

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月26日現在

機関番号：57301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500534

研究課題名（和文）高齢者や身障者対応の曲線形手すりの開発とその有効性の解析

研究課題名（英文） Development of curve type handrail for elderly or handicapped person, and the analysis of the effectiveness

研究代表者

福田 孝之（FUKUDA TAKAYUKI）

佐世保工業高等専門学校・機械工学科・教授

研究者番号：10181273

研究成果の概要（和文）：トイレや階段等に設置されている手すりの多くは直線形である。本研究はそれに代わる曲線形の手すりとしてトイレ用に円形手すりを、階段用にはらせん形手すりを開発し、その有効性を各種計測により明らかにした。曲線形手すりは握りやすく、また体重をかけやすい形状であり、高齢者や身障者には有効と言える。

研究成果の概要（英文）： In general, the straight type handrail has been installed on restrooms or stairs. In this study, curve type handrails which are circular one for restrooms and spiral one for stairs were developed. And both the effectiveness of curve type handrails was clarified. Curve type handrail is easy to grasp that and useful to use. That means circular and spiral type handrails are effective for elderly or handicapped person.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
総計	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学，リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：曲線形手すり，トイレ用手すり，階段用手すり，動作補助，動作解析，筋電計測，高速度カメラ

1. 研究開始当初の背景

階段やトイレ、浴室には安定歩行や動作補助のために手すりが設置されており、これまで一般的に設置されている手すりは、直線形が主であった。これに対して最近になり、階段用手すりに波形の曲線形手すりが設置されるようになり、話題となっている。しかし、

波形手すりについては、感覚的に使いやすく感じるものの、定量的評価がなされてなかった。また、波形手すりの使用にあたっては、形状にやや問題となる点もあり改善が望まれていた。そこで、階段用手すりとして新たな曲線形手すりの開発とその有効性の定量的評価が必要であった。

また、トイレや浴室用の手すりについても従来のL型直線形手すりしかなかったため、円形やS形の曲線形手すりを考案し、これらの曲線形手すりが握りやすく力をかけやすいことを明らかにしていた。

しかし、これまでの行ってきた手すりの研究は、手すりに作用する荷重と床の踏面反力の測定による評価のみで、身体の動作解析はできておらず、体の各部位の負担状況を考慮した評価はできてなかった。

2. 研究の目的

階段やトイレ、浴室に設置されている手すりとして、新たに握りやすくまた使いやすい曲線形手すりの開発を行い、その有効性を力学的また身体的解析を行うことにより、総合的な定量的評価を行う。これにより、握力の弱い高齢者や身体障害者にとっては、より有効な手すりが普及設置されるようになり、生活の利便性が高まることが期待される。図1に、考案したトイレ用円形手すりと階段用らせん手すりを示す。



(a) 円形手すり (トイレ用)



(b) らせん形手すり (階段用)

図1 曲線形手すり

3. 研究の方法

トイレ用と階段用の異なる曲線形手すりについてそれぞれ検討する。

(1) トイレ用円形手すり

トイレ用には、考案した円形手すりの有効性について、図2に示す従来のL形手すりと

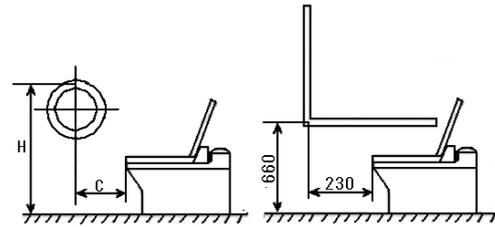


図2 トイレ用手すり(円形とL形)

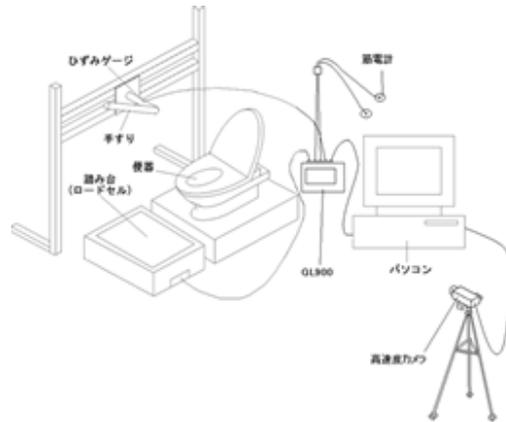


図3 トイレ用手すりの実験装置概略図

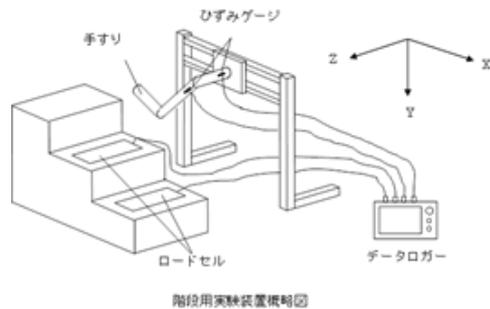


図4 階段用手すりの実験装置概略図

比較検討を行う。測定は、図3の実験装置で立ち上がりと座りの動作時の床反力、手すりに作用する荷重とその方向、そして脚の筋電位測定を行う。

(2) 階段用らせん形手すり

階段用の手すりとして、新たにらせん形の手すりを開発し、有効な形状について検討を行う。図4に、実験装置の概略図を示す。また、らせん形手すりの有効性を示すために、図5に示す実験装置にて、手すりの握り状態と腕の負荷の関係について、筋電位による検討を行う。さらに、図1(b)のらせん形手すり付階段実験装置を、リハビリ病院に運び、高齢者や身障者により検証を行った。

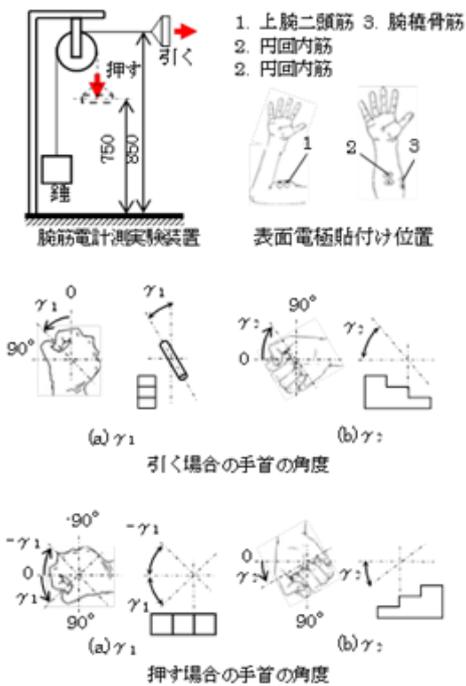


図5 手すりの握り状態と筋電測定図

4. 研究成果

(1) トイレ用円形手すりについて

1) 円形の大きさ

円形手すりの大きさについて、円径の大きさ(D)と使用時の力(F)の関係を図6に示す。250~340mmの6種類の円径で検討したところ、円径による大きな違いは見られない。しかし、

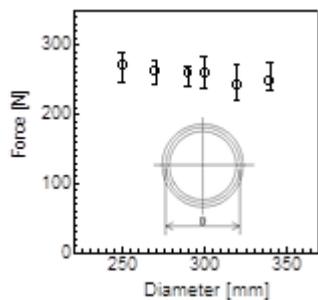


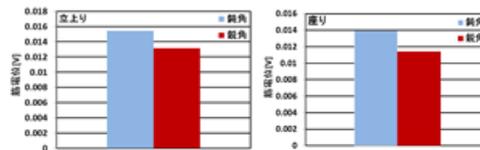
図6 円形手すりの円径

被験者の使用感覚によると、円径が小さい

(250 mm) 場合は両手の間隔が狭いためバランスがやや不安定となり、また円径が大きい(340 mm) 場合は手すりのつかむ位置が離れすぎて、両手ではつかみにくく感じた。よって、円径の適切な大きさはD=300 mm程度と言える。

2) 足先の位置について

足先の位置を、便座の前に置いた場合(膝角が鈍角)と便座の近くに置いた場合(膝角が鋭角)の脚(太もも)の負担について、筋電位評価を行った。図7に立上りと座りの結果を示すが、足先を便座近くに置いた方が、即ち、体の重心近くの方が脚の筋電位は下が



(a)立上り

(b)座り

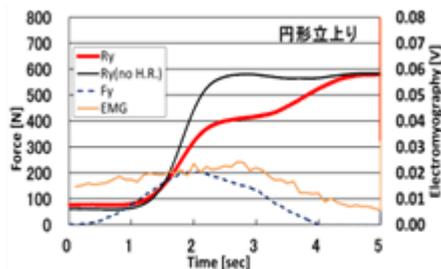
図7 足先の位置と筋電位の関係

り、負担が低下している。

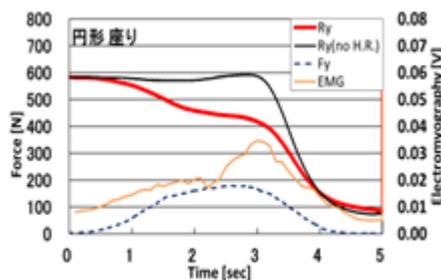
3) 円形とL型の比較

図8に円形手すり使用時の床反力、手すり荷重、脚(太もも)の筋電位の推移を示す。縦軸の第一軸は手すり荷重と床反力で、第二軸は筋電位である。横軸は動作を行った時間を示す。手すりを用いない場合の床反力(黒線)に比べ、手すりを使用すると当然ながら床反力は軽減されるが(赤線)、円形手すりの特徴として、床反力(赤線)に水平部が存在する。これは手すりを強く押して使用しているためである。一方、図9のL型手すりを見ると、床反力は滑らかに変化しており、鉛直と水平の手すりの両方をバランスよく使用していることがわかる。また、筋電位に注目すると立上りでは、円形の方がL型より脚への負担を軽減していることがわかる。しかし座りでは逆にL型が円形よりも軽減している。

以上から立上りにおいては、円形手すりが有効であり、座りにおいては、L型手すりが有効であることがわかる。

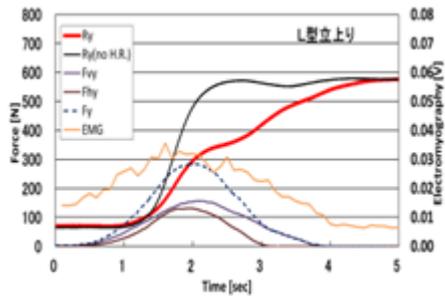


(a) 立上り

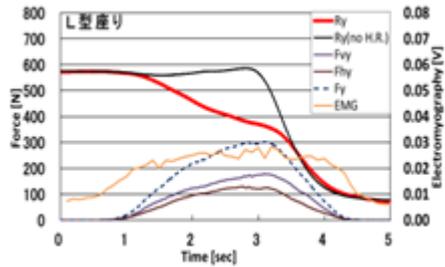


(b) 座り

図8 円形手すりの各荷重と筋電位



(a) 立上り



(b) 座り

図9 L形手すりの各荷重と筋電位

(2)らせん形手すりについて

1)階段用らせん形手すりの寸法

図10(a)にらせん曲線を示すが、これを軸方向に引き延ばして、らせんピッチを階段の斜長方向ピッチと同じにすると、図10(b)のような階段に設置できる手すり形状になる。図11にその図例を示す。図で分かるように、らせん形手すりには波形手すりと同様に水平部と鉛直部があり、また側面図に示すように、手すりは壁とある角度 γ_1 傾く形状となる。この角度がらせん形手すりの大きな特徴であり、三次元的に手すりの握り角度が変化し、自然な手すりの握りを実現できる。また、でも図12(a)に示すらせん径 ϕ_s の大きさにより、図12(b)のようにらせん形状は変化する。らせん径が大きくなると、階段の幅員が狭くなるため、公共施設の階段の場合は $\phi_s=50\text{mm}$ 程度が適した値である。



(a) (b)
図10 らせん形手すりの原理

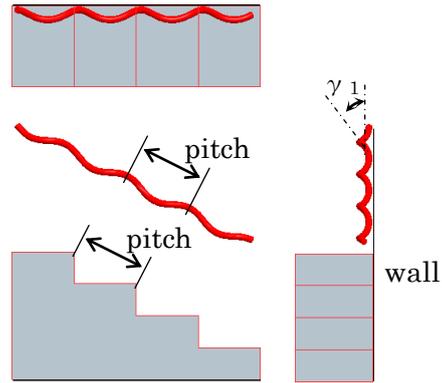
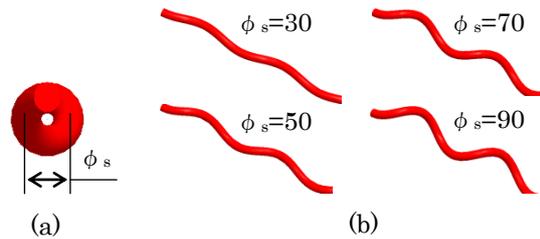


図11 らせん形手すり図



(a) (b)
図12 らせんの径

2)無理のない手首の角度(筋電位評価)

図5の実験装置にて、階段昇段時の引く動作と降段時の押す動作の際の、手首の握り角度による腕の負担を筋電位にて評価した。表面電極の貼付位置は、引く動作の γ_1 に対して上腕二頭筋、 γ_2 に対して腕橈骨筋、押す動作における γ_1 に対して円回内筋、 γ_2 に対して腕橈骨筋の筋電位である。図5に引く動作および押す動作の際の手首の角度を示す。錘を49N一定として、手すりを引く場合の手首の角度 γ_1 は鉛直から反時計回りに、 γ_2 は水平から上向きに角度を $0^\circ \sim 90^\circ$ まで、手すりを押す場合の γ_1 は階段側面から内向きをプラスとして $0^\circ \sim 90^\circ$ 、外向きをマイナスとして $0^\circ \sim -90^\circ$ 、 γ_2 は水平から下向きに角度を $0^\circ \sim 90^\circ$ を 15° 間隔で変化させ、筋電位を測定した。

図13(a)は、引く場合の手首の角度 γ_1 と上腕二頭筋の筋電位の関係を示す。 $\gamma_1=30^\circ$ 付近で、筋電位はやや低くなっている。これは手すりを引く場合に、 $\gamma_1=30^\circ$ 付近が筋肉の負担が少ないことを示しており、らせん形手すりでは $\gamma_1=25^\circ$ 付近となることから、現有的手すり位置 $\gamma_1=0^\circ$ よりも有効な角度と言える。図13(b)は、手首の角度 γ_2 と腕橈骨筋の筋電位の関係を示す。 $\gamma_2=30^\circ$ 付近より大きくなると、手首に無理な状態の握り角度になることを示している。らせん形手すりでは $\gamma_2=50^\circ$ 程度、波形手すりは $\gamma_2=60^\circ$ 程度であるが、らせん形手すりにおいては $\gamma_2=50^\circ$ 部分は使用しないため問題ないと言える。

図14(a)は、押す場合の手首の角度 γ_1 と円

回内筋の筋電位の関係を示している。 γ_1 が 30° より大きくなると、筋電位は高くなっており、手首に無理な状態の握り角度なることを示している。らせん形手すりの場合、降段時は $\gamma_1 = -15^\circ$ 程度であり無理のない握り角度である。図14(b)は押す場合の手首の角度 γ_2 と腕橈骨筋の筋電位の関係を示す。 $\gamma_2 = 60^\circ$ 付近より大きくなると、筋電位は高くなっており、手首に無理な状態の握りなることを示している。波形手すりの場合 $\gamma_2 = 60^\circ$ 以上で、これが波形手すり使用時の問題となっている。らせん形手すりの場合は $\gamma_2 = 50^\circ$ 程度であるので問題ない。

以上のように、らせん形手すりの角度は、握るときに腕に負担の少ない角度となっている。

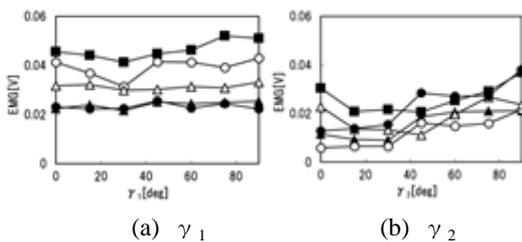


図13 引く場合の筋電位

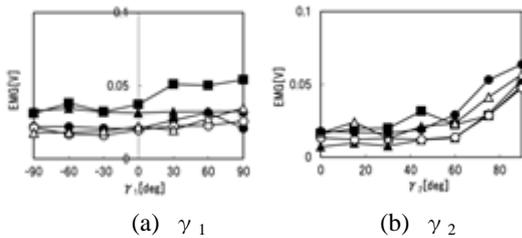


図14 押す場合の筋電位

3) 階段昇降実験

図15は、らせん形手すりを想定して三次元方向 γ_1 に設置した手すりを用いた階段昇降時の、手すりに作用する力 F および分力 F_x, F_y, F_z を示す。図15(a)より、 γ_1 が大きくなると、 F が増加しているのがわかる。また、個人差はあるが、 γ_1 が $20 \sim 30^\circ$ において F が最大になる傾向がある。一方、図15(b), (c), (d)を見ると、 F_y, F_z は F_x に比べて小さく、 F_x は図15(a)の F とほとんど同じ大きさとなっている。従って、この場合手すりは水平方向に引いて使用していることがわかる。これより、手すりを引いて使用する場合に、 γ_1 を $20 \sim 30^\circ$ に設定することで、大きな力で手すりを引くことができると言える。この結果から、らせん手すりは引いて使用する形状としては有効であり、大きな力で引きやすい形状と言える。

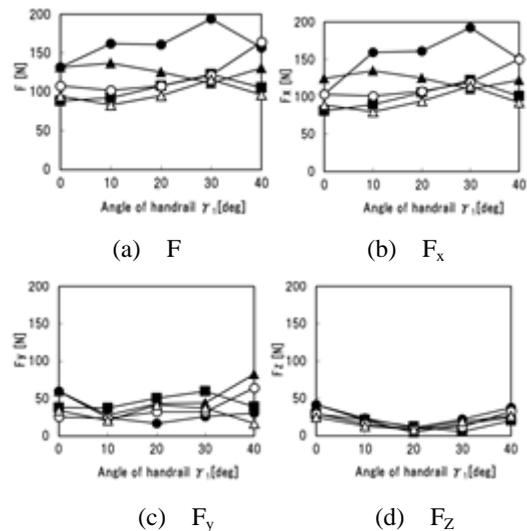
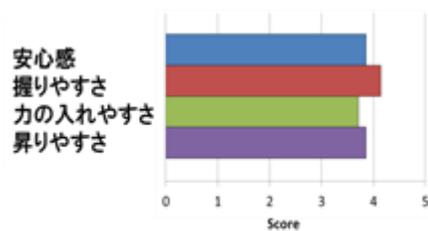


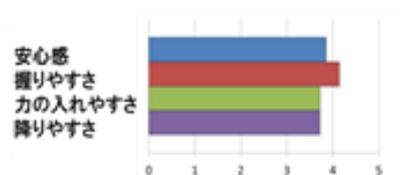
図15 三次元の握り角度と作用する力

4) 高齢者や身障者による検証

図1(b)のらせん形手すり付階段実験装置を、リハビリ病院にて実際に高齢者や身障者に使用してもらい検証を行った。7人の被験者の使用感を図16に示す。縦軸はそれぞれの評価項目、横軸を被験者の評価とし、1~5の五段階評価としている。一般形である直線形と比較しながら実験ができなかったこともあり、特別使いやすくも、使いにくくもないという意見が多かった。しかし、握りやすさにおいては直線形と比べ、握りやすいという評価が多く、らせん形手すりは握りやすい手すりと言える。



(a) 昇り



(b) 降り

図16 らせん形手すりの使用感

(3)まとめ

曲線形手すりとして、トイレに円形、階段用にらせん形手すりを開発し、その有用性について各種計測、実験を行った結果、これらの曲線形手すりは握りやすく、また体重をかけやすい形状であり、高齢者や身障者には有効な手すりと言える。

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)

[学会発表] (計 5 件)

- ①村里亮介, 福田孝之, 西口廣志, らせん状曲線形手すりの有効性, 日本機械学会九州学生会第 43 回卒業研究発表講演会, 2012 年 3 月 12 日, 佐世保工業高等専門学校
- ②福田孝之, 野田功太, 沖田義文, 西口廣志, らせん状曲線形手すりの解析, 日本機械学会 M&M2011 カンファレンス, 2011 年 7 月 18 日, 九州工業大学
- ③野田功太, 福田孝之, 西口廣志, らせん状曲線形手すりの開発, 日本機械学会九州学生会第 42 回卒業研究発表講演会, 2011 年 3 月 11 日, 大分工業高等専門学校
- ④福田孝之, 沖田義文, 西口廣志, 円形と L 形のトイレ用手すりの比較, 日本機械学会第 23 回バイオエンジニアリング講演会, 2011 年 1 月 8 日, 熊本大学
- ⑤福田孝之, 沖田義文, トイレ用円形手すりの効果, 日本機械学会第 22 回バイオエンジニアリング講演会, 2010 年 1 月 9 日, 岡山理科大学

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称: 手すり

発明者: 福田孝之, 沖田義文

権利者: 独立行政法人高等専門学校機構

種類: 特許

番号: 特願 2011-080009

出願年月日: 23 年 3 月 31 日

国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1)研究代表者

福田 孝之 (FUKUDA TAKAYUKI)

佐世保工業高等専門学校・機械工学科・教授

研究者番号: 10181273

(2)研究分担者 なし

(3)連携研究者 なし