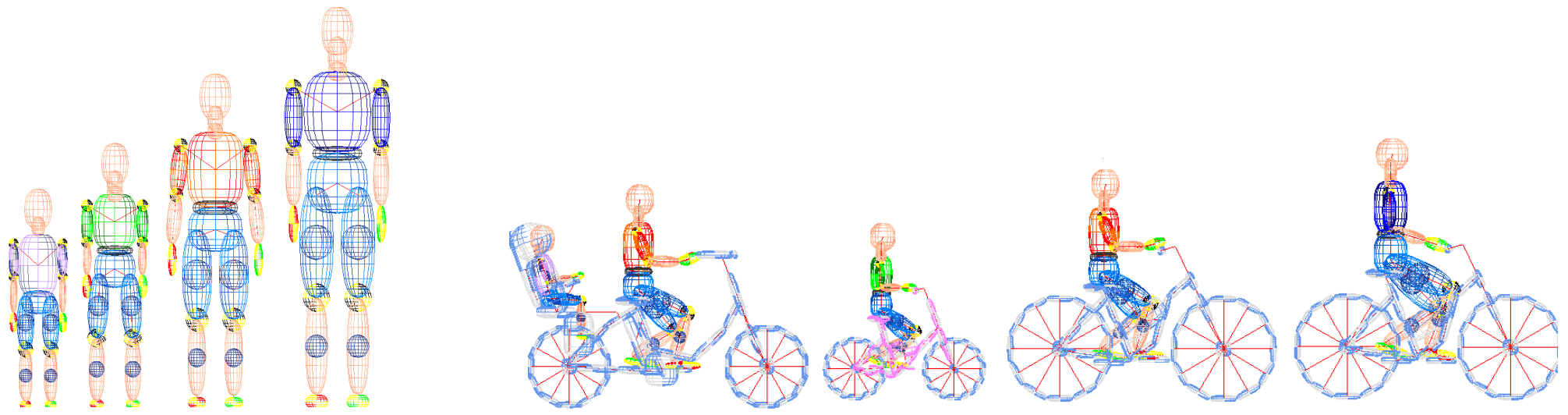




# マルチボディにより 衝突挙動を予測可能な ダミーモデルの開発

薄井 雅俊  
自動車安全研究部

# 講演内容

- 1 . 背景・目的
- 2 . 実測によるダミーモデルの開発
- 3 . 実車衝突実験結果との比較
  - 3.1 フルラップ前面衝突
  - 3.2 自転車出合い頭衝突
- 4 . 成果の活用
- 5 . 今後の課題
- 6 . まとめ

# 1. 背景・目的【従来実験における課題】

## 交通事故における乗員や歩行者の被害状況の解析手法

### 実際の対象物や模擬対象物を用いた実験

- 実車衝突実験
- 歩行者衝突実験
- 衝突スレッド実験 etc.



### 課題

- コスト  
車両、衝突ダミー、シート etc.
- 時間  
車両準備、実験準備、治具作製 etc.



実験条件の制約  
実験回数の制約

多様な衝突条件の網羅的な調査は困難

# 1. 背景・目的【従来シミュレーションの課題】

## 交通事故における乗員や歩行者の被害状況の解析手法

従来の実車実験だけでは検討が難しい多様な衝突条件への対応

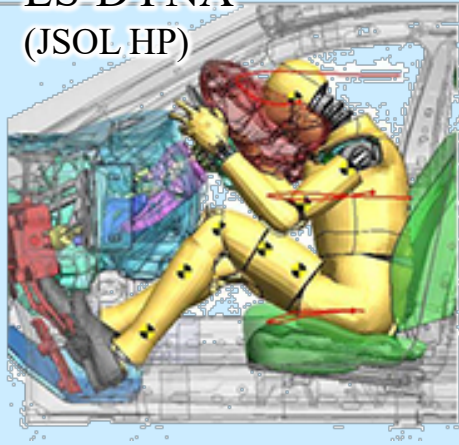
### シミュレーション技術の利用

- 有限要素法解析
- マルチボディ解析 etc.

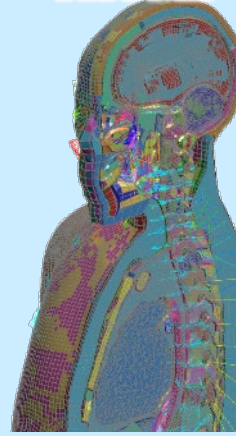
Madymo  
(SIEMENS HP)



LS-DYNA  
(JSOL HP)



THUMS



### ➤ 計算時間

数時間から数日

### ➤ コスト

ライセンスコスト、計算用PC etc.



実車実験より多くの衝突条件の検討が可能だが、  
多様な衝突条件を**短期間**に**網羅**するのは困難

# 1. 背景・目的【従来手法における課題】

## 交通事故における乗員や歩行者の被害状況の解析手法

衝突条件は多岐におよぶ

【車両形状、衝突位置、速度、姿勢、性別、体格、etc.】

従来は、事故データや経験則から解析対象とする衝突条件を選定

- 既存の基準では未対応の事故形態
- 多様化していく乗車姿勢や座席形態
- 性差、年齢差、体格差
- 新たなモビリティ、多様なパーソナルビークル etc.

これらへの対応が求められ、  
今後益々、解析対象とすべき最適な衝突条件の選定が困難になっていく

条件選定イメージ

|    |    | 女性 |    |    | 男性 |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
|    |    | 大柄 | 普通 | 小柄 | 大柄 | 普通 | 小柄 |
| 前突 | 高速 | ☆  | ※  | ○  | ☆  | ○  | ☆  |
|    | 中速 | ※  | ※  | ※  | ※  | ※  | ※  |
|    | 低速 | ☆  | ※  | ○  | ☆  | ○  | ☆  |
| 側突 | 高速 | ☆  | ※  | ○  | ☆  | ○  | ☆  |
|    | 中速 | ※  | ※  | ※  | ※  | ※  | ※  |
|    | 低速 | ☆  | ※  | ○  | ☆  | ○  | ☆  |

○実車実験、☆シミュレーション、  
※予備解析

適切な衝突条件を選定するために、実車実験やシミュレーションの前段階として、  
**多様な衝突条件を網羅的に検討可能な、より簡便な予備解析手法**はないか？

# 1. 背景・目的【課題解決のため、新たな手法の提案】

## PC-Crash\*による衝突ダミーの挙動解析 \*DSD社（オーストリア）

PC-Crashとは、

- 車両(剛体モデル)の衝突挙動を解析
- 交通事故再現に用いられる
- 計算時間は数分程度 ⇒ 多様な衝突条件を網羅的に検討可能
- 簡易的なマルチボディ解析が可能
  - ・ マルチボディモデルとは、複数の楕円体(剛体)を接続して構築されたモデル
  - ・ PC-Crashデータベースの人型マルチボディは、楕円体の数が少ない簡易的なモデル



- ・ 実際の衝突ダミーや人体の形状、構造を再現できていない
- ・ 衝突挙動の解析精度が課題

本研究の目的：

PC-Crashを用いたマルチボディによる衝突挙動が予測可能なダミーモデルを開発すること

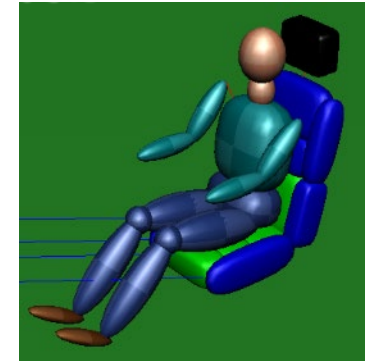


一般的な  
マルチボディモデル



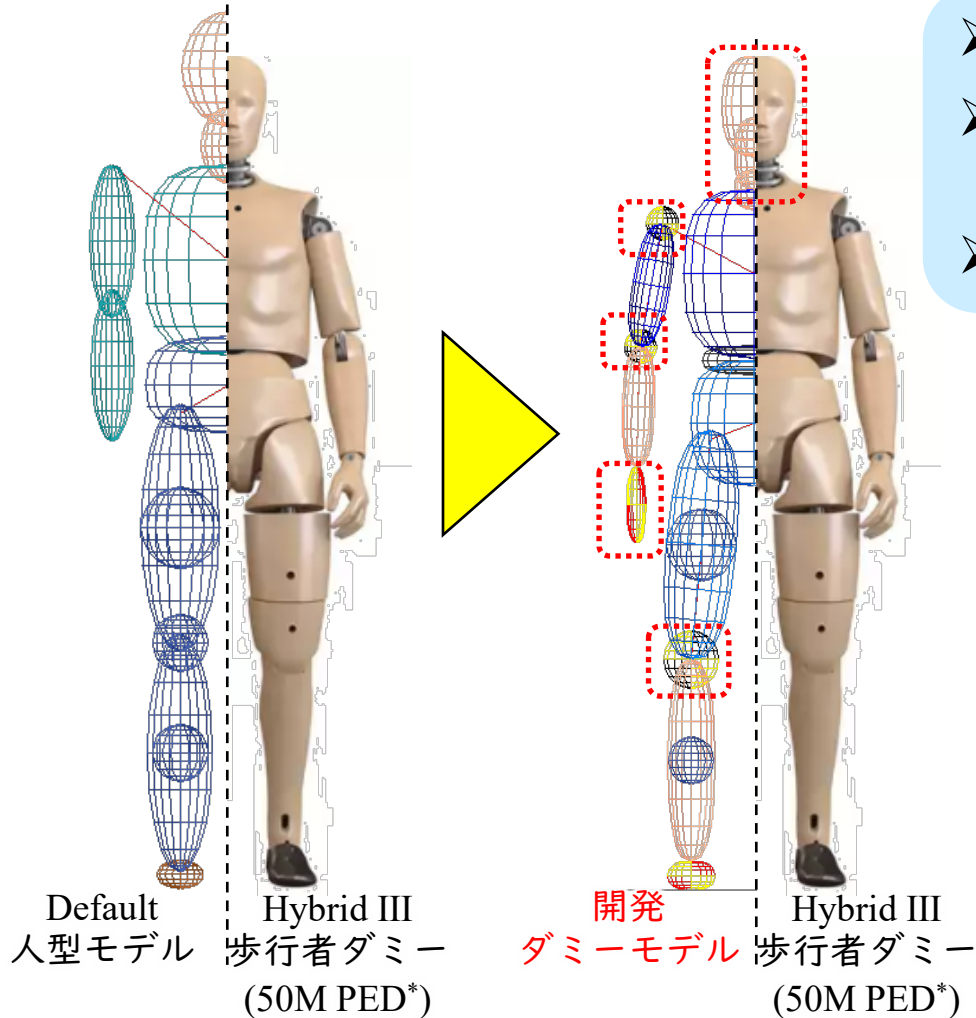
※Madymo (SIEMENS HP)

PC-Crashの  
簡易マルチボディ



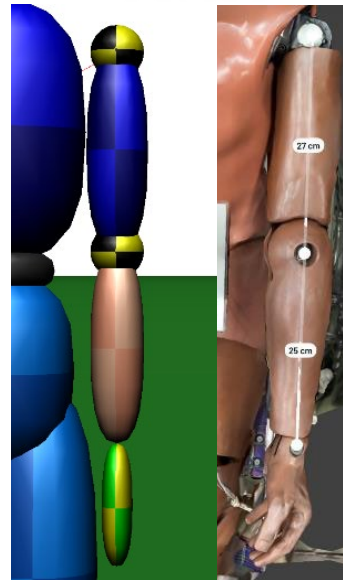
## 2. 実測によるダミーモデルの開発

挙動再現のため、実機衝突ダミーの**形状**をモデル化 [普通男性、小柄女性、6歳児、3歳児]

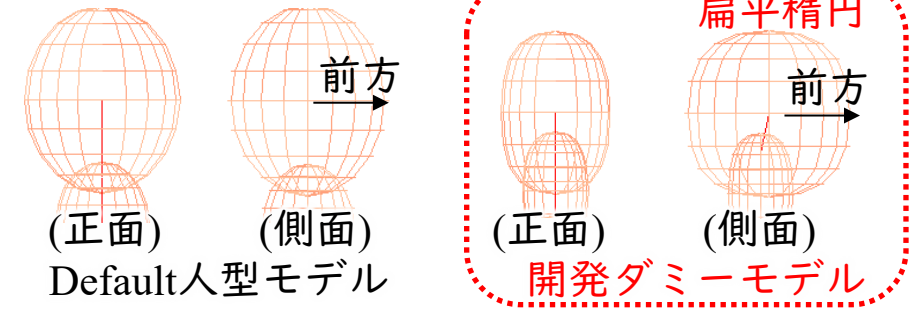


- 実機ダミーを用いて長さ(関節間距離)、幅、厚みを測定
- 計27の楕円体で再現  
頭、首、胸、腰、上腕、前腕、手、大腿、下腿、足、関節
- 実機ダミーの仕様に合わせて各部の重量を調整

ダミー形状  
実測例



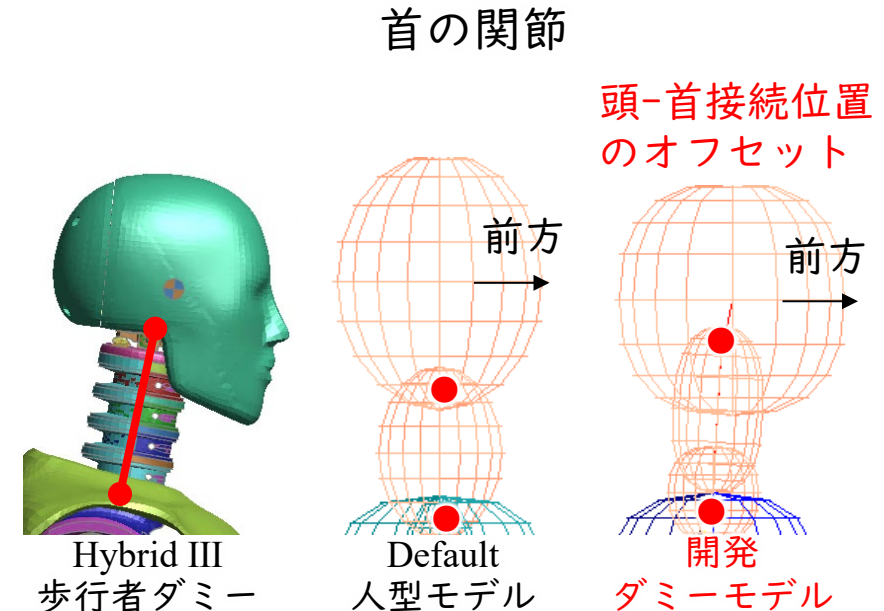
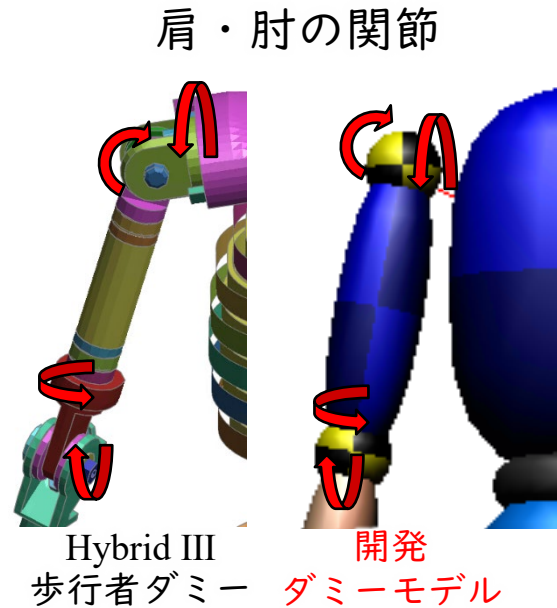
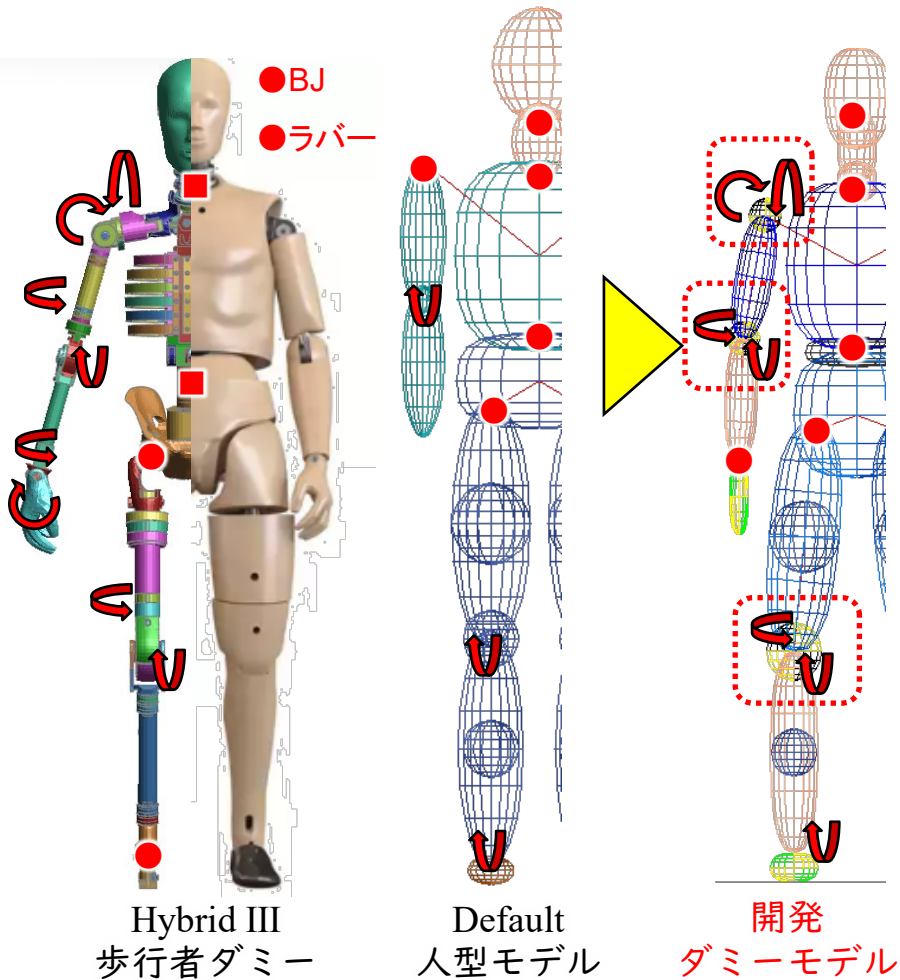
頭部形状の違い



## 2. 実測によるダミーモデルの開発

挙動再現のため、実機衝突ダミーの**関節構造**をモデル化

- 実機ダミーの**可動域**を再現 (ボールジョイント(BJ)、1軸ヒンジを使用)  
首(BJ×2)、肩(2軸)、肘(2軸)、手首(BJ)、膝(2軸)、足首(1軸)
- 実機ダミーと同様に**関節剛性を調整**  
各部位を水平に伸ばし、自重を支えられる程度の関節剛性



# 3. 実車衝突実験結果とシミュレーションの比較

## 開発したダミーモデルの衝突挙動の確認

### 3.1 フルラップ前面衝突

UN Regulation No.137に準じた

フルラップ前面衝突実験

- ・衝突車両：小型乗用車
- ・衝突速度：50 km/h
- ・右後席：小柄女性ダミー(AF05)
- ・左後席：成人男性ダミー(AM50)

※エアバッグの影響の少ない後席乗員で比較

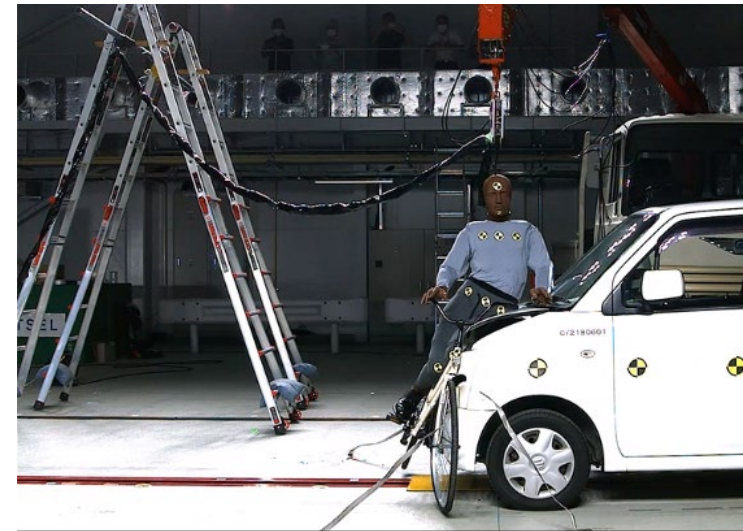


フルラップ前面衝突実験の様子

### 3.2 自転車出会い頭衝突

自転車側面と自動車の衝突実験

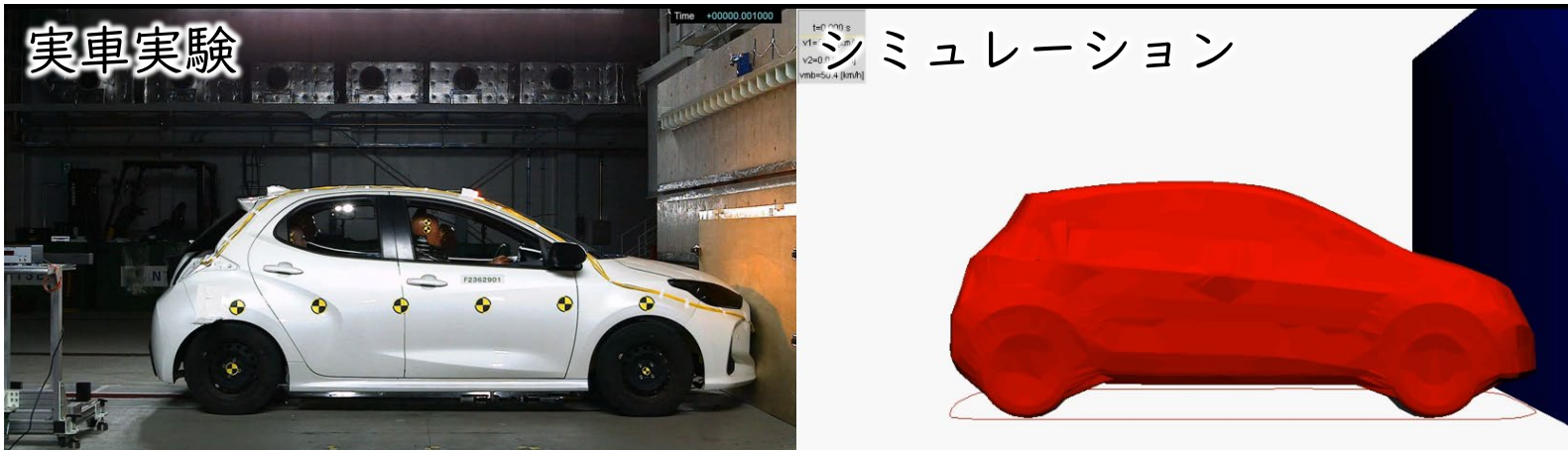
- ・衝突車両：軽乗用車
- ・衝突速度：40 km/h (自転車は停止状態)
- ・自転車乗員：成人男性ダミー(AM50)



自転車衝突実験の様子

### 3. Ⅰ フルラップ前面衝突【車両挙動(衝突速度 50 km/h)】

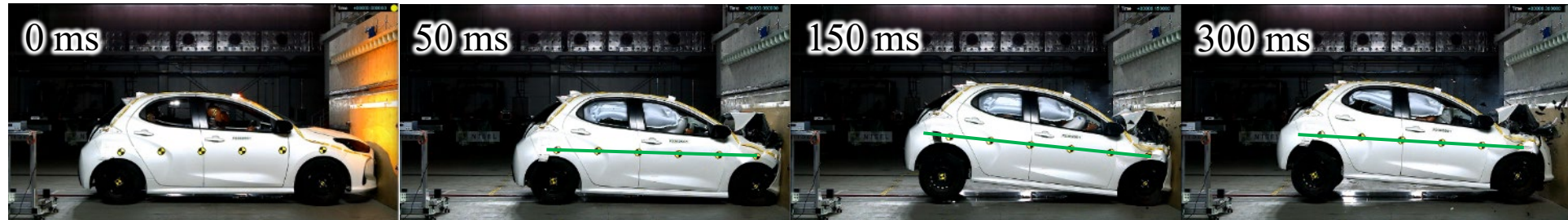
#### ➤ 動画比較



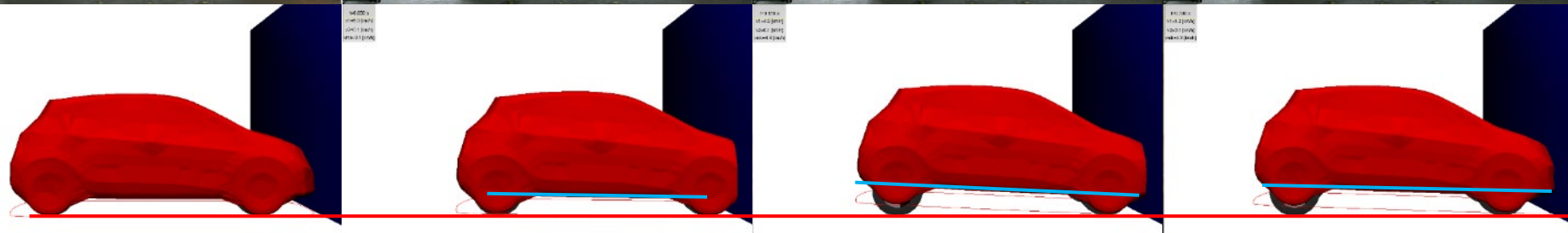
車両後部が持ち上がるようにピッチングし、壁から離れながら後部が着地

実験と同様に車両のピッチング挙動を再現

#### ➤ 実車実験



#### ➤ シミュレーション



### 3. 1 フルラップ前面衝突【後席乗員挙動】

実車実験

0 ms



110 ms

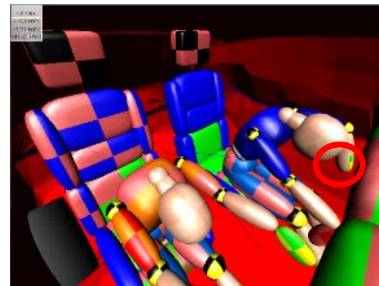
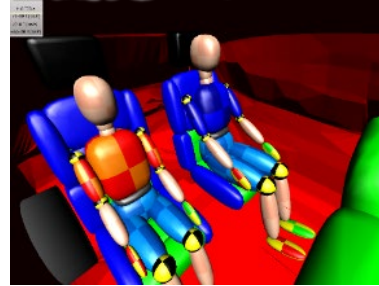


250 ms

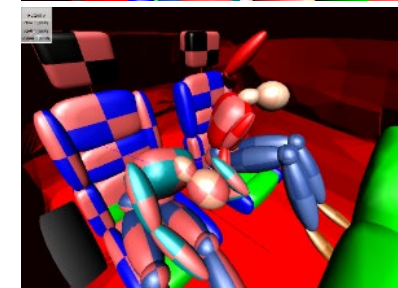
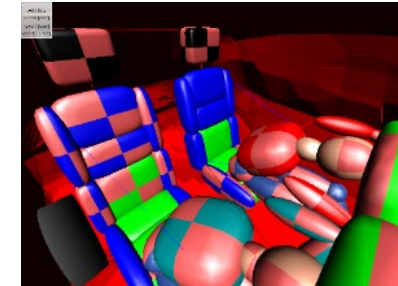
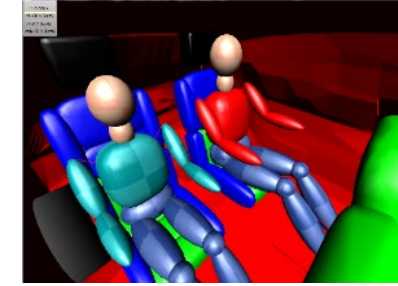


頭部は前席と衝突しない（赤丸）  
リバウンド時に腰が浮き、  
頭部が天井やエアバッグに衝突（青丸）

開発モデル



Defaultモデル



頭部が前席に衝突する  
頭部、上体、腕の挙動も  
実車実験と異なる

### 3. 1 フルラップ前面衝突【後席乗員挙動】

実車実験

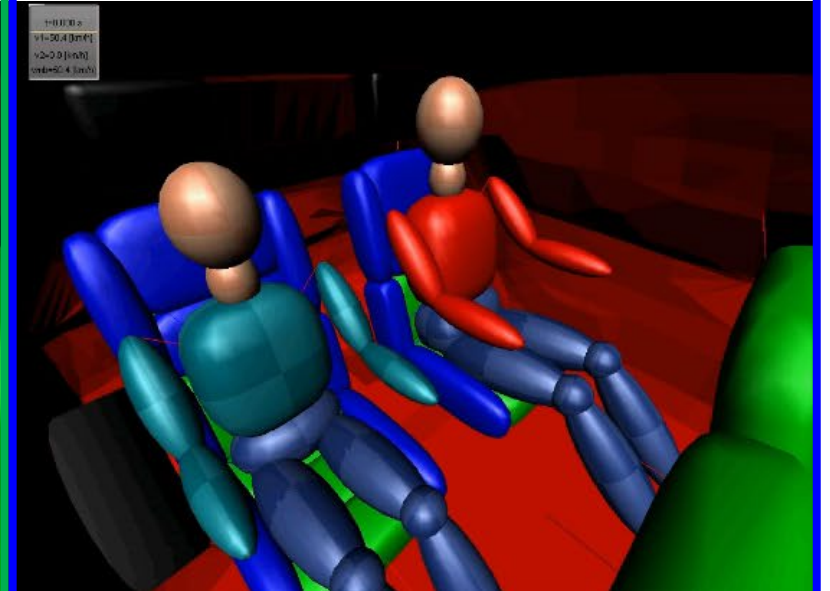


頭部は前席に衝突しない  
リバウンド時に体が浮き上がり頭部をぶつける

開発ダミーモデル



Defaultモデル



頭部が前席に衝突する  
頭部、上体、腕の挙動も  
実車試験と異なる

開発したダミーモデルは、PC-CrashのDefaultモデルよりもダミー（乗員）の衝突挙動の再現性が高い

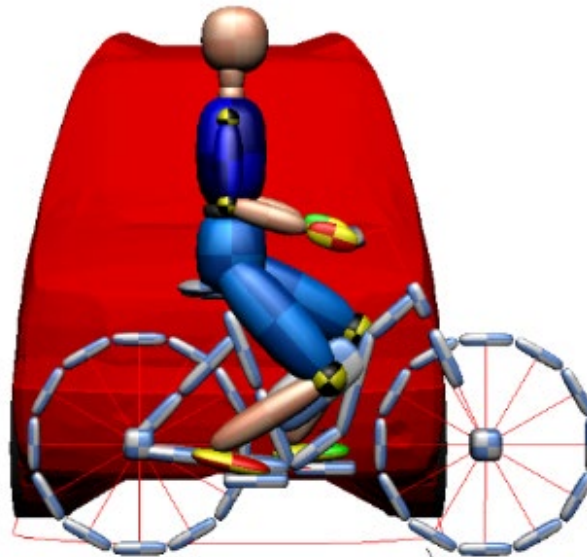
## 3. 2 自転車出会い頭衝突

- 自転車の左側面に軽乗用車が40 km/hで衝突
- 市販のシティサイクルに成人男性ダミーを搭載
- シミュレーションは以下の2つのモデルで実施

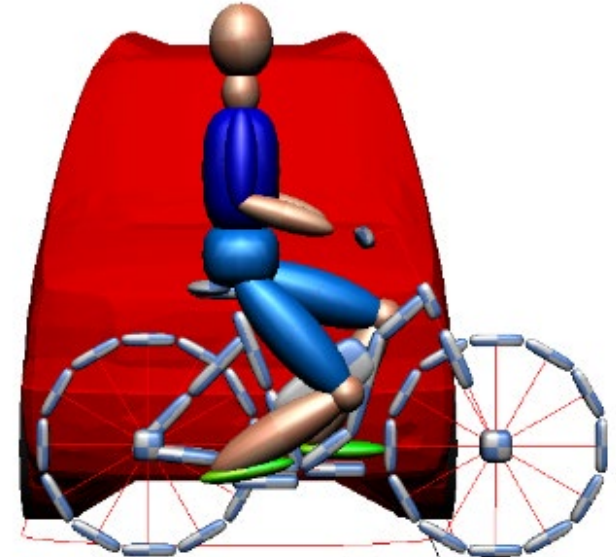
自転車衝突実験  
(AM50歩行者ダミー  
+シティサイクル)



①開発ダミーモデル  
(開発したAM50ダミーモデル  
+ 実測シティサイクルモデル)



②Defaultモデル  
(PC-crashのDefault男性モデル  
+ 実測シティサイクルモデル)



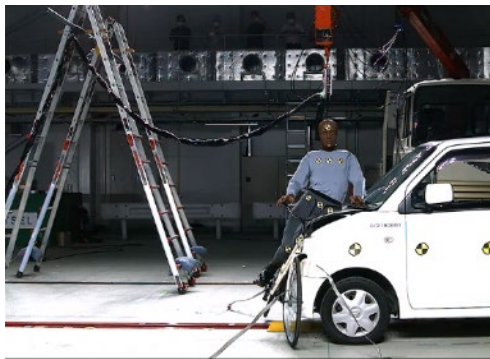
# 3. 2 自転車出会い頭衝突

実車実験

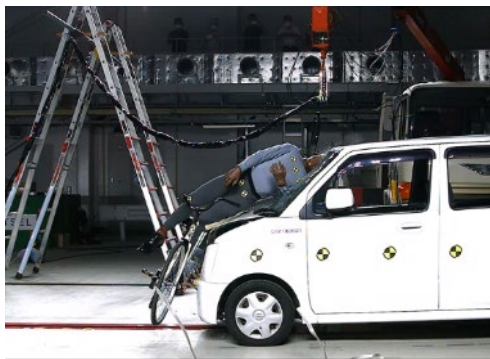
0 ms



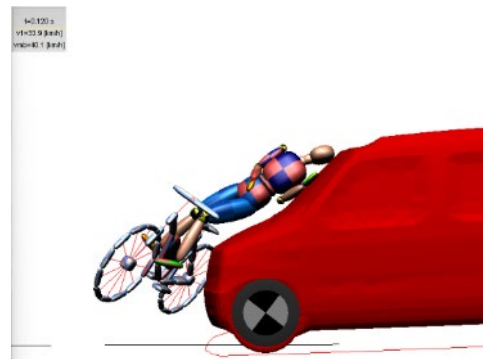
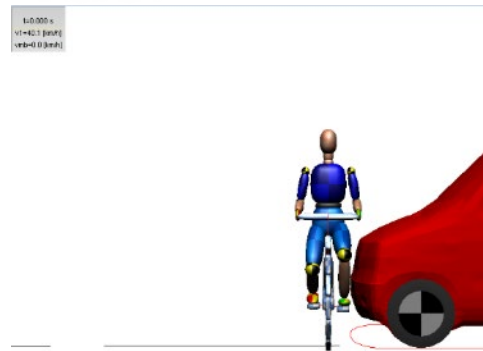
50 ms



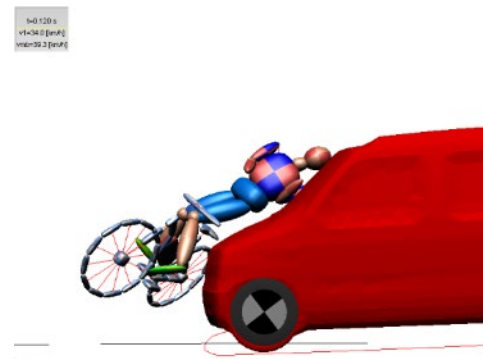
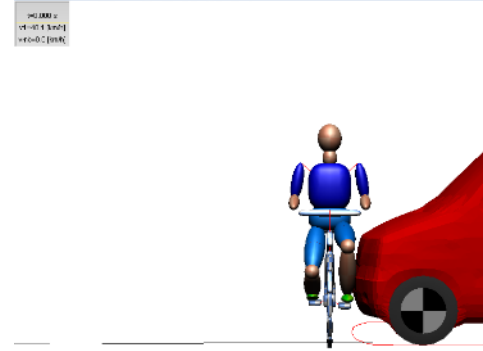
120 ms



開発ダミーモデル



Defaultモデル



頭部 | 次衝突は概ね一致

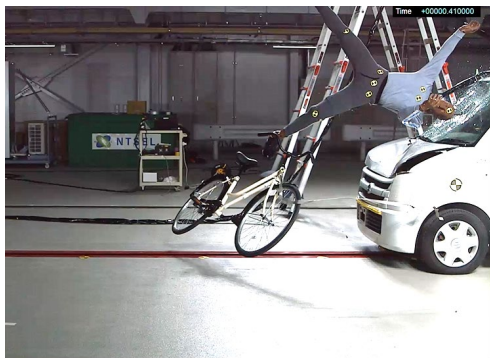
# 3. 2 自転車出会い頭衝突

実車実験

240 ms



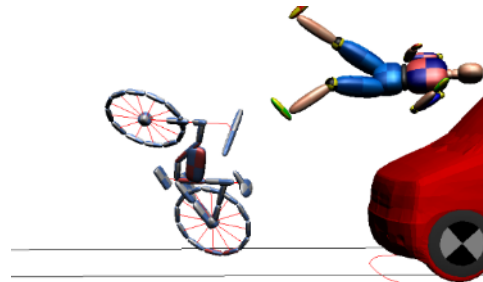
410 ms



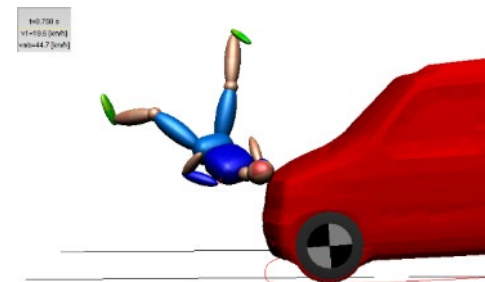
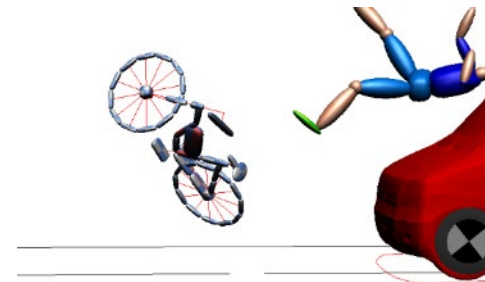
750 ms



開発モデル



Defaultモデル

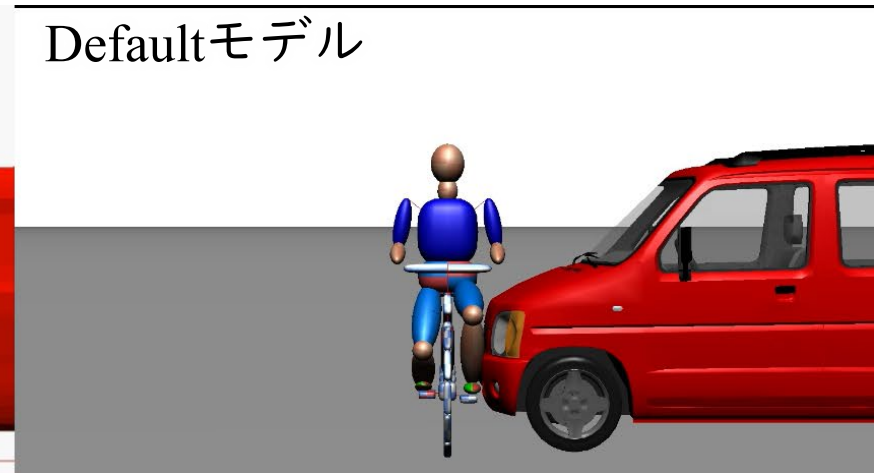
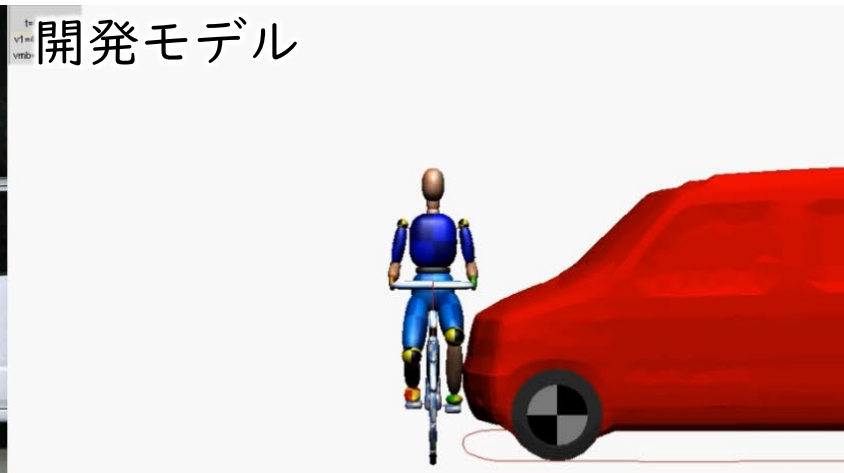


Defaultモデルは  
仰向けに回転

Defaultモデルは  
頭部がフードに  
接触

## 3. 2 自転車出会い頭衝突

### ▶ 動画比較



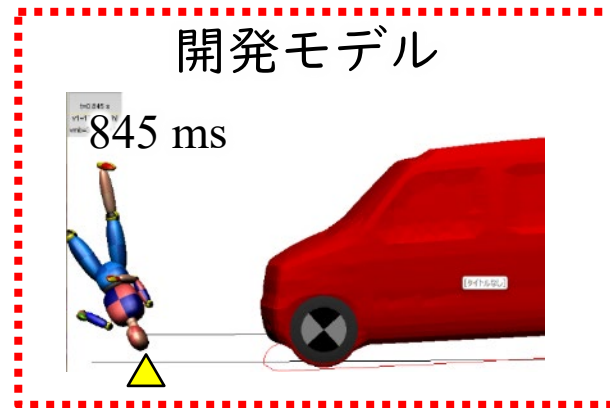
### ▶ 路面衝突のタイミングと姿勢

#### 実車実験

#### ▲ 実験衝突位置



#### 開発モデル



#### Defaultモデル



開発したダミーモデルは、PC-CrashのDefaultモデルよりもダミー（歩行者）の衝突挙動の再現性が高い

## 4. 成果の活用

### 成果の活用例：自転車追突事故の受傷メカニズム解明

- PC-Crashを用いて衝突挙動を網羅的に調査することが可能
- 一次衝突挙動(頭部-車両)や二次衝突(頭部-路面)を分析し、危険事例を抽出
- 抽出された条件で、有限要素法解析による傷害評価や実車衝突実験による検証

①車両速度(10~50km/h)



③自転車速度

④乗員体格(AM50, AF05, 6YO)

②衝突位置

(ラップ量-5%~50%)



①×②×③×④：8×10×3×3=720通り

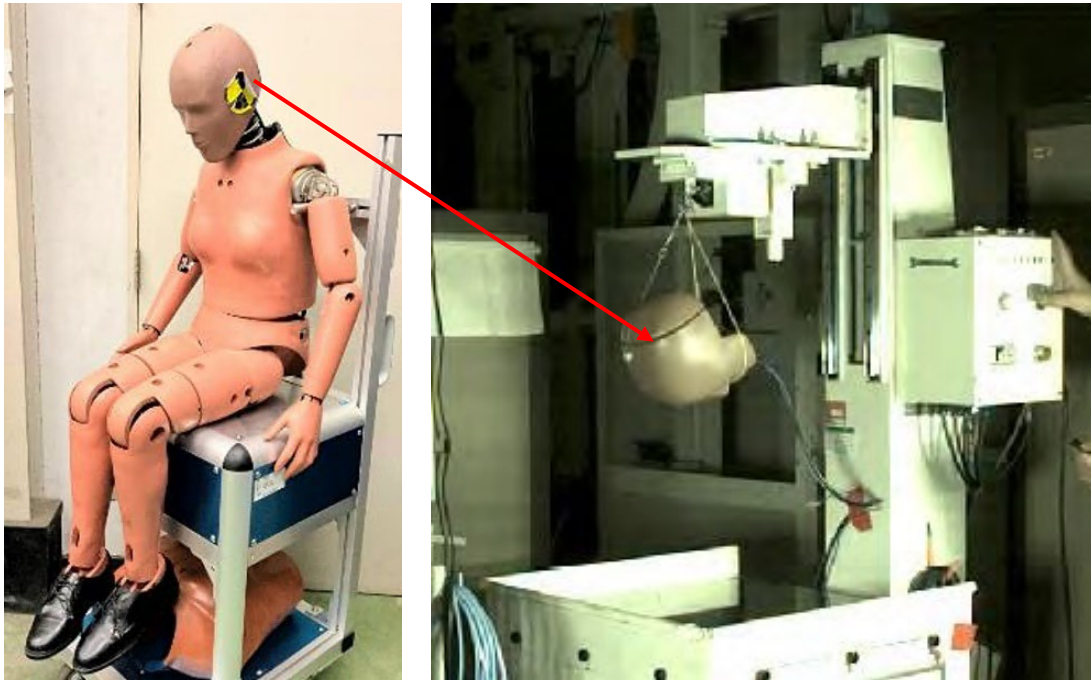
一次衝突挙動や二次衝突挙動を網羅的に分析

## 5. 今後の課題

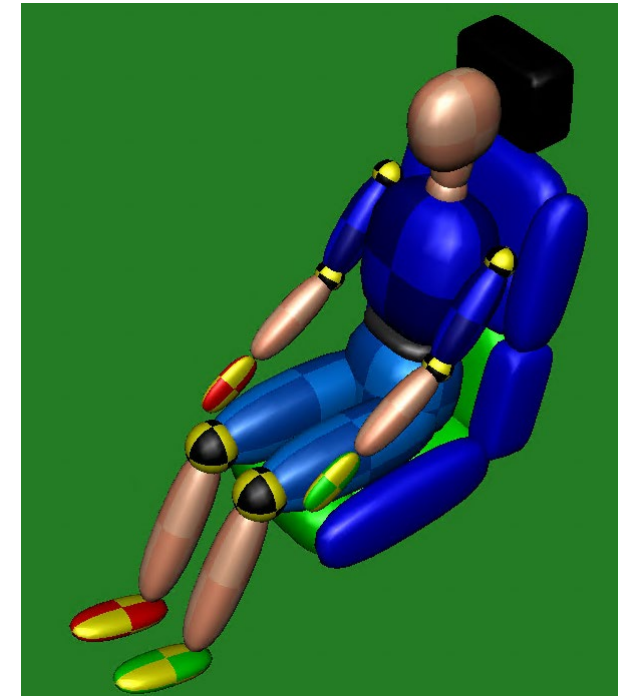
### 今後の課題：頭部加速度の精度改善

- 加速度の解析精度が低い
- ダミー検定試験(頭部落下試験)をPC-Crash上で再現し、物性値(F-S特性、反発係数)を調整

頭部落下試験

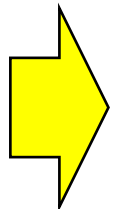


頭部加速度の精度向上



## 6. まとめ

- 有限要素法解析や実験の実施前の予備解析手法として、  
**より簡便なシミュレーションであるPC-Crashに着目した**
- PC-Crashを用いてダミー衝突挙動を解析するため、  
**実機衝突ダミーを再現したマルチボディによるダミーモデルを開発した**
- 開発したダミーモデルを用いてフルラップ前面衝突と自転車出会い頭衝突を再現し  
実験結果と比較した
- 開発したダミーモデルは、後席乗員、自転車乗員ともにPC-CrashのDefaultモデル  
よりも**高精度に衝突挙動を再現することが可能**であった
- 開発モデルは、**短期間で網羅的に**ダミーの衝突挙動を予測することが可能である



自転車追突事故の受傷メカニズムの網羅的調査などに活用  
実験や有限要素法解析を実施する適切な衝突条件の選定に活用