

動作解析による回り階段用手すりのユニバーサルデザイン

Universal Design of Handrail for Spiral Staircases through Motion Analysis

横山 精光* ・ 隣 幸二**
Seiko Yokoyama Koji Tonari

住宅用回り階段において、赤外線カメラを用いた3次元動作解析と主観評価による一対比較から、従来より設置されている手すりとの比較検証を行い、高齢者だけでなく若年者にとっても昇降がしやすい、回り階段の内側に設置する縦型手すりを開発した。

ユニバーサルデザインに配慮して今回開発した回り階段の内側に設置する縦型手すりは、外側に設置する従来の手すりとの組合せにより、あらゆる人に推奨できる回り階段用手すりであることが明らかとなった。

A vertical handrail to be installed inside a residential spiral staircase has been proven effective for all age groups through a three-dimensional motion analysis with an infrared camera and subjective assessment by users, who compared a conventional hand rail and newly developed handrail.

Based on the concept of Universal Design, the vertical handrail installed inside a spiral staircase, in combination with conventional handrails installed outside, has been clarified as easy to use by people of all ages.

1. ま え が き

日本では、高齢化率（65歳以上の人口比率）が年々増加し、2005年には19.9%と20%が目前となり、高齢社会から超高齢社会に突入しようとしている¹⁾。そのような環境下で、これまで住建製品のユニバーサルデザインの多くは、高齢者などの弱者が使いやすいという観点を基本に進められてきた。しかしながら、ユニバーサルデザインの本来の趣旨は、「より多くの人が、より使いやすく」であり、高齢者などの生活弱者だけでなく若年者なども含めて、より広い範囲の生活者が使いやすい製品を設計することが本来求められる姿である（図1）。

筆者らは、住宅内の階段周囲におけるユニバーサルデザインを推進するにあたり、日本の住宅の階段の半数以上を占める回り階段を対象に新しい需要を喚起することもねらいとして、高齢者だけでなく若年者にも使いやすい新しい手すりを検討した。具体的には、回り階段について新型手すりを考案し、高齢者から若年者までの被験者を対象にして、赤外線カメラを用いた3次元動作解析と主観評価による一対比較を行い、従来の手すりとの比較検証を行った。その結果に基づいて、回り階段の内側に設置する新しい縦

型手すりを開発したので報告する。

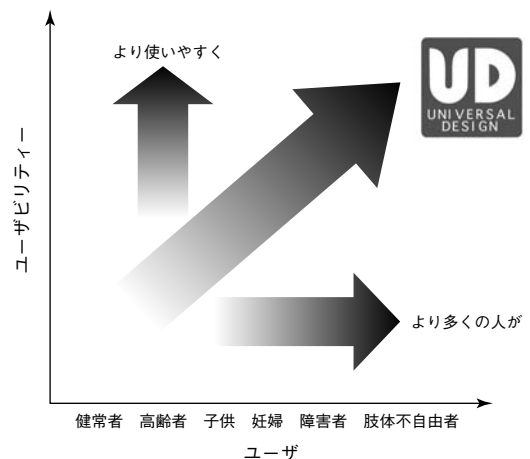


図1 ユニバーサルデザインの考え方

2. 住宅向け回り階段用手すり

2.1 従来の手すり

住宅内に設置される階段は、日本の住宅スペース上の制約から、約1坪の面積に回り形状で設置されている場合が

* 住建事業本部 住建総合技術センター General Technology Center, Building Products Manufacturing Business Unit

** 住建事業本部 内装システム事業部 Interior Furnishing and Systems Division, Building Products Manufacturing Business Unit

多い。そのほとんどは、図2に示すように180度回転するのに6段を要する形状となっている。平成12年の建築基準法改正により、高齢者などの弱者のために手すりを設置することが必須となった。従来の手すりの多くは、図2に示すように、階上から階下までを連続して、階段回りの外側に設置される（以下、外側手すり」と記す）のが一般的であり、すでに直線部と回り部のそれぞれにおいて最適な設置高さが示され²⁾、高齢者が昇降する際に効果があることが確認されている^{3)~5)}。

回り部の内側に手すりが設置されることはほとんどないが、とくに要望がある場合は、図2の外側に設置される手すりと同様に、図3のように階上から階下までほぼ連続して設置されている（以下、内側従来手すり」と記す）。

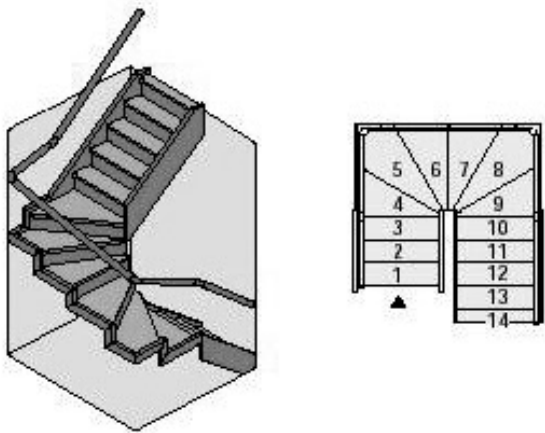


図2 住宅の回り階段と外側手すり

2.2 提案する新型手すり

筆者らは、若年者にも使いやすいように回り階段の内側に設置して、階段内側の短縮経路を軸回転で昇降できる縦型手すりを考案した。本手すりは、図4に示す上下2本の縦型の手すり（以下、内側新手すり」と記す）で構成される。高齢者などの弱者は、階段回り部の外側の比較的踏板の広い箇所をゆっくりと昇降するのに対して、若年者などは短縮経路をリズムよく昇降することが、本考案のアイデアへの参考となっている（図5）。



図4 内側新手すり

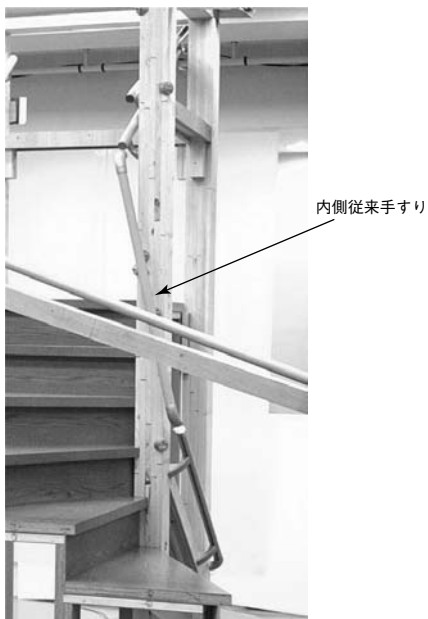


図3 内側従来手すり

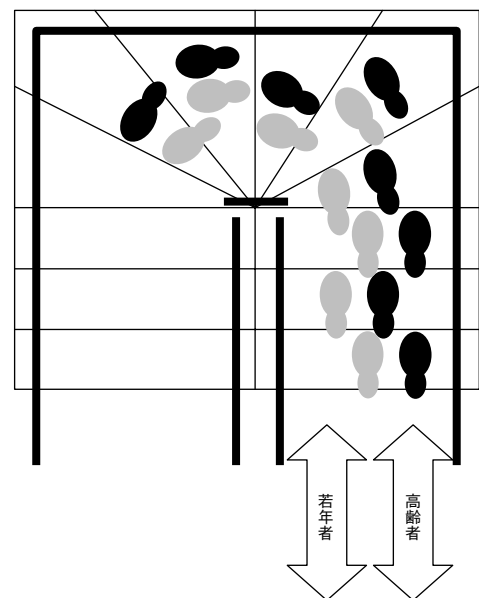


図5 回り階段の昇降経路

3. 新型手すりの比較評価

3.1 評価方法

3.1.1 主観評価

実物大の空間に、住宅の回り階段モデル（直線部2段+回り部6段+直線部2段の合計10段）を設置し、外側手すりを取り付ける（図6）。さらに、内側従来手すりと内側新手すりのそれぞれを交互に取り付けて被験者に昇降してもらい評価を実施する。評価対象者は①若年者として18～24歳の健康な男女大学生38名、②中間層として28～61歳の健康な男女27名、③高齢者として65～83歳の健康な男女13名の三つの階層に区分して行った。評価方法は一対比較アンケート法により、外側手すりと内側従来手すり、内側従来手すりと内側新手すりについて行う。事前に被験者に評価の内容を説明した上で、2回以上の試行の後に、図7に示すアンケートシートに記入してもらう。具体的には、「足元への注意」、「疲れやすさ」、「スムーズさ」、「安心感」、「体の引き上げやすさ」、「手すりのつかみやすさ」の六つの評価項目について、どちらが良いかまたは同じくらいかを、さらに総合的にみてどちらが良いかまたは同じくらいかを記入してもらう。

3.1.2 動作解析評価

動作解析評価は、主観評価を行った被験者のうち、18～24歳の健康な男女大学生17名と、健康な男女高齢者4名を対象に、階段の昇降中の様子を動画像で撮影して行った。そのうち、学生4名には体の所定位置にマークを付けて撮影した。撮影には赤外線カメラ（ViCON512 OXFORD METRICS 社製）を用い、動作分析ソフトウェア（OXFORD METRICS 社製 Work Station Ver.4.6）を用いて分析を行った。

4. 評価結果

4.1 主観評価結果

外側手すりと内側従来手すりについて一対比較を実施した結果、高齢者、中間層、若年者それぞれの階層で図8に示すような支持率になった。

図8からわかるように、高齢者と若年者では内側従来手すりよりも外側手すりの支持率が高い。さらに、「足元への注意」、「疲れやすさ」、「スムーズさ」、「安心感」、「体の引き上げやすさ」、「手すりのつかみやすさ」の六つの評価項目による一対比較結果を図9に示す。数値は外側手すりのほうが昇降しやすいと評価した人の割合を示しており、とくに「手すりのつかみやすさ」、「安心感」、「足元への注意」の3項目で、外側手すりのほうが支持されていることがわかる。

次に、同様にして内側従来手すりと内側新手すりについて一対比較を実施した結果、図10に示すように内側新手すりのほうが、すべての階層から高い支持を得た。とくに



図6 階段の評価用モデル

回り階段用手すり評価実験用記入票(内外比較 1/2)

(1)プロフィール

平成 年 月 日

お名前 _____ 年齢 _____ 才 _____ 性別 男 女

身長 _____ cm 体重 _____ kg

自宅の階段に手すりは _____ なし 内側 外側

自宅で階段を昇降する時の履物 _____ 裸足 靴下 スリッパ

体力的に気になっていること(足腰が弱くなったなど)

既往症(リウマチ、関節炎など):

(2)比較条件の説明

◆実験状態の確認

◆比較するそれぞれの条件の説明 → 靴下かスリッパ 外側手すり使用 と 内側従来手すり使用

◆2回昇降の説明 → 内側従来手すり使用 と 内側新手すり使用

(3)総合結果

対象条件選択 → 外側手すり使用 と 内側従来手すり使用

→ 内側従来手すり使用 と 内側新手すり使用

◆それぞれの昇降のうち、どちらが昇降しやすかったですか?

内側従来手すり使用の方が昇降しやすい 理由 _____

おなじくらい

外側手すり(内側新手すり)使用の方が昇降しやすい

(4)個別の評価(昇り)

◆昇りの場合、「足元への注意(気になる程度)」ではどちらが良かったでしょうか?

内側従来手すり使用の方が昇降しやすい コスト _____

おなじくらい

外側手すり(内側新手すり)使用の方が昇降しやすい

◆昇りの場合、「手すりのつかみやすさ」ではどちらが良かったでしょうか?

内側従来手すり使用の方が昇降しやすい コスト _____

おなじくらい

外側手すり(内側新手すり)使用の方が昇降しやすい

◆昇りの場合、「体の引き上げやすさ」ではどちらが良かったでしょうか?

内側従来手すり使用の方が昇降しやすい コスト _____

おなじくらい

外側手すり(内側新手すり)使用の方が昇降しやすい

図7 主観評価のアンケートシートの例

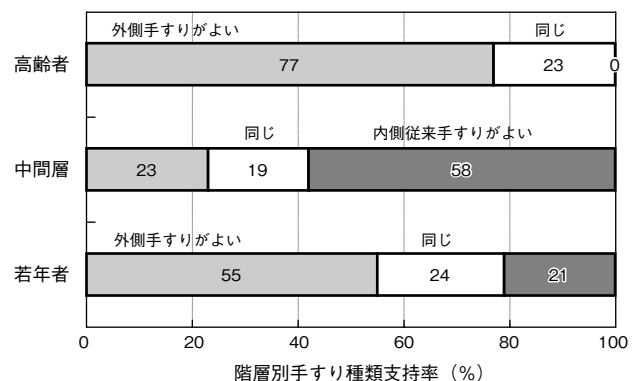


図8 外側手すりと内側従来手すりの一対比較結果

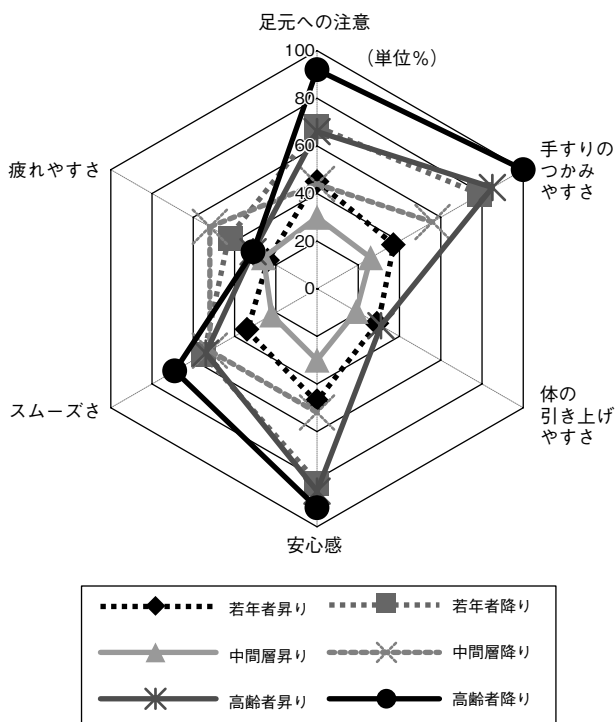


図9 評価項目別外側手すりと内側従来手すりの一対比較結果

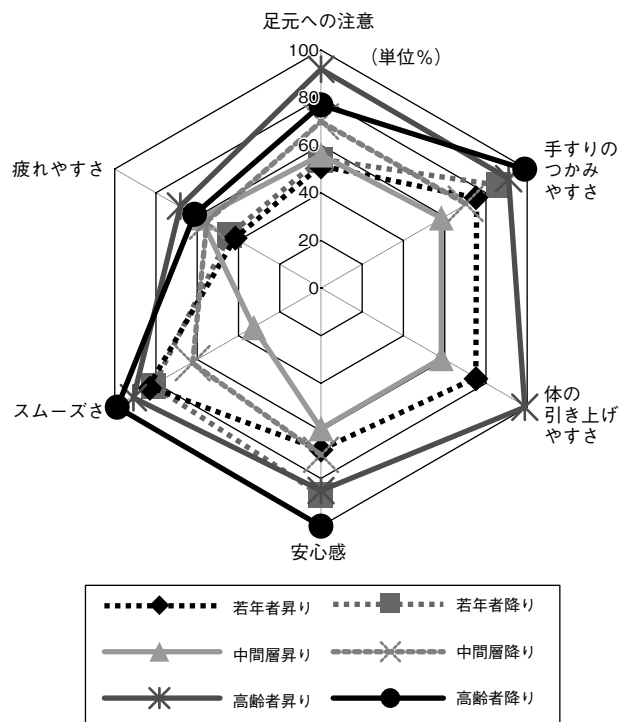


図11 評価項目別内側新手すりと内側従来手すりの一対比較結果

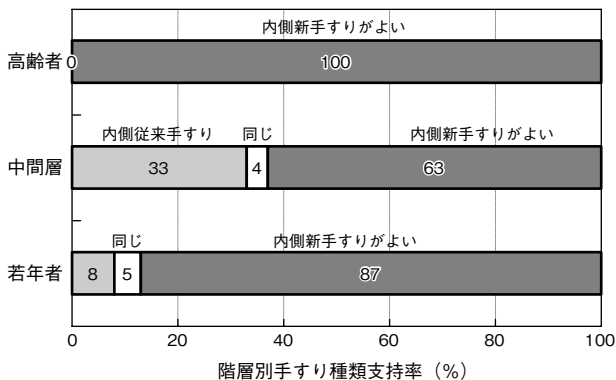


図10 内側従来手すりと内側新手すりの一対比較結果

高齢者と若年者で支持率が高くなっている。

さらに、六つの評価項目による一対比較では、前述の「手すりのつかみやすさ」、「安心感」、「足元への注意」に加えて、「体の引き上げやすさ」、「スムーズさ」の項目でも、内側新手すりは内側従来手すりよりも支持された。その結果を、図11に示す。より細かく支持率を見ると、「手すりのつかみやすさ」では若年者は82%、中間層は65%、高齢者は96%、「足元への注意」では若年者は53%、中間層は63%、高齢者は85%、「安心感」では若年者が83%、中間層は65%、高齢者は93%、「スムーズさ」では若年者は83%、中間層は48%、高齢者は96%、「体の引き上げやすさ」は若年者が76%、中間層は59%、高齢者は100%となっており、内側新手すりが高く評価されている。

4.2 動作解析評価結果

3次元動作分析により内側従来手すり使用時と内側新手すり使用時を比較した結果、とくに階段を降りる際に両者の違いが顕著に現われた。すなわち、内側従来手すりを使用する場合には手の甲を上側にしてつかみながら降りるのが主体になるのに対して、内側新手すりを使用する場合には手の甲を横にして軸回転しながら降りるため、体の回転がスムーズになることが明らかとなった。このような動作分析時には、動作分析ソフトウェアを用いて被験者の動作の時系列的な変化を人間の体を線で表すスティックピクチャという技法で図式化し、比較評価を行っている。スティックピクチャによる動作分析の一例を図12に示す。

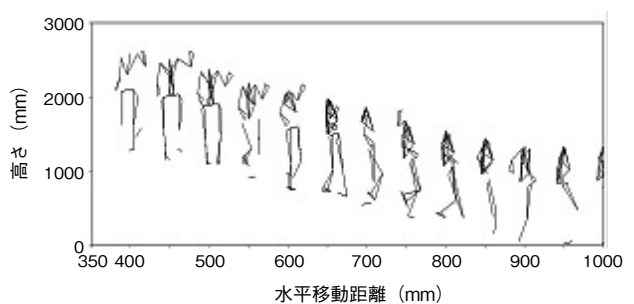


図12 スティックピクチャによる動作分析の一例

次に、被験者の手部と首後部（第7頸椎）の軌跡を比較した結果を、それぞれ図13と図14に示す。

まず、図13で手部の軌跡を見ると、内側従来手すりの

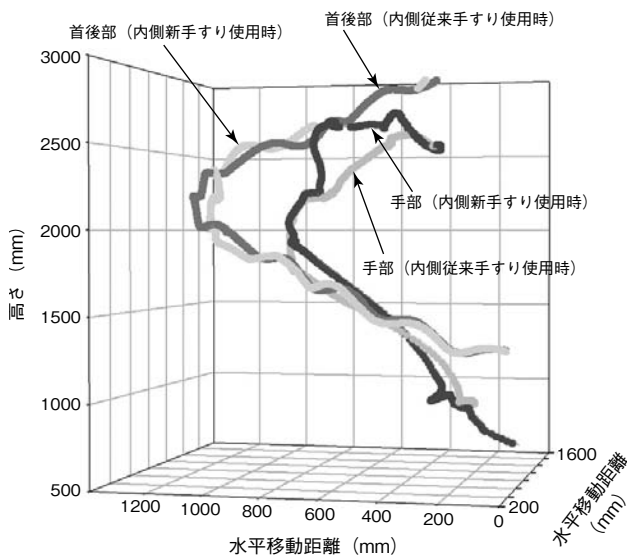


図13 階段を降りるときの軌跡（横から見た図）

場合は手が上から下になだらかに降りているのに対して、内側新手すりの場合は手が途中でいったん上昇してから降りていくのがわかる。これは、内側従来手すりの場合は手が体の近くで体と同じ位置関係を保ったまま降りているのに対して、内側新手すりの場合は降り始めてすぐに手を持ち替えて体の上方でしっかりと握りながら降りていることを表している。

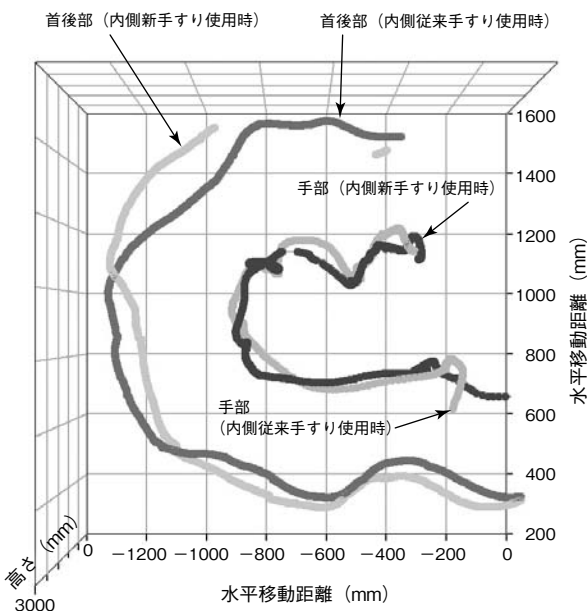


図14 階段を降りるときの軌跡（上から見た図）

次に、図14で首後部（第7頸椎）の軌跡を見ると、内側従来手すりの使用時に比べて、内側新手すりを使用すると総じて踏板の外側部分を歩き、回り中心部の踏板の狭い部分を降りていないことがわかる。高齢者からも前述の主

観評価において「内側を降りることは怖い」、「外側が安心して降りられる」などの意見があった。このことから本動作解析結果は、新型手すりを使用すると若年者も自然により安全な経路を歩いて階段を降りようになることを示唆していると考えられる。さらに、内側従来手すりを使用する場合には首後部の軌跡が階段の回転中心から出入りしながら降りているのに対して、内側新手すりを使用する場合には階段の回転中心を軸にして比較的滑らかな円を描きながら降りていることもわかった。

5. 考察と結論

5.1 主観評価結果について

外側手すりと内側従来手すりとの比較では、予想どおり外側手すりは高齢者から支持された。若年者の男女の昇降動作を観察していると、女性の場合は高齢者の昇降動作に近いことがわかった。今回の実験では、若年者は女性の比率が高かった（71%）ため、若年者の主観評価は高齢者の評価に近い結果となった。内側従来手すりは中間層の支持が高かった。これは中間層の被験者が上体（とくに腕）の力を多く使って昇降しているからと考えられる。

また、内側従来手すりとの比較では、内側新手すりは高齢者の全員から支持されたのははじめとして、中間層、若年層からも支持された。

5.2 動作解析結果について

動作解析によると、内側従来手すりとの比較では、内側新手すりの使用時の双方とも、階段の降り始めには、手の甲を上向きにして手すりを持っている。その後、内側従来手すりの場合には、途中で体が先行し、手すりを持つ手の向きが逆になりねじれている（図15）。内側従来手すりの主観評価の結果が悪いのは、これが原因と推測される。



図15 階段を降りるときの内側従来手すりの使用例

これに対して、内側新手すりの場合には、早い段階で手の向きを変えるために手すりをしっかりとつかむことがで

き、その結果として体が軸回転しながらリズムよく降りることができる。また、手すりを持つ手と体幹との距離も安定し、足元への注意が少なくすむことにより、昇降時の安心感が増している（図16）。



図16 階段を降りるときの内側新手すりの使用例

また、階段を昇るときには、内側従来手すりと内側新手すりの使用時の双方ともに手すりを持つ手が足よりも先行し、体を手によって引き上げながら昇ることがわかる（図17）。上腕の力のある男子学生などの若年者では、むしろこのほうが昇りやすいとの意見が多かった。



図17 階段を昇るときの内側新手すりの使用例

さらに高齢者の場合には、とくにコーナ部近辺では体と手すりの距離が遠くなることもあり、外側手すりのみをつかむのではなく、内側新手すりも併用して両方の手すりを持つことがより安定した姿勢確保につながる事がわかった（図18）。

5.3 つかみ位置と手すりの位置

内側新手すりは上下2本の縦型の手すりで構成されるが、この2本の手すりについて昇降時のつかみ位置を参考にし



図18 外内両方の手すりを使用する高齢者の昇降例

て製品の寸法と位置を決定している。

動作解析において、昇降時のつかみ位置を下側の手すりについては表1、上側の手すりについては表2に示す。表中の数字は階段モデルを設置する床面を基準にした高さを表している。

表1 内側新手すり（下側）のつかみ位置

	昇り		降り	
	握り始め	握り終り	握り始め	握り終り
平均	1796.4	1935.5	2106.4	1980.6
標準偏差	1121.1	177.4	126.2	148.2
最小値	1665.7	1691.1	1865.7	1629.7
最大値	2013.0	2267.8	2303.9	2183.9
範囲	347.3	576.7	554.2	554.2

(n=17, 単位: mm)

表2 内側新手すり（上側）のつかみ位置

	昇り		降り	
	握り始め	握り終り	握り始め	握り終り
平均	2416.7	2447.3	2618.8	2483.1
標準偏差	129.2	138.3	99.6	143.0
最小値	2207.6	2235.1	2400.7	2222.3
最大値	2704.2	2722.5	2802.8	2699.2
範囲	496.6	487.4	402.1	476.9

(n=17, 単位: mm)

この結果から、上下2本の手すりの長さや位置について検討し、床面を基準にして上側の手すりの位置は2288 mmから2719 mmの範囲、下側の手すりの位置は1084 mmから1633 mmの範囲を確保する必要があることがわかった。

6. あとがき

住宅内の階段周囲におけるユニバーサルデザインを推進するために、高齢者だけでなく若年者にも使いやすい回り階段の内側に設置する縦型手すりを考案し、高齢者から若年者までの被験者を対象にして、3次元動作解析評価と主観評価により従来の手すりとの比較検証を行った。その結果、縦型手すりでは体が軸回転しながらリズムよく降りることができることがわかった。また、手すりをしっかりとつかむことができるために、手すりを持つ手と体幹との距離が安定して足元への注意が少なくすみ昇降時の安心感が高まることもわかった。さらに、高齢者が昇降する場合には、とくにコーナ部近辺では外側手すりのみをつかむのではなく、内側手すりも併用して昇降することがより安定した姿勢確保につながることもわかった。

また、縦2本から成る新型手すりの取付位置とその長さについてもつかみ位置を分析した結果に基づき決定した。

以上の結果から、回り階段では従来の外側手すりとは今回開発した内側手すりの組合せが、若年者から高齢者にいたるすべての人に推奨できることが明らかになった。

このように製品の企画設計面に科学的評価を活用することは、ユニバーサルデザインのアプローチとしての基本と考えており、今後も住宅設備建材の各分野において、科学的な実証に基づいた製品企画設計提案を推進していく所存である。

なお、本研究において、3次元動作解析評価についてご指導いただいた県立広島大学 保健福祉学部 塩川 満久 講師に感謝の意を表します。

*参考文献

- 1) 国立社会保障・人口問題研究所；日本の将来推計人口－平成13年～62年（2002）
- 2) 長町 三生，市坪 誠，小松 孝二，三上 史明，大須賀 義裕，今村 恒一：「高齢者用手すりの人間工学的研究」，呉高等専門学校35周年学術論文集，Vol. 4, No. 1, p. 95-97（1993）
- 3) 今村 恒一，三上 史明，大須賀 義裕：「住宅における手すり効果に関する人間工学的検証」，松下電工技報，No. 69, p. 32-38（1999）
- 4) 塩川 満久，大塚 彰，上垣 百合子，長町 三生：「住宅階段昇降動作に関する考察（廻り階段の軌跡に着目して）」，人間工学，第37巻（2001）
- 5) Seikou Yokoyama, Mitsuo Nagamachi：Research and business related to an aging society at Matsushita Electric Works, The 5th International Conference of the International Society for Gerontechnology（2005）