



輸送包装の最適化と輸送環境

齋藤, 勝彦
長谷川, 淳英

(Citation)

日本包装学会誌, 10(6):257-262

(Issue Date)

2001

(Resource Type)

journal article

(Version)

Version of Record

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/90001157>



総説

輸送包装の最適化と輸送環境

斎藤勝彦*・長谷川淳英**

Optimization of Transport Packaging and Transport Environment

Katshuhiko SAITO* and Kiyohide HASEGAWA**

An optimum transport package consideration should include all aspects of the distribution system. To be successful in transport package design, take a total-system approach. In order to protect products from environmental shock and vibration hazards during distribution, the package designer should select the most economical cushioning which reduces the transmitted shock acceleration to nondamaging acceleration level of the product, and also which produces vibration attenuation of the critical product frequencies. Therefore, designers must define the severity of anticipated shock and vibration inputs as well as the product fragility, the designer determines specific cushioning materials' ability to absorb shock and vibration.

In this paper, we will discuss the importance of the transport environment to design an optimum transport packaging.

Keywords : Physical distribution, Transportation, Packaging, Environment, Shock, Vibration

キーワード：物流、輸送、包装、環境、衝撃、振動

1. 輸送包装の最適化へのアプローチ

輸送環境を現象面から分類すると、静荷重、衝撃、振動、温度、湿度などに分けることができる。これらはいずれも包装に影響を及ぼす項目であるが、本報告では、包装貨物の物理的な損傷と密接に関係をもつ動的外力である衝撃と振動に限定して、以下の議論を進める。

1.1 3E (Economy-Efficiency-Ecology) トータルシステム

図1は、輸送包装システムに関する経済性と機能性のトレードオフを概念的に示したものである。包装にコストをかければそれだけ緩衝・防振の機能は高まり、製品のダメージロスが少なくなることを意味しており、製品損傷補填費（事故対策費）と包装費のバランスという観点から、包装の適正度を評価できることを表現している。

*神戸商船大学（〒658-0022 神戸市東灘区深江南町5-1-1）：

Kobe Univ. of Mercantile Marine, 5-1-1, Fukaeminami, Higashinada, Kobe, 658-0022, Japan

**（株）日立物流（〒135-8372 東京都江東区東陽7-2-18）：

Hitachi Transport System, Ltd., 7-2-18, Toyo, Koto, Tokyo, 135-8372, Japan

一方図2は、輸送包装システムに関する経済性と環境適性のトレードオフを概念的に示したものである。現状では新しく開発されつつある「環境に優しい」包装システムは、それ自身では包装コストの増大を伴うものの、環境修復・保護等にかかるトータルコストの低減に寄与できることを意味している。しかしながら、それぞれの包装材がどの程度の環境負荷を与えるかを定量的に評価する手法(LCA)は研究者によって考え方が異なっており、評価基準についても定見が存在しない状況にあるため、図2における横軸の決定には主観的な判断が入り込まざるを得ない状況にあることは否めない。

以上2つの評価指標を対象にしたサブシステムを確立して、定量的に評価できる条件を整え、個々の最適条件を誘導できたとしても、

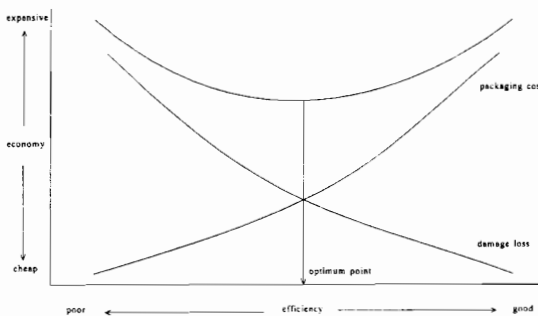


図1 Economy - Efficiency Trade off

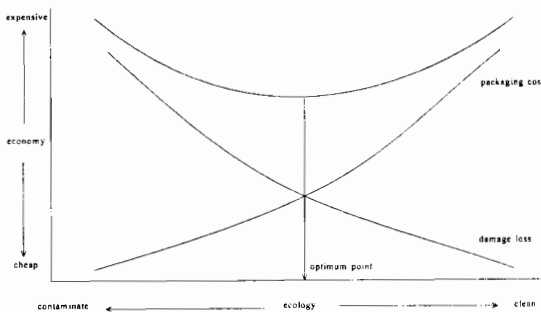


図2 Economy - Ecology Trade off

これら3つの指標を総合した評価を行った場合の最適解と一致する保証はどこにもないことは自明の理である。このことは、包装システム設計分野に限ったことではなく、幅広い分野で、今後これらの3つパラメータを総合的かつ定量的に勘案して、正しく評価することのできるシステム構築が必要であることは明白であろう。

1.2 輸送包装システムの機能性評価

上述のとおり、輸送包装システムの最適化を達成するためには、物流システム全体として機能性、環境適性および経済性を考慮したトータルシステムアプローチが必要である。したがって、輸送包装システムの機能性に関しても理論的・技術的な裏付けに基づいた定量的な評価が必要であり、輸送環境の評価がここで重要な役割を演じている。以下、その内容をもう少し詳細に考えてみよう。

1.2.1 製品保護のコンセプトと輸送環境コントロール

図3は、輸送中に包装貨物が遭遇する外力レベルと、製品強度および緩衝包装による保護能力の関係を示す概念図である。この図から輸送環境の詳細な調査が、製品強度の詳細な検討とともに、緩衝包装の適正レベルを判

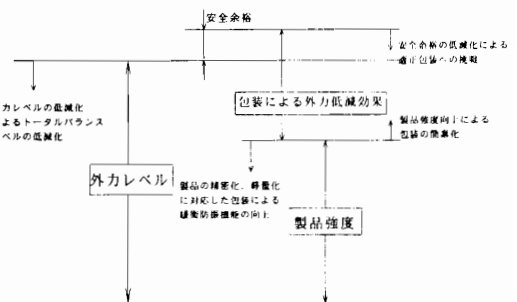


図3 「外力=包装+製品強度」の関係

断するために重要な項目であることが明らかである。つまり緩衝包装による外力低減効果と製品強さの和が、外力レベルをやや上回るレベルであれば「適正包装」であり、外力が上回ればそれは「欠陥包装」であって製品に損傷が生じ、外力が大きく下回れば「過剰包装」となる。新製品の包装設計では、輸送中の製品の損傷防止という所期の目的達成のため、過剰な包装に陥入る傾向があり、緩衝包装資材の使用量を試行錯誤しながら削減していくことが多い。

一般には外力の大きさを不変な与条件とし、包装設計技術者による緩衝機能の向上のみで上記の関係を満足させようとすることが多いが、包装設計担当者が製品の強度設計担当者と同一、もしくは両者の綿密な連携が可能な場合は、製品の強度と緩衝包装レベルのバランスを検討して適正化を実現することができる。

ここで注意すべきは、輸送環境レベルについても、包装設計をするための一方通行の入力条件であってはならないということである。つまり、与えられた輸送環境条件の下での包装設計だけにとどまらず、トータルシステムの最適化の観点から無駄な包装を無くしていくためにも、製品／包装システム設計担当技術者から物流技術担当者等へ輸送環境改善のための方策（緩衝防振対策が施されているビークル又は輸送具の使用、人手によらない仕分け、配送・仕分け等担当者の安全教育の徹底と作業現場改善による丁寧な荷扱いの実現など）を提案していく姿勢が望まれる。但し仕分け作業の自動化に関しては、設備機器の種類によっては新たな衝撃発生の原因となることもあり得るので、機器選択の時点で注意

が必要である。

1.2.2 輸送包装設計フロー

製品を輸送過程における振動や衝撃から保護し、なおかつ、緩衝材などの使用量を必要最小限に抑えるためには、図4に示す基本的なステップをクリアしながら、最適な包装システムへと昇華させていくことが必要である。それぞれのステップごとに、実行すべき内容を整理しておく。

ステップ1：輸送環境調査

先ず、何のために輸送環境調査を行うかを明確に認識しておく必要がある。輸送環境調査は輸送環境レベルの把握や、開発した包装仕様の物流環境適合性チェック、輸送事故の再現確認などいろいろな目的で行われるが、本稿での目的は輸送環境レベルの把握である。別の表現をすれば、試験規格作成のための基礎データ収集といってもよい。

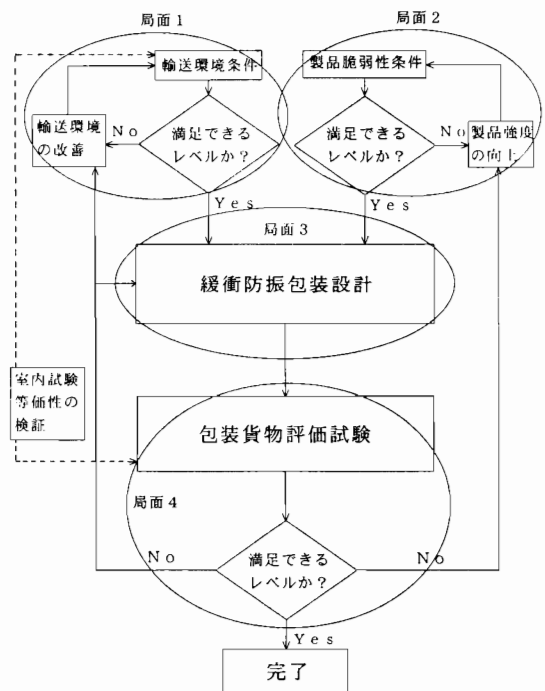


図4 輸送包装設計フロー

輸送中に包装品が受ける外力のうち計測すべき項目は、荷扱い等による衝撃とピークルの荷台上に生じる振動であり、どちらのデータも加速度波形の形で計測され処理されるが、取り扱う時間スケールが異なっており、計測対象や計測装置なども全く異なっている。衝撃計測の対象は荷扱い時に包装貨物に生じる衝撃である。一般に衝撃は単発の入力波形とそれに伴う減衰波形の組合せとして計測され、その持続時間はコンマ数秒に過ぎない。このデータは、包装貨物内部に組み込むことのできる衝撃加速度計測器で記録し、落下高さに換算・評価される。

これに対し振動計測の対象は、輸送機関の荷台振動である。荷台振動はピークルの荷台上に加速度計を取り付け、輸送ルート全般に亘って連続した波形の形でデータレコーダに記録する。計測したデータは、PSD 解析を行った後、PDS 特性で評価される。

以上の方法により求めた振動・衝撃のデータは、ステップ3、ステップ4で利用することになる。

ステップ2：製品の脆弱性評価と強度向上化対策

ここでは、まず衝撃に対する製品の脆弱性、即ち製品の衝撃強さ（易損性）を評価する。次に掃引振動試験を行い、振動に対する製品の振動特性、即ち製品の共振周波数と共振点での伝達率を確認する。その結果、製品があまりにも脆弱であったり、共振周波数がピークル荷台の固有振動数と近すぎたり伝達率が高すぎることにより、包装材料の使用量が多くなったり、荷姿が大きく物流費が上昇することが明らかで、製品強度を向上させた方が妥当な場合については、製品そのものの強度

を向上させる対策を実行する。これにより、製品の信頼性と品質の向上及び包装コストの削減が可能となる。

ステップ3：緩衝包装材の選択と詳細設計

ここでは、使用する緩衝材を選定し、その緩衝特性および振動伝達特性データを手に入る。緩衝特性については、緩衝材によっては材料メーカーからそれらのデータを手に入るものもあるが、振動伝達特性に関してはまとめられたデータは少ないので、必要な場合は自分で計測するなどして特性を把握する。緩衝材の選定の際には環境適性も評価項目に含め、環境への影響が最小限になるような配慮が望まれる。

包装設計に当たっては製品の共振振動数と緩衝系の共振振動数、及びピークル荷台の固有振動数が一致しないように配慮する必要がある。さらに、実際の包装設計に際しては、緩衝材の受圧面積及び緩衝材の厚さを決めるばかりでなく、外装箱の材質や寸法との関連なども考慮し、材料使用量を必要最小限度にとどめると共に、保護性を確保するために十分な配慮を行わねばならない。

ステップ4：包装貨物評価試験

最後に、包装設計の妥当性を確認するため、包装貨物評価試験を行う。落下試験条件および振動試験条件は、ステップ1で決定された等価落下高さおよび振動条件とする。これらの試験の結果、内容物（製品）に異常がなければ、包装貨物の出荷が可能であるが、何らかの異常が認められた場合、ステップ2またはステップ3のいずれかまで戻ることになる。

2. これからの輸送環境論

2.1 輸送環境の計測

輸送環境の計測は、外力の影響、機器の寸法・質量、電源、記録方式等、いろいろな面で制約がある。従って、輸送方法、輸送包装貨物の状況に応じて、問題となる物理現象に絞った計測を行う必要がある。特に衝撃計測装置では、電子式小型衝撃記録計を包装貨物に組み込んで計測を行うことが普通に行われるようになってきたが、計測機器の限られたメモリー容量内に輸送過程で生じたすべての事象を記憶させることは不可能であり、有効な衝撃データを取得するためには、事前にデータ計測の明確な目標設定を行わねばならない。データ計測のデジタルサンプリング間隔、トリガ方式とそのレベル、メモリーの上書き機能設定などを目的に応じて効率よく使い分けることが必要である。

振動データの計測については、全輸送区間の振動のレベルを知る必要があるが、電子式小型衝撃記録計を用いて計測を行うとデータ総量に対して記録容量が少ないため、全輸送区間中に生じた最悪条件から順に悪条件のデータが記録容量の許す範囲内で記録されることになり、このデータから求めた試験規格は実際の輸送環境に比べ極端に過酷なものとなるため、有効な結果は得られない。実測例では PSD の実効加速度が 0.3 G rms 程度である輸送区間で、小型衝撃記録計のデータの平均値で 2.5 G rms 程度のデータが記録された例もある。

従って現時点では、振動データ計測は大規模な計測システムに頼らざるを得ず、大がかりでコストの掛かる環境調査となってしまう。

将来、数時間分のデータを連続記録できるような超大容量メモリーを組み込んだ小型振動計測機器が現れるまでは、この状況は変わることはないと考えられるので、振動データ計測実施時には、将来想定されるいろいろな条件のデータを計測しておくことも大切である。

但し、構内配送やコンベア搬送、手押し台車を使った搬送作業注の振動データを計測する場合はデータ総量が少ないため、電子式小型衝撃記録計の初期条件を適当に設定することにより適切なデータ収集が可能であるので、このような作業に関しては電子式小型衝撃記録計を用いて適切なタイミングで計測を行うことが望ましい。

なお、計測された輸送環境データに基づいて等価な室内試験規格を作成する場合には、物理的な根拠に基づいた等価性のある試験規格を誘導するのに十分なデータが必要であり、データ解析についても論理的な手順を踏んで解析を行うことが重要である。

現在の輸送環境計測記録解析装置は、今後ますます小型化・高機能化（大容量バッテリー、大記憶容量、測定しながらの無線によるデータ同期転送機能など）・低価格化がすすみ、包装技術者が輸送環境の計測をより頻繁に行うことが可能になると思われる。

また現状では、計測された輸送環境情報は、輸送が完了し記録計が回収された後でデータ解析が行われており、“いつ”、“どのような”事象があったかを知り、包装設計や室内試験の基礎データとして利用できるまでには、試験終了後ある程度の期間が必要であるが、将来は、通信機能の付加やGPSとの連動により

- (1) 記録装置そのものによるリアルタイムのデータ通信機能

(2) 位置情報のリアルタイム把握
 (3) それによる基地局での輸送環境監視
 (4) 大容量メモリ装備による超長時間の計測等の機能が実現し、“いつ”、“どこで”発生したかがリアルタイムで把握できたり、振動計測の容易化が進むことにより、上記の状況は大きく変化すると予想される。輸送環境の計測は包装品質と輸送品質の向上のために、今後ますます重要性が増してくるものと思われる。

2.2 輸送環境データベース

地球規模での輸送がますます進展していく中、計測された輸送環境情報をより有効に利用する必要が増大するものと考えられる。そのためにも、計測されたデータは可能な限り公開^{4) 5)}し、相互に利用できるデータベースを構築することや、共同輸送試験の実施、データ計測要領と解析方法等の世界的な標準化など、輸送振動データの社会共有資産化が望まれる。

しかしながら、輸送環境の計測・解析は各企業毎にはかなり詳細に行われているようであるが、データの性質からかそれが公開されることは少なく、我が国の輸送包装技術者全体の作業効率からみても非効率である。但し各企業が個別に調査を行うという現状は、系統的なデータ計測が行いにくいという面もあるが、国内外のデータが広く入手され、重要仕向地については複数のデータが計測されていると云う状況を考えると一概に不適切な状況ともいえず、情報の共有化が進むことがこれらのデータの効率的活用に対する最大のポイントといえる。

将来は、地球規模の輸送体系全体で、輸送

環境情報の計測・解析、およびインターネットを利用したデータの公開⁶⁾が進展し、ユーザーがいつでもアクセスできる共通データベースが作成される可能性や、輸送品質保証の視点から物流企業に対する安全輸送システムに関する格付け評価⁷⁾等のための基礎データとして利用される可能性も十分あり得ることであり、今後の輸送環境計測技術の発展とデータベースの共用化の進展に注意を払う必要がある。

<引用文献>

- 1) A. Ong : “What”, “When”, and “Where”, 11th IAPRI Conf., 696-706, 99
- 2) V. Rouillard : Remote Monitoring of Vehicle Shock & Vibrations, 12th IAPRI Conf., 01
- 3) H. Minakami et al. : Research and Development of the “Intelligent Data Carrier”, 第6回 ITS 世界会議、トロント、1999.11、CD-ROM版
- 4) T. Trost: Source Reduction by European Testing Schedules (SRETS) - An International Research Project -, 10th IAPRI Conf., 81-87 (97)
- 5) P. Russel : Measurement and Analysis of Distribution Environments Findings and Final Report, 20th IAPRI Symp., 52-69, 00
- 6) Mr. Ces. WebPage : <http://www.nyklti.co.jp/ces/>
- 7) SafeShipInternational WebPage : <http://www.safeshipinternational.com>

(原稿受付 2001 年 11 月 5 日)