

複人数高所落下

東京都立戸山高等学校SS II 数学 築山 茉白

動機

複人数が同時に高所から落下してしまったとき、一人で落下するときと異なり、落下中に体同士が衝突してしまう、着面地点が近いなどの影響があるため、一人が落下するときとは対応が変わると考えられる。どのような姿勢で着面したらよいか、クッションの置き方は何かなど、救助作業において安全かつ迅速に対応できるような方法が気になったため。

今までの研究内容

- 落下する人のステータスについて
日本人男女の平均身長・体重が身長 1 6 5 cm、体重 6 0 kg 程度であった。
→本研究において、落下する人は性別は問わず
身長 1 6 5 cm、体重 6 0 kg と設定する。
- 落下体勢について
生存者の主な負傷部位:手足、骨盤
死亡者の主な負傷部位:頭部(SAH等)、胸部(血気胸等)、
後腹膜血腫(腹部)
→死亡者に多く見られる、頭部、胸部、(腹部)の損傷が少なくなるような体勢での着面を目標とする。
- 二人落下では、落下する前の二人の距離が深く関係している。

今回の研究内容

前回、二人落下では、落下する前の二人の距離と落下中に受ける衝撃や姿勢の変化について検証した。データの信憑性のため、10回検証したが、1回目の試行を10回繰り返しているという結果になってしまった。そこで、今回はそれぞれ独立するように同様の試行を10回行った。

方法

- unityを用いて、床、高さ25mのビル、仮クッション、VRoidを用いて前回作成した人型モデルA、Bを右の図1のように配置する。
- 人型モデルA、B間の距離:D(AB)
落下中人型モデルA、Bが受ける衝撃値:それぞれC(A)、C(B)
仮クッションが受ける衝撃値:C(K)
以上のように定義し、D(AB)=3.0,1.6,1.4,1.1,0.9,0.7の時のC(A)、C(B)、C(K)をそれぞれ10回シミュレーション(前後左右を少しづつ変えた)し、値を計測する。
使用したスクリプトは以下に示した。



図1

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class ImpactCalculator : MonoBehaviour
{
    public Rigidbody personModelA;
    public Rigidbody personModelB;
    public Rigidbody cushion;

    private float cA = 0f;
    private float cB = 0f;

    private bool aHit = false;
    private bool bHit = false;

    private void OnCollisionEnter(Collision collision)
    {
        if (collision.rigidbody == personModelA && !aHit)
        {
            cA += collision.impulse.magnitude;
            aHit = true;
            Debug.Log("C(A) = " + cA);
        }

        if (collision.rigidbody == personModelB && !bHit)
        {
            cB += collision.impulse.magnitude;
            bHit = true;
            Debug.Log("C(B) = " + cB);
        }

        if (aHit && bHit)
        {
            float cK = cA + cB;
            Debug.Log("C(K) = " + cK);
        }
    }
}
```

結果・考察

検証した結果を右の散布図①、②、③に示した。なお、D(AB)=3.0のときは、C(A)=0, C(B)=0, C(K)=83.2であった。

①より、D(AB)が小さくなるほどC(A)が緩やかに増加していることが分かる。なお、相関係数は、-0.5994であった。

②より、D(AB)が小さくなるほどC(B)が緩やかに増加していることが分かる。なお、相関係数は、-0.5690であった。

これらの傾向は、落下前の距離が小さくなるほど接触しやすくなるためである。また、C(A),C(B)の範囲が大きくなったのは、人型モデルが落下後初めて接触した後に逆の方向に落下したり、接触し続けたまま落下したりしたからだと考えられる。

ここで、同じ条件の人型モデルを使用しているため、①と②の散布が近似していることは、シュミレーションが正常に作動したことを示す。

そして、D(AB)=1.6の時にC(A),C(B)がとても小さくなり、値が0になったこともあったことから、身長 1 6 5 cm、体重 6 0 kg の人型モデルにおいてはD(AB)=1.6付近であると考えられる。また、より一人の落下であるか、二人の落下であるかを分ける境界線は、 $1.6 \div (1.65 \times 2) \approx 0.48$ より(落下する人の身長の4.8割+もう一人の身長の4.8割)ほどだと予測される。この長さはおおよそ、落下する二人分の腕の長さであり、腕を広げて落下しない、つまり腕を閉じた状態で落下することができれば、少しだが衝撃を減らすことができる。

③より、D(AB)が小さくなるほどC(K)が大きくなっていることが分かる。なお、相関係数は-0.4247であった。これは、落下中に衝突することにより、落下速度が速くなる・落下距離が長くなる、などが起こるためである。

以上の結果①、②、③より、二人で落下すると一人で落下するよりも着地時大きな衝撃を受け、落下中にも衝撃を受けるので、一人で落下するのとは比べて、はるかに生存率が下がると考えられる。

今後の展望

- クッションは真ん中に落ちることが理想だが、二人いることで落下位置がどのようにずれてしまうのかを検証する。
- D(AB)=1.1,1.4の間が空いてしまったので、D(AB)=1.2を検証する。
- 人型モデルの動きがぎこちないのを改善する。
- 今回のシミュレーションから数理モデルを考える。

参考文献

- unity公式関連サイト
(<https://docs.unity3d.com/ja/2022.1/Manual/index.html>)
- VRoid公式関連サイト (<https://vroid.com/>)

