防火設備の開口部における通過動作特性

A MOTION CHARACTERISTICS PASSING THROUGH THE OPENING
OF FIRE EQUIPMENT建部 謙治*¹, 佐野 友紀*², 萩原 一郎*³, 本間 正彦*⁴三村 由夫*⁵, 内山 聖士*⁶*Kenji TATEBE, Tomonori SANO, Ichiro HAGIWARA, Masahiko HONMA,
Yoshio MIMURA and Seiji UCHIYAMA*

This paper is discussed the escape safety of two fire protection openings. Three kinds of experiments, which a walker or the crowd flow passed through the fire protection opening, a fire door or a sheet shutter, were performed. We analyzed the relation between motion and flow rate using the view points of human engineering. The results are summarized as follows. 1) The evaluations of two fire protection openings were different among single walk and crowd flow, or the characteristics of walker. 2) The evaluation of the human flow was influenced by the touch with the others and the fire protection opening. 3) The evaluation of fire door decreases with crowd density. 4) The motion which pass through the sheet shutter were enforced by that characteristics. 5) The flow rate was influenced by the characteristics. The flow rate of the sheet shutter was smaller than the fire door's one, but was satisfied the necessary flow rare.

Keywords: fire door, sheet-shutter, fire protection system, opening, characteristics of motion, flow rate, human engineering

防火戸、シートシャッター、防火設備、開口部、動作特性、流動量、人間工学

1. はじめに

避難経路が防火区画を横切の場合に、防火区画の開口部に設置される防火設備（防火戸）は、これまで耐火性能としての遮炎性と、避難上支障がないことを要求されてきた。しかし避難上支障がないことについてこれまで明確な評価基準が示されていない。避難上支障がないことを評価するためには、扉・ドアノブ等の視認性、操作性、通過動作の円滑性、つまずきなどの転倒に対する安全性、群集の流動性などの観点からの基準が必要である。特に、開口部における通過動作の円滑性については、様々な避難者の属性に応じた動作特性などを把握した上で、総合的な評価が求められる。

一方、近年開発されたシリカクロス製のウォークスルー型シートシャッターの開口部（以下、シートシャッターと記す、注1）は、従来の防火戸とは異なる構造であるため、防火戸で見られる通常の通り抜け動作ではなく、2枚のシートがつくる三角形の隙間をすり抜けるような動作を避難者に求める特徴を持っている。そのため従来、群集の流動性を単位時間・単位幅当りの通過人数を示す流動係数の大きさだけでは捉えきれないことは明らかである。また、2で後述するように、防火戸以外の開口部を対象とした避難上の支障に関する研究はほとんど行われていない。それゆえ、今後開発される新たな機能・形態をもった防火戸にも対応可能な避難安全に関する実験方法や総合的な評価方法の早急な確立が求められる。

本研究はその一環として、防火戸とシートシャッターを対象として通過動作の円滑性、群集の流動性に関わる検討事項を報告するものである。すなわち、本研究の目的は、防火設備の開口部における通過動作の実験方法や解析方法を記述するとともに、通過動作に関わる様々な要因を人間工学的に明らかにすることである。

2. 避難経路上の開口部に関する既往研究

開口部に関する研究には、扉の開閉力に関するものと通り抜けや流動に関するものに大別される。前者には、佐藤¹⁾によるフロアヒンジドアの開閉力と操作高さの関係、扉の開閉角を求めたもの、朝妻ら²⁾による引き戸・引き戸の開閉重量の実測、横林ら³⁾による引手の形状・寸法と開閉力に関するものなどがある。後者には、昭和20年代から清家ら⁴⁾による人体動作分析による開口部の研究が見られる。近年では、土生ら⁵⁾による通過時の動作特性、建部⁶⁾による人体まわりの空間領域の測定などある。また、防火設備に関するものには、明野ら⁷⁾による防火戸の開閉機構・形態に関する技術的基準についての検討、山名⁸⁾による防火扉の開閉装置の開放力に関するものがある。

群集流動に関する研究は20世紀の初め、主に鉄道駅における群集の観察から始められた。開口部として片開き戸、両開き戸、自在戸、回転扉、ゲートなどについて、観察あるいは実験から得られた流動係数の値が、米国標準

*¹ 愛知工業大学工学部 工博*² 早稲田大学人間科学部 工博*³ 国土交通省国土技術政策総合研究所 工博*⁴ 大林組技術研究所 工修*⁵ 日本建築センター 工博*⁶ 三機工業(株) 環境学修

Aichi Institute of Technology, Dr. Eng.

Waseda University, Dr. Eng.

National Institute for Land and Infrastructure Management, Dr. Eng.

Obayashi Corporation, M. Eng.

The Building Center of Japan, Dr. Eng.

Sanki Engineering, Co., Ltd., M. Env.

局の調査報告書⁹⁾にまとめられている。この調査の結果、米国における水平部の避難施設の幅に関する基準の根拠として、22インチの単位幅当り 60 人/分の流動係数が定められた。

英国においても避難安全に関する基準の調査研究¹⁰⁾が行われ、上記の米国のデータ以外に英国やフランスの観察、実験から得られた流動係数の値を収集している。流動係数の大きさには大きな幅が見られたことから、その要因として①急いだ条件か否か、②待機している人からの圧力、③通過幅の影響、④その他を取り上げて分析を行っている。その結果、流動係数としては 21 インチの単位幅当り 30～45 人の流動係数が実用的な範囲であり、避難施設の基準に関する計算に用いる値として 40 人/分を提案している。

日本でも、ほぼ同じ時期に木村・伊原¹¹⁾が群集流動の研究を開始している。群集の密度と速度との関係、及び出入り口幅の関係を整理し、平常状態における単位幅当りの通過人数の上限を 20 人/分/10 秒としている。ただし、出口前の滞留による歩行速度低下などを考慮しなければならないので、非常時の流動係数の値はこの値より低下する。戸川¹²⁾は昭和 20 年代に群集流動の観察を数多く行い、避難時間を計算するための理論式を開発している。開口部の群集流動係数については、百貨店、映画館、昇降機、駅構内（車両出入口、改札）の実測を行い、総合標準値として 1.5 人/分/秒を導いている。

旧ソ連においても建物内の群集流動性状に関する観察は、数千ケースにも及ぶ膨大な数が行われており、その結果を用いて Predtechenskii と Milinskii¹³⁾は群集流動性状を計算する理論式を作成している。開口部の流動係数の値は定数ではなく、面積に基づく群集密度を変数とする関数として与えられている。人口密度に換算すると最大値が約 1.8 人/分/秒に相当する。

また、Peschl¹⁴⁾はパニック状態の群集が開口部を通過する状況について実験的な研究を行っている。出口幅が十分に広ければ、出口前に人がアーチを形成して動かなくなる状態が発生する可能性は低い。1.2m 幅の出口ではアーチが頻繁に形成され、狭くなるほどその頻度は多くなり、0.86m 幅の出口ではアーチが安定して形成されるため、群集の通過が非常に困難になる。結論として、最小の出口幅として 1.2m を提案している。

その後、上原¹⁵⁾による圧力差がある回転扉とバランス扉の流動係数の計測、岡田¹⁶⁾による開口部通過に伴う密度と速度・流動係数の関係、山本¹⁷⁾の開口部単位幅と流出係数の関係を求める計測実験などがある。

しかし、防火設備開口部扉における人の開閉発揮力や通過動作及び流動量に関するいくつかの研究¹⁸⁾がみられるが、シート式のシャッターを対象とした研究は見られない。

3. 通過実験の方法

3. 1 実験装置

本論で対象とする常時閉鎖式防火戸（以下防火戸と記す、通路幅 800mm、開放時の内法幅 800mm、内法高さ 2055mm）とシートシャッターの立面図を図 1 に示す。

シートシャッターは、防火戸と防火シャッターの機能を兼ね備えた新しい防火・防煙区画構成部材であり、併設の防火戸及び防火戸を支える支柱の設置が不要となる。図 2 にシートシャッターの各部名称と平面図（通路下端幅 800mm、有効内法最大高さ 2000mm）を示す（注 2）。

3. 2 実験方法

防火戸とシートシャッター開口部の 2 種類の実験装置を取替えによって順次実験室内に設置し、これを通り抜ける実験を行った。実験は被験者の状態、（人数、密度、心理）によって、単独実験、群集通常実験、群集高密度実験の 3 つに分類される。それぞれの実験概要を表 1 に示す。ただし、防火

図1 防火戸とシートシャッターの立面図

図2 シートシャッターの各部名称と平面図

表1 実験概要

実験方法	目的	方法	被験者
単独	転倒の危険性、視認性、操作性などの計測、転倒のメカニズムの解明	属性の異なる単独被験者が実験装置を通り抜ける。あわせてアンケート調査も行う。	3種類の属性6人
群集 通常	群集流動、通り抜け行動特性の把握	群集が実験装置を通り抜ける。あわせてアンケート調査も行う。	健康者成人男女49人
群集 高密度	倒れ込みに対する動作特性の把握、開口部周辺にかかる圧力の確認	群集が実験装置を通り抜ける。あわせてアンケート調査も行う。	健康者男性20人

表2 実験の種類と歩行形態

実験名称	歩行形態
単独	健康者のみ 歩行速度2種類で行う
群集 通常	歩行速度2種類で行う
群集 高密度	歩行速度2種類で行う (気道1)

三方向 半円

戸では本体が鉄製であるため事故防止の観点から群集高密度実験は行っていない。

被験者はあらかじめ決められた解析開始位置から終了位置までの6mの解析区間を、指示された歩行形態や歩行速度にしたがって実験装置内を通過した。同じ実験を3回ずつ行い、解析区間の通過時間を計測した（注3）。歩行形態については、群集通常実験では1列と3列縦隊の2種類、群集高密度実験では放射状3列縦隊（三方向）と半円内（半円）の2種類である。群集高

密度実験ではこれに開口部までの距離が「なし」と「1m」の2種類、心理面から「整然」「強引」「他人を気遣う」の組み合わせで計6種類である(表2、注4)。被験者の動作計測についてはモーションキャプチャとビデオを用いて記録し、実験終了毎に、通過しやすさや実験装置との接触状況など4～7項目について口頭でのアンケートを行った。

計測装置であるモーションキャプチャシステムについては、被験者の各部にマーカーと呼ばれる球体を装着し、近赤外線によって三次元位置座標を1/120秒単位で測定できる。球体の装着数は、単独実験では17点、群集通常実験では3点装着した(注5)。

被験者は、単独実験の場合が成人(健康者、高齢者)男女各2名、子供2名の計6名(注6)、群集通常実験の場合が成人男女49名(男26名、女23名)、群集高密度実験の場合が成人男性20名である。実験は2000年7月から2001年1月まで、計4日間にわたって実施した。

4. 防火設備開口部の挙動

4. 1 開口形状と開閉メカニズム

防火戸とシートシャッターの流動量を比較する前に、まず開口部の特性について検討する。

開口部扉の形態は、正面から開口を立面図としてみた場合、防火戸では長方形、シートシャッターでは下端幅800mmの直角三角形である。開閉のメカニズムは、防火戸ではドアノブを押すことによってヒンジを中心として扉が回転(ドアクローザーにより自動閉鎖)するのに対し、シートシャッターではドアノブに相当する「操作指示部」(図2参照)を押すことによって斜め「開放軸」を中心にシート扉がたくし上げられ開口部を作り出す。この際、シート扉には剛性がないため押された位置から下部は垂れ下がった状態になる(図3)。また、自動閉鎖の動力となるのは座板の重さで、シート扉座板に取り付けられた調速機によって負荷をかけて閉鎖速度を遅くしている。

4. 2 開放角度と開口面積

開口部を通過する際に完全に開いていない扉が通行の障害となる場合がある。そこで、開口部を正面から立面図としてみた時、完全に開いていない扉によって、向こう側が見通せなくなる現象の定量化を試みる。開きかけの扉によって見通しを遮断する部分を開口部面に正投影し、この部分を除いた見通し開口面積を算定する。また、この開口面積と全開口面積の面積比を求め、開口面積比とする。

開口面積比＝見通し開口面積(入口の全開口面積 扉によって遮られる部分の正投影面積)/全開口面積

図4に示すように防火戸では、開放角度の増加に従って開口面積比が大きくなる。ただし、60度開いた時点で半分の面積が確保されるにすぎず、直進して通過することが出来ないため、通過時には体の向きの変更を必要とする場合が多い。シートシャッターでは、シート扉とシートに構造上200mmの重なり部分があるため、36度以上開いた時点で、開口面積比が0以上となる。

図3 防災設備開口部の開口面積の比較

図4 正面から見た開口面積と開放角度の関係

図5 押す位置と必要とする力の関係(単位: N)

図6 開放軸からの垂直距離と力の関係

このように防火戸と比較してシートシャッターでは、大きく扉を開放しないと、十分な開口面積が確保しにくいと考えられる。

4. 3 扉の開放力

ばねばりによる引っ張り試験によると、防火戸を開放するためのノブ部分での力は44N、シートシャッターの操作指示部での力は約15Nで、シートシャッターより防火戸の方が開放には大きな力を必要とする。

次に、シートシャッターでは扉の押す部位によって開放力に違いが見られる。そこで、テンションゲージによる計測によって、押す位置と必要とする力の関係を示したものが図5である。これによるとシートシャッターは開放軸あたりを境にして遠い部位ほど少ない力で開放することができる。図6は、開放軸からの垂直距離と必要とする力の関係を示したものである。開放力15Nの部位は開放軸から約350mmの距離にあり、防火戸並の44Nの開放力を必要とする部位は開放軸から約150mm付近にあることが分かる。

5. 流動性

ここでは2つの防火設備開口部における通過動作の円滑性を見るため、最大開口幅800mmの流動量について検討を行う。

5. 1 通過時間

単独実験、群集通常実験においては実験毎に3回ずつの通過時間を計測したが、いずれも大きなバラツキは見られなかった。このため、両者を比較するにあたっては実験毎の算術平均値で検討することが可能であると判断した。

図7は単独実験における開口部の通過時間の平均値を示したものである。単独歩行者による計測区間6mの解析区間の通過時間は、健常者男女、子供(小2)、高齢者男性の順で、高齢者女性がもっとも遅い。高齢者女性と子供を除くと、防火戸とシートシャッターの通過時間にほとんど差は見られない。高齢者女性と子供については防火戸と比べてシートシャッターの方が若干短い傾向がある。

一方、群集通常実験においては、49人分の通過時間を比較した。通過時間は、帽子を装着した被験者の二人目の帽子先端から、最後尾者の帽子後端が開口部を通り抜けた時点までの所要時間を計測したものである。歩行速度が「通常」より「急ぎ足」の速い方が、また「1列」より「3列」の高密度の歩行形態の方が通過時間は短い。また、歩行速度が「通常」と「急ぎ足」にかかわらず、また歩行形態が「1列」、「3列」にかかわらず、いずれも防火戸の方がシートシャッターより通過時間がやや短い(表3)。この結果は単独実験の高齢者女性や子供の場合とは異なる。

5. 2 群集歩行における流量

ここでは群集歩行で防火設備に求められる流動量があるかどうかを確認する。

シートシャッターでは、先述したように開口形状が三角形であるため、単位時間・単位幅当りであらわす流動係数の概念が当てはまらない。そこで防火戸とシートシャッターを比較するための指標には、単位時間当りの通過人数であらわす「流量」を用いる。

まず群集通常実験での防火戸の流量は、歩行形態1列通常速度を除くと、いずれも70人/分以上である。シートシャッターでは、「急ぎ足」で70人/分以上である(表4)。また、シートシャッターの群集高密度実験では、「他人を気遣いながら」という歩行形態を除くと、いずれも120人/分以上と高い値である。このように高密度状態になるほど通り抜けは高い流動量を得ることができるが、その一方で危険性が高まることも踏まえないといけない。なお、安全性が確保できる「他人を気遣いながら」の通り抜けでも、90人/分以上であることから防火戸並の流量があると考えられる(図8)。

5. 3 流量差の生れる要因

単独歩行の場合、防火戸はシートシャッターと比較して、多少通過時間が長くなると判断される。この理由として、扉の開放力の違いが考えられる。4.3で述べたように、防火戸の開放力は44Nであるのに対し、シートシャッターの操作指示部では15Nと少ない力で扉を押すことができる。このため力の弱い子供や高齢者女性では、防火戸の開放がかなりの負担となって通過時間が長くなると考えられる。

一方、群集歩行では、先頭者が一旦扉を開放すると、後続者は先行する人に密着して追従する場合には扉が戻らないように保持するだけでよい。この場合、自分の身体を通すためだけでなく、追従者の通過を容易にする行為も含まれる。しかし、先行者との間に大きな距離があると、扉が防火戸より速く戻るシートシャッターの方が、通過の円滑性が損なわれる確率が高くなり、通過時間が長くなると考えられる。このように、流量は、歩行速度が速い方が、また歩行形態が高密度の方が大きいことは明らかである。また、群集歩行においては、防火戸よりシートシャッターの方が、開口形状が影響して通過しにくい傾向がある。

図7 通過時間(単独実験、平均)

表3 通過時間(群集通常実験、平均、単位: 秒)

	1列		3列	
	通常	急ぎ足	通常	急ぎ足
防火戸	50.7	39.0	40.0	32.7
シートシャッター	54.3	42.0	47.0	36.0

表4 流量(群集通常実験、平均) (単位: 人/分)

	1列		3列	
	通常	急ぎ足	通常	急ぎ足
防火戸	58.0	75.4	73.5	89.9
シートシャッター	54.1	70	62.6	81.7

図8 シートシャッターの群集高密度実験における流量(平均)

() 内はシート扉までの距離(m)

図9 流量と停止人数(群集通常実験)

5. 4 通過時の流量特性

図9は、群集通常実験における10人のグループごとの流量と、その時刻における停止人数の関係を示したものである。最初と最後の区間ではバラツキが見られるが、その他は安定した計測値を得ることができる。そのため、流量データの取り扱いにあたっては定常状態になった時点の計測値を利用する必要がある。

6. 通過動作特性

群集歩行においては、防火戸とシートシャッターでは流量に差が見られた。

そこで、その原因を動作の比較から探ることとする。手順としては、まず

図10 モーションキャプチャによる動作比較

単独実験（健康者女性）

表5 モーションキャプチャによる動作比較（単独実験）

	シートシャッター	防火戸
歩行速度	シート通過途中に減少	扉の前で減少
歩行軌跡	左によった軌跡	直線的
体の回転	右肩で入り左肩で抜ける	右肩から入り右肩で抜ける
体の傾斜	左肩が傾く	見られない

通過動作特性の比較を行い、なぜシートシャッターが防火戸より流量が小さくなるかを明らかにする。

6.1 単独歩行

図10は単独実験における健康者女性の防火戸とシートシャッターの開口部通過時の歩行軌跡、身体の回転・傾斜、歩行速度例を示したものである。防火戸における開口部通過時の歩行軌跡は直線的であるのに対し、シートシャッターでは扉の開放方向（左寄り）に寄る。いずれもシートシャッターの重なりと開口上部にいくほど狭くなる形状による通過動作への影響である。歩行速度は、防火戸の場合、ドアノブを握みこれを回して押す動作を行うため、開口部の前で減速する。これに対して、シートシャッターでは開口部の通過直後に身体の回転と同時に減速する。

身体の回転については、防火戸では右肩から入りそのまま右肩で抜け出るので回転は見られないのに対し、シートシャッターでは開口部へ右肩から入り左肩から抜け出る。身体の傾斜については、シートシャッターではシート扉

防火戸

シートシャッター

図11 頭の軌跡（群集通常実験）

を押し開き、隙間に身体をすり抜けるため、身体の回転と傾斜が大きく、左肩が下がるのに対し、防火戸では身長の高い場合のみ右肩が下がる傾向がある。このように防火戸とシートシャッターでは、扉の開放力、開閉機構、形状、通過者の身長などによって異なった通過動作が行われる（表5）。

6.2 群集歩行

群集歩行においても基本的な動作特性は単独歩行者と同様である。図11は、群集通常実験における先頭被験者6人の頭の軌跡を示したものである。シートシャッターでは防火戸に比べて、開口部通過時の頭の軌跡は一点に集中しバラツキは見られない。また、頭と両肩の軌跡からシートシャッターでは通過時に頭が左肩側に寄っている。このことはシートシャッターでは開口メカニズムの影響から開口形状に制約を受けて通り抜けを行っていると判断される。これを確認するため、ビデオから開口部への入出状況を観測したところ、防火戸では平面的に重なり合うように通過するのに対し、シートシャッターでは一人ずつ開口部を通過することが観察された。この結果は、先に述べた開口部通過時の軌跡の特性を裏付けるものであり、シートシャッターでは通路幅員の増加によって流量が単純に増加しないと判断される。

7. まとめ

本研究は避難経路上における防火設備開口部の避難安全に関する検討を行ったものである。まず、これまでの防火設備開口部に関連した既往研究を収集しその研究成果を整理し、避難安全に関する検討事項を整理した。その結果、流動性の指標である流動係数90人/m・分については、実測から得られた係数であるが、開口扉やドアクローザーによる影響を計測した研究は少ない。しかしながら、現在運用されている数値はこうした内容の安全率を見込んだ数値であると判断される。

次いで、防火戸とシートシャッターの実物大通過実験を行い、歩行者の属性や歩行状況による通過動作を人間工学的に捉え、流動量には現れない通過時の円滑性の問題点を取り上げた。そこで、動作特性と流動量との関係を明らかにした。

主な結果は以下の通りである。

防火戸

- ・防火戸では、群集の密度が高くなると、実験装置との接触は少ないが、人

との接触が増えて通過しにくい評価となる。

シートシャッター

- ・群集歩行の場合、シートシャッターでは、防火戸と比べて扉の返りが速く、また剛性がないため、開口の保持が困難である。
- ・通過動作においては、通り抜け空間の自由度が少ないため、身体の回転、傾きを強いられる。

共通事項

- ・開口部通過における歩行軌跡は、防火戸の場合、比較的直線的である。これに対してシートシャッターでは開口形状特性から直線的でない。
- ・適度な滞留が見られる群集歩行では、自分だけでなく次の人のために扉を支える動作が行われ、この行為が流動量にも影響する。
- ・群集の流動量については、いずれの防火設備も「流量」という指標で比較できることを示した。また分析の結果、2つの防火設備とも業務方法書にある流動量をクリアするものと判断される。

今回、研究の対象としたシートシャッターは、通り抜け部の開き方のメカニズムや開口寸法などいろいろなヴァリエーションの可能性のある中で一つのタイプに過ぎない。しかし、この実験の結果は一定の範囲まで同種のシャッターの性能をカバーし得ると考える（注7）。

謝辞

実験を行うにあたっては、多くの方々にご協力をいただきました。名古屋大学医学保健学科の原和子先生、AJU 自立の家の浅井貴代子氏、被験者の皆様に対し深謝の意を表します。また、名古屋市立大学芸術工学部にはモーショキャプチャの使用に際して多大な便宜を図っていただきましたことを付記します。

本研究は、(社)建築研究振興協会・ウォークスルー型シートシャッターの避難安全性検証委員会の委託研究である。

注

- 1) ウォークスルー型シートシャッターについては、これまでも建築基準法第38条の規定に基づく建設大臣の特別認定の建築物に使用されている。しかし通り抜けの円滑性や安全性の立証が充分でないとされ、建築物の主たる経路に用いないとの制約を受けている。
- 2) 「シート扉座板」とはシート扉下部に取り付けられた剛性のあるもので、剛性のない扉全体をこの座板によって形状を保持し、回転を可能にしている。
- 3) 高密度実験ではスタートしてから開口部を全員が抜け出るまでの時間とした。
- 4) 群集密度の計測は実験開始時点でのものを用いた。

表6 防災上の性能から見た長所と短所

長所	防火戸、防火防煙シャッター	シートシャッター
避難安全性	・扉の位置が開口端部に限定される ・ドアノブを回す必要があり、扉が重く開放のための力が必要	・任意の位置に避難口を設置できる。 ・押すだけで開放でき、力も小さくすむ
延焼防止性能	・裏面への放射による影響が大きい	・裏面への放射による影響が小さい
心理面	・降下音が大きく、裏面の状況を把握できない	・効果音が小さく、透光性が若干あるため、裏面の状況がある程度把握できる
短所		
避難安全性	・香煙のないものもある	・座板に若干の厚みがあり、通り抜け時につまずいたり、引っかかる可能性がある
遮煙性能	・銅製のため圧力差に対する変形量が少ない	・柔軟性があるため、過度の圧力差が生じた場合、座板が持ち上がる可能性がある
耐圧性	・ガス消火設備のように急激に圧力が上昇する場合、変形する可能性がある	・ガス消火設備のように急激に圧力が上昇する場合、破損する可能性がある
閉鎖障害	・風圧がかかっても降下する	・風圧がかかると閉鎖障害を起こすことがある
引き裂き強度	・鋭利なものによって破損しない	・鋭利なものによって破損する可能性がある

表7 適用する場合の条件

避難安全性	避難流動性確認試験の際に想定した避難者数を超えることが予想される場所には使用しない
遮煙性能	遮煙性能確認試験の際に確認された、性能を確保できる圧力差を超える部分では、原則として使用しない
耐圧性	ガス系消火設備の対象範囲には使用しない
閉鎖障害	外部風等の風圧の影響が予想される場所には使用しない
引き裂き強度	家具等の転倒あるいは天井に設置された設備等が落下しないよう配慮する

- 5) 群集通常実験では、先頭集団6人の被験者の頭と両肩に3点マーカースを装着した。
- 6) 被験者については、単独実験の場合、成人健常者とともに比較するため高齢者と子供についても記述した。単独実験ではこの他にも手動と電動の車椅子とストレッチャーについても実験を行っている。文献19参照。
- 7) 実験で用いたシートシャッターについて、従前の防火戸及び防火・防煙シャッターとの比較において、防災上の妥当性とその長所・短所を整理し、適用する場合の留意点を表6、表7に示す。

参考文献

- 1) 佐藤和子：Floor Hing ドアと人体動作機能に関する研究 第1報、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.1235-1236、1981.9他
- 2) 朝妻大貴、上野義雪他：ハートビル法に基づく建築物の使われ方調査と人間工学的評価、車椅子使用を考慮した開閉力、日本インテリア学会第12回大会研究発表梗概集、pp.77-78、2000.10
- 3) 横林優、古瀬敏他：引戸の開閉動作における発揮力の測定実験、膨込引手の形状・寸法と開閉力に関する研究（その1、その2）、日本建築学会大会学術講演梗概集 E-1、pp.1027-1030、2000.9
- 4) 清家清：住宅の適正規模について、日本建築学会研究報告、第22号、1953
- 5) 土生多恵子他：ビデオ解析手法を用いた建具通過動作の考察、ビデオ解析手法による日常生活動作に関する基礎的研究その2、日本建築学会大会学術講演梗概集 E-1、pp.457-458、1998.9
- 6) 建部謙治：歩行時の開口部高さ評価と領域高さ、人体まわりの空間領域に関する研究 その2、日本インテリア学会論文報告集 7号、pp.17-24、1997.3他
- 7) 日本建築センター編：防火戸の開閉機構等に関する研究報告書、日本建築センター、1990
- 8) 山名俊男：防火扉開閉装置の力に関する実験、日本建築学会大会学術講演梗概集 A、pp.963-964、1990.10
- 9) National Bureau of Standards: Design and Construction of Building Exits, NBS Publication M151, pp.30-39, 1935.10
- 10) Joint Committee of the Building Research Board: Fire Grading of Buildings, Part III Personal Safety, Post-war Building Studies No.29, pp.110-115, 1952
- 11) 木村幸一郎、伊原貞敏：建築物内に於ける群集流動状態の観察、日本建築学会論文集、第5号、pp.307-316、1938.3
- 12) 戸川喜久二：群集流の観測に基づく避難施設の研究、建築研究報告、No.14、pp.11-15、1955.2
- 13) V.M. Predtechenskii, A.I. Milinskii: Planning for Foot Traffic flow in Buildings, published for National Bureau of Standards, pp.26-46, 1978
- 14) I.A.S.Z. Peschl: Flow Capacity of Door Opening in Panic Situations, Bouw, Vol.26, No.2, pp.62-67, 1971
- 15) 上原茂男：防災計画の研究、内外に圧力差がある場合の回転扉とバランス扉の流動係数、日本建築学会大会学術講演梗概集 E、pp.775-776、1989.10
- 16) 岡田雅之他：防災計画の研究、集団歩行の速度と流動係数の調査方法に関する文献調査、日本建築学会大会学術講演梗概集 E、pp.1023-1024、1993.9他
- 17) 山本昌和他：群集の歩行特性から見た避難計算の問題点に関する考察、日本建築学会大会学術講演梗概集 E-1、pp.1093-1094、2000.9
- 18) 松村誠、佐野友紀他：防火扉の開閉力の違いが通過に及ぼす影響、災害弱者を含めた避難安全に関する研究 その1、その2、日本建築学会大会学術講演梗概集 E-1、pp.751-754、2002.8他
- 19) 佐野友紀、建部謙治、萩原一郎、三村由夫、本間正彦：災害弱者による防火設備開口部の通過特性、日本建築学会計画系論文集、第559号、pp.1-7、2002.9

(2003年6月10日原稿受理、2003年11月11日採用決定)