

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 26 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350084

研究課題名(和文) 居住形態の変容からみた身体周囲のアキ寸法の動的計測と可視化に関する研究

研究課題名(英文) Study on the dynamic measurement and visualization of clearance dimensions around the human body from the viewpoint of the change of resident status

研究代表者

若井 正一 (WAKAI, Shoichi)

日本大学・工学部・名誉教授

研究者番号：90120592

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題は、これまで建築やインテリアの設計計画分野において多くの研究者や設計者からその必要性が指摘されながらほとんど計測されてこなかった目的行為を完遂するために身体周囲に構成される対人・対物の非接触の空間的領域である「アキ寸法」に着目して、多様な身体動作の場を対象に3次元動作解析システムによる動的な身体計測を行って、各種設計計画のための有用な計測データとして体系的にまとめたものである。特に、本研究の成果は、3次元BIM (Building Information Model) に展開することを目的に、可視化したデジタルデータとすることを試行して、広く一般に情報公開するものである。

研究成果の概要(英文)：This study focuses on the clearance dimensions based on the non-contact spatial area or the body movement, which a person composes consciously or unconsciously around his body by natural movement to complete his own purposes and aims in daily life. The purpose is clarification of the dimensional characteristics on the basis of concrete measurements, and discussion is made from the point of view of architectural ergonomics. Then, for the Clearance Dimension, dynamic human body measurement by a three-dimensional operation analysis system was performed for the scene of various body operations, and it collected systematically as digital data useful for various design plans. Furthermore, the result of this research tried considering it as the visualized data corresponding to the future design plan field within the limit of progress developing to remarkable three-dimensional BIM (Building Information Model). From now on, the result obtained by this research is due to be carried out widely.

研究分野：建築計画・人間工学・インテリアデザイン

キーワード：人体測定 身体周囲 アキ寸法 人体動作寸法 動的計測 可視化 居住形態 インテリア

1. 研究開始当初の背景

本研究課題で着想した身体周囲に必要な「アキ寸法」に関わる研究開始当初の背景を国内外に俯瞰すると、次のとおりである。

従来、身体周囲に必要な空間的なアキ寸法の判断は、身体動作時に構成される付加寸法に関する具体的な計測資料やその体系的な概念の不足から自ずと設計者の経験や勘に頼ることとなり、目的行為に適応しない設計諸寸法が策定されることも稀ではなかった。それは、建築、室内、設備などの設計寸法を意図して提供される身体計測値が、静的な骨計測の域をなかなか脱皮できなかったことにも起因する。その後、身体計測の手法は、自然な動作を阻害しない新たな計測器具類の導入により、動的な身体条件による計測値の採寸が可能となり、「静的な身体計測から動的な身体計測」へと急速に進展した。このような状況を背景にして 1970 年代には、日本人間工学会ではマルチンの人類学教程(1928)に準拠して「生体計測の標準化に関する報告書」がまとめられた。さらに、建築学の研究分野では、1981年に日本建築学会・建築計画本委員会の中に「建築人間工学小委員会」が発足して、身体の動的条件を加味した多様な実験研究や事例研究が顕著となった。

本研究テーマを特定するに至った端緒は、昭和 40 年代後半に始まった日本建築学会の建築設計資料集成(改訂版)の編纂作業からである。その「単位空間(当初は要素空間と称していた)」の前段において人間工学関連資料(当時、まだ建築人間工学という言葉がなかった)の編纂作業において、広範な分野に散逸していた建築設計計画に有用な人間工学系資料の蒐集が実施された。その過程の中で、人間工学の基礎資料となる身体計測値は、旧文部省の学校保健統計による児童・生徒の身体計測値を除き、一般成人、高齢者、身障者などの身体寸法の不足や、藤井厚二・横山尊雄らの「日本人に対する建築諸設備の寸法的研究 1~11(日本建築学会・建築学研究、1935~1938)」以来、補完されることがなかった着衣による身体周囲の増加寸法や個人差などの扱い、さらにそれらの寸法体系基準の策定など、多くの問題点が指摘された。また、身体動作特性に関する資料では、多様な生活場面において手足や歩行などの動作を伴う寸法をいかにデータ化して体系的に扱うかが検討課題であった。(図1)

これに対して、本研究課題に関連する海外の研究動向には、身体寸法や動作寸法を建築設計データ集として扱ったものに、ドイツの E. Neufert による「建築設計大事典」(初版 1936)が上げられる。同書は、初版以来、再版を重ねながら今日に至っており、我が国の建築設計資料集成の編纂に大きな影響を与えた文献である。一方、アメリカでは、Henry Dreyfuss Associates によって様々な体位の違いに対応する身体計測値の資料として「Human scale」(1974)がまとめられた。

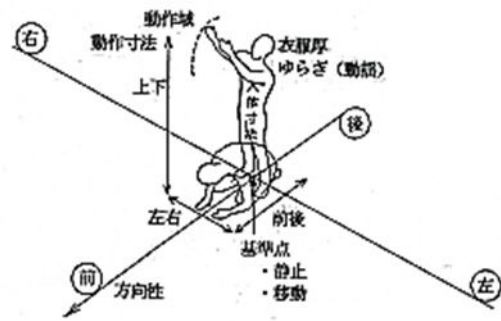


図1 身体周囲の方位性と動的計測の考え方

この「Human Scale」が発表されてまもなく、さらに建築的な身体計測資料集成として、「HUMAN DIMENSION AND INTERIOR SPACE」(1979)が、アメリカ建築家協会に所属する J. Panero と M. Zelnik によって発表された。その後、Henry Dreyfuss Associates は、「THE MEASURE OF MAN AND WOMAN」(1993)を発表しているが、いずれも体位の違いをデザインの分野に幅広く適応させようとする共通点が見られる。これに対して、英国では、環境省(Department of Environment)が発行する「Design Bulletin」シリーズの中で、主に住宅設計を意図した身体寸法や動作スペースを発表してきた。英国環境省の建築顧問であった Selwyn Goldsmith が、著書「Designing for the disabled」(1963)の中で発表した身障者や高齢者の身体計測値は、当該分野の先駆的な計測データとして特筆される。

これらの国内外における研究を踏まえて、本研究課題では、多様な目的行為を完遂するために身体周囲に構成される非接触の空間的領域である「アキ寸法」を特定するために、具体的な日常生活場面を対象にして実験的に3次元動作解析システムによる計測を行い、当該計測値の体系化を図るとともに、情報化に対応する諸データの可視化を試行した。

2. 研究の目的

本研究課題「居住形態の変容からみた身体周囲のアキ寸法の動的計測と可視化に関する研究」の目的は、これまで建築、インテリアなどの設計計画分野において、当該研究者や設計者からその必要性が指摘されながらほとんど計測されてこなかった目的行為を完遂するために身体周囲に必要な対人・対物の非接触の空間的領域である「アキ寸法」に着目して、多様な身体動作を伴う生活場面を対象に3次元動作解析システムによる動的な身体計測を行い、各種設計計画のための有用な計測データとして体系的にまとめることである。特に、本研究における成果は、情報通信技術の進展が著しい建築や室内設計の3次元 BIM (Building Information Model) にも展開できるように、多様な日常生活場面に対応する体系的なデジタルデータとして可視化し、広く一般に公開して情報提供することを試行するものである。

3. 研究の方法

本研究課題の実施期間は、平成 25 年度から平成 27 年度までの 3 力年度で、その研究方法と到達目標は、下記のとおりである。

平成 25 年度は、本研究の初年度として、身体動作寸法を計測する既往の測定機器類を整備するとともに新たに導入した 3 次元動作解析システム（㈱ディケイエイチ製）を活用して、日常生活行為を想定した身体動作寸法の計測を試みる。また、既往研究でまとめた身体の 24 の基本姿勢や日常生活動作の応用動作などを勘案して身体動作に必要な機能寸法を加味した新たな動作空間の概念による既往研究を活用する。従来動作空間の概念は、具体的な手引きが確立しないままに基本的な考え方だけが示されたため、身体動作寸法や各部寸法の判断は、曖昧なままに大半を設計者に委ねることとなった。また、身体動作寸法を構成する概念として、これまでは、「身体寸法または動作寸法」+「モノの寸法」+「ゆとり（余裕）寸法」であるとされたが、従来の「ゆとり寸法」と、本研究課題で指摘する身体周囲の「アキ寸法」との解釈の違いなどを改めて明確化する。

平成 26 年度は、前年度の成果を踏まえて、多様な日常生活場面を対象にして身体動作に必要なアキ寸法の計測値を体系的にまとめる。特に、体格の違いによる身体的差異とともに、男女による差異、年齢による差異、運動能力による差異などを加味して実験的に検討する。また、身体周囲に必要な「アキ寸法」は、空間的な把握が必要なことから、これまでに計測された 2 次元の動作寸法を 3 次元の空間寸法に展開するとともに、それらの計測値のデジタルデータ化を試行する。

最終年度の平成 27 年度は、前年度までに集積された身体周囲に必要な「アキ寸法」の計測値を体系的なデータ化を試行して、建築、室内、設備設計などに有用な計測資料としてまとめる。さらに、本研究成果は、情報通信技術を活用した当該分野の実務設計の現場に広く提供するとともに、進展が著しい建築分野の 3 次元 BIM などとの適合性を検討して実践的な応用に向けたデータ化を試行する。

4. 研究成果

本研究の学術的な特色は、前述のように、これまで多くの研究者や設計者からその必要性が指摘されながらほとんど計測されてこなかった身体周囲に必要な「アキ寸法」という空白部分に焦点を当て、具体的に計測することにある。その多様な生活場面における計測値を体系的にデジタルデータ化することは、設計者の経験や勘に頼ることが多かった建築設計計画の分野に、これまでにない情報通信技術を活用した有用な人間工学的なデータベースを構築することになる。その成果は、建築人間工学分野における計測資料に限定することなく、情報化の進展が著しい建築やインテリアなどの実務設計に適用で

きるように、汎用性の高いデジタルデータとして、一般に情報提供することを目指した。なお、本研究の身体周囲に必要な「アキ寸法」の計測と体系化は、研究代表者が主査をしていた日本建築学会・建築計画委員会建築人間工学小委員会や、独立行政法人・建築研究所が推進するユニバーサルデザイン関連の研究グループとも連携してきた。その成果は、建築、室内、設備などの設計分野に向けて、これまで類例がない「人間を中心としたデザイン・マニュアル」の構築に向けて、可視化したデータ・マニュアルとして体系的にまとめたものである。（図 2）

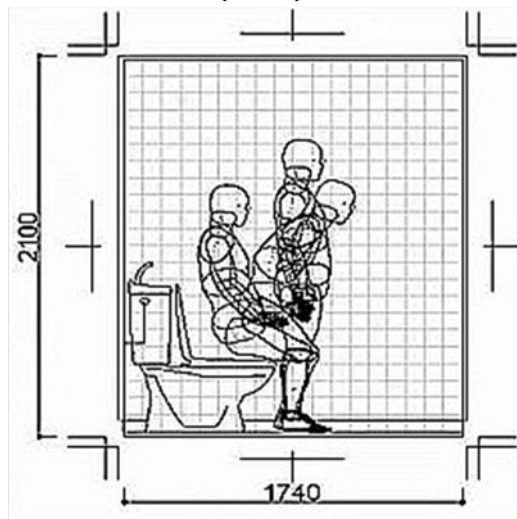


図 2 動的な身体計測の事例（抜粋：単位 mm）

研究対象年度（平成 25 年度～平成 27 年度）の研究成果の概要は、次のとおりである。

(1) 平成 25 年度の研究成果の概要

本研究課題の初年度として、下記の手順で計測手法を整備して、多様な日常生活場面を対象に、身体動作に必要なアキ寸法の計測を行い、そのデジタルデータの体系化と可視化を試行した。

既往の関連研究では、日常生活動作から抽出した 24 ポーズの基本姿勢をもとにして、身体周囲に必要な「空き」の寸法を配慮した新たな「複合動作空間」を提案して体系化を試行した。しかしながら、この複合動作空間の考え方は、実務設計への展開が不明確なままに基本的な考え方だけが示されたために、身体動作寸法の判断がやや曖昧であり、大半を設計者に委ねることとなった。また、動作空間の概念として説明されている寸法構成は、「身体寸法または動作寸法」+「モノの寸法」+「ゆとり寸法」であるとしているが、この「ゆとり寸法」を設計に展開する具体的な指針がないので、これらを改めて整理して新たな計測手法を策定した。

前項でまとめた主要な日常生活動作を対象に、平成 25 年度に新たに導入した 3 次元動作解析システム（㈱ディケイエイチ製）を活用して多様な身体動作寸法の 3 次元計測を試行した。

当該目的行為を遂行するために身体周囲に必要なアキ寸法の有用性を確認するため、建築分野の実務設計者を対象に設計寸法に関するヒアリングおよびアンケート調査を実施した。その調査結果をもとに、身体周囲に構成される「アキ寸法」のニーズや、設計現場における問題点などを深耕した。

本研究の遂行にあたっては、研究補助者として研究代表者が指導する大学院生（博士前期課程7名）および研究生が本研究課題に直接・間接に尽力した。同様に、当該研究室に所属する卒業研究生（15名）が、本実験の被験者として協力したことを付記する。

前項の研究体制を最大限に活用し、学内にある建築計画系の実験室を本研究課題に対応するようにスペーススタディ用の人間工学系実験室として整備した。その実験室では、本研究期間中に被験者の身体測定や動作寸法等の収録ができる「動的計測」に向けた実験の体制を整えることができた。

(2) 平成 26 年度の研究成果の概要

前年度の成果を踏まえて、多様な日常生活場面を対象にして身体周囲に必要なアキ寸法の計測を実施した。特に、当該年度は、被験者の属性による違いや個人差などに注目して計測を進めた。

被験者の属性による違いを検証するために、体格の大小による身体的な差異とともに男女による差異、年齢による差異、運動能力による差異などを実験的に比較検討した。

身体周囲に必要なアキ寸法は、身体を基軸にして3次元の方向性（前後、左右、上下）があることから、それらの計測値の空間的な把握と計測したデジタルデータの体系化を試行した。

前項の計測値を具体的な設計寸法へ適用するために、日常生活場面を想定した多様なシナリオをもとに複合動作空間を設定して、実務設計への展開の可能性を検討した。

(3) 平成 27 年度の研究成果の概要

最終年度は、日常生活場面における行為者の身体周囲に必要なアキ寸法の計測値を体系化するとともに、そのデジタル化とデータベースの構築を試行した。

前年度及び前々年度に計測した計測データの見直しと補足実験を行い、計測値の体系化とともに、本研究で得られた成果の関係をフローにして総合的にまとめた。（図3）

当該計測値は、建築やインテリアの分野における実務設計に応用するために、可視化したデジタルデータベースを作成して、情報通信技術を活用した3次元CADや建築系BIMとの適用の可能性を検証した。

本研究課題で得られた身体周囲に必要なアキ寸法の計測データは、これまでに類例がない人間を中心としたデザイン・マニュアルとして、建築・インテリア・設備設計などの分野に向けて情報公開する所存である。

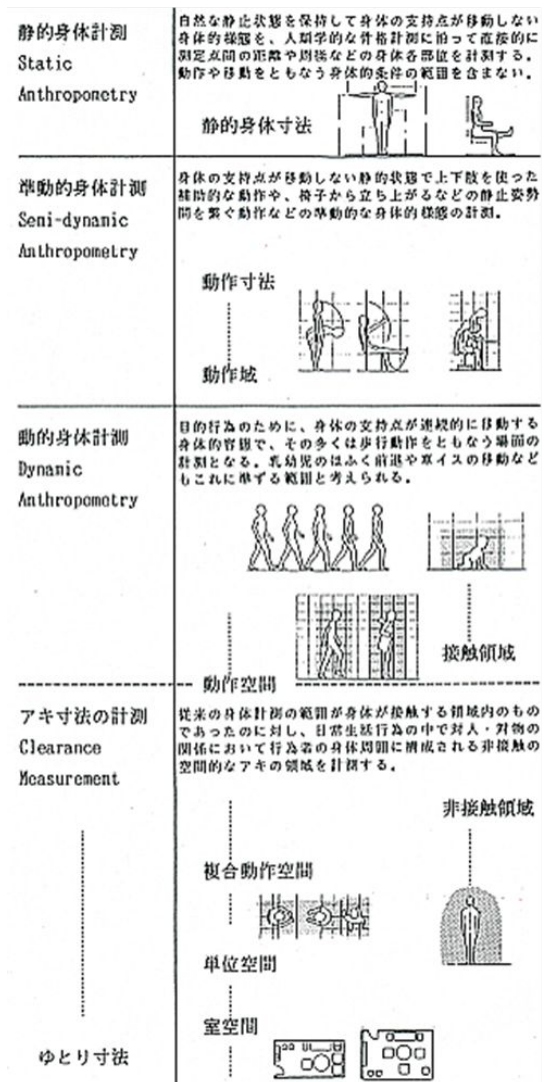


図3 静的身体計測からアキ寸法への流れ

(4) 身体周囲に必要なアキ寸法の計測事例

本研究では、多様な日常生活場面を対象に身体周囲に構成されるアキ寸法を計測したが、具体的な事例（抜粋）を以下に示す。

歩行時のくぐり高さと頭上のアキ寸法

本事例は、平坦路、斜路、階段の歩行場面を対象に、歩行者が頭上に設置された梁下を通過する際に必要なくぐり高さ（下限値）と頭上のアキ寸法を実験的に計測して、その動作特性などを比較検討したものである。

平坦路・斜路・階段における実験方法

平坦路における実験概要は、図4に示す。梁下の通過時に必要なくぐり高さ（下限値）を計測できるように、壁面に装備した梁高が上下に変えられる実験装置を製作した。梁の高さの設定条件は、被験者自身が事前の目視判断により、任意に梁の高さを調整するものとした。なお、事前目視判断する位置は、通過する梁の直下から3m離れた位置を歩行開始の基準とした。もし、当該梁下の通過後に不具合感があれば、梁の高さを再調整して納得するまで同じ実験を繰り返した。

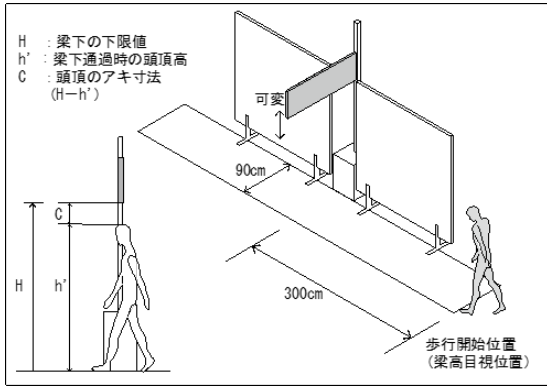


図4 平坦路における歩行実験の概況

次に、斜路の実験は、室内にある勾配 4.5° の斜路を対象に実験を行った。平坦路の場合と同様に、梁高を上下に可変できる壁面に装備した実験装置を使用した。梁高の設定は、被験者自身が事前の目視判断により、任意に調整できるものとした。なお、目視判断する位置は、梁の直下から前後に 2m 離れた昇降開始位置を基準とした。(図 5)

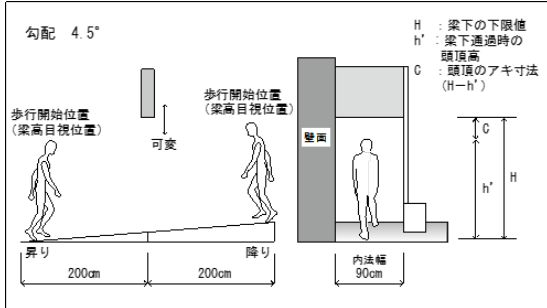


図5 斜路における昇降実験の概況

階段の実験は、室内にある 2 つ勾配の階段 (実験 : 勾配 31°、実験 : 勾配 26°) を対象に実験を行った。前述と同様に、梁高を上下に可変できる壁面に装備した実験装置を使用した。梁高の設定は、被験者自身が事前の目視判断により任意に調整するものとした。その目視判断の位置は、昇りの場合が階段の最下段、降りの場合が階段の最上段を歩行開始位置とした。(図 6)

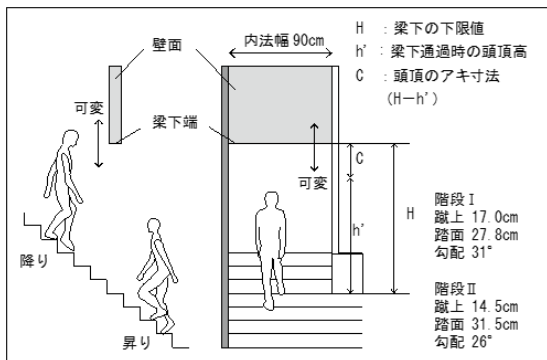


図6 階段における昇降実験の概況

平坦路・斜路・階段の実験結果と考察
本実験の結果は、以下に示す。図 7 ~ 8、図 10 ~ 11 は、各場面における被験者の静的

身長(履物の高さを含む)と、梁下に必要なくぐり高さ(下限値)と判断された結果を示した。また、図 9 と図 12 は、斜路及び階段の昇降時における頭部(頭頂点と耳珠点)の移動軌跡の事例(抜粋)を示したものである。

平坦路における静的身長と必要な梁下の高さ(下限値)は、男女ともに高い相関がみられた。その梁下通過時に被験者の頭頂部と梁下に構成された頭上のアキ寸法は、全体として概ね 10cm 前後であった。(図 7)

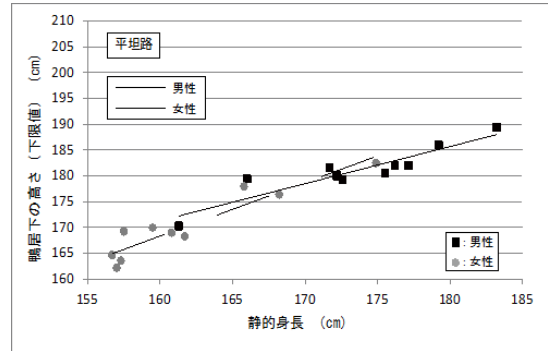


図7 平坦路における梁下のくぐり高さ

斜路における梁下のくぐり高さ(下限値)の結果は、昇りに比べて降りの方がやや高くなる傾向がみられた。また、頭上のアキ寸法の結果は、男性よりも女性の方が、大きくなる傾向がみられた。なお、頭部の移動軌跡は、梁下を通過する前後に、頭部の傾きに特徴がみられた(図 8、図 9)

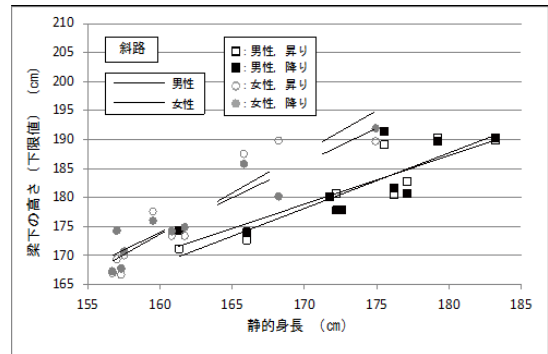


図8 斜路における梁下のくぐり高さ

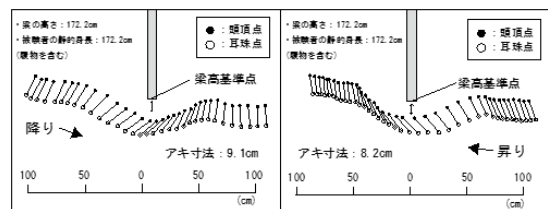


図9 頭部の移動軌跡事例(斜路・抜粋)

階段昇降時の梁下の高さ(下限値)の結果は、昇りに比べて降りの場合が、梁の高さをかなり高くする傾向がみられた。また、やや急勾配の階段に比べて、階段の方が、梁下の高さがやや高くなり、全体に男性よりも女性の方が梁下の高さを高くする傾向などの特徴がみられた。(図 10、図 11)

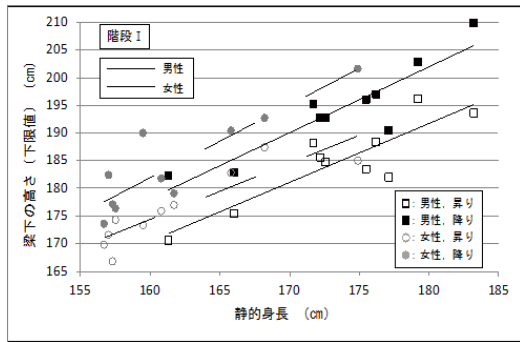


図 10 階段 I における梁下のくぐり高さ

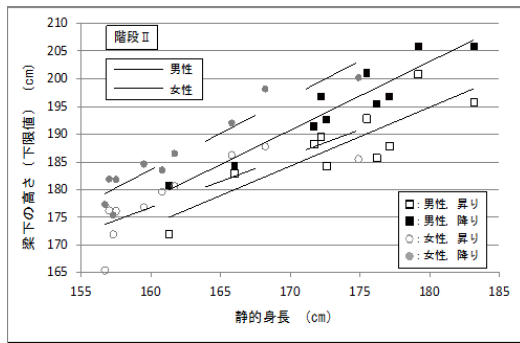


図 11 階段 II における梁下のくぐり高さ

ここで、図 12 は、被験者が階段昇降時に梁下通過前後の頭部（頭頂点と耳珠点）の移動軌跡を示した事例であるが、昇りと降りとの動作に顕著な違いがみられ、降りよりも降りの方が、頭上のアキ寸法を大きく必要とする特徴が改めて検証された。

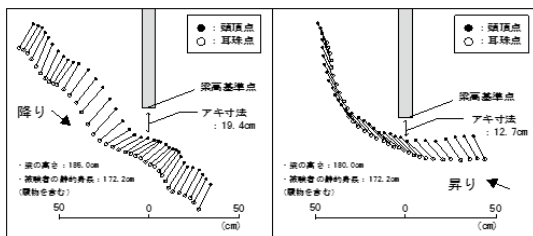


図 12 頭部の移動軌跡事例（階段・抜粋）

本研究課題を遂行するにあたり、主に国立国会図書館および日本建築学会図書館などにおいて身体計測値等の関連文献の検索を実施した。また、実験場の設営や被験者には、日本大学工学部建築学科人間環境デザイン研究室に所属する大学院生及び卒業研究生に尽力いただいたことを、ここに深謝する。

特に、本研究の最終年度には、研究代表者が東京藝術大学大学院美術研究科デザイン専攻の機能・演出研究室（尾登誠一教授）において研究交流する機会を得たことで、当該研究課題に関わる「美術解剖学」などの学術情報の提供と研究上の啓示をいただいた。

今後、本研究で得られた多様な生活場面における身体周囲に必要なアキ寸法の計測値などの成果は、建築、室内、設備などの設計分野における 3 次元 BIM への展開を目的に、関連する諸学会における研究活動を介して、広く一般に情報公開を進める所存である。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 4 件)

若井 正二、梁下通過時のくぐり高さと頭上のアキ寸法に関する考察～平坦路・斜路・階段における歩行実験の比較～、日本インテリア学会 第 27 回大会研究発表会、2015 年 10 月 24 日、金沢勤労者プラザ

若井 正二 他、建築における専門家倫理～倫理綱領改定と倫理教育の実践、日本建築学会大会（関東）研究懇談会、2015 年 9 月 4 日、東海大学湘南キャンパス

若井 正二、身体周囲に必要なアキ寸法の計測に関する研究、日本人間工学会東北支部研究会（招待講演）、2014 年 3 月 17 日、東北大学工学部

若井 正二、梁下通過時における頭上のアキ寸法の計測に関する検討、日本建築学会大会学術講演会（講演番号 - 5301）、2013 年 8 月 30 日、北海道大学

〔図書〕(計 2 件)

若井 正二 他(共著) 丸善出版株式会社、インテリアの百科事典、2016、総頁数 560（執筆頁 150-153, 156-159）

注：本研究関連の身体寸法、姿勢、動作空間、空間規模等を掲載

若井 正二 他(共著) 日本建築学会編、丸善出版株式会社、日本建築学会の技術者倫理（改訂版）、2014、183（39-49）

注：本研究関連の日本建築学会における技術者および研究者の倫理綱領等を掲載

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.arch.ce.nihon-u.ac.jp/~wakai/index2.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

若井 正一 (WAKAI Shoichi)

日本大学 工学部 名誉教授

研究者番号：90120592

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

千田 龍成 (CHIDA Ryusei)