

脳性麻痺者のための変形可能な座位支持装置のための基礎的検討

Basic study on development of transformable seating system for cerebral palsy

○菊池武士 (山形大) 安斎健一 (山形大)

田中利昌 (山形大) 渋谷保 (クリエイティブスタジオ)

Takehito Kikuchi, Kenichi Anzai, Toshimasa Tanaka, Yamagata University
Tamotsu Shibuya, Creative Studio

Abstract: A proper seating is very important for the severe cerebral palsy patient, and has good influence on patients' physical body and mentality. The deformity of the spine causes a gap between a back of patient and a wheel chair backrest. Generally, urethane cushions are used to fill up the gaps. However, this method cannot handle the deformation of posture of users. The objective of this paper is to develop transformable seating system. As a preliminary of the development, we conducted characteristic tests for the rubber bag's inner pressure and external pressure.

Key Words: seating, cerebral palsy, pneumatic pressure

1. 諸言

シーティングとは疾患に合わせて最適な座位保持を提供することであり、車椅子を使用する際に重要となる。重度脳性麻痺患者は、異常な筋緊張などが原因で脊柱が大きく変形し、それにより自力での最適な座位保持が困難となる。重度脳性麻痺患者の車椅子にシーティングをほどこすことにより呼吸・循環・摂食機能の向上、脊柱・胸郭の更なる変形や褥瘡などの二次的障害の防止といった身体面に与える影響や、座位姿勢をとることで視覚情報が増え、コミュニケーション能力が向上し、表情が豊かになるなど精神面に与える影響が期待できる⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。

既に大きく脊柱が変形している脳性麻痺患者の場合(Fig. 1), 使用している車椅子の背もたれと背中との間に隙間が生じる。現在、この隙間はウレタンを使用者の体に合わせて削ったものや市販のクッションを使用し埋めている。しかし、この方法では使用者の姿勢の変化に即座に対応できず、使用者が子供の場合には成長に合わせてウレタンを削りなおす必要がある。さらに使用者の背中の中の形状は複雑なため均一な圧力分布を実現するのが難しい。そこで本研究の目的は、脊柱変形により生じる車椅子背もたれとの隙間を、従来の張り型座位支持装置に使用するベルトにゴム袋を組み合わせてサポートし、背中にかかる圧力を均一にすることである。本論文ではこの新しいシーティング部品の基本構造とそこに使用するゴム袋の特性について調査した結果を報告する。

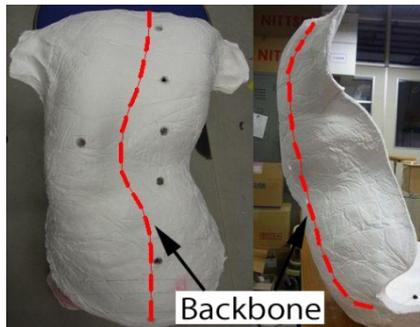


Fig. 1 Gypsum mold of cerebral palsy's back

2. 座位保持装置 (シーティング) とその種類

シーティングに求められる条件は以下の6点がある。

- (1) 体幹の支持力が十分である。
- (2) 使用者の体の変化に対応できる
- (3) 使用現場での調節が簡単である。
- (4) 通気性が良い。
- (5) 軽量である。
- (6) 完成まで早い。

シーティングはまずモジュラー型(身体保持部品をパーツごとに使用者にあったものを選択し、組み合わせる)と非モジュラー型(一体型)に分類され、さらにそれぞれが下記のように分類される。

- (a) モールド型: 使用者の体の石膏モデルを基に、熱可塑性プラスチックやウレタンで使用者の体に合わせてクッションを製作する。
- (b) 張り調節型: 車椅子座面・背もたれに長さの調節可能なベルトを複数配置する。
- (c) 可変調節型: 樹脂製のボールジョイントとステンを形成する。

従来のシーティングシステムではシーティングに求められる上記の条件をすべて満たすのは困難であるが、本研究ではこれを目指す。

3. 新規シーティングシステムの提案

全体のシーティングシステムは張り調節型車椅子への後付を可能にしたモジュラータイプである(Fig. 2)。また脊柱が大きく変形した脳性麻痺患者が張り調節型の車椅子を使用すると、背もたれがベルト式のため複雑な背中の中の形状に対応できずに背もたれとの間に隙間が生じる。そこで新しいシーティングシステムとして Fig. 3 に示すようにベルト式背もたれとの隙間を、空気を注入することで形状が変化するゴム袋を用いてサポートする。このシーティングシステムの具体的な課題として、ゴム袋にかかる外圧を調整する必要があるが、外圧を直接計測するセンサは故障しやすく、複雑であり、コストもかかる。そこで内圧を用いて外圧を調整するために内圧と外圧の関係を調べる必要がある。

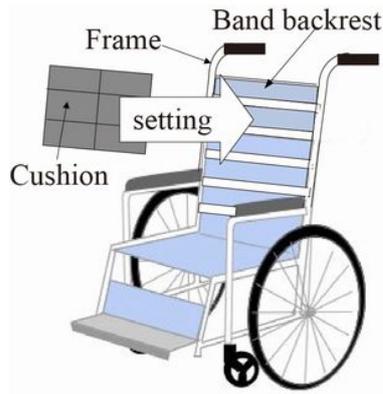


Fig. 2 Proposal of new seating system with air cushion

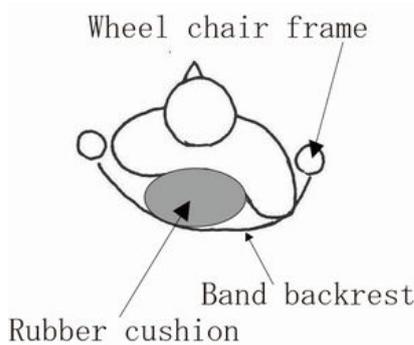


Fig. 3 Support for cerebral palsy

4. ゴム袋の特性評価実験

4-1 材料の選定

使用するゴム袋はマンセッターゴム袋(縦 120mm×横 230mm, 材質: ラテックス)を用いる.

4-2 ゴム袋の空気量と厚さの関係

4-2-1 実験方法

注入空気量の異なるゴム袋を 17 種類用意し, 空気注入後のゴム袋の厚さをノギスにより測定する. 空気量は 1 気圧, 室温の条件下で水上置換法により測定する(以下, 空気量は 1 気圧, 室温で測定したものである).

4-2-2 結果および考察

空気量とゴム袋の厚さの関係を Fig. 4 に示す. Fig. 4 を傾きの異なる 2 つの領域 A, B に分類し, その境界は空気量約 $8.00 \times 10^{-4} [\text{m}^3]$ である. 領域 B ではゴム弾性の影響で袋の体積が増えにくくなっている. このことにより内圧と外圧に大きな差が発生すると予想される.

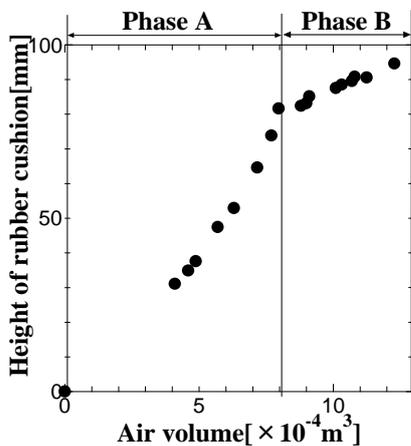


Fig. 4 Height of rubber cushion vs. Air volume

4-3 ゴム袋の内圧と外圧の関係

4-3-1 実験方法

内圧, 外圧の関係を調べるため Fig. 5, Fig. 6 に示す 2 つの方法を試みた.

方法 1: ゴム袋上部に木片(40mm×50mm)を置き, その上からゴム袋内部の上下が接触する直前まで徐々に荷重を加える. そのときの内圧を空気圧センサ(Panasonic, ADP5141)により測定し, 荷重と木片面積により外圧を求める.

方法 2: ゴム袋をアクリル板で挟み徐々に荷重を加え, そのときの内圧を測定する. 接触面積はアクリル板に既知の面積の枠を描き, 荷重を加えたときのゴム袋をアクリル板越しに撮影したものを, 画像処理を行い既知の面積との割合により求め, 荷重と接触面積より外圧を求める.



Fig. 5 Method 1

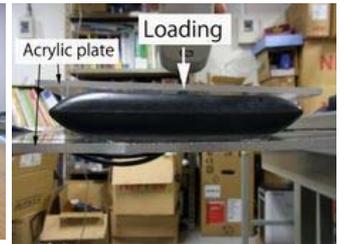


Fig. 6 Method 2

4-3-2 実験結果

方法 1 と方法 2 に対する内圧と外圧の関係を Fig. 7 に示す. 方法 2 の空気量の違いによる内圧と外圧の関係を Fig. 8(領域 A), Fig. 9(領域 B)に示す. 領域 B における空気量と初期内圧の関係を Fig. 10 に, 空気量と傾きの関係を Fig. 11 に示す.

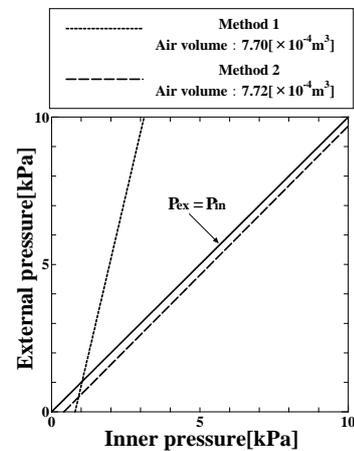


Fig. 7 Inner pressure vs. External pressure

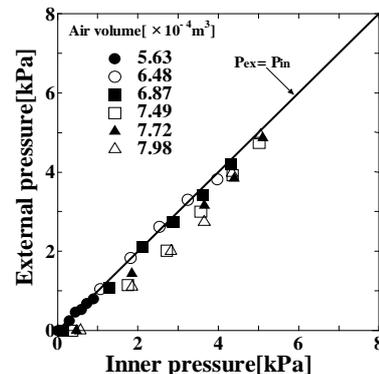


Fig. 8 Inner pressure vs. External pressure (Phase A, Method 2)

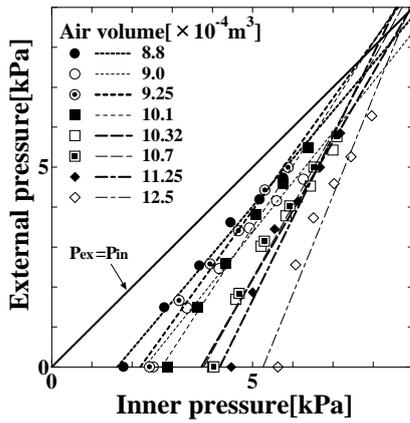


Fig. 9 Inner pressure vs. External pressure (Phase B, Method 2)

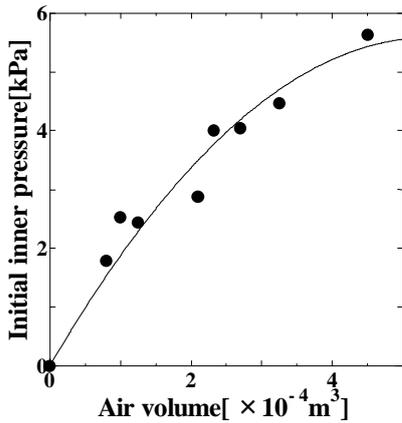


Fig. 10 Air volume vs. Initial inner pressure (Phase B, Method 2)

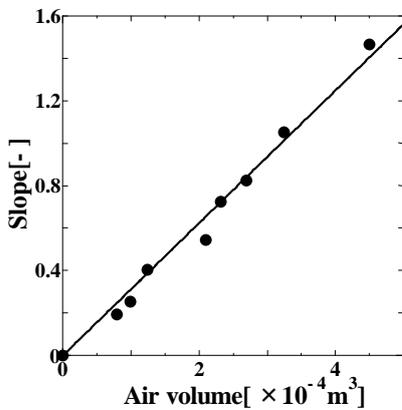


Fig. 11 Air volume vs. Slope (Phase B, Method 2)

4-3-3 考察

Fig. 7 より方法 1 のように一部に荷重が加わる場合は内圧≠外圧となり、方法 2 のように上部全面に荷重が加わる場合では内圧=外圧となる。これは Fig. 5 に示すように一部に荷重を加えたため接触部の境に上向きの弾性力が作用したためと考える。この結果より、複雑な変形をする場合は空気量と内圧より外圧を求めることは困難である。Fig. 8, Fig. 9 より Fig. 4 の領域 A においては内圧=外圧となっているが、領域 B においては内圧≠外圧となっている。しかし領域 B においても内圧と外圧の関係はほぼ線形で近似できる。

方法 2 に関して内圧を P_{in} [kPa]、外圧を P_{ex} [kPa]、初期内圧を P_0 [kPa]、ゴム袋内部空気量を V [$10^{-4}m^3$]、Fig. 4 における領域 A, B の境界の空気量を $V_{cr}=8.00 \times 10^{-4}[m^3]$ としモデル化をおこなうと以下のようなになる

$$P_{ex}=k(P_{in}-P_0) \quad (1)$$

さらに領域 A, B における具体的なモデル化をおこなう

(1) 領域 A ($V \leq V_{cr}$) の場合

Fig. 8, 式(1)より外圧は次式のように近似できる

$$P_{ex}=P_{in} \quad (P_0=0, k=1) \quad (2)$$

(2) 領域 B ($V > V_{cr}$) の場合

Fig. 10 より初期内圧 P_0 [kPa] の近似曲線の式は次式のようなになる

$$P_0=-0.192(V-V_{cr})^2+2.07(V-V_{cr}) \quad (3)$$

また、Fig. 11 より傾き k [-] の近似直線の式は次式のようなになる

$$k=1+0.312(V-V_{cr}) \quad (4)$$

4-4 問題解決のための提案

圧力モデルを使用し外圧を求めることができるのはゴム袋が複雑な変形をしない場合だけなので、クッションに用いる際にゴム袋が複雑な変形をしないような形状を用いる必要がある。形状案としてクッションを複数のエアセルに分割し、それぞれが複雑な変形をしないようにする。Fig. 12 に形状案を示す。

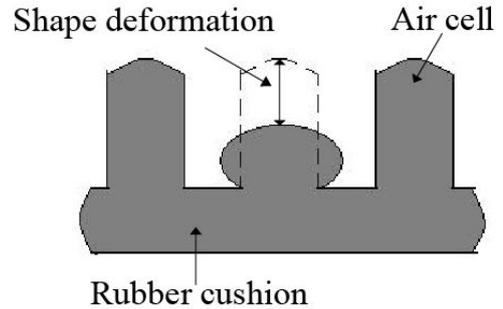


Fig. 12 Idea of new cushion

5. 結言

本稿では、空気を注入することにより変形するクッションを用い車椅子背もたれとの隙間をサポートすることを目的とし、今回はクッションに用いるゴム袋の特性試験を行った。一部分に荷重を加えるとゴムの弾性が作用し外圧≠内圧となり近似することは困難である。上部全面に荷重を加えた場合、空気量が $8.00 \times 10^{-4}[m^3]$ 以内では外圧=内圧となり以降で内圧と空気量より外圧を求める近似式の算出を行った。今後の課題として、現状のクッションが使用できるかを検証し、使用できない場合にはクッションの形状を検討する必要がある。

謝辞

本研究は、文部科学省によるテニユアトラック普及・定着事業(山形大学)の一環として実施したものである。

参考文献

- (1) 亀山富太郎, 川口幸義, 2002, 脳性麻痺ハンドブック-療育にたずさわる人のために-, 医歯薬出版株式会社, PP127-136, PP209-217.
- (2) 日本リハビリテーション工学協会 SIG姿勢保持, 2007, 小児から高齢者までの姿勢保持-工学的視点を臨床に活かす, 株式会社医学書院, PP3-4, PP46-49.
- (3) 有限責任中間法人 日本車いすシーティング協会, 2005, 車いす・シーティング-その理解と実践-, 株式会社はる書房, PP77-86, PP111-123.