

## [招待講演] 機械式立体駐車場事故の原因を考える －ヒューマンファクターズと機械安全の原則－

森山 哲 †

† 有限会社森山技術士事務所 〒236-0057 横浜市金沢区能見台 3-26-7

E-mail: moriyama@safetyeng.co.jp

**あらまし** マンションの機械式駐車場で死亡事故が多発した。消費者安全調査委員会がヒューマンファクターズと機械安全の原則に沿って行った事故調査報告書は、設計時の使用者の想定、事故に至るまでの使用者及び被災者の行動、機械の動作、駐車装置の周辺状況などの調査及び分析を行った結果、マンション等の日常の生活空間における実際の使用環境や人の行動特性について、設計段階で十分に考慮されてこなかったことが事故原因であると判断している。本件報告書の担当専門委員がその概要を報告する。

**キーワード** 機械式立体駐車場, 機械安全, ヒューマンファクターズ, 消費者事故

## Accidents in power driven parking of motor vehicles －Human factors and Principles of safety of machinery－

Tetsu MORIYAMA †

† Moriyama Professional Engineers Office 3-26-7 Nokendai, Kanzawa-ku, Yokohama, Kanagawa ,236-0057 JAPAN

E-mail: †moriyama@safetyeng.co.jp

**Abstract** Consumer Safety Investigation Committee published reports on accidents caused at power driven parking of motor vehicles. This article provides how the reports were prepared based on human factors and principles for safety of machinery. Author is an Expert committee member.

**Keywords** Power driven parking, safety of machinery, Human factors, consumer safety investigation committee

### 1. 多発した事故

54万基、自動車287万台分ある機械式立体駐車装置で最近7年間に於いて207件の事故、うち10件の死亡事故と16件の重傷者、が発生した。

消費者安全調査委員会（以下消費者事故調という）は6件の事故について調査し報告書<sup>1,2</sup>を2014年7月に、その解説編<sup>3</sup>を2015年1月に公表した。その骨子は機械の使用者のマンションなど居住空間における実際の使用環境や子どもを含む使用者の行動特性について、設計段階で十分に考慮されてこなかったこと、リスクの高い機械である事を使用上の情報として提供していなかったことなど設計思想が事故原因とした。消費者事故調の報告書を受ける形で国土交通省は省令の改訂、指針の発行などの対策を行った。

佐藤国仁氏（機械構造及び機械安全を専門とする技術士）と筆者（電気制御、機械安全及びヒューマンファクターズを専門とする技術士）は消費者事故調の専門委員としてこの報告書の作成にあたった。機械安全の原則に沿いヒューマンファクターズを考慮した事故報告書の事例として報告する。

### 2. 機械安全の原則に従った分析

人と機械が共存する人間－機械システムの安全にISO12100（機械安全）が示すリスクアセスメント及びリスク低減プロセスを適用することが極めて有効であることはよく知られ、かつ確立されている。事故調査はISO12100:2010(JIS9700:2013)<sup>5</sup>およびGuide51:2014<sup>6</sup>に沿って進めた。

調査した6件の事故はいずれも機械的危険源の結果 consequence は、押しつぶし crushing, 引き込み又は捕捉 drawing-in or trapping, 衝撃 impact であった。危険源から生じた危害のひどさ severity は死亡（4件、幼児3人を含む4人）であり、人身事故にならなかった2件も自動車が押しつぶされている間にかろうじて脱出できた事例である。人の危険源への暴露は自動車を駐車場に出し入れする都度であるから頻度は高く危険事象の発生は事故の発生件数が利用できる。危害にあった人すなわち危険源に接近した人は立体駐車場の使用者に同伴の幼児（3人死亡）、立体駐車場に立ち入った1人（死亡）および使用者2人である。

リスク見積もりに危険の回避又は制限の可能性は危険の発生確率に影響を与える。さらに危険源に暴露

される人，暴露の形態・頻度・時間，ヒューマンファクタ，保護方策の適合性および保護方策の無効化又は迂回の可能性などは ISO12100 では考慮すべき側面としている。

### 3. 調査対象の事故

消費者事故調は 6 件の事故を現地に赴いて調査し報告した。そのうちの図 1 に示す三段駐車装置と図 3 に示すエレベータ方式の駐車装置の事故について概略を述べる。前者は出庫時，後者は入庫時に生じた事故でいずれも使用者が同伴していた幼児が死亡した。

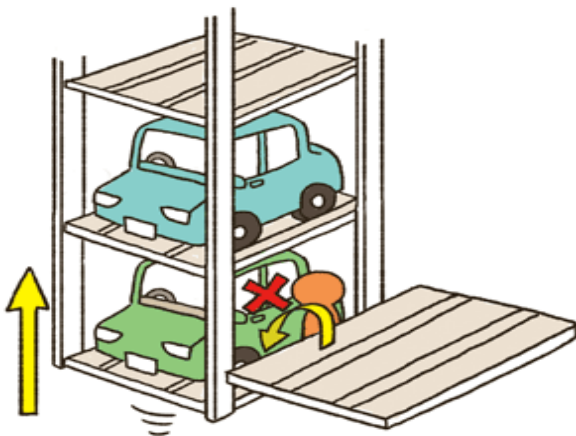


図 1 三段式駐車装置，政府広報オンラインより

#### 3.1. 三段方式の事故

使用者は幼児 1 人と児童 1 人を連れて地下 2 階にある乗用車の出庫操作を行った。駐車パレット呼び出しには押しボタンスイッチを約 90 秒間押し続ける。このホールド・ツウ・ラン制御方式は，押しボタンが危険区域外にあるのでボタンを押している作業員（オペレータ）の安全が確認され（作業員固定ともいう），同時にオペレータが機械の安全を確認できることから産業機械では広く利用されている。



図 2 制御盤の押しボタンと保持具（再現写真）

使用者はマンション居住者から譲り受けた押しボタン保持具（図 2）を押しボタンに被せてパレットを上昇させた。駐車装置 近辺で遊んでいた幼児が上昇（約 10cm/s）するパレットに乗り移ろうとしたが失敗し，パレットと歩廊（固定部）に挟まれことに気づいた使用者は幼児を引き上げようとしたが幼児のリュックが引っかかり引き出せなかった。使用者が押しボタン保持具を外してパレットを下降させて幼児を救出した。幼児は駆けつけた救急隊により病院に搬送されたが死亡が確認された。駐車装置の周囲 3 面に 1.8m 高さの柵があるが前面扉は無く，前面の金属製鎖は以前から取り外されていた。ホールド・ツウ・ラン制御装置以外の安全装置はなく停止押しボタンと非常停止押しボタンはない。

#### 3.2. エレベータ方式の事故

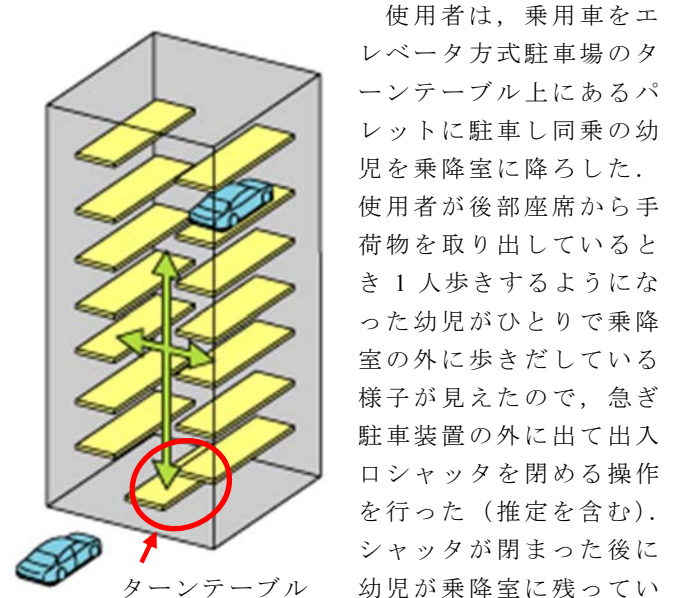


図 3 エレベータ方式（工業会技術基準<sup>4)</sup>より）

使用者は，乗用車をエレベータ方式駐車場のターンテーブル上にあるパレットに駐車し同乗の幼児を乗降室に降ろした。使用者が後部座席から手荷物を取り出しているとき 1 人歩きするようになった幼児がひとりで乗降室の外に歩きだしている様子が見えたので，急ぎ駐車装置の外に出て出入口シャッターを閉める操作を行った（推定を含む）。シャッターが閉まった後に幼児が乗降室に残っているらしいことに気づいた。シャッターを開けようといろいろ行ったが開けられず装置内照明が消えた乗降室内部は見えない。そこで出庫操作ボタンを押したところ，乗降室内で車を載せたターンテーブルが回転し続いてシャッターは開いた。幼児は回転したターンテーブル上のパレットと乗降室奥の床/壁の間に挟まれており，駆けつけた救急隊により病院に搬送されたが死亡が確認された。乗降室内には車両のパレットからはみ出し検知，トランク蓋開き検知等を目的としたエリアセンサー（ライトカーテン）は相当数設置されているが，ターンテーブルの近くに人がいないことを確認する安全装置は存在せず，床上に放置荷物を調べる光軸センサが左右に各 1 本あった。

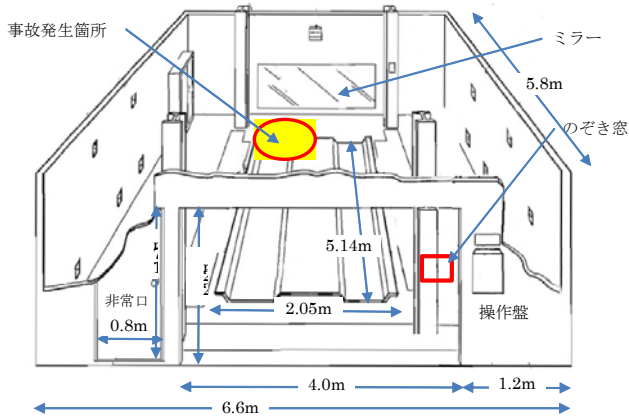


図 4 事故が発生した乗降室，取説の図に筆者加筆

#### 4. 事故の原因

機械類による事故の原因には人の要因と機械の要因の双方が関わる。事例における主たる要因は次のように整理される。

##### 4.1. 三段方式の事故

1)人の要因には、

- ①幼児が機械内に入ったこと、
- ②押しボタン保持具を使用したこと、
- ③使用者が操作盤から離れたこと、  
があり、

2)機械の側の問題には、

- ④幼児が機械装置内に入ることを妨げる前面扉が無いこと、
- ⑤押しボタンを 90 秒間押し続けることが必要なこと、
- ⑥非常停止押しボタンが無いこと、がある。

##### 4.2. エレベータ式の事故

1)人の要因には、

- ①幼児を機械装置内にまで連れて入ったこと、
- ②シャッタを閉める前に幼児が残されていないことへの注意が不足したこと、
- ③非常停止ボタンを押さなかったこと、があり、

2)機械の側の問題には、

- ④幼児を駐車室内に連れて入らざるを得ない構造であったこと、
- ⑤人が駐車装置内に不在であることを確認するセンサ（人感センサを含めて）が無かったこと、
- ⑥非常停止ボタンの形状と位置が不適切かつ閉じ込め事故発生時には非常停止させることを駐車場使用者に伝えていないこと、がある。

##### 4.3. 共通の要因

これら 6 件の事故には共通の要因がある。

1) 幼児が容易に機械内に入れること

産業機械や大型商業施設の大型機械ではオペレー

タがついていて機械の中に素人ましてや幼児が入る事は通常あり得ない。他方マンションなど居住空間に設置されている機械式立体駐車場の使用者は自動車の運転者であり、機械の使用法の教育訓練や安全教育は受けていない、車の入庫・出庫時に使用者同伴の幼児・子どもを危険から隔離する施設と人員が無いので幼児を機械の中に同伴せざるを得ない。

2) 人間に頼る安全であること

三段方式装置の安全装置はホールド・トゥ・ラン制御装置であった。幼児 2 人連れの使用者が 90 秒間ボタンを押し続けるのは相当に困難である。またエレベータ方式装置に人感センサは無く、人の不在の確認は



図 4 乗降室内をのぞくシャッタの窓

使用者の目視に依存しているがのぞき窓の視野の大半を太い鉄製柱が遮りシャッタが閉まると内部照明が自動消灯する構造である。

3) 残留リスクが明示されず緊急時対応が知らされていなかったこと。

日常利用している機械式立体駐車場に大きなリスクが残留していることがマンション居住者に知らされてなく、緊急時対応方法も使用者に伝えられていなかった。ホールド・トゥ・ラン制御装置が安全装置の役割

を担っていること、エレベータ方式の乗降室閉じ込め事故発生時には非常停止押しボタンを押すことが使用者に伝えられていない。しかもその非常停止押しボタンはカバーを押し破るタイプで非常停止のリセットはサービスマンのみが行う設計であった。

4)事故はマンションという日常生活の場で発生したこと、などである。



図 5 非常停止押しボタン

## 5. ヒューマンファクターズの分析

### 5.1. 誤使用と差異

本件の事故は人が機械を操作した際に発生した事故である。そのため事故調査では特にヒューマンファクターズの分析に注力した。

分析を行う際は、設計者が想定した使用方法と実際の使用方法の間の「くいちがい、ゆきちがい」（齟齬：そご）を直ちに使用者の「誤使用」とするのではなく、ヒューマンファクターズの分析手法に従って人の行動の背景にある様々な要因（利用時の環境、機械の安全装置、同伴の幼児・子ども、状況、知識等）について分析を行った。

ヒューマンファクターズにおいては、決められたルールと異なる人の行動に対して、一般的に「違反」、「逸脱」等の用語が用いられる。これは、航空機、鉄道、大規模プラントのように、安全に対して十分考慮された機械で取扱説明書等が整備されており、かつ作業者が十分な教育訓練を受けた状態ではなじみやすい用語である。しかし、本件の調査開始時点で機械及び取扱説明書と使用者の使い方のどちらに問題があったのか、また使用者に対してリスクや使用方法等が十分に伝達されていたのか等が不明であったことから、一方的に使用者の行為を「違反」、「逸脱」等とするのではなく、機械及び取扱説明書と使用者の使い方の間に齟齬が発生している事象を「差異」として抽出することとした。

なお、ヒューマンファクターズの分析において、事故時の関係者の心情や意思・意図等についてすべてを明らかにすることは極めて困難である。そのため、調査で収集した情報を総合的に勘案した推察が入ることになるが、その一方で事故に至るまでの問題点を幅広く把握することが可能となり、このことが事故の再発防止を検討するに当たっての重要な要素となる。

## 5.2. 使用者及び同伴者の想定

事故は機械の主な使用者の行動のみで生じるのではなく、主な使用者とその周囲とが密接に関連して生じるものであるため、「時間の経過」、「人の行動」、「取扱説明書の要求事項」、「機械の動作」等について分析を行うことが有効である。なお、ここでいう「人の行動」は、単に駐車装置の主な使用者だけを指すのではなく、駐車装置に出入りする可能性のある人を広く想定し、対象とすべきである。本件事例の場合マンションに付設されている駐車装置であるので同伴の子どもも「人の行動」の対象として含めた。

## 5.3. 分析の流れ

### 1) 事故発生前後の経緯の確認

収集した事故の情報を基に、主な使用者及び関係者の行動、機械の動作、使用状況、管理状態等に分類し、時系列に沿って整理した表（以下時系列分析表という）を作成する（表1参照）。良く使用されるモデルに4M4E、4STEP/M、m-SHEL等がある。

時系列分析表は、使用者の行動、機械の動作等の事故前後の事象を時系列に沿って整理することにより、製造者の設計時の想定と実際の使用の相違点や人の行動の背後要因を抽出する際に有効な分析手法である。

なお、事故発生時の人々の行動については、その時の心情や意思・意図等について明らかにすることには限度があるため、調査で収集した情報を総合的に勘案した推察が入ることになる。

### 2) 想定の上の方法との差異を抽出

時系列分析表から、製造者の設計時の想定と、実際の使用者の行動との相違点を「差異」として抽出する（表2参照）。

表2 差異整理表

番号	製造者の設計時の想定	使用者の行動
差異1	操作する時は必ず装置内や周囲に人がいないことを確認して下さい。	駐車装置に子どもを連れてきた。
差異2	必ず前面くさりがかかっていることを確認してから行って下さい。	(既に前面くさり撤去されていた。)
差異3	下段呼出ボタンをそれぞれのパレットが乗り込み面で自動停止するまで押し続けて下さい。	利用者は固定具を使用した。
差異4	装置内への立入りは運転者だけ。	幼児が駐車装置に入る。
差異5	ピット内をのぞき込んだり、入ったり、絶対にしないで下さい。	幼児が駐車装置内で転倒した。

また事故に関わりのありそうな使用者の行動あるいは機械の動きがあればそれを抽出し差異とする。

差異をもれなく抽出することにより、事故発生に至るまでの問題点を網羅的に把握することが可能となる。

表1 時系列分析表の様式（例）

行番号	年月日時刻	製造者の設計時の想定	主な使用者	被災者	関連のある人	駐車装置	環境	備考	差異
seq	time	S	L	L1	L2	H	E	m	Δ
1	○月○日								
2	8:30								
3	8:45								

時間の経過  
事故の発生前から  
事故の少し後まで

取扱説明書、人、機械設備、  
周辺環境、管理・備考など

### 3) 事故発生に至る背後要因を抽出

「差異」が生じた時点、又は当事者のみを確認するだけでは事故原因の全体像を見落としてしまう可能性がある。

人が機械を操作した時に発生した事故は、機械の状況、環境及び事故に関係する人たちの事故時の行動など、様々な要因が複雑に絡み合うものである。

「差異」が生じるまでの様々な事象のつながりについて背後要因を抽出することによって、事故発生の要因を明らかにし、再発防止策を検討する際に必要な情報を整理することが可能となる（表3参照）。

表3 背後要因整理表

	差異1	差異2	3	4
差異	製造者の設計時の想定 使用者の行動	操作する時は必ず装置内や周囲に人がいないことを確認して下さい。 駐車装置に子どもを連れてきた。		
主な使用者	・機械式立体駐車場が高いリスクが残っている機械であることは知らされていない。 ・日常使用している機械であり、警戒感が薄れている可能性が考えられる。			
被災者	幼児であり、一般に幼児は次のような特性がある。 ・出庫作業中の時間を1人で待機することはできない。 ・保護責任者が監督することで、常に大きな障害を防止又は最小限にできるわけではない (GUIDE50:2014)。 ・子どもは危険を理解する判断力の欠如及び予測不能な行動により、成人には予測できないような危険状態に入ることがある (GUIDE50:2014)。 ・幼児には誤使用の概念がない。	略		
関連ある人々				
駐車装置	・無人確認を行うセンサー等はない。			
環境	・幼児を安全に待機させる環境（場所、世話する人など）はない。			
備考				

### 5.4. 背後要因の検討

人の行動に関する様々な要因を背後要因という。消費者事故調報告書は「背景要因」を他の用途に採用しているので重複を避けた。

検討は次のように行う。

- ・事故と人との関わりを適確に把握するために、出来事、関連する人の動き、機械の正常な動作、機械の故

障を含む予想外の動作、環境、管理状況などを時系列に整理して、問題点を把握する。

- ・ m-SHEL モデルを採用した場合は、L（人）とS（想定）、LとL、LとH（駐車装置）、LとE（環境）、m（管理もしくは特記事項）とが関係する要素に注目して吟味する。
- ・ 基準が「合理的か、作り手（売り手）側の一方的な言い分ではないか、分かり易いか、更新されているか、間違いやすいか」などは特に重要である。
- ・ 何らかの基準からの“ずれ”、“差異”を抽出することに集中する。
- ・ 比較対照とする基準には、取扱説明書、掲示、標識あるいは口頭指示などを使用する。
- ・ 人的要因や規則違反行為が行われたその時点だけ、あるいは当事者だけを見ては、背後要因の全体像を見落としてしまう可能性がある。その時点に至るまでの種々の出来事（事象あるいはイベントともいう）のつながり（連鎖）も思い出しながら進めると良い。
  - ・ 人的要因や規則違反行為までの事実関係を全体像が把握しやすくなるよう表2を利用して整理する。
  - ・ 背後要因の抽出にあたっては人間行動形成要因とも呼ばれるPSF（Performance Shaping Factors）<sup>12,13</sup>が参考に来る。

### 5.5. 根本原因分析

発生した事例を分析して根本原因を明らかにし、対策を立案して実施することを体系的に行い再発の防止をはかる一連の分析を根本原因分析法 Root Cause Analysis (RCA)という。

本件事故調査では、何がこのような事故をひきおこしたのか、事故が起きる直前の使用者の状況の把握、被災者の行動、機械の動作、提供されていた情報（教育訓練、掲示と標識、取扱説明書、口頭説明）、機械に残存するリスク、設計標準、設計図面、業界の慣習と業界標準、設計思想、保守の状況、等を可能な限り調査し分析した。監督官庁から工業会やマンション管理の業界団体への指導、法令なども調査対象である。事故直後に現場に臨場した司法からも生々しい事故発生直後の様子、その後の被災者ご家族の様子もある制約下であるがうかがった。

本件の事故調査で行ったRCAは事故の真相あるいは事故の真の原因を求めるのではなく、本件事故の原因の根っこがどこまで広がっているかを可能な限り分析した。

### 5.6. 発生事故のリスク評価

発生事故のリスクを見積もるため、時系列分析表等で整理した背後要因等を活用し、機械が有するリスクの低減の必要性について評価を行う。

リスクが許容可能なものでなければ、リスク低減を行うために適切な保護方策の検討・実施を行うこととなる。リスク評価において、許容可能なレベルにリスクが低減されるまで、これらのプロセスを繰り返し行うことが必要となる。

## 6. まとめ ～分析結果の活用～

本件調査事案について調査分析を行った結果、設計時の想定と実際の使用環境が大きく異なっていることが明らかとなった。その要因の1つとして、導入当初、大型商業施設などで専任者が操作することを想定して設計されてきた駐車装置が、昭和 60 年代以降のマンションなど日常生活空間への急速な普及に伴い、一般の消費者が直接駐車装置を操作するようになったことが挙げられる。

設計時に想定すべき使用者（対象者）や使い方が時間の流れとともに変化していくことは、業務用であったシュレッダーが家庭にまで普及した例などから、駐車装置以外の機械においても生じ得る。使用者はマンション居住者であるので商業施設あるいは製造業のオペレータとは全く違う配慮、特に人間工学的な操作部と危険箇所からの隔離を必要とする。このような変化に対しては、機械安全の原則に従って改めてリスクアセスメントを行ってリスクを把握すべきである。このような事故の分析の考え方については「ヒューマンファクターズと機械安全の原則」に示したとおりであるが、事故の再発防止を図るには、分析結果を活用して、より良い設計にすることなどが重要となる。

例えば、本件事故事案のように幼児が被災者となった事故では、しばしば「幼児の想定外の行動によるもの」として原因が整理されることがある。

ISO/IEC GUIDE50:2014 では「子どもは小さな大人ではない (children are not little adults)」と表現し、子どもは意図された方法ではないが、必ずしも誤使用とはみなされない方法で製品を使用することがあるため、特に幼児期においては傷害の潜在性が大きいと指摘している。加えて、子どもの成長は早く、成長に伴い行動特性も著しく変化する<sup>11</sup>。幼児を含めた子どもが直接機械を操作する者とはならないとしても、機械が設置された空間に立ち入る可能性がある場合においては、子どもの行動特性や服装、リュックサックやヘルメットなどの身に付けているものなど、日常生活で想定される利用環境についても十分に検討した上で設計することが求められる。

機械の設計を行う場合には、国際標準(ISO, IEC 等)や日本工業規格(JIS)、業界基準など、機械安全の面においても関連する様々な規格や基準等の情報を収集し、

それらについて正しく理解して準拠することが求められる。

駐車装置のように方式等によって構造、機能、設置状況等が大きく異なる機械については、具体的な数値等を用いた仕様規定ではなく、構造物の性能を定めた性能規定として、規格や基準等で定義されることが考えられるため、必要に応じて機械安全分野の専門家や有識者の協力を得るなどして、設計者自らが機械の特性を理解すべきである。

これらを踏まえ、製造者が機械安全の継続的な改善を目指した設計に取り組むことを強く期待する。

## 文 献

- [1] 消費者安全調査委員会「消費者安全法第23条第1項に基づく事故等原因調査報告書【概要】機械式立体駐車場(二段・多段方式,エレベータ方式)で発生した事故」2014-07-18
- [2] 消費者安全調査委員会「消費者安全法第23条第1項に基づく事故等原因調査報告書 機械式立体駐車場(二段・多段方式,エレベータ方式)で発生した事故」2014-07-18
- [3] 消費者安全調査委員会,「(2)公表報告書―分析の考え方の解説」2015-01-23
- [4] 公益社団法人立体駐車場工業会, 機械式立体駐車場技術基準・同解説 2013 年版
- [5] JIS B9700:2013/ISO12100:2010 機械類の安全性—設計のための一般原則—リスクアセスメント及びリスク低減 日本規格協会, 2013
- [6] GUIDE51,Safety aspects-Guidelines for their inclusion in standards,ISO,2014
- [7] 森山哲. 機械式立体駐車場の事故は機械の誤使用によるものか. 2015.07 特別号. 技術士. 日本技術士会. 2015
- [8] 行待武生(監), ヒューマンエラー防止のヒューマンファクターズ, テクノシステムズ, 2004
- [9] 小松原明哲, ヒューマンエラー第2版, 丸善, 2008
- [10] 宮地由芽子, 重森雅嘉, 鉄道総研式ヒューマンファクタ分析法ハンドブック, 鉄道総合技術研究所, 2007
- [11] 持丸正明ら, pp9 子どもの年齢と行動特性子ども計測ハンドブック, 朝倉書店, 2013
- [12] 行待武生. 長谷川利男. 日本の原子力発電所におけるヒューマンエラーの分析. 日本プラント・ヒューマンファクター学会誌. Vol.4,No.1,1999
- [13] A. D. Swain. H. E. Guttman. Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications.. NUREG/CR-1278. 1983

IEICE

電子情報通信学会技術研究報告

*IEICE Technical Report*

SSS2015-13 - SSS2015-18

安全性

Safety

2015年10月20日

October 20, 2015



一般社団法人

電子情報通信学会

The Institute of Electronics, Information  
and Communication Engineers

<http://www.ieice.org/>