

理学療法初学者の支援を目的とした 実践知の獲得と共有に関する研究

総合情報学研究科
知識情報学専攻

インタラクションデザインの理論と実践

20M7119

宮本 誠人

目次

1	序論	1
1.1	社会背景	1
1.2	理学療法（リハビリテーション）とは	2
1.3	理学療法士の現状と課題	3
1.4	本研究で解決すべき課題	4
2	関連研究	6
2.1	理学療法士の知識とスキルに着目した研究	6
2.2	患者の活動に着目した研究	8
2.3	実践知に関する研究	8
2.4	本研究の立ち位置	11
3	理学療法初学者の支援における指針	12
3.1	実践知の表出と共有による初学者の育成体制のモデル	12
3.2	育成体制における実践知の表出	12
3.3	実践知の共有方法	15
3.4	共有された実践知を活用した初学者の支援	16
4	データセット	17
4.1	データの取得方法	17
4.2	得られたデータセット	17
5	実践知の表出	19
5.1	動作分析から PBPU の抽出	19
5.2	PBPU ネットワークの作成	19
5.3	PBPU のカテゴリ分類	20
6	実践知の共有化	22
6.1	非構造化テキストである PBPU の構造化	22
6.2	PBPU ネットワークによる動作分析の可視化	23
7	議論	29
7.1	実践知の表出に関する議論	29
7.2	実践知の共有について	31
8	おわりに	32
9	謝辞	33

1 序論

本章では、日本の高齢社会において重要な役割を担う理学療法士の現状や課題について述べ、本研究の目的を明確にする。

1.1 社会背景

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%（図1.1）と、戦後から一貫して上昇を続けており、2025年には約800万人ともいわれる団塊世代が75歳以上となる。

この深刻な社会問題となっている日本の高齢化に対し、厚生労働省は地域包括ケアシステムという多様な医療・介護・福祉サービスの提供できる体制づくりを進めている²。この政策においては、高齢者には可能な限り生涯自立した生活を送ってもらうことを目的に、様々な支援をそれぞれの地域で分散して行っていくことを目指している。これは高齢化による生活機能の低下から、医療・介護・福祉リソースの逼迫を避ける観点からも重要である。

高齢者の自立した生活の支援においては、生活機能の低下を予防することや、生活機能の低下してしまった要介護者に対して医学的リハビリテーション（以下リハビリテーションと記す）などにより生活機能の改善を促すことが望まれる。そのため、リハビリテーションのような高齢者の自立した生活を支援できる理学療法士などの人材の育成が求められている。

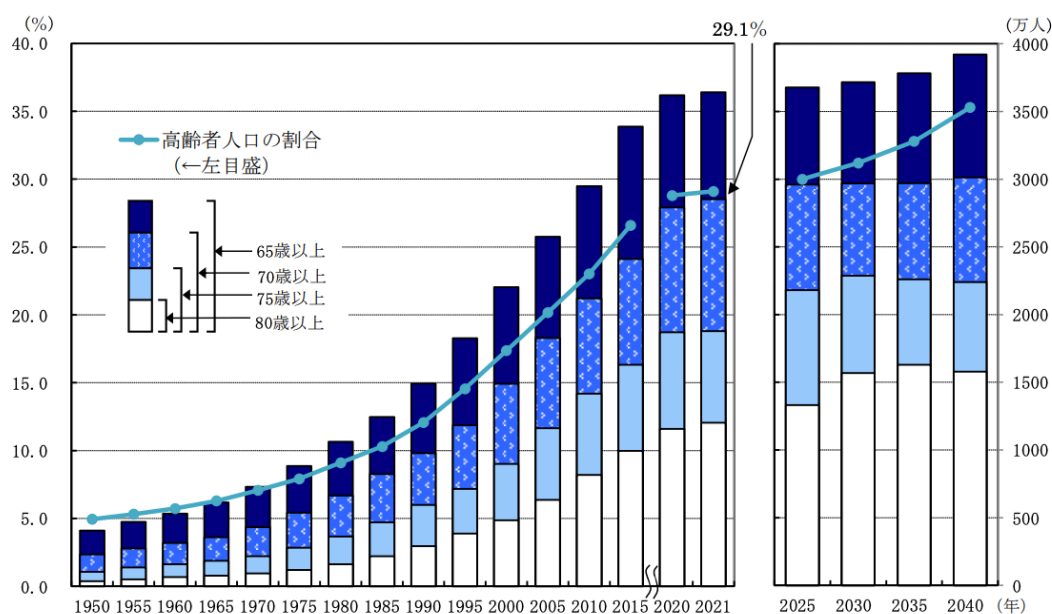


図 1.1: 高齢者人口および割合の推移（脚注 1 より引用）

¹統計から見た我が国の高齢者：<https://www.stat.go.jp/data/topics/pdf/topics129.pdf>（2021/12/24 確認）

²地域包括ケアシステム：https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/hukushi_kaigo/kaigo_koureisha/chiiki-houkatsu/（2021/12/24 確認）

1.2 理学療法（リハビリテーション）とは

臨床におけるリハビリテーションは、その専門職である理学療法士を中心に他職種（医師や看護師，作業療法士など）と連携して，患者の自立した生活の実現に向けて実施される。

理学療法は一般的に図 1.2 に示す流れで進められる。図 1.2 中 ①～② は，患者の初期評価として患者の精神・身体・社会的状況を包括的に把握し，本質的な問題点がどこに存在するのかを分析する。図 1.2 中 ① の情報収集では，カルテ情報や医療面接，観察，検査，測定を行うことで，状態把握に必要な情報を取得する。図 1.2 中 ② の ICF（International Classification of Functioning, Disability and Health）とは，2001 年に WHO が定義した人の健康状態に関する包括的な事柄を体系的に分類したものであり，合計 1,400 以上の項目を「心身機能・身体構造」「活動」「参加」「環境因子」「個人因子」という大きく 5 つに分類している。理学療法に関しても，患者の国際的な基準を用いて健康状態を体系的に ICF コード化し，評価を行うことが推奨されている [31][32]。図 1.2 中 ③ における統合と解釈では，取得した定量的・定性的な情報の因果関係を結び，機能障害の原因を探求する。

図 1.2 中 ④～⑦ は，患者の問題点へ理学療法を通じて介入していく過程である。図 1.2 中 ④～⑤ について，目標設定では初期評価として得られた患者の精神・身体・社会的状況から，患者のニーズと予後予測を踏まえてどこまでの改善を目標にするのかを初期設定する。図 1.2 中 ⑥～⑦ では，初期計画に基づき患者に理学療法を実施し，その経過を記録する。実際の治療では，人間が生活する上での基本的動作となる「寝る」「寝返る」「起き上がる」「座る」「立ち上がる」「歩く」ことができる状態にするために物理的手段を用いて治療を行う。

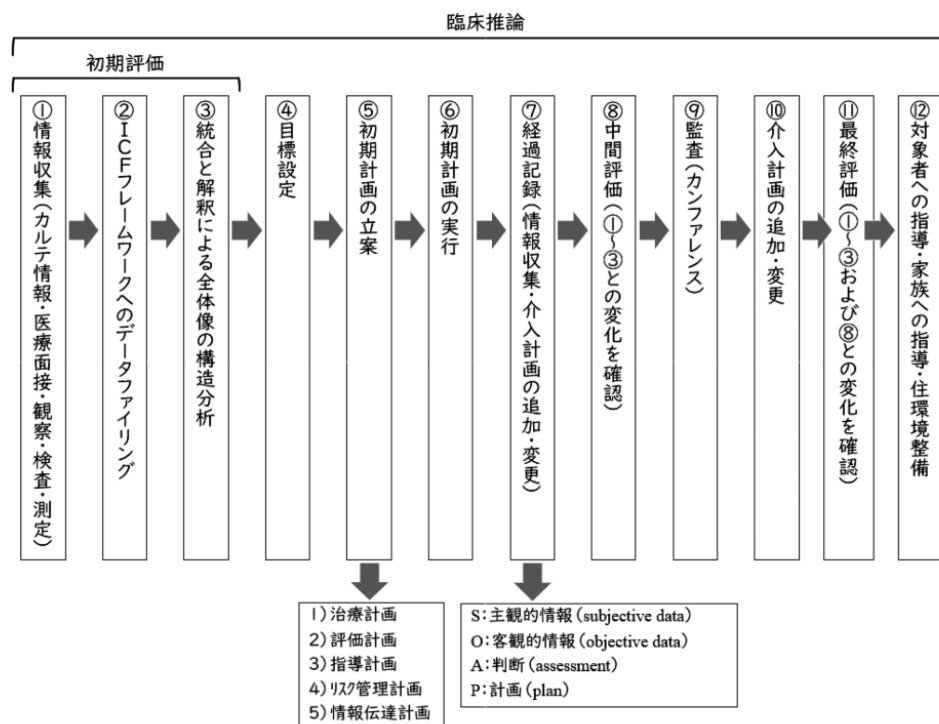


図 1.2: 一般的な理学療法の流れ（文献 [31] より引用）

図 1.2 中 ⑧～⑩ の中間評価では、初期評価と現状の変化や初期計画で推測した経過とのずれを評価し、再度目標設定を行う。

図 1.2 中 ⑪ の最終評価では、初期評価および中間評価からの経時的な変化の確認や実施した理学療法がどの程度効果があったかを評価する。また、介入が終了した後の患者の生活状況を推測し、図 1.2 中 ⑫ で自己管理や住環境の整備などについて指導を行う。

1.3 理学療法士の現状と課題

1.2 で述べたように、超高齢化社会である日本において、理学療法士の人的リソースの拡充は重要である。平成 11 年に養成施設カリキュラム改訂、規制緩和政策が実施され理学療法士の学校養成施設が急増し、量的な人材育成が進められた³。その結果、理学療法士の年代別比率で 20 代が 56.3%（平成 28 年 8 月時点）を占めており、若年層に集中している。その結果、全国的に各臨床現場での年齢構成が急激に若くなり、提供される理学療法の質の低下が懸念されるようになってきている [17]。

質の高い理学療法を提供するためには、学校養成施設で学んだ知識では十分とはいえ、日々の臨床経験により獲得できる実践的知識（以下実践知と記す）が必要であり、臨床経験の浅い初学者（以下初学者と記す）にとっては実践知の欠如から、適切な理学療法を行うことは困難である [13][18]。Jensen らの研究では、エキスパートを 7 年以上の臨床経験があり、患者の治療に関して指名を受ける立場にあるという条件で定義している [8]。しかし、昨今の理学療法士の人口が若年層へと集中しているという傾向により、臨床経験が豊富で高い技能や多くの知識を有する理学療法士の割合が減ってきており、提供される理学療法の質を担保することが困難になると予想される。そのため、厚生労働省は今後予測される医療需要の増大、地域包括ケアシステムの構築に向けて、質の高い理学療法士を育成する方針を示している⁴。

提供される理学療法の質の低下が懸念されていることに関して、臨床経験の豊富な理学療法士が不足している要因以外にも、近年理学療法自体に求められる専門性が向上しているという側面もある。従来、理学療法の対象の主流は脳卒中や整形外科疾患などの 3 次予防であったが、近年の高齢化社会において高齢者の自立支援として、予防医学における理学療法も需要が高まってきている [34]。その他にも表 1.1 に示すように日本理学療法学会連合においては 12 の学会と 8 の研究会⁵に細分化され、それぞれの領域で求められる専門性もより高度となってきた。また高齢患者のリハビリテーションにおける基礎疾患や合併症の考慮であったり、近年の医療の高度化への対応といった要因もあり、理学療法士にはより質の高いスキルや知識が求められている。

理学療法初学者の教育においては、様々な課題が存在する。その 1 つとして、熟達者から初学者への実践知の継承が挙げられる。実践知を効率良く継承するためには、ノウハウの文書化や口頭での説明など実践知を言語化することが必須となる。また言語化すること

³医療従事者の需給に関する検討会：

<https://www.mhlw.go.jp/content/10801000/000499148.pdf>（2021/12/24 確認）

⁴理学療法士作業療法士養成施設指導ガイドラインについて：

<https://www.jaot.or.jp/files/page/wp-content/uploads/2018/10/guideline.pdf>（2021/12/24 確認）

⁵法人理学療法学会・理学療法研究会-一般社団法人 日本理学療法学会連合：

<http://jspt.japanpt.or.jp/20210119/>（2022/2/3 確認）

表 1.1: 日本理学療法学会連合における学会と研究会

学会	研究会
日本運動器理学療法学会	ウィメンズヘルス・メンズヘルス理学療法研究会
日本基礎理学療法学会	栄養・嚥下理学療法研究会
日本呼吸理学療法学会	がん理学療法研究会
日本支援工学理学療法学会	産業理学療法研究会
日本小児理学療法学会	精神・心理領域理学療法研究会
日本神経理学療法学会	徒手理学療法研究会
日本心管理理学療法学会	物理療法研究会
日本スポーツ理学療法学会	理学療法管理研究会
日本糖尿病理学療法学会	
日本地域理学療法学会	
日本予防理学療法学会	
日本理学療法教育学会	

の利点は実践知の継承による理学療法初学者の教育におけるコミュニケーションの円滑化だけでなく、患者へ病状や必要な治療について適切な説明を行うことにもつながる。実際、患者に対して適切に説明を行うコミュニケーションは理学療法の質を高める。理学療法プログラムの内容についてエビデンスに基づいて適切な説明を患者に行い、意思決定を共有することで、患者の理学療法に対する信頼度が向上し、積極的に理学療法に取り組むことで理学療法の質が高まる [25][1][7]。しかし、理学療法の臨床現場で意思決定を患者と共有することは活発に行われているわけではないというのが現状である [25][11]。

臨床経験の違いに焦点を当てて、初学者や熟達者の臨床における思考プロセスを分析することで、その差分を明らかにしようとする先行研究は活発に行われている (e.g., [9][6][5])。臨床経験によって生じる思考プロセスの変化を体系化することができれば、初学者の教育支援に繋げることが可能となる。しかし、臨床における思考プロセスは患者との「相互作用性」を含むため、体系化することが困難であり、臨床における教育の方法論は「見て学べ」や「とにかく経験を積み」しかないため、知識の継承が難しい一因となっている。

1.4 本研究で解決すべき課題

このような理学療法士の現状と課題を踏まえた上で、理学療法初学者の教育支援の1つとして、本研究では実践知の表出および共有化を行う。現状、理学療法の実践知は公共性が乏しく、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 [23]。しかし、臨床現場ではそのようなセンスを有する臨床経験の豊富な理学療法士が不足している。医療の歴史を俯瞰しても、知見を積み重ねることにより、エビデンスに基づいて効果的な医療を行うことが重要であることに間違いはなく、実践知を表出・共有することで「理学療法エビデンス」を積み重ねていくことで質の高い理学療法が結実すると考えられる。実践知をうまく活用

していくためには、その仕組みや枠組みを考えていく必要があると考えられ、(1) 熟達者からの実践知表出 (2) 得られた実践知の共有方法 (3) その活用方法が現状の課題である。本研究では、理学療法初学者の教育支援を目的とした、実践知を表出・共有する枠組みについて検討する。

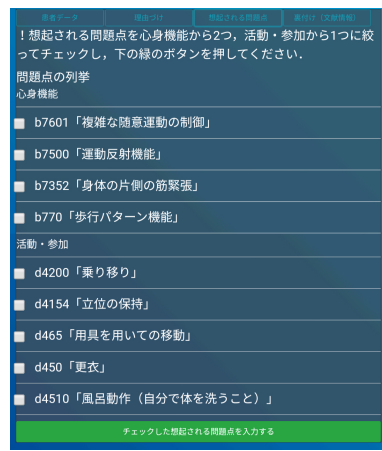
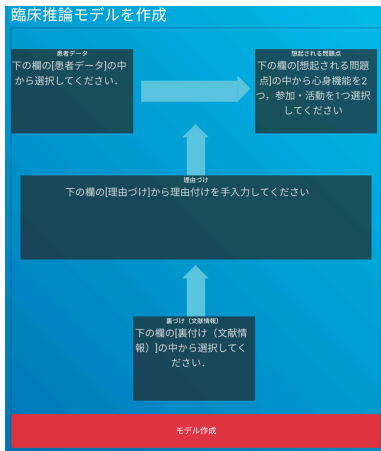
2 関連研究

本章では、理学療法士の知識とスキルに着目した研究や患者の活動に着目した研究について述べた後、実践知をうまく活用していく仕組みや枠組みに関連する研究を紹介しつつ、本研究における解くべき課題を整理する。

2.1 理学療法士の知識とスキルに着目した研究

理学療法士が行う医学的情報や検査データを分析して患者の精神・身体・社会的状況を包括的に把握し、医学的根拠に基づいた本質的な問題点を見つける過程である臨床推論は理学療法初学者にとって複雑なタスクである。筆者らはこれまでに、「主張」「根拠」「理由付け」「裏付け」の4つの要素で臨床における思考を定式化し、システム上でユーザが臨床推論を演習することが可能な教育ツールの開発を行ってきた[10]。このツールでは、理学療法士の臨床推論教育において、教育者と学習者が臨床推論を思考モデルによって可視化し知識共有を支援する環境を提供する。学習者は図2.1aのシステム上で可視化された「臨床推論モデル」の各項目を埋めることで学習する。入力インタフェースには、図2.1bのリスト化された任意の患者情報をチェックボックスで選択するKit-Build方式を採用している。このシステムでは、複雑な臨床における思考の構造を3つの要素で表現することで第三者への知識の共有を支援しつつ、臨床データを蓄積することを目的としている。このシステムを情報蓄積のプラットフォームとして活用することで、例えば、理学療法検査項目の検査値とICFコードのグレーディングとの相関を数量化し、「主張」と「根拠」の因果関係を確率的に表現して臨床推論に反映することが可能となる。また濱田らも臨床経験の浅い理学療法初学者の臨床推論における見落としの防止や、効率的な判断の支援を目的としたシステムを試作している[14]。試作システムでは、臨床推論において必要な判断を学習到達度毎に段階化し、それぞれの段階に設定された課題に対して情報提示を行っている。これらの研究は、理学療法初学者にとって適切な臨床推論を行うことが困難な課題に対する支援を目的としている。

理学療法士の知識やスキルを活用することで、理学療法士の人的リソース補える可能性や、提供するサービスへのアクセシビリティが向上する効果が期待できる。津坂らは、高齢者の自立生活に向けて社会参加を促すアシストシステムに理学療法士のスキルを活用している[12]。特に生活の中でのリハビリテーションでは、高齢者を全面的に身体サポートしなければならない場面と高齢者自身の残存する力を発揮させて身体能力の低下を抑制しなければならない場面がある。理学療法士が行う高齢者への起立支援には高齢者の残存する力に応じてアシストする力を調整することで、高齢者の自立する力を伸ばすスキルが用いられている(図2.2)。そのスキルを分析することで、2点スリングホールド機構による「高齢者を自然な前型姿勢と臀部離床を促す」機能とリニアステージ実験機による「高齢者の力に応じてアシスト力を変化させられる起立方法」を備えた小型アシストロボットを開発した(図2.3)。



(a) 臨床推論の思考モデル作成画面

(b) 患者情報の選択インターフェース

図 2.1: 思考モデルを用いた臨床推論の教育システム (参考文献 [10] より引用)

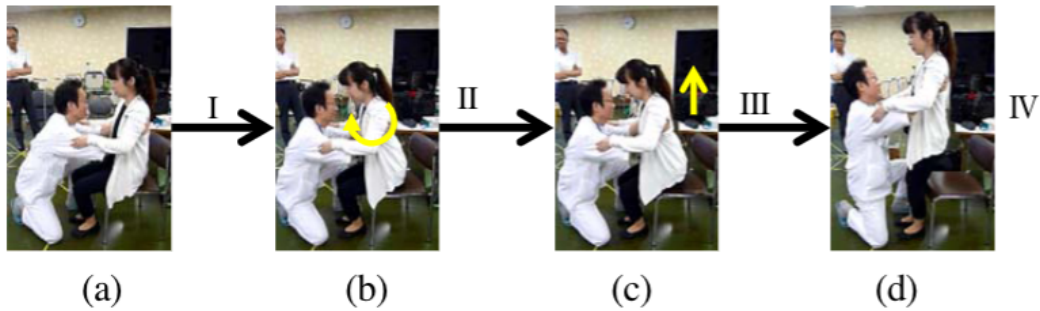


図 2.2: 理学療法士による起立支援 (参考文献 [12] より引用)

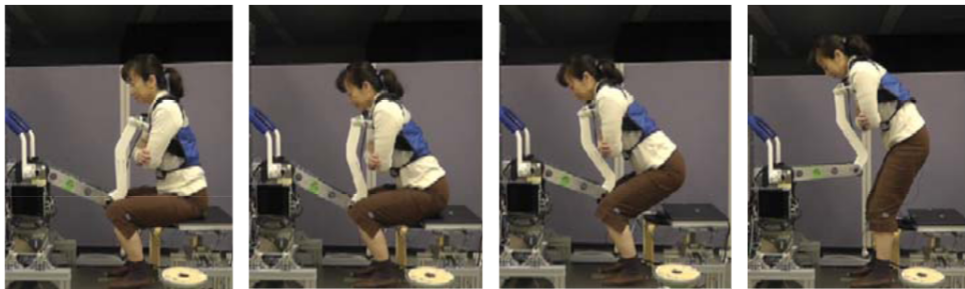


図 2.3: 高齢者の起立支援を行う小型アシストロボット (参考文献 [12] より引用)

2.2 患者の活動に着目した研究

松下らは、スポーツ障害の予防において理学療法士の知識を活用し、ユーザが抱えるスポーツでの怪我のリスクを推定する手法の提案とその手法を用いたスポーツ現場での継続利用を想定したスマホアプリケーションを試作している [22]. スポーツ現場での怪我の発見と予防においては、理学療法士などの専門家の下で継続的にリスク管理を行うことが望ましいが、そのために用いられる3次元動作解析装置などを導入するための場所や金銭的な制約が大きい。提案手法では、スマートフォンに内蔵されたモーションセンサを用いて、ユーザの跳躍動作から加速度センサの値とジャイロセンサにより得られるクォータニオンの値を特徴量としてk近傍法による機械学習を行なっている。スマホアプリケーションでは、ユーザはベルトで腰にスマートフォンを固定したままリバウンドジャンプという跳躍動作を行うことで、再現性・安定性・強度・総合評価・knee-in・trunk-outの6項目の評価値をレーダチャートが表示され、ユーザは自身の抱える潜在的な怪我のリスクを推定できる。

杉原らは、在宅でのリハビリテーションを支援することを目的とした立体視による画像呈示と振動子による感覚フィードバック呈示による複合現実感技術を活用したリハトレーニングシステムを提案している [26]. このシステムでは、モーションセンサーデバイスのKinectとウェブカメラを用いて患者の動きを捉え、ディスプレイに表示した患者の上肢を模した物体にリアルタイムで反映させる。患者はディスプレイの空間上に表示された目標物にタッチするタスクを課され、タスクを完了すると手に装着した振動ユニットが振動するように設計されている。また患者のリハトレーニングの様子をインターネットを介して、担当の理学療法士が把握できるようになっているため、治療プログラムの変更などが柔軟に行えるようになっている。ICT技術を有効に活用することで、自宅にいながら個別的なプログラムを患者に提供でき、遠隔で行う上肢トレーニングの実現可能性が示唆された。

2.3 実践知に関する研究

2.3.1 実践知の表出に関する研究

臨床業務の中でしか経験できないことから獲得される知見は、それを有する個人に属人化しており、共有することが困難なため、暗黙知と呼ばれている。暗黙知の存在に関しては共有方法が確立していないことから「経験や勘」などと扱われることも多い。しかし、このような暗黙知を表出し、共有していくことは臨床における効果的な意思決定や事故、判断ミスの軽減に繋がる可能性がある。

堀らは、臨床推論における数値化された理学療法検査の結果の解釈とそれに紐づくICFコードを対応づける実践知の表出を行っている [19]. 理学療法検査の結果が示す意味については、科学的かつ経験的な判断が必要とされ実践知が求められる。この研究では、10名の理学療法士によって各疾患に合わせた理学療法検査の結果を4段階のグレードに区分するためのボーダラインを決定した。またさらに各グレードに紐づくICFコードを対応させることで、患者の問題点を表現する用語の統一を行っている。この一連の流れをWEBシステムとして試作しており、将来的には実践知の乏しい理学療法初学者が行う患者の状態のモデル化を支援することを目指している。ICFコードは汎用的な利用を想定して作成されたため、全てで1,424項目あり、使いこなすには煩雑である。堀らの研究では、理学療法検

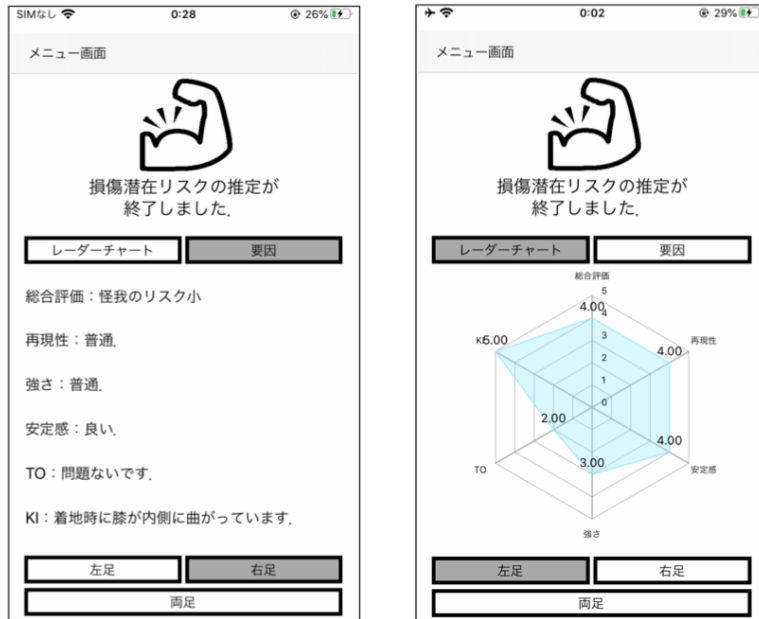


図 2.4: 潜在的な怪我のリスクを評価するスマホアプリケーション (参考文献 [22] より引用)

査の結果と ICF コードの対応づけを行っているが、各疾患や各職業とそれに関連する ICF コードの組み合わせについて経験豊富な専門家によるコンセンサスを形成する取り組みも行われている [35][4]。しかし、臨床現場においては ICF コードの実用性の低さから活用することが困難という指摘があり、普及しているとはいえないのが現状である [20]。ICF コードを活用することは、患者の問題点を整理できるだけでなく、理学療法士同士や他職種との情報共有に対しても有効である。

峯崎らは、近年、問題となってきている介護事故に対して、インシデントレポートを対象としたテキストマイニングを行うことで、介護事故の原因調査を行なった [29]。インシデントレポートには属性情報（日時、年齢、介護度など）と事故についての自由記述が記載され、5,198 件が分析対象となった。提案手法では、事故についての自由記述に対して形態素解析を行い、抽出した 2,701 単語を k-means 法により 50 個のクラスタに分割し、50 次元の単語クラスタ文書行列を作成した。その後、インシデントレポートの属性情報のうち「事故の種類」「診断」「重症度」の 3 項目を目的変数、その他の属性情報と 50 次元の単語クラスタ文書行列を説明変数としてランダムフォレスト法を用いて決定木を抽出し可視化を行った。分析の結果、リハビリやレクリエーション、移乗といった、利用者が移動や行動をともなうような目的の場合に「転倒・ずり落ち」が発生し、「受診」をともなう打撲が発生していることや「転倒・ずり落ち」については、行動だけでなく、場所が居室全般や廊下において頻繁に起きているという知見が得られた。

2.3.2 獲得した知識の共有に関する研究

理学療法に限らず、医療・介護・福祉における日々の臨床業務においては、膨大な量の患者記録や症例報告書、アセスメントシートなどが蓄積され、電子カルテとして電子的に記録されている。そのような電子カルテには臨床実践を通じることでしか得られない知見が

含まれているが、自然言語で作成されていることから、表記揺れや誤字脱字への対処が課題として挙げられる。非構造化テキストゆえに、文書の内容について基づいた詳細な検索や高度な分類が困難である。そのため、これらの分野において非構造化テキストの構造化に関する研究は機械学習などの手法に応用可能という観点から重要な意味を持つ。

謝らは医師が医療画像から気づいた知見を記述したレポートを用いて、医療専門用語の抽出を行う手法を提案し、実際に医師が記述したレポートを用いて適合率と再現率の評価を行った [21]。提案手法では、構造化の形式として「部位」や「所見要素」「主張」といったタグを付与するための独自の辞書を、人体部位や病名、医療処置などについての複数の辞書を照合し比較を行うことで作成している。評価では、2000 件のレポートから 7393 文を抽出して提案手法により構造化を行い、ランダムに抽出した 100 文を対象に適合率 92.02%、再現率 82.38%という結果を得ている。荒牧らは医療人工知能研究に必要な材料となる大規模コーパスの開発に向けて、医療事務経験者と医療従事者を雇用した医療テキストへのタグ付け、コーディングの仕様と方法について報告している [16]。タグ付けのプロセスを専門知識が必要な箇所と不必要な箇所に分けて、必要な箇所のみ医療従事者を雇用している。この研究では医療テキストに出現する病名や症状の名詞のみを対象としている。この時、医療テキストの対象としている患者に認められる病名の場合には陽性タグ (<P>タグ)、患者に認められる病名の場合には陰性タグ (<N>タグ) を付与している。その後、タグが付与された用語に関する ICD コード (国際疾病分類) を特定してコーディングを行った。現状の報告では、62,610 病名をタグ付けし、そのうち 7,854 病名のみコーディングが完了している。

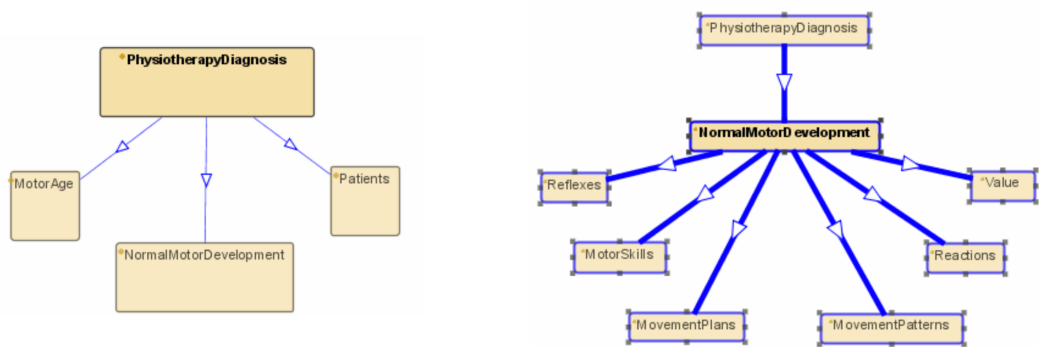
また日々の臨床業務で作成される膨大な量のテキストなどからコーパスを作成する他にも、経験豊富な専門家をリードユーザにすることで知識を抽出してモデル化する手法がある。濱田らは、「概念」と「概念間の関係」で知識をモデル化する手法であるオントローに着目し、経験豊富な理学療法士から知識を抽出することで、理学療法の目視におけるオントロジーを試作した [15]。特にオントロジーの対象領域として、理学療法において情報収集の 1 つである動作分析を対象ドメインとして設定している。

これらの先行研究のように、テキスト内の専門用語とそれがどのような属性を有するかを登録している知識ベースを接続したり、対象ドメインを定義し「概念」と「概念間の関係」でそこで扱われる知識をモデル化することで知識が共有可能となる。さらに知識を共有可能とすることで自然言語で記述された膨大な量のが計算可能となり機械学習などの手法に応用でき、高度なテキストの検索や分類への応用が見込まれる。

2.3.3 共有可能な知識の活用

共有可能な知識としてコーパスやオントロジーの作成に関する研究が行われており、それらの活用方法についての研究も行われている。

Luciana らは、小児神経の理学療法におけるオントロジーを作成し、それを用いた教育手法を提案しており、共有可能な知識を作成することで教育支援への活用が期待できることを示した [2]。Luciana らのオントロジーは、3 人の経験豊富な理学療法士から知識を抽出し、それぞれ 49 項目を含む 12 のアンケートを用いて精査を行っている。作成したオントロジーは 3 つの主概念 (クラス) とそこから派生するサブクラスからなる階層構造であった。このオントロジーを用いた教育支援システムのユーザは理学療法を学ぶ学部生で、ユーザ



(a) 小児神経の理学療法オントロジーの主概念 (b) 「NormalMotorDevelop」のサブクラス

図 2.5: 小児神経の理学療法オントロジー (参考文献 [2] より引用)

は既存クラスの階層構造を用いてオントロジーにコンテンツを追加していくことを体験する。またユーザは患者プロフィール、患者の特徴を与えられ、教員の指導に従いコンテンツを追加したり、各クラスをクリックすることで利用できるサブクラスや概念の定義、プロパティを確認することができる。図 2.5a は小児神経の理学療法の主概念の構造を表しており、ユーザが「NormalMotorDevelop」を選択することで図 2.5b のようにサブクラスが表示されて、小児神経の理学療法の体系的な理解を支援している。この教育支援システムは、理学療法学生が患者の全体像の把握と問題点の位置付け（正常な部分と異常な部分の把握）を行うことに対して支援するようなデザインしている。

2.4 本研究の立ち位置

理学療法支援においては、理学療法士からスキルや知識を抽出し、情報処理システムに組み込み、再現可能とすることで、理学療法士の人的リソースを補える可能性や、提供するサービスへのアクセシビリティが向上する効果があるだけでなく、暗黙知の共有を促進して「経験や勘」に頼らない教育手法の確立への貢献が期待される。特に実践知に関する研究では、日々の臨床業務で作成される膨大な量のテキストデータから貴重な知見を表出して共有可能とすることが、今後機械学習などの手法へ応用する上で重要となる。またテキストデータに含まれる共有可能な実践知を教育に活用することで、理学療法士の言語化レベルの向上に繋がる可能性があり、この循環が意味するところは暗黙知の言語化の促進である。そこで本研究では、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う。

3 理学療法初学者の支援における指針

本章では、本研究の目的となる理学療法初学者の支援に対し、実践知の表出から共有に至る循環についての構想を具体的に述べ、本研究の目指す全体像を示す。

3.1 実践知の表出と共有による初学者の育成体制のモデル

図3.1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。この体制において、実践知を活用した理学療法初学者の支援のために実践知の表出フェーズ、実践知の共有フェーズ、実践知の活用フェーズという3つのフェーズを設定している。実践知の表出フェーズでは、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。実践知の共有フェーズでは、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。また、可視化手法を用いることで知識伝達や分析の支援を行う。実践知の活用フェーズでは、共有された実践知に対して、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に応用する。以降では、各フェーズにおけるより具体的なデザイン指針について説明する。

3.2 育成体制における実践知の表出

臨床において理学療法士が作成するテキストデータのうち、本稿では動作分析に着目した。理学療法における検査の1つである動作分析は、理学療法プログラムの立案において重要とされる[33][30]。動作分析では、患者の動作を観察することで動作上の機能不全の特性を把握した上で、力学・生理学的な機能不全の特性を把握し、それらの因果関係を推測することで、対処すべき問題点を抽出する。また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るといわれている[30]。そのため、動作分析についての枠組みや方法論は体系化しておらず、暗黙知に頼っている側面が強い。従って、動作分析は実践知が多く含まれるテキストデータであると予想され、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。例えば、「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。」という動作分析には「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。」といった2つの知識が含まれている。本稿では、予め動作分析を構成する知識の最小単位を定義し、実践知の表出の段階でそれに分割することで、実践知の共有における構造化や知識のモデル化の処理を効率化する。

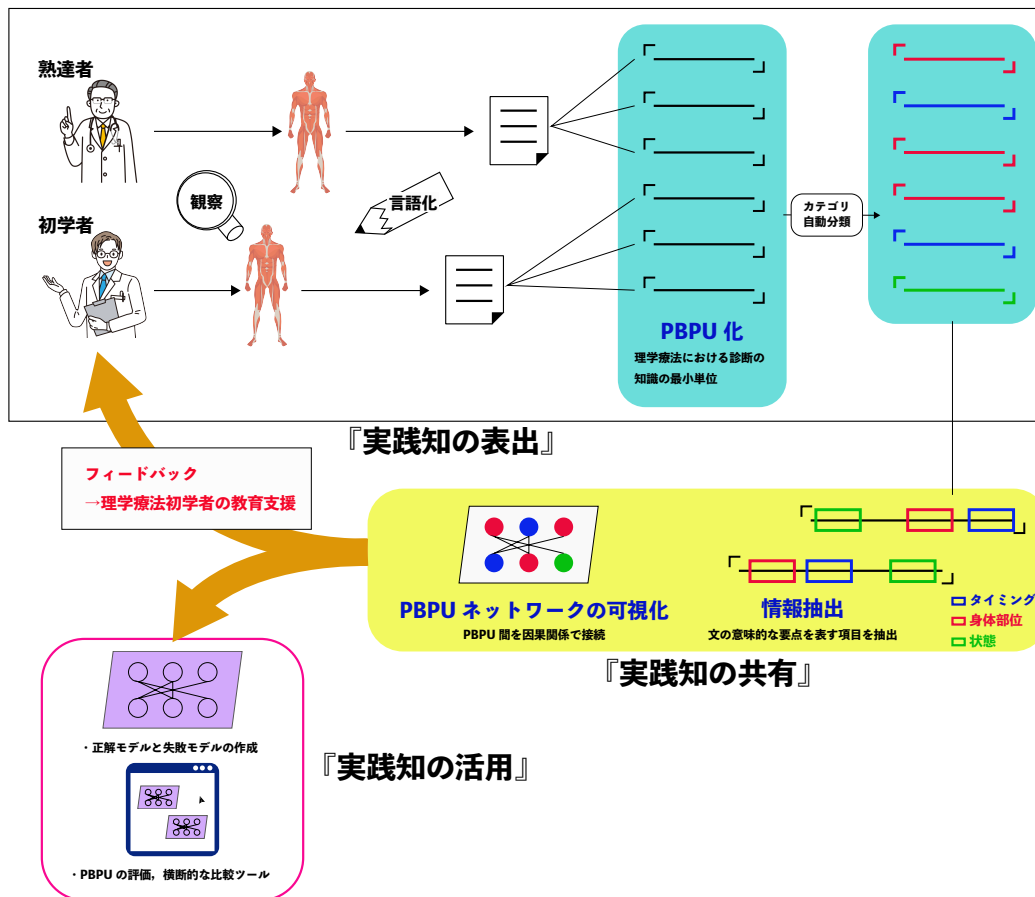


図 3.1: 実践知の表出と共有による初学者の育成体制の全体像

理学療法の診療における知識の最小単位の定義について述べる。理学療法士は医師からの処方により診療を開始し、複数の事前情報を基に、対象者に対して必要な検査測定を実施する。検査などの情報を統合し、解釈することで問題点を導き出し、その問題点に対して治療・介入する。理学療法士は職業特性として対象者の運動・動作・活動に着目する。本研究においてその中でも動作をあつかっており、理学療法士は動作上の機能不全の特性と力学・生理学的な諸問題の特性を把握し、それらの因果関係を整理する。そして、それらの機能・活動不全を問題点と捉えて解決を目指すのが理学療法である。理学療法士は数的情報や観察情報からその中に内在する問題点について思考している。そのため、実行される理学療法は「問題思考を基盤とした理学療法 (Problem Based Physiotherapy: :以下 PBP と記す)」であると本研究で定義した。本研究で扱う動作分析はPBPによって作成されるため、そこから表出する知識の最小単位のことを「問題思考を基盤とした理学療法の構成素 (Problem Based Physiotherapy Unit : 以下 PBPU と記す)」と定義する。

動作分析において、PBPUは様々な異なる性質を有する。例えば、「観察した事実に関するPBPU」や「実際に観察した事実ではないが、そのように推測される事象に関するPBPU」、「必要と考えられる治療に関するPBPU」などPBPUのもつ性質ごとに分類することができる。教育システムへの活用の段階において、PBPUを性質ごとに分類することにより、初

学者の足りない知識を重点的に指導するなどの応用が期待できる。例えば、「ある初学者の動作分析は、観察を十分に行えているが、推測の知識が不足しているため、重点的に推測に関して、教育することが有効である」といった教育方針を決定できる。本研究では、経験豊富な理学療法士にインタビューすることで、動作分析を構成する上でのPBPUの性質を以下のように定義し、アノテーションを付与する。

- 観察：観察した事象についての記述
(e.g., 「左上肢は、ウェルニッケマン肢位を取っている。」)
- 推測：推測した事象についての記述
(e.g., 「下腿三頭筋の筋緊張亢進も立脚中期の形成を阻害していると疑われる。」)
- 教科書：疾患に関する基礎知識についての記述
(e.g., 「マンウェルニッケ肢位やぶん回し歩行は脳卒中片麻痺患者において特徴的な歩行である。」)
- 予後：病態がどのように変化するかという見通しについての記述
(e.g., 「そのため、麻痺の改善よりも二次障害（ヒップハイカー由来の腰痛やウェルニッケマン肢位由来の上肢痛，反跳膝由来の膝関節痛）にて対して治療を行いつつ動作効率を高める運動療法を展開しようとする。」)
- 方針：治療する際の方針についての記述
(e.g., 「上肢では、食事動作や書字動作などの応用動作は代償が効くため治療は後にする。」)
- 診断：病態の判断についての記述
(e.g., 「足関節の背屈が分離して行えないことが問題である。」)
- 判断：治療方法の判断についての記述
(e.g., 「左足部の筋緊張調整が必要である。」)
- その他：上記のカテゴリに該当しない記述

実践知の表出と共有過程を自動化することで、より効率的に実践知を活用した教育支援を行えると考えられる。本稿では、実践知の表出と共有の過程の一部自動化を試みる。その自動化の対象として、PBPUのカテゴリのうち、大半を占めている観察と推測を対象に自動分類を試みる。

観察と推測の自動分類では、特定のPBPUを入力として、そのPBPUが観察カテゴリか推測カテゴリかの2値分類として捉える。ここで、推測カテゴリに属するPBPUには、頻出する「考えられる」や「推測する」、「思われる」といった手掛かり語が存在する。そのため、推測カテゴリに該当するPBPUを形態素解析し、頻出する手掛かり語を抽出することで、手掛かり語辞書を作成する。またその辞書を用いてPBPUをベクトル化し、教師あり学習を行うことで、観察カテゴリか推測カテゴリかを2値分類する。

実践知には、臨床経験から獲得された理学療法士の即効的な思考や状況に応じた思考など固有の実践的思考様式が含まれる [23]。動作分析において観察や推測ができていたという事実がそれ自体で実践知といえる可能性がある。なぜなら、特定の分析者には観察や推

測ができていて、他の分析者にはできていない場合、観察や推測ができていない分析者は自らの臨床経験によって得られた知見により、それを可能にしていると考えられるためである。また、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ことについても、分析者自らの臨床経験を基に関連付けを行っていると考えられる。そのため、本稿における実践知の定義は、PBPU 自体と PBPU 間の因果関係を結んだネットワークとする。実践知の表出においては、PBPU 間に結ばれている因果関係をネットワーク構造を有するデータとしてアノテーションを行う。

3.3 実践知の共有方法

表出した実践知の共有方法について述べる。ここで本稿における共有可能とは、(1) PBPU の構造化 (2) 知識伝達の支援としての PBPU 間の関係可視化のことである。

3.3.1 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「平地面」, 「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 3 レベルと考えられる」という文章の場合、「状態」には「Brunnstrom recovery stage」が、「状態-Value」には「3 レベル」が抽出対象となる。

3.3.2 PBPU 間の関係可視化

実践知の表出フェーズで出力された PBPU のネットワークを基に、動作分析を可視化することで、知識伝達の支援を行う。PBPU ネットワークでは、PBPU 間の因果関係を有効グラフで表現する。例えば、「下肢に随意性があることから Brunnstrom recovery stage は 3 レベル以上だと予想される」は「下肢に随意性がある」という PBPU と「Brunnstrom recovery stage は 3 レベル以上だと予想される」という PBPU に分割でき、「下肢に随意性がある」という原因から、「Brunnstrom recovery stage は 3 レベル以上だと予想される」という結果へ

と矢印で接続する。また性質が異なる PBPU を直感的に識別できるように、PBPU に付与されたカテゴリに合わせた色を付与する。

3.4 共有された実践知を活用した初学者の支援

本研究は特に実践知の表出と共有を対象とするため、実践知を活用した初学者の支援に関しては、将来の展望として指針を述べるに留める。共有された実践知は(1)構造化され計算可能であり、(2)可視化により知識伝達を支援することが可能である。

(1)を用いて、活用の段階では PBPU の確立分布モデルを構築する。PBPU のネットワークの出現頻度から確率分布モデルを構築することで、間違ったネットワークを構築している失敗例や実践知の中でもより高度な推論を行っている例を発見することを目指す。

(2)を用いて、PBPU とそのネットワークを活用した動作分析の校正ツールを作成する。このツールでは、ユーザの作成した動作分析を PBPU とそのネットワークによって可視化し、蓄積した実践知からユーザの見落とししている PBPU や間違えてしまった PBPU 間の因果関係について気づきを与えることを目的とする。

4 データセット

本章では、本研究で行う実践知の表出と共有の対象となるデータセットに関して、データの取得方法や性質について述べる。

4.1 データの取得方法

理学療法士に片麻痺患者の歩行動画¹を提示し動作分析を行ってもらい、15件のテキストデータを取得した。本稿における動作分析のテキストデータの取得に用いた歩行動画の内容は、片麻痺患者が平地面を約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。

データ取得の手順は、まず対象者に患者の歩行動画を視聴してもらい、Google フォームを使用して以下の項目に回答してもらった。

- 臨床経験年数
- 年齢
- 理学療法で専門としている分野（興味を持っている分野）
- 動作分析に対する得意度
- 動作分析

データの取得は大学の講義室で行った。講義室の前方にはスクリーンがあり、対象者はスクリーンに投影された歩行動画を視聴し、各自の携帯端末を用いて30分間で動作分析を記述するように指示が与えられた。動作分析を記述する30分間、スクリーンには繰り返し歩行動画が再生されており、対象者は何度でも視聴することが可能であった。

データ取得の対象となった理学療法士は以前から、動作分析の勉強会に参加していたメンバーであり、動作分析のある程度の書き方の流れ（観察と分析、問題点、治療の構成について）を理解していた。また対象者には歩行動画の提示以外には、患者に関する事前情報を一切与えなかった。事前情報を与えなかった意図としては、事前情報を与えることによって生じる分析への影響を防ぐことが挙げられる。

4.2 得られたデータセット

取得した15件の動作分析テキストの文字数の平均は562.4文字、標準偏差は207.8文字であった。データ取得の対象となった理学療法士の年齢幅は、20代前半から40代前半までとなっており、臨床の経験年数の幅は、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。またアンケート項目の「理学療法で専門としている分野（興味を持っている分野）」は表1.1の日本理学療法学会連合における学会と研究会を参考に作成した。それぞれの対象者の専門とする理学療法は、脳卒中や運動器、呼吸器疾患、スポーツ理学療法など様々であった。動作分析に対する得意度では、10段階で数値が高いほど動作分析が得意

¹データ取得に用いた歩行動画：<https://youtu.be/A-na0ovNM3Q> (2022/2/3 確認)

とし、動作分析がどれほど得意に感じているかを主観的に数値化してもらった。得られた動作分析の1例を以下に示す。

得られた動作分析の例

本症例は左下肢にAFOを装着し、平行棒内で歩行している。歩行は左前型のそろえ歩行であり、歩幅が狭く（一步に付き靴一足分）、安定性も悪い。AFO装着とともに靴に補高がされている。ヒールコンタクトは補高されている踵からつくが、前足部に体重移動は十分にできていない。右膝は屈曲傾向に有り、体幹の伸展・左下肢の伸展パターン（BRS3の特徴である共同運動パターンのひとつ。下肢の関節である股・膝・足関節が同時に伸展方向に活動する状態：足関節が背屈方向に筋緊張が高いため、足底からの刺激が伸張反射を引き起こし伸展パターンが起こる状態）により歩行している。

本症例は脳卒中片麻痺によって歩行不全を起こしていると考えられる。予測されるBRSは3である。その理由は伸展パターンの出現による特に左足部の筋緊張の亢進（金属支柱付きのAFO使用と補高でなければ足部を地面につけられないと予測されるため）であると予測される。（下肢だけの動きしか映像に無いため平行棒の使用法がわからずにどの程度上肢支持をしているか確認はできないが、）強い力で平行棒を保持しなければ歩行できていない。これは左下肢の接地時に体重が乗っておらず、平行棒で保持が必要となっている。また、伸展パターンにより右膝を屈曲させて骨盤・体幹を後傾させることによって振り出しをおこなっている。この状況では歩行は不安定で有り、その主たる原因は左下肢の伸展パターン出現による筋緊張の高さによって体重移動ができないからであると考えられる。

本症例に必要な理学療法は左足部の筋緊張調整による可動域制限の改善であると考えられる。左足部がイニシャルコンタクト→ターミナルスタンスへ移動できることにより上肢指示量が減り、歩行の安定性向上が望まれる。筋緊張の調整の後に平行棒内でステップ練習を行い、左前そろえ歩行の改善を目指す。それにより現状の平行棒内歩行から4点杖歩行への移行も可能になると考えられる。また、現状の伸展パターンでは立ち上がりにも困難感があることが予測でき、トランスファーが自立できず、生活範囲の狭小化も予測できる。これらのアプローチとしても左足部の筋緊張調整とそれによる可動域改善が必要であると考えられる。

5 実践知の表出

本章では、実践知の表出における (1) 動作分析から PBPU の抽出、(2) BPU ネットワークの作成、(3) PBPU カテゴリの自動分類の実装を行う。

5.1 動作分析から PBPU の抽出

取得した動作分析 15 件から、動作分析を構成する知識の最小単位として定義した PBPU の抽出を行う。PBPU の抽出を以下の手順で行った。

- 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。分割した結果、本稿で扱う動作分析 15 件から 186 文を作成した。手順 2 では、分割した各文から PBPU の抽出を行った。図 5.1 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 5.1 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」の部分が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 5.1 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。動作分析から PBPU を抽出した結果、360 の PBPU が得られた。また手順 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った。

5.2 PBPU ネットワークの作成

動作分析から抽出した 360 の PBPU に対して、因果関係に着目し紐付けを行う。例えば、図 5.2 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 が抽出できるため、因果関係の紐付けは図 5.2 に示すようになる。これらの因果関係のアノテーションを人手で行った後、5.1 節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った。

原文	PBPU
<p>腸腰筋や大腿四頭筋の過緊張による， <small>並列表現</small> 股関節伸展制限が考えられる。</p>	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
<p>膝関節は伸展位となっており， <small>主語①</small> <small>述語①</small> 立脚期を通してダブルニーアクションは， <small>主語②</small> 確認できない。 <small>主語②</small></p>	<p>膝関節は伸展位となっている</p> <p>立脚期を通してダブルニーアクションは確認できない</p>

図 5.1: PBPU の抽出の具体例

原文	原因の PBPU	結果の PBPU
<p>腸腰筋や大腿四頭筋の過緊張による， <small>原因表現</small> 股関節伸展制限が考えられる。 <small>結果表現</small></p>	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 5.2: PBPU ネットワークの具体例

5.3 PBPU のカテゴリ分類

5.3.1 PBPU カテゴリのアノテーション

5.1 節で動作分析から抽出した 360 の PBPU に対して，動作分析を構成する上での性質の違いに着目し，カテゴリのアノテーションを人手で付与した。またアノテーションしたデータを経験豊富な理学療法士に精査してもらい，データの妥当性を担保した。作成したデータにおいて，全カテゴリのうち観察カテゴリと推測カテゴリに該当する PBPU が 298 であり全体の 82.8% を占めていた。

5.3.2 PBPU カテゴリの自動分類

PBPU カテゴリのアノテーションしたデータを教師データとして，PBPU カテゴリの自動分類を行う。本稿では，観察カテゴリと推測カテゴリが全 PBPU の約 8 割を占めていることから自動分類の対象については，その 2 カテゴリに該当する PBPU とする。提案手法では，推測カテゴリから手掛かり語辞書を作成するため，まず python ライブラリの GiNZA¹ を用いて文節分割を行った。その後，文節分割された語句ごとの出現頻度を算出し，出現頻度 2 以上の語句（全ての語句のうち 12.8% に相当）を手掛かり語として，手掛かり語辞書を作成した。作成した手掛かり語辞書には「考える」や「予測される」，「考えられる」，「おそらく」など 39 語が含まれる（図 5.3）。

その後，手掛かり語辞書を用いて観察カテゴリおよび推測カテゴリに該当する PBPU を 39 次元でベクトル化を行い，サポートベクターマシン（Support Vector Machine：SVM）で

¹GiNZA - Japanese NLP Library : <https://megagonlabs.github.io/ginza/> (2022/1/9 確認)

考える	おそらく	予測される	思われる
可能性が	推察する	推測する	考えられる
予想する	必要である	予測できる	推測される

図 5.3: 手掛かり語辞書に含まれる語句の例

表 5.1: 分類精度

正解率	再現率	適合率	F 値
0.84	0.97	0.82	0.89

教師あり学習を行った。SVM は自然言語処理分野で頻繁に使用される線形 2 値分類器である。SVM では、教師データの観察カテゴリの PBPU には評価値「1」を与え、観察カテゴリの PBPU には評価値「2」を与えることにより、「観察」クラスと「推測」クラスを分類する評価関数を決定する。この評価関数を用いることで回帰計算を行い、入力された PBPU の評価値を求めて自動分類を実行する。また学習データとテストデータの分割には Leave one out 法を用いた。

5.3.3 PBPU カテゴリの自動分類の評価

分類精度を表 5.1 に示す。手掛かり語辞書を用いて観察カテゴリおよび推測カテゴリの PBPU を教師あり学習による自動分類を行った結果、精度と F 値がともに 0.8 を超える良好な分類結果を示した。再現率に関しては 0.97 を示していることから、高い精度で推測カテゴリに該当する PBPU を自動分類できることが明らかになった。この要因として、本稿で取得したデータセットに対して手掛かり語辞書を用いた提案手法が上手く機能していたことが考えられる。データセットとして動作分析のテキストデータを対象としたが、動作分析は目視により観察した情報を基に分析を行う性質上、観察した事象についての記述とそこから推測した事象についてを理学療法士が意識して記述していたと考えられる。その結果、特に文章において推測を表すモダリティが多く出現していた可能性がある。また本稿のデータ取得の際、事前情報を与えることなく、歩行動画のみを提示して動作分析を作成してもらったことも、推測を表すモダリティが多く出現する要因となったと考えられる。

6 実践知の共有化

本章では、表出した実践知から (1) 非構造化テキストである PBPU の構造化 (2) 知識伝達の支援としての PBPU 間の関係可視化を行う。

6.1 非構造化テキストである PBPU の構造化

6.1.1 ラベル付き辞書の作成

非構造化テキストである PBPU に対して、辞書方式で情報抽出し構造化を行う。情報抽出に用いる辞書は、専門用語を抽出することが可能な python の TermExtract¹を使用し、人手で語句の追加や修正を行うことで、半自動的に作成した。その後、辞書の各語句に対して「タイミング」「身体部位」「状態」「状態-Value」から適切なタグを人手で付与した。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。

6.1.2 情報抽出による PBPU の構造化の実装

作成した辞書を用いて、最長一致法とルールベースにより情報抽出器を実装した。まず、最長一致法では辞書の語句のうち文字数の多いものほど優先的に抽出対象語句として採用する。例えば、「ぶん回し」と「ぶん回し歩行」が辞書に含まれていた場合、優先的に文字数の多い「ぶん回し歩行」を抽出対象語句として採用する。また抽出対象語句の中には「正常から逸脱」などといった1つの文節で完結しない表現が複数存在する。これらの抽出対象語句の抽出を行うためにルールベースの処理を実装した。ルールベースの処理について図 6.1 を用いて説明する。ルールベースを用いて抽出する語句の最後尾の形態素をキーワードとして予め設定し、キーワードより前に出現する最も近い格助詞を探し、その格助詞が接続する名詞からキーワードまでをまとめて抽出する。図 6.1 では、「逸脱」をキーワードとして、最も近い格助詞である「から」とそれが接続する名詞の「正常」をまとめることで、「正常から逸脱」という語句を抽出する。

6.1.3 PBPU の構造化の評価

情報抽出による PBPU の構造化の精度を表 6.1 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。また誤抽出率は実際に提案手法が抽出した全ての語句の数のうち提案手法が誤って抽出した語句の数の割合を示す。

辞書を用いた最長一致法とルールベースによる情報抽出器を用いることで、95.6%の精度で PBPU の構造化を行うことが可能なことを示めた。また提案手法により抽出した語句のうち 6.1%の割合で誤った語句を抽出する。このことから、PBPU の構造化に関しては、ある程度高い精度で行うことが示唆された。一方、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。例えば、「強い」という語句が辞書に含まれていた時、「強いられている」

¹専門用語 (キーワード) 自動抽出 Python モジュール termextract : <http://gensen.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/pytermextract/> (2022/1/17 確認)

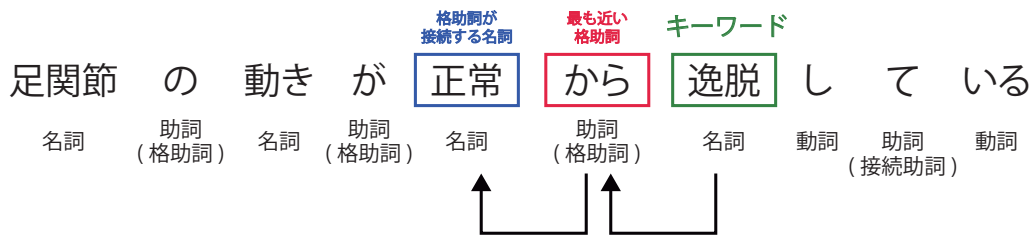


図 6.1: ルールベースによる情報抽出の例

表 6.1: 情報抽出による PBPU の構造化の精度

正解率	誤抽出率
95.6%	6.1%

から「強い」を誤って抽出してしまうことが挙げられる。

6.2 PBPU ネットワークによる動作分析の可視化

5.1 節で作成した PBPU ネットワークのデータを用いて、動作分析の可視化を行った。実装には python ライブラリの NetworkX²を用いた。頂点 (Node) に PBPU を、辺 (Edge) に原因となる PBPU を始点、その結果となる PBPU を終点として定義した。また、PBPU のカテゴリを表現するために、観察カテゴリを赤、推測カテゴリを青、それら以外 (教科書と予後、方針、診断、判断、その他) のカテゴリを緑として、Node の属性にカラー情報を定義した。観察カテゴリと推測カテゴリとそれら以外のカテゴリで区別した理由として、全 PBPU のうちの大半 (約 8 割程度) が観察カテゴリもしくは推測カテゴリに該当するためである。

図 6.2~6.7 は PBPU ネットワークにより動作分析を可視化したものである。ネットワークのノードには番号が付与されており、それぞれの番号により画像右側の PBPU と対応づけられている。エッジは接続している 2 つのノードの因果関係を有効グラフで示しており、矢印の始点は原因の PBPU であり、終点は結果の PBPU を意味する。各ノードはカテゴリ別に色分けされており、赤は観察カテゴリ、青は推測カテゴリ、緑は観察と推測以外のカテゴリである。またエッジにより他のノードと接続していないノードについては、その動作分析において他のどのノードとも因果関係を持たず独立していることを示している。

動作分析の本文と PBPU ネットワークを可視化したものを経験豊富な理学療法士に提示して定性的な評価を行った。定性的な評価では以下に示す 3 つの観点で評価してもらった。

- 動作分析の記述者の言語化能力が PBPU ネットワークの可視化とどのように関連しているか

²Software for Complex Networks - NetworkX: <https://networkx.org/documentation/stable/index.html> (2022/1/12 確認)

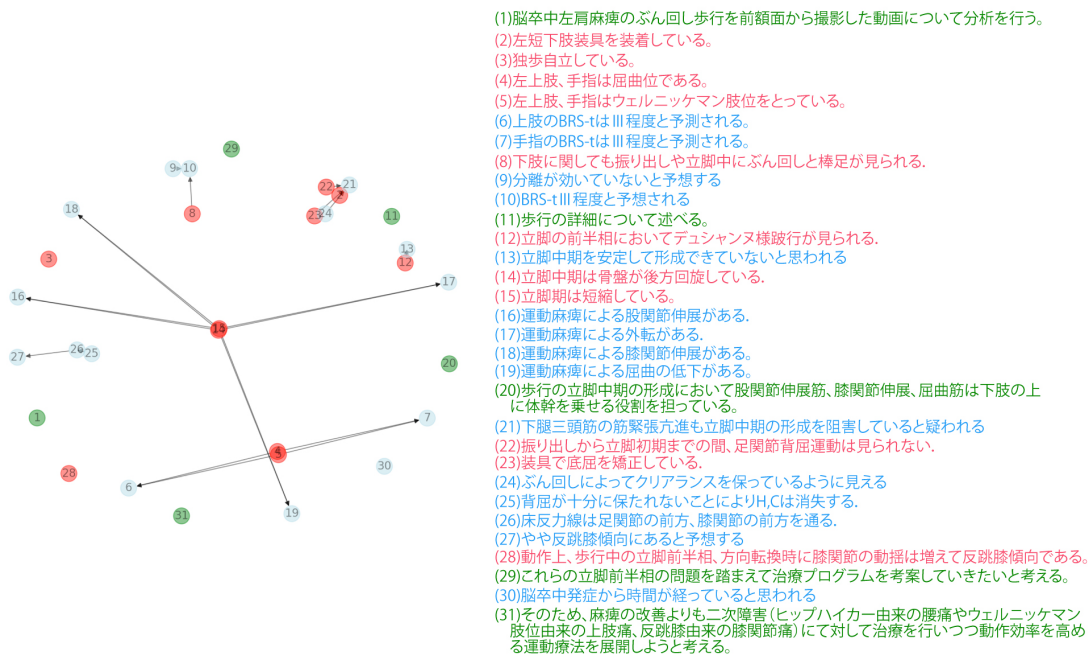


図 6.2: 本文が冗長で重文を多く含む動作分析の可視化の例

- 理学療法における観察能力がPBPU ネットワークの可視化とどのように関連しているか
- PBPU ネットワークの可視化を理学療法初学者の教育に用いる利点

動作分析の記述者の言語化能力がPBPU ネットワークの可視化とどのように関連しているかについて、動作分析の中には冗長で重文になりすぎて読みづらい印象がある文章があり、PBPU ネットワークによる可視化を行うことで、そこに含まれている知識を把握することに有効であることが示唆された(図 6.2)。また動作分析は患者の問題点やそれに対する治療の視点を含めて記述する必要があるが、それらに関する記述が欠けている動作分析が見られた(図 6.3)。そのような動作分析に対しては、問題点を設定したり治療に向かうまでの思考がなく動作分析として目的を持っていないことを把握することに有効であることが示唆された。

理学療法における観察能力がPBPU ネットワークの可視化とどのように関連しているかについて、動作分析を構成するPBPU のカテゴリに偏りがある場合(図 6.4)、PBPU がカテゴリ別に色分けされていることにより、動作分析を構成するPBPU のカテゴリの偏りを直感的に把握することができる。動作分析において、観察した事実を基に推測を論理的に行うことが理想的であり、PBPU ネットワークでは観察カテゴリを原因として推測カテゴリが結果の関係になっているべきである。図 6.5 の動作分析は経験豊富な理学療法士により、観察と推測、治療方針との間に論理性がないと評価された。実際に可視化されたPBPU ネットワークを見ると、ほとんどのノードが独立していることが確認できる。また「(17)特に足関節底屈内反の筋緊張増加に伴う拘縮悪化は、装具着用下とはいえ、現状の独歩実用性を大きく低下させる要因になりえると考える。」は足関節の予後に関する記述だが、動作分析の前半で足関節について十分に分析していないことが可視化を通して把握すること

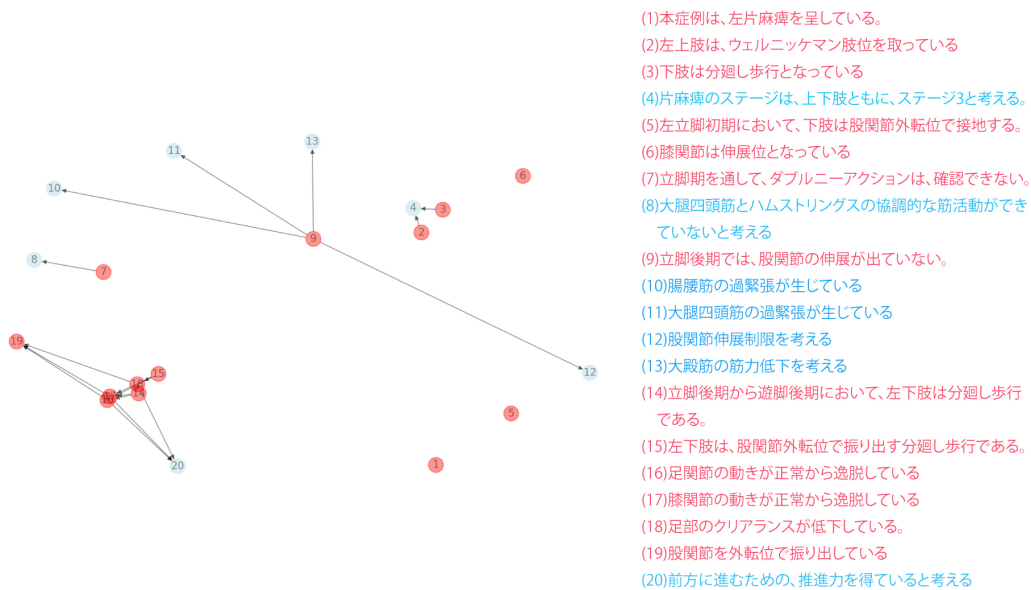


図 6.3: 患者の問題点やそれに対する治療の視点が足りていない例

ができる。このことから、PBPU ネットワークによる可視化を行うことで、観察や推測、治療、予後などの間に論理性がないことを把握することに有効であることが示唆された。

PBPU ネットワークの可視化を理学療法初学者の教育に用いる利点について、以下に示す3つの特徴を有する初学者の教育に対して、有効であることが示唆された。

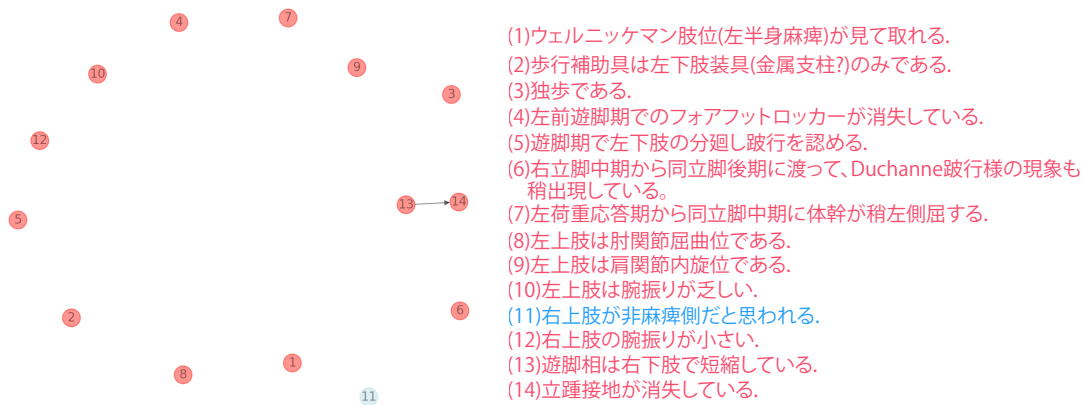
- 知識は豊富で適切に扱えているが、論理性が乏しい
- 観察、推測、治療の視点到に偏りがある
- 理学療法の基礎知識が十分ではない

知識は豊富で適切に扱えているが、論理性が乏しい初学者に対しては、PBPU を提示してネットワーク化させるタスクを課すことで高い教育効果が得られると考えられる。

観察、推測、治療の視点到に偏りがある初学者に対しては、PBPU カテゴリ分類でその初学者が考慮できていないカテゴリのPBPU を提示することで、足りない視点を補うことが有効であると考えられる。このケースでは、作成者の異なる動作分析から抽出したPBPU を横断的に利用することの有用性が示唆される。

理学療法の基礎知識が十分ではない初学者は、観察した事実から問題点の分析を行っておらず、行っている観察自体も的確ではない。そのような初学者に対しては、模範的な動作分析を読ませることで基礎知識（各疾患の特徴など）を身に着けること優先とした教育を行うことが有効であることが示唆された。

またPBPU ネットワークにより可視化することで、動作分析における実践知の有無により生じる論理構成の差分把握に有効であることが示唆された。図 6.6, 6.7 の動作分析は経験豊富な理学療法によって、臨床経験から獲得した実践知を用いて作成されていると判断された。これらの動作分析の特徴は、観察と推測、治療などのPBPU がバランスよく出現



- (1)ウェルニッケマン肢位(左半身麻痺)が見て取れる.
- (2)歩行補助具は左下肢装具(金属支柱?)のみである.
- (3)独歩である.
- (4)左前遊脚期でのフォアフットロッカーが消失している.
- (5)遊脚期で左下肢の分廻し跛行を認める.
- (6)右立脚中期から同立脚後期に渡って、Duchenne跛行様の現象も
稍出現している.
- (7)左荷重応答期から同立脚中期に体幹が稍左側屈する.
- (8)左上肢は肘関節屈曲位である.
- (9)左上肢は肩関節内旋位である.
- (10)左上肢は腕振りが乏しい.
- (11)右上肢が非麻痺側と思われる.
- (12)右上肢の腕振りが小さい.
- (13)遊脚相は右下肢で短縮している.
- (14)立踵接地が消失している.

図 6.4: PBPU のカテゴリに偏りがある例

しており、観察から推測や治療などへの因果関係が適切に紐づいていることである。一方、図 6.8, 6.4 の動作分析は、経験豊富な理学療法によって実践知が乏しい初学者と判断された。これらの特徴は、観察と推測、治療などの PBPU が偏って出現しており、観察から推測や治療などへの因果関係が紐づいていないことである。図 6.8 の動作分析の場合、観察を中心に記述しているが、そこから問題点を分析するまでには至っておらず、その結果として主張している治療が的確ではない。図 6.4 の動作分析の場合、観察しか行っておらず、そこから問題点を分析することや治療方法を主張することが行えていない。従って、動作分析を PBPU ネットワークにより可視化することで、(1) 観察と推測、治療などの PBPU が出現するバランスと (2) 観察から推測や治療などの PBPU への因果関係による紐付けという 2 つの観点から、動作分析における実践知の有無により生じる論理構成の差分を把握することができることが示唆された。

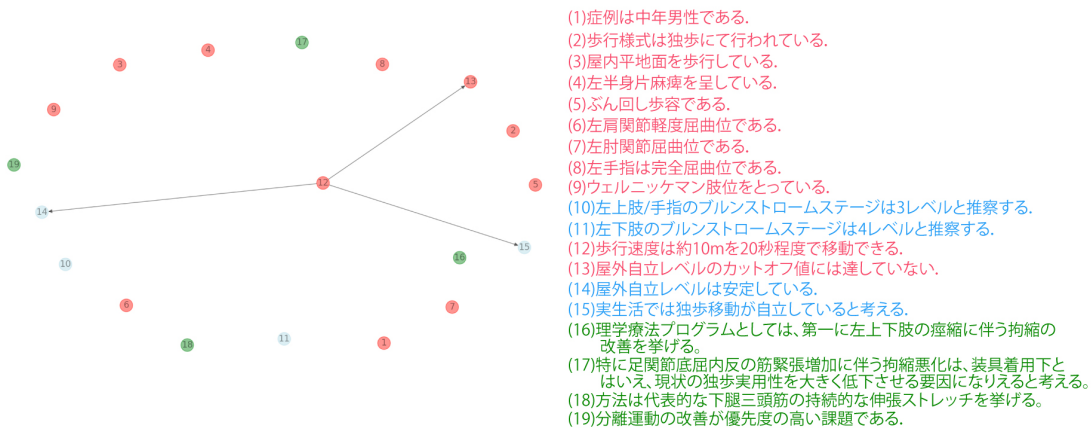


図 6.5: 観察, 推測, 治療について論理性がない例

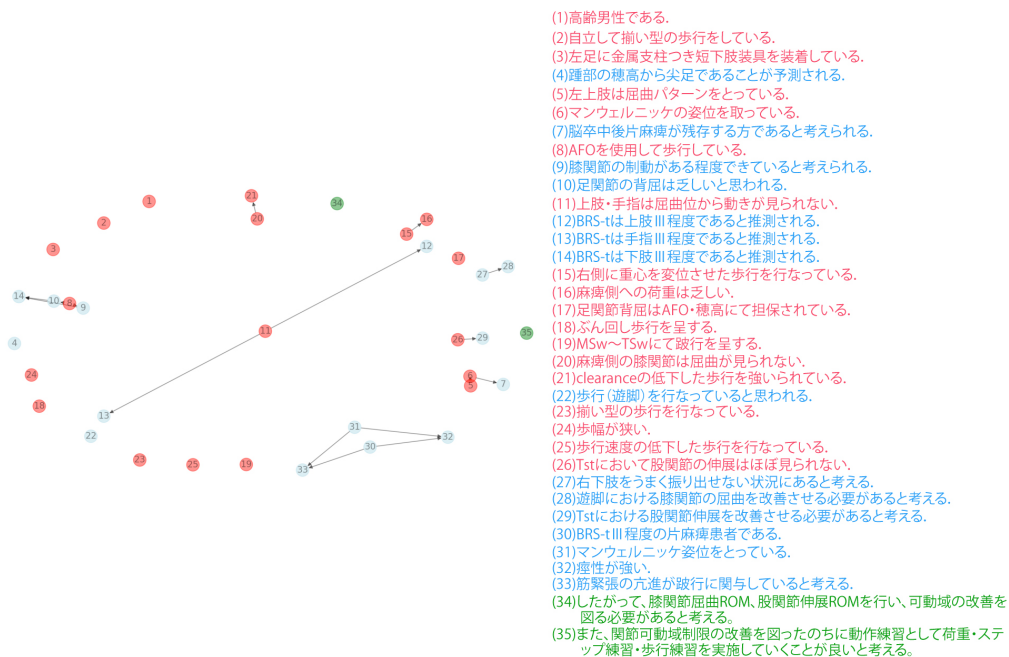


図 6.6: 実践知が用いて作成されたと判断された動作分析の例 1

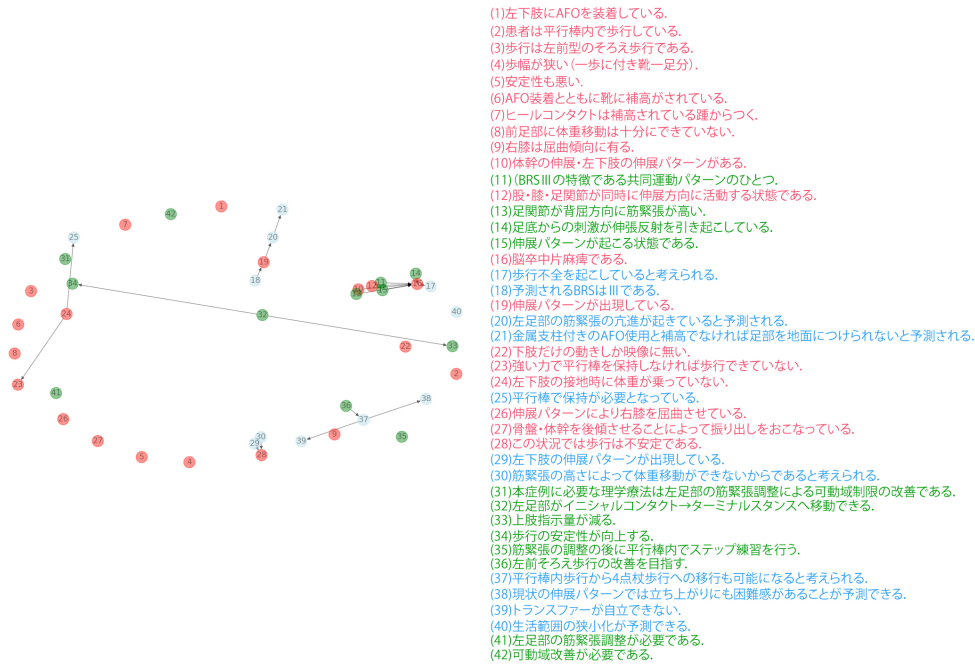


図 6.7: 実践知が用いて作成されたと判断された動作分析の例 2

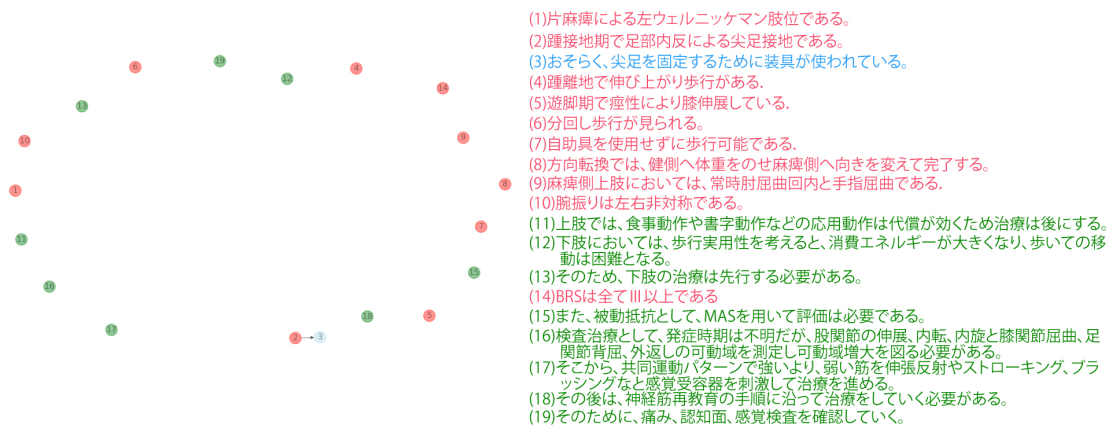


図 6.8: 動作分析の記述者の実践知が乏しいと判断された例

7 議論

本研究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し、その過程における実践知の構造化・可視化を行った。本章では、本研究が動作分析から抽出したPBPUとそれらを因果関係に着目し紐付けたPBPUネットワーク、PBPUカテゴリの自動分類、PBPUの構造化、PBPUネットワークの可視化の有効性と今後の課題について議論する。

7.1 実践知の表出に関する議論

7.1.1 動作分析からPBPUへの分割について

本研究では、自然言語で記述された文章から実践知を効率的に構造化し共有するために、理学療法の診断における知識の最小単位をPBPUと定義し、動作分析のテキストデータから抽出を行った。また本稿では、PBPUをカテゴリ分類した際に、観察カテゴリと推測カテゴリが大半を占めていることから、その2カテゴリを中心にPBPUを抽出した。そのため、今後は本稿で考慮できていなかった「教科書」「予後」「方針」「診断」「判断」などのカテゴリに該当するPBPUに関しても扱う方針である。

動作分析からPBPUを抽出することで、PBPUの構造化においては、言語的省略や重文がないため、処理を効率化することができたと考えられる。またPBPUネットワークの可視化においては、各ノードがPBPUに該当しており、ネットワークが煩雑になることを抑制できていると考えられる。そのため、PBPUを抽出することは実践知の共有における構造化と可視化の処理を効率化すると考えられる。

7.1.2 PBPUネットワークについて

動作分析から抽出した各PBPUに対して、因果関係に着目し紐付けを行った。作成したPBPUネットワークを用いて可視化することで、理学療法士の動作分析における観察能力や論理構成力を把握することに対して有効であることが示唆された。一方で、アノテーションに関しては人手で作成したため、データ作成にはコストが掛かることが課題である。そのため、今後は因果関係の抽出は自動化することが望ましい。因果関係の自動抽出では、因果関係を含む文章から原因表現と結果表現の抽出を行う。実装では、まず因果関係を含む文章と因果関係を含まない文章の集合から因果関係を含む文章のみを機械学習により抽出する[24]。その後、構文解析と手掛かり表現を用いた原因・結果表現の出現位置のパターン分類により、原因表現と結果表現の抽出を行う[27]。図7.1に示す坂地らの提案手法では、「を背景に」「を反映して」などの手掛かり表現を基に2文にまたがる原因表現と結果表現の抽出を行っている。このような先行研究を参考に因果関係の抽出を自動化することができれば、より効率的にPBPUを活用することができると考えられる。

7.1.3 PBPUカテゴリの自動分類について

動作分析から抽出した各PBPUに対して、PBPUの性質ごとにカテゴリで分類を行った。本稿では、実践知の表出と共有の対象として、理学療法における検査の1つである動作分析を扱ったが、理学療法士が作成する他のテキスト（診療レポートや電子カルテなど）に

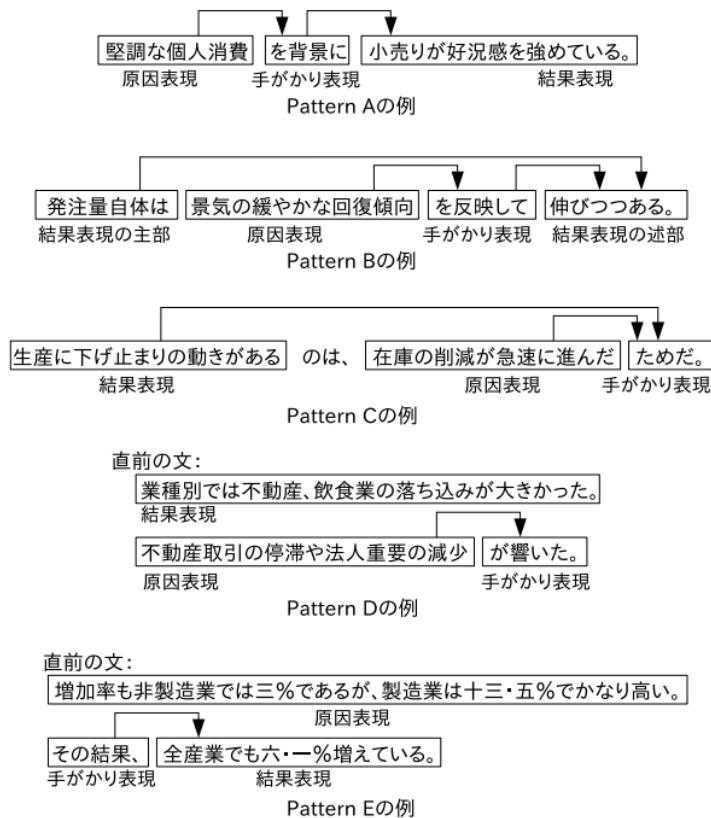


図 7.1: 手掛かり表現をもとに原因・結果表現を抽出する例 (文献 [27] より引用)

対しても提案手法を適用することで、より多種多様な実践知の獲得が期待できる。理学療法士が作成する他のテキストを対象とする際、本稿で定義した8つのカテゴリとは別のカテゴリを追加する必要があると考えられる。例えば、診療レポートでは患者の訴えや医師・看護師といった他職種との連携に関する情報などが含まれるため、「患者の訴え」「他職種との連携」というカテゴリを新たに追加する必要がある。

PBPU カテゴリを自動分類するために作成した教師データは、手動で作成したためコストが掛かることが課題である。現状のデータ数では正解率0.84の精度であるが、データを追加した際に精度にどのように影響するかを検証し、必要に応じて手掛かり語辞書の拡張を検討しなければならないと考えられる。

7.2 実践知の共有について

7.2.1 PBPUの情報抽出による構造化について

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、文脈を考慮した機会学習による情報抽出の手法が有効であると考えられる。特に近年、自然言語処理タスクにおいて汎用的に応用されているBERTが用いることを検討する。BERTはファインチューニングを用いて言語モデルによる両方向の事前学習を行うことを特徴としたモデルである[3]。医療文書に関しては、五井野らが固有表現（病名と症状）とモダリティ表現（Positive, Negativeなど）を事前にアノテーションしたデータセットを作成しBERT+CRFを用いることで、固有表現とモダリティ推定を行っている[28]。本研究の提案手法によるPBPUの構造化を用いることで、非構造化テキストに「タイミング」「身体部位」「状態」「状態-Value」をアノテーションしたデータセットを作成し、BERTを用いた事前学習を行うことで、適用できるデータの幅を増やすことが可能と考えられる。

7.2.2 PBPUネットワークによる動作分析の可視化について

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。また(1)知識は豊富で適切に扱っているが、論理性が乏しい(2)観察、推測、治療の視点に偏りがある(3)理学療法の基礎知識が十分ではないという特徴を有する理学療法初学者に対して、それぞれの教育に有効なPBPUの活用方法を示した。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を実装する。また採点支援システムでは、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。

8 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。

1章では、現在の高齢社会において、医学的リハビリテーションの専門職である理学療法士育成の重要性や理学療法士の若年齢層の割合が増えており、実践知を活用した教育支援が必要なことについて説明した。その上で、本研究では理学療法における実践知を表出と共有する枠組みを提案するという方針を述べた。

2章では、理学療法士を支援する観点から関連する研究に触れつつ、本研究の立ち位置である理学療法における実践知に関する研究を紹介した上で、本研究の立ち位置について述べた。

3章では、実践知を活用した理学療法初学者の育成体制の全体像を説明した。実践知の表出フェーズでは、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語で書かれた非構造化テキストを対象として、実践知に基づいて行われた思考や判断を抽出する。共有フェーズでは、表出した実践知を構造化することで計算可能にすることや、可視化手法を用いて実践知を他者に伝達する支援を行う。活用フェーズでは、共有された実践知に対して、機械学習などの手法に適用することや、実践知の検索や分類が可能なシステムを実装すると述べた。

4章では、本研究が対象とする理学療法士が作成した動作分析のテキストの取得した方法について述べた。

5章では、動作分析からPBPUを抽出し、PBPUネットワークを作成した手法について説明した。またPBPUカテゴリの自動分類を実装し、精度の評価について述べた。

6章では、PBPUに対して、辞書を用いて「タイミング」「身体部位」「状態」「状態-Value」に該当する語句の情報抽出を行うことで構造化を行った。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、6.1%で誤った情報抽出を行うことを示した。またPBPUネットワークを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力を把握することに対してPBPUネットワークの可視化が有効であることが示唆された。

7章では、実践知の表出における動作分析からのPBPU抽出、PBPUネットワークの作成、PBPUのカテゴリ分類について、および実践知の共有におけるPBPUの構造化、PBPUネットワークによる動作分析の可視化についての有効性や今後の課題と展望を議論した。

9 謝辞

本研究の遂行および本修士論文の執筆にあたり，関西大学大学院総合情報学研究科の松下光範教授には様々なご指導ご鞭撻を賜りました。また松下光範教授には研究に関してだけでなく，これから社会に出ていく上で必要な知識や技術について度重なるご指導をいただきました。特に学会発表や合同研究発表会へ参加する機会をいただいた経験は，自らの意見や主張を聴講者に伝える能力を伸ばす契機になったと感じています。また原稿や発表資料の締め切りに際しては，提出期限ギリギリまで添削していただき，多大な負担をかけたことと存じます，心より深く感謝を申し上げます。

また頻繁な議論を通して，本研究の方向性や理学療法の知識を教授いただきました藍野大学堀教授と株式会社ピーティエス開発部長の高岡良行様には心より感謝を申し上げます。研究を進めるにあたり，日頃から様々なアドバイスや議論を通じて互いに切磋琢磨していただいた関西大学大学院総合情報学研究科知識情報学専攻松下研究室所属の同期の皆様にも深く感謝を申し上げます。最後に，学生生活の中で常に味方となり支えてくださった母に感謝の意を表すとともに謝辞といたします。

参考文献

- [1] Bernhardsson, S., Larsson, M. E. H., Johansson, K. and Öberg, B.: "In the physio we trust": A qualitative study on patients' preferences for physiotherapy, *Physiother Theory Pract*, Vol. 33, No. 7, pp. 535–549 (2017).
- [2] Castilho, L. V. and Lopes, H. S.: *An Ontology-Based System for Knowledge Management and Learning in Neuropediatric Physiotherapy* An Ontology-Based System for Knowledge Management and Learning in Neuropediatric Physiotherapy (2009).
- [3] Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K. and Toutanova, K.: BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding, *Proceedings of NAACL-HLT*, pp. 4171–4186 (2019).
- [4] Dreinhöfer, K., Stucki, G., Ewert, T., Huber, E., Ebenbichler, G., Gutenbrunner, C., Kostanjsek, N. and Cieza, A.: ICF Core Sets for osteoarthritis, *J Rehabil Med*, Vol. 44, No. Suppl, pp. 75–80 (2004).
- [5] Gilliland, S.: Clinical Reasoning in First- and Third-Year Physical Therapist Students, *Journal of Physical Therapy Education*, Vol. 28, No. 3, pp. 64–80 (2014).
- [6] Gilliland, S. and Wainwright, S. F.: Patterns of Clinical Reasoning in Physical Therapist Students, *Physical Therapy*, Vol. 97, No. 5, pp. 499–511 (2017).
- [7] Hoffmann, T. C., Lewis, J. and Maher, C. G.: Shared decision making should be an integral part of physiotherapy practice, *Physiotherapy*, Vol. 107, pp. 43–49 (2020).
- [8] Jensen, G. M., Gwyer, J., Shepard, K. F. and Hack, L. M.: Expert Practice in Physical Therapy, *Physical Therapy*, Vol. 80, No. 1, pp. 28–43 (2000).
- [9] May, S., Withers, S., Reeve, S. and Greasley, A.: Limited clinical reasoning skills used by novice physiotherapists when involved in the assessment and management of patients with shoulder problems: a qualitative study, *Journal of Manual and Manipulative Therapy*, Vol. 18, No. 2, pp. 84–88 (2010).
- [10] Miyamoto, M., Matsushita, M. and Hori, H.: Designing an Educational System Using a Model of Clinical Reasoning to Support Novice Physiotherapists' Learning, *The 34th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence*, Vol. No.1G4-ES-5-03 (2020).
- [11] Roberts, L., Little, P., Cleland, J., Jones, L. E., Mullee, M. A. and Cooper, C.: Shared decision-making in back pain consultations: An illusion or reality?, *European Spine Journal*, Vol. 23, No. S1 (2014).

- [12] Tsusaka, Y., Dallalibera, F., Okazaki, Y., Yamamoto, M. and Yokokohji, Y.: Development of a standing-up motion assist robot considering physiotherapist skills that bring out abilities from the patient, *Transactions of the JSME*, Vol. 83, No. 852, pp. 17–00058 (2017).
- [13] Wainwright, S. F., Shepard, K. F., Harman, L. B. and Stephens, J.: Novice and Experienced Physical Therapist Clinicians: A Comparison of How Reflection Is Used to Inform the Clinical Decision-Making Process, *Physical Therapy*, Vol. 90, No. 1, pp. 75–88 (2010).
- [14] 濱田もえ, 桃井啓彰, 宮本誠人, 松下光範, 堀寛史: 非熟達者の臨床推論の支援を目的とした段階的な情報提示システムの基礎検討, 電子情報通信学会技術報告, Vol. 119, No. 86, pp. 25–30 (2019).
- [15] 濱田もえ, 松下光範: 理学療法士の支援を目的とした知識モデルの構築, 第17回情報科学技術フォーラム予稿集, No. 3, pp. 381–382 (2018).
- [16] 荒牧英治, 岡久太郎, 矢野憲, 若宮翔子, 伊藤薫: 大規模医療コーパス開発に向けて, 言語処理学会第23回年次大会発表論文集, pp. 1200–1203 (2017).
- [17] 佐々木嘉光: 理学療法の質向上と質変化のマネジメントに挑む—EPDCA サイクルを基盤としたスキルアップとスキルチェンジ—, 第52回日本理学療法学会大会, Vol. 44, No. 3, pp. 141–144 (2017).
- [18] 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).
- [19] 堀寛史, 松下光範, 宮本誠人, 新谷田元晴, 中谷知生, 森井麻貴, 蓮井成仁, 畠山駿弥, 高岸亮太: 検査結果グレーディングとICFコードへの紐付けによる臨床推論支援システムの試み, 第55回日本理学療法学会大会抄録集, Vol. 48, No. 1, p. 219 (2021).
- [20] 中俣恵美: 多職種協働のための共通言語としてのICFへの期待と課題, *The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine*, Vol. 56, No. 9, pp. 706–710 (2016).
- [21] 謝剣維, 鳥海不二夫: 医療画像レポート所見の構造化, 2018年度人工知能学会全国大会(第32回), No. 4C1-OS-27b-01 (2018).
- [22] 松下光範, 鈴木雄登, 尾崎優, 堀寛史: 跳躍動作の周波数特性に着目したスポーツ損傷潜在リスクの推定, 人工知能学会第27回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予稿集, pp. 25–32 (2021).
- [23] 池田耕二, 玉木彰, 山本秀美, 中田加奈子, 西條剛央: 認知症後期高齢患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).
- [24] 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, 人工知能学会全国大会論文集, Vol. 32, No. 2O4-04 (2018).

- [25] 藤本修平, 今法子: 患者と理学療法士の意思決定を支援する診療ガイドラインと Shared decision making の重要性について, *Nihon Koshyu eisei Rigakuryouho Zassi*, Vol. 4, No. 1, pp. 1–13 (2016).
- [26] 杉原俊一, 田中敏明, 宮坂智哉, 工藤章, 泉隆, 中島康博: 脳卒中片麻痺患者に対する複合現実感の技術を用いた多感覚フィードバック型上肢リハビリテーショントレーニングシステムの実現可能性の検討, 第50回日本理学療法学会大会抄録集, Vol. 42, No. 2 (2015).
- [27] 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).
- [28] 第48回知能システムシンポジウム(編): BERT を用いた医療文書からの固有表現抽出, No. B3-2, 計測自動制御学会 (2021).
- [29] 峯崎智裕, 松木萌, 井上創造: 介護サービス向上に向けた介護事事故事例テキストの分析, 情報処理学会論文誌, Vol. 58, No. 10, pp. 1701–1711 (2017).
- [30] 木村貞治: 理学療法における動作分析の現状と課題, 理学療法学, Vol. 33, No. 7, pp. 394–403 (2006).
- [31] 木村貞治: 理学療法における評価の考え方と進め方, 理学療法学, Vol. 47, No. 1, pp. 93–101 (2020).
- [32] 内山靖: ICF に基づく理学療法の展望と課題, 理学療法学, Vol. 34, No. 4, pp. 99–102 (2007).
- [33] 杉本諭, 大隈統, 古山つや子, 中城美香, 佐久間博子, 室岡修, 小宮山隼也, 尾澤勇海, 中村諒太郎, 田中莉枝子, 長谷部唯, 荻原健一, 脇本亮平, 関根直哉, 姉帯飛高: 要介護高齢者の歩行自立度の違いに関わる要因の検討, 理学療法学 Supplement, Vol. 42, No. 2, p. 1925 (2015).
- [34] 藤野雄次: そのとき理学療法士はこう考える-事例で学ぶ臨床プロセスの導きかた, 医学書院 (2017).
- [35] 鈴木良子: ICF 職業リハビリテーションコアセット国際会議による選出項目と職能評価項目の比較, 職業リハビリテーション研究発表会発表論文集(職業リハビリテーション研究発表会プログラム発表論文集), Vol. 18, pp. 288–291 (2010).