

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 12509 号
------	---------------

氏 名 長坂 圭

### 論 文 題 目

自動車衝突時の減速度に対する部材寄与度の解析  
(Identifying Structural Component Contributions to Deceleration Profiles in Car Collisions)

### 論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	水野 幸治
委員	名古屋大学	教授	松本 健郎
委員	名古屋大学	教授	山田 陽滋
委員	名古屋大学	教授	北 栄輔

## 論文審査の結果の要旨

長坂圭君提出の論文「自動車衝突時の減速度に対する部材寄与度の解析」は、衝突時における減速度に及ぼす構造物の寄与度に関する解析方法を導出し、それを自動車の衝突に適用している。自動車衝突時の客室の減速度はフロントサイドメンバー等の部材が変形して力学的エネルギーを吸収することで発生し、客室減速度は乗員に慣性力として作用し、乗員傷害に大きな影響力を及ぼす。これまで、車体を構成する部材の変形から客室減速度を系統的にコントロールする手法に関する研究は見あたらない。本論文では各部材が客室減速度に及ぼす寄与度を系の力学的エネルギーの時間微分にもとづき定量的に算出し、様々な衝突形態で各部材の寄与度を明確にした。本論文は5章より構成されている。

第1章は緒論であり、自動車衝突事故による乗員傷害の数、および乗員保護のための自動車衝突試験法をまとめている。自動車衝突において客室減速度が乗員に負荷を与え、乗員傷害に最も大きな影響を及ぼすことを述べている。さらに、これまで実施されている部材のエネルギー吸収特性の研究、および現在、用いられている部材の断面力(内力)に基づく客室減速度の解析方法をまとめ、これらが客室減速度の設計をするためには不十分であることを記述している。これらの背景をもとに、自動車乗員保護を目的とする系統的な客室減速度設計のための解析方法を確立するという本論文の目的を述べている。

第2章では本論文で客室減速度に対する部材変形による寄与度を求めるために導出した「エネルギー微分法」について述べている。この方法は力学的エネルギーを時間微分することで、ある物体の減速度に及ぼす他の物体の慣性、変形による寄与度を算出するものである。さらに、この式を1次元から2次元に拡張し、客室の横方向変位や回転についても客室減速度に対する寄与度を考慮できるようにした。次に、中空管の圧潰シミュレーションによって、エネルギー微分法の妥当性について検証した。従来の部材の断面力を用いた評価方法では、中空管の先端から潰れ始めても後端では常に反力が発生し続けるので客室減速度に対する中空管各部の寄与度が求められないが、エネルギー微分法では部材の位置ごとに容易に求められることを示した。

第3章では小型乗用車の有限要素モデルを用いた前面衝突シミュレーションを実施し、これにエネルギー微分法を適用することで、客室減速度に対する各部材の寄与度を定量的に求めている。エネルギー微分法では、客室の減速度に対して各部材の変形による寄与度だけでなく、エンジンのような質量を持つ部材の慣性力による寄与度についても評価できることを示した。さらに、車体前面の一部を衝突させるオフセット前面衝突や車対車衝突のシミュレーションを実施し、それぞれの衝突形態における部材寄与度の傾向や、ハニカムバリアおよび相手車両による客室減速度に対する寄与度を明らかにしている。

第4章ではエネルギー微分法を用いて、乗員減速度に対する部材の寄与度を求める方法を述べている。乗員の持つエネルギーは車のエネルギーに対し非常に小さいために、車のエネルギーに対する乗員のエネルギーの変化を数値計算から得るのは困難であり、エネルギー微分法では直接、乗員減速度に対する部材の寄与度を求めることは難しい。そこで、乗員拘束装置から乗員に作用する力-変位特性が線形で近似できる点に着目し、エネルギー微分法と有限インパルス応答を組み合わせることで、乗員の減速度に対する各部材の寄与度を求めることを初めて可能とした。これにより、乗員の減速度は部材の変形よりも客室の変形に大きな影響を受けることが示された。

第5章は2次元のエネルギー微分法の適用事例として、自動車による歩行者保護のために実施される歩行者頭部インパクト試験を対象とした。歩行者頭部インパクトによる車体打撃シミュレーションを実施し、頭部インパクトの減速度に対するボンネットの寄与度を求めた。頭部インパクトは衝撃を受けて回転するので、2次元のエネルギー微分法を用いる必要がある。エネルギー微分法によって、ボンネットの変形抵抗と慣性抵抗の寄与度を求めることができ、インパクトの初期の減速度波形が慣性抵抗によることを明らかにした。本手法は、従来の断面力を用いた方法では評価が難しい慣性抵抗による寄与度についても定量的に求められることができ、ボンネットの構造を設計する上で有用な指針となる。

第6章は本研究の結論であり、各章で得られた知見を要約するとともに、車両開発において客室減速度の発生要因を理解し、客室減速度を設計するうえで本手法が有用であること、さらに、今後の本手法の応用および発展の可能性について述べている。

以上のように、本論文は、自動車衝突における客室減速度に対する部材の変形による力と慣性力による寄与度を系統的に明らかにし、減速度をコントロールするための新たな手法としてエネルギー微分法を確立した。この成果は、自動車の衝突特性と乗員保護性能向上のための研究の方法論に加え、自動車の構造設計においても本手法が既に適用されていることから、学術上、工業上寄与するところが大きい。よって本論文提出者 長坂圭君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があるものと判定した。