

新技術紹介

エアバッグ展開シミュレーション技術

Simulation Technology for Airbag Deployment

青木 雅司*1, 井田 等*2

1. はじめに

自動車乗員保護システムのエアバッグ開発では、展開性能を評価するために展開試験を行う。展開は一瞬の現象であり、そして複雑な製品構成のため、その試験だけでは、観察できない内部挙動や計測できない物理量がある。また、試作品の設計、作製および試験の試行錯誤のみでは、効率的かつ原理・原則に基づく開発が困難である。そのため、エアバッグ展開のシミュレーション技術が必要である。

ここでは、エアバッグの開発や設計に適用している展開シミュレーション技術の変遷と適用事例について紹介する。

2. 従来技術

2-1. 均一圧法

均一圧法はエアバッグを膨張させるガス圧力を逐次的にエアバッグ内面に均一に負荷し、エアバッグの挙動を求める方法である。この方法によって、エアバッグ展開完了時の形状やタイミングを実機相当に再現できる。しかし、エアバッグ内のガス流れや圧力分布を考慮していないため、展開途中の挙動は実機と異なるという課題がある。

2-2. ALE法*

均一圧法の課題を解決するためにALE法を試行した。ALE法は流体構造連成法の1つで、ここでは、流体であるエアバッグ内のガスの流れを求めるEuler法とエアバッグの挙動を求めるLagrange法の混成方法である。

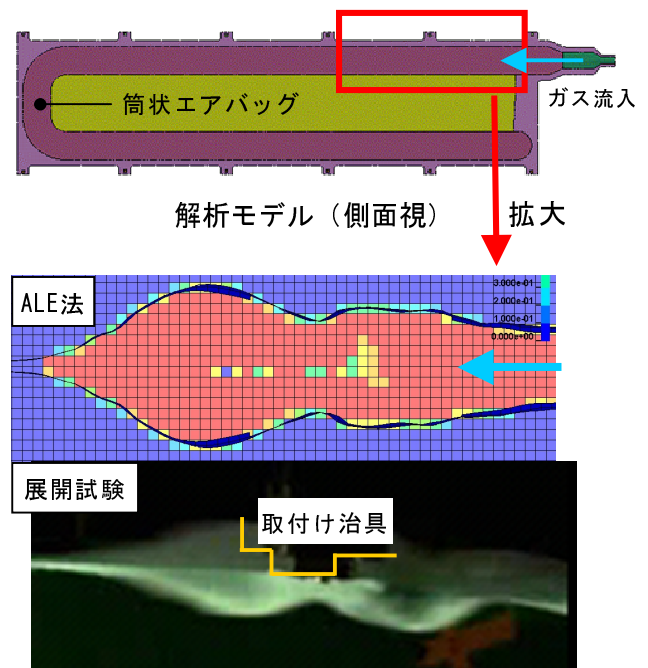


図-1 筒状エアバッグの解析モデルと展開挙動再現

この方法を使って、折りたたんでいない筒状のエアバッグがガスの流入にしたがって徐々に展開していく途中の挙動が再現できた（図-1）。

この方法を実製品に適用するには、複数の内部構成部品や幾重にも折りたたまれた状態にも対応しなければならず、折りたたまれた布の間隔に相当するEulerメッシュ間隔が必要となる。その細密なメッシュを作成した場合、計算に膨大な時間を要し実用的とは言えない¹⁾。

*ALE法: Arbitrary Lagrangian-Eulerian Method

*1 Masashi Aoki SS第1技術部 SS実験室

*2 Hitoshi Ida SS第1技術部 SS実験室

3. 現行技術

3-1. 粒子法

シミュレーションソフトウェアのLS-DYNAには、エアバッグ展開解析機能として粒子法(Corpuscular Particle Method)が実装されている。この機能ではエアバッグ内のガスを連続体として扱わず、気体分子運動論に基づきながら、気体分子を全てモデル化するかわりに、全体の並進運動エネルギーが等価になるように比較的少数の粒子に置き換えている(図-2)²⁾。

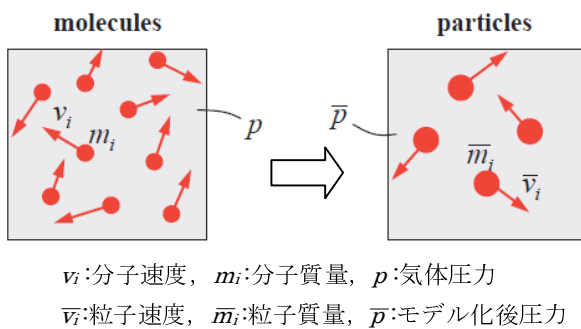


図-2 気体分子から粒子へのモデル化

気体分子からモデル化した球状の粒子は、エアバッグの中でエアバッグの布や粒子同士の衝突によって圧力が生じ、エアバッグを膨張させる。粒子は内部構成部品とも衝突し、圧力が生じたり、ガスの流れる方向が変化したりする。

粒子法ではEulerメッシュを必要としないためALE法での問題が生じることなく、実製品の内部構成部品にも対応し、実用的な計算時間で展開挙動を再現することができる。

3-2. 適用事例

カーテンエアバッグにおいて、粒子の流入によって展開する過程を図-3に示す。インナーチューブなどの内部構成部品が展開挙動へどのように影響するか観察できる。

4. おわりに

粒子法による展開シミュレーション技術を各種エアバッグ製品の開発や設計に適用している。

今後は、展開挙動だけでなく、エアバッグのエネルギー吸収特性および乗員傷害値の予測へ活用する。

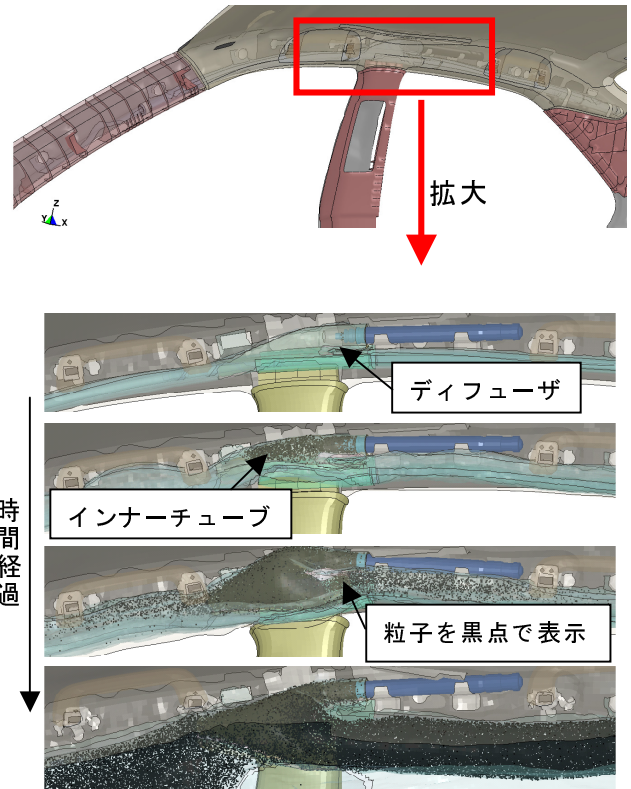


図-3 粒子の流入および展開過程(カーテンエアバッグ)

参考文献

- 1) Ning, Z. et al.: "Issues on Gas-Fabric Interaction in Airbag Simulation Using LS-DYNA ALE", 9th International LS-DYNA Users Conference, 2006
- 2) Olovsson, L.: "Corpuscular method for airbag deployment simulations in LS-DYNA", ISBN 978-82-997587-0-3, 2007

LS-DYNA: Livermore Software Technology Corporationの登録商標