



Active agingを支援するバイオメディカル工学の研究拠点
—福島県の震災復興に貢献する医工連携研究—

高齢者による脳萎縮を再現した 頭部モデルによる衝撃シミュレーション

研究背景と目的

外傷性頭部傷害(TBI)は受傷者の生命を奪う危険性が高い外傷の1つである。近年、高齢化社会の進行に伴い交通事故における高齢者の死亡率は増加傾向にある。高齢者は加齢によって脳実質が萎縮することで、頭部外傷時に傷害が重傷化しやすい傾向があるとされているがその発生のメカニズムは明らかになっていない。そこで本研究では高齢者の脳を模擬した頭部モデルを構築し、モデルの検証としてヒト検体による頭部の衝撃実験を再現した。

高齢者頭部モデル

高齢者頭部モデルは20歳代若年健常者の頭部CT画像データ433枚を基にモデル構築を行った。構築はボクセル法によって積層した画像を3次元化させることで若年者の頭部組織の形状を再現した。恒屋らの研究報告を基に、断面において脳実質の面積率BAI(BRAIN ATROPHY INDEX)を4.9%縮小させ、脳室の面積率VAI(VENTRICULAR AREA INDEX)を6.7%拡大させることで79.5歳の脳萎縮率を再現した。このとき脳実質は外縁部から一様に縮小させ、脳脊髄液で満たされた頭蓋内腔を相対的に拡大させた。

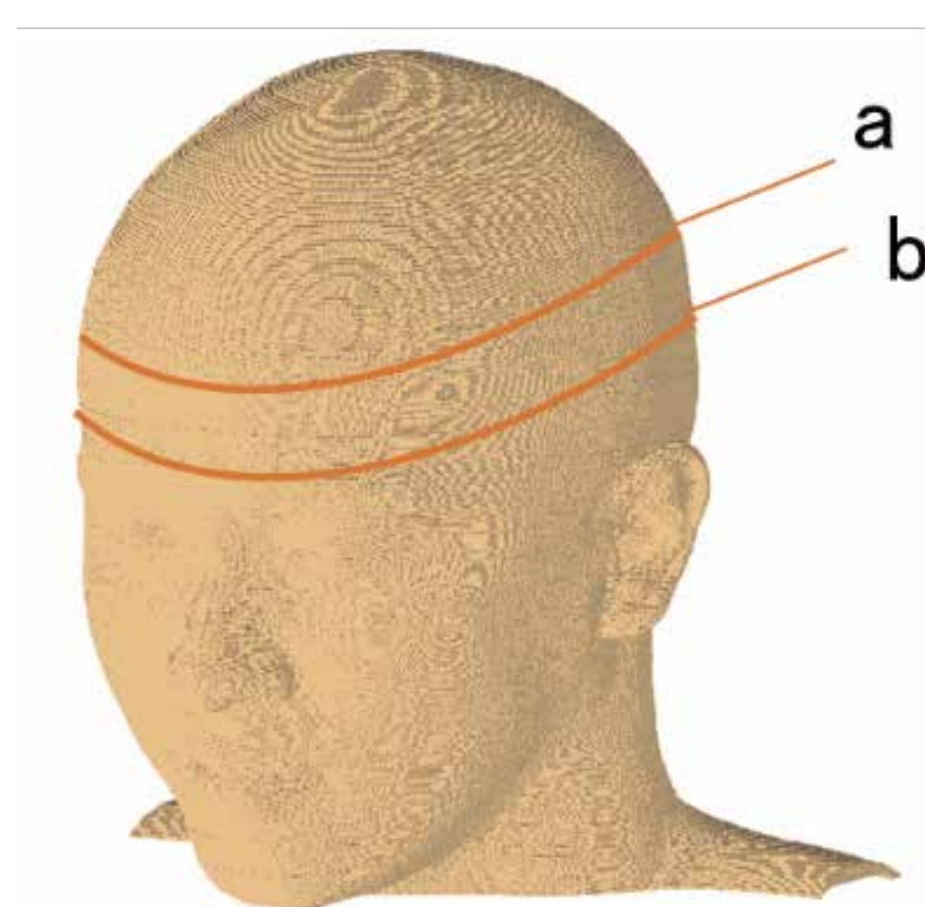


図1 高齢者頭部有限要素モデル

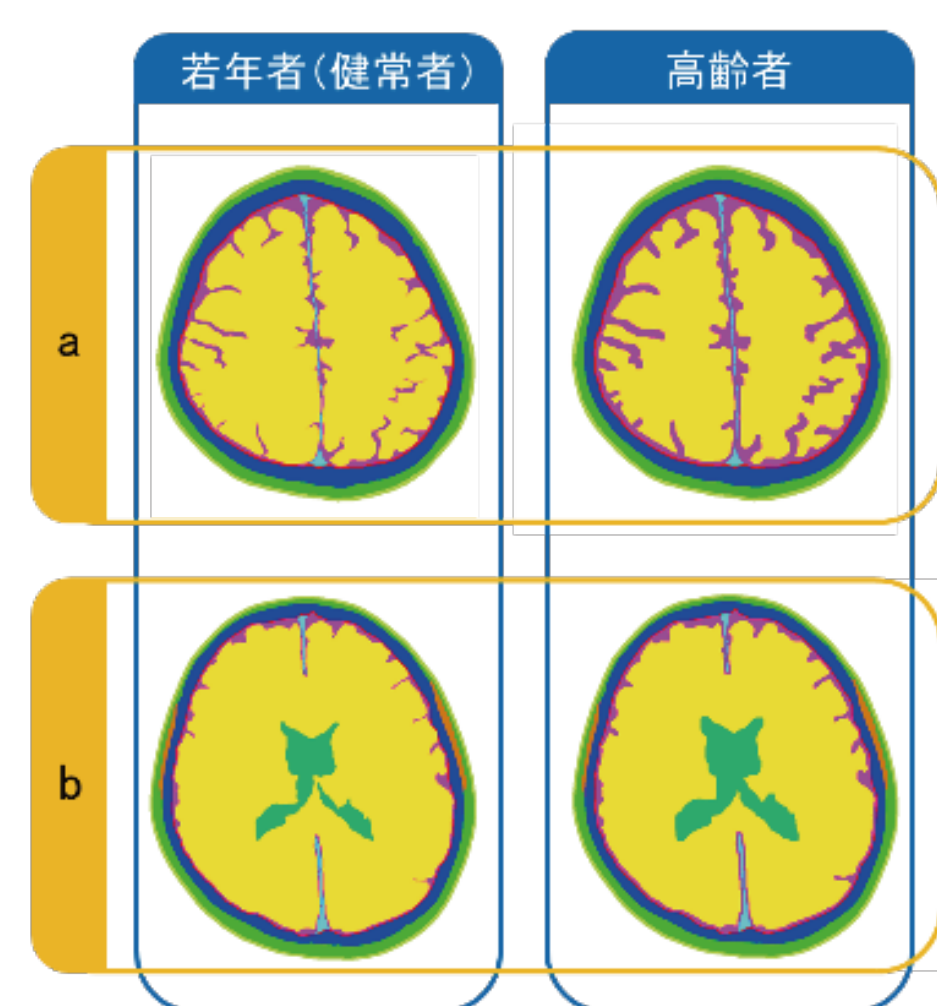


図2 頭部モデルの断面図

頭部衝撃シミュレーション

構築した高齢者頭部モデルの検証として、Nahumらが行った頭部の衝撃実験の再現シミュレーションを行った。インパクトの質量は5.59kg速度は9.94m/sで正面方向から衝突させた。再現シミュレーションでは剛体設定したインパクトに強制速度を与えることで頭部衝撃を再現した。構築した高齢者と若年者の頭部モデルを用いてシミュレーションを行い、加齢による構造の変化が及ぼす影響を比較した。圧力の計測位置は前頭骨、側頭骨、後頭骨、後頭蓋窩の4箇所とした。

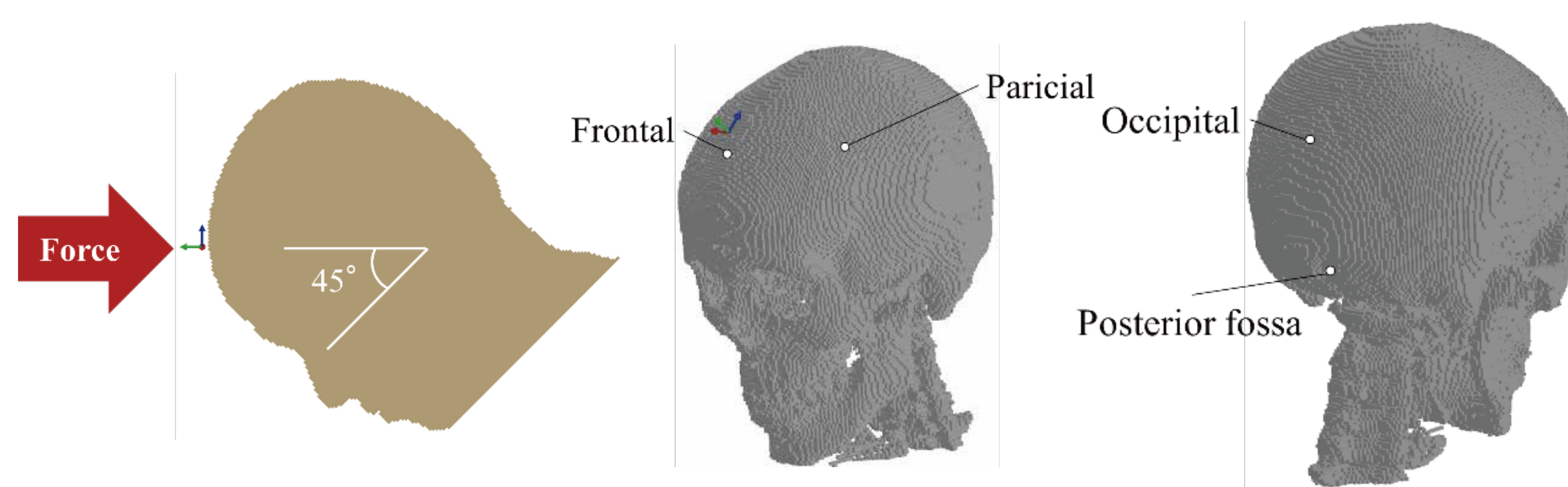


図3 Nahumらの実験を再現した衝撃解析

図4 Nahumらの実験を基にした測定位置

高齢者モデルと若年者モデルによる衝撃シミュレーションの比較

高齢者モデルにおける前頭骨に着目すると、衝撃負荷後に最大15.2MPaの圧力が生じており、若年者モデルの最大値4.7MPaの約3.2倍の圧力を示した。高齢者は頭部傷害が重症化しやすいとされていることから衝撃時の頭蓋内厚は若年者に比べ高くなることが予想され、本解析では衝撃負荷した前頭骨において高齢者頭部モデルが若年者頭部モデルに比べ高い圧力を示す結果となった。Nahumらの実験では、前頭骨と側頭骨で正圧、後頭骨と後頭蓋窩で負圧が測定されたことから本モデルにおいては後頭蓋窩を除いて同じ結果を示したが、衝撃の現象時間が実験である約10[ms]の約十分の一となった。

結論と今後の展望

頭部CT画像を基に衝撃解析のための高齢者頭部有限要素モデルの構築をおこなった。衝撃シミュレーションによる検証の結果、前頭骨の最大圧力のみ高齢者頭部モデルが若年者頭部モデルに比べ高い結果となった。

今後は回転衝撃が加わった場合の解析を実施する予定である。

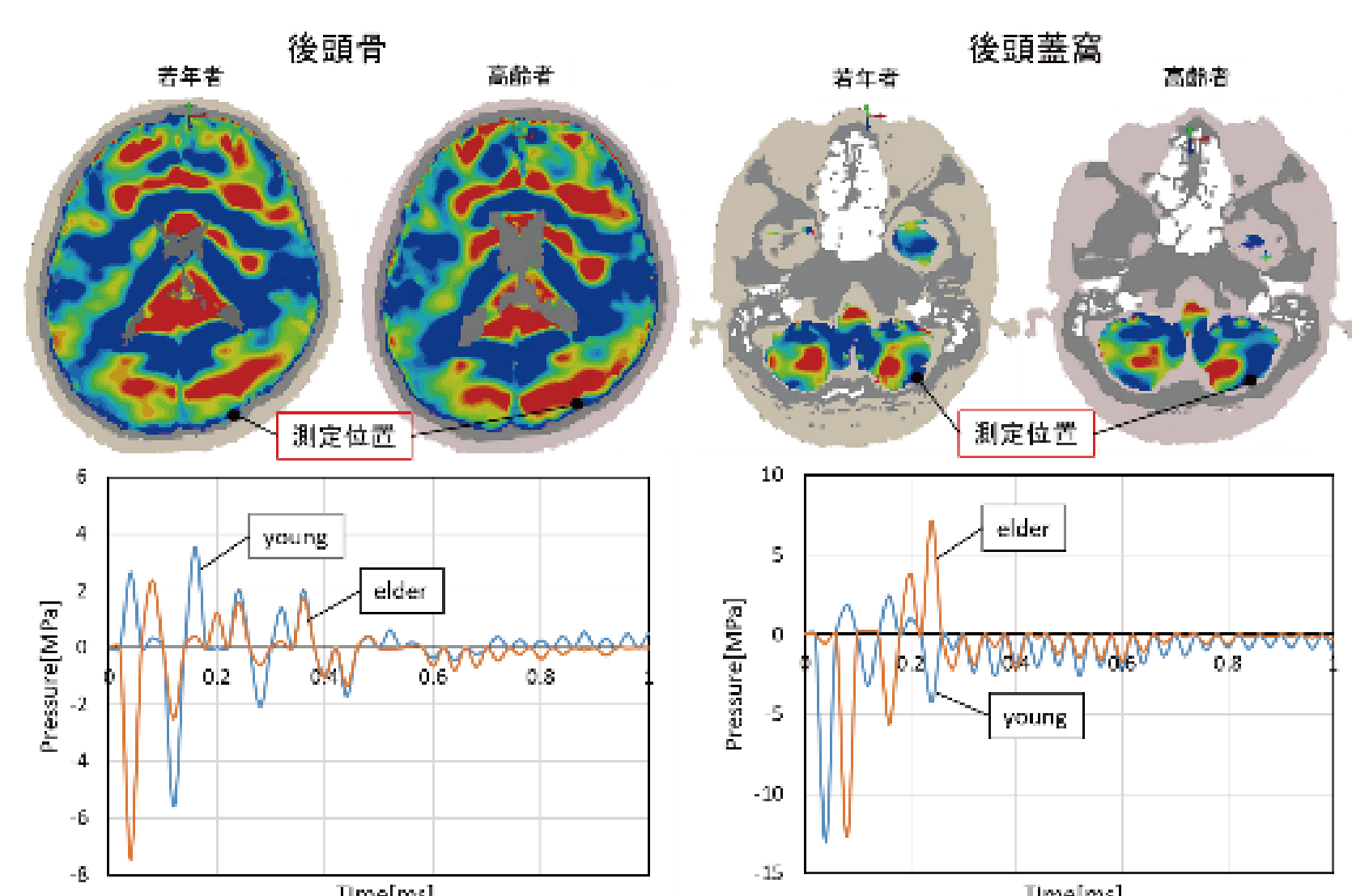


図5 前頭骨と側頭骨における解析結果

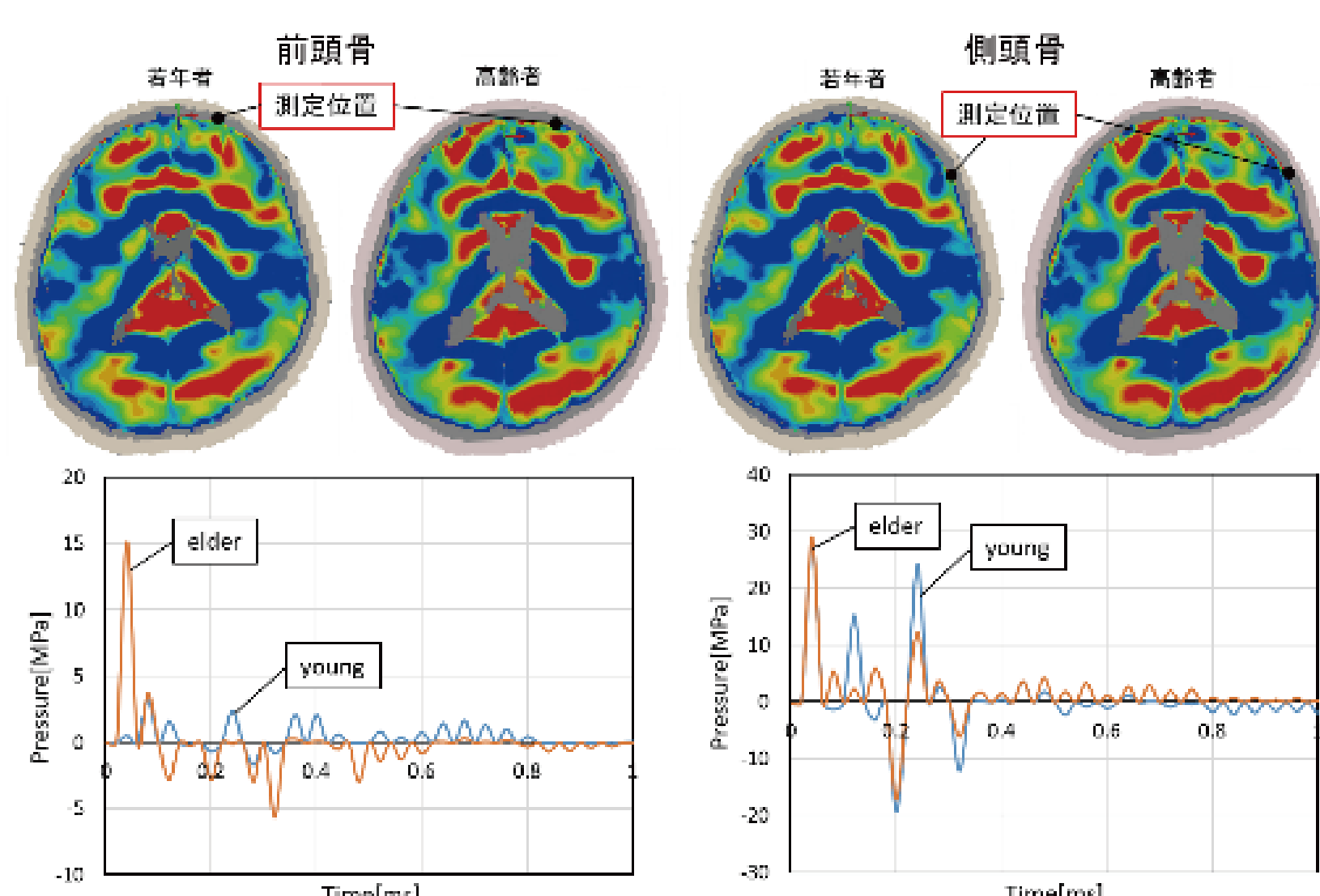


図5 前頭骨と側頭骨における解析結果