

二輪車のニーグリップフィーリングの 評価手法に関する研究

Study of Evaluation Method for Knee-grip Feeling of Motorcycles

岩田 小 笛*
Kobue IWATA

工 藤 幸 樹*
Koki KUDO

要 旨

二輪車のニーグリップフィーリングを短時間で定量的かつ一元的に評価できるシミュレーション技術が求められている。本研究では各種体格を模擬できるコンピュータマネキンと人間工学的手法を用いることで、十分な保持力を発揮できるステップと膝接触部の適切な位置関係を導出した。また、ニーグリップ状態をシミュレーションで再現し、官能評価との関係性を調べることで、ニーグリップ時の違和感を表す評価パラメータとしきい値を定め、予測式を導出した。これにより93%の確度で大腿部違和感の机上評価が可能となった。

ABSTRACT

Simulation technology is demanded that enables quantitative and unified evaluation of the knee-grip feeling of motorcycles in a short time. This study used a computer mannequin, which can simulate various rider physiques, and ergonomic techniques to derive the appropriate relative positions of the foot peg and knee contact area that enable riders to exert sufficient gripping force. In addition, the knee-grip status was reproduced using simulations, and the relationship with the subjective rating was investigated. This enabled establishing of evaluation parameters that express the feeling of discomfort during knee gripping and threshold values, and deriving of a predictive formula. As a result, it became computationally possible to estimate the feeling of thigh discomfort with an accuracy of 93%.

1. ま え が き

二輪車走行において、ライダーは大腿で車体を挟み込むニーグリップをおこなう。これが十分にできないと、悪路走行や急加減速時に乗車姿勢が崩れやすくなり車体を安定させにくくなる。ニーグリップ時の接触部形状が大腿にそぐわない場合、ライダーは痛みや部分的な加圧感といった違和感を覚え、十分な保持力を発揮できない。従来、ニーグリップフィーリングの評価は、エキスパートライダーが実車相当のモックアップに乗り、大腿に違和感なく十分なニーグリップをおこなえる形状か否かを官能評価により確認していた。しかし、モックアップは壊れやすいため十分な力をかけられず違和感の度合いがわからない、シート等がたわまないため下肢が接触する部位が正確にわからないといった課題があった。また、実車を用いても、下肢が接触する部位は被験者の下肢長に依存するため、評価に個人差がでるという課題もあった。このことから、ニーグリップフィーリングを定量的にかつ一元的に評価できるシミュレーション技術の構築が望まれている。

人体と機械の接触に関して、把持やシートの座り心地に

関する研究はおこなわれている。小谷野らはシート着座時の体圧分布を非線形の有限要素法解析により再現することで二輪車シートのフィット感を机上評価可能にした⁽¹⁾。ニーグリップについても同様の手法にて検証できると予想される。しかし、非線形の有限要素法解析を実施するには、解析専用のメッシュモデル作成と計算に多くの時間がかかってしまう。ニーグリップ面形状は車体デザインやタンク等の内部構造に大きな影響を及ぼすため、開発初期段階で決定する必要がある。したがって、非線形の有限要素法解析の適用は現状では難しい。

シートのような弾性体を扱う場合は、人体からの負荷による変形も考慮する必要があるが、ニーグリップ時に接触する部位は主にタンクやサイドカバーといった比較的変形しにくい物体である。筆者らは、これらの部位を剛体と仮定し、標準化された人体モデルを利用することにより、短時間でニーグリップ面形状の評価が可能かどうかを検討した。

本研究では各種体格を模擬できるコンピュータマネキンと人間工学的な手法^{(2), (3)}を用いることで、十分な保持力を発揮できる下肢姿勢を求め、ステップと膝接触部の適切

*二輪 R&D センター

な位置関係を導出した。さらに、ニーグリップ時の違和感を表す数値的評価パラメータとしきい値を得て、短時間でモックアップ面形状データを評価する手法を提案した。

2. ライダモデル

ニーグリップ時の違和感とは、力の入りにくさや大腿への部分的な加圧感のことを指す。従来のエキスパートライダーによる乗車試験にもとづいて違和感が生じた車体の特徴を調べると、主に以下の二つの要因に大別されることがわかっている。

(1) 十分な保持力: ステップと膝接触部の位置関係

(2) 接触面の違和感: 大腿接触面の形状

本研究では、これら二つの要因に対して検討できるライダーモデルを構築した。

2.1. ライダモデルの作成

コンピュータ上でライダーの下肢が接触する部位と下肢姿勢を導出するため、モックアップ面とライダーを模擬したモデルを用いてニーグリップシミュレーションモデルを構築する。そこでCAD上に下肢が接触する部位の面データを取り込み、Human Solutions社製のコンピュータマネキン「RAMSIS」を用いて、ライダーモデルを作成した。

RAMSISは人体の内部組織等の情報は含んでいないが、体格の変更や各関節の可動域を超えずに与えた拘束点と接触するよう自然な姿勢をつくることが可能なソフトウェアである。また、各姿勢に応じた、持続的な等尺性最大発揮力(筋の長さを変えずに発揮可能な力)を出力することが可能である。RAMSISはターゲットユーザ相当の体格を表現するよう各国の身体寸法データ⁽⁴⁾、⁽⁵⁾を入力したものを用いた。

乗車姿勢を表現するため、RAMSISの手をハンドルに、靴底をステップに、坐骨結節の中心点を、シートたわみを考慮したヒップポイント(以下HPとする)に拘束した。さらに、股関節を内転させて膝がモックアップの面データと

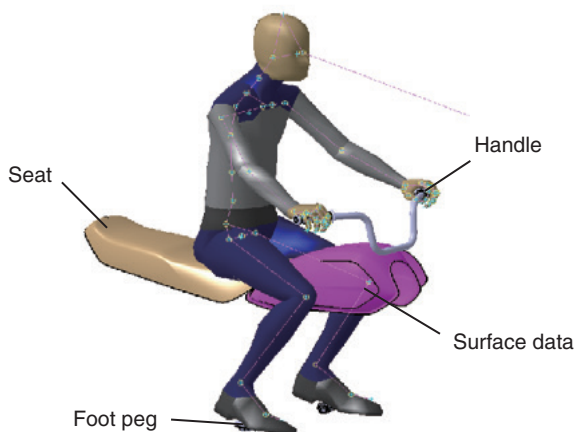


Fig. 1 Rider model

接触するように拘束し、これをライダーモデルと定義した (Fig. 1)。

3. ステップと膝接触部の位置関係

3.1. 股関節角度と保持力

ニーグリップ時に十分な保持力を発揮できるか否かは下肢姿勢に依存する。人体の関節角度の定義を Fig. 2 に示す。始めに、RAMSISの等尺性最大発揮力を出力する機能を用いて、股関節の外転角, 内旋角違いにおける下肢の保持力を求めた。保持力は、膝とくるぶしで発揮可能な、Y軸方向の力の和とする。結果を Fig. 3 に示す。

続いて、上体を下腿のみで保持する場合に必要な片脚の保持力 T と加速度の関係式を単純化したモデルにより導出した。 M は上体の分布質量, α はブレーキング等で発生する加速度, g は重力加速度, μ_1 は衣服とニーグリップ面の

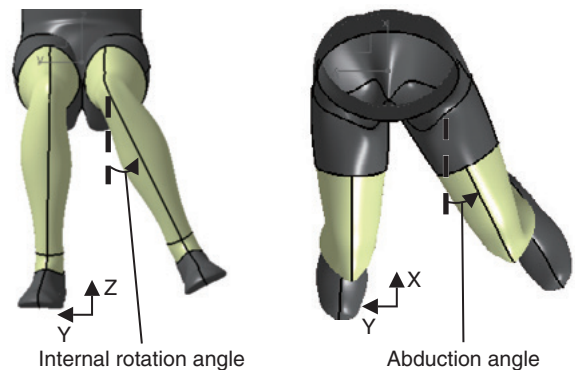


Fig. 2 Definition of angles around hip joint

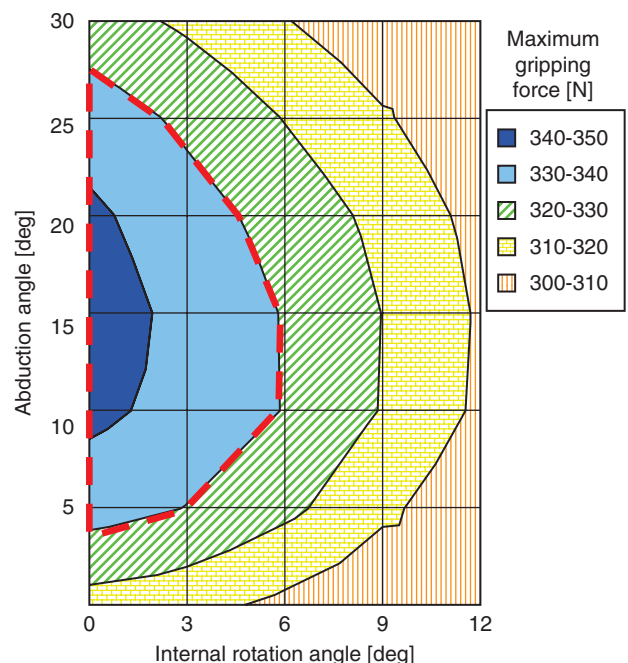


Fig. 3 Maximum gripping force in relation to hip joint angles

静止摩擦係数、 μ_2 は衣服とシートの静止摩擦係数とする。身体が加減速により前後移動しないためには、式(1)に示すとおり、ニーグリップ面と膝の間に発生する摩擦力 $2T\mu_1$ とシートと臀部の間に発生する摩擦力 $Mg\mu_2$ の合力が上体にかかる力 $M\alpha$ 以上でなければならないと仮定する。

$$M\alpha \leq 2T\mu_1 + Mg\mu_2 \quad (1)$$

上記式を変換すると式(2)が得られる。

$$T \geq M(\alpha - g\mu_2) / 2\mu_1 \quad (2)$$

標準的な体格のライダーが急制動をおこなうことを仮定し、式(2)に $M = 42 \text{ kg}$ (JM50% タイル)、 $\alpha = 5.6 \text{ m/s}^2$ (教習所急制動: 時速 40 km/h を 11 m で停止に相当) を代入する。また、布の静止摩擦係数は繊維方向や水分含有量・温度等に依存するため、参考値として綿の静止摩擦係数の計測事例より $\mu_1, \mu_2 = 0.22^{(6)}$ を代入する。前記条件の場合、式(2)より保持力 T は 330 N 以上必要である。これより、Fig. 3 に示す赤い破線の範囲内に、下肢姿勢を設定することが好ましいと考えられる。

3.2. ステップ幅と膝接触部幅の関係

二輪乗車における下肢姿勢は、ステップ中心点とニーグリップ面上の膝接触点の位置関係により決まる。そこで、一般的な二輪車の乗車姿勢を模擬したライダーモデル (JM50% タイル) を用いて、 330 N 以上の保持力を発揮できる範囲で、股関節の内旋角と外転角を変更した。このときのライダーモデルの靴底中心点と脛骨点の位置関係を調べた。靴底中心はステップ中心に、脛骨点はニーグリップ面と接触することから、この結果をステップ中心幅と膝接触部幅 (幅: 車体中心面からの水平距離) の位置関係として Fig. 4 に示す。Fig. 4 の赤く塗りつぶされた範囲にあれば、十分な保持力を発揮できるため、これを推奨範囲として定める。ただし、鞍型二輪車において、ステップ中心幅

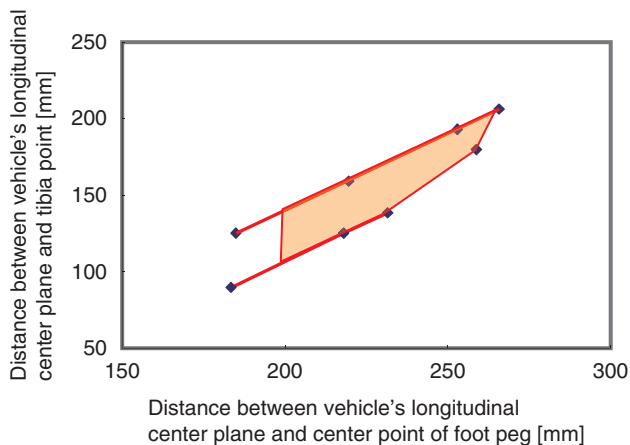


Fig. 4 Relative positions of foot peg and knee contact area that enable exertion of necessary force for gripping

を 200 mm 以下に設定することは、エンジンやフレームの大きさを考慮すると、現実的ではない。そのため、 200 mm 以下は推奨範囲から除外した。この範囲の妥当性について、ニーグリップが十分できると判断された既存の二輪車 20 種について位置関係を調べ、単回帰分析をおこなった。さらに、回帰による予測値の 95% 予測区間を導出した。結果を Fig. 5 に示す。予測区間内に、推奨範囲が入っていることが確認された。つまり、設定した推奨範囲は、回帰式の予測誤差範囲内にあり、推奨範囲が大きすぎるということはない。また、計測機種の約 95% が、推奨範囲内に入っていた。以上から、Fig. 4 に示す範囲は妥当であり、十分な保持力を発揮するためには、ステップと膝接触部の位置関係をこの範囲に入るよう設定する必要があるといえる。

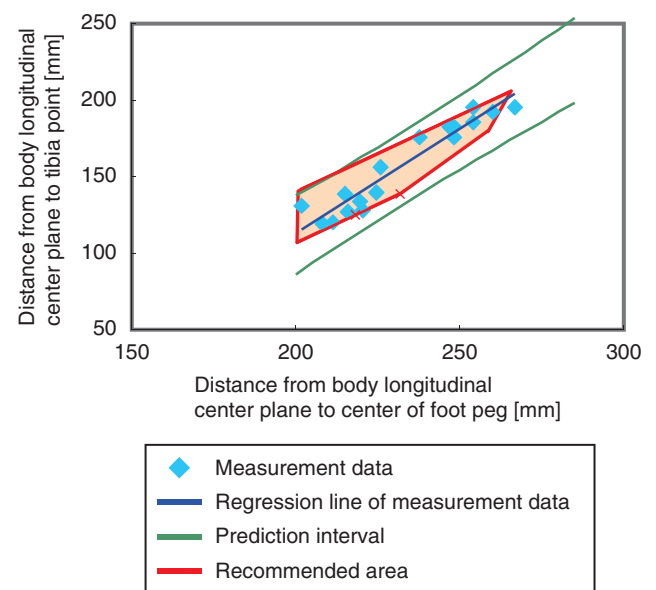


Fig. 5 Verification of appropriateness of recommended area

4. 大腿接触面の形状評価

ライダーモデルの大腿とニーグリップ面の位置関係をシミュレーション上で数値化し、その値と官能評価の関係を調べることで、大腿接触面の形状評価をおこなう。

4.1. 大腿干渉状態のモデル化

ライダーモデルの大腿とニーグリップ面の接触をコンピュータ上で確認したところ、干渉状態にあった。ライダーモデルは単なるサーフェス面で表現されているが、人体の皮下内部構造は異なる性質を持つ組織によって構成されている。特に皮膚表面近傍は皮下脂肪等の柔らかな組織であるため、コンピュータ上での干渉は、実現象においては大腿部がたわんだ状態を示す。この干渉状態を調べることで、大腿のたわみぐあいを考慮した違和感を表すパラメー

Table 1 Body sizes

	Male		Female	
	Ave.	S.D.	Ave.	S.D.
Height	171.2	5.9	156.3	6.2
Thigh length	393.3	38.0	371.3	22.9
Distance between tibia and groin	351.1	26.3	322.5	35.9
Lower leg length	407.6	28.0	342.5	33.0

(mm)

Table 2 Specifications of test motorcycles

Name	Category	Engine displacement [cm ³]	Wheelbase [mm]	Seat height [mm]	Mass [kg]
A	Sports	125	1355	818	127
B	Street	125	1318	730	123
C	Street	150	1311	771	127
D	Touring	800	1464	816	238
E	Naked	1000	1493	796	245

タを取得できると考えた。

そこで、Fig. 6 に示すように、大腿の長手方向中央部の断面において、大腿がニーグリップ面に干渉する面積＝「干渉面積」と、大腿面積に対する干渉面積の割合＝「干渉割合」と、大腿中心軸高さにおける干渉部分の深さ＝「干渉深さ」として干渉状態を数値で表した。

4.2. 違和感を表すパラメータの検討

4.2.1. 被験者

被験者は二輪乗車経験のある健康な男女 23 名（男性 19 名、女性 4 名）とした。各被験者の身体特徴量（平均値および標準偏差）を Table 1 に示す。

4.2.2. 実験方法

ニーグリップ面形状の異なる二輪車 5 台（Table 2）を用意した。静止直立状態の車両に被験者を乗車させ、ニーグリップの評価をおこなった。着座位置は坐骨結節の中心点が設計上の HP と一致する位置（標準座り）と、経験的にニーグリップ違和感が最も生じるとされる最大限前に座れる位置（前座り）の 2 箇所とした。

- (1) 大腿部または膝に対し、違和感が非常にある場合を 1 点、まったくない場合を 5 点として、標準座りと前座りについて官能評価をおこなった。また、車両 A－

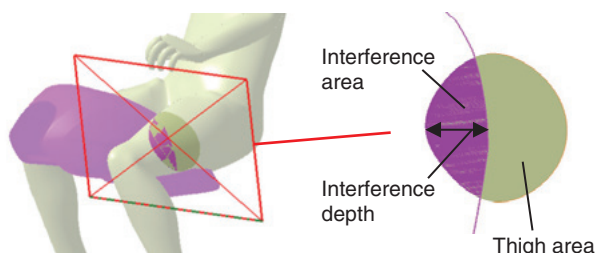


Fig. 6 State of interference of rider model

Table 3 Simulation results and subjective ratings

		Interference area [mm ²]	Interference area ratio [%]	Interference depth [mm]	Subjective rating [Point]
Normal position	A	2615	19.0	35.3	3.0
	B	150	1.3	4.5	4.1
	C	1628	12.4	23.9	3.6
	D	282	2.5	6.2	4.3
	E	184	1.6	4.7	4.8
Front position	A	3334	22.0	39.9	3.2
	B	3036	21.0	36.4	3.9
	C	8578	58.0	63.3	2.6
	D	2568	17.8	33.6	3.9
	E	2323	15.3	28.3	4.0
R		0.66	0.67	0.73	-

*R: Correlation coefficient with subjective rating

E の面データを用意し、4.1. 節の方法でライダーモデルの大腿との干渉状態を調べた。

- (2) 上記のニーグリップ状態から股関節を徐々に外転させていき、これ以上開くとニーグリップに不足を感じるという位置で外転を停止させた。このとき、脛骨点から大腿付け根方向にニーグリップ面と接触していない大腿部分の長さを「最小非接触長さ」と定義し、計測した。

4.2.3. 結果

- (1) 官能評価とシミュレーションの結果を、Table 3 に示す。ただし、ここで示すシミュレーション値は、被験者の平均とほぼ同等の JM50% タイルのライダーモデルより導出した値を記載する。官能評価の被験者間平均値を確認すると、標準座りにおいては、車両 A の評価が 3.0 点で最も低く、前座りにおいては、車両 C の評価が 2.6 点で最も低かった。

また、シミュレーションの数値と官能評価値の相関係数 R を比較すると、干渉深さが最も大きい。そこで、車両 A－E に対し干渉深さを表すグラフを作成した。グラフの座標は Fig. 7 に示すように大腿中心軸断面にて脛骨点 (Tibia point) を原点、脛骨点と大腿付け根を結んだ線を X 軸、それに直行する軸を Y 軸とした。干渉深さのグラフを Fig. 8 に示す。Fig. 8 より、評価が低かった車両 A、C の特徴を読み取った結果、車両 C はほかに比べ干渉深さの最大値が大きく、車両 A はほかに比べグラフが尖った形状であるという

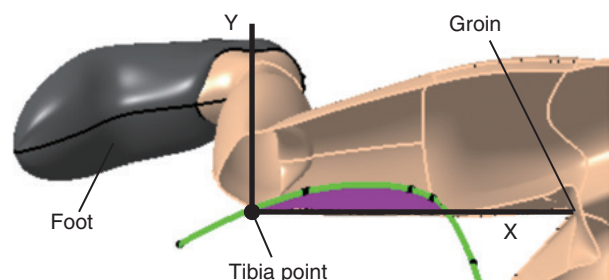


Fig. 7 Definition of axes

Table 4 Maximum interference depth and degree of protrusion (front position)

		$F(a)$ [mm]	Degree of protrusion
Front position	A	39.9	19.1
	B	36.4	0.9
	C	63.3	2.2
	D	29.9	2.2
	E	28.3	1.0

特徴を示した。これらを数値で表現するため、指標として、Fig. 8の結果を基に以下を定義し、Table 4に車両A-Eの計算結果を示す。

「干渉深さ」: $F(x)$, 「最大干渉深さ」: $F(a)$

「凸度」: $\{F(a) - F(a+30) + F(a) - F(a-30)\}/2$

(ただし a は $F(x)$ が最大値の時の x の値)

- (2) 大腿とニーグリップ面の最小非接触長さは、被験者平均が 80.3 mm、標準偏差が 5.6 mm となった。この結果から、最小非接触長さが脛骨点から 80 mm 以上になると、ニーグリップが不足し、不安を感じると考えられる。よって、最小非接触長さのしきい値を 80 mm と設定する。

4.3. 大腿部の干渉限界値の導出

シミュレーションでは、ライダーモデルの大腿部はいくらでも干渉することができる。一方、実現象においては、骨や腱をたわませることは不可能であり、ニーグリップ面の形状によっては脛骨点を接触させることができない場合も

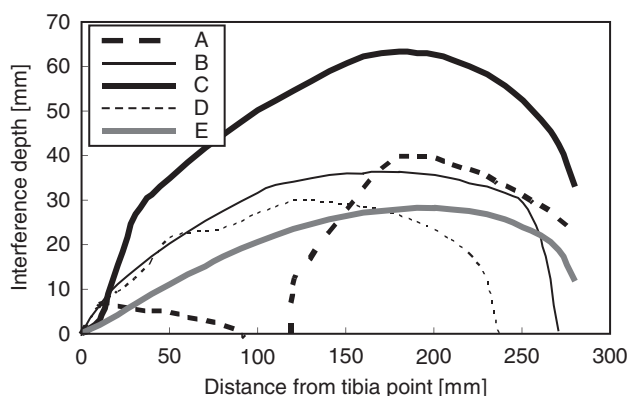


Fig. 8 Interference depth of motorcycles A-E (when seated at front position)

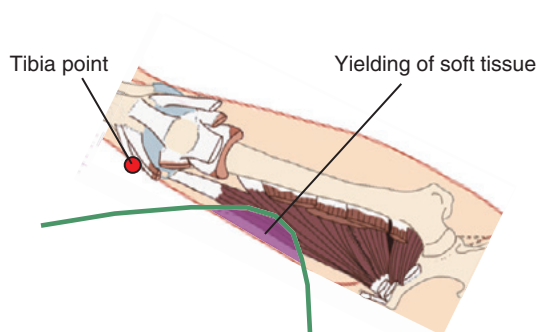


Fig. 9 Thigh posture in actual condition

ある (Fig. 9)。そこで、実現象において大腿がどの位置からニーグリップ面に接触することになるのか予測するために、大腿部のたわみ量を計測し、干渉深さの限界値を導出した。

4.3.1. 被験者

4.2. 節の被験者と同一とした。

4.3.2. 実験方法

特殊計測社製の押し込み硬さ測定装置 (TK-HS100) を用いて⁽⁷⁾、大腿のたわみ量の計測をおこなった。計測時の姿勢は座位として、膝関節が屈曲伸展方向に 90° となるように座面高さを調整した。また、大腿側面に剛体壁を設置し、加圧時に股関節が外転してしまうのを防いだ。計測器は押し込み方向を一定とするため、Fig. 10 に示すように高さを調整でき、かつ一軸方向のみに稼働する車輪付きの台座に固定した。

大腿内側の中心軸上に脛骨点から 10 mm 間隔にマーキングし、各マーキングポイントを大腿骨に向かって押し込み硬さ測定装置により加圧した。加圧力は、被験者が強い痛みを感じない程度とした。

4.3.3. 結果

座標軸を Fig. 8 と同じにとり、全被験者の平均値をプロットしたものを Fig. 11 に示す。この結果を「干渉限界値 $G(x)$ 」と定義する。4.2. 節にて最大干渉深さ $F(a)$ が大きかった車両 C と評価の良かった車両 E の結果も同時に示す。また、同じ尖った形状でも、「干渉限界値 $G(x)$ 」と「干

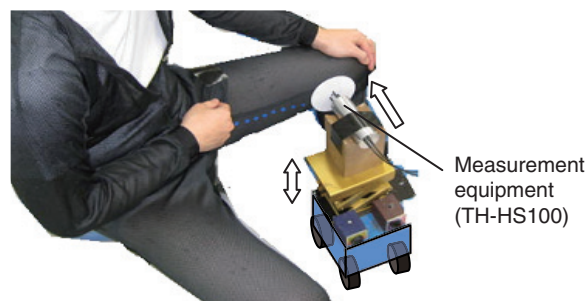


Fig. 10 Measurement of yielding depth

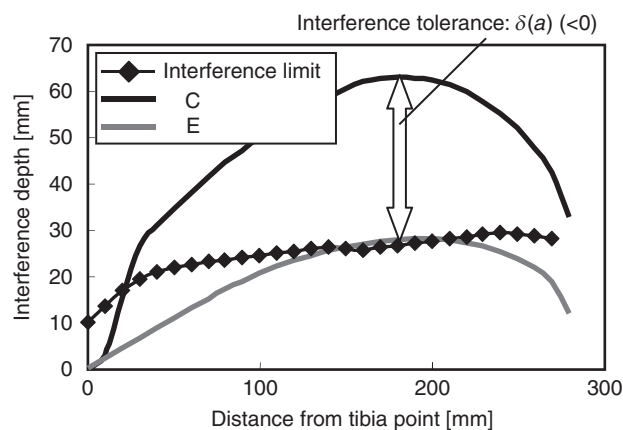


Fig. 11 Results of interference limit

渉深さ $F(a)$ 」の差が大きいほうが痛みを感じにくいいため、 $[G(a) - F(a) = \text{干渉余裕値 } \delta(a)]$ を定義する。

車両 C は干渉限界値 $G(x)$ を大きく超えていた。これを実現象に置き換えると、脛骨点がニーグリップ面に接触せず、膝が浮いた状態となる。Fig. 11 を用いて実現象状態を表すには、 $\delta(a) \geq 0$ でなければならないため、これを満たすようにライダーモデルの股関節を外転させた。このときの干渉深さを表したグラフが Fig. 12 である。大腿部とニーグリップ面が接触し始める位置（最小非接触長さ）は、Fig. 12 に示すように、脛骨点から大腿付け根方向に 100 mm の位置であった。4.2. 節の結果より、最小非接触長さのしきい値は 80 mm であるが、車両 C についてはこれを超えており、評価が低い結果になったと考えられる。

4.4. 模擬面形状の官能評価による重回帰式の導出

ニーグリップ時の大腿の違和感を表すパラメータの決定と、違和感のレベルを表す予測式を得ることを目的として、模擬面形状を用いて官能評価をおこない、重回帰分析をおこなった。

4.4.1. 被験者

被験者は 4.2. 節と同一とした。

4.4.2. 実験方法

「最大干渉深さ」と、「凸度」の違いを表現できる模擬面形状を作成した。模擬面形状は球体をカットした皿型形状とした。最大干渉深さを変更できるよう高さを 10 mm, 12.5 mm, 15 mm の 3 仕様、凸度を変更できるよう球面の

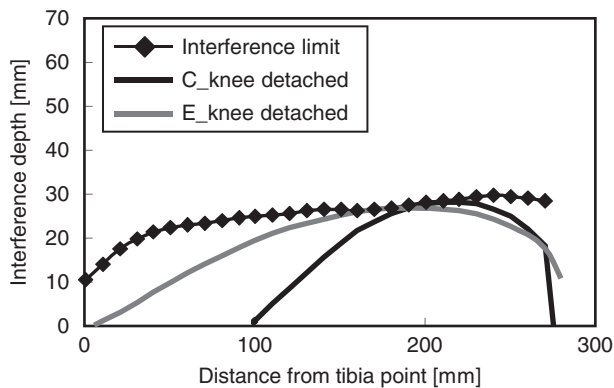


Fig. 12 Results adjusted by interference limit

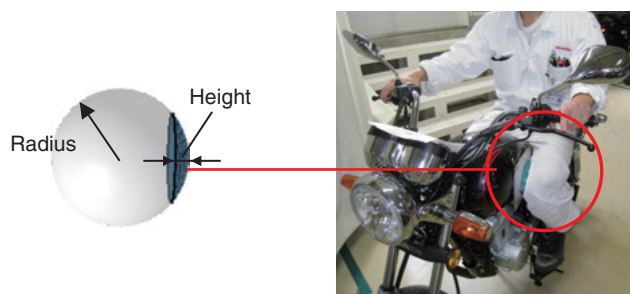


Fig. 13 Test to determine multiple regression formulae

Table 5 Verification of multiple regression formulae

Position on thigh		Tibia	Middle of thigh	Groin
Correlation coefficient R		0.93	0.99	0.95
Significance level F		0.01 **	0.00 **	0.03 *
P-value	Interference tolerance	-	0.02	0.02
	Degree of protrusion	0.01	0.00	0.04

Table 6 Multiple regression formulae for each position

Position	Multiple regression formulae
Tibia $0 \leq a \leq 60$	Point = $-2.3 \times [\text{Degree of protrusion}] + 6.02$
Middle of thigh $60 < a \leq 160$	Point = $-0.56 \times [\text{Degree of protrusion}] + 0.14 \times [\text{Interference tolerance}] + 3.4$
Groin $160 < a$	Point = $-0.35 \times [\text{Degree of protrusion}] + 0.1 \times [\text{Interference tolerance}] + 3.1$

半径を 60 mm, 80 mm, 90 mm の 3 仕様、合計 9 種類の模擬面形状を用意した。

既存のニーグリップ面形状に依存しないよう、ニーグリップ面に平板を取り付けた二輪車を用意し、被験者をこれに乗車させた。被験者がニーグリップした時、皿型形状の頂点が指定する大腿位置と接触するよう皿型を平板に取り付けた。実験風景を Fig. 13 に示す。この方法で、大腿位置違い（脛骨点、大腿中部、大腿付け根部）、最大高さ違い（3 種類）、半径違い（3 種類）の全 27 パターンを、乱数表を用いて順不同に設置し、それぞれについて官能評価を実施した。

4.4.3. 結果

4 章の方法を用いて、コンピュータ上でテスト状態を再現し、全 27 パターンそれぞれについて「干渉余裕値 $\delta(a)$ 」と「凸度」を導出した。Table 5 は官能評価値を目的変数、「干渉余裕値 $\delta(a)$ 」と「凸度」を説明変数として、大腿位置ごとに重回帰分析をおこなった結果である。重相関係数は 0.9 以上で強い相関を示した。また、説明変数が有意であるか否かを確認するために p 値を確認すると、「干渉余裕値」と「凸度」はそれぞれ 5% 以下となり、5% 水準で有意である。よって、大腿の違和感を表す評価パラメータは、干渉余裕値と凸度で必要十分であることがいえた。また、大腿は部位によって皮下脂肪等の付き方が違うため位置ごとに重回帰式が得られた。したがって、最大干渉深さを与える点 a の値によって、重回帰式を選択する必要がある。得られた重回帰式を Table 6 に示す。

5. 妥当性の検証

4 章の実験結果より導出した重回帰式と干渉限界値を用いた最小非接触長さの判定が、ニーグリップ時の大腿の違和感を表しているか、実走評価がおこなわれた二輪車 15 台の形状データを用いて検証をおこなった。

5.1. 検証方法

二輪車 15 台には、実走評価にて大腿部に違和感があるとされたものを 5 台、多少違和感があるとされたものを 5 台、違和感はないとされたものを 5 台選んだ。

各二輪車のモックアップ面データを取り込み、2 章の方法でライダーモデルを乗車させた。ライダーモデルの着座位置は、標準座りと前座りとし、体格は身長別で JM50% タイル、JM95% タイル、JF5% タイルを用いた。

これらのモデルから、干渉余裕値と凸度を導出し、最大点 a の値に対応する重回帰式 (Table 6) に代入した。さらに、干渉深さが干渉限界値を超える場合は、最小非接触長さを導出した。

5.2. 検証結果

JM50% タイルの前座りについて、計算の結果として得られた、大腿部違和感の予測値を Fig. 14 に示す。ただし、最小非接触長さがしきい値である 80 mm より大きい場合は、予測値を 1 点とした。同様に各体型にて比較したところ、導出した重回帰式と最小非接触長さの判定により、93% の割合で大腿の違和感を机上にて判別できることを確認した。

予測値に対して乖離している機種 a について、どのような違和感があるのか調査すると、「スカスカしている」との回答が得られた。機種 a は 3 章で定めた推奨範囲に入っており、十分な保持力が発揮できる下肢姿勢であった。しかし、大腿付け根付近の干渉量が不足しており、安心感が低下したと予想される。本研究における予測式は、大腿に対してニーグリップ面が干渉しすぎる場合に判定が可能であるが、干渉しなさすぎる場合は評価できない。このため、予測値と乖離があったと考えられる。

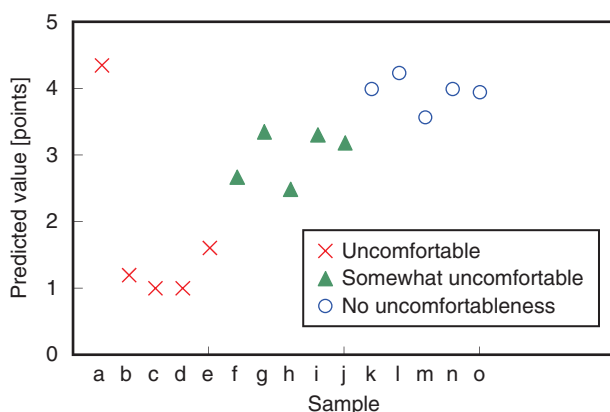


Fig. 14 Results of validity check

6. まとめ

コンピュータマネキンと人間工学的な手法を用いた二輪車のニーグリップシミュレーション技術を構築し、以下の知見を得た。

- (1) 十分な保持力が発揮できる下肢姿勢となるように、ステップ中心点とニーグリップ面上の膝接触点の推奨位置関係を決定した。
- (2) ニーグリップ時の違和感を表すパラメータとして「干渉余裕値」と「凸度」を定義し、予測式を導出した。これによりモックアップの面データからニーグリップ違和感に対する机上判定が可能になった。

参考文献

- (1) 小谷野光江, 中村敏徳, 須永孝: 体圧分布シミュレーションによる二輪車シートのフィット感予測, 自動車技術会学術講演会前刷集, 20045648(2004) No.99-04(20045648), p.29-32(2004)
- (2) 吉川純生, 加藤一郎: 皮膚の力学的挙動と計測法, 人間工学, Vol.11, No.1, p.23-28(1975)
- (3) 米本一司: 自動車設計の要求する生体計測, 人間工学, Vol.6, No.1, p.15-18(1970)
- (4) 人間生活工学研究センター: 日本人の人体寸法データブック 2004-2006
- (5) Open Ergonomics Ltd.: ADULTDATA
- (6) 石川欣造, 大沼亥久三, 薄墨正, 徳永邦雄, 中嶋正志: 三訂版 繊維, 東京電気大学出版所 (1969)
- (7) Murayama, M., Nosaka, K., Yoneda, T., Minamitani, K.: Change in hardness of the human elbow flexor muscles after eccentric exercise, Eur J Appl Physiol, Vol.82, p.361-367(2000)

著者



岩田小笛



工藤幸樹