

# 実物大車体構体とダンプトラックを用いた 衝突試験によるFE解析の精度検証

車両技術研究部 車両強度研究室長

沖野 友洋

# 本日の発表

1. 研究の背景と目的
2. 剛体壁との衝突試験およびFE解析
3. ダンプトラックとの衝突試験およびFE解析
4. まとめと成果の活用

# 研究の背景

- ・万一の衝突事故時に乗客・乗務員の被害を軽減する車体構造は重要
- ・踏切での自動車との衝突事故は、保安システム等では回避が難しいため、列車同士の衝突事故よりも防ぐことが困難

鉄道車両の衝突安全性を評価する際には、数値解析が有効  
⇒解析精度を確認するためには、衝突試験結果が必要

- ・ 鉄道総研では、試験片レベル、部材レベル、実物大レベルの衝突試験を実施してきたが、実物大の先頭車を対象としたものはない。
- ・ 日本において、実車での衝突試験の報告例が少なく、基礎データが十分に得られていない。
- ・ 近年では、大型自動車を衝突対象とした試験がない。

# 研究の目的

## 実物大先頭車体構体を用いた剛体壁および大型ダンプトラックとの衝突試験

- 車体の衝撃変形破壊挙動および衝撃荷重の時刻歴などの基礎的なデータを取得する。
- 有限要素解析(FE解析)の精度確認のために試験結果を活用する。

## 衝突試験を模擬した有限要素解析(FE解析)

- 剛体壁への衝突試験との合わせ込みで精度を確保した車体構体モデルが、ダンプトラックとの衝突試験を精度良く再現できるか否かを確認する。
- 実車条件での衝突挙動を推定する。

# 本日の発表

1. 研究の背景と目的
2. 剛体壁との衝突試験およびFE解析
3. ダンプトラックとの衝突試験およびFE解析
4. まとめと成果の活用

# 剛体壁との衝突試験

踏切重大事故(死傷者10名以上もしくはは脱線両数10両以上)の平均衝突速度

衝突試験条件

ターゲットマーク位置を高速カメラ映像でトレース

6個のロードセルで荷重を計測

54km/h

走行台車

3.2m

剛体壁

試験体: 中古ステンレス先頭車両、まくらばり後端で切断  
内装取外した構体のみ(走行台車含めた総質量約10トン)

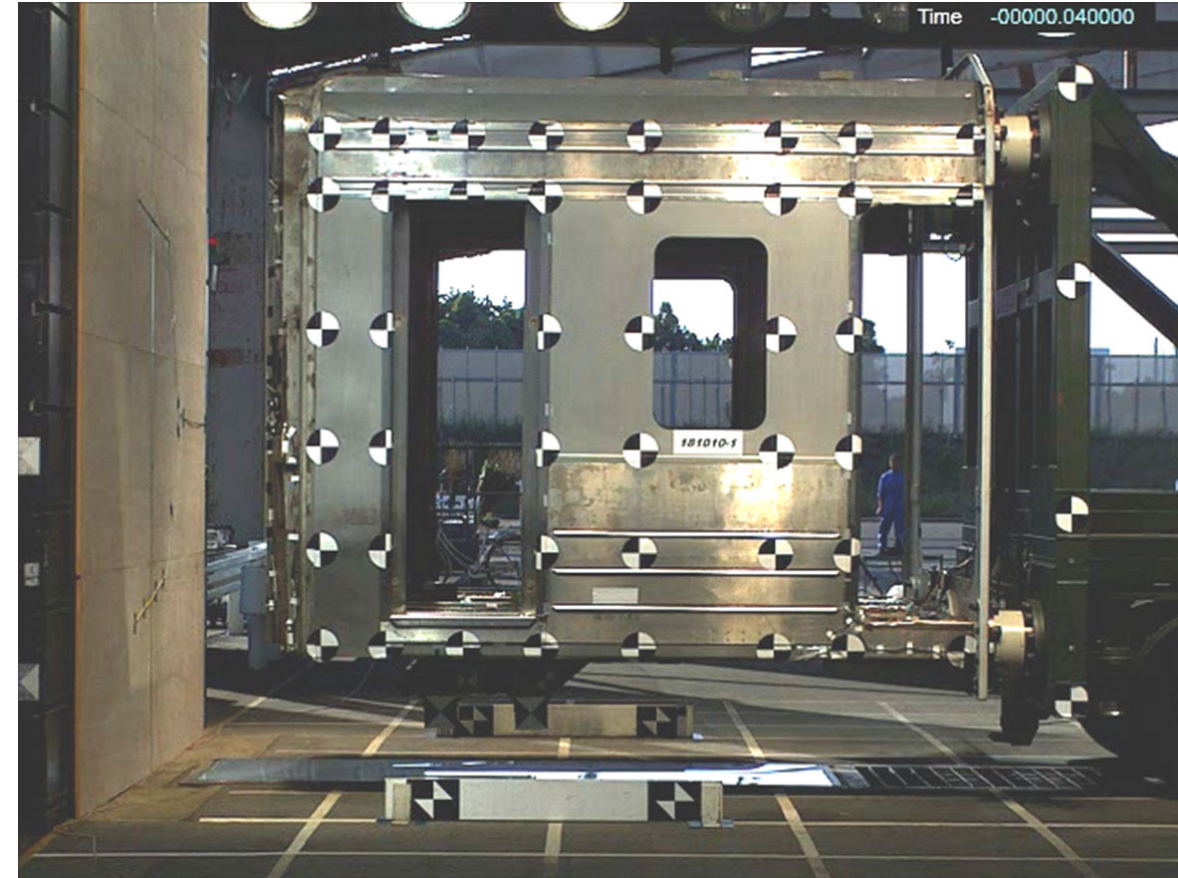


衝突直前の速度 : 54.2km/h

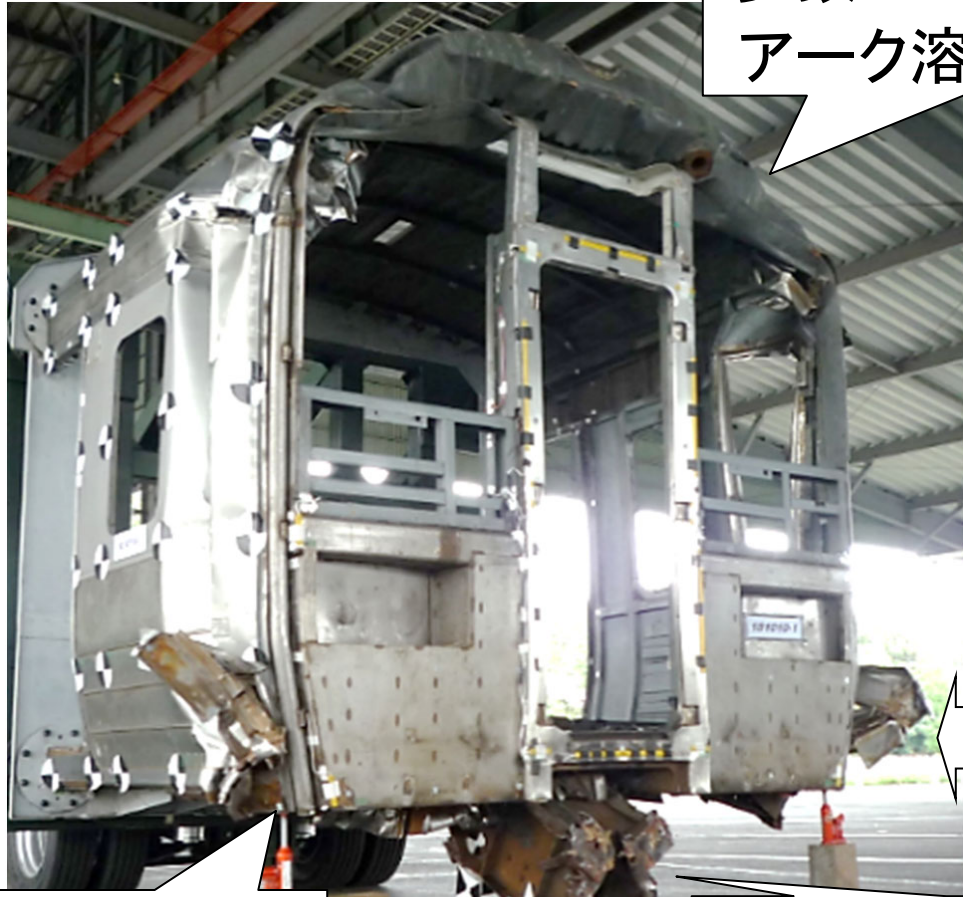
## 試験結果 (ビデオカメラ)



## 試験結果 (高速度カメラ)



# 試験結果 (変形状況)



多数のスポット溶接、  
アーク溶接部の破断

側はりの剥がれ

側はり補強の大開口

視



側はりの破断

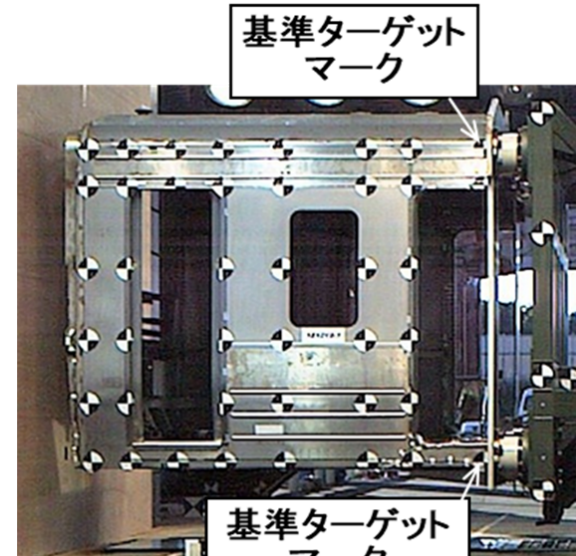
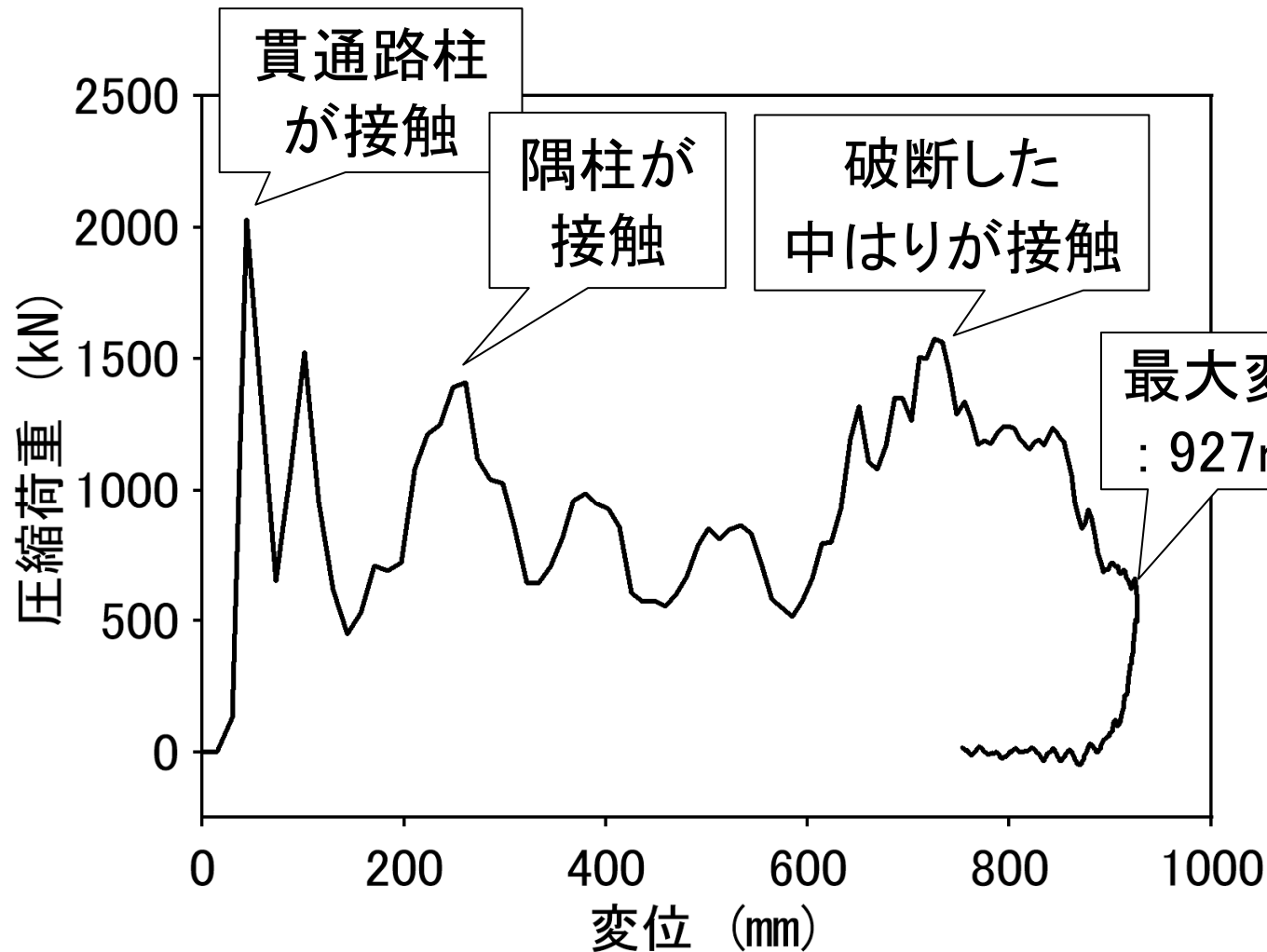
中はりの破断と傾斜

側はり補強(腐食あり)

腐食により、側はり補強が破断して大きく開口した可能性



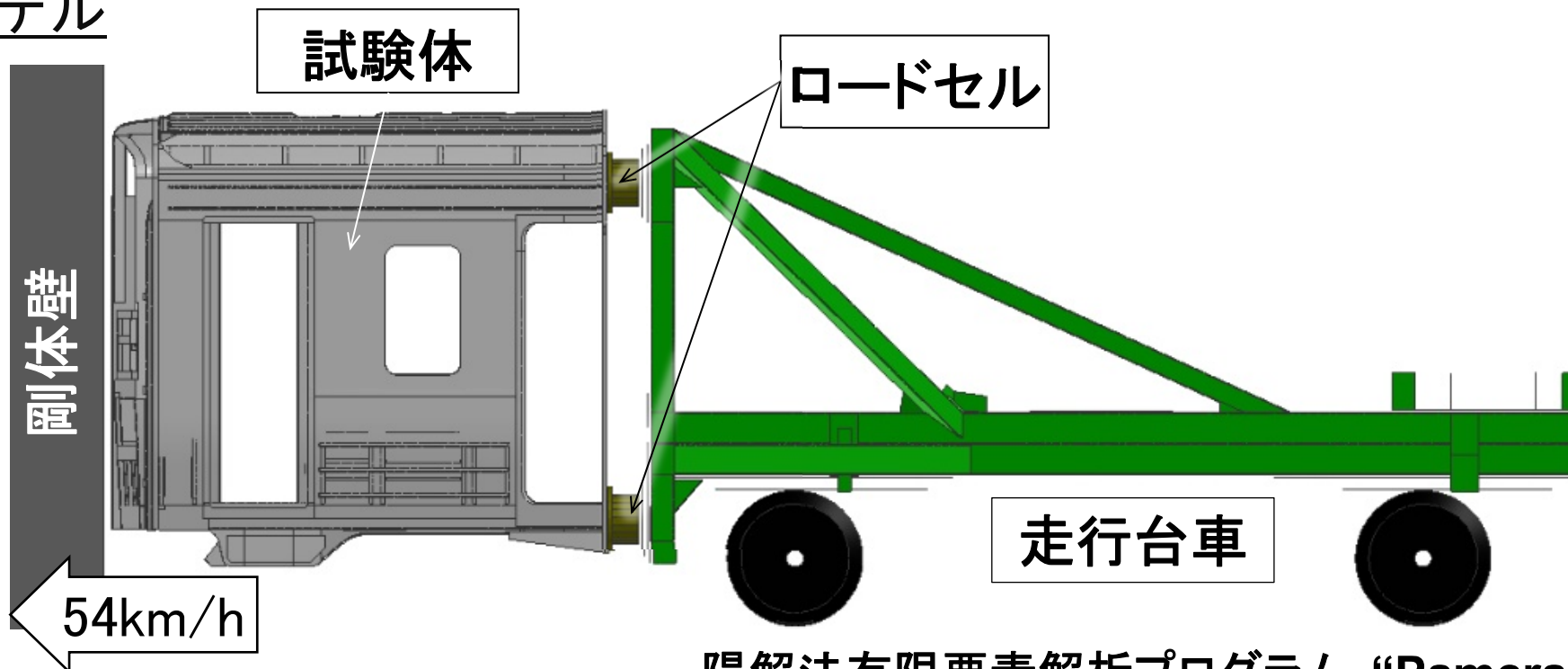
# 試験結果 (圧縮荷重と試験体の変位の関係)



- ・圧縮荷重は、6つのロードセル出力の総和にCFC1000フィルタ処理実施
- ・変位は、4箇所の基準ターゲットマーク位置の進行方向移動距離の平均値 (試験体が剛体壁に接触した時を変位0)

# 剛体壁との衝突試験を模擬したFE解析

## FE解析モデル



陽解法有限要素解析プログラム “Pamcrash (Ver 2016.0)”

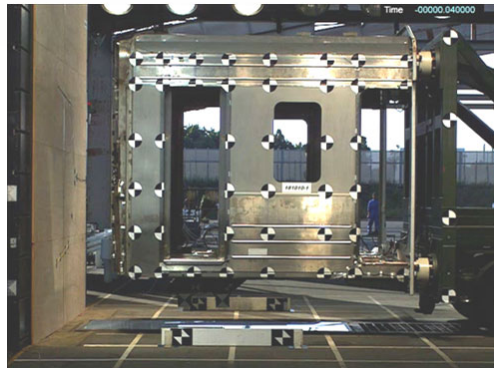
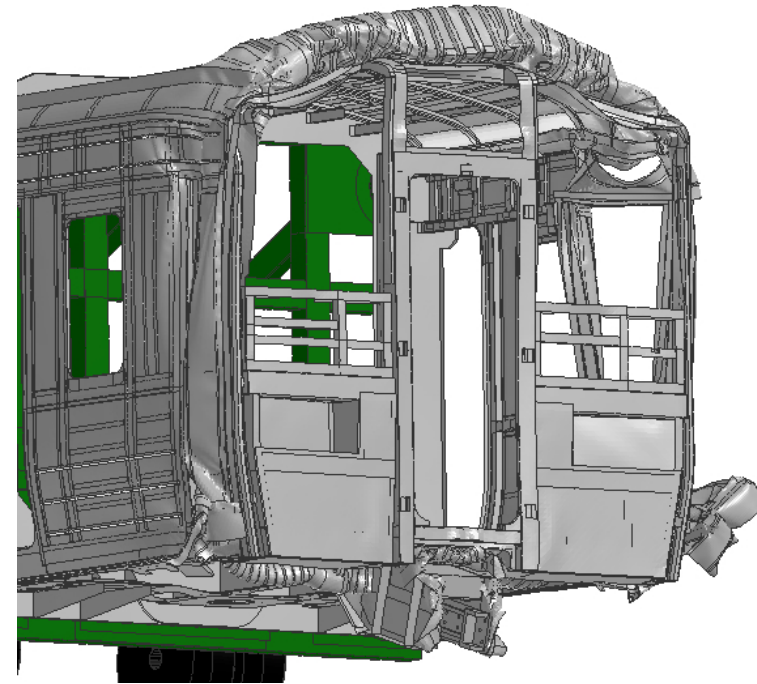
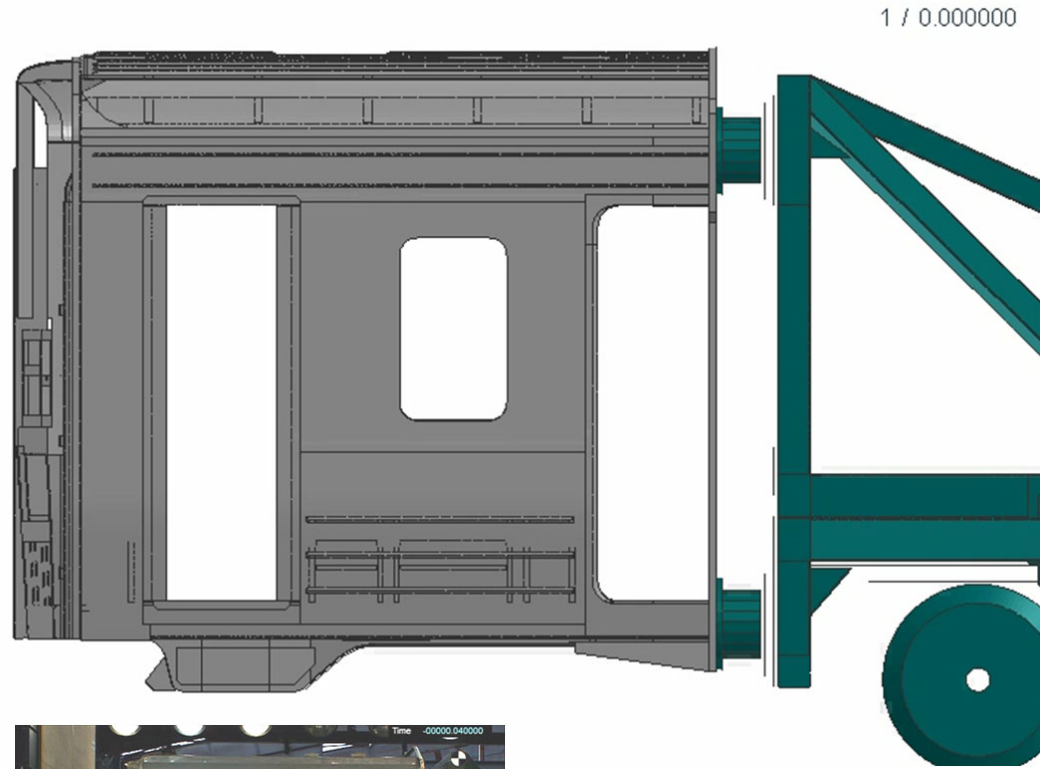
主要構造物: シェル要素、ロードセルなど: ソリッド要素

エレメント数: 610,000

材料のひずみ速度依存性を考慮

溶接部の破断特性考慮

# FE解析結果(変形形状)

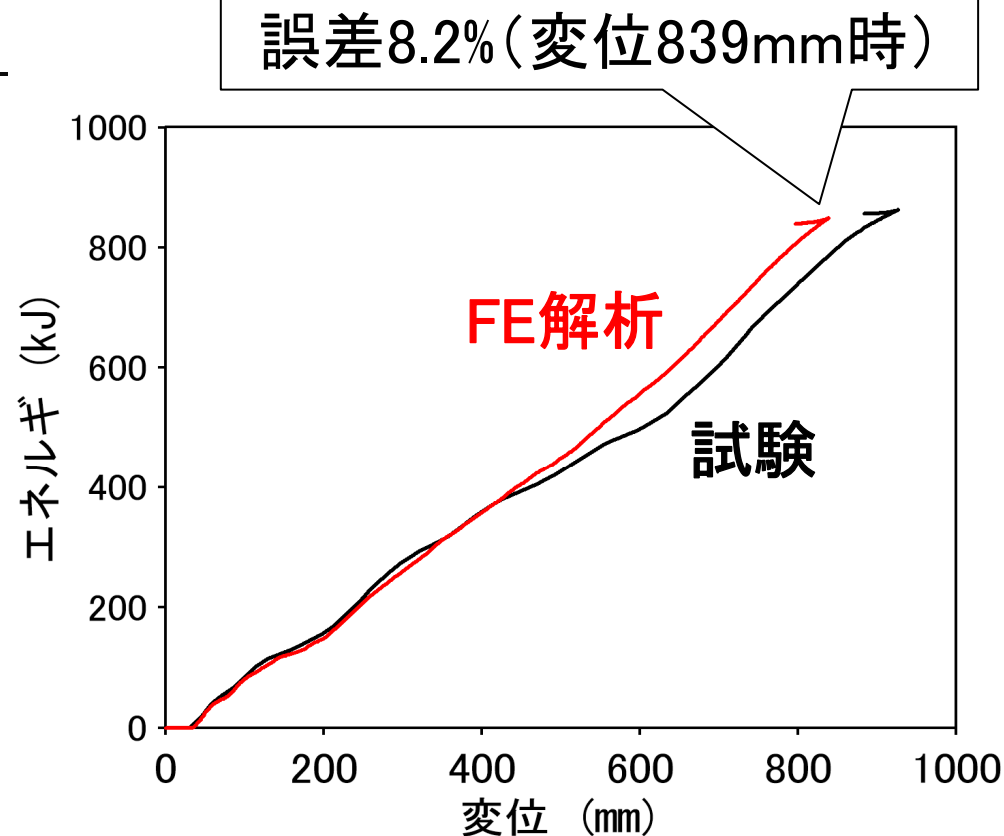
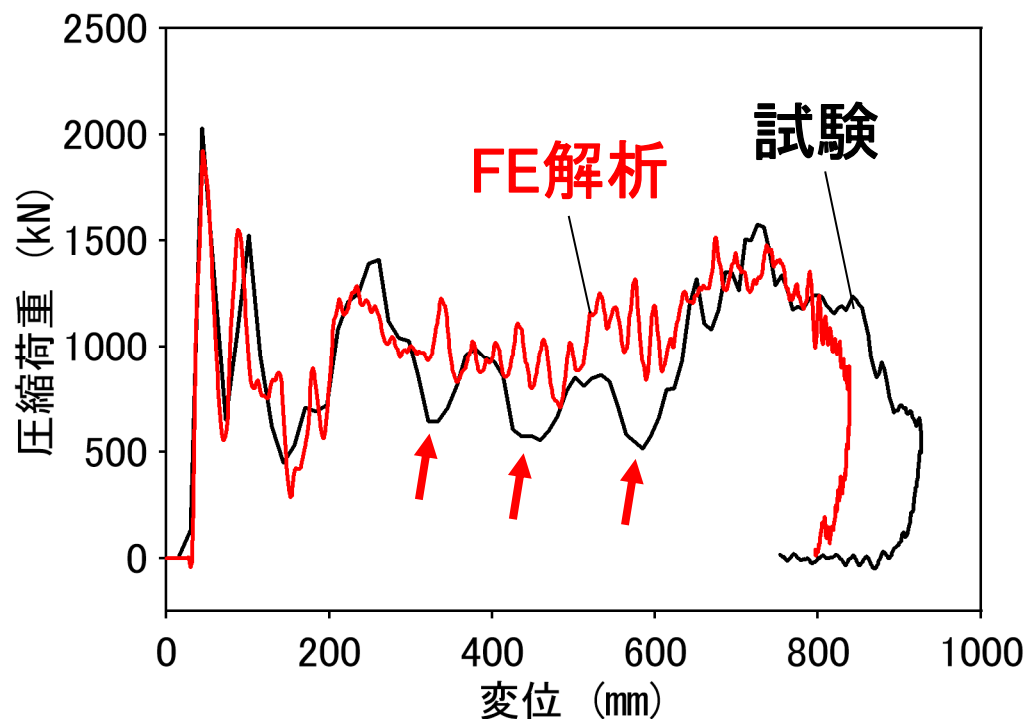


解析結果(変形形状)

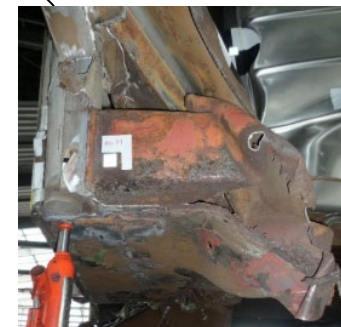
変形形状の時刻歴が試験結果と一致

主要部材および各溶接部の破断は概ね一致したが、側はり補強の大開口は再現できなかった

# FE解析結果(荷重-変位およびエネルギー-変位)



- ・荷重履歴は300mm程度まで一致
  - ・300～600mmは高め(3箇所の落込みなし)
- そのため、エネルギーが試験結果より大きく、最大変位が小さい
- ⇒ 誤差要因は経年劣化による腐食を考慮していないため
  - ⇒ 新製構体の場合、解析結果により近い変形挙動になる





# 本日の発表

1. 研究の背景と目的
2. 剛体壁との衝突試験およびFE解析
3. ダンプトラックとの衝突試験およびFE解析
4. まとめと成果の活用

# ダンプトラックとの衝突試験

## 衝突試験条件

大型ダンプトラック(総質量約22トン)

床中央後方に  
加速度センサー

54km/h

試験体: 剛体壁との衝突試験と同等のもの  
(走行台車含めた総質量約10トン)

試験体高さ: 図面寸法  
より390mm程度低い

衝突直前の速度: 54.3km/h

## 試験結果 (ビデオカメラ)

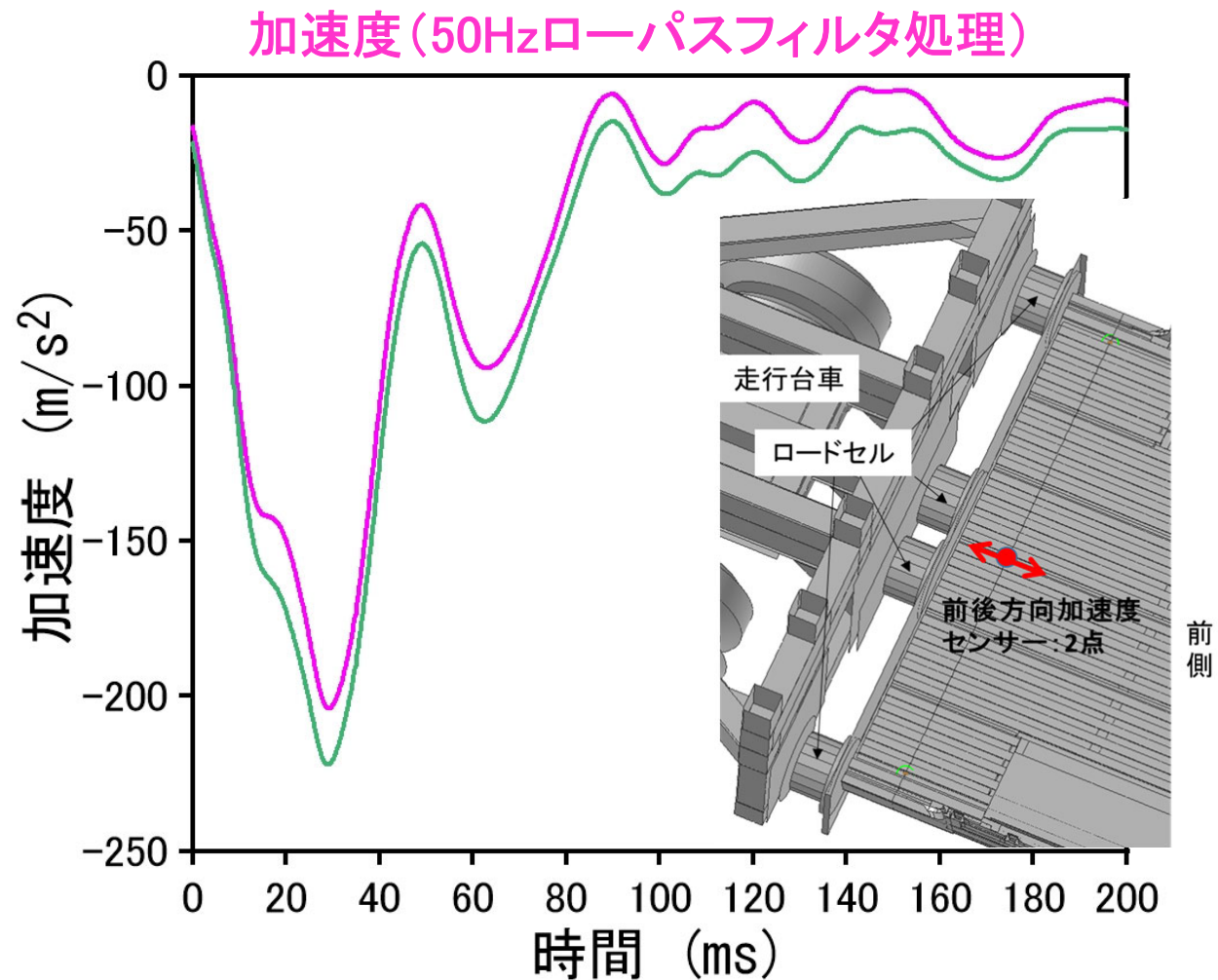
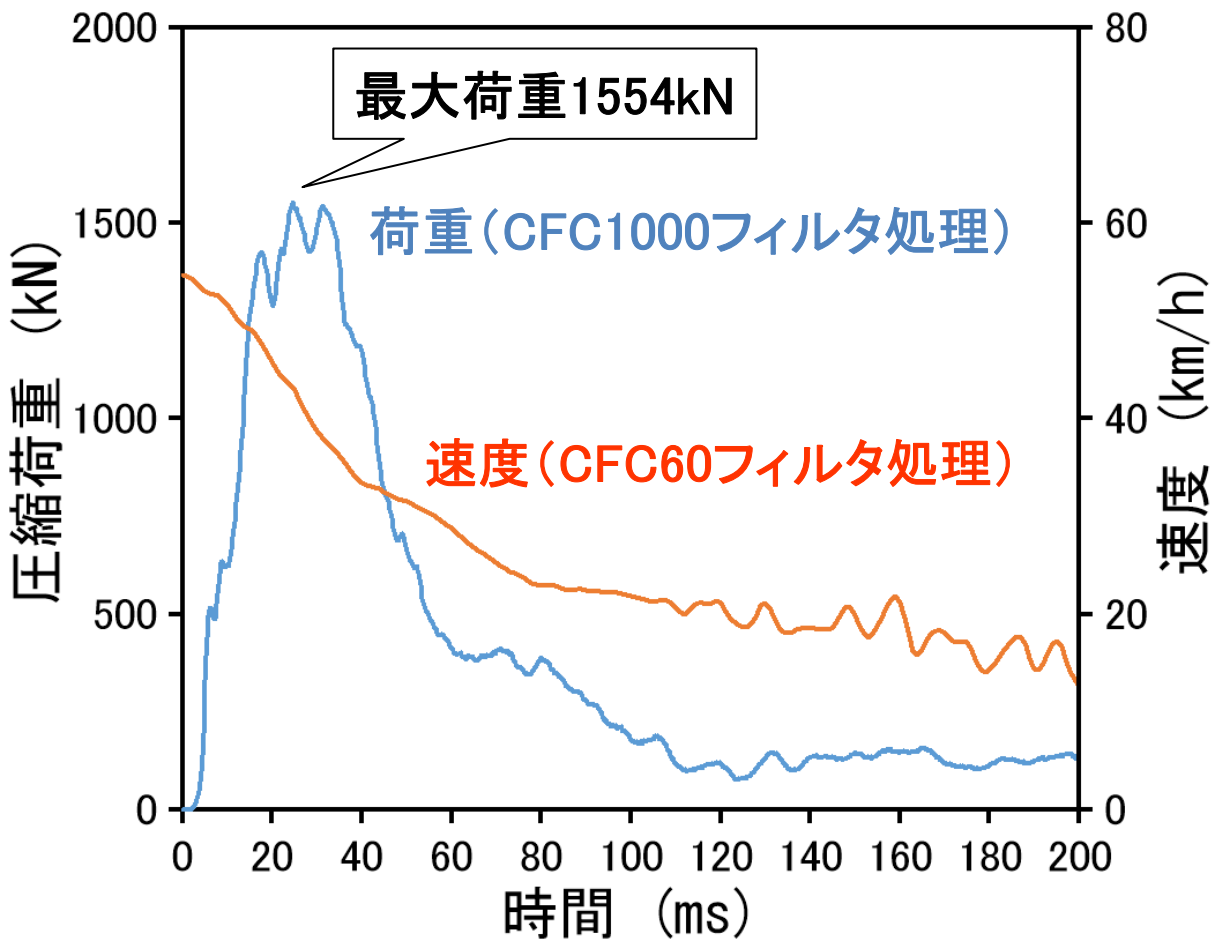


## 試験結果 (高速度カメラ)





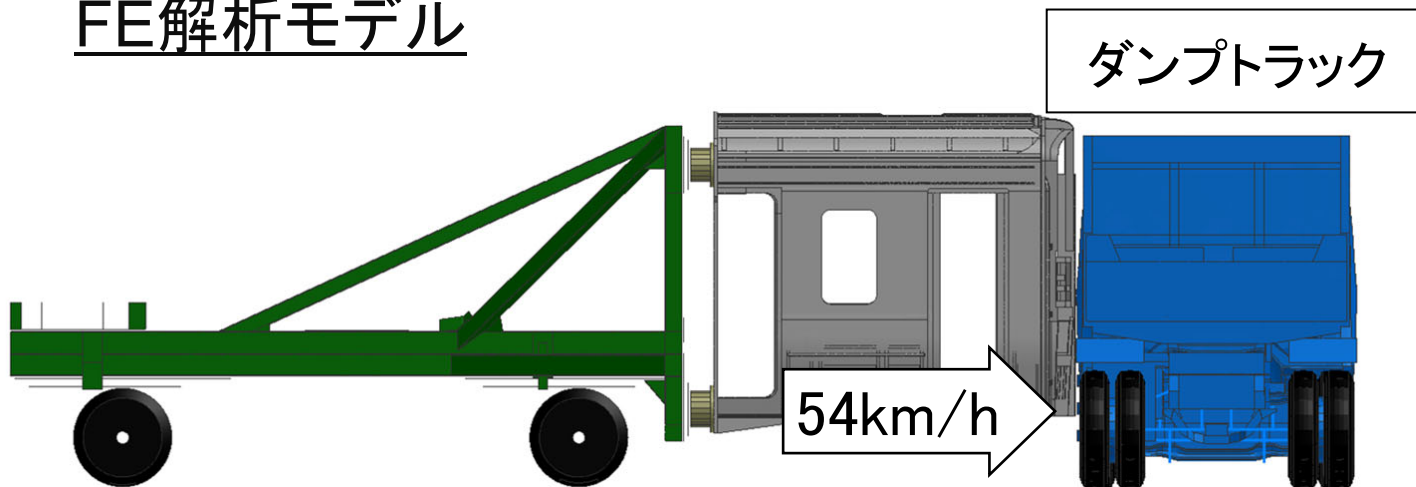
# 試験結果 (圧縮荷重、試験体速度、試験体加速度の時刻歴)





# ダンプトラックとの衝突試験を模擬したFE解析

## FE解析モデル



陽解法有限要素解析プログラム “Pamcrash (Ver 2016.0)”

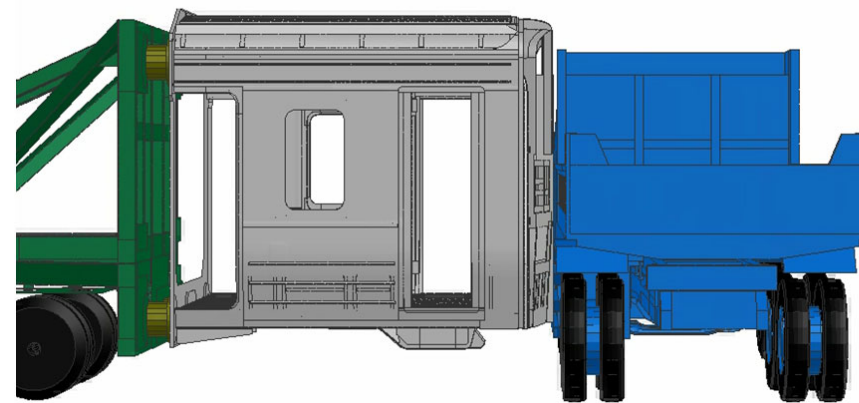
試験体および走行台車:

剛体壁との衝突解析で構築したモデル

ダンプトラック: シェル要素、積荷など: ソリッド要素

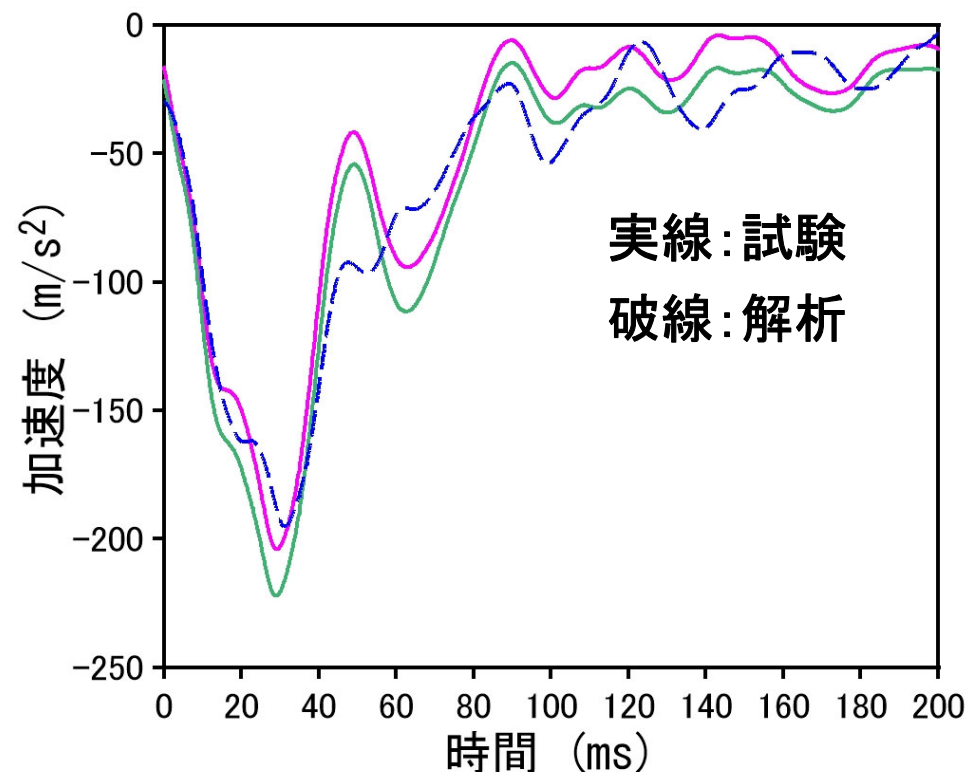
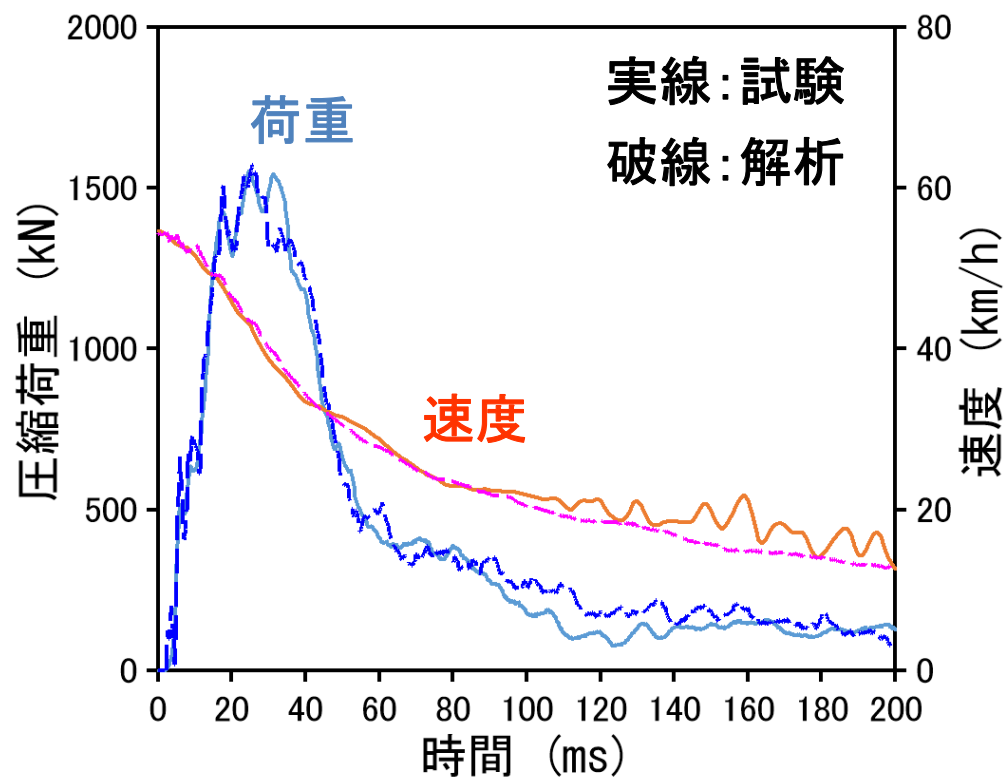
エレメント数: 110,000

## FE解析結果(変形形状)



変形形状の時刻歴が  
試験結果と一致

# FE解析結果 (圧縮荷重および試験体速度の時刻歴)



圧縮荷重、試験体速度の時刻歴の解析結果

90msまで試験結果と一致

90~140msの誤差

⇒積荷(土砂)のモデル化に課題

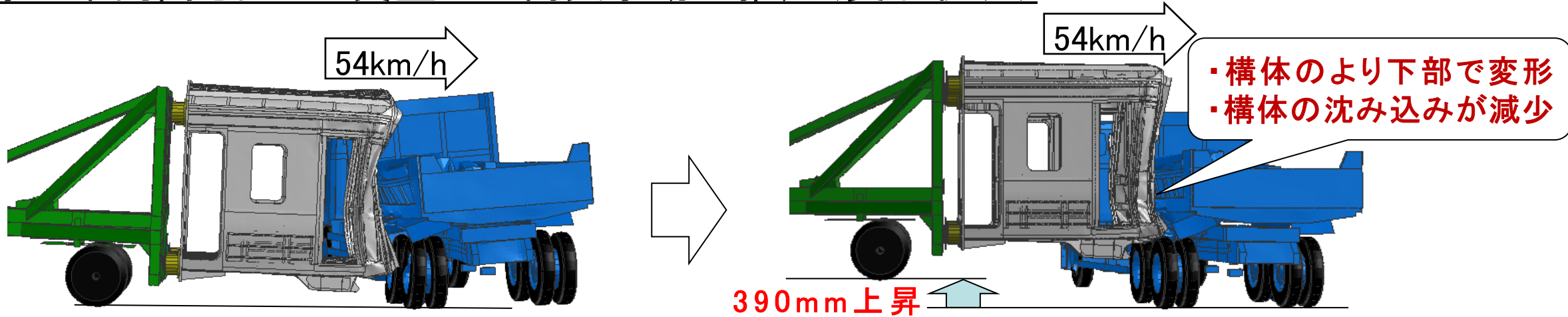
加速度の時刻歴の解析結果

40msまで試験結果と一致

40ms以降は誤差が認められるものの

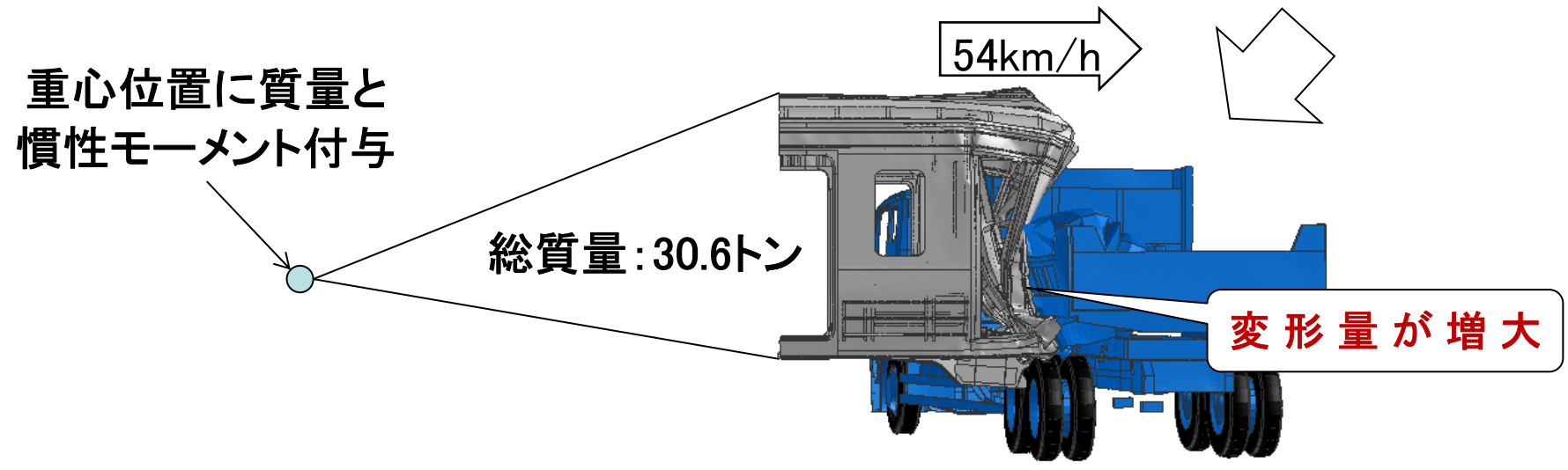
全体的な傾向は概ね一致

# 実際の車両高さおよび質量での衝突挙動の推定(変形状況)



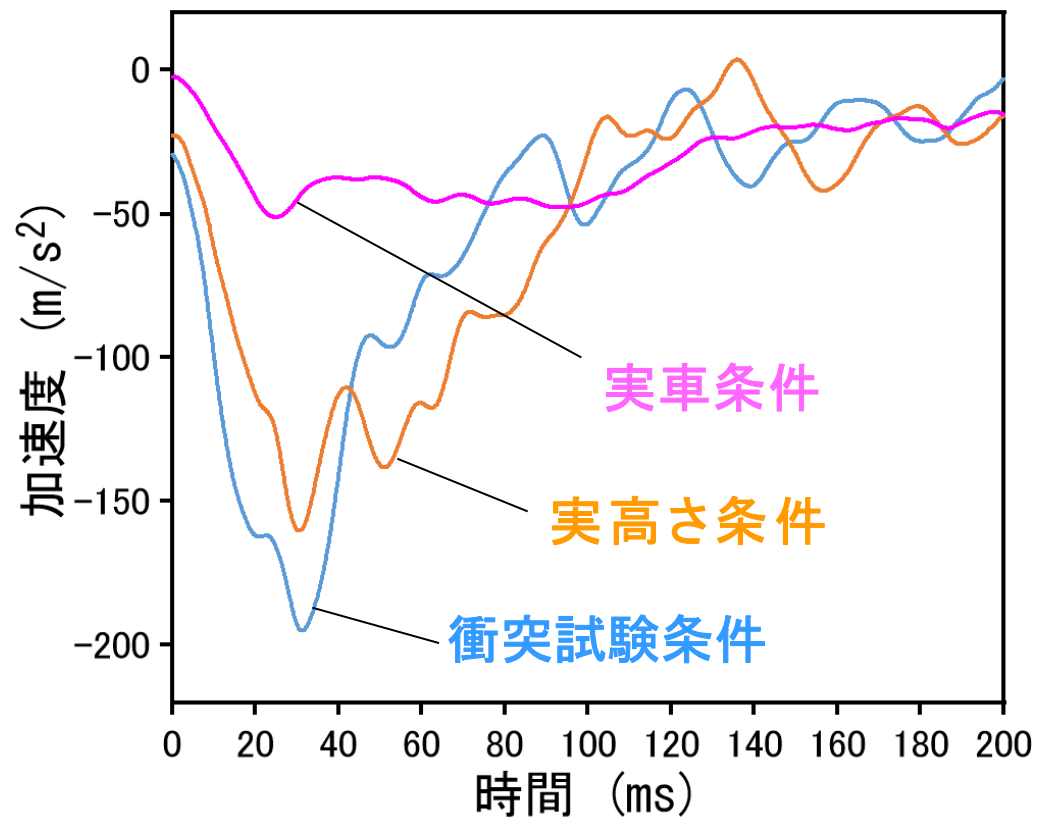
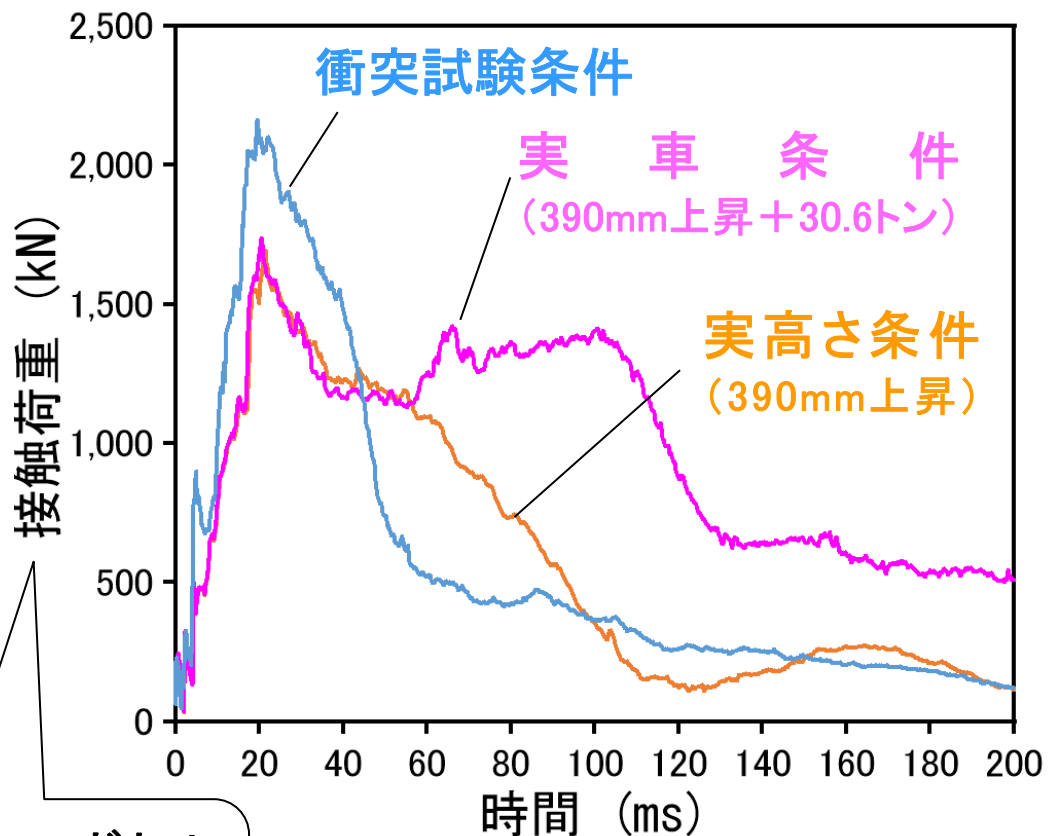
衝突試験条件(衝突後200ms時)

実高さ条件(衝突後200ms時)



実車条件(衝突後200ms時)

# 実際の車両高さおよび質量での衝突挙動の推定(荷重と加速度)



注:ロードセル荷重から接触荷重に変更

**高さの影響: 実高さ条件の方が最大荷重および最大減速度が小さい。  
⇒タイヤホイールとの衝突の有無による影響**  
**質量の影響: 最大減速度は実車条件が小さい。**

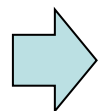


# 本日の発表

1. 研究の背景と目的
2. 剛体壁との衝突試験およびFE解析
3. ダンプトラックとの衝突試験およびFE解析
4. まとめと成果の活用

## まとめ

ステンレス鋼製先頭車両の実物大部分車体構体を用いて、過去の踏切重大事故の平均衝突速度で、剛体壁および大型ダンプトラックに衝突させる衝突試験および試験を模擬したFE解析を実施



- ・車体の衝撃変形破壊挙動や衝撃荷重の時刻歴などの基礎的なデータを取得。
- ・剛体壁への衝突試験との合わせ込みで構築した車体構体モデルは、ダンプトラックとの衝突試験を精度良く再現できることを確認。
- ・実車条件での衝突挙動を推定。

## 成果の活用

FE解析による万一の衝突事故時の乗客乗員の安全性向上策の検討や実事故時の車体の衝撃挙動の推定などに活用できます。