

自動回転ドアの安全規格

明治大学 工学博士 向殿 政男
産業安全研究所 池田 博康

1. はじめに

大型(直径3 m以上)の自動回転ドアは1990年頃に国内に導入され始め、商業施設を中心に急速に普及して466台設置されてきた¹⁾(2004年4月16日時点)。図1に各種自動回転ドアの例を示すが、これらの自動回転ドアの普及の背景には、建築物の高層化、高密度化により多数の人の出入りを少ない空間で可能とすることと、建築物内の気密性を保つために人の出入りに伴う空気の流れを抑えるという要求があった。このような省スペース化と熱負荷軽減による省エネルギー化以外にも、特に、高層ビルでは、ビル内の温度差による上昇気流の発生でドアが開閉しにくくなるというドラフト現象を防ぐために、自動回転ドアは有効とされている。

しかし、2004年3月に発生した大型自動回転ドアによる6歳男児の死亡事故²⁾を契機にして、安全問題がクローズアップされ、過去挟まれや衝突事故が多数(270件、内怪我あり133件)発生していたことが明らかとなった¹⁾。事故を起こしたドアの製造者や施設管理者の責任が問われたことは当然としても、大型回転ドアの安全基準や規格が国内には整備されていなかったという行政上の問題点も浮き彫りにされた。死亡事故後に既存の大型自動回転ドア

の使用中止や撤去が相次ぎ、新設もほとんど見送られた。ドアの運用管理のみでは事故の抑止力として不安があると判断されたためである。

自動回転ドアの利便性を生かして安全に利用するためには、その危険性を認識した上で安全な自動回転ドアの製品を設計・製造することが先決である。そのため、自動回転ドアの設計・製造者が製品の設計等に当たって遵守すべき事項が検討され、著者らはこのJIS原案作成に携わった。そして、半年間の検討の結果、2005年8月30日付けで日本工業規格(JIS) A 4721「自動回転ドア—安全性」が制定された³⁾。本稿では、このJIS制定に至った経緯とその概要について説明する。

2. 規格制定までの経緯

死亡事故が発生するまで、自動回転ドアには公的な規格が整備されていなかったが、国内での大型自動回転ドアの普及が比較的最近であったため、この業界にも共通の安全基準等がない状況であった。国土交通省や東京都は、高齢者や身体障害者対象の建築設計指針や福祉マニュアルで回転ドアの危険性を指摘していたが²⁾、回転ドア自体の安全化については言及していなかった。一方、強制法規である建築基準法においては、火災等の避難時

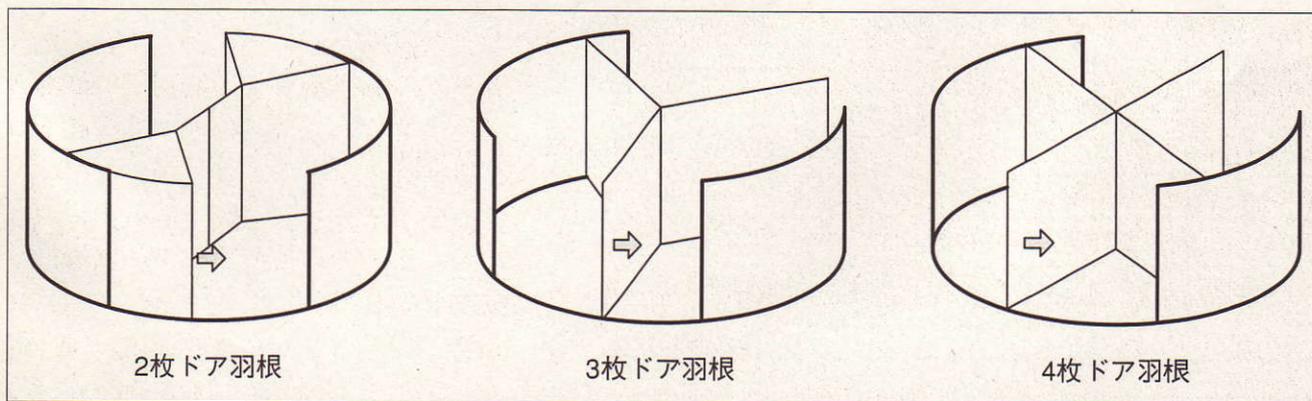


図1 自動回転ドアの構造例(死亡事故は2枚羽根型で発生した)

の回転ドアの使用を規制しているが、製品としての安全基準という規定ではない。

回転ドアの利用実績の多い欧米では、1990年代後半から自動回転ドアの製品規格が作成され、回転速度、ドア衝撃力、安全機能等が規定されているが、その規定方法や規定数値は国毎に若干異なっている。国内ではこれらの海外規格の制約は受けないが、海外から輸入されている大型自動回転ドア（国内総数の6割強）の中には、生産国の規格に適合している例もある。ただし、輸入品であっても国内使用に当たって調整を可能としている例も見られる。

以上の状況から、自動回転ドアの事故防止対策について検討する委員会が設置され、海外規格の分析を含めて、国内における自動回転ドアの安全確保のためのガイドライン作りが開始された（図2参照）。このガイドラインは同検討会設置後わずか2ヵ月で発行され、大型自動回転ドアの事故防止対策として、ドア設置の建築計画から、ドア製造・供給、施工、管理、保守・点検に至るまで広範に要件を規定した。これを受けて、業界団体でも「大型自動回転ドア安全対策マニュアル」を発行して、ガイドラインの内容を製造者だけでなく発注者や管理者にも、より周知、徹底させてきた。しかし、このガイドラインでは技術的

な検討は不十分であるため、今後取り組むべき課題として公的な安全規格の整備の必要性が報告された⁴⁾。例えば、ガイドラインでは、挟まれ防止対策が緩衝材の圧縮幅とドア羽根の制動距離との比較で示されており、海外規格のような挟まれ（衝撃）力に基づいた指標が示されていない。

そこで、JIS原案を検討する委員会が新たに設置され、製品としての自動回転ドアの安全標準化を目指すため、主に業界委員と中立委員により技術的内容を吟味し、行政委員とユーザー委員を含めてJIS原案の作成を進められた。その結果、自動回転ドアの設計・製造者が目標とすべき設計方法と具体的な挟まれ力の規定等の安全要求事項を定めて、さらに製造された製品の安全性が妥当かを検証する方法も検討した。

3. 自動回転ドアJISの安全設計の考え方

JIS原案の検討に当たっては、「自動回転ドアの事故防止対策に関するガイドライン⁴⁾」の製品安全要求事項を改めて検証した。このガイドラインの基本的考え方は、「死亡事故等の重大事故を生じさせず、他の事故も頻度を低減するため多重安全等を施す」とされ、直径3m超の大型自動回転ドアに対して、主に次の要求事項が規定されている。

- 1) ドア羽根の戸先の最大周速度が 0.65m/s 以下
- 2) 子供、高齢者、身体障害者のために低速運転 (0.35m/s 以下) が可能、また、他形式のドアを併設
- 3) ドア戸先の制動距離を、戸先と方立(円形ウォールの固定柱) に設けた緩衝材の合計収縮幅よりも小さくする
- 4) 人体接触検知、ドア進行方向の人体の非接触検知、安全間隔(隙間)の確保、防御柵等の設置

以上の要求事項は必須要件として設計・製造者が実施すべき規定であるが、本来の安全設計の考え方は、「死亡事故等の重大事故

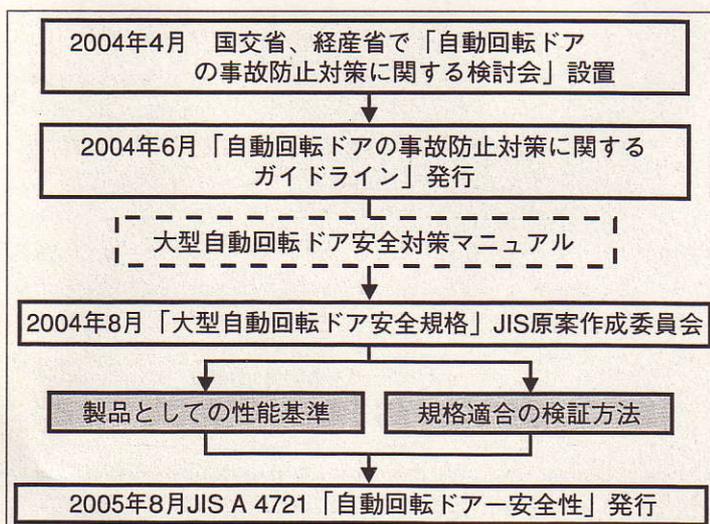


図2 自動回転ドアの安全性JIS発行に至る経緯

自動回転ドアの安全規格

を生じさせない」という要求基準を満足すれば良く、その実現方法は自由なはずである。そのような観点から見ると、ガイドラインは挟まれ危険性に対する要求事項が明確でなく、その実現方法は後付の安全方策に依存する傾向があり、また、各々の方策の位置付けも明確になっていない。

そこで、JIS原案作成委員会では、人体がドアに挟まれ、衝突する場合の人体の力受容の限界から、挟まれ事故に対する要求基準（すなわち、ドア回転力の安全設計目標）を求めようとした。しかし、その根拠となる人体実験データが乏しく、また、人体の挟まれ状態がオフセットされたせん断状態に至るため、数値の判断が困難であった。委員会では、既存データを参考にして改めて検証実験を行うことにより回転力の許容規定値を設定した。

また、機械類の安全性に関する国際規格の考え方を導入して、ドアの危険性をリスクとして把握、評価して適切で合理的なリスク低減を図ることとした。これは機械の安全設計原則⁵⁾を踏襲して、図3に示すような3ステップメソッドによるリスク低減プロセスを実施するものである。3ステップメソッドはリスク低減方策実施の優先順位を規定しており、ステップ1は挟まれないあるいは挟まれても怪我をしない構造を、ステップ2では挟まれる前あるいは挟まれても怪我する前にドアが制動・停止する仕組み（センサ等の保護装置、インターロック）を求め、さらにインターロックが働かなくてもよいように注意、警告の表示を付加する。ステップ3では製造者がリスク低減の限界を提示して残留リスクへの対処をドア使用者（建築物設計者、管理者、要員）

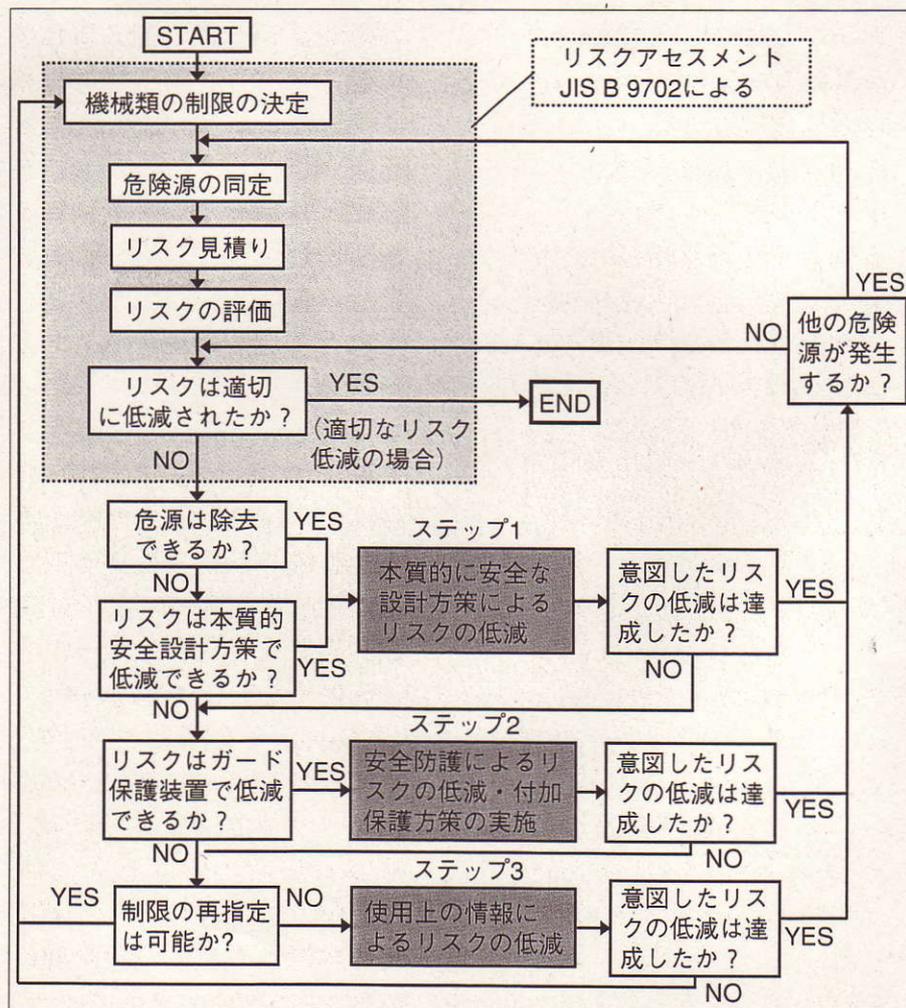


図3 3ステップメソッドによる自動回転ドアの設計手順

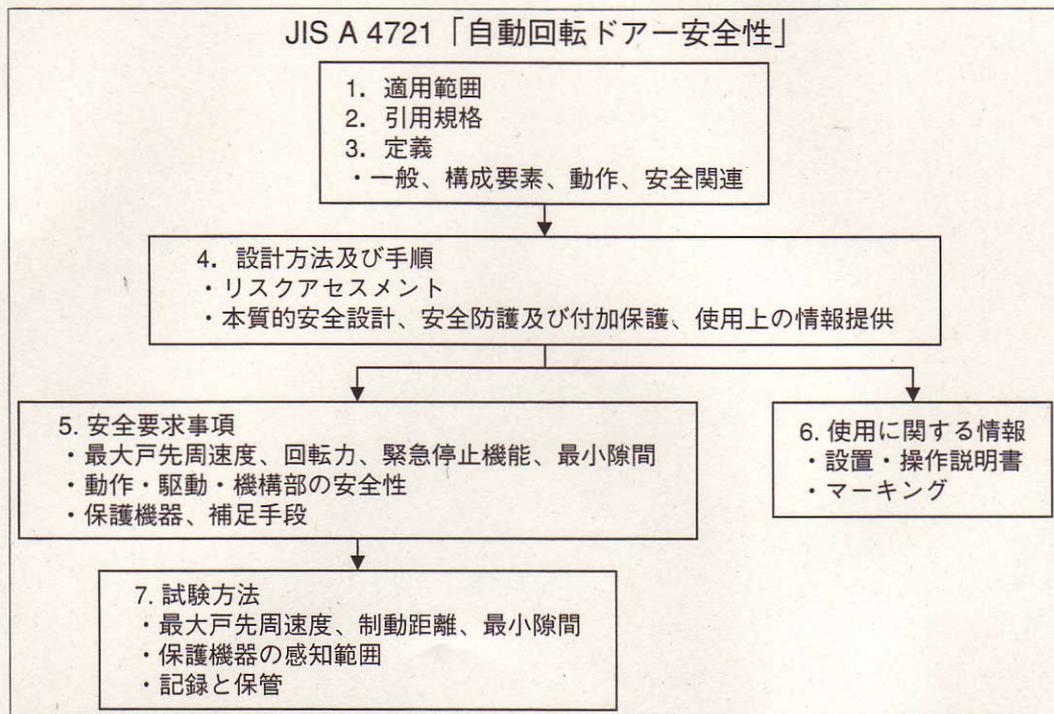


図4 自動回転ドアの安全性JISの構成

へ委ねる。このプロセスにより、本質的安全設計の重要性が認識されるとともに、保護装置のリスク低減効果やさらに残存するリスクの処理まで含めた系統的な安全設計が実行できる。

なお、上述の安全設計原則は自動回転ドアの大小によらずに共通に適用されるものであるため、JIS名称はガイドラインで適用範囲とした大型という制限を除いている。

4. 自動回転ドアJISの構成と概要

4.1 適用範囲

制定されたJIS A 4721「自動回転ドア—安全性」⁶⁾は、図4に示す構成となっている。

まず、1の適用範囲は、起動、回転、減速、停止の動作が手動によらずに制御でき、複数のドア羽根を持つ自動回転ドアを対象としており、大きさ（内径）、ドア羽根枚数及びウォール形状（円形、楕円）の差異で区別していない。また、ドア羽根駆動部はモータの利用を前提としている。

4.2 設計方法及び手順

自動回転ドアの安全設計は、4のリスク

アセスメントから開始される。自動回転ドアで想定される主な危険源は機械的危険源であり、押しつぶし（挟まれ）、衝撃（衝突）、巻き込みが挙げられる。なお、挟まれまたは巻き込まれ後はせん断の危険源を考慮する必要がある。これらの危険源はドア羽根の進行方向に危険領域として発生する。図5はJISで規定された各危険領域を示しており、挟まれ危険領域は固定方立の円周延長上に500mm以上で高さ2000mm、衝突危険領域はドア羽根先頭面高さ2000mmで制動距離以上の幅、巻き込み危険領域はドア羽根先頭端（戸先端と上下框端）周囲に設定される。これらの危険領域内へ利用者が進入する際に、各々の危険源が利用者に及ぼす危害の程度を想定し、危険源の低減または抑制のための必要十分な設計目標（基準値）を定めることが求められる。

4の手順では、設計基準値を満足するように3ステップメソッドに従って、危険源及びリスク低減の実施とリスク評価を再実施する。最初のステップ1で自動回転ドアにおいて適用可能な方法は、ドア羽根回転速度の制限、回転力の制限（ドア羽根の軽量化を含む）、巻き込み部の最小隙間の確保、動力機構の遮断

自動回転ドアの安全規格

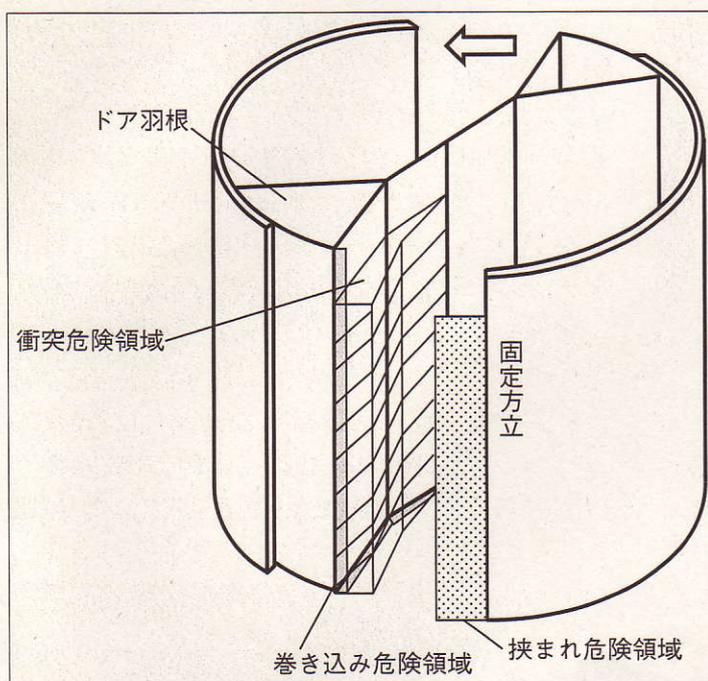


図5 自動回転ドアにおける各危険領域（2枚羽根の場合）

及び伝達部の分離、ドア羽根及び方立の柔軟性確保（構造、材質）が例示されているが、これらに限定されない。ステップ2で実施可能なリスク低減手段は、保護装置（人体検知センサ、停止制御）による安全防護と付加保護方策（防護柵、緊急停止装置、警告表示等）が考えられる。なお、ステップ3によるリスク低減はドア使用者が活用して始めて効果があることに注意が必要である。

4.3 安全要求事項

5の安全要求事項には、安全方策を施す具体的な項目と設計目標を設定し、その目標と同等以上の安全性を確保するための要件が網羅される。前述のように、本来リスクアセスメント実施者（アセッサ）が設計目標を定めるものであるが、このJISは個別機械特有の要件として次の許容設計目標の目安を与える。

- 1) 最大戸先周速度: 利用者のドア羽根衝突後の転倒及び追従性を考慮して、ドア羽根戸先端の最大周速度を0.65m/sに制限する。
- 2) 回転力（静的、動的）: 利用者がドア羽根戸先端と方立端間への挟まれる時に人体へ深刻なダメージを与えないドア羽根回転力として、図6に示すような動的ピーク力

と静的力に区別して次の通り規定する。力として規定したのは、エネルギーや力積という次元よりも測定と評価判断が容易となるからである。

①戸先端と方立端距離500mm（胴体の挟まれ想定）において、動的ピーク力は150Nを超えてからの0.5s間で1400Nを超えない、

②同上距離300mm（頭部前後の挟まれ想定）において、同上条件の動的ピーク力は700Nを超えない、

③同上距離200mm（側頭部または上腕の挟まれ想定）において、同上条件の動的ピーク力は400Nを超えない、

④動的ピーク力除去後の静的力は4.5s間に平均値として150Nを超えず、その後には静的力が残留する場合、残留力は80Nを超えない。

なお、JIS原案作成委員会では、骨折という最悪事態に対して、以上の数値が十分なマージンを持つことを実験で確認している。また、本質的安全設計で以上の回転力が満足できない場合、保護装置や緩衝材、制御システムの併用によって適合させることができる。

3) 最小隙間: 手指の巻き込みに対して、ドア羽根と円形ウォール、天井部、床面間の隙間が、手指が入らない8mm以下か、押しつぶされない25mm以上とする。

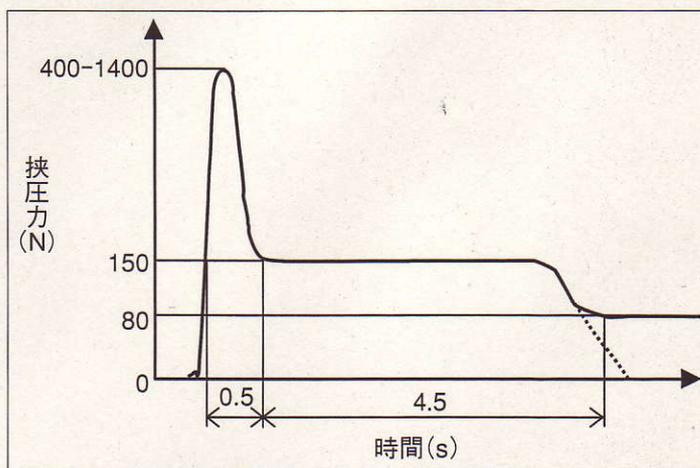


図6 ドア羽根回転力の変化と規定値

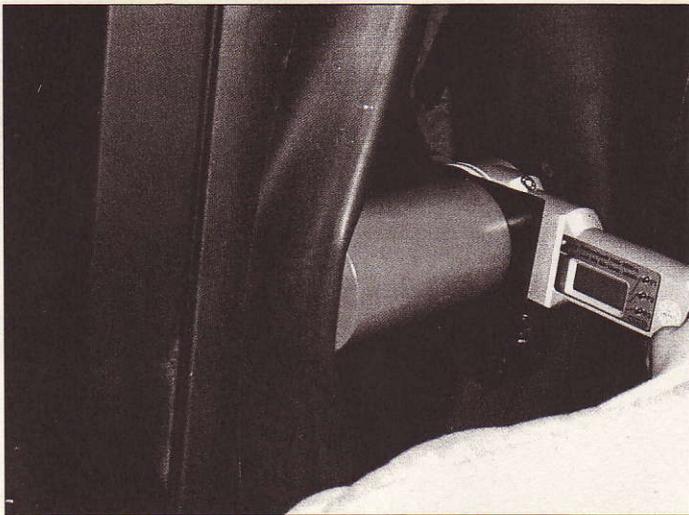


図7 ドア回転力測定装置による測定

安全防護（ステップ2）の要件としては、手動操作・運転に関する規定、駆動部（電気・制御系、制動装置、起動装置）の安全性、構造機構部の安全性、保護装置による安全性確保、補足手段（緊急停止スイッチ）、保護装置を補完する安全防護物、警告・警報表示を規定している。特に、保護装置については、各危険領域に対する非接触式保護装置及び/または接触式保護装置の安全機能や感知範囲を規定している。これらの保護装置は少なくとも適切な間隔で故障検知する機能が要求されるが、機械安全分野で利用されている保護装置としてはカテゴリー2⁷⁾相当で最高レベルではない。これは非接触式保護装置の高カテゴリー化が難しいという理由によるが、複数の保護装置による多重監視や高カテゴリーな接触式保護装置の採用が推奨される。

4.4 使用に関する情報

製造者は、残留リスクについての情報や運用上の注意点等をドア使用者へ提供する。このプロセスは、設置・操作説明書やマーキングによって行われる。据付や設置、保守点検は、製造者（販売者）が教育して技術を身につけた作業者が行うことが明記される。

4.5 試験方法

製造された自動回転ドアが安全設計目標を満足していることを確認するために、型式試験

が実施され、その試験結果の保管が求められる。試験項目は、最大戸先周速度の測定、回転力の測定、制動距離の測定、最小隙間の測定、保護装置の感知範囲の測定であり、各々の測定装置、測定箇所、測定方法などが規定される。特に、回転力の測定は測定装置により値がばらつく恐れがあるため、人体の挟まれ状態を模するためのスペーサ長（最大500mm）、受座径（直径80mm）やばね弾性（500N/mm \pm 50N/mm）、応答性（時定数5ms）等が細かく規定され、床面より1200mm高さでこのような測定装置を手持ちで支持して測定する（図7）。

5. おわりに

これまで制定されていなかった自動回転ドアの安全性について、JISが規定されたことにより、リスクが低減された製品が製造され、安全に利用できることが期待される。大型な自動回転ドアは本質的安全設計が難しいため、保護装置による安全防護に依存しがちであるが、リスク低減効果の大きい本質的方法についてさらに知恵を出してゆく必要がある。また、ドア利用者もリスクは残っていることを自覚した上で利用するような社会通念を形成してゆく必要がある。

参考文献

- 1) 「大型の自動回転ドアの現状等に関する調査結果について」、国土交通省住宅局建築指導課発（平成16年4月19日）
- 2) 「asahi.comニュース特集：回転ドア死亡事故」、<http://www.asahi.com/special/doors/>
- 3) 「自動回転ドアの安全性に係るJISの制定について」、経済産業省ニュースリリース（平成17年8月30日）
- 4) 自動回転ドアの事故防止対策に関する検討会「自動回転ドアの事故防止対策について一報告書」、経済産業省、国土交通省（経済産業省平成16年6月）
- 5) JIS B 9700-1「機械類の安全性—設計のための基本概念、一般原則—第1部：基本用語、方法論」（2004）
- 6) JIS A 4721「自動回転ドア—安全性」（2005）
- 7) JIS B 9705-1「機械類の安全性—制御システムの安全性関連部—第1部：設計のための一般原則」（2000）