
高齢社会対応型住宅のあり方に関する研究(その1)

Research on Housing in Aging Society(1)

—車いすの使用に適した床に関する研究—

—Study on the Floor Condition Considering the Elderly and Disabled People—

阪東 美智子、米田 郁夫、西岡 基夫
BANDO Michiko, YONEDA Ikuo, NISHIOKA Motoo

キーワード: 車いす、床、高齢者・障害者、トルク、
負荷、定量的評価

Keywords:

wheelchair, floor, aged, disabled, torque, loads,
quantitative evaluation

Abstract:

There are some guidelines to construct a house for the people using a wheelchair. But since it is not quite clear how the environmental factors affect the operation of wheelchair, we cannot say that existing guidelines are the best for people with a wheelchair.

This study is to investigate and criticize if the operating loads on driving a wheelchair are influenced by the environmental factors such as floor materials and floor conditions. We carried on the physical experiment using the special wheelchair, and collect data on torque of wheelchair running under the different conditions. Through the analysis of data, we evaluated quantitatively the affection of environmental factors to driving a wheelchair. This year we focus on the turning movement especially.

1. はじめに

車いす使用者に配慮した住空間については、長寿社会対応住宅設計指針などのガイドラインがあるが、車いす操作と環境要因の関係が明らかでないため、車いす使用者の操作能力に充分配慮した基準であるかどうかは不明である。

本研究は、住環境要因の一つである床材が車いす操作に及ぼす影響について定量的評価を行い、現行の設計基準の課題と今後の方向性を検討するもので

ある。研究方法は計測用車いすを用いた走行実験によるデータの収集とその解析による。

昨年度の報告¹⁾では、長寿社会対応住宅設計指針に記載されているスロープと段差の基準について、男性被験者のデータを整理した。本報告では、同様の実験について女性被験者のデータを整理し、昨年度の研究成果との対比を試みた。また、床材の影響についてさらに実験を重ねた。試料には毛足の長い絨毯と塩ビシートを用意し、直進走行と旋回走行のそれぞれにおける走行特性を調べた。本研究では特に旋回走行時の走行特性を検証した。

2. 調査概要

(1) 試験概要

実験室内に試験走行路を設置し、計測用車いすを用いて走行実験を行った(写真1)。

(2) 試験走行路

- ① 段差: 3mm、5mm、10mm、15mm、20mmの5種類を用意した。モデルは、基台を木材とし、表面には塩ビシート(エンボス加工なし)を貼った。また、15mmと20mmの段差には、勾配1/3のミニスロープ(塩ビ製)を取り付けた場合についても検証した。
- ② スロープ: 1/20、1/15、1/12、1/8、1/5、1/4、1/3の7種類を用意した。1/20~1/8については、高低差を100mmとし、それ以上の急な勾配については、マニュアルに示されている高低差を利用して、1/5(120mm)、1/4(80mm)、1/3(60mm)とした。スロープの材質は、基台を木材とし表面にはすべり止めのエンボス加工を施した塩ビシートを貼った。
- ③ 床材の変更: 畳、塩ビシート、フローリング、絨毯の4種類を用意した。また、旋回走行実験については、毛足の長い絨毯(14mm)と塩ビシート張りの平滑面を用意した。

(3) 計測システム

実験に用いた計測用車いすは、左右駆動輪にトルク変換器とロータリ・エンコーダがついており、ハンドリムに加えられる駆動トルクと駆動輪の回転数を計測することができる。駆動輪は前後・上下方向に取り付け位置を変えることができるが、本研究では基本的に中間位置（背もたれ直下）で測定した。データは AD 変換器を介してパソコンに取り込むことができる（写真 2）。

(4) 被験者

被験者は健常者 1 名（33 歳女性、体重 50kg）である。また、実際に車いすを使用している人 2 名にも身体的負担をかけない範囲で実験に参加していただいた。車いす常用者の実験結果については、今後の実験環境を整えていく上での参考データとしてとどめ、本格的な実験は次年度以降に企画する。

(5) 走行実験データ

データは、左右駆動輪のトルクと回転数の形で得られる。これにより、車いすを走行させるための使用者の負担量（運動量）、走行距離、走行速度などが算出できる。なお、走行試験は各試験路において原則 5 回ずつ実施しその平均値をとった。



写真1 試験走行路

Photo1 Slopes for experiment

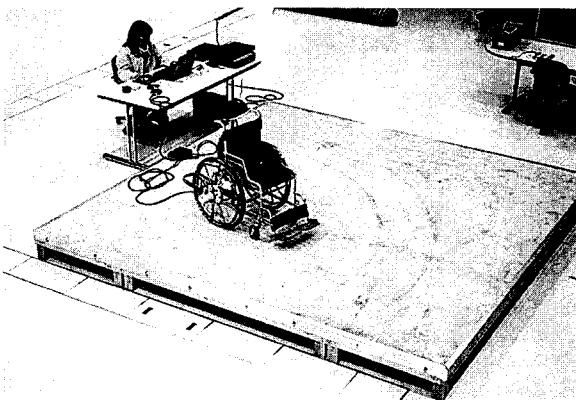


写真2 計測用車いす

Photo2 Wheelchair for experiment

3. 調査結果

3.1 車いす駆動走行パターン

得られたデータの一例を図 1 に示す。走行距離、速度はロータリ・エンコーダのデータをもとに算出したものである。図 1 より、車いすを駆動する動作は周期的なストローク運動であることがわかり、その周期や左右トルク値の最大値・最小値などから、車いす使用者の走行パターンが読み取れる。

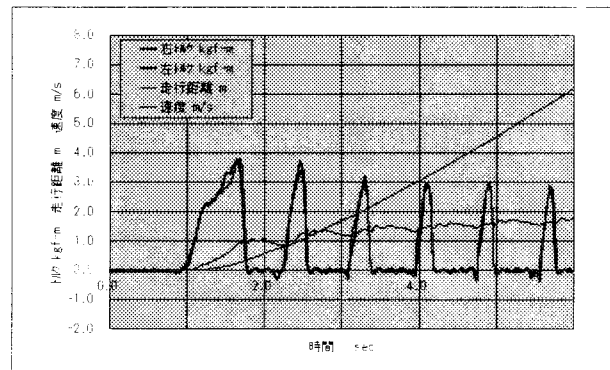


図1 走行実験データの一例

Fig.1 Example of data of driving a wheelchair

3.2 段差における車いす走行の負担感

段差の走行については、最初に前輪キャスター、次に後輪が段差を乗り越えるときの、2 度にわたって駆動輪に力が加えられている。

図 2 は、段差走行時の最大推力（最大トルク値を駆動輪半径で除し重力加速度を乗じた値）を示したものである。被験者 A（男性、75 kg）と被験者 B（女性、50kg）を並べている。被験者 B は被験者 A に比べて体重が小さいため、全般的に力の値は小さく出ているが、A、B のデータはほぼ同じ傾向を示しており、段差高低差が大きいほど最大推力の値は大きい。また、前輪通過時のほうが後輪通過時よりも大きな推力を必要とした。被験者 B は 20mm の段差において後輪通過時の最大推力が 10mm や 15mm の場合よりも小さく出たが、これは前輪通過時に必要な値よりも大きな推力を与えて（勢いをつけて）通過したため、余力が後輪の段差通過を助けたことが原因となっている。

図 3 は、それぞれの被験者の体重で最大推力を除し体重あたりの最大推力を示したものである。被験者 A、B のデータは、20mm の段差の場合を除いて類似した傾向を示している。被験者 B はどの段差においても前輪通過時に比較的大きな推力を与えておりこれに連動して後輪通過時には推力は小さくなっている。

スロープの効用については、図が示すとおりであ

る。前輪通過時の推力が大幅に削減され、小さな力で段差を走行できている。用いたスロープは、15mm、20mm の場合とも勾配は同じ (1/3) であるため、前輪通過時の推力はほぼ同じ値となっている。スロープをつけると、被験者A、Bとも体重あたり 2.5N 以下の推力で段差を走行しており、これはスロープをつけないときの6割程度の力になっている。

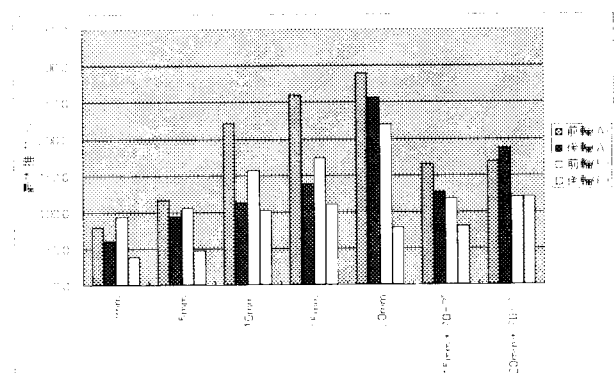


図2 段差走行時の最大推力
Fig.2 Force to run over the level difference

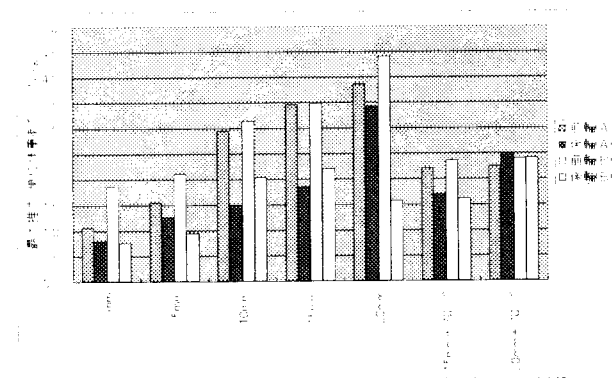


図3 段差走行時の最大推力 (体重あたり)
Fig.3 Force to run over the level difference

3.3 スロープにおける車いす走行の負担感

図4、図5にスロープ走行時の最大推力を示した。図4は男性被験者A、図5は女性被験者Bのデータである。それぞれ体重の影響を考慮しなくて良いように、体重あたりの推力に置きかえている。

最大推力は速度と線形関係にあり、速く走行するには大きな推力が必要である。

スロープの走行については、被験者A、Bとも、斜面勾配が大きくなるほど、斜面上を走行する時の最大推力が大きい。

最大推力 (y) と平均速度 (x) の近似式を見ると、被験者Aの場合は、

$$1/8 \cdots y = 1.6352x + 2.3307 \quad (R^2 = 0.6536)$$

$$1/12 \cdots y = 2.9315x + 1.4691 \quad (R^2 = 0.9160)$$

1/15 $\cdots y = 3.2927x + 0.8976 \quad (R^2 = 0.8764)$
 1/20 $\cdots y = 3.6095x + 0.5001 \quad (R^2 = 0.9793)$
 被験者Bの場合は、

1/8 $\cdots y = 1.9781x + 2.5390 \quad (R^2 = 0.6433)$
 1/12 $\cdots y = 2.3879x + 1.9260 \quad (R^2 = 0.9069)$
 1/15 $\cdots y = 2.0366x + 1.8372 \quad (R^2 = 0.9278)$
 1/20 $\cdots y = 4.0949x + 0.5008 \quad (R^2 = 0.9755)$
 となった。勾配が強いほど近似式の定数項が大きく係数が小さいことから、勾配が大きいくほど静止状態からの駆動に大きな力を要することや、走行速度をあげるほど勾配による最大推力の変化が小さくなることわかる。

上記の式を用いて平均速度 0.5m/s の時の各勾配を走行するのに必要な最大推力を算出すると、被験者Aでは、3.1483N (1/8)、2.9345N (1/12)、2.54395N (1/15)、2.30485N (1/20)、被験者Bでは、3.52805N (1/8)、3.11995N (1/12)、2.8555N (1/15)、2.54825N (1/20) である。1/20 のスロープ走行時の最大推力は1/8 の場合の72~76%程度であり、スロープ勾配が小さいと弱い力でも移動が可能になることがわかる。

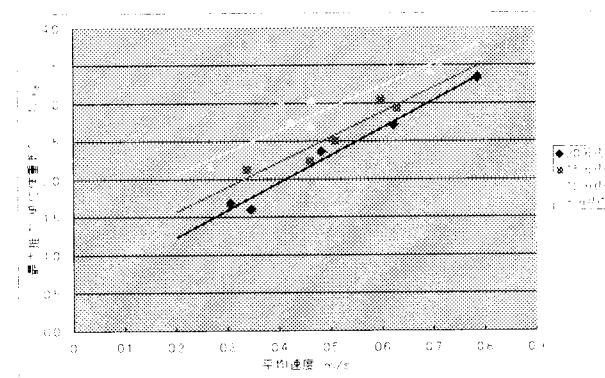


図4 スロープ走行時の最大推力 (体重あたり、A)
Fig.4 Force to run over the slope

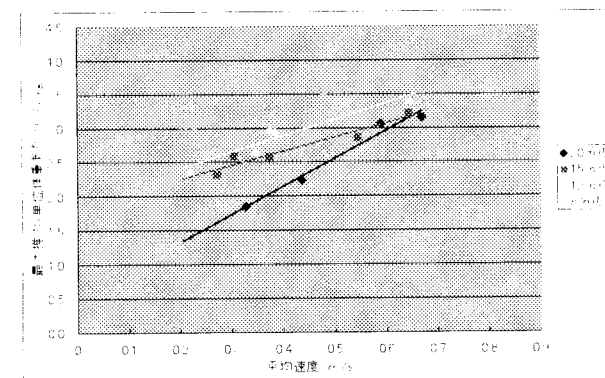


図5 スロープ走行時の最大推力 (体重あたり、B)
Fig.5 Force to run over the slope

3.4 床材の違いによる車いす走行の負担感

(1) 直進走行の場合

図6、図7は、与えた運動量（入力）に対する走行距離（出力）を示したものである。グラフが上部に描かれその傾きが大きいほど、与えた運動量が効率よく走行距離に反映していると言える。図から、試料として用いた床材4種は大きく2つのグループに分類できる。すなわち、{フローリング（直交、並行走行とも）、塩ビシート}と{絨毯、畳}である。前者のグループの方が後者よりも運動量に対する走行距離のパフォーマンスが高い。言い換えれば、単位距離あたりの走行負担量が、前者のグループの方が小さい。

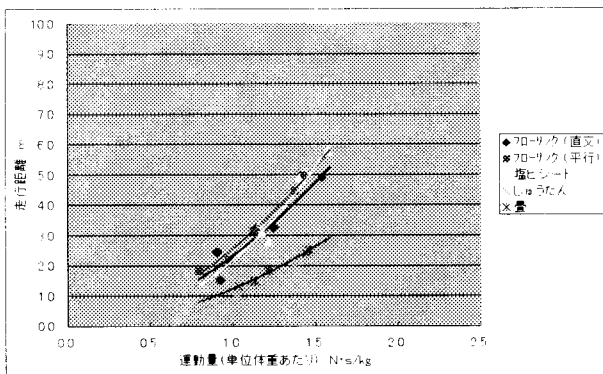


図6 床材別運動量と走行距離（体重あたり、A）
Fig.6 Momentum and running distance

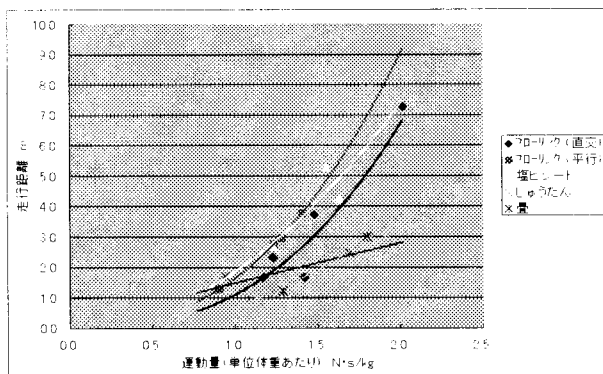


図7 床材別運動量と走行距離（体重あたり、B）
Fig.7 Momentum and running distance

(2) 旋回走行の場合

床材が車いすの旋回走行に与える影響・負担について、塩ビシートと毛足の長い絨毯を用いて比較検証した。また旋回走行は、半径1m、2m、3mの円周上を走行し、曲率の違いによる走行特性の違いをみた。

図8、図9は被験者Aの塩ビシート上の旋回走行データである。図から、曲率半径が小さいほど（曲

率が大きいほど）、単位時間あたりの車いす操作回数が増加すること、内径側の漕力が制動（ブレーキ）側に強く働いていることなどが明らかになった。つまり、曲率半径が小さいほど車いす操作の負担が大きいと言えそうである。これをより明確に表したのが図10で、曲率半径が小さいほど運動量に対する走行距離のパフォーマンスが低下していることがわかる。

一方、絨毯の上では、この違いは明確に現れなかった（図11）。わずかな走行距離に対しても、常に80.0N・s以上の運動量を発揮していることから、絨毯の走行抵抗が非常に大きいことが伺える。このため、曲率半径が旋回走行に与える影響が相対的に弱く出たと考えることができる。

塩ビシートと絨毯の走行性を比較すると、塩ビシートの方が運動量に対して効率の良い車いす操作ができていくことがわかる。しかし、その差は直進走行の時ほど明快ではない。むしろ半径1mの円周上の走行のような曲率の大きな旋回を行う場合には、床材の違いはほとんど走行特性に影響していないといえそうである。

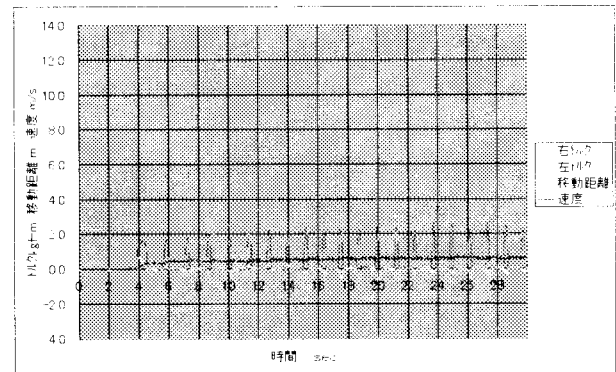


図8 旋回走行データ（半径3mの円周）
Fig.8 Turning movement on circle of 3m radius

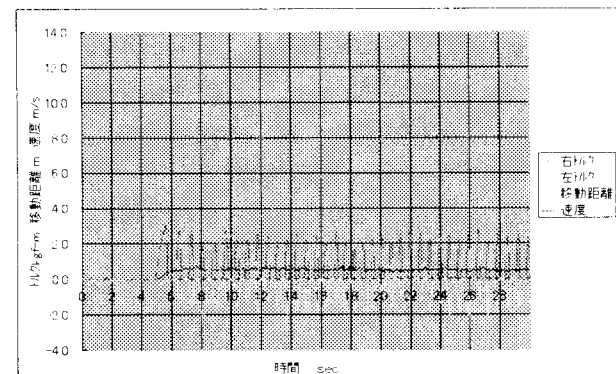


図9 旋回走行データ（半径1mの円周）
Fig.9 Turning movement on circle of 1m radius

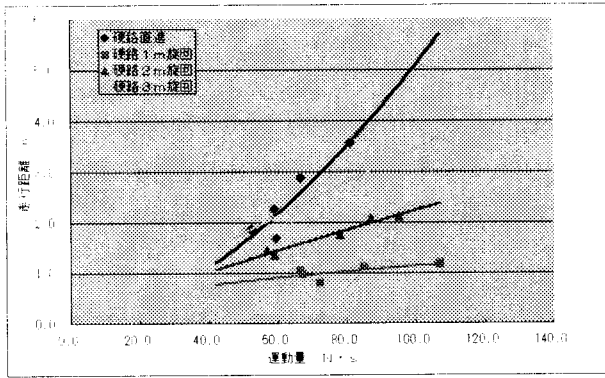


図10 旋回走行時の運動量と走行距離（硬路）
Fig. 10 Momentum and distance on turning movement

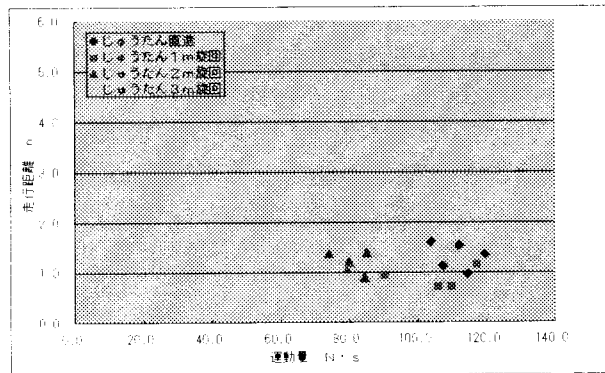


図11 旋回走行時の運動量と走行距離（絨毯）
Fig. 11 Momentum and distance on turning movement

3.5 (参考) 車いす常用者の車いす操作

本研究は、健常者を被験者として実験を積み重ねてきたが、将来的には車いす常用者を被験者として研究を深めていく予定である。ついては、今後の実験準備のために、2名の車いす常用者（頸髄損傷者）の協力を仰いで予備調査を実施し、実験環境の課題などを整理した。

車いす常用者は、座位バランスの保持が難しいため、計測用車いすに移乗できるかどうかが課題となった。車いすの操作性を良くするために多くの頸髄損傷者が駆動輪の位置を前に出した車いすを使用しているため、計測用車いすもこれに合わせて駆動輪の位置を変えた。実験は、車いす常用者の疲労に配慮して試行回数を減らすなどの対応を行ったが、結果として、実験を遂行する上で大きな支障は見つからなかった。

頸髄損傷者の場合は、車いす操作の際、ハンドリムをつかむというよりもハンドリムをはたくような動作で車いすを駆動するが、得られたデータ(図13)は、一見すると健常者の場合(図12)と比較して大きな差異が見られない。しかし、トルクのかかりはじめに制動動作のような力が働いていたり、左右の

握力の違いが大きい被験者の場合はトルクの出方が左右アンバランスに出たりするなど、車いすの漕ぎ方に個人の癖のようなものが現れた。

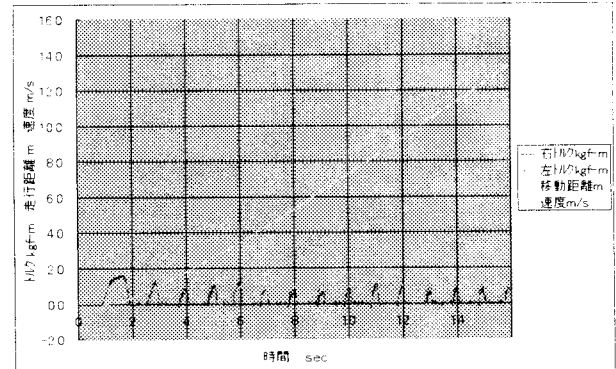


図12 健常者の走行データ
Fig. 12 Data of non wheelchair user

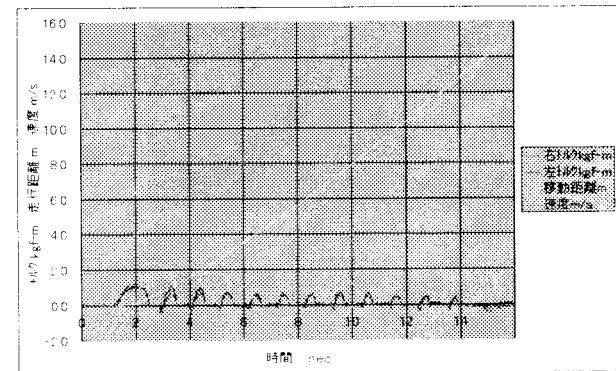


図13 車いす常用者の走行データ
Fig. 13 Data of wheelchair user

4. 考察

4.1 段差高さ・スロープ勾配の違いによる車いす操作への影響・負担感

昨年度に引き続き、異なる被験者のデータ解析を実施した。車いすの操作性に個人差が現れたものの、結果は昨年度とほぼ同じ傾向を示した。すなわち、段差高さやスロープの勾配と車いす操作の負担量の関係を定量的に評価することができた。

4.2 床材の違いによる車いす操作への影響・負担感

(1) 直進走行の場合

①と同様、昨年度に引き続き、異なる被験者のデータ解析を実施した。結果は昨年度とほぼ同じ傾向を示し、床材と車いす操作の負担量の関係を定量的に評価することができた。

(2) 旋回走行の場合

住宅内においては直進走行よりも旋回などの細かい車いす操作が多いと考えられることから、より実

態に即したデータを収集することができた。

旋回走行では左右駆動輪に異なる操作が加えられ、曲率半径が小さくなると内径側の駆動輪に制動動作が働いていた。小さな旋回においては操作回数や制動動作が増すため、同じ床材においても車いす操作の負担が大きいことが明らかになった。従って、旋回走行時の走行パフォーマンスに配慮すると、車いすに適した床材は、漕ぎやすさだけでなく制動のしやすさという視点からも検討する必要がある。

4.3 健常者と車いす常用者の車いす操作の違い

次年度以降の研究の展開を見据え、車いす常用者の実験協力してもらう際の課題や必要な体制を整理・検討することができた。

5. 研究の成果と課題

5.1 研究の成果

昨年度に引き続き、床の適性を車いす操作時の推力や運動量という物理量で計測し、床の形状や材質などの環境要因が車いす操作に与える影響を明らかにすることができた。

まず、昨年度と異なる被験者のデータ解析を加えることで、研究成果の精度を高めることができた。被験者が異なっても、体重あたりの推力は類似していることから、これを参考にすれば、車いす使用者の運動能力から走行できる段差やスロープの基準が類推でき、設計に反映させることも可能である。

床材が車いす操作に与える影響については、既存研究の少ない旋回走行性との観点から検証することができた。この結果、制動しやすさや制動バランスなど床材の適性に関する新しい指標について知見を得ることができた。

さらに車いす常用者の実験データの採集方法などを確認し、今後の研究の展開を広げることができた。

5.2 今後の課題

平成 11 年度と平成 12 年度で、使用した計測用車いすは異なる。平成 12 年度に新規購入した計測用車いすは、トルク変換器・エンコーダを装備した駆動輪の装着が自由に行えるようになっており、車いす使用者の状態に応じて車いすのタイプを変えて実験することが可能になった。

今後は、現在健常者を対象に行っている実験を、身体障害者を対象にして実施することで、より有用な工学的データを蓄積することが求められる。

本研究テーマは今年度で終了するが、上記のような課題の重要性を認識し、引き続き新規テーマ「車いすに適した生活空間の評価手法に関する研究」

において、研究を深めていく予定である。

兵庫県立総合リハビリテーションセンター自立生活訓練課の利用者ならびに職員の方々には、実験協力や貴重なアドバイスをいただきましたことを記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 阪東美智子、米田郁夫、田中大、西岡基夫、枉典英、山崎敏夫、坊岡正之：高齢社会対応型住宅のあり方に関する研究（その 1）—高齢者等の歩行特性に適した床に関する研究—、平成 11 年度福祉のまちづくり工学研究所報告集、2000