

戦略的創造研究推進事業（社会技術研究開発）
問題解決型サービス科学研究開発プログラム
研究開発プロジェクト
「経験価値の見える化を用いた
共創的技能 e ラーニングサービスの研究と実証」

研究開発実施終了報告書

研究開発期間 平成 2 5 年 1 0 月～平成 2 8 年 9 月

浅間 一

東京大学大学院工学系研究科・教授

目次

1. 研究開発プロジェクト	2
2. 研究開発実施の要約	2
2-1. 研究開発目標	2
2-2. 実施項目・内容	3
2-3. 主な結果・成果	3
2-4. 研究開発実施体制	7
3. 研究開発実施の具体的内容	8
3-1. 研究開発目標	8
3-2. 実施項目	10
3-2-1. 教示法開発・実証	10
3-2-2. 技能抽出と DB 化	11
3-2-3. 生理・心理分析	11
3-2-4. 動作分析・3 次元表示	12
3-3. 研究開発結果・成果	15
3-3-1. 教示法開発・実証	15
3-3-2. 技能抽出と DB 化	49
3-3-3. 生理・心理分析	71
3-3-4. 動作分析・3 次元表示	96
3-3-5. 技能教育サービスの特性とサービス科学研究としての体系化	114
3-4. 今後の成果の活用・展開に向けた状況	117
3-5. プロジェクトを終了して	118
4. 研究開発実施体制	125
4-1. 体制	125
4-2. 研究開発実施者	125
4-3. 研究開発の協力者・関与者	136
5. 成果の発信やアウトリーチ活動など	136
5-1. 社会に向けた情報発信状況, アウトリーチ活動など	136
(1) 書籍, DVD	136
(2) ウェブサイト構築	136
(3) 学会	136
5-2. 論文発表	137
5-3. 口頭発表	137
5-4. 新聞報道・投稿, 受賞等	145
5-5. 特許出願	146
引用文献	146

1. 研究開発プロジェクト

- (1) 研究開発プログラム：問題解決型サービス科学研究開発プログラム
- (2) プログラム総括：土居 範久
- (3) 研究代表者：浅間 一
- (4) 研究開発プロジェクト名：「経験価値の見える化を用いた
共創的スキル e ラーニングサービスの研究と実証」
- (5) 研究開発期間：平成 25 年 10 月～平成 28 年 9 月

2. 研究開発実施の要約

2-1. 研究開発目標

本プロジェクトでは、製造業、スポーツ、介護などにおける技能教育サービスを研究対象とし、経験価値の見える化し、サービス提供者（技能者など）とサービス受容者（学習者）が共創的に経験価値を深め合い、効率的かつ満足にサービスの授受を行えるような e ラーニングシステム（経験価値共創プラットフォーム）を開発することで、技能教育サービスの問題解決を図るとともに、技能教育における効率化、顧客の満足感およびロイヤルティの向上を図る。

教示法開発・実証グループでは、face to face による技能教育の効率性を劇的に向上させるべく遠隔・リアルタイムな e ラーニングによって、大きな設備投資をすることなく技能教育を行う試みを始めている現場での課題の解決を目標としている。face to face での技能教育ですら伝わりにくい指導者と学習者の双方がお互いの伝えたいこと（指導者：本当に自分の指導が伝わっているのだろうか、学習者：本当にこれでいいのだろうか）をうまく伝えられずにいることによる双方の満足感の低下とそれによる上達の阻害の解消に加え、「技能学習を始めてみよう」あるいは「続けよう」という動機づけをいかに図るかを、遠隔・リアルタイム e ラーニングの強みである指導者と学習者が場所と時間を共有しなくてもいつでもどこでも学べることによる劇的な効率性の向上と同時に果たすことが目標である。そのために必要となる暗黙知としての技能の見える化と、各指導者、各学習者の個別の状態（熟練レベル、くせなど）に合わせた学習者に適した指導（学習）方法を抽出するための DB を活用した経験価値共創プラットフォームを組み込んだ、対象領域（介護、スポーツ、ものづくり）の教示（学習）プロセスを考案・実証し、それを実用化につなげていくことを目指す。

技能抽出・DB 化グループは、技能分析、伝承法調査、暗黙知抽出、スキル評価、共創の定量化・見える化などをモノづくり分野、スポーツ分野、介護分野に関して行い、これらから意味ある特徴量を抽出して、技能教育 e ラーニングサービスに適する DB の開発を行った。

生理・心理分析グループの最終開発目標は、技能指導・学習に関わる指導者と学習者の経験価値見える化法の確立、並びにその見える化を用いた指導・学習支援の有効性の検証である。その実現のため、経験記録・生理計測システムやツールを開発し、指導者・学習者の満足感評価法を確立、両者の経験価値分析法や経験価値見える化法の確立を目指した。

動作分析・表示グループの最終の研究開発目標は、技能に関する動きの記録・再生手法、および技能の抽出・表示手法の構築である。これにより、従来のような単一視点の映像では表現・再生しきれない動作やコツなどを、学習者が体得しやすくなるような映像化技法を提供する。

2-2. 実施項目・内容

製造業，スポーツ，介護などにおける技能教育サービスの現場の調査・問題抽出・ニーズ分析に基づき，問題解決のソリューションの検討，具体的な研究計画の立案を行い，研究を実施する．具体的には，現場のニーズに基づき，技能抽出・データベース（DB）化，心理・生理評価，動作計測・可視化など，技能教育のための経験価値共創プラットフォームを構成する上で必要となる機能を明確化し，その手法や要素技術の開発・評価を行う．また，要素技術を具体的に活用し，経験価値共創プラットフォームを構築し，その有効性の検証を行うとともに，それを技能教育サービスの現場に適用し，その現場適用性の評価を行う．さらに，技能／技能教育／技能教育サービスの体系化を行う．

教示法開発・実証グループでは，Ⅰ．技能適用対象領域の分類，Ⅱ．技能教示（学習）プロセスの設定，Ⅲ．実用化を想定した実証と課題抽出，3つの項目を実施した．具体的に，まず，Ⅰにおいて，技能教育サービスの課題解決と実用化の観点からみて，本プロジェクトで対象とする「介護」「スポーツ」「ものづくり」の3領域がどのように異なる領域であるのかを，メトリクスを設定し特性の違いを明らかにし，同時に対象とする技能についても明確化した．次に，Ⅱとして（1）先行文献調査，（2）技能教育の実現場（介護）における調査を通じた技能教育の課題，（3）技能教育課題解決のための技能教示サブプロセスの仮説設定，仮説サービスの試行と有効性の検証，（4）技能教示プロセスの考案を行った．最後に，Ⅲとして（1）各対象領域（介護，スポーツ，ものづくり，リハビリ）における遠隔・リアルタイムeラーニング技能教育教示プロセス導入シナリオの作成，（2）導入シナリオに沿った研究成果の適用試験，（3）導入シナリオに沿った実用化サービスの想定とプロトタイプ開発，（4）残された課題の抽出を行った．

技能抽出・DB化グループは，介護サービス，スポーツ，モノづくりにおける提供側の経験価値および技能教育における経験価値共創モデルの検討を行い，それが生じる事例を見出した．次に，これらの技能動作を，昨年度明らかにした構成要素に分解し，技能レベルの定量化を図った．さらに，多様な技能の運動スキル評価が行えるよう，抽出したスケルトン3次元動画に基づく評価システムを開発し，その実用化を図った．また，介護現場におけるインシデントに関するDBを作成し，介護サービス向上を図った．これらの成果を，eラーニングで利用しやすい形に成型し，これまで開発してきたマルチメディアコンテンツを扱えるDBシステムに組み入れ，技能伝承に活用できることの検証を行った．

生理・心理分析グループでは，感性・情動・認知計測と行動記録を融合させ，技能指導・学習時の指導者・学習者双方の経験価値分析のために必要な生理指標の確認と，計測方法のフィールド計測実験を初年度に検証した．続いて主に脳波計測と感性分析を用いて技能指導現場で計測・可視化可能な満足感評価法の研究を進め，その一方で技能に関わる経験価値の分析，すなわち指導者・学習者双方の技能習得・指導技術の向上につながる技能学習における経験価値プロセス分析と要素抽出を行い，技能伝承とその教育に関わる事柄の分析を行った．これらの手段・成果をまとめて経験価値見える化法の手順を示し，それらを教育サービスに実装するための具現化手段として各種ツール・アプリを開発・実用化し，技能習得時の暗黙知・心理変化の分析，指導支援の現場実証，技能教育サービスに有効な学習者状態の推定法の基礎研究を行った．

動作分析・表示グループでは，介護やスポーツの技能動作を対象とした動作分析・表示手法およびシステムの研究開発を行った．具体的には，技能動作の3次元計測手法，技能動作の分析手法，技能動作の任意視点映像表示手法を構築し，技能に関する動作を記録・再生できる手法の研究開発を行った．

2-3. 主な結果・成果

教示法開発・実証グループでは，①技能教育サービスの課題解決と実用化の観点からみた技能適用対象領域を分類するメトリクスの抽出（誰の満足のための技能習得か，技能評価の客観性・

主観性、技能適用対象と作業環境の変動性、ロボット（自動化機械）による技能者の代替可能性）とそれに基づいて本プロジェクトで対象とした3領域の相違を明らかにした。また、申請時には対象としていなかった「リハビリ」を介護とスポーツの中間領域として検討対象とし、また技能教育対象（学習者）を人間だけではなく、ロボットとする場合も検討対象に加えた。

各対象領域における技能教育に関わるステークホルダー間の関係を描くと、技能教育では指導者と学習者の関係だけではなく、学習者が自らの満足のために技能習得を行うケースを除くとはほとんどの場合、指導者自身ならびに学習者が習得した技能を適用する対象があり、技能適用の影響を受けるステークホルダーが存在する。指導者の満足感と学習者の満足感や継続の動機づけはこの技能適用によって影響を受けるステークホルダーが満足するかどうか極めて重要であることがわかった。すなわち、技能適用まで考えたステークホルダー間の関係を考えた技能教育サービスシステムを作らなければならない。

本プロジェクトの中では face to face の技能教育を完全に置き換える遠隔・リアルタイム e ラーニングサービスシステムの構築は困難と判断し、従来の技能教育における振り返り・復習過程起因のサービス生産性低下課題の解決を図る効果的、効率的な自習を可能とする遠隔 e ラーニング・リアルタイムサービスシステムと教示（学習）プロセスを検討し、指導者あるいは熟練者がいないところでの技能習得や技能適用を実現できるサービスシステムの実用化を想定した実証とプロトタイプの開発を行い、課題を抽出した。

（技能教育では face to face で教師から学べる時間は限られているため自習をいかに正しく効果的に行えるかが技能習得には極めて重要である。）

教示（学習）プロセスとしては先行文献調査、技能教育現場の調査を踏まえ、(3.3.1.Ⅱ (1) 参照)、技能の学習では動きを観察すること、どこに注目して観察すべきかを示すこと、その動きを、理屈を踏まえて理解すること、矯正された正しい動きを体性感覚となるまで繰り返して行うことが重要であり、「観察情報フィードバックプロセス」と名付けたプロセスを設定した。見える化や DB をインターネットと組み合わせることにより技能学習の開始ならびに継続の動機づけ、満足感の醸成に効果を発揮するサブプロセスがあり、それらのメモを加えた教示プロセスを示す。

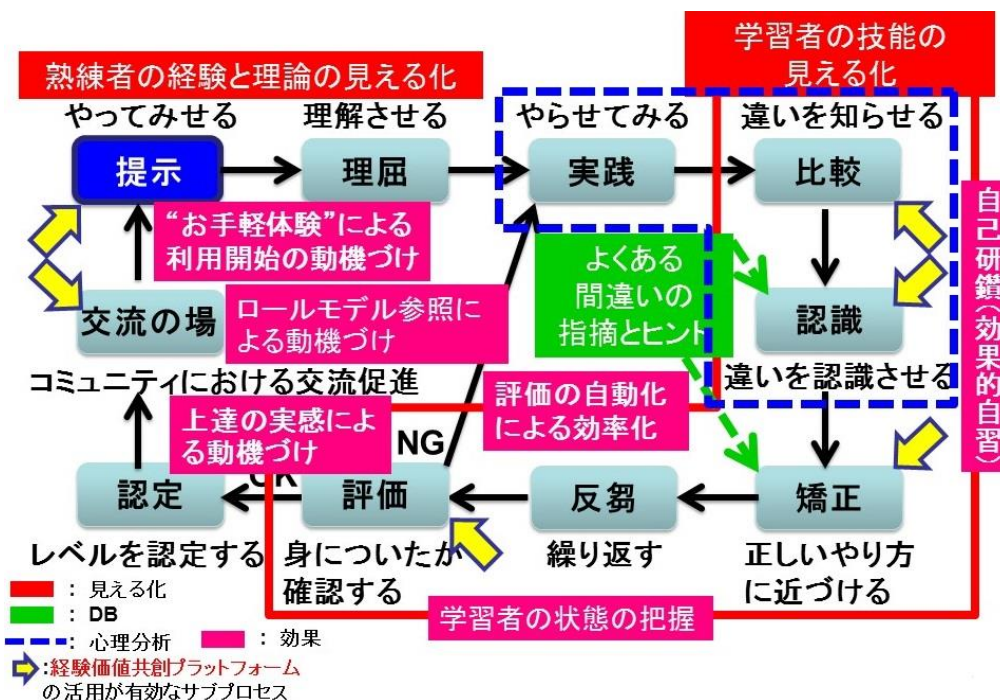


図1. 観察情報フィードバックプロセスと経験価値共創プラットフォーム機能の適用と期待効果

各対象領域におけるサービスの実用化に向けた進捗は以下の通りである。

- ① 介護領域：日本ノーリフト協会・ノーリフトケア研修用 DVD 教材プロトタイプの開発．ノーリフトケアの普及・拡大をはかるベンチャー企業（㈱S ケアデザイン研究所）を設立．
- ② スポーツ領域：ミズノスポーツサービス・子供のサッカー教室の自習プログラムのための自動自己採点アプリプロトタイプの開発

③ ものづくり企業への派遣労働者向けインターネットを通じた e ラーニングコンテンツ開発
特に重点を置いた介護領域においては看護師・介護士の機能分析を行い、プロである彼らが普段認識していない基本動作の「理屈」を抽出し、その内容を教科書の構成に反映し、教材づくりに貢献した．しかし、見える化、DB に対し開発した装置の実運用にまでは至らなかった．一方、ノーリフトケアを e-ラーニングを通して新たな市場（新設の病院や介護施設、介護離職予防のための介護に直面した従業員、要介護者の宿泊に対応する宿泊施設のスタッフなどの市場）に展開をはかるベンチャー企業・㈱S ケアデザイン研究所をプロジェクト終了直前に設立し、事業活動を開始した．

技能抽出・DB 化グループは、介護サービス、スポーツ、モノづくりにおける提供側の経験価値および技能教育における経験価値共創モデルの検討を行い、それが生じる事例を見出した．次に、これらの技能動作を、昨年度明らかにした構成要素に分解し、技能レベルの定量化を図った．さらに、多様な技能の運動スキル評価が行えるよう、抽出したスケルトン 3 次元動画に基づく評価システムを開発し、その実用化を図った．また、介護現場におけるインシデントに関する DB を作成し、介護サービス向上を図った．これらの成果を、e ラーニングで利用しやすい形に成型し、これまで開発してきたマルチメディアコンテンツを扱える DB システムに組み入れ、技能伝承に活用できることの検証を行った．

生理・心理分析グループでは初年度に、技能作業中の心理変化（満足感や集中度、興味度）の主観量と、生理計測に基づく心理推定の客観量との比較検証を行い、技能作業に関わる指導者や学習者の心理状態を計測・推定し得る生体信号計測・分析法の候補を選定した．その一方でインタビュー分析や EFE 法などの社会学手法を用いて技能作業を分析し、経験価値の見える化に有効な技能習得プロセスやコツの構造を把握できる見通しを得た．これら予備検証の結果を踏まえ 2 ～3 年目にかけて、①脳波から満足感を含む心理推定アルゴリズムを確立し、②実技能学習シーンで利用可能な心理・動作計測 e ラーニングアプリ（e-training analyzer）を完成させ、③熟達者らの暗黙知に基づく技能動作分析法や経験価値の見える化の手順（見える化プラン）としてまとめて提案した．続いて④推定心理に基づく学習支援法を提案し、最終年度でこれらツールと支援方法を製造業技能教育と介護技能指導に適用した．その結果、a)学習者の主観満足度、b)脳波心理推定による客観的心理量、c)技能熟達者による学習指導の 3 点に関して、開発した指導支援ツールを用いた学習者群の方が用いなかった学習者群に対して有意に優っていることを確認でき、提案した支援手法や見える化プランの有効性を確認できた．さらに、学習タイプと学習心理の視線計測による推定や、技能実技練習中の学習認知負荷推定など、e ラーニング環境で学習者の経験価値の推測に有効なサービス心理推定法においても一定の成果を得ることができた．

動作分析・表示グループでは、経験価値のうち身体情報を扱い、1) 技能者の 3 次元的な動作を時系列で連続に計測し、2) 動き 3 次元+時間 1 次元の 4 次元データとして保存し、3) 学習者に提示する際には任意視点の映像として表示するシステムを構築した．技能者および学習者の動きをモーションキャプチャ装置、Kinect、Web カメラなどを用いて計測し、動作の解析を行って技能者と学習者の動きの違いを判定し、かつ技能者・学習者の双方に視覚的に分かり易く提示する手法を開発した．具体的な研究開発の対象としては、1) スライディングシートを使った介護動作の技能解析と表示法開発、2) 筋肉の訓練動作における筋活動の可視化、3) 自動決定視点を用いた動作学習支援システム、4) 映像からの動作・行動識別、5) 初心者・熟練者分類および熟達度

評価, 6) カメラによる映像を用いた動作分析表示手法により効率的な可視化, などの手法を構築した. 以上, 任意視点からの技能者と学習者の動きの「見える化」, および両者の動きの差異の「見える化」を図り, 共創促進を図るための技術的枠組みを構築した.

従来のサービス科学では, ①無形性 (Intangibility), ②同時性 (Simultaneity), ③異質性 (Heterogeneity), 変動性 (Variability), ④消滅性 (Perishability) などがサービスの特徴として挙げられていたが, これまでの技能教育サービスに関する研究を実施した結果, サービス提供者とサービス受容者という 2 者間の瞬間的關係だけでなく, サービス受容者が長時間を経てサービス提供者になっていくプロセスがサービスの価値という点で重要であり, ⑤多重性 (Multiplicity), 伝搬性 (Propagatability), ⑥積分性 (Integrability) などの新たな特性が存在することが明らかになった. この発見は, サービス科学の学術的な価値として極めて重要である. また, これまで客観的・定量的に評価することが困難であった「満足感」を, 脳波などの生理的な指標により, ある程度客観的・定量的に評価することが可能になったことも, 学術的な価値として極めて重要である.

観察情報フィードバックプロセスを技能教育の現場に採用し, 各サブプロセスに効果的なプロジェクトの成果を適用していくことによって, 技能教育の e-ラーニングサービスとして実用化が果たせる. 本プロジェクトでは, (1) 理屈を形成させるための手法 (「理屈」サブプロセス), (2) 見える化による模範技能との違いの比較 (「比較」サブプロセス), (3) 自動評価プログラム開発による定量的評価の提示 (「評価」サブプロセス) が適用でき, 重要な実務的価値を生んだ.

なお, 本研究では, 身体動作の測定とそのデータを元にした科学的な技能教育手法について様々な試みを行い, その有効性を確認したという点で, 大きな成果が得られたが, それらはまだ十分汎用的な手法には至っておらず, 今後, 測定から分析までの汎用的な手順を確立すべく, 引き続きデータの分析を行い, 検討する必要がある.

2-4. 研究開発実施体制

(1) 総括グループ

①リーダー名（所属，役職）

浅間 一（東京大学大学院工学系研究科・教授）

②実施項目

- ・研究全体の総括，方法の統合化・評価
- ・各グループのとりまとめ，外部情報公開

(2) 技能抽出・DB化グループ

①リーダー名（所属，役職）

橋本 洋志（産業技術大学院大学創造技術専攻・教授）

②実施項目

- ・既存の技能の種類，スキルレベル評価，伝承法の調査・計測・分析とDB化
- ・経験価値表現用マルチメディアタイプの大規模データのDBシステムの開発
- ・共創の定量化と評価データの入力方法と表現法の検討

(3) 生理・心理分析グループ

①リーダー名（所属，役職）

鈴木 聡（東京電機大学未来科学部・准教授）

②実施項目

- ・満足度評価ツールの確立
- ・経験価値の見える化法

(4) 動作分析・表示グループ

①リーダー名（所属，役職）

山下 淳（東京大学大学院工学系研究科・准教授）

②実施項目

- ・3次元モーションキャプチャと3次元CG再現
- ・バイオメカニクスに基づく分析
- ・任意視点，3次元表示

(5) 教示法開発・実証グループ

①リーダー名（所属，役職）

石黒 周（株式会社グランドデザインワークス（旧株式会社MOTソリューション）・代表取締役会長）

②実施項目

- ・技能伝達・教育事例における見える化，定量化ならびに技能者と学習者間の共創の実態の抽出と整理
- ・本プロジェクトで開発された見える化，定量化方法の具体事例の現場への導入による効果と課題の抽出と改良方法の考案
- ・見える化，定量化手法を活用した技能者と学習者間の共創の具体的な方策の考案と実事例への適用による効果検証
- ・ネットワークを通じた技能教育サービス事業の試行

3. 研究開発実施の具体的内容

3-1. 研究開発目標

製造業，スポーツ，介護などにおいて，技能教育の重要性が指摘されている．しかし，これまでの技能教育は，効率が悪く，顧客ロイヤルティが低い．本プロジェクトでは，経験価値を見える化し，サービス提供者（技能者など）とサービス受容者（学習者）が共創的に経験価値を深め合い，効率的かつ満足にサービスの授受を行えるようなeラーニングシステム（経験価値共創プラットフォーム）を開発することで，技能教育サービスの問題解決を図るとともに，技能教育における効率化，顧客の満足感およびロイヤルティの向上を図る．

具体的には，人の動作を伴う技能の教育として，介護，製造現場，スポーツなどにおける技能教育サービスを取り上げ，それらの現場の調査・問題抽出・ニーズ分析を行い，それに基づき，問題解決のソリューションの検討，具体的な研究計画の立案を行う．また，サービス現場での課題とニーズに基づき，技能教育のための経験価値共創プラットフォームを構成する上で必要となる機能を明確化し，その構成要素である，技能抽出・データベース（DB），心理・生理評価，動作計測・可視化などの手法や要素技術の開発・評価を行う．また，要素技術を具体的に活用し，経験価値共創プラットフォームを構築し，その有効性の検証を行うとともに，それを技能教育サービスの現場に適用し，その現場適用性の評価を行う．さらに，技能教育にメトリックを導入し，技能教育サービスの特性による構造化を行い，技能／技能教育／技能教育サービスの体系化を行う．以下に，上記の項目ごとの具体的な研究開発目標をまとめる．

教示法開発・実証グループでは，face to face による技能教育の効率性を劇的に向上させるべく遠隔・リアルタイムなeラーニングによって，大きな設備投資をすることなく技能教育を行う試みを始めている現場での課題の解決を目標とした．face to face での技能教育ですら伝わりにくい指導者と学習者の双方がお互いの伝えたいこと（指導者：本当に自分の指導が伝わっているのだろうか，学習者：本当にこれでいいのだろうか）をうまく伝えられずにいることによる双方の満足感の低下とそれによる上達の阻害の解消に加え，「技能学習を始めてみよう」あるいは「続けよう」という動機づけをいかに図るかを，遠隔・リアルタイムeラーニングの強みである指導者と学習者が場所と時間を共有しなくてもいつでもどこでも学べることによる劇的な効率性の向上と同時に果たすことが目標である．そのために必要となる暗黙知としての技能の見える化と，各指導者，各学習者の個別の状態（熟練レベル，くせなど）に合わせた学習者に適した指導（学習）方法を抽出するためのDBを活用した経験価値共創プラットフォームを組み込んだ，対象領域（介護，スポーツ，ものづくり）の教示（学習）プロセスを考案・実証し，それを実用化につなげていくことを目指した．

研究の最終ターゲットは完全にface to faceで行われている技能教育を遠隔・リアルタイムの技能eラーニングに置き換えることであるが，本プロジェクトでは，従来の技能教育における振り返り・復習過程起因のサービス生産性低下課題，具体的には，face to faceのクラスでの教室開催のインターバルに発生する重要課題である，「生徒が復習を行わないことによるレベル低下」と「復習時に間違った練習を繰り返してしまうことによる技能の悪化」の解決を図る効果的，効率的な自習を可能とする遠隔eラーニング・リアルタイムサービスシステムと教示（学習）プロセスの開発を行う．対象領域に適合したサービスシステムと教示プロセスとして実証と改良を行い実用化につなげる．

技能抽出・DB化グループは，介護サービス，スポーツ，モノづくりにおける技能分析，伝承法調査，暗黙知抽出，スキル評価法の研究を引き続き実施し，これまでの知見と共に分析することで，技能教育におけるサービス品質の測定法の確立，サービス価値共創の定量化・見える化というサービス科学の基盤構築を図った．この成果を整理し，eラーニングに活用できるDBの実現化を図り，これを用いたサービス価値の高い技能学習に貢献できるDBシステムの在り方を見

出した。

生理・心理分析グループでは、経験価値見える化の指標として作業満足度の計測に着目し、心理計測・分析ツールの開発、指導者と技能者の e ラーニングシーンを想定した学習・経験・心理変化のトレース実験の実施と支援方法・推定法各種の有効性の確認、満足感向上のための施策提案と現場実装によるそれら評価を研究目標とし、以下4つの研究項目の研究を実施した。

- I. 経験記録・生理計測システム開発
- II. 満足感評価法の確立
- III. 経験価値の分析
- IV. 経験価値見える化法の確立

上記4つの研究項目の関係と各種手法の流れを図2に示す。研究項目Iの目標は、技能教育の e ラーニング指導に有効な生理指標・心理計測手法の取捨選択と、現場計測可否の検証であり、各種分析法の基礎的研究を含む。本研究グループメンバーが有する脳波計測・視線計測・動作記録技術を用い、感性/視線/質的分析を併用して計測システム開発を行う。研究項目IIは、主に脳波計測と感性分析を用いて技能指導現場で計測・可視化可能な満足感評価法の実現が、研究項目IIIは指導者・学習者双方が技能習得・指導技術の向上につながる技能学習における経験価値のプロセス分析と要素抽出・計測心理に基づく指導方法候補の抽出がその目標である。そして研究項目IVは項目I～IIIの手段・成果を用いて経験価値見える化法の手順を示し、それらの具現化として各種ツールを開発・実用化し、実証実験によって開発した技能指導ツールや見える化法の有効性を確認することが目標である。

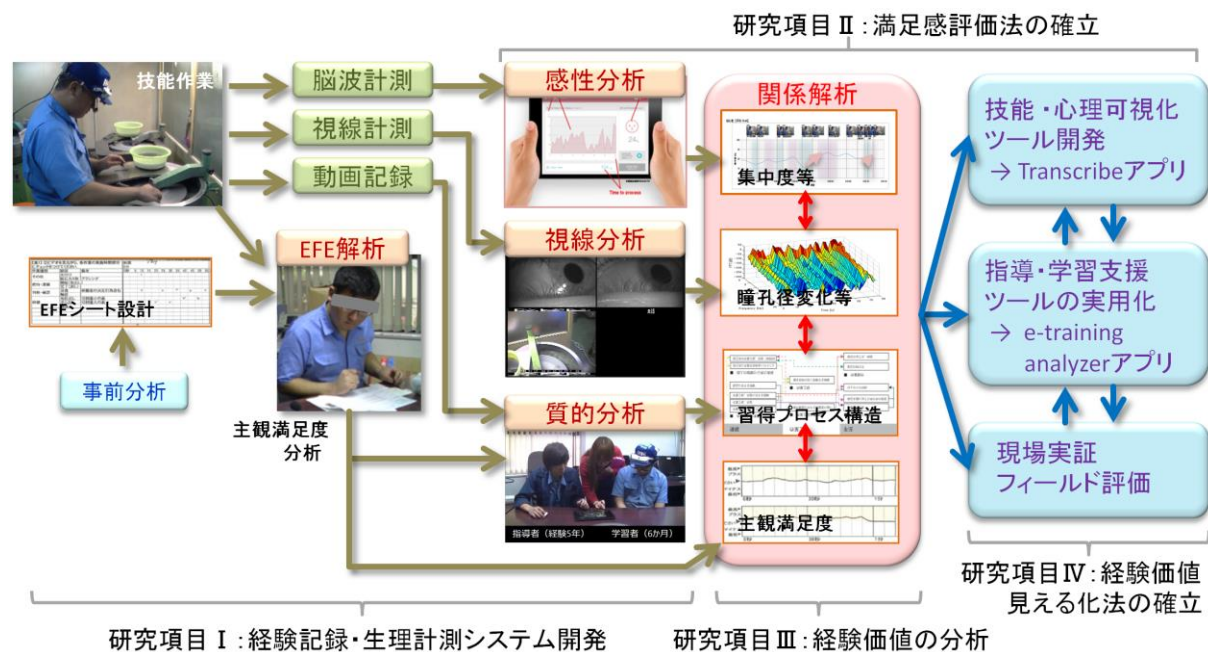


図2. 生理・心理分析グループの研究項目と使用技術・研究プロセスの関係

動作分析・表示グループでは、技能に関する動きを記録・再生手法、および技能の抽出・表示手法を確立することを目標とした。具体的に、(1) 技能に関する身体の3次元的な動きや筋肉の動きを記録し、直感的な提示方法を確立し、(2) 学習者に提示する際には別視点の映像としても表示可能なシステムを構築し、(3) Computer Vision(CV)分野では映像中の人間の動作・行動を詳細に取得し、識別・解析する技術である Fine-grained Activity Recognition を積極的に利用し、映像からの動作・行動識別を検討するとともに、その成果を利用して e ラーニングシステムへの

応用を想定した初心者・熟練者分類および熟達度評価手法の確立を目標とし、(4) 動作を学習する e ラーニングシステム（経験価値共創プラットフォーム）においてサービス提供者（教育者）およびサービス受容者（学習者）がネットワーク上でサービスコンテンツを簡単に作成して共有するために、動作分析結果を各種表示手法により可視化し、専用の計測用センサを使用しないで、多くのデバイスに標準装備されているカメラによる映像を用いた動作分析表示手法により効率的に可視化することを目標として研究開発を行った

3-2. 実施項目

3-2-1. 教示法開発・実証

教示法開発・実証グループでは、以下の項目について実施した。
検討の流れは①サービス現場における課題の再確認と明確化→②サービスシステム／プロセスの仮説の考案と設定→③実用化の観点からの対象領域の分類→④各分類における試行・検討による共通課題の抽出と課題解決のためのサービスシステム／プロセスの仮説へのフィードバックと残された実用化課題の抽出、である。

実施項目：

I. 技能適用対象領域の分類

技能教育サービスの課題解決と実用化の観点からみて、本プロジェクトで対象とする「介護」「スポーツ」「ものづくり」の3領域がどのように異なる領域であるのかを、メトリクスを設定し特性の違いを明らかにする。

- (1) サービスに関わるステークホルダー間の関係の視点
- (2) 技能の特性と適用の観点からの技能適用対象領域の分類
- (3) 「介護」と「スポーツ」の中間領域の「リハビリ」領域の検討
- (4) 対象とする技能

II. 技能教示（学習）プロセスの設定

- (1) 先行文献調査
- (2) 技能教育の実現場（介護）における調査を通じた技能教育の課題
 - ①フィールド調査方法：参加型観察、インタビュー調査、アンケート調査
 - ②技能教育現場：日本ノーリフト協会主催の介護技術講習会
- (3) 技能教育課題解決のための技能教示サブプロセスの仮説設定、仮説サービスの試行と有効性の検証

ミズノスポーツサービス社による高齢者コミュニティに対する健康スポーツ教室の企画とその指導方法への manebi 社によるインターネット e ラーニングサービスの活用の実証実験を通じた技能教育の課題調査
- (4) 技能教示プロセスの考案

III. 実用化を想定した実証と課題抽出

- (1) 各対象領域（介護、スポーツ、ものづくり、リハビリ）における遠隔・リアルタイム e ラーニング技能教育教示プロセス導入シナリオの作成
- (2) 導入シナリオに沿った研究成果の適用試験
- (3) 導入シナリオに沿った実用化サービスの想定とプロトタイプ開発
- (4) 残された課題の抽出

3-2-2. 技能抽出と DB 化

技能抽出・DB 化グループの実施項目は、技能分析、暗黙知抽出、スキル評価、伝承法調査、共創の定量化・見える化、および、本プロジェクトで提唱する e ラーニングに適する DB の設計などの実施である。これらの、実施方法と実施内容は次のとおりである。

技能分析については、介護分野、スポーツ分野、ものづくり分野のいずれにおいて、熟練者のコツ、暗黙知の形式知化を行うために、調査者が各技能を事前に詳しく調べておいた上で、現場で技能者の動きを観測して現場の様子を理解し、かつ、熟練者の動作を工学的な処理を施して意味ある内容を抽出したデータを用意した。この観測理解とデータを準備した上で、観測の知見とデータ分析を行い、どのようなインタビューを行えば、より効果的に暗黙知やコツを抽出できるかを考え、日時を改めて、熟練者に暗黙知やコツについてのインタビューを行い、このインタビュー最中においても、改めて気付いた点を問い返すという一連の暗黙知・コツ抽出作業を行った。この作業は、現場指向型インタビュー法と名付けられており、暗黙知抽出において有力な手法として実績を挙げている[橋本 2012]。

スキル評価については伝承法と関連することから、各分野の技能伝承に関する研究調査を行った。この調査において、本プロジェクトの重要項目である、経験価値、共創がどのような形でのようなシーンで生じているかの調査を行った。さらに、従来の教育学や教授法と照らし合わせて、技能伝承においては、そのスキルの内容（何を伝えるべきか、どう教えたらいかなど）、学習継続性に関わる要因を調べた。

また、介護分野では、サービス対象である人と人との関係性を調査し、かつ、福祉器具操作の習熟性がサービス価値に多大な影響を与えることから、この習熟のための技能伝承のプロセス分解、コツの明示化などを画像観測やインタビューを通して実施し、その結果を通して、介護分野でのスキル評価法を提示した。

本プロジェクトで提唱する DB の設計について、システム利用者、サービス提供者などのステークホルダーが簡単かつ即座に利用でき、かつその学習データを彼ら自身が場所や時間に関係なく、オンデマンドで参照できる対応型システム（システム利用者の要求にオンデマンドで動的に対応できるシステム）やそれぞれの利用者に合わせたサービス提供のため個人化情報が構築できるように開発した。特に、従来型のメディア（動画、静止画、テキスト）の他に、3次元任意視点を可能とする3次元ビューアーも取り入れられることと、このDBを見て、指導者がコメントや指摘を容易に反映できるような構造を取り入れていることに特徴を持たせた。

3-2-3. 生理・心理分析

以下、本グループの3カ年計画として提唱した研究項目（Ⅰ.経験記録・生理計測システム開発、Ⅱ.満足感評価法の確立、Ⅲ.経験価値の分析、Ⅳ.経験価値見える化法の確立）毎に、実施項目を述べる。

Ⅰ. 経験記録・生理計測システム開発

e ラーニングの状況では、指導者は直接学習者の状態を直視で確認できないため、学習者の心的情報（性格、感情、納得。以下、学習者状態と呼称）を活用した指導が難しい。そこでそれらを補う方法としてリアルタイムで学習者状態を推定し、ネットワークでオンライン状態にある指導者側に学習者状態を伝達するためにどのような生理・心理情報が適しているのかを検討した。また、そのための計測システム構築と分析アルゴリズムの開発を必要に応じて行い、現場実験に適宜投入し、個々のフィールドでの学習者・指導者の分析に適用した。その実施内容の主な項目は以下3点である。

- （１）生理・心理計測法が技能教育の現場で使えるかの可否検討
- （２）計測システムの構築

- (3) 基礎研究 ①眼球計測による学習個性の推定
- ②視線計測による学習履歴の分析
- ③脳血流計測による学習努力の定量化

II. 満足感評価法の確立

従来の顧客満足度調査などは瞬時評価でないため、技能の指導・学習過程における満足感の時間的变化を十分に知ることができない。そこで脳波計測による実時間での満足感検出法を確立し、瞬時的な満足感を逐次取得して総合評価に反映できるサービス評価ツールを以下のステップで開発した。

- (1) 脳波指標の再検証と簡易脳波計測法の耐ノイズ性強化（現場計測対応）
- (2) 技能学習時満足感の検討と定義
- (3) 満足感推定法の確立
- (4) 満足感の定量評価アプリ製作と実証実験

III. 経験価値の分析

技能の指導者と学習者のそれぞれの経験価値は、対象技能の本質的事項（知識、手順、ノウハウ、コツ）に付随して変化し、蓄積されていくものである。そのため、対象とする技能作業ごとにその所作プロセスや必要知識、さらには暗黙知などの指導者ですら自覚していない深い知識も顕在化し、それらの関係を構造化する必要がある。その上で、関連技能に関する経験価値の見える化を行い、それに基づいた指導や学習の有効性を検証しなくては、本プロジェクトで提唱しようとしている経験価値の見える化法の良否は評価し難いと考え。そこで具体的な技能伝承対象として製造業における加工技能に注目し、指導者と学習者の技能指導と習得に関わる双方の経験価値の分析を行った。具体的には以下の小項目（1）～（3）に示すように、対象技能の分析から見える化、それに基づく支援法の検討と実証評価を4年かけて順次実施した。以下、各小項目の実施内容を示す。

- (1) 技能作業のコツと習得プロセスの抽出法の検討
- (2) 個人差のあるコツや技能が伝承に与える影響の分析
- (3) 経験価値見える化による技能伝承効果向上の施策検討と効果検証

IV. 経験価値見える化法の確立

以上の研究項目ⅠからⅢで得られた知見・成果、開発したアルゴリズムやアプリなどのツールを用い、かつ、他研究グループとの議論を踏まえ、本グループの最終的目標として、以下2点を進めた。

- (1) 経験価値見える化の作業手順の提示
- (2) 各種見える化による指導支援効果の確認

3-2-4. 動作分析・3次元表示

近年、介護やスポーツなどの技能教育の現場では、教育者が持つ技能をどのように伝承するかが課題となっている。また、現在の技能教育では教育者が学習者に直接指導するため、両者が同じ時間と場所を共有しなければならない。その解決策としてeラーニングによる教育が挙げられるが、身体動作やコツを提示することが困難であるため、教育の効率を高めることが難しい。そこで、eラーニングにおいて身体動作やコツを提示するために、教育者と学習者の動作の違いを明確にする必要がある。この課題を解決する研究として、動作分析・表示グループでは介護やスポーツの技能動作を対象として、技能（コツ）の抽出、評価、および教育支援システムの開

発を行った。具体的に、以下の項目を実施した。

I. スライディングシートを使った介護動作の技能解析と表示法開発

スライディングシートとは、ベッドに寝ている患者の体位変換をサポートするための簡易な道具である。患者の身体をベッドの間に2重に敷き、その滑りやすい特性を利用し、上層のシートを引っ張ることで、少ない力で患者を移動できる。この動作は腰痛のリスクを減少するものの、正しい姿勢を行わないと十分効果できない。スライディングシートを使った介護動作において、まず、熟練者への対象動作において重要となる技能に関するインタビューを行った上、熟練者と未熟練者のビデオ映像を比較し、両者の間の動作差異を確認し、技能を定性的に評価した。次に、モーションキャプチャと床反力計を利用して、初心者と熟練者の動作を計測し、技能ポイントを定量的に評価し、シミュレーションによる最適な動作を生成した。それから、技能の優先順位づけ、学習支援システムの開発を行った。最後に、スライディングシートの教育現場において、実際の介護士・看護師の学習中の動作を Kinect カメラで撮影し、各技能ポイントの上達過程を解析した。

II. 筋肉の訓練動作における筋活動の可視化

スクワット動作やボートのローイング動作は、特定の筋肉を鍛える基本的な訓練である。これらのスポーツ訓練において、正しい筋肉を正しいタイミングに使うことが「技能」である。従来の訓練では、熟練者が言葉や身動きで筋肉の使い方を教えているが、技能ポイントを直観的に伝えることが困難であり、学習者の筋肉の状態を確認することも難しい。そこで、本研究では、表面筋電計を用いて、まず熟練者がスクワット動作およびローイング動作を行う際に使う筋肉とその筋活動の大きさを測定し、筋肉の活動量を色で表現し、動作の映像に重畳表示した。次に、学習者の筋活動をリアルタイムに動作映像に重畳表示するシステムを開発した。最後に、ボート部の初心者を対象とし、本システムを用いて熟練者の筋活動の観察、および自身の筋活動をリアルタイムに観察して訓練した場合、技能の上達効果を検証した。

III. 自動決定視点を用いた動作学習支援システム

スポーツやダンスなど多くの技能学習においては、目標とする動作を模倣しながら、自分の動作と目標動作のずれを小さくして技能を習得していくのである。現状の技能の e ラーニングサービスでは、目標の動作を映像教材で確認し、自身の動作は鏡や撮影した映像を用いて確認するのが一般的であり、目標動作と学習者自身の動作のずれの把握が難しく学習プロセスが進みにくいという問題がある。本研究ではまず身体動作を手軽に測定できる Kinect カメラを用いて、右腕のダンス動作を対象として、目標動作と学習者の動作のずれが最もわかりやすい視点を自動的に決定し、システムを使った場合において、学習者が自分で視点を選んだ場合の学習効果と比べた。それから、より正確な計測が可能なモーションキャプチャを用いて、テニスのスイング動作を対象とし、動作の間に目標動作との差を最も大きく表現できる平面を計算し、その視点から見た映像で動作の練習を行えるシステムを開発した。

IV. 映像からの動作・行動識別

映像からの動作・行動識別の研究は、3次元姿勢情報を用いる姿勢ベースの動作・行動識別と、局所特徴量を用いるアピアランスベースの動作・行動識別の2つのアプローチに大きく分類できる。姿勢ベースの動作・行動識別では可視画像だけでなく、TOF (Time of Flight) センサや Microsoft Kinect 等の RGB-D センサで得られた深度情報を利用した姿勢推定を伴うアプローチがある。アピアランスベースの動作・行動識別では、HOG (Histograms of Oriented Gradients) や HOF (Histograms of Optical Flow), 3DSIFT (Scale-Invariant Feature Transform) など

の画像特徴量を用いた識別が行われている。

これら 2 つの動作・行動識別アプローチについて研究した。

(1) 姿勢ベースの動作・行動識別

まず、2013 年度から 2014 年度にかけて、姿勢ベースの動作・行動識別に取り組んだ。センサとしては市販品で容易かつ安価に入手可能である RGB-D センサである Kinect を利用した。新たな特徴表現方法として、角度変位の量子化特徴量を提案した。角度変位量子化にあたり、何値化すべきかという量子化レベル、および適切な閾値は不明であるため、角度変位に対して 2 値化から 5 値化まで行い、それらを特徴として日常生活行動を識別した。また、複数フレームの特徴を統合することで時系列変化に対応するが、その統合数などのパラメータも調査した。すなわち、動作・行動識別に有効となる量子化レベル、閾値、およびパラメータについて調査を行った。

(2) アピアランスベースの動作・行動識別

次に、2014 年度から 2015 年度にかけて、アピアランスベースの動作・行動識別に取り組んだ。こちらは RGB-D センサではなく通常のカラーカメラをセンサとして使用した。Computer Vision (CV) 分野において長足の進歩を遂げている微小動作識別技術 Fine-grained Activity Recognition の中でも、Dense Trajectories (DT) [Wang 2011] [Rohrbach 2012] [Wang 2013] を利用した。ギターのピッキング動作を通して、微小動作を解析し、個人のクセの影響も考慮した上で、初心者と熟練者を分類するための基礎技術の提案を行った。

姿勢ベース、アピアランスベース、それぞれ一長一短がある。使用センサを考える場合、RGB-D センサが必ずしも一般的であるとは限らないことに鑑み、2015 年度以降はアピアランスベースの動作・行動識別アプローチで研究を進めることとした。

V. 初心者・熟練者分類および熟達度評価

2014 年度～2015 年度の成果を利用して、2015 年度以降は e ラーニングシステムへの応用を想定した初心者・熟練者分類および熟達度評価手法の確立を目指した。具体的には、映像を用いたサッカー技能の習熟度判定システムの開発に取り組んだ。

サッカースクールでサッカーを学ぶ際の問題として、頻度が 1 週間に 1 回、1 時間から 1 時間半と練習時間が限られているため、個人基本技能に費やすことができる時間が限定されることが挙げられる。そのため、自主練習が必須となる。正しく習得するためには練習中の適切な指導が必要となるが、生徒やその保護者は指導に関する適切な知識やノウハウがなく、間違った形で練習を繰り返すことにより、次のスクールの練習までに悪いクセが定着してしまう恐れがある。ここで、何らかの形で e ラーニングとしてボールキック習熟度判定・指導支援が可能であれば大いに役立つことが予想できる。その際、学習者の経済的負担を考えると、誰でも所持しているような機器で簡単な情報の取得・提示が可能であることが望ましい。

以上の議論に基づき、スマートフォンのカメラでキックの様子を撮影し、動画ファイルをサーバに送って処理・解析した結果をスマートフォンのモニターで見ることができるシステムを考えた。現在多くの人がスマートフォンを所持しており、上述のような処理フローは多くのアプリケーションで実装されていることから特別な知識・機器が必要ないというメリットがある。また、RGB-D センサではなくスマートフォンのカメラの使用を想定するため、動作・行動識別はアピアランスベースとした。

なお、本プロジェクト全体の中での位置づけとしては、基本技能習得のための教示プロセス

①提示、②理屈、③実践、④比較、⑤認識、⑥矯正、⑦反芻、⑧評価、⑨認定、⑩交流

のうちの③実践(やらせてみる)、④比較(違いをしらせる)、⑤認識(違いを認識させる)に相当する。

VI. カメラによる映像を用いた動作分析表示手法により効率的な可視化

サービス受容者（学習者）が学習内容（動作）の習得を効率良く行うために、サービス提供者（教育者）およびサービス受容者（学習者）との動作映像比較表現で表示する手法の研究を行ってきた。サービス受容者（学習者）は、模範映像や、他の学習者との比較表示を用いることにより動作を可視化して学習することが可能となる。しかし、表示が比較映像だけである場合、学習は、サービス受容者（学習者）側の主観的なイメージにより理解されることが多い。そのため関節などを用いて身体的な動きを理解するためには、サービス提供者（教育者）からの説明をもとに長い学習期間を必要とする。また、安価な RGB-D センサにより、骨格モデルを用いて各関節位置を可視化して学習に利用する手法も多くある。ただし RGB-D センサが、屋外などのように使用条件によっては使用できない場合は常時センサを設置する必要がある。そのため、RGB-D センサではなくカメラ映像と骨格モデルから動作分析映像を表示する手法を研究開発し、センサ等の特別な機材がなくても動作映像に数点のランドマークを指定することによりスケルトン映像を生成する手法の構築を実施した。

3-3. 研究開発結果・成果

3-3-1. 教示法開発・実証

I. 技能適用対象領域の分類

（1）技能教育サービスの分野による差異と共通性

本研究では、主に技能教育サービスの現場での問題を解決することを目的に、スポーツ、製造業、介護の3分野における技能教育を取り上げ、そこでの具体的問題に対し、経験価値共創プラットフォームの開発と適用を図ってきたが、この3分野での技能教育は、人間の動作の学習が伴うという点で共通する一方、技能学習の目的（期待される効果、技能の適用対象）において差異があることが明らかになった。すなわち、図3に示すように、スポーツの技能学習の目的は、自己（の動作）であるのに対し、製造業の技能学習の目的は、自己（の動作）によって高精度の「もの」を作り上げることであり、さらに介護の技能学習の目的は、自己（の動作）によって被介護者の満足を得ることであると言える。また、技能の複雑さも上記の順に増加することから、技能学習の困難さも上記の順に増すと考えられる。

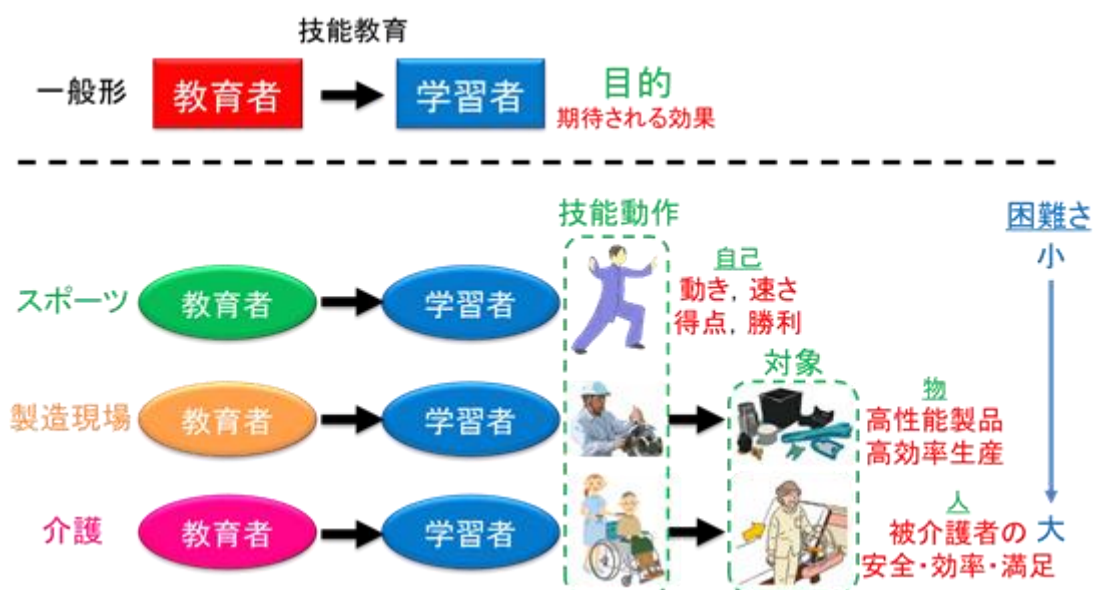


図3. 技能学習の目的による差異と技能学習の困難さ

以上の考察から明らかになったことは、技能教育サービスにおいて顧客であるはずの技能学習者には技能を習得する目的が存在するという事、そしてそれは、単に自己満足というより、技能を適用する対象が存在し、技能適用によって満足する者（最終顧客、もしくはステークホルダーと呼ぶ）が外部にいて、その外部の者を満足させることがインセンティブになっているということである。

（２）サービスに関わるステークホルダー間の関係の視点

各対象領域における技能教育サービスに関わるステークホルダー間の関係を示す。技能教育サービスは直接的には指導者と学習者の二者間の関係で成立するが、ほとんどの場合、学習者は学習した技能を適用する対象を持っている。

その対象が人である場合はその技能適用対象者が、また対象がモノの場合はそのモノを利用する人が、技能によって最終的なベネフィットを受ける最終顧客となる。技能学習者が技能の習得によって感じる満足感は、学習者本人の上達を実感することによる満足感に加え、この最終顧客が学習者の技能適用によるベネフィットに満足することからも得られ、特に対人の技能適用の場合、後者は学習者の満足感に非常に大きな影響を与える。

①介護領域

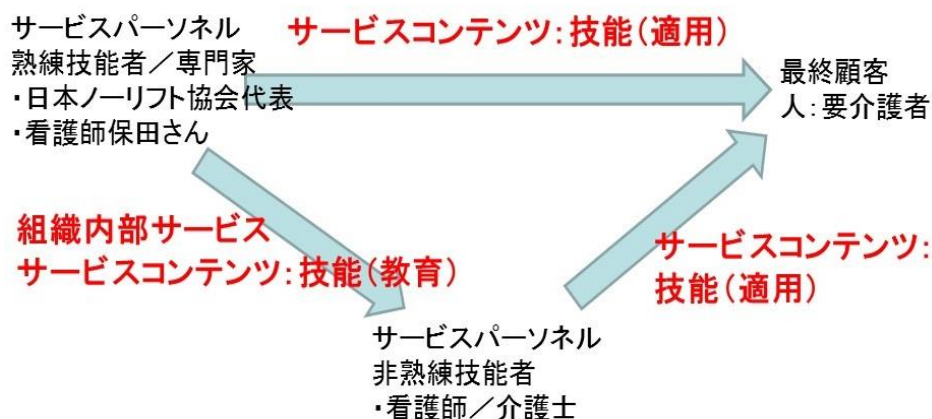


図 4. 介護領域におけるステークホルダー間の関係

②スポーツ領域

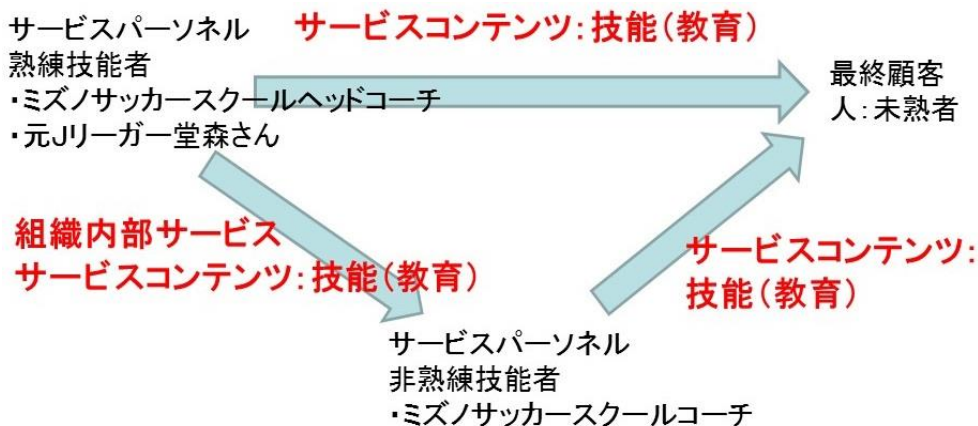


図 5. スポーツ領域におけるにステークホルダー間の関係

③ものづくり領域

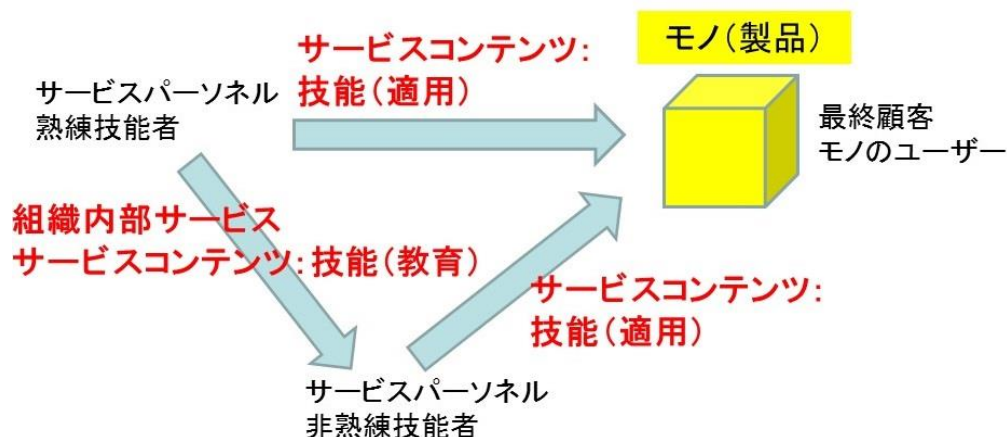


図6. ものづくり領域におけるステークホルダー間の関係

(3) 技能の特性と適用の観点からの技能適用対象領域の分類

技能教育サービスの課題解決と実用化の観点からみて、本プロジェクトで対象とする「介護」「スポーツ」「ものづくり」の3領域がどのように異なる領域であるのかを、メトリクスを設定し特性の違いを明らかにした

技能教育サービスの課題解決と実用化の観点からみた技能適用対象領域を分類するメトリクスは以下の4点、①誰の満足のための技能習得か、②技能評価の客観性・主観性③技能適用対象と作業環境の変動性、④ロボット（自動化機械）による技能者の代替可能性）

これらのメトリクスに基づいて本プロジェクトで対象とした3領域の相違を明らかにした。

表1. 3つの領域の特徴

		スポーツ	製造	介護
誰の満足のための技能習得か		技能適用結果(パフォーマンス)の体験者(技能習得者本人)と見学者の満足のため	技能適用結果(製品)の利用者(対象顧客)と製品販売のステークホルダーの満足のため	技能適用対象顧客とその技能適用に関わるステークホルダー満足のため
技能適用結果の主要な評価指標(技能評価の客観性・主観性)		競技ルールに基づいた記録や勝敗(客観的評価可能)	製造物仕様の完成度(客観的評価可能)	患者のあるべき日常生活動作(ある程度定量的)と満足度(評価は主観的)
技能適用対象と作業環境の変動性	技能の適用対象とその変動性	モノ(低)／人(高) <ul style="list-style-type: none"> モノは規定されている 動作などがルールによりある程度制約されている 	モノ(低) <ul style="list-style-type: none"> 対象物の特性が定量的に明確 	人(高) <ul style="list-style-type: none"> 対象者の身体状態のバラツキ大 満足感の個人差大
	作業環境の変動性	中～高 (ルールに基づき環境はかなり管理されているが、アウトドアなど種別によっては管理が困難)	低 (基本的に作業に適した製造現場環境が設定される)	中 (患者の置かれている環境は多様)

表2. 3つの領域における技能者の代替性と困難性

	ロボット(自動化機械)による技能者の代替可能性	困難性
①スポーツ	なし(技能習得者本人の満足のために技能習得をするため、ロボットによる代替はない)	---
②モノづくり	完全にロボットによって技能者代替の可能性あり	<p>中</p> <ul style="list-style-type: none"> 作業が定義可能 自動化受容性が高い(技術リテラシーの高さ、機器導入抵抗感の低さ) 対物作業のため導入機器に求められる安全性のハードルが低い
③介護	一部ロボットによる技能代替の可能性あり	<p>高</p> <ul style="list-style-type: none"> 技能適応対象(人)の満足感が提供価値に非常に大きく影響するが満足感を高める自動化の開発が困難 技能適用対象と環境の変動性が高く適用する技能が極めて多様 高い対人安全性要求やエンドユーザーの機器導入への低受容性 多くの現場で高額機器導入が困難

また、技能教育対象(学習者)を人間だけではなく、ロボットとする場合も検討対象に加えた。取り上げた事例は技能適用を人間とロボットが協働して行う事例であるが、技能適用対象領域の分類のマトリクスの一つである「自動化」に対し、自動化が可能でかつその困難さが中程度である「ものづくり」については、熟練者の技能の教示先は人間ではなく、ロボットとして技能適用を完全にロボットが行っていくことも現実的になりつつあり、今後の研究では重要な課題になっていくと考えられることが示唆された。

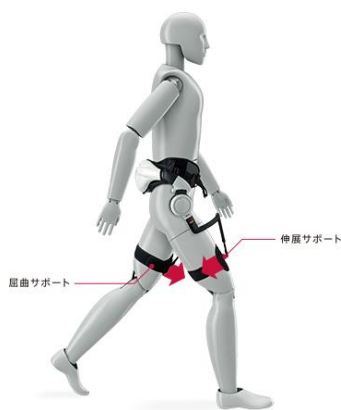


図7. 技能サービスロボットの例

通常の技能の伝達手段は動きを外から見ることに直接、教育者が触れて力を加えることによって行われている。前者は画像化することによりeラーニングに持ち込めるが後者はeラーニングに持ち込むことが困難であり、それが身体的な動作を伴う技能教育をface to face からeラーニングに転換していくことを困難にしている。力の加減をそのまま伝える手段を持ち込めば可能に

ホンダ社のリズムアシストという装着型ロボットを活用したリハビリを研究対象に加え技能教育という観点から検討を行った。この事例は、技能教育（伝達）を人間とロボット（道具）が協働して行う事例である。ロボットを組み込むことにより、①人間だけによる技能教育ではできない効果的な技能教育を行うことができる、②エンドユーザーに物理的な力を伝達する新たな手段となり、実際に教育者が学習者に触れて伝達する「力加減」も遠隔から伝達可能、となっていた。本プロジェクトでは、「技能の伝達（教育）の新たな道具（ロボット）を取り入れた、従来に比べより効果的な技能教育方法を試行している熟練者・専門家（京都大学 大畑光司）の方法を評価指標として設定して体系化し、どのような戦略で効果的な教育を行うかを導くこと」を目指す。

(4)「介護」と「スポーツ」の中間領域の「リハビリ」領域の検討

サービスパーソネル 熟練技能者／専門家
・大畑先生
(京都大学・医学研究科 人間健康科学系専攻理学療法学講座)

サービスコンテンツ: 技能(教育)

サービス顧客 未熟者(患者)

高度技能補助道具 歩行アシストロボット
・メーカー: ホンダ

サービスコンテンツ: 技能(教育)
高度技能補助道具(歩行アシストロボット)
購入者向けサービス

サービスパーソネル 非熟練技能者
・高槻愛仁会病院・理学療法士

サービスコンテンツ: 技能(教育)

(5) 基本技能と応用技能

19

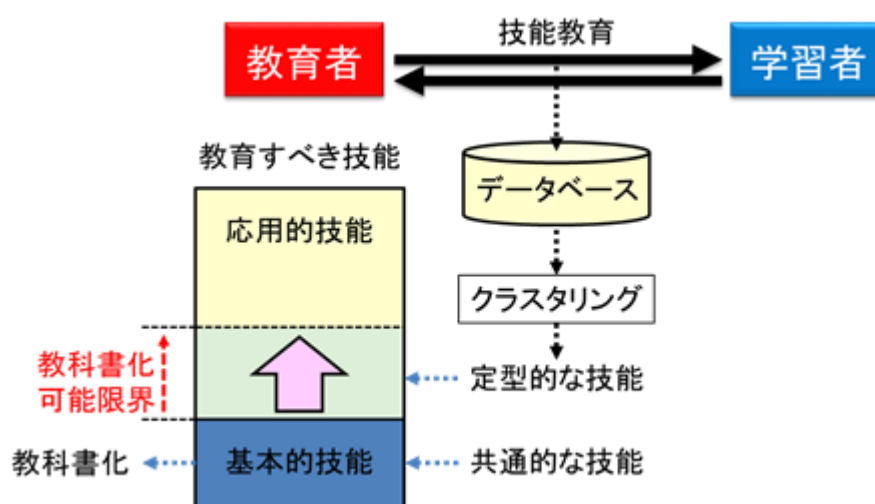


図 9．教育すべき技能の形式知化・教科書化の概念

以上の議論から，経験価値共創プラットフォームには，

- ① 教科書化された基本的技能の学習システム（あらかじめ準備し，学習者が自習で活用可）
 - ② データベースへの格納，データ分析，クラスタリングによる技能の形式知化機能
 - ③ 教育者と学習者をネットワークで接続し，オンライン実時間で動作やコメント，評価結果などを共有し，応用的な技能も教育可能な枠組み
- の 3 つの機能を具備させるべきとの結論に達した．

さらに，現場における技能教育のニーズ調査の結果，経験価値共創プラットフォームには，学習者の動作をある程度自動的に評価する機能が求められることが明らかになった．そこで，その評価機能を構築するために，技能ポートフォリオデータベースを利用して動作の評価方法を抽出するプロセスの設計を行った．図 10 にその概要を示す．まず，技能教育における学習者の動作データ（画像，動画など）と運動計測データ（関節角度や力など）をデータベースに格納し（Phase 1），次に教育者は動作データを見て動作の評価を行い，その評価結果もデータベースに格納し

（Phase 2），さらに評価結果と運動計測データの相関から，関節角度や力などから動作を定量的に評価する方法（評価関数）を抽出し，タグ付けを行う（Phase 3）こととした．この評価関数を用いることにより，自動評価が可能となる．

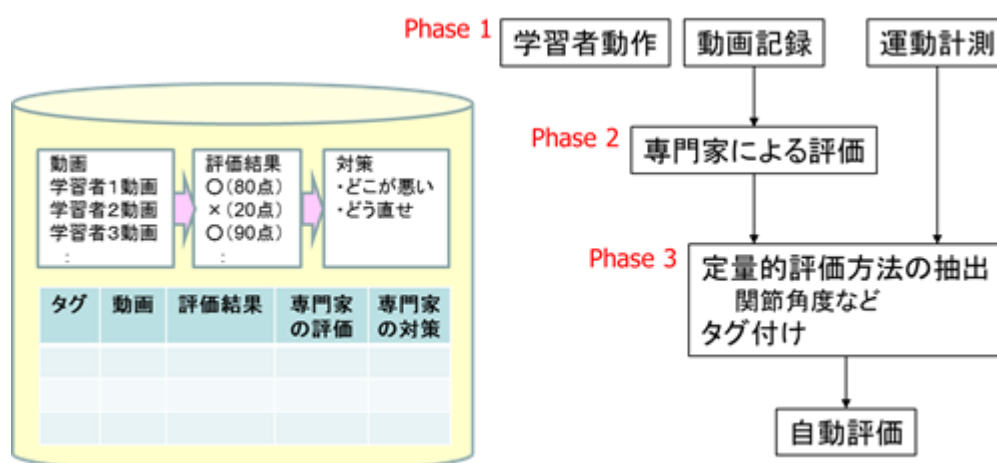


図 10．動作の評価方法を抽出するプロセスの概要

（６）対象とする技能

技能教育において対象となる技能は、以下のような観点で分類できる。

①対物か対人か：対物はモノを対象とした主に製造現場やサービスのバックステージの生産現場における技能の教育，対人は対人サービス顧客に対して提供される技能の教育である。

②技能習得の目的による分類：技能レベルを競い合うことを職業とする技能者に対する技能教育（競技型スポーツコーチングなど）と技能を習得することそのものに価値を見出す人に対する技能教育（参加型スポーツ・コーチング）に分類される。

③基本技能か応用技能か：基本技能は、状況に応じて技能を適用する際の基本となる技能で、技能実践において重要な基本動作パターンを頻度と難易度により分類しリスト化し、各動作の要点を「理屈」に合わせて提示、「理屈」に沿った評価方法の設定、評価結果の見える化、レベル認定による満足感の向上をはかることが多く行われている。

一方、応用技能は、変化する状況（コンテキスト）に適合して基本技能を組合せて発揮される技能で、起こり得る確率の高い実践状況を抽出しシミュレーション、各状況に応じた実践に対するアドバイス、あるいは成功者の事例の参照、上達速度の遅い、苦手と判断できる状況の抽出と提示を行うことが行われている。

Ⅱ．技能教示（学習）プロセスの設定

（１）先行文献調査

技能教示（学習）プロセスにあたり、モノづくり技能の伝承に関する文献としては以下の文献を参照した。

- ・森和夫、『技の学び方 教え方』，中央職業能力開発協会，2002
- ・森和夫、『技術・技能伝承ハンドブック』，JIPM ソリューション，2005
- ・森清善行、『労働科学叢書 58，労働と技能』，労働科学研究所，1981
- ・山本孝，『熟練技能伝承システムの研究』，白桃書房，2004

また、運動技能習得と教示方法に関しては以下から仮説設定を行った。

- ・乾敏郎，安西祐一郎編，『イメージと認知』，岩波書店，2001
- ・高野陽太郎編，『認知心理学 2 記憶』，東京大学出版会，1995
- ・中村隆一，斎藤宏，長崎浩，『基礎運動学 第6版』，医歯薬出版，2006
- ・ジェームズ・E・メイザー，『メイザーの学習と行動』，2008
- ・ネヴィル・クロス，ジョン・ライル，『コーチと選手のためのコーチング戦略』，八千代出版，2008

- ・Howard Gardner，黒上晴夫監訳，『多元的知能の世界』，日本文教出版，2003
- ・Fitts, P. M. (1964). *Perceptual-Motor Skill Learning*, In A. W. Melton ed., *Categories of Human Learning*, New York Academic Press.
- ・Hatze, H. (1976). Biomechanical aspects of a successful motion optimization. In P. V. Komi(Ed.), *Biomechanics* V-B. Baltimore: University Park Press.
- ・Newell, K. M. (1974). Knowledge of results and motor learning. *Journal of Motor Behavior*,
- ・Rushall, B. S. (1995). Think and Act like a Champion. Sports Science Associates.
- ・Salmoni, A. W., Schmidt, R. A., & Walter, C. B. (1984). Knowledge of results and motor learning: A review and critical reappraisal. *Psychological Bulletin*, 95
- ・Schmidt, R. A. (1991). Motor Learning and Performance. Human Kinetics

（２）技能教育の実現場（介護）における調査を通じた技能教育の課題

フィールド調査方法としては参加型観察，インタビュー調査，アンケート調査，調査対象としたのは日本ノーリフト協会主催のノーリフトケア（持ち上げない介護）技術講習会，ミズノスポ

ーツサービス社による高齢者コミュニティに対する健康スポーツ教室である。

日本ノーリフト協会主催技術講習会でのアンケート（2013年10月23日実施）では、以下の14項目を調査した。氏名、性別、職業、介護の経験年数、介護技能習得をどのように行ってきたか（本、セミナー、TV/ビデオ、インターネット、社内研修、他の介護士など）、またそれにどのくらいのお金をかけているか、これまではどのような習得方法が最も有効だと感じたか、習得の際にどこに不満があるか（介護の技能を教わるときにどのように教えてくれればもっといいと感じているか）、技能を向上させようとする一番の動機は何か、教える側が教えようとする内容がうまく理解できないことがあるか、うまく理解できないときにどのようにしてもらったら理解できたか、同じように教わっている他の人がどのように学んでいるかは気になるか、自分が学んだことや学んできたことを復習したり、振り返ったりすることはあるか、やっていない場合、なぜやらないのか、あるいはやれないのか、習得した技能を他の人に教えたことはあるか、上達したと感じたことはあるか、それはどんなときに上達を感じたか。調査結果は以下のとおり（図11）。N=11（介護士8,看護師1,看護助手1,特別支援学校教員1）であった。

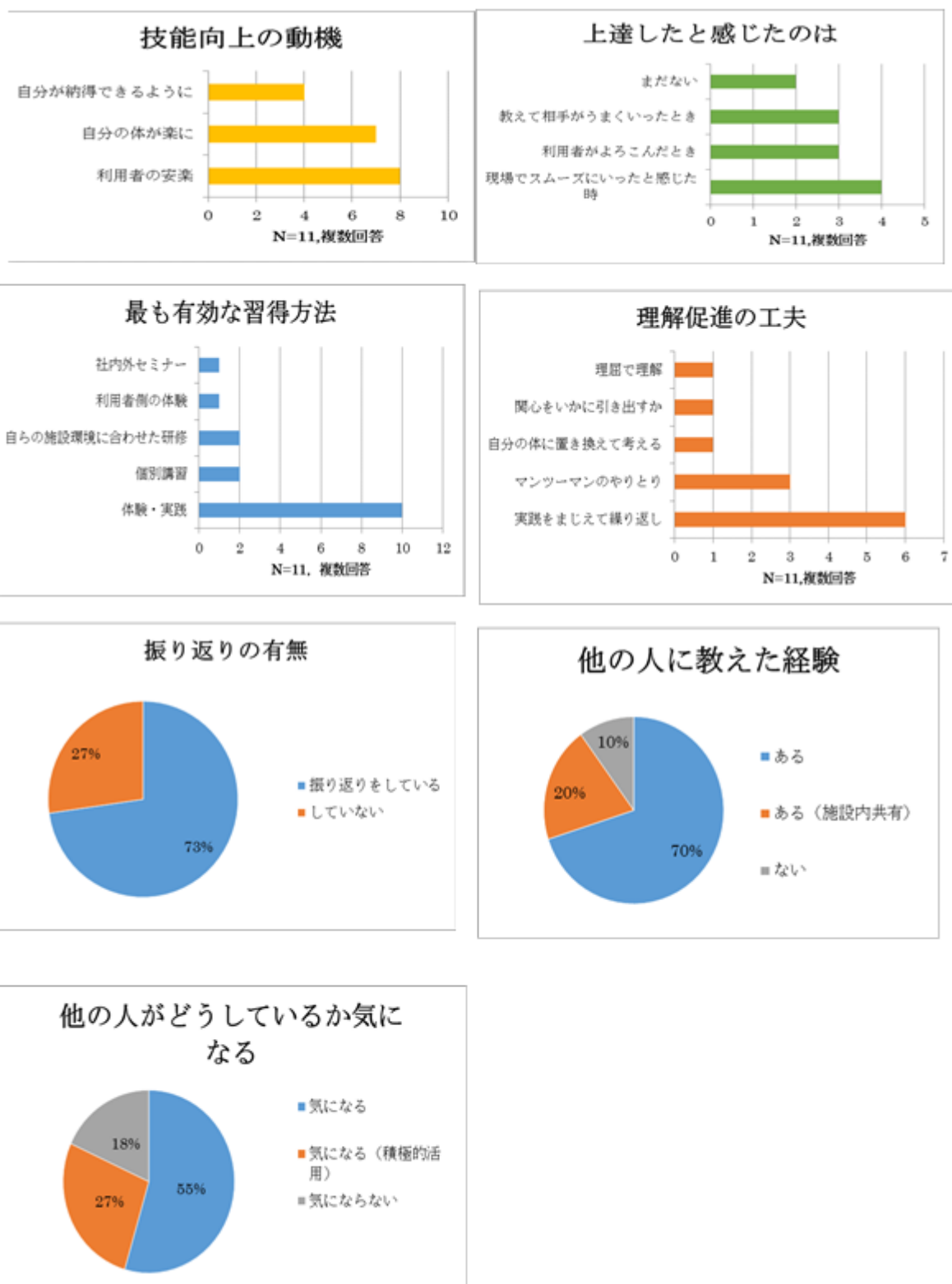


図 1 1. アンケート調査の結果

（３）技能教育課題解決のための技能教示サブプロセスの仮説設定、仮説サービスの試行と有効性の検証

ミズノスポーツサービス社による高齢者コミュニティに対する健康スポーツ教室の企画の中に考案した技能教示サブプロセスの仮説を組み込んだ実証実験を行い、その有効性の検証を行った。具体的には face to face の健康スポーツ教室のトレーニングにおいて manebi 社によるインターネット e ラーニングサービスを活用した実証実験を行い、インターネット e ラーニングによる技能教育の課題とその解決方法を試行錯誤しながら探索した。manebi 社によるウェブを通じた e ラーニングサービスを利用し、スポーツ技能トレーニングビデオを実際にコンテンツとしてアップロードし、高齢者コミュニティとして選定した西宮・清瀬台団地で適用することで技能教育コンテンツ提供プラットフォームとしての問題点の洗い出しを行った。問題点の洗い出しのため、参加した住民を対象にアンケート調査とトレーニング実施中の様子をビデオで撮影した。アンケート調査は、各参加者に対して 2 回実施し、1 回目はトレーニングビデオのみを視聴後にビデオから得られた情報に対する満足度や理解度について、2 回目はトレーニングビデオに加えて指導員による直接指導を行った後に、1 回目と同じ質問を行った。ビデオ撮影は、1 回目のビデオ視聴時に、2 回目は、ビデオと直接指導を行ったときに参加者の運動動作を観察評価した。

manebi 社による技能教育コンテンツ提供プラットフォームに、ミズノスポーツサービス(株)運営施設で使用している 10 分間のストレッチングビデオをアップさせ、ビデオ映像のみの視聴とビデオ視聴に加えて運動指導士による直接指導（以下、ビデオ視聴＋直接指導）を実施し、満足度や理解度の比較を行った（図 1 2）。

満足度としてストレッチングが気持ちよく行えたかどうかについて質問したところ、ビデオ視聴のみでは、4%の人が「あまり気持ちよくなかった」と回答した。理解度としてビデオに出てくる指導者どおりに行えたかどうかを質問したところ、ビデオ視聴のみでは、「かなり難しかった」・「やや難しかった」が合わせて 16%、一方の「かなりわかりやすかった」は 8%と、ビデオ視聴に加えて直接指導したときに比べてかなり低かった。これらのことから、ビデオ視聴だけによる指導では、伝えるべきことが参加者に十分に伝わっていないことが推察された。

ビデオどおりに行えたかどうかについて、アンケート調査による主観データだけではなく、撮影したビデオから観察的評価をおこなった。観察的評価のポイントは次の 2 点とした。

- i) ストレッチング開始時あるいは実施中の座位姿勢
 - ・背筋が伸びているか
 - ・骨盤が前後傾位ではなく、まっすぐなニュートラル位になっているか
- ii) 動作中の姿勢
 - ・座位姿勢を崩さず、指導者のインストラクションどおりの姿勢を保っているか
 - ・指示どおりの動きができているか

図 1 3 の写真は、左側がビデオ視聴のみ、右側がビデオ視聴に加えて直接指導を行ったときの静止画像である。まず、写真の座位姿勢に着目した。写真左は、ほとんどの参加者が上体を支持するために両手を体幹から離して着いているため骨盤後傾位になっており、脊柱への負担が多い姿勢になってしまっている。一方の写真右では、座布団を二つ折りにして座らせたことで骨盤位置が左に比べてニュートラルに近づいたことがわかる。

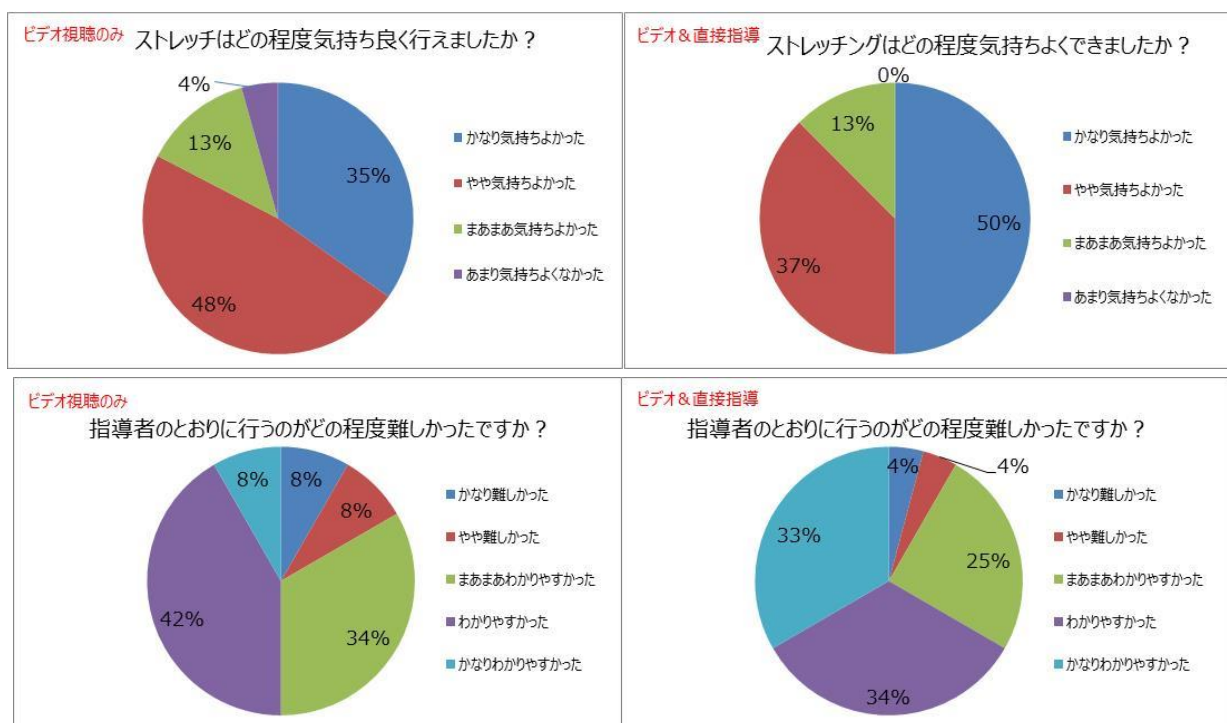


図 1 2. ストレッチングビデオの視聴および直接指導に対する満足度と理解度調査の結果



図 1 3. 座位姿勢の違い（左：ビデオ視聴のみ，右：ビデオ視聴+指導）

次に、腰周りのストレッチングを実施したときの様子を観た。図 1 4 のようにビデオの指導者は、左手を身体の後ろにつき、左膝を右肘で押すように口頭でもインストラクションを行っている。上記のビデオ視聴のみの指導に対して、参加者は図 1 5 左のように左手をつく位置が曖昧で、右手で左膝を押すこともできていなかった。一方の図 1 5 右では、動作中の姿勢もほぼ改善し、どこが伸ばされているかも理解できていた。



図 1 4．ビデオの指導者の様子

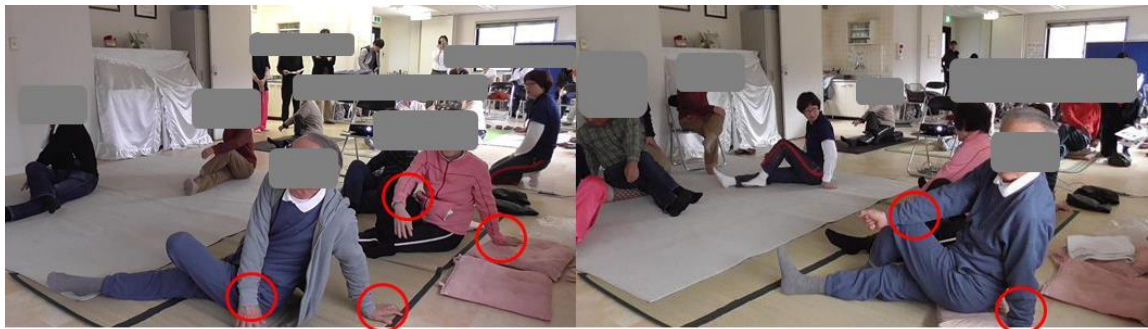


図 1 5．腰まわりのストレッチング

同じストレッチングを反対側で行っているときの様子である。図 1 6 左では、右手のつく位置が身体よりかなり離れており、上体がかかなり後ろに傾いている。図 1 6 右では、かなり改善していることが観察できた。



図 1 6．腰まわりのストレッチングの反対側で行っている時の様子

アンケート調査及びビデオによる観察的評価から、下記の問題点を抽出した。今回技能教育コンテンツ提供プラットフォームにアップされたストレッチビデオは、

- i) 指導者の前額面状で撮影された動画となっていたため、指導者の背部の動き、例えば身体を支えるときの手の位置などが参加者には理解しにくいこと。
- ii) 参加者は、ビデオの指示にあわせて動いているが、そもそもどこの筋肉を伸ばすための動きなのかビデオ映像からの指示だけでは理解しにくいこと。
- iii) 参加者自身の身体が硬いため、ビデオどおりに動くことが難しい。身体が硬い人の場合、

どのようにすれば楽にストレッチングが行えるかの指示が必要であること。

最後に、参加者に対してストレッチングが習慣化できそうかをアンケートで聞いた結果を示す。

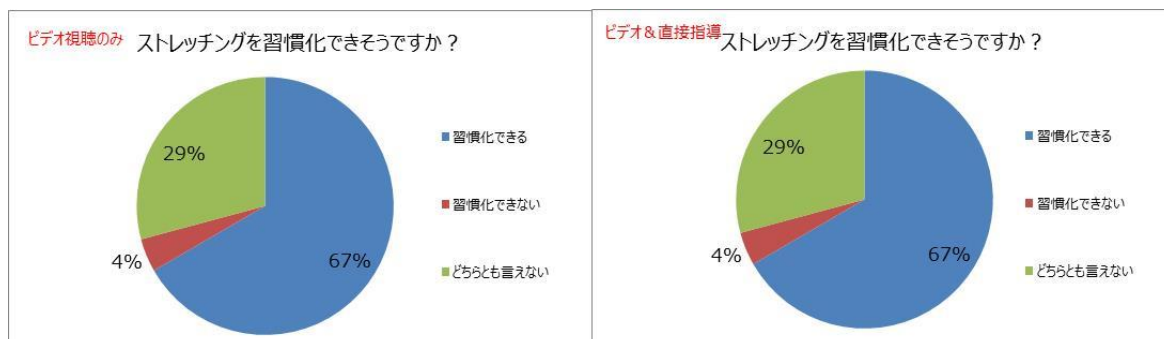


図 17. ストレッチングが習慣化に関する調査結果

ビデオ視聴のみ、ビデオ視聴＋直接指導に関わらず同じ結果であった。参加者が居住する地域コミュニティは、健康に対する関心度がかなり高かったため、ビデオ視聴のみでもすでに半数以上が「習慣化できる」と回答していた。一方、「習慣化できない」・「どちらとも言えない」と回答した人は全体の 34%を占めており、ビデオ視聴＋直接指導でも同じ結果であった。これら参加者からは「一人だといふてしまう」、「習慣化するための強い意志がもてるかどうか自信がない」、「すぐに忘れる」といった意見が記入されていた。こういった意見を解決するには、資格を持ったトレーナーによる指導のみでは解決が難しく、今回地域コミュニティからの「コミュニティ指導員」が中心となって技能教育コンテンツ提供プラットフォームの活用を推進して習慣化に結びつけることが必要であると考えた。

(4) 技能教示プロセスの考案

先行文献調査ならびに技能教育現場にインターネット e ラーニングサービスを通じた技能トレーニングのコンテンツを活用した実証実験を通しての検討を参考に教示プロセスとして「観察情報フィードバック教示プロセス」を考案した。

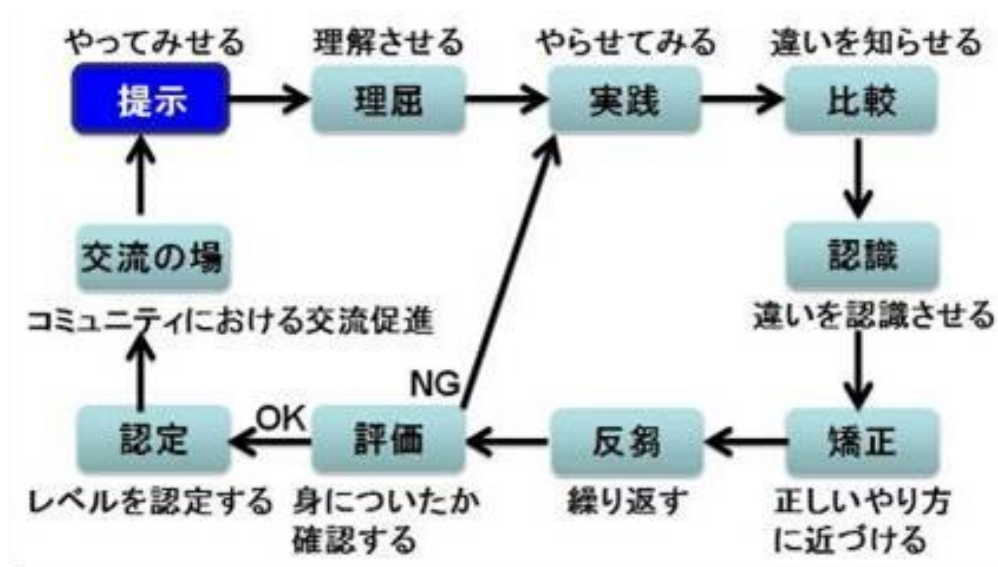


図 18. 観察情報フィードバック教示プロセス

このプロセスに学習（教示）プロセスの有効性を高めるための経験価値共創プラットフォームによる施策と施策による効果を加えた図が図19である。

→を付けたサブプロセスは特に経験価値共創プラットフォームの機能が効果的に働くサブプロセスである。赤線で囲んだサブプロセスは、見える化の機能を活用することによって指標を高めることが期待できるサブプロセスである。緑の矢印のサブプロセスはデータベースを活用することによって、個別の教師や学習者にとって最も有効な方法を提示し、効果的な学習の促進につながることを期待できる。

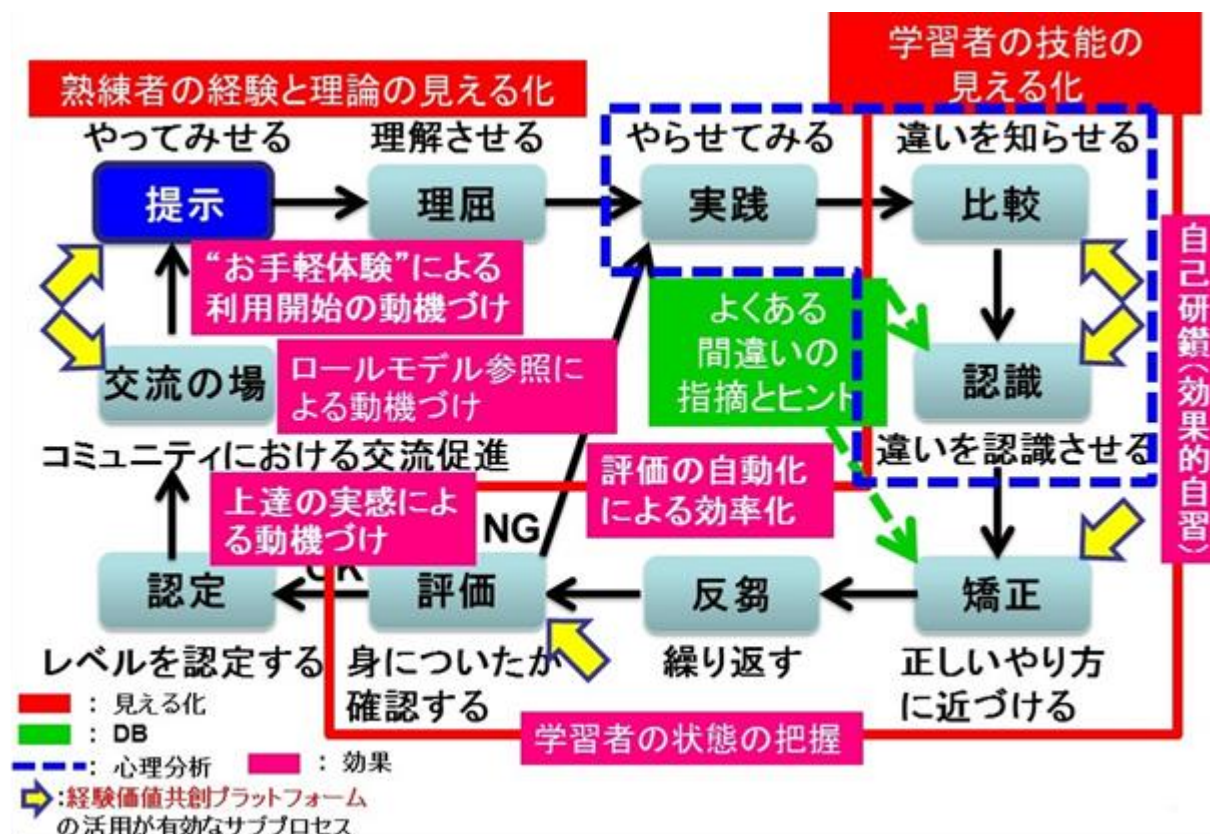


図19. 経験価値共創プラットフォーム機能の適用と期待される効果

「基本技能」学習（教示）のための経験価値共創プラットフォームを活用したオフラインeラーニング教示システムのイメージは以下の図20である。たとえば、face to faceでの従来の技能教育に組み合わせることによって効果を発揮する。自習の際にこのシステムを活用し、face to faceでの場で学んだ内容を正しく繰り返すことができ、また、その学習の状況を、経験価値共創プラットフォームを通して教師も共有することができるため、次のface to faceの場での教育に反映することが可能になり、相乗的に学習効果をあげることができる。実際に技能教育サービスを実施している教師／コーチに聞くと、face to faceによる教育は時間的に非常に限られているため上達をするためにはいかに正しく多くの時間を自習にかけてもらうかが極めて重要で、また自習時にどのような点がうまくいかなかったかを学習者からきちんと伝えてもらえるかが鍵になると述べている。

従来の学習プロセスに比べ、①学習開始の動機づけ、②学習継続の動機づけ、③学習効率の向上、④達成レベルの高さ、の4つを高めうる、①提示、②理屈、③実践、④比較、⑤認識、⑥矯正、⑦反芻、⑧評価、⑨認定、⑩交流の10のサブプロセスからなるプロセスである。

これらの各指標を高めるための各学習（教示）サブプロセスの設計の視点として、以下が考え

られ、これらを具体化する機能を経験価値共創プラットフォームに盛り込む。①提示：模範技能をどのように見える化し、どのように提示するのがよいか、②理屈：これまでの技能教育における「理屈」の整理と不足していた「理屈」の抽出、どのように理屈を伝えと理解されやすいか、③実践：どのような技能トレーニングをやらせるか、学習者の実践をどのように学習者の負担が少なく（安価で容易に）オンラインで教育者と共有するか、④比較：模範技能と学習者の実践技能の差をどのように見える化するか、⑤認識：違いを説明させ理屈に沿っているかを学習者と指導者がともに認識するプロセスをどのようなやり方で行うか、⑥矯正：誰がどのような形でアドバイスを提供するか、学習者コミュニティによるアドバイスはどのようにすれば有効に活用できるか、⑦反芻：繰り返しの実践によって模範技能との差が縮小しているかどうかを提示できるか、⑧評価：評価は満足感に影響を及ぼすか、満足感を高める評価方法はどのようなものか、満足感は継続実践の動機づけとなるか、⑨認定：認定は満足感に影響を及ぼすか、満足感を高める認定方法は、⑩交流：コミュニティメンバーのレベル認定はメンバー間の交流、切磋琢磨を促進するか、コミュニティ内のやりとりから実践における多様な状況と各状況への技能適用の知見を学習者と教育者がともに得ることが可能か。

教示プロセスと各サブプロセスの具体施策／経験価値共創プラットフォームの機能案については、日本ノーリフト協会主催のセミナーでの看護師・介護士向けのノーリフト介護技能の教育現場における意見交換やミズノスポーツサービスのスポーツ教室のコーチとの意見交換によってブラッシュアップをはかった。

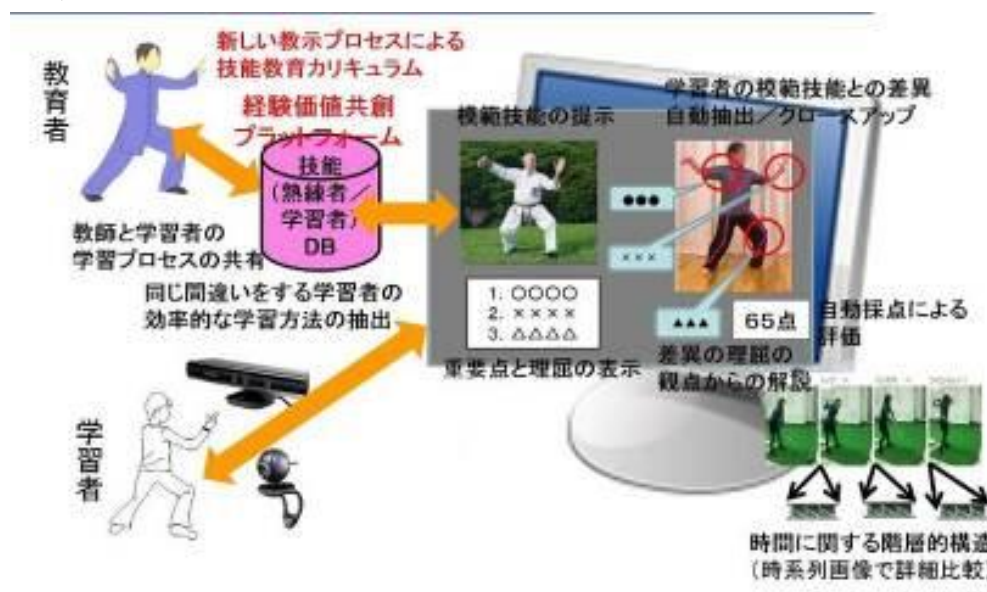


図20. 経験価値共創プラットフォームを活用したeラーニングシステム案

III. 実用化を想定した実証と課題抽出

(1) 各対象領域(介護、スポーツ、ものづくり、リハビリ)における遠隔・リアルタイムeラーニング技能教育教示プロセス導入シナリオの作成

①介護領域

介護における基本技能習得プロセスについては、従来型のeラーニングで学べる技術もあるが課題としては、継続した教育が法人や組織で行えるかであった。また、技術提供者の経験が増えると自己流になりがちなため個人によって方法が違うということをさけるためには、基本技能eラーニング教材をどのように活用するかが課題であった。その為、今年度は昨年度制作したeラーニング教材を使用して、経験価値共創プラットフォームを活用した教示プロセスが受講者や指導者そして利用者(患者)の個別性が重要視される介護の分野においてどのように構築できるの

か検討した。

日本ノーリフト協会が定義した経験価値共創プラットフォームを活用した e ラーニング教材とは、基礎教育だけに関わらず、現場の課題を抽出するための腰痛調査から始まり、継続するための、腰痛の再調査やヒヤリハットデータベース作成などのことを指した。

方法として、

- ・ 対象施設へeラーニングの紹介と活用の説明
- ・ 基本技能eラーニング教材を使い、動作の見える化、脳波による集中度の測定などを行い技術の習得を検証する
- ・ 基本技能eラーニング教材での技術習得アウトカムを活用したノーリフトケアコーディネーター養成講座のプログラムの見直し

実施内容として、

- ・ コンサルティング介入施設や公募した施設からのシートセミナー参加者／ノーリフトケアコーディネーター養成講座参加者へのeラーニングの紹介と活用の説明の実施
- ・ 同意を得られた施設のスタッフを対象にシートの技術にフォーカスをおいた基本技能eラーニング教材を活用した技術到達度の測定の実施
- ・ eラーニング教材プロトタイプの修正



図 2 1. 介護領域における経験価値共創プラットフォームの活用プロセス

②スポーツ領域

ミズノスポーツサービス株式会社サッカースクールでは、小学校 1 年生以下を対象とした U-6 クラスから小学校 4-6 年生を対象とした U-12 クラスに加えて、選手クラスも運営している。選手クラスは、クラブチームに所属しているもしくはセレクション合格者を対象とした基本技術を習得している熟練者を対象としている。いずれのクラスも 1 週間に 1 回、1 時間から 1 時間 30 分の教室運営をクラス別カリキュラムに従って進めている(カリキュラム例は表 3 を参照)。このカリキュラムに e ラーニングを組み入れるためにまずは以下の課題に注目し、下記の計画に沿って自宅で復習に使えるシステムのプロトタイプの開発を進めた。

サッカーの基本技術を習得には、教室だけでなく、自主練習が必須である。しかし 1 回の教室時間内に基本技能習得のため、現在の課題や課題解決の為の練習方法を各コーチが個々のスクール生や保護者に指導する時間がないという課題がある。また、スクール生や保護者自身も改善するための知識・ノウハウは持っていない。これら課題を解決するため、まず基本技能習得のための教示プロセスを先行文献調査から観察学習と強化学習を組み合わせた以下の 10 のサブプロセス（①提示、②理屈、③実践、④比較、⑤認識、⑥矯正、⑦反芻、⑧評価、⑨認定、⑩交流）を

考案した。10のサブプロセスのうち、②理屈（理解させる）、③実践（やらせてみる）、④比較（違いを知らせる）、⑤認識（違いを認識させる）の一連が見える仕組みを作成した。

表3. ミズノスポーツのサッカースクールのカリキュラム例

	U-6	U-8	選手クラス
ドリブル フェイント	ボールに慣れる 足でボールを運べる ドリブルの強弱がわかる	ボールの習性を覚える 方向を変えられる ボールと一緒に動ける 障害物を避けられる	細かいタッチでボールに触れる スピードを変えられる 色々なフェイントを使う
ボール コントロール	足でボールを止められる いろいろな箇所で止められる	ボールの習性を覚える バウンドリフティングができる しっかりボールを止められる ボールを止めて、動ける	いろいろなリフティングが出来る 動きながら止めれる 周りを観ながら止めれる 思ったところにしっかり止めれる いろいろな箇所で止めれる リフティングが出来る
パス キック	蹴る楽しさを覚える 止まったボールをしっかり蹴れる 友達、コーチと仲良くなる サッカーを楽しむ	インサイドキックが出来る キックの強弱ができる 狙ったところに蹴れる	相手を考えて蹴れる 狙ったところにシュートをうてる ダイレクト、止めて蹴る、ドリブルしながら蹴る、判断を早く出来る

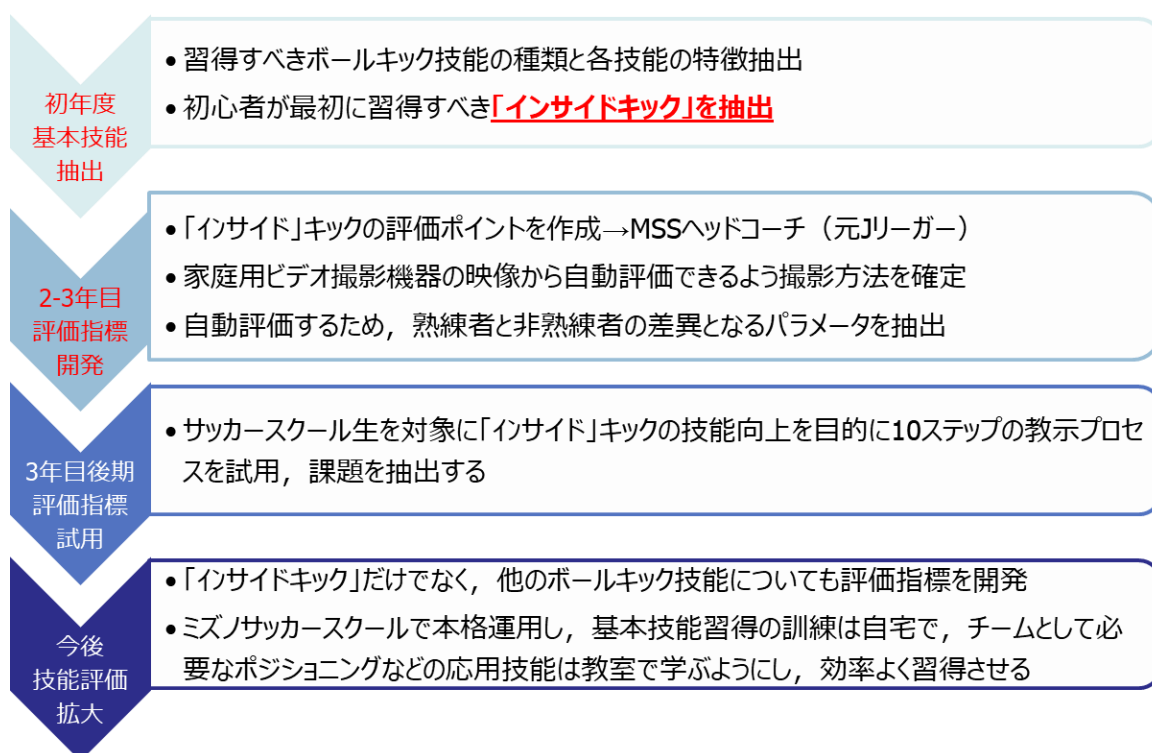


図22. サッカースクールのeラーニングサービスのシステムフロー

③ものづくり領域

a)脳波から満足感を含む心理推定アルゴリズムを確立し、b)実技能学習シーンで利用可能な心理・動作計測eラーニングアプリ（e-training analyzer）を完成し、c)熟達者らの暗黙知に基づく技能動作分析法や経験価値の見える化の手順（見える化プラン）としてまとめて提案する。続いて④推定心理に基づく学習支援法を提案し、最終年度でこれらツールと支援方法を製造業技能教育と介護技能指導に適用する。

e ラーニングサービスベンチャーの(株)manebi がメーカーへの労働者派遣に対し、ものづくりに関わる e ラーニング教育プログラムの開発を開始し、そこにプロジェクトの成果の導入の検討を行う。

④リハビリ領域

本研究開発で実施した項目は図 2 3 の赤枠に示した箇所である。技能教育に至る過程は中川らの研究を参考にする[Nakagawa 2014]。研究開発の流れは図中にある通り、3つのプロセスに分かれており、技能抽出、技能検証と技能教育となっている。技能抽出で熟練者の技能が何であるかを明らかにし、技能検証では技能教示システムを用いて熟練者の技能を再現する。本研究開発では、第一段階である技能抽出を実施する。

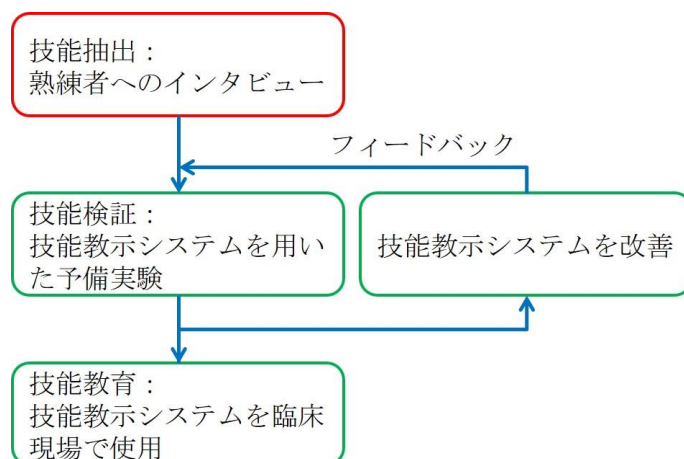


図 2 3. 技能教示システム開発における本研究開発の位置づけ

(2) 導入シナリオに沿った実用化サービスの想定とプロトタイプ開発

各対象領域におけるサービスの実用化に向けた進捗は以下の通り。

①介護領域：

a) 介護士の腰痛予防（ノーリフト）介護の基本技能 e ラーニング教材のプロトタイプの製作

ノーリフトケアプログラム内容から椅子の運び方とシートの活用を抽出して基本技能 e ラーニング教材シナリオ制作を通して、技術の伝達ポイントの整理と手順の整理を行うことができた。それによって、評価ポイントも作成できた。しかし、介護における基本技能習得プロセスについては、従来型の e ラーニングで学べる技術もあるが課題としては、継続した教育が法人や組織で行えるかが大きな課題であった。また、技術提供者の経験が増えると自己流になりがちなため個人によって方法が違うということをさけるためには、どのように従来の技能教育における教示／学習プロセスをベースとし、経験価値共創プラットフォームの見える化が行え、それらをデータベースとして取り込み活用できるのかをクリアする必要がある。平成 26 年 12 月以降は、この課題に注目し、実証グループ以外のグループとも持っている技術や専門性の活用について意見交換を重ねた。その結果、大きな枠組みで e ラーニングという言葉をとらえる必要があることが分かった。①学習開始の動機づけとして、日本ノーリフト協会が従来から行っている腰痛関連調査を行うことで、施設や組織の現状の課題をとって見える化する。その後、シートの使い方や椅子の運び方を実施し、そこでのうまくいったこと（グッドプラクティス）やひやとしたこと（インシデント）を集めるデータベースを作成した。このデータベースが、②学習継続の動機づけとなっていくことが予測される。そして、もう 1 つの対象者であるケアを受けている側の身体変化もとらえることができるようにすると③学習効率の向上、④達成レベルの高さへとつながっていくことが期待できる。

以下詳細に述べる。ノーリフトケアプログラム内容から椅子の運び方とシートの活用を抽出して基本技能eラーニング教材のプロトタイプシナリオの作成と経験価値共創プラットフォームの見える化が行え、それらをデータベースとして取り込み活用できるのかを検討することを目的とする。

方法として、

- ・ 各講師の共通項目と言葉を定義する。
- ・ 基本技能eラーニング教材の章立てを行い、今年度行う項目をしぼる。
- ・ 今年度行う項目抽出の検討と課題を定義する。
- ・ コンサルティング等に関わっている介護施設で項目に関連したマニュアルを作成する。
- ・ 基本技能eラーニング教材シナリオと画像での見せ方を検証する。

実施内容として、

- ・ シートを用いた際の階層技術と内容の整理
介護における基本
シートを使う際の理屈・原理原則
シートの基本動作
シートの応用編
- ・ 基本技能eラーニング教材となるものの章立てを行い、第2章の実技からスライディングシートの活用方法を項目として行うことを検討した。
第1章 概論 腰痛の発生 ノーリフトとは 腰痛予防対策の矛盾
第2章 ノーリフトケアの基本（実技編）
第3章 ノーリフトケアの応用 実技から応用編を絞る
第4章 ケアの質へのアプローチ ケアの質を保つ 拘縮予防 褥瘡予防
第5章 ノーリフトケアの実際 導入事例
- ・ シートを基本技能eラーニング教材とする際の課題
 - 見せ方によっては活用方法が分かりづらい。
 - 技能の到達／評価判定をどのように行うのか。→シートの中でも基本と応用技能に分かれるため、手順を作った。
 - 講師陣でも人によって方法が違うためどの動作を基本とするのか→上記の手順を活用して基本動作を決めた。
 - 介護における基本技能習得プロセスについては、従来型のeラーニングで学べる技術もあるが課題としては、継続した教育が法人や組織で行えるかであった。また、技術提供者の経験が増えると自己流になりがちのため個人によって方法が違うということをさけるためには、どのように従来の技能教育における教示／学習プロセスをベースとし、経験価値共創プラットフォームの見える化が行え、それらをデータベースとして取り込み活用できるのかが課題となることが分かった。
- ・ 実際の現場でシートの手順のマニュアル作成と改訂を数回くりかえし評価ポイントの検討を行った（図24、表4）。

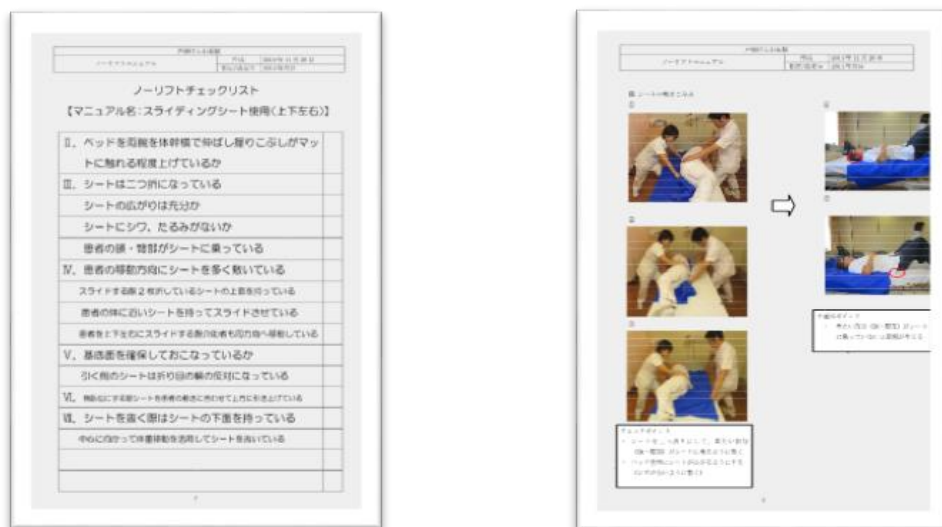


図 2 4．実際の現場でシート使用のチェックリスト

表 4．スライディングシートの取扱い手順

スライディングシートの取り扱い手順（上下移動）
患者に説明する
ベッドの高さを調整する
ベッド柵を取り外す
シートを患者さんの手前側（A）に敷く
向こう側（B）へ寝返りの介助をする
患者さんの背中にシートを敷きこむ
患者さんを手前側（A）へ寝返り介助する
向こう側（B）へシートを引き出す
患者さんの膝関節を曲げる
大腿部を押す
シートを引き出す

シナリオ制作と見せ方検討の中でも課題としてシートの動きにシート・介護者・患者の3つの関連性があり、複雑であることがあがった。そのため、一番シンプルな基本的な技能となる椅子の運び方も導入することを決定する（図 2 5）。



図 2 5．椅子を移動する基本技能

介護士の腰痛予防（ノーリフト）介護の基本技能 e ラーニング教材プロトタイプの使用検証と修正を以下の通り行った。

eラーニング教材プロトタイプの基礎教育プログラムにおいて修正が必要な部分を検出するために、eラーニング教材プロトタイプとなる本（図 2 6）やDVDを参加者に提供し、学習回数と習熟度をKinect撮影にて測定を行った。



図 2 6．日本ノーリフト協会が出版した e ラーニング教材

- ・ 昨年度「技能の到達／評価判定をどのように行うための作成したチェックリスト」と「講師陣でも人によって方法が違うためどの動作を基本とするのかに対して基本動作を決めた」項目決定するためKinect撮影での測定を通して検証したが、その決定した項目でeラーニング教材プロトタイプ利用者にとってばらつきがでないかの評価が終わっていないため、施設スタッフへの教授を通して彼らの技術到達点をチェックリストにて検定し、作成した項目が適切であるかの評価を実施した。
- ・ 日本ノーリフト協会会員ページを利用してヒヤリハットなどもデータベースとして取り込み活用ができるようにeラーニング教材プロトタイプ利用者で試作使用し使用簡易性についての検討を行い、デザイン修正を提案。写真の投稿ができるようにと簡易アンケートなどを来年度実施できるように提案（図 2 7）。

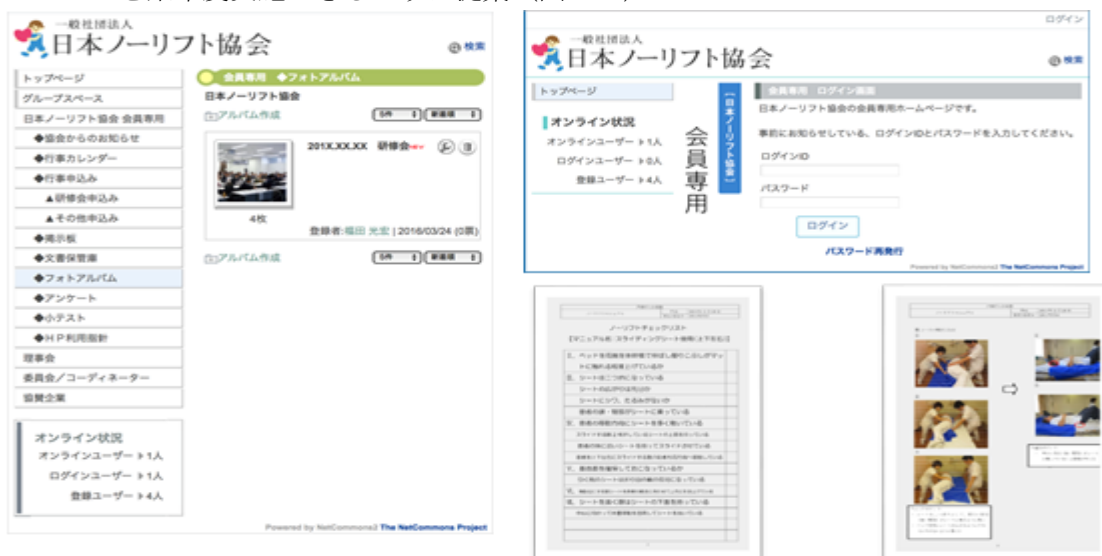


図 2 7．日本ノーリフト協会の会員専用データベースと技能アンケート

b) 介護サービス技能抽出と DB, モデル化

ノーリフトケアコーディネータ養成講座終了者が、熟練者として自信が持てるようになることが課題であった。経験の浅い介護者が技能を効果的に習得できる／できたと実感することにある。その為、単に Trainee である経験の浅い介護者が技能を習得するだけでなく、その技能習得の Trainer である熟練介護者にフィードバックすることで、教示サービス供給者 (Trainer) と教示サービス受容者 (Trainee) の間に共創的關係を産み出すことにある。ここで事例として取り上げた介護サービスでは、教示サービス受容者である経験の浅い介護者が、介護サービスにおける供給者でもあり、介護サービスの受容者である被介護者が枠組みの中に存在するという点が特徴的である。製造であれば、教示サービス受容者 (加工技能者) の実施対象はモノであり、スポーツ技能であれば教示サービス受容者 (アスリート) の実施対象は自分自身である。これに対して介護サービスでは、教示サービス受容者 (介護者) の実施対象は第三の人間である被介護者となる。

以上の調査分析に基づき、介護サービスを事例とした技能抽出とデータベース化の研究において、対象とすべきサービス技能を以下のように設定した。

i) 抽出しデータベース化するサービス技能

サービスの状況、文脈、顧客の類型などの影響因子に応じて、サービスのプロセス変更を適切に行い、KPI 向上に繋げる能力

ii) サービスプロセス：介護者 (教示サービス受容者) が変更可能であるもの

- 介護動作
- 情報伝達、コミュニケーション

iii) 影響因子：介護者 (教示サービス受容者) が観察すべきもの

- 状況、文脈、状態
- 被介護者の類型 (属性、心理、生活機能)

iv) KPI (key performance indicator)

- 生産性
- 介護者自身の身体負荷 (生体力学的負担)、達成感
- 被介護者の安心感、満足度、生活機能

その上で、本研究では、介護サービス現場の計測から、サービスプロセス、影響因子で、KPI を抽出し、それをデータベース化するとともに、それに基づく教示コンテンツを作成することとした。具体的には、介護における移乗作業であるノーリフト作業を教示する際に、介護者や被介護者が、「この動作が怖い」「これが不安」といった機器操作上で心理的なバリアになる部分を理解し、バリアを取り除くような教示コンテンツを作成する。たとえば「怖いと思われるかもしれませんが、実際には安全です」とか、「この動作は怖いと思う患者さんが多いので、まず、自分で体験してみましょう」などのコミュニケーション技能 (サービスプロセス) の教示を想定している。この教示の結果の KPI として、介護者自身の身体負荷を生体力学的に評価する。これについては、現場での介護者 (Trainee) の動作計測に基づいて関節モーメントなどを計算し、指標化する。また、被介護者の安心感などもアンケート法などで取得する。同時に、介護全体のプロセス (作業時間) も KPI として指標化する。

これらの介護プロセス-影響因子-KPI は、生データとしても格納するが、同時になんらかのカテゴリ変数情報を付加してデータベース化する。たとえば、介護動作であれば股関節負担のレベルでランク分けする、被介護者の安心感であればアンケート結果に基づいてランク分けすることを考えている。これらのカテゴリ変数間の確率的な関係性をベイジアンネットワーク等でモデル化し、データベースとして蓄積されたプロセス-影響因子-KPI の関係性をモデル化し、教示用の知識として再利用できるようにする。

c) ノーリフトケアコーディネーター養成講座のプログラム変更

日本ノーリフト協会のノーリフトケアコーディネーター養成講座のカリキュラムにある技能プログラムスライディングシートの使い方に焦点を当てて、調査した結果を受けて技能伝達方法の変更と補助教材としてeラーニングを作成し学びがより深まるような支援を実施した。

日本ノーリフト協会設立時（2009年）に、おこなっていたノーリフトコーディネーター養成講座は、オーストラリアでおこなわれていた医療介護職むけの腰痛予防対策の指導員養成コースを使用していた。概論と実技体験で構成されたベーシックコース1日とアドバンスコース2日間を日本語に翻訳し、行っていた。しかし、このプログラムを受講後、多くの人が、「必要性はわかったけれど、何をすればいいのかわからない。」といった言葉が聞かれた。その背景には、腰痛予防対策のための福祉用具（リフトなど）に初めて触れたといったように、研修に来て初めて道具に触れる体験をしているため、指導や使いこなせるまでには3日間では至らなかった。そのため、一旦オーストラリアのプログラムを基にしたノーリフトコーディネーター養成講座は中止した。しかし、その後もノーリフトに関連した研修を単発で繰り返し、日本にあったプログラム改訂を重ねた。その結果、2012年ごろより、ノーリフトのプログラムにケアの質の向上も視点に取り入れた「ノーリフトケア」を活用してコンサルティング介入を開始した施設で、離職率の低下やケアの質の改善が報告されるようになった。しかし、コンサルティング介入以外の施設でも取り組みが行えるようにしなければ日本の介護職の腰痛改善にはつながらない。その為、コンサルティングでの経験を基に、2013年よりノーリフトケアコーディネーター養成講座を3日間から7日間（ベーシック3日間・アドバンス4日間）に改訂し指導者養成を再開した。養成講座期間も旧プログラムでは、3日間1か月以内で終了していたところを、7日間研修を6～10か月かけて実施するように研修スケジュールを変更した。特にアドバンスでは、4日間を分離して開催し、参加日を必ず1か月から2か月期間をあけ現場での取り組みや症例検討も行った。しかし、改訂プログラム開始後すぐに、この7日間研修に参加しても用具の活用方法に自信が持てず、他者への伝達にも不安を抱えていたことが、研修前後のアンケートからわかった。講習日程を増やすことも考えたが、研修後の課題は、介護施設に用具がないため使わないことから使い方を忘れてしまうことが一番の原因であった。その為、本プロジェクトを通して、特にノーリフトケアコーディネーター養成講座で使用する用具シートの使い方（技能）の習得の変化に注目した。その後、「日本でノーリフトケアを普及できる指導者を養成するには、どのような教育が必要なのか。」とプログラム全体を再検討することし、以下の5段階が必要だと予測していた。

- i) 講師陣のスライディングシートの使用ポイントの整理
 - ii) ノーリフトケアコーディネーター養成講座に参加した者とシートの使用方法のみを学んだ者の習得比較
 - iii) ii) の結果を受けて、ノーリフトケアコーディネーター養成講座のプログラム変更
 - iv) 養成講座参加前の予習用 DVD の作成と継続した取り組みの支援のための e ラーニング作成
 - v) iv) の評価を行う
- そして、今回のプロジェクトの最終目的は、「日本でノーリフトケアを普及できる指導者を養成するには、どのような教育が必要なのか。」とプログラム全体を再検討することした。

また、介護技術教育における課題としては、教える人によって方法が変わってしまうことであった。ノーリフトケアコーディネーター養成講座に関係している講師陣は職種も違うため、各講師のスライディングシートの使用時の評価視点にばらつきがあることも予測された。その為、初めに講師数名のスライディングシート使用時の動作をキネクト撮影し、教える側のポイントを整理し受講生の技能評価ポイントを作成した。評価ポイント作成手順は、以下のように実施した。

- i) 中心となる講師陣のスライディングシート使用時の動作分析

ii) 各講師の主観的なポイントの記載&整理 (写真1)

iii) 各講師のポイントから、スライディングシート使用時に重要となる項目の抽出

次に、スライディングシートの使い方の習得を2つのグループで比較検討した。この2つのグループの違いは、ア. 2時間×3日計6時間でスライドシートの使い方を学んだ介護職、イ. ノーリフトケアコーディネーター養成講座3日間×6時間計18時間の研修に参加してスライディングシートだけでなく、ノーリフトの理念や概論、腰痛予防対策に活用できる手技やリフトまで体験したグループとした。対象者は、スライドシート使用初心者の介護職とした。

双方を比較すると教育時間や内容は変わるが、指導講師は、両グループともに同じ講師が研修を実施した。そして、対象者が研修前後でのスライディングシートの使い方をキネクト撮影したものを講師が後でみて、評価基準をどれぐらい満たしているのかを検証した。

その結果、スライディングシートの使い方の評価基準を一番満たしていたのは、B ノーリフトケアで使用するスライディングシートだけの講習を受けるものだった。当初の講師陣予測では、A ノーリフトケアコーディネーターベーシックセミナー養成講座参加者が研修時間も多いため技術習得ができると予測していたため、この調査結果は衝撃的であった。また、Bの方が現場でも積極的にシートを使うことを試みていたことが分かった。

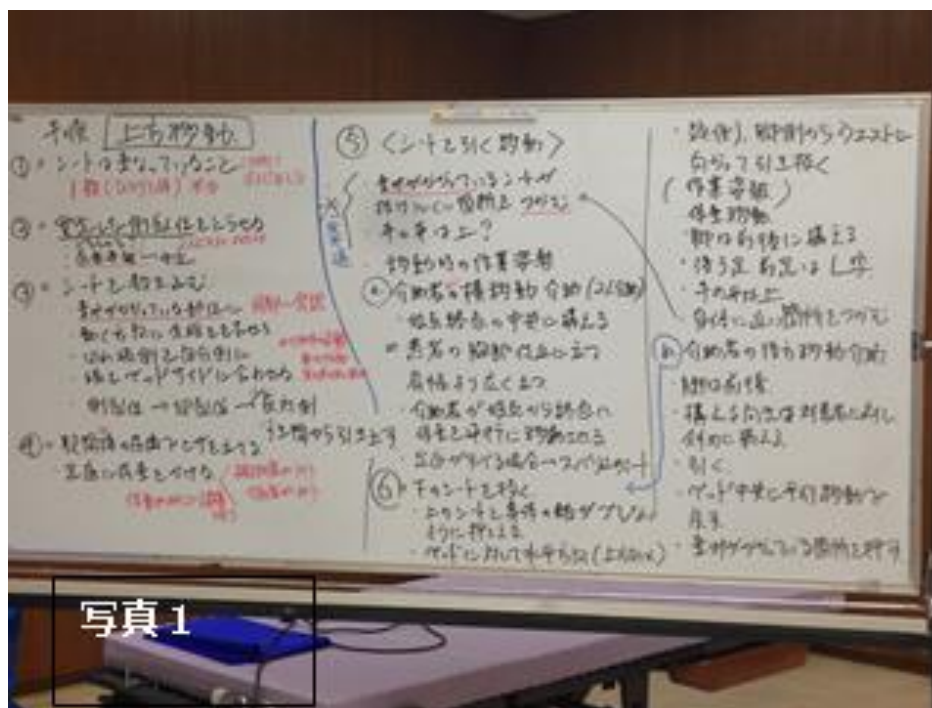


図28. シートを引く動作の評価基準

②スポーツ領域：

前述の計画に沿って進めた開発の結果は以下の通り。

a) 基本技能抽出

初心者向けサッカー教室で活用できる運動基本技能e ラーニング教材のプロトタイプ製作のため、次の手順で進めた。i) サッカーにおける習得すべき段階的技能について、ii) 初心者入会時から習得すべきボールキック技能の種類と各技能の特徴の抽出、iii) 各ボールキック技能の習得順序、iv) プロトタイプ製作のための技能の抽出、v) 熟練者と比較するためのビデオ撮影方法の検討を行った。

i) サッカーにおける習得すべき段階別技能について

第1ステップ：ボールキックを身につける

第2ステップ：ドリブルを身につける

第3ステップ：ポジショニングを身につける

ii) 習得すべきボールキック技能の種類と各技能の特徴は表5のとおり

表5. ボールのキック技能

	プレイ	ボール			ボールと足の位置
	シーン	正確性	スピード	飛距離	
インサイドキック	ショートパス	◎	×	短い	
インステップキック	ロングパス ロングシュート	△	◎	長い	
アウトサイドキック	走りながらパス	△	××	短い	
インフロントキック	ロングパス ミドルシュート カーブをかける	○	○	まあまあ 長い	
アウトフロントキック	ロングパス ミドルシュート カーブをかける	○	○	まあまあ 長い	

iii) ボールキック技能の習得順序

第1ステップ：インサイドキック

第2ステップ：インステップキック・アウトサイドキック

第3ステップ：インフロント・アウトフロントキック

b) ボールキック技能習得全体像の決定

3-2 実施項目で述べたように10のサブプロセスからなる教示プロセスを基に、プロセスサッカーのボールキック技能学習システムの全体像を図のように設定した。これらシステムの試行を実現するため、First Stepとして初心者向けサッカー教室で活用可能な”インステップキック”の評価技術を構築する。その際、モーションキャプチャのような高価な機器を使用せず、家庭用ビデオカメラを用いて評価できる仕組みを作成することとした。

まず、観察情報フィードバック教示プロセスにおける「比較」の模範技能と学習者の実践技能の差を見える化するために、評価指標の抽出を行った。評価指標は、i)蹴る前の準備(立ち位置)、ii)蹴ったときの脚と足の動き、3)蹴った後の姿勢の3つのシーンに分けて作成した。

ボールキック技能習得システム全体像

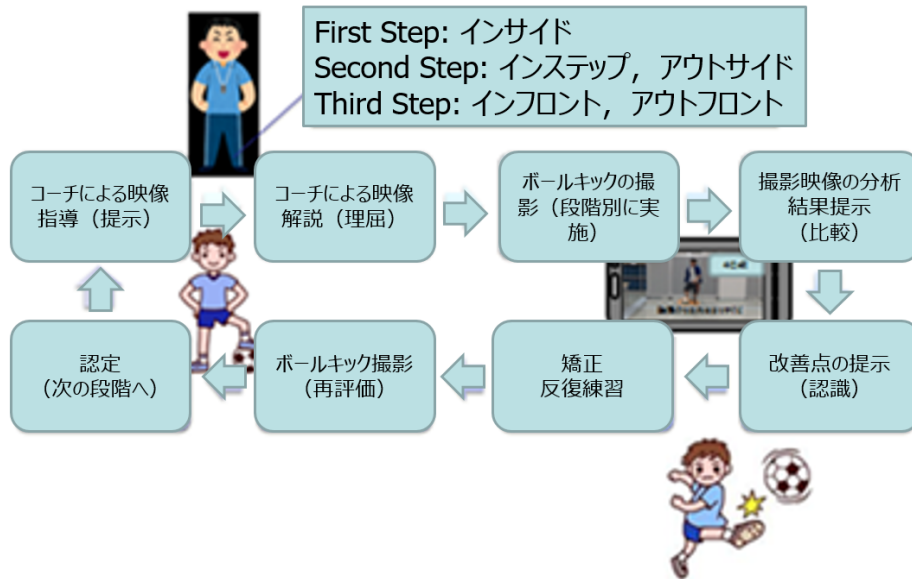


図 2 9. ボールキック技能習得システム全体像

c) 評価指標開発

初心者が最初に習得すべきインサイドキックを対象に進めた．インサイドキックの評価ポイントをまとめると次のようになった．

i) 蹴る前の準備 (立ち位置)

ボールを挟んで蹴りたい方向の一直線上に立つ．

ii) 蹴ったときの脚&足

ボールを強く飛ばす必要はないので脚は振り上げすぎない．蹴るときは足は、踵に力を入れて親指をそらすようにする．

iii) 蹴った後の姿勢

蹴った後も上半身をそらしたりせず，軸を固定する



図 3 0. インサイドキックの要点

d) 撮影条件の設定

家庭で簡単に計測評価できる仕組みを作るため、映像の撮影条件も簡易にする必要がある。被験者ごとのキックの差異を統一するため、6m離れた位置に円筒状の目標を設定し、キック軌跡の目安線を設置した。カメラは、正面・全身/正面・膝下の2台設置した。どちらがより適切かは今後の研究結果を元に最終決定をする予定であったが、研究期間内では結論が出せなかった。

e) 結果；データの構築及び技能評価の判定精度

家庭用ビデオ撮影から熟練者と非熟練者の比較をc-3)評価指標に基づいて行うため、東京電機大学中村研究室でデータセットの構築を行ってもらい実施した。データセット構築については、動作分析・表示グループの報告を参照されたい。一方、ミズノサッカースクールヘッドコーチによる主観的評価も同時に行い、データセットから構築した自動採点との差を分析した。熟練者と非熟練者、それぞれ14trials抽出し、自動採点とヘッドコーチによる主観的評価結果は表のとおりであった。熟練者において自動採点と主観的評価で差が観られた。これは、熟練者各自のクセが影響していると考えられたため、あらためて動作の癖を除去し、データセットの構築を行う。

表6．初心者と熟練者のインサイドキックに対する採点

初心者			熟練者		
自動採点結果	採点結果	差	自動採点結果	採点結果	差
39.9	40	0.1	99.9	100	0.1
30.1	30	0.1	100.1	100	0.1
30.1	30	0.1	69.9	70	0.1
30.1	30	0.1	68.6	70	1.4
20.1	20	0.1	60.1	60	0.1
19.9	20	0.1	60.1	60	0.1
15.1	15	0.1	58	50	8
19.9	20	0.1	89.9	90	0.1
14.9	15	0.1	80.1	80	0.1
10.1	10	0.1	98.8	100	1.2
19.9	20	0.1	89.9	90	0.1
10.1	10	0.1	90.1	90	0.1
20.1	20	0.1	91	70	21
14.2	10	4.2	89.9	90	0.1
ave		0.393	ave		2.329

f) 東京電機大学との協業による成果と本研究の課題抽出

熟練したコーチに頼っていた技術評価と改善提案が、コーチの技量差をなくし、自動で提示される仕組みは少なく、特にサッカー市場では画期的なテーマであると印象を持っている。ここでのポイントは、家庭用ビデオ撮影やスマートフォンカメラによる撮影で評価できるシステムを構築することであるが、技術的課題を解決するには我々民間スポーツメーカーが得意とする分野ではなく、東京電機大学中村先生との協業により、その糸口がつかめたことは今後の成果に期待できる。

ただ、課題として熟練者と非熟練者のデータの構築が十分ではなく、その結果インステップキックの技能評価精度が安定していない点、また、ヘッドコーチによる同一被験者の主観的再評価も誤差が認められている点などが残ってしまった。引き続き東京電機大学中村研究室とミズノでこれら課題解決を図る予定である。

③ものづくり領域：

ものづくり領域では、a)学習者の主観満足度、b)脳波心理推定による客観的心理量、c)技能熟達者による学習指導の3点に関して、開発した指導支援ツールを用いた学習者群の方が用いなかった学習者群に対して有意に優っていることを確認でき、提案した支援手法や見える化プランの有効性を確認できた。

一方、e ラーニングサービスベンチャーの(株)manebi が派遣業法の改訂に合わせた派遣事業者による派遣労働者の教育の義務付けを事業機会ととらえ、メーカーへの労働者派遣に対し、ものづくりに関わる e ラーニング教育プログラムの開発を開始し、そこにプロジェクトの成果の導入の検討を行っている。

④リハビリ領域：

a)計画

昨今、脳卒中または脳損傷後の片麻痺を始めとする歩行機能の再獲得を目指す患者のリハビリテーションを効率化するため、歩行アシストロボットの導入が先進的な試みをする現場で始まっている。さらに、従来では困難であった方法を用いることで、より効果的に歩行機能の再獲得が行えることも期待されている。例えば、歩行訓練を行う際に、適切なタイミングで関節にトルクを加え、一部の機能だけを集中的に改善させることなどが検討されている。これらは人の手のみでは難しかったことである。しかし、現場での適用経験に基づいた事例などが現状では少なく、各患者に適した新たなリハビリテーションプログラムとして確立していない。そのため、すでに導入された臨床現場の一部においては歩行アシストロボットを購入しても使い方が分からず、活用できないといった問題点が指摘されている。

そこで歩行アシストロボットを有効活用するリハビリテーションの方法を新たなリハビリテーション技能として捉えることとする。現在はこの技能を保有する熟練者に直接指導を受けながら学習以外に方法がないこの技能を、直接指導を伴わなくても学習できるシステムの作成が待たれている。歩行アシストロボットを活用したリハビリテーション技能の適用では、理学療法士などの技能者が施す技能と歩行アシストロボットが提供する技能を組み合わせることで患者の歩行機能再獲得がより効果的になると考えられる。本研究では歩行アシストロボットが提供する技能は所与のものとして、それを活用する技能者の技能のみを対象とする。

本研究の流れを図3-1に示す。技能教育に至る過程は中川らの研究を参考にする[Nakagawa 2014]。本研究の流れは図中にある通り、3つのプロセスに分かれており、技能抽出、技能検証と技能教育となっている。技能抽出で熟練者の技能が何であるかを明らかにし、技能検証では技能教示システムを用いて熟練者の技能を再現する。技能が十分に再現できるようなシステムを作成するために、ここで改善を行い、臨床現場へ投入し、技能教育を行う。本研究では、すでに歩行アシストロボットを活用しており、臨床現場でも使いこなしている熟練者の技能を抽出し、それを再現することを目指す。

熟練者に対して簡単なインタビューを行ったところ、片麻痺患者の歩行動作のタイプ分類が重要であることが分かった。しかし、観察による歩行分析は評価者間で再現性が低いことが指摘されている。Eastlack は観察による歩行分析の評価者間の信頼性を調べた結果、理学療法士の観察による歩行分析の再現性は高くないと報告した [Eastlack 1991]。Krebs は観察による歩行分析では運動学的要素の分析は評価者間でばらつきが大きいと報告している [Krebs 1985]。片麻痺者に対して臨床現場で理学療法士による歩行分析が行われているが、観察による評価には明確な基準がないため、現状では個人の能力と経験に依存している。片麻痺患者の歩行を正確に評価するための手法は過去の研究でも提案されている。Murlroy は発症早期の状態と6か月後の状態の片麻

痺患者群を利用して歩行データにクラスター分析を行い、分類した。その結果、発症早期では立脚中期の膝伸展角度が、6か月後では立脚後期の膝伸展角度、前遊脚期の膝屈曲角度によって分類が可能であると報告した [Murlroy 2003]。この研究は膝関節の動きに注目した分類であるが、素人には違いが分かりにくいという欠点がある。一方で、技能を社会に広めるためには簡便な手法が求められている。したがって、本研究では簡便に熟練者の患者分類を再現できる手法を編み出すことを目的とする。具体的には熟練者へのインタビューを元に技能抽出を行い、片麻痺患者の歩行動作のタイプ分類とその診断手法を抽出する。さらにタイプ分類が行われた歩行動画を分析することで、より簡便に熟練者の患者分類を再現できる手法を模索する。

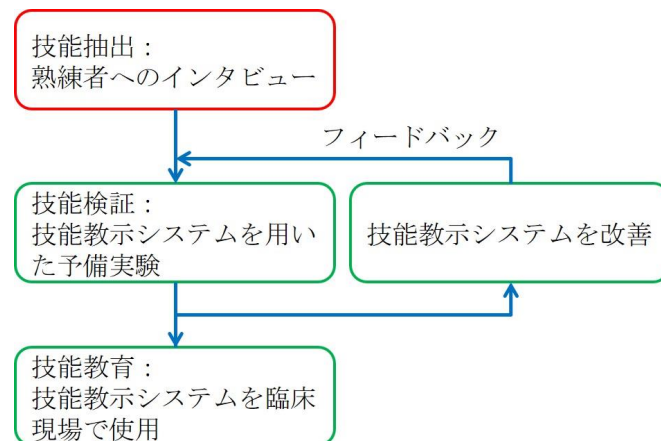


図 3 1. 技能指示システム開発における本研究の位置づけ

計画段階において、どのような関与者や研究協力者との相互作用により、どのような成果が生まれたのかという過程を以下に記述する。まず、研究協力者である石黒氏（㈱グランドデザインワークス）を中心に、歩行アシストロボットを用いたリハビリテーションが導入され始めているが、必ずしも臨床現場で活用しきれていない現状を認識した。その上で、すでに歩行アシストロボットを用いたリハビリテーションを行っていた研究協力者の大畑氏（京都大学）にインタビューを行った結果、本リハビリテーションは多くの技能が含まれていることを把握した。石黒氏と相談しながら、社会に本リハビリテーションを普及させるためには、技能教育を行うことが適切であると浅間氏（東京大学）と山下氏（東京大学）を中心とした東京大学工学部の研究メンバーは考えた。技能の定義をするにあたり、熟練者、非熟練者と未熟者のどの段階への教育を扱うか議論をした結果、歩行アシストロボットを用いる主体である熟練者と非熟練者間（一般的には理学療法士間）での教育を主に取り上げることにした。東京大学工学部の研究室メンバーは介護技能教育等に用いた手法をリハビリ技能教育にも適用した。なお、計画段階では、ビッグデータの扱いに長けた関与者である西田氏（産業技術総合研究所）にデータ解析を行ってもらい、技能をより一般的に表現する予定であったが、時間的制約から本研究では行われていない。詳細は改善の項にて述べる。

b) 実行

i) 実行手法

まずはインタビューによる技能抽出を行う。技能抽出とは、熟練者が有している技能の内容を理解し、それを他者に伝えられる形にすることと本研究では定義する。歩行アシストロボットを臨床現場ですでに用いている熟練者が有している技能を、歩行アシストロボットを用いたリハビリテーション技能とする。先行研究の技能抽出手法を参考にし、対象となる技能を抽出した

[Nakagawa 2014]. 技能抽出は熟練者への直接のインタビューを行い、実際の状況を細かく記述する形とした。特に臨床現場で実際に患者へ歩行アシストロボットを使用する際に、決定に関わる重要な項目は何かを繰り返し質問することで明らかにする。なお、予備研究で簡単なインタビューを行った結果、患者を正しく分類することが重要であることが分かっている。技能再現のために患者のパターン分類を再現する必要があるが、後述する筋電図を計測する装置は一般に広く用いられるものではない。また、熟練者は非常に膨大な経験から患者の歩行を観察することで分類できているが、初心者が同様の分類を再現することは難しい。そこで本研究では歩行動画を用いて分類する手法をより簡便にすることをさらに模索した。熟練者が歩き方のどのポイントに着目しているか詳細に調べることにする。次節以降では熟練者の分類が終わったデータを用いて、分類指標となりうる特徴抽出を行った。

次に歩行動画による患者タイプ分類の技能抽出を行った。熟練者がタイプ別に分けた歩行動画を観察した。観察の結果として、患者の歩行の特徴と思われる項目を記載する。複数の患者が満たす特徴を抽出する。分類が異なる患者群間で、重なる特徴は消して、重ならない特徴を抽出する。さらに予備研究の簡単なインタビューから歩行イベントとそのタイミングが非常に重要であることが分かっている。そこで、各患者の麻痺側と非麻痺側の立脚期の時間を動画から計測する。立脚期は踵接地から反対の脚の踵接地までとした。各患者で3歩行周期分の時間を計測し、1ステップ当たりの時間を平均して求めた。また、立脚期の長さの左右比と歩行率を算出した。立脚期の長さの左右比は、麻痺側の立脚期の長さを非麻痺側の立脚期の長さで割ることで求めた。歩行率は麻痺側の立脚期と非麻痺側の立脚期の長さの和の逆数をとって求めた。具体的には以下の式で算出した。式中の DR は立脚期の長さの左右比、 WR は歩行率、 DTn は麻痺側の立脚期の長さ、 $DTnp$ は非麻痺側の立脚期の長さを示している。

$$DR = \frac{DTp}{DTnp}, WR = \frac{1}{DTp+DTnp}. \quad (1)$$

被験者として、熟練者の分類で4タイプに該当する片麻痺患者16人を扱った。両脚立脚期（荷重応答期）が4人、単脚立脚期（立脚終期）が2人、両脚立脚期（前遊脚期）が6人、遊脚期（遊脚終期）が4人である。歩行7周期分程度の動画である。視点は固定されておらず、およそ矢状面上の動きが分かる方向からとっている。動画のフレームレートは29.97fpsである。

ii) 実行結果

まずインタビューによる技能抽出の結果を以下に示す。片麻痺患者へリハビリテーションを施す手順を熟練者に直接聞き取り、以下2点のことが分かった。①歩き方と筋電図を元に、患者を数パターンに分類し、リハビリ手法を選択している。②歩行アシストロボットが適している患者とそうでない患者が存在する。歩き方に関しては、4つの歩行フェーズに分けて考えている。具体的には、各タイミングで膝が伸展しているのか屈曲しているのか、体幹（腰）が前に出ているか後ろに残っているかなどどこに課題があるか判断材料として分類している。筋電図に関しては、歩行のタイミングと筋発火のタイミングを参考に考える。具体的には大腿直筋と大腿二頭筋のタイミングは適切か、前脛骨筋は働いているか、腓腹筋はいつ働いているか、股関節の屈曲筋（腸骨筋）は働いているかなどを判断材料としている。患者のタイプによっては歩行アシストロボットが適している患者とそうでない患者がいるため、患者のタイプ分類を再現することが必要である。熟練者は4つの歩行フェーズのどこに課題を持っているかで患者を分類する。具体的には両脚立脚期（荷重応答）：LRタイプ、単脚立脚期（立脚終期）：TS_tタイプ、両脚立脚期（前遊脚期）：PS_wタイプ、遊脚期（遊脚終期）：TS_wタイプに注目する（図32）。また、4つのフェーズはそれぞれ歩行周期のイベント（踵接地とつま先離地）に対応したタイミングで区切って観察する。これら患者の分類がリハビリテーションの方法に対応している。

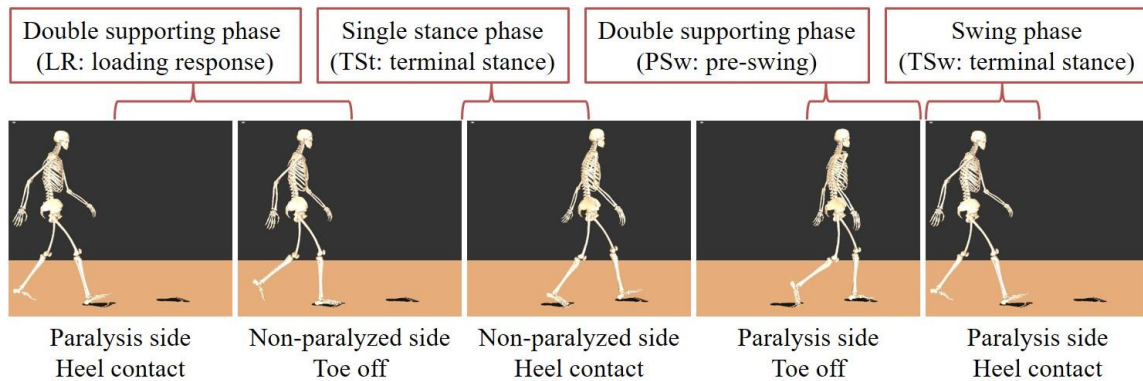


図 3 2. 歩行イベントに基づく 4 タイプの患者分類

さらに、分類した患者に対して、どのように歩行アシストスーツを用いることが効果的であるかをインタビューしまとめた。それぞれのタイプでは最初に行うべき内容（前半）とその後行うべき内容（後半）の 2 段階になっている。それぞれの分類手法を見分けるために着目するポイントを整理する。また、歩行アシストロボットは股関節にトルクを発生させられるものを記述する。

LR タイプの場合。前半：開始姿勢は麻痺側脚が前、終了姿勢は非麻痺側脚が前であり、麻痺側踵接地のタイミングから非麻痺側踵接地のタイミングまでに着目する。麻痺側踵接地から両脚立脚中に膝関節が過伸展、過屈曲しないように気を付ける。非麻痺側つま先離地後に体幹が前傾しないように気を付ける。上記内容ができない場合は当該姿勢でバランストレーニングを行う。非麻痺側ステップで股関節伸展をアシストする。後半：開始姿勢は非麻痺側脚が前、終了姿勢も非麻痺側脚が前であり、麻痺側つま先離地のタイミングから非麻痺側踵接地のタイミングまでに着目する。麻痺側踵接地の際に、接地位置が十分に前方になるように気を付ける。麻痺側踵接地後に体幹が前傾しないように気を付ける。麻痺側ステップで股関節屈曲をアシストする。

TSt タイプの場合。前半：開始姿勢は麻痺側脚が前、終了姿勢は非麻痺側脚が前であり、麻痺側踵接地のタイミングから非麻痺側踵接地のタイミングまでに着目する。非麻痺側つま先離地後に、麻痺側の股関節伸展角度を大きくする。上記内容ができない場合は非麻痺側前の後方ステップで下腿三頭筋活動を促す。非麻痺側ステップで股関節伸展をアシストする。後半：開始姿勢は麻痺側脚が前、終了姿勢は非麻痺側脚が前であり、麻痺側踵接地のタイミングから非麻痺側踵接地のタイミングまでに着目する。体重を出来るだけ素早く反対側へ移動させる。非麻痺側ステップで股関節伸展をアシストする。

PSw タイプの場合。前半：開始姿勢は非麻痺側脚が前、終了姿勢は非麻痺側脚が前であり、非麻痺側踵接地のタイミングから麻痺側つま先離地のタイミングまでに着目する。足を動かさずに膝の力を抜く。体重を反対側に移す。上記内容ができない場合は他動的に動かして、前方に体重を移動させる。アシストは行わない。後半：開始姿勢は麻痺側脚が前、終了姿勢も麻痺側脚が前であり、麻痺側踵接地のタイミングから次の麻痺側踵接地のタイミングまでに着目する。非麻痺側着地直後に膝の力が抜けるように促す。体重を反対側に移した瞬間に膝を屈曲するように促す。麻痺側ステップで股関節屈曲をアシストする。

TSw タイプの場合。前半：開始姿勢は非麻痺側脚が前、終了姿勢は麻痺側脚が前であり、麻痺側つま先離地のタイミングから麻痺側踵接地のタイミングまでに着目する。麻痺側踵接地直前に股関節を伸展させるように促す。上記内容ができない場合は他動的に麻痺側の股関節を伸展させる。麻痺側ステップで股関節屈曲をアシストする。後半：開始姿勢は非麻痺側脚が前、終了姿勢も非麻痺側脚が前であり、非麻痺側踵接地のタイミングから次の非麻痺側踵接地のタイミングまでに着目する。継続的にこれまでの動作を繰り返す。麻痺側ステップで股関節屈曲をアシストする。

次に歩行動画による患者タイプ分類の技能抽出を示す。まず各タイプの患者の特徴を記述した。一般的に運動学的特徴としては以下のものが挙げられている。歩行速度低下、歩幅短縮、歩幅と時間因子における非対称性、麻痺側支持期短縮、両脚支持期延長、立脚期股関節伸展角度減少と立脚期足関節背屈角度減少などが報告されている(Olney 1996)。本研究の患者においても同様の特徴が見られたことから、特徴抽出に関する妥当性が示された。また、本研究で扱った患者が一般的な症状を有していることも確認された。

各タイプの患者の特徴のうち、タイプによって異なる特徴を抽出した。図3 3から図3 6は各タイプの患者の麻痺側と非麻痺側の歩幅を比較して示したものである。ともに踵接地のタイミングを切り出している。図中の赤い線が麻痺側の脚を、青い線が非麻痺側の脚を示している。オレンジ色の矢印はおおまかな歩幅を示している。図3 3と図3 4のLRタイプとTStタイプの患者は歩幅が大きく異なることが分かる。また、LRタイプの患者は麻痺側を前に出すときの歩幅が小さいのに対して、TStタイプの患者は非麻痺側を前に出すときに歩幅が小さいことが分かった。また、PSwタイプとTSwタイプの患者の歩幅は麻痺側と非麻痺側でほぼ同じことが分かった(図3 5、3 6)。

麻痺側と非麻痺側の立脚期の時間を算出した(表7)。各タイプの患者間での麻痺側と非麻痺側の立脚期の時間比の平均と標準偏差が示されている。歩幅では区別がつかなかったPSwタイプとTSwタイプの患者を比較すると、PSwタイプの患者は麻痺側と非麻痺側の立脚期の時間がほぼ等しいのに対して、TSwタイプの患者は麻痺側の立脚期の時間が相対的に長いことが示された。ただし、有意差はなかった。TSwタイプの患者6人のうち、2人の患者で時間比が1に近いものがあった。これら2人に共通することは杖を使って歩いていたことであり、立脚期の時間での区別は杖を用いた歩行には適用できない可能性が示された。

麻痺側と非麻痺側の立脚期の時間の和で除して歩行率を算出した(表7)。各タイプの患者間での平均と標準偏差が示されている。この指標ではTSwタイプの患者だけが低い値を示すことが分かった。歩幅と立脚期の時間比では区別がつかなかったPSwタイプとTSwタイプの患者を比較すると、杖を使っている患者においてもTSwタイプの患者の値がより大きいことが分かった。これらより、時間比と歩行率を組み合わせることで分類がより適切に行えることが示された。



図3 3. LRタイプ

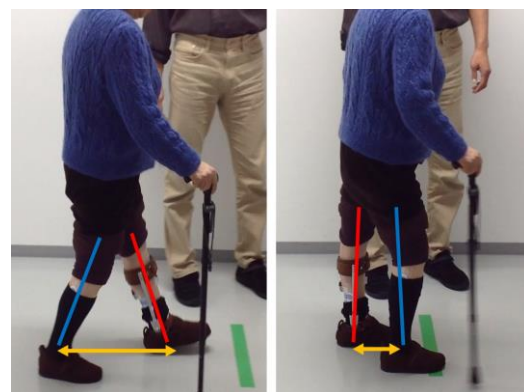


図3 4. TStタイプ

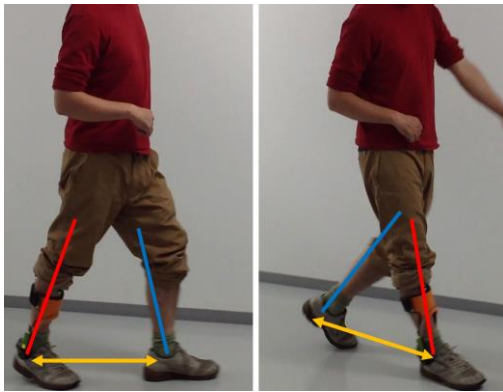


図 3 5. PSw タイプ

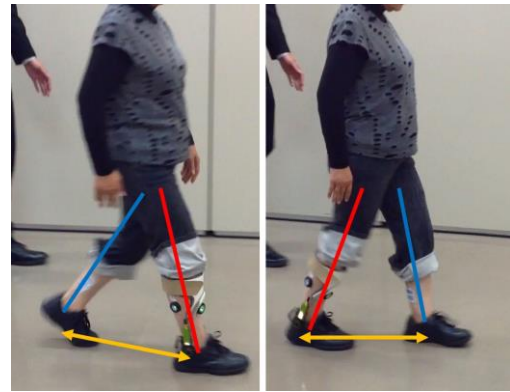


図 3 6. TSsw タイプ

表 7. 時間比と歩行率の結果 (Mean±SD).

	LR	TSt	PSw	TSw
<i>DR</i> : Duration ratio [-]	1.12±0.26	1.54±0.46	1.40±0.27	1.15±0.13
<i>WR</i> : Walking rate [stride/sec]	0.64±0.08	0.66±0.17	0.62±0.08	0.92±0.08

実行段階において、どのような関与者や研究協力者との相互作用により、どのような成果が生まれたのかという過程を以下に記述する。浅間氏（東京大学）と山下氏（東京大学）を中心とした東京大学工学部の研究メンバーが介護技能教育等に用いた手法をリハビリ技能教育にも適用して技能抽出を実行した。熟練者である研究協力者の大畑氏（京都大学）にインタビューを直接複数回行い、歩行アシストロボットを用いたリハビリテーション技能の核心はどこにあるのかを調査した。研究協力者である石黒氏（㈱グランドデザインワークス）と技能教育の枠組みを踏まえて技能抽出を行った結果、暗黙知に該当すると思われる事項を形式知とすることができた。さらにリハビリテーション技能を再現しやすくするために、形式知を整理した。研究協力者の大畑氏（京都大学）から患者タイプ分類を行った動画を提供してもらい、熟練者が経験的に行っている作業を簡略化した。

c) 評価

b)実行で得られた結果をまとめると図 3 7 のタイプ別患者の分類表が得られた。歩幅と立脚期の時間で分類することで、熟練者のタイプ分類を再現できることが示された。歩行速度についても段階的に異なっていることが示唆された。また、熟練者も重症度で分類するので、本手法は理論的にも一致することが明らかになった。簡便に熟練者の患者タイプ分類を再現できる手法を編み出すことを目的として研究を行い、タイプ別患者の分類表を得ることができた。本研究の成果は、今まで熟練者の暗黙知であった歩行アシストロボットを用いたリハビリテーション技能の一部を形式知とすることができた上に、形式知を整理することで、非熟練者でも簡便に再現できる状態にしたことである。今後社会に歩行アシストロボットが普及して、片麻痺患者のリハビリテーションに用いられる際には、本研究で明らかになった技能を使って、効率的なリハビリテーションを行えると考えられる。また、非熟練者でも再現しやすい記述形式になったものと思われる。

なお、本研究の成果は国内会議 1 件と国際会議 1 件にて発表が行われる。会議を通じて、成果に対する議論が行われており、改善すべき点も多く挙がっている。詳しくは後述する。参加する会議は多くの分野の人々が参加しており、産学官の垣根を超えた視点から議論が交わされた。

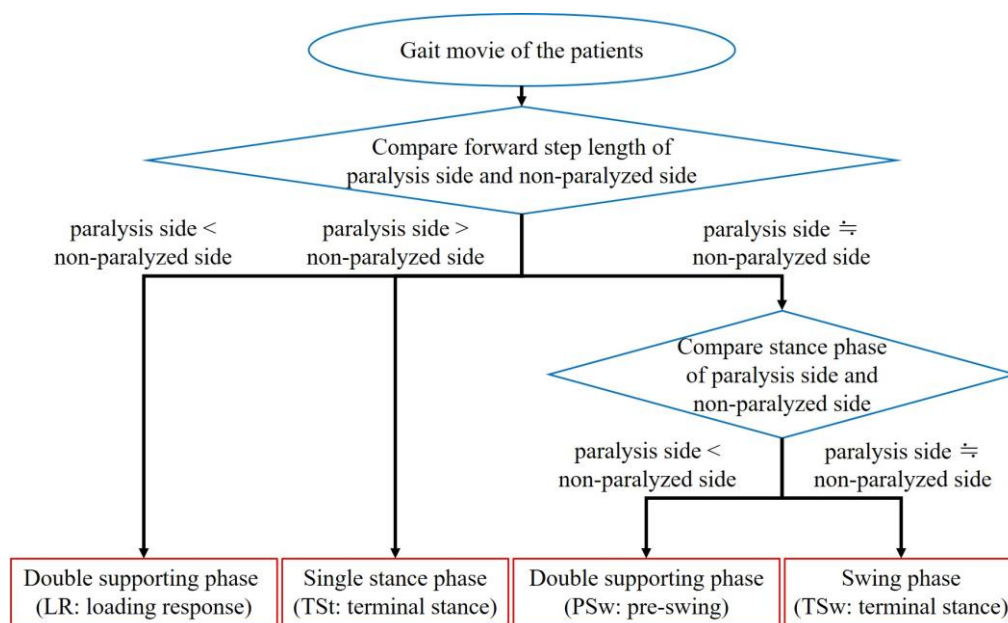


図 3 7. タイプ別患者の分類表

d) 改善

簡便に熟練者の患者タイプ分類を再現できる手法を編み出すことを目的として研究を行い、タイプ別患者の分類表を得ることができた。一方で、歩行アシストロボットを用いたリハビリテーション技能を広めるためには、現状で足りない点が多くある。技能教育の観点から言えば、技能教示や実証に関わるシステムは開発できておらず、現場とのフィードバックも行えていない。今後は、本分類手法を用いて、実際に分類を行い、熟練者の分類とどの程度一致するか確認を行いつつ、どのように教示することが適切かを検討する必要がある。

関与者や研究協力者との相互作用により期待される成果に関して、改善が見込まれる点を以下に記述する。計画段階で述べた通り、ビッグデータの扱いに長けた関与者である西田氏（産業技術総合研究所）にデータ解析を行ってもらい、技能をより一般的に表現する予定であった。しかし、まずは大畑氏の技能を適切に抽出することに注力したため、多くのデータから抽出を試みるよりも、具体的な事例を分析することを優先することとしたため、技能の一般化は行われなかった。研究協力者の大畑氏（京都大学）は、臨床現場で片麻痺患者の筋力データや歩行速度などのデータを随時収集しており、データセットが揃いつつある。今後は熟練者が気付いていない技能をこれらデータから抽出することでさらなる知見が得られることが期待される。

（3）残された課題の抽出

最終目標としては face to face の技能教育を完全に代替する遠隔・リアルタイム e ラーニングシステム／プロセスの実現であるが、その目標に至るまでに①1 対 1 あるいは 1 対多のインターネットを通したオンライン技能教育サービスを実現する、②face to face の教育を補完。たとえば、face to face の次回教室までのインターバルに学んだことをオフラインで自習できるシステム。技能教育サービスの現場のインタビューを行うと学習者が次の face to face 教室までに教わったことを忘れてしまう、あるいは教えたことを間違えて身に付けてしまうといった課題や学習者がどのような自習をやり、どの部分がうまくいかなかったのかといった点を指導者との間で共有したいという課題が挙げられた。これらを解決することにより、より効率的で効果的な学習を実現する、といった e ラーニングの提供が最終目標までの段階としては設定できる。本プロジェクト

では最終目標実現には以下の課題をプロジェクト期間中では達成しえないと判断し、まずは②のサービス実現を目指して、そのために必要な機能の設計と試作と実証を行い、実用化の課題抽出を行った。

①指導者と学習者双方が正確な動きを理解できる高臨場感 3 次元外観（動画）、音、「力」の情報の取得が高精度、安価、簡易で可能か：本プロジェクトでは単なる 2 次元の動画だけではなく、キネクトによる人間の骨格の動きを動画に重畳するといった方法による指導者と学習者双方の物理的な動きを正確に理解しやすい 3 次元動画のある程度安価で簡易に可能とするシステムの試作と実証を行うことができた。しかし、音や「力」の情報の活用は本プロジェクトでは検討できなかった。

②正しい技能の「理屈」に照らし合わせた指導者と学習者間の相違の抽出と各相違点の重要度を定量的に設定可能か：両者間の相違の抽出と相違点の定量的な重要度を活用した自動評価機能の開発を開始し、実際の現場での実証を行うところまで進んでいるが、自動の評価点と熟練した指導者がつける採点に差が生じたり、どの動作のどこに問題があって評価点が悪いのかを自動的に学習者に提示する機能についても開発途上である。

③各学習者からのフィードバックと教師の対応情報からよりの確な指導方法の抽出が可能か：学習者からのフィードバックと教師の対応情報の DB を設計し、開発中である。

3-3-2. 技能抽出と DB 化

1. 技能伝承 e ラーニング用 DB の設計

現在、e ラーニングシステムは大学での授業や社会人に対する教育、塾などの補習教材に止まらず、産業界の現場教育教材やグローバル化による遠距離教育システムとして様々な形でシステムの構築やプログラムの開発が活発に進んでいる。特に、高速インターネットの普及やクラウドなどによるデータ管理の利便性や拡張性の拡大はネットを通じた新たな e ラーニングシステムの構築を必要としている。

最近の e ラーニングシステムは、テレビによる一方的なビデオ講義から Web サイトによるサービス提供を始め、iPad やスマートフォンなどのモバイル機器を利用したサービス、HTML5 や jQuery などの動的な Web 技術を取り込んで利用者とのコミュニケーションが可能なサービスへ移動している。

高速インターネット網やクラウドシステムのようなインフラ環境を利用し、会社の方でも海外に進出している工場や支店に対する社内教育や、技術研修などが Web サイトやビデオ会議システム、スマートフォンの APP の活用などにより遠隔で行われる場合もますます多くなっている。

データベース Gr では、外部環境の変化に柔軟に対応できるシステムの構築を目指し、提供されるサービスの内容やユーザの要求、使用環境に柔軟に対応できるように、ユーザの利用環境を優先した、すなわち UX を重要視したデータベース設計を行った。その上、データ分析結果を分かりやすく表示することでシステム利用者が分析されたデータを活用し、学習者に対してもっと効率的な対応が可能なシステムを構築した。

システムのベースになるデータベースはシステム利用者、サービス提供者などのステークホルダーが簡単かつ即座に利用でき、かつその学習データを彼ら自身が場所や時間に関係なく、オンデマンドで参照できる対応型システム（システム利用者の要求にオンデマンドで動的に対応できるシステム）やそれぞれの利用者に合わせたサービス提供のため個人化情報が構築できるように設計されている。

平成 28 年度には、昨年度までに行ったデータベースの具体的な設計と構築したプロトタイプシステムをベースに実際運用システムの構築とデータの格納、実際の運用による実験データを基にしたデータベースの再設計、データの分析を行った。

Web を通じた教育システムに必要な動画や利用者からのコメント、利用者の学習パターンを分

析するための利用者の学習を追跡したデータの蓄積，利用者からアップされる利用者自身の動画データを蓄積できるように構築したプロトタイプの Web サイト（図 3 8）とデータベースを立ち上げ，提案データベースの設計が有効であるか，利用者の要求に柔軟に対応できるかなどの実験を行い，それから得られたデータを基に具体的なサイトとデータベースの設計を行った。

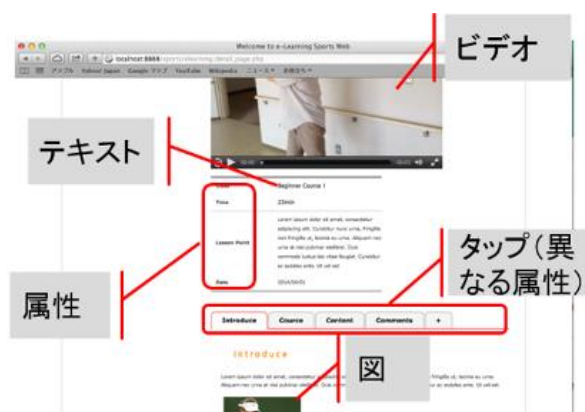


図 3 8．プロトタイプの Web ページ

構築するシステムは基本的にビデオ映像とその映像を用いたコースの提供であるが，具体的なデータベースの設計は以下の機能を想定した（図 3 9）。

- ① ビデオ以外の様々なデータが使われる可能性（音声，ドキュメント，写真）
- ② 講義の種類やコンテンツ作成者によって要求する構成（項目）が異なる可能性
- ③ 利用者からのフィードバックなどの学習によって生成されるデータの蓄積機能

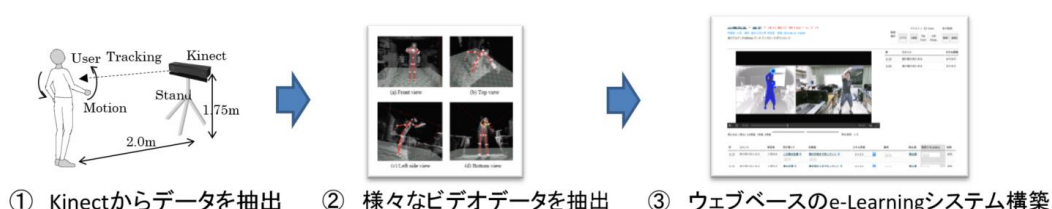


図 3 9．プロトタイプを基にした具体的な設計

運用システムもプロトタイプと同じく，Web サイトは HTML5 と CSS3，jQuery などの技術を利用して利用者の要求に動的に反応できるようにした．特にデータベースの設計は従来の関係データベースシステムである MySQL と NoSQL 技術である MongoDB の両方で構築を行った．NoSQL データベースの適用は今後システムが様々な型のデータを扱うと予想されるため，それらのデータの蓄積に柔軟に対応するためである．

プロトタイプでの実験を基に，追加された要素を反映して再設計した関係データベースの構造の一部を図 4 0 で表す．これはある学習ビデオに対する利用者とそのビデオに対するコメント，タグの関係を表している．情報提供者である講師 (teachers) は各コースを立ち上げ (courses)，各学生はそのコースにある科目 (lessons) のビデオ (videos) を利用し，学習を行うようになる．各ビデオにはそのビデオの作成者や利用者からのコメントが複数格納できるようにした．学生の

演習ビデオに対し、講師はある部分（snaps）にコメントを追加することができ、学生が繰り返し復習できるようになっている。

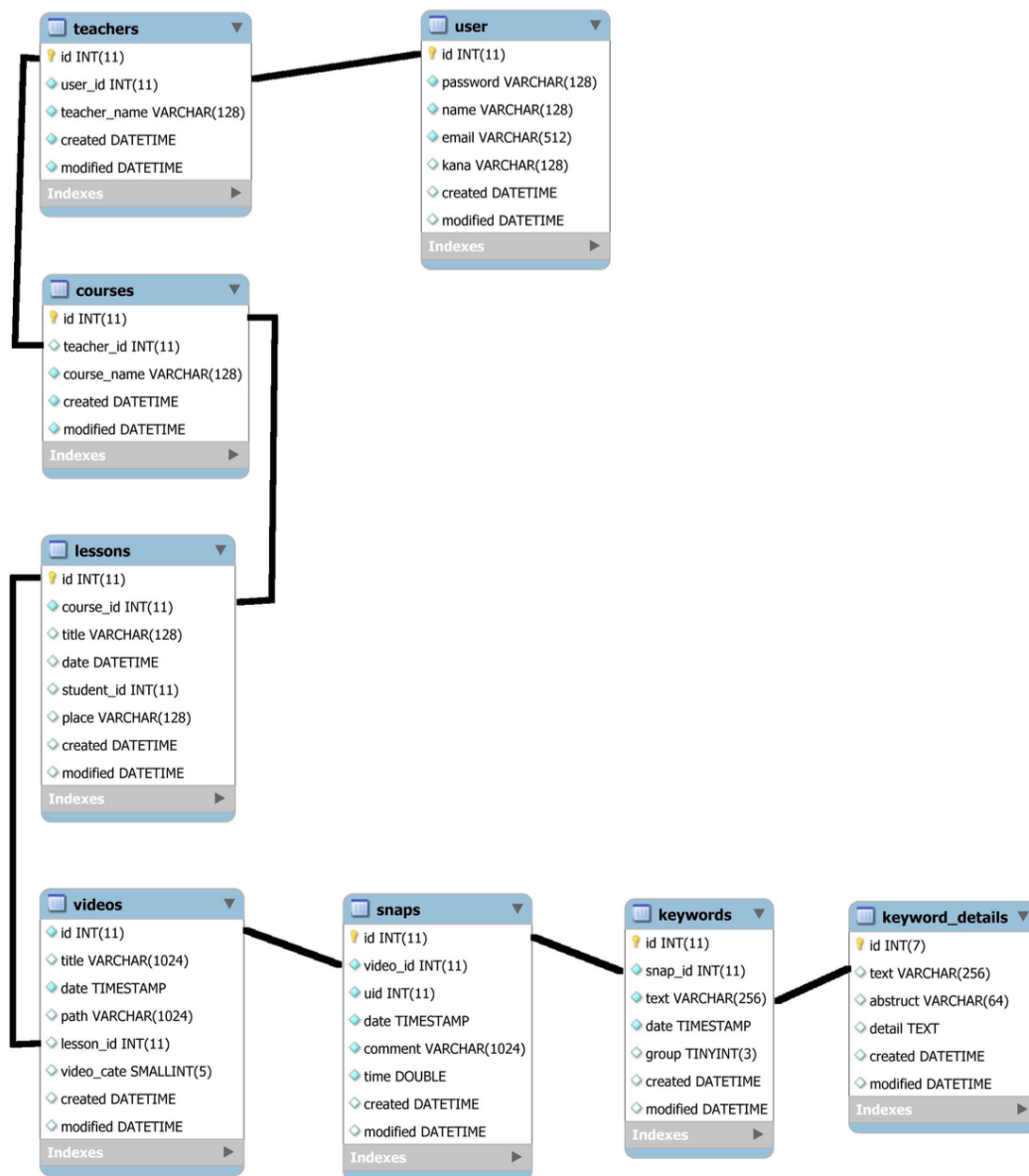


図 4 0. 関係データベース設計の一部

実際の Web 画面を図 4 1 に示す。まず学習ビデオ映像が表示されるようになっている (①)。映像の途中でコメントが必要な部分は、下のコメント部分で複数コメントを追加できるようになっている (③)。このコメントはその映像の時間データと同期してデータベース化される (②)。講師や学生によって追加されたコメントはその映像データと連動されて蓄積される (④)。

コメントの入力、画面キャプチャによるコメント、音声による指導など、学習内容によって必要な項目が異なる可能性があり、拡張性や柔軟性を持つシステム（データベース）の設計が要求される。本システムはこのような要求を反映し、各コメントの項目の構成は柔軟に対応できるようにした。

三橋先生 > 空手 > 受け動作 第1回 - ビデオ
 学習者: 小田 場所: 東京工科大学 卒研室 時間: 2015-06-16 17:50:04
 骨モデルデータ/3DView データ アップロード/ダウンロード

動画選択: ビデオ 4画面 Top Left Front Persp. 動画1 動画2

秒 コメント スキル評価

4.74	腕が顔の前にある	まだまだ
5.55	拳が顔の前にある	まだまだ

① ② ③ ④

秒 コメント 発言者 何が悪い? 改善案 スキル評価 備考 静止画 教師メモ(非表示) 削除

4.74	腕が顔の前にある	三橋先生	二の腕の位置	顔の外側まで持っていく	まだまだ	追加	追加	静止画	追加	削除
5.55	拳が顔の前にある	三橋先生	拳の位置	拳を顔の上までもっていく	まだまだ	追加	追加	静止画	追加	削除

図 4 1. 実際の Web 画面

例えば、学習指導はコメント (①) だけではなく、画面をキャプチャした写真へのコメント (②) も可能である。これらのデータは講師や学生から検索可能になるようにキーワードとコメントを追加できるように設計 (③) された (図 4 2)。



図 4 2. 多様な要求への対応

他に、Kinect から抽出したデータだとビデオ以外にスケルトン 3D ビューデータを蓄積し、提供可能にしている (図 4 3)。



図 4 3. スケルトン 3D ビューデータの表示

システムの基本的なデータベースの設計は関係データベースを基にしている．しかし，関係データベースを使うとあらかじめデータの構造を予想し，あらかじめスキーマによるテーブルの設計が行わなければならない．これは後でデータの構造の変更が生じた際や，構造的に変化があった際にデータベースの設計を再構築する必要が生じるなどの問題が発生する可能性が残る．

本システムでは，関係データベースの設計と共に，データ構造の変化にもっと柔軟に対応可能な非構造型データベース系のデータベースシステムによる構造設計を行った．今回に利用した非構造型データベースは **MongoDB** である．

非構造型データベースである **MongoDB** は，利用者それぞれによって異なるデータに効率的に対応可能である点[Dennis 2013] [Hongxia 2014] [Kanade 2014]を期待して構築し，実験を進んでいる．

本システムでは，学習者それぞれのデータ蓄積に非構造型データベースを応用した．各学習者に対し，個人データを蓄積することによって各個人に最適化された情報提供が可能になる．特に本システムでは，各学習者の実習レベルに合わせたデータの提供に **MongoDB** を活用している．

図 4 4 は非構造型データベースでの学習教材提供者 (Teacher) と利用者 (Student) の関係と，Web サイトから取得するデータを **MongoDB** のデータ構造である **json** ファイルで格納する例を表している．

図 4 4 に表しているように，講師は Web にあらかじめ用意されている項目を利用してコンテンツを作成，提供する (①)．これらの情報は **json** 型で **MongoDB** にそれぞれ独立した一つのドキュメントとして格納される (②)．その上，元の一つにドキュメントから必要な部分のみ切り取って，新たなドキュメントの作成が可能になり，講師から作成された各ドキュメントデータを利用者 (学生) それぞれのレベルに合わせた新しく組み立てたドキュメントの作成が可能である (④)．もちろん他の講師から作成したコンテンツを利用して新しくコンテンツを組み立てることも可能である (⑤)．

各学生に対するデータはそれぞれドキュメントとして蓄積される．あらかじめ用意されているデータベースのテーブルの相当する属性に蓄積される関係データベースと違い，必要な属性をその場で追加できるのが特徴であり，データベース設計の後に発生するデータ属性の追加要求に対しても柔軟に対応できると期待できる[Shin 2014] [Shin 2015]．

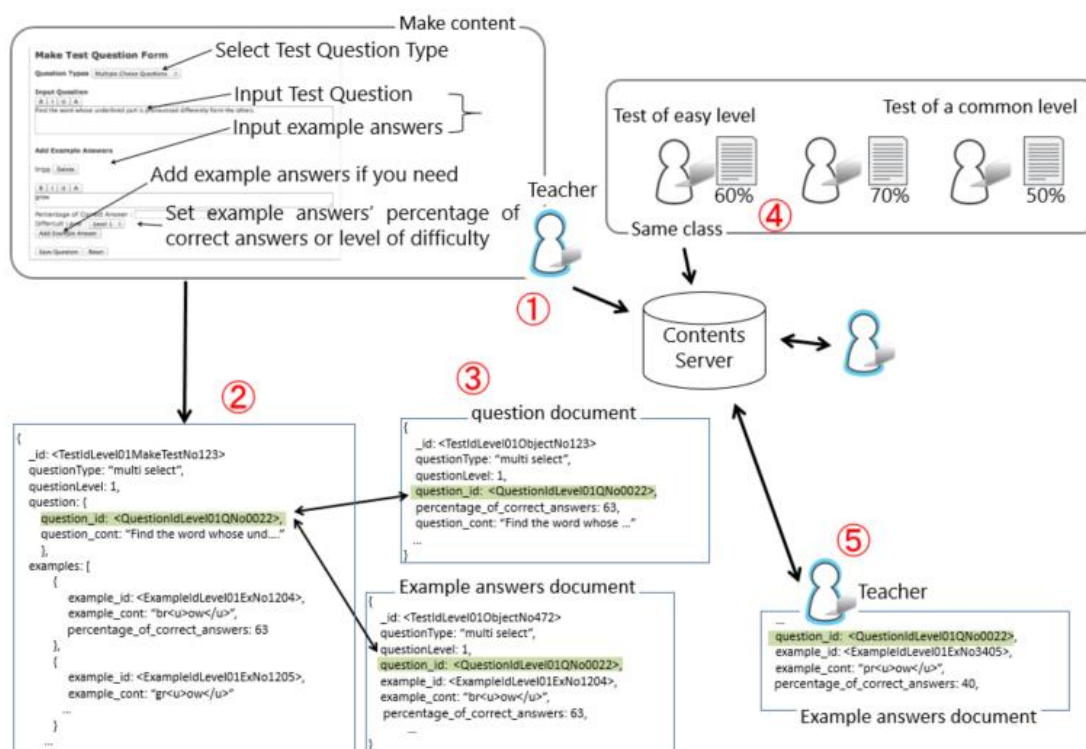


図 4 4. MongoDB を活用したデータ蓄積

このようなデータベースシステムによって蓄積されたデータは分析されて、グラフなどの利用者へ見やすい形で提供できるように構築を行った。データを視覚化することによって、データベースや統計の知識がない利用者でも分析されたデータ情報から何らかの意味を取り上げられるようにした。

例えば、学習者からアップされたビデオを見て講師から入力されたコメントは講師が入力したキーワード毎にグループ化される (図 4 5 の①)。コメントによる指導事項についてグループ化することが可能になり、どのような指導が良く行われ、どのような指導が改善につながったか分析できる。他に、同じ指導事項が他の動画でどのように使われているかがグルーピングされているので (図 4 5 の②)、それに対してどのようなコメントがなされたか一連できるので講師は他にどのような指導が行われたかを参考できるし、学習者は他の人と自分の学習を比較できる。

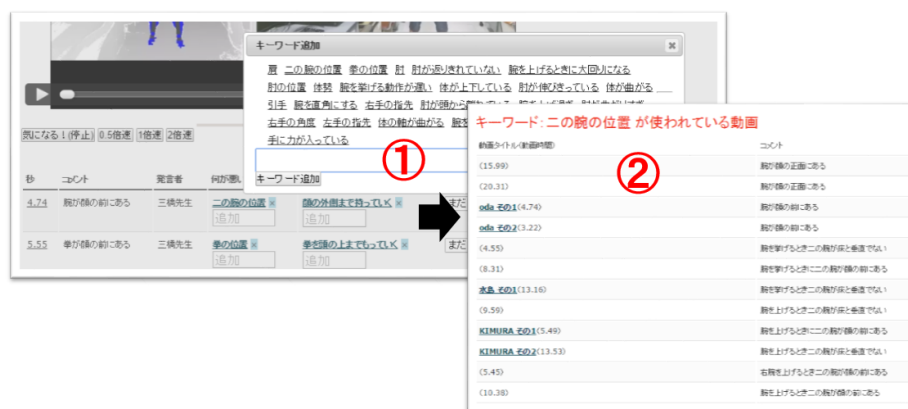


図 4 5. キーワードによるコメントのグループ化

他に、図4-6は「空手受け身」コースのコメントに現す単語の集合の視覚化した結果を表している。単純にあるコースのコメントに現す単語の集合を分析した結果などもこのように視覚化できる。

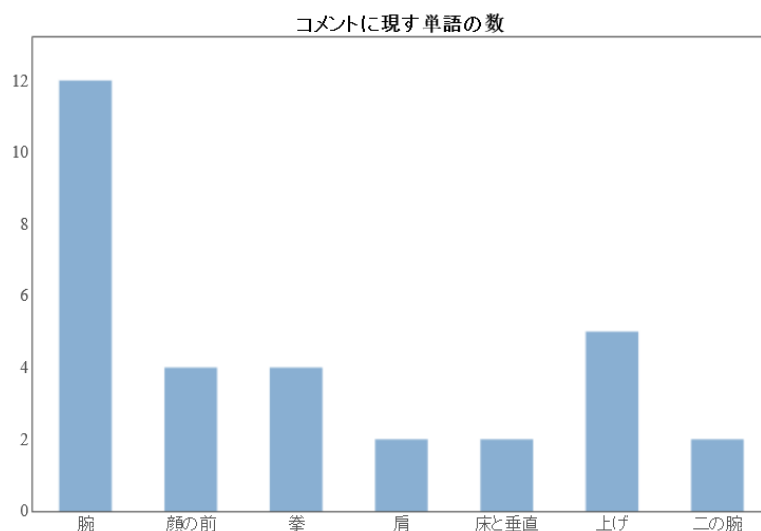


図4-6. コメントに現す単語の集合

このようなデータ分析結果の視覚化によって、講師はあるコースでコメントが多くなる部分を直感的に分かるようになり、今後重点的に教えるべきである部分を知る。

図4-6はコメントから特定の単語を抽出し、グラフ化した単純な視覚化であるが、このようなデータをもっと直感的で、分かりやすく視覚化すると、図4-7のような動画グラフも考えられる。

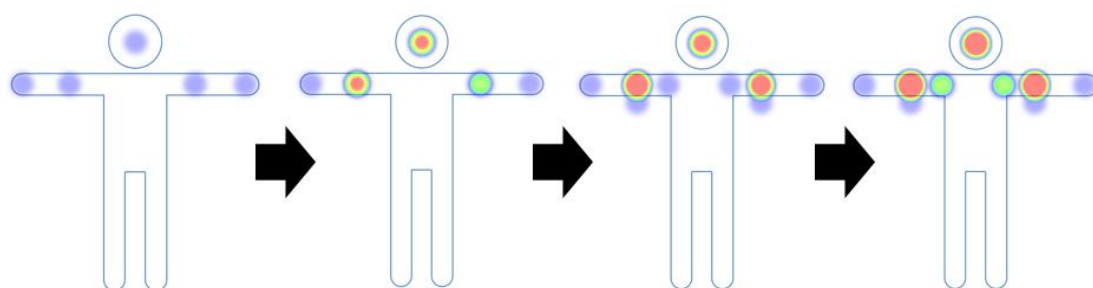


図4-7. コメントに現す単語の身体図へのマッピング

図4-7は「空手受け身」の「受け動作 第1回」の各学生からアップされた動画に対して講師からのコメントからそのコメント（「何が悪い？」）の指摘に示す身体を表す単語を講師からのコメントの追加に従って視覚化した結果である。赤くなった部分はコメントにより指摘が多かった部分である。このようにスポーツの場合は身体のどの部分に対し、コメントが行われたかを視覚化することも可能である。提供される動画が kinect のデータをベースにしているため、マッチングは kinect のボーンモデルの各部位まで対応可能である。もし講師からのコメントがこのボーンモデルの各部位まで細かくかけられる場合は、ボーンモデルの各部位にマッチングした厳密な分析も可能である。

コメントを分析し、各コメント間の関連性を視覚化することも可能であり [Jacomy 2014], 講師

がよく使う単語や、コメントにどのような表現をすれば学生が良く理解できるかを判断する資料にも使われる（図48）。例えば、「腕を」選択した場合、「上げたとき」が直接関連単語であり、「上げたとき」は、「肩があがる」、「肘が頭から離れている」、「一度止まる」の単語と結びつけられている事が分かる。

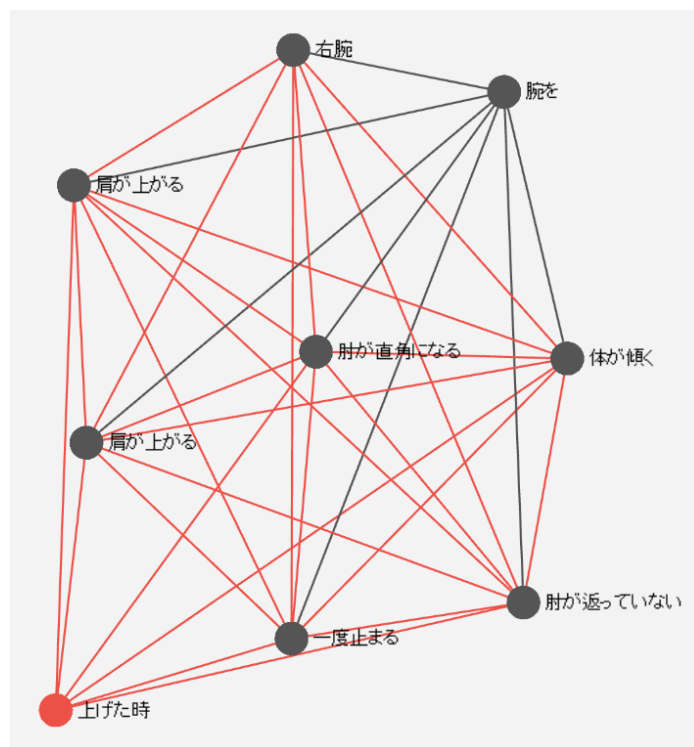


図48．コメント間の関連性

各コメント間の関連と共に指摘事項に対し、「改善案」として挙げられたコメントをグラフ化することにより、どのコメントが良く使われているか明確になる（図49）。この例では、「何が悪い?」に対し、「改善案」としてコメントされた文が他に何回現れているかを一部グラフで表示したものである。これにより、「改善案」としてどのようなコメントが一番よく使われているかが分かるようになる。



図49．指摘事項とそのコメント

今回は資料になるデータが少ないため分析できなかったが、講師の映像に各学生がコメントを

した部分を視覚化すると、そのコメントの数を見ることで、学生がどの部分を難しく感じているかなどが直感的に知ることができるなど、分析したデータの視覚化により、eラーニングシステムの効率性が上昇できると期待できる。

他に、「日本ノーリフト協会」の協力によって構築したデータでは、「何が悪いか？」に対する入力の中で「重さをそのまま持ち上げている」に対し、このコメントが使われている動画と、その動画でのコメントは図50のように分析できる。

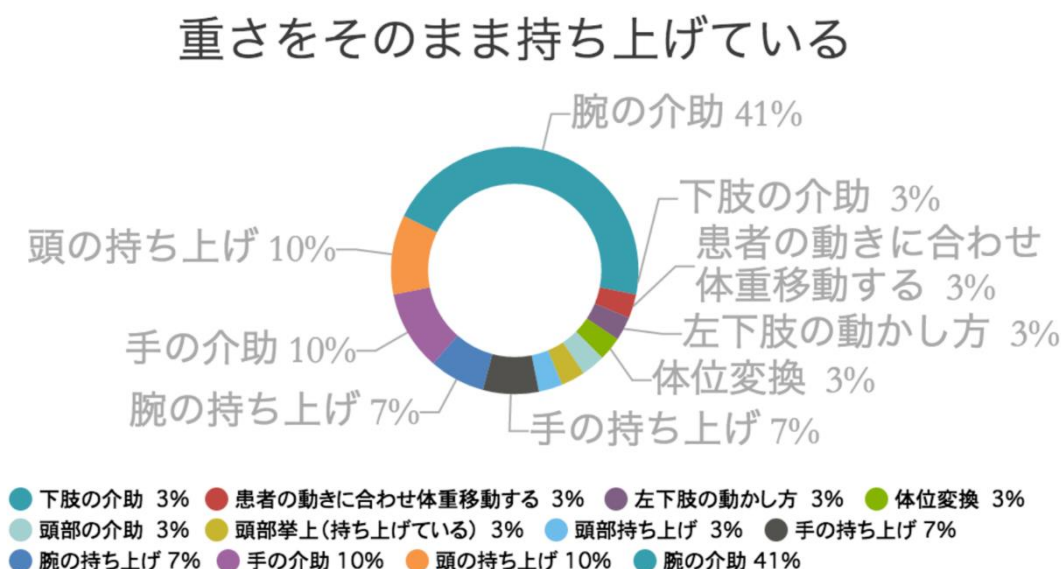


図50.「日本ノーリフト協会」データの分析

図50の例で見ると「重さをそのまま持ち上げている」のコメントに対しても多様な場合に使われていることが分かる。「頭の持ち上げ」と「頭部挙上(持ち上げている)」、「頭部持ち上げ」は同じ意味を持っているが、意味の解析までは難しいことであり、今回のシステムでは範囲外にし、講師からのコメント文をそのまま利用している。このグラフからは「腕の介助」(12回表す)で一番よく使われている事が分かる。このデータから「コメント」が「腕の介助」で、「何が悪い」が「重さをそのまま持ち上げている」の「改善案」は「上に片手で上げるのではなく支える姿勢(腕をマット上などに置く)で行う」であることがまた抽出できる。

このように蓄積された様々なデータを加工し、効率的に視覚化することで、利用者にもっと直感的な情報が提供できる。これによってデータ分析などの技術を知らない利用者であっても蓄積されたデータから必要な情報を得ることが可能になると期待できる。

(2) パワーリフティング初心者の技能学習

用具を用いるスポーツ動作や、生産活動における工具等の操作の習得には、身体動作を伴った技能の習得が不可欠である。初心者と習熟者では身体の動作方法やその時の身体感覚が異なる。これらの動きや感覚を理解し、身に着けることが技能の習得につながる。ところが、これらの情報は、定量的に表現することや、分かりやすく提示することが難しいとされている。なぜならば、人の体の筋骨格構造は個人ごとに異なり、その自由度は膨大なため、また、感覚の表現には、オノマトペや口頭伝承に頼るところが大きいためである。身体動作や感覚の情報提示が難しいために、学習者と指導者が、それぞれに目標とする身体動作や身体感覚を異なったイメージとして抱くことになり、両者が正しくイメージを共有することが難しくなる。

ここで、運動の指導や学習では、まず、この両者が抱くイメージのギャップを縮めることが重

要となる．このため，学習者と指導者はインタラクションを通じて，ギャップを縮めイメージの共有を図る．これにより，学習者と指導者が正しいとされる身体動作と感覚を共有でき，共通の目的を持つことで，正しい方向で練習を進めることができる．

このインタラクションを媒介にしたイメージ共有のために，従来から多視点映像による運動指導が行われてきた．しかし，その撮影には，通常の RGB ビデオカメラを用いるため，視点の数と同数のカメラが必要となり，非常に特殊なシステムを必要としていた．そのため，撮影するための環境整備が必須であり，スポーツを健康維持，自己鍛錬，余暇等として楽しむ一般のスポーツ学習者には敷居が高い学習システムである．

そこで，本システムでは，1 台のカメラで 3 次元映像を撮影可能な RGBD カメラ（Microsoft Kinect2）を用いてスポーツ動作を撮影し，学習者と指導者が手軽にイメージの共有を図ることを考える．ここでは，パワーリフティングにおけるスクワット動作を対象動作に取り上げ，多視点映像を媒介にした学習者と指導者のインタラクションによるスクワット動作初心者の動作イメージの定着度合いを考えることとする．

学習者は，パワーリフティング未経験の 20 代前半の男子大学生とし，対象のパワーリフティング動作はウエイト，バーなしのスクワット動作とした．指導者による指導の頻度は週 1 回とし，一カ月継続した．教師はパワーリフティング日本代表選手に依頼した．学習到達目標は，初心者がスクワット動作の正しいイメージを持つための次の 4 点とした．

- 体がぶれないようにスクワットできる
- 膝が前に出ないようにスクワットできる．
- 椅子に腰かけるように体を下すことができる．
- 腰の位置が膝よりも下にさげるようにスクワットする（ルールによる規定）．

多視点映像を用いて，学習者と指導者がこれら 4 つの動作イメージを共有できるようにする．まず，スクワットにおける動作は次の 4 つの動作区部に大別される．

- ① スタートポジション
- ② シャガみ込み動作
- ③ シャガみ込み最下点
- ④ 拳上動作

① スタートポジション（図 5 1）では，次の点が重要とされる．まっすぐ前を向く．つま先と膝を外に向ける．肩幅程度に足を広げる．踵付近に重心を載せることがポイントとされる．

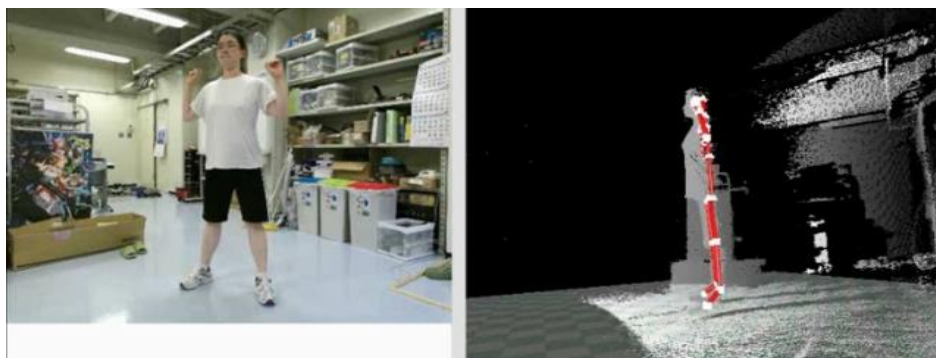


図 5 1．スタートポジション(教師動作)

② シャガみ込み動作（図 5 2）では，次の点が重要とされる．踵を床から離さない．踵付近に重心を載せる．膝を前に出さない．後ろに椅子がある感覚で腰を落とす．

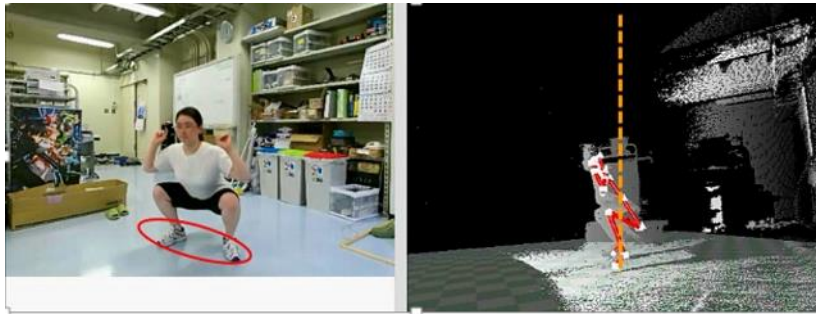


図 5 2. しゃがみ込み動作

③しゃがみ込み最下点（図 5 3）では，ルール上，臀部を膝より低い位置まで落として動作を止めることが求められる．

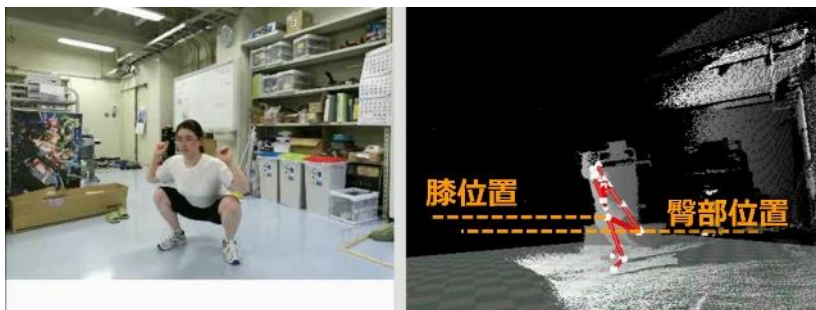


図 5 3. しゃがみ込み最下点

④拳上動作（図 5 4）では，次の点が重要とされる．前を向く，背中を立てながら立ち上がる．

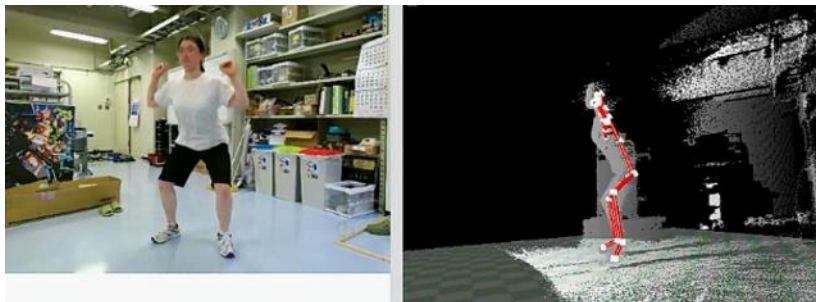


図 5 4. 拳上動作

以上の動作のイメージを学習者に抱かせることが学習の第一歩となる．本システムは上図のように，通常のビデオ映像を右側に多視点に切り替えられる 3 次元映像を web ブラウザ上に提示する．3 次元映像では，動作者の骨格をボーンモデルで表現し身体動作を表現する．web ブラウザ上では，学習者と指導者が撮影した映像にそってタイムライン形式でコメントを記述できる（図 5 5）．これにより，学習者と指導者の双方が，場所と時間を選ばず，動作のレビューができ学習者の動作イメージの修正が行える．次から学習の順を追って学習者が学習到達目標に達する様子を述べる．



図 5.5. 本システムの web インタフェース

< 1 週目 >

学習者は、スクワット動作①～④における動作ポイントについて、まず、映像を用いず文書のみで指導され、スクワット動作を実践した。この様子を RGBD カメラで撮影し、指導者が確認し、問題点をビデオ映像に沿ってタイムライン形式でコメントを残した。撮影後、多くの学習者から、「文章のみでは、正しいとされるスクワット動作をイメージできない」という意見が寄せられた。撮影後、教師が映像を確認し、悪い箇所、改善点などを動画の時間軸に沿ってコメントした。この時に、「正面からだけでなく横からの映像があるので分かりやすかった」というコメントがあった。指導者のコメントを受け、学習者が自身の動作の改善点を踏まえ、動作を修正する練習を行った。

< 2 週目 >

初回の教師のコメントを参考に、学習者自身が良いとイメージするスクワット動作を撮影した。撮影後、学習者から「指導者の”スタンスをワイドにとる”という意味がよくわからなかった」というコメントがあった。これは、指導者の動作イメージを言葉にしたものである。しかしながら、イメージの共有化が図られていないため、学習者にコメントの意図が正しく伝わらなかったものと考えられる。したがって、2 週目の学習者の動作も正しいスクワット動作とは言えず、指導者からコメントが付けられた。

< 3 週目 >

2 週目のコメントと 3 週目の撮影の間に、学習者は教師のスクワット動作を web 上で観察し、被験者のコメント（言葉のイメージ）と教師の動作（動作のイメージ）を結びつけ練習した。その後、学習者の動作を撮影した。

< 4 週目 >

3 週目の撮影後、学習者が指導者から直接実技指導を受けた。この時、映像による指導では不可能な、指導者が学習者の体に触れながら動作を補助する場面が見られた。3 週までの練習で、学習者は動作の大まかなイメージを持っていたようであったが、直接対面指導により、そのイメ

ージがさらに明確になったとの意見があった。以上を踏まえ4週目の学習者の動作を撮影した。その後、教師が動作を確認し、おおよそ学習者がスクワット動作のイメージを持つことができたとのコメントがあった。

以上の4週の学習における学習者と指導者の代表的なコメントを表8にまとめる。

表8. 各週における学習者と指導者の代表的な意見

	学習者の感想（動作時）	指導者の感想（コメント時）
1 週目	文書だけでは動作をイメージできない	正面のみならず横からの映像が有用であった。
2 週目	スタンスをワイドに取るというコメントが良く理解できない。	先週のコメントが良く伝わっていないようだった。
3 週目	指導者の動作を見て、指導者のコメントの意味と動作が結びついた。	前回、前々回と比較し良くなっている。
4 週目	正しいフォームのイメージができるようになった。	腰を下ろす、膝を前に出さない等のキーポイントが押さえられるようになった。

両者の意見をみると、1週目では、両者の動作に対するイメージが共有されていないことが分かる。教師は、これに対し、修正点をコメントしたが、そのコメント内容が動作を体得した人が感じる動作感覚に基づく表現であったため、学習者は、そのコメントを正しいとされる動きに結びつけることができなかったものと考えられる。このことが、2週目の両者の意見に表れている。そこで、3週目では学習者が多視点で指導者の動きを観察した。これにより、学習者は、指導者のコメントと正しい動作を結びつけ、動作のイメージを持つことができたものと考えられる。このことが3週目のコメントから分かる。ここに、映像を媒介として、教師と学習者が、互いの映像を複数の視点で観察しコメントする、または参照するというインタラクションが生成され、学習者と教師との動作に対するイメージのギャップを縮める効果が生じた。さらに4週目では、直接対面指導も加わることで、両者の動作のイメージの共有が図れた。学習を終え、指導者から学習者の学習到達度合いを尋ねたところ、おおよそ、上述の学習到達目標を達成することができたとの意見を得た。

したがって、多視点映像を利用したインタラクションを通じ、学習者の動作のイメージを指導者の動作のイメージに近づけることができ、学習者が正しいスクワット動作のイメージを持つことができたと言える。

（3）空手と水泳初心者の技能学習

始めに、従来の身体運動教育の問題点を人間が生来有する機能に限定して考察した。この限定は特殊でなく、どの身体運動教育の場合でも言えることであるため、この考察は幅広いケースに適用できる。この考察を基にして、3次元身体動作の任意視点と動画連動型指導記録DBを用いた身体運動教育用eラーニングシステムを提案し、1か月に渡る実証実験を通して、その有効性を検証した。図56に空手の受け動作のeラーニングシステムを示す。

表 9. 空手の受け作業における改善を指摘された部位と改善内容
(ただし、括弧内は視点方向)

(a) 学習能力が高い学習者					(b) 学習能力が高い学習者				
	1回目	2回目	3回目	4回目		1回目	2回目	3回目	4回目
肘	位置 (正面)	位置 (正面)	-	-	肘	位置, 傾き (正面)	位置 (正面)	位置 (正面, 右面)	位置 (正面)
腕	位置 (上面)	傾き (正面)	-	-	腕	位置 (上面, 正面)	傾き タイミング (正面)	タイミング (正面)	位置 (右面) タイミング (正面)
拳	-	位置 (右面)	位置 (右面)	-	拳	-	位置 (左面)	-	-
腰	-	-	-	-	腰	-	-	傾き (正面)	-
肩	-	-	-	-	肩	-	-	-	位置 (正面)

図 5 7 に水泳のクロールモーションの練習の様子を示す。この検証は、指導者と学習者へのインタビューだけでなく、指導者と学習者の本システムの操作を傍で見て、顔の表情や仕草などの様子から何を考えているのかをその場で質問したため、比較的信頼度の高いインタビューが行われたと考える。検証の結果、表 9 に示すように従来のビデオと 3 次元スケルトンを用いた 3D Viewer を組み合わせ、その動画連動型指導記録を蓄積した DB を用いることで、内面的問題、視認問題を改善できることがわかった。もちろん、本システムがこの二つの問題を完全に解決できたとは考えてはいない。特に、1 章で述べたように後天的に発生する人間関係や社会的背景に起因する問題に対して本システムの有効性の検証は未解決である。しかしながら、システム無しの場合と比較して、客観性、指導教育設計、振り返りによる達成感など、多くの利点が認められたことに本システムの有用性があると考えられる。

本システムは、Kinect が一般に入手しやすく、また、DB システムのサーバは年間 1 万円程度の費用でレンタルできるため、一般に普及しやすいものと言える。そのため、今後は、他の分野での適用を検討することと、本システムを大規模データで再評価することである。

(4) 介護技能学習におけるヒヤリハット DB

教え手と学び手の間の経験価値共創プラットフォームが必要とされている分野に福祉用具を用いた介護がある。介護行為は、工場の組み立て作業のように、主に、人と機械からなる系とは異なり、人（スタッフ）と人（患者）と用具（機械）からなる系となっている点に特徴がある。そのため、機械の取り扱いのみならず、人への声掛けや物理的インタラクションを扱う必要があり、その現場導入や現場での実践を支援する教育ツールが求められている。また、一方的に啓蒙的教育を行うだけではなく、現場での多様な症状を持つ患者への適用事例を蓄積することで規範となる適用方法の標準化を同時に進めていくことで、多様性の罅（ケースバイケース対応がすべてという考え方）から脱却し、介護の質向上を促す共創的な仕組みが不可欠である。

本研究では、福祉用具を用いた介護の一つとしてノーリフティング・ポリシー（押さない・引かない・持ち上げない・ねじらない・運ばない）に基づく介護を、現場で導入・実践することを支援する経験価値共創 e ラーニングシステムを取り上げる。ここで想定している介護支援 e ラーニングシステムは、ノーリフティングの基本行為の教育支援（基礎技術）と、それを実際の筋硬縮の症状が見られる患者等に適用する技術の教育支援（応用技術）、それらの実践例の蓄積機能から構成されるシステムである。

H28 年度は、これまでに開発した、どのような症状（筋硬縮状態）の患者に、基本動作をどのように適用すべきかの判断の支援、また、適用の結果や改善のプロセスがどうであったかの記録の支援を行うために、画像情報を蓄積・検索するソフトウェアに、過去の実際のデータを登録す

ることで、動作検証を行った。入力した事例データの一例を図58に示す。患者の年齢や性別といった情報、障がいを含めた身体的な状態を基本情報として登録し、それに紐づけて、行ったケアやその結果の状況を、写真を含めて経過を登録可能である。

また、実際に試用することで明らかとなった使い勝手を改善するようにシステムの改良を行った。例えば、写真を含めた詳細な情報は、あるタイミングで登録した情報のみか、ある姿勢のみに限定して一連の流れを見ることしかできなかったのも、全ての情報を一連の流れで見ることができる機能を追加した(図59)。

ノーリフティングのケアを実施する際に、事故やヒヤリハットが起き得るため、そのリスクアセスメントやそれを予防するための対策を考案するための仕組み作りも重要である。介護の場合、介護者と機器と被介護者という3つの要素が関わるため、手順のミスや機器の扱いのミスといった単純なものから、ケアする対象の方の多岐に渡る状態(身体の大きさ、障がいの種類や度合いなど)と介護者の状態(介護経験、身体能力、ノーリフティングの知識と経験など)の組み合わせによるもの、といったように複数の要素が関わるものまでであるため、それらの情報を含めて事故の情報を集める仕組みが必要である。そこで、上記の介護ケアの記録を行えるシステムに、事故情報を記録可能なシステムを新たに開発して統合した(図60)。このシステムでは、被介護者の年齢・性別・障がいの状態、介護者の職種・経験、事故の種類や事故状況とともに、ノーリフティングのケアの種類や一連のケアのうち何をしているときに起きた事故なのかを記録できる。具体的なケアの内容を選択するメニューでは、昨年開発した患者に対する移乗動作の画像データベースや別途開発されているeラーニングのコンテンツを元に作成している。そのため、事故やヒヤリハットが起きたノーリフティングのケアの具体的な場面が分かるため、それに関連するeラーニングコンテンツへとつなげることができる。事故やヒヤリハットが起きた場合でも、その情報を入力することで、それを予防するための学習を行えるように展開することが可能である。このシステムにデータを収集できれば、初心者や典型的な事故パターンや特定の障がいの典型的な事故パターンを把握するといった分析が可能となり、リスクマネジメントを含めてノーリフティングを普及することが可能となる。



図 5 8. ケアの記録の一例

患者さんやご利用者さんの状況を共有し、スタッフの体に負担のない看護・介護に役立てます！

ノーリフト！

ノーリフト画像データベース

新規症例

症例一覧

インシデント症例

インシデント一覧


ログアウト

経過報告 (全体)

施設名称	田代院	登録日	2015-12-02	登録番号	000017
報告氏名	アスト 太郎	性別	男性	生年月日	1937-12-02
				年齢	78才

【報告書番号】000033 【報告書登録日】2015-12-02 【入力者】

再上



横 (右)

横 (左)

■状況や問題点

■実施内容

■アドバイス

両脚の膝部で重量が上れるように支える装置が起きている。その影響で、上半身のバランスも崩れ、左側に体重がかかり、腰痛が見られる。

【報告書番号】000034 【報告書登録日】2015-12-02 【入力者】

再上



横 (右)

横 (左)

■状況や問題点

■実施内容

■アドバイス

リフトで寝かせて、ベッド端に座って起き、床に立ち置いて足が着くようにして、足に体重を掛けてもらった。体重を掛けると足が動いた。

座位保持ができない一方で、海外製のリフトは布地がしっかりしているもので、サポートがしっかりできる。国内のリフトは布地が柔らかいので保持が難しい。

【報告書番号】000035 【報告書登録日】2015-12-02 【入力者】

再上



横 (右)

横 (左)

■状況や問題点

■実施内容

■アドバイス

リフトを使って車椅子に座って起き、床に置いた台の上に足を置いて、自然に立ち上がるようにした。脚と腰の間にクッションを置くことで、バランスがとれやすくなった。

図 5 9. 記録した全てのケアの情報を一連の流れで提示する機能の例

患者さんやご利用者さんの状況を共有し、スタッフの体に負担のない看護・介護に役立てます！

ノーリフト！

ノーリフト画像データベース

新規症例 症例一覧 インシデント症例 ログアウト

新規症例登録

施設名称: A病院 発生日: 2016-01-18 管理番号:

被介護者について

性別: 男性 年齢: 75 才 障害の有無・障害名: 両側に拘縮があり、関節可動範囲が限定的

介護者について

職種: 介護士 介護経験年数: 3 年 ノーリフトケア経験年数: 0 年

事故・インシデント状況

事故・インシデントの種類: 転落 発生時のケアの種類: リフトへの移乗

ケア中の発生ポイント

ベッドを上げる

スリングをたたんでおく

側臥位にする

仙骨にスリング下部を合わせる

中心を脊柱に合わせる

側臥位に戻す

反対側に寝返らせる

ストラップを引き出す

側臥位にする

ストラップを股下に入れて大腿部を包むようにする

フックの4点に掛ける

リフトで持ち上げる

事故発生時の状況

リフトのスリングに乗せようと側臥位にする際に、勢いをつけてしまい、変えきれず転落しかけた。

インシデント登録

図 6 0 . 事故情報登録システム

(5) 製造業における提供側の経験価値および技能教育における経験価値共創モデルの検討

目的

本節では、本研究全体を貫く重要な要素である「経験価値」とその「共創」について、特に製造業における経験価値共創のモデルおよびメカニズムについて、理論的検討及び質的調査、統計的調査を踏まえて検討することを目的としている。製造業の価値創造のメカニズムやパターンを明らかにすることにより、主に技能教育について、その計測およびeラーニングの活用可能性検討（本プロジェクトの他グループ）にも有用な知見を提供することをめざしている。主な研究的課題として次のようなものが挙げられる。

- ・ 製造業における経験価値とは何か。
- ・ 製造業（モノを通じた間接的なサービス供給）において顧客との経験価値の共創にはどのようなパターンがあるのか。
- ・ 技能教育における経験価値とは何か。特に技能教育プロセスにおける「教える側」の経験価値とは何か。
- ・ 技能教育における経験価値を共創するためにはどのような方策が必要か。

最終年度までに、製造業における技能教育の経験価値共創の阻害要因を教育者と学習者の「認知差」と捉え、技能教育の教育者と学習者を対象にアンケート調査を実施し、具体的な認知差の検討を行った。

技能教育における経験価値共創の課題

2014年に実施した、いくつかの製造業へのヒアリングを通じて、現場の技能教育において経験価値の共創を阻害している課題を把握した。これは、現実の技能教育の現場では、教育者の技能教育プロセスからの経験価値の獲得および蓄積が十分でないことが技能承継の問題を難しくさせていることを示唆し、技能教育に関する教育者と学習者との間に様々な認知差の存在を示唆するものである。

例えば、学習面では、暗黙知的な要素を含む一連の技能の教育について「何を伝えればよいのかわからない」「どうやって伝えればよいのかわからない」「個人差がある」といった問題や、その前提として「教育者にどこまで伝わっているのかわからない」というケースも少なくない。また、モチベーションの側面では「技能は盗むもの」といった伝統的な考え方を継続する教育者もあり、「教える」という行為自体に積極性や主体性を持たないケースも見受けられる。さらには、「人間関係」の面では、「素質がない」「素直じゃない」「理解する能力が足りない」など生じる問題を学習者へと転嫁する姿勢もしばしば見受けられる。

また、技能教育は、教育が個別的に実施されており、伝達する技能が同じであっても、教育者の採り得る教育方法が多様で標準化されていない。特に中小企業においてこうした傾向は顕著である。このことは教育者にとっても、学習者にとっても、技能教育（教示や学習）はどのようなものなのかをはっきりと認知することを困難にさせている。

そこで、技能教育の経験価値共創の阻害要因を教育者と学習者の「認知差」と捉え、技能教育における教育者と学習者の具体的な認知差がどこにあるのか明らかにする。認知差を理解し、技能教育の認知差を教育プロセスの事前または事中に修正するプロセスを内包させることで、効果的な技能教育実現の示唆を得る。

調査方法

教育者と学習者の「認知差」に関し、言語教育の研究が参考になる。例えば、若井・岩澤（2004）は、ハンガリー人に対する日本語教育における認知差を把握し、たとえば「教師は学習しなければならないことを全て教えるべき」と学生は認知しているのに対し教師はそうのように認知していない、あるいは「学習者は細かい間違いを気にせず、積極的に外国語を話すべき」と教師は認知しているのに対し学生はそうのように認知していないことを明らかにした。

本調査では言語教育の知見を参考に教育者と学習者との認知差を明らかにするため、同一の企業（中小製造業）に教育者、学習者それぞれにアンケート調査を実施し、その回答を比較検討する。具体的には、認知差を把握する尺度として用いることのできる質問項目を準備し、得られた結果を統計的に処理し、認知不一致項目の抽出などを試みた。

教育者と学習者で比較可能な調査項目は、「教育者は、学習者（教わる側）が、それぞれどのぐらい技能習得が進んだか教えるべきだ」など教育者のあり方に関する項目（27項目）、「はっきりとした目的があれば技能の上達が早くなると思う」など学習者のあり方に関する項目（17項目）、「技能のコツは教えるものというより、学習者が体得するものである」など両者をまたぐ技能教育プロセスにかかわる項目（10項目）、さらには「教育者の満足は、自分が教えたことを、後に学習者が実際の現場で活かしたことによって得られる」「学習者の満足は、教わったことを、のちに実際の現場で活かしたことによって得られる」技能教育に関する満足の感じ方に関する項目（3項目）の合計40項目にわたる。設問に対する回答選択肢はそれぞれ「4=あてはまる」「3=ややあてはまる」「2=あまりあてはまらない」「1=あてはまらない」の4段階とした。

調査結果

調査で得られたデータについて、各質問項目において教育者回答の平均値と学習者回答の平均値の差とその有意性を検証した。5%有意水準を満たしたものを表10に示す。その結果、いくつかの項目について教育者と学習者との間に有意な認知差が認められた。このことを説明する。

学習内容、学習活動時間、技能のコツやポイント、技能進歩や理解度の評価などの項目について、指導者は学習者に全て教えるのではなく、部分的に教えない部分を学習者が自ら考え、見出して学ぶことが良いと考えている。これに反して、学習者は指導者が、これらの項目全てを教えるべきであるとの認識を持っていることが認められる。次に、努力すれば向上できる、はっきりとした目的があれば技能の上達が早くなるなどの項目について、学習者の平均値の方が教育者のそれよりも高い値を示している。これは、他の項目を考慮して考えると、学習者自身が自律的に行うのではなく、学習者は、指導者がこの2項目内容を教えるものと考えられる。

以上のことから、指導者はある程度考えさせることで、学習者自らの自律性を期待するという認知を有しているのに対して、学習者は指導者が全てを教える、または、導いてくれることを期待しているという認知を有していて、この認知差が生じていることが統計学的な観点から有意に認められる。この結果を考えると、教育者が学習者に対して、この認知差を埋めるためのきめ細かくかつ十分な教授法を果たすことで解消でき、技能教育の効率化・円滑化を図れる可能性があると言える。

表10. 調査によって把握した教育者と学習者の認知差

	教育者の 平均値	学習者の 平均値	平均値の 差	t	有意確率 (両側)	
教育者は、学習者が学習しなければならないことを全て教えるべきだ	2.40	2.74	-.340	-2.151	.036	*
教育者は、個々の学習活動にどのぐらい時間を使えばいいのか学習者に教えるべきである	2.26	2.54	-.280	-2.189	.033	*
技能習得に進歩が見られなかったら、それは教育者の責任だ	2.65	2.02	.625	4.413	.000	*
教育者は、学習者の質問意図を理解できなければいけない	3.37	3.08	.286	2.309	.025	*
技能のコツの明示は学習効果の向上につながる	3.08	3.40	-.313	-2.282	.027	*
技能を伝授することは教育者の責務であると思う	3.37	3.08	.286	2.043	.047	*
技能教育には、技能のコツの要点説明が重要である	3.12	3.41	-.286	-2.248	.029	*
学習者は、努力すれば技能が向上する	3.18	3.42	-.240	-2.370	.022	*
学習者は、はっきりとした目的があれば技能の上達が早くなると思う	3.26	3.58	-.320	-2.762	.008	*
学習者は、教育者の言う通りに勉強すれば上達が早くなる	2.28	2.66	-.380	-3.144	.003	*
学習者は、自分の技能学習のどの部分を改善すべきかわかっている	1.96	2.48	-.520	-4.261	.000	*
学習者は、技能をどう学習すればいいかよく知っている	1.90	2.28	-.380	-3.144	.003	*
学習者は、教育者への質問の意図を明確にする必要がある	2.92	3.36	-.440	-3.133	.003	*
技術学習にあたって、学習者が技能を習得するまで、実際にものをつくるべきではないと思う	1.74	2.08	-.340	-3.012	.004	*
技能のコツのポイントはそれぞれの技能工によって異なる	3.02	3.26	-.240	-2.717	.009	*
技能のコツは教えるものというより、学習者が体得するものである	3.02	3.34	-.320	-2.682	.010	*
技能と直接関係のない仕事は技能を高めるうえでは重要ではない	1.78	2.06	-.280	-2.189	.033	*
満足は、自分が教えたことを、学習者がその場で理解したことで得られる	2.63	2.41	.224	2.198	.033	*

注：5%有意水準の項目のみ掲載

到達点と今後の課題

本年度では、中小製造業を対象とするアンケート調査を実施し、中小製造業の技能教育現場に潜在する教育者と学習者の「認知差」を把握することができた。今後、把握された「認知差」の

発生原因をさらに深掘りすることによって、この研究成果は技能教育の内容を変化させる柔軟な技能教育手法の構築の基礎となりえるものであり、技能教育を自社の技能のタイプや教育者及び学習者の特性に応じた適切なマネジメントを実施するための基礎資料としても活用できる可能性がある。他方、把握された認知差を基礎として具体的にどのように技能教育を改善していくかについては、さらなる調査結果の検証と追加的な調査が必要であり、今後の課題として残されている。

3-3-3. 生理・心理分析

I. 経験記録・生理計測システム開発

eラーニングの状況に適用するための経験記録・生理計測システムを開発するため、本研究は以下の項目を実施した。

- (1) 生理・心理計測法が技能教育の現場で使えるかの可否検討
- (2) 計測システムの構築
- (3) 基礎研究
 - ① 眼球計測による学習個性の推定
 - ② 視線計測による学習履歴の分析
 - ③ 脳血流計測による学習努力の定量化

(1) については、初年度において生理信号計測による満足感を含む心理状態の推定が可能かどうかを製造業で実施した。技能作業現場でも可能である見通しを得た。そこで本格的に各種生理計測をサービス研究に拡張するための算段に取り組んだ。製造業と介護指導教室を対象とした。

(2) については以下それぞれの計測方法の開発の際に必然的に実施した。特にのちの研究項目IVでの書き起こしアプリと、e-trainig analyzerの開発が大きい。それらの詳細はそこで述べる。以下、①から③の実施事項を述べる。

① 眼球計測による学習個性の推定

技能eラーニングの想定シーンとしては、ネットワークを介して指導者と学習者とがタブレットなどのITツールを使い、動作の確認や学習コンテンツを適宜閲覧しつつ、実際に技能習得動作を繰り返すことで教示・学習に励む—といった場面が多いと考えている。このような利用状況で、指導者・学習者双方の満足感を計測する手段としては、頭部や身体へ機器装着する手間がないほうが最終的には望ましい。そこで非接触式の視線計測装置を用い、満足感や学習・指導プロセスを推定するタブレットベースの視線計測システムの開発と、視線計測からの心理状態推定法の研究を進めた。

眼球運動は様々な心理状態を反映しており、例えば、快・不快映像刺激でマイクロサッカードの出現方向が変化する[Engbert 2003]ことや、縮瞳から瞳孔径回復の立ち上がり速度が異なる[柏原 2010]ことが報告されている。また、マウスやリモコンなどの情報操作端末の操作不満感が、眼球運動のパワースペクトル密度に影響したり[勝倉 2004]、驚き・不快・集中などの心理状態に応じて瞬き頻度が変わること[Rösler 2005]、情動変化が瞳孔径やサッカード周波数変化と瞬きに影響する[柏原 2010]ことが知られているので、それら従来研究報告を参考に、砥石研摩作業の初心者視線・眼球映像を分析した。その結果EFEで判明した主観的心理状態が変化する際に、瞳孔が細かく振動しているような挙動が確認できたので、本研究においても瞳孔径の変化周波数を調べることにした。

そのためまず瞬きや計測不備による欠損データの補間アルゴリズム(検出失敗データを内挿補間→移動区間処理での多項式近似式を用いて逸脱点を瞬き部分として除去→欠損分を再度内挿補間→カルマンフィルタを用いて瞳孔径変化を予測し、正常値と外れ値を判定し、瞬き中の瞳孔径変化を推定する方法)を施し、窓関数処理・区間フーリエ変換・対数変換を経て、瞳孔径変化の周波数成分比率を算出した。そして上記手法の動作検証として、パズルタスク実験(図6-1左)

を題材に、タスク遂行時の主観心理状態（集中度・関心度・満足感）と眼球運動特徴量との相関を調査した。

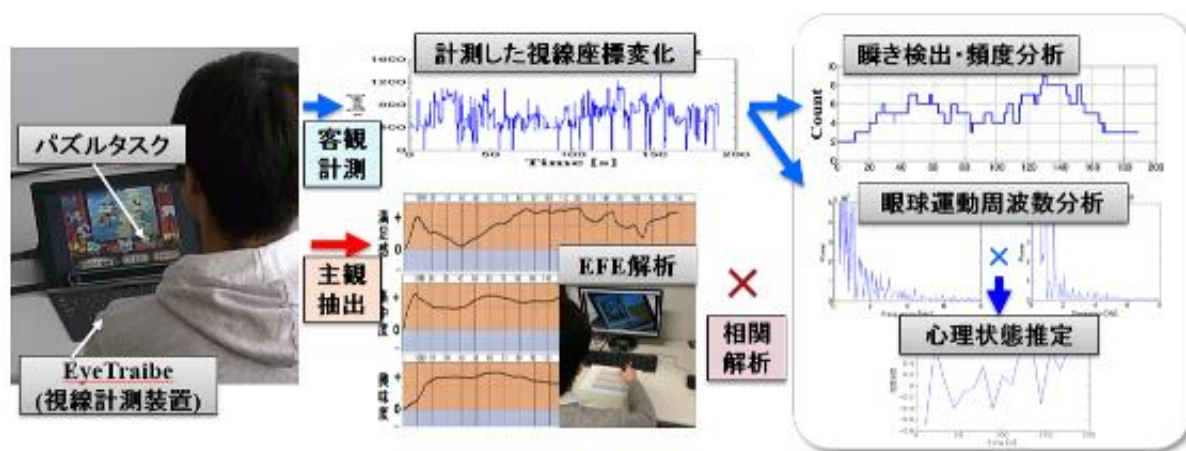


図 6 1. 視線計測実験風景（左）とデータ解析・処理の流れ（右）

分析の結果、瞬きから主観満足度は推定しにくい（相関係数 $r=0.05\sim0.17$ ）が、集中度（ $r=0.18\sim0.59$ ）と関心度（ $r=0.26\sim0.91$ ）は人によっては可能である事が確認された。眼球運動の水平/垂直 PSD(Power Spectrum Density)に関しては、その $3.0\sim3.5\text{Hz}$ 帯域強度と主観満足感との相関がやや高い（ $r=0.61$ ）ことが認められた。

指導者は学習者とのやりとりで、学習者の個性を推測し、指導方法を無意識に適応させている。しかしながら、e ラーニングの状況では学習者と指導者が直接会する機会を少なくすることで、サービス生産性を上げているもののこれは逆に指導者が学習者の個性を推測する機会が減ることの裏返しとなっている。そのため指導者が学習者の嗜好や傾向を推測する機会が著しく減る。この解決策として生理分析によって補うことができれば好ましい。そこで眼球運動から学習者の教材嗜好が推定可能かを調べた。技能の学習者は、技能動作に関する理屈を好んで学習するタイプ（理屈型）と、実際の動作を見て学習するタイプ（実践型）の 2 種類に大別されると仮定し、最初に研究室実験で上記学習タイプを調べるアンケートを設計し、続いて視線計測と学習・評価方法などの実験デザインの妥当性を検証するための準備実験を行い、シート介護講習会で現場実験を行った。以下、順を追って説明する。

Step 1【性格アンケート設計】 学習者の理屈派・実践派傾向を定量的に評価するための性格アンケートを、心理尺度集[滝間 1991, 平山 2004]に基づいて作成した。理屈派ペルソナと実践派ペルソナを作成し、被験者 10 名にそれぞれのペルソナが答えるであろう性格アンケートの結果を回答してもらった。それぞれの想定ペルソナ回答群の平均は、実践型が 110（ $s^2=105$ ）点で、理屈型が 60（ $s^2=92.7$ ）点であり、これら 2 群間の平均値が有意に異なる（paired t-test, $p<.05$ ）ことが確認できたので本アンケートは妥当と判断し、マハラノビス距離を用いて学習者の好みを判別した。

Step 2【準備実験：椅子運び】：新たな 10 名の被験者に対し、e ラーニング環境を模擬した実験を実施した。測定システム構成と解析の流れを図 6 2 に示す。

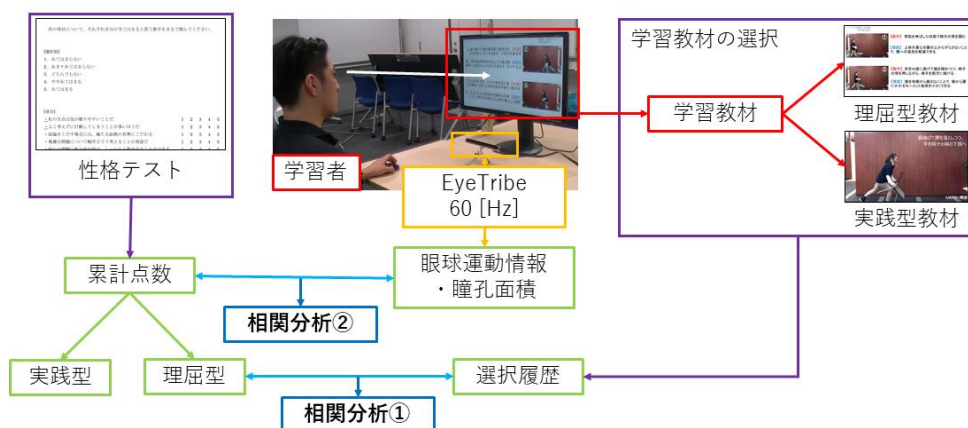


図 6 2. 眼球計測に基づく学生個性推定実験の流れ

本実験では視線計測器 EyeTribe を用いて、ディスプレイ上の e ラーニング教材を閲覧する学習者の眼球運動情報を計測した。椅子運び動作（腰痛を防ぐためのノーリフト介護法の基本動作）を学習対象の技能とし、理屈派の人が好むと思われる文書ベースと、実践派が好むと思われる動画ベースの、2 種類の学習コンテンツを作成した。これら学習コンテンツは、ノーリフト介護に熟練した介護士の監修のもとで、写真・動作説明文・理屈説明文のレイアウト構成を基本にして作成した。その一部を図 6 3 に示す。

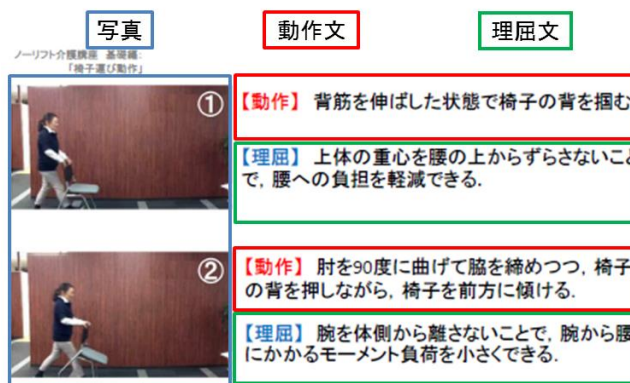


図 6 3. 椅子運び動作の学習コンテンツ（一部）

本実験では、2 種のうち一つのコンテンツをタブレットで閲覧・操作して、2 分間学習してもらい、その際の視線計測データを用いて、学習者特性(学習スタイル)の推定法を検討した。学習は 4 回繰り返し、1, 3, 4 回目は理屈型か実践型の教材どちらかを学習者に任意に選択（2 回目は 1 回目に選択しなかった方の教材を使用）してもらった。それに加え学習者には性格アンケートを依頼し、アンケートの合計点を用いて 2 種類の相関分析を行った。つまり相関分析①では性格アンケート結果と学習教材の選択履歴の相関関係、相関分析②では性格アンケート結果と 1 回目に理屈型教材を選択した人の瞳孔面積周波数特性の相関関係を調べた。

先の準備実験で設計した性格アンケートを用いて、被験者の学習スタイルを分類したところ、10 名中 5 名が実践型で、残り 5 名が理屈型であった。続いて、この性格アンケートの点数を被験者の個性を表す従属変数に、技能学習過程で選んだコンテンツタイプの選択経緯を説明変数としてロジスティック回帰分析を行った。その結果、一番フィッティングが高い場合の相関係数は 0.56 であり、相関が有意にやや強かった ($d(8)$, t -test, $p < .1$)。このことから本アンケートで理屈型・実践型の性格分類ができる能力があることが確認できたので、今後これを被験者個性分類に用い

た。

Step 3【瞳孔径周波数成分と相関分析】：注視点の瞳孔面積の時系列データは、サッケードや瞬きにより欠損する区間が含まれるので、それら不連続部分を検出し補間するアルゴリズムを適用したあと、非定常信号解析に適したヒルベルト変換を用いて瞳孔面積変化を周波数解析し、その変動強度と性格テスト合計点との相関を分析した。

Step4【現場実験】：準備3の実験室実験で得られた結果が現場でも通用するかを確認するために、シート介護講習会の受講生4名に同様の計測実験を実施した。本講習会の対象技能であるシート介護用の、理屈派向け学習コンテンツ（図6-4）と実践派向けの動画コンテンツの2種を新たに作成して、本実験に用いた。

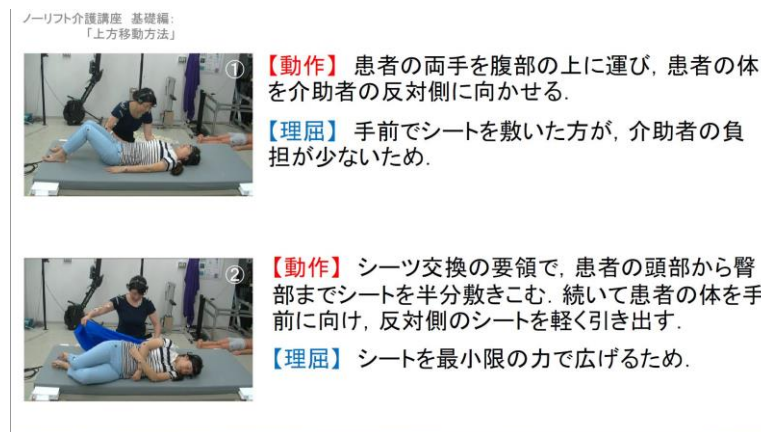


図6-4. 理屈派向けシート介護動作学習コンテンツ（一部）

② 視線計測による学習履歴の分析

椅子運び技能の理屈派学習コンテンツを見ているときの学習者の視線データを用いて、学習者の学習履歴とその傾向の分析を行った。

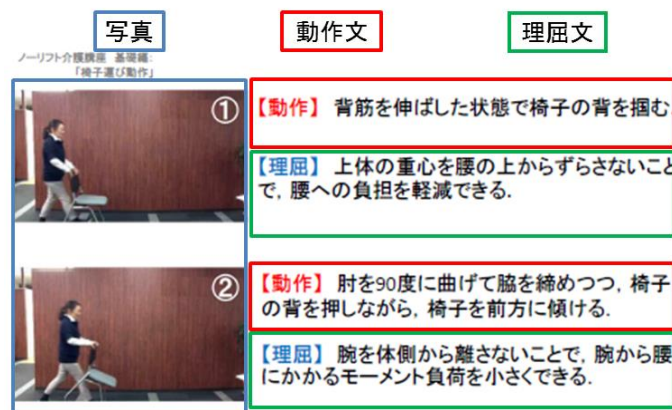


図6-5. 椅子運び動作に関する理屈派向けの学習コンテンツ（一部）

本計測法で想定しているモニタ固定式の視線計測器は計測範囲が限られており、頭部がモニタ前面から大きく移動すると計測不能となる。そこでこれを補うための対策として視線計測範囲に誘導するための補助機能の開発を先に行った。瞬き判定と眼球検出判定とを複合した視線計測不可判定アルゴリズムを構築し、3通りの視聴覚的刺激による支援法を考案した。実験の結果、モニタ画面の明度変更と警告音を併用した場合が有意に視線計測不可時間を低減できたので ($t(3) = 2.27$, paired t -test, $p < .05$)、この条件での視線誘導機能を起動した上で、以下の視線計測実験を

行った。

続いて計測した視線情報と学習者の閲覧画面をキャプチャし、画面上に注視点情報を重ね表示して、指導者に学習者の注視部分が直観的にわかる注視履歴可視化ソフトを開発した。本ソフトは一般の指導者が容易に学習者の視線状況を把握できるよう、サッカード、中心窩視野角、瞬きを考慮し、gaze plot 法に準じて、停留時間（注目度合いにほぼ対応）に応じた半径の円、注視順番の表示、視線移動軌跡などの工夫を施した。その注視点可視化動画のキャプチャ画面の例を図 6 6（左）に、注視点可視化動画より抽出した注視割合変化の分析の例を同図(右)に示す。

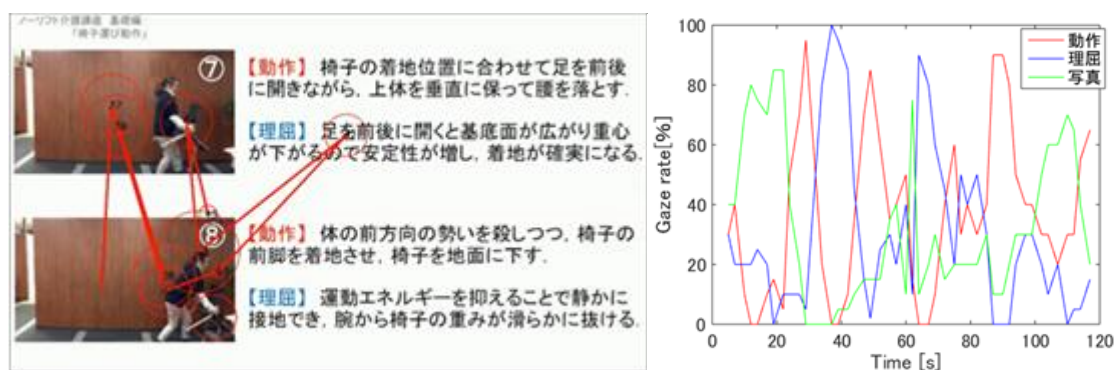


図 6 6．注視点可視化動画(左)と注視割合変化グラフ(右)

③ 脳血流量計測による技能学習努力の定量化（認知負荷計測）

学習者の技能学習時、あるいは指導者の技能指導時の認知負荷の推定は、学習者・指導者双方の「苦勞」を客観的に知る上で重要であり、その定量的計測法も”経験価値の見える化”には必要である。一方、脳科学的見地から、技能獲得時の負荷には、技能負荷（作業の困難さをを反映）と情動負荷（快・不快）の 2 種類があるとされ、大脳皮質血流量は前者を、自律神経反応（心拍数、発汗、瞳孔、頸筋や頬筋などの筋緊張）は後者の負荷変動を反映していると考えられている。そこで前者の技能負荷の計測法として有望な、前頭前野ワーキングメモリの脳血流量計測を用いることとした。

しかし、脳血流量計測はアーチファクトと呼ばれる体動の変化に弱く、大きな体の動きを伴う技能習得時に適用するには、従来の脳血流量計測装置は大型であったり、安静計測が前提で運動時のアーチファクトは想定外であったり、といった課題があった。そこで携帯式 Near-InfraRed Spectroscopy(NIRS)装置を導入し、運動時でも認知負荷推定が可能な信号処理法の開発を行った。

まず、5 種の数学タスクから、認知負荷を十分に与えることのできる認知タスクを予備実験で選定した。次に歩行運動状態と安静状態の双方の条件下で、同タスクの実施有無を変えて脳血流量データを取得し、そのデータから認知負荷の有無を識別可能な信号処理法を研究した(図 6 7)。アルゴリズムの改良を重ねた結果、区間パワースペクトル密度プロファイルの移動相関計算方法が最適であることを確認し、実験室予備実験で、着座時 ($p < .02$) だけでなく、体動アーチファクトがある歩行時 ($p < .01$) であっても認知負荷を有意に確認できた (*Wilcoxon signed-rank test*, $N = 8 \text{ case} \times 4 \text{ person}$)。続いて本手法を、技能現場で実用可能であるかどうかを確認するために、シート介護動作時の認知負荷推定に適用し、有効性を検証した。

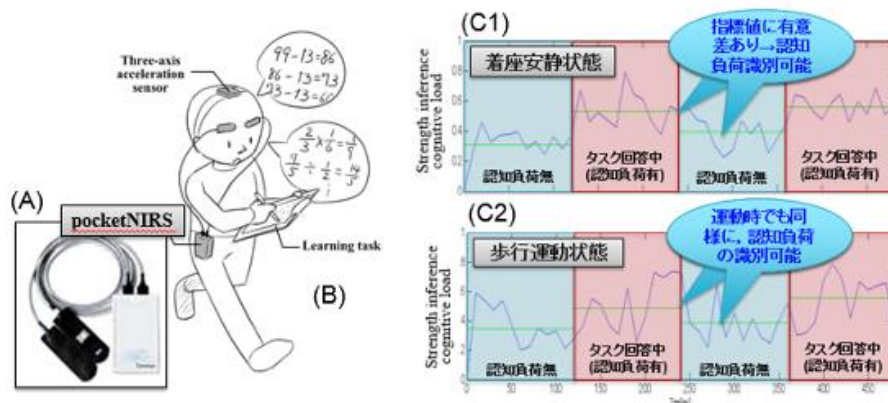


図 6.7. (A)ポータブル脳血流量装置, (B)運動下での認知負荷課題計測実験, (C)提案した認知負荷推定法の結果例(C1:着座安静, C2:歩行時)

以上の研究項目を実施した結果, ①眼球計測による学習個性の推定に関しては, 瞳孔径周波数成分では 17-18Hz 帯域の瞳孔面積変動は性格テスト結果と有意に正の相関があった (スピアマンの順位相関係数の有意性検定: $p < .05$). つまり実践型の人ほど瞳孔面積変動の上記周波数成分が強いことが実験室実験で確認された. そして, 技能教育現場 (被験者はシート介護講習会の受講生) で同様に, 瞳孔面積と性格アンケートの相関を調べたところ, 同様に 17-18Hz の周波数帯域で有意な正の相関があった ($p < .05$). つまり, 眼球計測で学習者の学習個性を推定して, 学習支援に活用できることが示された.

②視線計測による学習履歴の分析に関しては, 開発した注視履歴可視化ソフトで, 学習者の視線注視が容易に視認することができ, 技能指導者からは学習者の注目意図を推測しやすいという一定の評価を得た. 続いて, 本ソフトを用いて注視履歴を分析し, 学習者好みを自動判定するアルゴリズムを考案した. ノーリフト椅子運び技能の学習コンテンツ内の 3 種の質の違うコンテンツ (動作説明文, 理屈説明文, 写真) の注視割合変化を算出し, これら領域の注視割合 3 種から学習者のコンテンツ好みを推定する手法を示せた.

③脳血流計測による学習努力の定量化に関しては, 技能練習時の体動アーチファクトが伴う場合であっても, 認知的な学習努力度に相当する認知負荷を推定できるアルゴリズムを考案した. 歩行時計算タスク (図 6.8 (a)) を用いた実験室実験で有意に識別できることを確認した後, 介護技能 (シート介護) 学習時に適用した. 本実証実験では, 被験者には動画で技能動作を学習してもらい, そののち介護動作の練習を行いつつ, 前頭葉の脳血流量を計測した (図 6.8 (b)). 本実験時の推定認知負荷量の変化の例を図 6.9 (右) に示す. 同アルゴリズムを適用した結果, 有意に認知状態の識別が可能であった (*Wilcoxon signed-rank test*, $N = 6$, $p < .05$). 以上により, 学習努力度を定量化する手法を示せた.

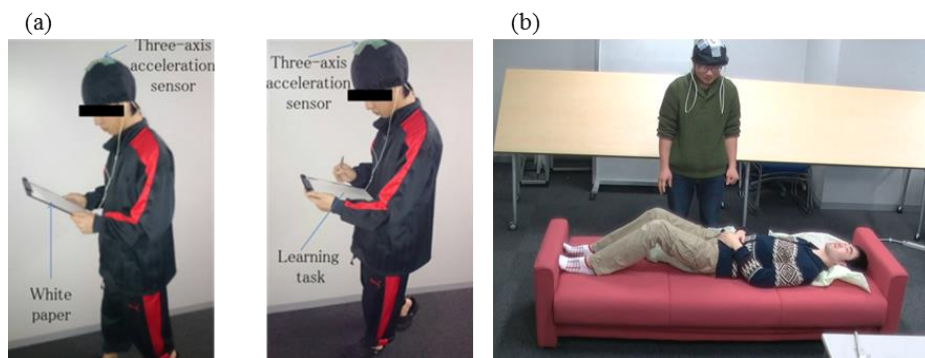


図 6.8. 実験風景: (a)歩行時計算タスクと(b)シート介護動作タスク

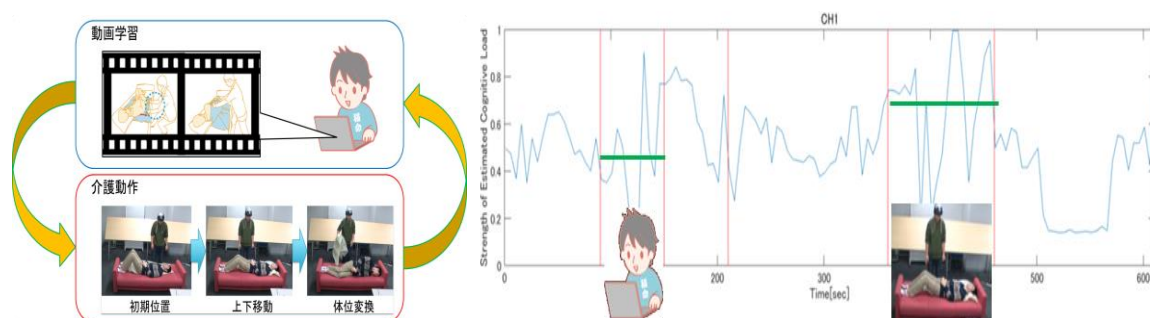


図 6.9. シート介護学習の流れ(左)と、動作時の認知負荷の推定結果(右)

II. 満足感評価法の確立

従来の顧客満足度調査などは瞬時評価でないため、技能の指導・学習過程における満足感の時間的変化を十分に知ることができない。そこで脳波計測による実時間での満足感検出法を確立し、瞬時的な満足感を逐次取得して総合評価に反映できるサービス評価ツールを以下のステップで開発した。

- (1) 脳波指標の再検証と簡易脳波計測法の耐ノイズ性強化（現場計測対応）
- (2) 技能学習時満足感の検討と定義
- (3) 満足感推定法の確立
- (4) 満足感の定量評価アプリ製作と実証実験

(1) 脳波指標の再検証と簡易脳波計測法の耐ノイズ性強化

脳波は筋電などの他の生体信号に比べても極めて微弱な電気信号であり、安静状態であってもノイズ除去や信号識別は極めて難しい類の信号処理技術である。本プロジェクトで対象としている技能動作時の計測はその点においても信号処理の観点からは処理が難しい条件である。それに加え、製造技能者の脳波計測は、きわめて強い電磁氣的ノイズの発生源である工作機器がひしめく中での計測であり、脳波信号計測処理は困難を極める。そこで、このような劣悪な電磁気雑音環境下でも脳波心理推定を可能とすべく、従来確立した手法の耐ノイズ性能の強化を以下のステップで行った。

Step 1【脳波データの取得と周波数変換】 頭皮上から得られる電圧[μV]を周波数に変換する際に、刺激を与える五感の種類によって周波数変換方法を変更することで、計測精度を向上させる方法を提案した。たとえば、嗅覚情報を脳波で得たい場合には周波数変換はサンプリング周波数を大きく設定し、視覚と聴覚を必要とする情報に対しては時系列の変化を取得するために、瞬時周波

数を取得する事ができるヒルベルト変換を、聴覚刺激を脳波から得たい場合には、ガボールウェーブレット変換を用いて周波数を取得し、GMDH 型ニューラルネットワークを用いてそのパターンを識別する方法を確立した。

Step 2【統計解析と外乱抑制】 計測して周波数に変換したデータには、瞬きや体の動きなどの外乱が混入している。そこでこれら外乱を抑制し、脳波成分を常に抽出するために、随時更新式のインクリメンタル主成分分析(Incremental Principal Component Analysis : IPCA)を用い、過去のデータを基にキャリブレーションを行う統計解析手法を確立した。本アルゴリズムは、瞬きに由来する外乱信号を除去して、興味度を算出する際に利用した。

Step 3【データ解析】 推定したい心理状態に対応する、過去計測実験（例えば、ストレス度の場合は、小豆を箸で皿から皿へ移動させる小豆移動実験や 100 マス計算など）の蓄積データとマッチングを行い、脳波計測の最初の 10 秒間で類似パターンを学習・識別することで、推定したい心理状態の個人キャリブレーション法を研究した。

Step 4【脳波の重要周波数決定】 知りたい心理状態や刺激感覚の種類によって、対応する脳波の周波数成分は異なる。そこで、ノイズ除去して得られた脳波信号の帯域ではなく、単独周波数に着目し、その周波数の組み合わせで心理状態を定義した。これら周波数の組み合わせを遺伝的アルゴリズムによって最適化する手法を確立しているため、これを用いた。

Step 5【パターン識別】 Step3 で得られたデータを用いて、パターン認識手法で推定したい心理状態（ストレス度や、興味度、集中度など）の「程度」を推定した。一般的に、パターン識別手法としては、サポートベクタマシンや自己組織化マップなど多様な方法があるが、提案する感性検出アルゴリズムでは目的に合わせて最適な手法を選択した。その結果、少なくとも 11Hz と 16Hz の脳波周波数成分の同時増加を計測することで人間の「嫌な」状態が推定でき、以前よりノイズ密度の高い環境下でも心理推定を可能にできた。

Step 6【フィールド機開発】 一般的に脳波計測は従来の大型脳波計測器を使用する場合は、その装置装着に 40 分近く要してしまうため、技能教習時に用いることは実用上不向きであった。そこで、10 秒程度の装着並びに 1 分程度のキャリブレーションで脳波心理計測が可能な、改善版の感性アナライザを開発した。

（２）技能学習時満足感の検討と定義

従来の顧客満足度調査などは瞬時評価でないため、技能の指導・学習過程における満足感の時間的変化を十分に知ることができない。そこで２年目に、脳波計測による実時間での満足感検出法を確立するための実験とデータ解析を行った。満足感と言っても複数の満足感が存在するので、主に空腹時などに起こりうる生理的欲求の満足感に対する実験データを収集し、この解析を行った。生理的欲求に対する満足感指標構築のために行った実験（被験者 50 名）のフローを以下に示す。

- Step1：食事前に「食事をしたい」か「何か食べたい」かなど状況をアンケートで調査
- Step2：安静状態で脳波を計測
- Step3：脳波からノイズを除去
- Step4：食事摂取後すぐに再度脳波を計測し、差異を分析

しかしながら、満足感に関わる心理・生理側面を文献等で精査し、本計測実験で得られた生理的欲求に対する考察を行ったところ、満足感とは本プロジェクトで扱っている技能習得・指導における満足感には適さないという結論となった。その理由は「満足感」なる心理状態量は、心理学的にも脳神経科学的にも明確な定義はなく（参考：「ストレス」や「集中」といった心理状態は、その分野では一定の統一見解や定義がある）、ましてやその心理状態に関する脳波特徴も明らかにはないためである。そこで経験価値に関係すると思われる満足感として「達成感を伴う

満足感」に注目・限定し、脳波を計測しながら様々なタスクにおける満足感をヒアリングして「満足感」の定義化を進めた。

(3) 満足感推定法の確立

「達成感を伴う満足感」の指標を設定するために、満足感誘発実験（トランプタワー実験、被験者 21 名）を考案し、その作業中の脳波データを蓄積して、脳波を用いた満足感取得アルゴリズムを構築した。以下その詳細を示す。

Step 1【安静時の脳波計測】 mind-wave BMD（ノイズ除去付き計測器）を用い、従来研究に準じて国際 1-20 法に基づく FP1（図 7 1 (b)）の脳波を計測し、満足感なしの状態である基準脳波を取得した。

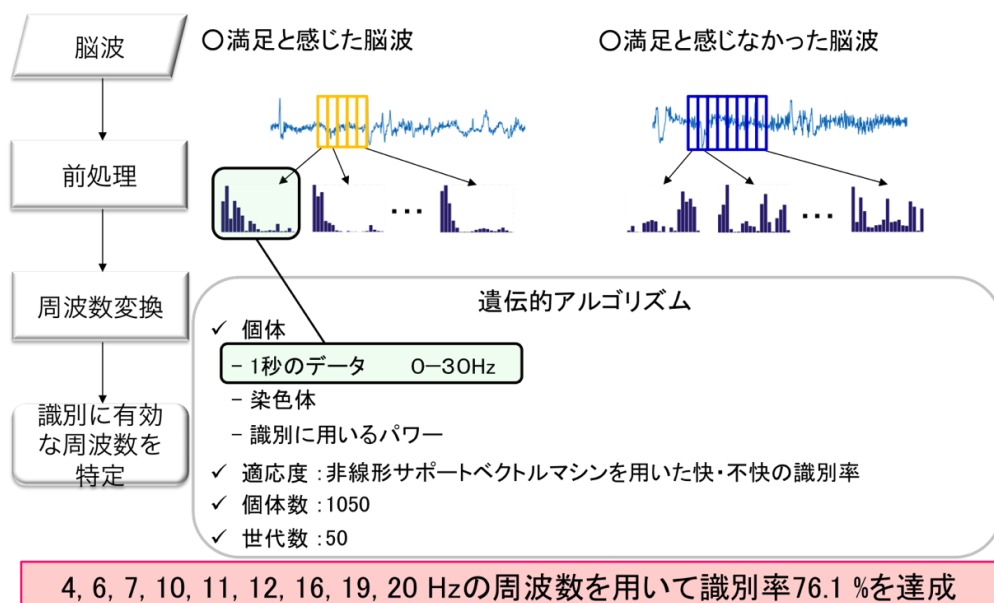


図 7 0. 満足感を決定づける脳波周波数の特定のためのフェーズ

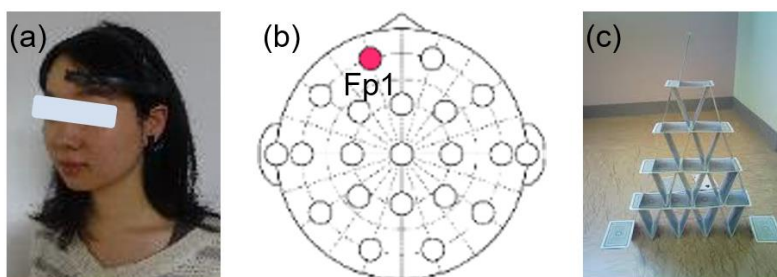


図 7 1. (a)満足感推定法確立のために用いた脳波計測器 (b)脳波計測箇所（国際 10-20 法に基づく FP1） (c)トランプタワー実験風景

Step 2【トランプタワー実験】 図 7 1 (c)に示すトランプタワーを被験者に作成するタスクを課し、脳波と動画を計測する。実験中は自由に会話してもらい、達成感を伴う発話（「やったー」「できた！」など）の記録と、内観報告（「達成感あるいは満足感があります」等）を被験者に依頼した。

Step 3【満足感に関する語彙検出と満足感有無のインタビュー解析】 脳波データと上記語彙が検出された時間帯とをタグ付けし、タグ付け時刻の前後合計 20 秒間の脳波を抽出した。そして被験者に 4 秒ごとの作業動画をコマ送りで視聴してもらい、「満足あり」「満足なし」「わからない」の

いずれかの回答を依頼，その回答に応じて脳波データをグループ分けした．これら回答グループに対し，20 秒間分を 1 チャンク窓（図 7 2 参照，4 秒 1 窓とし 5 窓で 1 塊窓とする）として，上述の 3 種の脳波データセットを作成した．

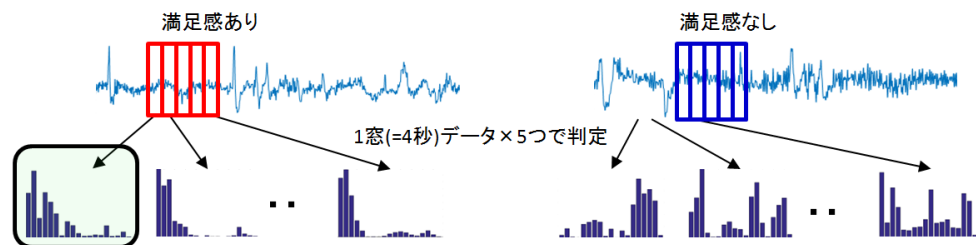


図 7 2．主観回答と脳波成分の対応付けの概念図
（図中の 1 塊窓は 4 秒 1 窓 x5 窓=合計 20 秒で 1 塊窓を示している）

Step 4【満足感を特徴づける脳波重要周波数の特定】 Step 3 で得られた脳波データセットを解析し，満足を感じると回答されたときの脳波の特徴を検出した．特徴検出には遺伝的アルゴリズムを用い，満足感があると回答したときに満足が得られること，満足なしをなしと認識できる事を適応度評価とし，分類器を最適化した．

（4）満足感の定量評価アプリ製作と実証実験

以上の研究小項目（1）～（3）の成果を，簡易脳波計測法に適したアルゴリズムパッケージ化し，**e-training analyzer** アプリをバージョンアップして，満足感の程度が見える化できるツールの実用化を行った．本バージョンアップ版アプリを用いて，研究項目Ⅳ（経験価値の見える化法の確立）にて，技能教育における実証実験を行い，本アプリによる満足感計測の有効性を調査した．

（1）脳波指標の再検証と簡易脳波計測法の耐ノイズ性強化に関しては，既に確立した脳波心理計測アルゴリズムの耐ノイズ特性を向上させて，電磁気ノイズの劣悪環境下で体動を伴う技能動作時でも脳波計測・心理推定可能とした．続いて改善版アルゴリズムを全てオンライン処理する改良版感性アナライザを実用化した（図 7 3）．本アナライザの完成により，技能教育に携わる者がいつでもどこでも簡単に使用することができ，現場での心理計測を容易にした．



図 7 3．改善版感性アナライザ：アプリ画面（左），計測画面例（中），感性アナライザ用脳波計測ヘッドセット（右）

続いて本アナライザを用いて、製造業技能の砥石研磨作業者の興味度や集中度を計測・分析を行った。その分析の一例を図74に示す。図中、ピンクの網掛け部分が集中度の高い区間、緑の網掛け部分は興味度が高い区間であり、熟達者には興味がなくとも集中できるが、初心者は興味がないと集中できないなど、今後役立つ知見も得られた。以上により、研究項目Ⅲ（経験価値の分析）で主に用いる心理分析ツールの開発が達成できた。

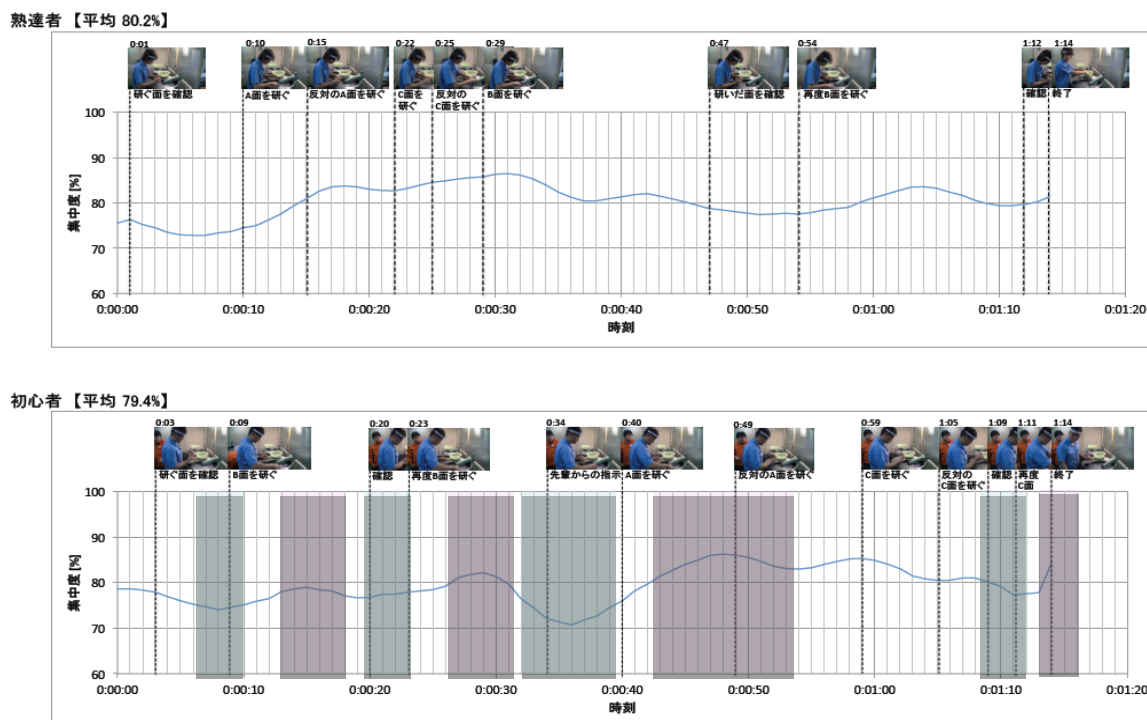


図74. 砥石研磨作業者の脳波からの集中度計測（上：熟達者，下：初心者）

（2）技能学習時満足感の検討と定義に関しては、簡易脳波計測を用いた”満足感の定義化”に取り組み、複数考えられる満足感候補に対して取捨選択をすべき（例えば、生理的欲求に対する満足感、技能伝承の現場では扱うことが無いと判断して対象外とするなど）であり、経験価値の見える化に適した満足感「達成感に伴う満足感」であることが分かった。

（3）満足感推定法の確立に関しては、「達成感に伴う満足感」に特徴的な脳波周波数成分は4, 6, 7, 10, 11, 12, 16, 19, 20Hzであることが分かった。さらに満足感レベルとして定量化する計算式を導出し、これを用いて脳波から満足感の有無を推定したところ76%の確率で推定できた。

（4）満足感の定量評価アプリ製作と実証実験に関しては、前年度に開発したe-training analyzer アプリをバージョンアップし、満足感についても瞬時計測が可能なツールを実用化できた。

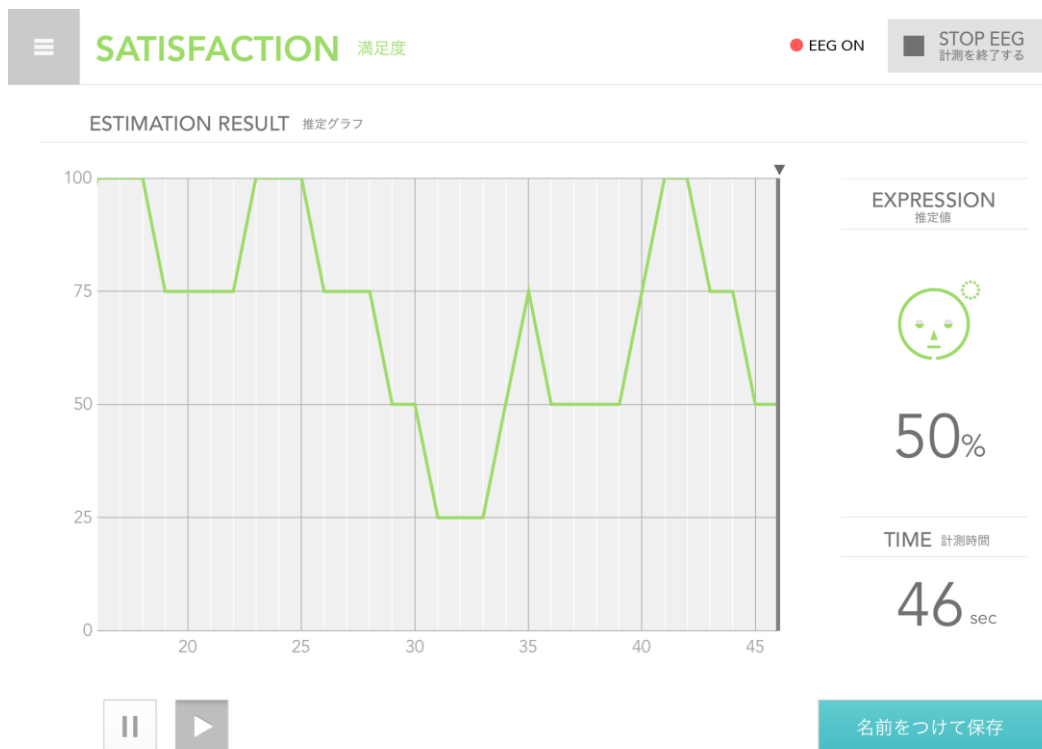


図 7 5. 満足感推定アルゴリズムのアプリ実装画面

Ⅲ. 経験価値の分析

本研究以下の小項目（１）～（３）に示すように，対象技能の分析から見える化，それに基づく支援法の検討と実証評価を４年かけて順次実施した．以下，各小項目の実施内容を示す．

- （１）技能作業のコツと習得プロセスの抽出法の検討
- （２）個人差のあるコツや技能が伝承に与える影響の分析
- （３）経験価値見える化による技能伝承効果向上の施策検討と効果検証

（１）技能作業のコツと習得プロセスの抽出法の検討

本プロジェクト研究の共同研究先である企業の協力を得て，技能伝承の e ラーニングへの要望が高いが，工程数がさほど多くなく分析に適した技能作業として砥石研磨作業を選んだ．本作業は焼結成形した直方体状の砥石プレートを，回転円盤式の研磨盤に手で押しあてて砥石プレートの各面を仕上げる作業工程で，砥石の機能上，各面毎に異なった研磨技能・判定技能が求められる．熟達者（経験年数 4.5 年）と初心者（経験年数 0.5 年）各々 1 名に協力して頂いた．以下実施内容ステップを述べる．

Step 1【分析作業単独分析と EFE 分析】熟達者と初心者の研磨作業工程における主観評価（作業への満足度，難しさ，集中度）と作業工程の関係を確認し，コツの構造と技能習得プロセスを社会学的手法（インタビュー分析と M-GTA 法）で分析した．まず，熟達者と初心者それぞれの作業ビデオから，それぞれの作業工程を時系列分析した（図 7 6）．



図 7.6. 作業ビデオから抽出した初心者と熟達者の作業工程

本分析の段階で、熟達者の方が研磨完了までの時間が短く、両者で研磨面の順番が異なること、特に砥石のA面と称した面(図7.6右下の説明図を参照方)の研磨所要時間に最も差があること、さらに、熟達者は目視で仕上がりを確認しない面がある、ということが確認された。この点を踏まえ、次にEFEによる主観評価(作業工程を確認した上で、主観状態の変化(“作業への集中度”, “作業の難しさ”, “作業への満足度”))の結果と、これら作業工程との関係を調べた。図7.7にその分析結果を示す。

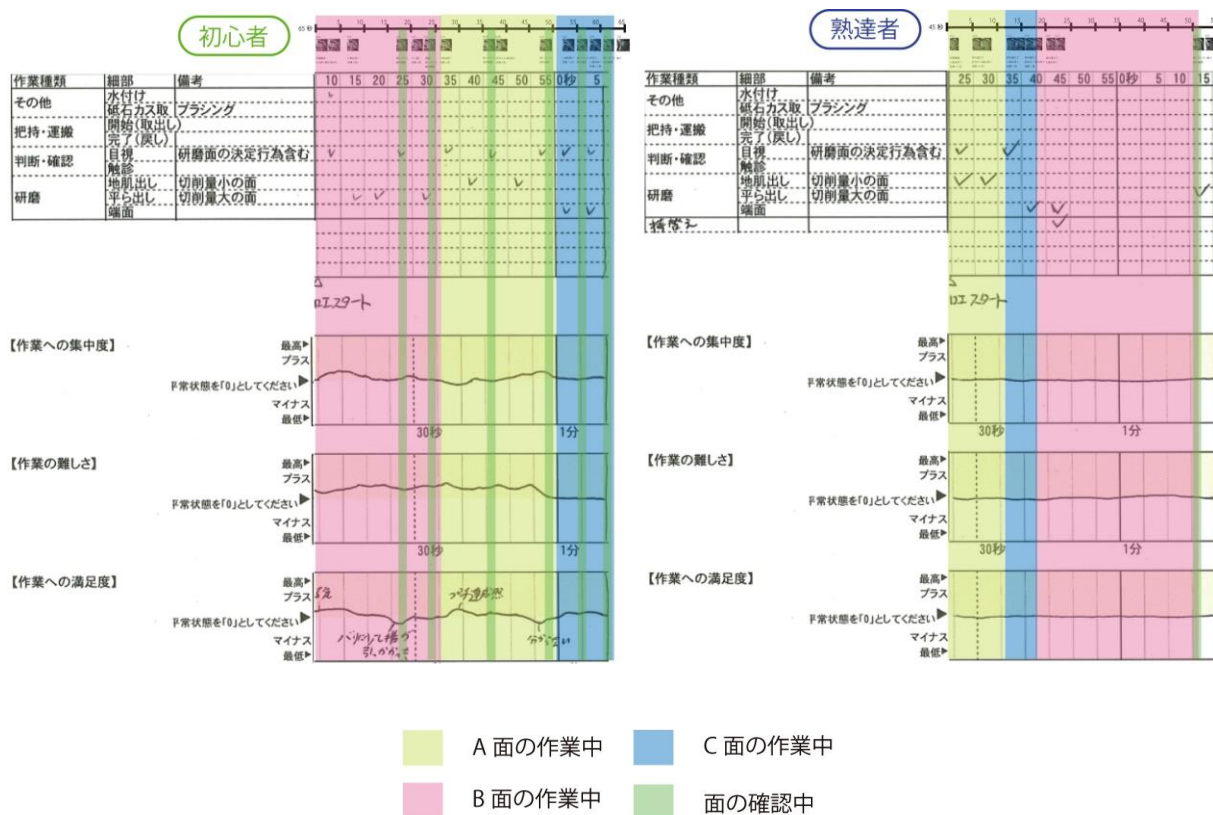


図 7.7. 主観評価と作業工程の対応分析結果

これらの関係分析から、1)熟達者は主観評価が平坦であったために本解析手法では作業工程と

の関係性が不明である。2)初心者はC面研磨の難易度が他の面よりも低いと感じている、3)初心者は各面の仕上げ確認時に満足度が低下する可能性がある、ことが分かった。以上をまとめ、以下の知見を得た。

- ・ 砥石の仕上がりに効果的な研磨の順番がある可能性がある。
- ・ 研磨面によって難しさが異なることが考えられる。
- ・ 研磨面ごとに出来を評価している可能性がある。
- ・ 熟達者は触覚や研磨時間から暗黙知的に研磨面の仕上がりを判断している可能性がある。
- ・ 熟達者は砥石の仕上がりや研磨作業効率をあげるために、経験から最適な研磨の手順や手法を習得し、慣れたことから主観評価報告が平坦となったと考えられる。

Step 2【インタビュー分析と技能習得プロセスモデル】 Step1と同じ被験者に対して「効率的な作業工程」「仕上りの確認」「作業動作」「作業工程の重要度」に関するインタビューを行った。その結果からM-GTAの分析プロセスを経て、コツの構造と技能習得プロセスのモデル化を行った。その結果、「効率的な作業工程」に関するアンケート結果から、熟達者は教えてもらった時の順番で違和感なく覚え、初心者は削り忘れないように自分が覚えやすい順番にしていることから、効果的な作業工程は技能者それぞれにあることが考えられた。次に「仕上りの確認」に関するアンケート結果から、仕上りの判断は、研磨面の色の変化（目視）・砥石を盤に当てている時に指に伝わる感覚、以上の2点からなされていることがわかった。感覚に関しては、研磨作業後の行程で面の平らを確認することができるので、よりよく平らになった砥石の研磨時の感覚をフィードバックすることで培っていた。また「作業動作」に関するアンケート結果では、砥石の持ち方と研磨板への当て方の2つの動作が抽出された。砥石の持ち方においては、研磨作業時に盤に砥石を押し付ける事と研磨面を変えるために砥石を持ち上げるときに盤の回転の力で砥石が飛ばないように保持できる事が必要であり、その上で熟達者は砥石を押し付ける際に指が盤にあたらないような持ち方をしており、一方初心者は、熟達者の持ち方だと保持する力が出しづらかったため自分にあった持ち方で習得していた。つまり持ち方においても効果的な方法は技能それぞれにあることが考えられる。砥石の当て方に関しては、盤上に砥石を当てる際に当てる場所に偏りがあると盤の表面に凹凸が出来てしまう。そのため全体を使って研磨するか、もしくは回転の遅い内側で研磨する必要があることが分かった。さらに「作業工程の重要度」に関するアンケート結果から、製品になった場合、表に出る面と出ない面がある。両者ともに、特に製品になる面だけは気をつけて仕上りの確認をおこなっていたことから、研磨面によって研磨の難しさが異なることが考えられた。

（2）個人差のあるコツや技能が伝承に与える影響の分析

初心者（経験年数半年）の研磨作業を複数視点（頭部カメラ1台、固定カメラ2台使用）からビデオ撮影し、それを熟達者（経験年数3年）に見せて評価・コメントしてもらいビデオフィードバック分析を行った。そして学習者技能の評価と改善案を列挙、さらに初心者に納得度を点数回答して頂き、その双方を比較した。上記項目Ⅲ1にて抽出した技能ポイント（砥石研磨の場合には、研磨面の順番、仕上りの確認、砥石の持ち方、砥石の当て方、作業に対する理解）を参考にして、作業に対する理解、技能・コツ、暗黙知形成がどのように関係しているのか、また、熟達度の認識に差があるのかを調べ、表11に示す結果を得た。

表 1 1. 初心者作業に対する熟達者の指摘とその改善案，ならびに初心者の納得度

悪い点□	納得度□	改善案□	納得度□
1 C面を削る時に使用している盤の面積が狭い□	6□	狭く使いたいのであれば回転が遅い内側で削ると良い。□ もしくは全体を使って削ること□	7□
2 研磨している時の音が小さい□ ＝砥石を盤に当てる力が弱い□	7□	力が入れられなかったのは、砥石を深く持つことで指が盤に触れることを恐れて浅く持っていたため。持ち方を変えれば解決できるかもしれない。□	5□
3 A'面の確認時間が長い□	5□	盤に砥石を押しつけているときの手に伝わる感覚で、研磨が十分であるか確認することができる。目視は最後の確認に使うこと。□	7□

同表から、両者で知識共有されていると思われる基礎的知識（この場合は研磨機械自体の使用方法）に関する指摘や、初心者が自信のない動作に対する指摘に対しては、初心者の納得度は高い（表中の項目 1 と 3）が、初心者なりに自己獲得した技能（砥石の持ち方、表中の項目 2、指の太さや長さといった身体的特徴の影響を受け、また、盤に砥石を押し付けることが重要であること以外は特に決まりや持ち方がない）に対しては学習者の納得度が低いことが分かった。

表 1 2. 初心者作業に対する両者の熟達度評価（A:砥石研磨作業 B:作業者視点映像（表中の E と B は、各質問項目に対して熟達者と初心者の回答値）

質問	低: 1	2	3	4	5	6	高: 7
1 研磨する面の順番		E			B		
2 研磨する姿勢(力の入れ方)		B	E				
3 砥石の持ち方				B		E	
4 研磨する動作に無駄がないか		B		E			
5 砥石を持ち替える動作に無駄がないか		B	E				
6 研磨面の仕上がりの確認に無駄がないか		E	B				
7 研磨作業の一連の流れに無駄がないか			EB				



また、初心者の技能熟達度を、両者に 7 段階評価してもらったところ、概ね指導者の評価よりも初心者の評価が低い傾向があった（表 1 2），特に項目 1 の「研磨する面の順番」に関しては双方の認識差が他と比べて大きい。これは、初心者の方針（削り忘れがないように自分で順番を決めて毎回同じ手順で行う）と熟達者の方針（自分が教えてもらった時の順番を順守）が違っていたという双方の暗黙知形成経緯の違いによるものと推測される。

（3）経験価値見える化による技能伝承効果向上の施策検討と効果検証

ここまでの解析から得られた知見から、製造業の技能伝承における経験価値の見える化とは、伝承中の学習者の感情状態と作業工程を対応させることで、従来では得られなかった気づきを促し、個人差が想定されるコツや勘の技能・工程を可視化することが適切と考えた。そこで、技能指導現場において一連の介入実験を通し、教育者と学習者が技能伝承に関して満足感を得られ、継続的な学習に繋がると期待し、技能熟達の効率化に影響を与えるかどうかを検証した。具体的には、以下 2 点を 3 年目に行った。

- ① 製造業の技能伝承に対する満足感に関係のある感情の抽出
- ② 計測対象の技能選定と伝承用テキスト製作

技能伝承時の教育者と学習者の満足感は、製品の完成度が向上していくことでより高まり、学習者の満足感は座学・作業時に焦りや不安がなくなることによって高まると考えられるため、上記項目①を設定した。開発した e-training analyzer アプリで推定可能な心理状態のうち、不安・焦りは代表的な心理的ストレスであることから「ストレス」に注目し、満足感に関しては伝承時の理解度も必要であると分かったことから「集中」を把握して「ストレス」状態を確認することとした。以上 3 種の推定心理状態を、製造業の技能伝承時に満足感に影響を与える感情とした。一方、項目②の際のモデル技能の選定においては、指導者にヒアリングを行った結果から、計量作業を選んで伝承用テキスト制作を試みた。以下にその詳細を示す。

① 製造業の技能伝承に対する満足感に関係のある感情の抽出

製造業の技能伝承における満足感とは、a)指導者と学習者の満足感、b)学習者の満足感、c)指導者の満足感から構成される。これらの満足感は、a)製品の完成度が向上すること、b)座学、作業時に焦りや不安がなくなること、c)座学、作業時に学習者の理解が進んでいると確認できること、の 3 つの条件から向上する可能性がある。そこでインタビュー調査を行い、学習者の焦りや不安は、座学の場合は仕組みをきちんと理解できたのか、作業時の場合は仕組みを理解した上で上手く作業できたと感じるかなど、具体的事象を調査した。

② 計測対象の技能選定と伝承用テキスト製作

モデル技能として計量作業を選定し、技能・工程の見える化を行い、伝承用テキスト作成及び、習熟度合いを評価するポイント、熟達の効率化の指標とする習熟条件を設定した。以下にテキスト概略を示す。

対象技能：軽量作業

内容：50 ミクロンの鉄粉を 3 グラム計量して型につめる

評価ポイント：A、すくう（いかに 3 グラムに近い数字ですくえるか）

B、計る・調整する（どれだけ速く調整できるか）

C、型に詰める（こぼさないようにどれだけ速く入れられるか）

習熟条件：30 秒で作業完了すれば一定の習熟とする

伝承用テキスト：作業映像中に、工程内容や技能・コツが字幕等で示されている。図 7 8 にその例を示す。



図 7 8. 計量作業の伝承用テキスト例（画像は技能守秘のためモザイク加工を適用）

製造業現場での汎用化を見込み、上記で設定したモデル技能に対する技能伝承の効率化が、伝承時の満足感を向上させられるか検証した。本検証実験の流れを図 7 9 に示す。本実験では、一定のレベルに習熟するまでに行った指導の回数を、感情状態を把握して指導したグループと、把握しないで指導したグループに分けて比較することで、1) 技能熟達の効率化に差が生じるか、2) 両グループが一定の習熟を終えた際に、技能伝承に対する満足感が主観評価において差が生じるか、3) 作業工程と感情状態を比較して苦手な工程や勘・コツの抽出が可能であるか、を分析し、経験価値の分析並びに、それに基づいて得られた指導施策が技能伝承に有効に作用するかを調査した。

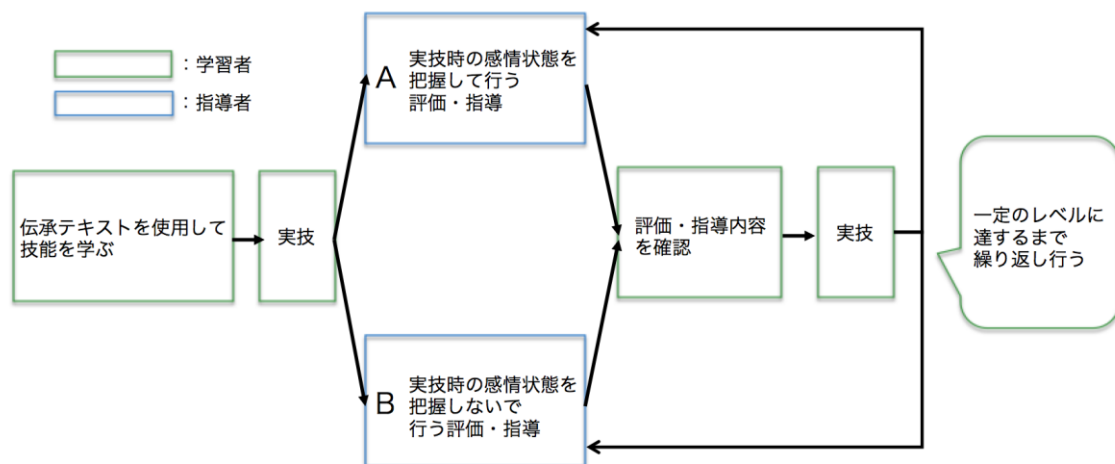


図 7 9. 製造業の現場導入実験での指導者・学習者作業と流れ

①技能作業のコツと習得プロセスの抽出法の検討については、製造業における砥石研磨技能作業を対象に分析を行い、「効率的な作業工程」「仕上りの確認」「作業動作」「作業工程の重要度」がコツの構造と技能習得のプロセスの把握にとって重要な概念であることが見いだせた。これら概念の相関関係を熟練者に対するインタビュー分析で確認し、本技能作業のコツの構造と技能習得プロセスのモデルを作成した（図 8 0）。コツの確立に関しては、図 8 0における点線上のプロセスを繰り返すことで情報が更新され、自己流の構築に繋がることが推測された。このように、技能に関しては主観と作業工程の関係性の把握・見える化が示された。

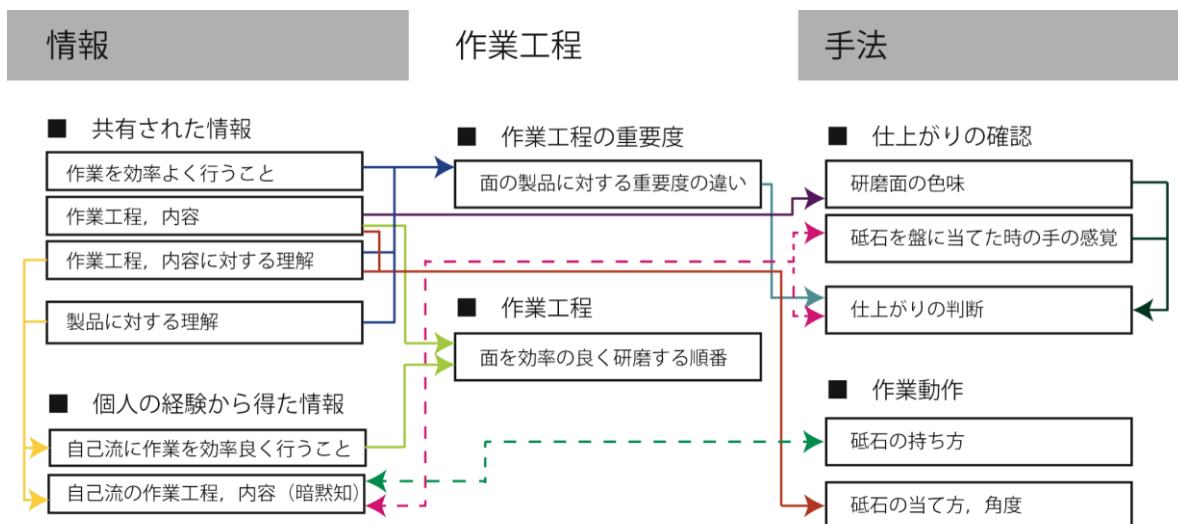


図 8 0. 砥石の研磨作業におけるコツの構造と技能習得プロセスのモデル

②個人差のあるコツや技能が伝承に与える影響の分析については、上記プロセスモデルに基づき、熟練者・初心者双方へのインタビュー・ビデオフィードバック分析を行い、本技能に関する知見を得た。その結果、一連の作業工程において個々人で工夫しながら技能を習得する自由度が

残っており、熟達が進むにつれてコツやカン、さらには暗黙知に対する評価も個々人によって変わることが分かった。そのため、熟達者の指摘意図と初心者の意図理解が一致しない場合には、正しく技能伝承プロセスがすすまない可能性が考えられた。このことから、

- ・経験蓄積に伴い構成される暗黙知が与える影響を考慮した教示方法を構築する必要がある
- ・暗黙知の形成は技能習得への自信に繋がるために意図が共有できない指摘は学習意欲の低下につながる可能性がある

といえ、特に初心者の場合には、前提知識・技能・所作それぞれが対応付けられていないために、指導者の指摘意図を明確にしてeラーニング化することが、本プロジェクトで提唱する経験価値プラットフォームに必要な機能の一つであることが確認できた。

③経験価値見える化による技能伝承効果向上の施策検討については、小項目②で得られた知見に基づき、指導者が客観的に学習者の満足感及び、不安と焦り、理解度を把握して伝承を行うことで、座学及び作業時の学習者と指導者双方の満足感が向上するという仮説を立て、ヒアリング等の分析を通して伝承効果向上の施策を検討した。その結果、指導者はこれまで学習者の理解度を、座学の場合は言動や顔色、作業の場合は言動や顔色とその作業工程との関係において確認していたこと、学習者が焦りや不安を覚えた工程は理解不足や苦手な動作である可能性があることが確認された。そのため、その工程に関して特に適切にフォローすれば、製品の完成度向上へ繋がり、技能伝承における満足感の向上へ繋がると考えられた。

そして、これら向上案を心理計測アプリで計測可能な条件に置き換え、研究項目Ⅳの指導支援で用いるための心理推定量に基づく指導タイミング抽出条件（例えば、不安や焦りは代表的な心的ストレスであるため「ストレス」を、理解度に関しては「集中」時の「ストレス」状態を見るなど）を導出できた。

Ⅳ. 経験価値見える化法の確立

以上の研究項目ⅠからⅢで得られた知見・成果、開発したアルゴリズムやアプリなどのツールを用い、かつ、他研究グループとの議論を踏まえ、本グループの最終的目標として、以下2点を進めた。

- (1) 経験価値見える化の作業手順の提示
- (2) 各種見える化による指導支援効果の確認

経験価値も技能も抽象的概念であって、専門分野や想定条件でその意味合いが異なるので、まず経験価値と技能の定義づけを行った。特に技能伝承の場合には、技能所作獲得時の達成感や教示成功時の充足感の違いで経験的価値が変容し、かつそれが指導者と学習者の双方で生じる。そこで、両者の満足感を含む心理状態を計測・定量化し、それに基づく指導支援を行うことで技能教育サービスにおける技能・満足感の向上を狙った。一方、技能動作については、製造業の職業訓練や加工技能伝承などを対象とした職務分析法[職訓研 2014]に準えて、本グループでは”要素作業(Operation)”を解析対象とした。この条件下で「指導者と学習者が一対一で相対する技能伝承シーン」を想定し、その場合の指導者/学習者の満足感/経験の遷移/履歴を《短期的経験価値》と定義して、計測・分析対象とした。そして(短期的)経験価値の見える化の手順について議論し、表13に示す、”経験価値の見える化”のための手順として”見える化プラン”を考案した。

表 1 3. 経験価値見える化の作業フェーズと手段（見える化プラン）

フェーズ	作業内容	手段
Aa 技能/工程 の見える化	技能ステップの離散事象化	・ビデオインタビュー分析 ・アンケート分析
Bb 感情/心理 の見える化	心理遷移の検出とシンボル化	・主観調査 ・生理計測(脳波・視線)
Cc 経験 の見える化	・ $c=a \times b$ ($C=A \times B$) の履歴表示 ・主観/作業評価の混成表示	・質的分析 ・ITツール活用・アプリ化
Dd 共創の仮説 と検定	$\{B(A) \Leftrightarrow b(a)\} \rightarrow C$ と $\{b(a) \Leftrightarrow B(A)\} \rightarrow c$ の相互作用の解明	・“気づき”の抽出 ・相互満足感の検証

本プランでは、最初に技能動作自体を分析する”技能/工程の見える化”（フェーズ Aa）、次に指導・学習時の心理状態を可視化する”感情/心理の見える化”（フェーズ Bb）を行う。これら 2 つのフェーズでは、指導者側（A と B）と学習者側（a と b）のそれぞれを区別している（以下大文字は指導者側、小文字は学習者側を意味する）。次のフェーズ Cc では、指導者や学習者の”経験の見える化”に取り組み、ここではフェーズ Aa と Bb で求めた要素を分析し、技能指導・学習に伴う心理変化プロセスの可視化を図る。また、技能教育サービスにおける諸問題を解決するには、見える化に終始せずに価値共創を誘発する方策が必要であり、その検証段階をフェーズ Dd とする。本フェーズでは、フェーズ Aa～Cc で得られた情報を活用して、サービス提供者（指導者）と受容者（学習者）双方の経験価値の変化点を抽出し、指導者と学習者の共創となりうる方法論を検証した。

フェーズ Aa に関しては、京浜事業所での砥石研磨作業を題材に、技能/工程の分析を行い、経験価値の要素分析を行った。また、フェーズ A とフェーズ B を介護技能分析（シート介護動作）にも適用し、それら手法の実用性を検証した。熟達介護士のインタビュー・暗黙知調査によると、技能者らからは、i)自分たちの技能動作が最適かどうか、ii)被介護者が本当に満足しているか、の 2 点に不安があるとの意見を得たので、i)に関しては、一連の介護動作中の”小動作”毎の介護的意義や物理的意味の個人所感を点数化し、それに基づいて技能動作を分解する手法で、ii)に関しては簡易脳波計測による心理計測を用い、

- ・技能者らの共通動作・応用動作の区別
- ・介護熟達者と非介護者の動作計測と双方の心理変化解明

を目的に分析を行った。計測実験では、現場経験 5 年以上を有するシート介護熟練者 3 名のシート介護動作を、固定カメラと熟練者視点カメラで撮影し、EFE 法（経験フィードバック解析）で各自の技能動作の主観変化を数値化し、それと推定心理変化と動作との関係性を分析した。

（2）各種見える化による指導支援効果の確認

本 PRJ で扱う e-ラーニングシーンでは、学習者（や指導者）が一人で復習や指導法検討するようなオフラインの場合と、双方がネットワークを介して体面学習を行うオンラインの場合とが考えられるが、システム要件としてはオフラインの場合がオンラインの場合に内包されている。よって、それらを考慮し、学習教示用ビューワの設計要件をまとめ、電通サイエンスジャムと iOS アプリ「e-training analyzer」を開発し、これを用いて心理状態の見える化と学習・指導実験を行った。本アプリは脳波計測により心理状態（興味・関心度、ストレス度、眠気、集中度、好き度）をオンライン推定並びにグラフ表示で可視化し、それと同期して視線カメラ映像をタブレットで記録でき、心理推定グラフと動画を同期表示しつつコメント入力・編集ができる e ラーニングツールである（図 8 1）。



- ・技能動作時の心理状態と動画を記録
- ・学習者が自己点検・疑問点などをタイムラインにコメント
- ・指導者は心理状態、動作、コメントを見て、さらにアドバイス

図 8 1. 開発した心理・動作計測・技能学習アプリ「e-training analyzer」

本アプリは、図 8 2 (A) に示す 3 つの e ラーニングの想定シーンのうち、指導者と学習者がオフラインでつながる状況の Type2 (間欠指導) を想定して開発した。その利用手順の流れを図 8 2 に示す。

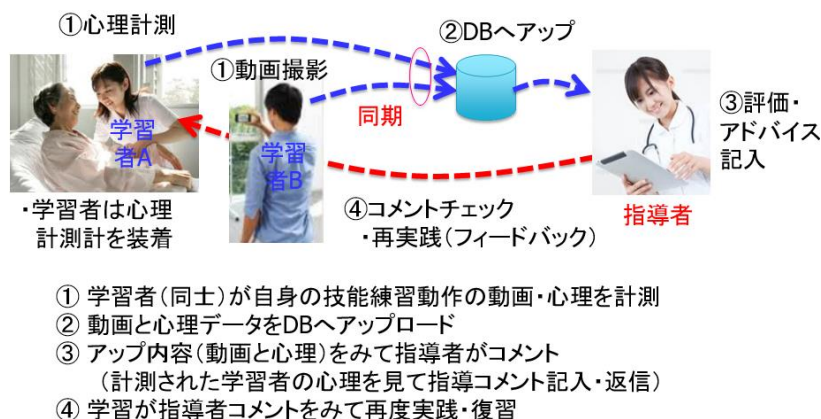
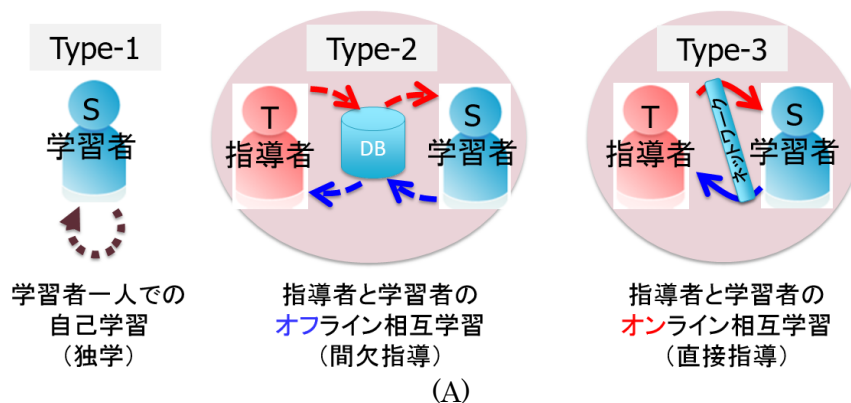


図 8 2. e-trainer analyzer を活用した Type-2 の技能学習の手順

図 8 2 (A) の Type 2 や Type3 で示したように e ラーニング状況下では、指導者と学習者の間には何らかの情報変換要素 (インターネットやビデオ通話など) が介在するため、指導者は学習

者の様子を直視して確認することができず、そのため学習者の内面状態（悩みや満足・不満足、納得の程度など）を推量しがたい。特に **Type 2** では指導者と学習者の時間軸は別々であるので、既存の e ラーニング状況下では知る術は殆どない。そこで、工学的手法により学習者の心理状態の計測と蓄積ができたとすれば、それらの情報を指導者が確認した上で学習者へフィードバックすることで **Type2** の問題の改善が期待される。そこで直接対面できない e ラーニング環境を介しても指導者が適切なタイミングで指導やコメントを与えることができるように、学習者の心理推定情報に基づいて学習者動作の指導すべきタイミングを自動推定する指導支援システムの開発を行い、介護動作の講習会に実践投入した。

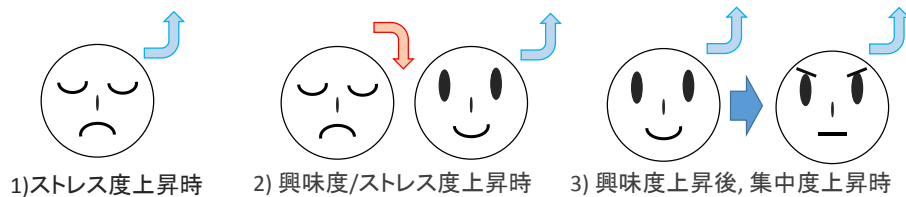


図 8.3. 学習者心理変化と効果的な指導ポイントの候補

指導ポイント抽出法の有効性を実証するために、ノーリフト介護動作の基本である「椅子運び動作」を指導対象技能として、**Type1** と **2** に沿った指導-学習実験シナリオと計測実験デザインを考案し、研究室実験で予備検証と解析を行った。本実験シナリオは図 8.4 に示すように、**Step1**（自習期）、**Step2**（指導期）、**Step3**（復習期）の3つであり、各 **Step** は別々の日に行った。被験者は 20 代成人 10 名であり、2015 年 10 月に実施した。



図 8.4. 椅子運び技能の e ラーニング想定シナリオ・実験の流れ

Step1 の自習期では学習者が椅子運び動作について約 2 分間学習コンテンツを用いて学ぶ。その後、脳波計測器を装着して **e-training analyzer** アプリを用いて脳波・動画を計測しつつ約 1 分間動作練習を行う。次に、**Step2** の指導期では指導者が、同アプリを用いて自習時の学習者の心理変化・練習動画を見ながら指導コメントを記入する。最後に **Step3** の復習期で、学習者が指導コメントおよび自習期での自分の練習動画を約 2 分間閲覧して再度学習する。続いて約 1 分間動作練習を行い、そのあとで技能動作の自己評価や心理変化等の主観的に回答してもらった。評価項目は以下の 5 つとした。

- ・全体を通して納得のいく出来であったか
- ・椅子を持ち上げる動作は納得のいく出来であったか
- ・椅子を運ぶ動作は納得のいく出来であったか
- ・椅子を下ろす動作は納得のいく出来であったか
- ・知識と技能の関係を理解しながら、動作を行うことができたか

さらに、先の椅子運び技能と同様の図 8.4 に示す流れで、現場適用としてシート介護講習会（2015 年 11 月 11 日、12 月 1 日、12 月 21 日の 3 回）で実証実験を実施した。



図 8 5. シート介護講習会での e ラーニング想定シナリオ・実験の流れ

本実験では講習会参加者のうち 9 名（看護師 2 名，理学療法士 3 名，作業療法士 1 名，介護職 3 名）に計測実験に協力していただいた。講習会 1 回目では通常のシート介護の講習を受講・練習してもらい，同日の最後の練習の際に脳波計測器を装着してシート介護動作を行いつつ脳波を計測し，その後に各自の技能動作をアンケート形式で自己評価し，向上するか否かを分析した。

講習会 2 回目では，受講者には自主的にシート介護動作の復習をしてもらい，同様に自己評価を依頼し，1 回目から期間が経過した後の自己評価を調査した。その間，技能指導者には，講習会 1 回目にて計測した各自のシート介護動作とその心理状態を **e-training analyzer** アプリと指導タイミング支援アルゴリズムを用いて，受講者一人ひとりのシート介護動作に対する指導コメントの記入を依頼した。そして講習会 3 回目で，この指導コメントをそれぞれの受講生にフィードバックし，再度シート介護動作の練習と動作評価を依頼した。つまり，追加指導を受けなかった講習会 1→2 回目の心理・動作評価の変化と，心理推定による指導コメントをうけた講習会 2→3 回目の心理・動作評価の変化を比較検証した。

（1）経験価値見える化の作業手順の提示については，見える化プランを提唱し，研究項目Ⅰ～Ⅲで得られた，技能・心理・経験に関する各種情報を統合化する手順を示した。本プランに準じ，シート介護の一連の動作シーケンスと被介護者の心理変化を可視化した例を示す。本図の場合，被介護者のストレス（黒線：常時 10%以下）は低く，快適度（青線：80%前後）は高いなど，被介護者が不快を感じることなく介護動作が行われていることが容易に視認できた。また，本可視化法を用いて技能者 3 名の技能と心理状態を分析したところ，共通の基本動作と個性に相当する応用動作の違いを識別することができ，熟練者らにも気が付いていなかった新たな知見をもたらすことができた。これら知見はノーリフト介護技能 e-ラーニングコンテンツの作成にも活用でき，共創の一例となったことも付しておく。

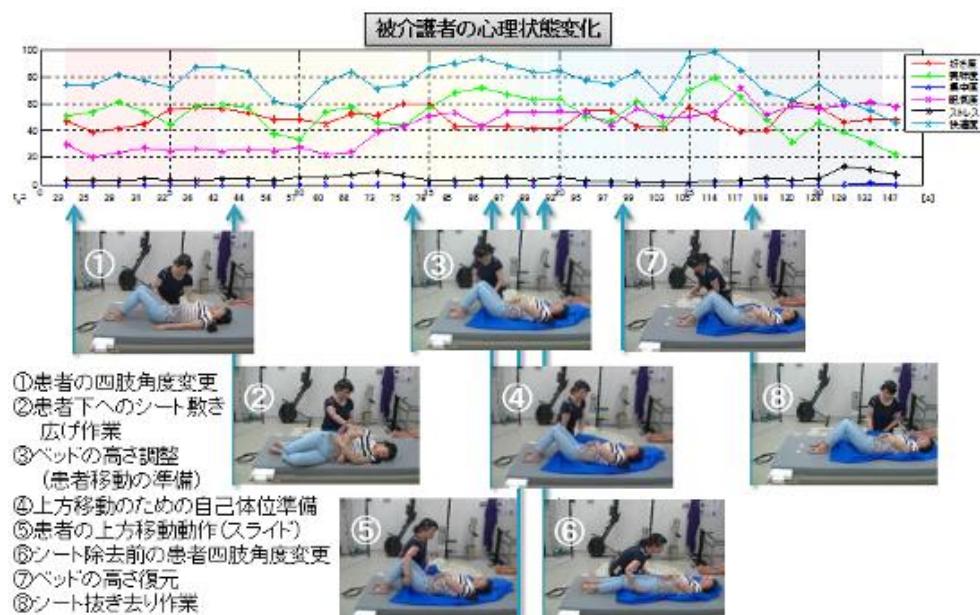


図 8.6. 暗黙知抽出による技能動作分割と心理計測分析の例（シート介護動作）

また、表 1 の”見える化プラン”で示した経験の見える化を、すなわち技能/工程の見える化（フェーズ Aa）と感情/心理の見える化（フェーズ Bb）を実現するために、iOS アプリ Transcribe（図 8.7）を開発した。本アプリは、複数視点動画の同期動画再生／サムネイル切出し／コメント入力機能と、脳波計測による心理推定量変化のグラフの同期再生機能を有している。本アプリの実現により、技能/工程の離散化と、感情/心理の可視化を図った。効用としては本アプリの活用により、従来式の EFE 解析（ビデオビューワで動画コマ送りを繰り返しながら、書き起こし作業を行うため、煩雑で長時間を要していた）の課題を改善でき、本技能分析作業の効率化に大いに貢献できた。



図 8.7. 書き起こしアプリ Transcribe（”経験の見える化”の実現例）

（2）各種見える化による指導支援効果の確認については、開発した e-training analyzer を用い、研究項目Ⅲで確立した、心理推定に基づく自動指導ポイント支援の有効性を検証するために、

被験者を指導支援システム使用群（5名）と、未使用群（5名）に分けて一連のeラーニング想定学習実験を行い、解析を行った。その主観アンケートの分析結果を図88に示す。

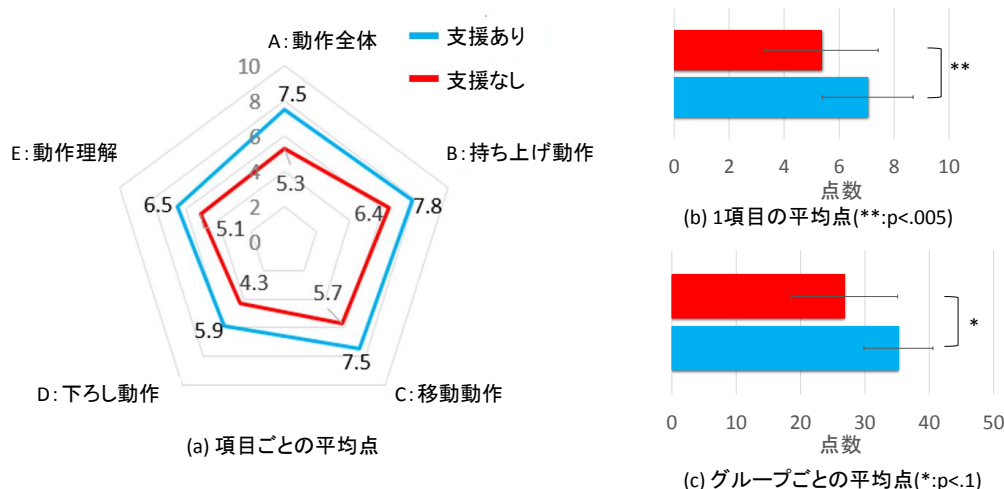


図88. 椅子運び技能学習者の主観的自己評価
(心理計測に基づく指導ポイント支援の有無による違い)

図88(a)の項目別平均点の分布を見ると、指導支援システムを使用したグループの方が5つの項目すべてで点数が高い。さらに図88(b)に示すように、質問項目5点分の被験者5名分の平均は、支援ありのグループで7.04点、支援なしのグループで5.36点であり、前者が有意に高かった(N=25, unpaired t-test, unequal variance, $p<.005$)。続いて被験者ごとの合計点(50点満点)での平均点を求めたところ、図88(c)に示すように、支援ありでは35.2点、支援なしでは26.8点となり、指導支援システムを使用したグループの方が主観的動作評価合計点の平均が8.4点高かった(N=5, unpaired t-test, unequal variance, $p<.1$)。以上より、学習者の心理推定による指導ポイント支援が、学習者の主観動作評価を向上でき、心理推定に基づく指導支援で学習者の満足感、ひいては技能教育サービスの質を向上させ得ることを確認できた。

1〜3回すべての実験に参加して頂けた6名の受講生の主観評価の結果を図89に示す。本図は、指導支援システムを使用していない講習会1回目から2回目での点数の推移、指導支援システムを使用した講習会2回目から3回目での点数の推移を表している。図89(a)を見ると被験者6人全員の自己評価は減少している。この要因として

- ・指導者から指導を受けて時間が経過したため、自分の技能動作が適切か不安になった。
- ・技能動作への理解が進んだことで、自己動作への評価が厳しくなった。

の2点が考えられる。一方、図89(b)の2→3回目の時には、半分の被験者(被験者B, E, F)は点数が向上し、1名(被験者D)は1→2回目とさほど変わらず、2名(被験者A, C)の減少率は大きくなり、椅子運び技能実験の時とは異なり、全員一致した傾向とはならなかった。その理由を精査すべく脳波による推定心理状態値の変化を比較した。その結果を図90に示す。1→2回目(図90(a))と2→3回目(図90(b))を比較すると個人差が大きいことが分かり、心理項目ごとの傾向を見出すことができなかった。

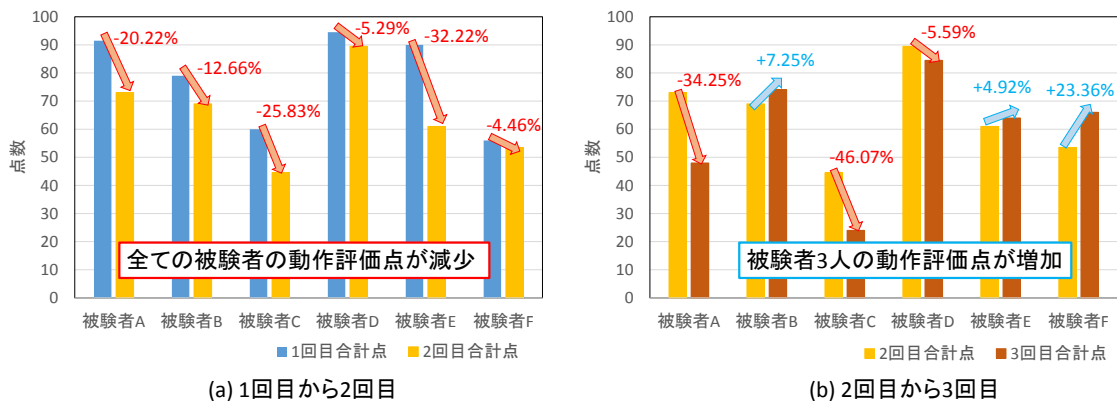


図 8 9. シート介護動作評価の合計点の推移

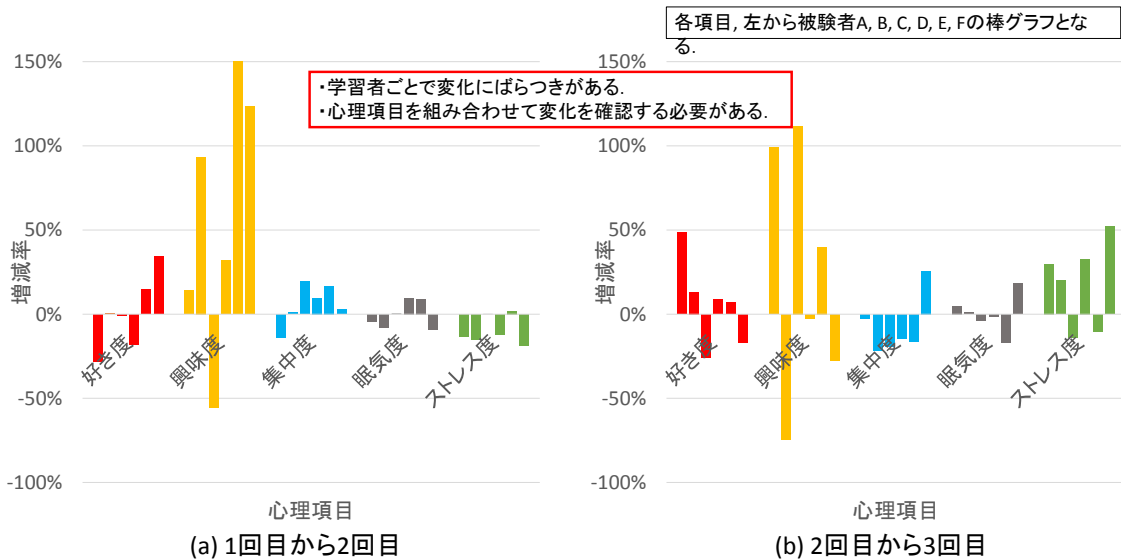


図 9 0. シート介護講習会実験での推定心理状態の変化

以上の技能現場での実践結果は部分的に向上が認められるものの、被験者数が少ないこともあり、提案手法等の有意性を確認するにはいたらなかった。特に問題としては被験者の条件のばらつきが問題であり、年齢や経験年数、本実験への参加意欲の有無など、被験者ごとに事前期待値が異なりすぎたことが問題となった。そこで、技能従事者ではないが、経験や知識の程度のばらつきが少ないと思われる大学生を対象に公募実験(被験者数 45 名)を行い、被験者数を増やした統計的検証実験を行った。

その結果、a)学習者の主観満足度(主観アンケートによる)、b)脳波心理推定による客観的心理量(感性アナライザによる脳波からの推定心理状態量)、c)技能熟達者による学習指導(ノーリフト介護の熟達者によるビデオ採点評価)の3点に関して、開発した指導支援ツールを用いた学習者群の方が用いなかった学習者群に対して有意に勝っていることを確認でき、提案した支援手法や見える化プランの有効性を確認できた。

以上のことから、生理・心理計測による経験価値の見える化の手順を示し、かつ必要な計測ツールを実現、さらにはそれを用いた支援方法が有効であることを確認でき、本生理・心理分析 Gr の研究目的は達成された。

3-3-4. 動作分析・3次元表示

I. スライディングシートを使った介護動作の技能解析と表示法開発

高齢化社会において、介護の需要が急激に高まってきている。介護の現場において、被介護者の身体を移動させたり、抱き上げたりする必要があるため、介護者の身体に大きな負荷をかける。厚生労働省の調査によると、平成23年に休業4日以上腰痛が発生した件数のうち、医療保健業、社会福祉施設、およびその他の保健衛生業が占めた割合は26.6%であった[厚生労働省 2013]。日本ノーリフト協会が2012年に行った調査によると、介護や看護についてから腰痛を経験している人が72%以上である。介護や看護現場の人材流失を防ぎ、高齢化の進行に伴う介護や看護の社会的需要の拡大に備えるため、腰痛の予防対策が重要な課題となっている。

日本ノーリフト協会は介護や看護の現場における腰痛の予防対策に取り組むため設立された。その活動の一環として、スライディングシート（以下、シートと呼ぶ）を用いた介護技能を現場に普及することが挙げられる。シートとは、滑りやすい生地でき、被介護者の身体の下に2層で敷き、上の層を手を持ち引っ張ったり、体を直接に押ししたりして、シートの滑りやすさを利用して、体位の移動をサポートする道具である（図9 1）。体位変換を行う際、非介護者の身体を引いたり押したりする必要があるため、肉体的な負荷が大きく、腰痛を引き起こすリスクが高い。シートを利用すると、体位変換に必要な力が小さくなり、腰痛のリスクを減少することができる。しかし、日々の重複な動作によって、シートを正しい姿勢で引っ張らなければ、腰痛を引き起こす可能性が残る。これまでに、日本ノーリフト協会ではセミナーや講習会において、シートの使用方法について対面式な教育で教えてきた。しかし、この方法では、少人数の対象者しか教えられない。シートを普及するため、eラーニングの自習支援システムが求められている。

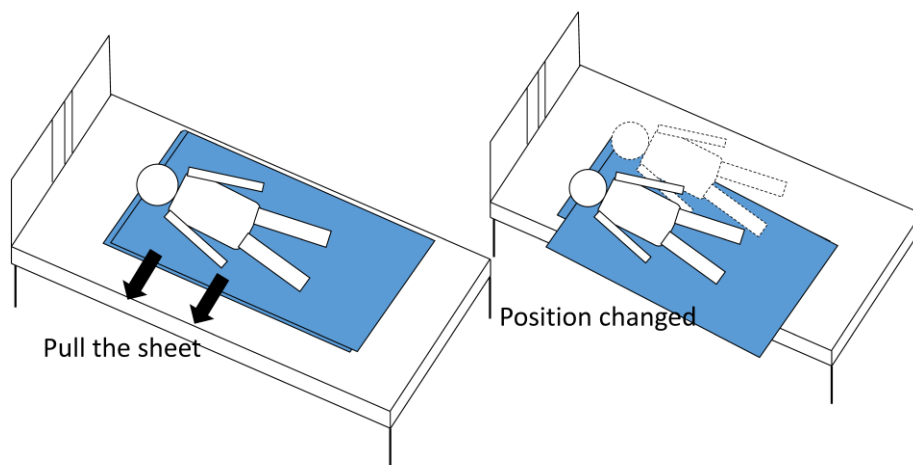


図9 1. スライディングシートの基本的な使い方

スライディングシートを使った介護動作に対して、平成25年度では、まず、熟練者への対象動作において重要となる技能に関するインタビューを行った。次に、得られたインタビュー結果を基に、ポイントとなる動作（以下、動作ポイント）を抽出した。抽出した動作ポイントに注目し、技能に関する事前情報を得るため、熟練者と未熟練者のビデオ映像を比較し、両者の間の動作差異を確認し、技能を定性的に評価した。以上のように定性的に評価された技能を、3次元計測が行えるモーションキャプチャを用いることで、定量的に評価する。最後に、定量的に評価できた技能について検証を行った。

まず始めに、ノーリフト介護の熟練者へスライディングシートを使ったベッド上介助動作を行う際に、意識的に注意しているポイント（技能）についてのインタビューを行った。その結果、熟練者の技能は以下のようにまとめることができた。

- ・ 上体の角度：シート引っ張り動作前後で上体角度をできるだけ変化させない

- ・ 腕の角度：肩関節の屈曲伸展角度を0度に近づけた状態を保つ
- ・ 体重移動：腕を動かして引っ張らず、下肢・体幹を動かして、体重移動を用いて引っ張る

次に、シートを使ったベッド上介助動作における基本となる動作であるシートを引っ張る動作に注目した。いずれの被験者においても、仮想的にシートを引っ張る動作を行ってもらい、その動作をビデオカメラを用いて撮影した。図9 2には、未熟練者と熟練者のある特定のフレームにおける動作が示されている。インタビューから抽出した動作ポイントである、上体の角度・腕の角度・体重移動の3つの動作ポイントに注目し、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た。動作前後における同フレームでの未熟練者の動作は、熟練者の動作と比べ、上体の角度が動作前後で大幅に変化し、腕を伸ばしきった状態で動作を行っており、上体や腕の力に頼った引っ張り動作を行っていると思われる。それに対し、熟練者は腕を曲げ、体幹の近くに置くことで腕への負荷を軽減するとともに、重心を低くした状態で、自身の体の重さを利用して引っ張っていることがわかる。

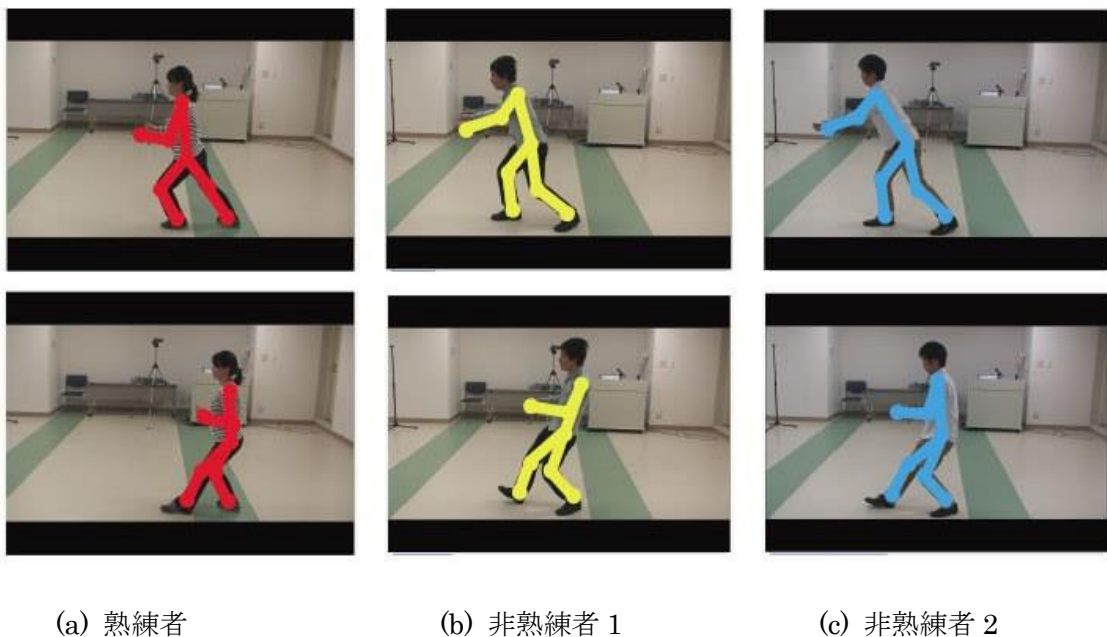


図9 2. ビデオ映像による未熟練者と熟練者の動作の差異

以上、シートを使ったベッド上介助動作において技能抽出方法を適用し、熟練者へのインタビューによる動作ポイント・技能の抽出、ビデオ映像による動作の計測、解析を行った。その結果、シート引っ張り動作における熟練者の技能を定性的に評価することができた。また今回、シートを使ったベッド上介助動作は一連の流れを持った動作で、動作フェーズによって重要となる技能が変化すると同時に、腕・上体・下体・重心位置など注目すべき部位が多数存在するという知見を得た。

さらに、初心者には上体の角度・腕の角度・体重の移動の3つの技能ポイントを教示した後、動作を行う際に腰にかかる負担が減少することを確認し、この3つの技能ポイントを定量的に評価した[Nakagawa 2014]。具体的に、まず初心者にはシートを自由に引いてもらい、その動作を床反力計とモーションキャプチャを用いて計測する。計測された動作をSIMMで構築した筋骨格モデルに入力し、腰の負荷を表す股関節モーメントを算出した。次に、初心者には3つの技能ポイントを伝え、再度計測を行った。技能ポイントを習得した動作では、習得前の動作よりも腰に与える負荷が小さいことが確認できた。

平成26年度では、スライディングシートの3つの技能ポイントに対して、どれが教育に最も有

効であるかを順位づけた[中川 2014]. 優先度の高い技能ポイントでは腰への負担を最も大きく減少し、他の技能ポイントの上達にも繋がると考えられる. 技能の優先度が明らかにされると、教育の効率を向上でき、学習者の負担を減少できると考えられる. 具体的な方法として、3つの群の被験者に対して、3つの技能ポイントのうちの1つのみ教示し、学習前と学習後の動作を比較し、技能の上達具合を調べた. 実験の結果、下肢の技能のみを教示した場合、胴体と上肢の技能も上達したことが分かった. 一方、胴体の技能のみを教示した場合には、上肢の技能を達成しているものの、下肢の技能に関しては達成できていない. また、上肢の技能のみを教示した場合には、下肢・胴体の技能が上達しなかった. したがって、シートを引く動作を教育する場合、下肢⇒胴体⇒上肢という順に教えると、効率が最も良いと考えられる.

平成 27 年度では、リンクモデルを構築し、シミュレーションを用いて腰部負担が最小になる動作を生成し、これまでに得られた技能ポイントと照合し、定性的に定義された技能の力学的な合理性を説明した[中川 2015]. 具体的に、肩、肘、手首、腰、膝、足首を表現する 7 リンクモデルを構築し (図 9 3), ラグランジュ運動方程式を立て、シートを引っ張る際に手にかかる力を摩擦係数によって計算し、腰部モーメントを最小化するような関節角度を最適化計算により算出した. シミュレーションにより腰部負担を最小化するような動作を生成した結果、腰部負担をより軽減するためには、体幹屈曲角度を垂直に保つことが重要であると分かった.

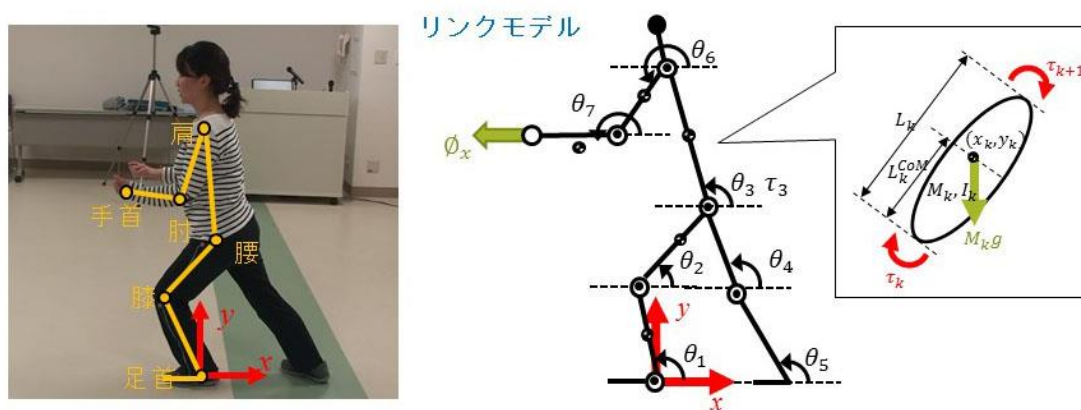


図 9 3. シミュレーションに用いたリンクモデル

さらに、実際の学習者が様々な姿勢でシートを引く際に、腰にかかる負担を計算するため、学習者の動作を計測し、回帰分析を用いて姿勢と腰部負担の関係を調べた[Wen 2015]. 具体的に、学習者の姿勢と動作をモーションキャプチャと床反力計を用いて計測し、OpenSIM を用いて股関節モーメント (i.e.,腰部負担を反映するもの) を算出した. さらに、腰の曲げる角度、足の開く角度、および上腕と体幹の角度を独立変数として、股関節モーメントに対する予測効果を分析した. その結果、シートを引く際に、股関節モーメントが減少するため、足を大きく開き、引っ張る力の方向に体幹と腕の伸ばすことが有効であることが分かった.

これらの成果を基づいて、シートを引っ張る際に学習者の映像に、推奨姿勢を重畳表示する教育システムを開発した(図 9 4). このシステムでは、人間の動作を簡単に 3 次元計測可能な Kinect カメラを用いて、引っ張る動作をリアルタイムに映すと同時に、推奨姿勢のスケルトンを画面に表示し、自分の姿勢を表すスケルトンを推奨姿勢に近づくことによって、動作を矯正することが可能になる. このような教示システムでは、学習者にリアルタイムフィードバックを与えるため、教示効果が高く、学習の意欲を促進することが可能である.

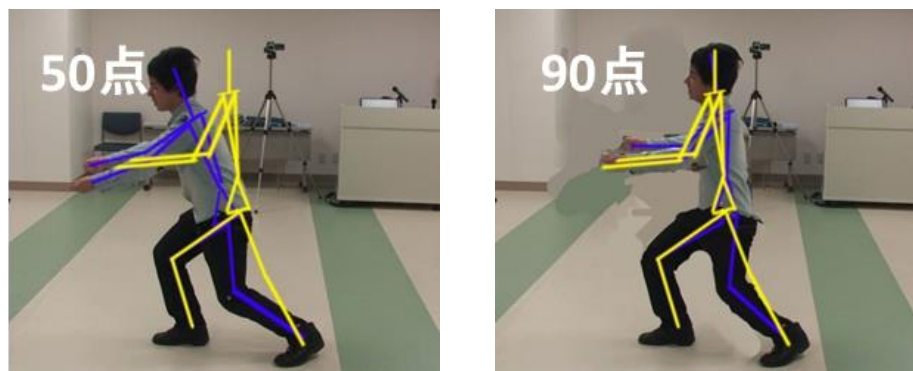


図 9 4. Kinect カメラを用いた技能教示システムのイメージ図

さらに、実際の介護・看護の現場において、シートを使った介護技能の学習過程と教育方法を分析するため、日本ノーリフト協会が開催したセミナーおよび講習会において、介護・看護職の受講者のシート引き動作を Kinect カメラで複数回計測し（図 9 5）、技能教育の方法による技能の習得効果および現場への波及効果を検討した[温 2016]。Kinect カメラの計測結果に基づいて技能ポイントを採点した結果、セミナーの受講者では、初回の受講でシートの使用方法について集中的に練習し、受講直後に高いレベルの技能を身に付け、2 週間ほどの間隔を置いても技能の忘却が少なかったことが分かった。また、シートを持ち帰った間でも、職場で活用していることが分かった（図 9 6）。一方、講習会ではノーリフトの理念を集中的に学習し、シートそのものの練習時間が短かった。その結果、学習直後の技能レベルが低く、時間の経過とともに、技能の忘却が見られ、現場での使用の殆どなかったことが分かった（図 9 6）。この現場検証の結果により、ノーリフトの技能教育を行う際に、理念に着目した教育方法よりも、実用的な道具の使用方法を集中的に教え、練習させた方が効果が高いことが分かった。また、今回の技能教育現場で測定した技能動作のデータは、教師によるコメントと共に、本プロジェクトが構築した技能教育データベースに保存され、技能の e ラーニングに役に立っていく。

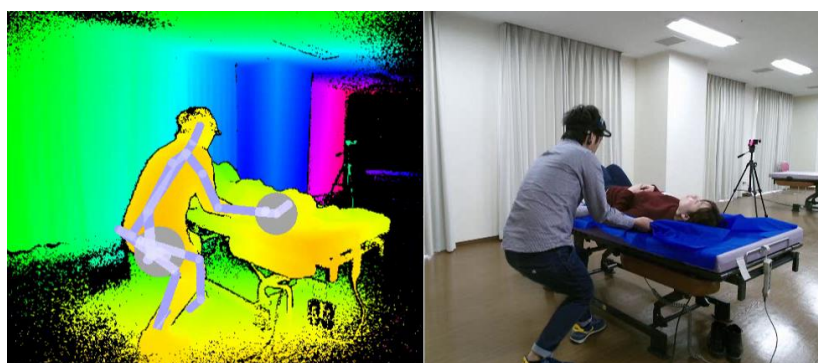


図 9 5. Kinect v2 カメラで撮影したスケルトンと RGB 映像の例

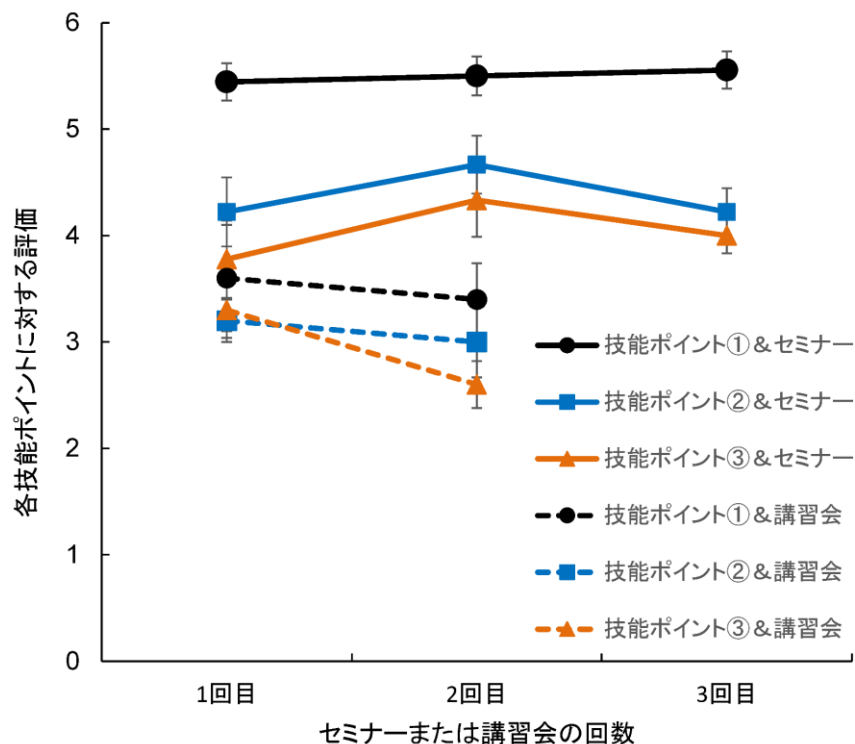


図 9 6. セミナーおよび講習会の参加者に対する各技能ポイントの採点

II. 筋肉の訓練動作における筋活動の可視化

スポーツ競技におけるパフォーマンスとは、ある動作を行った際に生まれる成果とされている。熟練者は高いパフォーマンスを発揮するために、熟練した且つ特徴的な身体の使い方を持っている。その中に、筋肉の使い方におけるタイミング・パワーが重要な側面であると考えられる。本研究では、動作の熟練者が行う特徴的な筋肉の使い方を動作の技能の1つとして取り扱う。動作の教育において指導者が初心者に筋肉の使い方を教える際、アドバイスを行う指導者が熟練者の筋肉の使い方をよく理解している必要がある。またアドバイスは、行っている動作のパフォーマンスの向上につながるようなものが求められる。そこで本研究では、熟練者の筋肉の使い方を初心者に教示するために、筋活動の計測により、初心者の手本となる熟練者の筋肉の使い方を技能として抽出する。初心者に熟練者の筋活動を教示するための技能の抽出のポイントを整理した。熟練者が初心者に対して違いを生み出している筋肉の使い方の要素は筋肉の使用部位、強さ、タイミングである。熟練者は動作中にある部分の筋肉をあるタイミングで強く発揮させることで、外部に上手く力を伝えることでパフォーマンスの向上につなげている。また、反対に熟練者は、使わないでいいときは、無駄に力まず、リラックス状態にさせているという特徴も同時に持つ。

平成 25・26 年度ではまず、スクワット動作中において、熟練者と初心者の両者において筋活動を計測し、その筋活動の比較を行った[Yanai 2014]。次に、1つの動作に対して動作の進行度を定義し、進行度に対する表面筋電図の値を比較することにより、動作のあるタイミングにおける筋活動の違いを検証することができる(図 9 7)。動作の進行度を定義するにあたり、筋活動の比較を行いたい動作の始点と終点の決定を行う。それに対する身体のある位置の始点時の位置から終点時の位置までの移動距離を 100 % として動作の時間的な正規化を行った。動作の時間的な正規化のために筋肉の表面筋電図と同時系列で動作中の動きをモーションキャプチャにより計測した。

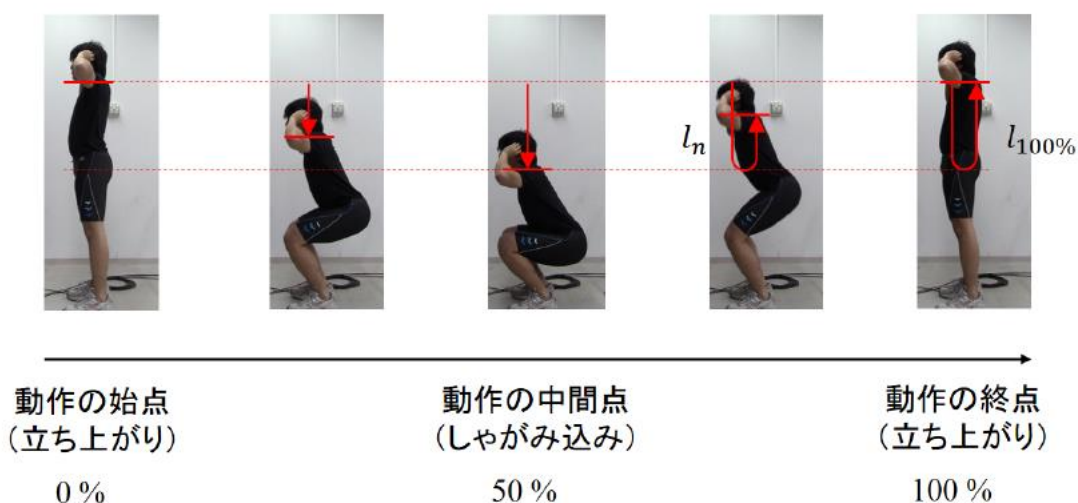


図 9.7. スクワット動作の進行度

スクワット動作で最も鍛えられる筋肉は、太ももにある大腿四頭筋と臀部にある大殿筋である（図 9.8）。まず、この 2 つの筋肉において、計測対象者の筋肉の最大活動量を測定した上、動作中それぞれの筋肉の活動が最大活動量に対する割合を算出し、その割合を色で表現した。熟練者がスクワット動作を行う映像に、筋肉を表す直線の色を時間と関連して変化させて重畳表示した（図 9.9）。このような重畳表示を用いて、どんなタイミングで筋肉をどのくらい使ったのかが直観的に読み取れる。さらに、学習者に筋活動を可視化した映像（重畳映像）を提示した場合において、筋活動を表示しない映像を提示してスクワット動作を行わせた場合よりも、学習者の大腿四頭筋と大殿筋の活動の上昇が見られ、筋活動の可視化コンテンツの教育効果が確認された。

さらに、スクワット動作では鍛える筋肉が明確であるものの、ボートの訓練に使われるローイング動作では、使う筋肉が多く、熟練者と初心者の筋肉の使い方の違い、いわゆる熟練者の「技能」が不明である。平成 27 年度の研究では、まず熟練者と初心者の筋活動の時間パターンと活動量を比較し、ローイング動作の技能を抽出した。さらに、熟練者の技能を表す筋活動可視化コンテンツを作成し、その教育効果を検証した。最後に、初心者がローイング動作を練習する際に、自身の技能（筋活動の出力とタイミング）をリアルタイムに観察できる学習システムを開発し、その学習効果を検証した。

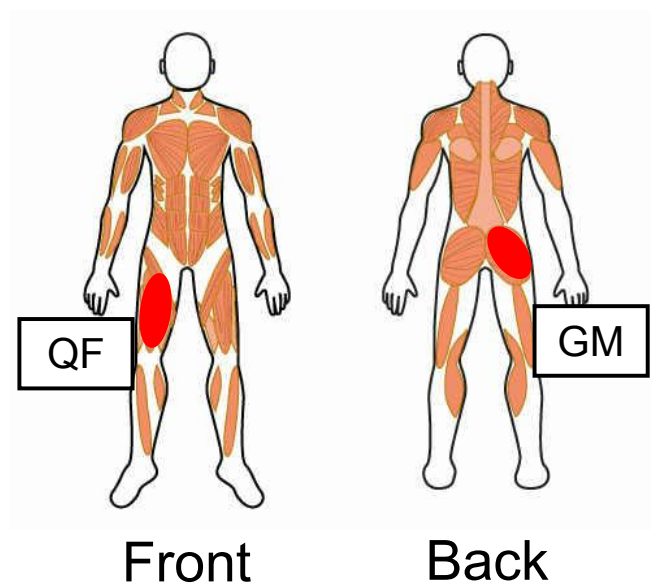


図 9 8 . 大腿四頭筋 (quadriceps femoris muscle: QF) と大殿筋 (gluteus maximus muscle: GM)



図 9 9 . 筋活動をスクワット動作の映像に重畳表示した画面

本研究の対象動作はボート競技の基本練習として使われるエルゴメータでのローイング動作である (図 1 0 0) . エルゴメータに出力される仕事率を動作のパフォーマンスとする. まず, 競技歴が 5 年 (± 3 年) の熟練者 5 名と競技歴が 8 か月 (± 1 か月) の初心者 5 名の動作の筋活動を計測し, 熟練者に特有な筋活動パターンの抽出を行った. このようなパターンを技能と呼ぶ. その結果, 筋肉の活動量 (パワー) について, 初心者と比べて, 熟練者の大腿直筋 (RF) と大腿二頭筋 (BF) の活動が有意に大きかった. それから, 筋肉の活動時間特性 (タイミング) について, 初心者と熟練者は大腿直筋 (RF), 腓腹筋 (Gas) と前脛骨筋 (TA) において有意に異なった.

したがって、動作中筋肉使用のパワー・タイミングの両方において、熟練者では大腿直筋（RF）に特徴的な使い方が見られた。このような使い方を技能と定義し、次に、初心者はこの技能を伝えるための教育システムを開発した。

初心者到大腿直筋（RF）の使用タイミングとパワーをうまく伝えるため、初心者自身の筋活動をリアルタイムにフィードバックする必要があると考えられる。これを実現するため、本研究ではモーションキャプチャと筋電計を組み合わせ、まず筋電計の出力の大きさを色で表現した（例えば、赤＝出力大、青＝出力小）。それから、筋肉の使用タイミングを可視化するため、ビデオ画面にローイング動作を合わせて筋肉の出力を重畳に提示した（図100）。

本システムの教育効果を検証するため、競技歴が1年未満の初心者2名に対して、検証実験を行った。実験では、この2名の初心者に対して、①言葉による教育（従来と同様）、②熟練者の筋活動を可視化した映像を提示すること、③初心者自身の筋活動を可視化した映像をオフラインに提示すること、④初心者自身の筋活動を可視化した映像をリアルタイムに提示すること、の4種類の教示法を順に行い、効果を検証した。その結果、教示②を行った後、初心者の筋肉の出力とタイミングの正確さの向上が見られた。それから、教示④を行った後、筋肉の出力とタイミングの正確さの向上が再び見られた。したがって、本研究が開発したシステムの教育効果が高いことが証明された。

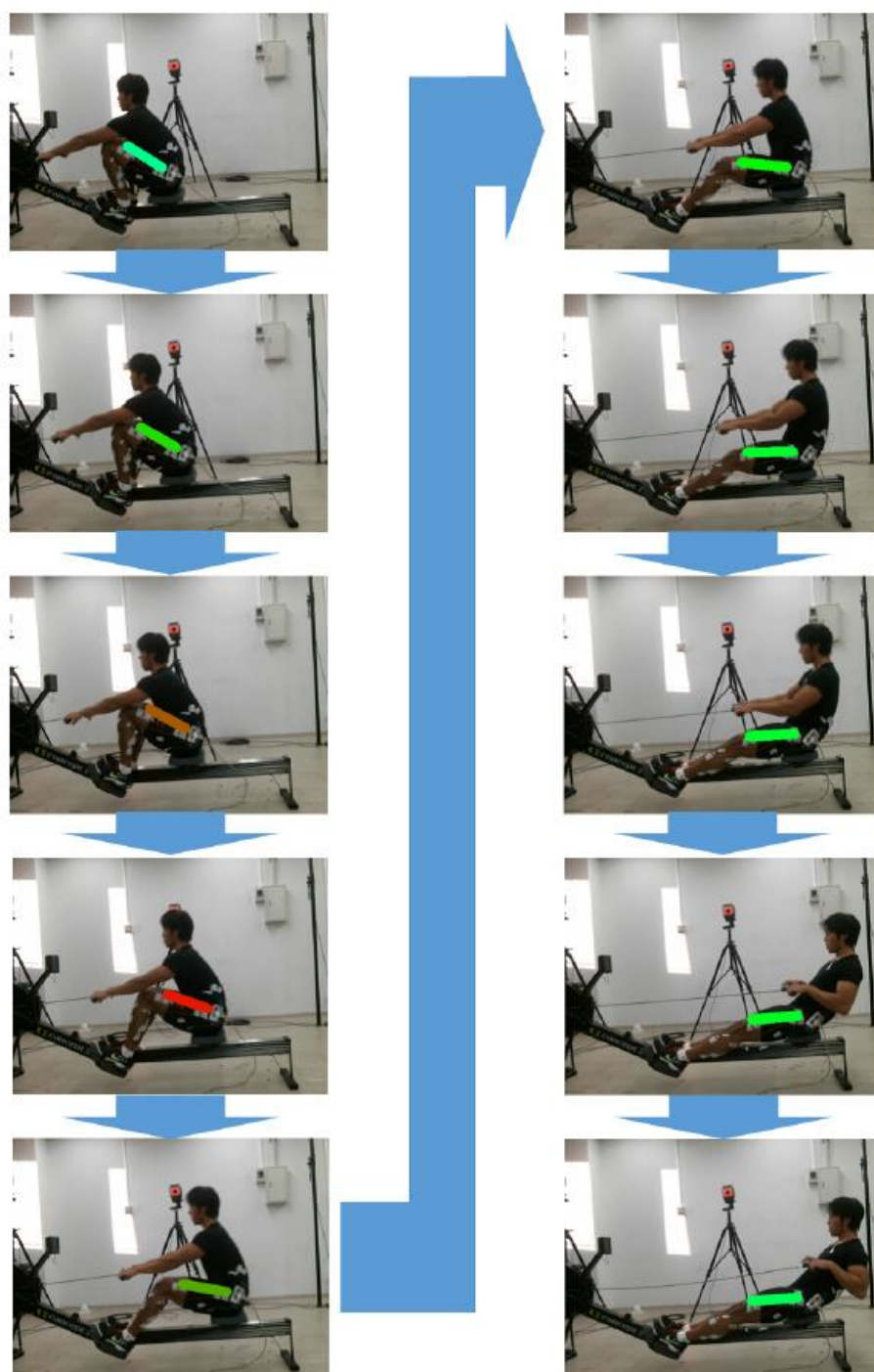


図 1 0 0. ローイング動作における筋活動のリアルタイム提示

Ⅲ. 自動決定視点を用いた動作学習支援システム

ダンスなどの身体動作やフォームを習得する技能学習では、目標動作を観察して動作イメージを構築する段階、実際に動作を実施する段階、目標動作と学習者自身の動作のずれを把握する段階がある[嶋田 1997]. この 3 つの段階を繰り返して行うことによって技能学習が進むと考えられる[木村 2007]. 対面式の技能教育では、目標動作と学習者の動作のずれについて、指導者が指摘するため、上達に繋がりやすい. 一方、現状の e ラーニングにおいては、目標の動作を映像教材で確認し、自身の動作は鏡や撮影した映像を用いて確認するのが一般的であり、目標動作と学習

者自身の動作のずれの把握が難しく、学習が進みにくいという問題がある。この問題を解決するために、目標動作と学習者の動作を同一の画面に重畳表示し、両者の動作の違いを可視化するシステムが提案されている[Yang 2002] [Eaves 2013]。しかし、2次元画面に表示される重畳映像を観察する場合、学習者が自身の動作と目標動作の奥行きがずれが把握しにくい問題点がある[本荘 2005];また、様々な視点からの重畳映像システムが提案されているものの[柴田 2014]、視点決定は学習者に委ねられており、学習者自身が、ずれが把握しやすい視点を探す必要があり、動作に慣れていない初心者にとっては負荷が大きく、分かりやすい視点を見つけられない場合上達が遅くなる。そこで本研究では、一般的に入手しやすい RGB-D カメラを用いた重畳映像に基づく動作学習支援システムを提案した[中村 2015]。本研究では学習者の動作と目標動作を比較し、ずれの把握が容易な視点を自動的に決定する。さらに、ダンスの右腕の振付を一例として、本システムの学習効果と自動で視点を選ぶ場合の学習効果を比較する検証実験を行った。

具体的に、本研究は右腕を動かすダンスを対象動作とした。学習者はまずこの動作を観察し、それから目標動作に追随するように右腕を動かした。学習者の身体運動は Kinect カメラ

(Microsoft 製)によって計測され、目標動作と同時にスクリーンに投影された(図101)。目標動作では、左・右・前・後方向に動くため、正面または横の単一の視点では、目標動作と自分の動作のずれを把握しにくい。そこで、本システムでは学習者が一定な練習時間を終えた後、目標動作と学習者の動作のずれを最も大きく投影する視点を自動的に選定し、学習者にその視点の映像を確認しながら動作を修正してもらった。本システムの効果を検証するため、4名の健常者に実験に参加してもらい、学習効果を調べた。その結果、観察視点を手動で決める場合よりも、動作のずれが最も分かりやすい視点が自動的に提示される場合において、ダンス動作の上達がより早かったことが確認された(図102)。

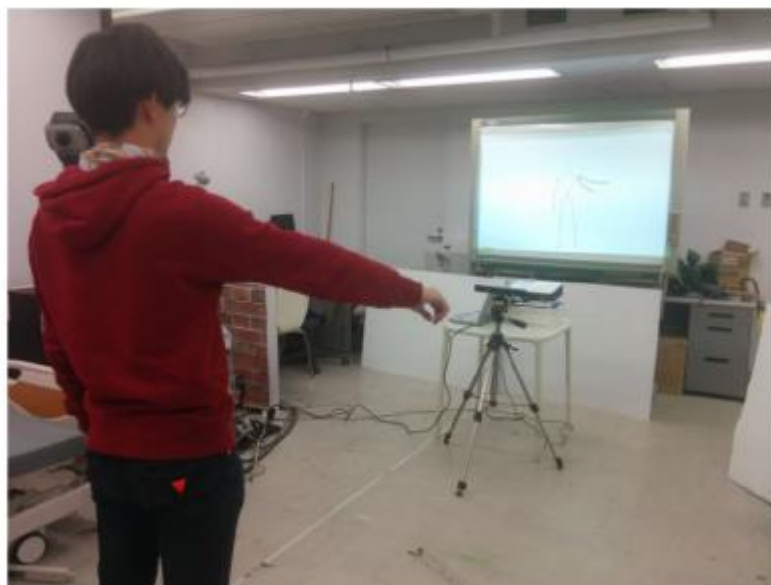


図101. 本システムを用いて右腕のダンスを学習する風景

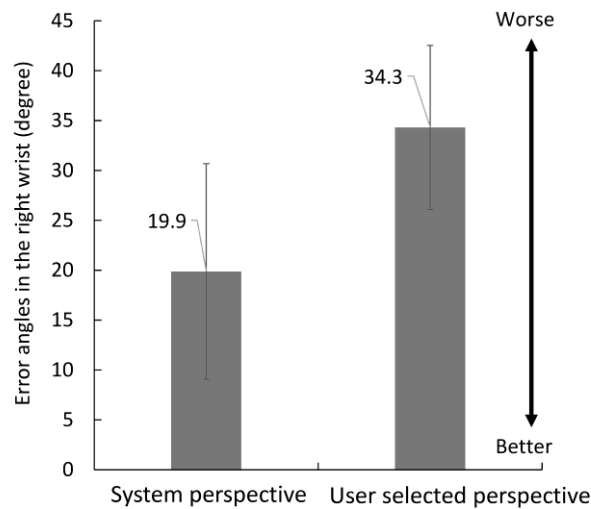


図 1 0 2. 本システムを利用した場合と手動で視点を選択した場合の動作のずれ

より正確な動作測定を行い，教示システムを提案するため，本研究はさらにテニスのスイング動作を対象とし，モーションキャプチャを用いて動作を測定し，目標動作とのずれが最もわかりやすい任意視点を提示するシステムを開発した．具体的に，まず熟練者のスイング動作をモーションキャプチャで計測した．次に，初心者が同じ動作を行う際に，体格を正規化した熟練者の動作を，初心者の動作を表す画面に重畳表示し，熟練者の動作を随従するように練習させた．その際に，初心者と熟練者の動作の差を最も大きく表現できる平面を計算し，その平面と垂直な視点から，初心者の動作と手本動作を提示した（図 1 0 3）．手本動作との差がわかりやすい視点を自動的に提示する自主トレーニングシステムは，より短い時間に模倣動作の上達に繋がると考えられる．さらに，本システムの効果を検証するために，4 名の被験者に本システムを使用し，学習前よりも，学習後の動作が手本動作に近づけたことがわかり，本システムの有用性を証明し，動作学習における視点提示の重要性を示した．

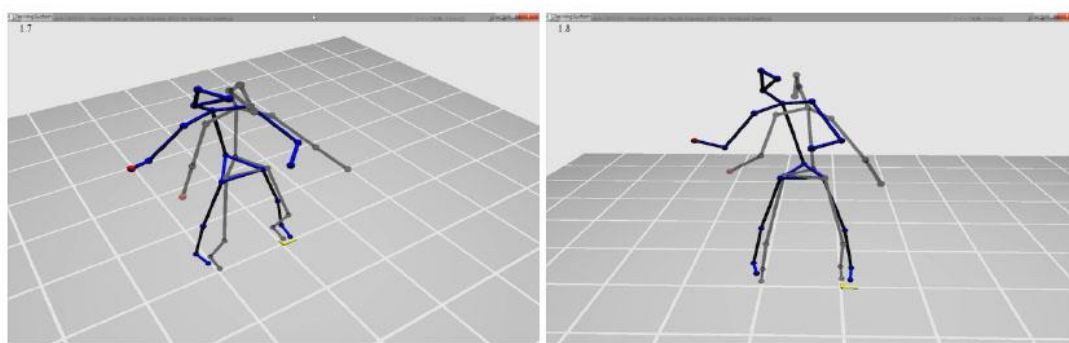


図 1 0 3. 手本と学習者の動作を重畳表示した画面の例

IV. 映像からの動作・行動識別

（１）姿勢ベースの動作・行動識別：角度変位量子化特徴量提案 [山辺 2015][Yamabe 2014][Yamabe 2015]

動作・行動識別のための新たな特徴表現方法として，角度変位（図 1 0 4）の量子化特徴量を提案した．量子化することで個人毎の差，クセ，無意識な動作などによる観測データの微小変動に

頑健になると仮定して調査を行った。日常生活行動が撮影された UTKinect-Action dataset [Xia 2012] を用いた実験の結果、量子化により識別率が向上することを確認した。量子化しない場合との比較、および先行研究との比較を行い、動作・行動識別に有効な特徴を生成できる可能性を示した。以下の 2 点の結果を得た。

- 動作・行動識別における量子化特徴の有効性の評価

3 値化した場合の量子化特徴を用いて、量子化しない場合と Xia らが提案する手法[Xia 2012] に対して、識別率の比較を行った。量子化しない場合より 2.4%、Xia らの手法より 1.8%高い識別率が得られ、10 種類の行動に対して平均 92.7%の識別率を実現した。

- 動作・行動識別に最適な量子化およびパラメータの調査

“2 値化”，“3 値化”，“4 値化”，“5 値化”に対して、量子化の際の“時系列フレーム数”，“比較フレーム間隔”，“角度閾値”の 3 種類のパラメータを変化させて動作・行動識別に最適な量子化パラメータの調査を行った。調査の結果、時系列フレーム数 $N=20$ フレーム，比較フレーム間隔 $f=15$ フレーム，角度閾値 20deg とした場合の 3 値化で識別率が最も高くなった。これは全身動作を想定したデータセットに関して、角度変位 3 値化特徴が識別率向上に有効であるということを示唆している。

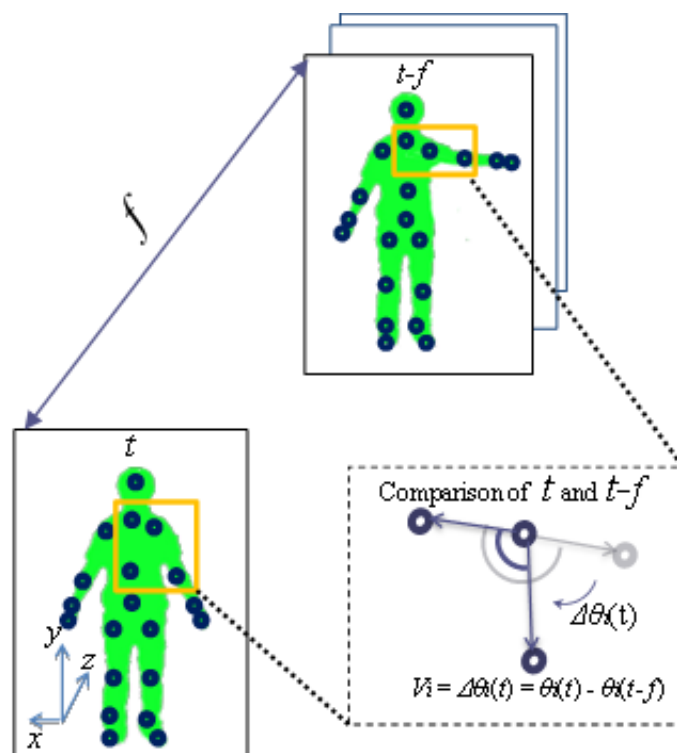


図 1 0 4. 角度変位

(2) アピアランススペースの動作・行動識別: 個人のクセを考慮した微小動作の熟達度評価 [Miyashita 2015a] [Imanari 2016] [阿部 2015] [今成 2015] [Miyashita 2015b] [宮下 2015]

個人のクセ除去を考慮した、微小動作を対象とした熟達度評価手法について検討した。微小動作を表現する特徴として優れている Dense Trajectories (DT) [Wang 2011] [Rohrbach 2012] [Wang 2013]を用いて特徴を抽出する (図 1 0 5)。



(a)入力画像

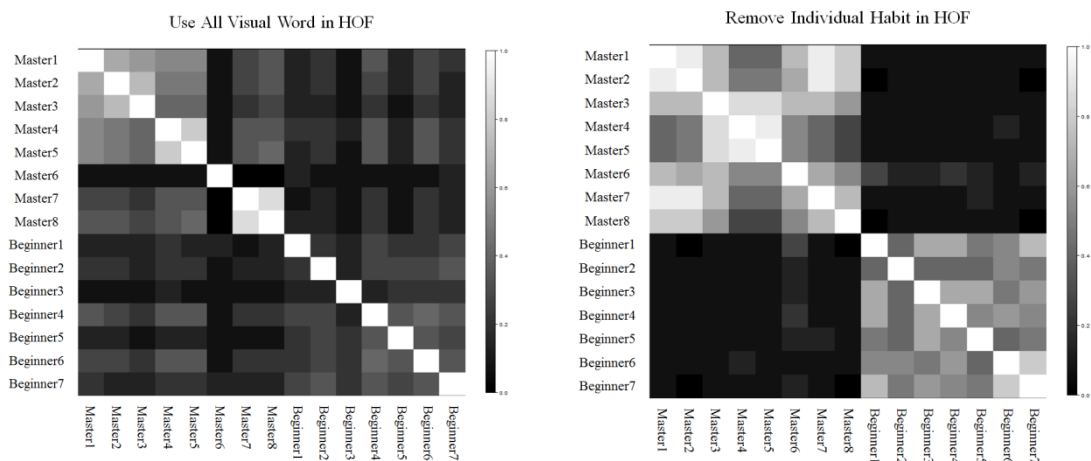


(b) Dense Trajectories 抽出画像

図 1 0 5 . Dense Trajectories 抽出結果

得られた特徴を Bag of Features (BoF)によってヒストグラム化した. そして, Random Forests によって熟達者に共通しているヒストグラムの要素を抽出し, その要素のみでヒストグラムの類似度を算出することで, 熟達度を評価した.

微小動作の一例として, 手先のみを回転するスナップが必要なギターのピッキングを採用した. 被験者は, 熟達者を 8 名(UCF50[Reddy 2012]から 7 名, 研究室から 1 名), 初心者を 7 名(研究室学生 7 名)とした. Support Vector Machine (SVM)を用いて熟達者と初心者を判別する実験をした結果, 約 90%の判別率を得た. また, 熟達度評価の有効性を示すため, 個人のクセを除去しない場合と除去した場合の類似度相関行列を算出した (図 1 0 6).



(a)個人のクセを除去していない場合

(b) 個人のクセを除去した場合

図 1 0 6 . 熟達度の評価結果

個人のクセを除去していない結果と比較して, 除去した場合は熟達者と初心者間で評価値に差が生じて領域が明確に分かれた. これにより初心者・熟練者分類および熟達度評価の可能性が示唆された.

V. 初心者・熟練者分類および熟達度評価

2014 年度～2015 年度に実施した映像からの動作・行動識別の成果を踏まえ, 映像を用いたサ

サッカー技能の習熟度判定システムの開発に取り組んだ [Sato 2015] [小林 2016].

サッカーにおける技能は個人基本技能とチーム戦術・戦略に大別される. ここで, 前者のみ研究対象とし, 後者は今回取り扱わない. 個人基本技能の習得は以下の3ステップに大別できる.

第1ステップ: ボールキック習得

第2ステップ: ドリブル習得

第3ステップ: ポジショニング

第1ステップのボールキックは初歩の初歩であるがゆえにかえってきちんとした形での習得は難しい場面がある. いわゆる草サッカーではなく, サッカースクールでサッカーを学ぶ際の問題として, 頻度が限られることが挙げられる. 本研究では, 自主練習を行う際のeラーニング支援システムとして, サッカーにおける個人基本技能の習熟度判定システムの開発を目指す (図107).



図107. サッカー個人基本技能習熟度判定システム

本システムでは, カラオケ採点システムのように, キック動作の簡易採点およびコメントフィードバック機能の実装を目指した. ボールキック技能習得の際には, インサイドキック, インステップ・アウトステップキック, インフロント・アウトフロントキックの順に学んでいくことから, システム開発の基礎検討として, インサイドキックを対象とする. 具体的に, 以下について検討を行った.

A. 初心者と熟練者の識別

B. 簡易自動採点

C. 被験者間, 試行間の傾向分析 → コメントフィードバックの可能性

[前提条件]

ここでサッカーにおけるインサイドキックの初心者(beginner)と熟練者(expert)の定義について述べる. インサイドキックの beginner と expert の判定に際して, 元Jリーガーで現在はミズノサッカースクールコーチである堂森勝利氏がプロフェッショナルの観点から5つの評価基準を策定した (図108).

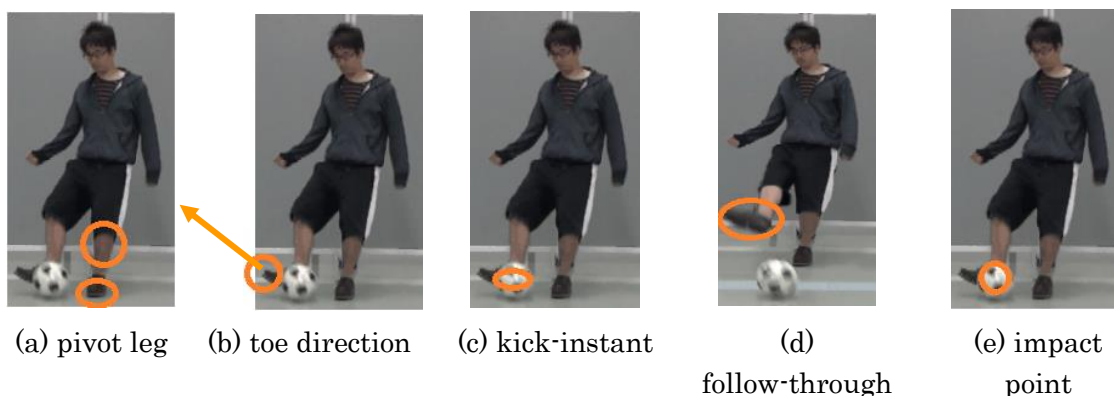


図 1 0 8．インサイドキックの評価基準

この評価基準に基づいて、後述するデータセットを分類して正解データ（Ground Truth）とした．Ground Truth と提案手法の分類結果を比較，評価を行うことで提案手法の有効性を示した．次に評価用のデータセットについて述べる．評価用データセットは図 1 0 9 に示す撮影環境の中で作成した．指定された位置から，円筒状の目標物を狙ってキックを行う．指定位置と目標の間は 6[m] に設定する．被験者 1 名につき 5 回試行を行う．なお，人間である以上，すべての試行で同一の結果を残すことはできないと考える．そこで，被験者のブレを軽減するために，試行ごとに評価基準に基づいて評価を行った．結果として，自己申告熟練者の試行でも初心者扱いされることがあり，逆も同様となった．

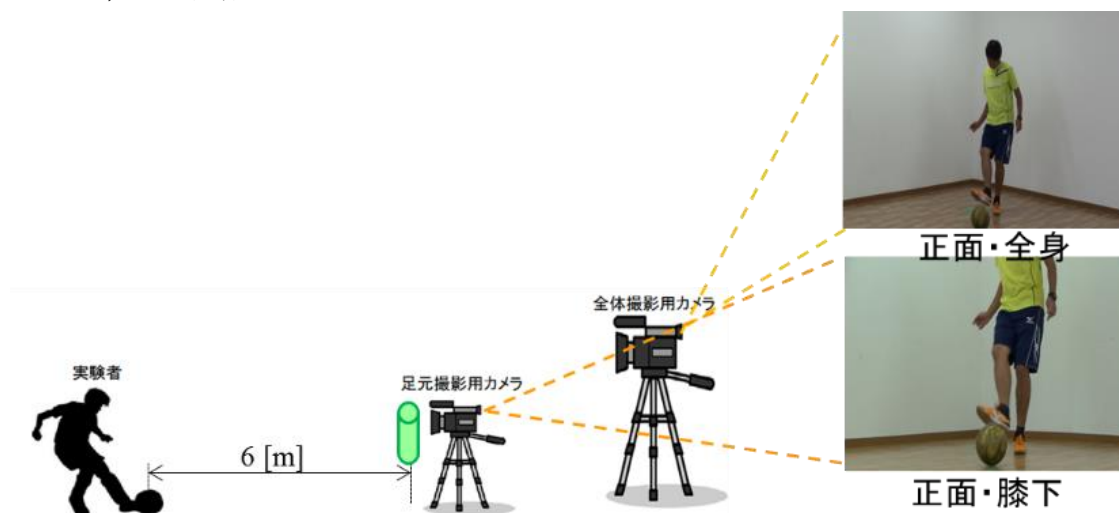


図 1 0 9．撮影環境

[提案手法]

前述の通り，キック動作の動画の処理・解析を行い，基本技能習熟度判定を行った．動作の特徴抽出には Dense Trajectories(DT) [Wang 2011] [Rohrbach 2012] [Wang 2013]を用いる．本チームの研究において，宮下らは DT を用いて個人のクセを除去したギターのピッキング動作熟達評価を行い，成果を出しており，その手法を利用した[Miyashita 2015a]．

2015 年度から 2016 年度にかけて検討を行った「A. 初心者と熟練者の識別」「B. 簡易自動採点」「C. 被験者間，試行間の傾向分析」に関しては，それぞれ下記の手法を用いた．

A.初心者と熟練者の識別:

Bag of Features (BoF)による特徴ベクトル化および Support Vector Machine (SVM)による識別

B.簡易自動採点:

回帰モデルを用いた得点評価(Support Vector Regression)

C.被験者間、試行間の傾向分析:

類似度相関行列による可視化

なお、「B. 簡易自動採点」および、「C. 被験者間、試行間の傾向分析」に関しては一定の成果は出ているものの、精度検証・発表準備をしている段階であるため、これ以降「A. 初心者と熟練者の識別」についてのみ記述する。

さて、特徴抽出に用いる DT は、微細動作の取得・評価が可能である。画像ピラミッドを生成し、画像中の特徴点を抽出、画像ピラミッドの各スケールでの密な軌跡生成を行い、生成された軌跡上で以下の 3 つの特徴量を計算する。

・Histogram of Gradient (HOG)

輝度勾配の強度と方向を算出、ヒストグラム化。幾何学的変化および照明変化に頑健、対象の大まかな形状情報を抽出

・Histogram of Optical Flow (HOF)

オブティカルフローを HOG と同様に表現することで、動き情報を抽出

・Motion Boundary Histogram (MBH)

人の動きを x, y 方向に微分、それぞれ y 軸, x 軸方向の動きの境界情報を抽出

DT から抽出した特徴は試行毎に特徴点の数が異なり、情報量が統一されていない。そこで、情報量を統一するために Bag of Features (BoF)によってヒストグラム化して特徴ベクトルを求めた。BoF において、Visual Words(VWs)数は、先行研究では通常 4,000 のところ、小さいほうが初心者と熟練者の識別率が向上する傾向が見られたため 400 に設定した。

データは被験者 40 名・各 3 試行、計 120 試行を用意した。うち、初心者 20 名 60 試行、熟練者 20 名 60 試行である。なお、学習、識別の各段階でのデータの振り分けは以下の通りである。

● 学習段階: 初心者, 熟練者 各 17 名, 計 102 試行

● 識別段階: 初心者, 熟練者 各 3 名, 計 18 試行

なお、学習段階と識別段階で被験者および試行の重複はない。

特徴ベクトル化した動作特徴に対し、Support Vector Machine(SVM)によって初心者と熟練者の識別を行った。ここで、宮下らの研究[Miyashita 2015a]と同様、個人のクセを除去することを考えた。Random Forests によって熟達者に共通しているヒストグラムの要素を抽出し、VWs 数を 400 から 30 に削減した後、SVM によって初心者と熟練者の識別を行った。

結果を表 1 4 に示す。

表 1 4. VWs 数と特徴毎の識別率

特徴	識別率[%]	
	VWs 数 400	VWs 数 400→30
HOF	77.8	72.78
HOG	48.3	83.3
MBHx	55.6	88.9
MBHy	55.6	93.3

個人のクセを除去しない VWs 数 400 の場合、識別率は最大でも 78%程度、平均的には 60%弱であり、それほど高いとはいえない。それに対し、個人のクセの除去を考慮した VWs 数 400→30 の場合、特徴 HOF で若干の低下が見られるものの、他の特徴では 33%以上の向上となり、顕著

な違いが見て取れる。

個人のクセが含まれる場合、個々人の同定には有効[宮下 2015]であるが、初心者と熟練者といった大まかな識別には悪影響を与えることになる。今回、VWs 数を減少させることで、細かい違いに鈍感となったと考えることができる。これは宮下らの手法がギターピッキングのみならず、サッカー動作を対象とした熟達度評価にも活用可能であることを示したといえる。

この結果より、個人のクセの除去を考慮すれば最低でも 72%、特徴選択を行えば 90%前後の識別率が得られる可能性が示唆された。今後さらに改良を加えることで識別率の向上を図れば、映像からのインサイドキック熟達度評価手法構築は可能であると思料する。

[まとめ]

以上、「A. 初心者と熟練者の識別」「B. 簡易自動採点」「C. 被験者間、試行間の傾向分析」のうち、「A. 初心者と熟練者の識別」に関しては、Bag of Features (BoF)による特徴ベクトル化および Support Vector Machine (SVM)による識別を行った。「B. 簡易自動採点」「C. 被験者間、試行間の傾向分析」に関しては精度検証が終わっていないため詳細を略しているが、前者に関しては Support Vector Regression による回帰モデルを用いた得点評価により簡易自動採点の可能性を示唆する結果を得ている。後者に関しては、検証のための被験者数の増加が急務であり、プロジェクト終了後も引き続き研究を続行する予定である。

e ラーニングシステムを念頭においたサッカーにおける個人基本技能の習熟度判定システムの開発を目指し、映像からのインサイドキック熟達度評価手法構築への基本的な道筋を示した。

VI. カメラによる映像を用いた動作分析表示手法により効率的な可視化

研究開発は、動作分析の可視化（表示）を複数の動作映像を同時に再生して動作比較を行う比較映像表示手法の開発を行い、次に画像処理による計測結果も合わせて表示する計測データ合成表示による手法の開発を行った。

A. 比較映像表示

最初のステップは、カメラ映像によるサービス提供者（教育者）およびサービス受容者（学習者）の動作映像を重ねて同時再生する手法として比較映像手法の研究開発を行った。サービス提供者（教育者）とサービス受容者（学習者）の動作映像を別々に取得して同じ映像内で表示することにより効率的に動作の違いを認識することが可能である。サービス受容者（学習者）同士の動作分析も可能となり比較しながらの学習を行うことができる。

本表示手法は、カメラ映像だけで動作分析が可能でありサービス提供者（教育者）とサービス受容者（学習者）は、相違点を認識することが容易に行える（図 1 1 0）。

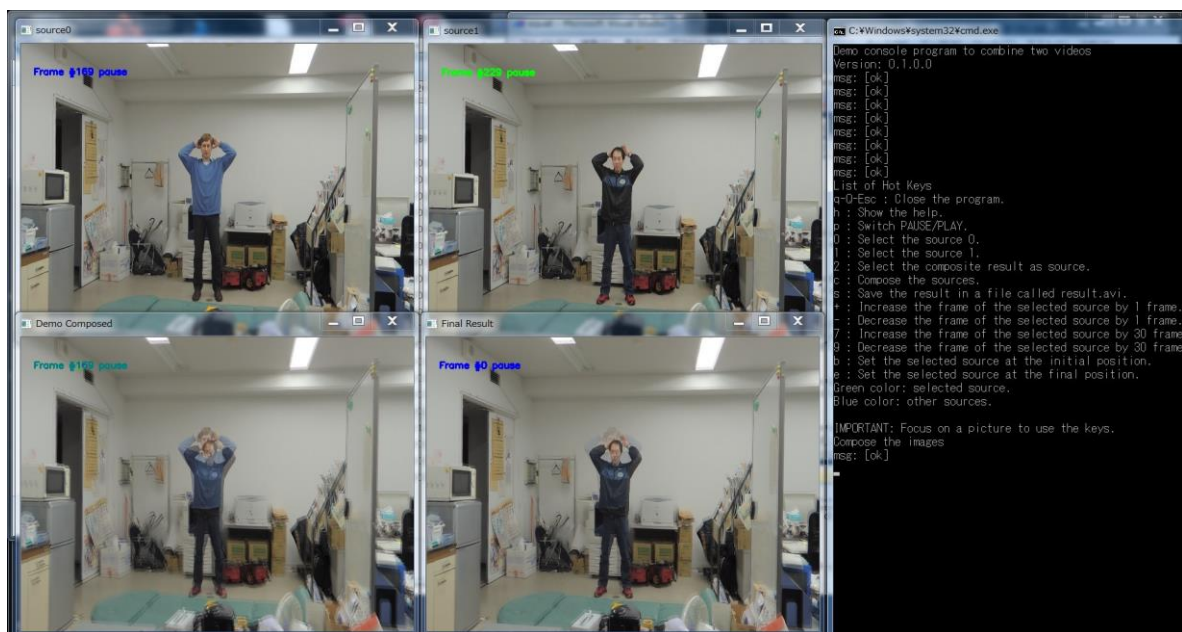


図 1 1 0．比較映像の例

B. 計測データ合成表示

比較映像表示は，サービス提供者（教育者）とサービス受容者（学習者）の動作比較を表示するためサービス受容者（学習者）に合わせた動作を表示できない問題がある．しかし，RGB-D センサを常時使用できるとは限らないので，スマートフォンやパッドなどのデバイスについているカメラ映像から画像処理（事前に数点のランドマークを設定）を行い取得した計測データと骨格モデルを用いて各関節等を合成して表示する手法の開発を行った．図 1 1 1 は，スクワット動作に適応した例である．

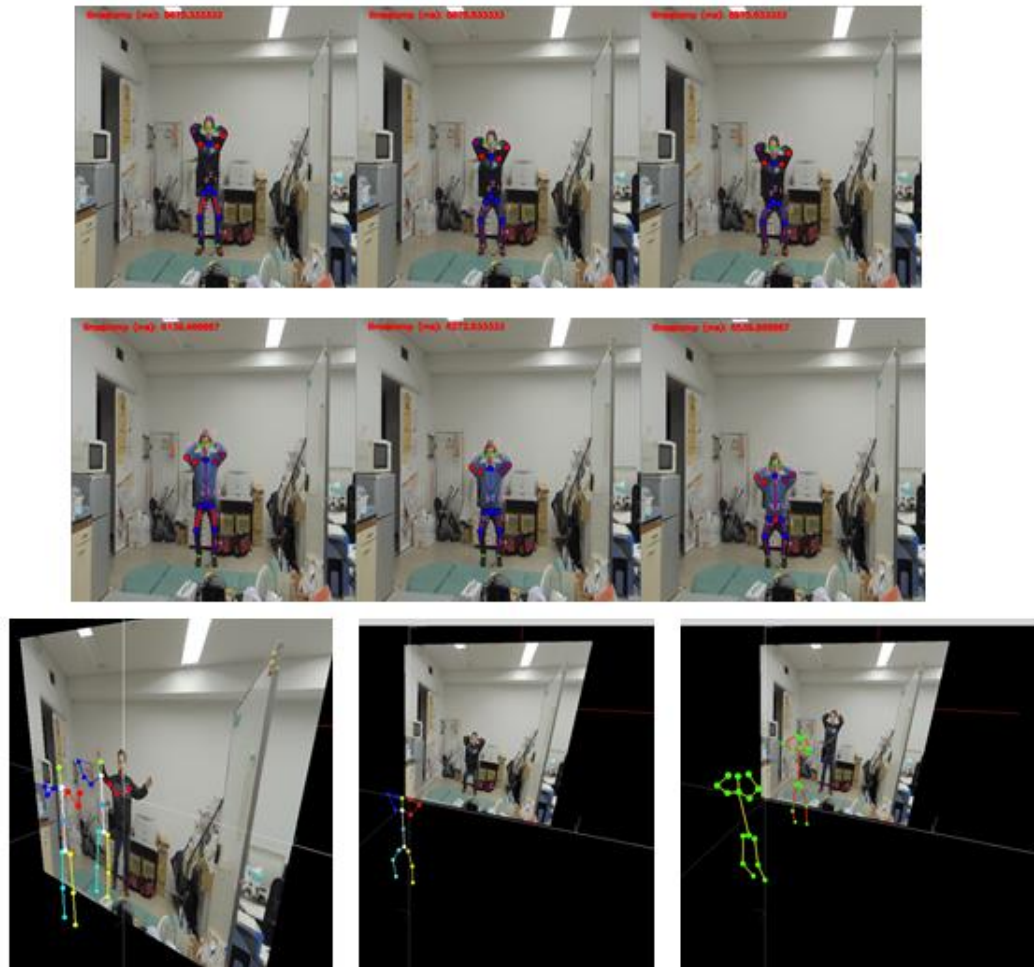


図 1 1 1．骨格モデル表示例

3-3-5. 技能教育サービスの特性とサービス科学研究としての体系化

I. 技能教育サービスの特性

これまでのサービス科学では，サービスの一般的特徴として

- ① 無形性 (Intangibility)
- ② 同時性 (Simultaneity)
- ③ 異質性 (Heterogeneity)，変動性 (Variability)
- ④ 消滅性 (Perishability)

などが挙げられていた。

しかし，前述のように，技能教育サービスは他のサービスと異なり，サービス提供者と受容者という 2 者関係だけではなく，技能を適用する対象が存在し，技能適用によって満足する者（最終顧客，もしくはステークホルダーと呼ぶ）が外部にいるという 3 者（以上）の関係，すなわち図 1 1 2 のような技能教育と技能適用というサービスの多重構造が存在するということが，本研究の結果明らかになった。また，図 1 1 3 のように，技能サービスの受容者である技能学習者が，その学習した技能を適用することによって，サービスの提供者となるという点で，サービスは伝播するし，技能学習者が技能教育者となれば，技能教育と学習を繰り返すことにより，技能も伝搬（いわゆる技能伝承）し，満足する人も拡大することが可能になる。ここでは，これを

- ⑤ 多重性 (Multiplicity)，伝搬性 (Propagatability)
- と呼ぶことにする。

また、上記の④消滅性に関しては、技能教育ではサービスの授受が完了しても消滅しない価値が存在するという点も特徴的である。通常のサービスでは、サービスを消費した瞬間に満足が生じることが多い。技能学習においても、コツを理解した瞬間などには瞬間的な満足感が得られると考えられる。これは短時間での変化という意味で微分的な満足であると言える。その一方で、技能学習では、技能教育は繰り返し行われ、学習者は長い時間をかけて経験を蓄積することで技能を学習し、それによって技能教育サービスの価値が生まれる。すなわち、瞬間的な満足だけではなく、長期にわたる経験と蓄積によって技能が獲得されることが満足につながる。しかもそれは、共創的な価値創出プロセスであり、時間軸を通しての技能教育のプロセスにより、学習者側に技能教育サービスを利用した経験価値が蓄積され、それと同時に教育者にも教育の経験価値が蓄積される。これをここでは、

⑥ 積分性 (Integrability)

と呼ぶことにする。

ここでの重要なポイントは、技能学習者が、習得した技能を適用することによって、最終顧客、あるいはステークホルダーの満足を得るまでに至るには、非常に長い時間が必要になる（遅延報酬）、という点であり、それが、技能学習者のカスタマーロイヤルティが低い一つの要因になっていると考えられる。すなわち、技能学習者のモチベーションを維持し、長期間にわたり徐々に技能を学習させ、向上させるには、図114のように一人前に育つ学習完了時（ $t = T$ ）までの途中の段階（ $t = s_1, s_2, \dots$ ）でも、随時獲得した技能を評価し、満足を与えることが重要となる。まさにそれこそが「経験価値共創」であり、そのための方法論が、本研究で実施している技能や満足の評価方法の構築、技能の見える化、経験価値共創プラットフォームの構築である。

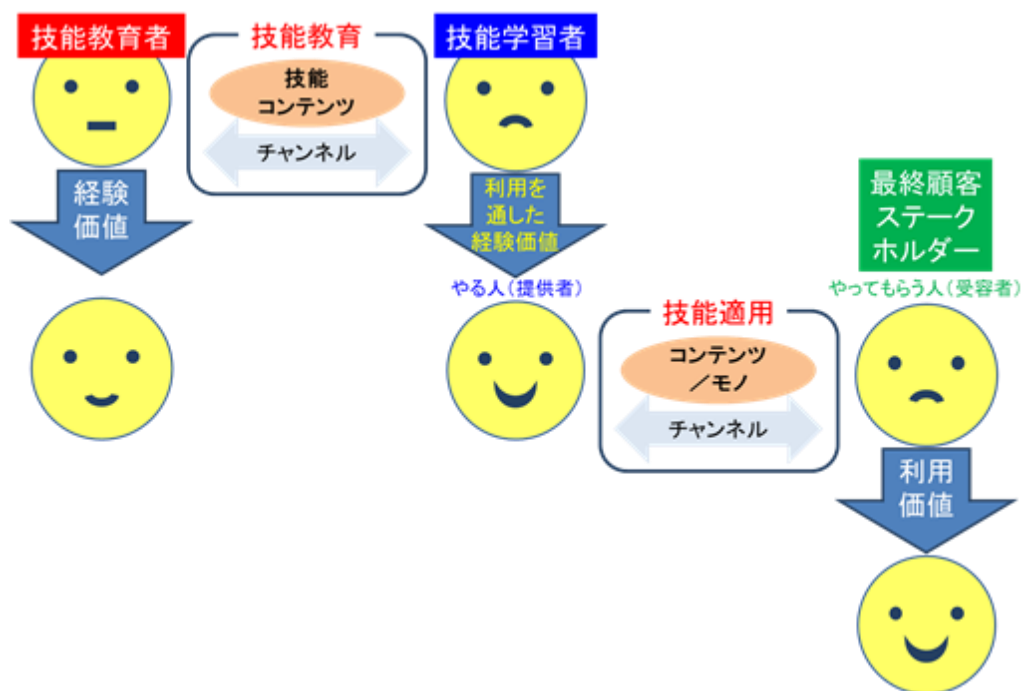


図112. 技能教育サービスの多重性 (Multiplicity)

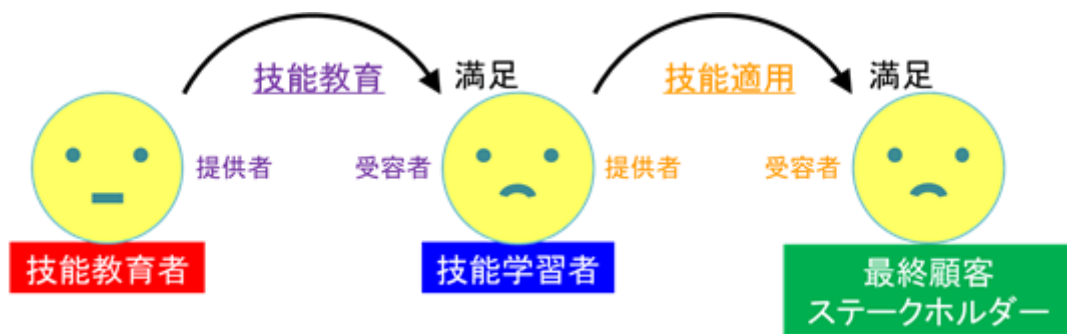


図 1 1 3. 技能教育サービスの伝搬性 (Propagatability)

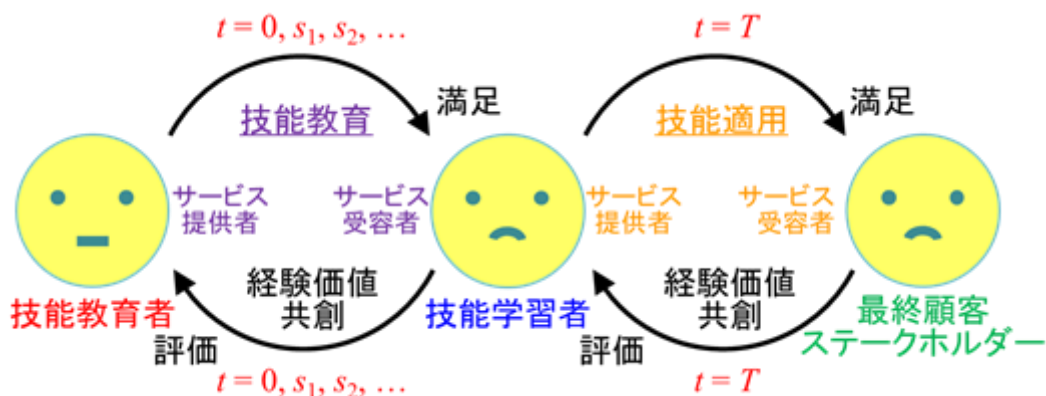


図 1 1 4. 技能教育サービスのタイミングと時間積分性 (Integrability)

また、本研究を開始した際には、技能教育のeラーニング化を目標としていたが、研究を進めるにつれ、技能教育・技能学習の現場で行われている、サービス提供者である技能教育者とサービス受容者であるサービス受容者の対面教育を、3年間の研究期間内に完全にeラーニングで置き換えることは、現状の技術レベルでは困難であることが明らかになった。その一方で、対面教育は、週に一度など、間欠的にしか実施することができず、その間の間隔が開けば、学習した技能を忘れたり、間違った自習により技能が後退したりするという問題があることも明らかになった。すなわち、eラーニングシステムに要求されるのは、図 1 1 5 のように、対面教育と対面教育との間隙において、対面でなくても遠隔（オンライン）やオフラインで正しい技能教育の指導が受けられ、自習が行えるような機能であり、本研究で開発する経験価値共創プラットフォームも、学習者に対して技能のオンライン教育・学習だけでなく、技能のオフライン学習や自習できるサービスを提供できるようにする必要があることが明らかになった。すなわち、前記の②同時性に関しても、対面教育やオンラインでの技能教育では同時性が成り立つものの、オフラインでの技能教育や技能の自習においては必ずしも同時性が成り立たないことが明らかになった。

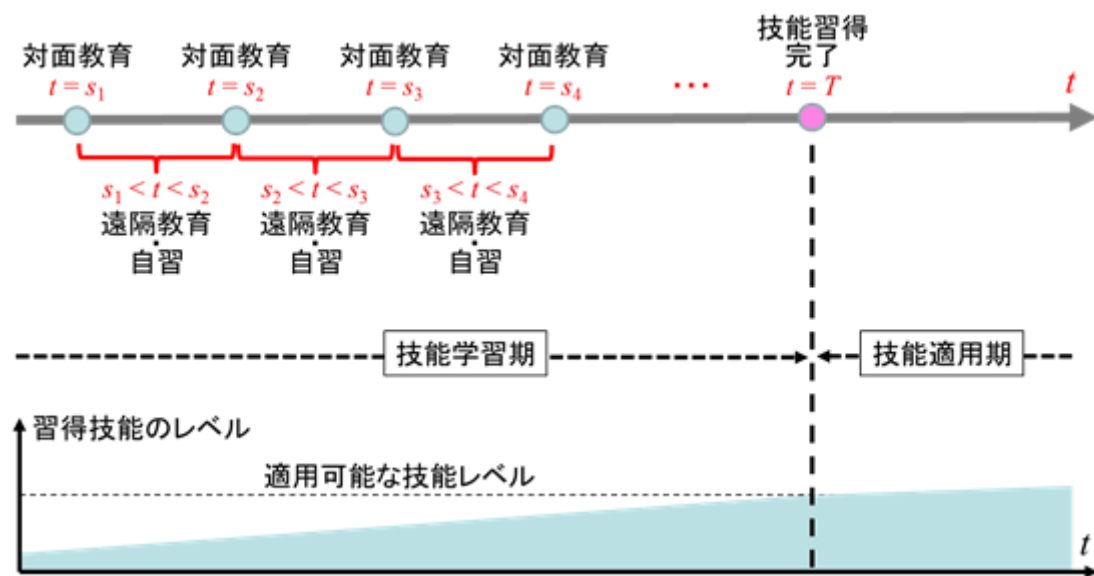


図 1 1 5. 対面教育の間欠性とそれを補う遠隔教育・自習の考え方

我々は以上の検討に基づき、図 1 1 6 のような、データベースや教科書を活用することで、対面教育と対面教育の間で自習をできるような e ラーニングの枠組み、遠隔（オンライン＋オフライン）教育の枠組みを作り、学習者が継続的、連続的に満足感や達成感を獲得できるようにするとともに、教育者がデータベースを参照することによって学習者の学習プロセスや満足感が教育者にもフィードバックされ、教育者もそれを把握することで技能をより深く理解し（理屈の抽出）、学習者の多様性への対応方法などを学習できるようにする共創的な仕組みを構築した。

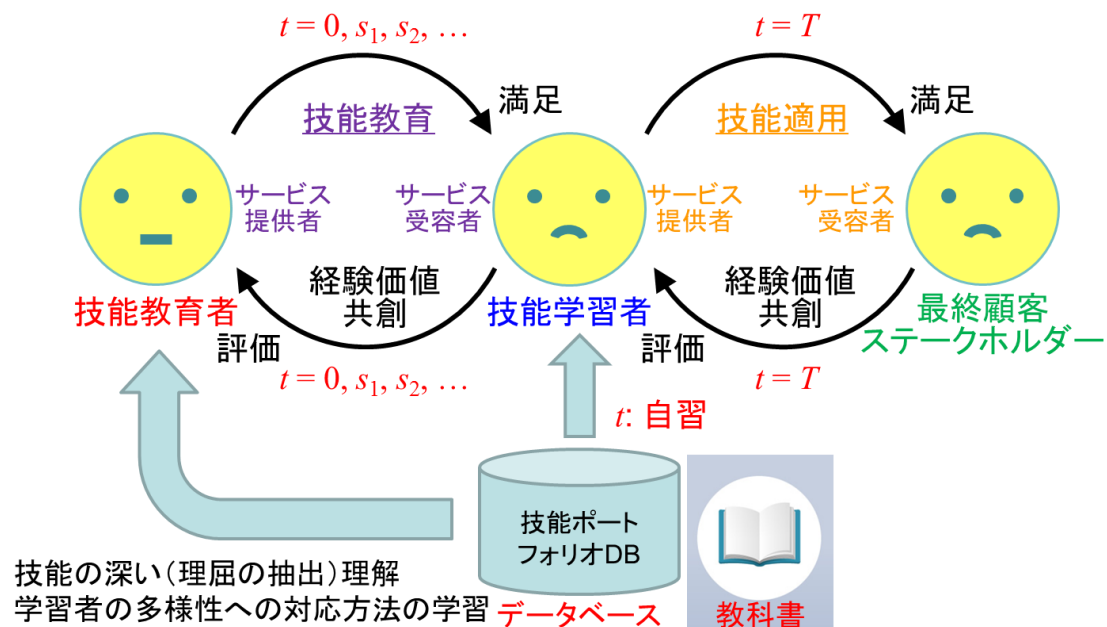


図 1 1 6. データベースや教科書による自習が可能なシステム構成

3-4. 今後の成果の活用・展開に向けた状況

教示法開発・実証グループでは、以上のプロジェクト成果を活用し現場の課題の解決をはかっ

たサービスシステム／プロセスは、介護領域では一般社団法人・日本ノーリフト協会と、スポーツ領域ではミズノスポーツサービス(株)の主に子供向けのスポーツ教室、特にサッカー教室と連携し、課題の確認、プロジェクト成果として開発されたプロトタイプシステムの実証、実証に対するインタビュー調査や参与観察調査のサイクルを繰り返し行うことに協力してもらった。両組織共にプロジェクトから生み出された成果を適用したサービスシステムを実際の事業に取り入れることを考えており、プロジェクト終了後も検討を継続していくことになっている。

技能抽出・DB化グループにおいては、開発したDBシステムを用いたコンテンツは、指導者と学習者両方にとっての経験価値の見える化を図るものであり、これを用いることで、両者がこれまでに無いコミュニケーションが生み出されるようになった。すなわち、DBシステム無しでは見ることはできない、体の動きの3次元可視化コンテンツ、指導記録、指導ノウハウ、学習者の学習時系列上のコメント、これらが全て可視化され、かつ、スムーズかつ効率的に見ることができると、これらを媒体として、指導の仕方、指摘、工夫などに両者のコミュニケーションが生じるようになり、この結果、学習者の指導の工夫に関する効率化、学習者の満足度や学習意欲の維持につながり、価値共創が生じることがわかった。このDB上の貴重なデータは、技能教育一般に展開すれば、一般の技能教育のみならず、中小企業や伝統工芸の継承問題の解決につながるものと考えられるので、今後も継続して、DBシステムの改善と応用を図ってゆく計画である。

従来の指導者は初心者の理解度を言動及び顔色で確認しており、e-ラーニングシステムで人の顔色を詳細に把握することが難しい。そこで本研究の結果より、焦りや不安を言動と併せて客観的指標から把握できることが確認できれば、対面の学習でなくても理解度が把握でき、満足感を提供できる指導を行えることが考えられる。これは技能伝承の効率化や継続の有効性に関する波及効果が期待できると言える。

満足感を得る事は、大変難しく、その多くの方法はアンケートベースであった。しかしながら、アンケートは事象の終了後にまとめて行うものがほとんどであるため、満足感のオンライン評価は極めて難しいとされていた。本プロジェクトにおいて満足感をオンラインで評価できることはサービス業界、経験価値の見える化に少し近づいたと言えると考えている。満足を感じた瞬間を取得することができれば、その応用範囲は大きいと考えている。

また感性アナライザの応用として、認知症レベルⅣの患者の心理状態をリアルタイムで表示させる介護現場介入を宮崎県都城市特別養護老人ホーム「ほほえみの園」の協力を得て行った。その際に、患者の知人の名前や言葉に大きく反応する事が分かり、要介護者と介護者とのコミュニケーションをサポートできる一面を見た。本グループで構築してきた心理計測技術は、技能教育サービス関連のみならず、介護サービスに直接関わる人々の心の支援も行えると捉え、今後その方面への展開も視野に入りたいと考えている。

動作分析・表示グループでは、従来のような単一視点の映像では表現・再生しきれない動作やコツなどについて、学習者が体得しやすくなるような映像化技法を構築した。計測装置としては、KinectやWebカメラなど家庭で用いられている市販の簡易な機器を用いている。構築した手法・システムを介護現場やスポーツ教育現場などに導入することにより、動作の技能教育の効率化が図られると期待され、今後も継続的に動作の記録・再生手法の改善と応用を図っていく計画である。

3-5. プロジェクトを終了して

プロジェクトは、概ね計画通り、技能や満足の見える化、経験価値共創プラットフォームの構築などを達成すると同時に、技能教育サービスの現場におけるそれらの有用性を検証することができた。一方、研究をより深く掘り下げて進めるにつれ、技能教育サービスの特性など新たな発見も多く得られ、技能教育サービスの現場での問題解決だけでなく、サービス科学研究としての基盤構築にも多大な貢献を果たすことができた。当初の計画以上に得られた具体的な成果として

は、プラットフォームの位置づけが、オンライン遠隔教育のみならず、オフライン学習、自習などにも活用できるような位置づけに変化したこと、暗黙知としての応用技能の教科書化を含む基本技能の形式知化への展開、技能教育サービスの類型化、サービスの新たな特性の発見などが挙げられる。特に、技能教育という大くくりの共通性を中心とした研究計画から、分野による差異の認識と分類、それに基づく個々の技能教育のためのプラットフォーム構築へと徐々に展開した点、従来のサービスの特性とは異なる特徴があることに留意して、プラットフォームの位置づけ、要求機能の構築を進めることとした点などがポイントであった。

技能教育サービスの現場の人と連携し、そのニーズを正確に把握しながら技術開発や先端技術の適用を適切に行うことができ、また、グループ内のみならず、グループ間においても研究者間で密な連携を取りつつ研究を実施することができた。アウトリーチ活動も活発に行い、多大な社会貢献を果たすこともできた。多くの若手研究者も参画し、サービス科学分野の人材育成にも貢献することができた。これらに関して、実際に行ったミーティング、ワークショップ、報告会、サイトビジットの様子を以下に掲載する。

2016年9月26日には、公開シンポジウム「問題解決型サービス科学研究：技能の見える化と経験価値共創による技能eラーニングサービスの研究と実証」を東京大学において開催した。本プロジェクトの成果の最終報告を行うと同時に、技能教育サービスの今後の方向性について討論を行った。一般参加者を含めて合計52名の参加者があり、本プロジェクトの成果を社会に対して広く周知することができた。



図1 1 7. 2013年10月7日 キックオフミーティング（東京大学）



図 1 1 8. 2013 年 12 月 15 日 ワークショップ (湯河原)



図 1 1 9. 2014 年 2 月 14 日 サイトビジット (神戸)



図120. 2014年7月23日 全体報告会（東京大学）



図121. 2014年10月25日 ワークショップ（静岡大学浜松キャンパス）



図 1 2 2. 2015 年 3 月 13 日 サイトビジット（東京電機大学）



図 1 2 3. 2015 年 10 月 30 日 全体会議（東京大学）



図124. 2016年5月30日 サイトビジット（東京大学）



図125. 2016年9月26日 公開ワークショップのパネルディスカッション（東京大学）



図 1 2 6 . 2016 年 9 月 26 日 公開ワークショップの集合写真（東京大学）

研究プログラム実施期間において、本研究の遂行に影響を与えるような特に大きな社会情勢の変化はなかった。ただし、少子高齢化に伴い、安倍晋三首相が推進するアベノミクスの中核的政策の一つである「一億総活躍社会の実現」のテーマの一つに働き方の改革が唱えられ、今後大きく不足していくことが明確になっている介護士が働き続けられ、質の高い介護が提供し続けられるような施策の検討の中でノーリフトケアの活動が取り上げられ、加藤勝信一億総活躍担当大臣がノーリフトケアとノーリフトケア研修の現場の見学に訪れ意見交換が行われた。その中で、本プロジェクトで進めているノーリフトケア技能の e-ラーニング化についても紹介したが、その際に大きな期待が寄せられたのみならず、その後も進捗について問い合わせを受けている。この動きはメディアでも発表された。

プログラムのマネジメントに関しては、成果報告会、意見交換会、サイトビジットなどで、プログラム総括やアドバイザーから多くの支援や助言をいただき、また、フォーラムやプログラム合宿などで本プログラムの他のプロジェクトとの情報交換を行うことができた。これらは、本プロジェクトを進める上で非常に有用であった。

本プロジェクトを実施することで、介護、スポーツ、製造業のみならず、多くの分野において、技能教育・技能学習という課題を共有し、技能の見える化、経験価値共創など、本研究のアプローチの重要性を認識していただけた。ただし、経験価値共創プラットフォームの現場実装をさらに進めたり、技能教育の自動化・無人化を行うには、まだいくつもの技術的な課題が残されている。今後、これらの課題解決に向けこの研究をさらに推進し、発展させることで、より大きな社会貢献ができる可能性があると考えている。

4. 研究開発実施体制

4-1. 体制

図126に示す体制で、研究開発を行った。

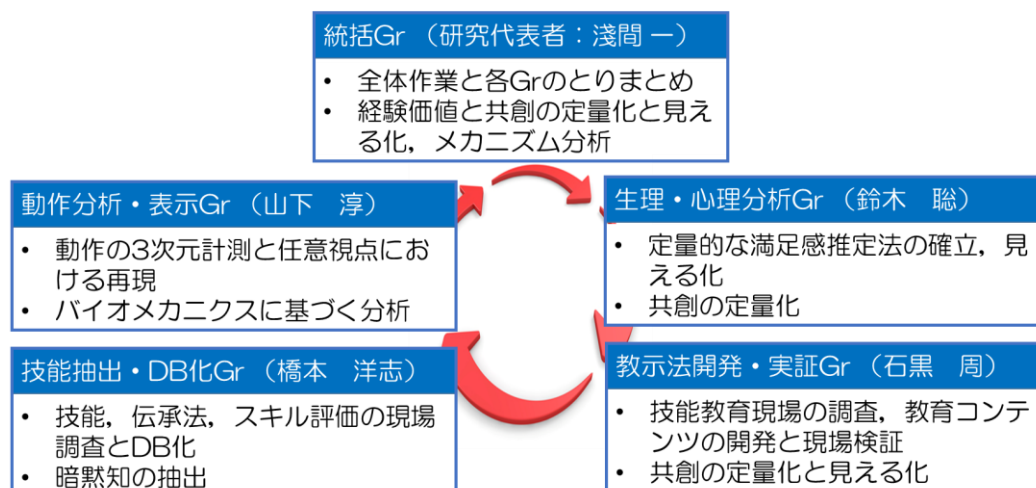


図127. 本プロジェクトの体制図

4-2. 研究開発実施者

研究グループ名：総括グループ

	氏名	フリガナ	所属	役職 (身分)	担当する 研究開発実施項目	研究参加期間			
						開始		終了	
						年	月	年	月
○	浅間 一	アサマ ハジメ	東京大学大学院工学系研究科	教授	統括／各グループ成果と全体の評価	25	10	28	9
○	橋本 洋志	ハシモ ト ヒロシ	産業技術大学院大学創造技術専攻	教授	各グループの進捗管理と成果マネジメント	25	10	28	9
○	鈴木 聡	スズキ サトシ	東京電機大学未来科学部	准教授	各グループの進捗管理と成果マネジメント進捗管理	25	10	28	9
○	山下 淳	ヤマシ タ アツシ	東京大学大学院工学系研究科	准教授	サービス科学としての本成果融合	25	10	28	9
○	石黒 周	イシグ ロ シュウ	株式会社グラウンドデザインワークス(旧株式会社MOTソリューション)	代表取締役会長	協力企業との情報交換／成果の評価	25	10	28	9

	為末 大	タメス エ ダイ	株式会社 R.Project	取締役 ／オリ ンピッ クアス リート	現場情報・デー タの提供／成果 の評価	25	10	28	9
	吉田 育子	ヨシダ イクコ	東京大学大学院 工学系研究科	技術補 佐員	データ整理等補 助	25	11	26	4
	江 えいぎ	コウエ イギ	東京大学大学院 工学系研究科	技術補 佐員	データ整理等補 助	26	3	28	9
	小島 里佳	コジマ リカ	東京大学大学院 工学系研究科	技術補 佐員	データ整理等補 助	27	4	28	9

研究グループ名：技能抽出・DB化グループ

	氏名	フリガナ	所属	役職 (身 分)	担当する 研究開発 実施項目	研究参加期間			
						開始		終了	
						年	月	年	月
○	橋本 洋志	ハシモト ヒロシ	産業技術大学 院大学創造技 術専攻	教授	技能の抽出・デ ータベース化	25	10	28	9
	為末 大	タメスエ ダイ	株式会社 R.Project	取締役 ／オリ ンピッ クアス リート	技能の実演	25	10	28	9
	持丸 正明	モチマル マサアキ	産業技術総合 研究所デジタ ルヒューマン 工学研究セン ター	研究セ ンター 長	暗黙知の解析、 技能のデータ ベース化	25	10	28	9
	西田 佳史	ニシダ ヨシフミ	産業技術総合 研究所デジタ ルヒューマン 工学研究セン ター	上席研 究員	データベース の構築	25	10	28	9
	川田 誠一	カワタ セイイチ	産業技術大学 院大学創造技 術専攻	教授	技能の抽出・デ ータベース化	25	10	28	9
	工藤 菜実	クドウ ナミ	産業技術大学 院大学創造技 術専攻	修士2 年	データ整理等 補助	27	4	28	3
	陳 俊甫	Chen Junfu チェン ジュンフ	産業技術大学 院大学創造技 術専攻	助教	ものづくり技 能データ収集 と解析	25	10	28	9

	奥山 雅之	オクヤマ マサユキ	多摩大学経営 情報学部	准教授	中小企業のデ ータ収集およ びデータベース 構築	25	10	28	9
	慎 祥揆	Shin Sanggyu シン サ ンギュウ	産業技術大学 院大学情報ア ーキテクチャ 専攻	助教	データベース の構築	26	1	28	9
	三橋 郁	ミツハシ カオル	東京工科大学 コンピュータ サイエンス学 部	助教	暗黙知の解析, 技能のデータ ベース化	26	1	28	9
	徳留 里美	トクドメ サトミ	デル株式会社 グローバルサ ービスエンジ ニアリング	プログ ラムマ ネーじ ャー	サービス企業 の顧客対応の 調査	26	4	28	9
	田中 多恵 子	タナカ タエコ	産業技術大学 院大学	修士 2 年	満足度調査の 実験・分析	26	9	27	3
	金木 智	カネキ サトシ	東洋大学理工 学部機械工学 科	学部 4 年	人間動作計測 システムの設 計構築と計測 データ整理の 補助	27	9	28	9
	林 大輔	ハヤシ ダイスケ	東洋大学理工 学部機械工学 科	学部 4 年	人間動作計測 システムの設 計構築と計測 データ整理の 補助	27	9	28	9
	石橋 茜	イシバシ アカネ	東洋大学理工 学部機械工学 科	学部 4 年	パワーリフテ ィングの e-learning シス テム試作にお ける教師とし ての助言と評 価	27	9	28	9
	大岡 明	オオオカ アキラ	産業技術大学 院大学	修士 2 年	技能教育サー ビス実験の補 助	26	8	29	3
	郭 子川	カク シ セン	産業技術大学 院大学	修士 2 年	技能教育サー ビス実験の補 助	26	8	29	3
	濃野 承次	コイノ ショウジ	産業技術大学 院大学	修士 2 年	技能教育サー ビス実験の補 助	26	8	29	3

	平社 和也	ヒラコソ カズヤ	産業技術大学 院大学	修士 2 年	技能教育サー ビス実験の補 助	26	8	29	3
	松浦 靖	マツウラ ヤスシ	産業技術大学 院大学	修士 2 年	技能教育サー ビス実験の補 助	26	8	29	3
	伊藤 由起 子	イトウ ユキコ	産業技術大学 院大学	修士 2 年	技能教育サー ビス実験の補 助	26	8	29	3

研究グループ名：生理・心理分析グループ

	氏名	フリガ ナ	所属	役職 (身分)	担当する 研究開発 実施項目	研究参加期間			
						開始		終了	
						年	月	年	月
○	鈴木 聡	スズキ サトシ	東京電機大学 未来科学部	准教授	満足感計測法の 確立と評価	25	10	28	9
	安藤 昌也	アンド ウ マ サヤ	千葉工業大学 工学部デザイ ン科学科	准教授	M-GTA による 心理構造解析	25	10	28	9
	浅間 一	アサマ ハジメ	東京大学大学 院工学系研究 科	教授	統括／各グルー プ成果と全体の 評価	25	10	28	9
	高草木 薫	タカク サキ カオル	旭川医科大学 医学部	教授	脳神経学的見地 のシステム評価	25	10	28	9
	中島 瑞季	ナカジ マ ミ ズキ	産業技術大学 院大学創造技 術専攻	助教	動的な感性評価 法の確立	25	10	28	9
	満倉 靖恵	ミツク ラ ヤ スエ	慶應義塾大学 理工学部	准教授	脳波による感 情・心理状態計 測の確立	25	10	28	9
	青木 祐介	アオキ ユウス ケ	東京電機大学 未来科学研究 科	修士 1 年	満足感計測法に 関する実験・解 析	25	10	27	3
	清水 大雅	シミズ タイガ	東京電機大学 未来科学研究 科	修士 2 年	満足感計測法に 関する実験・解 析	26	1	26	3
	村田 祐輔	ムラタ ユウス ケ	東京電機大学 未来科学部	学部 4 年	満足感計測法に 関する実験・解 析	26	4	28	9
	吉尾 康平	ヨシオ コウヘ イ	東京電機大学 未来科学部	学部 4 年	満足感計測法に 関する実験・解 析	26	4	28	9
	酒井 大樹	サカイ	東京電機大学	学部 4	満足感計測法に	26	4	27	3

		タイキ	未来科学部	年	関する実験・解析				
	中村 令奈	ナカム ラ レ ナ	慶應義塾大学	学部 4 年	脳波を用いた快 適度の妥当性検 証	26	9	27	3
	叶賀 卓	カノウ ガ ス グル	慶應義塾大学	博士課 程 1 年	脳波を用いた快 適度の妥当性検 証	26	9	28	3
	野村 知美	ノムラ トモミ	慶應義塾大学	博士課 程 1 年	脳波を用いた快 適度の妥当性検 証	26	9	28	3
	穴久保蔵人	アナク ボ マ サト	東京電機大学	学部 4 年	満足感計測法に 関する実験・解 析	27	4	28	9
	天城 星奈	アマギ セイナ	東京電機大学	学部 4 年	満足感計測法に 関する実験・解 析	27	4	28	9

研究グループ名：動作分析・表示グループ

	氏名	フリガ ナ	所属	役職 (身分)	担当する 研究開発 実施項目	研究参加期間			
						開始		終了	
						年	月	年	月
○	山下 淳	ヤマシ タ ア ツシ	東京大学大学 院工学系研究 科	准教授	3次元計測, 任 意視点映像表 示	25	10	28	9
	小林 吉之	コバヤ シ ヨ シユキ	産業技術総合 研究所デジタ ルヒューマン 工学研究セン ター	研究員	運動時の生体 の計測, バイオ メカニクス	25	10	28	9
	横田 祥	ヨコタ ショウ	東洋大学理工 学部	准教授	3次元モーショ ンキャプチャ とバイオメカ ニクス解析	25	10	28	9
	浅間 一	アサマ ハジメ	東京大学大学 院工学系研究 科	教授	統括／各グル ープ成果と全 体の評価	25	10	28	9
	三浦 憲二 郎	ミウラ ケンジ ロウ	静岡大学大学 院工学研究科	教授	3次元モデリン グと 3次元 CG 再現, Web 表示 法	25	10	28	9
	中村 明生	ナカム ラ ア キオ	東京電機大学 未来科学部	准教授	身体の 3次元計 測, 動きの差の 検出・表示, 踊	25	10	28	9

					りの計測と3次元CG生成				
	小林 祐一	コバヤシ ユウイチ	静岡大学大学院工学研究科	准教授	3次元計測，任意視点映像生成	25	10	28	9
	金子 祐紀	カネコ ユウキ	東京大学大学院工学系研究科	協力研究員	3次元計測，任意視点映像表示，共創プラットフォームへの実装	25	10	28	9
	安 琪	アンチ	東京大学大学院工学系研究科	博士課程3年	3次元計測，任意視点映像表示，共創プラットフォームへの実装	25	11	28	9
	濱崎 峻資	ハマサキ シュンスケ	東京大学大学院工学系研究科	博士課程1年	3次元計測，任意視点映像表示，共創プラットフォームへの実装	25	11	28	9
	石川 雄己	イシカワ ユウキ	東京大学大学院工学系研究科	博士課程1年	3次元計測，任意視点映像表示，共創プラットフォームへの実装	25	11	28	9
	池 勇勲	チ ヨンフン	東京大学大学院工学系研究科	博士課程1年	3次元計測，任意視点映像表示，共創プラットフォームへの実装	25	11	28	9
	Qiao Xiaorui	キョウウギ ヨウスイ	東京大学大学院工学系研究科	博士課程1年	3次元計測，任意視点映像表示，共創プラットフォームへの実装	25	11	28	9
	藤井 浩光	フジイ ヒロミツ	東京大学大学院工学系研究科	博士課程1年	3次元計測，任意視点映像表示，共創プラットフォームへの実装	25	11	28	9
	佐藤 貴亮	サトウ タカアキ	東京大学大学院工学系研究科	修士2年	3次元計測，任意視点映像表示，共創プラットフォームへの実装	25	11	26	3

					の実装				
	辻 琢真	ツジ タクマ	東京大学大学院工学系研究科	修士 2 年	3次元計測，任意視点映像表示，共創プラットフォームへの実装	25	11	26	3
	Le Quoc Dung	レ ク オ ズ ン	東京大学大学院工学系研究科	修士 2 年	3次元計測，任意視点映像表示，共創プラットフォームへの実装	25	11	26	3
	伊部 直樹	イベ ナオキ	東京大学大学院工学系研究科	修士 1 年	3次元計測，任意視点映像表示，共創プラットフォームへの実装	25	11	27	3
	坂本 一樹	サカモ ト カ ズキ	東京大学大学院工学系研究科	修士 1 年	3次元計測，任意視点映像表示，共創プラットフォームへの実装	25	11	27	3
	中川 純希	ナカガ ワ ジ ュンキ	東京大学大学院工学系研究科	修士 1 年	3次元計測，任意視点映像表示，共創プラットフォームへの実装	25	11	27	3
	林 鍾勲	イム ジ ヨンフ ン	東京大学大学院工学系研究科	修士 1 年	3次元計測，任意視点映像表示，共創プラットフォームへの実装	25	11	27	3
	Miyagusuku Renato	ミヤグ スク レナート	東京大学大学院工学系研究科	修士 1 年	3次元計測，任意視点映像表示，共創プラットフォームへの実装	25	11	27	3
	杉本 和也	スギモ ト カ ズヤ	東京大学大学院工学系研究科	修士 1 年	3次元計測，任意視点映像表示，共創プラットフォームへの実装	25	11	27	3
	柳井 香史 朗	ヤナイ コウシ ロウ	東京大学大学院工学系研究科	修士 1 年	3次元計測，任意視点映像表示，共創プラッ	25	11	27	3

					トフォームへ の実装				
	岡本 浩幸	オカモ ト ヒ ロユキ	東京大学大学 院工学系研究 科	協力研 究員	3次元計測, 任 意視点映像表 示, 共創プラッ トフォームへ の実装	25	12	28	9
	温 文	オンブ ン	東京大学大学 院工学系研究 科	特任研 究員	3次元計測, 任 意視点映像表 示	26	2	28	9
	中村 祐基	ナカム ラ ユ ウキ	東京大学大学 院工学系研究 科	修士 1 年	3次元計測, 任 意視点映像表 示, 共創プラッ トフォームへ の実装	26	4	28	3
	Alessandro Moro	アレッ サンド ロ モロ	東京大学大学 院工学系研究 科	客員研 究員	3次元計測, 任 意視点映像表 示, 共創プラッ トフォームへ の実装	26	4	28	9
	荒浪 太一	アラナ ミ タイ チ	静岡大学工学 部	学部 4 年	3次元モデリン グと 3次元 CG 再現, Web 表示 法	26	4	28	9
	鈴木 晶	スズキ ショウ	静岡大学工学 部	修士 1 年	3次元モデリン グと 3次元 CG 再現, Web 表示 法	26	12	28	9
	鈴木 理仁	スズキ マサヒ ト	静岡大学工学 部	学部 4 年	3次元モデリン グと 3次元 CG 再現, Web 表示 法	27	4	28	9
	山辺 智晃	ヤマベ トモア キ	東京電機大学 大学院未来科 学研究科	修士 1 年	身体の 3次元計 測, 動きの差の 検出・表示, 踊 りの計測と 3次 元 CG 生成	26	4	28	9
	宮下 侑大	ミヤシ タユウ ダイ	東京電機大学 大学院未来科 学研究科	修士 1 年	身体の 3次元計 測, 動きの差の 検出・表示, 踊 りの計測と 3次 元 CG 生成	26	4	28	9
	佐藤 晋一	サトウ シンイ	東京電機大学 大学院未来科	学部 4 年	身体の 3次元計 測, 動きの差の	26	4	28	9

		チ	学研究科		検出・表示，踊りの計測と3次元CG生成				
	Sarthak Pathak	サーサク パサーク	東京大学大学院工学系研究科	博士1年	3次元計測，任意視点映像表示，共創プラットフォームへの実装	27	4	28	9
	禹 ハンウル	ウ ハンウル	東京大学大学院工学系研究科	博士1年	3次元計測，任意視点映像表示，共創プラットフォームへの実装	27	4	28	9
	小松 廉	コマツ レン	東京大学大学院工学系研究科	修士2年	3次元計測，任意視点映像表示，共創プラットフォームへの実装	27	4	28	9
	中村 祐基	ナカム ラ ユウキ	東京大学大学院工学系研究科	修士2年	3次元計測，任意視点映像表示，共創プラットフォームへの実装	27	4	28	9
	郭 承澈	カク スンチヨル	東京大学大学院工学系研究科	修士2年	3次元計測，任意視点映像表示，共創プラットフォームへの実装	27	4	28	9
	岩滝 宗一郎	イワタ キ ソウイチロウ	東京大学大学院工学系研究科	修士2年	3次元計測，任意視点映像表示，共創プラットフォームへの実装	27	4	28	9
	柴田 彬	シバタ アキラ	東京大学大学院工学系研究科	修士2年	3次元計測，任意視点映像表示，共創プラットフォームへの実装	27	4	28	9
	友井 大将	トモイ ダイスケ	東京大学大学院工学系研究科	修士2年	3次元計測，任意視点映像表示，共創プラットフォームへの実装	27	4	28	9
	楊 濤嘉	ヤン	東京大学大学	修士1	3次元計測，任	27	4	28	9

		ネイカ	院工学系研究 科	年	意視点映像表 示, 共創プラッ トフォームへ の実装				
	徐 彬斌	シュウ ビン ビン	東京大学大学 院工学系研究 科	修士 1 年	3次元計測, 任 意視点映像表 示, 共創プラッ トフォームへ の実装	27	4	28	9
	田中 佑典	タナカ ユウス ケ	東京大学大学 院工学系研究 科	修士 1 年	3次元計測, 任 意視点映像表 示, 共創プラッ トフォームへ の実装	27	4	28	9
	簗原 凜	ミノハ ラ リ ン	東京大学大学 院工学系研究 科	修士 1 年	3次元計測, 任 意視点映像表 示, 共創プラッ トフォームへ の実装	27	4	28	9
	竹内 彰	タケウ チ ア キラ	東京大学大学 院工学系研究 科	修士 1 年	3次元計測, 任 意視点映像表 示, 共創プラッ トフォームへ の実装	27	4	28	9
	樋口 寛	ヒグチ ヒロシ	東京大学大学 院工学系研究 科	学部 4 年	3次元計測, 任 意視点映像表 示, 共創プラッ トフォームへ の実装	27	4	28	9
	橘高 達也	キッタ カ タ ツヤ	東京大学大学 院工学系研究 科	学部 4 年	3次元計測, 任 意視点映像表 示, 共創プラッ トフォームへ の実装	27	4	28	9
	村松 克俊	ムラマ ツ カ ットシ	東京大学大学 院工学系研究 科	学部 4 年	3次元計測, 任 意視点映像表 示, 共創プラッ トフォームへ の実装	27	4	28	9
	小林 直道	コバヤ シ ナ オミチ	東京電機大学 未来科学部ロ ボット・メカト ロニクス学科	学部 4 年	3次元計測, 任 意視点映像表 示, 共創プラッ トフォームへ の実装	27	4	28	9

研究グループ名：教示法開発・実証グループ

	氏名	フリガナ	所属	役職 (身分)	担当する 研究開発 実施項目	研究参加期間			
						開始		終了	
						年	月	年	月
○	石黒 周	イシグロ シュウ	株式会社グラ ンドデザイン ワークス(旧株 式会社 MOT ソリューション)	代表取 締役会 長	現場実証とビジ ネスモデルの考 案	25	10	28	9
	為末 大	タメス エ ダイ	株式会社 R. Project	取締役 ／オリ ンピック アス リート	技能の実演	25	10	28	9
	上向井 千 佳子	カミム カイ チカコ	ミズノ株式会 社研究開発部	課長	スポーツ技能教 育の見える化、 定量化の効果検 証、製造業にお けるサービス事 業の相乗的事業 マネジメント手 法の開発・検証	25	10	28	9
	田島 智也	タジマ トモヤ	株式会社 manebi (旧 Learning Space)	代表取 締役社 長	遠隔教育サー ビス事業の実際 のプラットフォームへのプロト タイプシステムの 適用と顧客に対 する調査、実証 ならびに共創手 法の検証	25	10	28	9
	櫻本 誠一	サクラ モト セイイチ	フジコピアン 株式会社開発 部・商品企画グ ループ	チー ム リー ダー	モノづくり現場 の技能教育への 見える化手法の 適用と検証なら びにサービス現 場への展開実証	25	10	28	9
	保田 淳子	ヤスダ ジュン コ	日本ノーリフ ト協会	代表	介護士の技能の 見える化手法の 適用と検証	25	10	28	9
	大畑 光司	オオハ タ コ	京都大学大学 院医学研究科	講師	装具を用いた歩 行トレーニング	27	4	28	9

		ウジ			に関する技能の 検証				
	鶴屋 邦江	ツルヤ クニエ	医療法人 川 崎病院在宅医 療支援室	マネー ジャー	介護士の技能の 見える化手法の 適用と検証	27	4	28	9

4-3. 研究開発の協力者・関与者

氏 名・所 属・役 職（または組織名）	協 力 内 容
(株) 京浜工業所	モノづくり技能の解説と技能指導の実演
日本ノーリフト協会主催講習会の参加者の皆様	介護動作学習時の心理・動作計測
社会福祉法人 市原寮 松本哲郎様(理学療法士)	介護技能動作の評価
電通サイエンスジャム	脳波心理推定アプリ開発（委託先）
日本ノーリフト協会所属の看護師，理学療法士， 介護士	介護技能学習の実演

5. 成果の発信やアウトリーチ活動など

5-1. 社会に向けた情報発信状況，アウトリーチ活動など

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2016.3.9	地域介護無料教室	神戸市人材支援 センター	32 名	日本ノーリフト協会 ノー リフトケアコーディネー ター養成講座の修了者
2016.3.1 3	ノーリフトを広げよ う	奄美文化センタ ー	152 名	日本ノーリフト協会 保田 淳子 奄美中央病院 産業 技術総合研究所 西田佳史

(1) 書籍，DVD

- ・ 「ノーリフト 持ち上げない看護 抱き上げない介護：ノーリフトケアプログラムで腰痛
予防対策」，保田淳子著，埴田和史監修，株式会社クリエイツかもがわ，2016年1月31日
発行

(2) ウェブサイト構築

- ・ 技能教育データベース（認証あり）<http://ginoudb.sakura.ne.jp/ginou/>

(3) 学会（7-4.参照）以外のシンポジウム等への招聘講演実施等

- ・ 日本ノーリフト協会セミナー，講演会「ノーリフトを広げよう」（講師：保田淳子（日本ノ
ーリフト協会代表），西田佳史（産業技術総合研究所）他），於・奄美文化センター，2016
年3月13日．

5-2. 論文発表

(国内誌 4 件, 国際誌 6 件)

- ・ 安 琪, 石川 雄己, 船戸 徹郎, 青井 伸也, 岡 敬之, 山川 博司, 山下 淳, 浅間 一, “座面高と速度の異なるヒト起立動作における筋シナジー解析”, 計測自動制御学会論文集, Vol.50, No.8, pp.560-568, August 2014.
- ・ 山辺 智晃, 片岡 裕雄, 中村 明生, “行動認識のための角度変位量子化特徴の検討”, 電気学会論文誌 C, vol.135-C, no.4, pp.372-380(135_372.pdf), April 2015.
- ・ Qi An, 柳井香史朗, 中川純希, 温文, 山川博司, 山下淳, 浅間一, “実映像と筋活動の重畳表示によるローイング動作教育システム”, 日本機械学会論文集, 82:384, p. 15-00424, February 2016.
- ・ 温 文, 山下 淳, 浅間 一, “技能教育における RGB-D カメラの応用”, 設計工学, 2016 年 11 月号, 掲載予定.
- ・ Qi An, Yuki Ishikawa, Junki Nakagawa, Hiroyuki Oka, Hiroshi Yamakawa, Atsushi Yamashita and Hajime Asama, “Measurement of Just Noticeable Difference of Hip Joint for Implementation of Self-efficacy: In Active and Passive Sensation and in Different Speed”, Advanced Robotics, Vol.28, No.7, pp.505-511, January 2014.
- ・ Satoshi Suzuki, Masaya Ando, Hiroshi Hashimoto, and Hajime Asama, “Design procedure and improvement of a mathematical modeling to estimate customer satisfaction,” Serviceology for Services, pp.15-23, 2014. Springer, ISBN: 978-4-431-54815-7.
- ・ S. Suzuki, Y. Fujimoto, and T. Yamaguchi, “Brain monitoring to detect nationality difference induced by robot gesture,” Human-Computer Systems Interaction: Backgrounds and Applications 3, Advances in Intelligent Systems and Computing, Springer, Volume 300, 2014, pp 357-367.
- ・ Junki Nakagawa, Qi An, Yuki Ishikawa, Hiroyuki Oka, Kaoru Takakusaki, Hiroshi Yamakawa, Atsushi Yamashita and Hajime Asama, “Analysis of Human Motor Skill in Dart Throwing Motion at Different Distance”, SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration, Vol.8, No.1, pp.79-85, January 2015.
- ・ Kenjiro T. Miura, R.U. Gobithaasan, Sho Suzuki, Shin Usuki, “Reformulation of Generalized Log-aesthetic Curves with Bernoulli Equations”, Computer-Aided Design and Applications, Volume 13, Issue 2, 2016.
- ・ Taeko Tanaka, Hiroshi Hashimoto, Sho Yokota, "Analysis of Impression in Exercise while Watching Avatar Movement", International Journal on Advanced in Intelligent Systems, vol. 9, no 1&2, pp. 213-222, 2016.

5-3. 口頭発表

①招待講演 (国内会議 1 件, 国際会議 1 件)

- ・ STROKE 2015 脳卒中学会ワークショップ, (II 8 卒中コWS) コメディカルセミナー「移乗技術はどこまで進歩したか」(講師: 保田淳子 日本ノーリフト協会代表) 於: 広島グリーンアリーナ, 参加者約200名, 2015.3.27.
- ・ Satoshi Suzuki, Yasue Mitsukura, Mizuki Nakajima, and Hiroshi Hashimoto, “Experimental study of estimation of a satisfying sense for visualization of experiential

value,” in Proc. of IEEEJ International Workshop on Sensing, Actuation, and Motion Control (SAMCON2015), IS3-2-2 (4 pages), Nagoya, Japan, 3/9-10, 2015, invited session.

②口頭発表 (国内会議 36 件, 国際会議 40 件) ※①以外

- ・ 武藤 保貴, 満倉 靖恵, “筋電と脳波を用いた自転車の乗り心地評価システムの提案”, 平成 26 年電気学会電子・情報・システム部門大会
- ・ 石田 理代, 佐藤 敬子, 満倉 靖恵, “主観評価と物理的特性を用いた音楽と画像の組み合わせによる印象変化の分析”, 平成 26 年電気学会電子・情報・システム部門大会
- ・ 叶賀 卓, 満倉 靖恵, “半正定値テンソル分解による瞬きアーチファクト除去手法の提案”, 平成 26 年電気学会電子・情報・システム部門大会
- ・ 三橋郁, 大井優一, 大山恭弘, 橋本洋志, “ぬいぐるみに接する行動を感情分析する研究 – Microsoft Kinect による挙動計測から自動的感情分析 –, サービス学会, 2014
- ・ 村田祐輔, 鈴木聡, “脳血流量測定を用いた体動変化にロバストな認知負荷計測,” 第 19 回 SICE パターン計測シンポジウム, ホテル伊東パウエル, 静岡, 2014/11/20-21, pp.27-32
- ・ 村田祐輔, 鈴木聡 “脳血流量測定による認知推定に関する学習タスクの実験的考察,” 電気学会知覚情報研究会, 慶應義塾大学, 東京, PI-14-072, 9/1, 2014
- ・ 中川 純希, Qi An, 石川 雄己, 柳井 香史朗, 保田 淳子, 温 文, 山川 博司, 山下 淳, 浅間一, “シートを使ったベッド上介助動作における技能間従属関係の解明”, 第 32 回日本ロボット学会学術講演会予稿集 (RSJ2014), RSJ2014AC1H2-04, pp.1-4, 福岡, September 2014.
- ・ 慎祥揆, 橋本洋志, 吉田育代, 村越 英樹, 川田 誠一, 浅間一; 異文化間の行動の違いが学習者に及ぼす影響に関する実験的研究, サービス学会, 2014
- ・ 強矢光希, 朽名真輝, 三橋郁, 大山恭弘, 橋本洋志, “技術伝承・芸能伝承のための RGBD カメラによる 3 次元挙動軌跡の曲面化” 第 14 回 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会 SI2014 (2014 年)
- ・ 鈴木 聡, 満倉 靖恵, 中島 瑞季, 橋本 洋志, “経験価値見える化のための満足感計測法の実験的検証,” pp.75-76, 函館, サービス学会第 2 回国内大会, 4/28, 2014
- ・ 柳井 香史朗, Qi An, 石川 雄己, 山川 博司, 山下 淳, 浅間一, “スクワット動作におけるコツの可視化 – モーションキャプチャ・床反力・表面筋電図を用いた動作解析 –, 2014 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, pp.891-892, 東京, March 2014.
- ・ 矢崎 拓也, 朱 正道, 張 仕東, 岡野 貴史, 中島 瑞季, 橋本 洋志, 横田 祥; 人工物の共創による運動意欲の継続支援モデル構築, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2014
- ・ 吉尾 康平, 鈴木 聡, “非接触型視線計測を活用した満足感の相関傾向,” 第 15 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI2014), pp.72-73, 2014/12/14-17, 東京ビックサイト
- ・ 吉尾康平, 鈴木聡, “視線計測による知的作業時心理の推定,” 第 19 回 SICE パターン計測シンポジウム, ホテル伊東パウエル, 静岡, 2014/11/20-21, pp.33-38
- ・ 吉尾康平, 鈴木聡, “ポータブル視線計測を活用した満足感の定量化,” 電気学会知覚情報研究会, 慶應義塾大学, 東京, PI-14-069, 9/1, 2014
- ・ 阿部香織, 宮下侑大, 中村明生, “人物再同定のための複数衣服特徴の調査”, 第 33 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, pp.(1-4)/CD-ROM 1H3-03.pdf, 2015 年 9 月 3 日.
- ・ 天城星奈, 吉尾康平, 鈴木聡, “ヒルベルト変換を用いた視線情報からの心理推定”, 平成

- 27 年電気学会電子・情報・システム部門大会, pp.370-373, 長崎, 2015 年 8 月 28 日.
- Qi An, 石川 雄己, 青井 伸也, 船戸 徹郎, 岡 敬之, 山川 博司, 山下 淳, 浅間 一, “筋シナジーの時間パターンがヒト起立動作に与える影響の神経筋骨格モデルを用いた説明”, 第 20 回ロボティクスシンポジウム講演予稿集, pp.127-132, 軽井沢, March 2015.
 - 穴久保蔵人, 鈴木聡, “脳波測定を用いた e-Learning による技術指導における心理状態の評価,” 電気学会知覚情報研究会, 徳島大学, 徳島, PI-15-064, pp.5-9, 2015 年 8 月 10 日.
 - 荒浪太一, 鈴木晶, 臼杵深, 三浦憲二郎, “モーションキャプチャデータに基づく動きの評価”, 2015 年度サービス学会第 3 回国内大会, 金沢, 2015 年 4 月 9 日.
 - 今成隆了, 宮下侑大, 中村明生, “Dense Trajectories を用いた歩行人物再同定に関する検討”, 第 33 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, pp.(1-4)/CD-ROM 1H3-04.pdf, 2015 年 9 月 3 日.
 - 三橋郁, 大山恭弘, 橋本洋志, “RGBD カメラを用いた 3 次元形状物のジェスチャーモデリング手法の提案と評価”, サービス学会, 第 3 回国内大会, 金沢, pp.246-252, 2015 年 4 月 9 日.
 - 村田祐輔, 鈴木聡, “技能教育サービスのための学習者の認知負荷脳血流量計測”, pp.241-245, 金沢, サービス学会第 3 回国内大会, 2015 年 4 月 8 日.
 - 村田祐輔, 鈴木聡, “技能教育における脳血流量からの推定認知負荷と脳波由来の心理状態との相関解析”, 電気学会知覚情報研究会, 徳島大学, 徳島, PI-15-065 pp.11-14, 2015 年 8 月 10 日.
 - 中川純希, An Qi, 石川雄己, 柳井香史朗, 保田淳子, 温文, 山川博司, 山下淳, 浅間一, “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”, サービス学会第 3 回国内大会講演論文集, pp.323-324, 金沢, 2015 年 4 月 9 日.
 - 中村祐基, 柳井香史朗, 中川純希, 温文, 山川博司, 山下淳, 浅間一, “重畳映像を用いた動作学習支援システムにおける映像提示視点の自動決定”, サービス学会第 3 回国内大会講演論文集, pp.236-240, 金沢, 2015 年 4 月 9 日.
 - 大山博嗣, 阿部恭也, 清水航, 三橋郁, 大山恭弘, 橋本洋志, “複数関節挙動曲面を用いた技能伝承評価” 第 15 回 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会 SI2015 (2015 年)
 - 柳井 香史朗, Qi An, 中川 純希, 温 文, 山川 博司, 山下 淳, 浅間 一, “ローイング動作におけるスキルの抽出と教示”, 第 20 回ロボティクスシンポジウム講演予稿集, pp.229-234, 軽井沢, March 2015.
 - 吉尾康平, 鈴木聡, “知的作業時と技能学習時の心理変化と眼球運動の関係調査”, 電気学会知覚情報研究会, 徳島大学, 徳島, PI-15-066, pp.15-18, 2015 年 8 月 10 日.
 - 吉尾康平, 鈴木聡, “遠隔教育サービス時の心理推定法の検証,” pp.226-229, 金沢, 石川, サービス学会第 3 回国内大会, 2015 年 4 月 9 日.
 - 天城星奈, 吉尾康平, 鈴木聡, “電子教材閲覧時の視線計測に基づくユーザ個性の推定”, pp.117-129, 神戸, サービス学会第 4 回国内大会, 2016 年 3 月 28 日.
 - 穴久保蔵人, 鈴木聡, 満倉靖恵, “脳波測定による心理状態を用いた技能 e-Learning 時の指導支援システムの開発”, pp.107-110, 神戸, サービス学会第 4 回国内大会, 2016 年 3 月 28 日.
 - 橋本洋志, 川田誠一, 慎祥揆, 三橋郁, 横田祥, “身体運動教育サービスの品質と価値共同生産性の考察” サービス学会 第 4 回国内大会 神戸, (2016 年), pp.244-251
 - 橋本洋志, 川田誠一, 慎祥揆, 三橋郁, 横田祥, “身体運動教育サービスの品質と価値共同生産性の考察”, サービス学会第 4 回国内大会, 2016 年 3 月
 - 小林 直道, 佐藤 晋一, 松崎 優太, 森田 慎一郎, 中村 明生, “インサイドキックの熟練度

評価における特徴ベクトル化手法の基礎検討”，精密工学会 画像応用技術専門委員会 サマーマーセミナー2016 予稿集, pp.(1-2), August/September 2016.

- 吉尾康平, 鈴木聡, “遠隔教育サービス支援のためのポータブル視線計測による学習タイプ推定”, pp. 228-231, 神戸, サービス学会第4回国内大会, 2016年3月28日.
- Qi An, Yuki Ishikawa, Tetsuro Funato, Shinya Aoi, Hiroyuki Oka, Hiroshi Yamakawa, Atsushi Yamashita and Hajime Asama, “Generation of Human Standing-up Motion with Muscle Synergies Using Forward Dynamic Simulation”, Proceedings of the 2014 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA2014), pp.730-735, Hong Kong (China), June 2014.
- Suguru Kanoga and Yasue Mitsukura, “A Time-Domain Eye Blink Artifacts Rejection Technique for Single-Channel EEG Signals”, NOLTA2014.
- Kaoru Mitsuhashi, Hiroshi Hashimoto, Yasuhiro OHYAMA, “The Curved Surface Visualization of the Expert Behavior for Skill Transfer Using Microsoft Kinect”, 11th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO 2014), September1-3, Wien, Austria, pp.550-555
- Kaoru Mitsuhashi, Hiroshi Hashimoto, Yasuhiro Ohyama, “The Curved Surface Visualization of the Expert Behavior for Skill Transfer Using Microsoft Kinect”, 11th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO 2014), September1-3, Wien, Austria, pp.550-555, 2014
- Junki Nakagawa, Qi An, Yuki Ishikawa, Koshiro Yanai, Wen Wen, Hiroshi Yamakawa, Junko Yasuda, Atsushi Yamashita and Hajime Asama, “Extraction and Evaluation of Proficiency in Bed Care Motion for Education Service of Nursing Skill”, Proceedings of the 2nd International Conference on Serviceology (ICServ2014), pp.91-96, Yokohama (Japan), September 2014.
- Taiga Shimizu, Yusuke Aoki, Masatsune Tanaka, and Satoshi Suzuki, “Estimation of concentration and satisfaction from analyses of eye gaze and brain waves,” in Proc. of 2014 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing, NCSP'14, pp.555-557, Honolulu, Hawaii, USA, February 2014.
- Satomi Tokudome, Shinya Muramatsu, Koji Yoshida, Hiroaki Shirahama, Mizuki Nakajima, Hiroshi Hashimoto, Satoshi Suzuki, “Modelling of Shopper’s Behavior Process in “Planned Buying” or “Impulse Buying”, and Verification of Distinguishing between Them”, The 2nd International Conference on Serviceology, pp.145-148, 2014
- Satomi Tokudome, Shinya Muramatsu, Koji Yoshida, Koichi Kobayashi, Hiroaki Shirahama, Mizuki Nakajima, Hiroshi Hashimoto, Satoshi Suzuki, “A Method for Distinguishing between Shopper’s Intentions: Whether Their Purchase Is “Planned Buying” or “Impulse Buying” Utilizing the Shopper’s Behavior Process Model”, The 2014 International Conference on Information Technology Convergence and Services (ITCS-14), pp.7-12, 2014
- Tomoaki Yamabe, Hirokatsu Kataoka, and Akio Nakamura, “A Study on Features for Early Recognition of Human Activities,” Proceedings of the SICE Annual Conference 2014, pp.1334-1339/CD-ROM 0429.pdf, September 2014.
- Koshiro Yanai, Qi An, Yuki Ishikawa, Junki Nakagawa, Wen Wen, Hiroshi Yamakawa, Atsushi Yamashita and Hajime Asama, “Visualization of Muscle Activity during Squat Motion for Skill Education”, Proceedings of the 2nd International Conference on Serviceology (ICServ2014), pp.86-90, Yokohama (Japan), September 2014.

- Nami Kudo, Kazunari Tsuda, Hiroshi Ito, Sachuronggui Bao, Yasushi Motai, Mizuki Nakajima, Hiroshi Hashimoto, "Factor Analysis of Graceful Bow Based on Skeleton Model", Proc. of Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence (TAAI2015), pp.491-497, November 20-22, 2015.
- Kaoru Mitsuhashi, Hiroshi Hashimoto, Sang-Gyu Shin, Sho Yokota, Daisuke Chugo, "Education System of Skill Succession Based on 3D Evaluation and Improvement in Time Series", IEEE Region 10, Humanitarian Technology Conference 2015 (HTC2015), Cebu City, Philippines, December 9-12, 2015.
- Kaoru Mitsuhashi, Hiroshi Hashimoto, Yasuhiro Ohyama, "Suggestion of Creating Solid Method using Projective Method in 3D Real Space with Microsoft Kinect", 20th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA2015), Luxembourg, September 8-11, 2015.
- Yudai Miyahsita, Hirokatsu Kataoka, and Akio Nakamura, "Appearance-based Proficiency Evaluation of Micro-operation Skill in Removing Individual Habit," Proceedings of the SICE Annual Conference 2015, pp.71-76/USB 0402.pdf, July 2015.
- Yusuke Murata and Satoshi Suzuki, "Electrical muscle stimulation to be activated inferior parietal lobule by modification of body schema," in Proc. of 2015 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing, NCSP'15, pp.174-177, Kuala Lumpur, Malaysia, February 27 - March 2, 2015.
- Yusuke Murata, Satoshi Suzuki, "Artifact robust estimation of cognitive load by measuring cerebral blood flow", in Proc. of the 8th International Conference on Human System Interaction (HSI 2015), Warsaw, Poland, pp.302-308, June 25-27, 2015.
- Yusuke Murata and Satoshi Suzuki, "Robust discrimination of cognitive load against changing body motion by measuring cerebral blood flow," in Proc. of IEEEJ SAMCON2015, TT1-1-2 (4 pages), Nagoya, Japan, 3/9-10, 2015.
- Tomomi Nomura and Yasue Mitsukura, "Evaluation for Impressions of Picture Books," in Proc. of 2015 RISP, NCSP'15, pp.174-177, Kuala Lumpur, Malaysia, February 27 - March 2, 2015
- Tomomi Nomura, Yasue Mitsukura, "Detection of Latent Emotion Using TV Commercial Evaluation", Proc. of Human System Interactions (HSI), pp. 309-315, Warsaw (Poland), June 25-27, 2015.
- Tomomi Nomura, Yasue Mitsukura, "EEG-Based Detection of TV Commercials Effects", 19th International Conference on Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems, pp. 131-140, Singapore, September 7-9, 2015.
- Okamoto, H., Moro, A., Yamashita, A., & Asama, H., " Toward sports training service with the interactive learning platform", ICServ2015, San Jose, USA, July 7-9, 2015.
- Qiao, X., Nakagawa, J., Yanai, K., Yasuda, J., Wen, W., Yamashita, A., & Asama, H. "Nurse bed care activity analysis for intelligent training service" Proceedings of the 3rd international conference on Serviceology (ICServ2015), T2-1-2, pp.1-6, San Jose, USA, July 7-9, 2015.
- Shin'ichi Sato, Naomichi Kobayashi, Yudai Miyashita, Masataka Fuchida, and Akio Nakamura, "Basic Evaluation on Soccer Inside-kick Proficiency", Proceedings of the 10th International Conference on Information, Communications and Signal Processing (ICICS 2015), pp.(1-5)/USB Th35.2-P0396.pdf, December 2-4, 2015.
- Satoshi Suzuki, Yasue Mitsukura, "Strategy and Verification to Visualize

- Experimental Values in Skill Education Service, Case Study to Nursing Operation on Bed”, in Proc. of the 41st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON'15), Yokohama, Japan, pp.4364-4369, November 9-12, 2015.
- Taeko Tanaka, Hiroshi Hashimoto, ShoYokota, “Evaluation of Visual Impression of Delayed Movement of Avatar while Exercising”, International Conference on Intelligent Systems and Applications (INTELLI 2015), pp.10-15, October 11-16, 2015.
 - Taeko Tanaka, Shidong Zhshmg, Zhengdao Zhu, Takafumi Okano, Takuya Yazaki, Mizuki Nakajima, Hiroshi Hashimoto, Sho Yokota, “Psychological Evaluation of Synchronous Motions of Avatar for e-Learning Exercise”, Proc. of IASTED International Conference on Modelling, Identification and Control (MIC2015), pp.193-193, 2015
 - Wen, W., Qiao, X., Yanai, K., Nakagawa, J., Yasuda, Y., Yamashita, A., & Asama, H. “Skill evaluation and education services for bed-care nursing with sliding sheet with regression analysis”, Proceedings of the 3rd international conference on Serviceology (ICServ2015), T3-1-2, pp.1-5, San Jose, USA, July 7-9, 2015.
 - Kouhei Yoshio, Daiyu Sakai, and Satoshi Suzuki, “Psychology presumption of work by which e-Learning is assumed,” in Proc. of IEEEJ SAMCON2015, TT1-1-4 (4 pages), Nagoya, Japan, 3/9-10, 2015.
 - Seina Amagi, Kohei Yoshio, Satoshi Suzuki, “Estimation of Learning Style by Learner Behaviors at E-Learning”, in Proc. of 2016 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing, NCSP'16, pp.391-394, Honolulu, Hawaii, USA, March 6-9, 2016.
 - Masato Anakubo, Satoshi Suzuki, “Study-support method to enhance effective instructions utilizing psychological state estimated from brain wave,” in Proc. of 2016 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing, NCSP'16, pp.395-398, Honolulu, Hawaii, USA, March 6-9, 2016.
 - Takaaki Imanari, Yudai Miyashita, Hirokatsu Kataoka, and Akio Nakamura, “Basic Study on Person Re-identification with Dense Trajectories in the Occlusion Case”, Proceedings of the the 22nd Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision (FCV2016), pp.22-27/USB FCV2016.pdf, February 17-19, 2016.
 - Yuki Ishikawa, Qi An, Wen Wen, Shu Ishiguro, Koji Ohata, Hiroshi Yamakawa, Yusuke Tamura, Atsushi Yamashita and Hajime Asama, “Auxiliary System to Identify Patterns of Patients with Hemiplegia for Transferring Skill of Rehabilitation with Walking Assist Robot”, 4th International Conference on Serviceology (ICServ2016), Tokyo (Japan), 7th September 2016.
 - Kaoru Mitsuhashi, Hiroshi Hashimoto, Sang-Gyu Shin, Sho Yokota, Daisuke Chugo, “Educational System of Physical Motion Based on 3D Biomechanism Evaluation”, 2016 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT2016), Taipei, Taiwan, March 14-17, 2016.
 - Kaoru Mitsuhashi, Yasuhiro Ohyama and Hiroshi Hashimoto, “Visualization of Co-Creation and Experience in Higher Manufacturing Education”, The 4th international conference on Serviceology (ICServ2016), September 6-8, Tokyo, Japan, 2016, (to be appeared)
 - Kaoru Mitsuhashi, Hiroshi Hashimoto, Sang-Gyu Shin, Sho Yokota and Daisuke Chugo, “Proposal and Verification of E-learning System for Physical Exercise

Education using Arbitrary Viewpoint of 3D Body Motion and Moving Image Linked Type Instruction Recording DB”, The 4th international conference on Serviceology (ICServ2016), September 6-8, Tokyo, Japan, 2016, (to be appeared)

- Kaoru Mitsuhashi, Hiroshi Hashimoto and Yasuhiro Ohyama, “Skill Level Evaluation of Motion Curved Surface Character”, 13th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO 2016), July 29-31, Lisbon, Portugal, 2016, (to be appeared)
- Kaoru Mitsuhashi, Yasuhiro OHYAMA and Hiroshi Hashimoto, “Functional Evaluation of the Solid Model Creation using 3D Direct Drawing System”, 13th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO 2016), July29-31, Lisbon, Portugal, 2016, (to be appeared)
- Sang-Gyu Shin, Hiroshi Hashimoto, Kaoru Mitsuhashi and Sho Yokota, “The Database Design for Efficient Storage of Personal Data using MongoDB”, The 4th international conference on Serviceology (ICServ2016), September 6-8, Tokyo, Japan, 2016, (to be appeared)
- Noriki Toyoshima, Yasue Mitsukura, “Construction of Predictive Models for Bicycle Riding Comfort Evaluation using Electromyogram and Electroencephalogram”, CSPA2016, pp. 100-104, Melaka (Malaysia), March 4-6, 2016.
- Sho Yokota, Hiroshi Hashimoto, Kaoru Mitsuhashi and Daisuke Chugo, “Visual Impression to Delay and Amplitude of Imitation Motion of Robot”, The 4th international conference on Serviceology (ICServ2016), September 6-8, Tokyo, Japan, 2016, (to be appeared)

③ポスター発表 (国内会議 19 件, 国際会議 13 件)

発表者 (所属), タイトル, 学会名, 場所, 年月日 など

- 満倉 靖恵, 鈴木 聡, 中島 瑞季, 橋本 洋志, “技能伝承のための脳波を用いた興味度の抽出”, pp.268-270, 函館, サービス学会第2回国内大会, 4/27, 2014.
- 中川 純希, Qi An, 石川 雄己, 柳井 香史朗, 山川 博司, 保田 淳子, 山下 淳, 浅間 一, “シートを使ったベッド上介助動作におけるインタビューと映像による技能の抽出”, サービス学会第2回国内大会講演論文集, pp.266-267, 函館, April 2014.
- 温 文, 山下 淳, 浅間 一, “連続制御における課題のパフォーマンスが運動主体感に与える影響”, 日本基礎心理学会第33回大会プログラム集, 1A04, p.46, December 2014.
- 横田 祥, 橋本洋志, 中後大輔, 浅間一, “動作模倣に対する興味の持続性の考察 - 基礎実験の報告-,” サービス学会 第2回国内大会, pp.113-115, (2014.4).
- 林 大輔, 横田 祥, 中後 大輔, 橋本 洋志, 川端 邦明, “片麻痺ユーザのための片手駆動車いすの開発 第一報: 前輪の要求仕様の検討”, 計測自動制御学会第16回システムインテグレーション部門講演会(SI2015), pp. 2089-2090, (2015.12).
- 石橋 茜, 横田 祥, 新藤 康弘, 中後 大輔, 橋本 洋志, 川端 邦明, “福祉ロボットのための剛性と可膨張性をあわせもつアーム 第 1 報: インフレーター構造関節の検討”, 計測自動制御学会第16回システムインテグレーション部門講演会(SI2015), pp. 2123-2125, (2015.12).
- 金木 智, 横田 祥, 中後 大輔, 橋本 洋志, 川端 邦明, “回転翼が発生する反トルクを車体の操舵に利用した車輪と二重反転ロータによるハイブリッド移動機構の開発 第 1 報: シミュレーションによる提案機構の有用性の確認”, 計測自動制御学会第16回システムインテグレーション部門講演会(SI2015), pp. 2096-2097, (2015.12).

- ・ 満倉靖恵, 鈴木聡, 中島瑞季, 橋本洋志, “サービス提供に対する脳波を用いた快適度の感性評価”, pp.186-189, 金沢, サービス学会第3回国内大会, 2015年4月8日.
- ・ 宮下侑大, 片岡裕雄, 中村明生, “Dense Trajectories を用いた微小動作による個人同定の検証”, ビジョン技術の実利用化ワークショップ (ViEW2015) 予稿集, pp. (1-6)/CD-ROM IS2-15.pdf, 2015年12月4日.
- ・ 中島瑞季, 他, “eラーニングにおける伝承技能のための教示方法の検討”, サービス学会第3回国内大会, 金沢, 2015年4月8日.
- ・ 鈴木聡, 満倉靖恵, “技能教育サービスにおける経験価値見える化の方策と検証”, pp.410-413, 金沢, サービス学会第3回国内大会, 2015年4月8日.
- ・ 柳井香史朗, 中川純希, An Qi, 温文, 山川博司, 山下淳, 浅間一, “筋活動可視化によるローイング動作教育サービスシステムの開発”, サービス学会第3回国内大会講演論文集, pp.563-570, 金沢, 2015年4月9日.
- ・ 橋本洋志, 川田誠一, 慎祥揆, 三橋郁, 横田祥, “身体運動教育サービスの品質と価値共生生産性の考察”, サービス学会第4回国内大会, 2016年3月29日.
- ・ 石川 雄己, 安 琪, 温 文, 石黒 周, 大畑 光司, 山川 博司, 田村 雄介, 山下 淳, 浅間 一, “アシストロボットを用いたリハビリテーション技能学習のための片麻痺患者歩行解析”, サービス学会第4回国内大会, 神戸, 29th March 2016.
- ・ 三橋郁, 大山泰弘, 橋本洋志, “工学実験教育での共創と経験的価値の見える化”, サービス学会第4回国内大会, 2016年3月29日.
- ・ 根岸真那, 満倉靖恵, “アンケート調査と脳波計測による記憶に残るテレビCMの特徴抽出”, サービス学会, 神戸, 2016年3月29日.
- ・ 奥山 雅之, 陳 俊甫, “中小企業の技能教育における教育者と学習者の認知差” 日本マネジメント学会全国研究大会 (2016.6).
- ・ 慎祥揆, 橋本洋志, 吉田育代, 村越 英樹, 川田 誠一, 浅間一, “異文化間の行動の違いが学習者に及ぼす影響に関する実験的研究”, サービス学会, 2014. (Poster)
- ・ 温文, 保田淳子, 山下淳, 浅間一, “スライディングシートを使った介護動作の技能教育の現場調査”, サービス学会第4回国内大会講演論文集, pp.376-378, 神戸, 2016年3月29日.
- ・ Sanggyu Shin, Hiroshi Hashimoto, “A System for the Automatic Assembly of Test Questions using a No-SQL Database,” 8th International Conference on e-Learning 2014. (Poster)
- ・ Kaoru Mitsuhashi, Hiroshi Hashimoto, Yasuhiro Ohyama, “Motion Curved Surface Analysis and Composite for Skill Succession using RGBD Camera”, 12th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO 2015), France, pp.406-413, July 21-23, 2015.
- ・ Yudai Miyashita, Hirokatsu Kataoka, and Akio Nakamura, “Need for a Temporal Feature in Re-identification”, Proceedings of the 6th International Conference on Advanced Mechatronics (ICAM 2015), pp.104-105/USB 1A2-23.pdf, December 5-8, 2015.
- ・ Sanggyu Shin, Hiroshi Hashimoto, “Storage and Reuse of Each Student’s Personalized Documents Using a Non-structured Database,” International Conference on Computer Application Technologies, 2015. (Poster)
- ・ Tomoaki Yamabe, Yudai Miyashita, Shin'ichi Sato, Yudai Yamamoto, Akio Nakamura, and Hirokatsu Kataoka, “What is an Effective Feature for a Detection Problem? -Feature Evaluation in Multiple Scenes-”, Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics 2015 (IEEE SMC 2015),

pp.2926-2931/USB 8697c926.pdf, October 9-12, 2015.

- Sho Yokota, Hiroshi Hashimoto, Daisuke Chugo, Kuniaki Kawabata, “A Study on Definition of the Imitation Motion - From the viewpoint of imitated person -”, Proceedings of the 41st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2015), pp. 3248-3252, (2015.11).
- Sho Yokota, Taeko Tanaka, Hiroshi Hashimoto, Daisuke Chugo, Kuniaki Kawabata, “A Study on Imitation Motion based on Imitated Person's view - Finding out the differences between imitation and non-imitation -”, Proceedings of 6th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom 2015), pp. 297-301, (2015.10)
- Daisuke Hayashi, Sho Yokota, Daisuke Chugo, Hiroshi Hashimoto, “Development of One Hand Drive Wheelchair System Design and Experiment of the active front wheel system”, The annual IEEE International Conference on Computational Intelligence in Bioinformatics and Computational Biology (CIBCB 2016), (2016.10).
- Satoshi Kaneki, Sho Yokota, Daisuke Chugo, Hiroshi Hashimoto, “Development of Hybrid Mobile System using Rotor's Counter Torque as Steering Function”, the 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2016), (2016.10).
- Masayuki Okuyama and Junfu Chen, “Cognitive Gaps between Instructor and Learner in Skill Education Service”, The 4th International Conference on Serviceology, (2016.9).
- Sho Yokota, Hiroshi Hashimoto, Kaoru Mitsuhashi, Daisuke Chugo, “Visual Impression to Delay and Amplitude of Imitation Motion of Robot”, The 4th International Conference on Serviceology, (2016.9).
- Sho Yokota, Daisuke Chugo, Hiroshi Hashimoto, Kuniaki Kawabata, “Contactless Measurement of Human Motion for Personal Mobility Interface”, 2016 IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE 2016), pp.296-300, (2016.6).
- Sho Yokota, Daisuke Chugo, Hiroshi Hashimoto, Kuniaki Kawabata, “Saddle type Interface including Human Twisting Motion for the Personal Mobility - Investigation on the Repeatability of Human Motion -”, Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT 2016), pp. 1896-1900, (2016.3)

5-4. 新聞報道・投稿，受賞等

①新聞報道・投稿

- 日経産業新聞，平成26年5月15日（木），タイトル「熟練技＋IT 高精度加工」
- 「新常識！」抱え上げない”介護」NHKおはよう日本，2015年6月24日放送。

②受賞

- Outstanding Presentation Award: Satomi Tokudome, Shinya Muramatsu, Koji Yoshida, Koichi Kobayashi, Hiroaki Shirahama, Mizuki Nakajima, Hiroshi Hashimoto, Satoshi Suzuki, “Modelling of Shopper's Behavior Process in ‘Planned Buying’ or ‘Impulse Buying’ and Verification of Distinguishing between Them”, ICServ2014, pp.145-148, 2014

内容：顧客の行動や動作姿勢の3次元情報を観測・分析して，これから顧客の購買意図を推

測する方法を提案した．実証実験では，模擬の店および実際の店を借りての現場を用い，ここでの実証実験を通して，提案方法の有効性を確認した．その結果，顧客のある種の意図の推定率が約80%となり，現場での適用の可能性が示された．

- Best Paper Award: Taeko Tanaka, Hiroshi Hashimoto, Sho Yokota, "Evaluation of Visual Impression of Delayed Movement of Avatar while Exercising", International Conference on Intelligent Systems and Applications (INTELLI 2015), pp.10-15, 2015
内容：技能動作インストラクターとして人工物が担当して，ユーザーは人間である場合を考える．このとき，人工物の表象に対する印象および人工物で生じやすい動作の同期性に対する人間の心理の変化を観測，分析した．この結果，同期生に対して，遅延と進みの順序性が人間の心理に良い感情（親和性，親近感など）が現れることを指摘した．
- 安 琪，石川 雄己，船戸 徹郎，青井 伸也，岡 敬之，山川 博司，山下 淳，浅間 一： "座面高と速度の異なるヒト起立動作における筋シナジー解析"，2015年度計測自動制御学会論文賞 受賞，2015年10月27日．
内容：技能における身体運動の解析手法として，起立動作を例にとり，ヒトが筋肉をどのように巧みに協調させているかを，シナジー解析によって解析する手法を提案し，シナジーの強度とタイミングを変化させることによって，適応的な運動を生成していることを示した．
- 村田 祐輔，鈴木 聡：“脳血流量測定を用いた体動変化にロバストな認知負荷計測”，第19回 SICEパターン計測シンポジウム，pp.27-32，優秀論文賞受賞，2014年11月20日．
内容：技能動作時の脳の認知負荷，すなわち学習時の知的努力度を推定するため，脳血流量を計測する方法に際し，従来は忌避すべき体動によるアーチファクトの影響を受けにくい認知負荷推定法を提案した．歩行時の数学タスク試行実験で精度を検証したところ，個人毎のキャリブレーションが必要ではあるものの有意に ($p < .005$) に識別可能であることが証明された．
- 吉尾 康平，鈴木 聡：“知的作業時と技能学習時の心理変化と眼球運動の関係調査”，電気学会知覚情報研究会，技術委員会奨励賞受賞，PI-15-066, pp.15-18 2015年8月10日．
内容：技能 e ラーニング想定下で情報端末を視聴している学習者の心理推定を，非接触眼球計測を用いて行うアルゴリズムを考案した．ビデオフィードバック法による被験者らの主観心理用との相関を調べたところ，半数の被験者の主観心理を推定できることが確認できた．

③その他

5-5. 特許出願

①国内出願 (0 件)

引用文献

- [阿部 2015] 阿部 香織，宮下 侑大，中村 明生： ``人物再同定のための複数衣服特徴の調査"，第 33 回 日本ロボット学会学術講演会予稿集，pp.(1-4)/CD-ROM 1H3-03.pdf, September 2015.
- [Brandenburger 1996] Brandenburger, A. M. and B. J. Nalebuff: Co-opetition, Doubleday Business
- [Brauer 2013] Brauer, Jürgen, Wolfgang Hübner, and Michael Arens : "Particle swarm

- optimization on low dimensional pose manifolds for monocular human pose estimation.”, SPIE Security+ Defence. International Society for Optics and Photonics, 2013.
- [Breiman 2001] L. Breiman, “Random Forests,” Machine Learning, Vol.45, pp.5-23, 2001.
- [武藤 2005] 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.
- [Cross 2002] Cross, Nevill and J. Lyle, The Coaching Process, Elsevier Limited
- [Eastlack 1991] Martha E. Eastlack, Julianne Arvidson, Lynn Snyder-Mackler, Jerome V. Danoff, and Ccharles L. McGarvey: “Interrater reliability of videotaped observational gait-analysis assessments,” Physical Therapy, Vol.71, No.6, pp.465-472, 1991.
- [Eaves 2013] Eaves, D. L., Breslin, G., Schaik, P., Iain, E., and Spears, I.: The Short-Term Effects of Real-Time Virtual Reality Feedback on Motor Learning in Dance Abstract, PRESENCE, 22, 3, 202, 2013.
- [Engbert 2003] R. Engbert and R. Kliegl. “Microsaccades uncover the orientation of covert attention” Vision Research, Vol.43, No.9, pp.1035-1045, 2003.
- [平山 2004] 平山/楠見, “批判的思考態度尺度”, 2004.
- [広井 2009] 広井良典: コミュニティを問いなおすーつながり・都市・日本社会の未来, ちくま新書
- [本荘 2005] 本荘直樹, 伊坂忠夫, 満田隆, 川村貞夫: HMD を用いたスポーツスキルの学習方法の提案, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 10, 1, 63, 2005.
- [星野 2011] 星野雄一, 星地亜都司: “ロコモ診断ツールの開発—運動器健診に向けて”, 日整会誌, 85: 12-20
- [今成 2015] 今成 隆了, 宮下 侑大, 中村 明生: “Dense Trajectories を用いた歩行人物再同定に関する検討”, 第 33 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, pp.(1-4)/CD-ROM 1H3-04.pdf, September 2015.
- [Imanari 2016] Takaaki Imanari, Yudai Miyashita, Hirokatsu Kataoka, and Akio Nakamura: “Basic Study on Person Re-identification with Dense Trajectories in the Occlusion Case,” Proceedings of the the 22nd Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision (FCV2016), pp.22-27/USB FCV2016.pdf, February 2016.
- [金子 1986] 金子郁容: ネットワーキングへの招待, 中公新書, pp.100-11
- [金子 2002] 金子郁容: コミュニティ・ソリューション ボランティアな問題解決に向けて, 岩波書店
- [柏原 2010] 柏原考爾, 岡ノ谷一夫, 他, “快・不快を喚起する視覚刺激が眼球運動に及ぼす影響,” 信学技報, HIP, Vol.110, No.34, pp.41-46.
- [柏原 2010] 柏原考爾, 岡ノ谷一夫, 川合伸幸, “快・不感を喚起する視覚刺激が眼球運動に及ぼす影響,” 電子情報通信学会技術研究報告書, HCS, ヒューマンコミュニケーション基礎, 110(33), 41-46, 2010
- [勝倉 2004] 勝倉 真, 中山 実, “瞳孔面積を用いた入力操作課題の困難さ評価の検討,” 電子情報通信学会論文誌 Vol.J88-D-I, No.12, pp.1806-1809.
- [木村 2007] 木村篤信, 黒田知宏, 眞鍋佳嗣, 千原國宏: 動作学習支援システムにおける視覚情報提示方法の一検討, 日本教育工学論文誌, 30, 4, 293, 2007.
- [小林 2016] 小林 直道, 佐藤 晋一, 松崎 優太, 森田 慎一郎, 中村 明生, “インサイドキックの熟練度評価における特徴ベクトル化手法の基礎検討”, 精密工学会 画像応用技術専門委員会 サマーセミナー2016 予稿集, pp.(1-2), August/September 2016.
- [國領 2004] 國領二郎: オープン・ソリューション社会の構想, 日本経済新聞社
- [厚生労働省 2013] 厚生労働省: 職場における腰痛予防対策指針の改訂及びその普及に関する検討会報告書”, 2013.

- [Krebs 1985] David E. Krebs, Joan E. Edelstein, and Sidney Fishman: "Reliability of observational kinematic gait analysis," *Physical Therapy*, Vol.65, No.7, pp.1027-1033, 1985.
- [壬生 2010] 壬生尚美, 後藤真澄, 佐分行人子, 浅野恵美, 今井七重, 寺嶋正己, "移乗介助動作による要介護者・介護者の負担軽減に関する研究: 寝たまま楽に移乗できる介護用可変スライドボードの有効性", *介護福祉学*, vol.17, no.1, pp.76-84, 2010.
- [丹羽 2013] 丹羽清: "モノ・インフラ・サービスの結合によるイノベーション構想—新事業と新産業の創出アプローチ", *研究技術計画*, Vol.28, No.3/4, pp.262-275
- [Miyashita 2015a] Yudai Miyahsita, Hirokatsu Kataoka, and Akio Nakamura: "Appearance-based Proficiency Evaluation of Micro-operation Skill in Removing Individual Habit," *Proceedings of the SICE Annual Conference 2015*, pp.71-76/USB 0402.pdf, July 2015.
- [Miyashita 2015b] Yudai Miyashita, Hirokatsu Kataoka, and Akio Nakamura: "Need for a Temporal Feature in Re-identification," *Proceedings of the 6th International Conference on Advanced Mechatronics (ICAM 2015)*, pp.104-105/USB 1A2-23.pdf, December 2015.
- [宮下 2015] 宮下 侑大, 片岡 裕雄, 中村 明生: "Dense Trajectories を用いた微小動作による個人同定の検証", *ビジョン技術の実利用化ワークショップ (ViEW2015) 予稿集*, pp.(1-6)/CD-ROM IS2-15.pdf, December 2015.
- [富岡 2005] 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.
- [Mulroy 2003] Sara Mulroy, JoAnne Gronley, Walt Weiss, Craig Newsam, and Jacquelin Perry: "Use of cluster analysis for gait pattern classification of patients in the early and late recovery phases following stroke," *Gait & Posture*, Vol.18, No.1, pp.114-125, 2003.
- [Nakagawa 2014] Nakagawa, J., An, Q., Ishikawa, Y., Yanai, K., Wen, W., Yamakawa, H., Yamashita, A., & Asama, H., "Extraction and evaluation of proficiency in bed care motion for education service of nursing skill," *Proceedings of the 2nd International Conference on Serviceology (ICServ2014)*, pp.91-96, Yokohama, Japan, September 2014.
- [中川 2014] 中川 純希, Qi An, 石川 雄己, 柳井 香史朗, 保田 淳子, 温 文, 山川 博司, 山下 淳, 浅間 一, "シートを使ったベッド上介助動作における技能間従属関係の解明", 第 32 回日本ロボット学会学術講演会予稿集 (RSJ2014), RSJ2014AC1H2-04, pp.1-4, 福岡, September 2014.
- [Nakagawa 2014] Junki Nakagawa, Qi An, Yuki Ishikawa, Koshiro Yanai, Wen Wen, Hiroshi Yamakawa, Junko Yasuda, Atsushi. Yamashita, and Hajime Asama: "Extraction and Evaluation of Proficiency in Bed Care Motion for Education Service of Nursing Skill," *Proceedings of the 2nd International Conference on Serviceology (ICServ2014)*, pp.91-96, 2014.
- [中川 2015] 中川 純希, An Qi, 石川 雄己, 柳井 香史朗, 保田 淳子, 温 文, 山川 博司, 山下 淳, 浅間 一, "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", サービス学会第 3 回国内大会講演論文集, pp.323-324, 金沢, April 2015.
- [中村 2006] 中村隆一, 斎藤宏, 長崎浩, 『基礎運動学 第 6 版』, 医歯薬出版
- [中村 2015] 中村祐基, 柳井香史朗, 中川純希, 温文, 山川博司, 山下淳, 浅間一: 重畳映像を用いた動作学習支援システムにおける映像提示視点の自動決定, サービス学会第 3 回国内大会講演論文集, 236, 2015.
- [日本ノーリフト協会 2014] 一般社団法人 日本ノーリフト協会, <http://www.nolift.jp/aboutus/>, (2014.1.7.閲覧)
- [Olney 1996] Sandra J. Olney and Carol Richards: "Hemiparetic gait following stroke. Part I: Characteristics," *Gait & Posture*, Vol.4, No.2, pp.136-148, 1996.

- [Polanyi 1966] Polanyi, Michael, *The Tacit Dimension*, London: Routledge & Kegan Paul, 1966. (高橋勇夫 訳 (2003), 『暗黙知の次元』 ちくま書房).
- [Pralhad 2004] Prahalad, C. K. and Ramaswamy, V., *The Future of Competition*, Massachusetts: Harbard Business Review Press, 2004. (有賀裕子 訳 (2013), 『コ・イノベーション経営, 東洋経済新報社』).
- [Reddy 2012] Kishore K. Reddy, and Mubarak Shah: "Recognizing 50 Human Action Categories of Web Videos," *Machine Vision and Applications*, vol.24, no.5, pp.971-981, 2012.
- [Rohrbach 2012] Marcus Rohrbach, Sikandar Amin, Mykhaylo Andriluka, and Brent Schiele: "A Dataset for Fine-Grained Activity Detection of Cooking Activities," *Proceedings of the IEEE International Conferences on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp.1194-1201, 2012.
- [Rösler 2005] A. Rösler, C. Ulrich, et. al. "Effects of arousing emotional scenes on the distribution of visuospatial attentions: changes with aging and early subcortical vascular dementia," *Journal of the Neurological Sciences*, Vol.229-230, pp.109-116.
- [Salmoni 1984] Salmoni, A. W., Schmidt, R. A., & Walter, C. B.: Knowledge of results and motor learning: A review and critical reappraisal. *Psychological Bulletin*, 95
- [Sato 2015] Shin'ichi Sato, Naomichi Kobayashi, Yudai Miyashita, Masataka Fuchida, and Akio Nakamura: "Basic Evaluation on Soccer Inside-kick Proficiency," *Proceedings of the 10th International Conference on Information, Communications and Signal Processing (ICICS 2015)*, pp.(1-5)/USB Th35.2-P0396.pdf, December 2015.
- [Schmidt 1991] Schmidt, R. A. (1991). *Motor Learning and Performance*. Human Kinetics
- [Schmitt 1999] Schmitt, B. H., *Experiential Marketing: How to Get Customers to Sense, Feel, Think, Act, and Relate to Your Company and Brands*, New York: The Free Press, 1999. (嶋村和恵, 広瀬盛一 訳 (2000) 『経験価値マーケティング』ダイヤモンド社)
- [Schmitt 2003] Schmitt, B. H. (2003), *Customer Experience Management: A Revolutionary Approach to Connecting with Your Customers*, New York: The Free Press, 2003. (嶋村和恵, 広瀬盛一 訳 (2004) 『経験価値マネジメント』ダイヤモンド社, 46 頁および 267 頁)
- [柴田 2014] 柴田傑, 玉本英夫, 横山洋之, 松本奈緒, 三浦武: 学習者中心のインタラクティブ舞踊学習支援システムの開発, 電子情報通信学会論文誌, J97-D, 5, 1014, 2014.
- [嶋田 1997] 嶋田出雲: スポーツ熟練技術への変容過程, 大阪市立大学保健体育学術研究紀要, 33, 1, 1997.
- [職訓研 2014] "職業訓練における指導の理論と実際 (十訂版)," 職業訓練教材研究会, 2014
- [滝間 1991] 滝間,坂本, "認知的熟慮性-衝動性尺度", 1991.
- [Wang 2011] Heng Wang, Alexander Kläser, Cordelia Schmid, and Cheng Lin Liu: "Action Recognition by Dense Trajectories," *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp. 3169-3176, 2011.
- [Wang 2013] Heng Wang, Alexander Kläser, Cordelia Schmid, and Cheng Lin Liu: "Dense Trajectories and Motion Boundary Descriptors for Action Recognition," *International Journal of Computer Vision*, vol.103, no.1, pp.60-79, 2013.
- [Wen 2015] Wen, W., Qiao, X., Yanai, K., Nakagawa, J., Yasuda, Y., Yamashita, A., & Asama, H., "Skill evaluation and education services for bed-care nursing with sliding sheet with regression analysis," *Proceedings of the 3rd international conference on Serviceology (ICServ2015)*, T3-1-2, pp.1-5, San Jose, USA, July 2015.
- [温 2016] 温 文, 保田 淳子, 山下 淳, 浅間 一, 「スライディングシートを使った介護動作の技能教育の現場調査」, サービス学会第 4 回国内大会講演論文集, pp.376-378, 神戸, March 2016.

- [Xia 2012] Lu Xia, Chia-Chih Chen, and J. K. Aggarwal: "View Invariant Human Action Recognition using Histograms of 3D Joints," Proceedings of the IEEE International Conferences on Computer Vision and Pattern Recognition Workshop, pp.20-27, 2012.
- [Yamabe 2015] Tomoaki Yamabe, Yudai Miyashita, Shin'ichi Sato, Yudai Yamamoto, Akio Nakamura, and Hirokatsu Kataoka: "What is an Effective Feature for a Detection Problem? -Feature Evaluation in Multiple Scenes-," Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics 2015 (IEEE SMC 2015), pp.2926-2931/USB 8697c926.pdf, October 2015.
- [Yamabe 2014] Tomoaki Yamabe, Hirokatsu Kataoka, and Akio Nakamura: "A Study on Features for Early Recognition of Human Activities," Proceedings of the SICE Annual Conference 2014, pp.1334-1339/CD-ROM 0429.pdf, September 2014.
- [山辺 2015] 山辺 智晃, 片岡 裕雄, 中村 明生: "行動認識のための角度変位量子化特徴の検討", 電気学会論文誌 C, vol.135-C, no.4, pp.372-380(135_372.pdf), April 2015.
- [山本 2004] 山本孝, 『熟練技能伝承システムの研究』, 白桃書房
- [Yanai 2014] Yanai, K., An, Q., Ishikawa, Y., Nakagawa, J., Wen, W., Yamakawa, H., Yamashita, A., & Asama, H., "Visualization of muscle activity during squat motion for skill education," Proceedings of the 2nd International Conference on Serviceology (ICServ2014), pp.86-90, Yokohama, Japan, September 2014.
- [柳井 2015a] 柳井 香史朗, An Qi, 中川 純希, 温 文, 山川 博司, 山下 淳, 浅間 一, 「ローイング動作におけるスキルの抽出と教示」, 第 20 回ロボティクスシンポジウム講演予稿集, pp.229-234, 軽井沢, March 2015.
- [柳井 2015b] 柳井 香史朗, 中川 純希, An Qi, 温 文, 山川 博司, 山下 淳, 浅間 一, 「筋活動可視化によるローイング動作教育サービスシステムの開発」, サービス学会第 3 回国内大会講演論文集, pp.563-570, 金沢, April 2015.
- [Yang 2002] Yang, U. and Kim, G. J.: Implementation and Evaluation of "Just Follow Me": An Immersive, VR-Based, Motion-Training System, PRESENCE, 22, 3, 304, 2002.