

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 3月15日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22560243

研究課題名（和文） 不快感を利用する仮想環境型技能訓練システム

研究課題名（英文） Virtual environment skill training system by utilizing discomfort

研究代表者

加藤 秀雄（KATO HIDEO）

千葉大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：80009711

研究成果の概要（和文）：本研究では、工業生産において、人による技能的作業を対象としたVR訓練システムを開発するとともに、不快感提示装置を開発し、それらを組み合わせることによって、作業者が不適切な操作を行ったときに不快感を作業者に提示する訓練システムを構築した。構築したシステムを用いた作業実験では、部分的ではあるが、構築したシステムが危険な操作を回避し、安全に訓練するために有効であると確認することができた。

研究成果の概要（英文）：Manual operation by skilled technicians is still indispensable in custom-made industrial production and high-mix low-volume production. This research deals with the newly developed virtual environment skill training system, in which a trainee is given discomfort feeling when he/she manipulates machines and tools inappropriately. Experimental results show that the developed system is effective in avoidance of hazardous manipulation and accomplishment of safe training.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学、知能機械学・機械システム

キーワード：バーチャルリアリティ、機械工作・生産工学、人間機械システム

1. 研究開始当初の背景

仮想現実感技術の重要な応用と目されている分野の一つに技能訓練がある。技能的作業を適切に完了するために必要な技能を身につけるには、その作業を繰り返し練習・体験することが不可欠であり、仮想現実感技術はそれを低コストかつ安全に実現できるツールとして期待されている。

他方、仮想環境型技能訓練は、訓練効果の点からは必ずしも実際より優れているとは言えない。すなわち、安全であるがために危険な状況に対する緊張感が薄れ、漫然と仮想作業をするだけに終始してしまう恐れがある。

仮想環境において危険な状況であることを被訓練者に提示するために音や光による

警報なども考案されているが、緊張感を高めるにはほど遠いのが実情である。被訓練者の技能修得に対するモチベーションが高ければ、危険に対する緊張感が低くても、それなりの訓練効果があるが、現実にはモチベーションが必ずしも高くはない被訓練者にも訓練をしなければならないことも多い。そのような被訓練者に対して、何らかの方法で緊張感を高めることができれば、仮想環境型技能訓練システムの有用性は飛躍的に高まると考えられる。

2. 研究の目的

従来の仮想環境型技能訓練システムにおいても、危険な状況や行ってはいけない操作・動作に対して、多くの場合、音や光あるいは文字提示による警報は採用されている。すなわち、警告文、大きな音、光の点滅などの警報が用いられている。しかし、それらは必ずしも強い警報とはなりえない。本研究では、危険な状況を、危険性はないが、不快な感覚刺激を与えることにより強く警告することを提案し、その効果を検証する。

3. 研究の方法

対象とする技能は溶接、旋盤加工とし、それらの仮想現実感装置を新たに開発するとともに、既に開発されているものも改良、転用する。不快感誘起装置は、皮膚振動と音による装置のハードウェアを設計し、製作する。それらを用い、さまざまな不快感提示条件で被験者による不快感評価実験を行い、適当な不快感を誘起する条件を見出す。その後、不快感誘起装置を仮想現実感による技能訓練システムに適用し、多くの被験者による作業実験から、その有効性を検討する。

4. 研究成果

(1) 仮想現実感装置の開発

開発した VR 手溶接訓練システムを図 1 に示す。力覚提示を省略した簡易形システムであるため、その有効性の確認は不可欠である。そこで、被験者の訓練終了直前の技能評価値と訓練後に行われた実作業の技能評価値との関係を検討した。図 2 は、縦軸に前者、すなわちビード稜線の Y (水平) 方向標準偏差、同じく Z (鉛直) 方向標準偏差、アーク消失等の失敗回数を取り、横軸に後者の外観検査値をとってときの結果を示す。図から両者間には高い相関関係があり、本システムが技能訓練に有効であることが確認された。

図 3 に、VR 旋盤芯出し訓練システムを示す。本システムは立体視こそ用いていないが、実作業をほぼ忠実に模擬した訓練システムである。

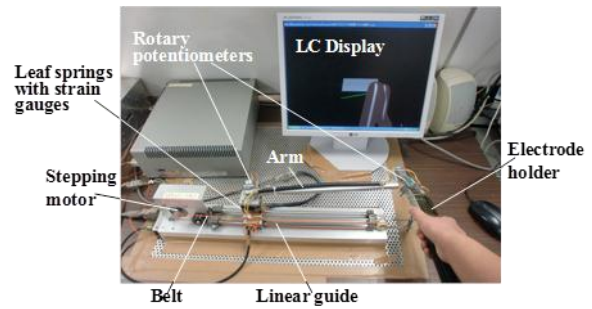


図 1 簡易 VR 手溶接訓練システム

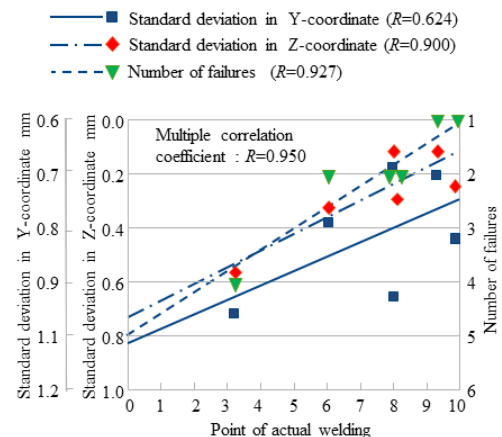


図 2 VR 技能評価値と実作業技能評価値との関係

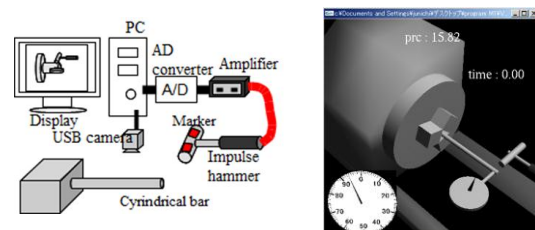
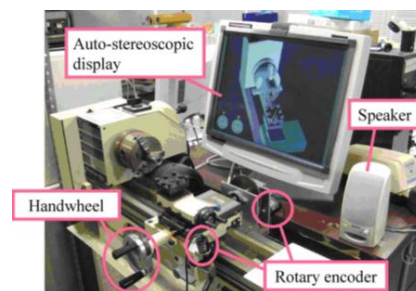


図 3 VR 旋盤芯出し訓練システム

旋盤の中ぐり作業の VR 訓練には、以前開発した実機旋盤と裸眼立体ディスプレイを用いたシステムを改良し、転用した。図 4 にその外観を示す。



4 VR 旋盤中ぐり訓練システム

図

(2) 不快感誘起装置の開発

不快感誘起装置は2種類開発した。一つはディスク型振動モータを用いた不快振動誘起装置であり、他は不快音誘起装置である。

前者は、150Hz で皮膚表面に面内振動を誘起するもので、装置の装着部位を試行錯誤的に調べた結果、多くの被験者は首部へ接着したときに最も不快を感じる事が確認された。また、提示時間は3sが適当であることもわかった。図5は本装置を中ぐり訓練装置と組み合わせたときの切削力と不快感の関係を示す。不快感は脳波の β/α 波比率で評価し、切削力の急増時に比率が増加しており、この比率が閾値を越えたときに不快振動を与えれば、切削力の急増を避けるような訓練が可能と考えられる。

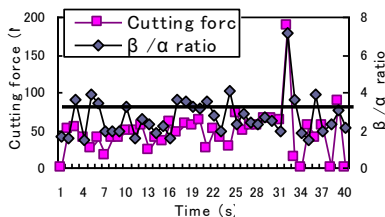


図5 中ぐり作業時の切削力と不快感の関係

後者の不快音誘起装置は、ヘッドホンで図6のような波形の音を被験者に提示するものである。

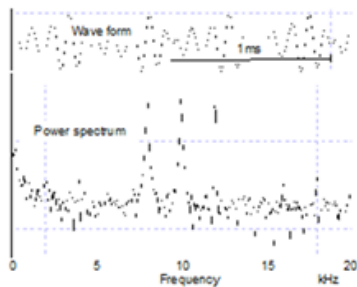


図6 設定した不快音波形とスペクトルの例

波形は4種類設定し、被験者の官能評価により不快度が高かった3つの波形を、不快にさせたいときにランダムに発生させるものとした。図7は、曲線追跡作業を被験者に行わせたときの作業回数と作業時間および失敗回数の関係を示す。追跡時に曲線からずれたとき、音が発生するが、比較のために、不快を生じない正弦波での実験結果も示している。失敗回数とは追跡時に曲線からずれた回数であり、作業時間、失敗回数ともに小さいほうが技能が高いことを示す。図を見ると、不快音を用いると失敗回数は大幅に減少す

るが、作業時間は長くなることわかる。

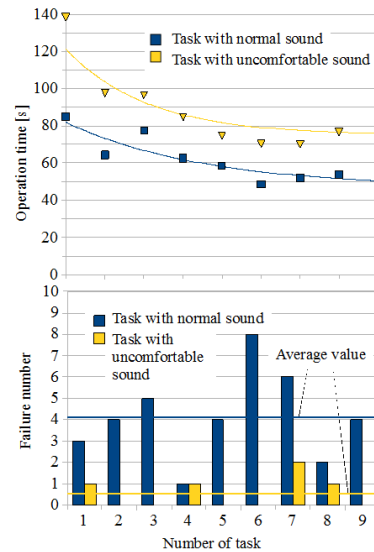


図7 失敗時に普通音または不快音を提示するときの失敗回数と作業時間の比較

(3) 不適切操作時に不快感を提示するVR訓練

中ぐり訓練システムに、不快振動誘起装置を組み合わせた時の作業結果の比較を図8に示す。作業は被験者16名を2班に分け、一方の班には切削力が工具破損するほど大きくなったとき、すなわち危険な操作をしたときに不快振動を提示し、他方の班には危険な操作時にも振動を提示せずに、それぞれ10回の中ぐり作業を行わせたときの結果を示す。図の縦軸は作業を成功した(失敗せずに実施できた)被験者数を、横軸は作業番号を示す。図から、当然のことながら作業番号が増えると多くの被験者が成功するようになるが、振動を提示したほうが成功する被験者数が多いことがわかる。このことから、構築したシステムが危険な操作を回避し、安全に訓練するために有効であると推測される。

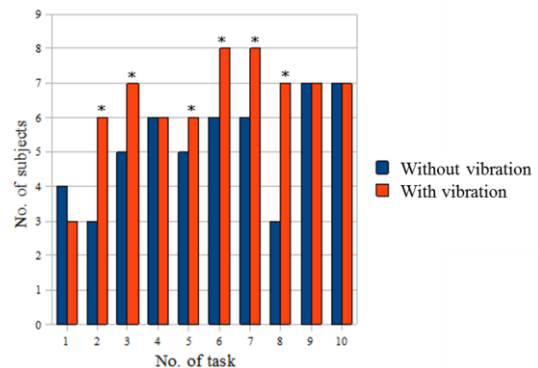


図8 不快振動提示の有無による成功被験者数の比較

(4) 研究成果のまとめ

工業生産における技能的作業を対象とし

た各種の VR 訓練システムを開発するとともに、不快感提示装置を開発し、それらを組み合わせることによって、不適切な操作時に不快感を作業者に提示する訓練システムを構築した。構築したシステムを用いた作業実験では、部分的ではあるが、構築したシステムが危険な操作を回避し、安全に訓練するために有効であると確認できた。本成果は、手溶接作業等、危険を伴う作業に対する VR 訓練システムの普及に貢献するものと言える。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

- ①梁馨、加藤秀雄、他3名、High Efficiency Skill Training of Lathe Boring Operations by a Virtual Reality Environment、Proc. of 2012 IEEE Int. Conf. on Mechatronics and Automation、査読有、2012、285-290
DOI:10.1109/ICMA.2012.6282856
- ②梁馨、加藤秀雄、他2名、仮想環境による中ぐり旋盤作業の高能率技能訓練、日本バーチャルリアリティ学会論文誌、査読有、16巻4号、2011、533-538
- ③梁馨、加藤秀雄、他4名、Discomfort-Inducing Warning System by Auditory Stimulation、Proc. IASTED Int. Conf. Technology for Education、査読有、2011、16-23

[学会発表] (計6件)

- ①梁馨、加藤秀雄、他3名、VRによる手溶接技能訓練の効率化に関する研究、日本バーチャルリアリティ学会大会、2012年9月12日、慶応義塾大学日吉
- ②越創一朗、加藤秀雄、他4名、手溶接のVR訓練システムにおける力覚の影響、日本バーチャルリアリティ学会大会、2012年9月12日、慶応義塾大学日吉
- ③梁馨、加藤秀雄、他2名、仮想環境による手溶接技能の効率的訓練、日本バーチャルリアリティ学会大会、2011年9月20日、公立ほこだて未来大学
- ④青宿淳一、加藤秀雄、他2名、円筒状工作物の芯出し技能のVR訓練システム、日本人間工学会関東支部大会、2010年12月4日、東海大学高輪校舎
- ⑤梁馨、馬寧、加藤秀雄、他2名、VRによる旋盤作業訓練システムを用いた高能率技能訓練、日本人間工学会関東支部大会、2010年12月4日、東海大学高輪校舎
- ⑥御簾納陽介、橋本宣慶、加藤秀雄、他2名、複合現実感を用いた汎用工作機械の操作訓練、日本人間工学会関東支部大会、2010

年12月4日、東海大学高輪校舎

6. 研究組織

(1) 研究代表者

加藤 秀雄 (Kato Hideo)

千葉大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：80 009711

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし