

京都大学	博士 (工学)	氏名	CHAMNONGTHAI KOMI
論文題目	Haptic Sensation Enhancement for Tasks Using Single and Multiple Fingers via Remote Stochastic Resonance Effects (指を用いた作業における遠隔確率共鳴による指先触知覚の向上)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>Several tasks in our daily lives require a haptic perception, which results from the stimulation of mechanoreceptors generated by the manual exploration of an object. The haptic perception of the fingertip is very precise, which allows an accurate appreciation of light touch, proprioception, and discrimination. Due to a deterioration of the nerve endings in the finger pulp, the haptic perception tends to be weaker, which leads to a decrease in the haptic performance in our lives. To overcome this problem, enhancing the haptic sensation of the user's fingertip is crucial to have a better haptic performance. This thesis proposes approaches that utilize the Stochastic Resonance effects via mechanical noise to enhance the haptic sensation of the user's fingertip while performing the tasks using single and multiple fingers, where the mechanical noise for the stochastic resonance is applied at a remote position away from the fingers.</p> <p>Chapter 1 presents an overview of the scope and contribution of this thesis. This chapter starts with an overall explanation of how important the human haptic sensation is for several tasks. Moreover, this chapter discusses the limitations that prevent the tactile sensation while the users perform the tasks and the available solutions to enhance the human haptic sensation of the fingertip. Next, this chapter explains the remote Stochastic Resonance phenomena and their applications to enhance the haptic sensation of the human fingertip. Finally, the main objective of this thesis is presented.</p> <p>Chapter 2 reveals the motivation behind this study to understand how remote SR effects can enhance the haptic sensation. This chapter aims to investigate how the remote SR effects improve the haptic sensation of the human fingertip while performing tasks. For this, we carry out the noise measurement at the fingertip while the noise is propagated from the noise source to the fingertip. After the noise measurement shows that the noise propagates from the noise source to the fingertip proportionally, vibration discrimination is conducted to examine the haptic performance when the noise is applied to the user with several noise intensities. The outcomes show that the optimal noise level plays a crucial role in enhancing the haptic performance.</p> <p>Chapter 3 reveals the remote SR effects for the multi-finger task by conducting a two-finger stiffness discrimination task while the mechanical noise is applied to a user with a remote position of a noise source. Considering the main feature of SR effects, this chapter proposes a method to enhance the haptic sensation of the two fingertips with a single vibrator. Then, we carry</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	CHAMNONGTHAI KOMI
<p>out a two-finger stiffness discrimination while the participants are under the proposed method. The results show the SR effects can enhance the haptic sensation of two fingers even with a single noise source while the user performs the multi-finger task. Furthermore, the position of the noise source also plays an important role in increasing the haptic performance of the user. Moreover, the SR effects aim to enhance the cutaneous perception, which results in the overall haptic perception being enhanced even if the task requires both kinesthetic and cutaneous perception.</p> <p>Chapter 4 reveals the remote SR effects on motor learning by conducting a force-matching task while the mechanical noise is applied to a user with a remote position of a noise source. In today's modern training using haptics, the finger-holder, which is used to communicate with a virtual reality environment, reduces the user's cutaneous perception, which might lead to the reduction of the training performance. This chapter proposes a motor learning method with the SR effects and carries out the force-matching task. The results indicate that the training performance when the noise is applied to the user has a faster learning process.</p> <p>Chapter 5 concludes the main findings and discusses future study problems.</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、機械ノイズによる確率共鳴効果を利用して、手指を用いた作業を実行する際に、人の指先触知覚を向上する方法を提案している。これにより人の指先における触知覚が向上すれば、手指を用いた作業の効果を向上できる可能性がある。そして本論文は、被験者実験を通して、その有効性を検証しており、得られた主な成果は次の通りである。

1. 本論文では、指先から離れた位置にノイズを与える遠隔確率共鳴に焦点を当てている。遠隔確率共鳴では、指にノイズ源を取り付ける必要が無く手の動きを拘束しない等、手指を用いた作業における利点を有する。ただし、遠隔確率共鳴の発現原理は未知であった。本論文では、指先に伝搬されるノイズと、指先触知覚の閾値の関係性を調べ、考えられる遠隔確率共鳴の発現メカニズムを明らかにした。また遠隔確率共鳴を用い触知覚を向上させるためには、最適なノイズレベルを用いる必要があることを明らかにした。
2. 我々の周りには、複数指を用いたタスクが多数ある。その例として、親指と人差し指を用いた柔軟感識別タスクを取りあげ、複数指に対する遠隔確率共鳴の効果を明らかにした。特に、遠隔確率共鳴の特徴を考慮し、1つのノイズ源のみを用いた場合でも、2本の指先に十分な量のノイズを伝搬でき、これにより2本の指先の触知覚を向上する方法を提案した。そして被験者実験により、提案手法の有効性を示した。また提案手法が、実空間と仮想空間のいずれにおけるタスクに対しても、有効であることを示した。
3. 力を伴う技能では手指の感覚が重要であるが、模倣や言語による教示では正確な力や位置情報を伝達できず、その教育・訓練は困難である。このため人工現実感(VR)技術を用いた技能伝達の研究が活発に行われている。本論文では、遠隔確率共鳴により指先の触知覚を向上させつつ、訓練中に学習者へ提示される訓練支援用の触覚情報を高感度に得ることで、人差し指の指先力を学習するVR訓練手法を提案した。被験者実験によりその効果について検証し、特に、提案手法により学習速度が速くなることを明らかにした。

以上要するに、本論文は人間の指先における触知覚の向上法とその応用について有用な知見を与えたものであり、その成果は学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、令和6年1月16日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。