

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 4 月 27 日現在

機関番号：13801

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25560109

研究課題名(和文)危機回避を目的とするシステム運転者用仮想空間利用教育方式の基礎研究

研究課題名(英文)Basic Research on Virtual Systems for Operator Crisis Prevention Training

研究代表者

Kamen Kanev (Kamen, Kanev)

静岡大学・情報学部・教授

研究者番号：60404894

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：レーザー刻印法などによる固体表面の符号化技術を用いた高度な双方向情報伝達モデルを構築した。プラントオペレータ等の緊急時対応訓練を行うため、仮想コントロール室を巨大スクリーンとそれに付随した高度タッチパネル機能を用いて実現した。このプラントシステム等の集中制御室を模擬した仮想空間では、巨大スクリーン上に表示される音源の画像位置と音響学的音源位置が一致するようになっており、訓練者がより高い現実感を得られるようになっている。

研究成果の概要(英文)：Advanced interaction models supporting tangible interface components implemented through laser-based surface engraving and undersurface encoding have been designed. Large displays with enhanced touch-screen functionality have been integrated into an experimental virtual environment for critical operation control training and crisis prevention simulations. Novel methods for virtual sound generation over interactive surfaces have been developed and employed for spatial cueing in the experimental training simulation.

研究分野：HCI

キーワード：人間/コンピューター相互作用 クラスターパターンインターフェース HCI CLUSPI

1. 研究開始当初の背景

人為的災害や自然災害に対処する場合、多くの情報は中央情報管理室や中央制御管理室に集積され、ここから様々な指示や、人工システムに対しては制御が行われる。これらの指示や制御が迅速かつ適切に行われない場合、事故・事象は連鎖的かつしばしば非線形的に増大し、ついには制御不能な甚大な災害に至る。このような事態を回避するため、一般的には多重の安全システムやバックアップシステムを備えることが標準となっている。しかし、これらのシステムの運転は、危機的状況下では最終的には人間の判断にゆだねられる（例えば、福島第一原子力発電所の事故のように）。したがって、中央情報管理室や中央制御管理室のような複雑なシステムの運転には、高度に訓練された人材が不可欠であり、そのような人材の訓練・教育を行う方式についての研究開発は急務となっている。このような喫緊の必要性に対して、柔軟に対応でき、かつ安価に構築できるIT教育システムを提案するのが本研究である。

2. 研究の目的

様々な工業用プラントの誤作動等による大規模災害に至る危機を迅速に回避するため、あるいは自然災害防止システムの効果的運用のためには、個々のプラントシステムや防災システムに習熟した人材の育成が必要不可欠となる。本研究では、簡便ではあるが、きわめて現実感あふれる仮想空間を用いて、中央制御室（オペレーションルーム）に様々な危機的状況をつくりだし、このようなシステムのオペレータの危機回避能力を高度に訓練する教育システムに関連する要素技術の開発研究である。

3. 研究の方法

物体表面にデジタル情報を付与するSurface Based Interaction (SBI)方式は、コンピュータとの双方向情報伝達方法を可能にし、種々のテーマに関する教育・訓練への応用が可能である。SBI方式は、この目的を達成するための教育用仮想空間を最少のコストで構築することができる。必要となるハードウェアは、大スクリーンと音響システム、およびそれらを制御するコンピュータのみであるため、個々のテーマに関する特定のハードウェアを必要としない。また、ソフトウェアの種類を変えるだけで様々な訓練用、教育用の仮想空間を実現することができる。本研究では、大スクリーンの中に構築される仮想空間内の押しボタンやトグルスイッチの機能をPoint&Click Functionalityにより実現し、簡易仮想空間を構築するためのSBI方式に関する基礎研究を実施する。

4. 研究成果

(1) 動的情報伝達のためのデジタル情報の符号化[A6, A9, B8, B9, B21, B22]: クラスタ情報担体(Cluster Pattern Interface: CLUSPI)によるデジタル情報の符号化は、これまで種々の静的な物体表面に対してその応用がなされてきた。しかし、CLUSPI方式による物体表面にデジタル情報を付与する方法は、動的な情報の相互伝達に対しても原理的に適用可能である。ここでは、これまでの研究成果を発展させ、動的な情報伝達に関する研究開発とその実証実験を行った。また、平面上へのクラスタパターンの印刷方法についても、レーザーマーキング方式などの新方式についての実験研究を実施した。

(2) 画像データとデジタル情報の分離と統合化[A5, A7, B1, B3, B7, B15, B16, B18, B20, B23, B24]: 物体表面を用いた静的なデジタル情報を付与する方式を、動的な情報伝達へ拡張するためには、物理的表面においてデジタル情報を担うデジタル情報担体の情報層と表にうつし出される画像情報を分離する必要が出てくる。この分離方法として様々な手法を検討しデジタル情報と画像情報を統合して目視では認識不可能な伝達方式に関する研究を推進させた。

動的情報伝達のためのデジタル情報の符号化として、進取的な多層表面情報方式の提案を行った。また、動的情報伝達の実践の為にレーザーマーキングを用いた新方式についての実験研究を実施した。

(3) 音響システム統合化[A10, A12, C1]: プラントの中央制御室や防災中央情報管理室などの仮想空間を臨場感あふれる形で実現するためには、効果的な空間音響システムを実現することが必要不可欠となる。大スクリーンに囲まれた訓練者には、ブザーや警報音、あるいはスイッチ音が、あたかもそれらが映し出された位置から発せられたかのように聞こえなければならない。小画面のスクリーンでは問題にならないが、壁いっぱい映し出される映像のなかで、音源位置から音が出ているように見せるためには、きわめて高度な空間音響システムの設計、構築が必要となる。このような要求を満足させる音響システムについては、すでに本代表研究者が関連する基礎研究に基づいて、その困難さと解決方法について研究開発実施し実験を行った。

(4) マンマシンインタフェース: [A1, A2, A3, A4, A5, A8, A11, B2, B4, B5, B6, B10, B11, B12, B13, B14, B17, B19, C2]: オペレーションルームの相互作用的なインター

フェイスに関しまして P3P 論理モデルに基づく数値計算を実行と理論的研究も行った。音源の空間位置の同定、双方向インターフェースのモデル化とシミュレーション技術開発については、情報担体としての物理表面の利用に関する研究および表面に付された特殊符号を用いる人間-コンピュータ双方向インターフェース (HCI) 環境に関してそれぞれ研究成果を発表した。また、バイオメトリック (生物測定学に基づく方法) な手法の本研究課題への適用可能性についても検討をおこなった。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 12 件)

- A1 Uribe-Quevedo, A., Kapralos, B., Hogue, A., Kanev, K., Jenkin, M., Barneva, R., A multi-user tabletop display with enhanced mobile visuals for teaching and collaborative training: faculty poster abstract. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, Vol. 31, No. 6, June 2016, pp.60-62.
- A2 Kanev, K., De Marsico, M., Bottoni, P., A Human Computer Interactions Framework for Biometric User Identification, *Jap. Journal of Applied Physics Conf. Proc.*, Vol. 4, 2016, pp.011601(1-6). DOI: 10.7567/JJAPCP.4.011601
- A3 Hung, P., Kanev, K., Shirai, Y., Yuura, K., Nishigaki, M., Mineno, M., Wilkinson, V., Towards Advanced Networking and M-services with Enhanced Information Security and Integrated Support for Big Data Analytics, *Jap. Journal of Applied Physics Conf. Proc.*, Vol. 4, 2016, pp.011603(1-6). DOI: 10.7567/JJAPCP.4.011603
- A4 Barneva, R., Brimkov, V., Carbonara, J., Favata, J., Sherman, B., Kanev, K., Innovative Way of Offering Master's Program on Data Analytics, *Jap. Journal of Applied Physics Conf. Proc.*, Vol. 4, 2016, pp.011617(1-6). DOI: 10.7567/JJAPCP.4.011617
- A5 Antico, M., Avola, D., Bottoni, P., Hawash, A., Kanev, K., Parisi Presicce, F., An Interactive Tool for Sketch-Based Annotation, *Jap. Journal of Applied Physics Conf. Proc.*, Vol. 4, 2016, pp.011604(1-8). DOI: 10.7567/JJAPCP.4.011604
- A6 Mizeikis, V., Kanev, K., Sub-surface Laser Encoding of Physical Objects for Enhanced Privacy and Digital Security, *Jap. Journal of Applied Physics Conf. Proc.*, Vol. 4, 2016, pp.011602(1-6). DOI:10.7567/JJAPCP.4.011602
- A7 Brimkov, V., Barneva, R., Kanev, K., Direct-Access Pattern Interface for Geometric Networks, *Jap. Journal of Applied Physics Conf. Proc.*, Vol. 4, 2016, pp.011613(1-6). DOI: 10.7567/JJAPCP.4.011613
- A8 Kanev, K., Mei, A., Bottoni, P., Home Communications and Services with Enhanced Security: Augmented Embedded Systems for Communication Appliances as an Educational Platform, *Jap. Journal of Applied Physics Conf. Proc.*, Vol. 4, 2016, pp.011615(1-5). DOI: 10.7567/JJAPCP.4.011615
- A9 Zelenska, E., Zelensky, S., Poperenko, L., Kanev, K., Mizeikis, V., Gnatyuk, V., Thermal mechanisms of laser marking in transparent polymers with light-absorbing microparticles, *Optics & Laser Technology*, Vol. 76, January 2016, pp.96-100. DOI: 10.1016/j.optlastec.2015.07.011
- A10 Lam, J., Kapralos, B., Kanev, K., Collins, K., Hogue, A., Jenkin, M., Sound localization on a horizontal surface: Virtual and real sound localization, *Virtual Reality, Special Issue on Spatial Sound in Virtual and Augmented Reality*, Vol. 19, No. 3, November 2015, pp.213-222. DOI: 10.1007/s10055-015-0268-2
- A11 Vynnycky, M., Kanev, K., Mathematical analysis of the multisolution phenomenon in the P3P problem, *Journal of Mathematical Imaging and Vision*, Vol. 51, No. 2, 2015, pp.326-337. DOI: 10.1007/s10851-014-0525-0.
- A12 Lam, J., Kapralos, B., Collins, K., Hogue, A., Kanev, K., Jenkin, M., Sound Localization on Table-Top Computers: A Comparison of Two Amplitude Panning Methods, *Computers in Entertainment*, Vol. 12, No. 2, December 2014, pp.4:1-4:19. DOI: 10.1145/2701657.2633417

[学会発表] (計 2 4 件)

- B1 Antico, M., Avola, D., Bottoni, P., Hawash, A., Kanev, K., Parisi Presicce, F., Sketch-Based Annotations with a Specialized Interactive Tool, *The 18th Int. Conf. on Humans and Computers HC2015*, Hamamatsu, Japan, December 8, 2015.
- B2 Sitompul, A., Kanev, K., Mecca, A., De Marsico, M., Bottoni, P., Specialized Hybrid Approaches for Tracking and Identification of Motion Patterns, *The 18th Int. Conf. on Humans and Computers HC2015*, Hamamatsu, Japan,

- December 8, 2015.
- B3 Banerjee, R., Kanev, K., Kapralos, B., Jenkin, M., Handheld Augmented Reality for Enhancement of Tabletop Computer Interactions, *The 18th Int. Conf. on Humans and Computers HC2015*, Hamamatsu, Japan, December 8, 2015.
- B4 Kanev, K., De Marsico, M., Bottoni, P., A Human Computer Interactions Framework for Biometric User Identification, *The 14th Int. Conf. on Global Research and Education InterAcademia2015*, Hamamatsu, Japan, September 28-30, 2015, pp.24-25.
- B5 Hung, P., Kanev, K., Shirai, Y., Yuura, K., Nishigaki, M., Mineno, M., Wilkinson, V., Towards Advanced Networking and M-services with Enhanced Information Security and Integrated Support for Big Data Analytics, *The 14th Int. Conf. on Global Research and Education InterAcademia2015*, Hamamatsu, Japan, September 28-30, 2015, pp.26-27.
- B6 Barneva, R., Brimkov, V., Carbonara, J., Favata, J., Sherman, B., Kanev, K., Innovative Way of Offering Master 's Program on Data Analytics, *The 14th Int. Conf. on Global Research and Education InterAcademia2015*, Hamamatsu, Japan, September 28-30, 2015, pp.28-29.
- B7 Antico, M., Avola, D., Bottoni, P., Hawash, A., Kanev, K., Parisi Presicce, F., An Interactive Tool for Sketch-Based Annotation, *The 14th Int. Conf. on Global Research and Education InterAcademia2015*, Hamamatsu, Japan, September 28-30, 2015, pp.30-31.
- B8 Mizeikis, V., Kanev, K., Sub-surface Laser Encoding of Physical Objects for Enhanced Privacy and Digital Security, *The 14th Int. Conf. on Global Research and Education InterAcademia2015*, Hamamatsu, Japan, September 28-30, 2015, pp.126-127.
- B9 Brimkov, V., Barneva, R., Kanev, K., Direct-Access Pattern Interface for Geometric Networks, *The 14th Int. Conf. on Global Research and Education InterAcademia2015*, Hamamatsu, Japan, September 28-30, 2015, pp.128-129.
- B10 Kanev, K., Mei, A., Bottoni, P., Towards Home Communications and Services with Enhanced Security: Augmented Embedded Systems for Communication Appliances, *The 14th Int. Conf. on Global Research and Education InterAcademia2015*, Hamamatsu, Japan, September 28-30, 2015, pp.132-133.
- B11 Dubrowski, A., Kapralos, B., Kanev, K., Jenkin, M., Interprofessional critical care training: Interactive virtual learning environments and simulations. In *Proceedings of The Sixth International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA 2015)*, Corfu, Greece, July 6-8, 2015, pp.1-5. DOI: 10.1109/IISA.2015.7387984
- B12 Kanev, K., Oyaizu, K., De Marsico, M., Bottoni, P., Stroke Analysis for Kanji Learning with Mobile Devices, *2015 International Workshop on Serious Gaming = Serious Business*, Hamamatsu, Japan, March 5, 2015.
- B13 Oyaizu, K. Harada, K. Kanev, K., De Marsico, M., Bottoni, P., Towards an Experimental Biometric Framework for Natural User Identification, *The 17th Int. Conf. on Humans and Computers HC2014*, Hamamatsu, Japan, December 18, 2014.
- B14 Mirenkov, N., Yoshioka, R., Kanev, K., Social and Educational Aspects of 3D Printing, *The 16th Int. Conf. on Humans and Computers HC2013*, Hamamatsu, Japan, December 17, 2013.
- B15 Mizeikis, V., Kanev, K., Gnatyuk, V., Gagarsky, S., Encoding of information in the sub-surface layer of plastic objects by nanosecond laser-induced damage, *The 16th Int. Conf. on Humans and Computers HC2013*, Hamamatsu, Japan, December 17, 2013.
- B16 Kanev, K., Multi-resolution Fiducial Markers, *The 16th Int. Conf. on Humans and Computers HC2013*, Hamamatsu, Japan, December 17, 2013.
- B17 Dubrowski, A., Kapralos, B., Jenkin, M., Kanev, K., Interprofessional Critical Care Training Using Interactive Virtual Learning Environments and Simulations, *The 16th Int. Conf. on Humans and Computers HC2013*, Hamamatsu, Japan, December 17, 2013.
- B18 Mochiduki, S., Kanev, K., Barneva, R., Positional Information Acquisition Using Environmental Patterns, *The 16th Int. Conf. on Humans and Computers HC2013*, Hamamatsu, Japan, December 17, 2013.
- B19 Kanev, K., Oido, I., Hung, P., Kapralos, B., Jenkin, M., Augmented Reality (AR) Toys: Applications and Future Works, *The 16th Int. Conf. on Humans and Computers HC2013*, Hamamatsu, Japan, December 17, 2013.
- B20 Barneva, R., Kanev, K., Mochiduki, S., Position Encoding and Localization with Environmental Patterns, In *Proceedings of Western New York Image Processing Workshop*, Rochester Institute of Technology, Rochester, USA, November 22, 2013, pp. 43-46.
- B21 Gnatyuk, V.A., Vlasenko, O.I.,

- Levytskyi, S.N., Kanev, K., Mizeikis, V., Aoki, T., Gagarsky, S.V., Poperenko, L.V., Zelenska, K.S., Statsenko, A.O., Features of laser-induced damage and creation of marking centers in digital material processing, *The 11th Int. Conf. on Global Research and Education InterAcademia2013*, Sofia, Bulgaria, September 23-27, 2013.
- B22 Zelenska, K.S., Zelensky, S.E., Poperenko, L.V., Rozouvan, S.G., Kanev, K., Mizeikis, V., Gnatyuk, V.A., Thermal mechanisms of laser marking in transparent polymers with light-absorbing micro-particles, *The 11th Int. Conf. on Global Research and Education InterAcademia2013*, Sofia, Bulgaria, September 23-27, 2013.
- B23 Bottoni, P., Kanev, K., Towards a flexible architecture for interaction with augmented surfaces, In *Proceedings of the 6th IEEE International Conference on Ubi-Media Computing UMEDIA2013*, Aizu-Wakamatsu, Japan, November 2-4, 2013, pp.784-790.
- B24 Bottoni, P., Kanev, K., Mirenkov, N., Constructing Collaborative Services through Augmented Documents and Objects, In *Proceedings of the 6th International Symposium on Visual*

Information Communication and Interaction VINCI '13, Tianjin, China, August 17-18, 2013, pp.1-10.

〔図書〕(計2件)

- C1 Kapralos, B., Kanev, K., Jenkin, M., Advanced Sound Integration for Toy-Based Computing, In P. Hung (Ed.), *Mobile Services for Toy Computing*, Springer, 2015, pp.107-127. ISBN 978-3-319-21322-4, DOI: 10.1007/978-3-319-21323-1
- C2 Kanev, K., Oido, I., Hung, P., Kapralos, B., Jenkin, M., Approaching the Learning of Kanji through Augmented Toys in Japan. In P. Hung (Ed.), *Mobile Services for Toy Computing*, Springer, 2015, pp.175-192. ISBN 978-3-319-21322-4, DOI: 10.1007/978-3-319-21323-1

6. 研究組織

(1) 研究代表者

金武 佳明 (KANEV Kamen)
静岡大学・情報学部・教授
研究者番号：60404894

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし