



# 大型トラックの荷台振動

小林 こそえ(日野自動車株式会社)

## 1. はじめに

トラックは、『荷物を積み込まれた時のままの状態まで目的地まで届ける』ことが『使命』と言える。この「積み込まれた時のままの状態」とは、輸送中に積荷を傷つけないということが第一で、物流において積荷に傷ができることによる影響は、商品そのものの損失という経済的損失だけではない。その損失分を補填するための輸送回数の増加や多くの緩衝材を用いた包装による廃棄物の増加など、環境に対しても大きな影響を与えてしまう。

積荷を傷めてしまう主な原因は3つ。一つ目は荷役作業中の落下で、落下衝撃による積荷の破損。二つ目が、荷台内の湿度、温度変化による包装資材の劣化である。ダンボールなどは湿度の高い場所や結露によりやわらかくなり、段積みされた重みに耐えきれずつぶれてしまう。そして三つ目として挙げられるのが荷台の振動である。荷台振動では、段差を斜めに超えた際に発生する左右方向の大きな揺れにより積荷が崩れる、あるいは走行時に定常的に発生している振動が荷物に対して長時間加わることで傷みが進行していくことがわかっている<sup>(1),(2),(3)</sup>。

本稿では、荷物を傷つける一因であるトラックの荷台の振動について、その原因と振動低減のための技術を紹介し、さらに今後の展望について述べる。

## 2. 大型トラックの構造と車両振動

### 2.1 大型トラックの構造

日本でよく見られるトラックは、図1に示すように、荷物を乗せる

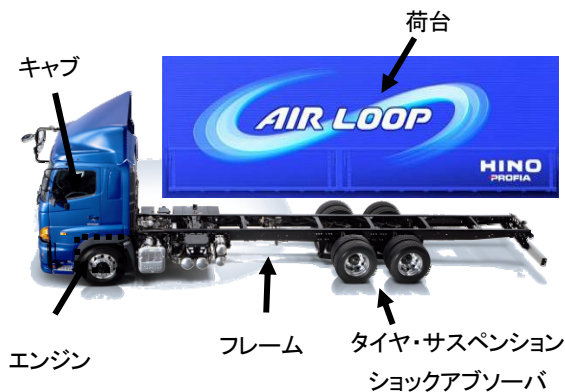


図1 大型トラックの構造

荷台、乗員が乗り込むキャブ、そのほかタイヤ、サスペンション、フレームやエンジンなどで構成されている。車両の骨格となるフレームは梯子状で、タイヤはサスペンションを介してフレームに組み付けられている。エンジンはフレームの前部すなわちキャブの下にエンジンマウントと呼ばれるラバーを介して載せられ、荷台はフレーム後部に固定されている。

### 2.2 大型トラックの車両振動の特徴

図2に車両の振動にかかわる要素を振動モデルとして示す。車両振動の主な原因となる路面からの入力、ばねとしてはたらくタイヤからばね下と呼ばれる車軸類に伝わる。そしてばね下の振動がもうひとつのばね要素であるシャシサスペンションを通じてフレ

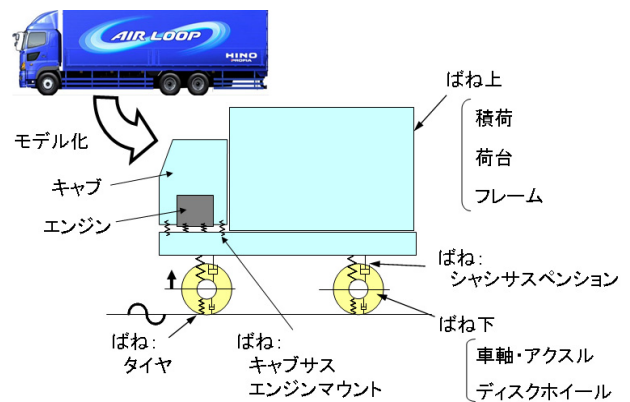


図2 大型トラックの振動モデル

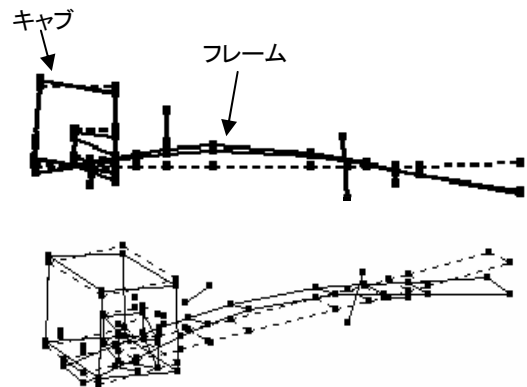


図3 フレームのたわみ振動 (実機モード解析結果)

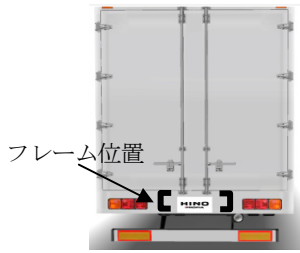


図4 車両後部から見た荷台の支持位置

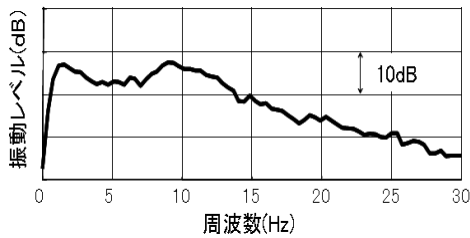


図5 大型トラックの荷台振動 PSD

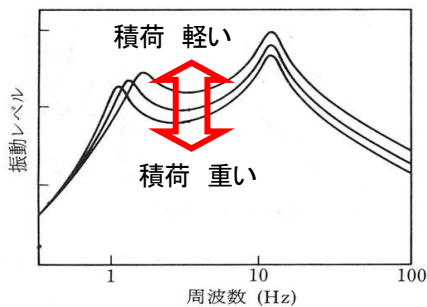


図6 積載違いによる振動レベルの変化

ームに伝わり、フレームが振動する。フレームは軽量化を追求して必要最低限の剛性に抑えられているため、図3に示すようなたわみ振動やねじれ振動などの弾性振動が発生しやすい。フレームの前側では、約1t(乗用車 1 台分相当)あるエンジンが絶えず振動し、またキャブはばね要素であるキャブサスペンションでつながれているため、キャブの振動もフレームへの振動入力として影響を与える。荷台は図4に示すようにフレームに対して幅が広いので、両端は羽のように振動しやすい状態である。さらに、車両自体の重量約 10t に対し積載する荷物の重量は 0~15t と大きな幅があり、車両重量が最大で 2.5 倍にまで変化することで車両の振動特性も大きく変化する。このようにトラックの振動特性を決定する要因は様々で、とても複雑なものとなっている。

図5に荷台振動の周波数特性(PSD:Power Spectrum Density)を示す。1~2Hz に見られる一つの山はシャシサスペンションのばね定数(k)とばね上重量(m)の関係で決まる上下振動の共振ピークで、共振周波数は以下の式で得られる<sup>(4)</sup>。

$$\omega \approx \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \text{ (Hz)} \quad \dots(1)$$

1~2Hz には上下振動だけでなく、ピッチング(前後方向の回転振動)やローリング(左右方向の回転振動)の共振周波数も存在している。また、10Hz あたりに見られる2つ目の山はタイヤのバネ定数とばね下の重量で決まる共振ピークである。5Hz~の帯域

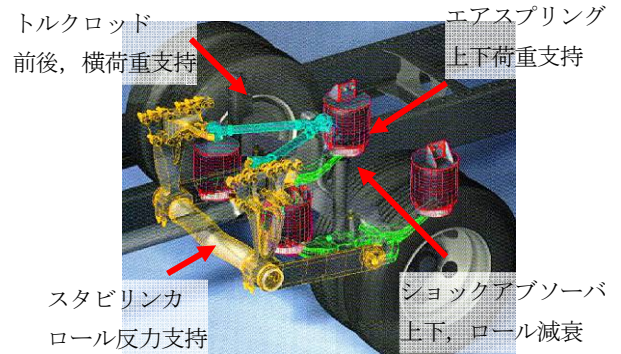


図7 エアサスペンションの構造



図8 マルチリーフスプリング(板ばね)

に存在する小さな山は図3に示したようなフレームの弾性振動による共振ピークである。









荷台の積荷の重量が増えると、式(1)からも明らかのように、共振周波数は低くなる。積載重量が変化した場合の振動周波数特性の変化を図6に示した。積荷が軽いほど共振周波数は高くなり、さらに振動レベルも大きくなるのがわかる。大型トラックで荷物を運ぶ場合、積載重量は時と場合によりさまざまであるため、このように積荷が軽い際に振動レベルが大きくなる現象はできるだけ避けたい。そのため、シャシサスペンションの設計は難しいものとなっている。

### 3. 荷台振動低減のための技術

#### 3.1 エアサスペンション

図7に、近年のトラックにおいてスタンダードとなったエアサスペンションの構造を示す。エアサスペンションは大きく分けると4つの装置で構成されており、上下の荷重を支え、タイヤ、車軸からの高い周波数域の振動をフレームや荷台に伝えないエアスプリング、振動を減衰させるためのショックアブソーバ、前後・左右の荷重を支えるトルクロッド、車軸とフレームのねじれ(ロール)を支えるスタビリンカで構成されている。上下振動をフレーム・荷台へ伝えないためのエアスプリングは、車両重量に合わせて内部の空気圧を調整することができ、重量物が荷台に載った場合の車高調整や、ばね定数を変化させることができる。エアサスペンションが世の中に出る前は、図8に示すようなリーフスプリングと呼ばれる板状のばねを重ねたものが主流であった。このリーフサスペンションとエアサスペンションの特徴を表1にまとめた。また、リーフサスペンションからエアサスペンションに変わったことによる振動特性の変化を図9に示した。図9中、黒線は車両重量が最大のときのリーフサスペンション、赤線は車両重量最大のときのエアサスペン

表1 リーフサスペンションとエアサスペンションの特徴

	リーフサスペンション	エアサスペンション
構造	 ○ 構成部品少ない	 △ 構成部品多い
振動	 △ 硬いバネ	 ○ 柔らかいバネ
積荷重量変化に対する車両姿勢(車高)	 △ 車高変化あり	 ○ 車高変化なし
積荷重量変化に対するバネ定数	 △ バネ定数変化なし	 ○ バネ定数変化あり

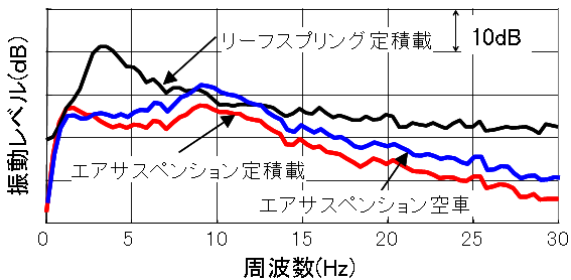


図9 荷台後端の上下振動 PSD

ション、青線は車両重量最小のときのエアサスペンションの車両の振動を表している。エアサスペンションはリーフサスペンションと比較してばねをやわらかくできるため、リーフスプリングに比べてエアサスペンションの振動が大幅に小さくなっていることがわかる。また、車両重量を小さくしても、空気圧を調整してばねの硬さが大きく変わらないようにしているため1~2Hzのバネ上共振周波数が、図6のように大きく変化していない。

このようにして、サスペンションをリーフサスペンションからエアサスペンションに変えたことにより、荷台の振動は大幅に低減され、積荷の傷みを減らすことができた。もちろん、車両全体の振動が小さくなっているため、運転手の乗心地もよくなり運転時の疲労軽減にも役に立っている。ただし、短距離走行で砂利などを運ぶダンプトラックは、現在もリーフスプリングが採用されている。

### 3.2 今後の展望

さらなる荷台振動低減を実現するためにサスペンションの性能

を上げるには、大型観光バスに採用されているような減衰特性を走行条件に応じて変化させる可変ショックアブソーバや、今後トラックへの対応が期待される技術として、アクティブ制御スタビライザ、アクティブ制御アクチュエータ<sup>6)</sup>などが挙げられる。

おわりに

以上、大型トラックの使命を担う荷台振動について、トラックの構造や振動の特徴、荷台振動を低減する技術としてエアサスペンションについて紹介した。今後も、世界規模で物流量は増えていき、大型トラックの需要も伸びていくといわれている。そのような流れの中で、これまで以上に積荷を安全に、かつ積んだままの状態 で輸送していくための技術の開発はとて重要である。

### 参考文献

- (1)小林こずえ, 長野英治:長距離輸送におけるいちごの傷みの定量評価, 自動車技術会 2007 年春季大会, No. 75-07, 353(2007)
- (2)小林こずえ:長距離輸送におけるいちごの傷みの定量評価(第二報), 自動車技術会 2009 年春季大会, No11-09, 59(2009)
- (3)小林こずえ:トラック輸送時の段ボールすれに関する一考察, 包装技術, 47(3)2009, 551, p. 169-173(2009)
- (4)自動車技術会:自動車技術ハンドブック, 1基礎・理論編, p.349
- (5)中野公彦, 平山勝彦, 鈴木啓祐, 須田義大, 小林こずえ, 木下和人, 佐々木隆, 上妻文英, 伊藤隆:車体ねじれを考慮した大型車電磁サスペンション制御に関する研究, 自動車技術会 2009 年春季大会, No. 63-09, 303(2009)