

## TGC 運搬に対する衝撃実験のまとめ

### 目的：

2003年5月末に、ATLAS日本グループが作成、検査したTGCモジュールを、スイスのCERN（欧州合同素粒子原子核研究機構）へ安全に運送する必要がある。TGCモジュールの内部には50 $\mu\text{m}$ のワイヤーが密に張られており、更に十分な気密性も必要とする。また、全ての部品がボルトを使わず、接着剤のみで張り合わせてある。よって、衝撃や振動による破損が懸念される。

そこで、安全性を確かめるために、モジュール単体での落下試験と、運搬に使用するTGC運搬用箱の衝撃実験を行なった。

1. モジュール落下衝撃試験
2. 運搬箱衝撃試験
3. まとめ

---

### 1. モジュール落下衝撃試験

#### 1.1 セットアップ

試験に使用したTGCモジュールは、イスラエル製のT8Doublet。形状、製造過程は、今回運搬予定のT7とほぼ同じである。

試験方法は、モジュールを立てた状態（運搬時と同じ状態）で吊り上げ、落とす方法を取った。ガイドのある専用試験台を作成、吊り下げる紐は、強度のあるスチールバンドを使用し、それを切り落とすことで、正しく落下させることが可能となる。

使用した緩衝材は、モジュールに取り付けられた高さ5cmのゴム足と、落下地点に敷いたスポンジマットレス（～高さ10cm）。

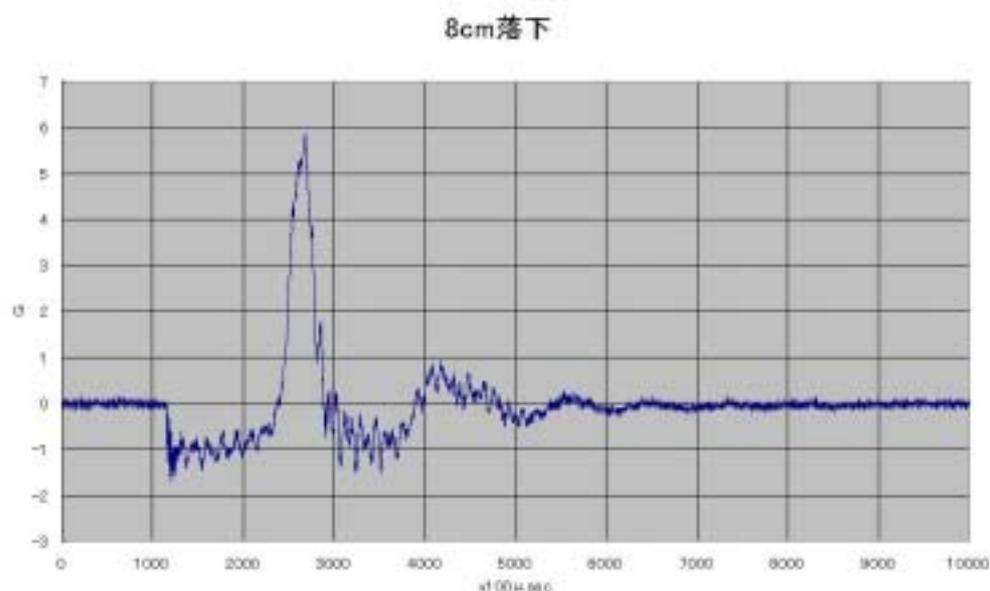
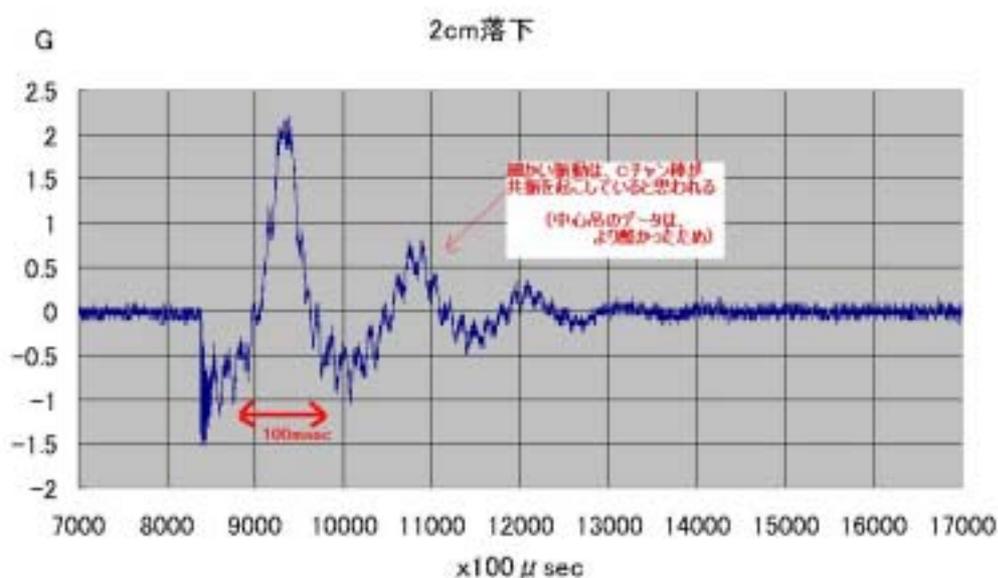


## 1.2 加速度の測定方法

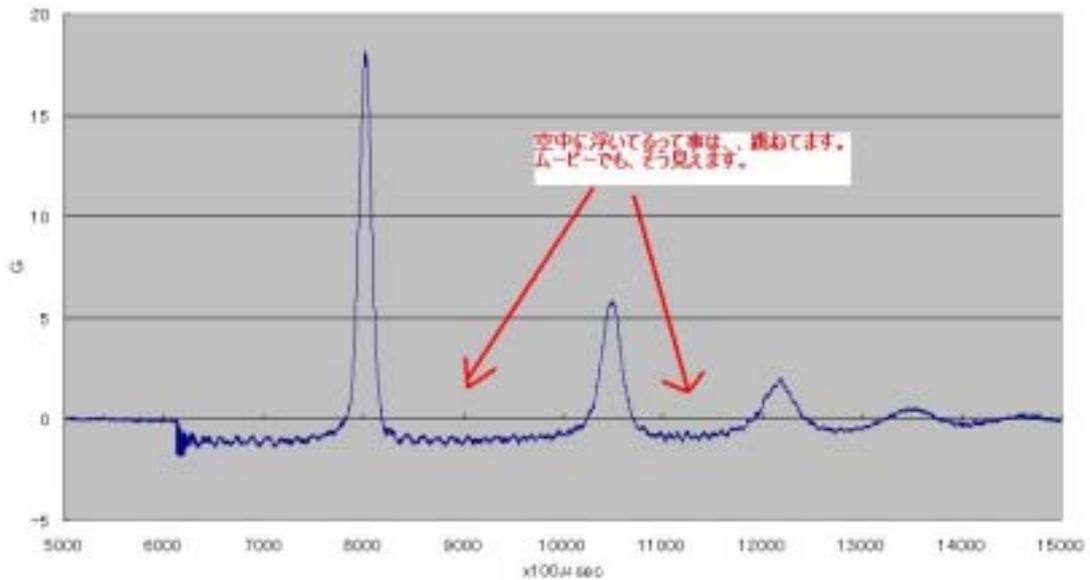
加速度センサーとして、ADXL150 (AnalogDevices 社) を使用、 $\pm 25G$  での測定が可能になるように設定を施した。センサ出力が電圧値 ( $1G=76mV$ ) で出てくるため、PC に AD ボード (Contec 社の AD12-8PM) を搭載し、データ取得を行なった。サンプリング周期は、100nsec。

## 1.3 試験データ

行なった試験は、2cm, 8cm, 15cm 3 段階に高さを変えて落とすというもので、各高さで、5 回ずつ落下させてデータ取得を行なった。高さを変更する際には、ワイヤーの断線、ガス漏れの有無、外傷の有無を調べて、破損が起きたかどうかの指標とした。



### 15cm落下(最高値)



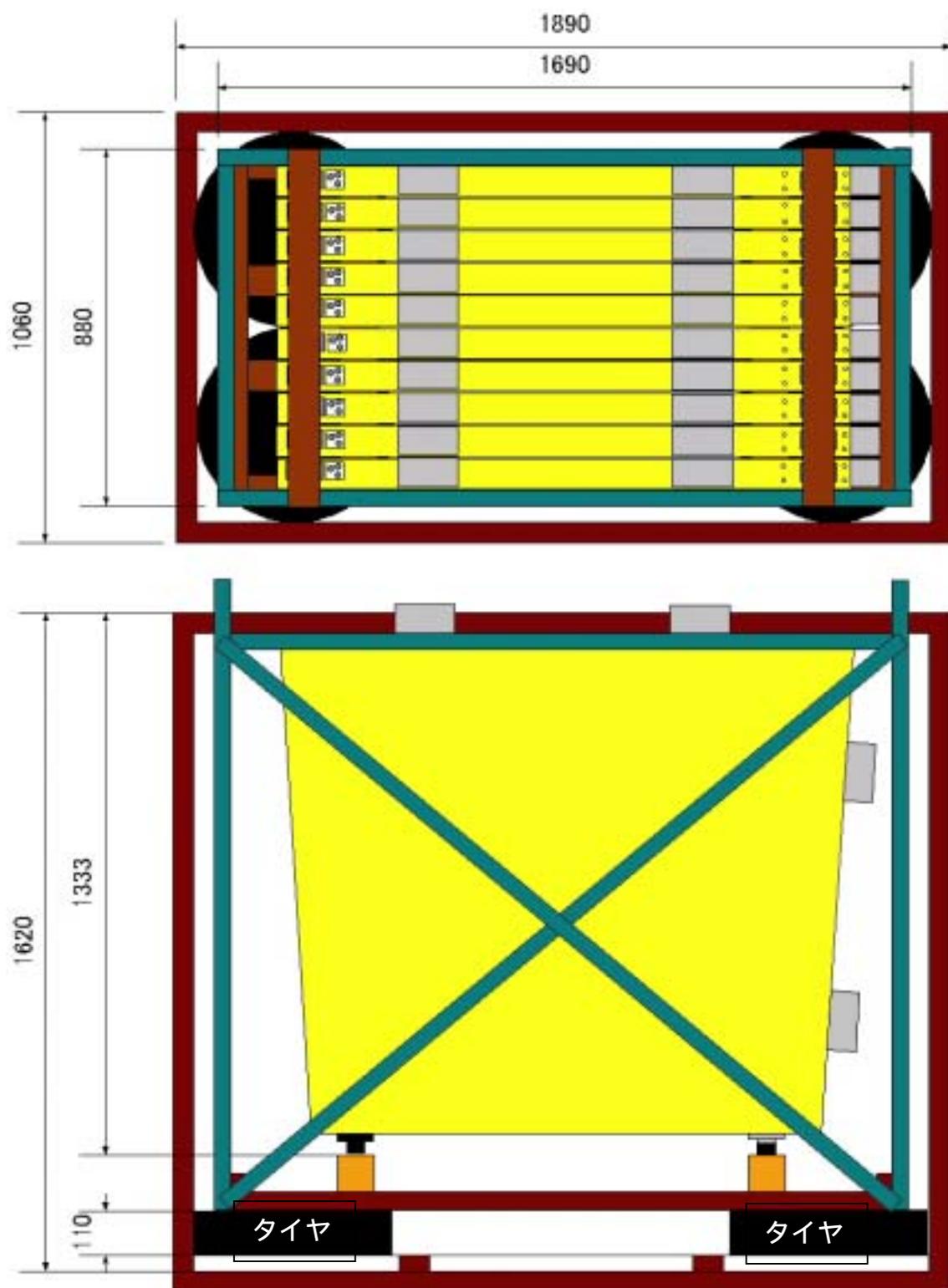
15cm から落下させた際には、マットレスは底打ちしてしまっているため、ほとんどゴム足の緩衝効果のみと考えて良い。今回の試験では、50msec に 1.8 G ほどのパルス衝撃が加わったが、モジュールに破損は起こらなかった。

\* 試験風景 etc.

[http://www.phys.sci.kobe-u.ac.jp/~arataki/trans/drop\\_impact/photo/](http://www.phys.sci.kobe-u.ac.jp/~arataki/trans/drop_impact/photo/)

## 2. 運搬箱衝撃実験

### 2.1 箱の緩衝構造



基本的なコンセプトは、

- \* モジュールを 10 台まとめて内箱として固定。
- \* 内箱～外箱間の緩衝をしっかりと行なう

この 2 点に行き着いた理由は、モジュールに力を加えても良い場所が、4 隅のアルミ治具に限られていることと、総重量が大きいほうが、緩衝材の選択がしやすいことからである。

この方法で注意すべき点は、

- \* 十分な緩衝効果があること
- \* 内箱にそれなりの剛性があること
- \* モジュールと内箱の間に、適度な遊びがあること

であり、ほぼ実物に近いモデルを組んでみることによって、その程度を見積もることにした。

## 2.2 モデル組み立て

内箱の構造は、底板に C 型チャンネル 75 × 45 × t1.6 を井桁に組んだものを使用。柱、梁は 40mmL アングルで組んだ。アングルにはコーナーに振れ止め板を装着してある。筋交いには、40mm フラットバーを使用。以上は、基本的に全てボルト止めで行なった。モジュールの足が載る部分には、90 × 90 の角木材を使用。

### \* 内箱の外観



\* 外箱に内箱を設置



\* ダミーモジュール搭載風景（1枚だけは本物を詰めた）



\* モジュールの 10 台連結治具 A



\* モジュールの連結治具 B



## 2.3 試験内容

衝撃を加える方法として、2種類の実験を行なった。

- \* フォークリフトで箱を持ち上げ、最高速で激しく地面に降ろす。
- \* フォークリフトで箱を持ち上げた状態のまま、バンプを乗り越える

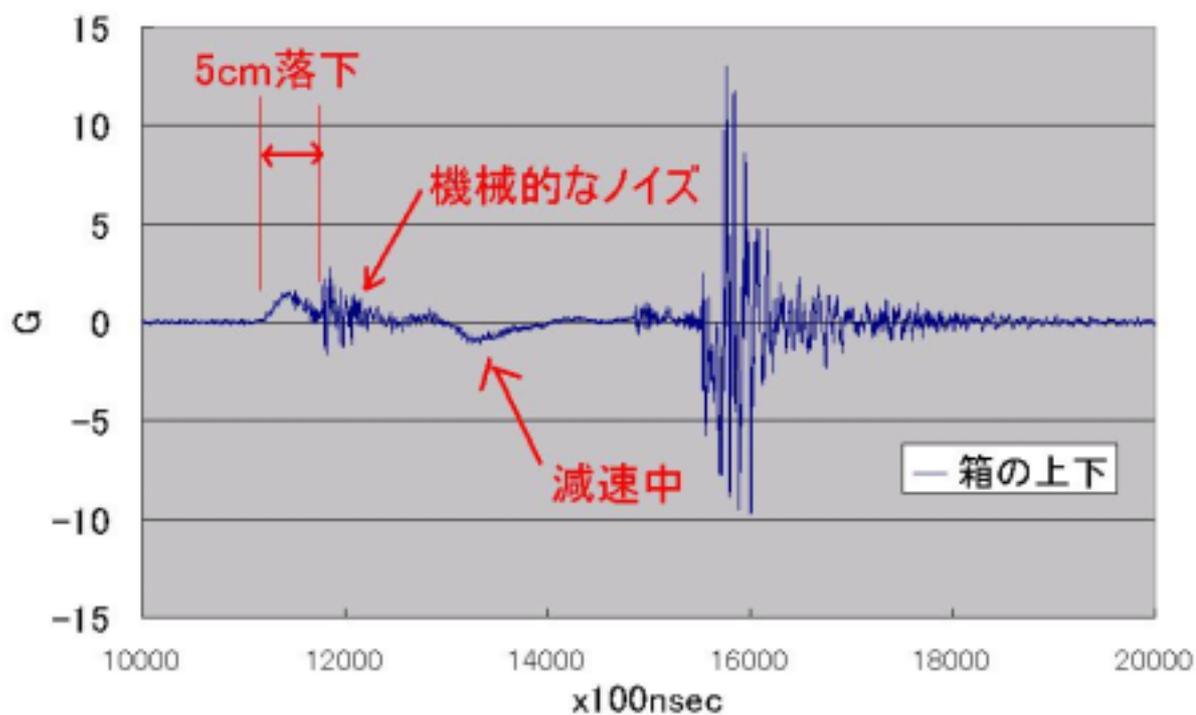
ここで、バンプというのは、自動車等のドライバーに減速を促すために路上に設置されている突起（高さ約 15cm）を指し示す。

使用した加速度センサー、データ取得方法は、1 のモジュール落下衝撃実験と同様。

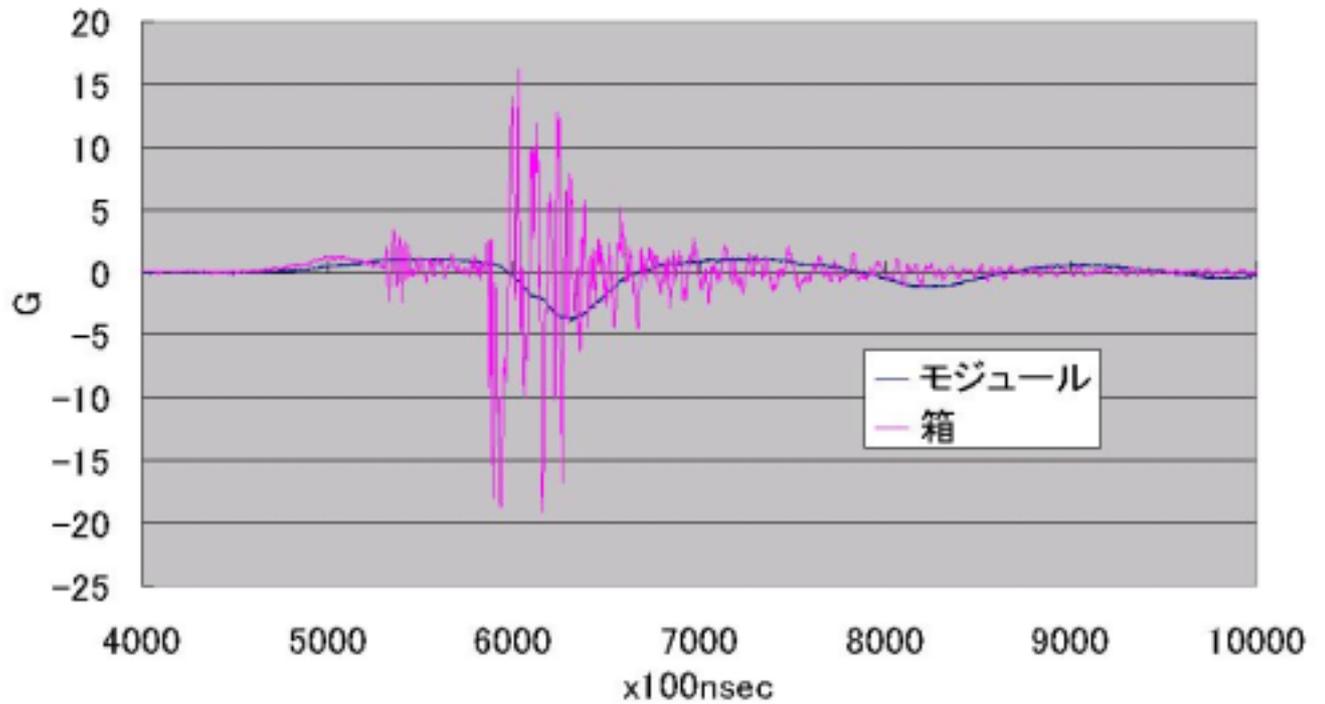
### 2.3.1 フォークリフトでの落下衝撃試験

この試験において、降ろす高さは 5cm とした。理由は、フォークリフトに安全装置として、減速させる機構があり、5cm 降ろした時点で最高速度に到達しているからである。

リフトで下ろした時の、箱の挙動



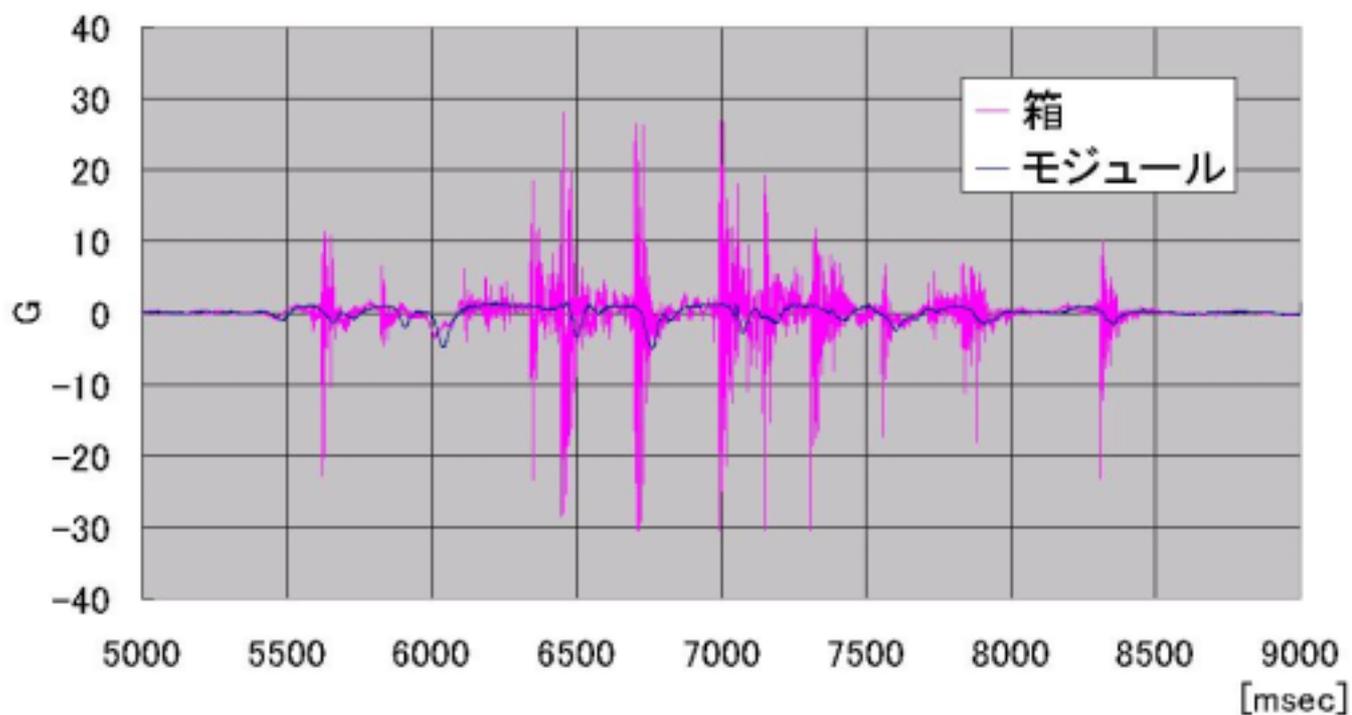
上下動(フォークリフトで5cm落下)



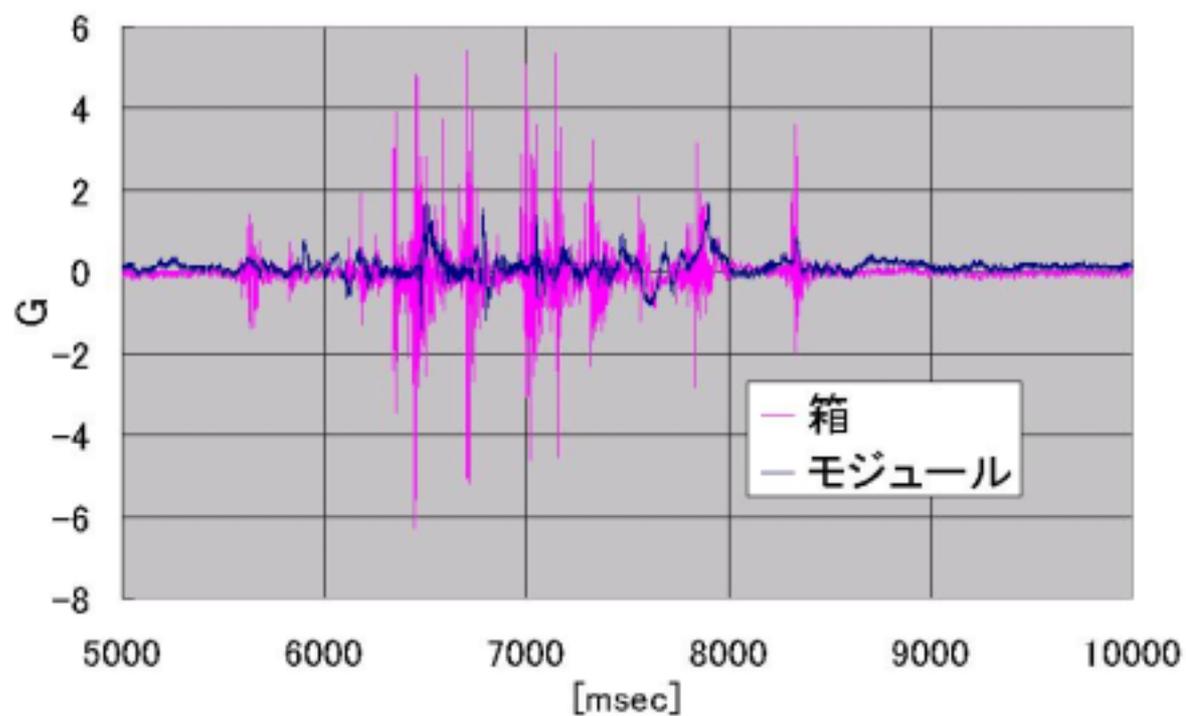
グラフをみると、箱に加わった衝撃が、正しく緩衝されていることが分かる。  
5cm からの落下を、5 回程繰り返したところ、どの最大値もほぼ 4 G 付近を指し示していた。  
この試験後に、モジュールのワイヤー断線、外傷等がないか調べたが、問題はなかった。

### 2.3.2 バンプ乗り越え試験

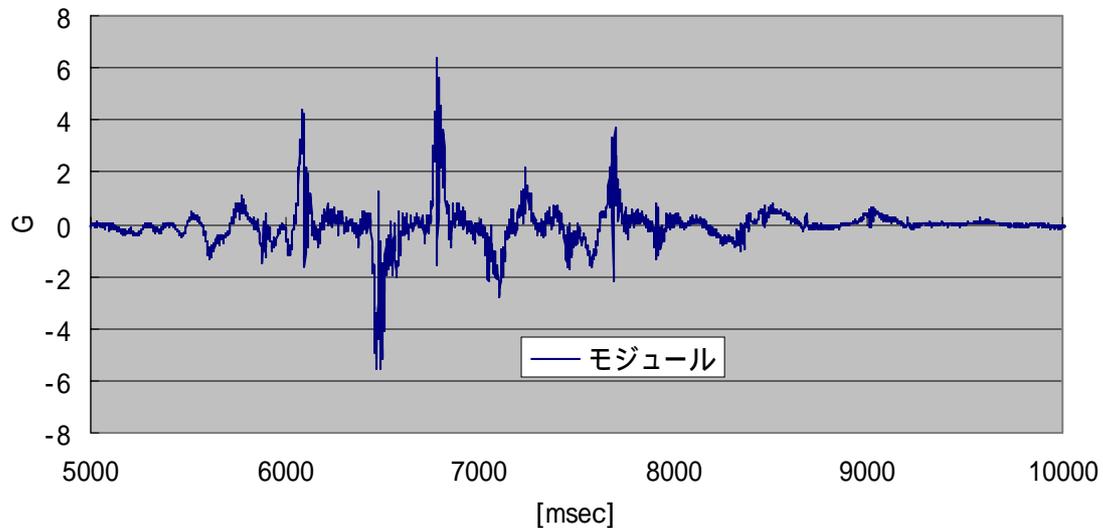
上下動(バンプ乗り越え)



箱長辺方向への揺れ(バンプ乗り越え)



箱短辺方向への揺れ(バンプ乗り越え)



グラフより、モジュールに加わった衝撃は、上下方向には約 5G、箱長辺方向には 2 G、箱短辺方向には 6 G 程度である。この試験を 2 度行い、ワイヤー断線、外傷のチェックを行なったが、問題は無かった。

\* 試験風景 etc.

<http://www.phys.sci.kobe-u.ac.jp/~arataki/trans/030314/photo/>

[http://www.phys.sci.kobe-u.ac.jp/~arataki/trans/t7t\\_packing/](http://www.phys.sci.kobe-u.ac.jp/~arataki/trans/t7t_packing/)

### 3. まとめ

今回の試験で、モジュールには、運搬中に予想される衝撃に対して、十分な強度があり、この内箱を用いた運搬方法で十分安全と言えることが分かった。

今後考えるべき点は、内箱の構造の詳細で、

- \* 内箱自体の組み立て、緩衝材の設置、外箱への設置が簡便である
- \* モジュールの搭載が可能なように、内箱の長辺側を外すことができる
- \* 十分な剛性を持つ

以上のような要請から、内箱も、外箱のフレームと同じような構造（鉄材の溶接による仕上げで、底板、壁（短辺,長辺）に分解できるもの）が望ましいと思われる。