

# 理学療法初学者の支援を目的とした 動作分析テキストの構造の可視化

Visualizing the Structure of Movement Analysis Texts to Help Novice Physiotherapists

宮本誠人 \*1      松下光範 \*1      高岡良行 \*2      堀寛史 \*3  
Masato Miyamoto      Mitsunori Matsushita      Yoshiyuki Takaoka      Hirofumi Hori

\*1 関西大学      \*2 株式会社 PTS      \*3 びわこリハビリテーション専門職大学  
Kansai University      PTS Co., Ltd.      Biwako Professional University of Rehabilitation

In a society where the number of elderly is increasing, it is necessary to train physiotherapists who are specialists in medical rehabilitation to support the independent lives of the elderly. To train novice physiotherapists efficiently, it is important to utilize the practical knowledge acquired from the practical experience of skilled physiotherapists. To respond to such demands, we proposed a method for acquiring and sharing practical knowledge to support novice physiotherapists in improving their observation and logical organization skills. The proposed method targets motion analysis texts in which a physiotherapist describes the results of analyzing problems by observing a patient walking. To represent and share practical knowledge, we defined the smallest unit of physiotherapist knowledge as a Problem-based Physiotherapy Unit (PBPU), extracted PDPUs from the text, and visualized them by focusing on the causal relationship between "observation" and "inference." We showed the obtained network to an experienced physiotherapist for qualitative evaluation. As a result, it was suggested that the visualization of the causal relationship between observation and inference using PBPU is effective in understanding the difference in logical structure caused by the presence or absence of practical knowledge in motion analysis.

## 1. はじめに

総務省によると、日本の総人口（2021年9月15日時点）は前年比51万人減少している一方、65歳以上の高齢者人口は前年比22万人増加した[1]。総人口に対する高齢者の割合である高齢化率は29.1%と、戦後から一貫して上昇を続けており、2025年には団塊世代といわれる約800万人が75歳以上となる。

高齢社会における高齢者の自立した生活の支援に向けて医学的リハビリテーションの専門職である理学療法士の育成が求められている。理学療法士は、身体的障害により生活機能に障害をきたした患者に対して身体機能の改善を支援する。質の高い理学療法を行うには臨床経験によってのみ獲得される実践知が必要となるが、理学療法における実践知の熟達者から初学者への共有は困難である[5]。そのため、実践知を認知した者あるいは無自覚のうちに活用することができる者のみが成長していくような各自のセンスに委ねられることになっている[2]。しかし近年、理学療法士の若年齢層の割合が増加しており、実践知を活用できる熟達者が不足していることから、(1)熟達者から実践知を表出し、(2)それを共有する枠組みを作成し、(3)初学者の教育支援に活用することが喫緊の課題である。

こうした背景の下、本研究では理学療法初学者の教育支援への活用を目的とした実践知を表出・共有する枠組みについて検討し、その過程における実践知の構造化および可視化を行うことで、この課題の解決を試みる。

## 2. 実践知を表出・共有する枠組みの設計

図は、本研究で構想する理学療法士の実践知の表出と共有による初学者の育成体制の全体像である。実践知の表出では、実際の臨床現場で日々の業務によって蓄積されるような自然言

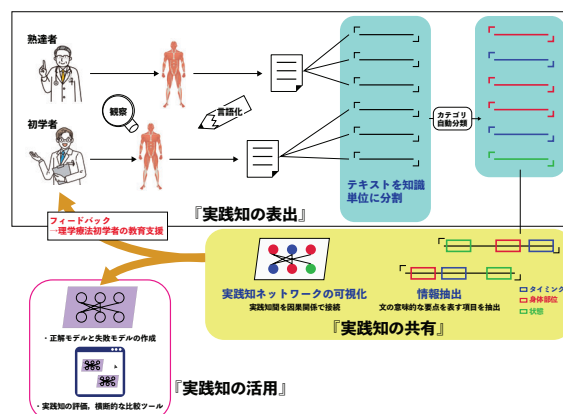


図1: 実践知の表出と共有による初学者の育成体制の全体像

語で書かれた非構造化テキストを対象として、必要な情報と不必要な情報の取捨選択および意思決定や臨床における判断などを抽出する。実践知の共有では、表出した実践知の構造化や知識のモデル化などを通じて計算可能な状態にする。実践知の伝達や分析の支援においては、可視化手法を用いる。実践知の活用では、共有された実践知に機械学習などの手法を適用することでより有益な知見を獲得したり、実践知の検索や分類が可能なシステムを実装することで教育支援を行う。

### 2.1 実践知の表出

本稿では理学療法士の作成する動作分析に関するテキストを対象とする。動作分析は視覚的な観察に基づいて行われることから、主観性が高く、再現性は低い技術であり、実践知が多く含まれるテキストデータであると考えられる。そのため実践知の表出対象として妥当であると考えられる。動作分析から実践知を共有していく上で、自然言語で記述された文章をそのまま構造化したり、知識のモデル化を行うことは難しい。本稿では、予め動作分析を構成する知識の最小単位として「問題思考を基

連絡先: 松下光範, 関西大学総合情報学部, 〒569-1095, 大阪府高槻市霊仙寺町2-1-1, Tel: 072-690-2437, Fax: 072-690-2491, m\_mat@kansai-u.ac.jp

原文	PBPU
腸腰筋や大腿四頭筋の過緊張による、 股関節伸展制限が考えられる。	腸腰筋の過緊張が生じている 大腿四頭筋の過緊張が生じている 股関節伸展制限が考えられる
膝関節は伸展位となっており、 立脚期を通してダブルニーアクションは、 確認できない。	膝関節は伸展位となっている 立脚期を通してダブルニーアクションは確認できない

図 2: PBPU の抽出の具体例

原文	原因の PBPU	結果の PBPU
腸腰筋や大腿四頭筋の過緊張による、 股関節伸展制限が考えられる。	腸腰筋の過緊張が生じている	股関節伸展制限が考えられる
	大腿四頭筋の過緊張が生じている	股関節伸展制限が考えられる

図 3: 因果関係抽出の具体例

盤とした理学療法の構成素 (Problem Based Physiotherapy Unit: 以下 PBPU と記す) を定義し、動作分析を PBPU に分割することで、構造化や知識のモデル化の処理を効率化する。PBPU の抽出は以下の手順で行う。

**手順 1:** 動作分析から句点により文の切れ目を特定し、文単位に分割する

**手順 2:** 分割した各文から言語的な省略や重文に対処することで、PBPU を抽出する

**手順 3:** 抽出した PBPU の妥当性を経験豊富な理学療法士の精査により担保する

手順 1 では動作分析を文単位に分割する。手順 2 では、分割した各文から PBPU の抽出を行った。図の具体例を用いて、PBPU を抽出する手法の説明を行う。PBPU を抽出する際、言語的な省略や重文に対処する。図 2 中の「腸腰筋や大腿四頭筋の過緊張による、股関節伸展制限が考えられる。」という文章では、「腸腰筋や大腿四頭筋の過緊張」の部分で並列表現により記述されている。この並列表現による言語的な省略を補うことで、「腸腰筋の過緊張が生じている」と「大腿四頭筋の過緊張が生じている」という PBPU を作成する。また図 2 中の「膝関節は伸展位となっており、立脚期を通してダブルニーアクションは、確認できない。」という文章は、主語と述語が 2 つずつ含まれる重文である。このような重文に対しては、主語と述語の対応により分割を行うことで、「膝関節は伸展位となっている」と「立脚期を通してダブルニーアクションは確認できない」という 2 つの PBPU を抽出する。手順 3 では、得られた PBPU に対して、経験豊富な理学療法士の精査を通じて、データの妥当性の担保を行う。

更に動作分析において、理学療法士は自らの臨床経験を基に観察や推測した事実から他の観察や推測した事実へと因果関係を結ぶ。従って、動作分析から抽出した PBPU に対して因果関係に着目することで紐付けを行い、ネットワーク表現により可視化を行うことで実践知の共有を支援する。例えば、図 3 中の「腸腰筋や大腿四頭筋の過緊張による、股関節伸展制限が考えられる。」という文章の場合、「腸腰筋や大腿四頭筋の過緊張」を原因として「股関節伸展制限」という結果を導いていると解釈できると考えられる。またこの文章からは「腸腰筋の過緊張が生じている」と「大腿四頭筋の過緊張が生じている」、「股関節伸展制限が考えられる」という 3 つの PBPU が抽出

できる。そのため因果関係の紐付けは、「腸腰筋の過緊張が生じている」と「大腿四頭筋の過緊張が生じている」を原因表現とし、「股関節伸展制限が考えられる」を結果表現とする。これらの因果関係のアノテーションを手で行った後、PBPU の抽出と同様に経験豊富な理学療法士の精査を通じて、データの妥当性の担保を行う。

### 3. データセット

本研究では、理学療法士に歩行動画を提示し動作分析を行ってもらい、15 件のテキストを取得した。用いた歩行動画の内容は、片麻痺患者が平地を約 1 分程度歩行している様子を正面から携帯端末を用いて撮影したものである。参加した理学療法士の臨床経験年数の幅は、2 年目の新人スタッフから 20 年以上のベテランまでであった。文字数の平均は 562.4 文字、標準偏差は 207.8 文字であった。取得した動作分析から 360 の PBPU を抽出し、その後 PBPU に対して、因果関係に着目し紐付けを手で行った。

## 4. 実践知の共有

### 4.1 PBPU の構造化

非構造化テキストである PBPU を構造化し計算可能にすることで、実践知の活用フェーズにおける機械学習への応用や教育支援システムへの橋渡しを行う。非構造化テキストとは、特定の形式やフォーマットに基づくことなく作成された文書のことである。また構造化とは、文書の意味を解釈する上で必要な項目を CSV やデータベースなどの特定の形式やフォーマットに当てはめることを指す。本研究では、PBPU で頻出する重要度の高い以下の 4 項目を構造化の対象とする。

- タイミング: 歩行周期の表現や空間的な状況
- 身体部位: 特定の身体部位の表現
- 状態: 状態表現のうち、属性を表すもの
- 状態-Value: 状態表現のうち、値を表すもの

動作分析において、理学療法では歩行を 2 歩で 1 周期とする繰り返し運動として捉え、歩行周期 (1 周期のうちの各時間的区分を「相」または「期」) で表現する。「タイミング」では、この歩行周期の表現や空間的な情報 (「屋内」や「平地」、「平行棒内」など) を抽出対象とする。「身体部位」では、関節や筋肉のような特定の身体部位を表現する項目を抽出対象とする。また状態を表す項目には「状態」と「状態-Value」の項目があり、これはオントロジー工学における attribute-of 関係に対応している。例えば、「Brunnstrom recovery stage はレベル 3 と考えられる」という文章の場合、「状態」には「Brunnstrom recovery stage」が、「状態-Value」には「レベル 3」が抽出対象となる。

本研究では、構造化の手法として辞書方式とルールベースによる情報抽出を行う。構造化に用いた辞書には 417 語の語句が含まれており、それらには「タイミング」「身体部位」「状態」「状態-Value」のラベルを付与した。また、教師データとして対象となる観察カテゴリと推測カテゴリに該当する 298 の PBPU に対して、「タイミング」「身体部位」「状態」「状態-Value」の項目に適切な語句を抽出した。

情報抽出による PBPU の構造化の精度を表 1 に示す。正解率は抽出対象語句を分母とし、実際に提案手法が抽出した語句のうち適切に抽出した語句の数を分子として算出した。また誤



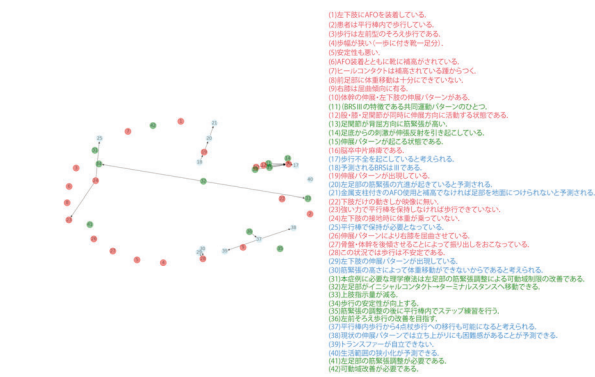


図 6: 実践知が用いて作成されたと判断された動作分析の例 2

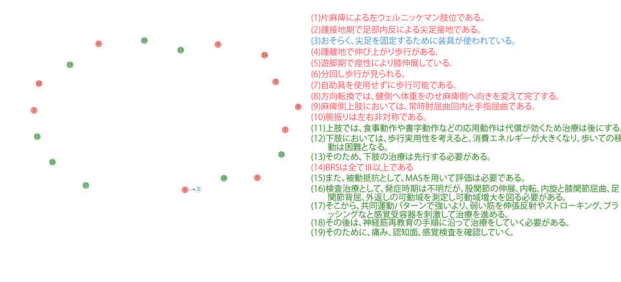


図 7: 動作分析の記述者の実践知が乏しいと判断された例 1

ことができれば、より効率的に PBPU を活用することができると考えられる。

実践知の共有では、動作分析から抽出した非構造化テキストである PBPU に対して「タイミング」「身体部位」「状態」「状態-Value」の 4 項目を抽出することで構造化を行った。提案手法により 95.6% の正解率で構造化が可能なることから、ある程度高い精度で PBPU を構造化することができることが示唆された。また提案手法による構造化によって、PBPU が計算可能となることで、PBPU の検索や分類への活用が見込まれる。PBPU の検索とは、例えば、「同一のタイミングについて言及している PBPU」などといった特定の条件に合致した PBPU を出力することである。

本稿で行った辞書を用いた情報抽出の欠点として、文脈を考慮していないことにより同一語句ではあるものの抽出すべきではない語句を抽出してしまっている。現状の精度では抽出した語句のうち 6.1% が誤抽出であり、これを改善することは今後の課題となる。また本稿では 1 症例で 15 件の動作分析を対象としたが、提案手法の場合、症例を追加する際には辞書を拡張しなければならないためコストが掛かる。これらの課題に対して、辞書やルールを用いず、文脈を考慮した機械学習による情報抽出の手法が有効であると考えられる。

経験豊富な理学療法士による定性的な評価の結果、動作分析を PBPU ネットワークにより可視化することが、理学療法士の観察能力や論理構成の把握することに対して有効なことが示唆された。このことから、PBPU を活用した動作分析の教育ツールや採点支援システムの実装は有用であると考えられる。動作分析の教育ツールでは、熟達者と初学者の動作分析から抽出した PBPU を横断的に扱うことで、初学者の欠けている実践知を提示する機能の実装を検討する。また採点支援システム

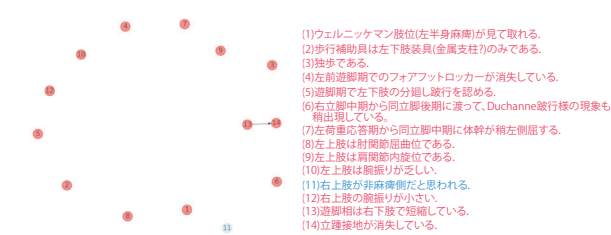


図 8: 動作分析の記述者の実践知が乏しいと判断された例 2

では、提案手法による PBPU ネットワークの可視化を用いたインタフェースを実装することで、動作分析の教育において初学者の作成した動作分析の観察能力や論理構成を把握することを支援できると考えられる。

## 6. おわりに

本研究では、理学療法初学者の支援を目的として実践知の表出から共有までの枠組みについて提案を行い、またその過程における実践知の構造化および可視化を試みた。構造化の精度評価では、95.6% の正解率で適切に語句を抽出することを示した。また実践知を因果関係に着目しネットワーク表現を用いて可視化し経験豊富な理学療法士に提示することで定性的な評価を行った結果、理学療法士の動作分析における観察能力や論理構成能力を把握することに対して提案手法による可視化が有効であることが示唆された。今後は、構造化に用いるデータ作成にかかるコストの削減や提案手法による可視化を用いた理学療法初学者を対象とした教育システムの実装を行う。

## 参考文献

- [1] 総務省: 統計から見た我が国の高齢者—敬老の日になんで、統計トピックス No. 129, <https://www.stat.go.jp/data/topics/pdf/topics129.pdf> (2022/2/25 確認) .
- [2] 池田耕二, 玉木彰, 山本秀美, 中田加奈子, 西條剛央: 認知症後期高齢者に対する理学療法実践知の構造化—構造構成的質的研究法をメタ研究法としたメモリーワークと M-GTA のトライアングレーションによる事例研究, 心身健康科学, Vol. 5, No. 2, pp. 42–48 (2009).
- [3] 坂地泰紀, 酒井浩之, 増山繁: 決算短信 PDF からの原因・結果表現の抽出, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J98–D, No. 5, pp. 811–822 (2015).
- [4] 佐藤史仁, 佐久間洋明, 小寺俊哉, 田中良典, 坂地泰紀, 和泉潔: 有価証券報告書からの因果関係文の抽出, 第 32 回人工知能学会全国大会論文集, 204-04 (2018).
- [5] 堀寛史: 科学的根拠と技能: 理学療法哲学試論, 臨床哲学, Vol. 19, pp. 45–63 (2018).