

機関番号：26402
研究種目：基盤研究 (C)
研究期間：2008～2010
課題番号：20500118
研究課題名 (和文) ペンの傾き・方位・筆圧での入力制御能力の解明およびペン操作技法の開発
研究課題名 (英文) An Investigation Into the Human Capability to Control Pen Pressure, Tilt and Azimuth and Development of Pen Input Techniques

研究代表者
任 向実 (REN XIANGSHI)
高知工科大学・工学部・教授
研究者番号：00287442

研究成果の概要 (和文)：

本研究は、ペン多次元情報をベースにした操作技法デザインの理論基盤を確立することを目指し、ペンによる多次元の情報 (ペンの傾き・方位・筆圧) 制御能力を実験的に解明し、様々なペン操作技法のデザインを提案した。

研究成果の概要 (英文)：

The ultimate goal of this study is to provide a systematic body of empirical knowledge as a basis for the future research and design of digital pen applications. This study presents a series of experiments that evaluate human capabilities and limitations in using pen-tip pressure, pen-tilt, and pen azimuth (PTA) as additional channels of control information for the carrying out of various tasks such as pointing, steering, drawing, writing and gesturing on pen sensitive screens. This study presents three main benefits; it establishes viable ranges and limits within which humans can control and exploit PTA; it offers a taxonomy of PTA based interaction techniques; it also showcases a series of potential PTA technique designs

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2009 年度	900,000	270,000	1,170,000
2010 年度	900,000	270,000	1,170,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：Human-computer interaction

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：Human-computer interaction、ペンユーザインターフェース、ペンインタラクション、ペン多次元情報、圧力、傾き、方位

1. 研究開始当初の背景

ペンと紙は世界中で使われており、老若男女や文化圏を問わず自然に行っているコミュニケーションの形式である。ペンによる自然な入力をコンピュータの処理能力に利用できれば、人間の様々な活動の効率が大幅に上がる。そのため、電子ペン一本で全操作できるパソコンは多くの研究者たちが昔から追い求めてきた夢である。しかしながら、市場の多くのペンアプリケーション用のイン

タフェースは単なるキーボードとマウス用の操作法をそのまま流用している。これが、ペンコンピュータ市場が依然として低迷している一因と考える。マウス用のインタフェースをペンで操作した場合、直接的なペン操作は間接的なマウス操作より操作範囲が増え、手が疲れやすくなるなど様々な課題を残している。よって、ペンに適した操作技法の研究が必要不可欠である。

昨今ペン・タブレットはマウスに比べ、

様々な情報を提供している。ペンには x, y 座標値に加え、筆圧、ペンの傾きおよび方位などのパラメータ（ここで「多次元情報」と呼ぶ）がある。これらのペンの特有の情報（圧力、傾き、方位、自転）を活用することができれば、特にマウス・キーボードがない環境において、ペン特有の操作技法の作成が可能になり、人間—コンピュータコミュニケーションの処理能力の向上に繋がり、マウスにはない大きな利点が生まれると考える。

一方、これらの入力情報を生かしたペン操作技法をデザインする際、人間の制御する能力と限界に関する、適切な設計指針が必要とされる。例えば、ユーザが制御しやすい区分（離散的なターゲット）、その区分の選択および選択完了の操作法などを解明する必要がある。

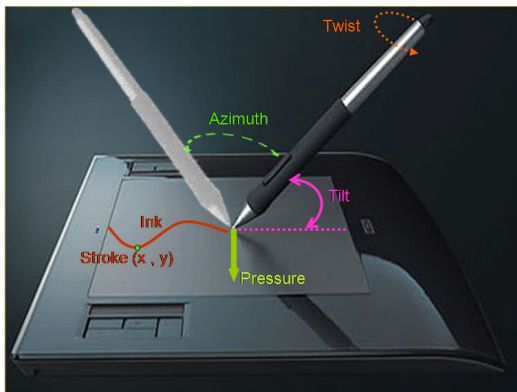


図1：ペン多次元の情報

2. 研究の目的

本研究は、ペン操作技法デザインの理論基盤を確立することを目指し、ペンによる多次元の情報（ペンの傾き・方位・筆圧。図1参照）制御能力の解明、およびそれに基づいた様々なペン操作技法のデザインを目的とする。

3. 研究の方法

本研究はペン特有の操作特性を生かすために、人間の基本的な操作能力をペンによる多次元情報の視点から解明している。一連の実験的な基礎研究を通して人間のペン圧力、傾きと方位をコントロールする能力を明らかにし、その能力を考慮したペンインタフェースデザインを提案する。

(1) ペンの入力制御能力に関する基礎実験

ペンの入力制御能力に関する基礎実験では、筆圧、ペンの傾きと方位のそれぞれにおける人間制御能力の測定と解析を実施した。具体的には、人間が圧力（図2）、ペン傾き、方位の操作できる範囲・値を被験者によるパフォーマンスとアンケート評価の両者から求めた。

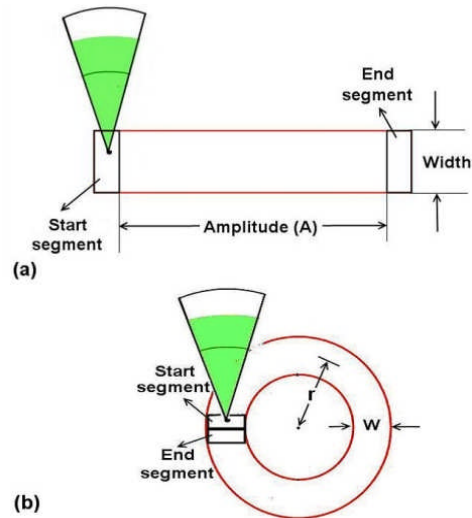


図2：ペン圧力制御に関する実験。(a) linear steering task, (b) circular steering task.

(2) ペン操作技法

① ペン操作技法の試作・開発

ペンの傾き・方位・筆圧のそれぞれによる操作技法群を提案した。具体的には、（シングル、マルチ）ターゲット選択技法、ナビゲーション（スクロール・拡大縮小操作）、操作モードの切り替えなどに関する操作法をデザインした。また、どのパラメータ（またはどのようなパラメータの組み合わせ）を用いて、どのような操作法をデザインしていくかを検討し、タスクに適した操作法を提案した。また人間の操作や入力を促進させる重要な要素である、ターゲットの選択完了と視覚フィードバック機構を調べた。

② ペン操作技法の評価実験の設計と実施

①で提案・試作した操作技法について、従来の操作法に比較する評価実験を設定し、本研究提案の有効性を実証した。

4. 研究成果

本研究は、ペンによる多次元の情報（ペンの傾き・方位・筆圧）制御能力を解明し、新規なペンインタラクション操作法群を提案している。そして、ペン入力の特長（直接指示と直接操作という特長、自然かつ効果的なユーザインタフェースの実現に貢献することが期待される。また、ペンコンピューティングに向けた新しい操作スタイルも示唆され、ペンインタフェースにして研究および応用するための有用な知見に、そしてペンコンピューティングのユーザインタフェースデザインに大きく寄与できることが見込まれる。

(1) ペンの入力制御能力に関する基礎実験

② ペン入力分野で初めてペン傾きと方位に

着目し、これらの入力情報をペンインタフェースデザインに十分利用可能なことを明らかにした。

- ③ ペンの圧力と傾き（図3）に対するコントロール能力・特性を実験的に調査し、各入力情報の良く使用される区間、稀に使用する区間を明らかにした。
- ④ ペン圧力による操作を行うため圧力を階層化にすることを目的として、人間の圧力コントロール能力に基づく利用者の特性に適応した区分法を提案した。
- ⑤ ペン移動しながらオブジェクト寸法を変更する等の操作タスクなどを実現するため、入力情報を混在的に使用する必要があり、これらの情報をどのように有機的に組合せればよいかを実験的に調査した。ペン先を移動しながらのサイズ変更においてペン圧力に優位性がある一方、サイズの微小な変更操作では、傾きの学習効果が優れエラー率も一番少なかったことを明らかにした。

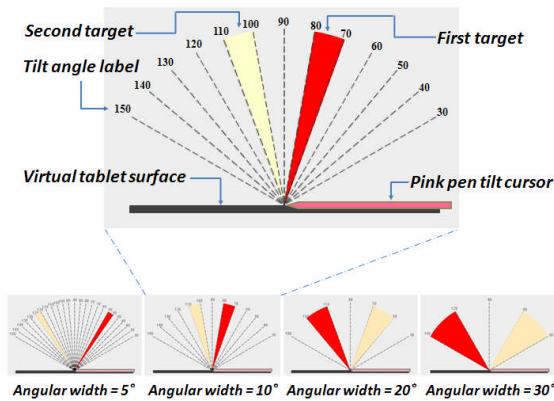


図3：ペンの傾きによるポインティング実験。実験では、人間の傾きの制御できる最小の範囲は20°と必要されることを示した。

(2) ペン操作技法

- ① ペンの特長を生かしたユーザインタフェースの基本操作法（選択・ナビゲーションなど）を実現した。具体的には、微小なターゲット（シングル・マルチターゲット）を迅速かつ正確にペンで選択するいくつかの操作法を提案し、それらの有用性を実証した。ペンに適したスクロール操作法を提案し、その有用性も実証した。
- ② ペン多次元情報をベースにして、三種のモードスイッチ技法を提案し、実験的評価によりペン傾き・方位によるスイッチ法が最も有効であることを明らかにした。
- ③ ペン多次元情報による操作法を設計するための実例を提示した（図4）。
- ④ ペン多次元入力情報を有機的に連携し、

シームレスかつ連続操作できるペンインタラクションモデルを提案し、実験的評価を行い、その有効性を明らかにした。

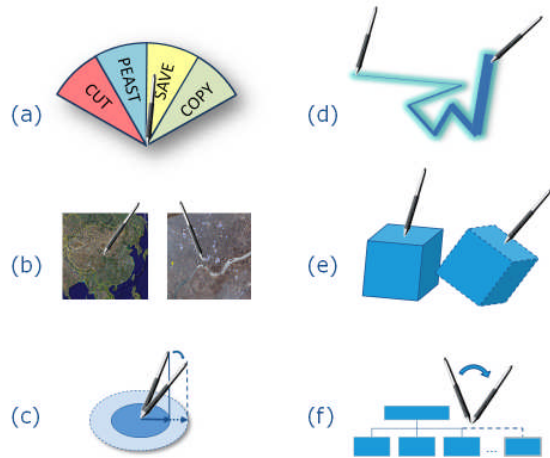


図4：ペン傾きに基づくデザイン例。(a) Fan menu; (b) Granularity widget; (c) Projection cursor; (d) Magic Pen with implicit mode switching; (e) 3D manipulation; (f) Sub-objects creation.

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7件、すべて査読有）

- ① Xin, Y. and Ren, X. (2010). An Investigation of Adaptive Pen Pressure Discretization Method Based on Personal Pen Pressure Use Profile, *IEICE Transactions on Information and Systems*, Vol.E93-D, No.5, pp.1205-1213.
- ② Liu, C. and Ren, X. (2010a). Fluid and natural pen interaction techniques by utilizing multiple input parameters, *International Journal of Innovative Computing, Information and Control (IJICIC)*, Vol.6, No.5, pp. 2103-2111.
- ③ Liu, C. and Ren, X. (2010b). Experimental analysis of mode switching techniques in pen-based user interfaces, *International Journal of Innovative Computing, Information and Control (IJICIC)*, Vol.6, No.4, pp. 1983-1990.
- ④ Yin, J. and Ren, X. (2010). The Empirical Study of Stroke-Based Scrolling Techniques in Pen-based Interfaces, *International Journal of Innovative Computing, Information and Control (IJICIC)*, Vol.6, No.3(A), pp.1101-1112.
- ⑤ Yin, J., Ren, X. and Zhai, S. (2010). Pen Pressure Control in Trajectory-based Interaction, *Behaviour & Information*

Technology, Vol. 29, No. 2, pp.137-148. Taylor & Francis.

- ⑥ Xin, Y. and Ren, X. (2009). A Study of Inherent Pen Input Modalities for Precision Parameter Manipulations during Trajectory Tasks, *IEICE Transactions on Information and Systems*, Vol.E92-D, No.12, pp.2454-2461.
- ⑦ Zhou, X. and Ren, X. (2009). A Comparison of Pressure and Tilt Input Techniques for Cursor Control, *IEICE Transactions on Information and Systems*, Vol.E92-D, No.9, pp. 1683-1691.

〔学会発表〕(計10件、すべて査読有)

- ① Xin, Y., Bi, X. and Ren, X. (2011). Acquiring and Pointing: An Empirical Study of Pen Tilt-Based Interaction, *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2011, 7- 12 May 2011, Vancouver, Canada)*, ACM Press, pp.849-858.
- ② Bao, D., Xin, Y. and Ren, X. (2010). Effect of Tilt Angle of Tablet on Pen-based Input Operation Based on Fitts' Law, *Proceedings of the 2010 IEEE International Conference on Information and Automation (June 20 - 23, Harbin, China)*, pp.990-104.
- ③ Xin, Y., Li, Y. and Ren, X. (2010). A Pen Pressure Division Method Using Personal Distribution, *Proceedings of the 2010 IEEE International Conference on Information and Automation (June 20 - 23, Harbin, China)*, pp.793-798.
- ④ Liu, C. and Ren, X. (2009). Improving Seamless and Continuous Operations in Pen-based Systems, *Proceedings of the 12th IFIP TC13 International Conference on Human-Computer Interaction (INTERACT 2009, August 26-28, 2009, Uppsala, Sweden)*, pp. 216-273.
- ⑤ Liu, C., Ren, X. and Li, D. (2008). A Comparative Evaluation of Mode Switching Techniques, *Proceedings of ISPA 2008: IEEE International Symposium on Parallel and Distributed Processing with Applications (Sydney, Australia, December 10th ~ 12th, 2008)*, IEEE Publisher, pp.975-981.
- ⑥ Zhou, X., Ren, X. and Hui, Y. (2008). An Empirical Comparison of Pen Pressure and

Pen Tilt Input Techniques, *Proceedings of ISPA 2008: IEEE International Symposium on Parallel and Distributed Processing with Applications (Sydney, Australia, December 10th ~ 12th, 2008)*, IEEE Publisher, pp.982-989.

- ⑦ Xin, Y., Ren, X. and Li, D. (2008). A comparison of pen pressure and tilt in precision parameter manipulation, *Proceedings of CSSE2008: 2008 International Conference on Computer Science and Software Engineering (Wuhan, China, December 12-14, 2008)*, IEEE Publisher, pp.1070-1073.
- ⑧ Ren, X., Ooya, T., and Liu, Y. (2008). Enhancing Pie-menu Selection with Pen Pressure, *Proceedings of the Third International Conference on Innovative Computing, Information and Control (ICICIC2008, June 18 -20, 2008, Dalian, China)*, IEEE computer society, pp.364-367.
- ⑨ Xin, Y. and Ren, X. (2008). Direct and Indirect Pen Tilt Input with Visual Feedbacks, *Adjunct Proceedings of APCHI2008: 8th Asia Pacific Conference on Computer Human Interaction (Seoul, South Korea, July 6 - 9, 2008)*, pp.119-120.
- ⑩ Yin, J., Ren, X., and Liu, C (2008). Mode Switching Techniques Based on Pen Angle Inputs, *Adjunct Proceedings of APCHI2008: 8th Asia Pacific Conference on Computer Human Interaction (Seoul, South Korea, July 6 - 9, 2008)*, pp.129-130.

〔図書〕(計1件)

- ① Ren, X., Yin, J., Zhao, S. and Li, Y. Improving Target Acquisitions through Utilizing Pen Pressure, Chapter 11 in *Human-Computer Interaction, Excellence in Education and Publishing*, 2008, pp.163-176.

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.info.kochi-tech.ac.jp/ren/PenProject/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

任 向実 (REN, XIANGSHI)
高知工科大学・工学部・教授
研究者番号：00287442