

マウスボディのユニバーサルデザインのための 人差し指の動きの解析とシミュレーション

いわき明星大学科学技術学部

野村 篤史、塩田 陽一、大峰 和也、高三 徳

1. 緒言

近年、先進国を中心に広がりつつあるユニバーサルデザイン⁽¹⁾という理念は、生活製品を始め、住宅製品、OA 製品等に幅広く取り入れられている。例えば、我々の周りを見ても、小さいものはボールペンから、大きなものは車といった具合に、ユニバーサルデザインを取り入れた製品が数多く存在する。工業製品の企画段階から考慮されるユニバーサルデザインの考え方は、製品を設計・開発する技術者にとって、既に無視できない要素となっており、携帯電話やポータブルプレーヤー等の家電機器の間で、急速に普及しつつある。特に携帯電話のような片手での操作を前提としている携帯機器は、ボタンの配置やデザインをメーカーごとに工夫し、常に新しい配置やデザインを模索され、日々進化を続けている。

本研究では、手に着目したユニバーサルデザイン製品の1つであるコンピュータのマウスボディのCADについて研究する。マウスボディは携帯電話以上に、ユニバーサルデザインを取り入れた設計・開発が盛んに行われており、図1に示すように、これまでのマウスになかった斬新なデザインのマウスボディが続々と市場に投入されている。本論文では、マウスボディに取り入れる(マウスボディに適した)ユニバーサルデザインを考え、マウスボディの形状、ボタン、ホイールの設計および配置のための人差し指の動きの解析とシミュレーションを行った。



(a)コクヨザ・フィットマウス 手の匠



(b)テック V-MOUSE

図1 ユニバーサルデザインのマウス

2. ユニバーサルデザインの原則

ユニバーサルデザインは1974年に、ノースカロライナ州立大学ユニバーサルデザインセンターの故ロナルド・メイス(Ronald L.Mace)氏によって、「あらゆる体格、年齢、障害の有無にも関わらず、誰もが利用できる製品・環境を創造する」という理念によって提唱された。メイス氏はユニバーサルデザインを、「年齢や能力に関わりなく、全ての生活者に対して適合するデザイン(原文: the design of products and environments to be usable by all people, to the greatest extent possible, without the need for adaptation or specialized design)」と定義し、表1のような7つの原則を提示した。

表1 ユニバーサルデザインの7原則

原則	項目	内容
原則1	誰にでも公平に利用できること	どのようなグループに属する利用者にとっても有益であり、購入可能であるようにデザインする。
原則2	使う上で自由度が高いこと	幅広い人たちの好みや能力に有効であるようにデザインする。
原則3	使い方が簡単ですぐわかること	理解が容易であり、利用者の経験や知識、言語力、集中の程度などに依存しないようにデザインする
原則4	必要な情報がすぐに理解できること	周囲の状況あるいは利用者の感覚能力に関係なく、利用者に必要な情報が効果的に伝わるようにデザインする。
原則5	うっかりミスや危険につながらないデザインであること	危険な状態や予期あるいは意図しない操作による不具合な結果を、最小限に抑えるようにデザインする。
原則6	無理な姿勢をとることなく、少ない力でも楽に使用できること	能率的で快適であり、そして疲れないようにデザインする。
原則7	アクセスしやすいスペースと大きさを確保すること	利用者の身体の大きさや、姿勢、移動能力に関わらず、近寄ったり、手が届いたり、手作業したりすることができる適切な大きさと広さを提供する。

3. 人差し指の動きの解析

まず、図2に示すようにマウスを操作する際の人差し指の三つの関節 $P_0(x_0, y_0)$ 、 $P_1(x_1, y_1)$ 、 $P_2(x_2, y_2)$ の回転角度および指先端 $P(x, y)$ の軌跡を解析した。

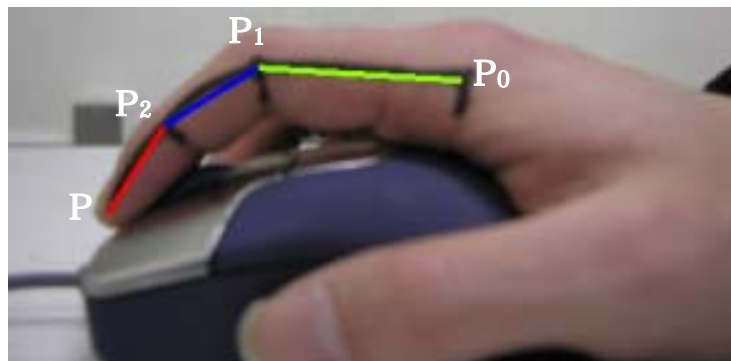


図2 人差し指の関節

このために図3のような解析モデルを定義した。図中で $C(x_c, y_c)$ および r はホイール円の中心及び半径、 L_0 、 L_1 、 L_2 および α_0 、 α_1 、 α_2 はそれぞれ三つの関節の長さおよび回転角度である。指先端の x と y 座標は次のように表される。

$$x = x_0 + L_0 \cdot \cos \theta_0 + L_1 \cdot \cos \theta_1 + L_2 \cdot \cos \theta_2 \quad (1)$$

$$y = y_0 + L_0 \cdot \sin \theta_0 + L_1 \cdot \sin \theta_1 + L_2 \cdot \sin \theta_2 \quad (2)$$

P_0 の位置、各関節の長さおよび回転角度を指定すると、式(1)と式(2)を用いて指先端の軌跡を計算し、ホイールのサイズと配置の適切性を評価することができる。

しかし、マウスを操作する際、 θ_0 、 θ_1 、 θ_2 の変化は独立でなく、相互に関連している。この連動関係を数式で表現することが難しい。そこで、本研究では、マウスを操作する際の連続写真から θ_0 、 θ_1 、 θ_2 の値を計測し、測定値間では直線補間方法で θ_0 から θ_1 または θ_2 の値、 θ_1 から θ_2 の値を計算した。

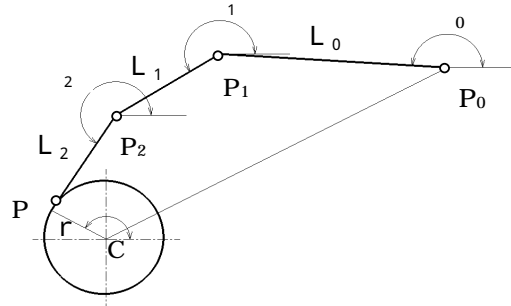


図3 人差し指の解析モデル

逆に、指先端をホイール上に拘束する場合、各関節の回転角度を計算し、それが適切な姿勢かどうか判断できるようになる。たとえば、指先端をホイール上で回転角 α の位置にしている場合、図3に示すようにベクトル $\vec{P_0P_1}$ 、 $\vec{P_1P_2}$ 、 $\vec{P_2P}$ 、 $\vec{P_0P_C}$ 、 \vec{CP} は式(3)の関係がある。

$$\vec{P_0P_1} + \vec{P_1P_2} + \vec{P_2P} = \vec{P_0C} + \vec{CP} \quad (3)$$

すなわち、次式が成り立つ。

$$L_0 \cdot \cos \theta_0 + L_1 \cdot \cos \theta_1 + L_2 \cdot \cos \theta_2 = (x_c - x_0) + r \cdot \cos \alpha \quad (4)$$

$$L_0 \cdot \sin \theta_0 + L_1 \cdot \sin \theta_1 + L_2 \cdot \sin \theta_2 = (y_c - y_0) + r \cdot \sin \alpha \quad (5)$$

式(4)と式(5)から式(6)と式(7)が求まる。

$$L_0^2 \cdot \cos^2 \theta_0 = [x_c - x_0 + r \cdot \cos \alpha - L_1 \cdot \cos \theta_1 - L_2 \cdot \cos \theta_2]^2 \quad (6)$$

$$L_0^2 \cdot \sin^2 \theta_0 = [y_c - y_0 + r \cdot \sin \alpha - L_1 \cdot \sin \theta_1 - L_2 \cdot \sin \theta_2]^2 \quad (7)$$

式(6)と式(7)および $\sin^2 \theta_0 + \cos^2 \theta_0 = 1$ の関係より θ_0 を消去すると、次の式が得られる。

$$f(\theta_1) \equiv L_0^2 - [x_c - x_0 + r \cdot \cos \alpha - L_1 \cdot \cos \theta_1 - L_2 \cdot \cos \theta_2]^2 - [y_c - y_0 + r \cdot \sin \alpha - L_1 \cdot \sin \theta_1 - L_2 \cdot \sin \theta_2]^2 = 0 \quad (8)$$

θ_1 と θ_2 との関係及び式(8)を連立して θ_1 及び θ_2 を算出して式(4)に代入すると、 θ_0 が次の式で求まる。

$$\theta_0 = \cos^{-1} [(x_c - x_0 + r \cdot \cos \alpha - L_1 \cdot \cos \theta_1 - L_2 \cdot \cos \theta_2) / L_0] \quad (9)$$

4. 人差し指の姿勢の計測結果

マウスを操作する際、デジタルカメラでの40枚の連続写真から人差し指の関節の回転角度の計測結果は図4に示す。また、図5、6、7に示すように、 θ_1 と θ_0 の相関性、 θ_2 と θ_0 の相関性、 θ_2 と θ_1 の相関性を求めた。

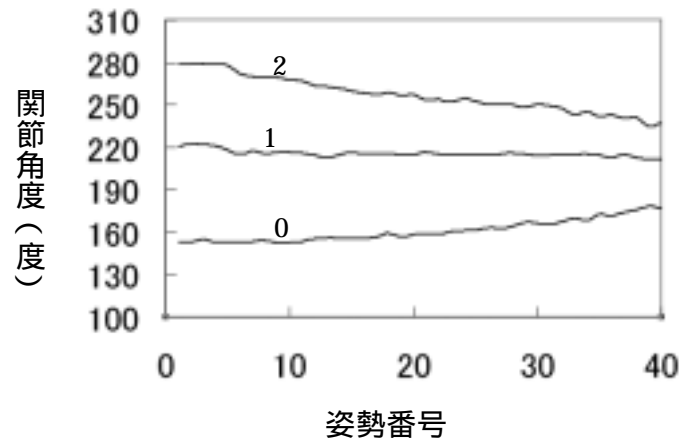


図4 人差し指の関節の回転角度の計測結果

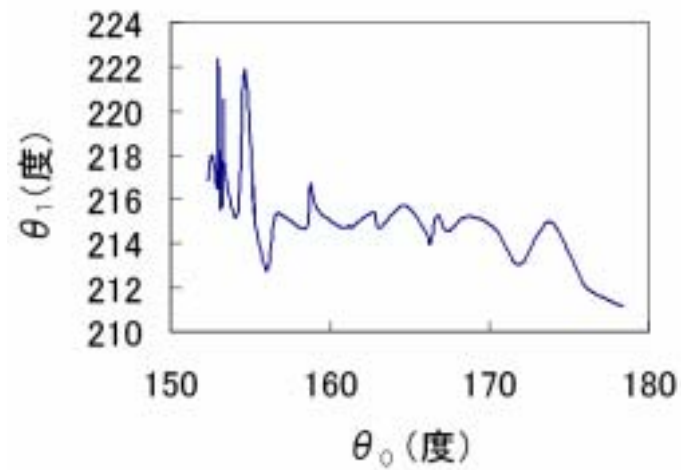


図5 θ_1 と θ_0 の相関性

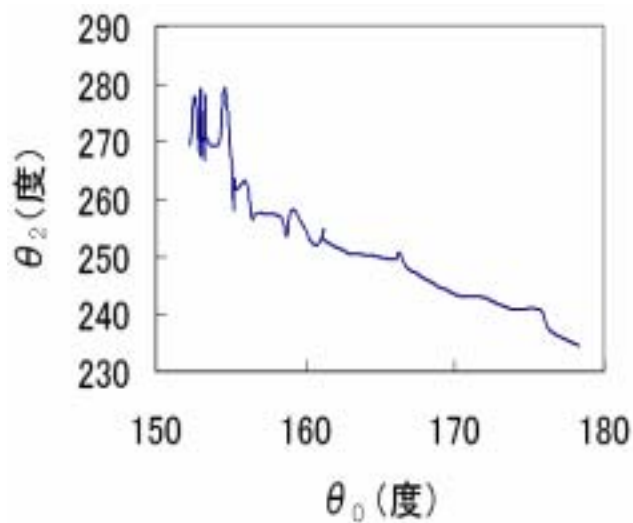


図6 θ_2 と θ_0 の相関性

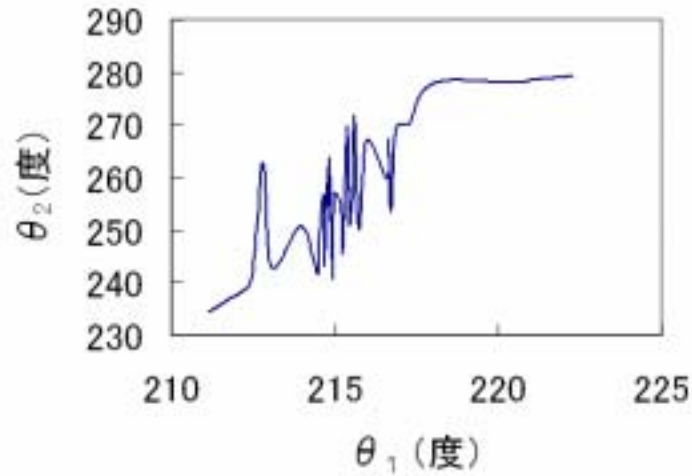


図7 θ_2 と θ_1 の相関性

5. 計算とシミュレーション結果

Visual C++⁽²⁾を使用して、式(1)と式(2)および図5と図6に基づいて指先端の軌跡の計算プログラムを作成し、動きのシミュレーションを行った。その結果は図8に示す。

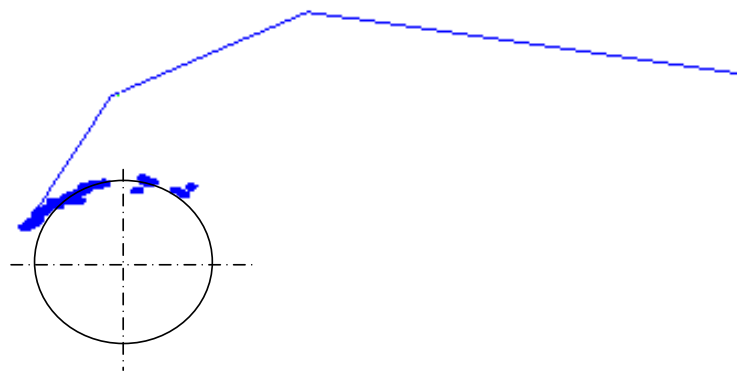


図8 指先端の軌跡の計算と動きのシミュレーション

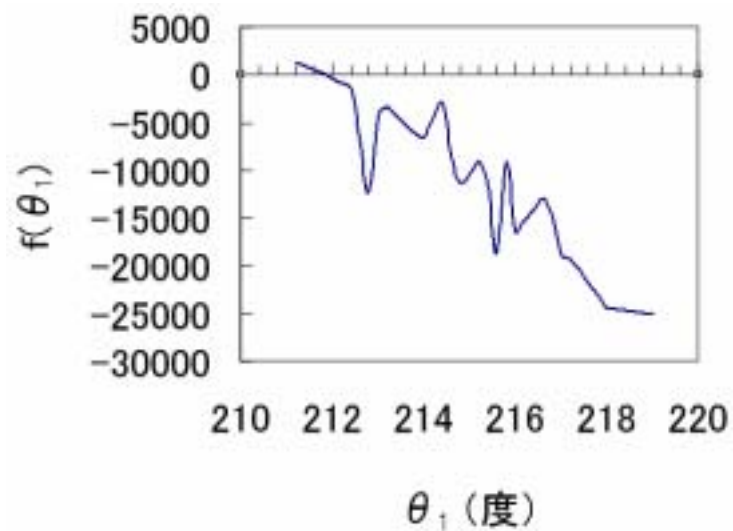


図9 θ_1 の数値計算

また、式(8)と式(9)および図7を用いて指先端をホイール上に拘束するときの各関節の回転角度を計算した。計算結果の例として、 $\theta = 150$ 度のとき、 $\theta_0 = 174.2$ 度、 $\theta_1 = 211.8$ 度、 $\theta_2 = 237.2$ 度となった。 θ_1 は式(8)による数値計算で算出した。その解を捜すプロセスは図9に示す。 θ_2 は直線補間方法で図7に示す関連性から計算された。 θ_0 は式(9)で算出した。

6. 考察と結言

- (1) 指先端の軌跡の計算または関節回転角度の逆計算の解析式を導き、計算および運動シミュレーションのプログラムを作成した。
- (2) 人差し指の関節の回転角度を測定した。図4によると、マウスを操作する際、 θ の増加に伴い人差し指の関節 P_0 の回転角が減少し、関節 P_1 の回転角の変動が少なく、関節 P_2 の回転角度が増加することが分かった。
- (3) 図8のシミュレーションの結果によると、指先端の軌跡がほぼホイール円と一致したが、多少の誤差がある。その原因は回転角度の測定および直線補間の誤差、数値計算の精度と考えられる。
- (4) 関節回転角度の逆計算の結果が測定値とほぼ一致したので、解析式及びプログラム有効性が確認された。
- (5) 本研究の結果はマウスボディの形状、ボタン、ホイールの設計および配置に応用できる。

主な参考文献

- (1) ユニバーサルデザイン研究会編、ユニバーサルデザイン 超高齢化社会に向けたモノづくり、日本工業出版株式会社、2001。
- (2) 林晴比古、新 Visual C++6.0 入門、ソフトバンクパブリッシング株式会社、2000。