

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 6月 6日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23650084

研究課題名（和文）高速センシングに基づく非接触瞬時印刷システムの研究

研究課題名（英文）Non-contact printing system based on high-speed image sensing

研究代表者

渡辺 義浩（WATANABE YOSHIHIRO）

東京大学・大学院情報理工学系研究科・助教

研究者番号：80456160

研究成果の概要（和文）：

本研究では、変形・運動中の紙媒体へ、瞬時に非接触でパターンを印字する新技術の実現を目的とした。この技術によって、印刷対象の紙が人間の手に持った状態でも、必要なデータを印刷することが可能となる。この目的の下、高速カメラと高速レーザーで構成されるシステムを新たに開発し、印字対象となる紙の位置と姿勢を高速に追跡する手法と同情報に基づいてパターンを瞬時に投影制御する手法などを確立した。

研究成果の概要（英文）：

In this study, the purpose is to realize a non-contact and instantaneous printing for a moving/deforming object. This technology makes it possible to print a required data to a sheet of paper even when a user has the paper with his hand. We achieved to develop a system consisting of a high-speed camera and high-speed laser projection and propose methods of recognizing the position and pose of a sheet of paper and controlling a projected pattern instantaneously.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：知能ロボティクス・超高速情報処理・画像、文章、音声等認識・計測工学・高性能レーザー

1. 研究開始当初の背景

これまでの主流の印刷技術には、熱転写を利用したサーマルプリンタ、インクを吹き付けるインクジェットプリンタ、レーザーによる感光を利用したレーザープリンタの3つがある。まず、いずれも印刷対象が高精度に制御できることが前提となっている。さらに、非接触での印字を可能とする方式はインクジェットのみであるが、印字面との距離を大幅に拡張した試みはない。加えて、いずれの方式の印刷速度も、印刷媒体を搬送する速度をボトルネックとして設計されており、十分に高速化されていない。

このように、印刷技術は長年の開発を通して、高精細と高速性の両者を実現するレベルに達したが、これまで印刷対象の紙媒体が機器の中で制御可能な状態を保つ前提が崩されることはなく、紙が機器から離れている場合や、自由に動いている状態で印字される機能は実現されていない。

印刷技術の新展開は、センシングと印刷の2機能の超高速化によってもたらされると考えられる。これまでに、研究代表者は、秒間1,000回の速度の3次元センシングを開発した。本センシング技術を基盤に、めくり動作中に全ての書籍情報を取り込む超高速書籍

電子化技術“Book Flipping Scanning”を提案し、実用化を目指して研究開発を進めている。さらに、変形スクリーンへの適応的映像投影を行うことで、仮想3次元物体の操作を行う“Deformable Workspace”を開発した。このように、変形中の紙を3次元認識する高速センシングの基本技術とともに、対象に応じたリアルタイム映像補正を達成する高度な投影技術を有している。これらの要素技術のレベルは高く、さらに高速印刷技術を導入することで、非接触で運動物体に瞬時に印刷を行う技術が可能になると構想し、その提案に至った。

2. 研究の目的

本研究では、変形・運動中の紙媒体へ、瞬時に非接触でパターンを印字する新技術を実現する。この技術によって、印刷対象の紙が人間の手に持った状態でも、必要なデータを印刷することが可能となる。さらには、ノートをめくっている最中に、その各紙面へデータを印字する機能へも発展が可能であると期待できる。これは、センシングと印刷の2つが、高速化の限界に挑戦することで初めて実現される新技術である。この構想の下、ビジュアルフィードバックのための高速3次元センシングの開発、高精度印刷のための超高速画像補正、新機構による高速印字技術の3つの要素技術の開発を行うとともに、これらのシステム統合によって提案技術の実現を図る。

3. 研究の方法

本研究では、リアルタイム3次元センシングによって変形・運動中の紙媒体の位置と変形を認識し、高速ビジュアルフィードバックによって対象状態に応じた印字パターンを生成し、高速印刷技術によって非接触で瞬時に印刷を行う技術の実現を目的とする。この目的を達成するために、画像センシングとパターンプロジェクションの両者を高速に実施可能なカメラ・レーザシステムの新規開発、印字物体の3次元位置と姿勢を高速に認識する画像処理の開発、認識された位置と姿勢に基づいて投影パターンを高速制御する処理の開発の3つを実施する。

4. 研究成果

まず、高速カメラと高速レーザの2つから構成される印刷システムを試作した。開発したシステムの写真を図1に示す。本システムではカメラの観測範囲とレーザの投影範囲をほぼ同じになるように設計した。レーザは、2軸の高速ガルバノミラーによって投影方向を制御される構成となっている。また、ミラーの回転角度は、画像処理の結果に基づいて制御される構成となっている。さらに、フォ

トクロミックインクなどの素材を検討した結果、レーザの光を投影することで印字ができる可能性があることを確認した。



図1. 高速カメラ・レーザシステムのプロトタイプ

次に、開発システムを用いて、印字対象の位置と姿勢を高速に取得する手法を新たに開発した。本手法は、一般環境下から印字対象の紙をユーザの簡単な指定によって自動的に検出し、さらに紙が動いている場合でも継続してその位置と姿勢を高速にロバストに認識し続けるものである。本手法によって、紙を一般環境下において検出した結果の例を図2に示す。同図では検出された紙の4隅の位置に点を描画している。また、動いている紙の認識を行っている結果の例を図3に示す。

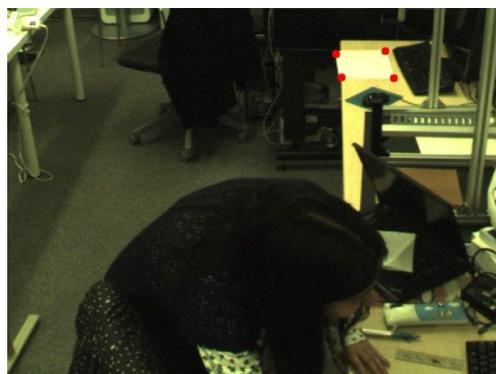


図2. 一般環境下における紙面の検出

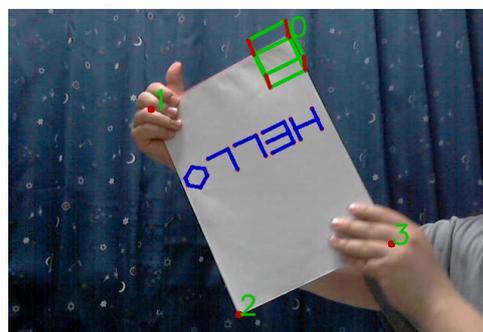


図3. 運動する紙の高速・ロバスト認識

さらに、レーザによるパターン投影制御について開発を行った。本開発では、カメラ上

での観測位置と同位置へ投影するためのレーザーの制御パラメータの両者の関係を幾何学的に立式するとともに、システム動作のために事前に必要な設計パラメータを簡便に取得する手法を設計した。また、所望のパターンを高速に投影するための独自のソフトウェア環境を構築した。

以上の要素技術を統合し、カメラによるターゲットの3次元認識に基づいて、同ターゲットへのパターン投影制御を行った実験結果を図4に示す。図に示されるように、ターゲットの紙へ映像が投影されていることが確認できる。

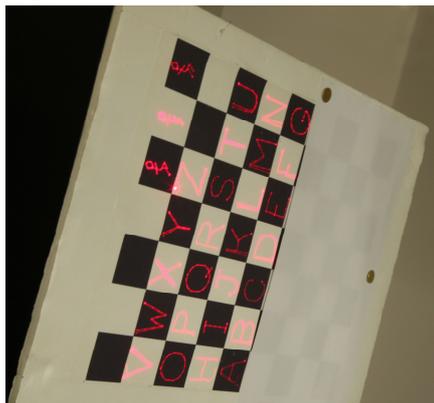


図4. 3次元認識された紙面へのレーザー印字結果

本印刷技術の付加機能として、遠隔通信によって離れた場所から屋内の任意の場所に印刷を施すシステム技術を開発した。同システムの遠隔操作環境のプロトタイプを図5に示す。また、ユーザが印字されたパターンに触れてインタラクションをするための要素技術を開発した。これは、高度な3次元センシングと高速レーザーによる印字を組み合わせることで、新しいコミュニケーション手段を確立しようとするものである。開発したシステムの動作の様子を図6に示す。



図6. 遠隔通信による非接触印刷のプロトタイプ

最後に、非接触・遠隔・高速印刷システムの発展系を検討し、具体的にシステムの設計を行い、その実現可能性を見積もった。その結果、さらなる高速化が可能となるとともに、性能向上に伴う新たな応用展開が実現でき

ることを確認した。このような高速非接触印刷技術の実現によって、紙媒体への印刷はより自由度の高いものへと進化すると期待できる。さらに、同システムの小型化は日常生活に強力なインパクトをもたらす。加えて、ハンドヘルド型の小型デバイスを広い空間へユーザが走査することで、大規模な印刷をインタラクティブに行うことも可能となる。また、3次元センシングの拡張によって、紙以外の任意物体へ印刷する機能も発展性の高い未来として描くことができる。さらに、高度なユーザインターフェイスを導入することで、実際の物体に直接指示をしながら、インタラクティブに印刷イメージをモデリングする応用も構想しており、デザイン分野のパラダイムを転換する可能性も備えていると考えられる。

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2件)

- [1] 渡辺義浩, 石川正俊: 超高速センシングを実現するリアルタイムビジョンシステムの開発, 自動車技術, Vol. 65, No. 7, pp. 114-115, 2011.
- [2] 渡辺義浩, 石川正俊: 仮想物体を3次元操作するインタラクティブディスプレイシステム -The Deformable Workspace-, 機能材料, Vol. 31, No. 1, pp. 33-42, 2011.

[学会発表] (計5件)

- [1] Alvaro Cassinelli, Yoshihiro Watanabe, Jussi Anglesleva, Gonzalo Frasca, Masatoshi Ishikawa: Skin Games, ACM international conference on Interactive tabletops and surfaces (ITS' 12), (Cambridge, MA, 2012/11/11-14), pp: 323-326 / Proceedings.
- [2] Yoshihiro Watanabe, Atsushi Matsutani, Takehiro Niikura, Takashi Komuro, and Masatoshi Ishikawa: High-Speed Estimation of Multi-finger Position and Pose for Input Interface of the Mobile Devices, IEEE Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2012) (Chiba, 2012. 10. 03) / Proceedings, pp. 233-237.
- [3] Yoshihiro Watanabe, Shintaro Kubo, Takashi Komuro, and Masatoshi Ishikawa: Finger Detection based on Data Fusion of Fish-eye Stereo Camera for 3D-Gesture Input Interface, IEEE Global Conference on Consumer

Electronics (GCCE 2012) (Chiba, 2012.10.03) / Proceedings, pp. 284-288.

- [4] 近藤理貴, 新倉雄大, 渡辺義浩, 石川正俊: "バーチャルキーボードの高速入力に向けた指識別型の動作認識手法の提案," 第17回日本バーチャルリアリティ学会大会 (VRSJ2012) (横浜, 2012.9.14) / 講演論文集, pp. 515-518.
- [5] Alvaro Cassinelli, Yoshihiro Watanabe, and Masatoshi: The Volume Slicing Display: a tangible interface for slicing and annotation of volumetric data, (invited paper), Optics & Photonics Japan 2011 (OPJ 2011) Symposium (Recent Advance of Digital Opto-electronic Systems and Their Great Applications) (Osaka, Nov.29, 2011).

[図書] (計1件)

- [1] 妹尾拓, 渡辺義浩, 石川正俊: ロボットテクノロジー, 4編9章 高速ビジョン, オーム社 (日本ロボット学会編), pp. 202-205 (2011)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

- <http://www.k2.t.u-tokyo.ac.jp/members/watanabe/>

- <http://www.k2.t.u-tokyo.ac.jp/members/alvaro/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡辺 義浩 (WATANABE YOSHIHIRO)
東京大学・大学院情報理工学系研究科・助教
研究者番号: 80456160

(2) 研究分担者

アルバロ カシネリ (Alvaro Cassinelli)
東京大学・情報理工学系研究科・助教
研究者番号: 60422408