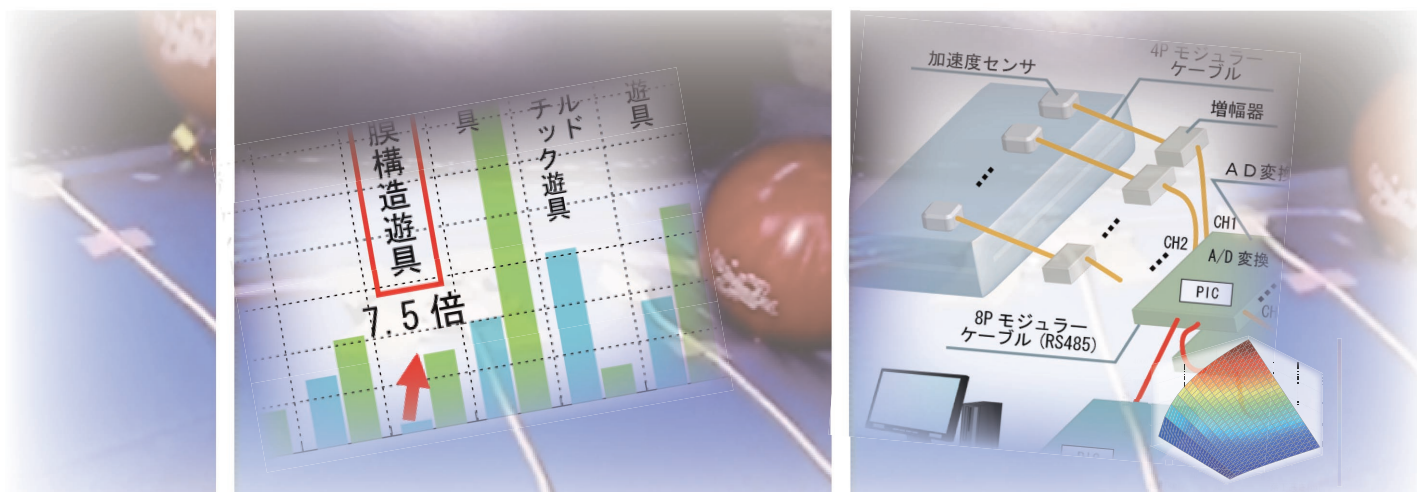


# 子供向け屋内遊戯施設における遊具の安全推進プロジェクト

株式会社イオンファンタジー



## 目的

### 空気膜構造遊具の物理的特性解明のための挙動計測装置の開発

空気膜構造遊具における事故が近年多発している<sup>[1]</sup>。空気膜構造遊具において、人間相互の接触や遊具の外にある地面や遊具を設置している硬い地面への転落などによる事故以外にも、空気膜のクッション性を有し、一般的に衝撃力の吸収性に優れていると考えられている部分で、骨折に至る事故が発生している。これは、空気膜構造遊具の挙動に関する物理的理解が不十分であり、そのため、科学的理解に基づく適切な安全基準や運用法がないことに起因している。空気膜構造遊具の特性解明のための研究が求められている。

本件では図1の空気膜構造遊具で発生した転落事故を扱う。動力学として、空気膜構造遊具に転落した際に子どもが受ける衝撃力を計測するための装置として、多点加速度同時計測システムの開発と、前腕インパクターの作製をする。



図 1. 計測対象の空気膜構造遊具

## 実施方法

### 落下時の空気膜の挙動計測と落下物への衝撃力の計測

報告された空気膜構造遊具の高所からの転落事故は、子どもが登った高所の部分で遊んでいたときにバランスを崩したことにより転落したと考えられる。転落の際の初速は小さいと考えら

れるので、本件で計測する衝撃力として、落下物として重量物を自由落下させたときに遊具から受ける力を計測する。落下物の重量と落下高さが変わったときに、落下物が受ける衝撃力がどのように変わるかを分析する。

落下時の衝撃力の計測を行なうために、本件では、①多点加速度同時計測システム(図2)と②前腕インパクター(図3)のふたつの計測システムを開

発した。(②は、大永ドリーム(株)の共創プロジェクトと連携して行った。)

多点加速度同時計測システムは、加速度センサのサンプリングを行なうためのセンシングシステムである。システムの仕様を表1に示す。AD変換装置に接続されたすべてのセンサの同期を図られている。同システムで用いる加速度センサは3軸での検出が可能で、小型であり軽量であるから、落下物に加速度センサを取り付けて落下時の衝撃力の計測を行なうことができる。落下物には2つのセンサを取り付けることで、合力を計算するとき、落下の際に発生する一部の遠心力や回転力による加速度の変化を取り除き、衝撃力による加速度を取り出すことができる。

前腕インパクターは子どもの前腕を模した計測装置である。転落の際に遊具と接触する手首の太さを37.1mm、手首から肩までの長さを291.8mmと3才児の標準的な前腕の大きさにしたものである。取り付けるおもりを変えることで落下重量を変えることができる。衝撃力が最も大きくなるのは、前腕インパクターが遊具の表面に対して垂直に落下したときである。そこで図5のようにラックを用いて前腕インパクターを落下させた。前腕インパクターにひもを取り付け、そのひもをラックの上部に通し、ひもを離すことで落下させる方法を取った。ラックの周りを覆うことで、跳ね返った前腕インパクターとの接触を防いでいる。

実験対象の空気膜構造遊具を押して、その反発力が場所によって異なることが体感できた。そこで、転落事故の原因となった高所の部分の周囲において数カ所で多点加速度同時計測システムにより衝撃力の計測を行った。周囲の状況の違いによる衝撃力の変化を確認した。

計測地点の中で、大きな衝撃力が計測された地点で前腕インパクターを用いて再度計測を行った。落下物の重量と落下高さに衝撃力がどのように変化するかを導き、転落した7才児の子どもが転落した際に受けた衝撃力を算出する。



図 2. 多点加速度同時計測システム

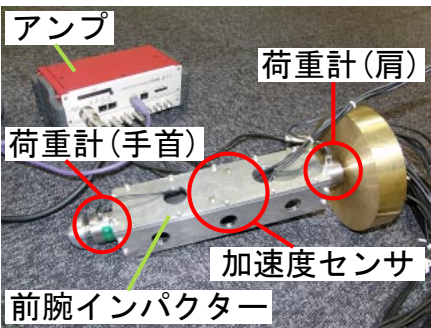


図 3. 前腕インパクター

表 1. 多点加速度同時計測システムの仕様

|                 |                    |
|-----------------|--------------------|
| 最大加速度           | 250G/16G           |
| 検出軸数            | 3 軸 (x、y、z 軸)      |
| サンプリング周波数       | 最大 700Hz           |
| 分解能             | 10bit              |
| 大きさ、質量 (16G)    | 27 × 30 × 16mm、18g |
| 大きさ、質量 (250G)   | 29 × 39 × 20mm、31g |
| 最大 3 軸加速度センサ接続数 | 682 台              |

表 2. 前腕インパクターのセンサ仕様

|          |                             |
|----------|-----------------------------|
| 荷重計 最大値  | 5000N                       |
| 荷重計 質量   | 77g                         |
| 加速度 最大値  | 2000m/s <sup>2</sup> (204G) |
| 加速度質量    | 140g                        |
| サンプリング周期 | 1000Hz                      |



図 4. 落下物と加速度センサ



図 5. 前腕インパクター落下実験の様子

## 結果と考察

### 落下物の重さと落下高さを変えて衝撃力の計測

空気膜構造遊具の高所部の周囲にあたる空気膜の表面 8 箇所において、落下物が受ける衝撃力の大きさに違いがあるか計測を行い確認した。衝撃力の計測には、加速度センサを取り付けたボールを落下させ、多点加速度同時計測システムによりサンプリングの結果から得られた加速度より算出した。実験は以下の同一の条件（高さ、重量）で行った。

- ・落下高さは 1.5m（遊具の高所から膜表面までの距離）
- ・落下物の重量は 7.26kg

計測結果を図6に示す。落下地点の周囲がクジラやカメといったオブ

ジェクトに囲まれている部分では衝撃力が大きくなることがわかる。遊具の縁に近い部分では衝撃力が小さくなることが分かる。

遊具の縁は固定されていないので大きく変形することができる。一般に、重量物が落下を受ける遊具の変形が大きいほど衝撃力を吸収するので、縁に近い部分での落下時の衝撃力が小さくなったと考えられる。オブジェクトに囲われた部分では、膜が拘束されることになり遊具の端のように自由に变形ができないので、落下時の衝撃力が大きくなったと考えられる。

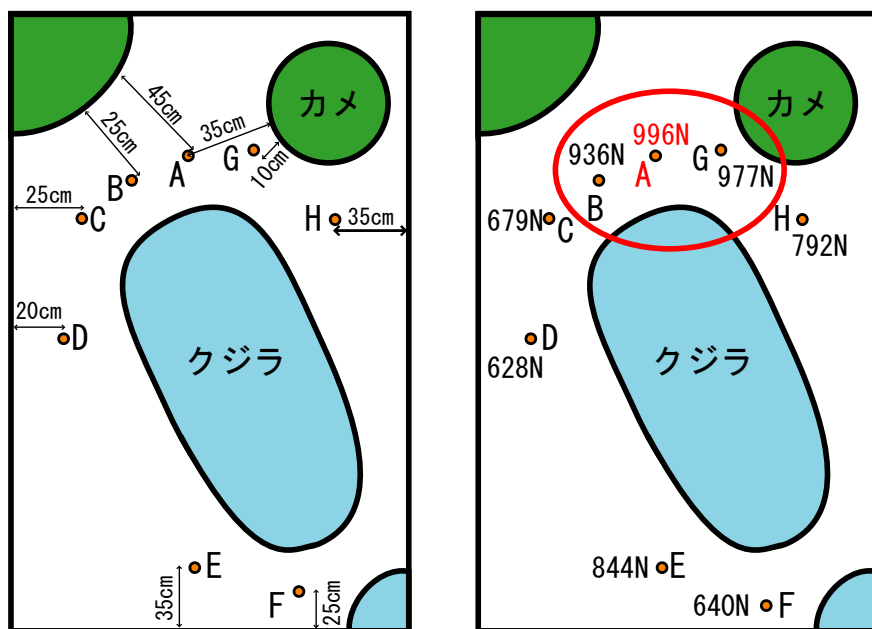
先程の実験で最も大きな衝撃力が計測された地点（A）において、前腕インパクターによる計測を行った。手首側が下になるように落下させた。実験は落下物の重量と高さ以下のような条件で行った。

- ・落下物の重量：  
2kg,6kg,11kg,16kg
- ・落下高さ：  
0.2m,0.4m,0.6m,0.8m,  
1.0m(重量:1kg,5kg,10kg),  
0.2m,0.4m,0.6m(重量:15kg)

前腕インパクターの荷重計による衝撃力の計測結果と、加速度計による計測した加速度から運動方程式により求めた衝撃力の結果を図7に示す。前腕インパクターを圧縮する方向に衝撃力が加わっていることが分かる。この3つの衝撃力の中で最も大きな値となる手首側についてその特徴をみていく。

手首側の荷重計の計測結果を図8に示す。落下高さを一定として、落下物の重量と衝撃力の関係を示した図8の(a)より、衝撃力は落下物の重量に比例することがわかった。落下物の重量を一定として、落下高さや衝撃力の関係を示した図8の(b)より、衝撃力は落下高さに対数比例することがわかった。実験データを基に、この2つの関係から高さや重量を変化させたときの衝撃力の大きさを算出することができる(図8の(c))。例えば、7才児の子ども(平均体重24kg)が高さ1.5mから自由落下したときの衝撃力は3112Nになる。

また、落下による衝撃力が小さい遊具の縁に対しても、落下物の重量と落下高さに衝撃力がどのように変化するかを確かめた。計測地点が遊具の端であり、前腕インパクターを落下させる補助器具を置くことができないため、多点加速度同時計測システムを用いて落下物の加速度変化を計測した。加速度は落下高さに比例することがわかった。また、落下物の重量が5.56kg以



### ※クジラから30cmの地点

(a) 計測地点 (b) 計測結果  
図6. 空気膜構造遊具の8地点における衝撃力の違い

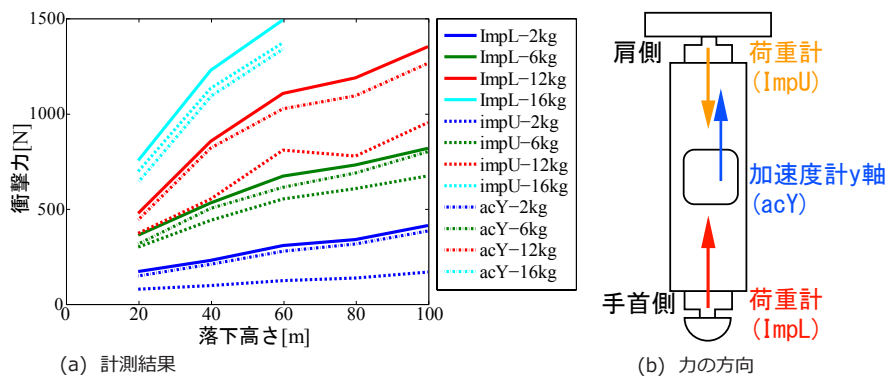


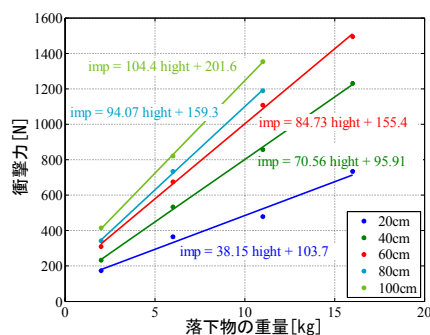
図7. 前腕インパクターによる落下時の衝撃力の計測結果

落下時の衝撃力と落下高さとの関係を示したグラフである。線の色は落下物の重量の違いを表している。ImpLが手首側の荷重計による計測結果、ImpUが肩側の荷重計による計測結果、acYが加速度計による加速度から運動方程式より算出した結果である。

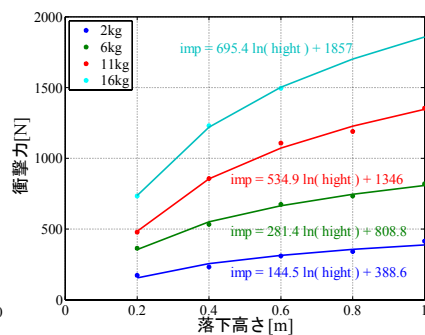
上であると、加速度は落下物の重量に寄らず一定であることがわかった。運動方程式により加速度から衝撃力を求めると、衝撃力は落下高さと落下物の重量の双方に比例することがわかった。7才児の子ども(平均体重24kg)が高さ1.5mから自由落下したときの

衝撃力は2129Nになると算出できる。

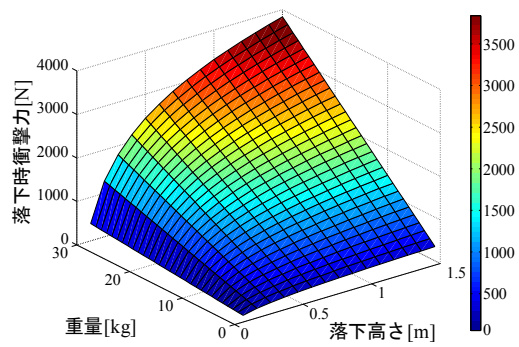
地点AとFでは衝撃力と落下高さ、重量との関係が異なる結果が得られたが、図8の(c)と図9の(b)を比較してみると分かるように、膜の拘束がされると子どもの転落により受ける衝撃力の大きさは高くなる。



(a) 衝撃力と落下物の重量との関係



(b) 衝撃力と落下高さとの関係



(c) 計測データより落下高さ0～1.5m、落下物の重量1kg～30kgにおける落下時の衝撃力の算出

図8. 手首側の荷重計の計測結果

子どもの前腕がどれくらいの衝撃力で座屈骨折に至るかを推定する。大人の大腿骨の座屈骨折は  $P_1 = 10000\text{N}$  で起こることが知られている。大腿骨を大人の脚の長さ(股下高さ)  $l_1$  と踵の幅  $r_1$  による円柱と近似する。同様に、前腕を子どもの手首から肩までの長さ(肩峰高 - 桡骨茎突点高さ)  $l_2$  と手首の幅(茎状突起間幅)  $r_2$  による円柱と近似する。

オイラーの座屈荷重の式は

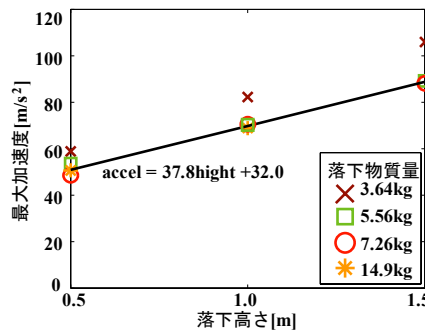
$$P = C \frac{\pi^2}{l^2} EI$$

断面二次モーメント  $I$  は、円形断面では

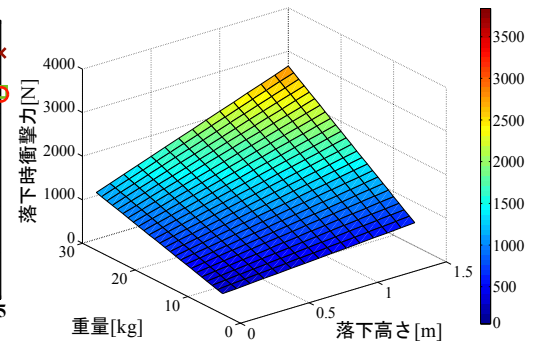
$$I = \frac{\pi}{4} r^4$$

大人のヤング率  $E_1$  と子どものヤング率  $E_2$  との比率は  $2/3$  であると知られている<sup>[2]</sup>。また、 $l_1=750.1\text{mm}$ 、 $r_1=62.4\text{mm}$ <sup>[3]</sup>、 $l_2 = 384.7\text{mm}$ 、 $r_2 = 42.64\text{mm}$ <sup>[4]</sup> であるので、子どもの前腕が座屈する衝撃力  $P_2$  は以下の式より、

$$P_2 = \left( \frac{r_2}{r_1} \right)^4 \left( \frac{l_2}{l_1} \right) \left( \frac{E_2}{E_1} \right) P_1$$



(a) 落下時の最大加速度と落下高さとの関係



(b) 計測データより落下高さ 0.1m~1.5m, 落下物の重量 6kg ~ 30kg における落下時の衝撃力の算出

図 9. 前腕インパクトによる落下時の衝撃力の計測結果

$P_2=5526\text{N}$  であると求められる。子どもの身体寸法にはばらつきがあるので、121 人の 7 歳児の身体寸法データを利用して、各寸法ごとに座屈に至る衝撃力を計算したところ、 $l_2 = 395\text{mm}$ 、 $r_2 = 38\text{mm}$  の身体寸法の子どもで、座屈荷重が  $P_2=3306\text{N}$  と最低値となった。この値は、実験値の  $3112\text{N}$  と近い値であり、子どもによっては骨折の危険性があることを意味している。

上述したように、本プロジェクトでは、1) 遊具の部位によって、発生する衝撃力が異なること、2) 衝撃力は、落下高さと子どもの体重に大きく依存し、高さによっては、骨折に至る可能性のある大きな衝撃力が発生する可能性があることが確認された。

## 今後の展開

### 形状や特性の異なる遊具を計測評価、安全基準作りへ

空気膜構造遊具には、材質、内圧、大きさや形状の異なる様々な種類があるため、遊具によって大きく特性が異なる可能性がある。今回のプロジェクトにより開発されたインパクトなどの計測装置によって、設計された遊具の特性を詳しく計測することが可能となった。

今後は、開発された計測技術を様々な遊具に適用することで、データを蓄積し、遊具の転落の可能性がある最大高さを制限するなどの基準作りや運用方法に活用していただくことが重要である。

## 参考文献

- [1] 国民生活審議会総合企画部会 第 2 回「作る」ワーキンググループ 資料 4-2-1, 2007
- [2] rwin AL, Mertz HJ. Biomechanical bases dor the CRABI and Hybrid III child dummies. 41st Stapp Car Crash Conferencd. SAE 973317, November 1997.
- [3] 独立行政法人 産業技術総合研究所, AIST/HQL 人体寸法・形状データベース
- [4] 社団法人 人間生活工学研究センター (HQL), 子どもの身体寸法データベース

付録 1 地点 A における衝撃力と重量、落下高さとの相関表

単位: 重量 [kg]、落下高さ [m]、衝撃力 [N]

| 重量\落下高さ | 0.1   | 0.2    | 0.3    | 0.4    | 0.5    | 0.6    | 0.7    | 0.8    | 0.9    | 1.0    | 1.1    | 1.2    | 1.3    | 1.4    | 1.5    |
|---------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1       | 55.9  | 125.5  | 166.2  | 195.0  | 217.4  | 235.7  | 251.2  | 264.6  | 276.5  | 287.0  | 296.6  | 305.3  | 313.4  | 320.8  | 327.7  |
| 2       | 67.6  | 165.2  | 222.3  | 262.8  | 294.2  | 319.8  | 341.5  | 360.3  | 376.9  | 391.7  | 405.1  | 417.4  | 428.7  | 439.1  | 448.8  |
| 3       | 79.4  | 205.0  | 278.4  | 330.5  | 370.9  | 403.9  | 431.8  | 456.0  | 477.3  | 496.4  | 513.7  | 529.4  | 543.9  | 557.4  | 569.9  |
| 4       | 91.2  | 244.7  | 334.5  | 398.2  | 447.6  | 488.0  | 522.1  | 551.7  | 577.8  | 601.1  | 622.2  | 641.5  | 659.2  | 675.6  | 690.9  |
| 5       | 103.0 | 284.4  | 390.6  | 465.9  | 524.3  | 572.1  | 612.4  | 647.4  | 678.2  | 705.8  | 730.8  | 753.5  | 774.5  | 793.9  | 812.0  |
| 6       | 114.8 | 324.2  | 446.7  | 533.6  | 601.1  | 656.2  | 702.7  | 743.1  | 778.7  | 810.5  | 839.3  | 865.6  | 889.8  | 912.2  | 933.0  |
| 7       | 126.5 | 363.9  | 502.8  | 601.4  | 677.8  | 740.2  | 793.0  | 838.8  | 879.1  | 915.2  | 947.8  | 977.6  | 1005.1 | 1030.4 | 1054.1 |
| 8       | 138.3 | 403.7  | 558.9  | 669.1  | 754.5  | 824.3  | 883.3  | 934.5  | 979.5  | 1019.9 | 1056.4 | 1089.7 | 1120.3 | 1148.7 | 1175.1 |
| 9       | 150.1 | 443.4  | 615.0  | 736.8  | 831.2  | 908.4  | 973.6  | 1030.1 | 1080.0 | 1124.6 | 1164.9 | 1201.7 | 1235.6 | 1267.0 | 1296.2 |
| 10      | 161.9 | 483.2  | 671.2  | 804.5  | 908.0  | 992.5  | 1063.9 | 1125.8 | 1180.4 | 1229.3 | 1273.5 | 1313.8 | 1350.9 | 1385.3 | 1417.2 |
| 11      | 173.7 | 522.9  | 727.3  | 872.2  | 984.7  | 1076.6 | 1154.2 | 1221.5 | 1280.9 | 1334.0 | 1382.0 | 1425.8 | 1466.2 | 1503.5 | 1538.3 |
| 12      | 185.4 | 562.7  | 783.4  | 940.0  | 1061.4 | 1160.6 | 1244.5 | 1317.2 | 1381.3 | 1438.7 | 1490.5 | 1537.9 | 1581.5 | 1621.8 | 1659.3 |
| 13      | 197.2 | 602.4  | 839.5  | 1007.7 | 1138.1 | 1244.7 | 1334.8 | 1412.9 | 1481.8 | 1543.4 | 1599.1 | 1649.9 | 1696.7 | 1740.1 | 1780.4 |
| 14      | 209.0 | 642.2  | 895.6  | 1075.4 | 1214.9 | 1328.8 | 1425.1 | 1508.6 | 1582.2 | 1648.0 | 1707.6 | 1762.0 | 1812.0 | 1858.3 | 1901.5 |
| 15      | 220.8 | 681.9  | 951.7  | 1143.1 | 1291.6 | 1412.9 | 1515.4 | 1604.3 | 1682.6 | 1752.7 | 1816.2 | 1874.0 | 1927.3 | 1976.6 | 2022.5 |
| 16      | 232.6 | 721.7  | 1007.8 | 1210.8 | 1368.3 | 1497.0 | 1605.7 | 1700.0 | 1783.1 | 1857.4 | 1924.7 | 1986.1 | 2042.6 | 2094.9 | 2143.6 |
| 17      | 244.3 | 761.4  | 1063.9 | 1278.6 | 1445.0 | 1581.0 | 1696.0 | 1795.7 | 1883.5 | 1962.1 | 2033.2 | 2098.1 | 2157.9 | 2213.1 | 2264.6 |
| 18      | 256.1 | 801.2  | 1120.0 | 1346.3 | 1521.7 | 1665.1 | 1786.3 | 1891.3 | 1984.0 | 2066.8 | 2141.8 | 2210.2 | 2273.1 | 2331.4 | 2385.7 |
| 19      | 267.9 | 840.9  | 1176.2 | 1414.0 | 1598.5 | 1749.2 | 1876.6 | 1987.0 | 2084.4 | 2171.5 | 2250.3 | 2322.2 | 2388.4 | 2449.7 | 2506.7 |
| 20      | 279.7 | 880.7  | 1232.3 | 1481.7 | 1675.2 | 1833.3 | 1966.9 | 2082.7 | 2184.8 | 2276.2 | 2358.8 | 2434.3 | 2503.7 | 2568.0 | 2627.8 |
| 21      | 291.5 | 920.4  | 1288.4 | 1549.4 | 1751.9 | 1917.4 | 2057.2 | 2178.4 | 2285.3 | 2380.9 | 2467.4 | 2546.3 | 2619.0 | 2686.2 | 2748.8 |
| 22      | 303.2 | 960.2  | 1344.5 | 1617.1 | 1828.6 | 2001.4 | 2147.5 | 2274.1 | 2385.7 | 2485.6 | 2575.9 | 2658.4 | 2734.3 | 2804.5 | 2869.9 |
| 23      | 315.0 | 999.9  | 1400.6 | 1684.9 | 1905.4 | 2085.5 | 2237.8 | 2369.8 | 2486.2 | 2590.3 | 2684.5 | 2770.4 | 2849.5 | 2922.8 | 2990.9 |
| 24      | 326.8 | 1039.7 | 1456.7 | 1752.6 | 1982.1 | 2169.6 | 2328.1 | 2465.5 | 2586.6 | 2695.0 | 2793.0 | 2882.5 | 2964.8 | 3041.0 | 3112.0 |
| 25      | 338.6 | 1079.4 | 1512.8 | 1820.3 | 2058.8 | 2253.7 | 2418.4 | 2561.2 | 2687.1 | 2799.7 | 2901.5 | 2994.5 | 3080.1 | 3159.3 | 3233.0 |
| 26      | 350.4 | 1119.2 | 1568.9 | 1888.0 | 2135.5 | 2337.8 | 2508.7 | 2656.9 | 2787.5 | 2904.4 | 3010.1 | 3106.6 | 3195.4 | 3277.6 | 3354.1 |
| 27      | 362.1 | 1158.9 | 1625.0 | 1955.7 | 2212.3 | 2421.8 | 2599.0 | 2752.5 | 2887.9 | 3009.1 | 3118.6 | 3218.6 | 3310.7 | 3395.8 | 3475.2 |
| 28      | 373.9 | 1198.7 | 1681.1 | 2023.5 | 2289.0 | 2505.9 | 2689.3 | 2848.2 | 2988.4 | 3113.7 | 3227.2 | 3330.7 | 3425.9 | 3514.1 | 3596.2 |
| 29      | 385.7 | 1238.4 | 1737.3 | 2091.2 | 2365.7 | 2590.0 | 2779.6 | 2943.9 | 3088.8 | 3218.4 | 3335.7 | 3442.7 | 3541.2 | 3632.4 | 3717.3 |
| 30      | 397.5 | 1278.2 | 1793.4 | 2158.9 | 2442.4 | 2674.1 | 2869.9 | 3039.6 | 3189.3 | 3323.1 | 3444.2 | 3554.8 | 3656.5 | 3750.7 | 3838.3 |

付録 2 地点 F における衝撃力と重量、落下高さとの相関表

単位: 重量 [kg]、落下高さ [m]、衝撃力 [N]

| 重量\落下高さ | 0.1   | 0.2    | 0.3    | 0.4    | 0.5    | 0.6    | 0.7    | 0.8    | 0.9    | 1      | 1.1    | 1.2    | 1.3    | 1.4    | 1.5    |
|---------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1       | 41.1  | 112.6  | 154.4  | 184.0  | 207.0  | 225.8  | 241.7  | 255.5  | 267.6  | 278.5  | 288.3  | 297.3  | 305.5  | 313.2  | 320.3  |
| 2       | 49.5  | 147.5  | 204.8  | 245.5  | 277.0  | 302.8  | 324.6  | 343.5  | 360.1  | 375.0  | 388.5  | 400.8  | 412.1  | 422.6  | 432.3  |
| 3       | 57.9  | 182.4  | 255.3  | 306.9  | 347.0  | 379.8  | 407.5  | 431.5  | 452.6  | 471.5  | 488.7  | 504.3  | 518.7  | 532.0  | 544.4  |
| 4       | 66.3  | 217.4  | 305.7  | 368.4  | 417.0  | 456.8  | 490.3  | 519.4  | 545.1  | 568.1  | 588.8  | 607.8  | 625.2  | 641.4  | 656.4  |
| 5       | 74.7  | 252.3  | 356.2  | 429.9  | 487.0  | 533.7  | 573.2  | 607.4  | 637.6  | 664.6  | 689.0  | 711.3  | 731.8  | 750.8  | 768.5  |
| 6       | 83.1  | 287.2  | 406.6  | 491.3  | 557.0  | 610.7  | 656.1  | 695.4  | 730.1  | 761.1  | 789.2  | 814.8  | 838.4  | 860.2  | 880.5  |
| 7       | 91.5  | 322.2  | 457.1  | 552.8  | 627.0  | 687.7  | 739.0  | 783.4  | 822.6  | 857.6  | 889.3  | 918.3  | 944.9  | 969.6  | 992.5  |
| 8       | 99.9  | 357.1  | 507.5  | 614.2  | 697.0  | 764.6  | 821.8  | 871.4  | 915.1  | 954.2  | 989.5  | 1021.8 | 1051.5 | 1079.0 | 1104.6 |
| 9       | 108.4 | 392.0  | 558.0  | 675.7  | 767.0  | 841.6  | 904.7  | 959.4  | 1007.6 | 1050.7 | 1089.7 | 1125.3 | 1158.1 | 1188.4 | 1216.6 |
| 10      | 116.8 | 427.0  | 608.4  | 737.1  | 837.0  | 918.6  | 987.6  | 1047.3 | 1100.1 | 1147.2 | 1189.9 | 1228.8 | 1264.6 | 1297.8 | 1328.7 |
| 11      | 125.2 | 461.9  | 658.9  | 798.6  | 907.0  | 995.6  | 1070.5 | 1135.3 | 1192.5 | 1243.7 | 1290.0 | 1332.3 | 1371.2 | 1407.2 | 1440.7 |
| 12      | 133.6 | 496.8  | 709.3  | 860.1  | 977.0  | 1072.5 | 1153.3 | 1223.3 | 1285.0 | 1340.2 | 1390.2 | 1435.8 | 1477.7 | 1516.6 | 1552.7 |
| 13      | 142.0 | 531.7  | 759.8  | 921.5  | 1047.0 | 1149.5 | 1236.2 | 1311.3 | 1377.5 | 1436.8 | 1490.4 | 1539.3 | 1584.3 | 1626.0 | 1664.8 |
| 14      | 150.4 | 566.7  | 810.2  | 983.0  | 1117.0 | 1226.5 | 1319.1 | 1399.3 | 1470.0 | 1533.3 | 1590.5 | 1642.8 | 1690.9 | 1735.4 | 1776.8 |
| 15      | 158.8 | 601.6  | 860.6  | 1044.4 | 1187.0 | 1303.5 | 1402.0 | 1487.3 | 1562.5 | 1629.8 | 1690.7 | 1746.3 | 1797.4 | 1844.8 | 1888.8 |
| 16      | 167.2 | 636.5  | 911.1  | 1105.9 | 1257.0 | 1380.4 | 1484.8 | 1575.2 | 1655.0 | 1726.3 | 1790.9 | 1849.8 | 1904.0 | 1954.2 | 2000.9 |
| 17      | 175.6 | 671.5  | 961.5  | 1167.4 | 1327.0 | 1457.4 | 1567.7 | 1663.2 | 1747.5 | 1822.9 | 1891.0 | 1953.3 | 2010.6 | 2063.6 | 2112.9 |
| 18      | 184.0 | 706.4  | 1012.0 | 1228.8 | 1397.0 | 1534.4 | 1650.6 | 1751.2 | 1840.0 | 1919.4 | 1991.2 | 2056.8 | 2117.1 | 2173.0 | 2225.0 |
| 19      | 192.4 | 741.3  | 1062.4 | 1290.3 | 1467.0 | 1611.4 | 1733.4 | 1839.2 | 1932.5 | 2015.9 | 2091.4 | 2160.3 | 2223.7 | 2282.4 | 2337.0 |
| 20      | 200.8 | 776.3  | 1112.9 | 1351.7 | 1537.0 | 1688.3 | 1816.3 | 1927.2 | 2025.0 | 2112.4 | 2191.6 | 2263.8 | 2330.2 | 2391.8 | 2449.0 |
| 21      | 209.2 | 811.2  | 1163.3 | 1413.2 | 1607.0 | 1765.3 | 1899.2 | 2015.2 | 2117.4 | 2209.0 | 2291.7 | 2367.3 | 2436.8 | 2501.2 | 2561.1 |
| 22      | 217.6 | 846.1  | 1213.8 | 1474.6 | 1677.0 | 1842.3 | 1982.1 | 2103.1 | 2209.9 | 2305.5 | 2391.9 | 2470.8 | 2543.4 | 2610.6 | 2673.1 |
| 23      | 226.0 | 881.1  | 1264.2 | 1536.1 | 1747.0 | 1919.3 | 2064.9 | 2191.1 | 2302.4 | 2402.0 | 2492.1 | 2574.3 | 2649.9 | 2720.0 | 2785.2 |
| 24      | 234.5 | 916.0  | 1314.7 | 1597.6 | 1817.0 | 1996.2 | 2147.8 | 2279.1 | 2394.9 | 2498.5 | 2592.2 | 2677.8 | 2756.5 | 2829.4 | 2897.2 |
| 25      | 242.9 | 950.9  | 1365.1 | 1659.0 | 1887.0 | 2073.2 | 2230.7 | 2367.1 | 2487.4 | 2595.0 | 2692.4 | 2781.3 | 2863.1 | 2938.8 | 3009.2 |
| 26      | 251.3 | 985.9  | 1415.6 | 1720.5 | 1957.0 | 2150.2 | 2313.6 | 2455.1 | 2579.9 | 2691.6 | 2792.6 | 2884.8 | 2969.6 | 3048.2 | 3121.3 |
| 27      | 259.7 | 1020.8 | 1466.0 | 1781.9 | 2027.0 | 2227.2 | 2396.4 | 2543.1 | 2672.4 | 2788.1 | 2892.7 | 2988.3 | 3076.2 | 3157.6 | 3233.3 |
| 28      | 268.1 | 1055.7 | 1516.5 | 1843.4 | 2097.0 | 2304.1 | 2479.3 | 2631.0 | 2764.9 | 2884.6 | 2992.9 | 3091.8 | 3182.7 | 3267.0 | 3345.4 |
| 29      | 276.5 | 1090.7 | 1566.9 | 1904.8 | 2167.0 | 2381.1 | 2562.2 | 2719.0 | 2857.4 | 2981.1 | 3093.1 | 3195.3 | 3289.3 | 3376.4 | 3457.4 |
| 30      | 284.9 | 1125.6 | 1617.4 | 1966.3 | 2237.0 | 2458.1 | 2645.1 | 2807.0 | 2949.9 | 3077.7 | 3193.3 | 3298.8 | 3395.9 | 3485.8 | 3569.4 |