

社会技術研究開発事業  
平成21年度研究開発実施報告書

研究開発プログラム「犯罪からの子どもの安全」

研究開発プロジェクト

「虐待などの意図的傷害予防のための情報収集技術及び  
活用技術」

研究代表者                      山中 龍宏  
(産業技術総合研究所 子どもの傷害予防工学  
カウンスル代表)

## 1. 研究開発プロジェクト名

虐待などの意図的傷害予防のための情報収集技術及び活用技術

## 2. 研究開発実施の要約

### ①研究開発目標

「犯罪」を子どもの健康被害と位置づけ、個人の個別的な問題ではなく、環境および社会システムの問題としてとらえ、子どもが受ける意図的な傷害行為(intentional injury)を予防するための科学的なアプローチを行う。具体的には、従来、経験に基づいて判断し行動してきた、子どもと接する各種の専門家に判断・行動のための適切な材料を提供し、現場での負担の軽減に寄与するものとする。そのために、医療機関を中心に情報を収集・解析し、現場で使用できる形に加工し、また、社会実装のツールを開発し、その検証を行う。さらに、意図的な傷害を未然に防ぐために、保護者の健全な子育てを支援するためのコンテンツを開発し、社会への普及を図る。

### ②実施項目

以上の目標を達成するため、以下のことを行う。1.傷害情報の収集技術の開発と、病院における傷害情報データの収集、2.病院で収集された傷害情報にもとづく、因果構造分析、3.因果構造分析にもとづく意図的傷害の早期発見ソフトウェアの開発、4.法医学教室やAiセンター（\*1）で死亡例のCTスキャンデータを収集し、そのデータをもとにして傷害に関する生体力学的シミュレーション技術の開発と傷害発生時の状況を推定するための技術の開発、5.医療機関、保育所、小学校などの場での実践・実証活動を通じて有効性の評価を行い、評価結果を上記1～5にフィードバックさせ、実用性の向上を図る。

\*1：Aiセンターとは、死亡時画像検査を行い、その情報を一元的に管理するセンターであり、最新の死因解明の仕組みである。法医学教室と連携して、死亡例のCTスキャンデータの収集・蓄積・管理を行う。

### ③実施内容

#### ● 意図的傷害と不慮の事故の傷害情報のデータベース

他のプロジェクト(JST CREST)で開発した身体地図情報機能を持つ傷害サーベイランスシステムを拡張し、新たに頭部傷害、歯科外傷、法医学教室の司法解剖事例のデータ（臓器に関するデータやCTスキャンデータを含む）、児童相談所のデータなどを記録可能にする。開発システムを用いて、重軽傷の傷害情報だけでなく、頭部傷害、法医学教室の司法解剖事例のデータを蓄積し、次で述べる頭部傷害の生体力学的シミュレーション技術や、意図的傷害と不慮の事故による傷害を識別する虐待診断ソフトウェアの基礎データとして利用した。

#### ● 傷害の生体力学的シミュレーション技術

医療機関で収集された頭部傷害の詳細データや、法医学教室で司法解剖した事例のデータをもとにして傷害発生のプロセスを再現したり、転落状況の情報から傷

害発生の有無を診断したりすることを可能にする生体力学的シミュレーション技術を開発した。

#### ④主な結果

- 意図的傷害と不慮の事故の傷害情報のデータベース

頭部傷害の生体力学シミュレーションを開発する上で、頭部傷害事例の詳細なデータ（MRIなど）が重要となるが、これまで入手困難であった。今年度、警察への捜査協力がきっかけとなり、新たに、大阪医療センターとの関係構築に成功し、頭部傷害事例の詳細なデータが蓄積できる体制が整った。また、大阪医療センターとの関係構築がきっかけとなり、大阪市中央児童相談所との関係構築にも成功した。生体力学シミュレーションの基礎データとなる生体組織特性値を計測する計測システムを開発した。

- 傷害の生体力学的シミュレーション技術

医療機関で虐待の相談依頼のあった症例について集計を行った。また、法医学教室で司法解剖した事例での計測を行った。傷害発生のプロセスを再現したり、転落状況の情報から傷害発生の有無を診断したりすることを可能にする生体力学的シミュレーション技術を開発した。開発したシミュレーション技術は、次で述べる意図的傷害診断支援ソフトウェアの基礎技術として用いたり、虐待事件が疑われる警察の捜査の技術協力に応用した。

### 3. 研究開発実施の具体的内容

#### (1) 研究開発目標

「犯罪」を子どもの健康被害と位置づけ、個人の個別的な問題ではなく、環境および社会システムの問題としてとらえ、子どもが受ける意図的な傷害行為(intentional injury)を予防するための科学的なアプローチを行う。具体的には、従来、経験に基づいて判断し行動してきた、子どもと接する各種の専門家に判断・行動のための適切な材料を提供し、現場での負担の軽減に寄与するものとする。そのために、医療機関を中心に情報を収集・解析し、現場で使用できる形に加工し、また、社会実装のツールを開発し、その検証を行う。さらに、意図的な傷害を未然に防ぐために、保護者の健全な子育てを支援するためのコンテンツを開発し、社会への普及を図る。

#### (2) 実施方法・実施内容

##### 意図的傷害と不慮の事故の傷害情報のデータベース

病院における意図的傷害事例の調査として、国立成育医療センターにて虐待の相談依頼のあった症例223件（411件）について集計を行い、意図的傷害発生の初診時の現状を把握した。

また、千葉大学法医学教室では、骨や臓器の強度を測定したり、小児の事故や犯罪の解析を目的とした精細な3D画像を作成した。

歯科外傷データに関しては、長崎大学病院小児歯科外来、及び長崎小児歯科臨床

医会に所属する長崎県下の小児歯科医院（計14施設）へ口腔外傷を主病名として来院した小児を対象とし、「子どもの事故防止のための調査票」を用いて受傷時の状況、外傷の状況、処置内容等の傷害データを収集し、調査データの電子化（データベース化）を行った。

#### 傷害の生体力学的シミュレーション技術

本研究で計画する虐待・不慮の事故の傷害状況再現技術の概要は次のとおりである。まず医療機関や捜査機関等より提供される医用画像、部検、保護者証言や状況などから対象事例の再現をコンピュータ・シミュレーションにより行う。医用画像や解剖時の個人の力学特性より、被害児本人のコンピュータ・シミュレーションモデルの構築を行い、繰り返しシミュレーションにより受傷時の外力の同定を行う。一方で、ダミーおよび物理モデルを用いた実験により、加害行為である揺さぶり、殴打、突き落とすにおいて、加害者が発揮する外力条件を計測し、データベース化する。また、事故ケースとして階段や椅子、ソファなどからの転落実験を行い事故例に対しても外力条件をデータベース化しておく。最後にシミュレーションの結果、推定された受傷に及ぼす力学条件と、前段にて取得した外力データベースとを照合し、虐待と転落事故の判別を行う。なお、受傷事例の再現シミュレーションを通して、コンピュータ・モデルおよびダミーモデルの精度検証と高精度化を図る。以上の全研究計画の中で本年度は以下の研究を実施した。

- ・ 乳幼児ダミーを用いた外力条件のデータベース化
- ・ 被害児頭部のコンピュータ・シミュレーションモデルの構築
- ・ 疑虐待例に対する開発技術の適用とその利用可能性の検証

#### (3) 研究開発結果・成果

平成21年度は情報収集グループでは、医療機関における意図的傷害事例の調査を進め、そのデータベース化を行った。千葉大学法医学教室においては前年度設置されたCTを使用し、司法解剖時のデータを蓄積している。また、情報分析・知識共有グループでは、骨などの強度の測定を行い、意図的傷害かどうかを識別する技術の開発に着手した。さらに、医療機関におけるデータを基に工学的技術をもちいて、意図的傷害と不慮の事故による傷害を識別する技術の構築が進んだ。

以下、各グループの詳細を以下にまとめる。

##### 情報収集グループの取り組み

国立成育医療センターにおける虐待事例の相談依頼時の初診時状況の調査を行った。平成14年～平成21年度のあいだに相談依頼があった223症例を対象とする。相談依頼元は医師66.4%、看護師8.1%、ソーシャルワーカー1.8%、保育士0.4%、心理士0.9%、児童相談所関係者11.7%、保健所関係者4.5%、区・市役所関係者6.3%、その他2.7%であった。依頼理由については、症状や所見からマルトリートメントを疑う43.5%、説明と所見とが矛盾している10.8%、説明が変化・不可解である5.4%、他機関からの情報提供17.5%、その他37.2%となっている。主訴においては、外傷36.3%、意識障害

4.9%、嘔吐4.0%、骨折6.7%、熱傷4.0%、転落後19.3%、誤飲2.2%、溺水1.8%。心肺停止3.1%、痙攣5.4%、体重増加不良7.6%、脱水1.3%、受診拒否・受診中断1.3%、怠慢0.4%、ケアの怠慢4.9%、性虐待の疑い4.0%、マルトリートメント精査3.6%、情緒・行動上の問題4.5%、その他38.6%といった状況であった。

また、現在の状況を把握するために、平成14年～平成21年度のあいだに相談依頼があった411症例を対象とする。相談依頼元は医師62.0%、看護師9.2%、ソーシャルワーカー1.7%、保育士0.2%、心理士0.7%、児童相談所関係者12.2%、保健所関係者5.6%、区・市役所関係者6.6%、その他3.2%であった。依頼理由については、症状や所見からマルトリートメントを疑う38.9%、説明と所見とが矛盾している8.3%、説明が変化する・不可解である3.9%、他機関からの情報提供20.7%、その他38.7%となっている。主訴においては、外傷32.1%、意識障害5.4%、嘔吐2.9%、骨折4.1%、熱傷3.4%、転落後14.1%、誤飲1.5%、溺水1.0%。心肺停止3.4%、痙攣3.4%、体重増加不良5.6%、脱水1.2%、受診拒否・受診中断1.7%、怠慢0.2%、ケアの怠慢4.1%、性虐待の疑い4.6%、マルトリートメント精査3.4%、情緒・行動上の問題6.3%、その他32.8%といった状況であった。成育医療センターには、継続して虐待の事例の受信があり、昨年同様プロジェクトの患者定点として重要な位置を占めている。

長崎大学病院小児歯科室外来、及び長崎小児歯科臨床医会に所属する長崎県下の小児歯科医院（計14施設）へ口腔外傷を主病名として来院した小児を対象とし、「子どもの事故防止のための調査票」を用いて受傷時の状況、外傷の状況、処置内容等の傷害データを収集し、調査データの電子化（データベース化）を行った。本研究のような口腔外傷の発生動向にかかる調査では、調査の対象となる症例数は多い方が好ましい。しかし、高次機能病院である長崎大学病院のみでの調査では、症例数が限られると同時に、重症例に偏ってしまうことも考えられる。したがって、日本小児歯科学会の生涯研修認定組織でもある長崎小児歯科臨床医会に所属する長崎県下の小児歯科医院に対し、調査の協力を依頼した。各医院での体制が整った2009年11月より、長崎大学病院を含む14施設（図1）で「歯科外傷サーベイランス」を開始した。

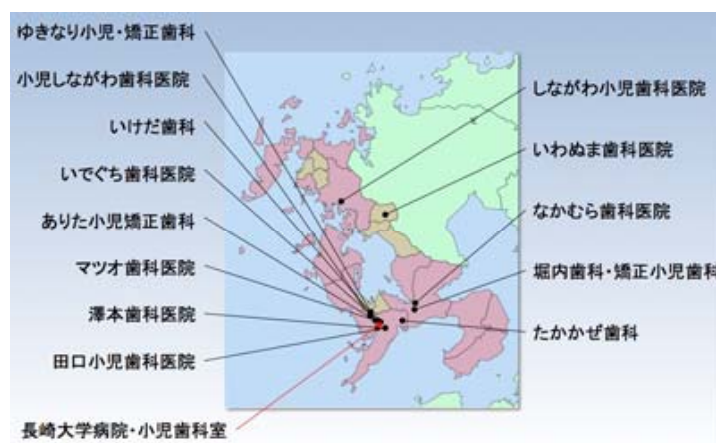


図1 口腔外傷調査協力施設（計14施設）

千葉大学法医学教室においては、新しく設置したCTにより、遺体全身を1.3mm厚のスラ

イスで撮影することが可能になり、小児の事故や犯罪の解析を目的とした精細な3D画像を作成し、提供することが可能なデータの蓄積を行っている。また、解剖時に測定機器によって、骨の高度などを測定し、受傷に要する外力の大きさ等の分析を行うためにデータベース化を始めた。今後意図的の外傷かどうか識別する技術の構築にこのデータを役立てたいと、現場の警察関係者からも期待されている。

情報分析・知識共有グループ

金沢大学では乳児ダミーを用いて、揺さぶりと転落を想定した実験を行い、外力条件のデータベース化を行った。実験は、主に自動車の衝突実験で用いられているCRABI(Child Restraint Air Bag Interaction) 6-month-oldダミーを用いて行った。このダミーは、6ヶ月乳児の身長、体重を想定して製作されている。この実験により、揺さぶりに関しては、精査及び揺さぶり姿勢に対する急性硬膜下血腫の発生可能性の違いが定量的にデータベース化された。また、揺さぶりの方が転落よりも高い $\Delta\omega$ が生じており、急性硬膜下血腫の発生可能性が高いことが分かった。図2(a)に揺さぶり実験の様子を図.2(b)に転落実験の様子を示した。図.3に揺さぶりと転落で生じた $\Delta\omega$ をそれぞれ示した。

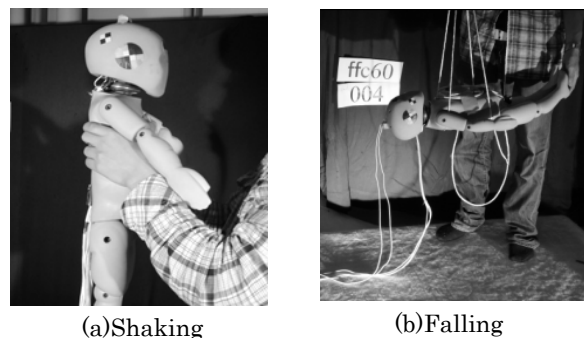


図2 ダミーを用いた実験

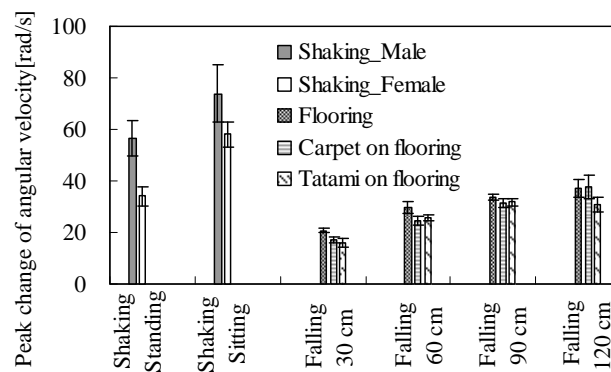


図3 揺さぶりと転落で生じた $\Delta\omega$

また、形状変換手法により、被害児の頭部有限要素モデルを構築する手法を開発した。

図4に本手法の概要を示す。まず基本となる頭部有限要素モデルを構築し、FFD法を用いて、被害児の個体形状を有するように形状変換することにより、被害児の頭部有限要素モデルを構築する。本研究で構築した頭部有限要素モデルは頭部の解剖学的な構造を網羅した詳細なモデルである。また、急性硬膜下血腫の発生を評価するために、架橋静脈もモデル化されている。以上の方法により被害児個人の頭部形状を有するコンピュータ・シミュレーションモデルの構築が可能となった。

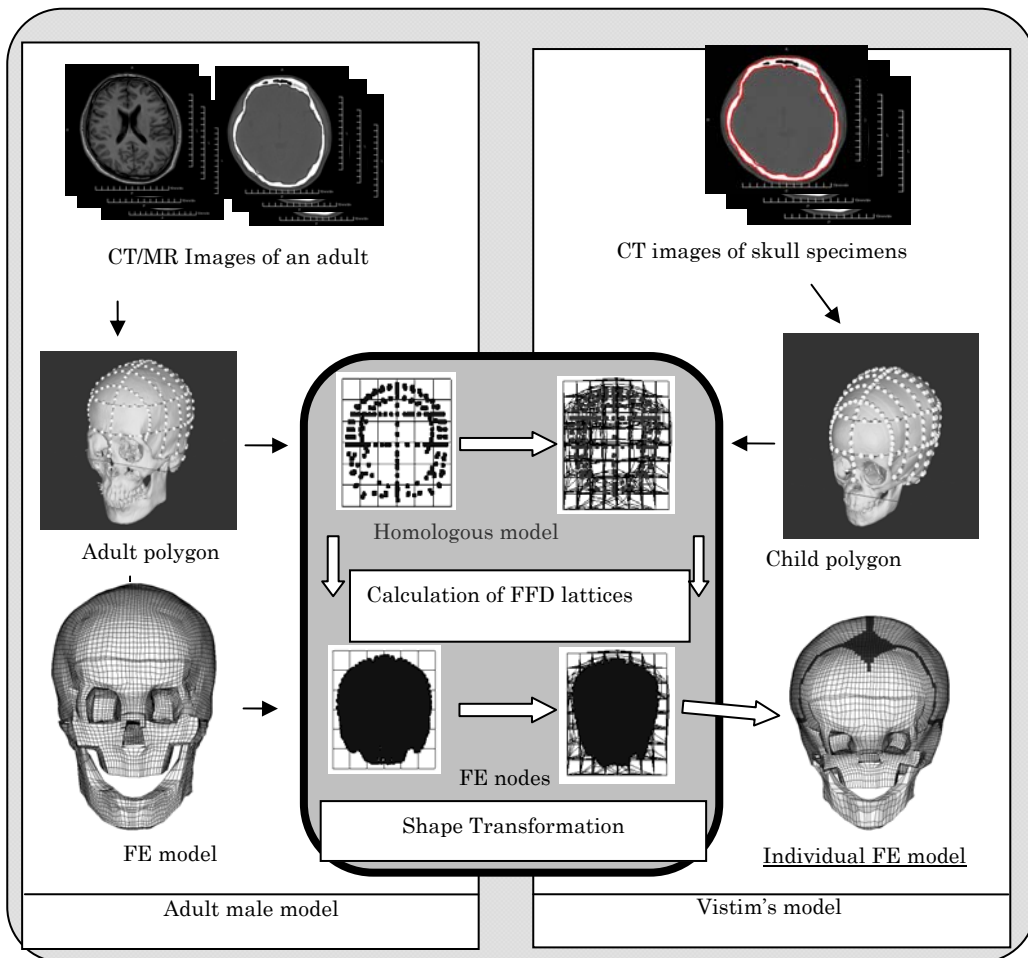


図4 頭部有限要素モデル構築手法

(4) 開催したワークショップ、シンポジウム、会議等の活動

年月日	名称	場所	概要
H21.5.27	RISTEX会議	千葉大学	本研究に係る者が集まり、今年度の方針を話し合った。
H21.7.29	RISTEX会議	東京ステーションカンファレンス	本研究に係る者を一堂に集め、今までの進捗報告、を報告した会議を行った
H21.12.19-20	RISTEX会議	東京ステーションカンファレンス	本研究に係る者を一堂に集め、全グループの今までの進捗、今後の方針を議題とした会議を行った

(5) 研究開発実施におけるその他の活動

Victorian Institute of Forensic Medicine (ビクトリア州法医学研究所、メルボルン、オーストラリア。3月16、17日)

出張者：宮崎祐介、掛札逸美

同研究所はモナシュ大学附属研究所でもあり、死因調査のトップに立つ州検視官 (coroner) 事務所と同じ敷地に建っている。VIFMはオーストラリアの全国検視情報システム (National Coroner Information System, NCIS) を2000年に立ち上げ、現在もデータ収集・管理の部署が設置されている。今回の視察では、NCISのシステムと運用、及びビクトリア州のシステム (各州のデータシステムはNCISに自動的に転送される) のデータ収集方法・データの質の管理等について詳細に学んできた。

検視が行われる死亡は、他殺、死因に疑念のある死亡、突然に起き予期されなかった死亡 (傷害や手術中死等) である。NCISには現在までに合計18万件の死亡のデータが登録されている。

NCISの特徴は、WHOの分類システムを基礎にしたコード入力部分 (システム全体の総入力画面数は200枚以上) と共に、病院、法医学、警察・消防、司法 (検視官) が記入した報告書がすべて電子文書として一括保存されている点である。文書の単語がすべてインデックス化されており、コード入力部分と同様、検索可能である。これにより、死因調査に携わる専門家や研究者は、過去に起きた同様の死亡について容易にデータを収集することができる。NCISは死因調査専門家約200人、事前審査によって承認された調査研究関係者 (70団体、200個人。私企業には非公開) に公開されている。

いわゆる「縦割り」が存在せず、死因究明のためにデータが一元的・包括的に収集・管理されている点はわが国が学ぶべき点であり、今回の訪問を通じて、日本にも同様のシステムが必要であることが痛感された。今後とも、同研究所との連携を模索していく。

4. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況

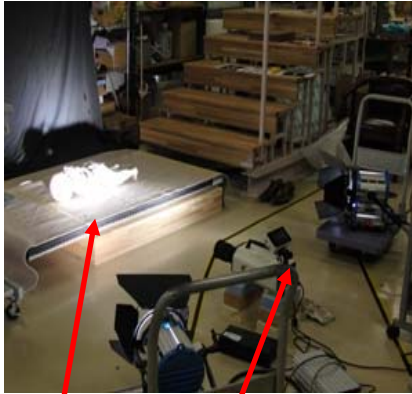
2009年11月より、長崎大学病院小児歯科室および長崎県内の小児歯科医院14施設で「歯科外傷サーベイランス」を開始した。このシステムによって、口腔外傷を主病名として来院した児童を対象とし、受傷時の状況、外傷の状況、処置内容、およびその予後、といった傷害データを収集する。得られた調査結果を保護者や学校教諭、保育士等を対象とした講演会 (既存あるいは企画する) で公表し、外傷予防対策、および虐待事例への早期介入の可能性などを検討する。

また、実際の事例として、以下の2例に乳幼児ダミーを用いた外力条件のデータベース化及び被害児の頭部有限要素モデル構築技術を適用し、対象事例の判別を試みた。

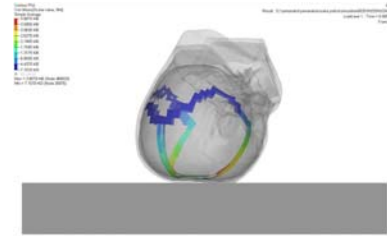
(a) 8カ月乳児の急性硬膜下血腫およびラムダ縫合骨折併発例

受傷した状況を再現するために、傷害発生時の環境が実験室内に再現された (図5)。本事例においては、証言等により事故ケースとして(a)椅子上座位からの前方転落を想定し、被虐待ケースとして(b)椅子背面への叩きつけ等を設定した。これらのケースにおいて、9カ月ダミーを用いた実験および頭部有限要素モデルを用いたラムダ縫合骨折解析が実施された。シミュレーションにより得られたラムダ縫合の応力分布の比較

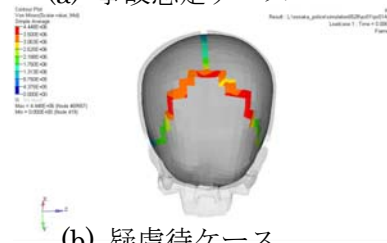
を図に示したが、被害児が椅子背面に叩きつけられた場合にラムダ縫合に骨折相当の応力が作用することが分かり、証言と矛盾することが分かった。



ダミー                      ハイスピードカメラ  
図5 受傷環境の再現



(a) 事故想定ケース



(b) 疑虐待ケース

図6 頭蓋縫合のvon Mises応力分布

(b) 2歳児の脳挫傷および後頭骨骨折発生事例

医学鑑定より、受傷児は側頭葉における脳挫傷および後頭骨における重度な線状骨折を受傷したことが分かった。証言や現場情報に基づき、事故ケースとして(a)フローリング面への転倒を想定し、被虐待ケースとして(b)胸部の突き飛ばし等を設定した。これらのケースにおいて3歳児ダミーを用いた実験および頭部有限要素モデルを用いた脳挫傷・頭蓋骨解析を行った(図7)。図7中、赤色領域が脳に作用する圧力分布から定義された脳挫傷発生領域であるが、これらの症状が併発するには何らかの加害行為があったことが示された。これらの実症例分析を通じて、本研究で開発中の傷害再現技術は疑虐待例に対する客観的かつ科学的な判定をサポートするものであることを確認した。

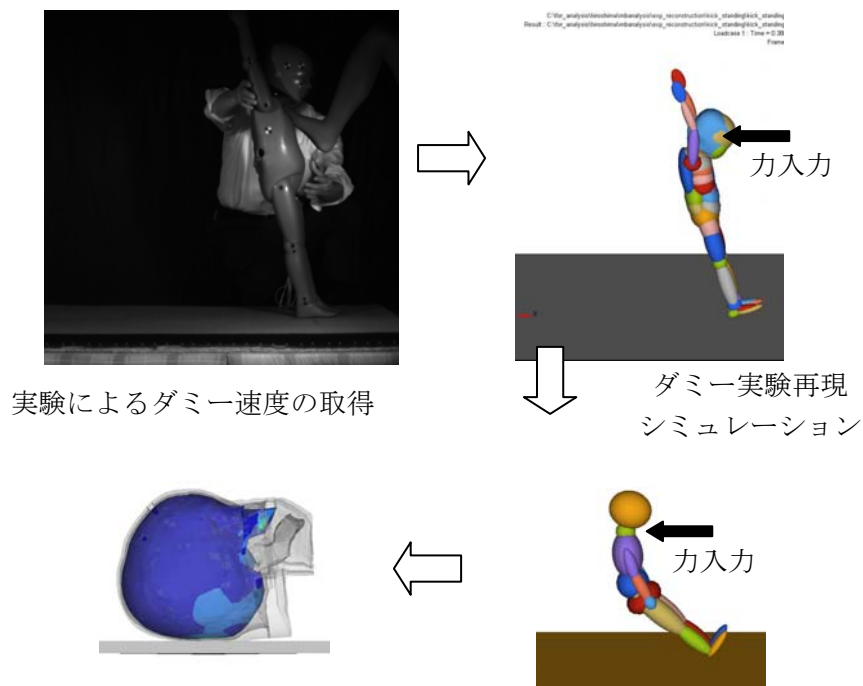


図6 加害行為等を行った場合の頭蓋骨骨折および脳挫傷併発可能性の評価手順

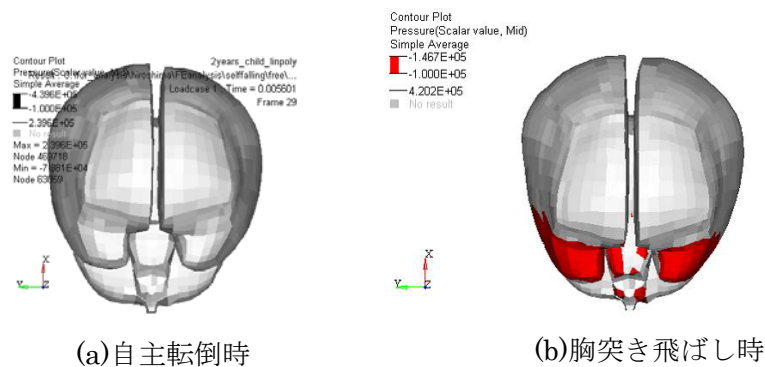


図7 受傷原因による脳への圧力分布

## 5. 研究開発実施体制

### (1) 情報収集グループ

- ① リーダー名 山中龍宏（産業技術総合研究所 子どもの傷害予防工学カウンスル代表）
- ② 実施項目 医療機関における意図的傷害事例の調査とデータ収集設備の構築

### (2) 情報分析・知識化・情報提示グループ

- ① リーダー名 西田佳史（産業技術総合研究所 主任研究員）
- ② 実施項目 傷害データを記録する技術の開発と生体力学的シミュレーション技術のための基礎データの収集

## 6. 研究開発実施者

### 研究代表者 及びその率いるグループ（テーマ別）

氏名	所属	役職
山中 龍宏	産業技術総合研究所	子どもの傷害予防工学カウンスル代表
奥山 眞紀子	国立成育医療センター	こころの診療部 部長
岩瀬 博太郎	千葉大学大学院	教授
矢島 大介	千葉大学大学院	
榎野 陽介	千葉大学大学院	
猪口 剛	千葉大学大学院	
山本 正二	千葉大学医学部附属病院	
藤原 卓	長崎大学小児歯科学	教授
日高 聖	長崎大学小児歯科学	助教
福田英輝	長崎大学予防歯科学	講師

### ③ 情報分析・知識共有グループ（テーマ別）

氏名	所属	役職
西田 佳史	産業技術総合研究所	主任研究員
本村 陽一	産業技術総合研究所	主任研究員
北村 光司	産業技術総合研究所	研究員

掛札 逸美	産業技術総合研究所	ポスドク
高野 太刀雄	産業技術総合研究所	テクニカルスタ ッフ
井上 美喜子	産業技術総合研究所	テクニカルスタ ッフ
小泉 喜典	産業技術総合研究所	テクニカルスタ ッフ
宮崎 祐介	金沢大学	助教
山中 嘉仁	金沢大学	修士1年

## 7. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など

### (1) 論文発表

(国内誌11件、国際誌3件)

奥山真紀子：(原著)

- ・ Characteristics of hospital-based Munchausen Syndrome by Proxy in Japan. Child Abuse & Neglect. 2008 ; 32-4 : 503-509
  - ・ Pediatrics. 2008 ; 1 : 29-36
  - ・ A Differences of Munchausen Syndrome by Proxy by Predominant Symptoms in Japan. Pediatric International. 2008;50:537-540
  - ・ 保育園・小中学校が抱えるこころの問題を持つ子どもの実態調査. 日本小児科学会雑誌 2008 ; 112 ( 3 ) : 476-482
  - ・ 保育園・小中学校と医療機関の連携に関する実態調査. 2008 ; 112 ( 3 ) : 483-488
  - ・ 虐待を疑った場合の家族への対応, 小児科診療. 2008 ; 71 (5) : 835-839  
虐待が疑われる子どもに対するケア, 小児看護. 2008 ; 31 (13) : 1756-1760
  - ・ 児童虐待, 児童・青年期の精神障害治療ガイドライン 精神科治療学. 2008 ; 23 (増刊号) : 276-280
  - ・ 虐待や DV ケースとかかわる時に知っておくべき医療費等に関する制度, 小児内科. 2008 ; 40 (7) : 1198-1200
  - ・ 子どものこころの診療体制の整備一国での取り組み, 小児科診療 2008 ; 71 (11) : 1907-1908
- (総説)
- ・ 子ども虐待の発見と対応—医療現場から, 子ども虐待新版, 有斐閣. 2008 : 159-175
  - ・ 行動の問題、うつ、自殺, 思春期医学臨床テキスト, 診断と治療社. 2008 : 151-157
  - ・ 新版 子ども虐待防止マニュアル, ひとなる書房. 2008 : 16-29 52-70
  - ・ 虐待を受けた子ども, ケーススタディ こどものこころ, 日本医事新報社. 2008 : 17-20
  - ・ 精神科救急 身体的虐待, 小児科臨床ピクシス 小児救急医療, 中山書店. 2008 : 140-142

### (2) 口頭発表 (国際学会発表及び主要な国内学会発表)

①招待講演 (国内会議\_\_\_\_件、国際会議\_\_\_\_件)

②口頭講演 (国内会議 4 件、国際会議\_\_\_\_件)

③ポスター発表 (国内会議\_\_\_\_件、国際会議\_\_\_\_件)

1. 日高 聖 (長崎大学小児歯科学)、福田英輝 (長崎大学予防歯科学)、西田佳史、本村陽一、山中龍宏 (産業総合科学研究所)、藤原 卓 (長崎大学小児歯科学) 「安全知識循環型社会構築のための歯科外傷サーベイランス」2009年度長崎小児歯科臨床医会年次集会、長崎市、2009.9.17
2. 日高 聖 (長崎大学小児歯科学) 「安全知識循環型社会構築のための歯科外傷サーベイランス」成育歯科医療研究会第13回徹底討論会、神戸市、2010.2.18
3. 宮崎祐介、西田佳史、山中龍宏、山本正二、岩瀬博太郎、傷害再現技術を利用した事故・虐待判別手法の開発、第27回日本ロボット学会学術講演会 CD-ROM 論文集、(2009)
4. 山中嘉仁、宮崎祐介、西田佳史、山中龍宏、乳児の頭部外傷における虐待・偶発事故判

別に向けたダミーを用いた実験的研究, 日本機械学会ジョイントシンポジウム 2009  
スポーツ工学シンポジウム & シンポジウム・ヒューマンダイナミクス講演論文集,  
No.09-45, (2009) 301-305

(3) 新聞報道・投稿、受賞

- ①新聞報道・投稿
- ②受賞

(4) その他の発表・発信状況、アウトリーチ活動など

1. 日高 聖 (長崎大学小児歯科学) 「子どもがお口にケガしたら・・・ 歯をうったとき、知っておいてほしいこと」第2回 こどものヘルスサイエンスセミナー、長崎県大村市、2009.6.14
2. 第5回子ども虐待医療支援検討会, 工学的外傷再現技術を利用した乳幼児虐待判別手法の開発, 2009年8月21日, 国立大阪医療センター