

脳傷害解析の現状と今後の展開について

トヨタ自動車株式会社 車両 CAE 部 シニアスタッフエンジニア
安 木 剛

はじめに

交通事故での脳部外傷には、①局所性脳損傷が観察される場合と②局所性脳損傷とびまん性脳損傷が同時に観察される場合がある。

局所性脳損傷は、頭部を強打するなどの要因によって外傷を受けた際に、頭蓋骨内部で脳が衝撃を受けて脳本体に損傷を生じる病態であり、脳挫傷、硬膜下血腫などがある。この発生リスクを予測する指標として Head Injury Criteria (HIC) が使用される。HIC は Wayne State Tolerance Curve と呼ばれる頭部に作用する加速度とその継続時間の関係から導きだされた数式であり、すでに自動車の衝突安全に関する法規でも採用されている。

びまん性脳損傷は、脳全体に回転加速衝撃が加わった場合に、脳内に剪断変形が生じて大脳表面と大脳辺縁系および脳幹部を結ぶ神経軸索 (Axon) が広い範囲で損傷し、神経連絡機能が低下する病態であり、脳震盪、びまん性軸索損傷 (DAI) がある。

この発生リスクを予測する指標を確立するため、研究がなされている。DAI は高次脳機能障害の一つであり、その発生メカニズムを解明するには、生身の人間による実験は倫理上かつ安全上からも実施できない状況から、シミュレーションによる傷害発生予測が重要となっている。

脳傷害の解析の現状

DAI の発生メカニズムを解明するには、脳全体に回転加速衝撃が作用するシミュレーションを行う。まず、Wayne State University により頭部の有限要素モデルが作成され、頭部だけにインパクト等で衝撃を加えるシミュレーションが行われ、局所性脳損傷とびまん性脳損傷の発生メカニズムの解明が始められた。次に、NHTSA によっても頭部の有限要素モデルが作成され、前面衝突実験でダミー人形により計測された頭部の並進と回転運動をこの頭部の有限要素モデルに与えることにより、さ

らに衝突事故に近い状態での局所性脳損傷とびまん性脳損傷の発生メカニズムの解明が試みられた。

豊田中央研究所とトヨタ自動車は脳を含む全身の有限要素モデルを作成し、SUV に衝突される歩行者の局所性脳損傷とびまん性脳損傷の発生メカニズムの解明を試みた。これら以外にも多くの研究がなされ、びまん性脳損傷に影響する因子の解明が試みられている。

頭部の有限要素モデルは年々詳細になる傾向にあり、動脈と静脈を忠実に再現した有限要素モデルも開発される。

脳傷害の解析の今後の展開

今後、脳傷害の解析は ①年齢、②体格、③頭部形状 と傷害発生基準の関係を対象にすると考えられる。すなわち、脳傷害の発生リスクの個人差を解明するためである。すでに③頭部形状についてはパラメトリックに形状を変換する手法が報告され、また CT スキャンなどで計測された生身の人間の形状から頭部の有限要素モデルを作成することも可能である。

さらに、市場で発生する事故での脳傷害を低減するには ④多様な衝突形態で頭部を保護する新素材と新設計にもシミュレーションを応用するのが望ましい。シミュレーションは特に多様な衝突形態での脳傷害の評価に適する。

おわりに

約 15 年前に始まった脳傷害の解析はまだ発展の途上にあり、市場で発生する事故での脳傷害の低減に活用できるレベルにまで向上することを祈念して止まない。