

デジタルヒューマンモデルによる ドライビングポジション開発システム構築

Development of Driving Position CAD System Using Digital Human Model

片 桐 康 成*
Yasunari KATAGIRI
阿 部 善 博*
Yoshihiro ABE

森 安 光 二*
Kouji MORIYASU
橋 本 泰 一*
Taiichi HASHIMOTO

黒 澤 文 信**
Fuminobu KUROSAWA

要 旨

デジタルヒューマンモデル(DHM)を用いたドライビングポジション(D.P.)姿勢の定量評価システムの構築を目指した。D.P. 姿勢決定の主要因であるステアリングとペダル操作に着目し、実走による姿勢の主観評価と関節角度(肘と足首)の相関性を見出し指標化することで、D.P.姿勢による操作性を定量的に評価することが出来た。その結果、DHMを用いてさまざまな体格に適合したD.P.開発が初期段階から取り組めるシステムの基礎が出来た。

ABSTRACT

The design of automobile packages must generate products which accommodate the diverse body types of vehicle users. The use of digital human model (DHM) technology, which enables designers to freely reproduce different body types on a computer, has recently become more widespread as a means of enabling this. Honda also employs DHM, but has attempted to produce more customer-oriented designs by analyzing driving position in terms of angles of joints and using the results of these analyses as the basis for evaluation of the comfort or discomfort of the driving position. As a result, the position of the DHM can be evaluated in terms of the angles of the joints, providing the foundation of a system in which the development of a package appropriate for a variety of body types can proceed simultaneously with design.

1. まえがき

昨今、人体測定技術とコンピュータ技術により人体の形状、動きを忠実に表現できるようになり、従来の被験者による人間工学検証が DHM により、簡単に短時間で且つ客観的にシミュレートすることが可能となった。

DHM 技術は目的により幾つかのアプローチがある。

実験的アプローチ:被験者を使い、動き、姿勢を測定し、そのデータを構築してデータベースをつくる。特徴は姿勢、表面形状を忠実に表現することである。

ロボット工学的アプローチ:インバースキネマティックスやインバースダイナミックスが代表的な手法で、ダイナミックな動きを少ない情報で表現することができる。

生体学的アプローチ:これは内臓や筋肉を忠実にシミュレートし、体の内部をモデル化し精度アップを図っており今後最も期待されるアプローチである。本研究では姿勢を重視したことから実験的アプローチによる手法を用いてい

る。DHMはいくつかのソフトが発表されているが、本研究ではドイツの Human solution 社が開発した RAMSIS を使用している。

実際の開発の過程で、ドライビングポジションの決定は、さまざまな検討が必要であるが、その中で RAMSIS を用いた一例を紹介する。Fig. 1はその例を示しており、膝、肘回りの評価を体格の異なったDHMを使って、膝とロアカバー

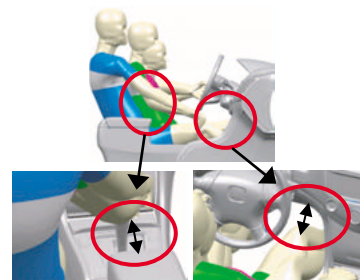


Fig. 1 Driving position evaluation

* 栃木研究所

**和光研究所

や肘とアームレストのクリアランスを計測し、それぞれ操作をおこなう上で充分かどうか検証している。

このように、シフトチェンジやペダルを操作するためのクリアランスは評価出来ているが、課題として、RAMSISの姿勢による操作性の評価が出来ていないことが挙げられる。このため、姿勢を定量的に評価するための指標作成に着手し、RAMSISを用いた顧客本位の評価技術を構築することが必要である。

2. ねらい

本研究のねらいは、ドライビングポジション姿勢と関節角度の分析をおこない、その結果よりRAMSISを用いた定量評価手法(システム)の構築である。

研究を始めるに当たり、Fig. 2 で着座姿勢に関連する要因を抽出した。今回はこの中で操作性に的を絞り、それに関連するステアリングとペダルに着目した。

3. テスト手法

テスト手法の概略を Fig. 3 で示す。最初に被験者による実走テストをおこない、姿勢を決定すると同時にステア

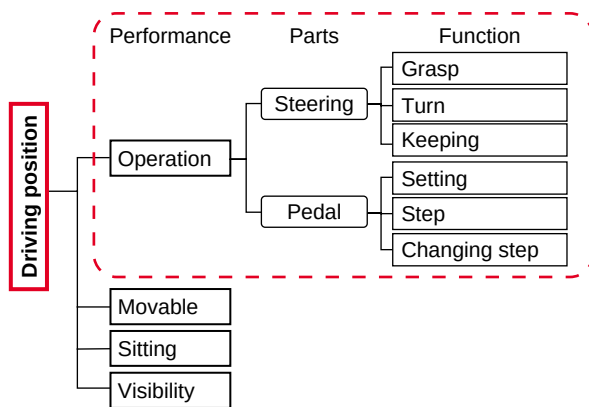


Fig. 2 Factor analysis of driving position

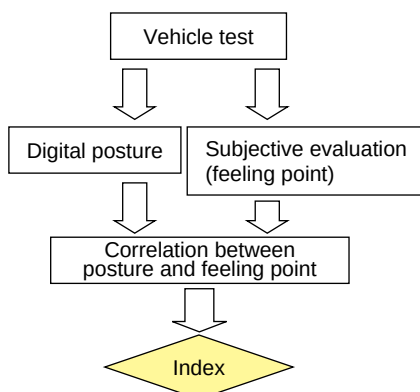


Fig. 3 Test flowchart

Table 1 Definition of 3 style posture

Posture	Definition
Comfort position	Each subject can freely establish driving posture
Forward position	Each subject moves to forward position which represents limit for driving
Rearward position	Each subject moves to rearward position which represents limit for driving

Table 2 Subjective evaluation

Rating	Evaluation
5	Excellent (Extremely comfortable)
4	Good
3	Acceptable
2	Barely acceptable
1	Not acceptable

リングとペダルの操作性の主観評価をおこなった。その後、被験者の実走での着座姿勢を台上で再現し、姿勢の定量化の技術を用いて人体の各関節角度を計測した。最後に、主観評価によるデータと関節角度の相関を検討し、指標を作成した。

3.1. 実走テスト条件

(1)被験者

160 から 190cm まで男性 24 人(30 代を中心に被験者を集めた)

(2)テスト車

4 ドアセダン(AT 車)

(3)評価姿勢

Table 1 に示す三つの各姿勢で実走テストをおこなった。

(4)テストコース

テストコースとして日常の姿勢を再現するため、所内市街地コースを選択した。

3.2. 主観評価の手法

3.1で定義した3姿勢において、ステアリングとペダルに関する主観評価を Table 2 に基づき実施した。又、同時にステアリングやペダル操作時、人体で最も負担になる部位を特定するため被験者にヒアリングをおこなった。

3.3. 姿勢の定量化

前述の実走での着座姿勢を D.P. シミュレータにて再現し、関連関節角度の計測をおこなった。定量化の手法としては、各被験者のドライビングポジション姿勢を正面と側面から2台のカメラにより撮影し、その画像データと専用ソフト⁽¹⁾で被験者の姿勢を定量化した。このデータをCADへ転送し、関節角度(肘、膝、足首)などの人体寸法を計測することが出来る。Fig. 4は側面から撮影した写真を基に定量化したフローを示している。

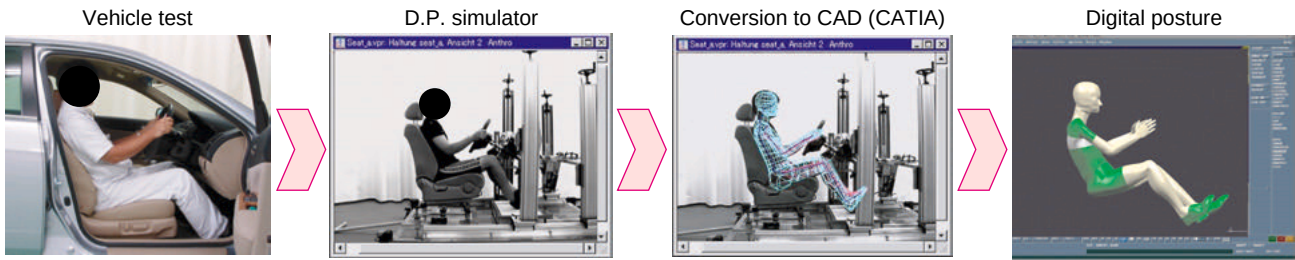


Fig. 4 Flowchart of digital posture simulation

4. 着目部位の特定

操作時の負担部位の主観評価結果から各姿勢で最も影響のある人体部位を抽出した結果、Fig. 5, 6で示すデータが得られた。

(1)ステアリング操作時は肘角度

(2)ペダル操作時は足首角度

以上により、上記部位に着目し、解析をおこなった。

5. 解析結果

各被験者の身長と各ドライビングポジション姿勢の肘角度の関係を、Fig. 7で示すように回帰式を用いてグラフ化した。身長と肘角度の関係は比例関係にあることがわかり、肘角度は低身長でより小さく、逆に高身長でより大きくなる

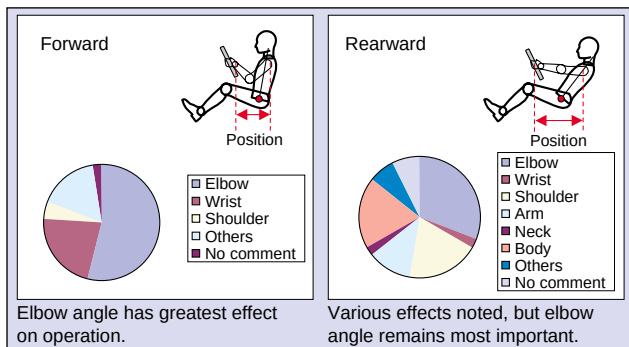


Fig. 5 Steering operation

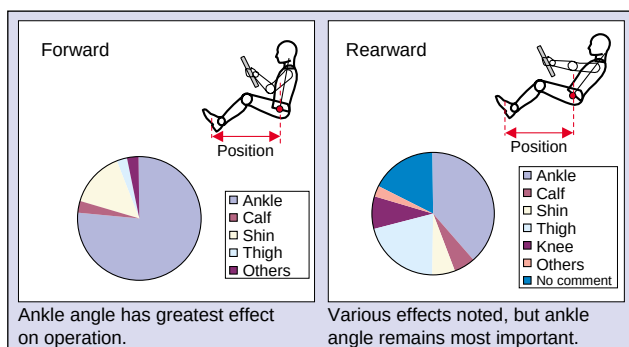


Fig. 6 Accelerator pedal operation

ことが判明した。理由として、身長の小さい被験者は、一般的に筋力が弱い事が原因と考えられる。要因としては小さい被験者の場合、力を発揮しやすいよう前方よりシートスライドを移動する事が予測でき、そのためステアリングと肩の距離は短くなる。この結果、ステアリングに手を握らせると肘角度が小さくなると考えている。

また、同様に足首角度と身長の関係を図8で示すようにグラフ化した。こちらは、伸び姿勢と窮屈は若干逆の傾向にあるが、快適姿勢ではほぼ一定にある。足首角度については、身長に関係無くほぼ一定であると判断している。

ペダル操作に関しては、足首の動作が小さいため筋肉負担は小さいことが原因と考えている。つまり、筋力の強弱に

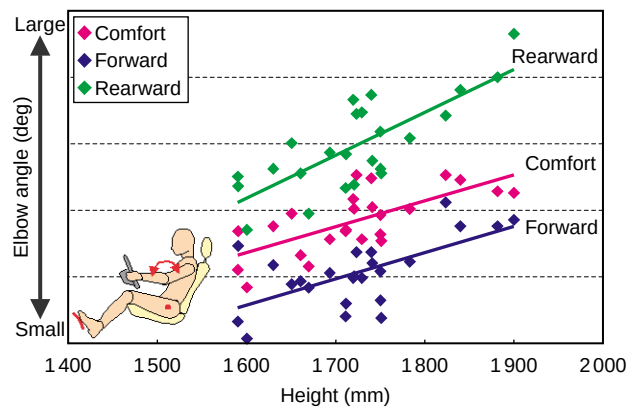


Fig. 7 Relation between elbow angle and height

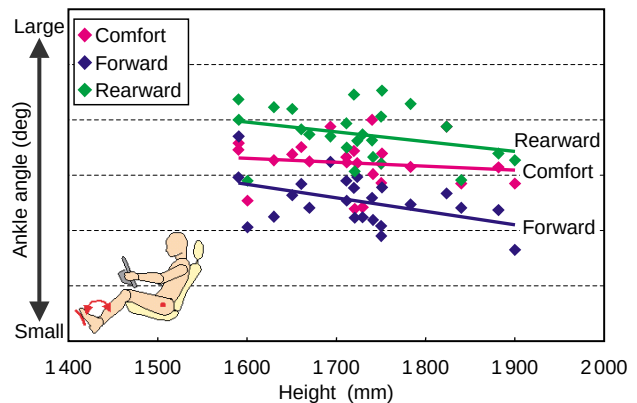


Fig. 8 Relation between right ankle angle and height

影響がほとんどないため、体格が異なっても、操作しやすい足首角度は変わらない。そのため、どのような体格でもほぼ一定と考えている。

なお、今回の窮屈／伸び姿勢におけるペダルとステアリング操作の主観評価の結果は、当初3点予測をしていたが、1、2点レベルの被験者も存在した。このままでは指標として使えないため、次項で検討した。

6. 指標化

6.1. 関節角度(閾値)の推定

関節角度と操作性の主観評価に基づき、ステアリング、ペダル操作を評価するための指標作成をおこなった。指標としては、主観評価の3点が閾値と考え、そのために、1、2点をつけた被験者に対して補正をおこなっている。方法は、各被験者が3つの姿勢を取ったときの主観評価とその時の関節角度を用いてグラフを作成し、そのグラフから窮屈と伸び姿勢の3点レベル(閾値)の関節角度を推定した。Fig. 9はある被験者窮屈3点レベルの肘角度の推定方法を示している。

6.2. 推定関節角度の妥当性検証

実際に被験者6人により肘角度、足首角度の妥当性テストをおこなった。方法は、前述したD.P.シミュレータを用いて、推定した3点レベルの関節角度になるように姿勢を決め、その時のステアリング、ペダル操作性を主観で評価してもらった。その結果、ほぼすべての被験者が、推定した関節角度での操作性は3点レベルと回答している。

6.3. 操作指標

以上のように各3点レベルの各関節角度を求めて、ステアリング、ペダル操作指標であるFig. 10, 11を作成した。

ここでは、ステアリング操作指標のFig. 10を使って説明する。「伸び」(緑)と「窮屈」(青)姿勢の各直線は、それぞれステアリング操作の主観評価3点を示している。

この二つで挟む部分(黄色)が、快適にステアリング操作をするための肘角度の推奨領域を示す。更に、領域のほぼ中

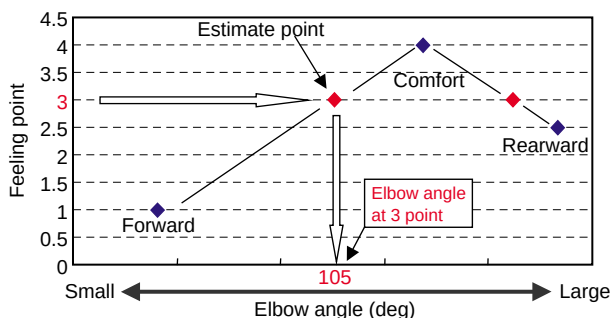


Fig. 9 Relation between elbow angle and feeling point

央に理想的な快適角度を示す直線(赤)があるが、この直線に出来るだけ近いことが望ましい。実際に量産車2台を用いて、RAMSIS シミュレーションをおこない、その肘角度をプロットした結果、JM50%、95%ともに推奨領域の中にあり、市場での評価を考慮すると妥当な結果を得ている。

参考として同様な他の指標⁽²⁾を比較した結果、本研究の指標は下記の特徴がある。

- (1)他の指標より評価ゾーンが絞り込まれた事により適格にステアリング操作の評価が可能となる。
- (2)本研究の指標は、体格ごとに快適性の評価が出来るようになっているため、より幅広い評価が可能と考えている。

又、ペダル操作性についても同様な使い方でも評価が可能である。

7. 開発システム

RAMSIS を用いた開発システムを Fig. 12 で示す。

- (1)シミュレーションに必要な CAD モデルを作成する。
- (2)RAMSIS の体格を選定するため、必要パラメータ(身長、座高等)を入力する。
- (3)(2)で作成した RAMSIS を設定の位置に着座させる。
- (4)指標により姿勢の評価をおこなう。

このように、このシステムを活用することで、CAD上で人間工学的な検証が可能となる。

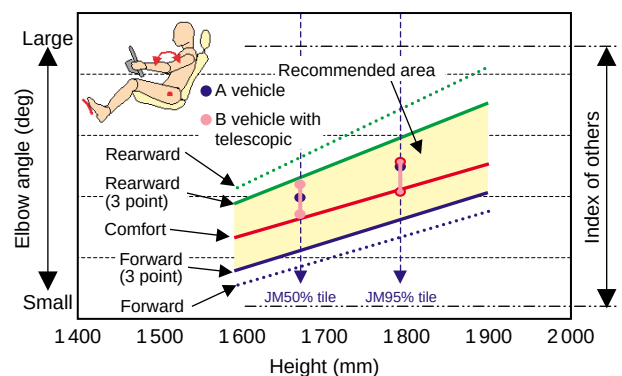


Fig. 10 Index of steering operation

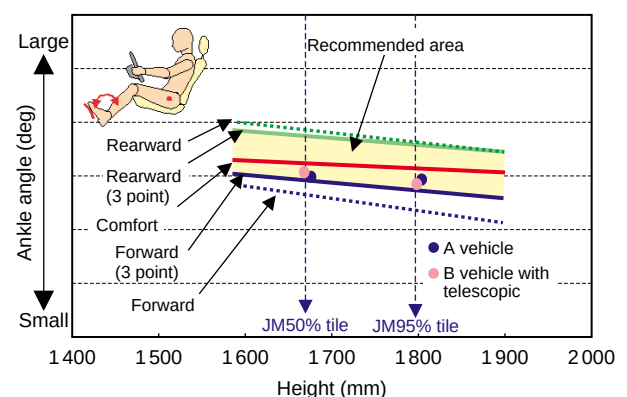


Fig. 11 Index of pedal operation

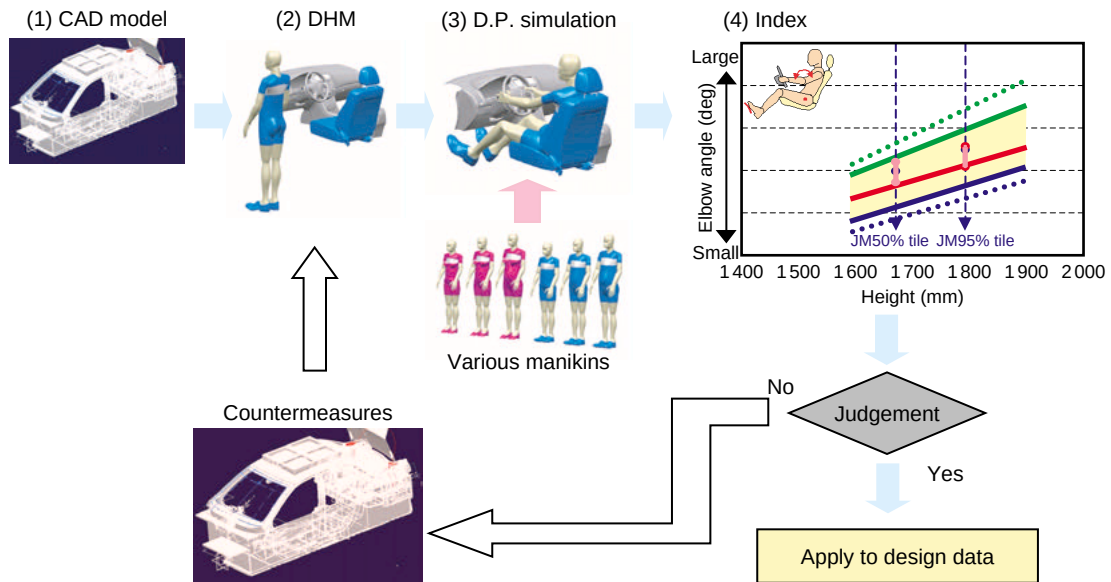


Fig. 12 D.P. evaluation system

8. まとめ

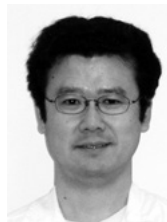
本研究で得た指標を用いて、顧客本位のドライビングポジション評価をおこなうための基礎が出来た。その結果、開発初期段階から CAD 上でこのシステムの活用ができ、デザイン開発と同時に人間工学検討が可能となった。

本研究では、日本人男性を被験者としてテストをおこなっているが、今後の課題として、人種や性別が異なってもこの指標が使えるかどうかといった確認が必要と考えている。

参考文献

- (1) T. Seitz, H. Bubb: Measuring of Human Anthropometry, Posture and Motion, SAE INTERNATIONAL(1999)
- (2) 柳瀬徹夫ほか：評価，計測技術，自動車の人間工学技術，東京，(社)自動車技術会，p.38-41(1998)

■ 著 者 ■



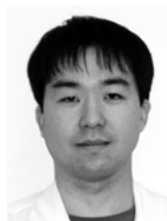
片桐 康成



森 安 光 二



黒澤 文 信



阿 部 善 博



橋 本 泰 一