

原著論文

タブレット PC のモバイル性を活かした 現場作業用「腰痛判定カメラ」の開発

○田中 優介¹⁾, 福井 裕²⁾, 川野 常夫²⁾

¹⁾摂南大学大学院 工学研究科, ²⁾摂南大学 理工学部

Development of a lumbago judging camera utilizing the mobility of the tablet PC

○TANAKA Yusuke¹⁾, FUKUI Yutaka²⁾, KAWANO Tsuneo²⁾

¹⁾Graduate School of Engineering, Setsunan University,

²⁾Faculty of Science and Engineering, Setsunan University

Abstract: The purpose of this study is to develop a new mobile tool with camera allowing to judge whether the workers suffer from low back pain using a tablet PC; iPad. The tool is named “Lumbago judging camera”. The working postures observed in the materials handling or care working become a focus of study. Using iPad a software application is developed to take a picture of the worker’s posture and draw a 2D body link model by touching articulation nodes of the body image on the touch screen. The software finally estimates compression forces in the lumbar intervertebral disk L4/L5 solving equations derived from a static kinematical model. Some workers feel low back pain if the compression force exceeds 3400N (NIOSH criteria). Almost workers feel it if the force exceeds 6400N. Lumbago judging camera developed in this study judges the low back pain using the criteria. The lumbago judging camera is available for use on-site and improvement of the working conditions.

Keywords: tablet PC, mobile, materials handling, care work, low back pain

キーワード: タブレット PC, モバイル, 荷役作業, 介護作業, 腰痛

1. はじめに

わが国において腰痛の自覚がある有訴者率はほぼ 10 人に 1 人の割合となっており, その割合は肩凝りや頸肩腕障害などの疾患の中で 1 位を占めている[1]。また, これまで腰痛を患った経験については, 機械, 組立, 溶接, 運搬など製造業 6 社の 5,846 人中, 男性の 69.3%, 女性の 60.9%が腰痛の経験があると報告されている[2]。中小企業の製造工場においては, 男性の 70%以上が腰痛経験者であるとの報告がある[3]。同様に運輸業でも腰痛経験者は多く, 運転業務従事者で 69%の人が腰痛経験を訴えている[4]。

他方, 介護職では介護者の腰痛発生状況を取り上げている岩切らの文献[5]のデータを総合すると, 社会福祉施設における介護職員 657 名の調査時の腰痛有訴率は 68.3%で, 過去 1 ヶ月の腰痛有訴率は 78.5%と極めて高く, 腰痛は介護者にとって深刻な問題となっている。また, ホームヘルパーについては 113 人中, 61.1%が腰痛を抱えているという報告もある[6]。

製造工場では重量物の挙上や運搬などの重筋作業を伴うことが多く, 腰の負担は大きいと推察される。また工場内での長時間の前屈位作業も腰の負担を大きくする要因であると考えられる。運輸業では, 荷役の反復作業や貨物車の振動などが腰痛の要因になると考えられる。一方, 介護作業にはベッドと車いす間の移乗介助, 入浴介助, トイレ介助などがあり, 介助者は, 50kg 前後の人間を支え, 持ち上げながら作業することから, 腰への負担は想像以上に大きいと推察される。

以上, 作業に関連する腰痛は極めて深刻であり, 対策が必要であることは言うまでもなく, これまでにも多面的に取り組みられてきている[7]。これまで腰部負担を推定し評価する研究は多く, モーションキャプチャや床反力計を用いて座標と力の計測を行い, 逆動力学における方程式を解くことによって力学的負担を推定するもの[8-10], あるいは身体各筋肉の筋電図を測定して直接的に力学的負担を推定するもの[11-12]などがある。これらはいずれも装置が大掛かりとなり, 実験室で再現する荷役作業や介助動作などを対象とするしかなく, 実際の工場や病室, 自宅での動作を対象としていないことが多い。

本研究では, 工場や介護現場において作業や介護者が実際に作業をしている姿勢を評価し, 腰痛発生の危険性についてカウンセリングを行うことのできるツールの開発を目的とする。具体的にはモバイル性に富むタブレット PC

2012年2月14日受理. 2012年3月15日シンポジウム「モバイル12」にて発表

としてアップル社製の iPad2 を用い、現場の作業姿勢を内蔵カメラで撮影してタッチディスプレイ上に表示し、表示された身体の関節点や端点を順に指でタッチすることにより 2 次元人体リンクモデルを形成する。次に第 4, 第 5 腰椎 (L4/L5) の椎間板まわりの力学的釣合い方程式を解くことによって椎間板圧迫力を推定する。その推定値を米国立労働安全衛生研究所 (NIOSH) の基準値と照合し腰痛発生の危険性があるか否かを判定する。以上のように iPad の内蔵カメラを使用して、腰痛判定までを行うアプリを独自で開発する。本研究ではこのような開発ツールを「腰痛判定カメラ」と呼ぶ。このカメラを用いることによって現場作業者の姿勢に関して改善指導を容易に行うことができる。

現在, iPad やスマートフォンは広く応用されつつあり, 学生とのリアルタイムの相互通信によって進める形式の教育に応用する例[13-16], 多言語医療システム[17], 遠隔モニタリングシステム[18], 手術中において 3D-CG による肺動静脈の構造の確認[19]や自宅療養する糖尿病患者への療養指導[20]などの医療に応用する例, 商品カタログを iPad で閲覧できるようにするなどの経営に応用する例[21]などがある。しかしながら iPad をボディメカニクスによる腰痛評価に用いた例は見当たらない。

2. 椎間板圧迫力の推定式

腰痛が起きるかどうかの判定には, 第 4, 第 5 腰椎 (L4/L5) の椎間板に作用する圧迫力の大きさが取り上げられることが多い[9-10],[22]。本研究においても L4/L5 の椎間板圧迫力の大きさに基づいて腰痛発生の判定を行う。ここで椎間板圧迫力は直接測定することはせずに, 図 1 に示す静的な 2 次元人体リンクモデルにおいて力学方程式を解くことによって, その姿勢における瞬間的な椎間板圧迫力 F_C を推定する。人体モデルは矢状面内モデルとし, 両腕, 両脚は一体とみなす。

図から次の式が得られる。

$$F_C = U_W \cos\theta + L_S \cos\theta + L_H \cos\theta + F_M - F_A \quad (1)$$

$$E \cdot F_M = (U_W, L_S, L_H \text{ による } L4/L5 \text{ まわりのモーメント}) - (F_A \text{ によるモーメント}) \quad (2)$$

ここで,

U_W : L4/L5 より上方の胴体, 頭, 両腕の重量合計(N)

L_S : 肩に作用する外力(向きは鉛直下方とする)

L_H : 手に作用する外力(向きは鉛直下方とする)

F_M : 脊柱起立筋力

F_A : 腹圧

E : 脊柱起立筋による後屈のモーメントアーム

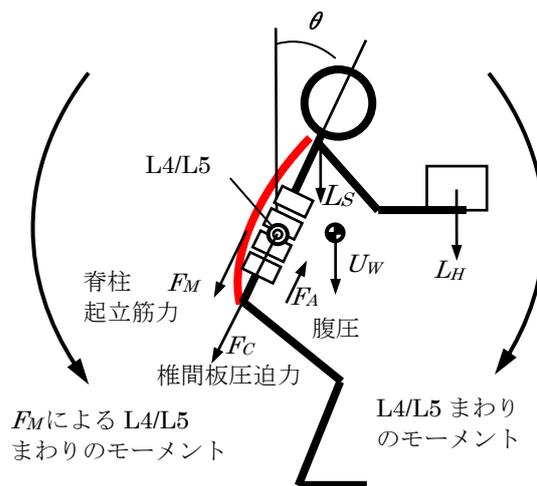


図 1 椎間板 L4/L5 に作用する力の 2 次元モデル

θ : L4/L5 における脊柱の傾斜角

なお, U_W は後述するように対象者の体重から平均的な配分比を用いて推定する。 L_S, L_H はカウンセリングの際にその場に応じた想定値を与え, 幾通りか変化させて腰の負担の変化をみることにする。腹圧 F_A は Fisher の式[23]から求められるが, 腰痛が発生するような F_C に比べて極めて小さいため, 実際の計算では 0 として扱う。モーメントアーム E は先行研究[23]から 5cm とする。また, (2) 式のモーメントアームは後述する人体各部のセグメント長さと関節角度から求める。以上の値を用いて (1)(2) 式から椎間板圧迫力 F_C を求めることができる。

本研究では, 作業中に撮影したある姿勢を静止しているものと仮定し, 静的なモデルにおいて L4/L5 にかかる瞬間的な力を算出する。したがって, 加速度を考慮した動的なモデルを対象としていない。そのため, スポーツにおける運動のように速い動きを伴う作業は対象としない。通常の荷役作業は比較的ゆっくりとした動きであり, 加速度を考慮しなくてもよいと考える。また, 本研究で使用した iPad のカメラはシャッタースピードが 1/30 秒で, 荷役作業の映像が識別できないほどぶれることはない。

3. 腰痛判定カメラの開発

3.1 腰痛判定カメラ

本研究では, 現場の作業姿勢に対して腰痛発生の危険性があるかどうかを判定するための腰痛判定カメラを開発する。そのために iPad2 とその内蔵カメラを用いて作業姿勢の取り込みと人体リンクモデルの入力, ならびに椎間板圧迫力の計算を行うアプリを独自に開発した。本研究で用いた iPad は, 1024×768 ピクセルのマルチタッチディスプレイおよび解像度が 92 万画素相当のカメラを搭載している。本体サイズは, 高さ 241.2, 幅 185.7, 厚み 8.8mm, 重量 613g であり, 工場や介護などの作業現場に持ち込んで操作するのに問題のないサイズ, 重量であると考えられる。

本研究で開発する腰痛判定カメラの使用イメージを図 2 に示す。図は荷物を両手で持ち上げようとしている作業員(評価対象者)の腰痛判定を行う様子を示している。評価者は腰痛判定カメラ(iPad)を持ち、ディスプレイに映る作業員の姿勢を見ながら、作業員の側方に立って、作業員の全身がディスプレイに収まるようにカメラのシャッターを切る。作業員の姿勢は静止画像となってディスプレイ上に表示される。次いでディスプレイ上の身体各部をタッチしてリンクモデルを形成し、作業員の身長、体重、外力(ここでは荷物の重量)などの必要パラメータを入力すると、その作業姿勢における椎間板圧迫力が推定され、腰痛判定結果が数値と色および警告文で表示される。その結果を作業員に説明しカウンセリングする。例えば、先の作業姿勢において腰痛発生の危険性はどうか、また、荷物の重さを軽くしたり、作業姿勢を改善したりすれば腰痛の可能性はどうかといったことなどを、iPad のディスプレイに表示しながら説明を行う。作業現場においてこのようなカウンセリングを行うことによって、作業員は現状の姿勢の問題点が理解でき、改善策を体得することができる。

3.2 腰痛判定アプリの開発

本研究の腰痛判定アプリは iPad に内蔵のカメラから作業姿勢の取り込みとディスプレイへの表示、人体および外力のパラメータ入力、ディスプレイ上の身体各部のタッチとリンクモデルの作成、椎間板圧迫力の計算、およびそれらのユーザインタフェースの作成からなる。それらはまず Adobe 社製の統合開発環境 Flash Builder 4.5 を用いてパソコン上で開発した。プログラミング言語としては Java 言語に似たオブジェクト指向言語である ActionScript を用いた。

Flash Builder を用いた開発では、画像やラベルといった画面を構成する各コンポーネントを、マウスを用いて画面にドラッグアンドドロップすることにより、主にアプリのユーザインタフェースをデザインする。図 3 にディスプレイ上のユーザインタフェースのデザインを示す。画面中央には姿勢表示ならびにリンクモデル作成領域を設ける。画面の最上部には各種操作のアイコン領域を設ける。カメラアイコンはカメラ機能を ON にす



図 2 開発する腰痛判定カメラの使用イメージ

るもので、実際にはそれを指でタッチすることによってカメラを ON にする。人型アイコンは人体の身長・体重および人体に作用する外力を入力(編集)するモードに切り替えるためのものである。Reset アイコンはそれまでに作成したリンクモデルを削除し、初期状態に戻すためのものである。その他、腰痛判定カメラの操作手順を示すガイドのアイコンも配置する。さらに画面の最下部には結果表示領域を設ける。ここに椎間板圧迫力の値と警告文を表示する。また、シャッターボタンを配置し、それをタッチすることによって、カメラからの入力映像が静止画像となってディスプレイに表示される。

リンクモデルの作成が終わると、前述の(1)(2)式の各変数の値を計算し、椎間板圧迫力を算出する。このとき U_W に必要な L4/L5 より上方の胴体、頭、両腕の重量比は、体重比でそれぞれ 40%、8%、12%とした。また、モーメントアームや関節角度を求めるために必要な胴体、上腕、前腕、頭の長さは、身長とリンクモデルの長さの関係に基づいて実寸に換算した。

開発したアプリは、Flash Builder を用いて iOS (iPad, iPhone などに搭載されている基本ソフト) 上で実行可能なファイル形式(拡張子が ipa)に変換する。最後に、iPad とパソコンを USB ケーブルで接続し、パソコン上で iPad 内のアプリの管理用ソフトである iPhone 構成ユーティリティを用いて、開発したアプリを iPad へインストールする。同時に起動用のアイコンを作成しておく。Flash Builder を用いて開発することによって、同一のソースファイルから iPad 以外の iOS が搭載されている iPhone や iPod touch 上で動作するアプリに変換することができる。また、大幅な変更をせずとも、Android OS が搭載されたスマートフォンやタブレット型コンピュータ上で動作するアプリを開発することもできる。

3.3 腰痛判定カメラの操作

腰痛判定カメラのアプリ用アイコンをタッチし、腰痛判定アプリを起動する。腰痛判定カメラは以下の手順で操作する。図 3 に示した画面上部のアイコン領域に配置されている人型アイコンをタッチして、身長、体重、外力のパラメータ入力編集画面を開く。図 4 に入力画面を示す。ここでパラメータ入力編集画面のテキストボックスをタッチすると、画面下部に iPad のソフトウェアキーボードが表示されるので、数字キーをタッチすることによって、椎間板圧迫力の算出に必要な評価対象者の体重(kg)、身長(cm)および手や肩にかかる力(N)を入力する。荷役作業では手で支える荷物や肩で支える荷物の重量を入力する。介護作業では、介護される人の体重と自立の程度に合わせて外力の大きさを想定する。手と肩で支えるときは、まず 50%ずつに配分して腰痛判定を行い、次に配分比が変化した場合についてそれぞれ腰痛判定を行いながらカウンセリングするようにする。

画面上部のアイコン領域に配置されているカメラアイコンを

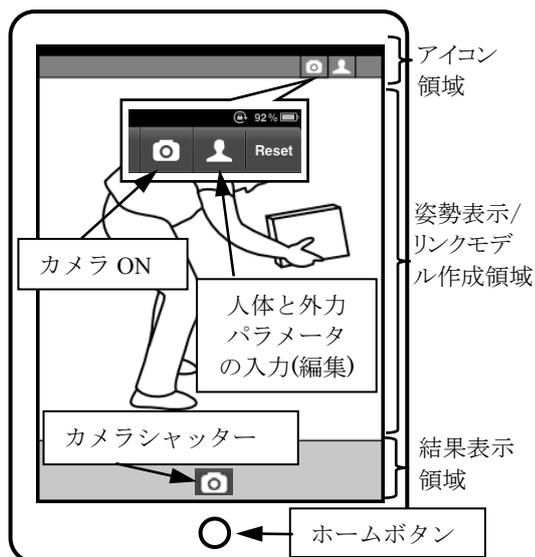


図3 画面構成

タッチすることにより、iPad のカメラ撮影機能が ON になる。iPad のディスプレイにカメラからの映像がリアルタイムに表示されるので、評価対象者の全身が映るように、iPad の角度や対象者までの距離を調整する(2~3m)。このとき、人体の矢状面内モデルに合わせて、対象者の側方から撮影するようにする。対象者がディスプレイにうまく収まれば、画面下部に表示されたカメラアイコンをタッチすることによりシャッターが切れ、その瞬間の静止画像がディスプレイに表示される。

評価者は、評価対象者の姿勢を基に図5に示すリンクモデルを作成する。評価対象者の頭頂点、頭部の重心、肩、肘、手、腰、膝、踵の順に指でタッチしていく。このとき、画面には身体各部をタッチする順番を示すガイドがテキストとして表示される。タッチした部分には同図に示すように円形のマークが描画される。評価者がガイドに従って身体各部を順にタッチしていくと、それらを結ぶように直線が描画され、図に示すような

人体リンクモデルが形成される。

3.4 腰痛判定結果の表示

腰痛判定結果は、図6に示すように、画面下部の結果表示領域に図示される。判定結果では、表1に示すように、腰痛発生の危険度が高い方から、赤信号(3重丸)、黄信号(2重丸)、青信号(1重丸)の3段階に分類し、危険度を表すマークを画面の人体リンクモデルの腰の位置に描画する。また、算出された椎間板圧迫力の値と警告文が結果表示領域に表示される。なお、表1の判定基準はNIOSHが定めた椎間板圧迫力の許容限界[24]に基づいている。

なお、椎間板圧迫力の許容限界値については諸説があるが、Jagerら[23]によるとそれは年齢性別によって異なり、50歳代では男性は3200N、女性は2500Nとなり、60歳以上では男性は2300N、女性は1800Nまで下がる。評価対象者の年齢性別の違いを踏まえたうえでカウンセリングする必要がある。

4. 検証

本研究の腰痛判定カメラを用いて求められる椎間板圧迫力の値が妥当であるかどうかを検証するため、市販のデジタルヒューマン Jack (Siemens) [22],[25]で求められる椎間板圧迫力と比較を行った。Jackは3次元CGによって表現される人体モデルで、L4/L5の椎間板圧迫力を推定できるようになっている。まずJackにより荷役姿勢を再現し、荷物の重量を10kgと設定する。Jackの身長と体重はそれぞれ175.8cm、78.5kg(デフォルト値)とした。このときに推定された椎間板圧迫力は3477Nであった。次に本研究で開発した腰痛判定カメラを用いてJackの姿勢を側方から撮影し、リンクモデルを形成した結果を図7に示す。ここでの身長、体重、ならびに荷物の重量はJackの場合と同値とした。その結果、椎間板圧迫力は3817Nとなり、

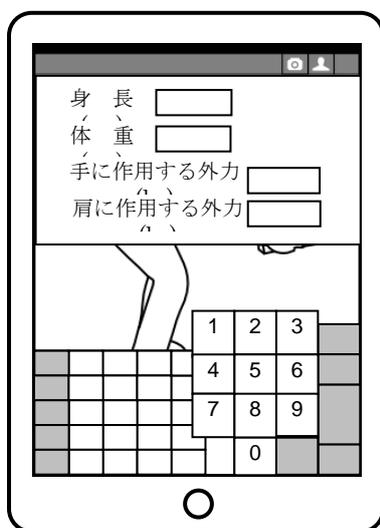


図4 パラメータ入力画面

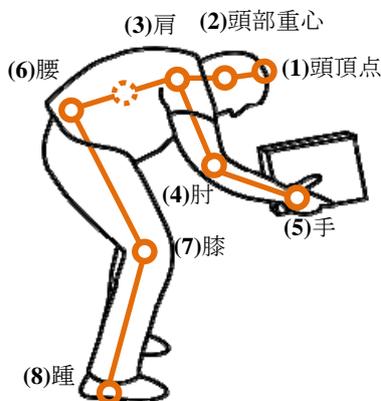


図5 人体リンクモデル



図6 腰痛判定結果

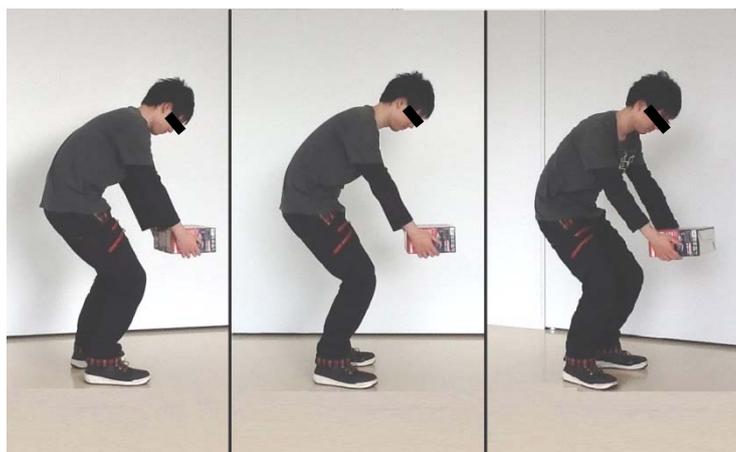


図7 デジタルヒューマン Jack による検証

Jack の場合の値と近い値となることがわかった。

次に本研究の腰痛判定カメラでは、iPad のディスプレイ上で身体各部を順にタッチしてリンクモデルを作成するが、その再現性の検証を行った。同じ作業姿勢(身長 170cm, 体重 60kg, 荷物 10kg)に対して、5 人(22~58 歳, 男性)の評価者がリンクモデルの作成を 10 回ずつ繰り返し、その都度、椎間板圧迫力を記録した。評価者 5 人それぞれについて平均値と標準偏差を求めた結果を表 1 に示す。全体の平均値は 2773.1N, 標準偏差は 61.2N となった。この標準偏差の値は椎間板圧迫力に対し、相対的に 2.2%と小さく腰痛判定の結果に影響が出るような値ではないと考える。ボーダー付近では判定が覆ることもありえるが、ボーダーの値自体、腰にとって要注意の値であることを考えれば、判定が覆ることもシステムとして許容できるものと考ええる。

また、本研究では、評価対象者の矢状面内モデルを対象としているが、評価対象者を厳密に真横から撮影できているかどうかの判断が難しく、やや斜めの方向から撮影することによる誤差が想定される。そこで、図 8 に示すように評価対象者



左へ 20° 0° (矢状面) 右へ 20°

図 8 撮影方向のずれの検討

(身長 170cm, 体重 60kg, 荷物 10kg)を中心として評価者が回転し、左 20°, 左 10°, 正面, 右 10°, 右 20°の方向から順に撮影し、それを 5 回繰り返して、それぞれの椎間板圧迫力を求めた。その結果を表 2 に示す。その結果、椎間板圧迫力の誤差の範囲は矢状面の値の±5%以内で推定することができた。したがって、少々斜めから撮影しても、誤差は小さく問題ないと言える。

本研究では、モーションキャプチャや筋電図等、大掛かりな装置を使って精密な値を求めるのではなく、多少の誤差があっても作業現場に持ち込むことができ、腰痛発生の危険性についてカウンセリングできることの方が価値があると考ええる。

5. 腰痛判定例

本研究で開発した腰痛判定カメラを用いた評価例を図 9 に示す。評価対象者の身長は 180cm, 体重は 70kg とする。手にかかる負荷(荷物の重量)を、10kg および 20kg の 2 通りを想定する。図 9(a)に示すような、中腰で肘をやや屈曲させた姿勢において、荷物の重量が 10kg の場合、椎間板圧迫力は 3287N となり、表 3 に示した判定基準の 3400N を超えないことから、腰痛発生の危険度は青信号と判定された。次に、荷物の重量は同様に 10kg とし、同図(b)に示すような肘を伸ばした

表 1 リンクモデルの再現性に関する検証結果

評価者	A	B	C	D	E	A~E 全体
椎間板圧迫力の平均値(N)	2867.2	2792.1	2725.9	2731.0	2749.3	2773.1
椎間板圧迫力の標準偏差(N)	64.2	49.0	26.5	37.3	68.5	61.2

表 2 撮影方向の真横からのずれの検証結果

真横からの角度	左へ 20°	左へ 10°	0°	右へ 10°	右へ 20°
椎間板圧迫力の平均値(N)	2817.5	2734.0	2721.0	2687.2	2594.6
椎間板圧迫力の標準偏差(N)	63.0	9.8	49.9	57.4	36.9
0°の平均値に対する誤差の割合	3.5%	0.5%	—	-1.2%	-4.6%

表 3 NIOSH の許容値を基にした腰痛判定基準

危険度	圧迫力の許容値	腰痛発生の可能性	マーク	警告文の内容
赤信号	6400 N 以上	高い		ほとんどの作業者が腰痛発生の危険性があります
黄信号	3400 N 以上	ある		一部の作業者が腰痛発生の可能性があります
青信号	3400 N 未満	ほとんどない		腰痛発生の可能性はほとんどありません

姿勢では椎間板圧迫力は3948Nとなり、3400Nを超えることから腰痛発生の危険度は黄信号と判定された。これは、荷物が体幹から離れることにより、モーメントアームが長くなるためと考えられる。もし、肘の屈曲を大きくし荷物を体幹に引き寄せると同図(a)のように椎間板圧迫力は3287Nにまで下がる。

さらに図9(a)の姿勢のまま荷物の重量が倍の20kgにまで増えた場合、同図9(c)に示すように椎間板圧迫力は4336Nとなり、判定基準の3400Nを超えることから、腰痛発生の危険度は黄信号と判定された。荷物を体幹に引き寄せているとはいえ、このように荷物の重量が増えることによっても椎間板圧迫力は増加する。この場合は、重量を半分にして2回に分けて持ち上げることが推奨される。

6. おわりに

本研究では iPad を応用して、工場や介護現場において作業員や介護者が実際に作業をしている姿勢を評価し、腰痛発生の危険性についてカウンセリングを行うことのできる腰痛判定カメラを開発した。従来の作業負担測定においては、モーションキャプチャや床反力計、筋電計などのよう

な大がかりな装置を用いることが多いが、本研究で提案した方法では、腰痛判定カメラ(iPad)だけでよいため、作業現場に持ち込んで容易に腰部負担の評価が可能となる。また、操作が簡単で、結果の表示がわかり易いため、カウンセラーのような専門家がいなくても、作業員どうしが互いに評価しあって、作業改善につなげることができる。また、同一作業員の履歴を残すことによって、時間的な経過を追うことが可能となり、一度だけの指導ではなく、長期にわたって腰痛予防の指導を行えることが期待される。

参考文献

- [1] 高橋和久: 作業関連性腰痛への国際的取組みとわが国の現状, 日本腰痛会誌, Vol.12(1), pp.29-33(2006).
- [2] 萱岡道泰, 伊地知正光: 製造業を中心とした企業関連施設における腰痛の現状と対策, 日本腰痛会誌, Vol.7(1), pp.94-99(2001).
- [3] 山本華代, 神代雅晴, 衛藤理沙ほか: 某製造工場における腰痛と作業姿勢及び生活習慣との関係, 産業衛生学雑誌, Vol.46, pp.78-88(2004).
- [4] 帖佐悦男, 田島直也, 松元征徳ほか: 職業性腰痛の疫学, 日本腰痛会誌, Vol.7(1), pp.100-104(2001).

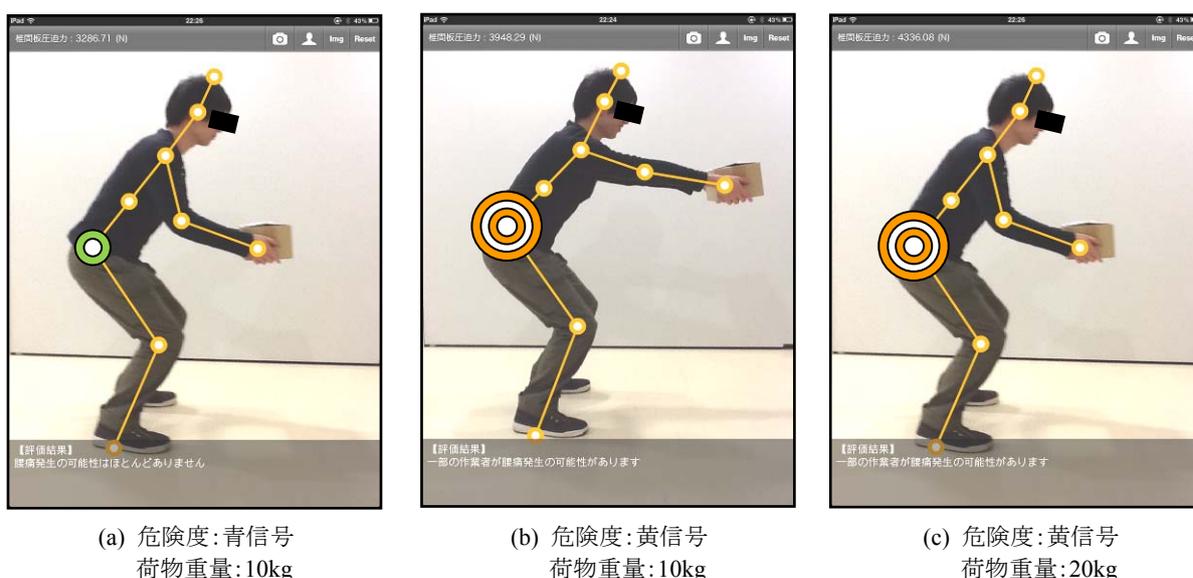


図 9 腰痛判定例

- [5] 岩切一幸, 外山みどり, 高橋正也ほか:介護者のための腰痛予防マニュアルー安全な移乗のためにー, 労働安全衛生研究, Vol.1(3),pp.255-265(2008).
- [6] 真嶋由貴恵, 堀川淳子, 正野逸子, 石原逸子:ホームヘルパーの腰痛の実態と腰痛予防教育のための教材開発,産業医科大学雑誌, Vol.26(1),pp.59-74(2004).
- [7] 栗原 章:職業性腰痛の現状と展望, 日本腰痛会誌, Vol.8(1),pp.10-15(2002).
- [8] 伊藤秀一, 清水英臣, 野村明美ほか:負荷評価のための脊柱構造に着目した人体モデルの構築, 情報処理学会研究報告, Vol.146(34),pp.199-204(2008).
- [9] 山崎信寿, 山本真路, 井上剛伸:移乗介助操作の計測と腰部負担の評価, バイオメカニズム 16, pp.195-205(2002).
- [10] 勝平純司, 富田早基, 原口達也ほか:移乗補助具の使用, 種類, 使用姿位の違いが移乗介助動作時の腰部負担に与える影響, 人間工学, Vol.46(2), pp.157-165 (2010).
- [11] 前川泰子, 汐崎 陽, 真嶋由貴恵:看護業務における表面筋電図からの腰部のひねり動作と筋負荷の関係, 電子情報通信学会論文誌(D), J93-D(11), pp.2538-2547 (2010).
- [12] 徳山和宏, 藤村昌彦, 奈良 勲:質量不明の重量物持ち上げにおける脊柱起立筋の活動ー筋電学的研究ー, 理学療法科学, Vol.17(4),pp.233-236(2002).
- [13] 長谷川 聡, 佐原 理, 長谷川 旭, 田川 隆博, 尾崎 志津子:タブレット端末の教育利用:名古屋文理大学における iPad 導入, ヒューマンインタフェース学会誌, Vol.12(4), pp.245-252(2010).
- [14] 衛藤 敦, 今田晃一, 鈴木賢男, 中本敬子:教員養成課程における情報基礎教育のカリキュラム改善の検討(3)ー学生の状況の変化の分析と今後の課題ー, 「教育学部紀要」文教大学教育学部, 第 44 集, pp.155-165 (2010).
- [15] 本多一彦:モバイル機器の変遷から情報教育機器としての iPad を考察する, 名古屋文理大学紀要, 第 11 号, pp.97-104(2011).
- [16] 富田寛, 大塚正雄, 浮本恵里花ほか:スマートフォンの大学教育への活用 (メディア), シンポジウムモバイル研究論文集 2009, pp.51-54(2009).
- [17] 九野友宏, 杉田奈未穂, 長谷川旭ほか:タブレット端末による多言語医療支援システム, シンポジウムモバイル研究論文集 2011, pp.71-74(2011)
- [18] 竹内寛典, 木内陽介, 芥川正武ほか: iPhone を用いた遠隔医療モニタリングシステムの開発, シンポジウムモバイル研究論文集 2011, pp.79-82(2011)
- [19] 松本卓子, 神崎正人, 網木 学ほか:手術所見と対比した各種3次元画像構築法の比較, 日本呼吸器外科会誌, Vol.25(4), pp.356-362(2011).
- [20] 杉山祝子, 中塔辰明, 浦上経子ほか:タブレット型携帯端末とオンラインストレージサービスを用いた糖尿病教育システムの構築, 糖尿病, Vol.54(11), pp.851-855 (2011)
- [21] 経営の極意2, スマートフォンで業務改善, NIKKEI BUSINESS,2011.2.28,pp.74-77(2011).
- [22] 奥本泰久, 中馬越幸次:バーチャルヒューマンモデルと感性工学による溶接の作業性評価, 溶接学会論文集, Vol.21(2),pp.234-242(2003).
- [23] 瀬尾明彦: 人間工学と産業保健のホームページ, <http://homepage2.nifty.com/aseo/index.html> (2011).
- [24] Waters,T.R., Puts-Anderson,V., Garg,A., Fine,L.J.: Revised NIOSH equation for design and evaluation of manual lifting tasks, Ergonomics, Vol.36 (7), pp.749-776 (1993).
- [25] 山本広則:Jack -人体モデリングソフトウェアの概要, 人間生活工学, Vol.11(2), pp.55-56(2010).

著者紹介

田中 優介(学生会員)



2010 摂南大学工学部マネジメントシステム工学科卒業。同年より、摂南大学大学院工学研究科機械・システム工学専攻入学、現在に至る。デジタルヒューマンモデルの研究などに従事。モバイル学会, 日本人間工学会の会員。

福井 裕(正会員)



2009 大阪府立大学大学院工学研究科博士後期課程修了, 博士(工学)。同年より、摂南大学技師および大阪府立大学客員研究員、現在に至る。デジタルヒューマンモデルやモバイル機器インタフェースの研究などに従事。モバイル学会, 日本人間工学会, 精密工学会, ヒューマンインタフェース学会などの会員。

川野 常夫(正会員)



1982 神戸大学大学院自然科学研究科博士後期課程修了, 学術博士。神戸大学助手, 大阪府立産業技術総合研究所研究員などを経て, 1991 摂南大学助教授, 2001 摂南大学教授, 現在に至る。人間工学, 携帯電話の利用性と安全性, デジタルヒューマンモデルなどの研究に従事。モバイル学会 理事, 日本人間工学会 代議員, 精密工学会, 日本機械学会などの会員。