

ビジュアルフィードバックを用いた 吸着ホール群による紙葉類の分離と姿勢制御

前田 修一 宝上和馬 平井 慎一 (立命館大学)

Separation and Skew Control of Cards using Vacuum Hole Array with Visual Feedback

Shuichi MAEDA, Kazuma HOJO, Shinichi HIRAI

Dept. of Robotis Ritsumeikan Univ.

Abstract: We describe a system to separate stacked cards and to control the orientation of each card.

The developed system consists of vacuum hole array on a table, a single driving belt and CCD camera. On/off control of individual holes yields the operations. We describe a prototype of the system and show an experimental result of skew control.

Keywords: distributed manipulation, cards, handling

1 緒言

現在、重なり、および傾きを有する紙葉類の分離、姿勢制御は、ベルト-紙葉類間の摩擦力を利用する手法が多く用いられている。この手法では、一定スペースでの紙葉類分離枚数、および制御角度に制限がある。また、紙葉類に付着する油や水分の影響を受けやすいという問題点もある。そこで本研究では、油や水分の付着にかかわらず、安定的に省スペースで紙葉類を分離、姿勢制御する手法を提案する。紙葉類の分離では、重ねて投入した紙葉類を1度停止させ、その後、1枚ずつ繰り出す。姿勢制御では、紙葉類の傾きを制御して繰り出す。本研究では、昨年までに分散マニピュレーションによる分離手法を提案し、5枚までの分離に成功した [1]。また姿勢制御についても手法を提案し、その有効性を証明した [2]。

本報告では、より高精度な姿勢制御を実現させるため、提案した姿勢制御手法にビジュアルフィードバックを追加し、試作機を用いて行った実験結果について述べる。

2 姿勢制御手法

2.1 分散マニピュレーション

本研究では、紙葉類の姿勢制御を行うための手法として分散マニピュレーションの考え方を適用する。分散マニピュレーションとは、単機能のアクチュエータを分布的に配置し、それらを協調的に動作させることにより、作業を実現するアプローチである。

本研究では、単機能のアクチュエータとして吸着ホールを搬送テーブル上に分布的に配置し、画像処理を用いて得られた紙葉類の傾き、位置情報から、吸着ホールを協調的に動作させることにより姿勢制御を実現させる。吸着ホールを個々に制御することにより、紙葉類とテーブル面の一部分のみの摩擦力を変化させることができるため、紙葉類をテーブル面に接しながら搬送させるだけで紙葉類にモーメントが働き、傾きを変化させることが可能となる。また、分散マニピュレーションの適用により、紙葉類の分離、姿勢制御を省スペースで行なうことができる。

2.2 姿勢制御原理

本研究で提案する手法では、吸着ホールによる吸着力を用いて姿勢制御を行なう。紙葉類には垂直力として常に重力 mg が働いている。そこに、吸着ホールによって吸着を行なうと、Fig.1(a) に示すように、紙葉類に働く垂直力は重力 mg と吸着力 F^{vacuum} の和となる。次に、紙葉類がベルトとの摩擦力によって搬送されている状態を分析する。摩擦力は垂直抗力の大きさに比例して大きくなるので、吸着ホール-紙葉類間の摩擦力

は、テーブル-紙葉類間の摩擦力より大きい。ここで、紙葉類に働く mg と F^{vacuum} を比較すると、 F^{vacuum} が非常に大きいために、吸着ホール以外のテーブル-紙葉類間の摩擦力を無視できる。Fig.1(b) のように、紙葉類の進行方向にベルトとの摩擦力 F^{belt} 、逆方向に F^{vacuum} によって生じるテーブルとの摩擦力 F^{table} が働く。結果として、次式に示す重心回りのモーメントが紙葉類に働く。

$$N_G = F^{belt} \cdot l_{belt} + F^{table} \cdot l_{vacuum} \quad (1)$$

ここで、 l_{belt} は紙葉類重心-ベルト間距離を、 l_{vacuum} は紙葉類重心-吸着ホール間距離を表す。この紙葉類に働くモーメントを利用して、本研究では姿勢制御を行なう。

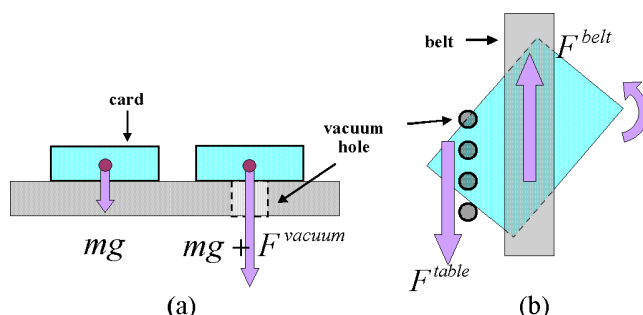


Fig.1: Principle of skew control

2.3 姿勢制御システム

分散マニピュレーションを用いた紙葉類姿勢制御システムを Fig.2 に示す。吸着ホールが一列に並んでいるテーブル中央に、一方向に運動するベルトを配置する。テーブル表面はできるだけ摩擦力を小さくするため、テフロンコーティングを施す。CCD カメラはテーブル上部に配置する。また、テーブル面の個々の吸着ホールには、それぞれ電磁弁と真空発生器が取り付けられている。電磁弁が ON 時、真空発生器により吸着ホール上の紙葉類に吸着力が作用する。電磁弁が OFF 時、吸着力は作用しない。個々の電磁弁の ON-OFF を PC から制御することにより、それぞれの吸着ホール上の吸着力の有無を制御する。すなわち、テーブル面の摩擦力は個々の電磁弁 ON-OFF によって制御することができる。本報告で、試作した姿勢制御システムを Fig.3 に示し、各パラメータを Table 1 に示す。

2.4 姿勢制御方法

試作したシステムを用いた姿勢制御方法について以下に示す。

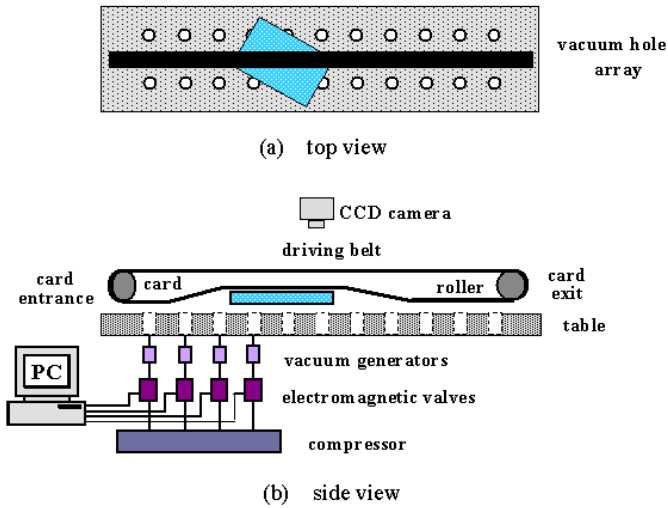


Fig.2: Skew control system

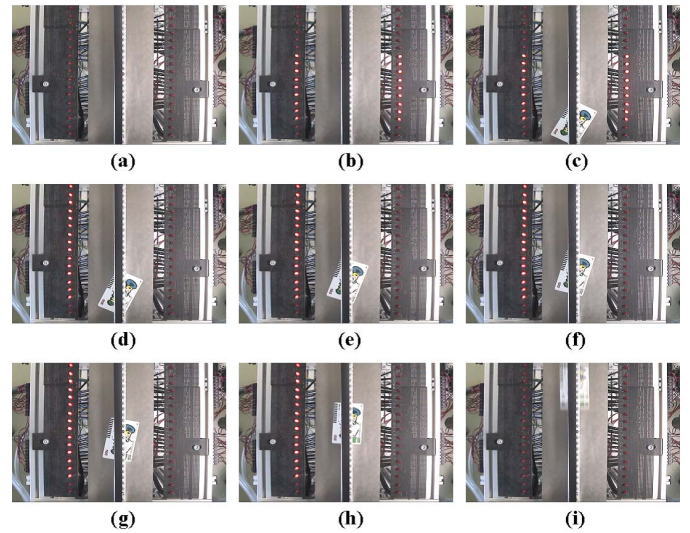


Fig.4: Result of skew control

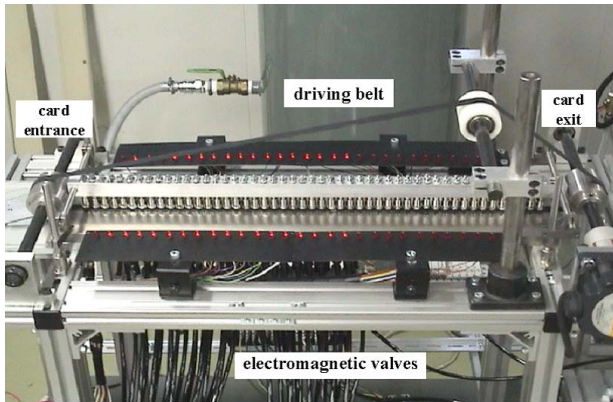


Fig.3: Overview of prototype

CCD カメラが紙葉類を検出しない場合、全吸着ホールの吸着は作用しない状態にしておく (Fig.4(a))。紙葉類を検出すると、前方の吸着ホールの吸着を作用させ、紙葉類の速度を低下させる (Fig.4(b))。速度を低下させることで、搬送されてくる紙葉類の正確な傾きを検出することが可能となる。傾き検出後、その傾きに対応した特定の吸着ホールの吸着を作用させる (Fig.3(c))。紙葉類が搬送されるにつれ、吸着ホールの吸着力とベルトの摩擦力から紙葉類にモーメントが働き回転し始める (Fig.3(d))。紙葉類が回転搬送される間、傾きを検出し続ける (Fig.3(e),(f),(g))。紙葉類が目標の傾きに達した時点で、全吸着ホールの吸着を停止し、紙葉類を繰出す (Fig.3(h),(i))。紙葉類繰出し後は、再び全吸着ホールを作用させない状態に戻す (Fig.4(a))。

Table 1: Parameters in experiment

Parameter	Value
material of belt [mm]	flat belt (W12.0-L1426.5-T1.0)
speed of belt [m/s]	1
size of vacuum hole [mm]	ϕ 2
interval of vacuum hole [mm]	8

このように、紙葉類の角度によって吸着を行なうホールを決定し、そのテーブル上を搬送させることにより姿勢制御を行う。

3 実験

本報告で提案した、ビジュアルフィードバックを追加した手法を用いて、姿勢制御実験を行った。真空発生器への供給圧力は 0.15[Mpa] と一定にし、目標繰出し角度を 90 度とした場合の挿入角度 70,60,50 度毎における繰出し口での紙葉類の傾き計測を行った。紙葉類として、W54-H54-T0.2[mm], 1.5[g] のプラスチック製カードを用い、実験は各 20 回ずつ行った。

本実験結果を Table 3 に示す。結果として最大繰出し角度誤差 \pm 3 度、最大分散値 1.44 という結果を得た。ビジュアルフィードバックを用いることで、繰出し角度精度が向上した。しかし、本手法では紙葉類の個体差の影響を打ち消すため、吸着ホールの吸着力を強くした。その影響を受け、制御時間が長くなるという結果を得た。

Table 2: Experiment Result of Skew Control

Insertion angle	70	60	50
minimum delivery angle	88	87	88
maximum delivery angle	92	92	92
variance	1.21	1.44	1.23

4 結言

本報告では、分散マニピュレーションという考え方を適用した昨年までの手法に、ビジュアルフィードバックを追加した新たな紙葉類姿勢制御手法を提案した。そして、システムを構築し、姿勢制御の方法を示した。また、実験において、安定した姿勢制御の結果を得ることができた。今後の課題は、姿勢制御、および分離の高速化を実現することである。そのためには、紙葉類の傾きだけでなく、位置情報を用いたビジュアルフィードバックを構築することが必要である。

参考文献

- [1] 鶴飼, 平井, "吸着ホール群による紙葉類の分離", 第 19 回日本機械学会ロボメカ講演会予稿集.
- [2] 前田, 鶴飼, 平井, "吸着ホール群を用いた紙葉類分離, 整列", ロボティクス・メカトロニクス講演会 2003 予稿集.