

# 脳挫傷生成メカニズムの解明に関する研究

東京都立大学 工学研究科 機械工学専攻  
修士2年 渡利 将雄

## 1. 緒言

人間が頭部に何らかの外傷を受け死亡した場合、一般に頭蓋骨折、頭蓋内出血、脳損傷などが死因となる。中でも脳損傷は局在性の損傷である脳挫傷と、損傷が広範囲に渡るびまん性損傷とに分けられ、びまん性には脳震盪や脳の内部が破壊されるびまん性軸索損傷(DAI)などが含まれます。また、脳表面に出血を伴って発生する脳挫傷では、主に直接打撃を受けた側の脳表面にみられる coup と、損傷が直接打撃を受けていない衝撃部位の反対側にみられる contrecoup とがある。(Fig.1)

これらの外傷が見られた場合に、解剖所見から頭部に何らかの衝撃を受けて死亡したことは推測できるが、如何なる種類の衝撃が頭部に加わったのか、また、打撃物体が具体的にどのようなものであったのかということ判断するのは非常に困難である。そのため今日まで多くの研究者により、頭部外傷、特に脳損傷の生成メカニズムを解明するために、生体や死体を用いた実験、物理モデルを用いた実験、ならびに有限要素解析などの数値計算による研究が行われてきている。

しかしそのメカニズムの解明には至っていないのが現状である。

正確な固有振動数を検出するには接触時間を減少させ対象物の動特性を変えないように行うのが普通である。しかし、接触時間を減少させると低周波数の感度が悪くなる。(Fig.3)

このことを踏まえ、打撃による頭部損傷は接触時間の長い振動試験と置き換えることができる。そこで自由状態の振動と衝撃の振動が打撃時のモデル全体の挙動とどのようなメカニズムの相互関係にあるのか明らかにしていくことを目的とする。

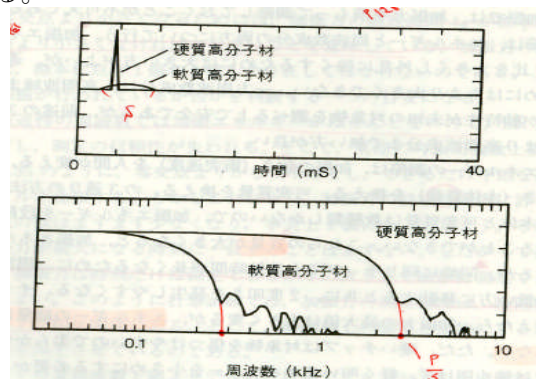


Fig.3 接触時間と振動数の関係

## 3. 研究概要

本研究は大きく二つに分かれ実験と解析で進めていく。

実験では、頭部の構造の弾塑性体の頭蓋と粘弾性体の脳実質と液体のCSFの3構造に着目してモデル化をし、解析の検証・圧力伝播の仕組み・入出力の関係を探る。

解析では、前回より詳細な頭部モデルを作成して実験で得られた条件を適用し脳挫傷の原因に理解を進める。

### 3.1 実験

今回は、通常の打撃時の圧力変動状態で接触時間を減らして容器の固有振動数が圧力変動に関係しているのかを探るため Fig.4 のように行った。打撃には、木製のハンマを用い容器につけたロードセルを打撃して対側の圧力を測定した。その時の荷重・圧力波形を Fig.5 に示し、圧力について周波数分析したのが Fig.7 になります。

また、水の入った容器の周波数応答関数を Fig.6 に示す。

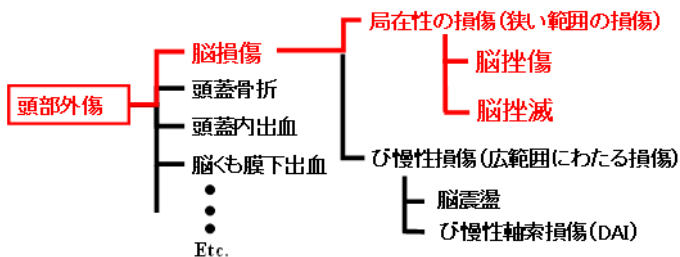


Fig.1 頭部外傷の分類

## 2. 目的

ある物体の固有振動を計測する実験について考える。一般的な実験モード解析は、打撃により対象物を加振しエネルギーを伝えることで解析を行っている。試験の進め方を Fig.2 に示す。

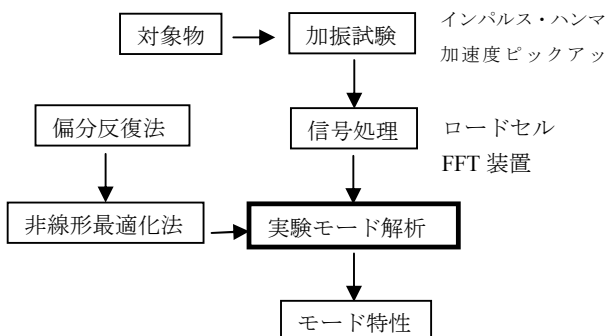


Fig.2 実験モード解析の進め方

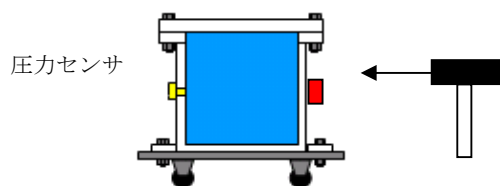


Fig.4 実験概要

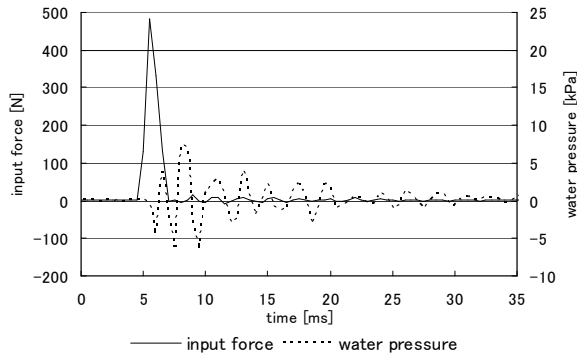


Fig.5 一重容器+台車の圧力・荷重変動

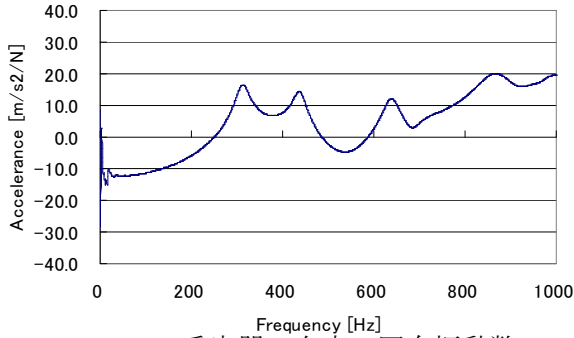


Fig.6 一重容器+台車の固有振動数

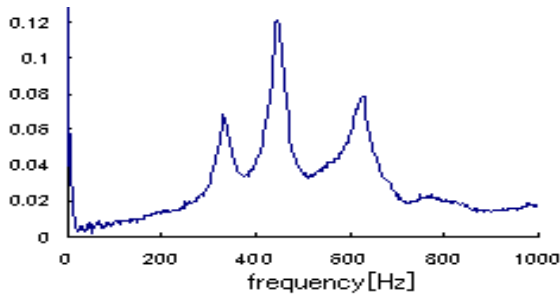


Fig.7 一重容器+台車の固有振動数

### 3.2 解析

実験結果を参考に radioss を用いて容器内の圧力伝播の様子を調べた。(Fig.8

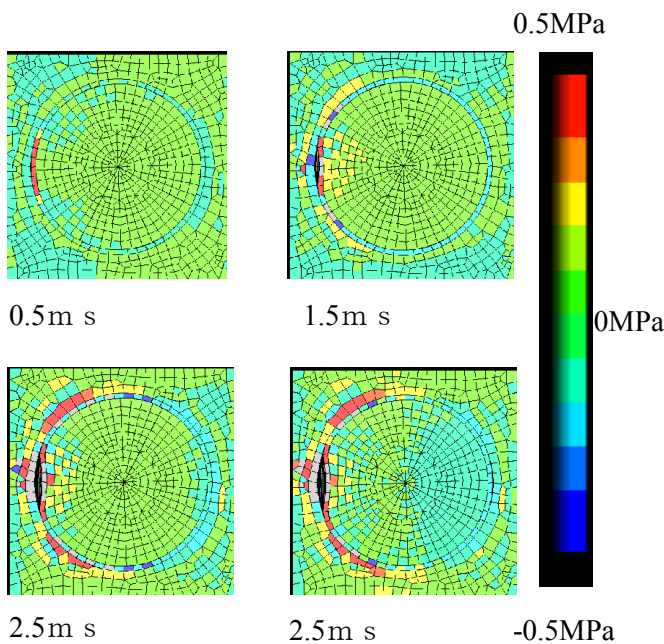


Fig.8 応力伝播

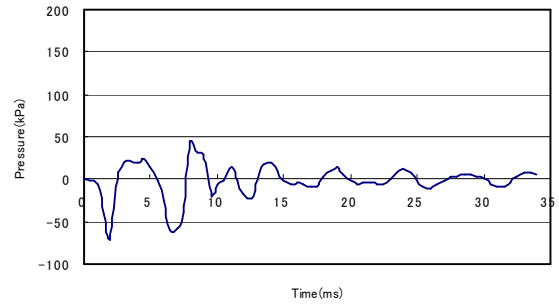


Fig.9 容器の応力波形

### 3.3 頭部モデル作成

MRI を用いて頭部の断層撮影を先月 15 日に駒込病院にて行いました。(66 スライス, 0mm 間隔) その画像を参考にして各画像から頭部組の輪郭線を抽出し結合して表面データを作成します。(Fig. 10) そのモデルの内部を要素分割して完成する。

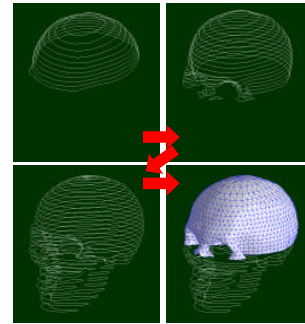


Fig.10 頭部モデル作成手順

### 4. 結果と展望

接触時間を減少させた打撃試験は、圧力にはっきりとした固有振動数が現れていることがわかる。この結果を利用して、通常の実験の圧力変動が固有振動数と衝撃の関係にあることを明らかにする。

今回の解析は同定までにはいかなかったが、容器内の圧力の伝わり具合は確認できた。

今後は、頭部モデルを作成し、radioss の設定を確立して脳挫傷の解明を進めていきます。

#### 参考文献)

1. Nahum A.M.etc."An Experimental Model for Closed Head Impact Injury", 21st STAPP Car Crash Conf., 783-814,1976
2. Nahum A.M.etc."Intracranial Pressure Dynamic During Head Impact", 21st STAPP Car Crash Conf., 339-366, 1977
3. 藤原ら:脳挫傷の生成機序に関する研究の進歩について, 日法医誌, 47, 387-397, 1993.
4. 藤原ら:打撲, 転落および転倒死例にみられる脳挫傷の解析, 日法医誌, 40, 1986, 99.377-383.
5. 青木:よくわかる脳 MRI, 秀潤社
6. 長松:モード解析入門, コロナ社
7. R.WILLINGER, C.M.Kopp, D.Cesari "CEREBRAL MOTION AND HEAD TOLERANCE" ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF AUTOMOTIVE MEDICINE, 378-403,1991
8. R.WILLINGER, L, TALEB< and C-M. KOPP, "Modal and Temporal Analysis of Head Mathematical Models" Journal of Neurotrauma, 743-754, 1995