

シートを使ったベッド上介助動作における 技能教示サービスシステムの提案

○中川純希(東京大学) An Qi(東京大学) 石川雄己(東京大学) 柳井香史朗(東京大学)
保田淳子(日本ノーリフト協会) 温文(東京大学) 山川博司(東京大学)
山下淳(東京大学) 浅間一(東京大学)

1. 背景

昨今看護・介護士の約60～70%は職業性腰痛を抱えているといわれており [1], 看護・介護の職場における腰痛予防対策は喫緊の課題である [2]. 看護師・介護士の腰痛予防のための福祉用具の1つとして, ベッド上に横になった患者の体位変換やベッドから車椅子への患者の移乗をサポートできる「スライディングシート」(図1)がある [3]. このスライディングシートをベッドと患者の体の間に敷き, 介護士はこのシートを引っ張ったり, 持ち上げたりすることで, 介護士・患者双方にとって体への負担の少ない介助動作を行うことができるが, このスライディングシートにおいても適切な動作で使用しないことには, 腰部への負担軽減には繋がらない [4].

危険や身体的負担を伴う, 人力のみの移乗を禁止し, 福祉用具を用いた移乗介護を義務付けた「ノーリフティングポリシー」に取り組んでいるオーストラリアなどの国では, 介護の現場でこのスライディングシートが一般的に使われるようになってきているものの, 日本においては「ノーリフティングポリシー」が未だあまり認知されておらず, スライディングシートを使った介護の正しい動作の普及が求められている [5]. よって, スライディングシートを使った介護動作における技能を効果的に教示できるサービスシステムが必要であるため, 本研究ではそれを実現するサービスシステムを提案する.

2. 手法

2.1 サービスシステム構築

本研究におけるシートを使った介助動作の技能教示サービスシステムでは, 学習者としてシートを使った介護動作を行ったことがない未熟練者を想定している. 従来の介護などの身体動作を対象とした技能教育では, 音声を含むビデオ映像のみによる教示手法をとっており, 指導者も学習者の上達具合などを把握しにくいいため, 教育を効率的に行うことが困難である. よって, 熟練者の技能を抽出し, 学習者へ効果的に技能を提示し, 学習者の技能習熟度合いを定量的に評価することができる教育サービスの開発が必要である. 本研究では, 図2のような流れで技能教示サービスシステムを提案する. 具体的には, まず熟練者から技能を抽出する手法を構築し, 抽出した技能に対して技能習熟度評価手法を構築する, 次に抽出した技能を学習者へ効果的に教示できる手法を構築する. これらの手法を構築し, シート引っ張り動作において適用した後, 得られた結果を用



図1 スライディングシート使用例

いて教育サービスシステムを提案する.

2.2 技能抽出手法

本研究では橋本ら [6] や山上ら [7] の技能抽出手法を参考に, このたび新たに構築した図3のフローで技能抽出を行う. そのためまず最初に, 対象とする身体動作の熟練者への動作技能に関するインタビュー及びKJ法による情報整理をもとに, 抽出すべき技能に関する事前知識を得る. 次に, 熟練者の身体動作をビデオカ

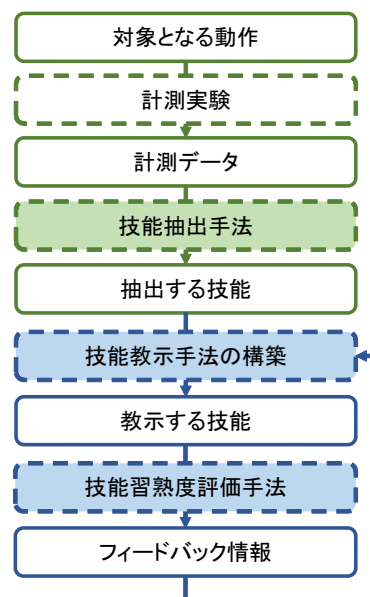


図2 本研究におけるサービスシステムの構築手法



図3 解析的手法による技能抽出フロー

メラを用いて計測を行い、得られた映像をもとに、未熟練者の映像と比較し、技能を定性的に評価する。その後、モーションキャプチャを用いて計測される関節軌道データを用いて、定量的な技能解析及び検証を行う。

2.3 技能習熟度評価手法

本研究では2.2で抽出する技能に対して技能習熟度評価の手法を構築する。本サービスシステムでは、RGB-DセンサであるKinect (Microsoft社製)を用いた技能教育を考えているため、Kinectより得られる関節の三次元位置座標を用いた技能習熟度評価手法を構築する。

2.4 技能教示手法構築

先行研究では、太田らによって介護動作である車椅子移乗における自習支援システムが提案されている [8] が、熟練看護師の技能を抽出しチェック項目という形で全ての技能を同時に学習者へ教示するものとなっており、技能教示の順番については着目していない。また Lindenらによって、技能教育において効果的に学習者の技能を向上させるためには、1つのポイントに焦点を当てて教育する必要がある、教示する技能の優先順位付けが重要であることが示唆されている [9]。本研究では、この技能教示の優先順位付けの方法として技能間での従属関係を基に、他技能との従属性の高い技能から教える手法を提案する。この手法を用いることで、例えば他技能との従属性が高い技能は、他技能に先行する主となる技能であるため、まずはじめに従属性の高い技能から教示することでより効率的な技能教示サービスシステムとなることが期待される。

シート引っ張り動作において抽出する技能の技能間での従属関係を解明するために、熟練者より抽出した複数技能のうちいずれか1つの技能を実験参加者へ教示する。そして、教示する前の動きについても予め計測しておき、教示前後における動きを各技能の習熟度に注目し比較する (図4)。ある1つの技能を教示することで、他の技能の習熟度が教示前後で上昇している場合、そこには技能間の従属関係があると判断する。

3. 実験

3.1 計測環境

本研究では技能抽出及び技能教示手法構築のための技能解析において、シート引っ張り動作の被験者実験を行った。シート引っ張り動作を計測するために、Motion Analysis社製のカメラ HMK-200RT を8台用いたモーションキャプチャシステム MAC3D を使用した。計測する身体部位は Helen Hayes のマーカーセットに準拠し、モーションキャプチャシステムのサンプリングレートは 200 Hz で測定を行った。

3.2 実験参加者

技能抽出における実験には1名の健康な男性 (年齢23歳, 身長1.73 m, 体重70 kg) が参加し、技能教示における実験には3名の健康な男性 (年齢 24.0 ± 1.0 , 身長 1.73 ± 0.03 m, 体重 73.0 ± 5.0 kg) が参加した。実験開始前に実験の概要について十分に説明をし、同意を得た。また、本実験は東京大学大学院工学系研究科倫理委員会の承認を受け実施された。

3.3 実験手順

技能抽出における計測実験では、高さ1.0 mの机を用いて、その上に布製のシートを敷く。さらにそのシートの上に、5.0 kgの錘を乗せ、仮想的にベッド上のシートと患者の環境を再現した。計測の際には、まず未熟練者のシート引っ張り動作として、被験者がシートを使ったベッド上介助動作に習熟していない状態で計測を行った。次に、被験者に熟練者と未熟練者のシート引っ張り動作のビデオ映像を見せられ、また事前に熟練者へのインタビューとKJ法、ビデオ映像解析によって抽出した要素技能を学習させた。そして熟練者の動作を実現するために、その要素技能を十分に学習してシート引っ張り動作を被験者に行ってもらい、計測を行った。

技能教示手法構築のための計測実験では、実際の介護環境と同程度の高さ1.0 mの机を用いて、その上に普段介護の現場で実際に使われているスライディングシートを敷いた。さらにそのシートの上に、患者を模した48 kgのマネキンに乗せ、ベッド上のシートと患

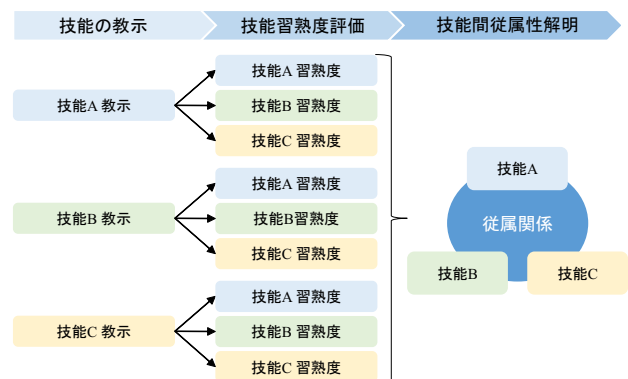


図4 技能間の従属関係解析手法

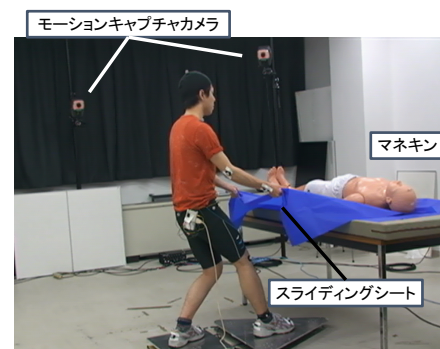


図5 技能教示のための技能解析の計測実験

者の環境を再現した（図 5）．実験参加者には右足を前，左足を後ろにするよう指示した．

技能教示手法構築のための実験手順は，まず未熟練者のシート引っ張り動作として，実験参加者がシートを使ったベッド上介助動作に習熟していない状態で計測を行った．次に技能抽出のための技能解析で抽出した技能のいずれか1つを実験参加者へ教示し，シート引っ張り動作を行ってもらった．教示に関しては，熟練者の動きの上に対象となる技能を強調して示した動画に加え，技能に関する文章による教示を行った．実験参加者3人はそれぞれ，無作為に選ばれたいずれかひとつの技能のみを教示され計測実験をした．

3.4 データ処理

モーションキャプチャシステムで計測した身体軌道データにおいて，マーカーの飛びによるデータの欠損があった場合には，スプライン補間を行った．また今回，一連のシート引っ張り動作を定義するため，手首の速度を基準とし手首速度が引っ張り方向に対して負から正になったときに動作開始，引っ張り方向に対して正から負の値をとったときに動作終了とした．

4. 結果

4.1 技能抽出のための技能解析結果

本研究では独自に構築した技能抽出手法に則り，熟練者への技能に関するインタビュー及びKJ法による情報整理から表1に示した肩関節屈曲角度・体幹屈曲角度・体重移動の3つの重要な要素技能を抽出した．さらに，熟練者と未熟練者のシート引っ張り動作をビデオ映像を用いて比較し，モーションキャプチャ解析及び筋骨格モデルを構築することで抽出した技能の検証を行った．

4.2 技能習熟度評価手法の構築結果

4.1において抽出した技能毎に技能習熟度の定量的評価を行う手法（図6）を構築した．上肢の要素技能については，教示前後での肩関節角度の0度からのばらつきが減少した場合，教示によってこの要素技能を習熟したことになる．同様に胴体の要素技能についても，教示前後で冠状面と上体のなす角の0度からのばらつきが減少した場合，教示によって要素技能を習熟したことになる．下肢の要素技能に関しては，下肢を動かし体重移動を用いて引っ張ることが重要であるので，教示前後で腰の座標位置がより低く，シート引っ張り方向の腰の座標位置の変位が大きくなった場合，教示によって要素技能を習熟したことになる．

表1 熟練者より抽出した3技能

対象部位	動作ポイント	熟練者の持つ要素技能
上肢	腕の角度	肩関節の屈曲伸展角度を0度に近い状態を保つ
胴体	上体の角度	シート引っ張り動作前後で上体角度を変化させない
下肢	体重移動	下肢を動かして、体重移動を用いて引っ張る

4.3 技能教示のための技能解析結果

抽出した3つの技能のうちいずれか1つを実験参加者へ教示し，教示後動作における3つの技能の習熟度を算出した．技能習熟度については，4.2において構築した，上肢の技能に関しては左肩関節角度の0度からのばらつき，胴体の技能に関しては冠状面と上体間の角度の0度からのばらつき，下肢の技能に関しては腰の座標位置を用いて算出した．

上肢の技能のみを教示した場合には，上肢の技能，胴体の技能，下肢の技能すべてにおいて習熟度が向上しており，上肢の技能教示のみで3つの技能を習熟した．この結果から，上肢の技能は習熟が容易かつ他2つの技能の基となる技能であることが示唆され，教育サービスのための技能教示優先順位付けを考える際には，この技能を最もはじめに教示することが効果的な技能習得を促すのではないかと考えられる．

胴体の技能のみを教示した場合には，上肢の技能を習熟しているものの，下肢の技能に関しては十分習熟することができなかった．これは，胴体の姿勢を意識することで，体重移動を抑制してしまい，下肢の技能習熟度が教示前に比べ低くなったためと考えられる．一方，上肢の技能習熟度に関しては教示前後で向上したため，胴体の技能と上肢の技能との関係性は高いと考えられる．

下肢の技能のみを教示した場合には，胴体の技能に関しては習熟度が向上しているものの，教示後に上肢技能の習熟度が減少しており，下肢技能を意識すると，上肢技能への注意が薄れることが示唆された．この結果から，下肢の技能習熟度に関しては教示前後で向上したため，胴体の技能と下肢の技能との関係性は高いと考えられる．

以上のように得られた結果を基に，図7のように技能教示のための技能解析結果をまとめた．技能の教示

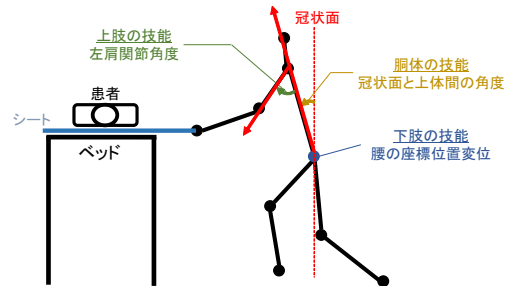


図6 技能習熟度の定量的評価手法

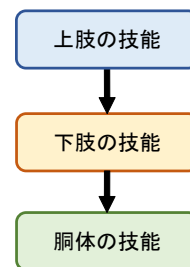
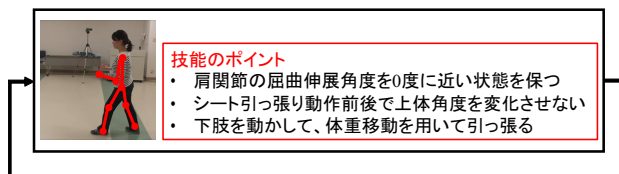
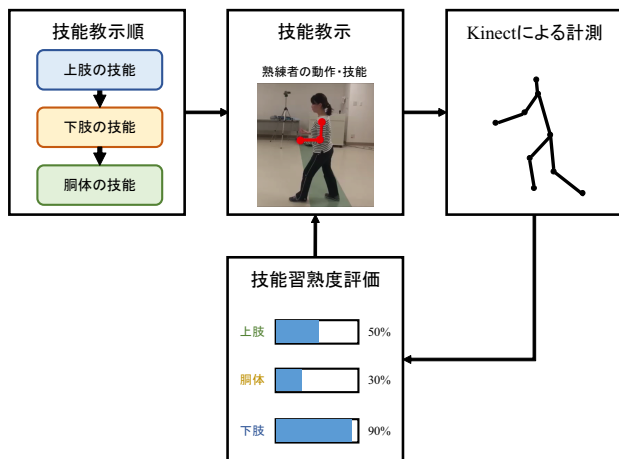


図7 抽出した3技能の優先順位付け



(a) 従来の技能教示システム



(b) 提案する技能教示サービスシステム

図8 提案する技能教示サービスシステム

順については、上肢技能・下肢技能・胴体技能の順で教示することが効率的な学習を促すのではないかと考えられる。

4.4 サービスシステム提案

抽出した技能を学習者へ教示する際に、4.3で得られた技能教示順に従って、技能を1つずつ順番に教示するサービスシステムを図8(b)のように提案した。従来の技能教示システムでは図8(a)に示されている通り、ビデオ映像及び音声や文章による技能ポイントの説明を行う技能教示手法を用いていた。この手法では、技能ポイントは一度に複数与えられるため、どの技能から習熟すればよいかを学習者自身で判断する必要があり、また自身の技能習熟度を定量的に理解することは不可能であった。

それに対し、本研究にて提案した技能教示手法を用いることで、学習者は人間の効率的に技能を学習し、尚且つ自身の技能習熟度を定量的に理解することが可能となり、また、本サービスシステムでは教示する技能を自動的に選択して教示するため、学習者自身で習熟すべき技能を選択する必要がなくなる。つまり、学習者にとってより効率的な技能教示サービスシステムであると考えられる。

5. 考察

従来の技能教示システムでは、複数技能が抽出された場合、技能教示の順番について考慮されていないことが多かった。一方、本研究にて提案する技能教示サービスシステムを利用することで、学習者にとってより

効率的な技能教育が期待される。しかし、今回抽出された3つの技能について順番通り教示し終えた後、どのような手続きで技能を教示するのかといった点については本研究では解明できていない。

また、本研究において解明された効率的な技能教示順は、人間が運動学習する際の身体部位の従属関係に注目して解明したものである。この結果は被験者を増やして調査を継続する必要があるものの、解明した結果は様々な運動学習において利用可能であると考えられる。

6. 結論

スライディングシートを使った介助動作における技能抽出手法、技能習熟度評価手法、技能教示手法を構築し、学習者にとって効果的な技能教示サービスシステムを提案した。さらに、今後提案した技能教示サービスシステムと従来のビデオ映像及び音声・文章による技能教示方法との比較実験を行い、本手法の有用性を検証する。

謝辞

本研究の一部は、JST RISTEX 問題解決型サービス科学研究開発プログラムの援助を受けた。

参考文献

- [1] 武藤芳照, 田島寶, 山田均, “介護者の腰痛予防, 職業性腰痛の実態調査からみた考察”, 日本医事新報社, pp.37-38, 2005.
- [2] 富岡公子, “介護現場に蔓延する介護スタッフの腰痛問題”, 福祉環境, vol.11, no.7, pp.15-17, 2005.
- [3] Engkvist, I. L., “Evaluation of an Intervention comprising a No Lifting Policy in Australian Hospitals”, *Applied Ergonomics*, vol.37, no.2, pp.141-148, 2006.
- [4] 富岡公子, 樋口由美, 眞藤英恵, “福祉用具の有効性に関する介護作業負担の比較研究—福祉用具使用の有無および作業姿勢の適正—”, 産業衛生学雑誌, vol.49, no.4, pp.113-121, 2007.
- [5] 一般社団法人 日本ノーリフト協会, <http://www.nolift.jp/aboutus/>, (2014.7.4)
- [6] Hashimoto, H., Yoshida, I., Teramoto, Y., Tabata, H., and Han, C., “Extraction of Tacit Knowledge as Expert Engineer’s Skill Based on Mixed Human Sensing”, *Proceedings of 20th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, pp.413-418, 2011.
- [7] 山上真弘, 景山美季, 野中哲士, 平上二九三, “熟練理学療法士の臨床現場における実践スキルの抽出”, 日本理学療法学会大会, GeOS3073, 2010.
- [8] Huang, Z., Nagata, A., Kanai-Pak, M., Maeda, J., Kitajima, Y., Nakamura, M., AIDA, K., Kuwahara, N., Ogata, T., and Ota, J., “Automatic Evaluation of Trainee Nurses’ Patient Transfer Skills Using Multiple Kinect Sensors”, *IEICE Transactions on Information and Systems*, vol.97, no.1, pp.107-118, 2014.
- [9] van der Linden, J., Schoonderwaldt, E., Bird, J., and Johnson, R., “Musicjacket? combining motion capture and vibrotactile feedback to teach violin bowing”, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol.60, no.1, pp.104-113, 2011.