

氏 名	ミッコ ユハニ リッサネン MIKKO JUHANI RISSANEN
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学 位 記 番 号	情 博 第 277 号
学位授与の日付	平 成 19 年 9 月 25 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	情 報 学 研 究 科 社 会 情 報 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	Virtual Reality Based Teaching of Psychomotor Skills: Annotation Model for Asynchronous Communication in Dynamic Virtual Environments (バーチャルリアリティにおける精神運動スキルの教示：非同期コミュニケーションのための動的仮想環境におけるアノテーションモデル)
論文調査委員	(主 査) 教 授 吉 原 博 幸 教 授 喜 多 一 教 授 守 屋 和 幸

論 文 内 容 の 要 旨

一般的に、高度に複雑な技能と状況判断能力などを持ち合わせている者を熟練者という。熟練者になるためには、教科書的な知識だけでなく、多くの場合指導者を必要とし、通常長い訓練期間が必要である。本研究は、熟練者の技能をいかに取得し、訓練者に伝えるかという問題に対して、Virtual Reality (VR) を利用したアプローチを提示する。VRでは、視覚、聴覚、力覚といった多様な感覚提示を行うことができ、現実にある複雑な環境を再現していくことができると期待されている。

従来の技能伝達では、熟練者の動作を観測可能な空間的な運動 (Kinematics) としてとらえて、記録、再生 (Record & Replay) し、熟練者の動作をまねることで訓練するというパラダイムを採用してきた。しかし、技能とは熟練者の精神的な活動を離れて存在し得ないものである。また、ある状況に対する判断と具体的な運動能力の組み合わせの結果として動作が表出されると考えられる。したがって、技能の伝達では、本来、表出した動作ではなく、熟練者の精神的活動のなかから如何に動作に結びつくエッセンスを具現化 (Reification) できるかが問題である。一般に、動作に結びつく精神的活動を精神運動スキル (Psychomotor skill) とよぶ。さらに、具現化したエッセンスを如何に伝えるかが問題となる。

本研究では、技能伝達のためにVRを用いて精神運動スキルのエッセンスを具現化するという方法論を提案する。実世界で判断を促す情報として取得されている動的な環境の変化を提示するために、VRにはより高度なリアリティが求められる。一般に、環境に併せて動的に動作の組み立てを変える技能をOpen Skill、環境によらず一定の動作を行う技能をClose Skillと呼ぶ。動的に変化するVR環境をもちいることで初めて、静的なVR環境では得られない熟練者の判断の結果としてのOpen Skillに基づく動作を計測することができる。

次に、精神運動スキルから具現化されたパラメータを伝達 (Communication, Teaching) するためのHuman Computer Interaction (HCI) における進歩的な方法論として“VR annotation (注釈モデル)”を提案する。動作の記録から精神運動スキルに基づく動作を抽出しアノテーションを付与することでエッセンスとなる動作を教示すべきパラメータとして具現化できる。教示方法に関しては、実世界での動作を模した直感的な学習の形態が熟練者の技能を知るうえで重要であると考えられる。従来のVRアノテーションは文字や言葉による注釈付けを前提としている。しかし、言葉はシンボルとして機能しており、話者の主観に基づく表現であることから、動作を理解するためには、一度意味を解釈するプロセスが必要になる。したがって、学習速度が動作速度に比べて圧倒的に遅くなってしまうという欠点がある。本研究では、エッセンスとして具現化されたパラメータの挙動を直感的に理解し訓練動作に結びつけるため、時系列データのグラフ表示を採用し、次に何をすべきかという未来の情報を提示することで、VRアノテーションに追従しながら動作を直感的に学ぶ方法論を提案する。以上より、本論文は、動的な環境における熟練者の精神運動スキルのエッセンスとなる動作パラメータを抽出し注釈付けをおこなう事、直感的なVRアノテーション手法を用いて訓練者に提示する事、の二つを達成することで、VRシステムを媒介として具現化した精神運動スキルのコミュニケーションを達成しうることを示す。

具体的には、動的な環境下における力の使い方を学ぶ訓練を対象とする、直腸指診のVRシミュレータを構築した。熟練医の操作から取得した時系列な力覚データから触診のエッセンスを抽出し、グラフを用いてアノテーションする。被験者（医学生）を用いてアノテーションを行う群とアノテーションを行わず熟練医の運動データだけを模倣する群との比較実験を行った。結果として、アノテーションを受けた群の方が正確な直腸指診操作を行うことができたことから、精神運動スキルに着目することで触診のエッセンスを取得できたといえる。また、VRアノテーションによりエッセンスを教示できることが示された。本研究は、学習者の精神運動スキルの向上に寄与するばかりでなく、複数の熟練者の精神運動スキルを分析できる環境を提供するものである。また、提案したVRアノテーションシステムは、シミュレーション記録により、学習者が時間、空間、言語といった制約を超えて複数の熟練者のもつ精神運動スキルを共有できる環境を実現できると期待する。

論文審査の結果の要旨

現在、伝統工芸、機器操縦、医療など多岐にわたる分野において、熟練者の持つ技能を如何に訓練者に伝えるか、という技能伝達が社会的要請として大きな問題となっている。本研究は、熟練者の持つ技能をどのように表現し、どのように訓練者に提示するべきかという問題に対して新たな視点に基づく方法論を提示している。従来の技能伝達のための方法論は、Record & Replayという動作の真似による教示方法にとどまっていたのに対し、本研究は、精神運動スキルを伝達すべきであるという方法論に則った技能伝達支援システムを提案している。

本研究は、Virtual reality (VR) を用いて、動的に状況が変化する環境をシミュレートできるだけのリアリティ表現が可能になった結果、仮想環境において状況判断をとる動作を熟練者に促すことができるようになることで初めて実現しえる方法論を提案している。熟練者の精神運動スキルに基づく動作を計測し、エッセンスとなる動作をパラメータとして具現化して抽出し、直感的理解を助けるインタフェースにより提示するという新たなVRアノテーション手法を確立している点に新規性がある。

本論文には、医療分野における技能伝達を具体的事例として取り上げ、直腸指診シミュレータに対してVRアノテーション手法を適用し、検証した結果が示されている。VR環境において、熟練医が直腸壁の硬さから病態を診断する際の指の動作を記録し、熟練医にエッセンスとなる動作をアノテーションさせた。結果として熟練医が共通のパラメータを重視して動作を行っていることがわかったことから、提案手法により精神運動スキルのエッセンスを具現化できることを示す画期的な知見が得られたといえる。また、医学部学生を被験者とした教示実験により、単なる動作の真似による学習とVRアノテーション手法に基づく学習を比較した結果として、エッセンスを教示することによる技能伝達の有効性が示されている。

本研究により、精神運動スキルに着目することで熟練者の技能のエッセンスをパラメータとして具現化できること、VRアノテーションにより動作に関する直感的な学習が可能であること、が示されたといえる。本研究は、従来の技能伝達の枠組みを大きく超えて、技能パラメータの保存、熟練者同士の個々の技能の差異・標準化に関する指標の提供、時間的空間的制約を超えた学習環境の構築といった、教示と学習に関するコミュニケーションの新たな可能性を開いたといえる。

よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成19年8月8日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果、合格と認めた。