。心臓の拍動は心臓の壁にあるペースメーカーから発生するもので、この部位に直接に機械的な刺激(例えば人工呼吸)を加えたり、化学的刺激が作用しても心拍リズムは変化するが、大部分は、延髄からでる心臓神経の支配を受けて変化する。この神経には促進神経と抑制神経の2種類があり、血圧や血流量のような循環系の状態に応じて心拍数を増減調節する。また 間脳にある自律神経中枢の緊張状態によっても変化する。この様に、中枢性あるいは末梢性の要因によって心拍数は常に変化する状態に置かれているので、作業の影響が心拍数の変化となって現れる。

2. 作業等による心拍の変化

(1) 筋作業による心拍の変化

運動を始めるとその直前から心拍数は増加を始める。運動を始めようとする意思が働くだけで変化することは脳の高次中枢作用によるものである。また、運動の開始に際して身構えた場合にも変化を生じるが心の緊張だけでなく、全身の筋が緊張することも変化の要因といえる。神経性の初期反応は20～30秒で終り、次いで運動による心拍変化が現れる。これは、脳の運動中枢の興奮と、筋の収縮に伴う筋紡錘の活動が神経系を介して心拍数を高めるためである。筋が強くなり、速く収縮するほど心拍数の増加も大きくなり、心拍数は仕事量と比例して直線的に増加する。運動をやめると心拍は急に緩やかになり数分で元の状態に戻るが、体力の弱い人や疲労が激しい場合には戻りが遅くなる。また、筋の収縮運動が激しい場合や長時間の運動の場合も運動後の心拍数の回復は遅くなる。これは、筋運動の結果生じた代謝産物を体内で処理し終わるまで、酸素の取込みが必要であり、それを筋に送り込むために心拍数が高いと考えれば良い。したがって筋作業による疲労を見るには作業後の回復の良否を目安にすればよいし、作業の強さや生理的負担を見るには初期の心拍変化を指標とすればよいことがわかる。

(2) 神経的作業による心拍の変化

何かに驚いたり、びっくりしても心指数は変化する。物事に集中したり緊張しても心指数は変化する。すなわち心理状態がたやすく心拍の変化に現れるわけである。何の障害もない道路を走行する場合と障害が予想される道路を走行する場合でも心拍数に違いが現れる。増加の割合は筋作業に比較して軽度ではある。

(3) 精神的作業による心拍の変化

課題の解決に速さが関係している場合には精神作業でも心拍数に変化が見られるが、思考の難易は心拍数に変化を及ぼさないといわれている。自律神経系や運動神経系に影響せずに大脳内部で処理がされる仕事の場合は脳波によって観察する以外、方法はない。

(4) 環境温度による心拍の変化

環境温度の変化に対応して生体にも変化が生じる。体温が高まれば皮膚血流を盛んにして熱の放散を図るし、寒冷にさらされると放熱を防ぐために血管が収縮する。この調節によって心拍数を変化させる。したがって、季節性のある農作業を対象にして心拍測定を行う場合、安静時心拍数を把握するのは当然のこととして、エルゴメータによって60W－10分程度の基準負荷を与えて反応を把握することが望ましい。

3. 心拍数の測り方

単位時間当たりの拍動数、通常は1分当たりの拍動数を心拍数という。10秒間の拍動数が10であれば心拍数は、6倍の60拍／分ということになる。また、30秒間の拍動数が40であれば心拍数は、2倍の80拍／分ということになる。脈拍は、心臓の拍動が動脈管の脈動として全身に伝わったものをいい、心拍数と同じ数で表される。

心拍数の測定には、手首や頸部の体表面近くにある動脈上に指を当てて脈拍を数えるという最も簡便な方法（触診計数法）や、生体の電気生理学的現象を測定する携帯型あるいは簡易型心拍計、ポリグラフや心電計による高精度の測定法が用いられる。

なお、ポリグラフ・心電計は現場で使用困難かつ高価なため、ここでは説明を省略する。

(1) 触診計数法

もっとも手軽に心拍数を計る方法は、いわゆる“脈をとる”という手首の外側（親指側）の動脈に指を当てて血管の拍動数（脈拍）を数える方法（触診）である。この方法は時計さえあれば他に特別な道具は必要としないのでどこでも、誰でも測定できるが、前腕を押さえるため被験者を拘束することになり、また、被験者の手に触れるので、測定を意識させるため脈拍数が影響を受ける。

また、作業中に連続して測定したり、測定結果を記録することができない。

(2) 携帯型心拍計による測定

携帯型心拍計の利点は、各種作業中の心拍数変化を連続して測定できること、商用100V電源を必要としないため感電のおそれのないことである。また、軽量、コンパクトであるため、様々な条件下での利用が可能となる。携帯型心拍計は、①内蔵される記録媒体（ICメモリ等）にデータを記録するものと、②無線で送信するものとに大別される。また、記録データ読み出しとその処理には、専用器及びパソコンとの接続が必要であることも特徴である。

①半導体メモリを用いた小型の測定器（ハートレートメモリ等）

以前は、これが主流であったが、装着が面倒、その場で心拍数をモニタできない、使い捨て電極を長時間使用すると被験者によっては皮膚がかぶれることもある等、使いにくい。

②無線式、腕時計型心拍計（ハートレートモニター等）

心拍数をその場でモニタできる腕時計型の小型測定器で、導電ゴム製電極の付いたバンドを胸に装着し、バンドに内蔵された送信器から腕時計型の心拍モニタに信号を送り心拍数をモニタすると共にデータをメモリに記憶させることができる。測定の際、使い捨て電極を必要とせず、また、電極と表示・記録部の間にケーブルが無いため煩わしさはない。当然、時計機能もある。

心拍数データは、5・15・60秒毎に最大66時間程度(機種による)メモリー可能。

以下、腕時計型心拍計（ハートレートモニター）での測定手順を示す。

【留意事項】

ア、測定中のイベント情報（いつ、いかなる動作をしていたか）を同期させて記録する（時計＋記入用紙、ビデオカメラ等を利用）。なお、被測定者に意識させないように、なるべく遠くから離れて記録すること

イ、記録データの管理（日時、被測定者名、測定条件）が必要。

ウ、被測定者の作業中に電極バンド（トランスミッター）がズレないように注意する。

【測定の手順】

手順1：予め、心拍計と記録用の時計又はビデオカメラの時計合わせを行っておく。（秒単位）

手順2：被測定者へ目的、教示、注意事項など説明。

手順3：電極付きゴムバンド（トランスミッター）を被測定者の胸部へ、腕時計型モニタ（リストラシーバー）を被測定者の腕に装着する。この時、電極部を水で濡らす。

※測定モードにすると、自動的にコード送信が始まり、心拍モニタできる。

手順4：複数同時に測定する場合は、最初のコード送信時に各被測定者を数m離しておく。

一旦、送信コードが定まれば（別々のコードNoに）後は近接しても混信することはない。

手順5：心拍がモニタされていることを確認の上、測定開始。開始とともにイベント情報記録。

手順6：測定終了後、トランスミッター、リストラシーバーを外す。

手順7：収録データ処理・管理作業。

（心拍データは、専用インターフェイス＋パソコンを用いて処理する）

4. 心拍測定データのまとめ方

記録したデータのまとめ方で最も大切なことは、測定目的を再確認しておくことである。収集されるデータは、被測定者の個人属性や実験条件に対応した心拍数／瞬時心拍数、測定環境条件（温度や湿度など）。心拍数の単位は、拍／分あるいはbpm (beats per minute) である。

(1) データ自動処理の利用

前述の、腕時計型心拍計（ハートレートモニター）の場合では、心拍計メーカーから提供される専用インターフェイスおよび処理ソフト使用により、瞬時心拍数データをパソコンに取り込む。

操作は簡便で、初心者にも比較的容易に利用できる。

(2) 図表化処理と統計処理

触診計数法以外の方法で収集したデータから抽出される瞬時心拍数のデータ個数は、大量で、手計算による統計処理は非現実的である。パソコンでの表計算ソフトによる各種統計処理関数や図表化処理機能を積極的に活用するとよい。この場合、計算値の有効桁数に留意する必要がある。

① トレンド・グラフの作成

トレンド・グラフとは、瞬時心拍数の目盛りを縦軸に、横軸には時間経過／イベント／作業動作時期などをとり、いつ、いかなるときに心拍数がどのように変化したかを、全測定期間にわたって一目で見ることができる図をいう。このグラフにより、被測定者の心身活動度の全体像を理解することが可能となる

（図7-14）

② 統計処理

測定条件や被測定者・作業別に、作業時の心拍数の平均値、標準偏差、安静時心拍数、心拍数増加率などを算出。

<各種状態の心拍数>

基礎心拍数：人間が生きて行くための最低エネルギー量を指す基礎代謝発現時の心拍数。環境温度が18～20℃の状態、朝食前に目を覚ました状態（覚醒後30分以上経過）で横（仰臥）になり、定常状態が保たれた状態の平均心拍数。

安静時心拍数：環境温度が18～20℃の状態、食後3時間を経過した後、身体の動きが少ない楽な椅座姿勢を30分間保ち、その後5分間の心拍数の平均値。

現場での安静時心拍数：作業、運動前で椅子に座った状態での心拍数である。測定は最低10分以上測定し、終わりの3～5分の平均値。

作業時心拍数：作業中の心拍数。サンプリング時間を短くとることにより、各動作ごとの心拍数の変化を細かく分析できる。

◎心拍数増加率：心拍数増加率を用いることによって被験者の測定日時による差をある程度少なくすることもできる。なお、計算式の安静時心拍数には、「現場での安静時心拍数」を用いる場合が多い。

$$\text{心拍数増加率} = \frac{\text{作業時心拍数} - \text{安静時心拍数}}{\text{安静時心拍数}} \times 100$$

静的な筋作業：静的な筋作業により筋肉は収縮したままになり、その圧力で筋肉中の血液の循環が悪くなり、部分的な酸素不足や老廃物の停滞という現象を引き起こす。その結果、筋肉のしびれ、痛みといった症状があらわれる。静的な筋作業ではほとんどエネルギーを消費しない。しかし心拍数は作業時間の経過と共に直線的に増加して行く傾向にある。

<心拍数による作業強度の指標>

身体負荷の場合、100～120拍／分以上、あるいは安静時心拍数から30～40拍／分以上の増加で回復遅延や次作業期への影響があらわれるとされ、8時間労働の場合の目安とされている。

4) 特殊機器が必要または利用困難な測定法

(1) エネルギー代謝

エネルギー代謝量は負荷の大きさによって異なる。また、同じ仕事、負荷でも個人（体格）によってエネルギー代謝量が異なる。この個人差をできるだけ少なくして、活動強度を示すための種々な指標が提案されている。

①エネルギー代謝率（RMR：relative metabolic rate）

RMRは次式によって表され、純粹にある作業のために消費されたエネルギーが、その個人の基礎代謝量の何倍に当たるかという指数である。日本独自の表現法であり、国際的には用いられていない。測定方法は農作業に適しておらず、また、基礎代謝の算出値が40年も前の値のままであったり、精神的負荷は酸素消費と比例しない場合も多く、近代農業では正しい分析手法ではないという意見もある。外的負荷が同じであっても、被験者ごとのRMRが異なることが多いので、考察に注意が必要。

$$\text{RMR} = (\text{労働代謝量} - \text{安静代謝量}) / \text{基礎代謝量}$$

- ・基礎代謝量：人間が生命維持のために必要な覚醒時の最低エネルギー量で体表面積に比例し、年齢、性、気候、栄養、肉体活動などによって影響される。基礎心拍数と同じ条件で測定を行う。実用的には、身長と体重から体表面積を推定し算出する。

体表面積（A）の算出法（6歳以上）、体重W（kg）、身長H（cm）

$$A \text{ (m}^2\text{)} = W^{0.444} \times H^{0.663} \times 0.008883 \quad (\text{藤本式})$$

$$\text{基礎代謝量 (cm}^3\text{/分)} = A \times \text{基礎代謝基準値 (cm}^3\text{/m}^2\text{/分)}$$

$$\text{または 基礎代謝量 (cm}^3\text{/分)} = A \times 125 \text{ (cm}^3\text{/m}^2\text{/分)}$$

表 単位体表面積当たり基礎代謝基準値（第4次改訂日本人の栄養所要量）

年齢 (歳)	昭和44年算定時の体表面積当たり 基礎代謝基準値 (kcal/m ² /時)		酸素1000cm ³ =4,875kcalとして 毎分当たりに換算 (cm ³ /m ² /分)	
	男	女	男	女
20～29	35.7	34.3	128.2	117.3
30～39	36.5	33.2	124.8	113.5
40～49	35.6	32.5	121.7	111.1
50～59	34.8	32.0	119.0	109.4
60～64	34.0	31.6	116.2	108.0
65～69	33.3	31.4	113.2	107.4
70～74	32.6	31.1	111.5	106.3
75～79	31.9	30.9	109.1	105.6
80～	30.7	30.0	105.0	102.6

- ・安静代謝量：基礎代謝量に姿勢保持のためのエネルギー代謝量を加えたもので、安静時心拍数と同じ条件で測定した単位時間当たり酸素消費量。

実測しない場合の推定値は1.2×基礎代謝量、で求める。

- ・労働代謝量：作業時の単位時間当たり酸素消費量

②メッツ（Mets：Metabolism）

作業・運動中に消費されたエネルギー（安静代謝を含む）が、安静代謝の何倍に当たるかを示す値であり、欧米で主に用いられる。安静代謝量を実測するか、あるいは、体重1kg当たりの推定安静代謝量（3.5ml/kg/分）を1単位、すなわち1Metとして次式により算出する。

$$\text{Mets} = \text{労働代謝量} / \text{安静代謝量}$$

エネルギー代謝率との関係は次式で表される。

$$\text{Mets} = \text{RMR} \div 1.2 + 1 \quad 0.83 \times \text{RMR} + 1$$

$$\text{RMR} = 1.2 \times (\text{Mets} - 1)$$

③活動代謝 (Ea)

仕事をしている時の代謝量 (kcal) を体重1kg当たりで表す方法である。

④最大酸素摂取量に対する割合 ($\% \dot{V}O_{2\max}$)

最大酸素摂取量 $\dot{V}O_{2\max}$: 1分間に最大努力で摂取しうる酸素量のことで、その人の全身持久力に関連する最大運動能力を示す指標とされている。

$\% \dot{V}O_{2\max}$ は、作業が被験者の最大運動能力の何%に相当するのかわを示す相対的な作業強度指標。

<エネルギー代謝量の測定方法>

エネルギー代謝量の測定方法には直接法と間接法がある。直接法は、被験者を熱遮断した狭い部屋に入れ、放散する熱のエネルギーを測定して行う。間接法は、一定時間に排出した呼気を分析し、消費した酸素量、産出した炭酸ガス量を測定して行う。作業現場での測定はダグラスバッグという気密性の高いゴム引きの袋を用いた間接法が一般的である。

しかし、間接法でも装着すること自体が負担となる上、本来の作業も忠実に再現できなくなるため、農作業の現場での測定には適していない。

<心拍数からエネルギー代謝量を推定する>

呼気ガスの測定には手間が掛かり、また、測定装置も大がかりなものが必要である。

そこで、作業時の酸素消費量 (エネルギー代謝量) と相関が高い心拍数を測定して作業時の酸素摂取量を推定しようという研究がなされ、酸素消費量と心拍数の関係式もいくつか提案されている。しかし、各個人ごとにみると心拍数と運動時の酸素摂取量は相関が非常に高いが、個人差が大きいため、一般式から推定した酸素消費量は誤差が大きくなる。

そこで最近では、自転車エルゴメータ、あるいはステップテスト等により何段階かの負荷を与え、各被験者ごとに心拍数と酸素消費量の関係式を求め、その式に作業時の心拍数や心指数増加率を当てはめて酸素消費量を推定するという方法がとられるようになった。

心拍数から消費エネルギーを推定する方法には次の2つの方法がある。

①作業分析とタイムスタディから推定を行う→実測しないため誤差が大きい。

②運動時の心拍数とエネルギー代謝の相関が高いことを利用して、心指数から推定を行う。

(具体的方法) まず実験室内で自転車エルゴメータ等により何段階かの負荷を与え、各被験者ごとに心指数と酸素摂取量の関係式を求める。次いでその式に作業時の心指数や心拍数増加率を当てはめて酸素摂取量を推定する。作業時だけでなく休息時を含む一日の消費エネルギーを推定する場合は関係式を安静時と負荷時の2本求めて推定を行う。

ただし、心拍数は身体活動以外にも、精神的緊張、精神的圧迫、切迫感を抱いたときにも増加するので心拍数から、エネルギー代謝量を推定できる作業は動的な筋作業に限られる。

※自転車エルゴメータ

実験室で被験者に基準となる負荷を与える装置としては、自転車エルゴメータ、トレッドミル、踏み台等がある。このうち、自転車エルゴメータは他の負荷装置と比べて、性、年齢、身体の高さに関わりなく、任意に設定された仕事の強度に村してはほぼ同一のエネルギー消費量を要する。自転車エルゴメータには摩擦ブレーキ式と電気ブレーキ式の2形式がある。

<エネルギー代謝率による労働強度の指標>

エネルギー代謝率による労働強度の評価は高温の許容基準や作業強度の分類と実働率 (現代労働衛生ハンドブック) 等では、連続作業を考えた場合、RMR 4 未満が、疲労なく比較的長時間にわたって作業できる限界であるとされている。

$\% \dot{V}O_{2\max}$ を用いた指標としては、WHO (世界保健機関) の提言がある。それによると、8時間労働で、長期間にわたりその作業が継続して行われる場合、作業の生理的負担の限界レベルは最大酸素摂取量の35%であるとしている。

(2) 筋 電 図

静的作業の場合の筋肉の緊張度を調べたり、筋肉の疲れの程度を知ろうとするとき、筋電図を利用する。筋肉が完全に弛緩の状態では、筋電位は0であるが、筋収縮があれば活動電位が発生するので、皮膚上に貼りつけた2個の電極で、この電位をとり出し、筋電計で増幅し、ビジュグラフに記録させ、筋電図を得る。

筋電図の、放電スパイクの振幅、頻度、時間当たりの放電量、放電間隔の乱れなどに注目すれば、筋収縮の状態を推測することができる。また、正常のときと比較することによって、疲労状態もみることができる。ただし、測定には熟練を必要とする。

<筋電図の見方>

体の活動の基礎をなす筋肉の収縮は、大脳の運動中枢からの信号により、脊髄の運動細胞である前柱細胞を興奮させ、運動神経のインパルスによって筋線維の細胞膜が脱分極を起こしてスパイク電位を放出する。これが筋電現象で、この筋の発電現象を記録したものが筋電図 (electro-myogram; EMG) である。皮膚の表面に電極を貼付して導出した表面筋電ではランダムノイズのような波形が現れ、その振幅の大小は筋収縮の度合いに比例するので、筋肉の活動度を表示できる。注射針やアンマ針のような針電極を用いた深部電極によれば各神経筋単位の筋電位を記録できるので臨床診断で用いられるが、実際の作業現場などでの測定にはあまり適さない。

<筋電図からどのようなことが理解できるか>

表面電極を用いる方法は、個々の運動単位 (NMU) の波形や振幅などはわからないが、測定しようとする筋全体の状態を調べるのに有効である。すなわち表面筋電図は、電極に近い多数の筋線維から出る放電のベクトル和として示されるもので、その振幅は収縮に加わった筋線維の数と、それらの放電頻度の和、つまり筋収縮の強さにほぼ比例する関係を示すといわれている。

<測 定 法>

測定は一般にはポリグラフによる表面電極を用いた測定が用いられる。

また、ME技術の進歩により、軽便で高精度な携帯型の測定器も数多く開発され、比較的安価で市販されているが、これらは主として無線によって記録器へ送信するタイプと、内蔵メモリに記録するタイプに大別される。また、測定方法については、原則的にはポリグラフによる測定と大きな差異はない。

【留意事項】

表面筋電図は電極を貼る皮膚の場所によって筋放電が影響されやすいので、大きな筋であっても予備測定により、測定しようとする筋が最もよく収縮する場所を確認し、筋線維の方向に沿って生体電極を2～3cmの間隔で貼ることが望ましい。

さらに、皮膚の伸び縮みによって電極がズレないように確実に接着する。

2、作業姿勢・動作

1) 姿勢・動作の測定手法

タイムスタディ法による作業観察・測定

タイムスタディ法による作業観察は、産業疲労・労働負担調査の基本事項である。タイムスタディを実行する意義・ねらいはいろいろと考えられるが、主要なことは次の2点である。

第1は、負担調査の対象とする作業の性質をはっきりとさせることである。

第2は、対象とする仕事の流れを理解し、課題の位置づけと解決の方向に目安を立てることである。

第1の作業の性質とは、負担の特性からみた作業タイプのことで、現状の農作業では、心身の使い方の違いを手がかりに、動的な全身活動、静的作業・立位、静的作業・座位、運転・操縦のどれに該当するかを見極めることである。この基本分類に加えて、さらに作業環境や勤務の特殊な条件によって負担の促進が考えられるかをみる。寒冷、暑熱、視覚負担、早朝・長時間等の条件があれば、それらを同時に取り上げることである。

第2の点については、作業開始から終了までの全過程を少し腰を落ちつけて観察することによって、①身体の使い方、特に作業姿勢の特徴、②機械との対面度からみた作業の規制度、③環境条件による負担の促進、④作業の忙しさと休憩挿入、⑤作業仲間のかかわり（チームワーク、役割、責任、コミュニケーション等）等が見え、作業記述ができれば、調査データの読み取りにも見通しが立つようになる。

こうした作業観察に関する基本的なトレーニングができてくれば、タイムスタディデータを細工することによって、例えば、(1) 心拍数等の連続的な生理反応データの読み取りやささまざまな機能検査データの読み取りに必要な情報が提供されること、(2) タイムスタディ法によって姿勢分析やパフォーマンス変化を観察できれば、生理反応データと同等、ときにはそれ以上に負担状態を示す分かりやすいデータがえられること、(3) 課題解決にとって不可欠な現状の改善案に目安をつけやすくなる等の利点がある。タイムスタディ法による作業観察が、労働負担調査の基本事項であるという所以である。

＜タイムスタディの方法＞

動作・時間分析〔モーション・タイムスタディ〕の方法には①観測者が直接目視する方法、②ビデオ映像を利用した方法、③角度センサを身体に直接貼り付ける方法などがある。

(1) 観測者が直接目視する方法

＜測定の方法＞

測定の方法はスナップ・リーディング法が適する。瞬時瞬時の作業者の様子を観察し、それを所定の用紙に記入する方法をスナップ・リーディング法と呼んでいる。30秒のスナップ・リーディング法（30秒間隔で、そのときどきの、様子を観察・記録する）が採用されることが多い。オプションの可能性は大きいが、標準形としては、特定の作業者について、作業の開始から終了までの間、休憩時間をのぞいてずっと30秒に1回の割合で、瞬時瞬時の作業姿勢、作業内容、作業場所を、〔作業観察用紙〕に記入していく。

注意点としては、作業に短い周期性がある場合に時間間隔を一定で行うと、観察に偏りが生じ特定の作業だけを多く記録する恐れがある。そのような場合には、補助的にビデオを使い、記録の間隔を10秒、5秒と短くする。

作業姿勢：そのときどきの作業・姿勢を、記号や、あらかじめきめた分類番号等を使って記録する。
（どの姿勢評価法を用いるかにより変わる）

作業内容：動作レベルの内容を、記号を使って記録する。・その際、アウトプット（出来高：収穫個数や選別個数、重量物の扱い個数や腰の曲げ伸ばし回数、歩行距離や歩数ほか）を連続的に計数できれば、パフォーマンスの変化をとらえることができるから、心拍数の増減に対応させたり、うまくいけば〔作業曲線（疲労曲線）〕がかけらる。

作業場所：どこで作業していたかを記号で記入しておけば、分析の際にいろいろ手がかりになる。

〈注意事項〉

- ①30秒のスナップ・リーディングは、慣れないと観察と記録が間に合わず苦痛になることもある。しかし、慣れてくると余裕をもてるようになる。漠然と作業を見ないで、観察者が記録をとりながら、終日の作業を見つづけることによって、見えてくるものが重要である。
- ②観察の終了後、できるだけ早い時期に作業の印象度をまとめておくことが望ましい。
 - ・どんな条件・事柄が作業者の負担になっているように見えたか。
 - ・作業姿勢からみた負担の特徴はなにか。
 - ・作業者に疲れの徴候が認められるか。それは作業者のどんな仕草でわかったか。
 - ・どんな危険作業が認められたか。また危険自体を回避するためにどんな配慮がなされていたか。
 - ・作業動作が雑になる等、作業の質の変化が見られたか。
 - ・この作業の負担の緩和や安全の確保のためにどんな改善をすれば有効か。等について、思いつくことはすべてメモしておくことが望まれる。
- ③目立った作業の転換点、例えば作業場所をかえたり、作るものが変わったとき、役割の交代等があったときには、その旨を用紙に記入しておく。

(2) ビデオ映像を利用した方法

ビデオ映像からの解析は、動作内容を大まかに把握する場合から姿勢の変化を細かく計測する場合まで目的によって異なる。いずれの解析も録画されたビデオ映像を通常の数よりも遅く再生する。特に姿勢解析は、1コマずつフレーム（frame）解析を行うことが多い。通常のビデオ映像は、1秒間に30フレームであるため解析には膨大な時間を要する。フレーム解析は、デジタイザと呼ばれる座標検出装置を用いると比較的容易にできる。最近では撮影系にCCDカメラや画像処理系に計測機能をもったパソコンなどを用い、被験者の身体の指定された点を自動的に追尾、座標検出する装置が市販されている。これらの装置は、二次元平面上および三次元空間中での解析が可能である。動作解析の対象となる点は、カメラの光源に対して反射する軽量の材質でつくられた円または球状のマーカーを貼付する場合が多い。

①装 置

動作の撮影に必要な装置は、ビデオカメラとデッキである。最近では、小型軽量の8mmビデオカメラが主流であり、本体の中に記録部であるデッキが内蔵されている。このほかに超小型CCDカメラを用いたビデオカメラもあり、被験者に気づかれないように撮影することも可能である。このような場合は、記録部であるデッキや録画映像を確認するためのモニターテレビを別送用意する必要がある。

記録媒体は、ほとんどの場合がVHSまたは8mmのビデオテープである。テープの録画時間は120分程度を用意しておくことが望ましい。また、8mmビデオカメラの多くはステレオ録音が可能であり、左右の音声チャンネルを利用し、被験者周辺の音と実験者のコメントやタイミング信号を別々に記録することも可能である。

カメラの固定は、三脚を用いるのが一般的である。

バッテリーの容量は、録画時間が短い場合は問題ないが、長くなると付属のバッテリーでは不足になることが多い。特に、商用電源の供給ができないときは、事前に容量の大きいバッテリーや交換用のバッテリーを用意する。直流電源が使用できる環境では、変換コード類を用意しておくとう便利である。

ビデオ撮影のための照明は、実験や調査の結果に影響を与えることがあるため、原則として用いないようにする。室内が暗く映像が不鮮明な場合は、動作の解析点に赤外線発光ダイオードや反射の強いマーカーなどを貼付しておくとう便利である。

映像を録画するときは、経過時間をビデオタイマーによってスーパインポーズ（二重焼き）する。経過時間のスーパインポーズは、ビデオカメラ自体にその機能が付属している場合もある。

座標検出は、デジタイザを使うとう便利であるが、これに類似した装置は、ビデオデッキとパソコンを組み合わせることで自作することができる。パソコンのモニタ出力を変換器を介して通常のビデオ信号にする。この出力信号とビデオデッキからの映像信号を画像合成装置（ビデオミキサのスーパインポー

ズ機能)に入力してスーパインポーズさせる。パソコンには、画面上の任意の点をマウスで指定することで座標値を取り込むプログラムを作成する。コンピュータ画面の画素数により測定精度上の制約はあるものの、解析時の労力、時間ともに軽減できる。座標検出装置がない場合のフレーム解析は、テレビ画面上で定規を使用して長さを計測する。また、角度を計測したい場合は、分度器を拡大コピーしたOHPシートを画面上に貼り付けて値を読み取る。

②撮影方法

動作解析は、二次元平面上または三次元空間中の点の動きとしてとらえる。撮影は、被験者に対してx(真横)、y(正面または背面)、z(真上)の3軸の方向が基本である。二次元での計測は、カメラは1台で被験者のx、y、zのいずれかの方向から撮影する。三次元では、2台のカメラで前述の3方向から解析の目的に合わせて任意の2方向を選択して配置する。2台のカメラ映像は、1画面に合成して録画しておくとし便利である。画面の合成は、画像合成装置(ビデオミキサのウィブ機能を使用)によって行う。

③測定手順

【注意事項】

- (1) ビデオカメラを用いる場合は、撮影される人のプライバシーの保護に注意する。特に、被験者以外に撮影される人物に十分に気をつけること。
- (2) 被験者がビデオ撮影を意識しないように配慮する。
- (3) 記録速度は標準を選択する。
- (4) 使用するビデオテープは、予備を含めて多めに用意する。各被験者ごとあるいは各実験条件ごとにテープを取り替えておくと整理しやすい。
- (5) バッテリーは、撮影時間に見合った容量のものを用意し、事前に十分に充電しておく。
- (6) フレーム解析をする場合は、コマ送り再生、静止、早送り再生など、通常の映像鑑賞では行わない操作を繰り返すため、ビデオテープの磨耗が激しい。このため、収録したテープは、マスターテープとして保存し、ダビングしたテープを解析に用いる。

【用意するもの】

- (1) ビデオカメラ一式(接続コード、バッテリーなどの付属品を含む)。
- (2) 三脚。
- (3) ビデオテープ。
- (4) マーカー(解析点に貼る直径20mm程度の赤色シール)。
- (5) 巻き尺(長さの基準値として事前に撮影するためのもの。30cm程度の定規でもよい)。
- (6) 小型ホワイトボード(テープの録画内容がわかるように、日時、被験者氏名、実験条件などを書き、ビデオの最初に録画するためのもの。、B4判程度のコピー用紙で代用可能)。
- (7) 筆記用具。

【測定の手順】

- 手順1 機材の設定……ビデオカメラやその他の機材をセットする。注意事項に従い機材をセットする。消耗品のセットも確実に行う。
- 手順2 録画条件の設定……ビデオカメラの録画条件(距離、焦点、絞り、色合いなど)を設定する。特に、自動焦点調節機能を用いると被験者の動きに連動して設定が変化するため使用しない。また、その他の自動機能も注意して用いるようにする。
- 手順3 画面の倍率係数の設定……画面に映る像と実際の大きさの比を測り、倍率係数を設定する。倍率係数は、あらかじめ長さのわかっている巻き尺や定規を撮影し、モニタ画面上での大きさを計測して算出しておく。
- 手順4 タイトル録画……ホワイトボードなどに必要事項を書き、5秒間程度録画する(必要事項は、日時、被験者氏名、条件などである)。
- 手順5 撮影開始……実験開始。
- 手順6 撮影終了……実験終了(実験が繰り返しの場合は手順4へ)。
- 手順7 後始末、機材の整備、片づけ、清掃。

手順8 実験終了後にダビング、タイマー録画……マスターテープからダビングしたテープを作成する。このときにビデオタイマーを用いて、時間をスーパインポーズする。

3. データの処理

データ処理は、録画されたテープから解析に必要な情報を抽出する。解析に必要な情報は、目的によって異なるが、ここでは大きく2つに分けて考えることにする。第一は、動作内容を把握する場合であり、第二は姿勢をとらえる場合である。動作内容の把握は、どのような動作をどれくらいの時間行ったかということが基本である。また姿勢の変化は、時間の経過に伴う身体的位置や基準線に対する角度などが情報となる。

解析時のサンプリング間隔は、動作の速度に依存し、速い動作であれば短く、遅い動作であれば長く設定する。通常の作業を対象に動作解析を行う場合は、0.5～2秒程度でも十分である

1) 動作内容を把握する場合

動作内容を把握することが目的の場合は、一連の動作をあらかじめいくつかの基本動作に分類し、ビデオ映像を再生しながら各項目に記録する。

ビデオの再生速度は、早送りやスロー再生、静止画像を併用しながら進める。解析は映像上のタイマーを見ながら目的の動作が始まりそうになったら再生速度を遅くし、静止画像にして時刻を記録する。次に、再生を続け、動作が終了したら、同様にビデオを操作して記録する。この作業を繰り返す。基本動作は、必ずしも細かく設定しなくても解析の目的に合わせて最低の個数を設定すればよい。このほかに特記事項があれば記入する。記録終了後、データシートの内容をパソコンの表計算ソフト上のワークシートに転記する。このワークシートを用いることによって各動作の回数、時間、時間割合などを算出することが可能である。

2) 姿勢をとらえる場合

姿勢は、あらかじめ設定した身体の解析点の座標値を計測し、それを解析の目的に合わせて距離や角度に換算する。距離は、画面上の2点の座標値から算出した距離に、手順3で求めた倍率係数を乗じて求める。ここで点O, Pの2点間の距離 m は、それぞれの点の座標を (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , 倍率係数を k とすると、次式で求められる

$$m = k \times \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

また角度は、3点の座標値から三角関数を用いて導出される。ここで点O, P, Qの3点がなす角度 θ は、それぞれの点の座標をO (x_1, y_1) , P (x_2, y_2) , Q (x_3, y_3) とすると、次式与えられる。

$$\cos \theta = (\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}) / (\sqrt{(x_1 - x_3)^2 + (y_1 - y_3)^2}) \cdots \text{式 (12)}$$

(3) 角度センサを身体に直接貼り付ける方法

立位と座位の区別というような大まかな動作の識別には、水銀スイッチを用いた体位センサが用いられる。上肢や下肢の動きを含む細かな姿勢・動作の測定には、回転角度を検出するポテンショメータ、歪みゲージ式関節角度計（ゴニオメータ）、傾斜センサが用いられる。

このほか、磁気センサを用いた3次元デジタイザ（three dimensions digitizer）がある。

角度センサは、歪みゲージやポテンションメータを加工したもので、特に関節の動きを細かくとらえるのに有効である。これらのセンサは、角度の変化を電気抵抗値として検出、増幅装置を介して記録する。この方法は速い現象や映像計測をしにくい場合に適している。また、センサによる計測は連続量であるのに対し、ビデオ映像のそれは離散量であることが異なる点である。

センサ等は高価であるため、具体的方法は省略する。

2) 姿勢・動作の評価法

OWAS (Ovako Working Posture Analysing System): Ovako式作業姿勢分析システム

【1】OWASの特徴

OWASは、フィンランドの製鉄会社(Ovako Oy, 現Fundia Wire)に勤めていたKarhuやNasmanらやフィンランド労働衛生研究所のKuorinkaらによって開発された。作業姿勢評価法として比較的簡単に諸外国でもよく利用されており、測定者間の姿勢判別の一致率は90%以上と高い。

全身の姿勢評価に利用できる、特別な用具を必要としない、現場で即座に記録・解析ができる、評価基準が整備されているといった条件を満たしかつ最も簡便なつくりになっているのが特徴。

【2】OWASによる作業姿勢の記録法

表2および図1の例に示すように、OWASではある時点の作業姿勢を背部・上肢・下肢・重さの4項目でとらえ、これをコード化した4桁の数字(姿勢コード)で記録する。この姿勢コードの分類は、不快感の主観的評価・姿勢による健康影響・実用可能性を考慮して決定されたものである。

表2. 姿勢コード

1. 背部	1) まっすぐ 2) 前または後ろに曲げる 3) ひねるまたは横に曲げる 4) ひねりかつ横に曲げる、または斜め前に曲げる
2. 上肢	1) 両腕とも肩より下 2) 片腕が肩の高さあるいはそれより上 3) 両腕が肩の高さあるいはそれより上
3. 下肢	1) すわる 2) 両脚をまっすぐにして立つ 3) 重心をかけている片脚をまっすぐにして立つ 4) 両膝を曲げて立つか中腰 5) 重心をかけている片脚を曲げて立つか中腰 6) 片方または両方の膝を床につける 7) 歩くまたは移動する
4. 重さまたは力	1) 10kg以下($w \leq 10\text{kg}$) 2) 10～20kg($10 < w \leq 20\text{kg}$) 3) 20kgより大($w > 20\text{kg}$)

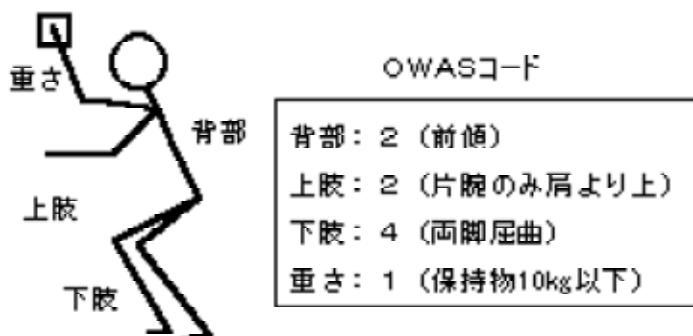


図1. 姿勢コードの記録例

姿勢の記録は、スナップリーディング法(観察間隔一定のワークサンプリング法)の要領で行う。すなわち、一定時間おきにその瞬間の姿勢を読み取り、姿勢コードで用紙に記録していく。文献では、測定間隔は30秒か60秒、一連続観察時間は20～40分にして10分以上の休憩を入れるという方法が紹介されている。こういった記録条件は、対象とする作業の内容に応じて決める必要がある。

複数の工程よりなる作業について工程別評価や工程間比較をしたい場合には、姿勢コードとともに工程名を示す作業コードを同時に記録する。

<姿勢分類についての補足解説>

1. 背部

「曲がっている」というのは、体幹部に20度以上の前屈、後屈、側屈、ひねりがあればそのように判断します。これより少ないわずかな曲げは曲がっていないとします。この角度は頭と骨盤を結ぶ線が鉛直方向となす角度です。

ここはあくまで体幹部の評価です。首のみの前屈や後屈あるいは脚のみのひねりはこれに含まれません。

2. 上肢

腕が肩より上とは、手・前腕・上腕のいずれかが肩と同じ高さあるいはそれより上にある場合が該当します。

ただし体幹前傾がある場合（背部が2や4）は、手・前腕・上腕のいずれかが肩より上にある場合のみ「上にある」と判断します。

3. 下肢

脚が曲がっているというのは、膝の角度が150度以下（股関節―膝―足首のなす角度、膝がまっすぐな状態が180度で、膝が曲がるほど小さくなる）であることをいいますこれより少ないわずかな曲げは曲がっていないと判断します。

「1. すわる」は、イス・机・バーなどに腰掛けた状態で、あくまで体重はお尻で受けている必要があります。壁に寄りかかる、手やおなかの部分で持たれかかる、寝る、床に座る（正座や胡座）、蹲踞の状態などはこれに含まれません。

「2. 両脚をまっすぐにして立つ」は、両脚が曲がっていないくて両足で体重を支えている状態です。爪先立ちや長時間立位の際にみられる体重を脚の間でかけかえる動作時はこれに含めます。歩行時など体が移動している最中はこれに含めません。

「3. 重心をかけている片脚をまっすぐにして立つ」は、曲がっていない片足で体重を支え、もう片方の足が床から浮いている状態です。体重を支えていない足は主にバランスを取ったり仕事で使用されています（つま先が床についていてもかまいませんが、あくまで体重を支える役割は果たしていないことが必要です）。移動中の姿勢や長時間立位の際の体重のかけかえ、バーにお尻で腰掛けていた状態はこれに含めません。

「4. 両膝を曲げて立つか中腰」は、いわゆる中腰の状態ですが、両脚で体重が支えられていなければなりません。膝やお尻が床につかない蹲踞の姿勢もこれに含まれます。

「5. 重心をかけている片脚を曲げて立つか中腰」は、曲がっている片足で体重をささえた状態です。もう片方の足は体重を支えてない状態でなければなりません。歩行中の姿勢は含めません。

「6. 片方または両方の膝を床につける」は、いわゆる膝立ちや片膝立ちの姿勢です。膝が床につかない蹲踞の姿勢はこれに含まれません。

「7. 歩くまたは移動する」は、あくまで移動がなければなりません。前方だけでなく、後ろ歩きや横歩き、階段昇降も含まれます。当然、台車等を押しながらの歩行も含まれます。

4. 重さまたは力

重さや力がかかるのが片手か両手かを区別して評価する方法はないようです。従って、左右の手にかかる重さや力が違う場合、重さや力としては、両手の合計を適用するのが妥当。

【3】OWASによる作業姿勢の評価法

OWASでは、姿勢の負担度と改善要求度を以下の4段階で判定する（ACはAction categoryの略）。そのために、表3と表4の2種類のAC判定表が用意されている。

AC1：この姿勢による筋骨格系負担は問題ない。改善は不要である。

AC2：この姿勢は筋骨格系に有害である。近いうちに改善すべきである。

AC3：この姿勢は筋骨格系に有害である。できるだけ早期に改善すべきである。

AC4：この姿勢は筋骨格系に非常に有害である。ただちに改善すべきである。

表3. 各姿勢コードのAC (Action Category)

背 部	上 肢	1	2	3	4	5	6	7	下肢 重さ
		1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	
1	1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	2 2 2	2 2 2	1 1 1	1 1 1	
	2	1 1 1	1 1 1	1 1 1	2 2 2	2 2 2	1 1 1	1 1 1	
	3	1 1 1	1 1 1	1 1 1	2 2 3	2 2 3	1 1 1	1 1 2	
2	1	2 2 3	2 2 3	2 2 3	3 3 3	3 3 3	2 2 2	2 3 3	
	2	2 2 3	2 2 3	2 3 3	3 4 4	3 4 4	3 3 4	2 3 4	
	3	3 3 4	2 2 3	3 3 3	3 4 4	4 4 4	4 4 4	2 3 4	
3	1	1 1 1	1 1 1	1 1 2	3 3 3	4 4 4	1 1 1	1 1 1	
	2	2 2 3	1 1 1	1 1 2	4 4 4	4 4 4	3 3 3	1 1 1	
	3	2 2 3	1 1 1	2 3 3	4 4 4	4 4 4	4 4 4	1 1 1	
4	1	2 3 3	2 2 3	2 2 3	4 4 4	4 4 4	4 4 4	2 3 4	
	2	3 3 4	2 3 4	3 3 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	2 3 4	
	3	4 4 4	2 3 4	3 3 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	2 3 4	

表4. 各項目コードごとの割合とAC (Action Category)

		全観察回数に対する%									
		0	20	40	60	80	100%				
背部	1.まっすぐ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2.まげる	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	3.ひねる	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	4.ひねる+まげる	1/2	2	2	3	3	3	3	4	4	4
上肢	1.両方下	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2.片方上	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	3.両方上	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
下肢	1.すわる	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
	2.両足曲げずに立つ	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
	3.片足曲げずに立つ	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	4.両膝曲げて立つ	1/2	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	5.片膝曲げて立つ	1/2	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	6.膝をつく	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	7.歩く	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2

AC判定表を利用することで以下のような評価ができる。

- 問題姿勢のリストアップ（細線）：表3を用いて各時刻の姿勢コードのACを求める。ACが3や4のデータをリストアップすることで、どの時刻の作業姿勢に問題があったかを調べることができる。作業改善に利用する場合は、ACが3や4の時刻の作業を表3を参考にしてより低いACの作業姿勢になるように改善する。
- 作業の全体的評価や作業間の比較（破線）：表3を用いて各時刻の姿勢コードのACを求め、単純集計して各ACの割合を求める。このうちAC4あるいはAC3+AC4の割合は作業の全体的負担度を示す指標として利用できる。作業間でAC4あるいはAC3+AC4の割合を比較すると、どちらの姿勢負担が高いかを比較できる。作業改善の効果も、AC4あるいはAC3+AC4の割合がどれだけ低下したかで評価することができる。
- 背部・上肢・下肢・重さのどこに問題があるかの指摘（太線）：姿勢コードを桁（項目）ごとに単純集計して各項目の各コードごとにその全観察回数に対する割合を求める。それを表4と比較してコードごとにACを求める。もしAC3やAC4に属するコードがあれば、その項目には問題があると判定できる。作業別に集計すると、どの作業はどの項目のどのコードによる負担が強いかを比較できる。改善に利用する場合は、割合が高くてACが高いコードを、割合が高くてACが低いコードの姿勢に変換するように試みる。

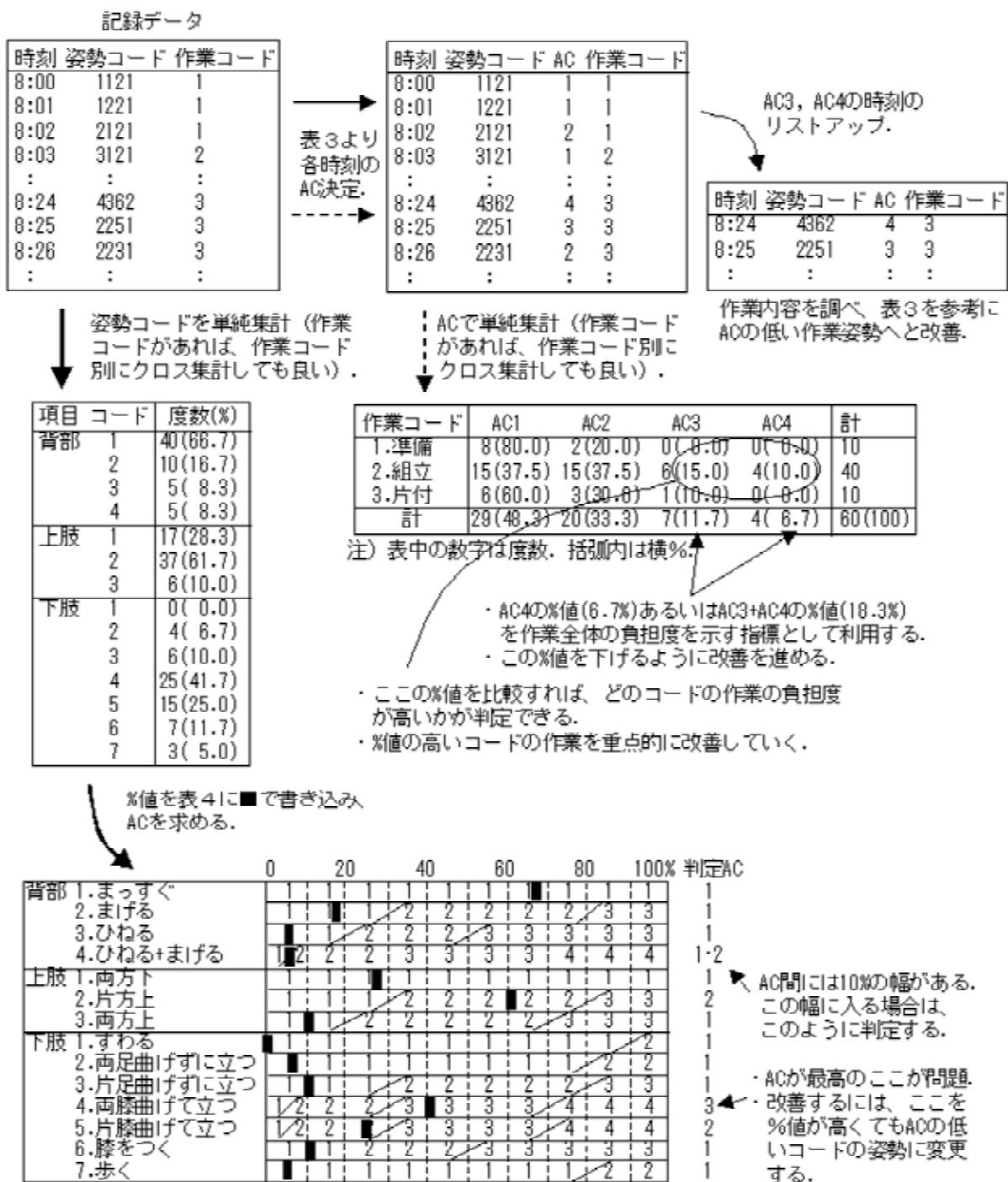


図4. OWASによる評価

【4】OWASの限界と他の手法との併用

1. 細かい姿勢変化の記録：OWASは、他の方法に比べると姿勢分類がかなり大まかなため、同じ姿勢コードであっても様々な姿勢が含まれるうる。特に、上肢や下肢など体の一部を動きが少ないながらも繰り返し使う作業などでは、差が把握しにくいと思われる。
2. 保持姿勢の評価：OWASは非連続的観察法であるワークサンプリング法に基づいてデータを収集する。このため、原則的に持続時間の検討はできず、保持姿勢の評価は困難となっている。例えば姿勢変換のない座位や立位の作業は、その拘束性がどれほど高くてもACには影響しないし、AC自体もそれほど高くない。OWASで観察の連続性を持たせようとする測定間隔を十分短くするという方法がある。ただし、そのデータだけストップウォッチや数取器（カウンター）で再度調べたほうが簡単なことも多い。

3. より厳密な腰部負担評価：OWASでも腰部負担はある程度までは評価できる。しかしより厳密に評価したい場合には、腰部椎間板圧迫力の推定や米国NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health)の荷物取扱い評価式を利用すると良い。NIOSHの荷物取り扱い評価式は、ある重さの荷物をどの位置からどの位置へ運ぶという作業を毎分何回で何分間行うかというデータを与えると、その作業が許容できるかどうかという判断を示してくれる。1991年の改訂版では、非対象持ち上げや荷物の保ちやすさの要因も考慮するようになり、適用範囲が広がった。
4. 全体的評価：現在のOWASでは、AC3やAC4の作業姿勢を減らすようにとあるだけで、ACやAC4をどの程度にすべきかという基準はない。姿勢点では30点が腰痛対策上の基準として利用されている。OWASについては、ACやAC4をどこまで下げると腰痛が何%低下するといった報告は少なく、利用事例を重ねて今後検討されていくポイントのようである

姿勢区分評価法：追加版（平成12年度試験研究成果）含む

【1】姿勢区分評価法（長町1995）

作業姿勢の評価法として、長町三生が工場等の作業評価・改善のために考案した評価法で、図の姿勢分類（classification of working postures）に基づき作業工程の姿勢を分析、評価するもの。

作業中の姿勢を、膝と腰の曲げ方の組み合わせによって、10タイプの姿勢に分類しており、各作業姿勢時について筋電図、心電図、RMR、心理的評価などの人間工学的調査を行い、その結果を基に、各姿勢区分毎の評価点が示されている。

なお、普及現場等においては、この評価点を「つらさ度」と表現して使用されている。

作業姿勢区分ごとの評価（評価点が高いほど作業姿勢はつらい）

区分	評価点	姿勢	動作内容	具体例
J	10		膝を深く曲げた中腰で上体を前屈	かかとが浮いている （水泳のスタート直前の格好）
I	6		膝を伸ばした中腰で上体を深く前屈	90度以上 この姿勢で膝が曲っていても同じ
H			膝を曲げた中腰で上体を前屈	45～90度（腰） 0～45度（膝）
G	5		膝を伸ばした中腰で上体を前屈	45～90度 足に障害物があっても同じ
F			しゃがんだ姿勢（かかとがついている）	かかとが浮くと膝が前に出る——区分（J）
E			膝を伸ばし上体を軽く前屈	30～45度 無理な姿勢に見えたら——区分（G）
D	4		膝を軽く曲げ上体を軽く前屈	0～30度 立ち姿勢で軽く膝が曲る
C	3		立ち姿勢で背伸び（かかとが浮いている）	目より高い物を取る格好
B	1		立ち姿勢	0～30度 背筋が伸びている
A			座った姿勢	膝が床についた姿勢も含む

図 作業姿勢区分ごとの評価（長町 1995）

姿勢の観察は、スナップリーディング法が基本とし、ある時点の作業姿勢を、図の姿勢区分のどれに該当するかをとらえ、作業全体の中での各姿勢区分の発生頻度を測定する。その頻度に各姿勢区分の評価点を乗じて、作業全体としての評価点平均値を算定する。評価点は作業負担に対応して決められているので、5点以上を改善の必要ありとした場合は、評価点が4以下になるように作業改善を行う。また、作業姿勢にねじれが加わる場合は、評価点を1.2倍する。

【2】姿勢区分評価法追加版（岩手農研セ：平成12年度試験研究成果）

姿勢区分評価法（長町1995）は、元来、自動車工場の組み立て工程で発生する典型的姿勢を基に検討された評価法であり、比較的速い動作には不向きである等、農作業に適用する上で短所が多いことから、より農作業に適した姿勢評価手法に改善されたもの。

姿勢区分評価法を基に、農作業（野菜収穫等を想定）で多く想定される前屈上下動の評価点、及び収穫箱の運搬等で想定される歩行・運搬作業の重量別評価点を推定前屈動作や重量物運搬等の、従来姿勢区分で評価できない動作・姿勢について、新たに12姿勢区分が追加されている。

表 姿勢区分評価法追加版：追加姿勢区分（岩手農研セ H12）

区分	評価点	動作内容
I 2	7	膝を伸ばし中腰上体を深く前屈動：直立～90度以上の間 前屈動
G 2	7	膝を伸ばした中腰で上体を前屈動：直立～90度の間 前屈動
E 2	6	膝を伸ばし上体を軽く前屈動：直立～45度の間 前屈動
D 2	4	膝を軽く曲げ上体を軽く前屈動：直立～30度の間 前屈動
U 0	2	歩行移動
U 2	3	歩行しながら運搬 対象物重量～2 kg
U 5	4	〃 〃 ～5 kg
U 7	5	〃 〃 ～7 kg
U10	6	〃 〃 ～10kg
U14	7	〃 〃 ～14kg
U18	8	〃 〃 ～18kg
U20	9	〃 〃 ～20kg

※作業姿勢にねじれが加わる場合は、評価点を1.2倍する。

姿勢の観察は、従来の姿勢区分評価法（長町）の10区分に、追加版の12区分合わせて、各姿勢の発生頻度に評価点を乗じ、平均評価点を求める。姿勢の記録は、スナップリーディング（瞬間観察法）を基本とし、記録間隔は作業内容により短くすることも必要。この場合、ビデオ画像を利用すれば記録が容易になる。

<留意事項>

- ①今回の追加姿勢区分を加えて作業姿勢を記録する場合、チェック項目が多くなり、記録がやや複雑で忙しくなるという難点がある。また、実際の農作業においては、今回の追加区分でもカバーできない動作・姿勢も残されている。
- ②今回の追加版を含め、姿勢区分評価法では、問題となる身体部位の特定や既知データとの比較はできないため、必要な場合は、OWAS法との併用を行う。

3、物理的作業環境

温 熱 環 境

(1) 温熱条件と健康

圃場やハウスは、作物がよく生育する環境に整えられているが、人体にとっては厳しい環境となっている場合もある。特に、環境条件の影響を受けやすい女性や高齢者が多くなっている現在、温熱条件によって生ずる健康障害は無視できないものとなっている。

温熱条件が人体にもたらす影響の主なものには、高温によるものと低温によるものがあり、その主な要因としては、濡れ、温度差、風などがある。農業における高温の場とは、夏季の狂暑のなかでの農作業、ハウス内の高温多湿下での農作業があげられる。また、低温の場とは、冬季の屋外の作業で、果樹の摘定・収穫作業、根菜類の洗浄作業等があげられる。

高温及び低温の人体への影響は、次のようにまとめられる。

ア 高温の影響

夏季の炎天下での作業では、人体の生理機能、特に体温調節のバランスが崩れ、熱中症となる場合がある。また、熱中症とまではいなくても、高温に長時間さらされていると血流量が増加し、循環器系への負担が大きくなる。

そのほかに、皮膚の弱い人は夏の炎天下で1日日焼けすると火傷と同じ症状になることから、屋内作業を中心にしていた人が急に圃場作業をする場合には気をつける必要がある。また、夏季の農作業は、紫外線の量がきわめて多く、過度の紫外線は人体に有害であるとともに、しわの原因等にもなる。

イ 低温の影響

低温の影響としては、凍傷、低体温等があげられる。法的には、特に寒冷な場所として、「乾球温度10℃以下の場所を指し、寒冷の屋内作業場では作業場内の温度が乾球温度5℃以下の場合」と定められている。また、風の影響としては、風速が1m/S増すごとに、乾球温度3℃の低下があるとされている。

冬季の屋外作業では風の影響が大きく、特に風が強い場合、人体が感じる温度は非常に低くなることから、作業者が冷たい風の直撃を受けないように工夫する必要がある。

調製室の温熱環境は、作物に合わせており、人体には低温環境である。一方、一般の家庭やオフィスの快適室温は時代とともに変化している。かつて日本の冬場に火鉢やこたつによる暖房を行っていたときは、室温が15～16℃であっても衣服を重ね着し、暖かく快適と感じていた。1960年頃になると暖房が普及し、冬期の快適気温は20～22℃と上昇している。1980年代になると、室内の快適気温はさらに上昇して24～25℃になっている。冬のハウスいちご栽培では、特に温度の低い調製室で長時間働く場合が多いが、体温調節機能の衰えた高齢者や、寒さ、冷えに弱い女性が働くことを考え、調製室は、作物に悪影響のない範囲で室温を上げ、人体を保護する工夫をしなければならない。

また、温度差が極端に大きい場合も健康障害を引き起こす。その代表が夏の冷房病であり冬のハウス病である。高温多湿のハウス内の温度と外気の温度差は、大きいときでは20℃にもなる。ハウスの場合、ハウス中に、中間気候室を設け、ハウス内と外気との中間の温度を設定することも有効である。内外の温度差は、人体の体温調節機能も考慮して、5～7℃以内にすることが望ましい。また、閉鎖空間である「むろ」は、温熱とともに酸素欠乏の危険がある。入室の前にむろ内で異常が起きていないかを確認する必要がある。

(2) 温熱条件の測定と評価

ア 空気の物理学的性質と基準

温熱条件を適正に保つことは、生活を快適にし、疲労を少なくし、病気からの回復も早くする。ことに働く人々にとっては、疲労感を少なくし、作業のミスを少なくすることによって生産性を高め、また、化学的な急性・慢性の中毒や、物理的な災害を未然に防止して安全性を高めるなど、きわめて大切な要素である。このためには、空気の状態に常に注意をはらっていくことが必要である。

自然環境中や室内・作業場の空気については、公害対策基本法、建築基準法、労働安全衛生法などに基づいて一定の基準が定められている。

イ 気温

気温の表示には、摂氏（℃）と華氏（°F）の2種類がある。両者の関係は、次のとおりである。

$$^{\circ}\text{F}=9/5(^{\circ}\text{C}+32) \text{ または}$$

$$^{\circ}\text{C}=5/9(^{\circ}\text{F}-32)$$

気温の測定は、1. 2～1. 5mの高さで測る習慣になっている。室内では壁や柱に温度計をかけると正確な値が得られないので、なるべく部屋の中央に置くようにする。また、気温と異なる温度をもつ物体が近くにあると放射熱の影響を受けることがある。

a 棒状温度計

比較的小さな容積の温度を簡易に測定する場合に用いられるもので、水銀やアルコール、トルエンなどの膨張率を応用したものが市販されている。市販されている棒状温度計はすべて検定合格品であるが、それでも±0. 2～0. 3℃くらいの誤差許容範囲があり、また年を経るにつれて材質に変化が起きるので、1年に1回、検定を受けることが望ましい。温度計は、示度の遅れをとり戻すのに必要な時間を（普通、アルコールでは3分、水銀では2分くらい）、気温を測ろうとする空気中へ露出したあとに読みとる。

（注）示度の遅れ：温度計が環境温度と等しい示度を示すには、温度計の熱容量と熱伝導率に見合った時間がかかる。これを「示度の遅れ」という。

b アスマン（Assmann）通風乾湿計

湿度の測定に利用されるが、気温の測定においても、最も正確な方法とされている。

c 自記温湿度計

膨張係数の異なる2種類の金属板の彎曲を利用して、時計仕掛けで回転する自記円筒の上に気温や気湿を記録させるもので、連続測定に用いられる。

d 最高最低温度計

一定の期間（例えば1日）内の温度変化の範囲を知るために用いられる。

e シックス（six）温度計

U字型をした水銀及びアルコールの混合温度計で、U字部に水銀、最低温度を示す側の球部にアルコール、最高温度を示す側の球部にアルコール蒸気を入れたもので、測定期間中の最高温度と最低温度を示す。

ウ 気湿

空気試験において、空気の湿度すなわち気湿とは相対湿度を意味し、ある湿度においてその試料空気の含みうる最大限の水蒸気（飽和水蒸気）の量に対する試料空気中に現存する水蒸気の百分率をいう。気湿すなわち相対湿度のことを、比湿、関係湿度などということもある。

a アウグスト（August）乾湿計

ドイツのアウグストの考案によるもので、簡易で安価であるが温度計が露出しているため風や放射熱の影響を受け、かつ示度の安定も遅いので、戸外での測定には不向きである。

温度計が2本ついていて、そのうちの一方の球部をガーゼで覆い、それに湿り気を与えるためガーゼの先端は水中に浸してある。乾球の温度と湿球の温度を計測し、その差を求め、湿度を％で表す。

b アスマン（Assmann）通風乾湿計

1887年、ドイツの気象学者アスマンが考案したもので、湿球温度が気流の大小に影響されるアウグスト乾湿計の欠点を改良したものである。随時随所に移動して、一定条件下で迅速に温度や湿度を測定するための標準器具として、広く使用される。

頭部と呼ばれる丸い金属製の箱の中には、風車とそれを駆動するモーターまたはぜんまい機構が入っており、風車が回るとそれによって空気が下の通気孔から引き込まれ、温度計の球部には常に一定の風速（約3. 7m/sec）が与えられ、空気は頭部から排出される。温度計は左右2本ついており、このうち一方には湿球とするため球部にガーゼを巻き、使用前に水を入れたスポイトを通気孔へ差し込んで水を押し上げてガーゼを滞らす。温度計の球部は通気孔の二重の金属筒に覆われ、放射熱の影響を防いでいる。

本器を三脚を使って適当な場所に吊し、ぜんまいのネジをいっぱい巻くと、風車が回転し始める。それから3分後に示度の安定したところで乾球・湿球の示度の差を読んで、通風乾湿計用湿度表を使って湿度を求める。アスマン通風乾湿計は、小型の機種も市販されており、現地調査の携帯用に適している。

エ 気 流

空気の温熱条件としては、気流も考える必要がある。気流とは、気道・風ともいわれ、気圧の差によって起こるもので、風速、風力で表される。

他の条件が良くても、気流が適度でないと不快感を覚える。日本人に適する気流の上限は、約0.6 m/sec (36m/min) とみなされている。

気象の観測において、風速とは10分間の平均風速のことで、風杯型風程式風速計（自記3杯発電式）を使用しているが、ダインズ（Dines）風速計、プロペラ型自記風向風速計なども用いられている。

風向は、従来1分間の傾向をとっていたが、1971年からは10分間の平均値を使い、16方位に分けて表す。衛生学的には、むしろ室内のわずかな気流の程度が問題になる。

a 風車風速計（ピラムBiram風速計）

8枚の羽根を回転軸にとりつけた風速計で、1～15m/secの比較的強い気流や、風向きの一定している場合に適する（気流が3m/sec以下のときは、得られた値に0.97の係数を乗ずるほうがよい）。ストッパーで指針の動きを止めたのち、その値を読んでおき、測定場所に固定する際には、風速計の面が風向きに対して常に直角であるように設置する。次いで起動レバーを引いて、秒時計を用いて60秒間くらいの切りのよい時間で測定を終了させる。次いでメーターを読み、その数値を測定時間（秒）で除すれば、1秒間の風速の値が求められる。

b 熱線風速計

微気流の測定に用いられる。測定範囲は0.1～2m/sec程度である。細い白金線に電流を通じて加熱しておき、これに気流が当たると気流速度に応じて冷却作用が加わり電気抵抗値が変わることから、抵抗値の変化を電流で読みとり風速を測定する。気温によって示度が異なるので補正する必要がある。

シ カタ寒暖計

カタ冷却熱と気温を測定することにより、次式から風速が求められる。また、計算によらない場合は、図8及び表4のカタ冷却力及び気道算定図表により求めることができる（図7）。

力 熱 輻 射

太陽輻射総エネルギーの52%は赤外線（熱輻射）であり、皮膚に温感を与え全身をも温めるので、気温・気湿・気流とともに温熱条件の要素を成す。室内における温熱条件測定でも、側に気温と著しく温度の異なった物体があるときは、熱輻射を測定する必要がある。

熱輻射を測定するには、熱輻射（赤外線）を受けてこれをよく吸収する物体を用いて、その輻射熱吸収による温度の上昇を温度計により測定する。

a 黒球温度計

銅の薄板（厚さ0.5mm）で作った中空の球を黒色の塗料でつや消しにし、中に普通の棒状温度計を挿入したものである。大きさは直径15.0cmのもの（vernonの原型、大球温度計）と、7.5cmのもの（石川の改作型、小球温度計）の2種類がある。黒球の位置が作業者の頭の位置にくるように高さを調節して15～20分間放置し、温度計の示度が安定したときに読みとる。測定点を次に移す場合には、黒球温度計を外気中でいったん冷やし、温度計も気温にまで戻してから測定を始める。強い風が当たるような場合は、黒球からの熱放散が起こり、よくない。黒球の温度と気温との差を実効輻射温と呼ぶ。

キ 温熱指数

気温、湿度、気流、輻射熱の各要素を環境の温熱要素という。これらの要素の総合された温熱条件の生物学的・衛生学的指標を温熱指数という。

a 感覚温度（実効温度、有効温度）

多数の被験者について、その体感を基礎にして、無風、湿度100%、気温 $t^{\circ}\text{F}$ の温熱環境と等し

い温度感覚を与える状態を、実効温度 t° (t° ET)と定めたものである。アスマン通風乾湿計による乾球と湿球の温度、カタ寒暖計による気流を測定し、図表により感覚温度を求める。

b 不快指数

気流と輻射を無視して、乾球温度と湿球温度とだけから簡単に求められる。

夏季における空調の目安として用いる。華氏温度と摂氏温度から求める算式がある。

不快指数： $DI=0.4(t_d+tw)+15 \cdots \cdots (^{\circ}F)$

$DI=0.72(t_d+tw)+40.6 \cdots \cdots (^{\circ}C)$

このほかに、乾球温度と相対湿度とから求める方法もある。

日本人では75でもかなりの人が不快を感じないが、80以上になると過半数の人が不快を感じる。

高温労働の環境評価のための総合指標として、世界的に使用される傾向にある。日本では下記の表5の基準が用いられる。また、WBGTが28℃を超える条件下でのマラソンのような持久性運動は、熱射病を発生させる危険が大きい。

このWBGTから修正実効温度 (CET: corrected effective temperature) を次式で求めることができる。

$CET=0.786 \times WBGT+6.0 (^{\circ}C)$

表 高温の許容基準

作 業 の 強 さ	許容温度条件	
	W B G T ($^{\circ}C$)	C E T ($^{\circ}C$) 換算値
RMR ~ 1 (極軽作業)	32.5	31.6
RMR ~ 2 (軽作業)	30.5	30.0
RMR ~ 3 (中等度作業)	29.0	28.8
RMR ~ 4 (中等度作業)	27.5	27.6
RMR ~ 5 (重作業)	26.5	27.0

(日本産業衛生学会、1983)

(3) 農作業の温熱条件対策

農業者の温熱環境に対する考え方は、一般の工場やオフィスのそれとは基本的に異なる。一般の工場・オフィスでは、中で働く人を中心に考え、快適性を追求して環境設定ができるが、農業者の働く圃場は、戸外の自然の中であり、また、作物の調製室も収穫物にとってよい状態に整えることが第1で、その許容範囲内でできるだけ人体によい環境に整えるといった作物中心の設定になっている。このように、温熱環境を人体に快適なレベルに設定することが困難であることから、最も身近な環境をつくる被服で、できるかぎり人体を護るように、快適性素材を用い、形、色、着装を工夫することが肝要である。

“環境としての被服”で最も身近な環境を整備するのもその方法である。人体を包む被服によってつくられる人工気候を被服気候という。夏、春桃、冬の外気温がさまざまに異なる状態のときに、その時候に合わせた快適な被服の着装のもとで衣服の最内層と人体の間の温度を胸部で計てみると、常に $32 \pm 1^{\circ}C$ である。つまり、身体軀幹部の衣服内最内層は夏でも冬でも $32 \pm 1^{\circ}C$ で、この温度を保つように人体は調節を行っているといえる。暑いときには、この温度を保つように発汗し、寒くなると震えという産熱の現象が現れ、人は自然に暖かい材質を着たくなり、重ね着をするという行為を行うようになる。快適な状態の衣服内最内層は、 $32 \pm 1^{\circ}C$ 、湿度 $50 \pm 10\%$ 、気流 $25 \pm 15cm/秒$ である。

被服が作業員にとって快適な環境をつくり出しているかどうかをチェックできるものに皮膚温がある。皮膚温は、身体部位によって異なり、その分布も環境条件によって変化する。また、皮膚温と寒冷感の間は密接な関係にある。手は皮膚温 $20^{\circ}C$ で不快な冷たさ、 $15^{\circ}C$ で極度の冷たさ、 $10^{\circ}C$ で痛みとしびれが起こる。足では手より $3^{\circ}C$ 高い温度で同じ感じが起こるという。

皮膚には温、冷、痛、触などの皮膚感覚がある。暖かさを感じずる点を温点、冷たさを感じずる点を冷点という。温点と冷点の分布は部位により異なる。

冷点は温点より皮膚表面に近いところにある。また、温度感覚が起こるには冷える早さも関係しており、急激な冷えは感じ方も早い、ゆっくりとした冷えは、なかなか感じない。

零さへの対策としては、保温性や含気率が高く、熱伝導率や比重の小さい、軽い素材で、かつ輻射熱の吸収率の高い色の濃い素材を用いる。重ね着で温熱条件に見合った暖かさに調節する。外被は通気性の小さいもので、暖かい空気を逃がさないようにする。屋外作業には通気性が小さく、軽い保温率の高い蓄熱素材の金属蒸着布を用いることを試みるのもよい。

濡れは、収穫・栽培管理時の朝露・降雨、薬物・根菜等の水洗、防除作業など多くの要因があり、農作業とは切り離せないものである。布地の熱伝導率は小さいが、濡れると水の影響で熱伝導率が高くなる。また、体熱で服が乾いていくときは、肌から奪われる熱量も大きく、特に、寒冷時に滞れると、体から奪われるエネルギーも大きく、著しく冷えることになる。濡れを伴う作業は婦人の作業に多く、健康面でも問題となる。このため、防水素材を用いて濡れない工夫をしなければならない。調製室では、そこで働く婦人、高齢者に対して健康を第1に考え、室温は商品としての収穫物に影響のない範囲で上げる必要がある。寒いと体の動きが悪くなり、作業能率も上がらないが、室温が上がれば薄着となり、被覆重量が減って活動しやすくなり、肩こり等も減少する。奉さからのストレスから解放されて作業能率も向上する。

涼しく着るためには、肌にさらっと感があると気持ちが良い。汗を素早く吸い、その吸湿した汗を素早く放湿し、通気性がある、色彩的には輻射熱の吸収が小さく、紫外線の透過量の小さい素材が良い。

また、形としては開口部を衿、裾、袖にとり、その面積を大きく開けたものが皮膚放熱量は大きくなり涼しい。ただし、農作業は汚れや危険から皮膚を保護するためにも被服を用いていることを考え、開口部の大きさ、位置は作業の種類により選択する。二層構造の新素材・汗蒸気発散性の清涼素材を農作業着に用い、その効果を試みるのもよい。

他方、体のどこを温めれば最も快適かというと、足元を温めるのが最もよいというマサチューセッツ工科大学の実験結果がある。床暖房とか、ホットカーペット等足元を温めるものを用いて、足下の冷えるイチゴの調製室等への応用とする。コンクリートの上での調製作業がいかに冷えるかは表9でわかる。したがって作業場にじゅうたん等を敷き、作業者の足元にはホットカーペット等を用いることにより、冷えに対する対策とする。

照度・色彩

(1) 照明と健康

農作業を快適に能率よく、かつ安全に実施するための条件として、作業場の照明を適正にすることがあげられる。適正な照明とは、照明の明るさ（照度）が、その仕事に対して適度であることと、視野内に不快感や疲労を生じさせたり視対象物の見えを妨害するいわゆる「グレア」や、過度な輝度対比がないことである。

作業場の明るさ（照度）が適度であると物を明瞭に見せ、快適でしかも能率よく仕事ができる。生理的には、明るくなると目の解像力がよくなり、視覚疲労が減ることになる。つまり、照度を上げることによって作業をしやすくし、作業の誤りを減らして作業能率を高め、作業者の疲労を少なくすることができるからである。

特に、高齢者とともに作業するときは、高齢者の視力の低下や眼内散乱等に配慮し、採光、光源の性質、視対象の大きさなどを考えて、作業環境を設計する必要がある。

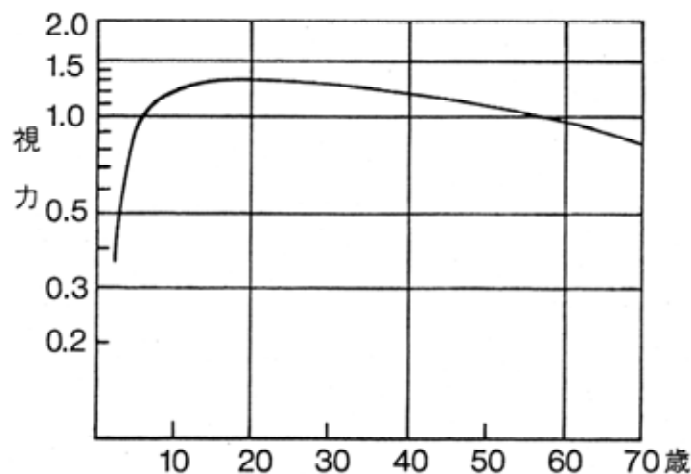


図 年齢と視力（大江謙一1965）

作業場の明るさは、作業の緻密さにより異なるが、暗いと視覚疲労が起き、また、誤りも生じる。選別作業では500から1000ルクス（1X）が必要である。

なお、部屋全体は300ルクスくらいでよいが、選別作業等をする手元の上に補助照明をつけると効果的である。ただし、高齢者は順応が遅いので、同じ視野内に照度の異なる明るい所と暗い所があると、視覚疲労を起こすこともあるので、一連続作業時間によって、ダブル照明の使用の可否など、照度差に気をつけなければならない。

作業のしやすさと照度レベルの関係については、照度レベルが低下するとともに作業のしやすさも低下する。細かい視作業が必要な作業では、その低下は直線で近似できる。特に、字を読むこと、色を識別すること、刃物を使うことにおいては低下が著しい。これらの作業の快適性は照度レベルに大きく依存している。

(2) 色彩と視覚疲労

視覚の疲労に関しては、作業場の色彩が大きく影響する。作業室や作業台をどのような色にしたら作業者の視覚疲労が少なく働けるかを考える必要がある。

収穫した野菜、果物等は例外なく色がついている。柿は橙色、葡萄は緑又は紫などであり、収穫したものを調製するときに、背景にどのような色があれば傷やいたみがわかりやすいか、選別しやすいかについて考えることも必要である。

収穫物と背景の色、つまり作業台の色が似ていると、当然選別作業はやりにくいので、選別をしやすくするためには色相の違い、明るさの違いが必要となる。その違いがどのくらいあって、どのように違えば目が疲れなくて選別が最もしやすいか、調製作業の誤りが少ないかなど、作業能率の向上と同時に視覚疲労を軽減させるようにすることが大切である。

圃場における色彩の問題としては、蓄熱用の金属蒸着布の見える問題があげられる。冬から春に地温を上昇させ生育を促すために、あたり一面に銀色にきらきらと敷かれている場合や、桃などの木の下に敷いて果実の色づけに用いたりする場合には、グレア光源となって視覚疲労を起こす。特に、高齢者にとっては問題である。

また、じゅんさいを収穫する場合、じゅんさいは池で栽培されているため、収穫時に池の表面から反射する光によりまぶしく、目が痛くなる。こうした場合は、UVカットのついた遮光眼鏡の使用が望まれる。サングラスを使用する場合もあるが、収穫物の状態を正確に判断するには色のないものが望ましい。

(3) 照度・色彩の測定と評価

ア 照度

照度は、圃場や作業場、調製台の上などがどれだけ明るく照明されているかを表すときに用いる。つまり、照明されている面の単位面積当たりどのくらいの光束がきているかをいう。1m²当たり何ルーメン（lm）の光束がきているかを示す単位がルクスである。1ルクスは1m²当たり1ルーメンの照度である。

<照度の測定>

- ①圃場、調製室とも、測定の目的に従い測定する。
- ②照明器具の配置、光源の種類、蛍光灯のサイズ、点灯本数、環境条件・窓の大きさ等を把握する。
- ③測定点は、水平面、鉛直面とし、測定面の高さは、特に指定のない場合、床上80±5cm、和室の畳の上40±5cm、廊下や屋外地上面では15cmを目安とする。
- ④測定結果から照度分布のマップをつくり、環境のなかでどこに問題があるかを明らかにする。
- ⑤なお、その際の環境条件として、測定年月日、天候、温度、測定開始時間等を記入しておく。
- ⑥照度計は光電管照度計、デジタル式いずれでもよいが、屋外測定を考えると、測定範囲0.1～100,000ルクスが測定できる精密な照度計が望ましい。
- ⑦測定時には、受光面の位置及び方向の設定を正しく行うほか、測定者の影や服装による反射が測定に影響しないように注意する。

イ 色彩の測定と評価

(7) 色彩計による測定方法

色を測定する方法は、肉眼による視感比色と分光測色計、分光光度計を用いる方法がある。視感比色の場合は、色票とのカラーマッチングで資料の並べ方、照明、観察方向に注意して行う。

果物の熟度判断のためのカラスケール、稲の葉色のカラスケール等の比色用具がある。測定器を用いる場合は、分光分布を求め、計算によって色の3刺激値XYZ及び色度座標Xyを求めるものであるが、これらの計算は内蔵するソフトでなされ、測色と同時にこれらの値を読み取れるので便利である。測定器には、簡便なものから精密で高価なものまであり、接触型と非接触型とがある。用途により使い分けるが、木の上の果物の色なども測ることを考えると、非接触型のほうが便利である。

色彩計の使用に当たっては、まず白色校正を正しく行い、太陽光、照明の方向に注意して対象物の測色を行うが、測色する目的により対象物と測色者の目の位置に注意する。

(イ) 色の表示法

色の表示は、色名による表示方法が最も簡便な方法であり、日常使用されているのは系統色名である。これは、基本色名（10の有彩色と3無彩色の13色相）と11の修飾語（例：あざやかな赤）で表す。

一般的な表色系にマンセル表色系があり、色相、明度、彩度の3属性で表し、色相、明度／彩度の順に、たとえば5R4／14のように並べる。色相は基本10色、明度は0から10で、0は理想的な黒、10は理想的な白であり、中を10等分している。明度が高いとは白みが多く、明るいことを表す。彩度は色みのあざやかさで、／2、／4、／6などと表し、彩度が高いとは、／12、／14である。マンセル表色系は人間の目で見て等間隔スケールに配列しているので、色立体はなめらかではなく、彩度のところは出たり欠けたりしている。

(4) 農作業の照明・色彩対策

ア 照明設計

よい照明は、照明の量がその仕事に対して適度であることと、視野内にグレアや過度な輝度対比がないことであり、よい視環境を設計するためにはこれら照明の量と質に配慮するとともに、高齢者が同じ作業所にいるときには、高齢者の視力の低下や眼内散乱等に配慮し、採光（明かり取り）、光源の性質、視対象の大きさなどを考えて作業環境を設計する必要がある。

(7) 適正な照度

調製作業室での仕事は、傷の見分けなど厳しい判断が必要な仕事であるが、そのような場での照度はどのくらいあったらよいのか。表10、表11のJISに定められている事務所、工場を参考にする、選別作業は500～1000ルクスが必要になる。

年齢と必要照度との関係では、加齢するとともに見え方が悪くなり、20歳の人と比べると、70歳では視力が1.2の場合には3.5倍もの照度が必要になる。したがって、作業室に高齢者がいる場合、必要照度がかなり多くなることを心得て計算する必要があるということになる。

また、年齢が高くなると眼内散乱が起き、まぶしさを強く感じるようになるので、光源がグレア光源にならないように間接照明にすることなどを配慮しなければならない。さらに、適正照度を得るためには、自然光、人工照明を併せて用いるとよい。たとえば、調製作業室の天井に明かり取りをとったり、窓の面積を大きくするなど採光を工夫する必要がある。

(i) 光源の色温度

光源の色温度の違いによって、収穫物の色の見え方が違うことも考慮する必要がある。野菜、果物等は色が判断基準となるので、色の見え方に影響する光源の色温度は大切な要素である。三波長型蛍光ランプは、従来の蛍光ランプに比べて赤系があざやかに見えるという性質がある。これは、分光分布の違い、色温度の違いによるものであるが、自宅の調製室と出荷した農産物に等級をつける選果場とでは、色温度も見た目も異なるので、判断の基準が違ってくるため、等級などで農家の予測と異なるという結果が出る場合がある。したがって、自宅の調製室においても選果場と同じ色温度の光源を用いるとよい。

イ 色彩設計

(7) 安全と色の活用

色を効果的に利用して事故防止や危険箇所の表示などに積極的に活用し、作業能率の向上、快適環境づくりに結びつけることも大切である。

たとえば、農業用機械の危険な箇所に注意をうながす赤や黄色のビニールテープを貼ったり、農薬も危険度の高いものには赤や黄色の目印を付けて取扱いに注意させるのも、事故が起きないようにするためである。

また、圃場にある段差や穴など機械作業での危険な箇所に、目立つ赤や黄色の標識を立てるのも危険を回避するためである。

しかし、赤はよく目立ち交通標識にも用いられているが、薄暮時になると周囲のたそがれにだけ込んで目立たない色に変化するので、1色で用いないで暗くなったときに目立つ白や青緑と配色するとよい。

さらに、農業者自身の目立ちも安全のために必要である。「私はここにいます」というサインを出していることが機械作業のときには特に重要である。耳の遠い高齢者や子供等が機械の音に気がつかないときに、機械を使用している人が見つけて危険を回避するためには、よくわかる色を帽子などに用いることが有効である。

色の面積により目立ち方がどのように変化するかでは、面積が大きいほど目立つ。アクセントカラーとして用いるときは、小面積でもよく目立つ赤、赤紫が効果的である。

(i) 疲労回避色彩と色の活用

農産物の調製を行う際、快適に疲労を少なくする具体的な方法として次のものがある。

- ①調製作業室は働く気分を高揚する明るい作業室にするため、壁や天井等を明度の高い明るい色にすると反射率が上がり、照度も高くなる。

- ②いちご、トマトは赤で目が疲れるので、作業台の色は薄い黄緑色又は無彩色のグレーを用いるとよい。うすい黄緑色は、赤いいちごと色差が大きく、傷やいたみを見分けやすい。ただし、調製作業時間が長時間にわたる場合には、視覚疲労が発生しやすいので無彩色のグレーが疲労が少なくてよい。
- ③花きの草丈LMSが一目で識別できるように、調製台を色分けする。色は、作目に合ったもので視覚疲労が少なく、かつ作業能率の上がる色を選ぶ。なお、収穫の時期を色で判断するための色票の利用や、収穫するときに収穫適期の色に染めた軍手をはめてカラーマッチングしながら収穫すると誤りが少ない等の方法もあるので活用する。

騒音

騒音は「好ましくない音」として定義されている。これは、①難聴をおこす音で、一般的には極めて大きい音である、②聴力以外に生理的な影響を与える音で、具体的には消化器、呼吸器、循環器、神経系などに一時的または永久的障害を与える、③音声や音楽の聴取を妨害するものである、④純粹心理的ないし感情的なもので不快さの感情となり、注意の集中を妨げ、事務や作業の能率を低下させ、勉強や睡眠を妨害する、というように分類できる。①や②は労働環境の問題として捉えられ、③や④は騒音公害的な意味合いを持っているが、農作業における騒音はこの両者にあてはまる。

騒音を検討するに当たり、音源から耳に入る音そのものの把握を行うことと、耳に入った音がどの様に処理されているか（気導音か骨導音かで聞こえ方は違ってくる）を把握することが考えられる。

音源から発した音波は物体または空間を伝わって耳に達するが、距離減衰、回所による減衰、物体を通過する際の透過損失などで音源での音よりは小さくなるのが一般的であるが、時には、音を増幅させるような場合もある。音は複雑な周波数から構成され、各周波数がそれぞれ異なった音圧で構成されている。人間の耳は、これを同じに感じるわけではなく、聴感曲線が定められている。物理量として測定した騒音を音圧レベルといいdB (F) で表現し、感覚補正をしたものを騒音レベルdBまたはdB (A) と表現する。

騒音の影響：直接的な影響として聴力の低下がある。また、騒音の間接的な影響として連絡や合図が十分に伝わらないことによる事故の発生がある。騒音にさらされると、大脳が興奮状態となり、作業能率の低下、睡眠障害など感情面にも影響する。内分泌系では各種ホルモンの供給が変化し、自律神経系への影響として瞳孔、血圧、心拍、呼吸、唾液、胃液、胃収縮回数の変化、末梢血管の収縮、発汗などが現れる。当然の事ながら、聴力器官にも影響があり、大きな騒音曝露状態では耳鳴りに代表される一時的難聴が生じそれが繰返されると永久難聴となる。これは騒音性難聴であるが、加齢に伴う老人性難聴と複合すると生活上の不便さが増大する。

騒音の分類：環境騒音とは、測定しようとする場所における総合された騒音をいう。特定騒音とは、騒音源（単体または群）を特定した場合の環境騒音の中でとくにその音源の寄与による騒音をいう。定常騒音とは、レベル変化が小さく、ほぼ一定と見なされる騒音をいう。変動騒音とは、レベルが不規則かつ連続的にかなりの範囲にわたって変化する騒音をいい、この場合は等価膜音レベルまたは時間率騒音レベルで評価する。間欠騒音とは、鳥追いの爆音器の音のように、間欠的に発生し、継続時間が数秒以上の騒音をいう。

聴力の保護：常習的な曝露に対する騒音の許容基準は日本産業衛生学会が周波数分析を行う場合の許容レベルを勧告をしている。勧告値以下であれば、1日8時間以内の曝露が常習的に10年以上続いた場合でも永久的聴力損失を1kHz以下の周波数で10dB以下、2kHzで15dB以下、3kHz以上の周波数で20dB以下にとどめることが期待できるとしている。また、1日8時間労働の場合の許容騒音レベルは85dB (A) と勧告している。

聴力保護の対策：曝露量を減らす対策として、音源への防音・制音技術のほか、音の干渉を積極的に利用するアクティブノイズコントロール技術などがある。イヤマフ等での対策も有効な場合がある。

(1) 騒音の単位

レベルの単位はすべてについてデシベルとし、dBを正式の記号とし、従来から使われてきたdB (A) の使用も許されている。基準の音圧は20 μ Pa。ただし、これまで広く用いられてきた「ホン」は、ラウドネスレベルの単位であるphonと混同されやすく、国際的にも誤解を招く恐れがあるので使用しないことになった。

(2) 騒音測定機器

騒音計には精密騒音計と普通騒音計の2種類があり、これらと同等以上の性能を持つ機器の使用も認められる。騒音レベルのみを測定するのであれば騒音計だけでよいが、目的によっては、データレコーダ等の記録器と、周波数分析器などの分析器も必要となる。これらの記録・分析機器類は、対象としている音の周波数をカバーしたものでなければならない。機能を満たさない計器での測定・分析は意味がない。測定を行う場合、測定の前後に測定系の較正を行う。

(5) 測定点の選択

作業者の耳元での測定が最優先である。農村生活のデータ収集を目的とした場合には、どこか代表点を定めて記録するか、個人騒音曝露計を被験者に装着して連続記録すること。屋外などで風の影響がある場合には防風スクリーンを使用すること。また、施設内などの騒音分布を求める場合は、作業場内で人が滅多に立ち入らない部分（通常1日に30分未満）を除いて、作業者の動線上の代表的な幾つかの位置で測定する。測定点の高さは地上1.2～1.5mとする。

(6) 測定上の留意事項

測定者が音の反射材・遮蔽材にならないよう配慮する。データレコーダで記録する場合、周波数分析をするのなら、F特性を用いるとあとの処理が便利ことが多い。

(7) 測定方法

- ①定常騒音：騒音が定常騒音とみなせる場合は、騒音計の指示値、またはレベルレコーダによる記録値の平均値を読み取る。
- ②変動騒音：変動騒音の場合は、等価騒音レベルまたは時間率騒音レベルを求める。求め方はJIS Z8731「騒音レベル測定方法」参照のこと。

※聴感補正

騒音計には、A、B、Cの周波数による3聴感補正回路があり、従来大きい音はC特性、小さい音はA特性、中くらいの音はB特性で測っていた。しかしA特性はヒトの聴覚の感度に近づけるように補正してあるので、通常の測定にはA特性によることになった（JIS Z8731騒音レベル測定法）。実際の測定には、参考のためにA、Cの2つを測定したほうがよく、AとCの差が小さいときは騒音は高域成分、差が大きいときは低域成分であることがわかる。

騒音計では、0.2秒以下の短い音では指針の動きが間に合わないために、実際よりも小さく示される。その程度を指針の動特性で示す。F（Fast、速）では0.2秒程度、S（Slow、緩）では0.5秒以上の音を測り得る。

(8) 測定結果の分析・考察

作業者への影響を考慮する場合、80dB以下の騒音については簡単な記述のみでよい。暗騒音の補正を忘れぬよう（暗騒音と測定騒音の差が10dB以上あるときは暗騒音の影響はほぼ無視できる。差が10dB未満の場合は補正をすること、3dB以下の場合は測定対象音は推定できない）。騒音レベルの表現は整数値を用いる（統計処理をした場合は小数点1位まで）。周波数分析は1/3オクターブバンドで25Hz～20kHzの範囲を行うのが望ましいが、機器の能力との関係もあるので、少なくとも63Hz～10kHzの範囲を分析すること。

※暗騒音：ある場所において特定の音を対象として考える場合に、その音がないときの、その場所での騒音を、対象の音に対して暗騒音という。

(9) 測定結果に付記すべき事項

以下の項目が分かるように付記する。

測定者、測定日時、測定時間（観測時間、実測時間）、気象条件（天象、風向、風速、温度、相対湿度、気圧など）、測定場所（測定位置、測定高さなど）、周囲の状況（周囲の建物、地形、地表面の状態など）、騒音の種類と特徴、農作業の種類、使用機械の概略等。

4) 特殊機器が必要な測定法

(1) 振 動

音と同様に、振動はわれわれの生活に強い関わり合いをもっていて、騒音と並んでしばしば問題になる。われわれ自身、常時、心臓の鼓動や歩行による振動にさらされており、また、自動車や鉄道の利用時にも振動を受けるなど、日常生活と振動は密接な関係にある。

農作業における振動は、2つが考えられる。1つは、農業機械の床や座席から、足や尻に伝わって、全身を振動させる全身振動である。もう1つは、ハンドルやレバーから、手の部分だけに伝わる局所振動である。

ア 全身振動

全身振動による障害としては、トラクターやコンバインなどの乗用型農業機械や、トレーラをつけた歩行用トラクターの運転時に問題になる。

作業中に機械の振動が座席を経て作業者に伝わってくるのが、農業機械の座席では、加速度レベルで80～105dBの間にあり、周波数では、低周波を含む広い範囲にわたっている。このような振動が繰り返されると、胃腸障害、腰痛、自律神経異常などの障害を引き起こすこともある。時には、妊娠中の婦人の早・流産も引き起こす。婦人の早・流産は、“耕うん機流・早産”と呼ばれているが、同様の理由から、耕うん機の振動が胃腸に影響を与え、胃下垂などの障害を起こす。腰痛もまた同じである。そうでなくても負担の多い腰が、長時間の座位労働の緊張と、振動によって影響を受けるのは、自動車運転手に椎間板ヘルニアが多いのと同じである。

イ 局所振動

局所振動による障害としては、林業従事者のチェーンソー作業による白ろう病が有名である。白ろう病は、チェーンソーの振動が手や指に伝わって、手の血管運動神経に強い影響を与え、血行障害（レイノー障害）を起こす病気である。血液が循環しなくなると、手が白ろうのようになるところからこのように呼ばれているが、手に冷感、だるさ、震え、痛みが起こり、時には腕や肘にも障害が起こる。

チェーンソー以外では、刈払機や耕うん機のハンドルから伝わる振動が問題になる。この場合は、普通は白ろう病までには至らないが、手のこわばり、しびれ、痛み、いらいらから、睡眠障害、疲労感など広い範囲の障害を起こす。

ウ 振動の測定と評価

振動は、一般に固体や液体などの媒質中を伝わる波動である。人体に感じる振動の周波数は0. 1～500ヘルツ（Hz）といわれているが、公害として問題になる地面や構造物を伝わってくる振動は低い周波数のものが主であり、1～90Hzが対象とされる。

振動は、その強弱を表す基本的尺度として、振動加速度の実効値が用いられ、人体に感じる強弱は振動加速度の大小によって表す。そのためには、人体の感覚特性を補正した実効値をデシベル（dB）尺度で表して振動レベルと呼び、普通は、60～120dB程度の範囲が使用されている。

振動の測定に同いる振動レベルは、JIS C1510に定められている。振動レベル計は、測定しようとする位置に設置した振動ピックアップが受けた振動を、騒音計の周波数補正と同様に、人体の振動感覚に合わせた周波数補正を行って、そのレベルをdBで示す構造となっている。

振動は、発生源の種類によって、エンジンのように一定状態で連続的なものや、杭打ち機のように衝撃によって一時的に大きな振動が現れるものなどいろいろあるので、測定の目的にかなった方法を選定しなければならない。

エ 農作業の振動対策

刈払機は、露出した刃が回転して草を刈るため、危険な農業機械の1つといわれている。現に、労災事故も発生しているが、作業効率がよいため、その普及はめざましく、農家では女性も使用することが多い。

しかし、刈払機は、騒音・振動が激しいため、多用する作業者の聞から、手指のしびれやこわばりなどの振動障害を訴える人が多い。

振動による障害は、ただ振動だけが原因で起こるものではなく、白ろう病が寒冷な環境条件が誘因であるのと同じように、振動障害にも騒音や寒冷が深く関係している。たとえば、刈払機による障害も、山間高冷地の人に多くみられる傾向にある。また、刈払機によって白ろう病を起こした女性も出ていることから、使用者は、十分注意して刈払機を扱うことが大切である。

○作業上の注意事項

- ・作業は計画的に行い、20分間以上の連続運転はしない。また、1日2時間以上の使用を避ける。
- ・早朝、夕方など、気温が10℃以下のときは使用を避ける。
- ・軍手などで手に伝わる振動を防ぐとともに、戸外での体の保温に気をつけ、汗ばんだりしたときはすぐに着替える。

○生活上の注意事項

- ・作業後は入浴し、必ずマッサージをすること。特に手、腕などを十分に行う。
- ・手にこわばりや異常感が出たら、作業を中止する。
- ・家庭内での保温に十分注意する。
- ・バイクの運転は、ハンドルから伝わる振動が障害を悪化させるので、使用を避ける。

(2)粉 塵

①粉塵と健康

空気中に浮遊する0.1～100μmの微粒子をエアロゾール（Aerosol）という。

粉塵は、ほとんどの場合、呼吸によって身体の中に入ってくる。人間が吸い込む空気中の粉塵は、まず鼻にひっかかって取り除かれる。次に、気管支の細かい毛（繊毛）によって外に送り出される。非常に細かい粉塵は肺の一番奥にある肺胞にまで入っていくが、肺胞に入った粉塵も、大部分は息を吐くときに息と一緒に外に出される。

このように、吸い込まれた粉塵の多くは、身体から外に出されるが、肺の奥の方についた粉塵は、取り除かれず少しずつたまっていく。大きな粉塵（粒径10μm以上）は、肺胞にまで達しないので、それほど問題にならないし、あまり小さいもの（0.1μm以下）も再び肺胞から吐き出されてしまうので、それほど重要ではない。0.1～5.0μmの粉塵が最も危険である。農作業において、牧草や穀粉などの有機性粉塵の吸入により、息切れ、せき、たん、悪寒、発熱、頭痛などの急性症状が起こることがある。これは、肺胞の変化によるアレルギー性肺胞炎（過敏性肺臓炎）で、何度も繰り返すと慢性化し、典型的な農夫肺になる。

②粉塵の測定と評価

粉塵粒子の大きさは0.1～100μm（ミクロン）にわたる。粉塵は皮膚や物品を汚染し、粘膜を刺激し、肺に沈着して、種類によっては肺に塵肺を発生させる。5～10μmのものの多くは上気道で排出され、5μm以下のものが肺胞に達し、とくに1μm前後のものの沈着率が高い。したがって、測定する粒子の大きさは、衛生学の立場からはおよそ5μm以下とされる。

粉塵の量を表すのに、粒子の数（個/cm³）、重量（mg/m³）または相対的に濃度と関係する指数などが用いられる。

作業環境中の粉塵は、その濃度を表示するのに一定体積の空気中の粉塵の重量単位 [mg/m³] で表す場合と、一定体積空気中の粉塵の粒子数（個/mlまたはMPPCF）で表す場合がある。一般に化学的有害粉塵は重量単位で表され、鉱物性粉塵は個数単位で表される。したがって、粉塵濃度を測定する場合には、粉塵の重量を測る方法と個数を測る方法との2つの方法がある。

なお、このほかに光の透過度または散乱光を測る方法がある。

③農作業の粉塵対策

粉塵の有害性や塵肺発生の可能性などに対する評価ができれば、次に防塵対策が必要である。

防塵対策としては、第1に粉塵を発生させないこと、すなわち発塵の防止であり、第2は、発生した粉塵を可能なかぎり小範囲で処理する、すなわち飛散の抑制である。第3は、以上のような対策を施しても、なお作業者が有害な粉塵に曝露される場合、作業者への防塵対策が大切である。

以下、それぞれの防塵対策を具体的に紹介する。

ア 湿式化による発塵の抑制

作業場の床面に水を散布することによって、発塵は著しく減少する。

イ 密閉あるいは包囲

粉塵は、いったん飛散してしまうと、これを捕集することはきわめて困難である。そこで、すでに発生してしまった粉塵は、可能な限り小さな範囲で処理するようにしなければならない。それには、密閉、包囲などが考えられるが、その際には、同時にその中の空気を吸引し、密閉、包囲された中の圧力は常に外圧より低くなるようにしなければならない。

ウ 局所排気装置

この方法は、粉塵を発生源にできるだけ近いところで捕らえ、除去する方法で、防塵対策のなかで、一般的に広く行われている対策の1つである。

局所排気装置は、空気を吸入するフード、吸入した空気を移動するダクト、空気浄化装置及び吸引ファンから成る。

エ 作業員への防塵対策

呼吸保護具を着用しても、保護具の前面の粉塵濃度は変わらないのであるから、保護具を誤って使用したり、また故障などしていれば、吸入する粉塵量は増大する。また、保護具の着用は労働に際して負担になるなど欠点も持っているが、現段階においては、防塵マスクは防塵対策として重要な役割を果たしている。

防塵マスクの選定に当たっては、それが完全に使用されるかどうかが鍵になる。いかに性能の優れたマスクであっても、使用するのが不便で使用されなければ意味がない。防塵マスクの選定に当たっては、国家検定合格品（取替え式防塵マスク、使い捨て式防塵マスク）のなかから、作業条件や環境条件、発生している粉塵の濃度あるいは性質などを考慮のうえ、適当なものを選ぶことである。

オ その他

粉塵に曝露される時間をできるだけ短くすることも重要である。作業強度が大きくなれば、呼吸量も大きくなり、吸入される粉塵量も増大する。このため、できるだけ作業強度を小さくすることも重要である。

4、人間工学的チェックリスト

チェックリストクリストといえ、点検用のチェック・リストがすぐに思い浮かぶ。旅行に忘れ物をしないように、あらかじめ持ち物リストを作っておき、荷詰めの際の点検用に使うわけである。こうした点検用チェックリストは産業現場で広範囲に応用されている。

しかし、ここでいう人間工学的チェックリストは点検用チェックリストとはいささかおもむきが異なる。

どうすれば作業場が働きやすくなるか、労働負担が緩和されるか、作業環境の改善がすすむかといった「対策」があらかじめチェックリストに盛り込まれており、どの対策を適用すれば課題解決になるか選んでいくようにできている。対策選択式のチェックリストと呼べるものだが、誰でもが使える、職場改善の有力な手段になることから、アクション型チェックリストということもできる。今後、普及活動に応用されることが期待されている。

これまでの普及活動で見つけた、あるいは普及活動の結果改善に成功した良い事例をうまく編集して、これからの普及活動に役立てることは非常に有効である。

成功事例を手引きにしながらチェックリストを活用する方法の確立が望まれる。

【農作業現場改善チェックリスト（生研機構編）】

農業労働についての聞き取り及び文献調査結果をもとに、事故の危険性の高い、労働負担軽減の要望が強い内容について、その改善策を検討し、生研機構にて作成された。

全49項目を30以内でチェック可能。現場を見ながら直接改善策を選択する方式で、チェック後、「解説」を参考に具体的な改善案を検討し、対策を講ずる。

※詳細な内容及び改善事例等について、生研機構ホームページで紹介されている。

農作業現場改善チェックリスト 1 ページ

記入日時： 年 月 日 時 記入者： _____

作業名(場所)： _____

チェック方法：あらかじめチェックリスト全体にざっと目を通し、大まかな内容を頭に入れておきます。作業現場を数分間ながめます。各項目を見て、対策済み又は不要な場合は「△」に、必要な場合は「○」に印でチェックします。「○」にチェックした項目の内、対策を優先する項目は「◎」へ印でチェックします。(右記入例)

(詳細は前ページのチェックリストの使用方法をお読みください。)

	不	必
	要	先
A1. 重量物の.....	△	◎
A2. 運搬物の.....	△	◎
A3. 運搬台車、.....	△	◎

A 重量物運搬の負担軽減

A1. 重量物の1個当たりの重さを軽くするため、複数個に分割します。.....△ ◎

A2. モノを持ちやすい工夫します。(例：取っ手取付け、容器に入れる、中身固定).....△ ◎

A3. 運搬台車、コンベヤ等を使うことで、手による資材取扱いを減らします。.....△ ◎

A4. 腰痛にならないよう、荷物を体の正面近くに寄せてゆくりと上げ下げします。.....△ ◎

B 作業姿勢の改善、省力化

B1. できるかぎり、作業者が立ち姿勢と座り姿勢を交互にとれるようにします。.....△ ◎

図1 チェックリスト（一部抜粋）

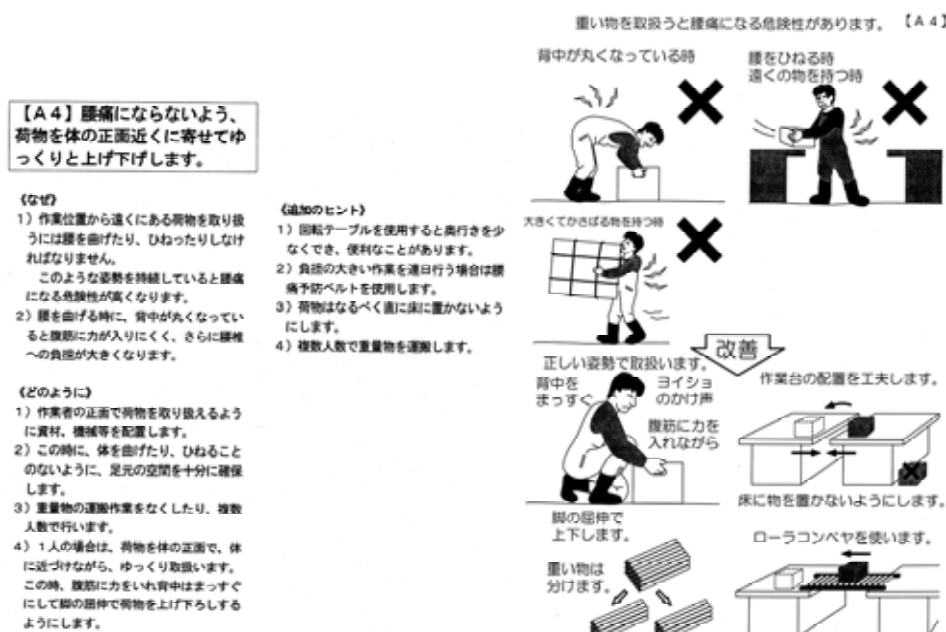


図2 チェックリストの解説（一部抜粋）

IV 参考文献・資料

- (1)平成12年度試験研究成果（研究）「農作業に適した作業負担評価方法の開発」
- (2)平成10～12年度 生産工学に関する試験成績概要書 農産部生産工学研究室
- (3)日本農作業学会編：農作業学、(財)農林統計協会、1999
- (4)加藤象二郎・大久保堯夫編著：初学者のための生体機能の測り方、(株)日本出版サービス、1999
- (5)産業保健と人間工学のホームページ、<http://www01.u-page.so-net.ne.jp/db3/aseo>(2002,1 現在)
- (6)農水省婦人・生活課 監修：農業労働管理の基礎と実際、(社)農産漁村女性・生活活動支援協会、1997
- (7)生研機構編：農作業現場改善チェックリストと解説、生研機構 農業機械化研究所、2000.3