

乳幼児の浴槽への転落防止の寸法要件に関する実験研究

Experimental Study on Dimensional Requirements for Prevention of Fall Accident of Infant into Bathtub

久保田一弘*, 直井英雄**

Kubota Kazuhiro, Naoi Hideo

要 旨

乳幼児の浴槽での溺死事故は、2歳の誕生日までにその全数の8割が生じていると報告されている。本研究では、この事故の重要な防止策のひとつである浴槽への転落防止対策の定量化を目的に、浴槽の縁の高さ及び幅が、浴槽転落のしやすさに及ぼす影響について人体ダミーを用いた実験を行った。その結果、満2歳児未満の浴槽転落防止の対策としては、浴槽の縁の高さが50cm以上であれば安全であることが確かめられた。

キーワード：乳幼児, 浴槽, 転落事故, 人体ダミー, 日常災害

Summary

Eighty percent of drowning deaths of infant are reported to occur before their birthday of two years old. So we intend to grasp dimensional requirements for prevention of fall accident into bathtub of infant especially under two years old through an experiment using dummy of human body. The result is that infant under two years old don't fall down into bathtub from the brim of bathtub more than 50cm from floor.

Keywords: *Infant, Bathtub, Fall accident, Dummy of human body, building related accident*

1. 研究の背景と目的

人口動態統計¹⁾によれば、我が国の家庭における溺水事故の死亡率は全体としては増加しているが、乳幼児（ここでは0～4歳をいう）の低年齢層においては、図1に示すように大幅に減少している。これは、この年齢層の人口が少なくなったことと、それに伴って母親などの目が行き届くようになったことが考えられる。また、発生場所として多くを占める浴室などの物的環境の整備が進められたこ

とも影響を及ぼしていると推測できる^{2) 3)}。

しかし、図2に示すように、乳幼児の起こす他の事故と比べると溺水事故は圧倒的に大きな割合を占めており、乳幼児を事故死から守るためには、第2位の墜落事故も含め、その防止がきわめて重要である。特に溺水事故の94%を占める浴槽での事故を防止することが、その決め手となる。

また、図3は家庭における乳幼児の浴槽での溺水事故に

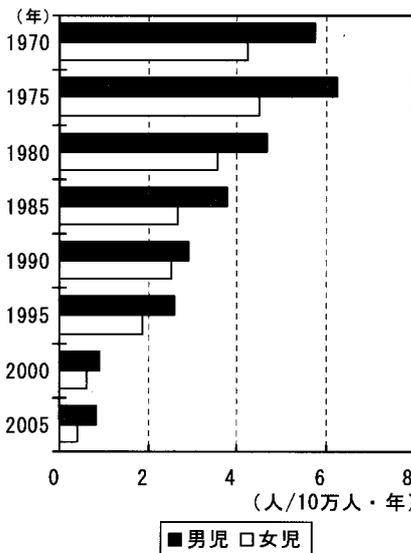


図1 家庭における乳幼児(0～4歳)の溺水事故による性別死亡率の経年的変化

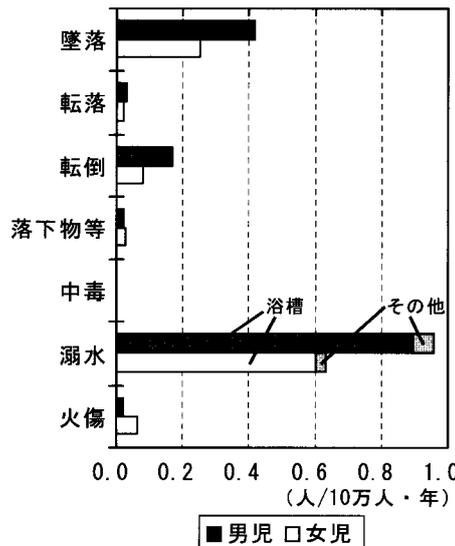


図2 家庭における乳幼児(0～4歳)の事故種類別による性別死亡率(2001～2005年の平均)

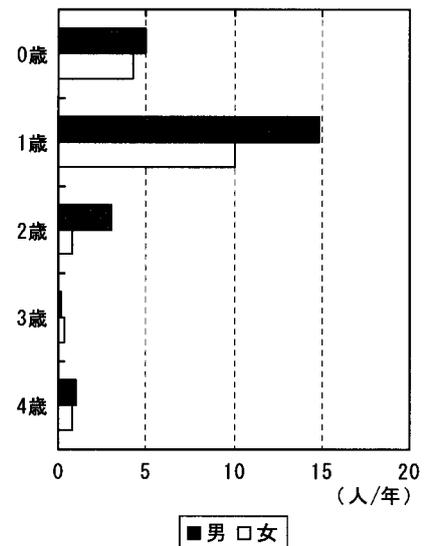


図3 家庭における乳幼児(0～4歳)の浴槽での溺水事故による年齢別・性別死亡者数(2001～2005年の平均)

*東京理科大学補手・工修 **同大学教授・工博

よる年齢別・性別死亡者数であるが、これを見ると、男女とも1歳児が圧倒的に多くの事故を起こしており、溺水事故全体の約8割が1歳児までの間に生じている。

この実態を踏まえ、満2歳の誕生日までの乳幼児の浴槽への転落を防ぐことが、事故防止の現実的な目標になるものと判断できる。そこで、本研究では、この年齢前後の乳幼児を対象に浴槽の縁の高さ及び幅が、浴槽転落のしやすさに及ぼす影響について実験による定量化を試みた。

2. 実験概要

(1) 実験の考え方

乳幼児の浴槽転落について、浴槽の縁の高さ及び幅の長さを変えることで、乳幼児の転落防止への効果がどのように変わってくるかを浴槽転落の再現実験によって検討する。本来、乳幼児を被験者とするのが望ましいが、生身の人間を被験者として行うことは安全上問題があるため乳幼児身体寸法に近い人体ダミーを使用した。

使用した人体ダミーは、Alderson Research Laboratories, INC (以下ARLと略) の3歳児三次元ダミーと1, 2, 3歳児二次元ダミーである。本来なら、すべて三次元ダミーで実験するのが好ましいが、現実に入手できたのが3歳児ダミーのみであったので、これと比較できる同年齢のダミーを含め、二次元ダミーを作成し用いることにした。また、今回の実験では、乳幼児が浴槽の縁によじ登る動作については、二次元ダミー及び三次元人体ダミーでは行えない機能のため考慮しなかった。

(2) 実験装置及び浴槽の寸法

今回の実験では国民生活センター家庭内事故解析棟の浴室を使用した。図4に実験装置の略図を示す。この浴室の浴槽は最大60cm高低可能であり、洗い場も25cm高低ができる装置である。実験では、浴槽の高さは25~53cmとして1cm間隔で変化させた。また、浴槽の縁の幅の変化は既存の縁に板を増設し、幅を7~21cmとして1cm間隔で範囲を変化させた。

洗い場の床と人体ダミーの間にビニールシートを敷いた。これは、洗い場が水で濡れている状態などの滑りやすい状況を考慮し転落の危険性を高くするために行った。

(3) 二次元ダミー作成について

1, 2, 3歳児二次元ダミー作成に必要な身体部位の寸法を文献^{4) 5) 6)}により9項目選出した。その項目を図5に示す。主とした「平成2年乳幼児身体発育調査」厚生省(1990)のデータの身体寸法及び体重の50パーセントイル値(中央値)を用いて寸法・重心とも実際の人体に近似させた。なお、データの調査対象年齢は、1歳0~1ヶ月未満、2歳0~6ヶ月未満、3歳~4歳とし、その年齢区分の平均値である1歳0.5ヶ月と2歳3ヶ月とすることが望ましいと考えたので採用した。また、3歳児二次元ダミーはARL社の三次元ダミーの身長値が「乳幼児身体発育調査」の調査対象年齢の3歳~4歳の身長値の平均値に等しかったので、対象年齢を3歳6ヶ月とした。

性別については、男女児によって、各身体寸法及び体重に差がみられるが、先に示したように男児の死亡者数が多い

こと、各身体寸法が大きいと転落の危険性が高いと判断して男児の値とした。重心の高さは、文献⁷⁾により足底から身長⁷⁾の56%とした。表2に作成した二次元ダミーの各部寸法を示す。

材質は、5mm厚の亚克力樹脂材を使用した。また、姿勢の変化が行えるように二次元ダミーの関節軸(頸部関節、肩関節、腰関節、股関節、足関節)には、金属系のボルト・ワッシャー・ナットを使用した。ボルトとナットを締めることにより、関節の回転や固定を自由に設定できるようにした。使用した各人体ダミーを図6に示す。

(4) 人体ダミーの姿勢

表3に人体ダミーの種類及び姿勢を示す。転落時の人体ダミーがとる姿勢としては、乳幼児の浴槽への転落時の過程が詳細に調査された情報の入手が困難だったため、今回の実験では、乳幼児が転落する時にもっとも危険度が高い姿勢と浴槽の縁でとりやすい姿勢を考慮したうえで、通常の直立姿勢のほか、その姿勢から前方に上肢を挙げた姿勢、浴槽内を覗き込んだ姿勢を考え、それぞれのつま先立

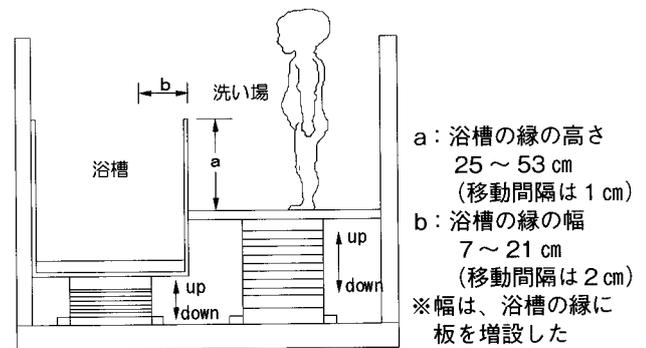


図4 実験装置

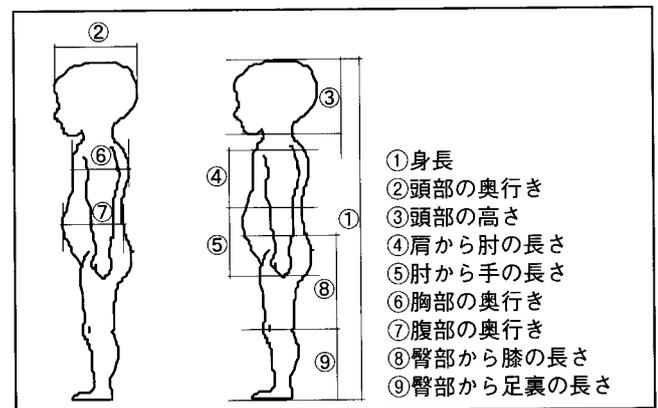


図5 身体部位の寸法項目

表2 人体ダミーの部位寸法

部位	1歳 (1歳0.5ヶ月)	2歳 (2歳3ヶ月)	3歳 (3歳6ヶ月)
1 身長	75.4	87.1	96.9
2 頭部の奥行き	16.6	17.2	17.5
3 頭部の高さ	16.0	17.4	18.0
4 肩から肘の長さ	15.1	17.4	19.4
5 肘から手の長さ	20.0	23.1	25.7
6 胸部の奥行き	11.0	12.7	13.5
7 腹部の奥行き	12.3	12.8	14.0
8 臀部から膝の長さ	20.0	23.1	27.0
9 臀部から足裏の長さ	35.6	41.1	50.0

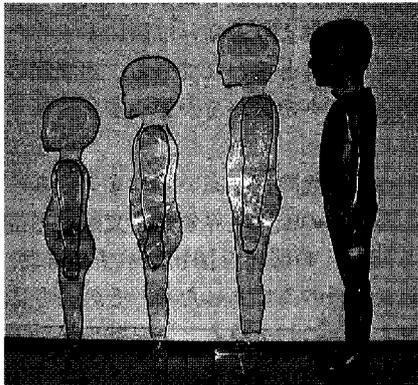
単位 [cm]

ち姿勢の計6パターンの姿勢を採用した。

つま先立ち姿勢の定義は、3歳児三次元ダミーの足関節の底屈の可動域が45°のために、各二次元ダミーの足関節の角度も同様とした。その状態を図7に示す。なお、つま先立ち姿勢は直立姿勢より約6cm高い。また、上肢を前方に挙げた姿勢とは、「前ならえ」をした姿勢である。その理由は、重心が浴槽内の方へ移動するため転落の危険性が高くなると考えたからである。

(5) 実験方法

各人体ダミーのつま先を浴槽の縁から5cmほどの所に設定し、実験項目にしたがって人体ダミーを浴槽へ転倒するように手を離し転落するかどうかを観察した。浴槽の縁の高さが、ある高さの場合に「落ちない」のであれば、それ以上の高い寸法は「落ちない」と論理的に考えられるので実験を省略した。



図の左から
1 歳児二次元ダミー
2 歳児二次元ダミー
3 歳児二次元ダミー
3 歳児三次元ダミー

図6 使用した人体ダミー

表3 人体ダミーの種類及び姿勢

種類	三次元ダミー	二次元ダミー		
年齢	3歳	3歳	2歳	1歳
姿勢	①：直立姿勢	④：つま先立ちにて①の姿勢		
	②：上肢を前方に挙げた姿勢	⑤：つま先立ちにて②の姿勢		
	③：浴槽内を覗き込んだ姿勢	⑥：つま先立ちにて③の姿勢		

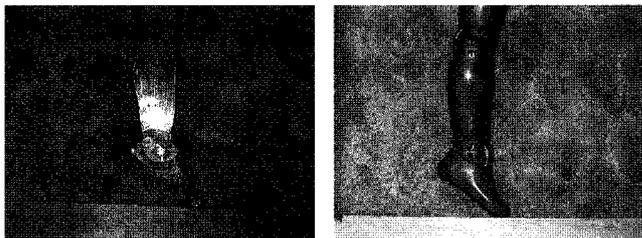


図7 つま先立ちの足元写真(左：3歳児二次元ダミー、右：3歳児三次元ダミー)

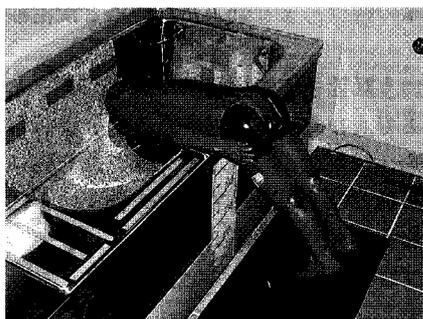


図8 実験風景(落ちない)

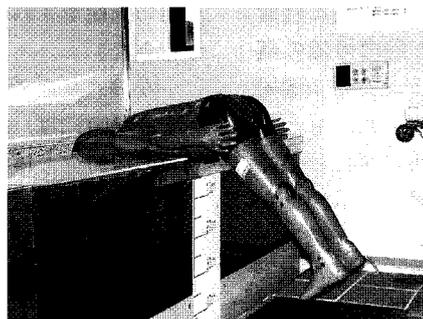


図9 実験風景(落ちそう)

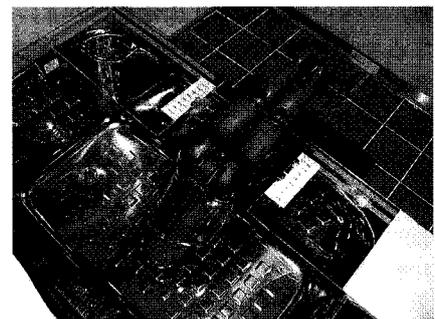


図10 実験風景(落ちる)

(6) 判定方法及び記録

判定の方法を表4に示す。判定は「落ちない」「落ちそう」「落ちる」の3項目とした。実験記録の一例を表5に実験風景を図8～10に示す。

(7) 実験結果のとりまとめ

表5の記録から「落ちない」・「落ちそう」・「落ちる」の境界を求めた。

3. 実験結果及び考察

(1) 二次元ダミーと三次元ダミーの比較

図11に3歳児二次元ダミーと3歳児三次元ダミーの各姿勢の浴槽の縁の幅の相関係数(r)及び散布図を示す。各姿勢の相関係数の平均値は、相関係数(r)=0.94(P<0.001)となり、両人体ダミーの間には、強い正の相関がみられた。よって今回作成した二次元ダミーは、三次元ダミーに十分近い結果をもたらしたものと考えてよいと判断した。

(2) 各姿勢による転落の危険性

図12に各姿勢の転落境界値を示す。これを見ると、当然の事ながら「つま先立ち」の転落の危険性が高い。もっと

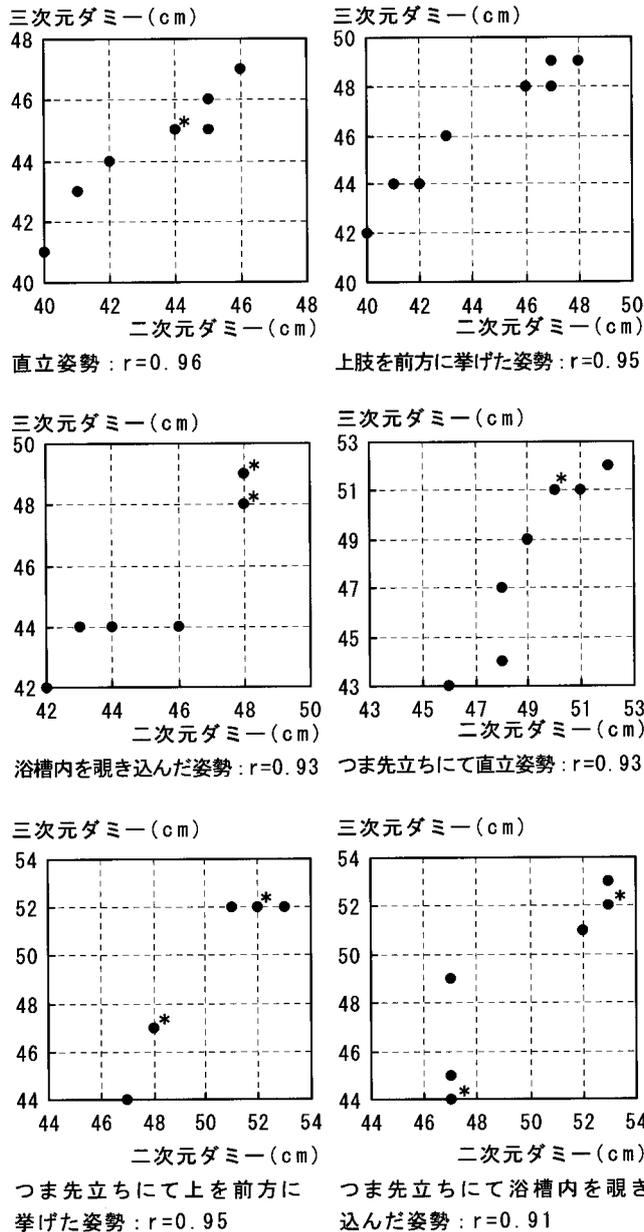
表4 転落の判定方法

判定	人体ダミーの状態	マーク
落ちない	足は床にあり上体が起きている	○, Φ
落ちそう	足が床から離れ上体が縁に乗っている	△, ▲
落ちる	上体が浴槽内にある	×, *
理論上、結果を予測した値のマーク：Φ, ▲, *		

表5 実験記録表の一例(2歳児二次元ダミー：上肢を前方に挙げた姿勢)

47	○	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	
46	○	Φ	Φ	Φ	落ちない			Φ	Φ
45	○	Φ	Φ	Φ				Φ	Φ
44	○	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	Φ	
43	×	×	▲	△	△	△	△	△	
42	*	*	×	▲	△	落ちそう			△
41	*	*	*	▲	△				△
40	*	*	*	×	▲	△	△	△	
39	*	*	*	*	×	▲	△	△	
38	*	*	*	*	*	×	▲	△	
37	*	*	落ちる			*	*	×	▲
36	*	*				*	*	*	×
35	*	*	*	*	*	*	*	*	
34	*	*	*	*	*	*	*	*	
高さ/幅	7	9	11	13	15	17	19	21	

単位：cm



* は重複箇所を示す

図11 二次元ダミーと三次元ダミーの実験結果の相関

も危険性が高いのは「つま先立ちにて上肢を前方に挙げた姿勢」である。この姿勢の転落境界値を用いることが本研究の判断とすべきであると考えた。

(3) 人体寸法分布を考慮した実験結果の表示

先に示したように二次元ダミーの身体寸法は、文献⁵⁾のデータの寸法及び体重の50パーセンタイル値（ほぼ平均値）を用いた。人体寸法分布を考慮に入れて安全側に判断するために身長標準偏差（ σ ）に対する浴槽の縁の高さの標準偏差の値を比例的に求め、50パーセンタイル値+ 2σ と50パーセンタイル値+ 3σ の値を考慮した。もっとも危険性が高い「つま先立ちにて上肢を前方に挙げた姿勢（2歳児二次元ダミー）」の転落境界値を図13に示す。なお、身長標準偏差は、1歳0.5ヶ月児で2.3cm、2歳3ヶ月児で3.3cm、3歳6ヶ月児で3.85cmであった。

(4) 浴槽の縁幅の影響

「落ちそう」まで許容するとすれば、図13のように、浴

槽の縁の幅が7cmから21cmまで増える事によって、浴槽の縁の高さが5cmから7cm低くなくても転落の防止できる事が結果として現れた。しかし、「落ちそう」は、人体ダミーが浴槽の縁の乗っている状態で両足は洗い場から離れており、浴槽の縁の上でバランスを保っているような状態である。そのために乳幼児が動いた場合は浴槽内へ転落する可能性が高い。安全側の判断として、これも「落ちる」の側に含まれると考えると、図14のように縁幅の効果はほとんど見られない。

(5) 浴槽転落防止の寸法要件

(1)から(4)の実験結果及び考察より、浴槽の縁の高さと月齢（年齢）の関係による浴槽転落の境界値を図15に表示した。冒頭に述べたように、満2歳の年齢まで転落防止を図るとして、その50パーセンタイル値+ 3σ の値を採用すれば、縁の高さは50cm以上あれば良いと判定できる。

(6) 実験から得られた転落境界値と重心高さとの関係

一般に転落防止には重心高さよりも高い位置に手すりなどを設置することが必要であると言われている。本実験の結果がその考え方と整合するものであるかどうかを吟味する。

実験から得られたもっとも危険性が高い「つま先立ちにて上肢を前方に挙げた姿勢」の転落境界値と、文献から得た重心高さ（足底から56%）の関係を図16に示す。なお、知り得た重心高さは直立姿勢のみであったため、その高さにつま先立ちの6cmを加えた。これを見ると、実験結果は重心高さより7~9cmほど低くなっている。

これは、人体の厚みが関係しているものと思われる。すなわち、厚みのない物体に比べて同じ力で寄りかかった場合に支点（縁の上端）と重心の位置関係が転落しにくい側になっているものと推測できる。墜落防止用手すりの厚みの効果を実験的にとらえた直井らの研究⁸⁾によれば成人用手すりに関して、「高さが70cm付近以上は、高さのみの効果を高さ+幅で代用できる」とある。今回の実験では、腹部の奥行きは半分は6~7cmであり図16の7~9cmという数値差より若干小さいが、人体の厚みが、この差をもたらした主たる理由となっていることは確かであると思われる。

5. まとめ

今回の実験で、浴室での溺水の割合が高い2歳未満の乳幼児の浴槽転落防止の対策として、浴槽の縁の高さが50cm以上であれば安全であることが確かめられた。また、安全側の判断をすれば、縁の幅はあまり効果がないことが把握できた。

なお、この50cmという数値を実際の設計に適用しようとする場合には、いうまでもなく、乳幼児が踏み台となるものの上には立って、意味を持たなくなること、また、一般に縁の高さの決定は、高齢者の使いやすさなどの種々の条件を総合考慮して決めるべきものであること、などについても十分配慮しなければならない。

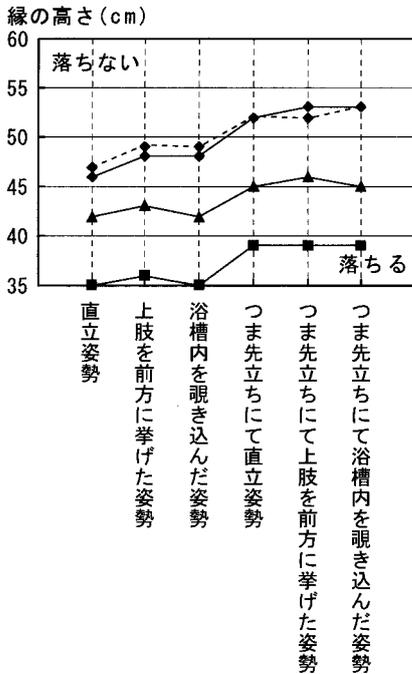


図12 各姿勢の転落境界値

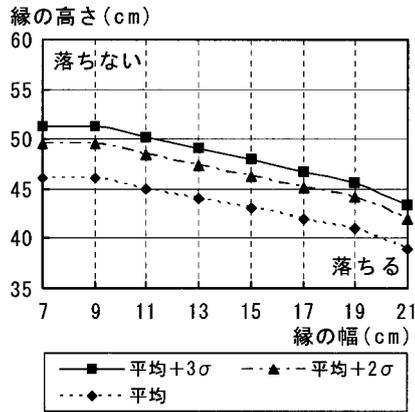
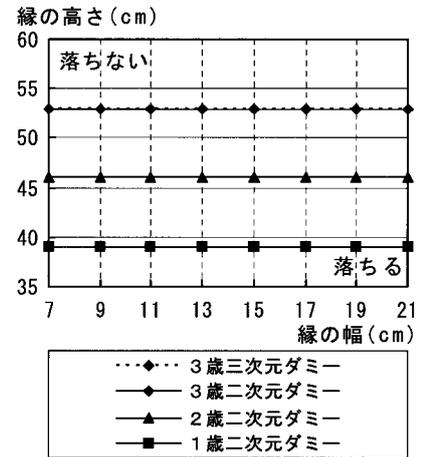


図13 つま先立ちにて上肢を前方に挙げた姿勢 (2歳児二次元) の転落境界値



* 3歳三次元ダミーと3歳二次元ダミーの数値は同一であった。

図14 各人体ダミーの転落境界値

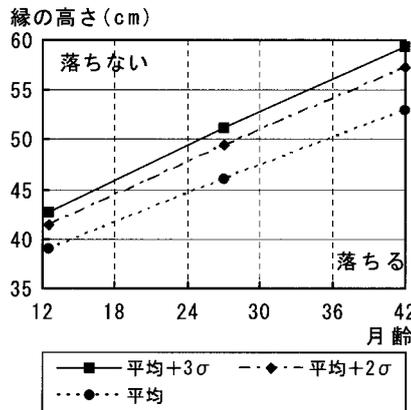


図15 年齢による浴槽への転落境界値 (つま先立ちにて上肢を前方に挙げた姿勢)

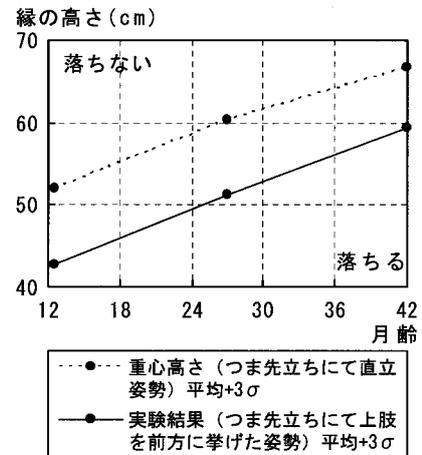


図16 実験による転落境界値と重心高さとの関係

6. 謝辞

本研究は平成12年度に東京理科大学直井研究室で行った研究であり、その遂行にあたっては、国立公衆衛生院母子保健学部長田中哲郎氏、千葉工業大学工業デザイン学科上野義雪氏、独立行政法人国民生活センター、東京理科大学の当時学部学生倉岡満氏の協力を得た。ここに記して謝意を表する。

【参考文献】

- 1) 人口動態統計 (厚生統計協会 昭和45年~平成17年)
- 2) 久保田一弘, 直井英雄「幼児・高齢者の日常災害による被害実態の経年的変化に関する調査」日本建築学会大会学術講演梗概集E-1, p.879, 2006年
- 3) 久保田一弘, 直井英雄「代表的事故種類についての経年的変化の特徴 - 幼児・高齢者の日常災害による被害実態の経年的変化に関する調査 (2) -」日本建築学会大会学術講演梗概集E-1, p.945, 2007年
- 4) First Technology Safety Systems社が乳幼児ダミー作成のため用いた乳幼児人体寸法 (基本的人体測定は、ミシガン大学の輸送研究所の報告書 85-23に基づいている。幼児の重量配分と計測方法は、The Society of Automotive Engineersの幼児ダミー作業グループによって承認された内容に基づいている)。

- 5) 乳幼児身体発育調査 厚生省 (当時) 1990年
- 6) 乳幼児身体計測報告書 製品安全協会 1973年
- 7) 建築設計資料集成3 単位空間 I 丸善
- 8) 直井英雄, 天神良久, 落合 修「手摺断面の形態とその墜落防止効果との関係に関する実験研究 その1 - 人体ダミーを用いた墜落防止の物理的効果に関する実験 -」日本建築学会大会学術講演梗概集E, p.795, 1989年
- 9) 田中哲郎「新子どもの事故防止マニュアル改訂第4版」診断と治療社, 2007年
- 10) 田村早奈英, 直井英雄, 上野義雪「遊戯施設における寸法測定用2次元マネキンの試作」日本建築学会大会学術講演梗概集E-1, p.711, 1999年
- 11) 国民生活センター消費者情報部危害情報担当, 特別調査「家庭内事故に関する調査報告」家庭内事故 - その実態を探る, 国民生活センター, 1996年6月
- 12) 八藤後猛, 田中 賢, 中村孝之, 野村 歎「幼児を対象とした人体および動作計測装置の開発と計測による建築安全計画への考察 - 乳幼児の家庭内事故防止に関する研究 その1 -」日本建築学会計画系論文集, p.187-192, 2002年12月

(2007年11月30日原稿受理, 2008年1月18日採用決定)

