

(原著論文)

日本の医療論文における「マインドフルネス」と関連する概念の分析 その2
—意味論的テキスト分析で探る—

“Mindfulness” and other concepts in Japanese medical research papers, Part 2
- Exploring with Semantic Text Analysis -

石原茂和 Shigekazu Ishihara

広島国際大学 総合リハビリテーション学部 リハビリテーション学科

Dept. of Rehabilitation, Faculty of Rehabilitation, Hiroshima International University

19. Apr. 2021

改訂: 19. May. 2021

本稿では、BERT と呼ばれる大規模ニューラルネットワークによる、意味論的なテキスト処理を、マインドフルネスとタイトルにある医療系論文の自動分類と、意味論的処理に試用した。先の頻度主義的分析と同じ、医療関係 834 論文のタイトルを BERT への入力とした。この入力によって計算される、768 次元の圧縮された内部表象ベクトルを、階層的クラスタ分析で分析した。先の頻度主義的分析では、単語同士の共起確率により、単語をマッピングし分類したが、この分析で分類されるのは論文のタイトルである。その結果、5つの応用の方向性を見出すことができた。それらは、1.広がる一般的な応用：ストレス軽減、アンガーマネジメント、うつ予防、メンタルヘルス、レジリエンス、ポジティブティ、2.新たな応用：医療従事者向け、グリーフケア、リハビリテーションなど、3.以前からある心理療法との合わせ技：森田療法、認知行動療法、ACT、4. 臨床応用例：慢性疼痛などの難治症状への応用、5. 生理心理学、脳機能計測による検証：fMRI, NIRS による計測であった。〇〇に及ぼす影響（あるいは効果）といった文型の類似性による分類結果も得られた。さらに、同じ手法でアブストラクトを処理すると、当事者としての主観的な報告／治療への実践報告／客観的レビューの文章スタイルで自動的に分類傾向が見られた。意味処理に基づく文献の自動分類、レコメンデーションへの応用も期待できる。

キーワード

マインドフルネス、テキスト分析、意味論的分析、BERT、ニューラルネットワーク、医療応用、臨床例、臨床心理学、生理心理学、心理療法

1. はじめに：意味論的テキスト処理

先の論文である、“日本の医療論文における「マインドフルネス」と関連する概念の分析 その1”では、従来の単語単位での頻度主義的分析を行なった。分析の結果得られた、マップされたキーワードごとに KWIC 検索を行ない、その単語が出現した論文タイトルを人力で読んで、その単語が使われている文脈を読み取る

という作業を行った。かなり手間のかかるこの作業を自動化できる可能性と、さらにある程度の意味論に基づいた分析ができないかという点がこの論文で述べる研究の発端である。手法としては、ディープラーニングニューラルネットワーク DNN ベースの AI による意味解析を適用してみることが本論文の目的である。

意味論的処理システムに関して、石原ら (2004) の土木施設ネーミング支援のシステムでは、1980 年代から 90 年代半ばにかけて完成された、概念意味辞書を、命名の広がり の目的で用いていた。このアプローチでは、明示的に概念の辞書的な定義、そして概念間の上下の関係を明示的に記述した、“辞書”を活用するものである。膨大な手間をかけて作られたこのような辞書を用いた意味解析は、現在でも大変有効な手法である。

一方で、意味を、単語と単語の関係として表象できるとしたら、その関係を人間が辞書的に定義するのではなく、近年の DNN, CNN に代表されるような大規模ニューラルネットワークを用いた機械学習で学習させようという試みがいくつかある。自然言語をニューラルネットワークで処理しようという試みは、1980 年代から 90 年代の第 2 次ニューラルネットワークブームの時に既に様々に試みられた。現在の DNN 手法時代においてエポックとなったのは、Google の Mikolov らの Word2Vec である (Mikolov et al., 2013a, 2013b)。

1.1 ニューラルネットワークによる文章の表象と学習

Word2Vec をはじめ、ニューラルネットワークで自然言語を扱う試みでは、単語のベクトル表現を使っているものが大半である。たとえば、Mikolov(2013b)では、82,000 種類の単語を学習に用いており、これは、入力ベクトルが 82,000 次元ということになる。出力も同じだけの次元数を持っている。隠れユニット層と呼ばれる中間ユニットが 640 個ある。82,000-640-82,000 ユニットから構成される、左右対称の砂時計型と呼ばれるネットワークの構造になっている。このような砂時計型のネットワークで情報の圧縮をおこなうというアイデアは、1980 年代からあり、珍しいものではない。自然言語の意味を扱う上で、Mikolov らアイデアで面白いのが、学習させる際の、ネットワークに対するタスクの与えかたである。

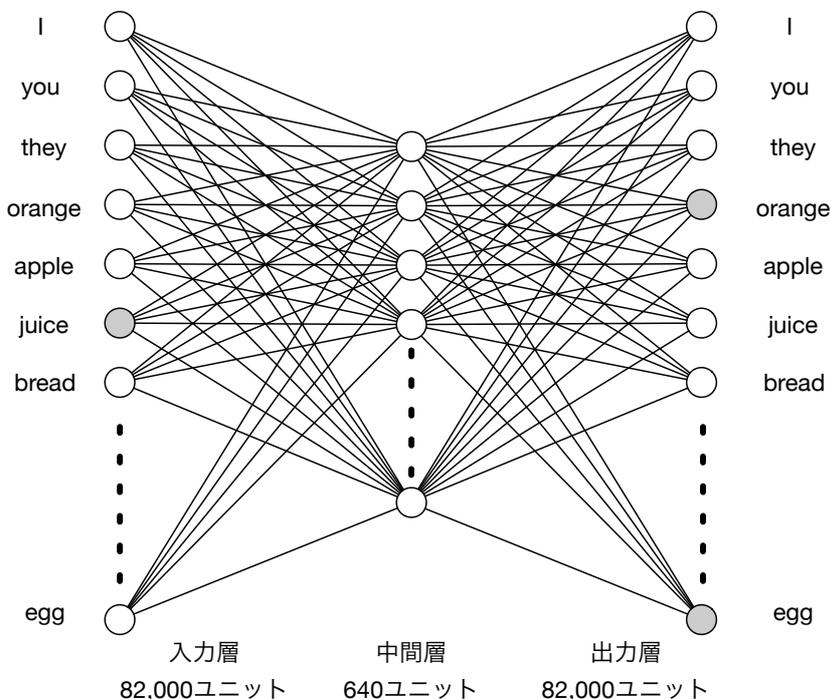


図 1. Word2Vec の構造

Continuous Skip-gram という、彼らの学習方法は、ある単語と、一つの文章で、共起する単語群との関係を大量に学習させる。例えば、“I will have orange juice and eggs for breakfast” という文章の場合、例えば前後2単語を選んで、

I will have orange juice and eggs for breakfast : 入力 have に対して I, will, orange, juice を正解

I will have orange juice and eggs for breakfast : 入力 orange に対して will, have, juice, and を正解

I will have orange juice and eggs for breakfast : 入力 juice に対して have, orange, and, eggs を正解

として、学習させていく (Kulshrestha 2019 の例題から)。結果として、ある単語について、一文中に、その単語の近くに置かれた別の単語との関係が学習される。Mikolov (2013b)では、ターゲットとする単語の、前5単語、後5単語を使って学習している。多数の文章を使って学習した結果、たとえば、orange を入力した場合、juice の出力が大きいものになる。

1.2 現代言語学と意味学習

Mikolov らは言及していないものの、上に述べたベクトル表現と学習方法は、近代言語学の嚆矢であるフェルディナン・ド・ソシュール(Ferdinand de Saussure, 1857-1913)の、意味に対する考え方と非常に似ている。ソシュールは存命中にまとまった著作を表さず、ジュネーブ大学での講義ノートが弟子たちによりまとめられて、“一般言語学講義”として死後出版された。現在では、1950-60年代に発見された資料を追加したエングラーによる“一般言語学講義 (改訂版)”が定本とされている。日本では、1980年代に、言語学者・哲学者・フランス語学者である丸山圭三郎の著作により広く知られることになった(丸山, 1983)。

ソシュールは、語を、非実体的、関係的存在であるとみなした。これは、単語が単体ではその意味が純粋には規定できるものではない。他の単語との関係があって、人々のあいだで共有できる意味となる。また、語が生まれる以前に、純粋な概念は存在できず、語が作られてから識別されるという考え方である。

“単語の価値はしたがって、どんな概念と「置き換える」ことができるのか、つまり単語がどんな意味を持っているのか確認することばかりにこだわっている限り、決定することができない。これに加えて、類似した他の価値、つまりその単語と対立させることができる他の単語と比較する必要がある。単語の内容は、その外部に存在しているものの競合によってしか、本当の意味で決定することはできないのである。単語は体型の部分をなしているから、単語には意味があるだけでなく、特に価値が付与されているのであり、これは意味とは全く別物である”(一般言語学講義 第2部共時言語学 第4章言語的価値, 町田 健 訳, 2016)。ソシュールはこの後、“s’asseoir au soleil 日なたに座る”, 太陽 soleil のように一般的な単語ですら、周囲の単語との関係を見捨てては理解できないという、彼のお気に入りの例を続けている。確かに、町田(2016)の脚注に示されるように、太陽は日光とは別の概念であるし、日光が当たる場所という意味は、単に太陽という単語だけでは、直接想像することは難しい。一般言語学講義のこの章は、この後、“概念は純粋に差異的であり、その内容によって積極的に定義されるのではなくて、体型中の他の項目との関係によって消極的に定義されるものだ”という、近代言語学の根幹を形成していく提案で終わっていく。

上に述べた Word2Vec を実現する学習は、単語の持つ概念については、一切それを定義することがない。ひたすら多数の文章を入れ、誤差が減少するようにネットワークを学習させるだけである。その結果、語と語の関係が重合されて学習される。ソシュールが考えた、ある語の意味は、関係によってうかびあがるというプロセスを、ある意味では計算によりシミュレーションしているとも言える。我々は、○○という語で表される概念を、○○とは、と辞書的に学習する(させられる)場合もある一方で、日常生活のなかで、なんとなくこういうものだろう、と理解していく。専門的な用語は、厳密性も要求されるので、定義的に学

習することが多いが、一方で、日常的な文章や会話に使っている語の概念は、後者のほうが多いだろう。

ニューラルネットワークの内部の“表象”を学習により形成する手法が示されたことにより、意味の計算という可能性も出てきた。Mikolov の例では、640 個のユニットがある中間層の出力は、単語の意味を重ね合わせて、640 次元上のアナログ値ベクトルとして表現したものになる。例えば、King を入力し、出てくる中間層出力ベクトル、Male を入力、その中間層出力ベクトルを用意し、 $(King - Male)$ とすると、それは Queen の入力に対する中間層出力ベクトルとかなり似ている、という結果を得られる。つまり、 $King - Male = Queen$ というように、限定的ながらある程度、意味をあたかも“計算手順”のように扱うこともできる。

知識、すなわち概念を体系化すること、辞書を作ることは 18 世紀前半の、イギリスのチェンバースらによる百科事典、それに刺激された 18 世紀後半フランスの、ダランベールやディドロをリーダーとした百科全書派によって推し進められた。その結果、知識の一般化、共有化という点で大きな役割を果たした。いわゆる記号主義的 AI は、プログラムから引くことができる、概念を定義した辞書を持ち、それを参照することで多くの“理解”ができることを目指した。それは、我々のネーミング支援システムのように、一定の成功を取っている。一方で、人間が莫大な手間を費やして辞書をつくる必要があり、また、先に述べたような $King - Male = Queen$ のような意味の“演算”を記号的に行うことには困難がある。

1.3 BERT のアイデア

論文タイトルの意味論的分析に用いたのは、2018 年に Google から発表された BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) である (Devlin et al. 2018)。24 層もの巨大なモデルを持ち、大量の文章データから学習を行ない、汎用の文章理解システムを作ることを目指している。学習済みのモデルを提供して、さまざまな処理に応用されることを目的としている。

BERT の仕組みについて簡単に解説する。先に述べた Word2Vec は、単語と単語間の関係を学習する。ただ、単語と単語間の距離、つまり文章中に、ある単語 i と別の単語 j が、間にどのぐらいの別の単語を挟んで使われているか、という情報は使っていない。

言語処理よりも先行して AI 応用が進んでいる画像認識の場合、画像内のある場所のピクセル RGB 値が、別の場所のピクセルの値とよく似ている、つまり相関があるということが重要な情報となる。たとえば、ひまわりの花を学習した場合、ある場所に黄色のピクセルがあると、どこの方向に、同様に黄色のピクセルが存在しているか、を見ることで、他の花と識別が可能になる。画像認識のニューラルネットワークでは、だいたいどの位置に、物体がありそうか、図と地を大まかに判別したあとに、図の領域の大きさを一定の大きさに揃えて、上に述べたような認識のネットワークで学習した結果と照らし合わせる。

このような、どのぐらい離れたところに、相関係数の高いものが存在しているかを学習するというタスクは画像認識では一般的である。ニューラルネットワークでなく、画像処理アルゴリズム的な画像認識方法でも同様の手順をとる。文章データに対して、このような、相関のある場所を見つけるには、Transformer という位置情報を埋め込む仕組みが使われる (Vaswani et al., 2017)。この研究も Google の研究チームである。

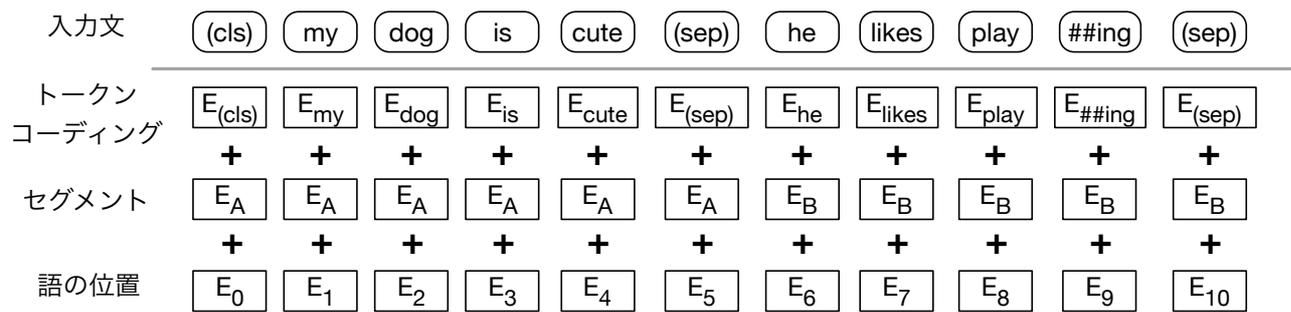


図 2. BERT の入力エンコーディング (Devlin et al. 2018)

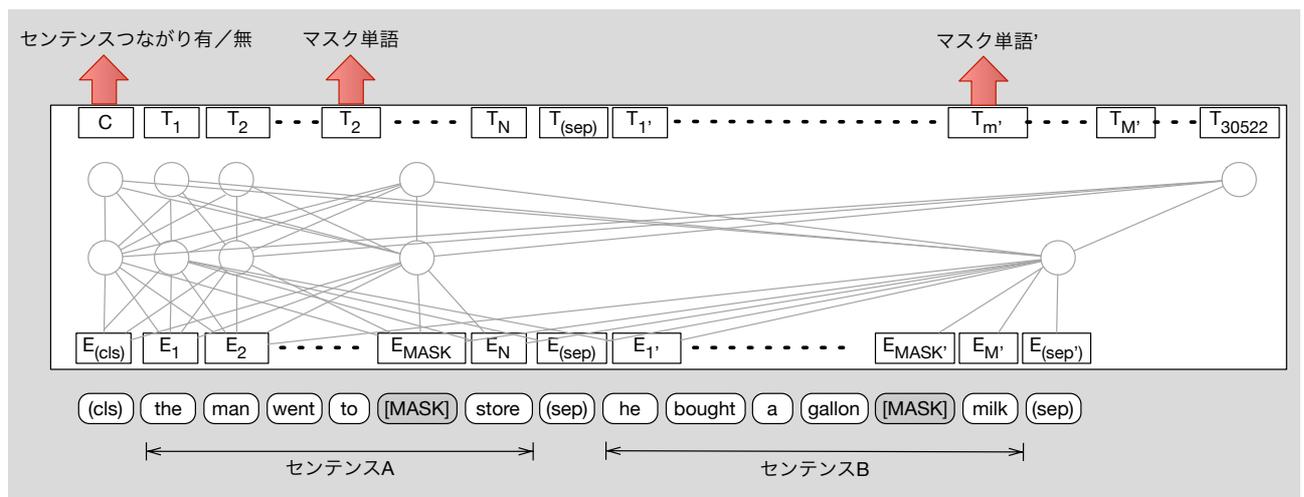


図 3. BERT の学習 (Devlin et al. 2018 を基にして作成)

BERT は、細かい工夫がさまざまに付加されているが、基本的には Word2Vec の後ろに Transformer がついている構造になっている。これにより、文章全体の意味構造も暗にコネクションの中に学習される。その結果、Word2Vec だけではできない、文章中に複数の穴がある、穴埋め問題に回答することや、文章全体が、似ているのか、似ていないのかを判定することができる。

これを実現するために、学習には工夫が凝らされている。図 2 に、入力する文章のエンコーディングを示している。一つ一つの単語は、Word2Vec での中間層の出力に相当するベクトル(768 次元、拡張モデルでは 1024 次元)で表現されていて、トークンと呼ばれている。このトークンは、意味のエンコーディングと、セグメント、文章中位置の 3 つのエンコーディングの 3 つを加算したベクトルになっている。

学習は 2 つのセンテンスの入力で行われ、センテンスセグメント A と B のどちらに属するのかの区別が付加される。さらに、単語がセンテンスの中で何番目にあるかを示す、ポジションも追加される。これらの属性が付加された単語の分散表現が、図 3 に示す BERT への入力につかわれる。[SEP] は 1 センテンスの区切りと終了を示している。また、文頭に入れる [CLS] は、1 文全体の意味を 768 次元に畳み込んだ形で取り出すための、いわば余白として使われる。

学習の際には、1 センテンスにつき 1 つ以上の単語が、マスクした不明なものとして扱われる。図 3 の中では、センテンス A では“the”になり、B では“of”が、MASK 扱いとされている。このマスクされた単語に対する正解、そして 2 つのセンテンスにつながりがあるのか/無関係なのかの正解が、学習すべき正解データとして与えられる。最終出力層には、図 9 に示したように、オリジナルの BERT では 30,522 の単語ボキャブ

ラリー数のユニットがある。学習には、Wikipedia の膨大な文章 (25 億単語) と BooksCorpus (8 億単語) のデータが使われた。

BERT は、2018 年 10 月に登場し、自然言語処理標準テスト GLUE (<https://gluebenchmark.com>) の多様な課題で次々と記録を塗り替え一躍有名になった。学習の結果として、必ずしも常に上手くいくとは限らないが、同じような単語が出てくる文章でも、その単語の意義が違う場合、同じ場合を判別できる。たとえば、I accessed the bank account (銀行の bank) We play soccer at the bank of the river (川土手) の 2 つの文が、意味が繋がる文章なのか、繋がらない文章なのかの判別を学習できる。これは限定的ながら、文脈を学習し判断することが可能なことを意味している

BERT の日本語対応は、京都大学大学院の黒橋・河原・村脇研究室によるもの (<http://nlp.ist.i.kyoto-u.ac.jp/index.php?BERT> 日本語 Pretrained モデル) と、東北大学 乾・鈴木研究室によるもの (<https://github.com/cl-tohoku/bert-japanese>) がある。どちらも、日本語 Wikipedia の文章約 18,000 文、32,000 種類の単語を用いて訓練されている。筆者は、両方の実装を試してみた結果、内部表象へのアクセス例が示されていて試すのが容易であった後者の方を分析に使った。後者は、Transformer や BERT のメンテナンスをしている Hugging Face (<https://github.com/huggingface/transformers>) に標準として 2019 年 12 月 15 日に採用され、プログラムのインストールが簡便になった (Wolf, T. et al. 2019)。

2. BERT を使った、論文タイトルの分析

BERT を使って、論文タイトルの分析を試みた。先に述べたように、少しでも、意味的な処理が自動化できないかという目的である。先の分析と同じ。医療関係 834 論文のタイトルを BERT への入力とした。この入力によって計算される、768 次元の圧縮された内部表象を、多変量解析へのデータとした。具体的には、最終層から一つ手前の中間層の 768 ユニットの出力ベクトルであり、834 行 768 列の行列データである。一行が 1 タイトルの圧縮された意味の表象となる。

この行列データを、階層的クラスタ分析で分析した。先の論文「日本の医療論文における「マインドフルネス」と関連する概念の分析 その 1」とは異なり、分類されるのは、単語ではなく、論文のタイトルである。論文タイトル同士が、似たような単語群で構成されていると、その 2 つの論文タイトルの 768 次元ベクトルは似通っているということになる。このベクトルは、単に単語 i の有無だけでなく、単語間の関係、ソシユールの意味の定義である、語と語の関係が重合されて学習された結果が反映されている。

クラスタ融合法は Ward 法、距離計算はユークリッド距離を用いた。計算に用いたパッケージは、Python の `scipy.cluster.hierarchy` の関数群である。階層的クラスタ分析の結果は、どこで切断して何クラスタとして扱うかというのが、常に課題となる。あまり上の方の、抽象度の高いところで切ると、クラスタ数は少ないが、だいたい質の違うデータが一緒になってしまう。低いところで切ると、データの等質性は高まるが、クラスタ数が多くなって煩雑になる。今回は、クラスタを融合した距離をプロットして、やや保守的に 61 クラスタになるところで切断して検討した。図 4 では、ユークリッド距離が 80.0 で、色が分かれる箇所が切断した高さを示している。クラスタの内容については、階層的クラスタリングなので併合された内部クラスタ (サブクラスタ) も検討する。

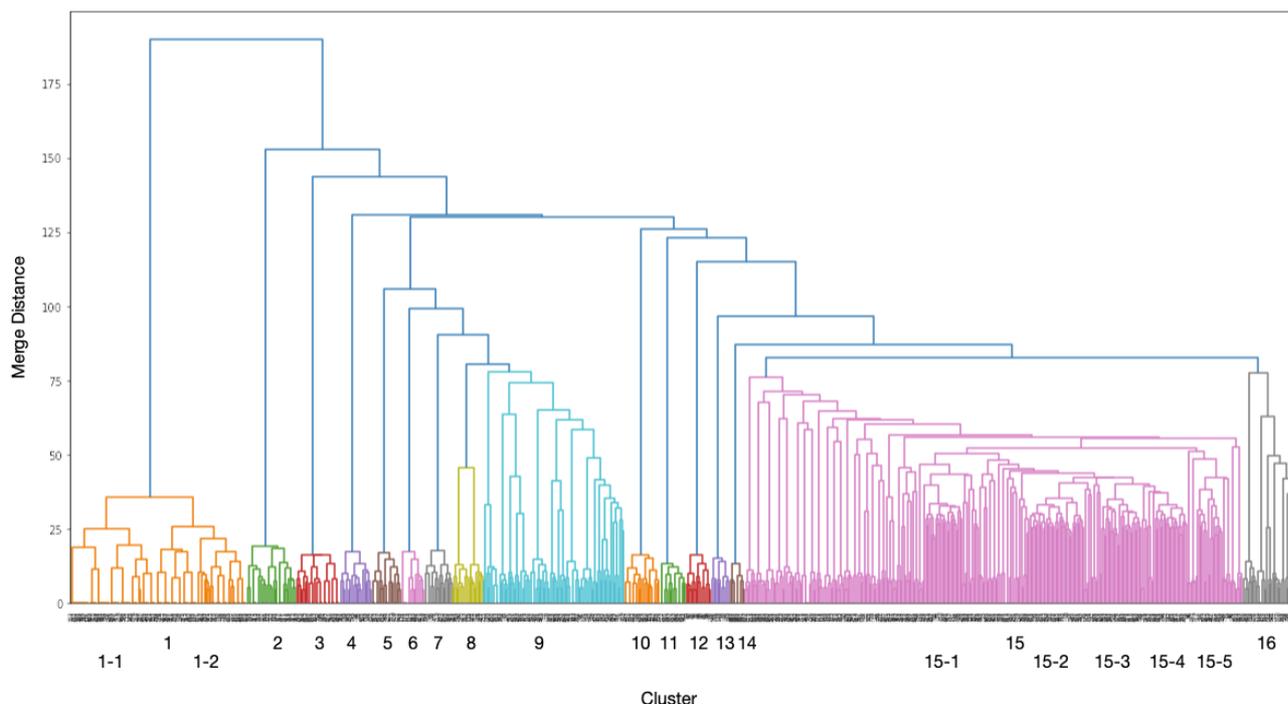


図4. BERT の内部表象ベクトルの階層的クラスタリング

クラスター 1 (120 論文) 以下, () 内は論文の本数

訓練, トレーニング, 教育, 教材, うつ病や摂食障害への応用ケース, 子どもへの応用ケース

クラスター 1 のサブクラスター 1-1(58)

評価尺度の作成・検討, 臨床心理学の研究, 注意制御・訓練(7), 原著研究論文が主で, 入門・概説的な論文がほぼない, 呼吸法(4)

クラスター 1 のサブクラスター 1-2(62)

こちら, 1-1 と同様に, 原著研究論文が大部分を占め, 評価尺度と, 実際に応用して検討した論文がおおい. 脳機能(3), 実行機能(2), プログラム(7), ストレス低減(4)

1-1 には少ない, 教育の場面, 小学生から大学生までが対象の報告がある. 臨床場面では, 摂食障害への適用例がある.

クラスター 2 (34)

瞑想, グリーフケア, 認知行動療法への応用

クラスター 3 (29)

29 本中 26 本の論文タイトルが, ○○に及ぼす影響 (あるいは効果) となっており, 構文的に, マインドフルネスの実践が, 目的である○○に効果があったかどうか, どのように効果があったか, を検証する論文となっている. この, キーワード+構文の類似性を出してくるのは BERT ならではと思われる.

キーワードでは, マインドフルネスにおける注意制御(6), アンガーマネージメント, 共感性, 抑うつ, 心配へ及ぼす影響

クラスター 4 (22)

○○とマインドフルネス, ○○としてのマインドフルネス, たとえば実行機能とマインドフルネス, 親子関係とマインドフルネスという構文になっているタイトルが多い. 結果として, 一見, マインドフルネスと直接の強い関係がみられないが実はある, というようなトピックとの関連を論じる論文がおおい. 地域リハ

ビリテーション(3)

クラスター5(20)

〇〇に関する△△的検討(実験的検討, 縦断的検討, 文献的検討, 探索的検討, 予備的検討)のフレーズが入っている論文が大多数で, その結果として効果検討の論文が多い。変容(3)

クラスター6(16)

〇〇からみたマインドフルネス, 〇〇とマインドフルネスが多い。このクラスターには, “精神医学”誌の特集が8本あり, 既存の様々な精神療法との関係についての解説が多い。“精神医学”誌の特集は, マインドフルネス療法の基本的アプローチという論文から, 内観療法からみたマインドフルネス, 仏教心理学からみたマインドフルネス, 森田療法とマインドフルネス, 行動活性化からみたマインドフルネス, ACT からみたマインドフルネス, そして, マインドフルネスと精神分析との対話, 認知行動療法再考, という各々の論文タイトルとなっている。

クラスター7(19)

具体的な症状に対する, マインドフルネスによる対処が半分をしめる。慢性疼痛(3), 母親支援, 医療者の心のケア, 耳鳴り, 抑うつ傾向。

またマインドフルネス〇〇というフレーズが多い。マインドフルネストレーニング, マインドフルネスアプローチ, マインドフルネスプラクティス, マインドフルネス瞑想

クラスター8(21)

“特集 マインドフルネスを考える, 実践する”の解説論文5本と, 認知行動療法での実践方法の解説論文で構成されている。構文的に似たタイトルで, 〇〇に着目して, あるいは注目して(〇〇関係, 異同, 変化, 因子, 構造など)で終わるタイトルがこの中に9本ある。催眠療法(2)

クラスター9(96)

このクラスターに属するタイトルの数は多く, タイトルに入っているキーワードに, 以下の3つの構成要素が見られる。

- 1) マインドフルネスの背景, 特に仏教との関連の解説, そして哲学との関連が多く見られる。道元 禅とマインドフルネス, 仏教(4)の視点, 清浄道論, 慈悲, 瞑想, 禅からみた心, キリスト教的マインドフルネス, ニーチェなどが, タイトルに入っている。禅で5本の論文
- 2) ポジティブティとの関係。ポジティブ思考, 自己へのおもいやり, 幸福感
- 3) 脳との関係。脳と瞑想, マインドフルネス瞑想中の脳波測定, NIRS での測定
- 4) ストレス軽減, 低減, 緩和, 抑うつ低減

クラスター10(24)

マインドフルネストレーニングやエクササイズ的具体的方法論(Acceptance Commitment Therapy: ACT (10), マインドフルネス認知行動療法, 集団認知行動療法, 弁証法的行動療法), 認知療法, 認知行動療法合わせて16本。森田療法に関する解説論文(3件)

クラスター11(18)

マインドフルネストレーニング(5), ポジティブ感情の促進やネガティブ感情の制御, メンタルヘルスへの効果, ホスピス緩和ケア職員へのマインドフルネス実践ケース

クラスター12(17)

全て, 日本「祈りと救いところ」学会大会の特集論文, 助産師・助産学(3), 育児(3)

クラスター13(13)

不妊ストレス, 出産, 育児(2), 助産師(3)のマインドフルネス応用

クラスター14(10)

抑うつ傾向, ストレス軽減, パニック障害, 情動制御, 否定的自動思考への対処

クラスター15(339)

このクラスターには, 極めて多くのタイトルが分類されている.

- 1) セルフ・コンパッション, 教育職, 福祉職, 医療職, 心理職, 宗教者, リハビリテーション, 福祉施設といった, 医療関連従事者に対するマインドフルネス実践, 大学生のメンタルヘルスへの応用
- 2) 疼痛, 不眠, 摂食障害への対応ケース, 森田療法(6件), 心理療法との関連
- 3) バイオフィードバック, ニューロフィードバックとマインドフルネス

ここのサブクラスターを見ると, 以下のようになっている

クラスター15のサブクラスター15-1(27)

認知療法, 森田療法, ストレス耐性, 怒り(3)傾向・モデル

クラスター15のサブクラスター15-2(37)

臨床心理療法, うつの心理療法, ポジティブサイコロジー, ACT(2)

クラスター15のサブクラスター15-3(27)

大学生のメンタルヘルス, 高齢者, ACT(3)

クラスター15のサブクラスター15-4(31)

認知療法, 治療

クラスター15のサブクラスター15-5(18)

慢性疼痛, やすらぎ, リラクゼーション, 介入(2)

クラスター16(36)

自己受容(3), 肯定感, 特集 マインドフルネスとこころの健康, 慢性疼痛の緩和, がん患者へ実践例, 自己受容, 子ども

BERTの768次元内部表象ベクトルによるクラスターリングの結果を, まとめて概観すると, 以下のよう
に考まとめることができると考える. []内には, 上記のクラスターとのおおまかな対応関係をしめた.

1. 広がる一般的な応用: ストレス軽減, アンガーマネジメント, うつ予防, メンタルヘルス, レジリエンス, ポジティブティ [Cluster 1, 3, 5, 9, 13, 15, 16]
2. 新たな応用: 医療従事者向け, グリーフケア, リハビリテーションなど [Cluster 2, 3, 4, 5, 11, 12, 15]
3. 以前からある心理療法との合わせ技: 森田療法, 認知行動療法, ACT [Cluster 6, 8, 10, 15]
4. 臨床応用例: 慢性疼痛などの難治症状 [Cluster 7, 15]
5. 生理心理学, 脳機能計測による検証: fMRI, NIRSによる計測 [Cluster 9]

なお, 森田療法との関連を扱っている論文が多いので, 付録に森田療法の中心的概念, マインドフルネスとの関連について記した.

BERTの結果をどう使えるか. クラスター1では, 概説論文がほぼなく, ほとんどが原著研究論文である. これは, 単一の単語だけを見ていて不可能な区分である.

たとえばこれから開拓するべき、新たな応用を探ろうとする場合、クラスター4が糸口となる。ここに属する論文タイトルを見ると、糖尿病患者に心理療法を行う、禁煙時の離脱症状への対処、親子関係、実行機能とマインドフルネスなど、新しい試みが見つかる。

以上のように、BERT を使って、単語ベースの分析から、単語間の関係、ソシユールのな考え方での、意味の領域に若干踏み入れた分析を試してみた。BERT を使うことで、上のように、分析の促進をいくらかは得ることができたが、解釈者がクラスターの持つ意味を発見する努力をまだかなり必要としている。

さて、以上の分析対象は、文字数の少ない論文タイトルであるので、BERT の能力が十分に引き出せていないのではないかと考えられる。そこで、次に、マインドフルネスを扱った論文のアブストラクトを BERT で分析してみる。

3. BERT を用いたアブストラクトの分析

論文タイトルだけでは、分析が浅くなると考えられ、アブストラクトの分析もおこなった。CiNii は、アブストラクトを提供している論文が少ないので、株式会社メテオの医療論文サービス Medical*Online を使用することにした、このサービスに収録されている医学論文は、総説、解説論文誌が大部分を占めている。Medical*Online で“マインドフルネス”で検索した。検索した日時は 2021 年 3 月 12 日。検索結果のうち、アブストラクトのある論文は 208 本があった。これらの論文の、タイトルを用いずに、アブストラクトだけを BERT への入力とした。タイトルを外した理由は、先に行ったタイトルの分析と異なる結果を期待してのことである。これら大量のテキストを読み、定量的な分析をしようとする、人間の手だけでは相当の努力を要する。したがって、現在、最新のテキスト分析処理の方法を試すには良い機会である。

タイトルの分析と同様に、768 次元の内部表象ベクトルのクラスター分析を行った。タイトルの時は、適切と判断されるクラスター数が、クラスター化法によって全く異なり、方法間で結果を比較することができなかった。一方、このアブストラクトの分析では、Ward, Average, Centroid, Weighted, Median の各方法で、クラスター統合距離のギャップにほぼ同一の距離が示された。下の図は、Average のデンドログラムと、クラスター融合距離のプロットである。デンドログラムにも、縦軸に示すクラスター融合距離のギャップが、ユークリッド距離 13 から 21 の間にあることが見て取れる。このようなギャップの存在が、上の 5 つのクラスター化の方法で、ほぼ共通して見る事ができた。

融合距離のプロットは、横軸がクラスター数、縦軸が融合距離、青線がクラスターの数で、橙色の線はクラスター数の 2 次微分値を示している。クラスター数 36 のところで急激にギャップがあることを示しており、ここをデンドログラムの切断ポイントとした。MDS プロットには、36 クラスター解を表示した。

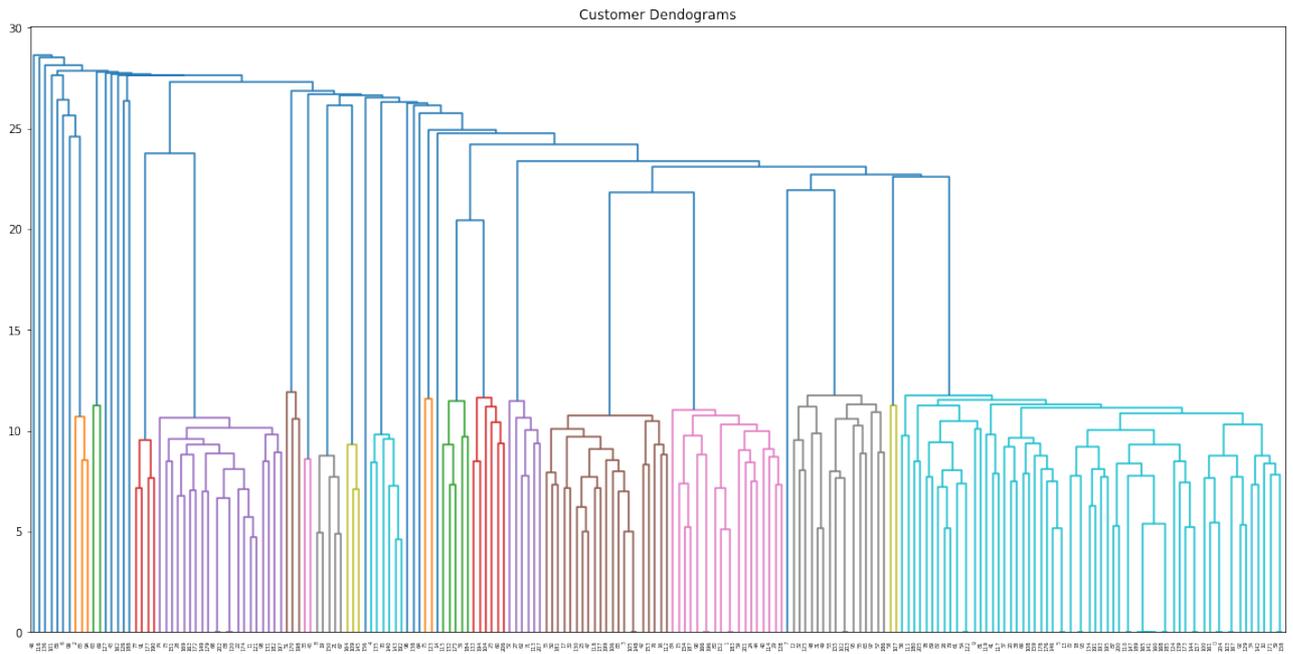


図5 アブストラクトの内部表象ベクトルのクラスター分析デンドログラム
(ユークリッド距離, 平均距離法)

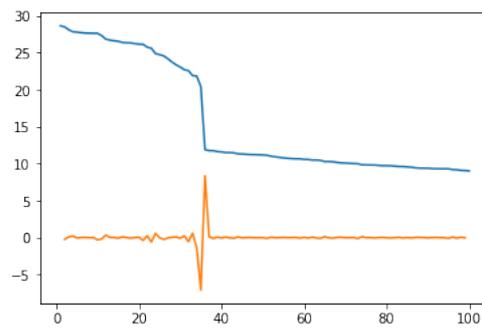


図6 クラスター融合距離 (縦軸) とクラスター数 (横軸) のプロット

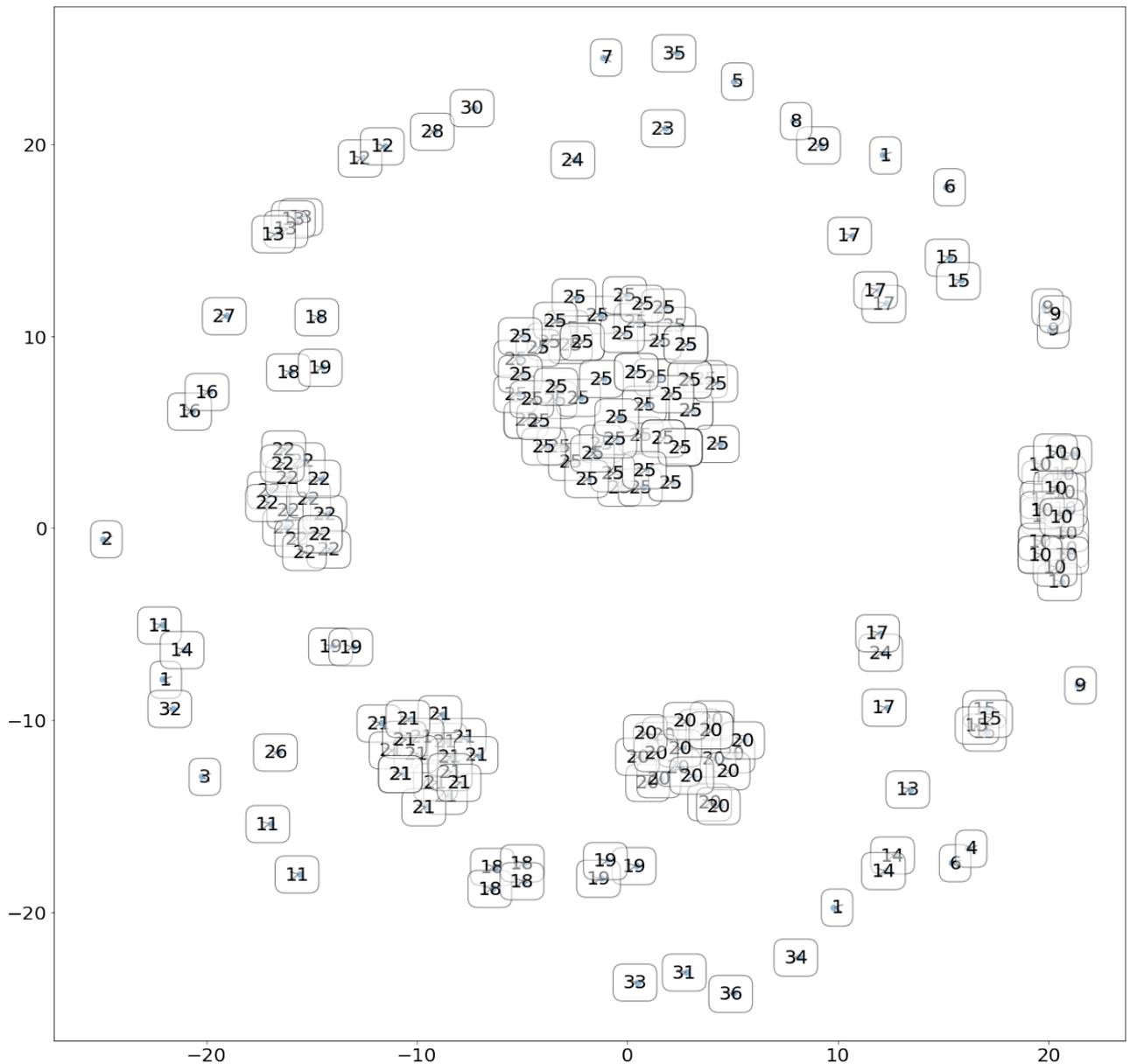


図7. アブストラクトの内部表象ベクトルの MDS プロット

図7の中で、凝集しているアブストラクト群は、内部表象ベクトルの距離が互いに近いことを示している。数字は、属しているクラスターの番号を示している。どのようなアブストラクトであるか、凝集しているクラスターについて内容を検討する。

クラスター10 (21 論文)は、デンドログラム左側の紫色のクラスターである。ここに属するアブストラクト群は、客観的な研究報告ではなく、著者がマインドフルネスのトレーニングに参加、あるいはトレーニングを開催する側としての報告 (8 件) や、著者が問題を抱える当事者として実践した報告(4 件)がある。

クラスター20 (21)は、デンドログラム中央の茶色のクラスターである。ここに属するアブストラクトは、大部分が、医療の現場でマインドフルネスを治療の一環として用いた実践報告である。精神科や、がん治療、慢性疼痛などのケースがある。

クラスター21 (19) は、クラスター20 の右隣のマゼンタのクラスターである。クラスター20 と同様に、治療の実践報告が多い。ここでは認知行動療法との併用、関連について述べられているものが多い。

クラスター22(16)は、クラスター21の右の灰色のクラスターである。ここには、自己洞察瞑想療法(SIMT)の実践例、PTSDへの実践例が多い。

クラスター25(64)は、一番右側の青緑のクラスターである。ここは、先進的な実践事例に対するレビュー論文が一番多い。その次に多いのは、医療現場における実践報告である。当事者としての報告は5件と1割以下となる。

アブストラクトをBERTの入力とした場合、個々のキーワードの意味的な分類ではなく、当事者としての主観的な報告／治療への実践報告／客観的レビューの文章スタイルで分ける傾向が見られる。

Medical*Onlineにアブストラクトがある医療系専門誌は、原著論文を掲載する専門学会論文誌は少ない。多くは、忙しい医療職に向けて、最新の知見をコンパクトに伝える解説記事やレビュー論文を掲載する専門誌である。また、悩みやストレスの多い医療職が、自身が手法を学び、当事者として実践してみたという報告が多いのが、導入されてそれほどの年月を経たおらず、そして同時に応用範囲の広い、マインドフルネスというトピックの特徴ではないかと思える。

4. 考察

マインドフルネスは、特定の疾患に対する治療ではなく誰もが体験できる、また実践も手軽にできる、という特徴のために、医療従事者自身が体験し、その報告を記している論文がかなりあることが、他の治療法と大きく異なる特徴であると考えられる。現在のCOVID-19の感染状況で、世界各国で医療従事者が疲弊している。その心身の健康の維持が、簡単には終わらないCOVID-19との闘いにおいて重要な要因である。患者のためはもちろん、医療従事者の健康維持のためにマインドフルネスを実践することは、大変有意義である。

本論文では、“マインドフルネス”を冠した医学論文のタイトルとアブストラクトについて、意味論的な分析が少しでもできないかと、BERTの768次元内部表象ベクトルを使ってアプローチしてみた結果を記した。タイトルについてのBERT分析では、一般的な応用の広がり、新たな応用、既存の心理療法との組み合わせ、臨床応用例、生理心理学・脳機能計測による検証という論文の方向性を見ることができた。アブストラクトについてのBERT分析では、当事者としての主観的な報告／治療への実践報告／客観的レビューの文章スタイルで分ける傾向が見られた。少しでも意味論的な分析に踏み出せないかという目論見に対して、限定的には可能であるという見通しを得られた。

この論文では、意味論的な処理によって、キーワードのみならず論文のスタイル（実践論文と自身の体験報告の区別など）から、おおまかに論文を分類する可能性を示した。一方、現状では、分類された論文タイトルもアブストラクトも、それがどのような内容が多いかは研究者自身が目を通して理解する必要があり、ここは人間の“解釈”が必要である。膨大な数の論文を研究者の代わりに読んで、こういう論文群があります、その特徴は、共通点は、ここがユニークな研究です、と報告してくれるまでには、さらに工夫が必要である。その実現のために有望な技術を2点考察する。

分類の精度を上げる方略として、現在のニューラルネットワーク応用でよく使われる、追加学習が可能性のある手法として挙げるができる。追加学習は、一通り学習が済んだネットワークの後ろに、ネットワークレイヤーを追加し（多くは1層か2層）、その追加レイヤーだけで教師付き学習をおこなう。これにより、目的に応じた弁別ができるようにするという方法である。Ishihara et al. (2019)では、この方法をつかって、壁紙のパターンと、感性評価の間の関係を学習させた。図の右側の転線で囲んだ部分が、追加学習をした部分で、それ以外は、CNNの実装例の一つであるAlexNet(Krizhevsky,2012)を利用した。使用したAlexnet

は ImageNet データベースの中から、1,000 カテゴリ 1,000 万枚以上の画像を使って学習しており、物体の共通特徴の視覚処理は、すでに畳み込み層で成長している。つまり、画像認識と抽象化のエンジンがすでに用意されていることになる。AlexNet の最終層は 2048 次元のベクトルが 2 つとなっており、このベクトルと、壁紙パターンの感性評価データを分析した、2 次元の主成分スコアとの間を追加学習している。その結果、壁紙パターンを提示するだけで、画像を認識し、人間の感性評価に相当する値を出力する、いわば人間のよように振る舞う感性画像認識システムを作ることができた。

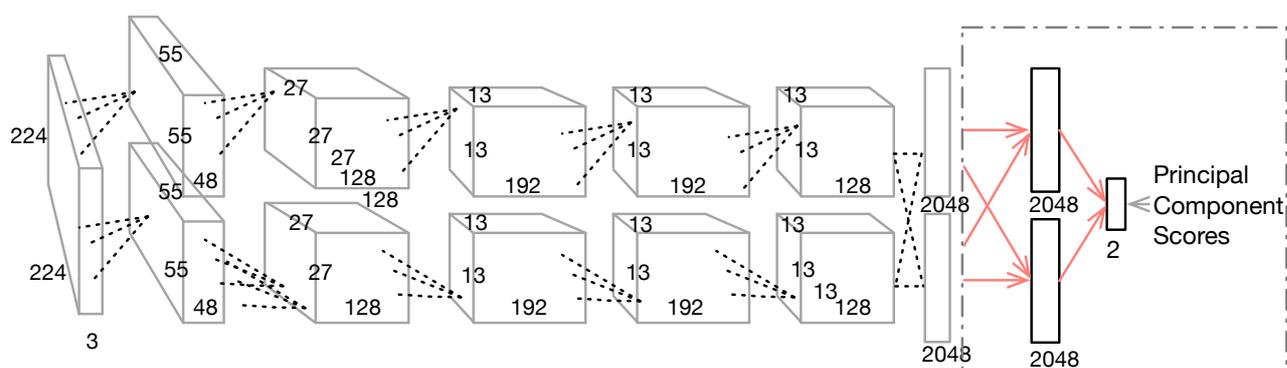


図 8. AlexNet に追加学習レイヤーを加えた壁紙パターンの感性画像認識システム (Ishihara et al., 2019)

この論文で示した方法は、最初からスタイルやキーワードを決めず、どのような分類結果になるかを見る、“発見的な方法”であった。一度、スタイルやキーワード群が定まれば、追加学習を応用することで、論文のアブストラクトの文章スタイルや扱っている内容について、さらに精度を上げて弁別するシステムを構築できる可能性は十分にある。実践論文と、自身の体験報告は文体が異なっているので、これは BERT に追加学習をすることで、弁別の精度は大きく向上することが期待できる。

人間の“解釈”の手間を削減する方法として期待できる手法に、人工知能研究の一領域である、自動文章要約がある。定型性の高いニュースの文章では、すでにかなり使用に耐えるところまで来ている (奥村 2002, 西川 2018)。自動要約の研究の一つに、単一文書ではなく、複数文書を対象とした要約方法がある。これは文字通り、複数の文書から、一つの要約を作ることになる。複数の文書で共通する話題、共通しない話題を弁別することが必要となる。ニュースの場合、アップデートされた内容を付け加えていくことが必要なので、単に共通する話題だけを要約したのでは不足であり、技術的には一層難しくなっている。学术论文では、アブストラクトとして著者自身が要約をつけているので、さらに要約する必要は無いように直感的には思えるが、複数文書からの自動要約がうまく活用できると、この論文とこの論文での共通部分に加えて、ここが違うという点が得られると、それは重要な情報であり、人間が読んで共通項や非共通の部分を“解釈”する手間が軽減できる可能性がある。残念ながら、英語に比べると、日本語での複数文書自動要約はまだ難易度が高いように見えるが、要約の良さの数値指標の作成や、出現する単語の適切な集合を生成する数理最適化問題としての定式化は進んできた (西川ら, 2013)。

これらの AI 自然言語処理技術との融合により、先に述べたように、膨大な数の論文を研究者の代わりに読んで報告してくれるシステムが実現可能になれば、進歩のスピードが速い医学界で、日々の対応に追われる多忙な医療従事者にも有益なものとなるだろう。

謝辞

本研究はデータ収集については、JSPS 科研費 挑戦的研究(萌芽) JP20K20850 各種災害に備えた国家強靱化に資する社会変革をもたらす減災リーダー育成の研究、2.BERT を使った、論文タイトルの分析以降の分析手法の開発については JSPS 科研費 挑戦的研究(開拓) JP20K20500 機械学習を用いた東アジア数理調和思想の実証的研究と共生倫理の検討 の助成を受けて実施している。関係ご各位への感謝とともに記す。

本論文は、2名の匿名レビュワーからの重要なお指摘により、内容を大幅に充実する改訂ができた。レビュワーには、有用かつ建設的な査読に感謝します。

付録 森田療法について

分析結果に頻繁にみられる森田療法について小川・倉光(2017)を参照して短く解説する。精神科医であった森田正馬(1874-1938)は、自身が10代のときに、今で言う強迫性障害と様々な身体の愁訴になやまされた。特に心臓が悪いと自身で思い込み、死の恐怖に捉われていたと述懐している。東京帝国大学医学部に入学後、試験勉強に打ち込むことで、自身の症状が寛解していることに気づく。このことから、「必死必正の思うで恐怖に入り込むこと(恐怖突入)」と「目の前の現実の課題に取り組むこと」の有用性を認識する(「内は森田の著書(1928,改訂1960,新版2004)から)。森田は、精神科医になると自宅を病院とし、森田療法を開始した。多くのケースでは、患者を入院させ、第1日目は食事とトイレ以外は絶対安静、2日目には湧いてくるさまざまなネガティブなイメージを堪え、それが自然に消えることを体験させる。日を重ねる毎に、徐々に患者の自発的な活動範囲をふやしていくといった治療法で成果を上げた。

森田療法の基本的概念の一つに、精神交互作用というものがある。これは、「ある感覚に対して、注意を集中すれば、その感覚は鋭敏となり、その感覚鋭敏は、さらにますます注意をその方向に固着させ、この感覚と注意が相まって交互に作用して、その感覚をますます強大にするという精神過程」としている。これの対処について、「いたずらに人工的の拙策を放棄して、自然に服従すべしということである」、「刺激が継続して起こるときと、注意をこれに集注するときとに(感情は)ますます強くなる」、「そのままに放任し、またはその自然発動のままに従えば、その経過は山形の曲線をなし、ひと昇りひと降りして、ついに消失する」。小川・倉光(2017)は、この精神交互作用のプロセスは、マインドフルネスの訓練やACTにおいてよく起こるものであると指摘している。

森田は無所住心という章を設け、「應(まさ)に無所住にしてその心を生ずべし、という語がある。無所住心とは、われわれの注意がある一点に固着、集注することなく、しかも全精神が常に活動して注意が緊張、遍満している状態であろうと思われる。この状態にあつて、われわれははじめて事に触れ、物に接し、臨機応変、ただちに最も適切な行動によって、これに対応することができる。(中略)およそ神経質の症状は、注意がその方のみ執着することによって起こるものであるから、その療法は患者の精神の自然発動を促し、そのよりその活動を外界に向かわせ、限局性の注意失調を去らせて、結局それをこの無所住心の境涯に導くことにあるのである。これが、私の神経質者に対する特殊療法の発足点である」と記している。森田の無所住心の概念は、必ずしも金剛経の「応無所住而生其心」とは一致しないのではないかという指摘もあるが、一方、注意の固着を剥がし、コントロールするという、森田の根幹的なアイデアをうまく表現する概念は、他に適切なものを思いつくことは難しいと筆者は考える。小川・倉光(2017)は、現代の心理療法の手法と概念が森田療法にどのように当てはまるか、かなり詳細に検討し、その有効性を認めている。さら

に、注意のコントロールに関する基本的アイデアも、マインドフルネスと通じるところがあるように思われると述べている。余談だが、「応無所住而生其心」という一文は長く興味を惹きつけてきた表現であるようで、歴史による解釈の変遷が岩城(1999)に記されている。

文献（言及の順）

石原 恵子, 石原 茂和, 長町 三生, 竹林 征三 (2004) 土木建造物の命名支援システムの開発, 感性工学研究論文集, 5(1), 19-26.

Mikolov, T., Sutskever, I., Chen, K., Corrado, G.S. & Dean, J. (2013) [Distributed representations of words and phrases and their compositionality](#), NIPS 2013

Mikolov, T., Chen, K., Corrado, G.S. & Dean, J. (2013) [Efficient estimation of word representations in vector space](#), ICLR 2013.

Kulshrestha, R. (2019) NLP 101: Word2Vec — Skip-gram and CBOW, Towards data science, <https://towardsdatascience.com/nlp-101-word2vec-skip-gram-and-cbow-93512ee24314>

丸山圭三郎(1983) ソシユールを読む, 岩波書店 (現在 講談社学術文庫) .

フェルディナン・ド・ソシユール, 町田 健 訳 (2016) 新訳 ソシユール一般言語学講義, 研究社

Devlin, J et al. (2018) BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding, arXiv:1810.04805.

Vaswani, A. et al. (2017) Attention is all you need, arXiv: 1706.03762.

Wolf, T. et al. (2019) HuggingFace's Transformers: State-of-the-art Natural Language Processing, arXiv: 1910.03771.

Ishihara, S., Nagamachi, M., Matsubara, T., Ishihara, K., Morinaga, K., Ishihara, T. (2019) 2D FFT and AI-based analysis of wallpaper patterns and relations between Kansei, Advances in Intelligent Systems and Computing 952, Advances in Affective and Pleasurable Design: Proceedings of the AHFE 2019 International Conference on Affective and Pleasurable Design, July 24-28, 2019, Washington D.C., USA Springer.

Krizhevsky, A., Ilya, S. & Hinton, G.E. (2012) Imagenet classification with deep convolutional neural networks, Advances in Neural Information Processing Systems, 1097-1105

難波英嗣, 奥村 学 (2002) ここまで来たテキスト自動要約, 情報処理, 43(12), 1287-1294.

西川 仁 (2018) 自動要約, NTCIR-14 (NII Testbeds and Community for Information access Research project) QALab-Poliinfo 第 2 回説明会 チュートリアル資料 <https://www.slideshare.net/hitoshin/automatic-summarization-99676146>

西川 仁, 平尾 努, 牧野 俊朗, 松尾 義博, 松本 裕治 (2013) 冗長性制約付きナップサック問題に基づく複数文書要約モデル, 自然言語処理, 20(4), 585-612.

小川俊樹, 倉光 修 (2017) 放送大学大学院文化科学研究科 臨床心理学特論, 放送大学教育振興会

森田正馬(1928,改訂 1960,新版 2004) 神経質の本態と療法, 白揚社.

岩城英規 (1999) 明清代の『金剛経』解釈 - 「応無所住而生其心」解釈の変遷-, 印度學佛教學研究, 48(1), 212-217, <https://doi.org/10.4259/ibk.48.212>