

採用動作分析的螺旋梯扶手之通用設計

Universal Design of Handrail for Spiral Staircases through Motion Analysis

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

針對住宅用螺旋梯，使用紅外線攝影機，藉由三維動作分析與主觀評價成組配對比較，與傳統設置的扶手，進行比較驗證，以開發對高齡者及年輕人上下樓均很便利、裝設於螺旋梯內側的縱式扶手。

本次採用通用設計開發的螺旋梯內側之縱式扶手，與裝設在外側的傳統扶手搭配，已證明是可推薦給所有人的螺旋梯用扶手。

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. 前言

日本的高齡比率（65 歲以上之人口比率）逐年增加，由2005 年的19.9 %，增加到目前的20 %，似乎正由高齡社會，邁入超高齡社會¹⁾。在這種環境背景下，迄今有很多住宅建築產品的通用設計，均由方便高齡者等體弱者使用的觀點切入。但通用設計原來的宗旨，是「讓更多人，更方便使用」，除高齡者等體弱者之外，也包括年輕人在內，原本就應設計能為更廣範圍的民眾，提供更方便使用的產品（圖1）。

筆者等人為推動住宅內樓梯周邊的通用設計，針對占日本住宅樓梯半數以上的螺旋梯，以喚起新需求為目標，研究不僅適合高齡者，也便於年輕人使用的新型扶手。具體而言，是研究螺旋梯適用的新型扶手，受試對象囊括高齡者和年輕人，使用紅外線攝影機，透過三維動作分析與主觀評價分組成對比較，與傳統扶手比較驗證。據此結果，提出開發裝在螺旋梯內側的新型縱式扶手報告。

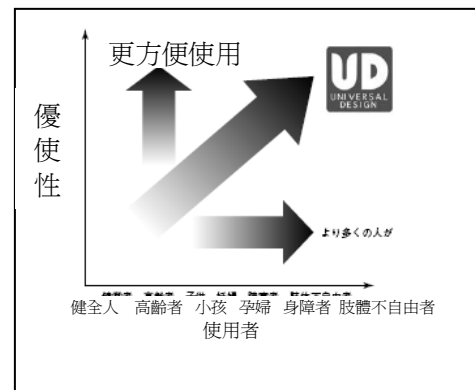


圖 1 通用設計概念

2. 住宅用螺旋梯用扶手

2.1 傳統扶手

日本住宅受限於空間，在住宅內裝設樓梯，以約佔 1 坪面積的螺旋形狀居多。其中大多屬於圖 2 所示，需要 6 階以便能 180 度迴轉的形狀。

* 住建事業本部 住建総合技術中心 General Technology Center, Building Products Manufacturing Business Unit

** 住建事業本部 内装系統事業部 Interior Furnishing and Systems Division, Building Products Manufacturing Business Unit

平成 12 (2000)年日本建築基準法修訂，必須設置高齡者等體弱者適用的扶手。傳統扶手多半如圖 2 所示，樓上到樓下一氣呵成，正常是設於樓梯周邊外側（以下稱為外側扶手），直線部與迴轉部已分別有最佳設置高度²⁾，對高齡者在上下樓之際的效果亦已獲確認^{3)~5)}。

在迴轉部幾乎內側均未設置扶手，在遇有特殊要求的情況，均與圖 2 裝於外側的扶手一樣，如圖 3 所示由樓上到樓下，大致呈連續設置（以下稱內側傳統扶手）。

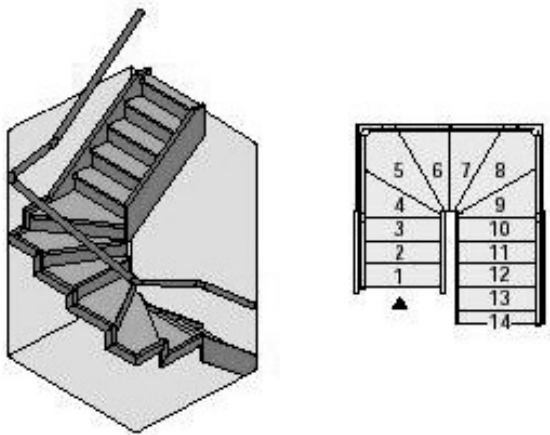


圖 2 住宅螺旋梯與外側扶手

2.2 提案之新型扶手

筆者等人研究在螺旋梯內側，設置也方便年輕人使用的扶手，以階梯內短縮路徑為軸迴轉，即可上下樓梯的縱式扶手。本扶手由如圖 4 所示的上下 2 根縱式扶手（以下稱內側新扶手）構成。高齡者等體弱人士，在樓梯迴轉部外側踏板較寬處勿容上下階梯，而，年輕人等可藉由短縮路徑，踩著良好節奏上下階梯，是本研究概念的參考點（圖 5）。



圖 4 內側新扶手



圖 3 內側傳統扶手

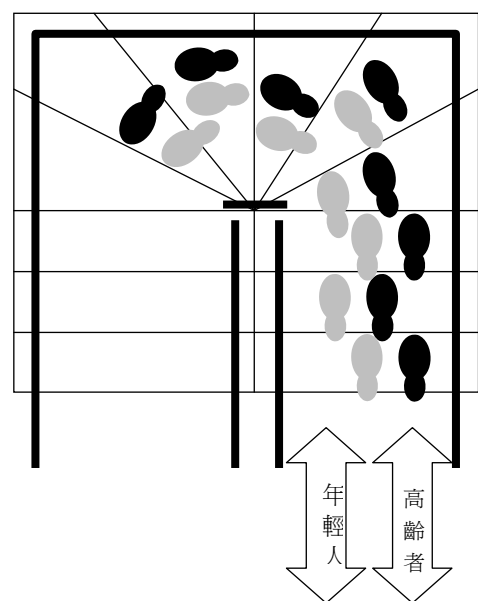


圖 5 螺旋梯的上下樓路

3. 新型扶手之比較評價

3.1 評價方法

3.1.1 主觀評價

在實物大小的空間中，設置住宅的螺旋梯模型（直線部 2 階+迴轉部 6 階+直線部 2 階，合計 10 階），安裝外側扶手（圖 6）。再分別交互裝設內側傳統扶手與內側新扶手，請受試者上下階梯進行評價。評價對象分成三個年齡群組進行，包括①年輕人群組 38 名，由 18~24 歲的健康男女大學生組成，②中間年齡群組 27 名，為 28~61 歲的健康男女性，③高齡群組 13 名，為 65~83 歲的健康男女性。評價方法使用分組成對比較問卷調查法，以外側扶手搭配內側傳統扶手，內側傳統扶手搭配內側新扶手分組進行。事先向受試者說明評價內容後，試行 2 次以上，再請受試者填寫如圖 7 所示的問卷調查表中。具體而言，針對「需注意腳下狀況」、「容易感到疲勞」、「流暢度」、「安心感」、「引體向上容易度」、「扶手易握持度」六個評價項目，評估何者較佳或一樣，再綜合評價何者較佳或一樣，請其填寫問卷。



圖 6 樓梯評價用

3.1.2 動作分析評價

動作分析評價係由主觀評價的受試者當中，以 17 名 18~24 歲的健康男女大學生，及 4 名健康男女高齡者為對象，拍攝其上下階梯的動態影像樣貌。其中，有 4 名學生是在身體的固定位置作記號拍攝。拍攝則使用紅外線攝影機（ViCON512 OXFORD METRICS 公司製），使用動作分析軟體（OXFORD METRICS 社製 Work Station Ver.4.6）分析。

4. 評價結果

4.1 主觀評價結果

外側扶手與內側傳統扶手成對比較結果，高齡者、中間層、年輕人各群組支持率如圖 8 所示。由圖 8 可看出，高齡者與年輕人對外側扶手的支持率，比內側傳統扶手為高。再進一步針對「需注意腳下狀況」、「容易感到疲勞」、「流暢度」、「安心感」、「引體向上容易度」、「扶手易握持度」六個評價項目分組成對比較，結果如圖 9 所示。數據是外側扶手獲評為較易上下階梯者所佔比例，尤其是「扶手易握持度」、「安心感」、「需注意腳下狀況」3 項目中，可看到外側扶手較受到支持。其次，同樣針對內側傳統扶手與內側新扶手進行成對比較，結果如圖 10 所示，內側新扶手在所有群組，均獲得支持。尤其是在高齡者與年輕人中的支持率變高。

再者，於六個評價項目的分組成對比較中，在前述的「扶手易握持度」、「安心感」、「需注意腳下狀況」之外，再加上「引體向上容易度」、「流暢度」的項目，內側新扶手也比內側傳統扶手獲得較大支持度。

圖 7 主觀評價問卷範例

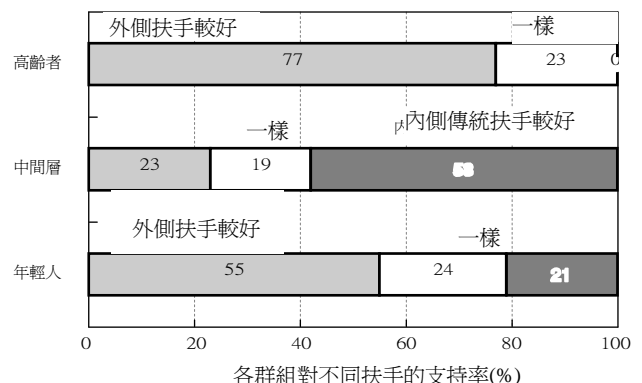


圖 8 外側扶手與內側傳統扶手分組成對比較

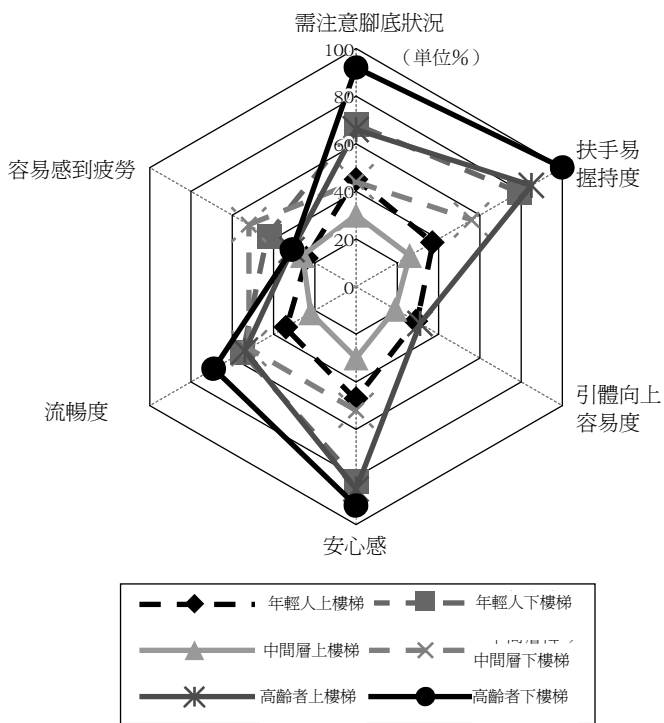


圖 9 外側扶手與內側傳統扶手依評鑑項目分組成

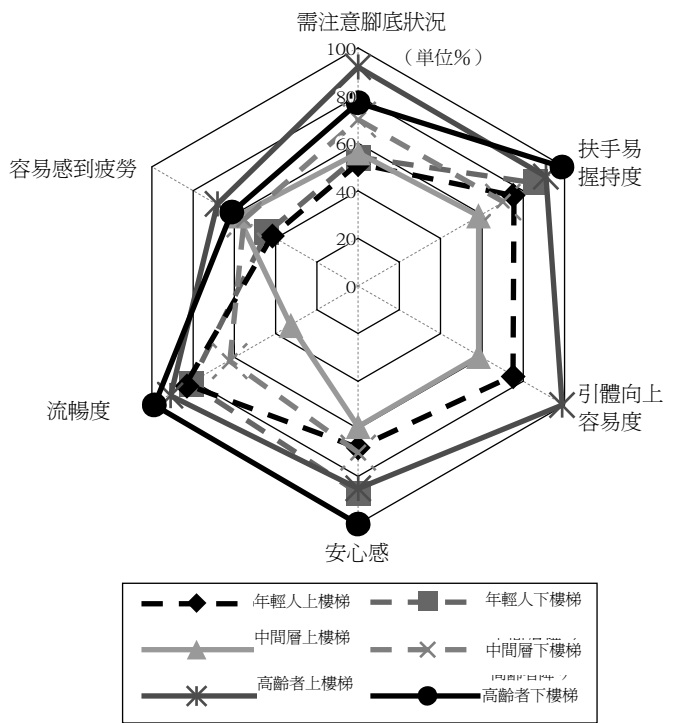


圖 11 內側新扶手與內側傳統扶手依評鑑項目分組成

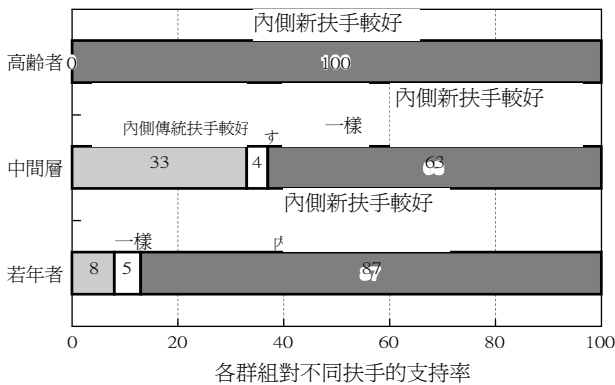


圖 10 內側傳統扶手與內側新扶手分組成對比較結果

其結果如圖 11 所示。進一步觀察支持率的內容，在「扶手易握持度」方面，年輕人佔 82 %、中間層佔 65 %、高齡者佔 96 %，「需注意腳下狀況」方面，年輕人佔 53 %、中間層佔 63 %、高齡者佔 85 %，「安心感」方面，年輕人佔 83 %、中間層佔 65 %、高齡者佔 93 %，「流暢度」方面，年輕人佔 83 %、中間層佔 48 %、高齡者佔 96 %，「引體向上容易度」方面，年輕人佔 76 %、中間層佔 59 %、高齡者佔 100 %，內側新扶手獲得高評價。

4.2 動作分析評價結果

根據三維動作分析，比較使用內側傳統扶手與使用內側新扶手的結果，尤其是在上下階梯之際，兩者差異相當明顯。亦即，使用內側傳統扶手，主要是手背朝上抓住下階梯，而使用內側新扶手時，是將手背轉橫，繞軸迴轉下階梯，因此，身體迴轉明顯變得有節奏。在分析此動作時，係使用動作分析軟體，將受試者的動作依時間序列變化，利用將人體以線條表示的線形畫(stick picture)技法圖化，進行比較評價。以線形畫進行動作分析範例如圖 12 所示。其次，針對受試者手部與腦後部（第 7 頸椎）的軌跡比較結果，分別如圖 13 與圖 14 所示。首先看圖 13 的手部軌跡，可看

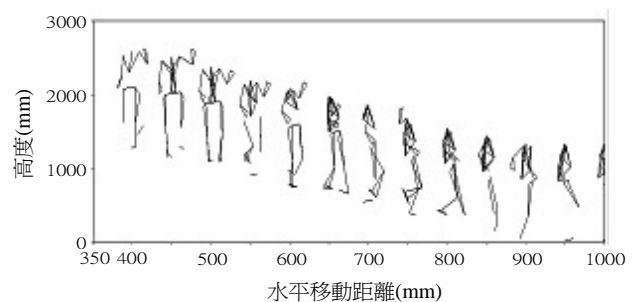


圖 12 利用 stick picture 之動作分析範例

針對受試者手部與腦後部（第 7 頸椎）的軌跡比較結果，分別如圖 13 與圖 14 所示。首先看圖 13 的手部軌跡，可看

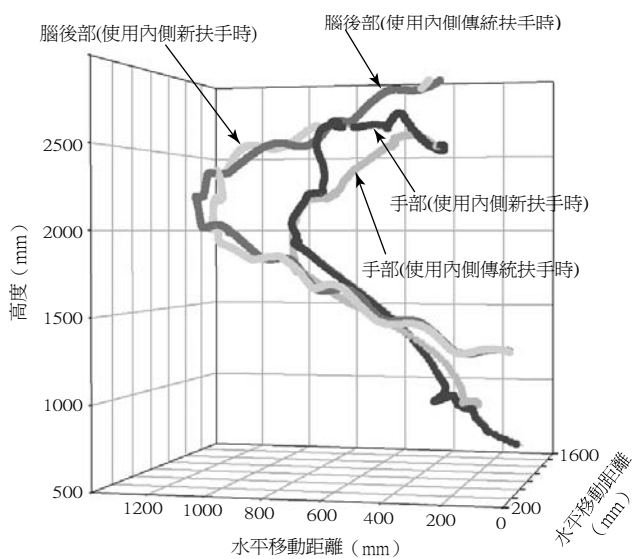


圖 13 下樓軌跡(側視圖)

到內側傳統扶手的情況，手是流暢由上往下降，而內側新扶手是手在中間突然上升後下降。圖中可看出，使用內側傳統扶手下樓，手是維持在身體附近相同的位置，而內側新扶手是在下樓一開始，手立即換到身體上方，以確實支撐的方式下樓。

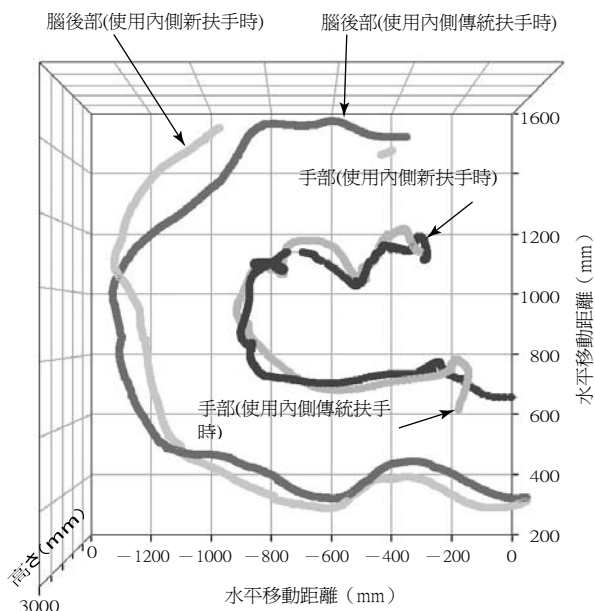


圖 14 下樓軌跡(俯視圖)

其次，圖 14 中可看到腦後部（第 7 頸椎）的軌跡，與使用內側傳統扶手時比較，可知使用內側新扶手，整體上是踩在踏板外側部分，並非由迴轉中心部的狹窄踏板部分下樓。

也有高齡者在前述的主觀評價中提出「由內側下樓感覺很恐怖」，「由外側下樓較安心」等意見。根據本動作分析結果，可知使用新型扶手，甚至連年輕人，也能自然踩著更為安全的路徑下階梯。再者，使用內側傳統扶手下樓時，腦後部的軌跡會進出樓梯迴轉中心，而使用內側新扶手下樓時，可看到是以樓梯的迴轉中心為軸，畫出較滑順的圓形。

5. 結論與探討

5.1 主觀評價結果

在比較外側扶手與內側傳統扶手中，如預期所料，外側扶手受到高齡者的支持。觀察年輕男女的上下樓動作，可發現女性的情況較近似高齡者的上下樓動作。在本次的實驗中，年輕女性的比率偏高（71%），因此，年輕人的主觀評價結果，與高齡者的評價相近。內側傳統扶手則是中間層的支持率較高。這可能是因為中間層受試者，大都使用上半身（尤其是手腕）力道上下樓。此外，在內側傳統扶手與內側新扶手之比較中，內側新扶手首度獲得高齡者全員的支持，而中間層、年輕群組的支持度也很高。

5.2 動作分析結果

根據動作分析，使用內側傳統扶手與內側新扶手時，兩者均是在一開始下階梯時，手背向上握住扶手。之後，內側傳統扶手是在半途由身體先行，握住扶手的手翻轉（圖 15）。內側傳統扶手的主觀評價結果不佳，可能是該原因所致。



圖 15 下樓時使用內側傳統扶手例

而對照之下，內側新扶手是在往下階梯之前，即改變手的方向，可以穩穩抓住扶手，使身體當成

軸心迴轉，即可順利下階梯。此外，握住扶手的手與軀幹之間也保持穩定距離，不需太注意腳下的狀況，因此，上下階梯的安心感也增加（圖 16）。



圖 16 下樓時使用內側新扶手例

另外，上階梯時，使用內側傳統扶手與內側新扶手時，可看到兩者均是握住扶手的手，先於腳伸出，利用手支撐身體向上以便上階梯（圖 17）。上腕力道足夠的男學生等年輕人，在此自然多半表示上樓容易的意見。



圖 17 上樓時使用內側新扶手例

而高齡者的情況，可看到尤其是在迴轉角落部附近，身體和扶手的距離變得較遠，不僅要抓住外側扶手，也要併用內側新扶手，握住兩邊的扶手以確保穩定姿勢（圖 18）。

5.3 抓握位置與扶手位置

內側新扶手是由上下2根縱式扶手構成，但這2根扶手的尺寸與位置，係參考上下階梯時的抓握位置決定。



圖 18 高齡者使用內外兩邊扶手下樓例

於動作分析中，上下階梯時的抓握位置於下方扶手如表 1 所示，於上方扶手如表 2 所示。表中數字表示設置樓梯模型的地板基準之高度。

表 1 內側新扶手(下方) 抓握位置

	上樓		下樓	
	開始抓握	結束抓握	開始抓握	結束抓握
平均值	1796.4	1935.5	2106.4	1980.6
標準差	1121.1	177.4	126.2	148.2
最小值	1665.7	1691.1	1865.7	1629.7
最大值	2013.0	2267.8	2303.9	2183.9
範圍	347.3	576.7	554.2	554.2

(n=17, 單位: mm)

表 2 內側新扶手(上方)抓握位置

	上樓		下樓	
	開始抓握	結束抓握	開始抓握	結束抓握
平均值	2416.7	2447.3	2618.8	2483.1
標準差	129.2	138.3	99.6	143.0
最小值	2207.6	2235.1	2400.7	2222.3
最大值	2704.2	2722.5	2802.8	2699.2
範圍	496.6	487.4	402.1	476.9

(n=17, 單位: mm)

據此結果，研究上下 2 根扶手的長度與位置，得知以地面為基準，上方扶手的位置必須確保在 2288mm 到 2719 mm 的範圍，下方扶手的位置則必須在 1084mm 到 1633 mm 的範圍。

6. 後記

為推動住宅內樓梯周邊的通用設計，研究不僅適合高齡者使用，也方便年輕人使用的裝設於螺旋梯內側的縱式新扶手，受試者對象囊括高齡者和年輕人，藉由三維動作分析評價與主觀評價，和傳統扶手進行比較驗證。結果得知使用縱式新扶手，以身體為軸心迴轉，即可順暢下樓。此外，由於可確實抓住扶手，因此，握住扶手的手與軀幹之間的距離穩定，不太需要注意腳下狀況，在轉角上下階梯時，安心感升高。而且，已知高齡者在上下樓時，尤其是在迴轉部附近，可不光是抓住外側扶手，同時併用內側新扶手上下階梯，確保姿勢更為穩定。此外，2根縱式新型扶手安裝位置與長度，也是根據抓握位置分析的結果決定。根據以上結果清楚可知，在螺旋梯搭配傳統外側扶手與本次所開發的內側新扶手，適合推薦給包括年輕群組與高齡者在內的所有年齡層人士。此產品在企劃設計面，運用科學評價作為通用設計分析的基礎，今後在住宅設備建材的各領域中，我們也將秉持科學實證基礎，推動產品企劃設計提案。

在此並向縣立廣島大學保健福祉學部的塩川 滿久講師，就本研究中的三維動作分析評價惠予提供指導，致上謝忱。

※參考文獻

- 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」，吳高等専門学校 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 滿久，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卷（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）