

身体地図機能を有する事故サーベイランスシステム

Bodygraphic Injury Surveillance System

坪井 利樹^{*1*2}
Toshiki Tsuboi

柴田 康徳^{*1*2}
Yasunori Shibata

本村 陽一^{*2*3}
Yoichi Motomura

西田 佳史^{*2*3}
Yoshifumi Nishida

持丸 正明^{*2}
Masaaki Mochimaru

河内 まき子^{*2}
Makiko Kouchi

溝口 博^{*1*2}
Hiroshi Mizoguchi

^{*1}東京理科大学

Tokyo University of Science

^{*2}産業技術総合研究所

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

^{*3}科学技術振興機構, CREST

Japan Science and Technology Agency, CREST

This paper describes a bodygraphic injury surveillance system in which an injury surveillance system and bodygraphic information system are integrated. The bodygraphic injury surveillance system allows us to manage not only injury situation and injury medical information but also bodygraphically described injury information. This paper also reports examples of injury analyses and injury modeling based on 1,628 injury cases data collected by the developed system at a hospital.

1. 結論

14歳以下の子どもの死亡原因の第一位は、不慮の事故であり、その予防策の確立が急務となっている[山中 04]。子どもの不慮の事故に対する効果的な対策を考案し実践するには、まず発生した事故情報を収集し、事故の原因を究明する必要がある。しかし、現状の分析は、事故の種類や事故発生場所の頻度といった比較的大雑把な統計的動態把握に留まっており、事故予防に繋がる分析が十分に行われているとは言えない。そこで筆者らは、事故に関する詳細な情報を継続的に収集するためのシステムである事故サーベイランスシステム[柴田 07]と、人間の身体上における傷害の位置情報を収集・管理する身体地図情報システム[坪井 07]の構築を進めてきた。事故情報の収集には、情報の網羅性、信頼性の観点から病院が最も適切な場所の一つであり、両システムは、現在、筆者らと共同研究を実施している国立成育医療センターにて試験的に運用されている。これら、事故サーベイランスシステムと身体地図情報システムを統合することで、事故に関する総合的な情報が収集が可能となり、身体上の外傷と事故状況の因果関係を分析する際に基礎となるデータが提供可能となる。

本稿では、事故サーベイランスシステムと身体地図情報システムを統合した身体地図機能を有した事故サーベイランスシステムとその機能について述べ、病院での試験運用を通じて収集した事故情報の解析例について報告する。

2. 事故サーベイランスシステムと身体地図情報システムの概要

2.1 事故サーベイランスシステムの概要

事故サーベイランスシステムとは事故予防を目的として、事故に関する詳細な情報を収集するシステムである。性別・年齢・発達段階など事故に遭った人物の特徴と、事故の発生した

日時・場所・事故に関係したモノなど事故の特徴が収集可能である。現在、実際の病院において運用されている。

2.2 身体地図情報システムの概要

身体地図情報システムは、筆者らの研究室で開発した身体情報を管理するためのシステムであり、地理情報システム(GIS)を人間情報科学の分野に応用したものである。身体地図の位置情報をベースとして、多様な身体情報を正規化・構造化して記述するシステムである。このシステムにより、相同的な身体情報の蓄積が可能となり、身体空間統計といった新たな統計解析が可能となったり、異分野間での情報共有が促進されるなどの効果が期待できる。本研究室では、これまでに入力機能、データベース化機能、検索機能、可視化機能を有する身体地図情報システムを実装し、外傷の記述と蓄積に応用してきた[坪井 08]。計算機上で、表示された三次元人体モデル上にマウスなどでペイントすることで外傷の位置や形状の入力が可能であり、ペイント入力された外傷は、傷害の種類や重症度といった属性と関連付けられて、体表面上のラスタデータとしてシステムに保存される。

3. 事故サーベイランスシステムと身体地図情報システムの統合

3.1 システムの概要

事故の詳細な情報が収集可能な事故サーベイランスシステムと、身体上における傷害の位置・形状の情報が収集可能な身体地図情報システムを統合することで、両システムの情報が関連付けられ、事故に関する網羅的な情報の収集や解析が可能となる。

3.2 システムの構成

図1は事故サーベイランスシステムと身体地図情報システムを統合した身体地図機能を有した事故サーベイランスシステムの構成図である。システムはクライアントソフトウェア、Webサーバ、データベースサーバから構成される。クライアントソフトウェアは、事故情報の入力や閲覧、解析などの要求を

連絡先: 坪井 利樹, 産業技術総合研究所 デジタルヒューマン研究センター, 〒135-0064 東京都江東区青海 2-41-6, Tel:03-3599-8201, t-tsuboi@aist.go.jp

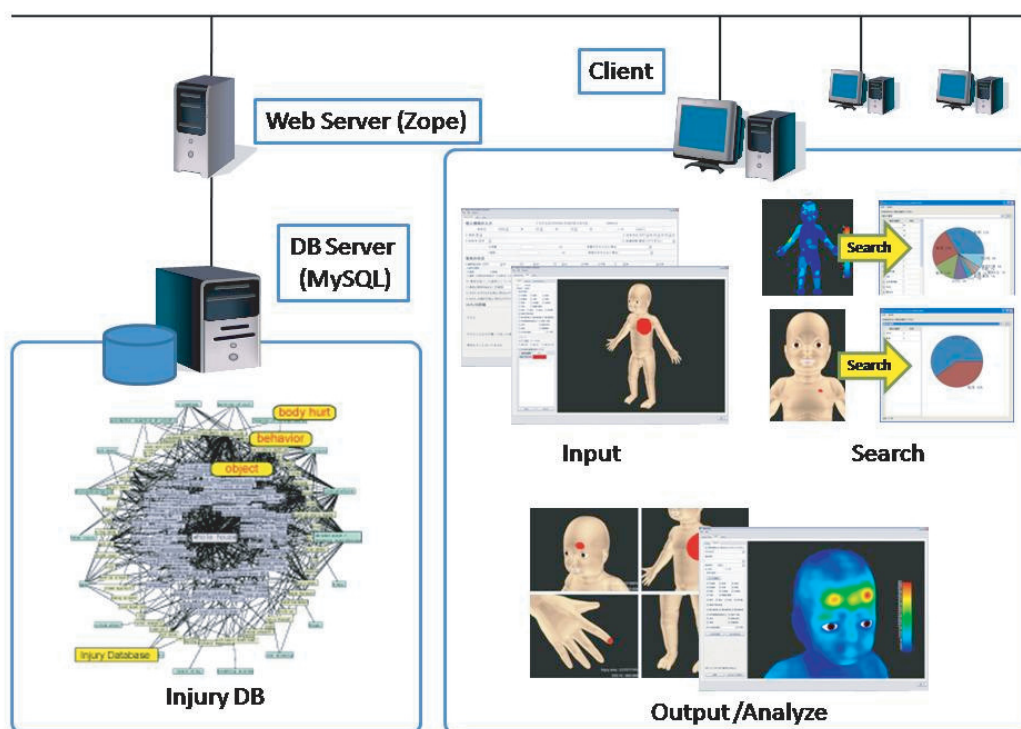


図 1: 身体地図機能を有した事故サーベイランスシステムの構成

Web サーバに送信したり、Web サーバからの結果を表示したりなどする。Web サーバはクライアントソフトウェアからの要求に応じてデータベースのデータをやり取りしたり、解析の計算を行い結果をクライアントソフトウェアに送信する。データベースサーバでは入力された事故情報を保存する。収集可能な情報は、事故サーベイランスシステムで収集していたテキスト情報と、身体地図情報システムで収集している傷害の位置情報である。なお、クライアントソフトウェアはC++言語を、サーバはZopeを用いて構築した。また、データベースはMySQLを使用した。

3.3 事故・傷害情報の入力方法

事故・傷害情報の入力の手順について説明する。

1. クライアントソフトウェアから事故情報を入力する。まずは、従来の事故サーベイランスシステムで入力していたテキスト情報を入力する。
2. 次に傷害の位置および形状の入力を行う。傷害の種類を選択し、患者の傷害の位置を見ながら、クライアントソフトウェア上に表示された三次元人体モデル上にマウスなどを用いてポイント入力する。
3. ポイント入力された傷害の位置および形状は、ラスタデータに変換され、傷害の種類や重症度など他の情報と関連付けられてデータベースに保存される。

保存された事故・傷害情報は、必要に応じてクライアントソフトウェアから閲覧や検索、解析が可能である。

3.4 実装した機能

統合した身体地図機能を有する事故サーベイランスシステムは、従来の事故サーベイランスシステムと身体地図情報システムの機能を持ち合わせている。機能は大きく分けて傷害検索機能、傷害統計量算出機能、解析機能の3つがある。ここでは、

特に重要だと考えられる機能や、統合後に新しく実装した機能について述べる。

1. 傷害検索機能

(a) 空間クエリによる検索機能

三次元人体モデル上の任意の位置を選択することにより、その位置で受傷した個別事例の検索が可能である。それと同時に、選択した位置において、どのような傷害が多いかやどのような事故が起きているかといった統計データを示すグラフも表示可能である。

(b) テキストによる検索機能

性別や年齢、発達段階など事故に遭った人物の特徴および事故の発生した日時や場所、事故に関係したモノなど事故の特徴から、個別事例の検索や統計データの閲覧が可能である。

2. 傷害統計量算出機能

(a) 受傷面積算出機能

病院での聞き取り調査の結果、医療の現場では、熱傷の事故が起きた場合、重症度の判断を行うために、体表面積に対する負傷面積の割合を即座に求める必要があることがわかった。そこで、本システムでは、そのニーズに応えるために、受傷面積算出機能を搭載した。人体モデル上の塗りつぶされたポリゴンの面積の総和をとり、全体表面積に対するパーセンテージを算出する。

(b) 傷害重心算出機能

傷害の解析を行う際に、傷害の重心を用いる場合がある。そこで傷害の重心算出機能を実装した。ポイントされたポリゴンの頂点の三次元座標の平均を取ることで、重心を計算する。なお、人体モデルは曲面が多いため、重心が体表面から離れてしまうことがあるが、その場合は最も近いポリゴンの頂点を重心とする。

3. 解析機能

(a) 身体空間統計

i. 身体領域を定義する機能

身体上を任意の領域に分割し、定義する機能である。ペイント機能を用いて、三次元人体モデル上を複数の色を用いて塗り分け、色ごとに意味付けをする。

ii. 定義した領域における傷害の頻度をカウントする機能

上述の身体上に定義した各領域に含まれる傷害の頻度を数え上げる機能である。身体上のどの部位でどのような傷害が多いかといった統計を取る際に用いる機能である。

iii. 身体空間統計解析を行う機能

傷害の頻度の可視化や、傷害の左右差検定や受傷面積のヒストグラムなどの統計解析が可能である。

(b) 傷害モデリング

身体上の受傷した位置と事故に関する特徴を、ベイジアンネットを用いて因果構造モデルの構築を行う。詳しい説明は次章にて述べる。

4. 身体地図機能を有した事故サーベイランスシステムによる傷害情報の解析例

構築したシステムの有用性を確認するため、傷害情報の解析例について述べる。用いた傷害情報は、2006年11月から2007年10月の間に、国立成育医療センターにて傷害の治療を受けた、子どもが主な患者の事故1,628件である。

4.1 検索機能による条件付き傷害の身体空間統計

図2は4つの検索条件で検索し、傷害の頻度を可視化したものである。カラーバーは頻度を示し、赤い部位ほど頻度が高く、青い部位ほど頻度が低いことを示している。図2のAは熱傷、Bは1歳から2歳の男児の転落、Cは滑り台による事故、Dは滑り台を含む遊具による事故である。

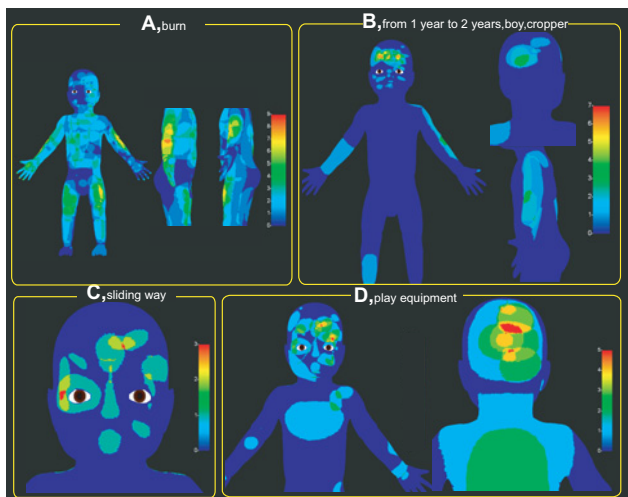


図 2: 複数の条件による検索結果

4.2 左右差検定

傷害の位置情報を用いることで、傷害の統計的検定が可能である。例として、傷害の分布に左右差あるかどうかを検証した。まず、身体領域定義機能を用いて、身体を頭部、頸部、胸部など10の領域に分け、さらに左右を区別し20の領域を定義した。そして、傷害の頻度をカウントする機能を用いて、

定義した各領域に含まれる傷害の頻度を数え、帰無仮説を「傷害は左右均等に起こる」として、カイ二乗検定を行った。なお、傷害を表す曲面の重心を傷害の位置とみなし、各領域に含まれた重心の数を頻度とした。また、重心が身体の正中線上にあった傷害14件については検定から除外した。

表 1: 各部位ごとの傷害の頻度と P 値

	右	左	合計	P 値
頭部	489	558	1047	0.033
頸部	6	4	10	0.572
胸部	15	11	26	0.433
腹部	14	24	38	0.105
上腕	12	12	24	1.000
前腕	64	75	139	0.351
手	90	79	169	0.397
大腿	34	21	55	0.080
膝	28	14	42	0.031
足	29	35	64	0.453
全体	781	833	1614	0.196

検定の結果を表1に示す。各部位ごとに左右の傷害の回数からカイ二乗値を求め、その値からP値を算出した。その結果、頭部と膝では傷害に左右差があることが確認された ($P < 0.05$)。その他の部位については傷害の左右差は確認できなかった。部位によっては、サンプル数が少ないため断定的なことは言えないものの、本システムを用いることによって、従来はできなかった傷害の左右差の統計的検定などの統計解析が可能になった点が重要である。

4.3 受傷面積と傷害の頻度

図3は全体1,628件の受傷面積のヒストグラムである。横軸は受傷面積、縦軸は度数(件数)である。図3を見ると、大部分の事故は小さい面積の傷害であり、大きな面積の傷害は少数であることが読み取れる。この図3のグラフの両軸を常用対数にしてプロットし直すと、図4となる。グラフはほぼ直線となり、これは小さな度数を持つたくさんの事象と大きな度数を持つ少数の事象が共存するべき乗則の傾向を示している。

4.4 傷害モデリング

どのような事故によって身体上のどの部位を受傷するかに関係を知ることは、事故対策の提案や製品の改良に役立つ。そこで、ベイジアンネットを用いて、身体上の受傷した位置と事故に関する特徴の確率的な因果関係をモデル化する傷害モデリングを行った。以下、傷害モデリングの手順を示す。

1. 身体領域定義機能を用いて、身体上の部位を定義する。今回は、前述の左右差検定で定義した領域を用いた。
2. 定義した領域における傷害の頻度をカウントする機能を用いて、1で定義した領域ごとに傷害の頻度をカウントする。カウント方法は、1つの傷害が特定の領域に完全に含まれる場合はその領域に+1件とする。1つの傷害が複数の領域にわたる場合は各領域に+1件とする。
3. 2で求めた各領域における傷害の頻度と、事故の特徴に関するクロス集計表を作成する。
4. クロス集計表に対して、AIC情報量基準を用いたベイジアンネットで構造学習させることで、因果構造モデルを構築する。
5. 推定したい事故の特徴を説明変数として構築した因果構造

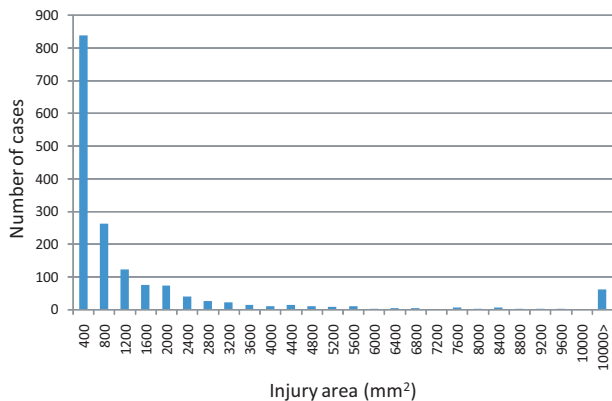


図 3: 受傷面積のべき乗則

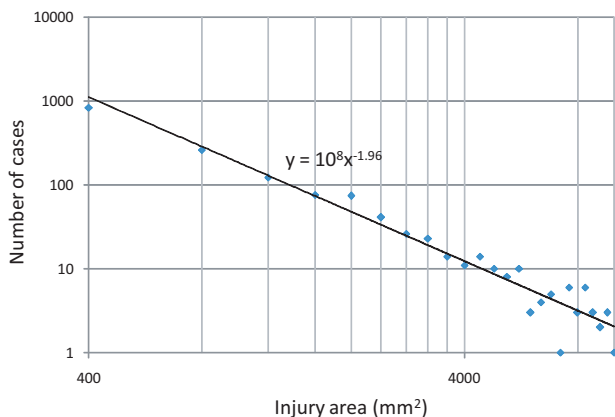


図 4: 受傷面積のべき乗則 (ログスケール)

モデルに入力することで、事故の特徴から受傷する部位の推定を行う。

図 5 は傷害モデリングの一例で、各領域の傷害の頻度と、転落や転倒といった事故の種類との関係を示した因果構造モデルである。図 6 は図 5 の因果構造モデルに、事故の特徴として「火傷」を入力し、身体上のどの部分を受傷するかを推定した結果である。図 6 は、赤い部位ほど火傷による受傷が多く、青い部位ほど火傷による受傷が少ないことを示している。

今回は事故の種類を説明変数としたが、年齢や事故の起きた場所、事故に関わったモノなどを説明変数とし、受傷部位との因果構造モデルを構築することが可能である。例えば、モノの特徴を説明変数として因果構造分析を行うことで、製品の改善に繋がる新たな様々な知見を得ることが可能であると考えられる。

5. 結論

本論文では、事故に関する詳細な情報を収集する事故サーベイランスシステムと、身体上の傷害の位置や形状を収集する身体地図情報システムの統合について述べた。また、統合したシステムである身体地図機能を有した事故サーベイランスシステムの構成と、システムの主要な機能である傷害検索機能、傷害統計量算出機能、解析機能について述べた。

本論文では、提案したシステムを評価するために、子どもが主な患者の事故 1,628 件の事故情報を用いた解析について述べた。解析では傷害の頻度の可視化、傷害の統計的検定、受傷面積と傷害の頻度の関係の算出、傷害モデリングを行った。

今後は、引き続き事故情報の収集を継続し解析を進め事故

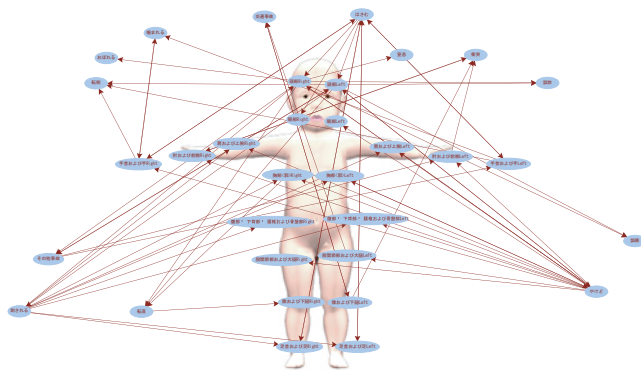


図 5: 因果構造モデル



図 6: 「火傷」の事故の推定

予防活動に貢献するとともに、身体地図機能を有した事故サーベイランスシステムを Web サービス化し、蓄積された事故予防研究のための基礎データを提供・共有する計画である。

謝辞

本研究は国立成育医療センターとの共同研究の一環として行われた。傷害情報の収集をできるように環境の整備をしてくださったところの診療部 奥山真紀子医師、実際に傷害情報を収集してくださった救急センター看護師 西海真理さん、林幸子さんを始め、協力して頂いた医師、看護師の方々に感謝の意を示します。

参考文献

- [山中 04] 山中龍宏, "子どもの事故予防へのアプローチ", 第 4 回日本赤ちゃん学会学術講演会プログラム抄録集, pp.16-17, 2004
- [柴田 07] 柴田康徳, 本村陽一, 西田佳史, 山中龍宏, 溝口博, "事故サーベイランスシステムに関する研究 -事故データベースと日常生活データベースの標準化による情報統合-", 第 25 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 3G11(1)-(4), 2007
- [坪井 07] 坪井利樹, 西田佳史, 持丸正明, 河内まき子, 山中龍宏, 溝口博, "身体地図情報システムによる知識共有," 人工知能学会全国大会 2007 論文集, 2C5-4(1)-(4), 2007
- [坪井 08] 坪井利樹, 西田佳史, 持丸正明, 河内まき子, 山中龍宏, 溝口博, "身体地図情報システム" 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol.20, No.2, 2008 (in press)