

平成 2 7 年 6 月 1 0 日現在

機関番号： 1 4 6 0 2

研究種目： 若手研究(B)

研究期間： 2013 ~ 2014

課題番号： 2 5 7 5 0 0 1 7

研究課題名 ( 和文 ) 手すりの手での接触抵抗の評価方法に関する研究

研究課題名 ( 英文 ) THE EVALUATION METHOD OF THE CONTACT RESISTANCE OF HANDRAILS FROM THE VIEW POINT OF MOTION SUPPORT

研究代表者

工藤 瑠美 ( KUDO, Rumi )

奈良女子大学・生活環境科学系・助教

研究者番号： 5 0 5 9 9 1 3 1

交付決定額 ( 研究期間全体 ) : ( 直接経費 ) 3,100,000 円

研究成果の概要 ( 和文 ) : この研究の目的は、手すりを対象とし、安全性の観点から、手での接触抵抗の評価方法を提案することである。はじめに多種多様な手すりを用いて官能検査を実施し、手すりによる動作支援の度合いを表す動作支援尺度を構成した。次に構成した尺度と手の接触状況の観察結果をもとに、手すりの接触抵抗を測定できる接触抵抗試験機を設計・試作した。さらに、測定した接触抵抗値と構成した尺度の関係を評価指標として提示した。

研究成果の概要 ( 英文 ) : The purpose of this study is to propose the evaluation method of the contact resistance of the hand targeting handrails from a safety perspective. First, sensory tests for making scales of operation support were carried out with many and varied heteromorphic handrails. Next, the investigation tool that could measure a contact resistance of the hand targeting handrails was developed which was based on the scales and the mechanism of hand. And then, the evaluation indexes which were the relation between a measured value with this investigation tool and those scales were presented.

研究分野： 建築材料

キーワード： 手すり 手 接触抵抗 動作支援 評価方法

## 1. 研究開始当初の背景

日本は、本格的な高齢社会を迎え、家庭内における高齢者の転倒事故は年々増加し、転倒防止対策は急務な課題となっている。

高齢者が立ち座りや歩行などの動作を行う際、手すりをつかむと動作がしやすくなり安定したりすることは、日常の経験からよく知られている。このように手を使って動作をしやすくする動作支援には、手すりをつかんだ際、表面がすべりやすかったり、手すりの断面形状・寸法の影響でつかみにくかったりすると、動作中に手がずれてしまうので、支障きたすことが考えられる。本研究では、このようなずれの生じにくさを“接触抵抗”と定義づけ、動作支援からみた手すりの接触抵抗の評価方法を提示することを目的とする。

## 2. 研究の目的

本研究は、手すりによる動作支援の度合い、すなわち当該手すりをつかんだ場合の動作のしやすさからみた、手すりの接触抵抗の評価方法を提示することを目的とする。ここで、接触抵抗とは、手すり表面のすべりにくさや、表面に付与された凹凸の手への食い込みによるひっかけり、および手すりの断面形状・寸法の影響によるつかみやすさなどの要因を複合した、総合的なずれの生じにくさを指すものとする。

対象とする手すりは、指を巻き込んでつかむものから、引っ掛けてつかむ幅広いものまでを範囲とし、柵手すりのようなつかむことができない手すりは範囲外とする。なお、個々の手すりの評価や、適切な接触抵抗を有する手すりの具体的な開発、設計などは、本研究の範囲外とする。

## 3. 研究の方法

(1) 種々の手すりを検査試料として設定したうえで、検査員を用いて手すりをつかみながら所定の動作を行った際の動作のしやすさに関する判断を求める官能検査を実施し、心理学的尺度を構成する。

官能検査の概要を表1に示すとともに、主な事項について説明を加える。

構成する尺度は、手すりをつかみながら所定の動作を行った際の動作のしやすさ、すなわち手すりによる動作支援の度合いを表す「動作支援尺度」とした。検査員には、つかんだ手すり上での手のずれにくさ、ずれやすさの観点から動作のしやすさ、しにくさを判断するよう教示した。尺度構成手法は、系列範ちゅう法とした。また、判断範ちゅうは、表1に示す5段階とした。

動作は、日常的な動作のうち手すりによる動作支援の観点から代表的と思われる、椅子から立ち上がる動作(以降“立ち上がり”と記す)、椅子に座る動作(以降“腰降ろし”と記す)、および歩行の3種とした。

表1 官能検査概要

構成する尺度	動作支援尺度	
尺度構成手法	系列範ちゅう法	
質問事項	検査試料の手すりをつかんで、所定の動作を行ってください。その際、つかんだ手すり上での手のずれにくさ、ずれやすさの観点から、動作のしやすさ、しにくさについて次の5段階の判断範ちゅうよりお答えください。	
判断範ちゅう	かなり動作しにくい	
	やや動作しにくい	
	どちらでもない	
	やや動作しやすい	
	かなり動作しやすい	
動作および手すりの設置パターン	動作	手すりの設置パターン
	立ち上がり	水平側面
		水平正面
		鉛直側面
	腰降ろし	水平側面
		水平正面
		鉛直側面
	歩行	水平側面
検査試料	表2, 表3に示す計23種	
検査員	30～50代の健康な成人男女12名	

手すりの向き(水平、鉛直など)と検査員からみた設置方向(側面、正面など)は、“水平側面”、“水平正面”、“鉛直側面”の3種とした。ただし、歩行の場合は、水平側面のみとした。本研究では、以降、手すりの向きと設置方向をあわせて、“設置パターン”と記すこととする。手すりの設置高さは、水平側面、水平正面の場合床から800～850mm、鉛直側面の場合下端が床から700～750mmとした。また、手すりの長さは、いずれも600mmとした。なお、水平側面、鉛直側面の場合、検査員の利き手の側に手すりを設置した。

立ち上がりと腰降ろしに用いる椅子の位置は、水平側面、鉛直側面の場合壁から椅子の中心までの距離が350～400mm、水平正面の場合壁から検査員の足の中心までの距離が350～400mmを基本とし、検査員ごとに随時調整した。椅子の高さは、できるだけ手すりに頼った動作となるよう、浴室の洗い場などを想定し200mmとした。

検査試料として、材質、表面凹凸の有無(平滑、凹凸ありなど)、表面状態(清掃状態、水散布状態など)、断面形状・寸法およびその変化の有無(ディンプルの有無など)が異なる種々の手すりを選定することにより、多様な接触抵抗を有する検査試料群を設定することとした。検討の結果、表2, 3に示す23種の手すりを、検査試料として選定した。

表2は、各検査試料の断面形状・寸法およびディンプルの有無を示したものである。これらの選定にあたっては、広く一般的に用いられている円形断面の手すりや、バルコニーなどに用いられている幅広い四角形断面の手すりなど、実在する手すりの形状・寸法の範囲をできるだけ包含することに留意した。

表2 検査試料の断面形状・寸法およびディンプルの有無

検査試料NO.	断面形状・寸法およびディンプルの有無
1～7	
8	
9～14	
15	
16～18	
19～21	
22～23	

表3 検査試料の材質、表面凹凸の有無および表面状態

検査試料NO.	材質、表面凹凸の有無	表面状態
1	ステンレス、平滑	ベビーパウダー散布
2	ステンレス、平滑	水散布
3	合成ゴム、平滑	清掃
4	ABS樹脂、平滑	清掃
5	塩化ビニル樹脂、平滑	清掃
6	塩化ビニル樹脂、平滑	清掃
7	塩化ビニル樹脂、凹凸あり	清掃
8	ABS樹脂、平滑	清掃
9	ステンレス、平滑	ベビーパウダー散布
10	ステンレス、平滑	水散布
11	合成ゴム、平滑	清掃
12	塩化ビニル樹脂、平滑	清掃
13	塩化ビニル樹脂、平滑	清掃
14	塩化ビニル樹脂、凹凸あり	清掃
15	ステンレス、平滑	ベビーパウダー散布
16	ステンレス、平滑	ベビーパウダー散布
17	合成ゴム、平滑	清掃
18	塩化ビニル樹脂、平滑	清掃
19	ステンレス、平滑	ベビーパウダー散布
20	合成ゴム、平滑	清掃
21	塩化ビニル樹脂、平滑	清掃
22	ステンレス、平滑	ベビーパウダー散布
23	合成ゴム、平滑	清掃

一方、表3は、各検査試料の材質、表面凹凸の有無および表面状態を示したものである。このうち、表面凹凸ありの検査試料は、手に凹凸が食い込むことによるひっかきかきの影響を考慮する目的で選定したもので、凹凸の高さは1mm以下とした。また、手すり表面に散布する介在物のうち、水は

代表的な液状介在物として、ベビーパウダーはホコリ状介在物の代替として、それぞれ選定したものである。検査試料にこれらの介在物散布状態を選定したのは、接触抵抗の範囲に幅を持たせることと、実際には介在物により手がすべり危険な場合が多いことによる。なお、検査の際、検査員は、検査試料ごとに手を乾布で拭くこととした。

検査員は、健常な30～50代の成人男女12名(男性7名、女性5名)とした。本来ならば、手すりを頻繁に使用する高齢者や身体に障害を持った方を検査員とするのが望ましいが、身体的負担が大きく危険を伴うことから、本検査では健常な検査員のみとした。高齢者や身体に障害を持った方の評価については、健常者との動作の違いなどに基づいて本研究成果から類推するのが、現段階では最も現実的な検討方法と思われる。

以上より、官能検査を実施し、尺度構成理論にしたがって、動作と手すりの設置パターンの組み合わせが異なる7種の動作支援尺度を構成することとした。

(2) (1)で構成した心理学的尺度と対応する接触抵抗を測定できる接触抵抗試験機を設計、試作する。

(1)で得られた知見より、本研究では、人間が動作中に手すりに与える荷重や手と手すりの接触状況などの測定は行わず、官能検査時の荷重や接触状況の範囲を大きく逸脱していないと思われる条件下で接触抵抗を測定できる試験機を設計、試作し、測定される接触抵抗と動作支援尺度との関係から詳細な仕様を設定することとした。

(3) (2)で設計、試作した試験機を用いて接触抵抗を測定し、(1)で構成した心理学的尺度との関係と照合して評価する方法を、動作支援からみた手すりの接触抵抗の評価方法として提示する。

#### 4. 研究成果

(1)構成した動作支援尺度相互の関係の例を、図1に示す。図中の①～⑤の点線は、官能検査に用いた判断範ちゅう(表1参照)の動作支援尺度上の位置を表す。

図に示すように、いずれの図でも、縦軸と横軸に示した尺度はおおむねよい対応を示していることがわかる。図に例示した以外の尺度の組み合わせでも、同様の結果が得られた。すなわち、動作のしやすさからみた検査試料の序列は、動作や手すりの設置パターンにより大きくは変化しないことが明らかとなった。ここで、人間が動作中に手すりに与える荷重や手と手すりの接触状況などは、動作や手すりの設置パターンが違えば大きく異なるものと思われる。しかし、本検査結果では、これらが違って検査試料の序列に大きな変化はみられなかった。この結果は、以降接触抵抗試験機を設計、試作する際、荷重

や接触状況などを厳密に置換しなくても、種々の動作および手すりの設置パターンでの荷重や接触状況などの範囲を大きく逸脱しなければ、動作支援尺度と対応する接触抵抗を測定できる可能性が高いことを示唆している。

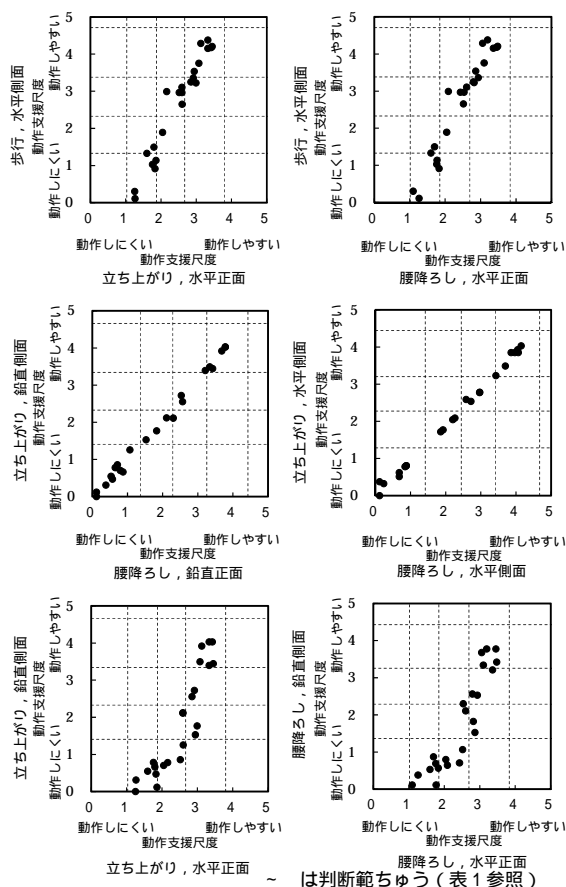
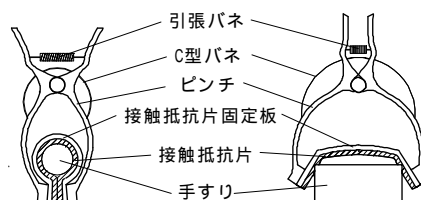


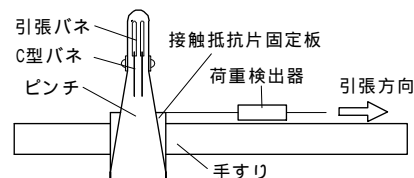
図1 動作支援尺度相互の関係の例

(2)官能検査時の検査員の手の接触状況の観察結果や、検査員へのヒヤリング結果から、手すりの接触抵抗には、手すりへの指の巻き込みやすさ、あるいは指の引っ掛けやすさが大きく影響していることが確認された。さらに、手すりとのすべりや表面凹凸のくい込みによるひっかかりにも、おもに指のすべりやひっかかりが影響していることが確認された。したがって、手すりをつかんだ時の指の接触状況をできるだけ再現すること、さらにつかんだ時の手すりとの指のすべりやひっかかりの影響を抽出できることなどを条件に、試験機の基本的な部分について構想した。

手すりの接触抵抗試験機の基本構想を、図2に示す。本試験機は、手すりとは接触させる接触抵抗片を長手方向に曲げることができる構造の接触抵抗片固定板に取り付け、この接触抵抗片固定板をピンチ(大型の洗濯ばさみ)を用いて手すりに巻き付けたり引っ掛けたりしたうえで、接触抵抗片固定板を図に示すように手すりの軸方向に引っ張り、その時の引張荷重を荷重検出器で測定するもので



接触体の基本構想



試験機全体の基本構想

図2 手すりの接触抵抗試験機の基本構想

ある。接触抵抗片を手すりに巻き付けたり引っ掛けたりした際に手すりに与えられる荷重は、ピンチに取り付けたC型バネと引張バネにより制御する。これらの機構は、図に例示するように、様々な断面形状・寸法の手すりでの指の接触状況をできるだけ再現することを意図して設定したものである。本研究では、以降、接触抵抗片、接触抵抗片固定板、ピンチ、C型バネおよび引張バネをあわせて、“接触体”と記すこととする。

前述した基本構想に基づいて、図3、写真1に示す手すりの接触抵抗試験機を設計、試作した。

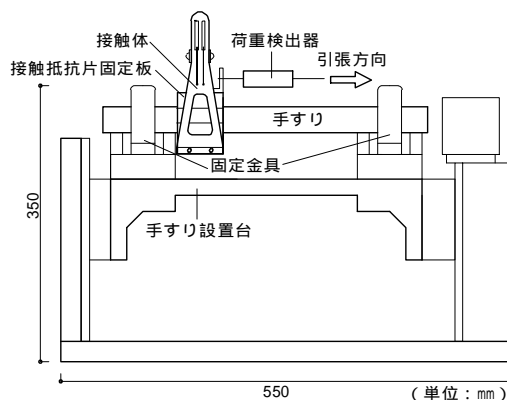


図3 手すりの接触抵抗試験機の概要

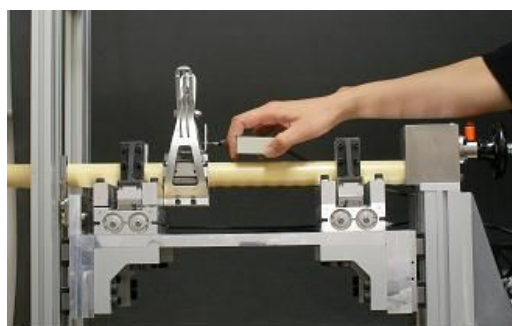
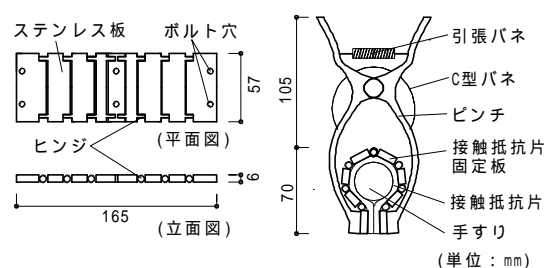


写真1 手すりの接触抵抗試験機

本試験機は、評価対象の手すりを手すり設置台に固定金具で水平に固定し、接触抵抗片を巻き付けたり引っ掛けたりしたうえで、接触抵抗片固定板を水平方向に手で引っ張るものである。本研究では、接触抵抗片固定板を静的に引っ張った時の、接触抵抗片が動き出すまでの引張荷重の最大値を、接触抵抗値として検出することとした。

接触抵抗片固定版および接触体の概要を、図4に示す。接触抵抗片固定板はステンレス製で、図に示すように指の関節を模擬した複数のヒンジが設けられており、長手方向に曲げられるようになっている。また、接触抵抗片固定板の長手方向の長さは165mmである。



接触抵抗固定板の概要 接触体の概要

図4 接触抵抗片固定板および接触体の概要

この寸法は、手すりをつかんだ時の親指先端から中指先端までの長さに近似させたものである。一方、短手方向の長さは57mmである。この寸法は、人差し指から薬指まで3本指を並べた場合の幅に近似させたものである。

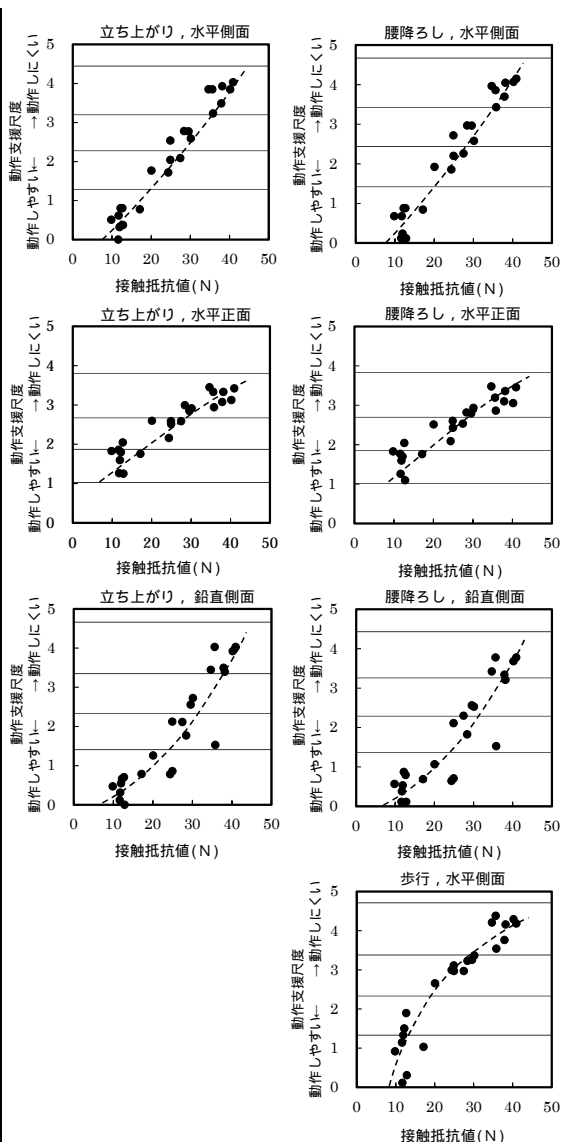
接触抵抗片には、指や掌での接触抵抗を測定するための接触抵抗片として妥当性が証明されている、ポリウレタンフォーム(見かけ密度: 30kg/m<sup>3</sup>, 25%圧縮硬さ: 3kPa, 厚さ: 5mm)を適用することとした。

(3)動作支援尺度と設定した仕様で測定した接触抵抗値の関係を、図5に示す。いずれの動作および手すりの設置パターンでも、両者はよい対応を示しており、図に点線で示すような対応の中心傾向を示す曲線を得ることができる。すなわち、設計、試作仕様を設定した接触抵抗試験機の妥当性が確認できるとともに、この試験機で測定される接触抵抗値を図5と照合することにより、動作支援の観点から手すりの接触抵抗を評価できることがわかる。

これまでの検討結果より、動作支援からみた手すりの接触抵抗の評価方法を、以下のように提示する。

(1)設計、試作仕様を設定した接触抵抗試験機を用い、評価対象手すりの接触抵抗値を測定する。

(2)(1)で測定した接触抵抗値を図5と照合して、動作支援の観点から評価する。



～ は判断範ちゅう(表1参照)

図5 動作支援尺度と接触抵抗値の関係

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

工藤瑠美、新美浩二、横山裕、野村 貴宏、《動作支援からみた手すりの接触抵抗の評価方法》、《日本建築学会構造系論文集》、《査読有》、《第78巻 第691号》、《2013年9月》、《pp.1545-1551》

〔学会発表〕(計1件)

工藤瑠美、横山裕、《手での接触抵抗と表面粗さの関係についての基礎的研究(その1)》、《日本建築学会大会(近畿)》、《2014年9月》、《神戸大学》

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

工藤 瑠美 (KUDO, Rumi)  
奈良女子大学・生活環境科学系・助教  
研究者番号：50599131

##### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

##### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：