

感震自動開放ドアの研究開発

Research and Development for an Automatic Earthquake Door

協 賢*
 矢ヶ崎 孝**
 大 原 義 雄**
 米 田 雅 一**
 橋 本 剛**

概 要

平成7年1月17日に発生した阪神・淡路大震災では多くの建築物が被害を受け倒壊したほか、壁の破壊に伴いドア枠等が変形しドアが開放不能となり居住者の避難障害となったことが、建設省建築研究所より報告された。また、過去の震災においても同様な被害が報告されている。

従来から東京消防庁では、地震発生時の初動措置のひとつとして玄関ドアを開放し避難路を確保することを指導している。しかし、地震発生時は身体防護に時間をとられるほか就寝中による地震認識の遅れなど、必ずしもドアの開放が行えない場合が考えられる。このことから地震発生時の人命危険の軽減を図ることを目的として、地震を感知し自動的に開放する「感震自動開放ドア」の研究開発に着手し、試作機の製作及び検証実験等を行ったので、その概要について報告する。

The Great Hanshin Awaji Earthquake of January 17, 1995 caused a widespread collapse of houses and building. Also, the tremor partially damaged structures' walls, and some door frames were then pressurized and deformed with doors remaining closed. The accidentally immobilized doors affected evacuation of people. This was actually reported by the Building Research Institute of the Ministry of Construction. Similar cases triggered by earthquakes had already been reported in the past.

Taking this fact into consideration, the Tokyo Fire Department instructs citizens to have doors open for evacuation in case of an earthquake in terms of the basic guidance in how to act in the event of an earthquake. However, it is not necessarily possible to open doors and obtain escape routes in an earthquake. This is due to the fact that one may take time to protect oneself, or may be in bed and late in recognizing a jolt.

After related research and development, the Tokyo Fire Department produced an automatic earthquake door, which opens of itself when it feels earthquake shocks. The door is expected to contribute to the enhancement of life safety.

This Serise is to report the results of the tests given to the earthquake door.

1 開発の経緯

地震時にドアが開放不能となる原因は、ドア枠の変形にある。このドア枠の変形は、大別すると図1に示す平行四辺形状の変形（以下「面内変形」という）と図2に示す部分的な変形（以下「局部変形」という）、さらに両者の複合的な変形（以下「複合変形」という）に分けることができる。面内変形は、建築物の階そのものが横にずれることによって発生し、被害を受けた階の大部分のドアに同様の被害を及ぼす。局部変形は、ドアを設置

している壁の強度が、換気口や小窓といった開口部などの影響により不均一であるために一部が変形するもので、ドアごとに被害は異なる。

面内変形によるドアの開放不能は、扉とドア枠との間隙を広くとることで、ある程度防ぐことができる。しかし、間隙は防火・防犯上の観点から最小限にとどめる必要があり、一概に広くとることができない。また、局部変形及び複合変形は、間隙での対応では効果が少ないため、地震初期段階でドアを開放することが最も効果的である。

以上のことから、地震を感知し自動的に開放するドア（以下「感震自動開放ドア」という）の研究開発に着手

*高輪消防署 **第三研究室

した。

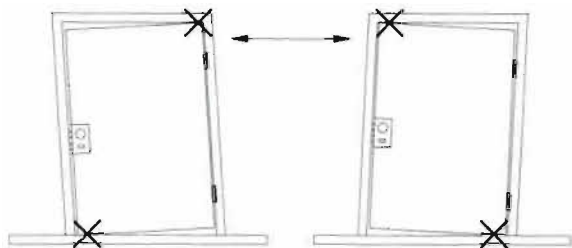


図1 面内変形

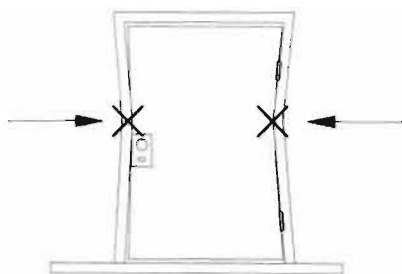


図2 局部変形

(1) 外観・寸法

製作した感震自動開放ドアの試作機（以下「試作機」という）の外観・寸法を写真1及び図3に示す。



写真1 外観

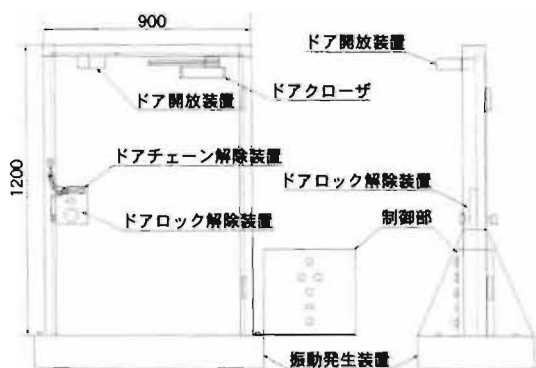


図3 外観図

(2) 構成

試作機は、制御回路、地震センサ、予備電源等からなる制御部とドアロック解除装置、ドアチェーン解除装置、ドア開放装置からなる作動部から構成され、各装置の役割は次のとおり。

ア 制御部（写真2）

地震センサの信号により作動部の各装置の制御を行うとともに、停電時の電源供給用にバッテリーを内蔵している。

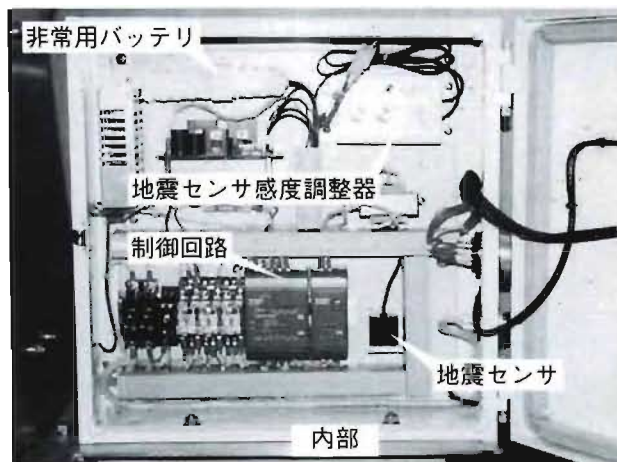
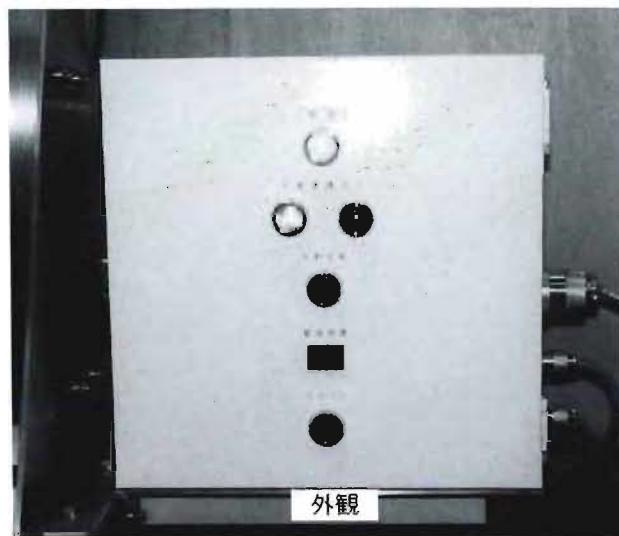


写真2 制御部

イ 作動部

(ア) ドアロック解除装置

現在ドアロックは、図4に示すタイプのもので一般的に使用されている。ドアを開放するためには、本締まり錠を解除しヘッドボルトをドア内に納めるとともに、ドアノブを回しラッチボルトもデッドボルトと同様にドア内に引き込む必要がある。本装置は、図5に示すようにデッドボルト及びラッチボルトを解除するとともに、解除完了の信号を制御部に送信する。

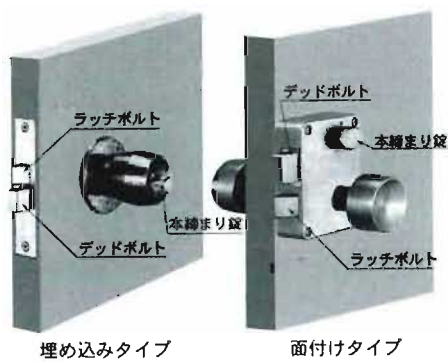
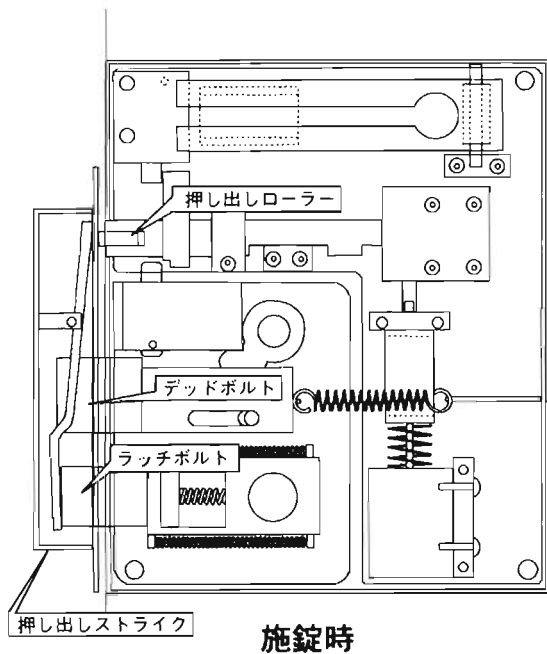
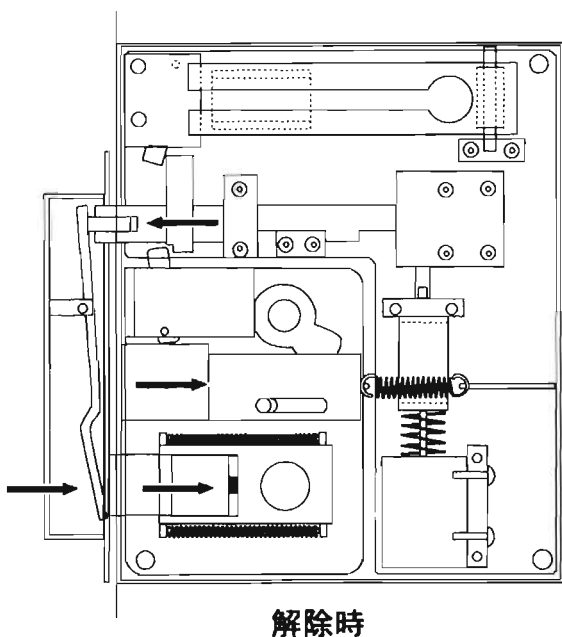


図4 汎用のドアロック



施錠時



解除時

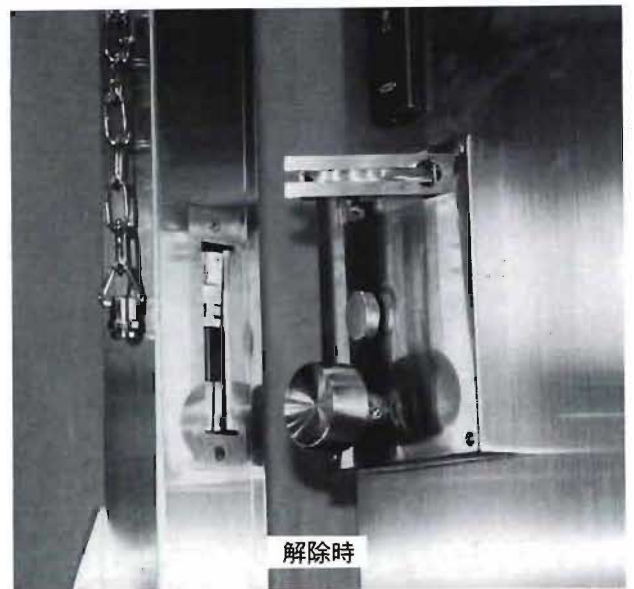
図5 ドアロック解除装置の機構

(イ) ドアチェーン解除装置 (写真3)

写真3のようにドアチェーンを解除するとともに、ドアチェーンが施錠していない場合は作動停止信号を制御部に送信する。



施錠時



解除時

写真3 作動状況

(ウ) ドア開放装置 (写真4)

装置内に収納されているシリンダが、制御部からの作動信号により飛び出し、写真4のようにドアを開放する。

なお、ドアの開放幅は、共同住宅等の共用廊下に面する玄関ドアを考慮し、他の避難者の障害とならないよう10cmにとどめている。

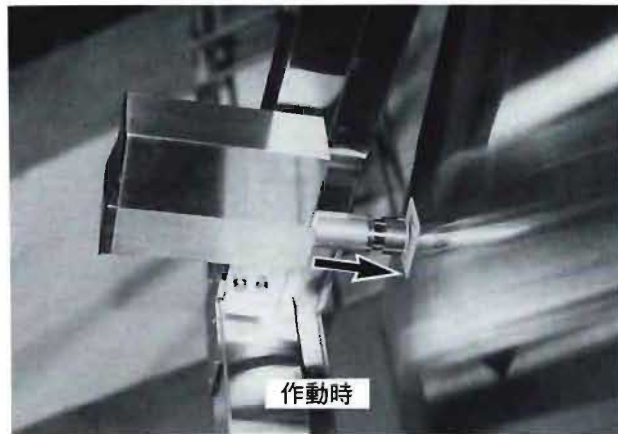


写真4 作動状況

(3) 特長

- ア ドア開放までの一連の動作がすべて自動化されることにより、地震発生時には火気設備の消火や身体防護などの初動措置に専念することができる。
- イ 作動震度を設置する建築物の立地条件及び耐震性

能に合わせ、調整することが可能である。

ウ 無人時に装置が作動しドアが開放することによって防火防犯上の安全性が損なわれることを防止するため、ドアチェーンの施錠時（「ドアチェーン施錠＝在室」という考え方を採用している）にのみ装置が作動する。

エ 既存ドアへの設置が可能である。

オ ドアロック及びドアチェーン解除装置のみが作動する押しボタンスイッチ（写真5）を設け、身体障害者や高齢者のドア開放を容易にするとともに、火災等の緊急時に迅速な避難が可能である。

カ 装置の復旧は、リセットボタン及びドアの閉鎖といった単純な操作のみとした。

(4) 動作フロー

試作機の動作は図6に示すフローのとおり、まずドアチェーンが施錠されている状態のとき設定以上の地震が発生すると地震センサが作動し、ドアロック及びドアチェーンを解除する。続いてドアロックが完全に解除された後、ドア開放装置が作動し、ドアを開放する。

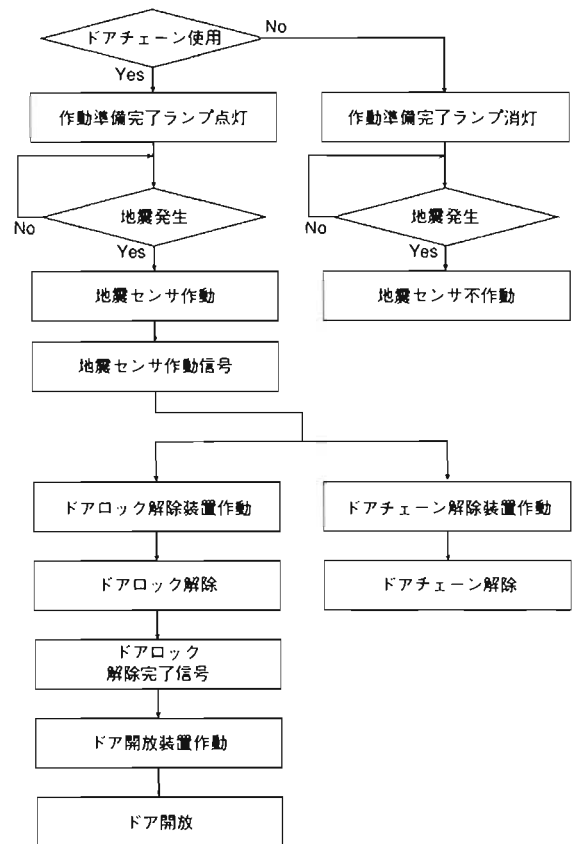


図6 動作フロー

(5) 仕様（表1）

試作機の仕様は、表1のとおり。

表1 仕様

仕様項目	性能	
常用電源	AC100V	
非常用バッテリー	DC24V 600Ah	
作動温度範囲	-20~60°C	
地震センサ	感知方向	三次元
	検出方式	静電容量式
	作動感度調節範囲	震度5弱~7
	感知周波数	DC~10Hz
ドアロック解除装置	デッドボルト	バネ式
	ラッチボルト	押し出しストライク式
ドア開放装置	ドア開放幅	10cm
	押し出し装置	バネ式

3 試作機性能確認実験

(1) 日時

平成10年3月17日(火)~20日(金)

(2) 場所

東京消防庁消防科学研究所1階 総合実験室

(3) 実験項目

ア 制御部の加速度測定実験

振動発生装置上に設置した試作機の制御部に加わる加速度を測定し、相当する震度を把握する。

イ 作動確認実験

次に示す各条件での作動状況を確認するとともにその作動時間を測定する。

(ア) 常用電源使用

(イ) 予備電源使用

(ウ) 押しボタン起動

ウ 手動開放時の所要時間測定実験

ドアロック及びドアチェーンが施錠されている状態のドアを、手動で開放するに要する時間を測定し試作機との比較検討の資料とする。

(4) 実験資器材

ア 試作機	1
イ 振動発生装置	1
ウ データレコーダ (XR-5000)	1
エ データアナライザ (DAA-110A)	1
オ 加速度変換器 (10G・3軸)	1
カ 荷重変換器 (1.96kN)	1
キ ストップウォッチ	1
ク カメラ	1
ケ ビデオカメラ	1
コ 三脚	1
サ 水準器	1

(5) 実験方法

ア 制御部の加速度測定実験

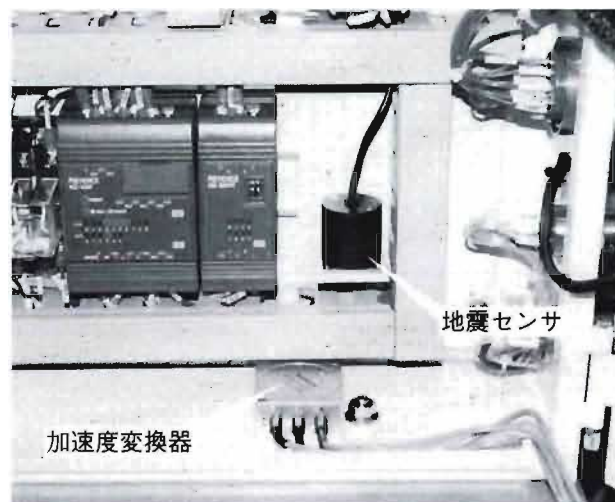


写真6 加速度変換器設置状況

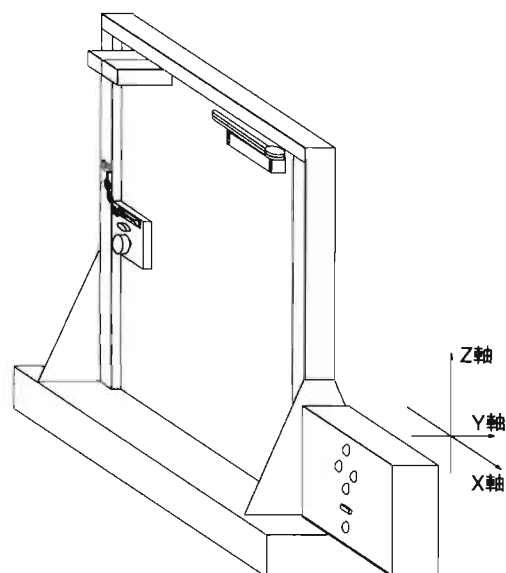


図7 加速度測定の軸心方向

制御装置下部に、写真6に示すように加速度変換器を設置し、その出力をデータレコーダ及びデータアナライザに記録する。

なお、加速度変換器のX、Y、Zの各軸の方向は図7のとおり。

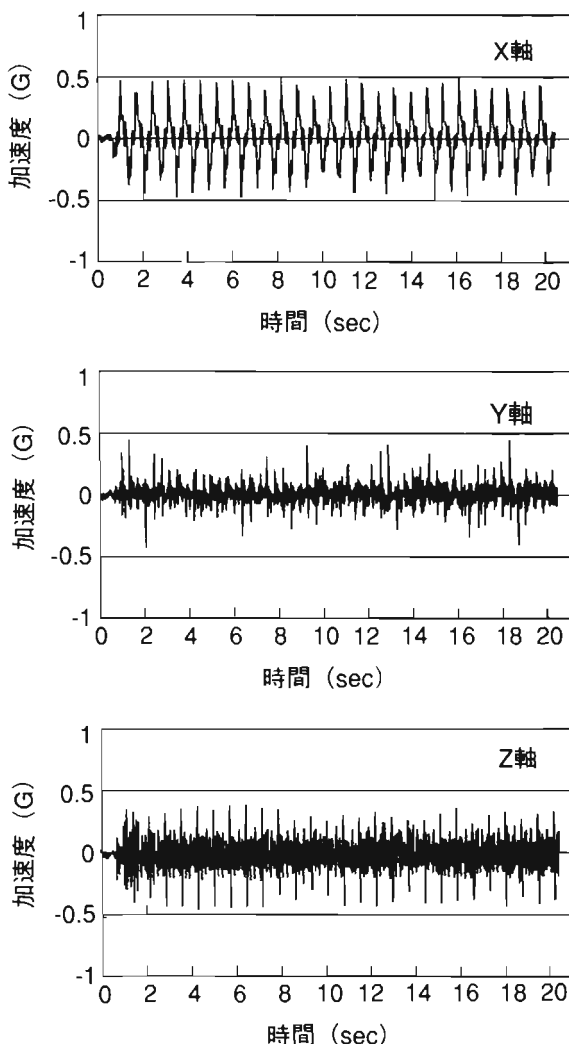
イ 作動確認実験

起震台上に試作機を設置し振動を発生させ、斜め後方からその状況をビデオ撮影し、前イ(7)及び(イ)にあつては地震センサ作動からドア開放完了まで、(ウ)にあつては押しボタンを操作してからドアを開放するまでの時間を測定する。

ウ 手動開放時の所要時間測定実験

ドアロック及びドアチェーンを施錠し、1名の者がドアを開放するまでの時間をストップウォッチを使用し測定する。

なお、本実験は操作熟練度等によって個人差が生じることが考えられることから、3名の者が繰り返し各3回実施した時の平均値を比較検討の資料とする。



グラフ1 地震センサ設置場所の加速度

表2 震度階と相当加速度

階級	人間の体感	屋内外の状況	地震の加速度ガル (cm/sec ²)
0	揺れを感じない	変化なし	0.8以下
1	一部の人が感じる	ほとんど変化なし	0.8~2.5
2	屋内の人の多くが揺れを感じる	電灯等の吊りものが僅かに揺れる	2.5~8
3	屋内のほとんどの人が揺れを感じる	棚の食器棚が音をたてる	8~25
4	かなりの恐怖感、眠っている人のほとんどが目覚めます	吊りものが大きく揺れ、置物が倒れることもある	25~80
5弱	多くの人が身の安全を図ろうとする	吊りものは激しく振動、置物の多くは倒れる	80~250
5強	非常な恐怖、多くの人が行動に支障	食器類、本やテレビが落ちたりタンスが倒れることも	
6弱	立っているのが困難	未固定の重い家具が転倒、ドアが開かなくなることも	250~400
6強	はわないと動けない	未固定の重い家具のほとんどが転倒し戸が外れる	
7	自分の意志で動けない	ほとんどの家具が大きく移動、飛ぶこともある	400以上

(6) 実験結果及び考察

ア 制御部の加速度測定実験

グラフ1にX、Y、Zの各方向の加速度を示す。X及びZ方向の加速度のピークがほぼ0.5G (490cm/sec²) に推移していることから、表2より制御部に震度7相当の振動が加わっていることがわかる。

イ 作動確認実験

表3に(7)~(ウ)の各作動時間及び平均時間を示す。

表3 作動時間及び平均時間

実験項目	作動時間			平均時間	
	1回目	2回目	3回目		
地震センサ起動	(ア) 常用電源起動	0.58秒	0.56秒	0.52秒	0.55秒
	(イ) 予備電源起動	0.48秒	0.53秒	0.57秒	0.53秒
(ウ) 押しボタン起動	0.45秒	0.41秒	0.47秒	0.44秒	

(7) 常用電源使用

震度7相当の振動によって試作機が地震を感知してからドアを開放するまでに要する時間は、表3より約0.6秒以内であり、このことから地震発生初期にドア開放が可能であることが確認できる。

また、繰り返しの使用に支障なく作動したことから、試作機が震度7相当の振動に対し耐震性を有することが確認できる。

(イ) 予備電源使用

常用電源使用時と作動時間に差異がなく、停電時も支障なく作動することが確認できる。

(ウ) 押しボタン起動

平均0.44秒と、ほぼ押しボタンの操作と同時にドアロック及びドアチェーンが解除していることが確認できる。

ウ 手動開放時の所要時間測定実験

表4に各実施者の所要時間を示す。

個人差はあるが、通常ドアロック及びドアチェーンの施錠されたドアを開放するには、スムーズに操作が行えた場合でも概ね3秒程度の時間を要することがわかる。

このことから、本装置の設置によりドア開放操作そのものの時間短縮も図れることが確認できる。

表4 手動開放所要時間

実施者	所要時間			平均所要時間
	1回目	2回目	3回目	
A	2.92秒	2.20秒	2.04秒	2.39秒
B	3.88秒	3.55秒	2.59秒	3.36秒
C	2.71秒	2.61秒	2.55秒	2.62秒

4 まとめ

現在市場では、ドアそのものに耐震性をもたせた「耐震ドア」という製品が販売されている。しかし、このドアは、取付け工事が設置する壁にまで及ぶことから、既存建築物への普及が困難である。一方、感震自動開放ドアは、ドアそのものを交換することなく既存のドアに装置を設置することが可能であり、かつ、自動的にドアを開放するため装置を設置する建築物の耐震性の影響を受けないことから、ドアのもつ防火・防犯性能を維持したまま既存建築物への普及が期待できる。

さらに、本装置はドアロック及びドアチェーン解除装置のみが作動する押しボタンスイッチを備え、高齢者や身体障害者のドア開放を容易にするバリアフリー効果を有するとともに、火災等の緊急時に迅速な避難を可能とする。

5 おわりに

本研究結果から、感震自動開放ドアの実用化が可能であるとともに、その効果が十分期待できるものであることが確認された。

今後はこの成果をもとに、都民生活の安全性の向上を目的として、関係機関に働きかけ実用化を目指すものである。