

⑫PC-Crash によるダミー衝突挙動解析のための マルチボディモデル開発

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

交通事故における車両乗員、自転車乗員や歩行者の被害状況を解析するために、実際の対象物や模擬対象物を用いた実験が行われるが、コストや時間の問題から実験条件への制約が多い。シミュレーション技術を用いることで実験だけでは対応できない多様な衝突条件の解析が可能となるが、一般的なマルチボディ解析、有限要素法解析などのシミュレーションは数時間から数日の計算時間を要する。

実験や有限要素法解析は、多様な衝突条件の中でもより危険性の高い条件を再現することが望ましい。実験や有限要素法解析によって傷害値評価を行う前段階として多様な条件での衝突挙動を網羅的に調査するために、より短時間で簡易的に衝突挙動をシミュレーション可能な PC-Crash¹⁾に着目した。PC-Crash は剛体の衝突挙動を解析し交通事故の車両挙動を推定するソフトウェアであり、その計算時間はわずか数分である。簡易的なマルチボディを用いて乗員や歩行者の衝突挙動の計算も可能であるが、PC-Crash データベースの標準人型マルチボディモデルは人体や衝突ダミーを詳細に再現しておらず、衝突挙動の再現精度に課題がある。

本研究は、PC-Crash を用いてダミー衝突挙動を再現可能なマルチボディモデルの開発を目的とした。

2. 実測ダミーモデルの開発

ダミー衝突挙動を再現するために、Hybrid III AM50 ダミーを実測して全身を計 27 の楕円体で構成するマルチボディモデルを作製した。図 1 に PC-Crash 標準の歩行者モデル、実際のダミーと開発したダミーモデルを示す。頭、首、胸、腰、上腕、前腕、手、大腿、下腿、足に相当する楕円体は実測と仕様から形状と重量を決定した。関節は首(ボールジョイント(BJ)2ヶ所)、肩(2軸)、肘(2軸)、手首(BJ)、腰(BJ)、股関節(BJ)、膝(2軸)、足首(1軸)とし、各関節は実際のダミーの可

動域と可動抵抗を再現した。同様に Hybrid III AF05 ダミーモデルも作製した。

3. 実車衝突実験結果との比較

3. 1. フルラップ前面衝突実験

開発したダミーモデルを使用して、UN Regulation No.137 に準じたフルラップ前面衝突実験を再現したシミュレーションを実施した。実験では小型乗用車を使用し、右後席に AF05 ダミー、左後席に AM50 ダミーを搭載した。本シミュレーションの目的は開発したダミーモデルによる衝突挙動の再現精度確認であるため、エアバッグの影響の少ない後席乗員を対象とし、右後席に開発した AF05 モデル、左後席に開発した AM50 モデルを搭載してシミュレーションを実施した。また、比較のため PC-Crash 標準の乗員モデルを搭載したシミュレーションも実施した。

図 2 に衝突の瞬間を 0 ms とした車両挙動を示す。実験では 150 ms で後輪が浮き上がるようにピッチングした。その後、壁から離れながら後輪が着地した。シミュレーションでは、実験結果と同様の車両挙動を再現した。図 3 に実験とシミュレーションの後席乗員

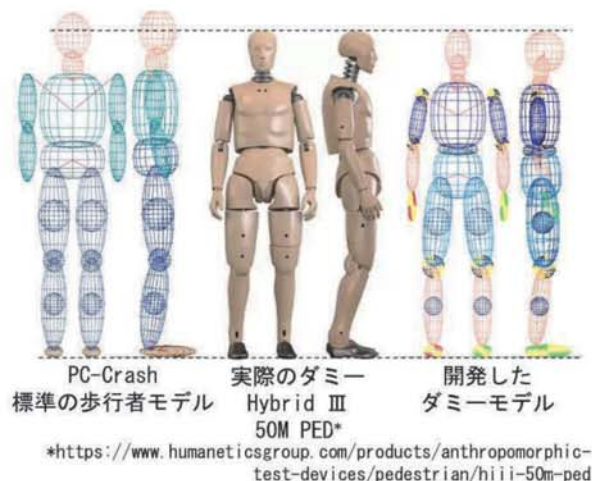


図 1 PC-Crash 標準歩行者モデルと
本研究で開発したダミーモデル(AM50)

挙動を示す。実験ではAM50 ダミー、AF05 ダミーとともに、衝突後 110 ms で最も前方に移動したが頭部と前席は衝突しなかった(図中赤丸)。250 ms では、両ダミーともに車両のピッチングによって座面から浮き上がり、頭部が天井やサイドエアバッグに接触した(図中青丸)。開発モデルは、250 ms の腕の挙動に若干の差異があったものの、頭部衝突の有無や座面からの浮き上がりなど実験結果と同様の挙動を示した。一方、標準モデルは 110 ms で腰部が大きく曲がり頭部が前席に衝突し、250 ms では上体、腕や頭部が振り回され、実験結果と異なる挙動を示した。

3. 2. 自転車衝突実験

開発したダミーモデルを使用して、四輪車と自転車との出会い頭衝突実験を再現したシミュレーションを実施した。図 4 に示すように、実験では AM50 歩行者ダミーを搭載した自転車の左側面に軽乗用車を 40 km/h で衝突させた。

図 5 に路面衝突までの自転車乗員挙動を示す。120 ms で頭部が車両に衝突するまでは開発モデル、標準モデルともに実験結果と同様の挙動を示した。その後、実験結果と開発モデルは同様の挙動を示し、体が正面を向いたまま全身が時計回りに回転し、左側頭部から路面に衝突した(図中赤丸)。標準モデルは、410 ms でルーフ側に滑るように全身が浮いて仰向けになり、背面から路面に衝突した。



図 2 フルラップ前面衝突の車両挙動

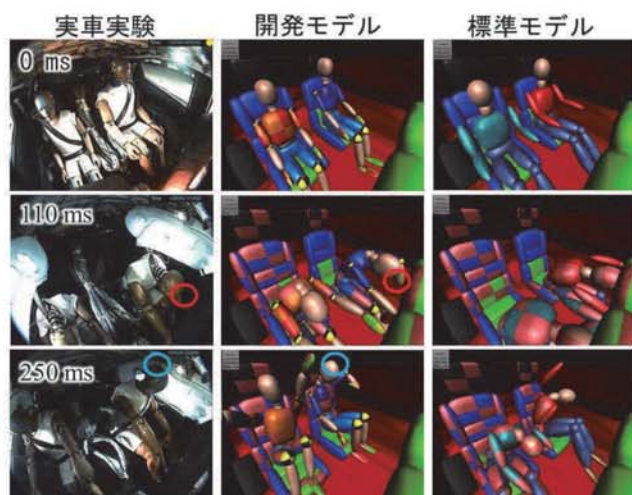


図 3 フルラップ前面衝突の後席乗員挙動

4. まとめ

本研究では、形状、重量、関節を調整したダミーモデルを開発した。実験結果との比較により開発したダミーモデルは、標準の人型モデルより高精度にダミー衝突挙動を再現可能だった。従って、開発したダミーモデルは実験や有限要素法解析の予備解析として短時間で衝突挙動を予測するために有用である。

今後は、ダミー検定試験を再現したシミュレーションやパラメータ調整によって、衝突加速度や傷害値評価の精度向上が可能か調査する。

参考文献

- 1) Wach W, "Simulation of Vehicle Accidents using PC-Crash.", Institute of Forensic Research Publishers, Krakow, Poland, (2011)



図 4 自転車衝突実験の配置

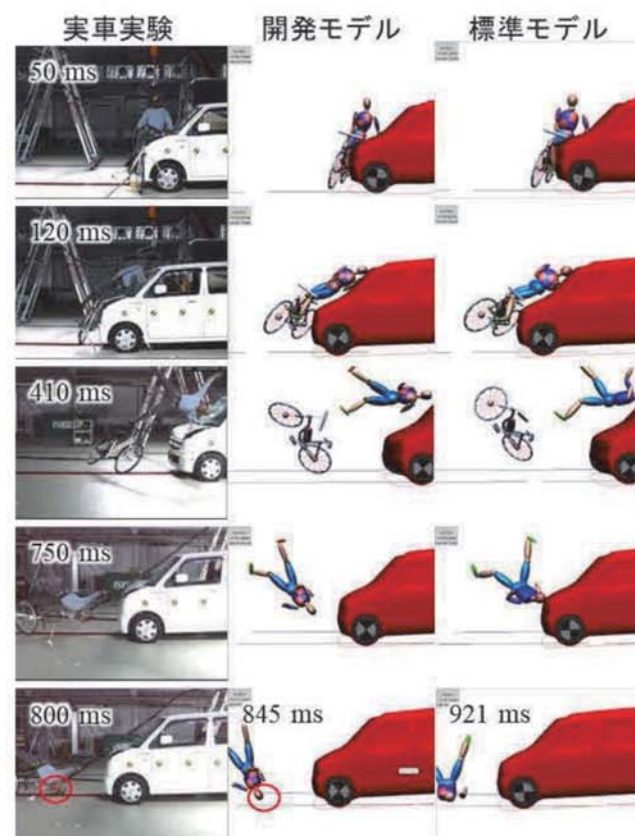


図 5 自転車乗員の挙動
(頭部と路面の衝突以外は同時刻での比較)