

6P-09

意味の数学モデルを用いた創傷類似度の視覚分析

浅山 優芽[†] 王 宝慶[‡] Malik Olivier Boussejra[†] 中山 雅紀[†] 猩々 英紀*
 安達 登* 清木 康* 藤代 一成[†]

[†] 慶應義塾大学 理工学部
[‡] 慶應義塾大学 大学院理工学研究科
 * 山梨大学 大学院総合研究部医学域
 * 慶應義塾大学 大学院政策・メディア研究科

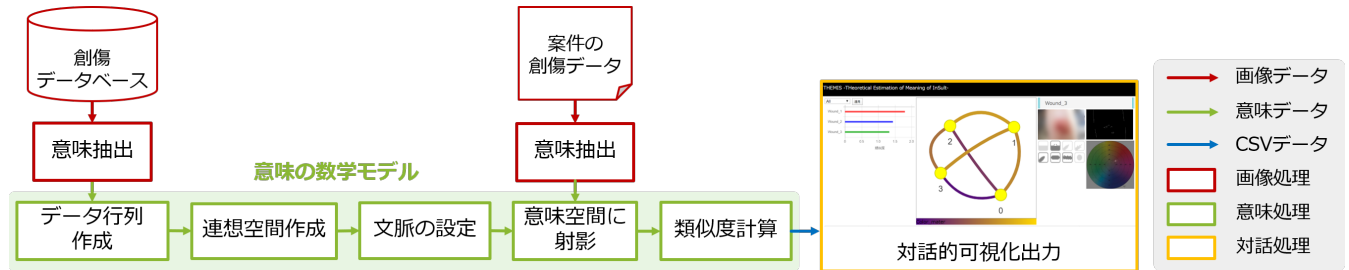


図 1: 提案システム THEMIS における処理の流れと可視化出力. 意味の数学モデルに基づき, 創傷の意味抽出と発現要因ごとの創傷間の類似度を計算する. その結果に基づいて作成される相関グラフによって, 創傷間の類似度を表現する. 相関グラフのエッジは明度が高いほど相関が強いことを示しており, ノードをクリックすることで創傷の詳細がわかる.

1 背景と目的

司法解剖の記録を実際の裁判関係者に平等に提示することは, 公平な裁判を行ううえでひじょうに重要である. また, 類似判例との関連性を視覚的に提示することで, 裁判を円滑に進めることができると考えられる. Boussejraら [1] は, これらを可能にする法医学データ可視化の統合環境に向けて LMML: Legal Medicine Mark-up Language を開発した.

本研究では, 案件の LMML データに含まれる創傷画像に, 清木ら [2] が提案している意味の数学モデル (MMM: Mathematical Model of Meaning) を適用することで, 創傷の発現要因 (以下, 成傷機転) に応じた, 創傷の意味づけを可能にする対話的視覚分析環境 THEMIS: Theoretical Estimation of Meaning of InSults の開発を目的としている.

2 概要

本システムにおける処理の流れを図 1 に示す. まず, データベースに用意された創傷データから, 創傷特徴の有無を判定し, 創傷データを意味ベクトルに変換する. この意味ベクトルから, MMM に従って意味相関行列を作成する. 意味相関行列の基底ベクトルから, 成傷機転と相関の強いものを取り出し部分ベクトル空間 (以下, 意味空間) を構成する. 次に, 案件の創傷データを意味ベクトルに変換し, データベース内のデータとともに意味空間に射影すること

で, 成傷機転を考慮した創傷間の類似度を算出する. 最後に, 得られた類似度を相関グラフで対話的に表示する.

3 創傷類似度の計算

本節では, 創傷間の類似度を計算する手法について述べる. まず, 3.1 項で MMM の概要を示す. さらに, 3.2 項で創傷のもつ特徴を定義し, 3.3 項で MMM の適用方法を詳述する.

3.1 MMM

本手法では, MMM[2] を利用する. これは, 単語の意味を数学的に表現することで, 特定の文脈における単語間の意味的類似度を計算するモデルである. 前提として, 単語のデータ集合が m 行 n 列の行列 A (以下, データ行列) で与えられ, 各行ベクトルはそれぞれ, n 個の特徴によって意味づけされているとする. n 次の意味相関行列 $A^T A$ を生成し, その固有値分解を行う. 固有値が 0 でない γ 個 ($0 \leq \gamma \leq n$) の固有ベクトルを基底とする γ 行 n 列の正規直交空間を連想空間とよぶ. このとき, 連想空間に対して, 文脈を指定する単語と強い相関をもつ部分空間 (以下, 意味空間) を作成し, 意味空間に射影された単語間の距離を計算することで, 文脈における単語間の類似度を求める.

3.2 意味抽出

創傷のデータ行列を作成するうえで, 創傷データから形態と色に関する特徴を抽出する.

Visual analysis of wound similarity using mathematical model of meaning
 Yume Asayama[†], Wang Baoqing[‡], Malik Olivier Boussejra[†], Masanori Nakayama[†], Hideki Shoji^{*}, Noboru Adachi^{*}, Yasushi Kiyoki^{*}, Issei Fujishiro[†]
[†] Faculty of Science and Technology, Keio University
[‡] Graduate School of Science and Technology, Keio University
^{*} Graduate School of Medicine, University of Yamanashi
^{*} Graduate School of Media and Governance, Keio University

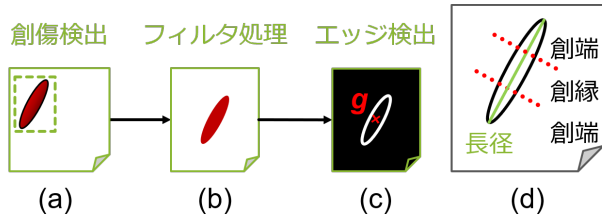


図 2: 創傷データの処理の流れと創傷の区分け. 創傷を囲む長方形の中心を創傷の中心 (g) とし, そこから創傷の長径を求める. 長径に沿って創傷を三分割し, 両端を創端, 中央部分のエッジを創縁とする.

今回は, 形態の特徴として, 開放性, 不整創縁, 不整創端, 直線創縁 (創傷の縁が整っているか), 鋭利創端, 先太創 (創傷の端が太くなっているか), 円性の 7 個の特徴を設定した. 図 2 に示す (a) から (c) の処理で得られたエッジ画像から創傷の中心と最長辺 (以下, 長径) を検出する. 図 2 の (d) のように創傷の長径に沿って三分割し, 長径に対して創端や創縁のエッジの様相を分析することで, 創傷の形態特徴の有無を判定する.

次に, 色の要素としては, 色相, 明度, 彩度が挙げられる. そこで, マンセル表示系に示される 10 種類の色相 (赤, 黄赤, 黄, 緑黄, 緑, 青緑, 青, 紫青, 紫, 赤紫) と, その中間色 10 種類に, 明度・彩度を考慮した修飾子 (暗い, 淡い, 灰色の, くすんだ, 修飾子なし) を組み合わせて, 色の特徴とした. 画像に多く存在する色を選出し, マンセル表示系を参照することで色の特徴を決定する.

3.3 MMM の適用

まず, 創傷 (= MMM における単語) の意味ベクトルに行にもつデータ行列の作成にあたり, 各創傷データを, 前項で挙げている各特徴について, 創傷がもっている特徴は 1, もっていない特徴は 0 を成分とする 107 要素の意味ベクトルに変換した. 表 1 は, インターネット上で公開されていた 4 つの創傷について作成した 4 行 107 列のデータ行列の一部を示している. MMM に従って, データ行列から正規直交空間である 103 行 107 列の連想空間が生成された. 次に, 成傷機転 (= MMM における文脈) を特に指定しない場合と包丁のような鋭利な成傷器で刺された場合 (開放性, 直線創縁, 鋭利創端) の 2 例に関して, 注目する特徴の意味相関行列におけるベクトルと, 連想空間の基底ベクトルとの内積の和が, 閾値以上の基底ベクトルから構成される意味空間を用意した. 最後に, 意味空間に創傷データを射影して得られた各創傷のベクトル (以下, 成傷機転考慮ベクトル) から創傷間の距離を算出した.

表 1: 4 つの創傷を意味づけた結果の一部. 特に違いの見られる特徴 (開放性, 不整創縁, 直線創縁, 鋭利創端) に絞って示している.

	開放性	不整創縁	直線創縁	鋭利創端	...
創傷 0	1	0	1	1	...
創傷 1	1	0	1	1	...
創傷 2	0	1	0	0	...
創傷 3	1	0	1	0	...

表 2: 表 1 で示した 4 つの創傷間の意味的距離. 赤字は, 注目する創傷の発現要因を指定せずに計算し, 緑字は, 創傷の発現要因が包丁などの鋭利な成傷器で刺された場合 (開放性, 直線創縁, 鋭利創端) について計算した意味的距離をそれぞれ表している.

	創傷 0	創傷 1	創傷 2	創傷 3
創傷 0	-	0.617	0.783	0.683
創傷 1	0.608	-	0.558	0.433
創傷 2	0.728	0.607	-	0.366
創傷 3	0.712	0.422	0.359	-

4 適用例

前節で算出した, 4 つの成傷機転考慮ベクトル間の距離をそれぞれ計算した 4 次の距離相関行列を表 2 に示す. 注目する成傷機転を指定しない場合 (表 2 の赤字) と, 注目する成傷機転を包丁のような鋭利な成傷器で刺された場合 (表 2 の緑字) を比べると, 創傷 0 と創傷 1 は成傷機転を指定したことで距離が近づくのに対し, 創傷 1 と創傷 2 は遠ざかる. これは, 創傷 0 と創傷 1 は成傷機転と相関の強い特徴をもつが, 創傷 2 はもたないことが理由として挙げられる.

表 2 の赤字の距離に基づいて, 創傷データの関係性を相関グラフで表示したものを図 1 右に示す. 注目する成傷機転を変更することで相関グラフが再描画されるため, 異なる成傷機転についても対話的に分析することが可能である. また, 相関グラフでは, エッジの明度が高いほど類似度が高いことを示しており, ノードをクリックすると, 創傷データの詳細がわかる.

5 結論と今後の課題

本稿では, 創傷から抽出した特徴に, MMM を適用することで創傷の意味づけを行い, 計算した類似度から創傷データの関係性を相関グラフで提示する THEMIS の対話的分析機能を紹介した.

今後の課題として, 成傷器や成傷機転が明確な多くのデータを入力として扱うことで, 本手法の意味づけが正しいかを検証するとともに, ひとつの創傷データに複数の創傷が見られる場合が扱えるように意味づけを拡張する課題にも取り組みたい.

謝辞

本稿の執筆に際し助言頂いた 慶應義塾大学 大学院理工学研究科 石飛 晶啓 氏に感謝する. 本研究の一部は, 令和元年度科研費基盤研究 (A)17H00737 の支援により実施された.

参考文献

- [1] Malik Olivier Boussejra, Noboru Adachi, Hideki Shoji, Ryohei Takahashi and Issei Fujishiro: "LMML: Initial developments of an integrated environment for forensic data visualization," In *EuroVis 2016 - Short Papers*, 2016.
- [2] Yasushi Kiyoki, Takashi Kitagawa and Takanari Hayama: "Metadata system for semantic image search by a mathematical model of meaning," *ACM SIGMOD Record*, Vol. 23, No. 4, December 1994.