

⑬マルチボディモデルの関節構造が 歩行者ダミーの衝突挙動に及ぼす影響

自動車安全研究部

※薄井 雅俊

松井 靖浩

細川 成之

田中 良知

1. はじめに

交通事故における乗員や歩行者の被害状況を解析するために、実車実験やシミュレーションといった手法がとられる。実車実験は、必要なコストや時間の制約により実施可能な衝突条件が制限される。一般的なマルチボディ解析や有限要素法解析などのシミュレーションは、実車実験より多くの衝突条件を検討可能だが、計算時間には数時間から数日を要する。そのため、実車実験、シミュレーションともに過去の知見等によって選定された限られた衝突条件を対象としており、多様な衝突条件の網羅的な調査は困難となる。そこで、実車実験や有限要素法解析の前工程で、より適切な衝突条件を選定するために多様な衝突条件を網羅的に調査する手法として、PC-Crash¹⁾に着目した。PC-Crash は交通事故調査²⁾などに用いられるソフトウェアであり、剛体の衝突挙動をわずかな数分程度で解析できる。簡易的なマルチボディモデルを用いて乗員や歩行者を模擬して衝突挙動解析も可能であるが、PC-Crash データベースの標準人型モデル(Default モデル)は人体や衝突ダミーを詳細に再現していないため、衝突挙動の再現精度に課題がある。

本研究では、Default モデルより高精度にダミーの衝突挙動を再現可能なマルチボディモデルを開発することを目的とし、衝突ダミーを実測して開発したマルチボディモデルを用いて、関節構造が衝突挙動に及ぼす影響を調査した。

2. ダミーモデルの開発と関節構造

Hybrid-III AM-50 Pedestrian(Hybrid-IIIダミー)を実測し、各部位の寸法と仕様重量を再現した NTSEL ダミーモデル Ver.1 を開発した。図 1 に Hybrid-III ダミー、Default モデルと NTSEL ダミーモデル Ver.1 を示す。NTSEL ダミーモデル Ver.1 は、身長・体重が Hybrid-IIIダミーとほぼ同等であり、肩関節、肘関節、手、腹部の楕円体が Default モデルと異なる構造

である。また、頭部形状が扁平楕円体であること、頭部と首の接続位置が頭部中心からオフセットした位置であることも Default モデルと異なる。

NTSEL ダミーモデル Ver.1 の関節構造は Default モデルに準拠しており、肩と手首のボールジョイント、肘と足首の一軸ヒンジが Hybrid-IIIダミーの関節構造と異なる。これらの関節構造の差異が衝突挙動に影響する可能性を考慮し、本研究では Hybrid-IIIダミーの関節構造に準拠した NTSEL ダミーモデル Ver.2 も開発した。図 2 に NTSEL ダミーモデル Ver.2 を示す。拡大図に示すように、関節部の球体を介して 2 つの一軸ヒンジで接続することで二軸関節を再現した。

また、PC-Crash のマルチボディモデルは、ボールジョイントやヒンジの可動抵抗、回転域を定義できる。NTSEL ダミーモデル Ver.1 の可動抵抗と回転域は、Default モデルと同等の値を用いた。NTSEL ダミーモデル Ver.2 の可動抵抗は、Hybrid-IIIダミーと同様に各部位の自重を支えられる程度に調整し、回転域は Hybrid-IIIダミーに準じて調整した。

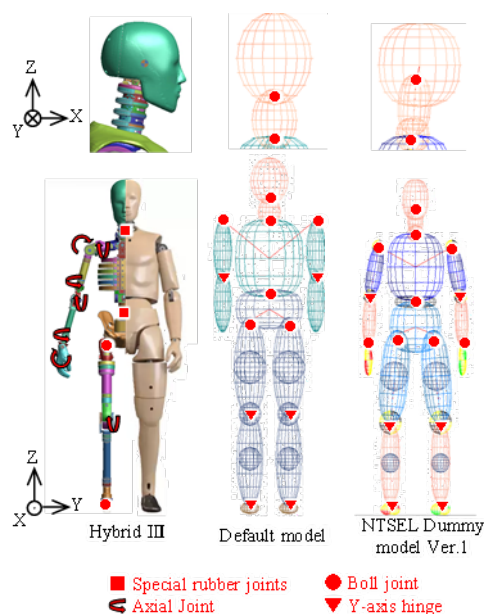


図 1 Crash Dummy and Multibody Model Joint

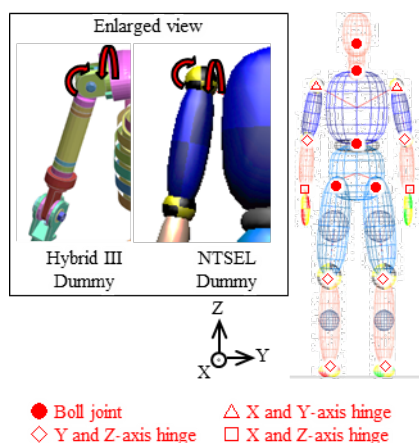


図2 NTSEL Dummy Model Ver.2

3. 衝突挙動の比較

マルチボディモデルの関節構造が衝突挙動に及ぼす影響を調査するため、実車実験結果と Default モデル、NTSEL ダミーモデル Ver.1 及び Ver.2 を用いたシミュレーション結果を比較した。

図3に車対歩行者衝突における衝突挙動を示す。いずれのモデルの挙動も車両との一次衝突までは実車実験結果と近似した。Default モデルは200 ms以降に体幹を軸とした捻じりが発生した。NTSEL ダミー

モデル Ver.1 は400 ms以降に腕部が頭上を越えて背中側まで回転した。NTSEL ダミーモデル Ver.2 は600 msまでの全身の回転と腕部挙動が実車実験に近似しており、すべてのモデルの中で最も実車実験に近い挙動を示した。また、実車実験ではダミーの頭部右側から地面へ落下したが、Default モデルは左腰、NTSEL ダミーモデル Ver.1 は右足、NTSEL ダミーモデル Ver.2 は右肩から地面に落下し、いずれも実車実験と異なる挙動を示した。これはモデルを構成する楕円体の特性(剛性、反発)の影響であると考えられる。

以上の結果より、マルチボディモデルの関節構造が衝突挙動に及ぼす影響は大きく、ダミーの関節構造を再現したマルチボディモデルによって PC-Crash の衝突挙動解析精度が向上することが明らかとなった。

参考文献

- 1) Wach W, "Simulation of Vehicle Accidents using PC-Crash", Institute of Forensic Research Publishers, (2011)
- 2) 本宮 嘉弘, 高塚 尚和, “軽微な事故で横転する軽ハイトワゴンの危険性”, 日本交通科学学会誌, Vol.17, No.2, pp.34-41 (2018)

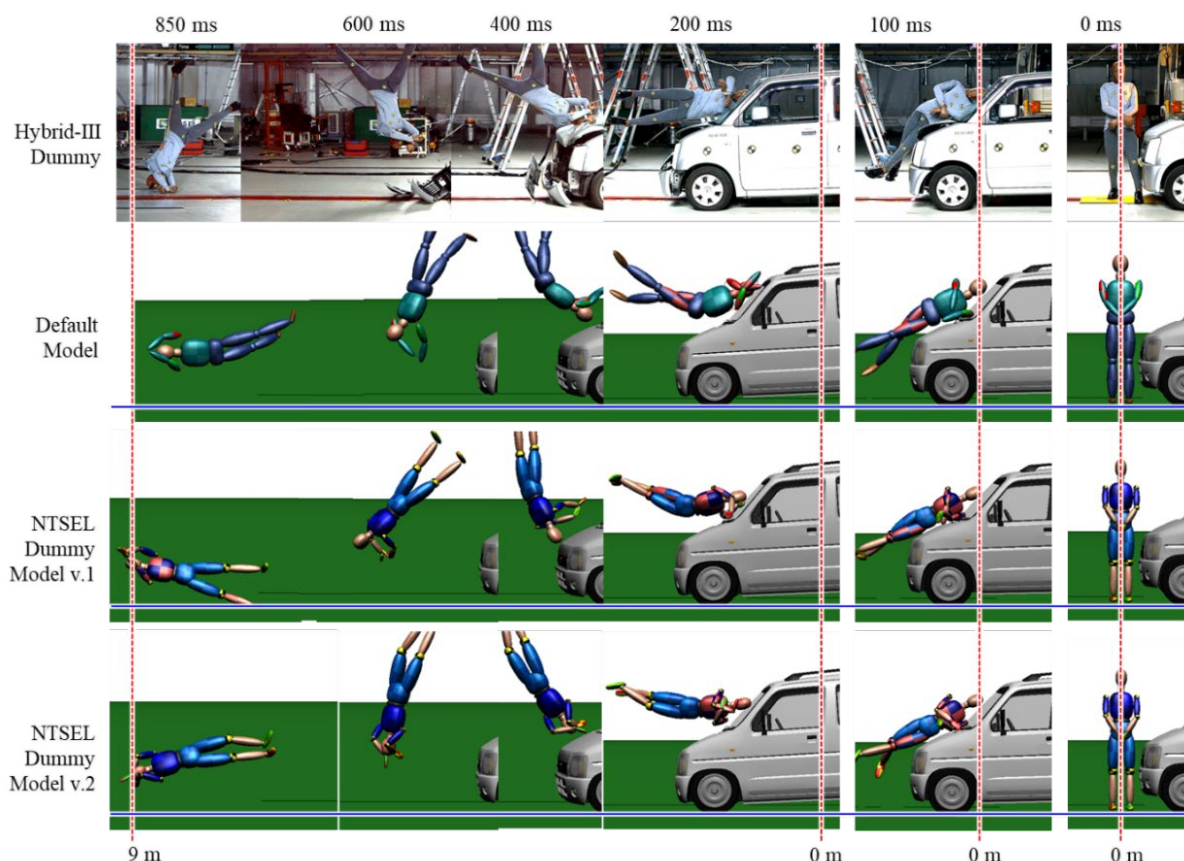


図3 Pedestrian Behavior