

## 抱っこひも等に関する事故再現実験結果

## 【事故再現実験】

- 肩ひもを適切に調整した場合、すべての抱っこひもですべての姿勢について転落はなかった。
- 横抱っこでは、サポートベルトの使用や手を添えた支えがない場合に、「前に屈み片手の先を床につける（床のものを拾う）」、「雑に抱き上げる」など無理な動作において転落する可能性があることがわかった。
- 縦対面抱っこにおいて、肩ひもを緩めた場合に「前に屈み片手の先を床につける」において、抱っこひもの種類によっては転落または転落の危険性が見られた。例えば、肩ひもが左右に広がることを防ぐ背中側のバックルのひもを緩めに調整している場合などに、肩ひもが左右に広がってしまい転落するリスクがある。特に、月齢が高い場合、肩ひもの間から子供の肩が出る状態となり、肩ひもだけで転落を防ぐことは難しい状態になる。
- 縦対面抱っこにおいて、背中のバックルをはずした場合、転落または転落の危険性が見られた。
- 新生児をインサートに入れて抱っこするタイプの抱っこひもでは、肩ひもを緩めた状態で、インサートごと転落または転落する可能性があることがわかった。特に「前に屈み片手の先を床につける」では転落しやすかった。
- 転落の危険性の少ない抱っこひもにおいては、子供の肩部分をサポートするデザインや子供の手足が穴から出るデザインにより、ひもを緩めた状態での「前に屈み片手の先を床につける」でもダミー人形が保持されていた。
- 腰ベルトのないタイプでは、ダミー人形の体が保護者の体と平行に近い状態になり、ダミー人形の身体が（下向きの）垂直になりづらいために、危険性が少ないことが確認された。

## 【転落時の衝撃の計測実験・シミュレーション】

- 保護者が立った状態で、子供を乗せ降ろしする場合には、フローリングであっても頭部に障害を負う可能性が高いことが分かった。低い姿勢や衝撃吸収性能の床材の場所での着脱がケガ防止には有効である。

国内の事故事例、アンケート結果を踏まえ、抱っこひも等からの子供の転落事故事例について、再現実験等を行い、問題点と課題を分析した。

## 1. 事故再現実験

## ア 調査日時及び調査場所

日時：9月29日（月）午前・午後、10月4日（土）午前

場所：独立行政法人産業技術総合研究所デジタルヒューマン工学研究センター

## イ 実験方法

被験者（男女2名・標準体型）に抱っこひもを装着し、ダミー人形を抱っこしてもらう。

実験条件に示した姿勢や動きをした時に、ダミー人形が転落する可能性を観察する。

## ウ 実験条件

- 抱っこひも

使用者の多い製品と転落やヒヤリ・ハット事例の多い製品から、下記 6 製品

抱っこひも	対応月齢	対応可能な抱っこのタイプ (下線は、実験を行った抱っこのタイプ)
製品 A	新生児～	<u>横抱っこ</u> 、 <u>縦対面</u> 、縦前向き、おんぶ
製品 B	4 か月～	<u>縦対面</u> 、縦前向き、おんぶ
製品 C	新生児～	<u>横抱っこ</u> 、 <u>縦対面</u> 、縦前向き、おんぶ
製品 D	4 か月～	<u>縦対面</u> 、縦前向き、おんぶ
製品 E	新生児～	<u>縦対面</u> 、おんぶ
製品 F	新生児～	<u>縦対面</u> 、縦前向き

- 抱っこの状態

- ・ 製品 A、製品 C については、新生児の横抱っこ、他はすべて縦対面
- ・ 製品 B、製品 D については、4 か月以上を対応月齢としているため、新生児の実験は実施しない
- ・ 縦対面については、肩ひもを適切に調整した状態と、緩めに調整した状態で実験を行った。(緩めに調整した状態とは、ソフトボール (3 号球) が入る状態とした)

- 姿勢

1. 左右に傾く
2. 左右にねじる
3. 前に屈む (約 90 度)
4. 後ろに反る
5. 軽く飛び跳ねる
6. 両手の上げ下ろし
7. 前に屈み片手の先を床につける (床のものを拾う)

- 事故再現

事故事例の動作を再現し、各製品の転落状況を確認する。

- ・ 事故再現①：横抱っこ (製品 A、製品 C) サポートベルトをはずした状態で雑に抱き上げる。
- ・ 事故再現②：縦対面抱っこ (製品 A～E) 背中のバックルをはずして 7 の姿勢をとる。  
※製品 F については、背中のバックルがないタイプであり、事故に関する詳細な情報が得られなかったため、事故再現は実施しなかった。

- ダミー人形

SG 基準に合わせ、新生児、6 か月児、1 歳児の 3 種類



新生児ダミー人形の横抱きでは、転落した条件はなかった。6か月児、1歳児のダミー人形では、事故再現②（背中側のバックルをはずして、前に屈み片手の先を床につける）の条件で、全ての被験者で肩ひもがはずれて、転落若しくは転落の危険性が高い状態になった。また、肩ひもを緩めた状態で使用している場合、「前に屈む」や「前に屈み片手の先を床につける」の条件で、転落の危険性がある状態になった。その傾向は、1歳児ダミー人形を抱っこしている場合の方が強かった。

#### 製品B

被験者	男1		男2		女1		女2	
ダミー人形	6か月児(縦対面抱っこ)							
装着の状態	適正	緩い	適正	緩い	適正	緩い	適正	緩い
姿勢1	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢2	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢3	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢4	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢5	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢6	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢7	○	○	○	○	○	○	○	○
事故再現②	×	×	×	×	×	×	×	×
ダミー人形	1歳児(縦対面抱っこ)							
装着の状態	適正	緩い	適正	緩い	適正	緩い	適正	緩い
姿勢1	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢2	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢3	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢4	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢5	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢6	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢7	○	△	○	△	○	○	△	△
事故再現②	×	×	×	×	×	×	×	×

事故再現②（背中側のバックルをはずして、前に屈み片手の先を床につける）の条件で、全ての被験者で肩ひもがはずれて、転落若しくは転落の危険性が高い状態になった。また、1歳児ダミー人形を抱っこして、肩ひもを緩めた状態で使用している場合、「前に屈み片手の先を床につける」の条件で、転落の危険性がある状態になった。

## 製品C

被験者	男 1		男 2		女 1		女 2	
ダミー人形	新生児(横抱っこ)							
装着の状態	適正	緩い	適正	緩い	適正	緩い	適正	緩い
姿勢 1	○	/	○	/	○	/	○	/
姿勢 2	○	/	○	/	○	/	○	/
姿勢 3	○	/	○	/	○	/	○	/
姿勢 4	○	/	○	/	○	/	○	/
姿勢 5	○	/	○	/	○	/	○	/
姿勢 6	○	/	○	/	○	/	○	/
姿勢 7	○	/	○	/	○	/	○	/
事故再現①	○	/	○	/	○	/	×	/

ダミー人形	6 か月児(縦対面抱っこ)							
装着の状態	適正	緩い	適正	緩い	適正	緩い	適正	緩い
姿勢 1	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 2	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 3	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 4	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 5	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 6	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 7	○	○	○	○	○	○	○	○
事故再現②	×	×	×	×	×	×	×	×

ダミー人形	1 歳児(縦対面抱っこ)							
装着の状態	適正	緩い	適正	緩い	適正	緩い	適正	緩い
姿勢 1	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 2	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 3	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 4	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 5	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 6	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 7	○	○	○	○	○	○	○	○
事故再現②	×	×	×	×	×	×	×	×

新生児ダミー人形の横抱きでは、事故再現①（雑に抱き上げる）の場合に、一人の被験者で転落が見られた。6 か月児、1 歳児のダミー人形では、事故再現②（背中側のバックルをはずして、前に屈み片手の先を床につける）の条件で、全ての被験者で肩ひもがはずれて、転落若しくは転落の危険性が高い状態になった。

## 製品D

被験者	男 1		男 2		女 1		女 2	
ダミー人形	6 か月児(縦対面抱っこ)							
装着の状態	適正	緩い	適正	緩い	適正	緩い	適正	緩い
姿勢 1	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 2	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 3	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 4	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 5	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 6	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 7	○	○	○	○	○	○	○	○
事故再現②	×	×	×	×	×	×	×	×

ダミー人形	1 歳児(縦対面抱っこ)							
装着の状態	適正	緩い	適正	緩い	適正	緩い	適正	緩い
姿勢 1	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 2	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 3	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 4	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 5	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 6	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 7	○	○	○	○	○	○	○	○
事故再現②	×	×	×	×	×	×	×	×

事故再現②（背中側のバックルをはずして、前に屈み片手の先を床につける）の条件で、全ての被験者で肩ひもがはずれて、転落若しくは転落の危険性が高い状態になった。

## 製品E

被験者	男 1		男 2		女 1		女 2	
ダミー人形	新生児(縦対面抱っこ)							
装着の状態	適正	緩い	適正	緩い	適正	緩い	適正	緩い
姿勢 1	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 2	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 3	○	△	○	○	○	×	○	△
姿勢 4	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 5	○	△	○	○	○	△	○	×
姿勢 6	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 7	○	×	○	×	○	×	○	×
事故再現②	×	×	×	×	×	×	×	×

ダミー人形	6 か月児(縦対面抱っこ)							
装着の状態	適正	緩い	適正	緩い	適正	緩い	適正	緩い
姿勢 1	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 2	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 3	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 4	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 5	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 6	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 7	△	△	△	△	○	○	○	△
事故再現②	×	×	×	×	×	×	×	×

ダミー人形	1 歳児(縦対面抱っこ)							
装着の状態	適正	緩い	適正	緩い	適正	緩い	適正	緩い
姿勢 1	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 2	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 3	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 4	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 5	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 6	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 7	△	△	△	△	△	△	○	△
事故再現②	×	×	×	×	×	×	×	×

新生児ダミー人形の縦対面抱きでは、肩ひもを緩めた状態で使用した場合、「前にかがむ」、「軽く跳びはねる」、「前に屈み片手の先を床につける」の条件で、転落若しくは転落の危険性が高い状態となった。どのダミー人形を抱っこした場合でも、事故再現②（背中側のバックルをはずして、前に屈み片手の先を床につける）の条件で、全ての被験者で肩ひもがはずれて、転落若しくは転落の危険性が高い状態に

なった。また、肩ひもを緩めた状態で使用している場合、「前に屈み片手の先を床につける」の条件で、転落の危険性がある状態になった。その傾向は、1歳児ダミー人形を抱っこしている場合の方が強かった。

製品 F

被験者	男 1		男 2		女 1		女 2	
ダミー人形	新生児(縦対面抱っこ)							
装着の状態	適正	緩い	適正	緩い	適正	緩い	適正	緩い
姿勢 1	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 2	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 3	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 4	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 5	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 6	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 7	○	○	○	○	○	○	○	○

ダミー人形	6 か月児(縦対面抱っこ)							
装着の状態	適正	緩い	適正	緩い	適正	緩い	適正	緩い
姿勢 1	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 2	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 3	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 4	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 5	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 6	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 7	○	○	○	○	○	○	○	○

ダミー人形	1 歳児(縦対面抱っこ)							
装着の状態	適正	緩い	適正	緩い	適正	緩い	適正	緩い
姿勢 1	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 2	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 3	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 4	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 5	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 6	○	○	○	○	○	○	○	○
姿勢 7	○	○	○	○	○	○	○	○

全ての条件で、転落や転落の危険性が高い状態になることがなかった。



## カ 考察

### (ア) 横抱っこタイプ

事故再現①（雑に抱き上げる）を行った場合に、一人の被験者で転落が見られた。この事故再現①は、被験者の抱き上げ方の違いが生じやすいため、特定の製品の構造やデザインによって起きたものではないと考えられる。しかし、サポートベルトを使用せず、雑に抱き上げた場合に、転落の可能性があることが分かった。

「90度前に屈む姿勢」、「前に屈み片手の先を床につける」、「雑に抱き上げる動作」の場合、子供が寝ているシート部分が前後左右に傾くことがあるため、サポートベルトの使用や手を添えた支えがない場合に転落する危険性がある。

### (イ) 縦対面抱っこタイプ

#### a. 製品A・B

背中側のバックルをはずした場合に、肩ひもがはずれ、転落若しくは転落の危険性がある状態になった。また、肩ひもを緩めた場合、「前に屈み片手の先を床につける」でも転落の危険性がある状況が見られた。肩ひもがダミー人形の肩に引っかかるようにして、転落が止まる場合があるが、確実性に欠ける。肩ひもが左右に広がるのを防ぐ背中側バックルのひもを緩めに調整している場合などに、肩ひもが左右に広がる可能性があり、その状態では転落するリスクがある。特に1歳児ダミー人形を抱っこした場合にはその傾向が強かったが、抱っこした状態のときに、肩ひもがダミー人形の肩の上側ではなく、外側を通るようになり、「前に屈み片手の先を床につける」姿勢をとった場合に、肩ひもが肩に引っかからなくなるためである。

#### b. 製品C・D

背中側のバックルをはずした場合に、肩ひもがはずれ、転落若しくは転落の危険性がある状態になった。また、肩ひもを緩めた場合に「前に屈み片手の先を床につける」を行ったとしても、子供の肩部分をサポートする仕組みとなっており、転落を防ぐ効果が見られた。

#### c. 製品E

新生児ダミー人形をインサートに入れて抱っこした場合、肩ひもを緩めていると、「軽く飛び跳ねる動作」、「90度前に屈む動作」、「前に屈み片手の先を床につける」を行った場合に、インサートごとズレが生じ、転落若しくは転落の危険性がある状態になった。その中でも特に、「前に屈み片手の先を床につける」を行った場合、全ての被験者の全ての試行において転落した。どの条件においても、背中側のバックルをはずした場合については、転落若しくは転落の危険性がある状態になった。

6か月、1歳ダミー人形に関しては、背中側のバックルをはずした場合に、肩ひもがはずれ、転落若しくは転落の危険性がある状態になった。また、肩ひもを緩めた場合、「前に屈み片手の先を床につける」でも転落の危険性がある状況が見られた。肩ひもがダミー人形の肩に引っかかるようにして、転落が止まる場合があるが、確実性に欠ける。肩ひもが左右に広がるのを防ぐ背中側バックルのひもを緩めに調整している場合などに、肩ひもが左右に広がる可能性があり、その状態では転落するリスクがある。

d. 製品F

どの条件においても転落、または転落の危険性がある状態はなかった。理由として、手足が穴から出ているような状態になっており、隙間が少ない点が挙げられる。また、腰ベルトがないため、「前に屈み片手の先を床につける」をとっても、他の製品に比べ、保護者の体と平行に近い状態になり、床面に対して頭側を下にして垂直状態になりづらい点が挙げられる。

## 2. 転落時の衝撃の計測実験・シミュレーション

### ア 調査日時及び調査場所

日時：9月16日（月）、24日（金）

場所：産業技術総合研究所臨海副都心センター、東京工業大学大岡山キャンパス

### イ 実験方法・内容

抱っこひもから転落した際に、子どもの頭部が床面に接触した際に受ける衝撃を計測・算出する。具体的には、計測装置を用いて、床材の特性値（衝撃吸収能力）を測定し、その特性値を用いてシミュレーションによって衝撃力の計算を行う。衝撃力は、遊具の安全基準（遊具から落下した際に頭部に受ける衝撃を一定以下にするための床材に関する基準）などで用いられている Head Injury Criterion（以後 HIC）を採用する。詳細については後述の「HICに関する参考資料」に記載するが、今回は基準値として遊具の安全基準にも採用されている値として HIC1000 を採用する。

HIC が 1000 を超えると、傷害が発生しない確率が 0% となり、傷害による死亡の確率が 0% ではなくなり、稀ではあるものの死亡する可能性が出てくる。また、約 90% の確率で中程度の頭部損傷（頭蓋骨の骨折や、意識喪失を伴う顔の骨折や深い切り傷など）が発生する。

### ウ 実験条件

#### ● 床材

床材は、以下の 6 種類について行う。コンクリートについては、計測を行うと装置が破損する可能性が高いため、装置を用いた計測は行わず、剛体（力が掛かっても変形しない）としてシミュレーションを行った。

- ① コンクリート（アスファルト）
- ② 土
- ③ フローリング
- ④ フローリング＋カーペット
- ⑤ フローリング＋クッションマット
- ⑥ 畳

#### ● 高さ

保護者の立位からしゃがんだ姿勢を想定し、以下の条件で実施する。

30cm～160cm（10cm 刻みで 14 条件）



土



フローリング



フローリング+カーペット



フローリング+クッションマット



畳

図 1 各床材での計測実験の様子

## エ 実験結果

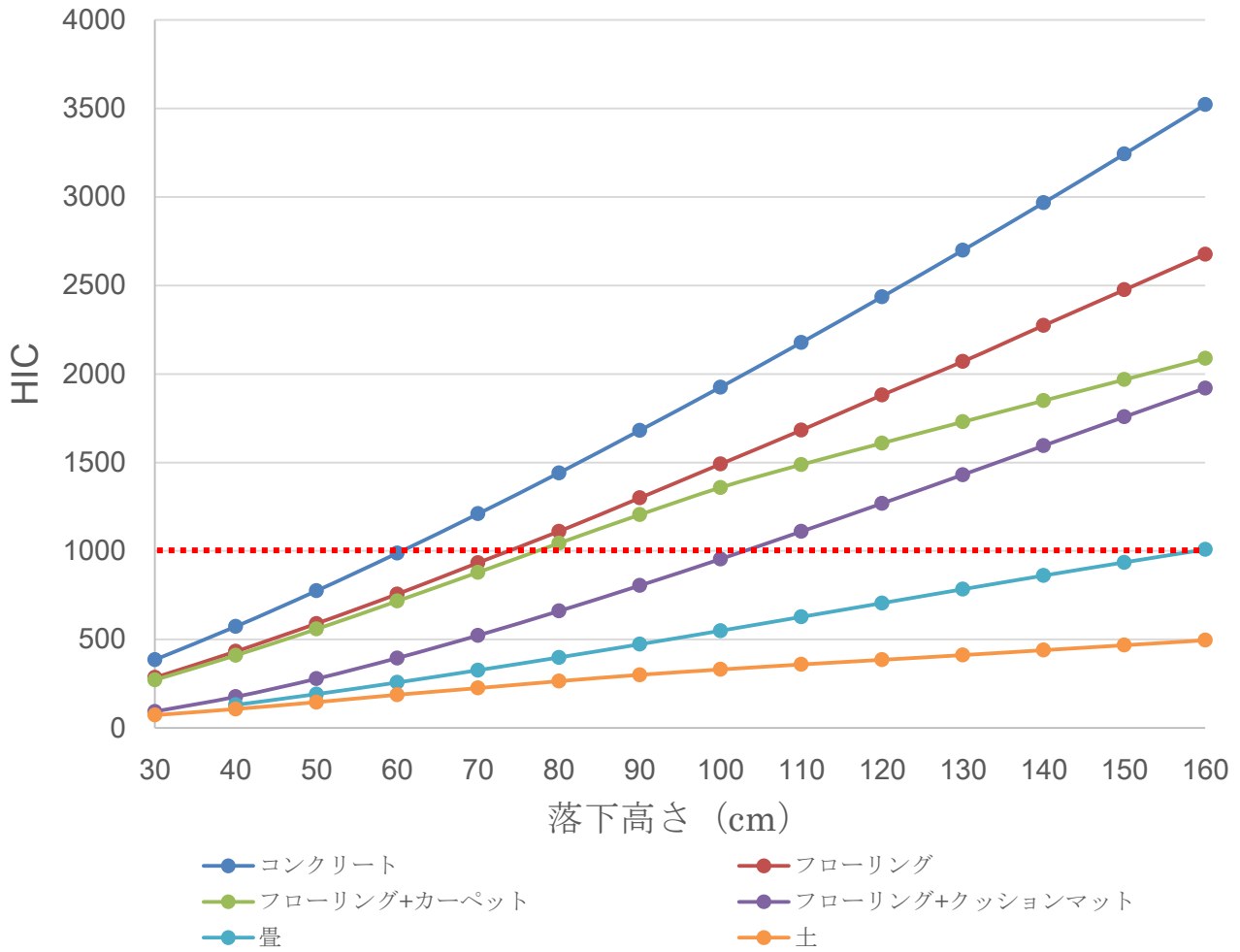


図 2 床材ごとの転落高さ と HIC の関係

グラフは横軸が転落高さを表し、縦軸が HIC の値を示している。各床材で HIC が 1000 を超える落下高さは以下の通りである。

床材	HIC が 1000 となる落下高さの目安
コンクリート (アスファルト)	60cm
フローリング	75cm
フローリング+カーペット	80cm
フローリング+クッションマット	100cm
畳	160cm
土	今回の範囲では 1000 に至らない

## オ 考察

抱っこひもに子供を乗せ降ろしする際に、保護者が立った状態で行うと、転落高さは 100cm を超えることになり、フローリングであっても頭部に傷害を負う可能性が高い。そのため、抱っこひもに子供を乗せ降ろしする際には、子供が万一転落してしまった場合を想定し、低い姿勢で行うことが重要である。また、クッションマットや畳といった衝撃吸収性能がある床材の場所で乗せ降ろしを行うことも、子供に重症なケガを負わせないためには重要である。

### HIC に関する参考資料

本分析における傷害リスクの評価基準について述べる。本分析では、重篤な傷害の起きやすい頭部に注目し、傷害リスクの評価基準として、Head Injury Criterion(HIC) を用いる。HIC は自動車業界において衝突事故時における頭部傷害耐性として提案された指標である。そして現在、HIC は、欧州 19ヶ国統一の欧州規格 EN 1177 の中で遊具の下の地表面の衝撃減衰力の評価値としても採用されている。

また、米国で 100 年以上の歴史を持つ規格作成組織である American Society for Testing and Materials International による遊具に関する規格 F1292-04 の中でも遊具等の周辺の地表面材料の衝撃低減性能の評価値として採用されている。

HIC の定義について述べる。1960 年以降、頭部傷害の耐性は、Wayne State University の Lissner が 1960 年に提唱した The Wayne State Tolerance Curve (WSTC) が基礎となっている。これは、平らな剛板面に死体の頭部を落下させたときの頭蓋骨線状骨折・脳震盪の発生と頭部加速度の関係を示している (図 3)。

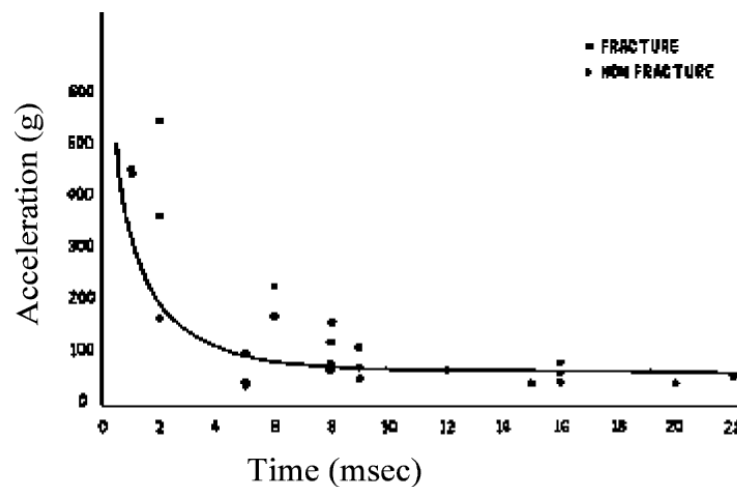


図 3 The Wayne State Tolerance Curve (WSTC)

(出典：参考資料[1])

1966 年に General Motors の Gadd は WSTC に基づいて頭部損傷基準式 Gadd Severity Index (GSI) を提唱した。

$$GSI = \int_0^{\tau} a^n dt \dots(1)$$

$a$  : 頭部加速度の反応関数,  $n$  : 重み付け因子,  $\tau$  : 衝撃作用時間,  $t$  : 時間の積分パラメータ

n =2.5 とすると WSTC は GSI≒1000 のとき計測された加速度の波形が WSTC に当てはまり、基準としてわかりやすいことから、n =2.5 の(1)式が GSI の定義とされ、GSI=1000 が安全値と考えられた。しかし、GSI はアメリカの野球ヘルメットの安全基準として採用されるが、ノイズの影響を受けやすいなどの問題が指摘された。

1971 年、Ford の J.Versace によって、WSTC には平均加速度を適用することが提言され、それに基づき NHSA(National Highway Traffic Safty Addministration)から修正された評価基準として HIC が提案された。HIC は、頭部重心加速度 a(t)を用いて、(2)式で表される。

$$HIC = \left[ \left\{ \frac{1}{(t_2 - t_1)} \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt \right\}^{2.5} (t_2 - t_1) \right]_{\max} \dots(2)$$

$t_1, t_2$  : 右辺  $[\ ]_{\max}$  内が最大となる間隔の開始時刻と終了時刻。単位は [ms]。

$a(t)$  : 頭部重心加速度。単位は [G]。

(2)式の{ }内は、加速度を時間について積分して速度を計算し、それを経過時間で割った平均加速度であり、平均加速度を用いた点以外、HIC は本質的には GSI と同じであることがわかる。よって、HIC においても HIC =1000 が安全値と考えられている。

HIC の値と頭部損傷のレベルの関係を図 4 に示す。HIC=1000 のとき、傷害が発生しない確率 (図中の No Injury) が 0 となり、傷害による死亡の確率 (図中の Fatal) が 0 ではなく、稀ではあるものの死亡する可能性が出てくる。また、90%程度の確率で中程度の頭部損傷 (図中の Moderate) が発生する。中程度の頭部損傷とは、頭蓋骨の骨折や、意識喪失を伴う顔の骨折や深い切り傷などである。このように HIC が 1000 以上になると、頭部に何らかの損傷が発生する可能性が高いため、世界的に衝撃による危険性を評価する基準として採用されている。例えば、米国や欧州では、遊具からの転落による危険性の評価基準として HIC1000 を採用している[2][3][4]。本分析でも、それに従い、傷害リスクの評価基準として HIC1000 を採用する。

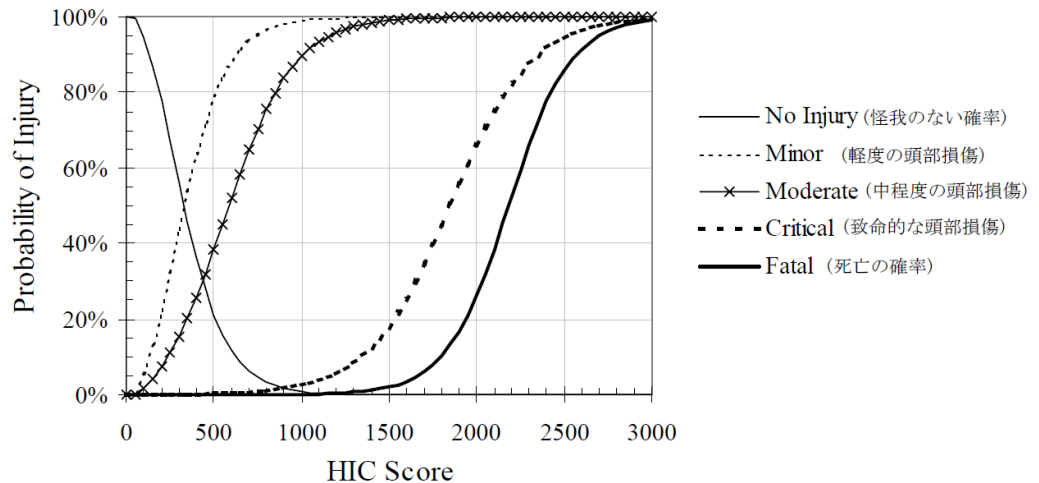


図 4 HIC 値に対する頭部損傷のレベルの確率  
(出典：参考資料[5])

参考資料

- [1] Kleinberger, M. et al., “Development of Improved Injury Criteria for the Assessment of Advanced Automotive Restraint Systems”, National Highway Traffic Safety Administration, 1998.
- [2] ASTM F1292 – 09, “Standard Specification for Impact Attenuation of Surfacing Materials within the Use Zone of Playground Equipment,” ASTM International, West Conshohocken, PA, 2009, DOI: 10.1520/F1292-09
- [3] U. S. Consumer Product Safety Commission Washington, Handbook for Public Playground Equipment, 2007 [http://www.hdfs.hs.iastate.edu/research/pdfs/CPSC\\_Handbook\\_for\\_Public\\_Playgrounds.pdf](http://www.hdfs.hs.iastate.edu/research/pdfs/CPSC_Handbook_for_Public_Playgrounds.pdf)
- [4] EN 1177: 1998 Impact absorbing playground surfacing – Safety requirements and test methods
- [5] 中野ほか, “頭部損傷基準値 (HIC) の理論的分析”, バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌, Vol. 12, No. 2, pp. 57-63, 2010.