

ドアの速度と重量による衝撃の基礎的研究

日本自動ドア株式会社

1. プロジェクトの目的

- ・キッズデザイン製品開発のためのニーズ

私たちの身近には、便利な可動式の機械設備が数多く取り付けられており、生活をする上で欠かせない設備になっている。また、子どもをベビーカーに乗せている保護者や、高齢者などには移動するにあたって、なくてはならない設備である。その便利な可動式の機械設備の中でも一番多く取り付けられているのが自動ドアであり、したがって子どもが接する機会が多くなることになる。そこで自動ドアの動作を検証し、より安全性を高めることができれば、安全で安心できる製品になる。

実際に自動ドアの動作を検証するにあたって、現在の自動ドアはどのように安全性を確保しているかを調査したところ、自動ドアの関係団体が定めた安全基準ではドア重量と速度の関係を 10 ジュール以下に設定すること（10 ジュール則）とさだめている。10 ジュール則というのは子どもが重篤な怪我をしない値とされているが、実際には自動ドア業界の暗黙値であり、ドアの重量と閉鎖速度ごとに人体や物体を挟んだ時の圧力数値データは、計算上の数値しかない。本研究は実際にどのくらいの圧力がかかるのか検証し、自動ドアの安全基準に反映させることを目的とする。

自動ドア関係団体安全基準より抜粋

	一般建築物	障害者・高齢者・ 子供が多い建築物
開放速度	500mm/sec 以下	400mm/sec 以下
閉鎖速度	350mm/sec 以下	250mm/sec 以下
	補助センサが設置できないとき、並びに 起動センサエリアが基準を満たせない場合、250mm/sec 以下	
開放保持タイマ	2 秒以上で通行量や状況に合わせて設定	
存在検出範囲の 静止検出時間	10 秒以上で通行量や状況に合わせて設定	

ドアの重量に応じて、ドア重量 1 枚当たり 75kg 以上の場合は速度による衝撃を考慮して速度を設定すること。

計算式 $J = (1/2) mv^2$

ただし m = ドア重量 kg,

v = ドア速度 m/sec

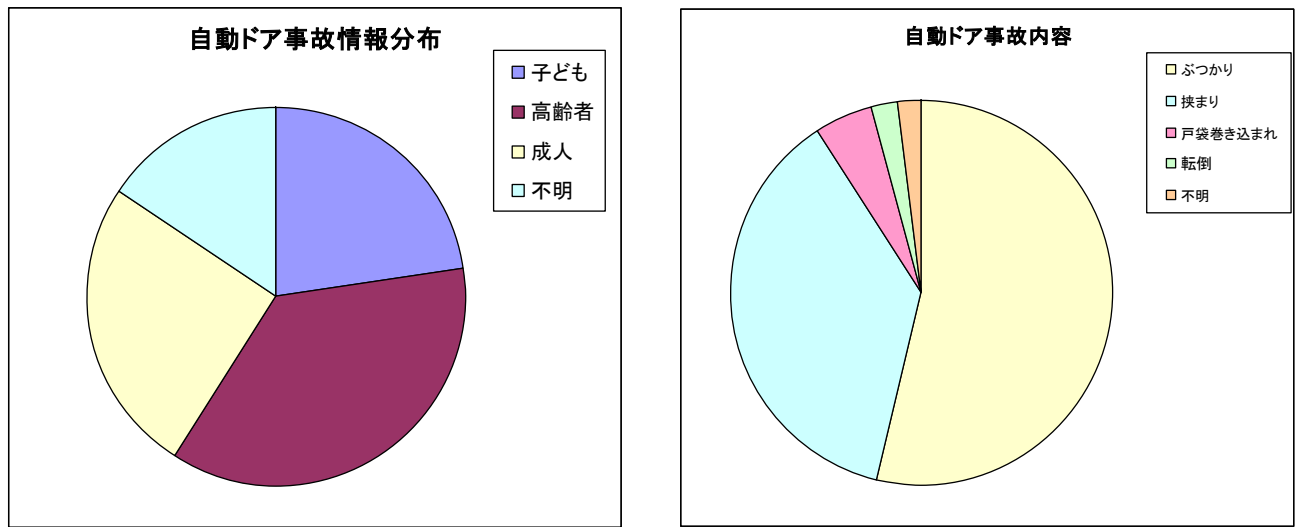
を用いて $J \leq 10$ となるように設定すること。

* $J > 10$ の衝撃は人に重大な負傷を与える可能性がある数値とされている。

重量	速度	推奨開放速度	推奨閉鎖速度
100kg	440mm/sec 以下	350mm/sec 以下	250mm/sec 以下
200kg	310mm/sec 以下	300mm/sec 以下	200mm/sec 以下
300kg	250mm/sec 以下	200mm/sec 以下	180mm/sec 以下

・事故の実態

自動ドアでは主にぶつかり（衝突）・挟まれ・戸袋での巻き込まれ事故などが起きている。弊社では事故情報を独自に収集しているが、軽微な事故の場合そのまま立ち去っていく人が多いために、約15年間の収集期間において把握できている事故情報は97件にとどまっている。その内訳は、子どもが22名、高齢者が35名、成人が25名、不明が15名となる。不明とは自動ドア設置店が事故に気づき、弊社に情報を頂いたが、事故を起こされた方は立ち去ってしまわれた場合をさす。事故の原因となる内容は、ぶつかりが50件、挟まりが36件、戸袋での巻き込まれが5件、転倒が2件、不明が2件となる。



2. 実施方法

・データ収集や分析の方法

- 実験場所 : 日本自動ドア株式会社 飯能工場
- 実験機種 : 日本自動ドア製片引き自動ドア装置 A T V
- 実験日 : 2012年2月28日（火曜日）
- 実験器具 : ●プッシュプルゲージ（衝突部寸法：150mm×20mm）
 ●ストップウォッチ（手動式）
 ●錘（一枚15kg）
 ●試験用ドア（DW1000×DH2000×DT40 [mm] 重量変更可能）
 ●強化ガラスドア（DW914×DH1800×DT28 ガラス厚12 [mm] 重量変更不可能60kg）

○閉鎖するドアの衝撃を測定するのにプッシュプルゲージを使用する。ガイドを使用し、測定点が同じ位置に来るように設置する。試験用ドアの測定点は戸当りから565mm、強化ガラスドアの測定点は戸当りから370mmとする。

○測定高さは床から700mm（子どもの肩の高さを想定）と1400mm（大人の肩の高さを想定）とする。

○試験用ドアでの重量変更は、30, 45, 60, 75, 90, 100kgとする。

○試験用ドアの戸先は、スチール平面及びスチール平面にクッション材を取り付けた2種類とする。

○ドアの速度は100, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500mm/sとする。

実験風景



試験用ドア



測定方法



強化ガラスドア



クッションゴム



測定高さ 700mm



測定高さ 1400mm

3. 結果と考察

・結果

①戸先スチール

衝撃力[N]		ドア重量[kg]					
		30	45	60	75	90	100
ドア速度 [mm/s]	100	96	113	133	148	174	180
	200	174	218	241	291	356	359
	250	201	267	302	371	437	475
	300	251	328	359	485	504	562
	350	284	392	410	522		
	400	344	444	475			
	450	366	470	543			
	500	410	543				

②戸先スチール+クッション材（ドア重量 60[kg]）

ドア速度[mm/s]	100	200	250	300	350	400	450	500
衝撃力[N]	93	230	290	354	405	455	539	

③ガラス厚 12[mm]（クッション材無し、ドア重量 60[kg]）

ドア速度[mm/s]	100	200	250	300	350	400	450	500
衝撃力[N]	127	289	334	415	492	525		

④測定高さ 140mm

1. 戸先スチール（ドア重量 60[kg]）

ドア速度[mm/s]	100	200	250	300	350	400	450	500
衝撃力[N]	159	329	409	496	554			

2. 戸先スチール+クッション材（ドア重量 60[kg]）

ドア速度[mm/s]	100	200	250	300	350	400	450	500
衝撃力[N]	104	250	331	406	470	540		

3. ガラス厚 12[mm]（クッション材無し、ドア重量 60[kg]）

ドア速度[mm/s]	100	200	250	300	350	400	450	500
衝撃力[N]	127	292	340	427	490	519		

※使用したプッシュプルゲージが 500N までしか計れないため 500N を超える数値は参考値になります。

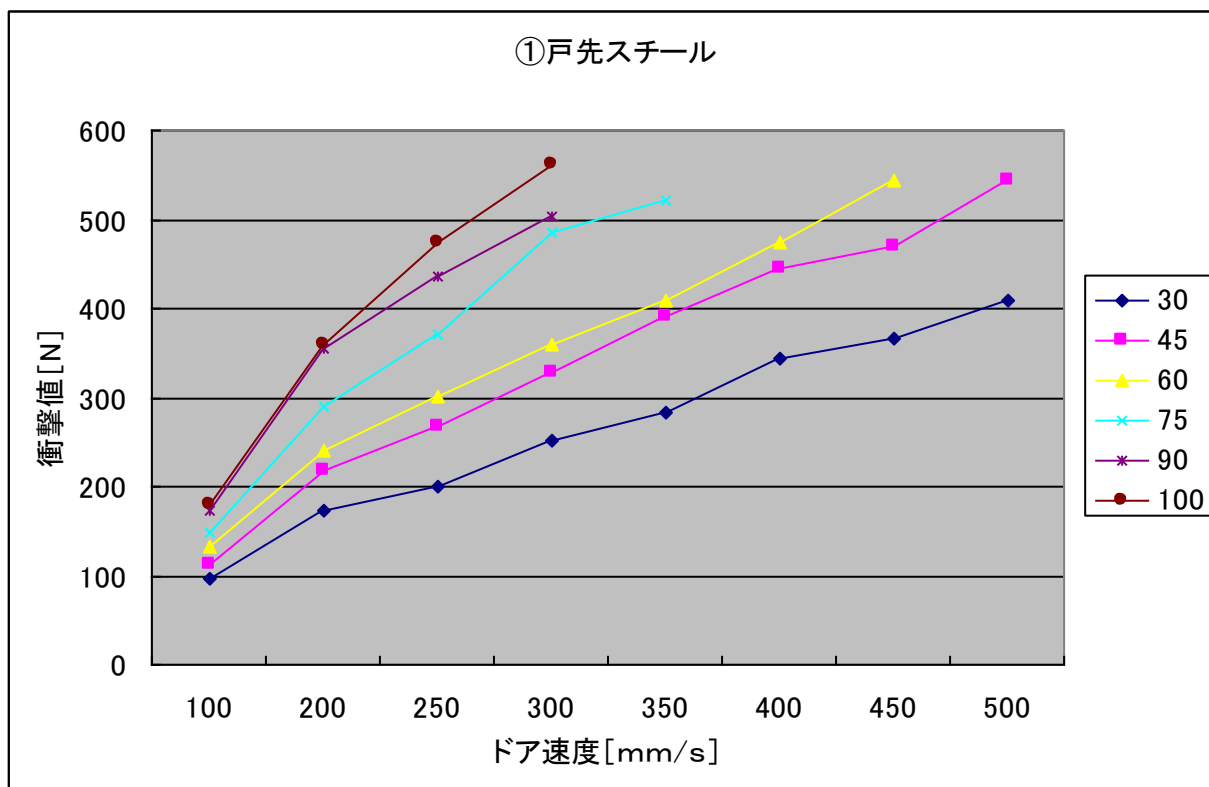
○反転に要する時間は、おおよそ0.2秒程度（手動計測）でした。

○衝突面積の変化による衝撃値は、測定器にプッシュプルゲージを使用したため変化の検出はできませんでした。

○クッション材を取り付けたドアより、取り付けないドアのほうが衝撃値は大きくなりました。

○試験用ドアでは測定高さ700mmより測定高さ1400mmのほうが衝撃値は大きくなりました。

○強化ガラスドアでは測定高さによる衝撃値に大きな変化はありませんでした。



・考察

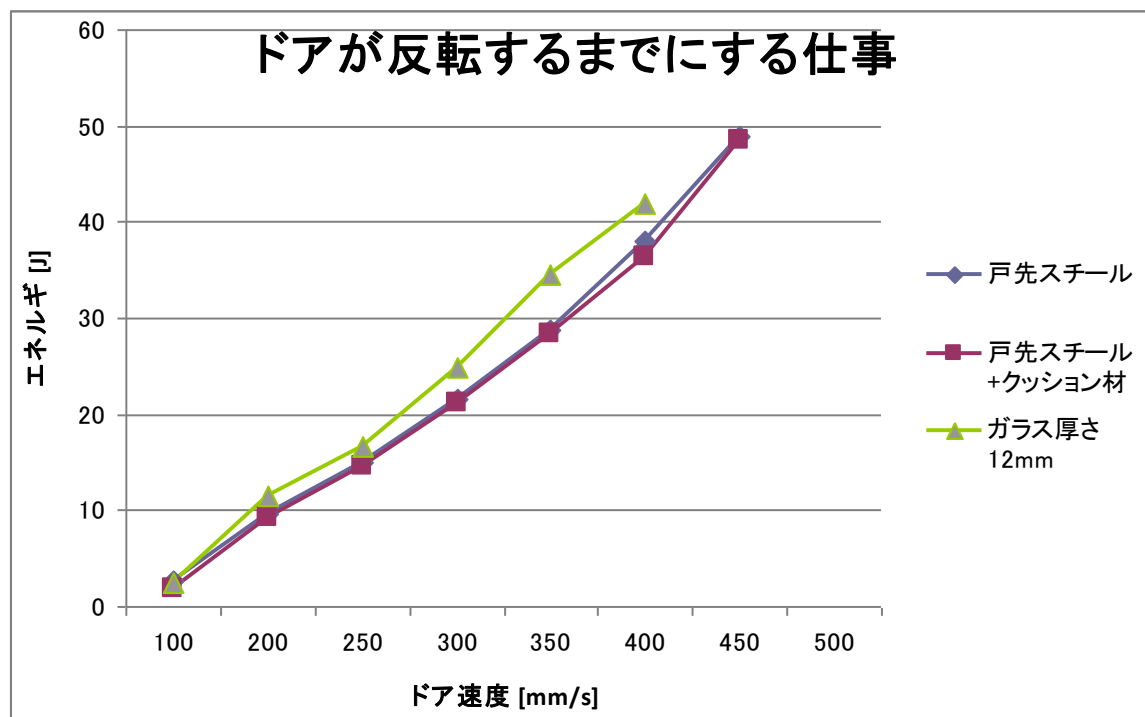
○ドア重量・ドア速度とドアの持つエネルギーの関係

エネルギー [J]		ドア重量 [kg]					
		30	45	60	75	90	100
ドア速度 [mm/s]	100	0.15	0.225	0.3	0.375	0.45	0.5
	200	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2
	250	0.9375	1.40625	1.875	2.34375	2.8125	3.125
	300	1.35	2.025	2.7	3.375	4.05	4.5
	350	1.8375	2.75625	3.675	4.59375	5.5125	6.125
	400	2.4	3.6	4.8	6	7.2	8
	450	3.0375	4.55625	6.075	7.59375	9.1125	10.125
	500	3.75	5.625	7.5	9.375	11.25	12.5

○ドアが反転するまでにする仕事（ドア重量 60kg の時）

エネルギー [J]		高さ 700mm		
		戸先スチール	戸先スチール +クッション 材	ガラス厚さ 12mm
ドア速度 [mm/s]	100	2.66	1.86	2.54
	200	9.64	9.2	11.56
	250	15.1	14.5	16.7
	300	21.54	21.24	24.9
	350	28.7	28.35	34.44
	400	38	36.4	42
	450	48.87	48.51	
	500			

ドアが停止(反転)するまでの時間を 0.2[s]として、表3の結果を使い（衝撃力 [N]）＊（ドア速度 [mm/s] ＊ 0.2[s] / 1000）＝（仕事量 [N・m]）として計算



○今回の実験結果からは 10 ジュール則での計算上は安全だとされる速度でも、ドアが反転するまでにする仕事は大きくなるが、厳密にはドアが停止するまでがエネルギーの仕事量で停止してしまえば仕事量は 0 になるはずなので実際の仕事量はもう少し低いと思われる。

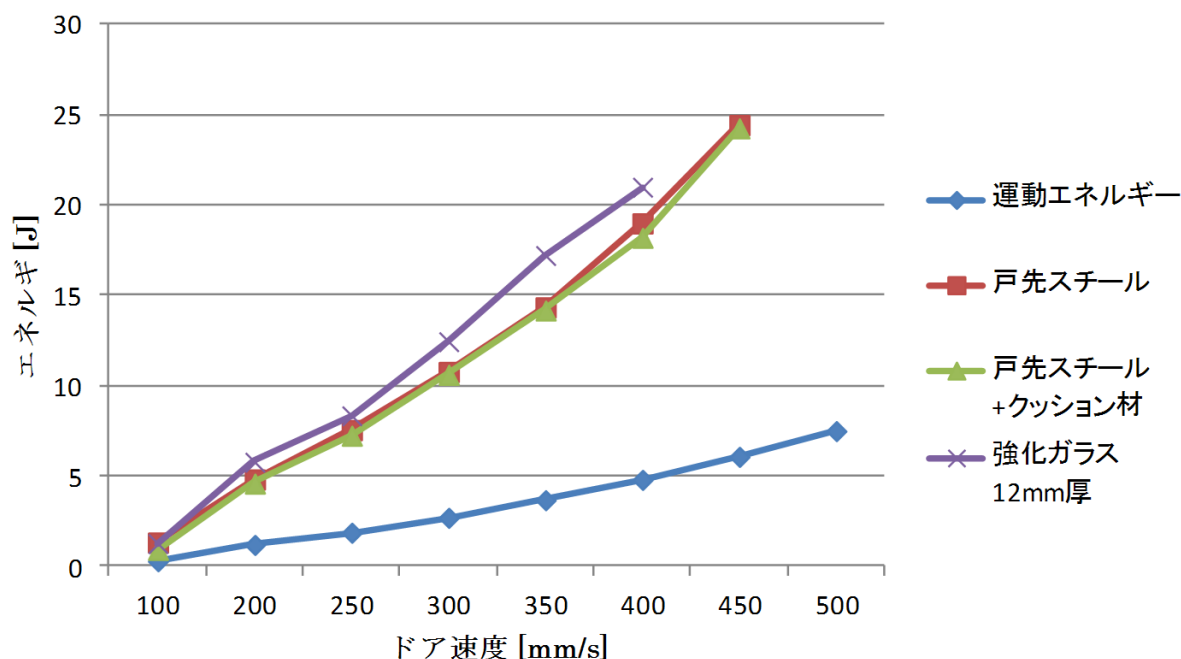


図 ドアの運動エネルギー（理論値）およびドアが反転するまでにする仕事

○今回の実験ではいずれの速度でもドアの運動エネルギーは10J以下となっており、10ジュール則を満足している。しかし、計測した結果から、子どもに重篤な怪我を負わせないとされる速度でも、対象物が移動しない場合にはドアが反転するまでにする仕事が10Jを越える可能性があることがわかる。

4. 今後の展開

・製品改善・製品企画への展開の見通し

自動ドア関係団体へ今回の結果を報告し、自動ドアの安全基準に反映させることが、これからの自動ドアをより安全に使用していただくことにつながる。また、事故につながらないように、センサによる検出範囲の確保が重要になる。現在、自動ドアには法令点検の義務はなく、ユーザーに任意で保守契約に入ってもらって点検を行うか、点検のお知らせなどを配布し、スポットで点検を行っているが、センサの劣化による検出範囲の不確保、古いタイプのセンサによる検出抜けを防ぐためにも、より自動ドアの点検に力を入れていき、ゆくゆくは自動ドアの法令点検義務化に繋げていければよい。

5. 文献

・内閣府認証 NPO 法人 全国自動ドア産業振興会 スライド（横引き）式自動ドア安全基準要約