
共同企画 | 第40回医療情報学連合大会（第21回日本医療情報学会学術大会） | 共同企画

共同企画8

医学医療における AI応用

2020年11月20日(金) 09:00 ～ 11:00 B会場 (コンgresセンター3階・31会議室)

[3-B-1-03] 言語で説明できる AIへの道のり

*乾 健太郎¹（1. 東北大学大学院情報科学研究科）

*Kentarō Inui¹（1. 東北大学大学院情報科学研究科）

キーワード：Natural Language Processing, Explainable AI, Knowledge and Reasoning

深層学習の爆発的な発展によって AIは長足の進歩を遂げた。しかし、深層学習の成功はこれまでのところ、画像/音声認識、機械翻訳など、大量の訓練データが入手可能であり、end-to-endの学習が可能な領域に限られている。また、よく指摘されるように、end-to-endの学習で得られる深層ニューラルネットはいわゆるブラックボックスであり、判断の解釈や説明が難しい。これに対し、我々の研究グループでは、現在のend-to-endの学習では解決が難しい問題のうち、「言語」の問題、とくに、人間であれば判断の過程や理由を言語で説明できる種類の問題に焦点を当て、人が説明するのと同様の仕方で判断を説明できる新しい計算パラダイムをねらっていきたいと考えている。本講演では、我々のねらいと現状を研究動向とともに紹介し、今後の展望を論じたい。

言語で説明できる AI への道のり

乾健太郎^{*1*2}

^{*1} 東北大学大学院情報科学研究科、^{*2} 理化学研究所 AIP センター

Towards an AI That is Capable of Explaining in Language

Kentaro Inui ^{*1*2}

^{*1} Tohoku University, ^{*2} RIKEN

Abstract

Natural language processing has made considerable progress towards the goal of making computers understand human language. But two crucial, longstanding challenges remain: Equipping computers with knowledge and giving them the ability to reason and explain like humans. Our research group aims to develop a new computational paradigm for explaining decision making in a similar manner to humans, focusing on a range of NLP tasks that are difficult to achieve in the current end-to-end learning paradigm, but which humans can explain their reasoning for in language. In this talk, we will discuss issues and future directions for this exciting goal.

Keywords: Natural Language Processing, Explainable AI, Knowledge and Reasoning

1. 「言語で説明できる」問題をねらう

深層学習の爆発的な発展によって AI は長足の進歩を遂げた。しかし、深層学習の成功はこれまでのところ、画像/音声認識、機械翻訳など、大量の訓練データが入手可能であり、end-to-end の学習が可能な領域に限られている。また、よく指摘されるように、end-to-end の学習で得られる深層ニューラルネット(DNN)はいわゆるブラックボックスであり、判断の解釈や説明が難しい。これに対し、我々の研究グループでは、現在の end-to-end の学習では解決が難しい問題のうち、「言語」の問題、とくに、人間であれば判断の過程や理由を言語で説明できる種類の問題に焦点を当て、人が説明するのと同様の仕方で行判断を説明できる新しい計算パラダイムをねらっていると考えている。本講演では、我々のねらいと現状を研究動向とともに紹介し、今後の展望を論じたい。

「言語で説明できる」問題をねらう理由は3つある。

第1に、判断の過程や理由を言語で説明できる問題は社会の至るところに存在する。人は社会の様々な場面で、言語で語られた情報を頼りに判断し、その判断を言語で説明・共有し、合意形成・相互理解をはかっている。情報の真偽の判断や法律的な判断、経営の意思決定など、社会の多くの重要問題が、言語で語られた情報や知識を組み合わせることで推論し、判断し、その過程を言語で説明できる問題である。例として、情報の信憑性を判断する問題を考えてみたい。図1のよう

に、「(新型コロナ感染で)1万人近くの感染者がいるが、日本人は(中略)半分もいない」というような SNS の情報の信憑性を判断したいとしよう。もし AI が人に代わって「厚労省発表」のような情報源を見つけ出し、「感染者の約半数は国籍未確認」のような関連情報との間の意味的な関係を推論して、その過程を人に説明することができれば、合理的で納得感のある意思決定に貢献すると期待できる。我々はこうした課題を通して、言語で説明できる AI の設計論に迫りたいと考えている。

第2に、図1の例に含まれるような言語理解は、深層学習による音声認識や翻訳がこれほど成功を収めた今も実現できていない。問題の複雑さに対して十分な訓練データを用意することが困難であり、少量のデータからでは適切な一般化が難しいためである。しかし、人が言語で説明できる問題の領域では、問題を規定するための知識や判断の説明に使う知識が形式知としてどこかに言語で記述されているはずであり、そうした言語で書かれた知識はその領域の問題をどのように一般化すればよいかのよい事前知識を与えてくれると期待できる。たとえば、図1の推論は、「日本国籍」と「外国籍」の排他相補的關係や「割合」の意味・計算方法)のような知識を使って説明できるが、こうした概念や意味の知識を学習や推論の中でうまく利用する仕組みを作ることができれば、現在の深層学習の限界を超えられる可能性が出てくる。我々は、記号推論と深層学習の高度な融合によってそこを目指したいと考

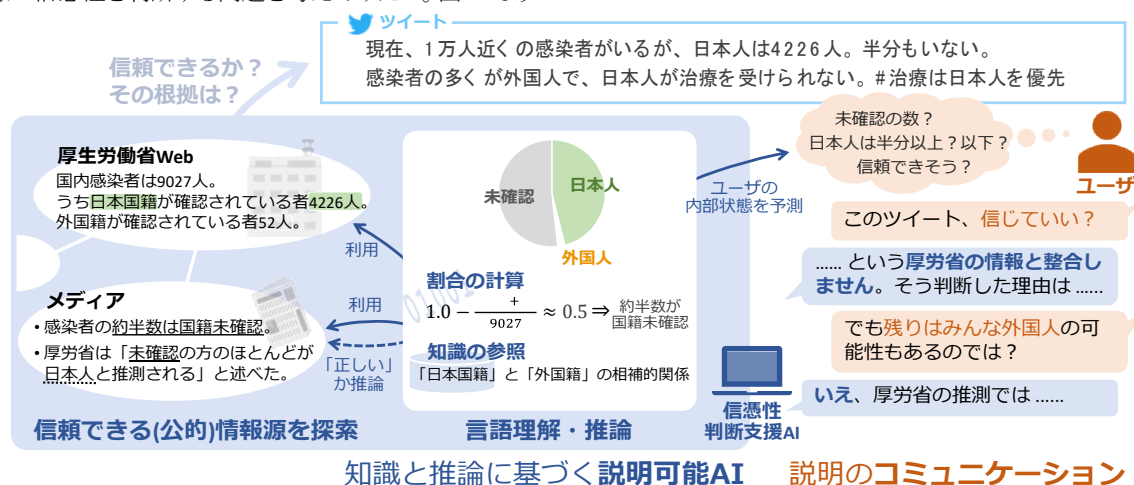


図1 判断の過程を言語で説明できる AI システムの実現を目指したい

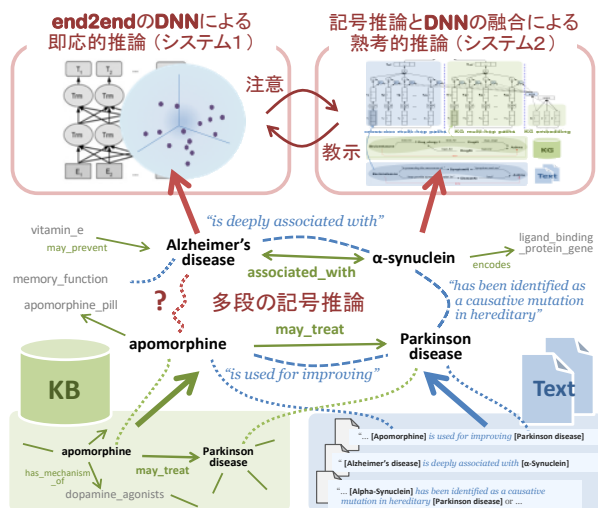


図2 システム1とシステム2の相互作用によって知識ベースとテキストの情報を統合的に推論

えている。

第3に、判断の過程を言語で説明できる問題では、人がAIに説明の手本を示すことができる。「説明できるAI(XAI)」に関する既存の研究の多くは、データからの統計的予測や画像認識のような、end-to-endの学習で成功している領域の問題をもっぱら対象としているが、¹⁾²⁾³⁾ そうした領域では人間自身もどう説明すればよいかわからない問題も少なくない。画像認識のようなパターン認識の問題は社会の中で説明を要しない場合も多い。犯罪発生予測のような統計的予測は人間が苦手とする判断とも言われており、機械学習以前の社会にはほとんど見られなかった問題で、人が説明の手本を示すことが難しい。一方、情報の信憑性判断のような問題では、人が自らの判断の理由を説明する営みが社会の中にすでに存在し、説明のあり方、受けとめ側の態度のあり方等に関する知恵の蓄積がある。こうした判断の説明が社会に根付いている問題に焦点を当てながら、心理学、社会科学等の研究者らとも連携することによって、既存のXAI研究がまだあまり取り組んでいない「説明のコミュニケーション」の研究を進めることができるのではないかと期待している。

2. 記号推論と深層学習の融合に向けて

自然言語にせよ形式言語にせよ、人類が知識を記録し共有してきた道具は言語、すなわち記号であり、説明の道具も記号である。したがって、説明能力を深層学習に組み込む自然な方法の一つは、記号表現された知識や記号による推論をDNNに埋め込むことである。ただし、過去のAI研究が経験したように、記号推論は知識ベースの構築(知識獲得)と離散構造の組合せ最適化(探索)の2つのボトルネックのために実問題に対して脆弱であり、そこが解決しなければ実応用は難しい。

これに対し、我々は次の2つの方向性を軸にアプローチしたいと考えている。第1は、自然言語の生の記述の集合をそのまま人間の形式知の総体として捉え、記号推論に組み込むことによって、知識獲得のボトルネックの解消をはかる方向である。第2は、探索のボトルネックを記号推論とDNNの融合によって解決する方向性である。記号推論とDNNの融合には認知科学で唱えられている二重過程理論が良いヒントになる可能性がある。たとえば、二重過程理論で言うところの「システム1(即応的知能)」として粗い推論を近似的に行うDNNモデル、「システム2(熟考的知能)」としてDNNとの融合によ

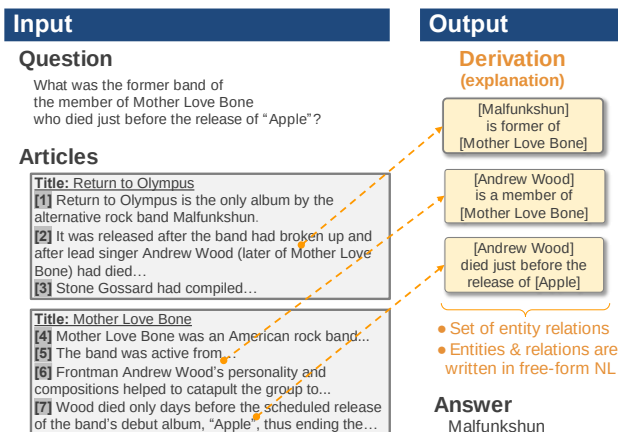


図3 推論過程を問うQAタスク: R4C 11)

て記号推論を明示的に精緻に行う推論モデルを考えることができるだろう。システム1はシステム2に「注意(探索のガイド)」を与え、システム2は精緻な推論の結果をシステム1に「教示信号」として与える。システム1がシステム2の記号推論の探索をうまくガイドすることができれば、探索のボトルネックを解消することができるかもしれない。

出発点として我々のグループでは、図2の中央のような、知識ベースの知識(緑の矢印)と言語の記述(青の点線)を組み合わせた多段の記号推論に取り組んでいる。言語の記述を推論に用いるには、is used for improvingのような多様な言語表現の意味の解釈が必要であり、深層学習以前の技術では実現が難しかった。しかし、言語の意味の深層表現学習に関する近年の進展により、個々の言語表現の意味の少なくとも一部は、生テキストが大量にあればDNNで学習できることがわかってきており、計算機にとって言語は今や従来よりもはるかに親和性の高い記号体系になりつつある。⁴⁾ 実際、我々のグループでも、図のような知識ベースの知識と言語の記述の混合上での多段推論をうまく仕掛けでDNNに接続することによって事物間関係の予測精度を劇的に改善することに成功しており、言語の記述を本格的に推論に用いる準備が整ってきたという手応えを得ている。⁵⁾

もちろん、図2のような事物間の静的関係の推論と1節で述べたような課題の間にはまだ大きなギャップがある。推論では事実性(現実、予想、仮定など)、論理関係(否定、相補関係)、状況依存性(時間、空間)、算術計算等が扱える枠組みが必要であるし、そうした記号推論を学習可能な形でDNNに接続する仕組みも必要である。核心をなす問いは2つある。第1は、事実性、論理関係、状況などの要因が推論に与える影響をどのようにDNNに学習させるかである。我々のグループでも、多様な属性を持つ知識を連続空間に埋め込む研究⁶⁾⁷⁾や、言語推論規則(単調性等の構成的含意計算規則)から人工的に訓練事例を合成しDNNを訓練する研究⁸⁾で一定の成果をあげてきているが、興味深い課題がまだ多数残っている。第2の問いは、割合の計算のような算術計算や記号知識の組合せによる多段推論など、本来微分可能でない記号推論をDNNに接続して全体を微分可能(学習可能)な系とするにはどうすればよいかである。これには、Estimate and Replace法⁹⁾(記号推論を近似する「模倣DNN」を事前学習しておき、系全体の学習時には記号推論器を模倣DNNに置き換えてend-to-endに訓練し、推論時には真の記号推論器を用いる方法)など、いくつか試すべき方法が考えられる。

こうした課題に取り組むには、良い例題を集めたデータセ

ットを用意することも重要である。文章読解の中で四則演算等の記号推論を必要とする **DROP**₁₀₎のようなデータセットがまずは適当な例題を与えられられる。我々のグループでも、機械読解問題に説明付きで回答する新しいタスク(図3)を設計し、評価用データ **R4C** を開発、公開している。¹¹⁾ こうしたデータセット上で説明を含めた記号推論の研究を進め、含意関係認識や因果関係推論等のタスクに広げていきたい。

参考文献

- 1) Hoffman, R. R.; and Klein, G. 2017. Explaining Explanation, Part 1: Theoretical Foundations. *IEEE Intelligent Systems*, 32(3), 68-73.
- 2) Arrieta, A. B., Díaz-Rodríguez, N., & Del Ser, J. (2019). Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI. *Information Fusion*, 58, 82-115, 2020.
- 3) 原聡. 説明可能 AI(Explainable AI). 私のブックマーク, 人工知能学会誌, 34 (4), 2019.
- 4) Xipeng Qiu, Tianxiang Sun, Yige Xu, Yunfan Shao, Ning Dai and Xuanjing Huang. Pre-trained Models for Natural Language Processing: A Survey. arXiv:2003.08271v3, 2020.
- 5) Qin Dai. Exploiting Background Knowledge and Inference for Scientific Relation Extraction. Ph.D. Thesis, Tohoku University, 2020.
- 6) Ryo Takahashi, Ran Tian and Kentaro Inui. Interpretable and Compositional Relation Learning by Joint Training with an Autoencoder. *ACL*, pp.2148-2159, 2018.
- 7) Benjamin Heinzerling and Kentaro Inui. Language Models as Knowledge Bases: On Entity Representations, Storage Capacity, and Paraphrased Queries. arXiv:2008.09036v1, 2020.
- 8) Hitomi Yanaka, Koji Mineshima, Daisuke Bekki and Kentaro Inui. Do Neural Models Learn Systematicity of Monotonicity Inference in Natural Language?. *ACL*, pp.6105-6117, July 2020.
- 9) Alon Jacovi, Guy Hadash, Einat Kermany, Boaz Carmeli, Ofer Lavi, George Kour and Jonathan Berant. Neural Network Gradient-based Learning of Black-box Function Interfaces. *ICLR*, 2019.
- 10) Dheeru Dua, Yizhong Wang, Pradeep Dasigi, GabrielStanovsky, Sameer Singh, and Matt Gardner. Drop: A Reading Comprehension Benchmark Requiring Discrete Reasoning over Paragraphs. *NAACL*, pp.2368-2378, 2019.
- 11) Naoya Inoue, Pontus Stenetorp and Kentaro Inui. R4C: A Benchmark for Evaluating RC Systems to Get the Right Answer for the Right Reason. *ACL*, pp.6740-6750, 2020

2. 詳細抄録入稿について

詳細抄録入稿の際は Word ファイルと、フォントを埋め込んだ PDF ファイルを必ず添付すること。詳細抄録を集めた論文集は入稿された PDF をそのまま使用するため、指定されたフォントを使用すること。指定以外のものを使用し、フォントが埋め込まれていない PDF を入稿した場合は、文字化けや文字抜けとなる場合があるので、注意すること。

【埋め込み PDF 作成方法】PDF 作成ソフト(Adobe Acrobat、Just PDF、いきなり PDF 等々)をインストールしている場合はプリンターに仮想 PDF プリンターを選択し、“最高品質”や“印刷品質”などの設定で保存すれば、埋め込み可能なフォントを全て埋め込んだ PDF が作成される。プリンター選択に仮想 PDF プリンターが表示されない場合は、各自の環境に応じて対応すること。

MS 以外のフォントを使用しても PDF で当該フォントが埋め込まれている場合は可とする。

3. 執筆要領

サイズは A4 縦、余白は上下 25.4mm、左右 19.05mm とする。タイトル等は 1 段組、本文以下は図、表を含め 2 段組とする。段の幅は 25.32 字、間隔は 3.51 字とする。

タイトル等は次の順で記述する。題名、副題、著者名、所属機関名(以上日本語)、英語題名、英語副題、英語著者名、英語所属機関名、Abstract、Keyword(3～5 個)。

その次に本文を記載する。図表は、本文中に適宜挿入する。参考文献は最後にまとめて記載すること。

3.1 標題・タイトル

日本語の標題で使用するフォントは MS P ゴシック、英語の標題で使用するフォントは Arial とする。それぞれ、フォントサイズは 14P とする。段落の行間は固定値とし、間隔を 16P とする。英語の標題の段落前は 6P のスペースを空け、段落後はスペースを空けないこと。

3.2 副標題

日本語の副標題で使用するフォントは MS P ゴシック、英語の副標題で使用するフォントは Arial とする。それぞれ、フォントサイズは 12P とする。段落の行間は固定値とし、間隔を 14P とする。副標題の段落前後はスペースを空けないこと。

3.3 著者名と所属

日本語、英語共に、著者名の後に上付き文字で *1 のようにアスタリスク(*)+番号により、所属を示す番号を記載する。また、所属の前には、上付き文字ではなく、通常の書体で *1 のように著者名と対応した番号を記載する。

複数の著者名を入れる場合、日本語は「、」で区切る。英語は「, 」(カンマ+半角スペース)で区切る。

日本語の著者名・所属で使用するフォントは、MS P ゴシックとする。英語の著者名・所属で使用するフォントは Times New Roman とする。それぞれ、フォントサイズは 10P とする。段落の行間は固定値とし、間隔を 13P とする。段落前は 4P のスペースを空け、段落後はスペースを空けないこと。

3.4 Abstract

全体で 200words 程度で記すこと。

Abstract で使用するフォントは Times New Roman とする。フォントサイズは 10P とする。段落の行間は固定値とし、間隔を 12P とする。段落前は 6P のスペースを空け、段落後はスペースを空けないこと。

3.5 Keyword

最初に「Keywords:」の文字を入れ、続いてキーワードを英語で 3～5 語記載する。単語と単語の間は、「, 」(カンマ+半角スペース)で区切る。なお、キーワードは MEDLINE データベースのキーワード用語集「Mesh (Medical Subject Headings)」を参考とすることが望ましい。

Keywords で使用するフォントは Times New Roman とする。フォントサイズは 11P とする。段落の行間は固定値とし、間隔を 12P とする。段落前は 6P のスペースを空け、段落後はスペースを空けないこと。

3.6 本文

本文は原則として、緒論、目的、方法、結果、考察、結論、文献の順に記す。必要に応じ謝辞を記す。また、システム開発等では、緒論、開発目的、システム概要、システム評価、考察、結論、文献の順に書く。

本文で使用するフォントは、和文の場合は MS P 明朝、英文の場合は Times New Roman を用いること。フォントサイズは 9P とする。段落の行間は固定値とし、間隔を 12P とする。最初の行は、1 文字分の字下げを行う。

3.7 見出し

見出しは半角数字を使い、「1, 1.1, 1.1.1」のように 3 段階まで表記する。見出しの番号と文字の間は半角スペースを入れること。

フォントは全て MS P ゴシックとし、フォントサイズは全て 11P とする。

3.8 図表

図表タイトルには、図 1、図 2、表 1、表 2 のようにそれぞれ連番とタイトルをつけること。図のタイトルは図の下方に、表のタイトルは表の上方につける。表作成時の例として、使用するフォントをまとめたものを表 1 に示す。

表 1 使用するフォントのまとめ

項目	フォント	サイズ
題名 (日本語)	MS P ゴシック	14P
副題 (日本語)	MS P ゴシック	12P
著者名 (日本語)	MS P 明朝	10P
題名 (英語)	Arial	14P
著者名 (英語)	Times New Roman	10P
Abstract	Times New Roman	10P
本文	MS P 明朝	9P

原則として、図表は 1 段に収まるようにレイアウトすること。収まらない場合は、巻末に記載する。また、図表中で使用するフォントは、見読可能となるよう、極力、本文と同程度の大きさに調整すること。図 1 に例を示す。

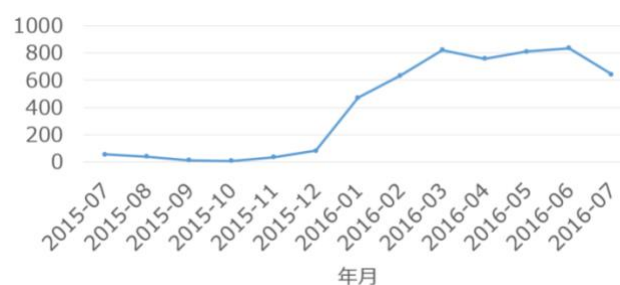


図 1 図を挿入した例

図を挿入する場合は、図の下(このエリア)のキャプションを記載する。フォントは MS P ゴシック、サイズは 9P。

図表のタイトル・説明で使用するフォントは、MS P ゴシックまたは MS ゴシックとし、フォントサイズは 9P とする。段落の行間は固定値とし、間隔を 12P とする。段落前は 4P のスペースを空け、段落後はスペースを空けないこと。

3.9 参考文献

参考文献の書き方は、医療情報学会誌に準じることとする。文献の項の書式は、バンクーバー・スタイル(the Vancouver style)に従うものとする。

参考文献は、本文該当部の右肩に、引用順に番号を片括弧で記し、本文最後の参考文献の項に整理して記す。

参考文献で使用するフォントは、和文の場合は MS P 明朝、英文の場合は Times New Roman を用いること。フォントサイズは 8P とする。段落の行間は固定値とし、間隔を 10P とする。

本テンプレートの最後の参考文献に、例を示している。なお、ここに示す例は、医療情報学会誌の執筆要領より得たものである。

3.9.1 雑誌の場合

雑誌の場合は、著者名・題名・雑誌名 発行年;巻:通巻ページ(始め-終わり)。とする。^{1) 2)}

参考文献の 1) 2) に例を示す。

3.9.2 書籍・単行本の場合

書籍・単行本の場合は、著者名・題名(編者名)・書名・発行地(外国の場合のみ):発行所、発行年:ページ(始め-終わり)。とする。^{3) 4)}

参考文献の 3) 4) に例を示す。

3.9.3 著者名

著者名が 6 名以下ならば全員を記す。7 名以上の場合には最初の 3 名のみを列記し、それに「ら」を、英文の場合は“et al.”を付記する。著者名と著者名の間にはコンマを入れる。日本人著者名は、姓と名を書く。

3.9.4 雑誌名

雑誌名については、略式雑誌名のあとに省略記号(.)をつけない。これについても、参考文献の例を参照されたい。

3.9.5 オンライン上の文献

オンライン上の文献の場合は、著者名・題名・発行地(外国の場合のみ):発行所、発行年[URL(引用した年一月一日)]を記載する。^{5) 6)}

参考文献の 5) 6) に例を示す。

3.10 箇条書き

箇条書きについては、以下の種類を、必要に応じて体裁を考慮して利用すること。

1, 2, 3, …

a, b, c, …

A, B, C, …

i, ii, iii, …

I, II, III, …

3.11 スタイル

各項目の書式要素は、メニューの「ホーム」タブにある「スタイル」に登録されている。文字入力後、範囲指定してスタイルを選択すると、そのスタイルに記載されている項目の書式が

適用される。

4. 頁数制限

頁数は 2 ページ以上、6 ページ以下とすること。

5. 提出期限

詳細抄録の記載方法についてまとめた。詳細抄録は、期限内に提出すること。

参考文献

- 1) 多仲浩志. 医学・生物学における数学論理. 医療情報学 2008 ; 28 :13-26.
- 2) Tanaka K, Hara K. Estimation of location and size of myocardial injury site from body surface potential distribution using ECG inverse solution. Jpn Heart J 1986 ; 27 : 235-44.
- 3) 貝原益軒, 井上馨, 郷邑要市. サブルーチン問題. 応用数学講座. 岩波書店, 1993.
- 4) 桂太郎. 医療情報の標準化. 新版医療情報「医療情報システム編」. 篠原出版新社, 2009 : 224-40.
- 5) Hooper JF. Psychiatry & the Law: Forensic Psychiatric Resource Page. Tuscaloosa: University of Alabama, 1999. [http://bama.ua.edu/~jhooper/ (cited 2007-Feb-23)].
- 6) 標準的電子カルテ推進委員会. 最終報告. 厚生労働省医政局 研究開発振興課, 2005. [http://www.mhlw.go.jp/shingi/2005/05/dl/s0517-4b.pdf (cited 2011-Nov-11)].