

座姿勢自動評価にもとづく遠隔処方型椅子製造技術の開発

新木隆史*, 松岡敏生*, 池浦良淳**, 田口典明**

Development of positioning chair product system by automatic positioning evaluator

by Takashi SHINKI, Toshio MATSUOKA, Ikeura RYOUZYUN and Noriaki TAGUCHI

We research the construction of mass-production technology of the sitting position maintenance chair. By collecting and analyzing technology indicator which obtained various and stable sitting position which spread between sitting position maintenance chair manufacturer and researcher, the technology of the handling measurement was found in consequence.

The high level evaluating system carried out by the simulation in dynamic technology of the handling measurement and human body. The automatic control type sitting position evaluator including substituting the handling measurement for mechanical engineering, they are provided with compatibility structure for the development of the chair with sitting position maintenance function for the production model.

Keywords : sitting position maintenance chair, handling measurement, technology indicator, evaluating system of sitting position

1. はじめに

多くの高齢者用の椅子は、障害者用の座位保持椅子と異なり寸法調整機構を備えていないものが多く、最も多く普及している車椅子はシート構造が不適切であるなどの問題が指摘されている。座位をとることに問題を持つ高齢者は、良い椅子が与えられないと寝たきり状態になりやすく、褥そう（床ずれ）の罹患や心身機能の廃用化の急速な進行などのリスクにさらされる。寝たきり状態になることや褥そうの発症は、社会生活からの離脱や心身の苦痛を伴う他、介護者の負担を増大し、施設や病院におけるマンパワーの不足をもたらし、入院期間と治療コスト増大の要因ともなって、社会問題となっている。

このような背景から、高齢者・障害者のためのイス及び車イスの質の向上、良質な座位保持機能を持つ椅子の量的な普及を行なうことの重要度は

高まっており、その産業製品化のための研究開発が強く望まれている。そこで、本研究では、従来の座位評価手法、座位保持機能の解析とそれらの量産化を実現する方法について検討を行った。

まず、座姿勢に関わる椅子製作や人間工学分野及び家具製作等で取り扱われてきた安定座位の指標の抽出を行い、これに基づいて安定した座姿勢を実現できる椅子の構造を検討した。結果としてそれらの指標が集約的に具体化される技術手法として「ハンドリング計測技術」を見いだした。被験者の身体を計測者が抱き留めるように支えて、残存機能を確認し、座る方法を探り、同時に寸法や諸角度類を計測評価する技術である。この計測法の最も重要な点は、動的な存在である人の座姿勢を身体で受け止めながらダイナミックに計測することにある。この研究開発の試みはハンドリング計測を代替するダイナミックな身体計測方法の研究を核とすることにより座位評価の高度化を図り、座位評価装置を試作することにあると言える。さらに、座位評価装置と構造互換性を有する量産

* 生活技術開発グループ

** 三重大学工学部機械工学科

型のイス，車イス製品の試作を行った．これにより，少ない製品機種の生産により多くの被験者に適合する量産型椅子のプロトタイプモデルを生産する目処を得た．

2. 開発方法

座位評価装置及び椅子製品を開発するにあたって，座位評価を高度化するため既に普及している安定座位の指標について検討を加えた．

2.1 安定座位の指標の抽出と解析

座位保持椅子製作者や研究者の間に流通している適正な座姿勢を実現するための指標として，椅子の寸法，角度，形状，椅子と人との接触状態，そして統計数値に日本人平均身体寸法を根拠にした寸法設定，そして人の身体・姿勢が動的な存在であることからくる指標が見いだされる．小原らが構築した人間工学に基づいた座面と背もたれ面の推奨角度と指標¹⁾を表1に，物理的な指標²⁾を表2に，座位保持装置製作現場での指標³⁾を表3に示す．

表1:座面と背もたれ面の推奨角度

| 人間工学に基づいた座面と背もたれ面の推奨角度 | | |
|------------------------|--------|----------|
| | 座面角度 | 背もたれ角度 |
| 作業用イス | 0～5度 | 100度 |
| 軽作業用イス | 5度 | 105度 |
| 軽休息用イス | 5～10度 | 110度 |
| 休息用イス | 10～15度 | 110～115度 |
| 枕付き休息用イス | 15～23度 | 115～123度 |

○日本人の平均身体寸法値をもとづく座骨定点（座面上の定点）から身体各部までの距離
 ○座面シート，背もたれシートのサイズ及び形状
 ○実用的な座面と背もたれ面の連続した形成角度

表2:計測器などで得られる物理的指標

| |
|-------------|
| ○椅子と人との接触状態 |
| ○接触圧力，接触面積 |
| ○圧力分布の偏重 |
| ○高圧力部分の有無 |

安定座位のための指標には，他にも多くのものが存在するが，ここでは各分野で注目すべきもの

表3:座位保持装置製作技術における指標

| |
|------------------------------------|
| ○骨盤の安定，首肩などのアライメントの安定（骨盤の傾斜調整との対応） |
| ○身体各部の可動域への対応 |
| ○残存機能との調整 |

をあげている．これらの各分野の座姿勢に関する指標は，現在統一的には検証されていず，抗重力的な姿勢評価を主な対象とする人間工学系の評価体系と臨床医療的な座位保持の技術は融合されていない．とくに臨床医療では治療やリハビリテーションのための知見にもとづく処方前提とする．そのため人間工学的な考察は傍証的に取り入れられる程度であった．例えば関節の拘縮が進んだ人にはそのことが椅子の設計上大きな前提となる点などである．

しかし座位保持装置製作者らの間に流布する安定座位に関する指標を検討した結果，座位保持装置製作に関する安定座位の指標及びハンドリング計測技術も結果的には抗重力的な人の座姿勢のあり方を基礎にしており，既存の人間工学的な評価手法の有効性が読みとれた．そこで，座位保持機能を持つ量産型モデルを構築することを目的とする今回の研究においても，千葉大学の小原¹⁾が提唱した人間工学的な座位モデルを基礎として用い，物理的な指標と座位保持装置製作者，技術者のエキスパートな内容を持つ座位保持装置設計技術を融合させる方向を得た．

2.2 ハンドリング計測とその代替技術

安定座位を導く技術として座位保持装置製作現場で行なわれる座位評価装置設計の根拠を得るための計測手法として「ハンドリング計測」がある．これは，対象者を30分以上抱き留めるように支えながら，残存機能の状態や身体の変形，関節可動域，拘縮などの身体状況を見極め，同時に身体寸法や各種の角度条件などを計測するものである．

このハンドリング計測手法は常に動的な存在である人の座姿勢を，ダイナミックに把握することで，動的な存在である人の座姿勢と椅子との適合性を高めるという優れた手法である．しかし，医師などの処方にもとづく知見と熟練した技能が必要であるため，専門家以外には難しい技術となっ

ている。そこでエキスパートの行うハンドリング計測技術を機械工学的に代替する機械工学装置を構築することで、座位評価の高度化につなげ、同時に病院や施設に活動するセラピストなどでも取り扱うことが可能な座位評価、姿勢判定装置として普及することを検討した。具体化のための方法として従来の一般的な座位評価装置及び量産型構造互換椅子に、適切な姿勢の得やすいリクライニング機構、座位における背面形状を採形する装置、骨盤の座り具合を座面上において調整する機能をもつ骨盤位置調整装置の3付加機構を搭載して行った。本研究による座位評価装置と互換構造イスの普及システム全体のイメージを図1に示す。

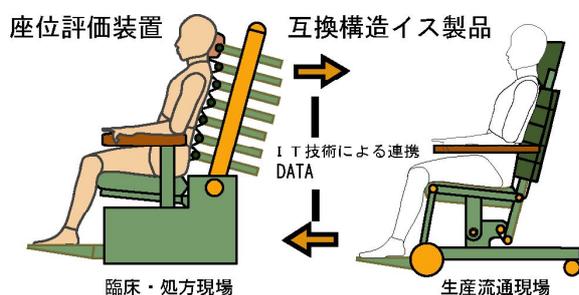


図1 高度化した評価装置と構造互換製品

3. 試作方法

3.1 リクライニング機構

日常の各種の生活動作に対応したリクライニング量を自由に設定できるイスの機能とその利便性は重要である。我々は、座位評価装置の基本構造として、これまでに開発した「連動式リクライニング機構を備えた椅子」を基にしたリクライニング機構を搭載した。これは、小原らの人間工学的座位モデルに忠実にシートの諸角度や位置設定が可能にしやすい機構である。

座面傾斜量（チルト量）と背もたれ傾斜量（リクライニング量）双方が連動して実現するものである。但し、シートの形状（横方向、縦方向の曲率）及び寸法などは、調整可能なモジュール構造となっている。図2、図3に連動型リクライニング機構によりリクライニング量とチルト量が連動して調整されることを示した。

3.2 骨盤位置調整装置

座位保持装置における重要な安定座位の指標として骨盤の安定があげられる。体幹に変形を伴うケースでは骨盤が体幹軸の変位の影響を受ける。

そのため座面への骨盤の着地を確実にするために調整が必要であり、そのことは座位の安定のための重要な要素技術となっている。



図2 試作イスにおける連動型リクライニング機構の稼働(座面 6度, 背もたれ 110度)



図3 試作イスにおける連動型リクライニング機構の稼働(座面 15度, 背もたれ 123度)
体幹軸に対する骨盤の傾斜及び両下腿部の空間位置を座面シートにより調整する3次元的方向調整が可能な装置を座位評価装置、製品にそれぞれ互換構造を持つものとして搭載した。(1)水平面に直交する軸方向の旋回量(2)座面左右の傾斜量(3)背もたれシート位置に対する左右位置移動量(4)左右股関節角度調整機能など各種設定が可能な装置である。

図4にイスシートの骨盤位置調整のための機構の概要を示す。図5に実際の試作品における左右の座面傾斜量の調整を行なったところを示す。

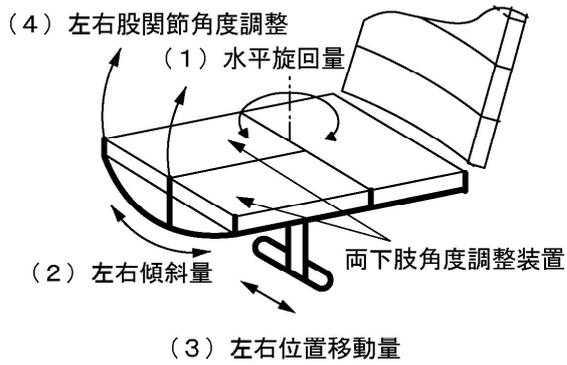


図 4 骨盤位置調整装置及び両下肢角度調整装置



図 5 座面左右傾斜量の調整結果

3.3 背面プロフィール採型装置

背もたれシートを高さ毎に5分割し、分割されたシートそれぞれをを人の背面調整に用いるもので背面のプロフィール採形機能と背面による姿勢調整機能を同時に持つものである。前者は座位評価装置の機構であり、後者は量産型互換構造椅子の機構となる。これは、三重大学工学部機械工学科の池浦ら⁴⁾の持つ「人間とロボットによる協調作業」研究における協調制御技術が用いられている。開発した機構の概要を図6、図7に示す。

背もたれシートが高さにより分割されており、それぞれモーターとボールねじによる能動機構によりその運動が制御される。分割された背もたれシート表面左右に2個の力センサが配置され、ここから荷重入力をもとにパソコンからモータへ出力信号が出される。図7に分割された1つの背もたれ部分の平面図を示す。左右にモーター及びボールねじ (LM guide actuator) が取り付けられ、それぞれのモーターを動かすことにより、背もたれの前後の位置や回転角度を制御することができる。

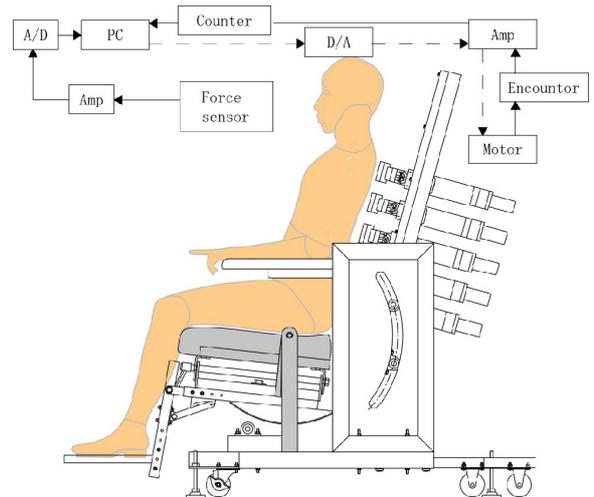


図 6 座位評価装置の概要

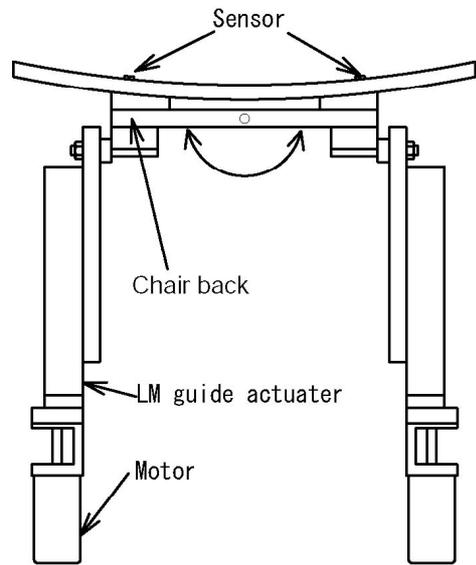


図 7 背もたれ部のシステム

人の身体は安定を保つためのバランス運動を常に行なう動的な存在であり、座姿勢においてもそれは同じである。座姿勢においては骨盤に支えられた体幹軸である脊柱を中心に左右のバランスを取っていると考えられる。従って、一個の分割された背もたれ毎に前後の移動量及びその回転量によりおおよその姿勢状態を把握できることになる。また体幹変形を起こしている人の体型データ取得では脊柱の移動量の把握が重要になる。

本装置では図7の機構を図8のようにモデル化し動作させる。これにより人体から背もたれにかかる力に対して、背もたれのある軸周りで回転し、さらに、回転中心が前後に動作するという背骨の動きを模擬させた制御機構を実現している。図9のようにパラメーターを定義し、回転方向 θ 、並

進方向 x は、次式に示す運動方程式より求める。

$$m \ddot{x} + c_1 \dot{x} + k_1 x = F \quad (1)$$

$$I \ddot{\theta} + c_2 \dot{\theta} + k_2 \theta = \tau \quad (2)$$

このインピーダンスパラメーターのうち、 m 、 I は慣性特性、 c_1 、 c_2 は粘性特性、 k_1 、 k_2 はばね特性を示す。 x_0 は装置の初期位置、すなわちばねの平衡点である。また、 F は背もたれからかかる力を回転中心の並進方向に変換した力、 τ は回転方向のトルクであり、(3)(4)式のように与えられる。

$$F = F_1 + F_2 \quad (3)$$

$$\tau = F_1 l_1 - F_2 l_2 \quad (4)$$

また、回転中心は人体の動きに合わせて任意の位置に変化させることができる。従って、安定座位中の回転中心を計測することにより、体幹を計測することが可能になる。

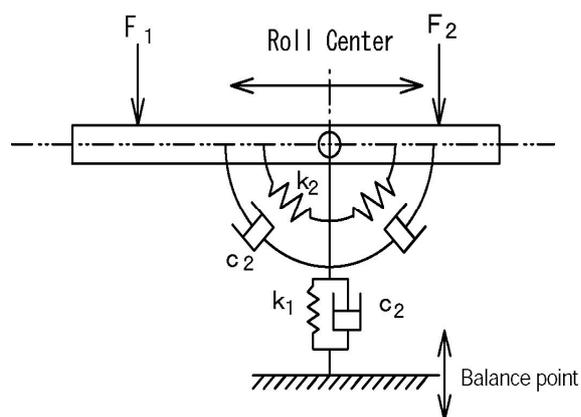


図8 背もたれの制御機構

この制御方法は回転中心や平衡点を変えることで被験者に自由な姿勢を取らせることができ、また、任意の姿勢を保持しながらも、インピーダンス特性により身体の動きを制限する事が無いということが分かる。

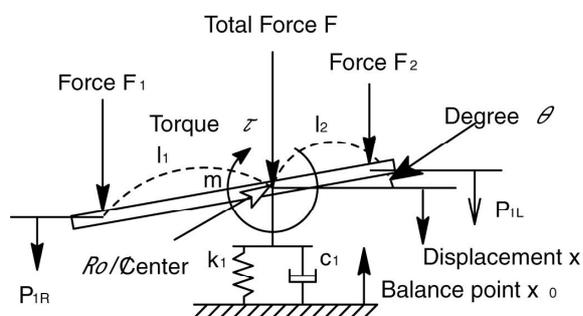


図9 制御システムのパラメータ

このような特性を活かせば、座位を保持しつつ身体の動きを拘束しない座位保持装置の構築の可

能性を持ち、動的なイス機能として褥そうや拘縮など固定的な姿勢が招く2次的な疾病の予防にも道が開くと考えられる。

用いるパラメーターの調整や制御分割シート相互の関係性などについてはさらに検討を進める必要が残っている。特に骨盤と腰椎及び胸部に対応する骨格の相互関係については計測ポイントを設けて絶対位置を参照する方法が国立リハビリテーションセンター廣瀬ら⁵⁾、多くの座位保持装置研究者間で進められており、今後の課題となっている。

3.4 評価装置と構造の互換性を持つイス、車イス製品の開発

座位保持機能を持つイスの量的普及の目的のために座位評価装置とほぼ完全な構造の互換性を持つ量産型のイス、車イスの開発を行なった。図10、11に試作製品の外観を示す。



図10 試作自動制御型座位評価装置の外観



図11 試作品(車イスモデル)の概要

これらのイス、車イスには、上述の付加機能の計測結果を転写できる互換構造として、連動型リクライニング機構、背面プロフィール採形装置、骨盤位置調整装置などの調整機構が備えられている。これにより、個々に適合する機能を備えているにも関わらず、量産が可能なイス製品となると考える。モジュラーイスとしてのパーツ部品の検討など製品化に必要な機能の強化は今後の課題となるが、座位保持機能と安定座位要素の基礎の確保が得やすい機能が可能となっている。

4. まとめ

座位に問題を持つ高齢者、障害者のための座位保持機能を備えたイス及び車イスを広く普及させるために、座位評価及びそれらの量産的生産技術を検討し、以下のような結果を得た。

(1) 椅子類の製作及び姿勢評価のための安定座位の指標を広く抽出した結果、人間工学的な指標と座位保持椅子製作者らが取り扱う指標に大別される様々な指標を抽出した。それらを分析した結果、ハンドリング計測技術に座位保持機能に係る安定座位の指標に関する有用な要素技術が凝集していることがわかった。

(2) 以上のことからハンドリング計測を代替して座位評価を高度化する方法を検討した。その結果、機械工学的な連動型リクライニング機構、背面プロフィール採形装置、骨盤位置調整装置を構築し座位評価装置及びその評価システムの高度化を行った。

(3) 次に、上記の3機構を座位評価装置とその構造互換イス・車イスに搭載し、試作した。これにより座位評価装置とイス製品相互でデータの共有と転写を可能にした。これにより、少ない機種で多くの人への適合性を高めることができるシステムが構築され、座位保持機能を持つイス類の量産化が可能になる方向への示唆を得た。

最後に、この研究には在宅や施設での使用感の向上を含む実用化のための様々な作業が残されている。関連する技術者、産業の協力のみならず、ユーザーの協力を得ることが不可欠であり、引き続き製品化を目指した研究開発を行ってきたい。

参考文献

- 1) 小原二郎：“インテリアデザイン 2”。鹿島出版会 p52-58 (1976)
- 2) 新木隆史ほか：雑誌“三重県工業技術総合研究所研究報告 Vol.24”。p1-9, (2000)
- 3) 飯島浩：“姿勢保持研究－1997年 SIG 姿勢保持講習会テキスト No.10”日本リハビリテーション工学協会 SIG 姿勢保持。p1-9, (1997),
- 4) 池浦良淳：“人間とロボットによる協調作業”。システム制御学会誌 Vol.44. No.12, p.682-687, (2002)
- 5) 広瀬秀行：“胸椎と腰椎を記述するための胸骨線と腹部線の検討”「第15回リハ工学カンファレンス 2000 論文集」。p277-280 (2000)