

後付け可能な車載電動シートの制御システムの開発

Development of Control System of Post-Mountable Vehicle Seat for Care Assistance

○ 小島栄美, 多羅尾進, 齊藤浩一 (東京工業高等専門学校 機械情報システム工学専攻)

○ Emi Kojima, Susumu Tarao, Hirokazu Saito

Advanced Course of Mechanical and Computer Systems Engineering, Tokyo National College of Technology

Key Words: Welfare Vehicles, Automatic Control, Kinematics Models

1. はじめに

介護補助装置として階段乗降機, 会話補助装置等が開発されている. 近年では電動シートが搭載された福祉車両が各社から販売され通院等に活用されている. しかし, 電動シートは新車オプションのみの販売のため, 現有車両に後付け可能な汎用性を備えた介護補助用電動シートの開発が望まれている.

そこで本研究では販売台数の多い軽自動車等に容易に実装でき, 低コストで手軽に利用できるような必要機能を絞り込み, 車内狭所の空間を安全かつ有効に活用して動作できるような電動シートの開発を行っているので報告する.

2. 設計コンセプト

本研究では軽自動車を対象とし, 狭小空間を有効かつ安全に活用して動作するように人間工学を考慮した駆動部設計を行うこととした. 電動シートは Fig.1 に示すように前後・回転・リクライニング移動を行う 3 自由度を有し, 連続的な動作を自動で行えるようマイコン制御を行う. 以下に主な設計コンセプトを示す.

- ・ 3 自由度 (回転 2+並進 1) の駆動制御
- ・ 汎用性の高い制御システム
- ・ 制限された可動範囲内を, 安全で円滑に動作
- ・ 動作時のヒトの姿勢を考慮

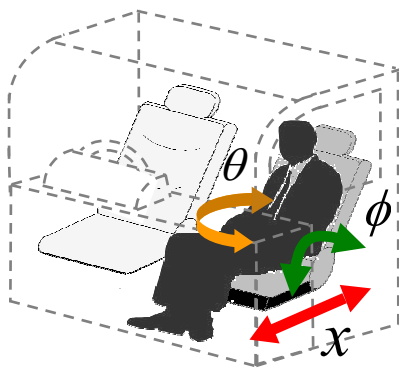


Fig.1 Freedom of electric powered navigate seat

3. 運動学に基づく人体モデルの作成

本研究では人間工学を考慮した狭所空間における電動シートの設計を行う. そのための準備として, 人体, シート, 及び周辺の環境一連の運動学モデル<sup>(1)</sup>を構築し, 3次元コンピュータグラフィックスモデル(3DCG モデル)の動きとして呈示することで動作解析を行う. ここでは各関節の動きからリンク先端の位置と姿勢を求める順運動学を基に専用ツール<sup>(2)</sup>を用いてモデルの構築を行った. 3DCG モデルの構築はヒトが周辺環境に接触しないよう干渉チェックを

行った.

具体的には人間の胴体部分をベースボディとみなし, Fig.2 に示すような標準サイズの日本人の人体モデル(身長 156cm, 体重 60kg, 胴囲 83cm, 前腕手長 42cm, 股下高 70cm, 足長 23.5cm)を作成し, シート-人体一連の運動を解析した. 今回は着席姿勢を再現するため, 片腕 7 自由度, 片脚 6 自由度, 胴体 3 自由度, 首 3 自由度, シート 4 自由度, 合計 36 自由度から成る人体-シート運動学モデルを構築した.

運動学モデル全体の基準となる座標系  $N$  に対し腕, 脚, 首, 胴体等の各連鎖の起点がベースボディである. 連鎖内の任意のボディ  $k$  とベースボディ  $0$  との位置, 姿勢の関係は同次変換行列  ${}^0T_k$  で表され, 一例を式(1)に示す. 同式は左腕の連鎖に対応したものであり, 右腕を構成する各同次変換行列は式(2)で表される. この行列を構成する位置ベクトル, 回転行列は式(3), (4)で示されるものである. 式(3), 式(4)の  $r_i^k, r_2^k, {}^iR_k$  は連鎖内前後の初期状態におけるリンク位置, 姿勢関係を表す位置ベクトルと回転行列である. 他の連鎖も同様に記述することができる. 前述の基準座標系  $N$  に対する同次変換行列  ${}^N T_k$  は体内の連鎖及び椅子の連鎖を踏まえて決定される.

$${}^0T_k = {}^0T_1 {}^1T_2 \dots {}^i T_k \dots {}^6 T_7 \dots \dots \dots (1)$$

(Left arm : k=1,...7)

$${}^i T_k = \begin{bmatrix} {}^i R_k & {}^i p_k \\ 000 & 1 \end{bmatrix} \dots \dots \dots (2)$$

$${}^i p_k = r_i^k - {}^i R_k r_2^k \dots \dots \dots (3)$$

$${}^i R_k = {}^i R_k^* \begin{bmatrix} \cos \theta_k & -\sin \theta_k & 0 \\ \sin \theta_k & \cos \theta_k & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots \dots \dots (4)$$

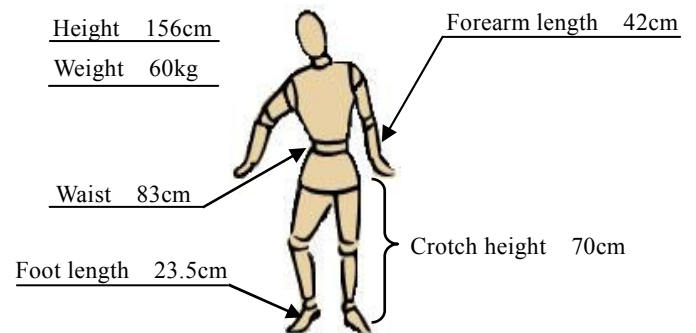


Fig.2 Standard joint model of human

Fig.3 は式(1)~(4)を基にシートに着席した状態で人体モデルを 3DCG で表現した例である。モデルの関節角度は任意に設定可能であり、腕、脚、胴体、首、シート、それぞれの姿勢値を指定することで、各リンクの軌跡確認が可能となる。今後は軽自動車の車内寸法や関節可動角度等の制約条件を設定し、不適切な姿勢の回避、干渉チェックを行い、モデルが車内環境に接触せず動作する条件を選定する。

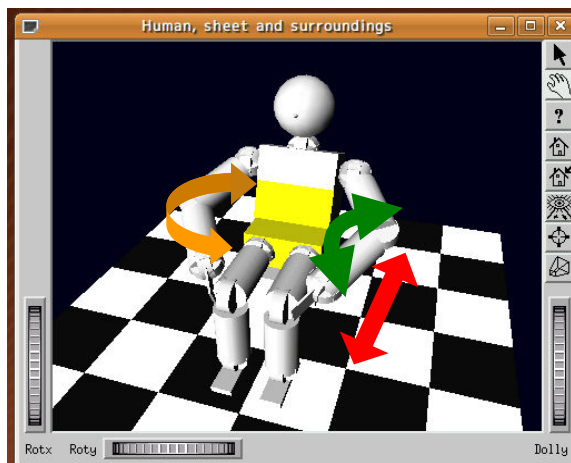


Fig.3. 3D representation of human kinematics models

#### 4. シートの電動機構と制御方法

本システムの構成を Fig.4 に示す。前後・回転・リクライニング移動を実現するため、それぞれ独立した 3 系統のマイコン、モータドライバ、DC モータで駆動制御する。また安全を確保するため、各方向にリミットスイッチを設置した。なお、本研究は株式会社レイルとの共同研究であり、同社が試作した駆動機構を使用した。

#### Programming env. Electric power seat control system

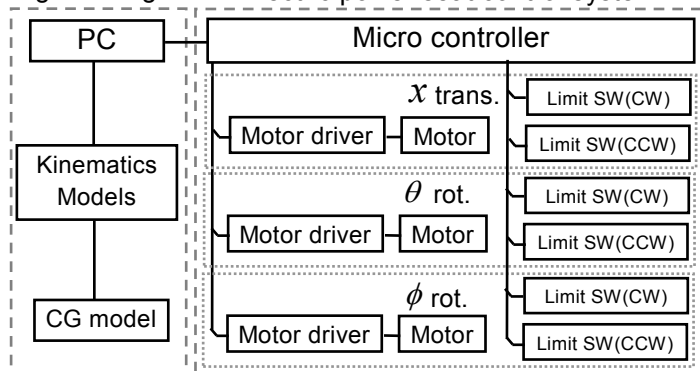


Fig.4 Schematic diagram of electric power seat control system

製作した電動シートの概観写真を Fig.5 に、概略図を Fig.6 に示す。電動シートは上からリクライニング機構、前後直動機構、回転機構が積層している。リクライニング機構はシャフトに接続されたウォームギアにより角度  $10^\circ$  のリクライニングが可能である。前後直動機構はスライダに平行して設置したボールネジで最大ストローク 500mm を有する。回転機構の最大回転角度は  $40^\circ$  であり、ギア及び等間隔に設置した従動ローラによってシート全体を支えるため安定した回転移動が可能である。

軽自動車のような狭所空間でヒトが車内環境に接触せずシートを方向転換を行うためには、シートを回転させながら前後移動し、かつリクライニング移動を連続的に行う必要がある。これまでに無負荷状態において、マイコンの

タイマ機能を用いてそれぞれのモータの回転を制御し、シートを初期状態から乗降状態へと移動、及び逆方向の移動がスムーズに実現できることを確認した。そこで今後は要介護者が最も多いとされる 70 歳以上の平均体重である 60kg 以上<sup>(3)</sup>にも耐えられる駆動系を再設計し、シートの動作確認を行っていく予定である。



Fig.5 Electric power seat and the control system

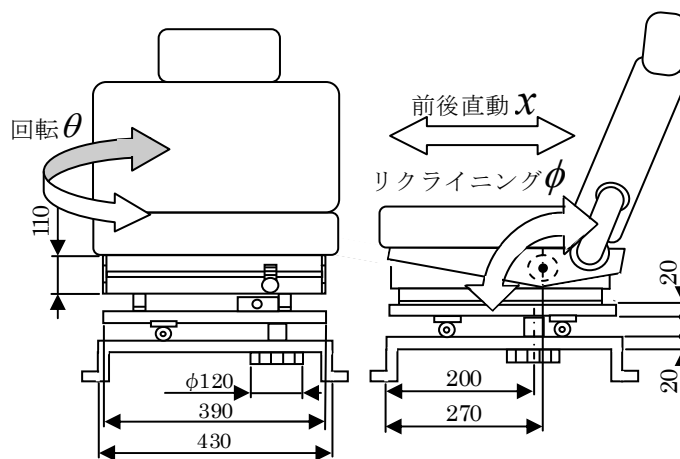


Fig.6 Schematic of electric power seat

#### 5. おわりに

本稿では拡張性・汎用性を備えた介護用補助用電動シートの開発のコンセプト、人体モデルの解析方法、3DCGモデルの表現及び製作した電動シートの概要、課題について述べた。本システムにより、軽自動車を初めとする多くの車両で容易に電動シートが搭載され、通院時などの移乗補助に寄与されると期待される。

今後は車内周囲環境を作成し、各部分の関節角度に制約を設け、理想的なシートの軌道を生成していく。これを踏まえ、高負荷にも耐えられる制御装置を製作しシート動作確認を行っていく。加えて人体モデルとの干渉チェックを行いながら安全性を確かめ、シート設計に反映させていく予定である。

#### 参考文献

- (1) 多羅尾進：日本数学教育学会高専・大学部会論文誌，Vol.14, No.1, pp.66-76, 2007
- (2) J. Wernecke：Release 2. Addison-Wesley Publishing Company, 1994.
- (3) 河内まき子・持丸正明，2006：AIST/HQL人体寸法・形状データベース2003，産業技術総合研究所 H18PRO-503