

# 子ども向け遊戯施設における空気膜遊具の安全性に関する研究

(株) イオンファンタジー

## 1. プロジェクトの目的

子どもの骨折事故が多発している空気膜構造遊具を取り上げ、実際に発生した骨折事故の事例である 1) 前腕部の骨折が発生した子どもがひとりで高所からの転落した状況, 2) 大腿骨骨折が発生した子どもと大人が同じ空気膜構造遊具で飛び跳ねている状況における空気膜のクッション部の動力学データを収集する。また, 特性理解に基づいて安全対策の方法を提案する。

## 2. インパクトバイオメカニクス技術を用いた計測および解析システム

空気膜構造遊具の使用時に子どもが受ける衝撃力を計測し, 衝撃力, 落下高さ, 体重, 遊具の特性の関係を分析するシステムを開発した。計測システムは, 1) 3 歳児の前腕部の寸歩を模した前腕インパクト, 2) 6 歳児の大腿部の寸法を模した大腿インパクトから構成されている。解析システムとして, 空気膜構造遊具の有限要素モデルを開発した。開発した有限要素モデルによる解析結果は, 実機による計測結果と比較して 15%以下の誤差率であり, 空気膜構造遊具における子どもの骨折リスク評価の解析システムとして有用である。空気膜構造遊具の材料物性や構造による特性変化を分析することで, 遊び方を考慮した空気膜構造遊具の安全性の評価や運用法の提案が可能となる。



図 1 計測システム

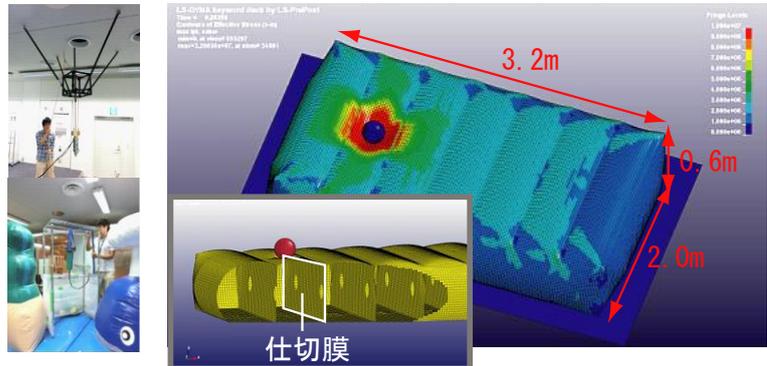


図 2 解析システム

## 3. クッション部における骨折事故の原因究明

実際に前腕骨折事故が発生した空気膜構造遊具に対して計測を行い, 子どもが高所からクッション部に転落したときに受ける衝撃力を算出した。その結果, 空気膜構造遊具のクッション部に転落した際, 子どもの全体重が前腕に掛かった場合は 0.3m を超える高さで, 体重の 50%が前腕に掛かった場合でも高さ 0.9m を超える高さからの転落で前腕部の骨折リスクが高いことが明らかとなった。空気膜構造遊具に存在する高所部 (1.5m) からの転落により前腕部を骨折するリスクが高いことが判明した。

大腿骨骨折も同様に, 事故が発生した空気膜構造遊具に対して衝撃力の計測を行った。その結果, 大人が子どものそばで飛び跳ねることで, 子どもがひとりで飛び跳ねている時と比較して衝撃力が最大で約 50%増加することが明らかとなった。また, 有限要素モデルを用いた解析から, 子どもと大人が近距離で飛び跳ねたとき, 高さ 0.3m から落下した子どもが受ける衝撃力は骨折

の危険性がある荷重を超え、大腿骨骨折のリスクが高くなること、子ども同士であっても複数人が密集した状況で遊ぶことで骨折リスクが高くなること、大人が見守りのため遊具上で静止している場合には骨折リスクが高くないことが明らかとなった。

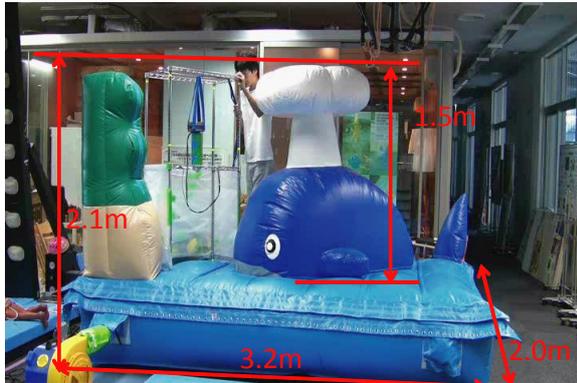
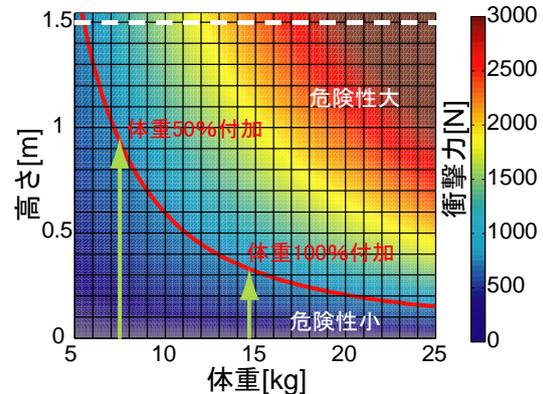


図 3 前腕部の骨折リスク評価のための実測の様子



— 3歳児の前腕の骨折危険荷重(967N)

図 4 実測の結果

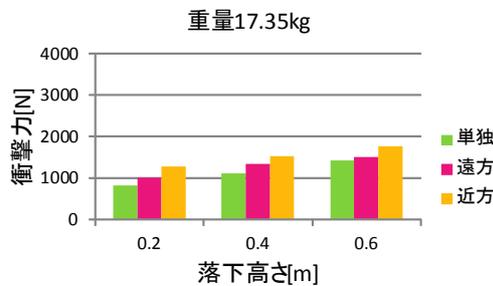
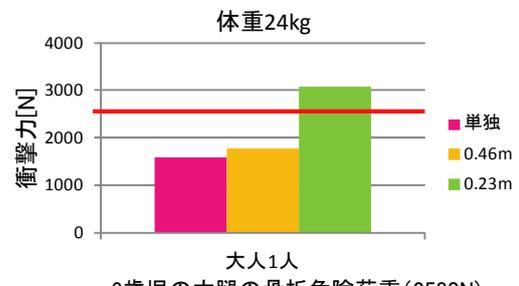


図 5 実測の結果



— 6歳児の大腿の骨折危険荷重(2580N)

図 6 有限要素解析の結果

#### 4. 特性理解に基づく安全対策の提案

実機による計測および有限要素解析から、以下の提案を行った。1) 子どもの骨折リスクを低減するため、高所部の高さを制限する必要があること。2) 骨折危険性のある高さは、クッション部の物理特性に依存するため、製品ごとの評価が必要であること。3) クッション部の衝撃力吸収性を高めるためには、内圧の変化よりも膜の物性の変更や内部に存在する仕切膜の間隔を変化させることが効果的であること。4) 子どもと大人が同じ空気膜構造遊具で遊ぶときは、大人が飛び跳ねると子どもに対する危険性が非常に高くなるため、大人の使用を禁止するか、人数の制限、遊び方の指導が必要であること。5) 同時に遊ぶ子どもの人数も骨折リスクに関するため、その人数を制限する必要があること。