

令和 4 年 6 月 9 日現在

機関番号：33918

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K04499

研究課題名(和文)火災時における片まひ者の避難安全性向上の研究

研究課題名(英文) Study on improving evacuation safety plan of hemiplegic persons in case of fire

研究代表者

村井 裕樹 (MURAI, Hiroki)

日本福祉大学・健康科学部・准教授

研究者番号：30455563

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：片まひ者を対象として、防火戸を通行する際の所要時間について押し開けと引き開けの差異、取手形状による開けやすさや課題、通常歩行と防火戸通行歩行での所要時間の差異、防火戸通行時の歩行軌跡の特徴の把握を実験により検討した。その結果、引き開けは所要時間が長くなるだけでなく、通行時の身体バランスを崩しやすいという課題が得られた。また、縦型ハンドルが使いやすく、ケースハンドルは使いにくいとの結果が得られた。さらに、歩行時の動作分析より防火戸前後に必要な建築空間を提案につながる具体的数値が得られた。以上より、防火戸通行時の片まひ者の課題を詳細に得られ、建築空間に求められる避難安全上の課題を明確にした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、障がい者や高齢者が社会でより安全・安心な環境で活躍するために、災害時の安全で貢献するという学術的・社会的意義を持つ。特に、これまで明らかとなっていなかった片まひ者が防火戸を通行する際の戸の押し開けと引き開けを比較することで、どの程度引き開けが不利となるか、また、歩行動画の解析から防火戸前後の建築空間に必要なスペースなどについての基礎的情報を得た。現在の建築における避難安全は健常者を想定して設計されており、今回得られた成果を活かすことで、現在研究されつつある「避難安全のバリアフリー」をさらに前進させることが期待できる。

研究成果の概要(英文)：The main investigations and experiments we conducted are the following four contents targeting hemiplegic persons. (1)Time required to pass through the fire door. (2) Relationship between the difference in the shape of the handle and the ease of opening the fire door. (3)Analysis of walking trajectory when passing through a fire door. The main results are as follows. As for the fire door, the pull type has a longer passage time than the push type. Furthermore, the type that pulls the door is more likely to lose the balance of the body when passing through the fire door. In the shape of the handle, the vertical handle is easy to use, and the case handle is difficult to use. We performed an analysis of walking movements. As a result, we obtained information that would lead to a proposal for the width of the corridor required when passing through the fire door. From the above, we have obtained in detail the issues related to the safety of hemiplegic people when passing through fire door.

研究分野：建築計画

キーワード：避難安全 片まひ 火災 防火戸

1. 研究開始当初の背景

医療技術の進展や、建築物や都市のバリアフリー化の進展は各所で進みつつあり、そのような社会環境の整備に伴い、社会に進出し活動する障がい者や高齢者も増えつつある。また、建築物のバリアフリーに関する研究も、日常における生活環境の向上を目的としたものから、災害時など非日常を視点としたものへと発展し「避難安全のバリアフリー」をテーマとした分野に関わる研究も見られるようになり、その成果も現れつつある。そのような中、「障がいの有無に関わらず、あらゆる人が共に暮らす社会」が実現されつつあるが、現在の建築物の避難安全性を規定する建築基準法や消防法は、健常者を基準としたものであることがほとんどである。そのため、その基準で想定されていない人たち(障がい者や高齢者など)に対して、法律等により規定された安全確保の方法や基準が有効なものなのかという課題がある。

本研究では「火災時の避難安全」を対象としている。建築物の火災時の安全を担保する重要な機能のひとつが「防火区画」であり、火災エリアから他のエリアへ避難することで火災時の安全性は大きく高まる。そして、防火区画を構成する建築設備の一つに「防火戸」があるが、基本的に鉄扉で重く、健常者ならば開閉可能であっても、片まひ者では通行時の扉開閉動作や扉を支えて歩行するための踏ん張りに困難が生じる。すなわち、本来安全のために設置された設備が機能したこと(扉が閉まる)によりバリアとなり、逆に安全が担保できなくなってしまうことになる。そこでこの課題を解決し、片まひ者にとっての避難安全を実現するための研究が必要であった。

2. 研究の目的

本研究では、建築物における片まひ者の避難安全性の向上を目的としている。この目的を達成するためには、片まひ者の避難行動能力が健常者より大きく低下している(歩行速度が遅く、扉の開け閉めが困難である)ことに着目するとともに、避難行動能力を建築環境で支援することが必要である。そのことを明らかにするため、次のことを解明することを目的とした。片まひ者の水平避難(同一階で、防火区画を経由して他のエリアに避難すること)に対する課題を明らかにするために、防火戸の押し開けだけでなく引き開ける際の所要時間および身体の動きや困難さを明らかにすること、片まひ者の防火戸を開ける際に扱いやすい取っ手に求められる機能を明らかにすること、避難上のネック部分における動作と所要時間を計測し避難時に時間的弱点となる部分を明らかにすることの3点の解明である。そして、これら成果を片まひ者の身体機能に配慮した建築計画、防災計画の提案へとつなげていくことを最終的な目的としている。具体的には以下の4点を明らかにする。

(1) 防火戸を引き開ける際の課題を明らかにする

片まひ者は階段降下が困難な者や危険を伴う者も多い、そのような中で、同一階の防火区画を越えることで安全を確保できるならば、その避難安全性の確保に大いに貢献できる。その際に課題となるのは、防火戸を押し開ける場合だけでなく、引き開ける状況も生じることである。そこで、片まひ者を被験者として防火戸を引き開ける開閉実験を行い、「接近→開閉→離脱」の一連の動作において、身体の動き、所要時間等をビデオ撮影で計測する。戸の開閉に関わる条件(扉の重さと負担感、周囲のスペースなど)および所要時間の関係を定量的に明らかにする。

(2) 片まひ者にとって開けやすい防火戸の取っ手形状を明らかにする

取っ手部分を交換できる防火戸を制作し、4タイプの取っ手を使用して片まひ者を被験者とした開閉実験を行い、同時に実施するアンケート調査と合わせて、開けやすい取っ手形状と開けにくい取っ手形状、および開閉に要する時間を明らかにする。この結果をもとに、片まひ者にとって安全で開けやすい防火戸取っ手形状の提案を行う。

(3) 避難行動時に時間的ネックとなる行動と所要時間を明らかにする

片まひ者が防火戸を通過することで生じる遅延時間を測定する。具体的には、防火戸の前後に基準線を設定し、防火戸を通過しない場合、通過する場合、の両基準線間の移動時間を測定し、との所用時間の差を遅延時間とする。遅延時間が大きいほど、その通過抵抗が大きいことを示す。遅延時間は片まひの程度、防火戸の開閉方向、取っ手の形状等により異なるが、遅延時間を移動距離に換算することで防火戸の通過抵抗(通過信頼度)を推定する。

(4) 片まひ者の避難安全性を確保する建築計画・防災計画手法を明らかにする

以上(1~3)の避難行動実験、扉開閉実験、アンケート調査をもとにして、片まひ者が火災時に安全に建築物内での避難行動を可能とする方法を明らかにし、一連の避難行動を安全に完了するための建築計画と防災計画について両面から提案を行う。

3. 研究の方法

前章で記載した(1~4)の目的を明らかにするため、次のような研究を実施した。

(1) 片まひ者を対象とした防火戸通行実験を実施し、通行所要時間と通行軌跡の情報を取得する。実験室に設置した実験用の防火戸(建物に使われるものと同等で、押し開けタイプの戸と引き開けタイプの戸を用意した。また、引き開けタイプの防火戸は、取手を4タイプ(ケースハンドル、掘り込み引き手、トランクハンドル、縦型ハンドル)に交換できるものとした。実験参加者は23人であった(そのうち2人は、身体状況等の理由により防火戸を使用しない通常歩行と各取手1回の計測となった)。歩行の様子と防火戸通行時間は、ビデオ撮影(防火戸の直上と側面に設置)により把握した。実験の流れは次のとおりである。

被験者への実験内容の説明と同意の確認

通常歩行での時間計測

押し開けタイプの防火戸の通行実験

・3回の通行

引き開けタイプの防火戸の通行実験

・ケースハンドルで3回の通行

・掘り込み引き手で3回の通行

・トランクハンドルで3回の通行

・縦型ハンドルで3回の通行

(2) 防火戸の通行時の負担や使いやすい取手形状について、アンケート調査を行う。防火戸通行実験終了後に、防火戸通行時の負担感、防火戸の改善要望、取手形状ごとの使いやすさなどについて把握を行った。

(3) 防火戸を通行する際の、防火戸前後の身体の動きについて動作解析を行う。ビデオ動画を動画解析ソフトを使用して、左右の片まひ別、取手形状別にその特徴を分析した。

4. 研究成果

本研究課題の成果について、(1)研究の主な成果、(2)得られた成果の位置づけ等、(3)今後の展望に分けて記載する。なお、(1)については、実施した研究(調査・実験)ごとに整理して記載する。

(1) 研究の主な成果

防火戸取手形状の違いによる通行時の所要時間

防火戸を引き開けて通行する際の通行時間について、4つの取手を交換(ケースハンドル、掘り込み引き手、トランクハンドル、縦型ハンドルの順番)した実験を行った。分析においては、防火戸の通行所要時間について、「防火戸に手が触れてから戸が動き出す時間」(取手の開けやすさの確認)、「防火戸が動き出してから胴体が戸枠を通過する時間」(防火戸はその後自動的に閉まるので、安全が確保できたと判断できる状況までの確認)をビデオ画像から抽出した。また比較のため、20歳代の健常者4人のデータも取得した。取手形状ごとの違いの要点は次のとおりである。

-1 防火戸に手が触れてから手が動き出す時間

ケースハンドルは所要時間が最も長く、他の取手に比べて約1.6倍から2.5倍を要している。動作観察では、ケースハンドルに触れたもののうまく掴めない場合や、掴むのに時間が掛かる場合など、様々な開け方のパターンが見られた。掘り込み引き手の所要時間は早く開き始めたほうだが、動画観察では指を掛ける部分をうまく掴めない場合や、指を引っ掛ける位置を探る被験者も散見された。トランクハンドルは、外観から掴み方が分かりやすいがケースハンドルと同様に指に引っ掛ける時にやや時間がかかる場合も見られた。縦型ハンドルの所要時間は最も早く開き始め、動画観察でも安定した歩行であった。

-2 防火戸が動き出してから胴体が戸枠を通過する時間

平均値は、全ての取手および麻痺側で類似の値をとっており、やや縦型ハンドルの所要時間が短い傾向であった。しかし、右麻痺者のほうが所要時間の最大値が大きくなる傾向があり、時間のばらつきも大きくなる傾向が得られた。これは、進行方向左側に防火戸の蝶番があるため、防火戸通行時の一連の動作で時間を要していることが動画観察から読み取れ、左右麻痺差の課題の研究の必要性が示唆された。

防火戸取手形状による使いやすさの評価

被験者のうち、本実験で初めて防火戸を使用する人は、防火戸通行実験を3回実施した21人中19人(90.5%)であり、ほとんどが未経験者であった。そのような状況の中で評価は次のとおりとなった。

-1 通行のしやすさ

ケースハンドルは最も評価が低い傾向であり、右まひ者の約8割が「最も使いにくい」と評価しており、左まひ者もおおむね評価が低い。ケースハンドルは掴もうとした際に回転するなど、動画観察からも掴みにくさが読み取れた。掘り込み引き手は、麻痺側によって逆の結果が現れている。実験に使用した防火戸は進行方向左側に蝶番があり、掘り込み引き手は戸の外側に指を引っ掛ける部分がある。そのため右まひ者のほうがスムーズに左手で掴むことができ、逆に左まひ

者は右手首を返して開けることになり、麻痺側による違いが現れたと考えられる。トランクハンドルは、麻痺側にかかわらず4つの取手のうち2~3番手の評価を得る傾向である。引き開けるイメージが縦型ハンドルほどではないが想像しやすいこと、確実に握ることができる形状であることなどが理由といえる。縦型ハンドルは最も評価が高い結果が得られた。取手の形状が手首や肘の動きに対して無理な動きを要求せず、いずれの麻痺側でもスムーズに開けられること、また、4つの取手の中で最も開け方をイメージしやすい点も高評価になった理由と考えられる。

-2 防火戸引き明け時の課題と改善

「開ける瞬間に力が必要である」との回答が非常に多く、防火戸の引き開けに困難等があると回答した人の7割強が回答している。また回答数は少なかったが、動画観察からは身体のバランスが防火戸の戸枠通行前後（戸を開ききり、通行に移る時点）に崩れる状況が散見され、潜在的な危険性があると考えられる。引き開ける防火戸の改善点としては、「開ける瞬間の力を少なく」「戸をもっと軽く」という要望が多い。また、「戸の通過時に手で支えないで済むように」の要望は最も多く、実験時も身体が戸枠を通過する時点と戸が閉鎖する時点が非常に近いケースもあり、安全な通行という点では改善の必要性がある。

防火戸を通行することによる避難遅れ時間

通常歩行、防火戸押し開け歩行、防火戸引き開け歩行の3種類の所要時間（歩行距離6m）から、防火戸通行による避難時間の遅れについて分析した。通常歩行による速度の平均値は0.81m/s、防火戸押し開け歩行の遅れ時間（防火戸通行時間から通常歩行時間を引いた値）の平均は4.07s、引き開け歩行の遅れ時間の平均は、ケースハンドル6.51s、掘り込み引き手6.02s、トランクハンドル5.12s、縦型ハンドル6.51sという結果になった。火災時の避難はできるだけ短時間で入ることが好ましく、防火戸の開閉行為が片まひ者にとって無視できない所要時間の付加になることが明らかとなった。

また、遅れ時間を距離に換算（防火戸が無い場合に比べて、どれだけ長い距離を歩いたことになるか）する検討を行った。その結果、片まひ者を被験者とした防火扉の通過実験で得られた歩行速度のばらつきよりも、防火扉の避難時間の遅れから求めた遅れ距離のはばらつきのほうが小さくなること、および防火扉通過時の遅れ距離の平均値から、防火扉の通過信頼度を推定する方法を示した。

防火戸を通行時の歩行軌跡

-1 取手種類ごとの歩行軌跡の特徴

防火戸通行前後の身体の動きを分析するため、被験者の頭頂部および側面に設置したビデオカメラで得た動画を使用し、歩行軌跡の特徴を分析した。

-1-1 ケースハンドル

ケースハンドル前の場所に軌跡が集中し、複雑な動きを示すケースが多い。また、大きく左右に身体が動くケースもみられる。左麻痺は防火戸通行前後で概ね直線状の軌跡となるが、右麻痺の場合は開ける際に右側へ身体が動き、通行時はやや左方向へ向かう傾向もみられた。

-1-2 掘り込み引き手

他の取手と比べて、最も被験者ごと軌跡に差が現れる。取手に手をかけて開けるまでの間で、左右や前後に身体の移動が大きい被験者や小さい被験者もあり、多様な軌跡であった。

-1-3 トランクハンドル

左麻痺、右麻痺ともに、4つの取手の中で最も扉から離れた位置で軌跡が折り返す（進行方向に進む軌跡が、扉を開ける際に逆方向に一旦戻る）傾向にある。また、その動きを除くと、比較的シンプルな軌跡を描くという特徴がある。

-1-4 縦型ハンドル

全体的に軌跡がシンプルという特徴がある。さらに、左麻痺、右麻痺ともに他の取手よりも軌跡が左右に動きにくく、軌跡が滑らかになる傾向にある。

以上、取手ごとに接近し掴むまでの軌跡や動作にはそれぞれ特徴が現れた。しかし、扉を開けて通行する動作では、取手の種類だけでなく被験者の障害の状況や開け方の違いによってスムーズに通行する人とそうでない人で分かれた。特に、杖を使用している人は、扉を開けてから扉を通行し終えるまでに、杖の持ち替えなどで苦心している様子が多く見られた。

-2 防火戸通行前後の身体の横移動

被験者の頭頂部の歩行軌跡の動画より、進行方向に対して左右にどの程度の移動となるか分析を行った。

-2-1 所要時間と軌跡

押し開けよりも引き開けの方が時間を要している。また、多くの被験者で1回目よりも3回目の所要時間が短くなった。避難に要する時間を短くするためにも、防火戸を通行する経験が重要であるとともに、特に引き開け戸の改善が求められる。

-2-2 防火戸前後の身体移動

防火戸通行前後の歩行軌跡（頭頂部）を図1（1回目通行）と図2（3回目通行）に示す。防火戸を押し開ける場合は、1回目、3回目ともに防火戸通行後に、取手側である右側へ移動が大きく、引き開けでは防火戸通行前に取手側への移動が大きく見られた。今回の実験では、歩行軌跡の分析より扉中央から取手側および蝶番側に移動する距離を得ることができ、建築空間へ応用

する情報を取得できた。しかしこの結果は、防火戸の蝶番位置、取手位置、麻痺側が限定的条件で得られたものであり、今後条件を整理し精度を高める検討が必要になる。

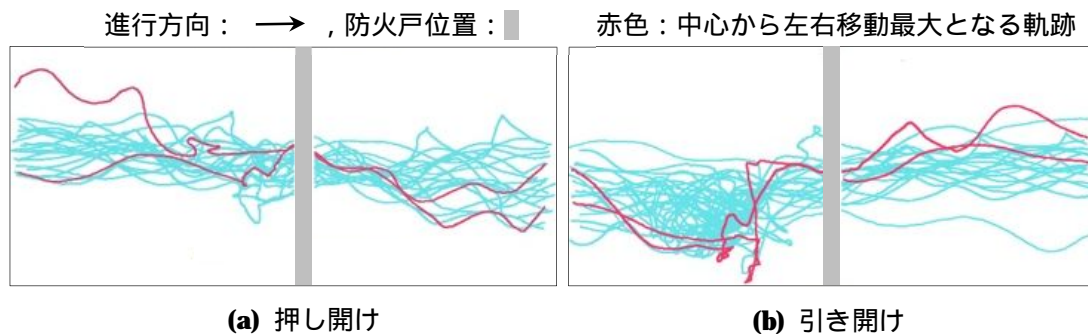


図1 1回目の全被験者軌跡

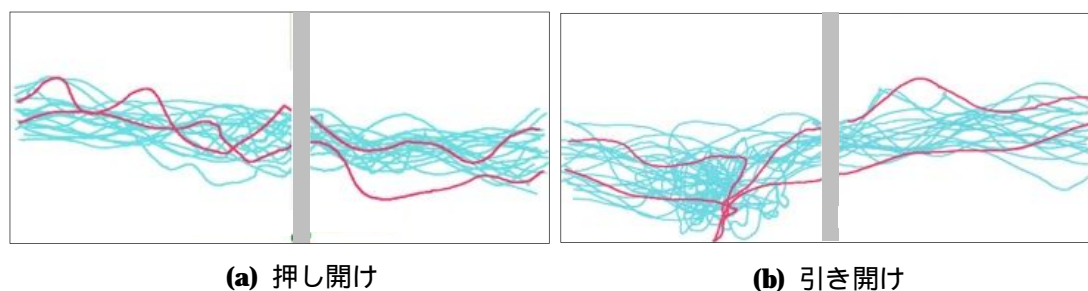


図2 3回目の全被験者軌跡

(2) 得られた成果の位置づけ等

本研究では、これまで明らかになっていなかった片まひ者が防火戸を通行する際の所要時間について、押し開けと引き開けでの差異、取手形状による開けやすさや課題、通常歩行と防火戸通行歩行での所要時間の差異について明確となった。さらに、動画解析により、片まひ者の防火戸通行時の歩行様態の特徴や、取手を使用する際の動作の特徴と課題が明らかとなり、さらに歩行軌跡から身体の動きの特徴について定量的に得ることができた。さらに、防火戸通行時の動作分析の結果より、身体の動きの特徴から防火戸前後に必要な建築空間を提案につながる具体的な数値が得られた。これらの分析と成果を通して、防火戸通行時の片まひ者の特徴を詳細に得ることができ、その実態を明らかとし建築空間に求められる避難安全上の課題を明確にした。

(3) 今後の展望

本研究では、片まひ者の火災時の避難について、特に水平避難(同一階を複数の防火区画に分け、出火と別の区画に避難することに安全を確保する考え方)時に必要となる防火戸の押し開けと引き開けの実態、および引き開け時に適した取手形状の情報が得られた。そこでは、所要時間や身体の動きなど詳細な情報が得られた。これらの結果は、高齢化の進展に伴い増加する可能性のある片まひ者(高齢者に多い脳血管疾患を原因として起こる)が社会で利用する建築物での避難計画を発展させる資料となる。また、今回の研究では左右麻痺の差と扉の蝶番位置との関係について詳細な分析を必要とするという新たな課題も得られた。この調査・分析も合わせて進めていくことで、片まひ者の建築物での避難安全性を更に高めるものへつなげる展望も得られた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 村井裕樹
2. 発表標題 片麻痺者の防火戸通行時の課題 - 取手種類による歩行軌跡への影響 -
3. 学会等名 日本福祉のまちづくり学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西村顕
2. 発表標題 片まひ者の防火戸の通行に関する基礎実験（その2） - 取手形状による通行時間への影響 -
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 村井裕樹
2. 発表標題 片まひ者の防火戸の通行に関する基礎実験（その3） - 取手形状による使いやすさの評価と課題 -
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤本幹也
2. 発表標題 避難経路上の障害が避難行動に及ぼす影響の定量的評価（その4） - 片まひ者の防火扉通過による避難遅れ時間の計測 -
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉村英祐
2. 発表標題 避難経路上の障害が避難行動に及ぼす影響の定量的評価（その5） - 遅れ距離に基づく防火扉の通過信頼度の算定 -
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西村顕
2. 発表標題 扉の引き開けによる片まひ者の防火戸通行時の課題～把手形状の違いによる実験を通して～
3. 学会等名 日本リハビリテーション工学協会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西村顕
2. 発表標題 片まひ者の防火戸の通行に関する基礎実験（その2） - 取手形状による通行時間への影響 -
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 村井裕樹
2. 発表標題 片まひ者の防火戸の通行に関する基礎実験（その3） - 取手形状による使いやすさの評価と課題 -
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西村 顕
2. 発表標題 扉の引き開けによる 片まひ者の防火戸通行時の課題 ~ 把手形状の違いによる実験を通して ~
3. 学会等名 日本リハビリテーション工学協会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	吉村 英祐 (YOSHIMURA Hidemasa) (50167011)	大阪工業大学・工学部・教授 (34406)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	西村 顕 (NISHIMURA Akira)		
研究協力者	高岡 徹 (TAKAOKA Toru)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------