

Web 上の医療文書を用いた確率的診断支援の試み

Probabilistic diagnosis support system utilizing medical documents on Web

國貞 暁^{*1} 榊原 敬吾^{*1} 山本 けい子^{*2} 竹内 伸一^{*3} 宝 金剛^{*1} 田村 哲嗣^{*2} 速水 悟^{*2}
 Akira Kunisada Keigo Sakakibara Keiko Yamamoto Shin'ichi Takeuchi Bao Jingang Satoshi Tamura Satoru Hayamizu

^{*1} 岐阜大学大学院工学研究科
 Graduate School of Engineering, Gifu University

^{*2} 岐阜大学工学部
 Faculty of Engineering, Gifu University

^{*3} 岐阜大学バーチャルシステムラボラトリー
 Virtual System Laboratory, Gifu University

This paper proposes a diagnosis support system utilizing medical documents on Web. There are various types and enormous amount of information related with medical knowledge on the Web. For example, medical institutions provide knowledge about disease. Stories about experience about disease, comments about medical topics, and communication with family can be found on the Web documents. This paper works on a diagnosis support system which extracts probabilistic knowledge about relationship between disease and symptoms from Web documents. The system provides information which help user examine possibilities about medical conditions. The proposed probabilistic inference uses Bayesian approach for estimating possible causal relationships.

1. はじめに

インターネット上には大量の情報が存在する。これらの中には、医療機関が疾病に関する知識を提供しているほか、病気になった時の経験談や、医療に関するニュースへの感想、病気の家族を持った人々による話題もある。本研究は、インターネット上の話題から、病名と症状の関係性についての統計的情報を抽出し、症状から病名を推定する枠組みを提案する。症状から病名を推定することで、どのような病名の可能性があるかを提示し、心当たりがあれば医師に相談するための情報提供システムの提案である。また、病名推定を行う過程において、可能性の高い他の症状を提案する手法についても述べる。

医師による診断支援を目的とした研究として、「病名思い出しツール」[鳥越 03]がある。鳥越らによると、内科開業医は毎年1000~2000人の「よくある疾患」を診ているが、早期診断の難しい疾患が年に数例、潜んでいるという。彼らの手法は、疾患に対する症状の情報を、人手によって疾患知識ベースという形に整備し、入力症状に対して得点の加算を行うことで、疾患を列挙している。また、臨床医の診断過程モデルに基づいた、臨床推論システム[Mahathir Bin 08]の提案も存在する。Mahathir Binらの手法は、疾患知識ベースを人手で入力しておき、集合に基づくアブダクションと条件付因果可能性を用いる因果逆推論を組み合わせることで実現している。また、彼らの手法では、複数疾患においても診断可能な推論となっている。

2. 総合医療情報提供システム“^{いでん}医傳”

本研究は、我々が開発を行っている総合医療情報提供システムである医傳に含まれる機能として行われている。本章では医傳の概要について述べる。

医傳は、医療情報を総合的に管理・提供を目的として開発を行う Web システムで、Web 文書を用いた情報の抽出や、健診情報からの統計分析を特徴として持ち、大きく 2 つの機能から

構成されている。一つは、一般ユーザを対象とした情報提供モジュールであり、もう一つは、医師・保健師を対象とした健診モジュールである。

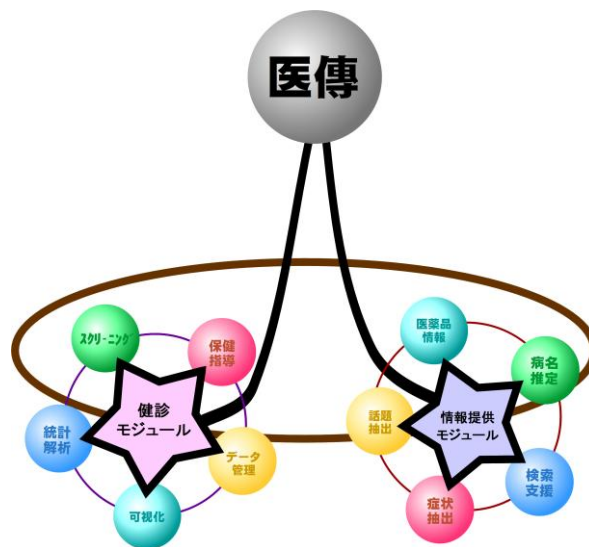


図 1 医傳のイメージ図

情報提供モジュールは、Web 文書から、医療に関する情報をマイニングし、総合的な医療情報の提供を目的としたものであり、医療に特化した Web 検索[國貞 06][榊原 08]、添付文書による医薬品分類、Web 上の疾患情報の提供[長沼 05][日々野 06]、および本研究で提案する、確率的診断支援を機能に持つ。健診モジュールは、特定健診などの身体データを管理しながら、統計解析によりマイニング[山本 08]を行い、可視化を行うことで保健指導の支援を目的としたものである。この 2 つのモジュールにより、総合的な医療情報の管理・提供を行うことで、医師・保健師と一般ユーザの情報共有を目指している。

連絡先: 榊原 敬吾, 岐阜大学大学院工学研究科, 岐阜県岐阜市柳戸 1-1, 058-293-3142, sakakibara@hym.info.gifu-u.ac.jp

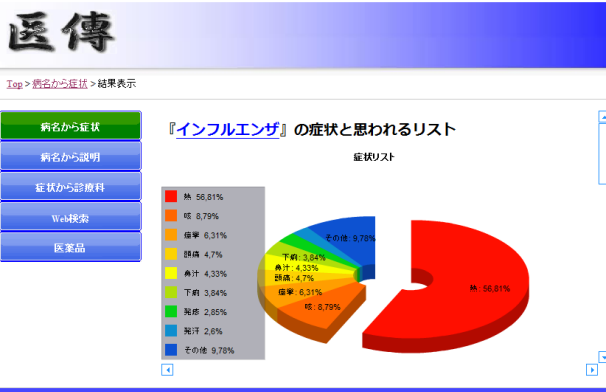


図2 医傳—情報提供モジュール

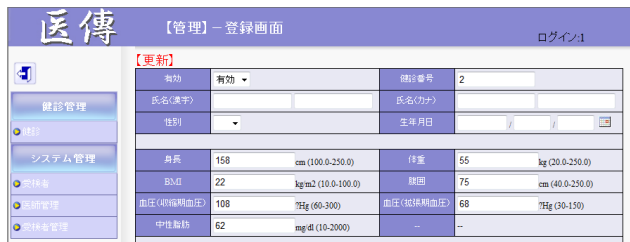


図3 医傳—健診モジュール

3. 確率的診断支援

本研究は、医師向けの診断支援システムではなく、一般ユーザによる自己診断の支援を目的としている。一般ユーザの自己診断により、ユーザへの啓蒙を促すとともに、深刻な疾患の早期発見と、医師への橋渡しを目指したものである。

本研究では、Web上で医療について書かれている話題を確率的に取り扱い、症状からの病名推定と、関連する症状の推定を行う。症状からの病名推定とは、自覚症状が、どの疾患を原因として引き起こされているものかを推定する。一方、関連する症状の推定は、「他にこんな症状はありませんか?」とユーザに問い合わせることにより、一人では気づけなかった症状の発見や、入力の手間の削減に役立てることができる。

3.1 データの収集

本研究で使用する病名は、ICD10 対応電子カルテ用標準病名マスターに含まれている病名のうち、Google 検索ヒット順位の上位 500 病名を使用する。症状は、日高ら[日高 06]が Web から病名に関する症状の値を取得した際に利用した 584 症状のリストを使用した。Web 上の話題は、500 病名について Yahoo! API を用いて最大 1000 ページの文書を収集した。

3.2 ページ特徴量

Web 上のあるページの話題は、以下の STF(Signal Term Frequency)を用いて定義する。STF は、ある病名 d について検索した結果の、あるページ p における、ある症状の特徴量 s を表す。 s とは、例えば{鼻水}や{頭痛、咳}などである。複数の症状が s として与えられた場合は、全てが出現すると 1 となり、他は 0 となる。

$$STF(d, p, s) = \begin{cases} sign(TF(d, p, s_1)) & (|s|=1) \\ sign(\min(TF(d, p, s_1), TF(d, p, s_2))) & (|s|=2) \\ sign(\min(TF(d, p, s_1), \dots, TF(d, p, s_n))) & (|s|=n) \end{cases} \quad (1)$$

症状の組み合わせ空間を S とし、空間 Ts を、 $Ts = \{x \mid |x|=s, x \in S\}$ とする。各ページ特徴量を集計したものを、PF(Page Frequency)として表す。 $|s|$ は、 s の個数を表す。

$$PS(d, p, s) = \begin{cases} 0 & (t \in Ts, \forall STF(d, p, t) = 0) \\ \frac{STF(d, p, s)}{\sum_{t \in T} STF(d, p, t)} & (otherwise) \end{cases} \quad (2)$$

$$PF(d, s) = \frac{1}{N_d} \times \sum_{j=1}^{N_d} PS(d, p_j, s) \quad (3)$$

計算の簡略化のために、次の変換を用いる。

$$\sum_{t \in Ts} STF(d, p, t) = \sum_{u \in U} sign(d, p, u) C_{|s|} \quad (4)$$

ただし、空間 U を、 $U = \{x \mid |x|=1, x \in S\}$ とする。

3.3 病名推定

ある病名 d についての話題の中で、ある症状 s の話題である確率を式(5)で定義する。この条件付き確率は、ある病名 d についての記述であると分かっているときの、症状 s が起こる確率を意味する。

$$P(s \mid d) = \frac{PF(d, s)}{\sum_{t \in Ts} PF(d, t)} \quad (5)$$

ここで式(5)の分母は、次の式を利用すると、計算量を削減することができる。

$$f(d, p, v) = \begin{cases} 0 & (t \in Tv, \forall STF(d, p, t) = 0) \\ 1 & (otherwise) \end{cases}$$

$$\sum_{t \in Ts} PF(d, t) = \frac{1}{N_d} \times \sum_{j=1}^{N_d} f(d, p_j, t) \quad (6)$$

つまり、式(5)の分母は、与えられた症状の数以上の症状を含むページの数を、ページ数で割ったものになる。

病名の事前確率を、Google のヒット順位を用いて線形近似する。ここで、 d は病名集合であり、 $rank(d)$ は、ある病名 d の、病名集合 d 中での Google ヒット順位を示す。

$$P(d) = \frac{1 + |d| - rank(d)}{2 \times \sum_{\delta \in d} rank(\delta)} + \frac{1}{2 \times |d|} \quad (7)$$

式(7)は、Web 上での話題としての上りやすさである。つまり、罹る人が多い疾患であるか、多くの人々が目している疾患ということになる。それらの話題に対し、式(7)を用いて重み付けする。

ここで、ある症状 s が与えられたときに、ある病名 d によって引き起こされた確率を、ベイズ推定の考え方を援用し推定する。

$$P(d \mid s) = \frac{P(d) \times P(s \mid d)}{\sum_{\delta \in d} P(\delta) \times P(s \mid \delta)} \quad (8)$$

3.4 関連する症状の推定

ある症状が与えられたときに、ユーザがさらに追加する可能性の高い症状を提示する。これには、ユーザ入力の手間の軽減、自覚していない症状を確認すること、情報の追加という効果がある。特に、自覚症状以外の症状の確認は、症状の特定および、ユーザへの問診として役立つ。

次の症状を推定するには、与えられた症状と共にしやすい症状を提示することが有効である。本論文では、式(9)の条件付き確率を用いることで、次の症状を推定している。

$$P(s_2 | s_1) = \frac{P(s_1 \cap s_2)}{P(s_1)} \quad (9)$$

$$= \frac{\sum_{\delta \in d} P(\delta) \times P(s_1 \cap s_2 | \delta)}{\sum_{\delta \in d} P(\delta) \times P(s_1 | \delta)}$$

4. 評価実験

4.1 病名推定の評価

実際の使用を想定し、いくつかの症状から病名を推定する。評価は、提案手法と同時に、ベースラインとして共起を用いた簡単な手法の結果も提示し、どちらが良い結果かを被験者に選択してもらった。共起を用いた手法は式(10)で表すことができる。実験は20代の情報系の学生13名で行った。

$$\sum_{j=1}^{N_j} STF(d, p, s) \quad (10)$$

評価に使用した症状は、「めまい」「鼻水」などの1症状のものを8個と、「めまい+動悸」「喉の痛み+熱」などの2症状のものを7個で行った。図4で示すように、それぞれの手法で、各症状の上位10位までの結果を並べて表示し、良い手法を選択してもらった。選択された手法は、1点を得る。図4において、手法Aが提案手法であり、手法Bがベースラインである。

めまい+動悸			わからない
	手法A	手法B	
1	動悸	動悸	
2	貧血	自律神経失調症	
3	不整脈	貧血	
4	息切れ	立ちくらみ	
5	自律神経失調症	神経症	
6	立ちくらみ	不安障害	
7	神経質	不整脈	
8	衰弱	息切れ	
9	めまい	しびれ感	
10	神経症	めまい	

図4 「めまい+動悸」の病名推定問題の例

評価結果の全体を表1で示し、症状の数ごとに平均をとったものを図5に示す。図6は、表1の抜粋になる。

表1 病名推定の評価

症状	提案手法	ベースライン	わからない
手足のしびれ	12	0	1
喉の痛み	10	2	1
胸焼け	10	0	3
腰痛	8	2	3
眼痛	8	3	2
疲れやすい	4	9	0
鼻水	4	7	2
めまい	2	10	1
めまい + 動悸	10	0	3
歯のぐらつき+歯痛	10	0	3
胸痛 + 痰	7	2	4
咳 + 寒気	6	7	0
喉の痛み + 熱	4	8	1
腰痛 + 便秘	2	9	2
睡眠不足 + 頭痛	0	11	2

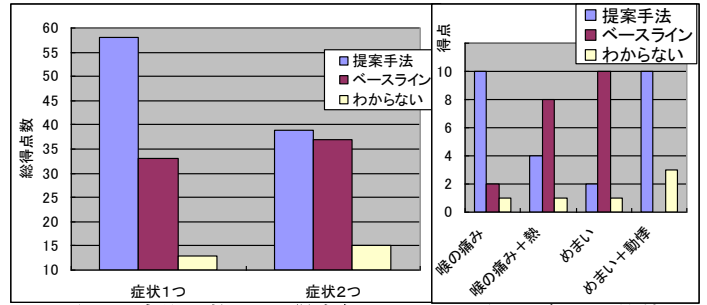


図5 症状の数による得点個別

図6 個別の抜粋

図5は、問題として与えられた症状の数別に、総得点を示したものである。この結果より、確率的に取り扱うことで良い病名が上りやすくなることがわかった。しかし、症状1個の場合は大きく改善されたが、症状2個の場合は僅かな改善に留まっている。図6は、個別の症状「喉の痛み」と「めまい」に、症状を追加した場合の変化を示している。追加する症状の影響を強く受けるため、適切な症状が追加されれば良い結果となる。

図5において、症状の増加により結果が下がった原因は、両手法の結果が、同じような内容になり、わずかな順位の変動が大きく影響している可能性も捨てられない。そこで、この結果を踏まえて、関連する症状の推定の評価を行う。

4.2 関連する症状推定の評価

ある症状が与えられたときに、次の症状を推定した結果について、5段階での評価を行ってもらった。今回の評価では、1症状から2症状目の推定をする。実験は情報系の学生10名で行った。

評価に使用した症状は、「めまい」「肩こり」などの9個で行った。このうち、3個は、前項の1症状と同じものを含んでいる。図7で示すように、各症状について、次の症状として4症状を評価する。また、単独の1症状のみと、提示された症状を加えた2症状での病名推定についても評価した。

肩こり				
肩こりのみ	+ 腰痛	+ 頭痛	+ 肩の痛み	+ ストレス
肩こり 眼精疲労 頭痛 腱鞘炎 握力 冷え症 顎関節症	肩こり 捻挫 外反母趾 脱臼 腱鞘炎 眼精疲労 挫傷	肩こり 遠視 乱視 眼精疲労 肩こり 近視 片頭痛 神経痛 顎関節症 ヘルニア 冷え症	肩こり 遠視 乱視 眼精疲労 外反母趾 捻挫 遠視 脱臼 乱視 神経痛 冷え症	肩こり 眼精疲労 脱毛症 円形脱毛症 歯ぎしり 乱視 腱鞘炎 近視 顎関節症 冷え症 金属アレルギー

図7 「肩こり」の関連症状問題の例

入力症状から推定された症状と、その五段階評価の平均点、および、入力症状との組による病名推定の五段階評価の平均点を、表2に示す。また、全体の平均を図8、図9で示す。

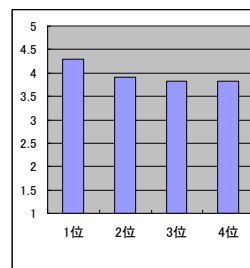


図8 症状評価

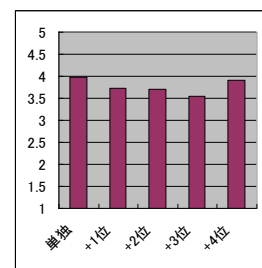


図9 病名評価

表2 関連する症状の評価

入力症状	症状第1位	症状第2位	症状第3位	症状第4位
	症状推定の平均得点(病名推定の得点平均得点)			
頭痛	熱	吐き気	肩こり	出血
--- (4.5)	4.7 (3.6)	4.3 (4.1)	3.9 (3.9)	2.9 (3.9)
肩こり	腰痛	頭痛	肩の痛み	ストレス
--- (3.7)	3.5 (3.3)	4.2 (4.2)	4.0 (3.1)	4.2 (3.7)
鼻水	熱	くしゃみ	咳	鼻詰まり
--- (5.0)	4.8 (4.5)	5.0 (4.1)	4.6 (4.7)	4.8 (4.9)
だるい	熱	不安	ストレス	頭痛
--- (3.2)	4.7 (3.6)	3.6 (2.8)	3.9 (4.1)	4.2 (3.7)
めまい	頭痛	難聴	熱	吐き気
--- (4.5)	4.5 (3.7)	3.4 (3.5)	4.1 (2.8)	4.3 (4.3)
喉の渇き	熱	ストレス	不安	疲れやれい
--- (2.8)	4.0 (3.2)	3.5 (3.3)	3.0 (2.7)	3.3 (3.7)
眼痛	頭痛	失明	目脂	出血
--- (4.3)	4.2 (4.3)	4.0 (4.3)	4.3 (4.5)	3.1 (3.6)
出血	熱	腫瘍	不安	高血圧
--- (3.8)	3.6 (3.5)	4.1 (4.1)	2.6 (3.1)	3.5 (4.0)
睡眠不足	ストレス	熱	不安	過労
--- (3.9)	4.7 (3.8)	3.1 (3.0)	4.1 (3.1)	4.2 (3.3)

図8および図9は全問題の平均であるため、問題別の内訳である表2について、列の平均を取ったものと一致する。

図8より、1位に現れているものが、入力症状と最も関係が深いという傾向が確認できた。また、2位から4位は、単調に減少しているが、差は僅かであった。

表2の個別の結果から、追加した症状の内訳をみると、「熱」が最も多く7カ所に出現している。続いて、「不安」「ストレス」「頭痛」が4カ所に現れている。このように、一般的に出現しやすい症状は、どの症状からも推定されてしまう傾向がみられる。

図9の結果からも、単独の結果と比べ、症状を追加することで、病名推定の結果は低下することが確認できた。しかし、必ず低下するというものではない。特に4位の結果を加えたものは、単独とほとんど変わらない結果となった。

4.3 考察

図6の相対評価において、「めまい」は単体では悪い結果であったが、「動悸」を加えた場合には、良い結果となった。一方、図9の絶対評価において、「めまい」は単独でも良い結果となっている。この結果において、相対評価の時に悪い結果となっていたのは、両手法において、出現している病名は同じものの、出現順位の影響が大きいとと考える。

表2において「めまい」の上位4位までの結果に、「動悸」が出現しなかったため、図6と比べることはできなかった。しかし、単独の結果でも4.5点を得ているため、病名推定の結果は良いと評価されていることが分かる。このことから、図6で「めまい」の提案手法が悪かったのは、病名推定結果として10位までに表示されている中身自体は、提案手法もベースラインも同じようなものであったが、僅かな表示順序の差によって、ベースラインの方が多く選択されたと考えられる。「めまい」以外にも、表1において、ベースラインが良い結果となった「鼻水」についても、同様のことが起きていと考えられる。

一方、症状を加えた場合の病名推定結果まで見ると、表2の、「めまい」の結果は、「熱」(推定第3位)の結果を加えたものが、最も悪い結果となっている。一方、「吐き気」(推定第4位)を加えたものは、単独に近い結果を出している。

5. まとめ

Web上の話題を用いて病名と症状の関係を抽出し、症状から病名を推定する手法について提案した。Web上には病気になった人の経験談や、家族による話題などが多く存在する。この患者の生の声は、病気に罹る側から感じる病気に対する印象を反映している。本研究は、この患者側の情報を重視し、Webから話題を収集している。

評価は、2種類の方法を用いて行った。まず、症状から病名の推定を、提案手法を用いて行った結果と、共起によるベースラインの結果との、選択型の相対評価で行った。症状の入力が1個の場合には、提案手法が多く選ばれていることが分かったが、症状の入力が2個の場合には、提案手法の方が僅かに多く選ばれていたものの、大きな差は生じていなかった。次に、症状から次に選ばれそうな症状を推定し、その症状を加えて病名推定をする実験を行った。これは相対評価ではなく、5段階の絶対評価で行った。この結果、症状推定の第1位は明確に良い結果であり、第2位以降は僅かな減少という傾向があった。

今後の課題として、病名群を分離するような関連する症状の提示が挙げられる。例えば、「頭痛」の入力があつた際に、内科系の疾患なのか、精神科系の疾患なのかを分離するような、症状リストを生成することになる。手法としては、ICD10の分類コードの階層構造を利用する手法と、病名の症状を用いてクラスタリングする手法が考えられる。また、本研究では、症状リストの作成に人手で介入を行っている。そのため、症状の作成の自動化を目指す必要もある。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省「岐阜・大垣地域 知的クラスター創成事業」の支援により行われた。

参考文献

- [鳥越 03] 鳥越 恵治郎, 加藤 元一, 太田 吉夫: コンピュータ診断支援ツール--紹介とその能力の検証, 日本医事新報, No.4120, 2003.
- [Mahathir Bin 08] Mahathir Bin Muhammad Rafie, 山田 耕一, 樋口 良之: 臨床医の診断過程に基づく臨床推論システム, バイオメディカル・フェジィ・システム学会, Vol.10, No.1, 2008.
- [國貞 07] 國貞 暁, 山本 けい子, 田村 哲嗣, 速水 悟: 要約情報の類似度を用いた WEB 検索支援システム, 人工知能学会 2007 年全国大会, 3H7-1, 2007.
- [榊原 08] 榊原 敬吾, 山本 けい子, 田村 哲嗣, 速水 悟: Wikipedia のカテゴリを利用した Web 検索結果のフィルタリングの検討, 第 7 回 情報科学技術フォーラム (FIT2008), 1Q-7, 2008.
- [長沼 05] 長沼 潔, 速水 悟: 医療分野における Web 文書からの話題抽出方法, 人工知能学会 2005 年全国大会, 1E1-01, 2005.
- [日比野 06] 日比野 哲也, 山本 けい子, 田村 哲嗣, 速水 悟: 医療分野における単語類似度を利用した話題語抽出方法, 人工知能学会 2006 年全国大会, 3A2-3, 2006.
- [山本 08] 山本 けい子, 田村 哲嗣, 速水 悟, 紀ノ定 保臣, 浅野 昌和, 金川 誠: 多次元尺度構成法を用いた健診データの解析, 人工知能学会 2008 年全国大会, 2H2-03, 2008.
- [日高 06] 日高 幸範, 山本 けい子, 速水 悟, 田村 哲嗣: 医療分野における Web 文書からの情報抽出, 第 26 回医療情報学連合大会, 2006.