K6-30

# シートベルト外傷における腹部傷害度検討のための物理モデルの構築

Development of Physical Model for Examining Injury Severity by Seatbelt Trauma

外傷班M2 山嵜 寛也 Hiroya Yamazaki

Abstract: The purpose of this study is to construct an abdominal physical model for clarification of abdominal injury by seatbelt loading. The abdominal physical model consists of soft tissue model, skeleton model and intra-abdominal organ model. Intestine model was created in silicone as a model of intra-abdominal organ. Intestine model created in the manufacturing method that uses mold, this model stretch rate is 1.05 times and rupture stress is 1.07 times. This model closes to the human body small intestine mechanical properties.

### 1. はじめに

平成20年の法改正により,自動車乗車時のシートベルト着用が全席で義務化された.それに伴い乗員のシートベルト着用率は年々増加しており,交通事故による乗員の死亡者の減少に寄与している<sup>[1]</sup>.しかし,自動車前面衝突時に,乗員に装着された腰ベルトが骨盤から腹部上方へとずり上がり(サブマリン現象),ベルト直下の臓器に大きな圧力がかかることで発生する腹部の外傷,所謂シートベルト外傷が報告されるようになった.

シートベルト外傷において損傷する身体箇所は,主 に腸管・腸間膜である.また,腹部受傷による死亡者 数は頭部受傷や胸部受傷と比べて少ない一方で,死亡 率は最も高く,重要な問題と考えられる.これまでの 研究より,シートベルト外傷における傷害のメカニズ ムとして,次の3つが挙げられる<sup>[2]</sup> (Fig.1).

①腰ベルトと脊柱によって挟まれた腸管が圧座される ことによる損傷

②腸管が変形あるいは交錯することによって起きた腸 閉塞部分の内圧が上昇することで発生する破裂

③腸間膜内の血管が損傷することで起こる虚血性変化



①Crush by the direct force

②Rupture caused by ③Ischemic change internal pressure rises

Fig.1 Mechanism of seatbelt trauma

先行研究<sup>[3]</sup>より①ベルト圧迫による腸管の圧座③血 管の損傷による虚血性変化はされているが、②内圧上 昇による腸管の破裂に関しては力学的な検討がなされ ていない. 従って本研究では,腹部物理モデルを構築すること で、シートベルトの圧迫に起因する腸管内圧上昇によ る破裂の発生の検証,および傷害の発生と相関のある 物理量の検討を行う.

#### 2.腹部物理モデル

シートベルト外傷は、ベルトの圧迫により腹壁が変 形し、腹壁と脊柱の間に腸管などの腹腔内臓器が挟ま れることで発生する<sup>[2]</sup>.従って、腹部物理モデルは筋 肉や脂肪などを模した軟組織モデル、肋骨や骨盤など を模した骨格モデル、腹腔内臓器の腸管モデルの3要 素が必要である.

本報告においては腹部物理モデルの第一段階として, 腹腔内臓器である腸管モデルを製作し,人体忠実性を 調査する.また,ベルト荷重実験を行うことで内圧上 昇による腸管破裂が発生することを確認し,腸管破裂 の発生に起因する物理量を検討するものである.

# 3. 腸管モデル

# 3.1.材料選定

人体腸管の機械的特性として,引張試験によって測 定した伸び率,応力<sup>(4)</sup>に着目する.また,本研究では 破裂という現象を対象とする特性上,変形の過程は無 視し,破断応力にのみ注目する.これらの機械特性を もつモデルを作成するための材料としてシリコーン (信越シリコーン KE-17)を採用する.

### 3.2.作成方法

人体腸管の腸壁の厚さを再現するために型を使用し てモデルを作成する(Fig.2).

シリコーンの粘性が高いため、シリコーンと硬化剤 を混合し、型へ充填する際に大きな気泡が混入してし まう.気泡の混入はモデルにおいて局所的な強度の低 下を招くため、対策としてシリコーンと硬化剤の混合 液を減圧容器内で気泡を除去したのち型に流し込み硬 化を行った.また型内での混合液の片寄りを除去する ために型の両端を固定した.作成したモデルをに示す (Fig.3).



Fig.2 Mold of Intestine Model



Fig.3 Intestine Model(length:150mm/thickness:2.5mm)

### 4. 機械的特性の調査及び過去モデルとの比較

#### 4.1.目的

人体腸管とモデルの機械的特性を比較するために調 査が必要である. 簡易的な引張試験を行い,人体腸管 の機械的特性を文献<sup>[4]</sup>と比較する.

また新モデルの機械的特性の確認のため旧モデルと 比較する.測定項目として公称応力・公称ひずみを使 用する.

### 4. 2. 試験装置・方法

試験片に対して荷重をかけていき,試験片の厚さ, 変形量,その際に作用している荷重を計測し,画像解 析から応力と伸び率を求める.

## 4.3.実験結果



Figure 4 Stress-Stretch Ratio

作成した新モデルと旧モデルの機械的特性を分散を 用いて比較した結果を Tab.1 に記す.

<b>m</b> 1 4	36 1 1	•	1	•
Tab.1	Model	comparison	bv	variance
			~ _	

	破断応力[mpa <sup>2</sup> ]	破断伸び[-]
旧モデル	0.0065	0.14
新モデル	0.0018	0.02

**Tab.1** より旧モデルと比較し新モデルの機械的特性の 安定性が確認できた.

人体腸管と新モデルの機械的特性と比較した結果, 人体腸管と最も差異のある点で伸び率は1.10倍,破断 応力が1.09倍となった(**Fig.4**).

## 5. まとめ

シートベルトの圧迫による腹部傷害の発生メカニズ ム解明のための腹部物理モデルの第一段階として、腸 管の新モデルを作成した.モデルの厚さや型へ充填す る際の気泡混入といった問題点を改善し,所望の寸法 のモデルを作成する事ができた.

また,簡易的な引張試験の結果,旧モデルと比較し より近い機械特性を持つモデルであることが確認でき た.

# 6. 今後の取り組み

ベルト荷重実験を行い,腸管の破裂を検討する.

その際に圧縮率、ベルト荷重、変形速度、ヴィスカ ス基準、を検討する物理量とし、腸管破裂の有無及び 傾向の調査を行うための実験条件を選定する.

#### 参考文献

- [1] 警察庁交通局:「交通事故統計(平成 26 年 5 月 末)」, 2014
- [2] J. S. Williams et al.: "The Automotive Safety Belt: in Saving a Life May Produce Intra-abdominal Injuries", The journal of trauma, Vol. 6, pp.302-315, 1966
- [3] 斉藤大蔵ら:「シートベルトによる消化管損傷の 実験的検討」、日外傷研会誌、Vol. 6, pp.25-33, 1992
- [4] Viacheslav I.Egorov et al : "Mechanical properties of the human gastrointestinal tract", Journal of Biomechanics, Vol.35, pp1417-1425, 2002