

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24年 5月 30日現在

機関番号：13801
 研究種目：基盤研究(B)
 研究期間：2008～2012
 課題番号：20300268
 研究課題名（和文）デジタル情報を搭載した科学技術教材と双方向教育システムの開発
 研究課題名（英文）Development of Interactive Science and Technology Systems and Educational Materials with Embedded Digital Information Carriers

研究代表者
 金武 佳明(KANEV Kamen)
 静岡大学・電子工学研究所・教授
 研究者番号：60404894

研究成果の概要（和文）：CLUSPI システムを用いたデジタル情報担体採用により、印刷物および物体表面とデジタルデータとの融合を画期的に発展させることができた。また、後者を実現するために、レーザー照射によるクラスターパターン刻印技術の開発が不可欠となり、そのための技術開発を行った。このようなデジタル情報担体を利用した e-learning システムは、学習者により具体性を持った高いレベルの理解度 Tangible TEL (T-TEL) を提供することができる。

研究成果の概要（英文）：Cluster Pattern Interface (CLUSPI) Digital Information Carriers have been successfully integrated in various printed materials and attached to environmental surfaces as well as embossed on and embedded in the bulk of different physical objects by laser marking. Resulting digitally enhanced interface components have been employed in novel e-learning environments forming the basis of T-TEL (Tangible Technology Enhanced Learning.)

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
2009年度	3,100,000	930,000	4,030,000
2010年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2011年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2012年度	2,200,000	660,000	2,860,000
総計	14,300,000	4,290,000	18,590,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：マルチモーダルユーザーインターフェース、クラスターパターンインターフェース(CLUSPI)、教育工学、科学教育

1. 研究開始当初の背景

これまでに、クラスターパターンによる位置認識ソフトウェア技術（英語名 Cluster Pattern Interface から頭文字をとって CLUSPI と命名された）の基本的な部分の開発が終了し、これについては2004年11月に特許が成立している。本技術を用いれば紙に印刷された文字の上に、肉眼では認識不可能な

微細なクラスターパターンを重ねて印刷し、それを小型カメラで読み取ることにより、印刷物では表現できない映像や音声など、サーバ等の外部システムに記録した膨大なデジタル情報と関連付けを行うことができる。このような機能を実証するためにパソコンと小型カメラを組み合わせたデモシステムを開発した。これまでに認識スピードや認識の

信頼性について極めて満足できる結果が得られている。

印刷物とデジタル情報を結合する既存のインタラクティブな技術は、これまで幾つか提案されているが、教室単位の教育でそのような技術を積極的に活用した例はなかった。本研究代表者は、クラスターパターンを利用したインターフェース技術の応用の一例として、会津大学での英語教育を取り上げ、システム開発と言語教育技術の向上を図ることに成功してきた。

これまでの研究成果で培われてきた技術に基づき、本技術をさらに拡張し、コンピュータを用いた科学技術教育の新しい教材開発とシステムの構築、および斬新なグループ単位の教育方法の開発を行うことに思い至った。本研究の申請は、新規な科学技術教育のための e-learning システムを構築することを目指すものである。

2. 研究の目的

本研究では、ある規則性をもって生成されたクラスターパターン（たとえば、ドットやバーなどのグラフィックオブジェクトの組み合わせ）から、平面上の絶対座標を特定する新規技術 CLUSPI(Cluster Pattern Interface)を応用して、文章などを印刷した紙媒体教材と関連する音声や画像、映像などのデジタル情報を直接インタラクティブに結合させる方法を提案する。それにより学生の理解度を高め、学習過程を促進する教育環境、特に科学技術教育とグループ単位の学習法に応用する。また、このようなシステムを作る上で必要となる、印刷情報とデジタル情報を結合する斬新なツールを提案・開発し、科学技術教育に関する新たな e-learning 環境と学習進捗状況把握システムの構築を目指すものである。

3. 研究の方法

本研究内容は主として二つに分割される。その一つは数学、及び流体力学（熱移動を含む）の分野で CLUSPI 技術を応用した新たな科学技術教材の開発である。ここではテキスト中の関連する箇所を定理、公式、グラフ、静止画像、動画等に簡単にアクセスできる教材の開発を行う。第二の柱は演習時間などで教室全体の学習進捗状況をリアルタイムで把握する教育システムの構築である。ここでは高度な個人認証システムの導入により、各学生が現在どのデジタルデータにアクセスしているかについての情報を集中的に監視し、クラス全体の学習進捗状況をモニターすることが出来る。これら二つを統合して e-learning による新たな科学技術教育法の確立を目指すものである。

4. 研究成果

CLUSPI の採用により印刷物とデジタルデータの融合を画期的に発展させることができた。物質表面にデジタル情報を埋め込む表面の記号化、それを光学的に読み取り復号化するきわめて汎用性の高い表面情報伝達技術を開発した。印刷された文章または画像がインターフェースの一部として働き、手話や読唇術などに関するデジタルデータを含む広範なマルチメディアコンテンツへの結合を可能とした。その結果、教科書等の紙ベースの情報を、個々に関連する事項についての注釈や参考資料としてのマルチメディアなどのデジタル情報源と関連付けを行うことにより、紙媒体の有する情報量の飛躍的な増大化を図ることができるようになった。

工学部 1, 2 年生を対象とした e-learning を目標とし、流体力学、伝熱工学的現象のより直感的理解を助ける、画像インターフェース GIFES を持つシステムの開発を行った。別の成果としては漢字やその部首を、起源にまで遡って具象化し、それらを凹凸を用いた 3 次元印刷により表現する初心者向けの革新的漢字学習システムの開発があった。また、CSCL(Computer Supported Collaborative Learning)システムを用いたダイナミックなグループ学習について更に研究を推進し、平面座標とコンピュータ上の音声デジタルデータとのインターフェース(スマートテーブル)の構築を行った。

スマートテーブルとは、デジタル情報源のデータと関連付けされた平面、印刷物、物体上の面などから構成されるものである。この概念に基づくシステムの開発は、同時に重要な研究課題を提起する。即ちこれまでの映像・音声によるプレゼンテーションでは、聴衆はみな一様にスクリーンに注目しなければならなかったが、スマートテーブルの導入により、音声による情報提供を個人レベルで選択出来るシステムの構築が可能となる。このため、スマートテーブルは普遍的（ユニバーサル）な計算環境の構築へ道を開く事になる。現在のように、一人が一台の独立したコンピュータを占有する環境から、スマートテーブルを介した相互コミュニケーションを重視する新たなシステムの構築に向かう事になる。このようなシステムは学校、家庭での教育環境を劇的に変化させる可能性を秘めている。この新たな概念によるシステムを応用して、学習の為のより効果的な仮想環境構築に基づいて、教育目的のためのゲーム、ダイナミックなグループ学習法への応用を図った。

本研究で実験的に開発する e-learning システムは、多様な専門分野を融合した Technology Enhanced Learning (TEL)を具現化することを目指す。デジタル情報を搭載した物理的な形を有する面や物体の利用は、学習者により具体性を持った高いレベルの理解度 Tangible TEL (T-TEL)を提供することができる。ここで問題となるのは種々の材質からなる物体表面にいかに効率的、かつ正確にドットなどの集合体のパターンを印刻す

ることができるかと言うことである。このためにレーザー照射によるクラスターパターン印刻技術の開発が不可欠となり、その開発も行った。

本研究の最終目標は、学習者を囲む物理空間やそこに配置された物体等 (Surface Based Interaction) を利用し、画像や映像処理 (IIP) により、学習者のために仮想空間 (Spatial Virtual Reality) を提供することである。この仮想空間は音響効果により、現実感を増し、学習者のさらなる意欲向上をもたらす e-learning システム になるものと期待される。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 11 件)

- ① Kimura, S., Ueda, M., Kanev, K., Time-dependent Solidification in a Square Cavity with a Temperature-modulated Liquid Layer Cooled from Above, *Information Technologies and Control*, Vol. 9, No. 4, 2011, pp.16-22.
- ② Gnatyuk, V.A., Kanev, K., Gagarsky, S.V., Features of Transparent Material Marking with Nano- and Subnanosecond Laser Pulses, *Journal of Advanced Research in Physics*, Vol. 2, No. 2, 2011, pp.1-5.
- ③ Kanev, K., Gnatyuk, P., Gnatyuk, V., Laser Marking in Digital Encoding of Surfaces, *Advanced Materials Research*, Vol. 222, 2011, pp.78-81.
- ④ Kimura, S., Kanev, K., E-learning of Phase Change Processes Under Vigorous Convection Heat Transfer, *Information Technologies and Control*, Vol. 8, No. 3, 2010, pp.12-18.
- ⑤ Kanev, K., Barneva, R., Brimkov, V., Kaneva, D., Interactive Printouts Integrating Multilingual Multimedia and Sign Language Electronic Resources, *Journal of Educational Technology Systems*, Vol. 38, No. 2, 2009-2010, pp.123-143.
- ⑥ Barneva, R., Brimkov, V., Kanev, K., Combining Ubiquitous Direction-Sensitive Digitizing with a Multimedia Electronic Dictionary for Enhanced Understanding, *Int. Journal of Imaging Systems and Technology*, Vol. 19, No. 2, June 2009, pp. 39-49.
- ⑦ Kanev, K., Kimura, S., Orr, T., A Framework for Collaborative Learning in Dynamic Group Environments, *Int. Journal of Distance Education Technologies*, Vol. 7, No. 1, January-March 2009, pp. 58-77.

[学会発表] (計 29 件)

- ① Kimura, S., Yamamoto, H., Kanev, K., Periodic Solidification in a Rectangular Duct Due to Velocity Modulation; One-dimensional Analysis, In *Proceedings of the Int. Conf. Automatics and Informatics' 12*, Sofia, Bulgaria, October 3-5, 2012, pp.17-21.
- ② Gnatyuk, V.A., Kanev, K.D., Mizeikis, V., Aoki, T., Gagarsky, S.V., Poperenko, L.V., Laser Volumetric Marking and Recording of Digital Information, *The 10th Int. Conf. on Global Research and Education InterAcademia2012*, Budapest, Hungary, August 26-30, 2012, pp.189-200.
- ③ Kanev, K., Kato, H., Barneva, R., Fu, Z., Kimura, S., Environmental Codes for Autonomous Position Determination, *The Seventh International Multi-Conference on Computing in the Global Information Technology ICCGI 2012*, Venice, Italy, June 24-29, 2012, pp.282-287.
- ④ Kanev, K., Augmented Tangible Interface Components and Image Based Interactions, *International Conference on Computer Systems and Technologies CompSysTech' 12*, Ruse, Bulgaria, June 22-23, 2012, pp.23-29.
- ⑤ Kanev, K., Oido, I., Yoshioka, R., Mirenkov, N., Employment of 3D Printing for Enhanced Kanji Learning, In *Proceedings of The Joint Int. Conf. on Human-Centered Computer Environments HCCE 2012*, Aizu-Wakamatsu, Japan, March 8-13, 2012, pp.165-170.
- ⑥ Kanev, K., Mizeikis, V., Gnatyuk, V., Localization Encoding in the Bulk of Physical Objects by Laser-Induced Damage, In *Proceedings of The Joint Int. Conf. on Human-Centered Computer Environments HCCE 2012*, Aizu-Wakamatsu, Japan, March 8-13, 2012, pp.93-98.
- ⑦ Nakano, D., Lam, J., Kapralos, B., Kanev, K., Collins, K., Hogue, A., Jenkin, M., A Framework for Sound Localization Experiments and Automation, In *Proceedings of The Joint Int. Conf. on Human-Centered Computer Environments HCCE 2012*, Aizu-Wakamatsu, Japan, March 8-13, 2012, pp.137-144.
- ⑧ Boytchev, P., Kanev, K., Nikolov, R., Technology Enhanced Learning with Subject Field Multiplicity Support, In *Proceedings of The Joint Int. Conf. on Human-Centered Computer Environments HCCE 2012*, Aizu-Wakamatsu, Japan, March 8-13, 2012, pp.39-44.
- ⑨ Todorova, M., Kanev, K., Educational Framework for Verification of Object-Oriented Programs, In *Proceedings of The Joint Int. Conf. on*

- Human-Centered Computer Environments HCCE 2012*, Aizu-Wakamatsu, Japan, March 8-13, 2012, pp. 23-27.
- ⑩ Kimura, S., Kanev, K., Phase Change Control Under Vigorous Convection Heat Transfer, In *Proceedings of the Int. Conf. Automatics and Informatics' 10*, Sofia, Bulgaria, Oct. 3-7, 2010, pp. 315-318.
- ⑪ Bottoni, P., Kanev, K., Mirenkov, N., Distributed and Context-focused Discussion on Augmented Documents and Objects, *International Reports on Socio-Informatics*, Vol. 7, No. 1, 2010, "Workshop Proceedings of the 9th Int. Conf. on the Design of Cooperative Systems", Aix-en-Provence, France, May 18-21, 2010, pp. 298-307.
- ⑫ Collins, K., Kapralos, B., Kanev, K., Sound Interface Design for Smart Table Computer Interaction, In *Proceedings of the 12th Int. Conf. on Humans and Computers HC' 09*, Hamamatsu, Japan, December 9-10, 2009, pp. 19-25.
- ⑬ Kanev, K., Mirenkov, N., Brimkov, B., Dimitrov, K., Semantic Surfaces for Business Applications, In *Proceedings of the Int. Conf. on Software, Services and Semantic Technologies s3t2009*, Sofia, Bulgaria, October 28-29, 2009, pp. 36-43.
- ⑭ Kanev, K., Barneva, R., Brimkov, V., Kaneva, D., Print-Based Interaction Interfaces for Multilingual Multimedia and Sign Language Electronic Resource Integration, In *Proceedings of the 4th International Conference on Software and Data Technologies (ICSOFIT' 09)*, Sofia, Bulgaria, July 26-29, 2009, pp. 223-228.
- ⑮ Barneva, R., Brimkov, V., Kanev, K., New Dimensions in Language Acquisition: Interactive Books with Multimedia Support, In *Proceedings of 18th CIT 2009 Conference on Instructional Technologies "Engaging Minds: Innovative Teaching and Learning"*, Oswego, NY, USA, May 19-22, 2009, pp. 56-57.
- ⑯ Kanev, K., Morishima, Y., Watanabe, K., Surface Code Readers for Image Based Human-Computer Interfaces, In *Proceedings of the Eleventh Int. Conf. on Humans and Computers HC' 08*, Nagaoka, Japan, November 20-23, 2008, pp. 57-62.
- ⑰ Kanev, K., Kimura, S., Yoneya, M., E-learning Fluid Flows: Tank Discharge Through an Orifice, In *Proceedings of the 7th International Conference on Global Research and Education Inter-Academia 2008*, Pecs, Hungary, September 15-18, 2008, pp. 144-151.
- ⑱ Kanev, K., Mirenkov, N., Hasegawa, A.,

Newspapers: Digitally Enhanced Printouts Supporting Pervasive Multimodal Interactions, In *Proceedings of the First IEEE International Conference on Ubi-media Computing (U-Media 2008)*, Lanzhou, China, July 15-16, 2008, pp. 1-7.

〔図書〕 (計3件)

- ① Kanev, K., Kimura, S., Collaborative Learning in Dynamic Group Environments, Book chapter in "Distance Education Environments and Emerging Software Systems: new Technologies", Qun Jin (Ed.), IGI Global, 2011, pp. 1-14.
- ② Kanev, K., Mirenkov, N., Pervasive Carpet Encoding for Active Knowledge Semantic Surfaces, Book chapter in "Ubiquitous Multimedia Computing", Qing Li and Timothy K. Shih (Eds), Chapman & Hall/CRC Press, 2010, pp. 197-213.
- ③ Kanev, K., Kamiya, N., Mirenkov, N., Digitally Enhanced Documents, Chapter in "Communicating Mathematics in the Digital Era". J.M. Borwein, E.M. Rocha, and J.F. Rodrigues (eds), A.K. Peters Press, 2008, pp. 157-170.

〔産業財産権〕

○取得状況 (計3件)

- (1) 名称: Clustering-scheme-encoded Interfaces Providing Orientation Feedback
 発明者: Kanev, K., Kimura, S.
 権利者: SIRES
 種類: 特許第 US7991191B2 号
 番号: 特許
 取得年月日: 2011年8月2日
 国内外の別: 海外(アメリカ)
- (2) 名称: Digital Information Carrier
 発明者: Kanev, K., Kimura, S.
 権利者: SIRES
 種類: 特許第 US7711139B2 号
 番号: 特許
 取得年月日: 2011年5月4日
 国内外の別: 海外(アメリカ)
- (3) 名称: デジタル情報担体
 発明者: 金武佳明, 木村繁男
 権利者: SIRES
 種類: 特許第 JP4368373B2 号
 番号: 特許
 取得年月日: 2009年9月4日
 国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

金武佳明 (KANEV Kamen)

静岡大学・電子工学研究所・教授

研究者番号：60404894

(2) 研究分担者

神谷徳昭 (KAMIYA Noriaki)

会津大学・総合数理科学センター・教授

研究者番号：90144691

(3) 研究分担者

ミレンコフ ニコライ (MIRENKOV Nikolay)

会津大学・コンピュータ理工学部・教授

研究者番号：80254043

(4) 研究分担者

木村繁男 (KIMURA Shigeo)

金沢大学・学内共同利用施設等・教授

研究者番号：70272953