(特集論文) 「近未来チャレンジ 2013」

TETDMを用いた電子カルテ分析支援ツールの開発と実カルテ分析での検証

Development of EMR Analysis Support Tool based on TETDM and Its Evaluation through Actual EMR Analysis

高間 康史
Yasufumi Takama

首都大学東京大学院システムデザイン研究科
Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University
ytakama@tmu.ac.jp

串間 宗夫
Muneo Kushima

宮崎大学医学部附属病院医療情報部
Medical Informatics, University of Miyazaki Hospital
muneo.kushima@med.miyazaki-u.ac.jp

砂山 渡
Wataru Sunayama

広島市立大学大学院情報科学研究科
Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University
sunayama@hiroshima-cu.ac.jp

keywords: text mining, EMR, TETDM, exploratory data analysis.

Summary

This paper proposes an analysis support tool for EMR (electronic medical record), based on which examines its applicability to EMR analysis task in a hospital. As the spread of EMR into hospitals, the demand for analyzing EMR for improving quality of medical care as well as for contributing to hospital management is increasing. Although application of data mining techniques is promising, it has not been so popular today. The proposed tool consists of two sub-tools: a tool for analyzing EMR with visualization, and that for adding technical terms to a dictionary used by a morphological analyzer. Those are developed on TETDM (Total Environment for Text Data Mining), which makes it possible for users to use multiple tools through unified interface. In order to examine the applicability of the proposed tools and TETDM to EMR analysis in a hospital, doctors and nurses in a hospital used the tool for analyzing actual EMR. The experimental result shows that they can analyze the difference between EMR written by novice nurses and veteran. It is also shown adding technical terms extracted from EMR is useful for improving the quality of text processing as well as for reducing ambiguity of terms.

1. は じ め に

本論文では、テキストデータマイニング統合環境 TETDM (Total Environment for Text Data Mining)[砂山 11, 砂山 13, 砂山 14] を利用した電子カルテ分析支援ツールを提案し、病院での電子カルテ分析作業への適用可能性について検証する。

電子カルテは医師による診療記録や看護師による看護記録などから構成され、医療・看護の継続性や、医療従事者と患者間での診療情報共有に繋がる重要な文書である[厚労省 05]。近年では診断などの日常業務における活用だけでなく、医療の質向上[土井 09, 川中 05, 岡垣 11]や病院経営への活用[紀ノ定 03, 山崎 13]などを目的とした二次利用も視野に入れられており、データマイニング技術の活用が期待されているが、現状ではまだ試行の段階といえる[村松 10]。

本論文では、看護師により記載された電子カルテ(看

護記録)を分析対象とする。看護記録の監査は、患者に提供されたケアの質を明らかにするために必要不可欠であり、監査を定期的に行い、その結果に基づき記録の質を向上させることが、看護の質向上において重要であることが指摘されている[東 05, 元永 09]。本論文でデータ提供、実験協力をしていただいた病院(約 600 床)では、医師、看護師による記録が日に 2,000 件程度発生する。この内、医師が作成する退院時サマリについては 2 名の診療情報管理士が全件目視で監査しているが、一日あたり 5 時間程度の時間を要している。看護記録の監査については、人的・時間的コストの関係上、現状では抽出法による監査にとどまっている。具体的には、年間 2-4 件の入院患者をランダムに抽出し、期間を限定した上で、その間に作成された看護記録のみを監査している。従って、テキストマイニングにより電子カルテを分析し、医療従事者の負担を軽減することが期待されている。

テキストマイニングによる看護記録分析に期待される

効果としては、看護記録監査表の改善、記載の質向上に向けた対策立案、監査作業の支援あるいは自動化があげられる。看護記録の監査について、現状では各病院において独自の監査表を用意し、これに基づき監査を行っている [東 05, 元永 09]。例えば東らは、誤字・脱字がないか、実施入力の流れがないかなどの 13 項目のチェックポイントを定め、各項目について「十分／不十分」の二択で評価を行っている [東 05]。実験に協力していただいた病院でも同様の監査表を病院独自で作成し、監査に利用している。監査表は過去に 3 回改訂を行っているが、定期的に見直し、改善する必要性を感じているとのことであり、テキストマイニングによる分析結果を活用することが期待できる。

看護記録の記載の質向上に向けた取り組みとして、協力していただいた病院における現状では監査結果を記録者（看護師）本人にフィードバックしているが、全件監査でない以上、対象となる看護師は一部となるため、その改善効果は限定的となっている。より多数の看護記録を対象として分析した結果に基づき、記入フォームの改善や、カルテ作成の教育プログラムの検討などを行うことができれば、組織的なレベルでの質向上に向けた取り組みが可能になることが期待できる。さらに、監査記録の質に関する客観的評価指標を確立することができれば、監査自体の自動化や監査作業支援インタフェースの開発なども、将来的に期待できると考える。

本論文では第一段階として、テキストマイニングを適用することで記述品質管理や看護師の指導への応用などに有益な知見が得られるかどうかを検証対象とする。データ分析の方針として、新人看護師とベテラン看護師による記述の違いに着目する。比較は探索的分析で一般に用いられる戦略であり [高間 11]、データ分析に必ずしも慣れていない医療従事者でも作業がしやすいと考える。また、現状では各病院で独自に監査表を作成している様に、病院あるいは診療科によって記述内容や語彙に違いがあると考えられる。そこで、辞書整備などによる分析環境のカスタマイズも考慮する。

提案する電子カルテ分析支援ツールは、電子カルテから抽出したキーワードを可視化することでカルテの特徴分析作業を支援するツール [谷 13]、および辞書構築支援ツール [高間 13] から構成される。辞書構築支援ツールでは、分析対象の電子カルテ集合から専門用語候補となる複合名詞を抽出・提示し、利用者がインタラクティブに辞書へ追加可能とする。これらのツールの開発には TETDM を用いる。TETDM は、テキストマイニング研究者によるツール開発・公開を容易にすることで、ツール開発者と利用者との出会いの場を提供することで、研究成果の現場へのフィードバックや、現場からのニーズ獲得を促進することなどを使命として開発が進められている。利用者のニーズと開発者のシーズのマッチングが有効に期待できる分野として、TETDM の開発プロジェクトで

は当初から医療現場への応用を検討しており [砂山 13]、本論文はその実践に関する初の試みとなる。

開発したツールを実際の電子カルテに適用し、医師および看護師に、看護師の熟練度による電子カルテの記述の違いについて分析を行ってもらった。ツールの利用状況の分析や、分析結果を元に得られた知見、ツール利用に関する医師・看護師からの意見などに基づき、提案ツール及び TETDM の医療現場への適用可能性について考察する。

2. 関連研究

2.1 電子カルテ分析

医療情報システムは、外来患者への請求処理を扱う医事会計システム、複数の自動分析装置を総合的に制御する検査部門システム、検査依頼などのオーダ情報を部門システムへ受け渡すオーダエントリーシステム、診療記録などを管理する電子カルテシステムなどから構成される [松村 12]。医事会計システムの導入が 1960 年代と最も早く、その後オーダエントリーシステムが 1980 年代はじめから導入されている [松村 01]。電子カルテシステムの導入は 1990 年代後半から始まり、1999 年には厚生労働省が診療記録の電子媒体による保存の原則を定めるなど、電子カルテシステムの普及が進んでいる。電子カルテに記載されるべき情報としては、以下の様な情報が挙げられる [松村 01]。

- 医師が記入する情報：初診時の記録、経過記録、退院時サマリ、病名
- 看護師が記入する情報：観察記録、看護記録

電子カルテ導入がもたらす病院組織の変化についての分析もなされており、アンケートによる調査および因子分析やパス解析などにより、電子カルテがもたらす新たな機能が可視化であること、それが個人の意識に影響を与え、正確性の向上や患者サービスといった面での変化を経由して組織の変化に繋がることが報告されている [高橋 07]。

電子カルテ導入のメリットは、上記のような日常業務に与えるものだけでなく、電子カルテにより管理される診療情報や管理情報の二次利用も期待されており、医療情報学分野の重要研究課題に位置づけられている [紀ノ定 06]。

二次利用に関して、データ分析のための仕組みは日常の定常業務から切り離すべきであり、データウェアハウスを別途構築することが行われている [松村 01]。山本らは日常診療情報を逐次データベース化し、疾患の予後・予後因子・治療成績・医療技術の安全性などを評価する臨床研究用データウェアハウスを構築している [山本 07]。電子カルテを二次利用し連携することによる臨床研究の効率化・コスト削減の可能性を示している。

電子カルテに集積されたデータの分析目的として、医療の質向上 [土井 09, 川中 05, 岡垣 11] や、病院経営への活用 [紀ノ定 03, 山崎 13] が挙げられる。また、データの二次利用に有効であることが期待される技術の一つにデータマイニングが挙げられている。

病院経営に関して、山崎らは、医療プロセスや投入した医療資源に何らかの問題があり、収支的に大きくマイナスを示した症例を含む教育用電子カルテを作成し、症例経営分析の教育プログラムを実施している [山崎 13]。紀ノ定は、診療の工程管理にプロジェクトマネジメントの考え方を導入し、実施した診療工程を定量的に評価するシステムの構築が不可欠であると指摘し、PDCA サイクルの Action に相当する診療成果・工程の改善行動に有効な技術の一つとしてデータマイニングを挙げている [紀ノ定 03]。

医療の質向上に関して、土井らは退院時サマリーにテキストマイニングを適用し、病院間での単語構成の比較を行った他、ベクトル空間モデルによるサマリー間の類似度に基づく DPC (Diagnosis Procedure Combination, 診断群分類) 判定の可能性について実験を行っている [土井 09]。岡垣らは、カード型電子カルテインタフェースを開発し、病院に導入しており、インタフェースが電子カルテの記載の質や診療内容にどのような影響を与えるかについて、時間外外来における実際のカルテデータを分析している [岡垣 11]。その結果、記載文字数、記載率の点でカード型インタフェースは従来のロールペーパー方式よりも優れており、診療内容に関してもカード型の方が高い評価が得られたことを示している。川中らは、インシデント報告における自由書式で記入された部分を対象として、キーワードを抽出し、SOM により可視化している [川中 05]。形態素解析を適用したキーワード抽出における問題点として、単語として認識されるべきものが分割される過分割などがあり、辞書整備の必要性を指摘している。

2.2 専門用語抽出

テキストマイニングの前処理に形態素解析を利用する場合、意味のある単位で語を抽出できること、品詞情報が利用できることなどの利点があるが、辞書に登録されていない単語は正しく抽出できないという欠点がある。そのため、分析対象ドメインにおいて使われる専門用語などを辞書に追加することがしばしば行われる。専門用語辞書が整備されていないドメインでは、対象文書集合などから専門用語を抽出し、辞書に追加する必要がある。

専門用語候補を抽出する手法は、品詞パターンを利用するアプローチ [小山 06, 林 08] と、コーパス内での出現頻度や接続コストなどの統計情報を利用するアプローチ [中川 03, 湯本 01, 辻河 04, 相澤 05, 上村 07] に大別される。いずれも、専門用語の多くは全くの新規語ではなく、既存の単名詞の組み合わせで形成されていることを

想定している。品詞パターンを利用するアプローチでは、複合語を構成する品詞の組み合わせに着目する。林らは、スニペットの代替となるような特徴語の抽出を目的として、スペースを含まず連続して抽出された名詞、未知語、英単語、数詞などからなる複合語を特徴語候補としている [林 08]。小山らは、非語/非用語を抽出してしまう有害な品詞パターンについて提案している [小山 06]。

コーパス内の統計情報を利用するアプローチで代表的なものに LR, C-value があり、それぞれ次式で表されるスコアを用いて専門用語候補を抽出する [中川 03, 湯本 01]。両方とも、スコアが高いほど専門用語候補としてふさわしいと判断する。

$$Cvalue(w) = (L_w - 1) \left(df(w) - \frac{t(w)}{c(w)} \right) \quad (1)$$

$$LR(w) = \sqrt{\prod_{i=1}^{L_w} (LN(n_i) + 1)(RN(n_i) + 1)} \quad (2)$$

ここで、 w は L_w 個の単名詞 (n_i) で構成される複合名詞、 $df(w)$ はコーパス中の出現頻度、 $t(w)$, $c(w)$ はそれぞれ、 w を含む複合名詞の出現回数と異なり数である。 $LN(n)$, $RN(n)$ は n がそれぞれ右側、左側に来る単名詞バイグラムのコーパス中出現頻度を表す。単名詞にも対応するように C-value を拡張した MC-value [中川 03]、 w の出現回数を考慮するために、 w の単独出現頻度と LR の積で定義される FLR [湯本 01] も提案されている。性質の違いに関して比較実験を行った結果もいくつか報告されており、LR によるスコア上位は複合名詞が多いが、FLR, MC-value では単名詞が多いなどの実験結果が報告されている [湯本 01]。LR や FLR は単名詞の接続コストを考慮した手法であるが、HITS や PageRank を利用した手法も提案されており [辻河 04]、LR よりも大局的な指標であることが示されている。その他、土木関連用語を対象として、品詞パターンベースと接続ベースのアプローチを組み合わせた手法 [相澤 05] も提案されている。また、専門用語は対象分野以外のコーパスにはあまり多く出現しない、という特徴に着目し、他の専門分野のコーパスにおける出現率と比較して抽出する手法も提案されている [久保 10]。

2.3 TETDM: Total Environment for Text Data Mining

本節では、TETDM 統合環境について述べる。TETDM は、あるテキストを入力したときに、その分析処理を行うマイニング処理モジュールと、処理結果を可視化して出力する可視化モジュールを複数備えた環境となっている。またこれらのモジュール群は、単独の開発者によって提供されるものではなく、任意の開発者がモジュールを作成して利用することができる。

TETDM では、独立した複数のパネル内に、マイニング処理モジュールと可視化モジュールを 1 つずつペアと

してセットすることで動作する。各パネルにセットされる、異なる開発者によって作成されたモジュールが、それぞれ独立に動作するだけではなく、それらを協調的に連動させることができる点が TETDM の特徴となっている。

TETDM はライトウェイトなツールを提供するプラットフォームに位置づけられる。データ分析作業を本格的かつ定常的に行うことが決定しているような場合には、商用の高機能・高価なツールの導入も検討に値するが、本論文のように有効な分析方法も定まっておらず、試験的に分析を行う段階には、TETDM の適用が適していると考えられる。また、UIMA (Unstructured Information Management Architecture) [Ferrucci04] に準拠した統合言語処理環境もいくつか開発されているが[狩野 08, 狩野 12], それらはテキスト解析処理の組み合わせやワークフロー形成に焦点があるのに対し、TETDM ではツールレベルの組み合わせに焦点がある。利用するツールを選択し、パネルにセットして用いるため、利用者の観点からは GUI を自分で構成するイメージとなる。情報可視化システムの構成としては Coordinated Multiple Views (CMV) [Andrienko07] に該当し、異なるビュー間の連動が重要となるが、TETDM では後述するフォーカス連動などにより、異なる開発者が別々に開発したツール間でも、ビュー間連動の実現が容易となっている。テキスト処理の組み合わせをツール利用者が変更することは困難であるが、利用者はより上位な、ツールレベルでの組み合わせに専念できるため、テキスト分析処理に詳しくないユーザでも利用しやすいものとなっており、本論文で対象とする問題に適していると考えられる。

§1 入力：テキスト

TETDM に入力されたテキストは「セグメント」「文」「単語」の 3 つに分割して扱われる。「単語」へ区切る際は、形態素解析器を用いて単語に分割する。この際、指定した品詞の単語だけを、キーワードとして取り扱う。「文」に区切る方法は、テキスト中の句点記号(「。」や「。」)をもとに分割する。「セグメント」に区切る方法は、特定の文字列をテキスト中に挿入し、その文字列をもとに分割する。その後、単語の出現情報や頻度情報の計算、キーワードやセグメント間の関連度計算を行った結果をデータ構造に格納し、これをもとに各モジュールが処理を行う。

§2 マイニング処理モジュール

マイニング処理モジュールは、統合環境内のテキストデータをもとに、テキストの理解や分析に役立つ情報をテキストから抽出する。またマイニングという言葉にこだわることなく、テキストに何らかの処理を施すモジュールも対象とする。2014 年 1 月 24 日現在までに 30 以上のマイニング処理モジュールが作成、公開されている。マイニング処理モジュールの処理結果は、可視化モジュールに渡されて出力される。

§3 出力：可視化モジュール

可視化モジュールは、マイニング処理モジュールによる出力結果を可視化する^{*1}。可視化モジュールでは、入力として受け取れるデータ型 (boolean, int, double, String 型とその一次元配列、二次元配列 (String 型以外) の 11 種類) を定め、そのデータの意味を表す整数型変数との組合せにより、マイニング処理モジュールからデータを受け取ることができる。現在までに 30 以上の可視化モジュールが作成、公開されている。

§4 テキスト分析に向けた機能

テキスト分析に向けた機能として、「フォーカス連動」と「部分テキストに対する処理」が挙げられ、本論文でも利用している。

フォーカス連動とは、ユーザが着目したデータ (マウスで触れる、あるいはクリックしたデータ) を観点として、各モジュールがハイライト等の処理を行う機能となっており、ブラッシング (brushing) の実装に用いられる。すなわち、独立して開発された異なるモジュール上で、対応するデータを明示的に確認することができる。

また、入力されたテキスト全体に対する結果だけではなく、一部のテキストに対する結果を出力する機能がある。そのため、入力されたテキスト内で複数の部分テキストを作成し、それら部分テキスト間の比較を行うことができる。

3. 電子カルテ分析支援ツール

3.1 ツールの構成

医師や看護師による電子カルテの分析作業を支援するツールを TETDM を用いて開発した。2.1 節でも述べた様に、電子カルテの解析においては形態素解析に利用する辞書の整備が重要であることが指摘されている。また、実際の医療現場では、病院毎に特有の単語や言い回しなどが利用されることも想定される。そのような場合、既存の専門用語辞書を利用するよりも、2.2 節で述べた手法により、対象文書から専門用語候補を抽出する事が効果的と考える。そこで本論文では、電子カルテの分析支援だけでなく、対象電子カルテから専門用語候補を抽出し、辞書に追加する作業の支援も対象とする。このため、電子カルテ分析支援ツール (3.2 節) [谷 13], 辞書構築支援ツール (3.3 節) [高間 13] をそれぞれ複数のパネルを組み合わせで実装し、作業時には TETDM のパネルセット機能を用いて両ツールが表示された状態 (後述する図 1 と図 4) が切り替わるようにしている。

TETDM を用いて開発する利点として、ツール利用者に統一的なインタフェースを提供できることが挙げられる。今回のように複数の異なる作業を支援する場合、異なるインタフェースを持つ別々のツールとして開発されたので

^{*1} マイニング処理モジュールの結果によらず、統合環境のテキストデータを可視化するモジュールであっても良い。

図1 電子カルテ分析支援ツールのスクリーンショット

は、利用者側は両ツールの利用設定、使い方の習得が必要になる。また、すべての機能を持つ一つのツールとして開発した場合、スクリーン内に多数の情報や操作メニュー・ボタンが一度に表示されると、利用者にとっての利便性は低下すると考える。これらの問題に対し、TETDMではツールの利用設定は一括して行える他、個々のツール特有の処理以外のインタフェースは共通化されているという利点がある。さらに、パネルの組み合わせを記憶し、一括して表示を切り替える機能により、一度に表示する情報や機能を制限することが可能である。

3.2 電子カルテ分析支援ツール

電子カルテ分析支援ツール(図1)は、以下の4つのパネルから構成されている(括弧内に、各パネルにセットされているマイニング処理モジュールと可視化モジュールを記す)。

1. 新人のカルテマップ(「再帰的クラスタリング」+「OKmap」)
2. ベテランのカルテマップ(「再帰的クラスタリング」+「OKmap」)
3. 新人とベテランの単語比較パネル(「半分テキスト」+「比較ディスプレイ」)
4. 電子カルテ表示パネル(「マイニングなし」+「連動可視化」)

左の2つのパネルは、新人とベテランのカルテ集合を、再帰的クラスタリング[砂山12]により分類し、その結果を地図状に表示する。地図内では、マウス操作によって拡大、縮小、平行移動を行うことができる。地図内の各クラスには、各クラス内の最も多くのカルテ内で使用されている単語がラベルとしてつけられ、そのカルテ数が数値として表示される。地図内の各ノードは、個別のカルテを表し、そのカルテ内で最も頻度が高い単語がラベルとしてつけられる。

右から2つめのパネルでは、各電子カルテ内で使われている単語をもとに、新人とベテランが同程度に使用している単語を中央に、新人がよく使う単語を左側に、ベテランがよく使う単語を右側に配置している。具体的には、各単語について(新人が使っているカルテ数 - ベテ

図2 電子カルテ分析支援ツールを利用した分析のイメージ(左上「OKmap」、右上「比較ディスプレイ」、下「連動可視化」からそれぞれ抜粋)

ランが使っているカルテ数)を計算し、正の値が大きい単語を順に新人の領域に、負の値が小さい単語を順にベテランの領域に、絶対値が小さい単語を順に中央の領域に配置する。また、左のいずれかの地図内でカルテにマウスカーソルがあてられた際には、そのカルテのラベルを青色で、そのカルテを含むクラスターのラベルを赤色でハイライトする。

一番右のパネルでは、左のいずれかの地図内でカルテにマウスカーソルがあてられた際に、そのカルテの内容を表示する。

これら4つのパネルを利用して、新人のカルテ集合とベテランのカルテ集合の比較を促す。比較のためには、新人またはベテランのカルテにはどのようなものが多いかをそれぞれ認識する必要があり、左の地図内でクラスタリングされたカルテ集合を比較することや、それぞれのカルテ集合で使われている単語の傾向を調べることによって比較分析を行う。

電子カルテ分析支援ツール内で利用した3つの可視化モジュールは、それぞれが最初から電子カルテの分析を目的として用意されたものではない。3つの別々の用途で用意されたモジュールを組み合わせることで、電子カルテに関する複数の情報を視覚的に確認できる環境を整えている。すなわち、新人またはベテランの電子カルテを分類する際に有効な単語をOKmapモジュールで確認した際に、その単語が新人とベテランのどちらがより使う傾向にあるかを、比較ディスプレイモジュールで即座に確認できるとともに、そのカルテの詳細を連動可視化モジュールで確認できる(図2)。なお、図2中の比較ディスプレイのスクリーンショットにおける、各単語の右側に記されている数値は、右側がその単語を使用しているベテランカルテ数、左側が新人カルテ数である。

3.3 辞書構築支援ツール

提案する辞書構築支援ツールのモジュール構成を図3に示す．ツールは二つのパネルから構成され，一つはマイニング処理モジュール TermExtraction と可視化モジュール TermDisplay，他方はマイニング処理モジュール TermHighlight と可視化モジュール TextDisplayHtml からそれぞれ構成される．図4に TETDM を用いて実装したプロトタイプのスクリーンショットを示す．TermExtraction と TermDisplay を組み合わせたパネルは複数同時表示することが可能であり，図3では左側2枚が TermDisplay，右側1枚が TextDisplayHtml のパネルにそれぞれ対応する．

TermExtraction モジュールは，2.2 節で述べた専門用語抽出手法を実装し，スコアの上位 150 語を降順にソートした専門用語候補のリストを TermDisplay モジュールに送る．ツール利用者は，TermDisplay モジュール上に表示された候補語を見ながら，それが専門用語として適切か否か（あるいは，一単語として扱うことが分析において有効か）を選択できる．候補語上でダブルクリックするたびに，状態が正解語・不正解語・未チェックの順に変化ようになっており，下部にある UpdateDic ボタンを押すことによって，正解語が TETDM の単語辞書に追加され，以降のテキスト読み込み時に反映される．なお，単語の追加はパネルごとに独立しており，それぞれのパネル内で UpdateDic ボタンを押す必要がある．また，ResetDic ボタンを押すことにより辞書が初期状態にリセットされる．

TermExtraction モジュールは，各種専門用語抽出アルゴリズムを実装し，差し替えて利用可能とするため，ベースとなるモジュール（クラス）として TermMiningBase を開発した．このモジュールは TermDisplay との連動に関する処理のみを実装したものであり，TermExtraction モジュールはこれを継承することで開発する．本論文では C-value, FLR を TermExtraction モジュールとして実装し，図3ではそれぞれ左と中央のパネルにセットしている．

TermHighlight モジュールは，TermDisplay モジュール上でシングルクリックされた候補語のカルテ中での出現箇所をハイライトし，その結果を HTML ソースとして TextDisplayHtml モジュールに送る．TextDisplayHtml モジュールは HTML ソースを表示するモジュールであり，TETDM に標準で付属する．TermDisplay と TermHighlight 間の連携は，2.3.4 節で述べたフォーカス連動機能を利用して実装している．

4. 評価実験

4.1 実験概要

生の電子カルテは個人情報を含んでいるため，解析して活用する上では，個人を特定できないようにする必要がある．本論文では，実際に匿名化を行った内科診療科

図3 辞書構築支援ツールのモジュール構成

図4 辞書構築支援ツールのスクリーンショット

電子カルテ入院患者看護記録テキストデータを用いて評価実験を行った．看護師 23 名が作成した 382 件の電子カルテについて，提案する電子カルテ分析ツールを用いて分析を行い，新人（経験年数 3 年以下）とベテラン（経験年数 6 年以上）でカルテの書き方にどのような違いがあるかを検討してもらった．新人，ベテランの定義は組織にもよると考えられるが，データ提供者である医療従事者に事前に確認してもらった結果，経験年数 3 年以下とそれ以降で記述内容が明らかに異なる傾向が見られたため，3 年以下を新人とした．また，ベテランに関しては，新人とデータ量が同程度となるように，経験年数の多い看護師から選択している．図5に，各看護師の経験年数およびカルテの件数を示す．赤丸が新人，青丸がベテランのデータである．TETDM による形態素解析の結果，新人データは 1,236 文，キーワード 1,061 語，ベテランデータは 1,081 文，キーワード数 1,138 語であった．表1に示す 8 名の医師あるいは看護師に協力を依頼し，以下の手順で作業を行ってもらった．

- (1) 電子カルテ分析支援ツールを用いて電子カルテを分析
- (2) 辞書構築支援ツールを用いて分析に有用と思われる単語を追加
- (3) ステップ2で更新した辞書を利用し，ステップ1を再度行う．

ステップ1, 3では，新人，ベテランが記入したカルテそれぞれの特徴及び，両者の違いを回答してもらった．また，その際に着目した単語がある場合にはそれも回答してもらった．作業時間は，ステップ1が平均 30 分（標

図5 看護師毎の経験年数とカルテ件数

表1 実験協力者の概要

協力者	職種他
A	医師（心臓外科）
B	医師（解剖学）
C	看護師（若手）
D	看護師（管理室）
E	看護師（若手）
F	看護師（外来）
G	看護師（情報管理室）
H	医師（血液内科）

準偏差 4 分), ステップ 2 が平均 23 分 (標準偏差 7 分), ステップ 3 が平均 24 分 (標準偏差 2 分) であった。

以降, 辞書構築支援ツール, 電子カルテ分析支援ツールに関する実験結果それぞれについて示した後, ツールの利用に関する実験協力者の評価についてまとめる。

4.2 辞書構築支援ツールの評価

3.3 節で述べた通り, 開発したツールではスコア上位 150 語を提示することになっているが, C-value はスコアが 0 より大きい 75 語のみを提示した。FLR ではスコアが 0 より大きい候補語は 480 語あったが, そのうち上位 150 語が提示されている。表 2 に, 両手法による上位 15 語を, 表 3 に, 各実験協力者が辞書に登録した単語数をそれぞれ示す。表中, CValue, FLR は, 当該手法のみで提示された候補語, Both は両手法で提示された候補語の登録数であり, Total は各協力者が登録した単語の総数である。全協力者で, FLR から追加された単語のほうが C-value よりも多くなっているが, FLR の抽出単語数が多いことがその原因といえる。図 6, 図 7 に, 候補語の順位と辞書追加件数の関係を示す。上位 30 語では C-value の登録単語数が 4–26 語, FLR が 6–22 語, 上位 50 語ではそれぞれ 5–39, 9–33 語であった。これより, スコア上位からの登録単語数ではそれほど差がないことがわかる。抽出単語の専門用語としての適切さではなく, 電子カルテの分析作業における効果の観点から辞書構築支援ツールの有効性を考えた場合, 客観的な評価指標の一つとして登録単語数が考えられる。すなわち, 着目単語として有効であったり, 再帰的クラスタリングにおいて分析者に

表2 専門用語候補上位 15 語の比較

順位	C-value	FLR
1	持続投与	持続投与
2	退院指導	退院指導
3	ルートトラブル	指導対象
4	指導対象	ルートトラブル
5	マイスリー	指導内容
6	キロサイド	ナースコール
7	医学部附属病院	カニューラ投与
8	宮崎大学医学部附属	カニューラ吸入
9	ポータブルトイレ	ポータブルトイレ
10	指導内容	気分不良
11	体位変換	, 退院指導*2
12	意識レベル	クーリング施行
13	クーリング施行	腹部症状
14	頭部クーリング	キロサイド
15	宮崎大学医学部	マイスリー

表3 登録単語数の比較

協力者	C-value	FLR	Both	Total
A	12	40	20	72
B	9	35	16	60
C	5	22	11	38
D	7	16	17	40
E	5	9	10	24
F	3	11	4	18
G	13	16	29	58
H	7	13	7	27

にとって熟練度の違いが読み取りやすいクラスタが得られたり, といった効果を期待して, 実験協力者は辞書登録を行うと想定し, 辞書に登録した単語数が多いほど, カルテ分析に有効であったと考える。この観点から比較すると, 今回の実験においては C-value と FLR で性能に大差なかったと考えられる。

図 8 に, 各候補語について, その語を辞書に追加した実験協力者数をヒストグラムとして示す。合計 192 語が協力者に提示され, 半数の 4 名以上が辞書に追加した候補語は 41 語であった。7 名が辞書に追加した候補語は「腹部膨満」「退院指導」「血管造影」「化学療法」「ナースコール」, 8 名全員が追加した候補語は「体位変換」, 「意識レベル」であった。「意識レベル」に関しては, 実験協力者 H より「レベル」という語は解釈が様々な可能であるとの指摘があり, 「意識レベル」を登録することで意味を明確化することを期待したと考える。他に特徴的な候補語として「キロサイド」があり, 4 名が辞書に追加している。この候補語は「キロ」と「サイド」の複合

*2 実際は, と の間に全角空白 27 個が入るが, スペースの都合上短縮している。

図 6 CValue の出力と辞書追加件数の関係

図 7 FLR の出力と辞書追加件数の関係

語であり、実験協力者 A, B, H は「キロ」の意味が不明あるいは曖昧と指摘しており、C, E は略語と勘違いしていた。図 9 に「キロサイド」を辞書に追加前後のカルテマップ（拡大図）を示す。なお、これは実験中のスクリーンショットではなく、「キロサイド」一語のみを追加した場合のマップの違いを比較するために作成したものである。「キロサイド」は抗がん剤の一種であり、辞書に追加することで正しい分析・解釈が可能になったという意見があった。以上より、提案の辞書構築支援ツールの使用方法として、既存研究でも指摘されている単語の

図 8 辞書追加を行った実験協力者数のヒストグラム

図 9 単語の辞書登録による効果の例：(上)「キロサイド」追加前 (下) 追加後

表 4 新人作成のカルテの特徴

特徴	協力者	着目単語
あいまいな言葉が多い	A,B,D, E,H	キロ, サイド, クリア, ルート, 上記, BP, Bp
観察、測定したものを そのまま記載している	B,D,F	kg, Wt, CV, BP, SpO2, 低下, カニューラ, トイレ
具体的でない・詳細が 記入されていない	C,D,E, G	トラブル, 不良, 少量, 安定

過分割の問題 [川中 05] を解決する他、「意識レベル向上」の様にコンテキストを含めることによる意味の明確化にも利用されたことがわかる。

4.3 電子カルテ分析結果

本節では、提案ツールを用いた電子カルテ分析結果について、医療従事者である実験協力者からのコメントに基づき考察する。二人以上の実験協力者により指摘された、新人作成のカルテの特徴、および各特徴に関して着目された単語を表 4、ベテラン作成のカルテの特徴および着目単語を表 5 にそれぞれまとめる。表中の「協力者」は、その特徴を指摘した協力者を表す。

表 4、表 5 に示した各着目単語を看護記録中で利用した新人看護師、ベテラン看護師の人数を調べ、散布図にしたものを図 10 に示す。図中、青色の単語は新人の着目

表 5 ベテラン作成のカルテの特徴

特徴	協力者	着目単語
他者とのつながり， 医師とのやりとり	A,D,E F,G	依頼，当直，医師， 母親，家族， 報告，Dr.
状態を表す記載 が多い	A,B	発熱，閉眼，排尿
管理・安全など症状 以外の事が書いてある	D,F,G	管理，確認

図 10 着目単語の利用に関する新人・ベテランの比較

単語，赤字はベテランの着目単語である．横軸はその単語を使用した新人看護師，縦軸はベテラン看護師の人数である．図より，新人（ベテラン）の看護記録に特徴的として着目した単語は，新人（ベテラン）の看護記録により多く出現しており，実験協力者は新人・ベテラン各グループにそれぞれ共通する単語に着目して分析を行っていることがわかる．また，利用した看護師が少ない単語に Bp, Wt, Dr. があるが，データセット中での各単語の出現頻度はそれぞれ 7, 6, 3 回で，着目単語の平均出現頻度 22.9 回と比較して少ない．従って，実験協力者は特定の看護師ではなく新人・ベテラン各グループにそれぞれ共通する特徴について分析しているといえる．今回の実験では，看護師ごとの違いや特徴の分析は考慮していないが，個人毎の看護記録データセットを作成し，同様の比較を行うことで可能と考える．

新人が作成したカルテに関して，表 4 にある「あいまいな言葉」に関しては，4.2 節に述べたように「キロ」，「サイド」など形態素解析における問題も影響しており，この点に関しては辞書構築支援ツールを用いて単語を追加した後解決したものも存在する．しかし，別のところに記載したものを「上記」として引用したり，BP などの略語を使用していることなどが指摘された．「観察，測

定したものをそのまま記載している」とは，測定した数値を単に記載したり，見たものをそのまま記載しているだけであるなどの指摘を意味する．その他，着目単語は挙げられていないが，患者の訴えをそのまま記載しているとの指摘もあった．具体的あるいは詳細な記載がない点については，単にトラブルと書いてあるだけで，トラブルの内容について記載されていないなどの指摘があった．

これに対し，ベテランが作成したカルテに対しては，医者（医師）や家族など，他者との関わりについての記載があるとの指摘があった．また，関連する指摘としては，医師への報告や，指示内容の記載がされているとの指摘があった．新人との違いとして，状態を表す記載がされているとの指摘があったが，状態は患者に聞かないと記入できないとの意見もあった．これは，単なるカルテ記載上の違いだけでなく，患者とのコミュニケーションに関する新人とベテランの違いに関する気づきと考えられる．その他，単に症状の記載ではなく，安全面や管理的視点からの記載もあるのが特徴的であるとの指摘もあった．

上記を踏まえ，新人とベテランによるカルテの違いとして，以下の様な意見が分析結果として得られた．

- 新人は自分中心の記述が多いが，ベテランは他者とのつながりを意識している．
- 新人は患者の訴えや計測値，観測したものをそのまま記載する傾向にある．
- 新人は略語なども多く，他者が見た時に統一した解釈ができるようにとの配慮が足りない．
- ベテランは見たままでなく，問題点や状態を明確に記載している．
- ベテランは安全や管理面なども幅広く記載している．
- 新人は任される範囲が少ないことも記載内容の違いにつながっている可能性がある．

実験終了後にヒアリングを行ったところ，本実験で得られた知見の中には，すでに知っていたこと，想像していたことも含まれていたが，これまで気づいていなかった事も発見できたとの意見があった．実験に参加した医師からは，「新人パターン」の記述をしている職員に対し，「ベテランパターンの記録を見せて教育する」や「パターンにより日々の経過記録を一つ一つ監査するのではなく，一定期間分をまとめて効率よく監査する」といった応用が可能との意見もあった．以上より，提案ツールにより得られる分析結果は，電子カルテの質的監査を行うときのチェックポイントの検討や記入フォームの改善，カルテ作成の教育プログラムの検討などに活用可能と考える．

4.4 利用者からの評価

上記実験の協力者は医療従事者であり，自身で分析ツールを開発するスキルを持たない．また，電子カルテ分析の必要性は感じていても，分析ツールの利用経験自体もほとんどない．従って，TETDM が想定する利用者の分

類 [砂山 14] における U-1 (PC が少し使えるがテキストマイニングの知識, スキルのない人) あるいは U-2 (PC の扱いに慣れているがテキストマイニングの知識がない人) に相当する。そのような利用者の視点から, 提案ツール及び TETDM の利用可能性や課題について考察する。

TETDM は, マイニング処理だけでなく可視化処理も統合している点がひとつの特徴である。この点に関して, ただ単に記録文章として表示されたのでは読解に時間がかかるため活用困難であるが, 視覚的に表示されるのはわかりやすいという意見があり, 提案ツールの表示方法についても良好な意見が得られた。具体的には, 可視化により島としてまとまって提示されるキーワード群から, 前節で述べたようなカルテの特徴が読み取れるとの意見があった。また, ツールの操作方法についてもわかりやすかったとの意見が得られた。

課題としては「ディスプレイの表示画面を 4 つに分けて解析結果を表示するので結果を確認しにくい」ことが指摘された。現状では大画面ディスプレイという利用環境が整備されていないという問題点があるが, 大画面ディスプレイの低価格化は進んでおり, 大学病院などでも急速に導入されつつあるため, 近い将来解消することが期待される。

また, PC 上で分析を行うだけでなく, 印刷して議論したいとの意見もあった。今回の実験では PC のみでの分析作業としたが, TETDM はスクリーンショットを記録する機能も備えているため分析結果の印刷は可能であり, 今後検討の価値があると考ええる。

今回の実験の範囲であれば, ツールの利用に関して特に問題は指摘されなかったが, 今後さらなる活用を考えた場合検討すべき課題も指摘された。すなわち, TETDM では多数の処理ツールや可視化ツールが提供されており, 利用するツール及びその組み合わせを動的に変更可能である点が特色の一つであるが, ツールの組み合わせ方がわかりにくいという意見があった。今回の実験では, 利用するパネルの組み合わせは固定し, パネルセット機能を利用して提供しているため問題はなかったが, 医療現場で利用者が自身の観点でツールを切り替えながら分析を行うことは, 現状では難しいと考えられる。この問題に関して, 利用方法を具体的に学べるチュートリアル必要性や, 医療用に機能を限定したバージョンの開発といった案が提案された。前者に関しては, TETDM のバージョン 0.53 からはチュートリアル機能を搭載しており, 今後も充実していくことが検討されている。後者に関しては, 本実験で利用したパネルセット機能が有効であり, 今後電子カルテ分析に利用可能なツールの種類を増やしていきながら, パネルセット機能により利用者にわかりやすい形式で機能提供することが可能と考える。

5. ま と め

本論文では, TETDM を利用した電子カルテ分析支援ツールを開発し, 実際の医師や看護師による実験を行って病院でのカルテ分析作業への適用可能性について検証を行った。提案ツールは電子カルテ分析支援ツールと辞書構築支援ツールから構成されており, TETDM による統一的なインタフェースで提供される。実際の電子カルテデータを利用し, 看護師の熟練度による電子カルテの記述の違いを分析する作業を医師・看護師らに行ってもらった結果, 新人, ベテランそれぞれが作成した電子カルテの特徴や, 両者の相違点について有益な分析が行えることを示した。また, 辞書構築支援ツールを用いて単語を追加することで, 単語の過分割の解消やコンテキストの明確化が可能であり, カルテ分析に有効であることも示した。

今回の実験では, ツール開発者と利用者が別であり, 両者の連携により実施されたが, これは TETDM が目的とする「利用者と開発者が出会える場の提供」の一つのモデルケースを示したとも言える。実験に参加した医師, 看護師からは TETDM を利用したツール提供に対し良好な評価が得られており, 今後より多様な分析ツールを提供し, 連携を深めることが期待できる。また, 看護師毎にデータセットを作成し, 同様の分析を行うことで, 各看護師の記述の特徴を分析し, フィードバックするなどの応用も今後の展望の一つとして考えられる。さらに, 今回得られた意見を元にツールの機能および作業効率を向上させること, ツールを TETDM のサイトで公開し, 他の病院などでも利用してもらうことも今後の課題である。

◇ 参 考 文 献 ◇

- [相澤 05] 相澤, 野末, 今, 坂本, 中渡瀬, 土木関連用語辞典の見出し語の分析と検索システムにおける活用に関する考察, 情報処理学会研究報告 / 自然言語処理研究会報告 2005(94), pp. 131-138, 2005.
- [Andrienko07] G. Andrienko, N. Andrienko, Coordinated Multiple Views: a Critical View, CMV'07, pp. 72 - 74, 2007.
- [Ferrucci04] D. Ferrucci, A. Lally, UIMA: an architectural approach to unstructured information processing in the corporate research environment, Natural Language Engineering, Vol.10, No.3-4, pp.327 - 348, 2004.
- [林 08] 林, 品川, 特徴語付きウェブ検索インタフェースの提案, DEWS2008 B5-6, 2008.
- [東 05] 東, 飛田, 看護記録監査を基にした記録改善への取り組み, 第 37 回看護研究発表論文集録, pp. 137 - 140, 2005.
- [狩野 08] 狩野, 辻井, UIMA を基盤とする相互運用性の向上と自動組み合わせ比較-国際共同プロジェクト U-Compare, 情報処理学会自然言語処理研究会報告, Vol. 2008, No. 67, pp. 37 - 42, 2008.
- [狩野 12] 狩野, Kachako: 誰でも使える全自動自然言語処理プラットフォーム, JSAI2012, 1B1-R-3-3, 2012.
- [川中 05] 川中, 大谷, 吉川, 山本, 篠木, 鶴岡, 自己組織化マップを用いた自由書式インシデント報告からの傾向発見に関する一試み, 医療情報学, Vol. 25, No. 2, pp. 87-97, 2005.
- [紀ノ定 03] 紀ノ定, 電子カルテ時代の医療情報学, 医療情報学, Vol. 23, No. 5, pp. 397-405, 2003.
- [紀ノ定 06] 紀ノ定, 梅本, 猪口, 武田, 稲岡, マイニング技術を

活用した定量的な診療プロセス分析への挑戦, 医療情報学, Vol. 26, No. 3, pp. 191-199, 2006.

[厚労省 05] 厚生労働省, 検討会における「看護記録について」に関して出された主な意見, <http://www.mhlw.go.jp/shingi/2005/10/s1017-12.html> (2013 年 4 月 4 日現在).

[小山 06] 小山, 影浦, 竹内, 日本語専門分野テキストコーパスからの複合語用語の抽出, 情報処理学会研究報告 / 自然言語処理研究会報告 2006(124), pp. 55-60, 2006.

[久保 10] 久保, 辻, 杉本, 異なる学術分野のコーパスを利用した専門用語抽出手法の提案, 情報知識学会誌, VI. 20, No. 1, pp. 15-31, 2010.

[松村 01] 松村, 電子カルテと病院情報システム, 医療情報学, Vol. 21, No. 3, pp. 211-222, 2001.

[松村 12] 松村, 1. 病院情報システム, 黒田 (監修), 医療情報システム, オーム社, pp. 1-16, 2012.

[村松 10] 村松, 渡部, 大崎, 小塚, 看護記録のテキストマイニング, 情報処理学会論文誌, Vol. 3, No. 3, pp. 112-122, 2010.

[元永 09] 元永, 末森, 藤井, 川石, 江本, 記録監査表からみた精神科看護記録の現状の分析と改善への取り組み, 山口大学医学部附属病院看護部紀要, Vol. 84, pp. 102-107, 2009.

[中川 03] 中川, 森, 湯本, 出現頻度と接続頻度に基づく専門用語抽出, 自然言語処理, Vol. 10, No. 1, pp. 27-45, 2003.

[岡垣 11] 岡垣, 是垣, 中島, 和田, 楠岡, 記載インターフェースの改良による電子カルテの記載の質と診療内容の質の変化, 医療情報学, Vol. 31, No. 1, pp. 37-48, 2011.

[砂山 12] 砂山, 濱岡, 奥田, 情報収集のためのテキストデータ集合の再帰的クラスタリング, 知能と情報, Vol. 24, No. 3, pp. 697-706, 2012.

[砂山 14] 砂山, 高間, 西原, 梶並, 串間, 徳永, 統合環境 TETDM を用いたマイニングツールの開発と利用の実践, 人工知能学会論文誌, Vol. 29, No. 1, pp. 100-112, 2014.

[砂山 13] 砂山, 高間, 西原, 徳永, 串間, 阿部, 梶並, テキストデータマイニングのための統合環境 TETDM の開発, 人工知能学会論文誌, Vol. 28, No. 1, pp. 1-12, 2013.

[砂山 11] 砂山, 高間, ダヌシカ, 西原, 徳永, 串間, 松下, Total Environment for Text Data Mining, 人工知能学会論文誌, Vol. 26, No. 4, pp. 483-493, 2011.

[高橋 07] 高橋, 赤坂, 右川, 鶴田, 土橋, 目崎, 松嶋, 水越, 電子カルテ導入が病院組織にもたらす効果について, 医療情報学, Vol. 27, No. 3, pp. 305-313, 2007.

[高間 13] 高間, 阿部, テキストデータマイニング統合環境を利用した看護記録からの専門用語辞書作成支援ツールの提案, JSAI2013, 3B3-NFC-01b-1, 2013.

[高間 11] 高間, 狩野, 比較分析に着目した時空間的動向情報の探索的分析支援, 人工知能学会論文誌, Vol. 26, No. 4, pp. 494-503, 2011.

[谷 13] 谷, 砂山, 電子カルテにおける新人とベテランの特徴比較支援システム, 第 3 回人工知能学会インタラクティブ情報アクセスと可視化マイニング研究会, pp. 37-43, 2013.

[土井 09] 土井, 嶋田, 高崎, 鈴木, 藤田, 田村, 高林, 複数病院間でのテキストマイニングによる DPC 判定の試み, 第 13 回日本医療情報学会春季学術大会, 2009.

[辻河 04] 辻河, 吉田, 中川, 語彙空間の構造に基づく専門用語抽出, 情報処理学会研究報告 / 自然言語処理研究会報告 2004(1), pp. 155-162, 2004.

[上村 07] 上村, 喜田, 有村, ウェブ閲覧における効率的なキーワード抽出とその利用, DBWeb2007, 2007.

[山本 07] 山本, 松本, 松葉, 多田, 松山, 柳原, 手良向, 福島, 電子カルテ二次利用臨床研究用データ収集システムの開発の展望, 医療情報学, Vol. 27, No. 2, pp. 211-218, 2007.

[山崎 13] 山崎, 酒田, 鈴木, 荒木, 甲斐, 教育用電子カルテを用いた症例経営分析教育への試み, 医療情報学, Vol. 33, No. 4, pp. 219-223, 2013.

[湯本 01] 湯本, 大畑, 森, 中川, 語基の接続情報を用いた専門用語抽出, 言語処理学会年次大会発表論文集, Vol. 7, pp. 161-164, 2001.

〔担当委員: 阿部 明典〕

2014 年 1 月 31 日 受理

著者紹介

高間 康史 (正会員)

1994 年 東京大学工学部電子工学科卒業. 1999 年同大学院博士課程修了. 1999-2002 東京工業大学大学院総合理工学研究科助手. 2002-2005 東京都立科学技術大学助教授. 2005-2014 首都大学東京システムデザイン学部准教授. 2014 年より同教授. 博士 (工学). Web Intelligence や情報可視化, 知的インタフェースの研究に従事. 主要著書は「インテリジェントネットワークシステム入門」(コロナ社). IEEE, 日本知能情報ファジィ学会, 情報処理学会, 電子情報通信

学会各会員.

串間 宗夫 (正会員)

1987 年 宮崎大学大学院工学研究科修士課程修了. 2003 年同大学院工学研究科博士後期課程修了. 2012 年同大学院医学系研究科博士課程医学専攻修了. 宮崎大学医学部附属病院研究員. 博士 (医学). 博士 (工学). 地方公務員. 医学系では, 癌治療, 診療情報, 電子カルテ, 地域医療連携, 工学系では, MOS アナログ集積回路, 多値論理回路, 教育工学, に興味をもつ. 日本医療情報学会, 電子情報通信学会, 多値論理研究会, バイオメディカル・ファジィ・

システム学会, 各会員.

砂山 渡 (正会員)

1995 年 大阪大学基礎工学部制御工学科卒業. 1997 年同大学院博士前期課程修了. 1999 年同大学院博士後期課程中退. 同年同大学院助手, 2003 年 広島市立大学助教授, 2007 年同准教授, 現在に至る. 博士 (工学). 人間の創造活動を支援する研究に興味を持つ. 電子情報通信学会, 日本知能情報ファジィ学会, 言語処理学会, IEEE, 各会員.