

論文の内容の要旨

論文題目 マイクロマシンアレイ搬送装置の作製と集中処理を併用した
分散制御方式

氏名 福田 和人

本論文は、多数要素の制御について、分散制御を基本とした新たな手法を提案するものである。その手法の中で、より実地的な制御の実現のために、集中制御の要素を補助的に取り入れ、また、実際の制御対象を用いてその実現を試みた。制御対象としては、気流を制御するマイクロマシンアレイによる微小物体搬送システムを実際に製作し、本制御手法の適用を行なった。

マイクロマシン技術は、多数の微小構造を、シリコンの半導体プロセス技術を応用して、一括して低コストで製作する技術である。微小構造デバイスに関する研究は、マイクロマシンそのものの開発から、ナノテクノロジーやバイオテクノロジーへの応用等へ広がりつつあり、次世代技術の一つとして注目を集めている。一方、多数の構造の一括・低コストでの実現、という特徴に関する研究については、デバイス自体の研究はさまざまなものが実現されているが、多数の要素の効率的な制御という観点の研究は、いまだ発展途上であり、非常に興味深い研究テーマとなっている。多数の要素を制御する手法としては、一般的には集中制御が用いられる。多数要素に関する分散制御の研究も盛んに行なわれているが、コンピュータシミュレーションによる研究が主であり、実際のデバイスを制御した例はそれほど多くはない。

このような背景のもと、本論文では、実際のシステムを運用する上で、これまで研究が行なわれてきた分散処理のコンセプトに、集中処理の要素を適度に取り入れることが重要なポイントであると考え、新たに分散処理と集中処理を組み合わせた制御手法を考案した。

本論文においては、マイクロマシン技術で製作した多数要素の制御手法として、従来から研究が行なわれている分散制御手法を踏襲しつつ、その限界を補助するものとして、集中制御手法を部分的に取り入れることにより、マイクロマシンアレイの制御を実現させた。ここでは、マイクロマシンアレイとして、搬送システムを取り上げている。搬送は気流の力によるものであり、マイクロマシンにより気流の方向を制御し、搬送物体を浮上させると同時に推進力を与えるものである。

本論文は、大きく分けて「マイクロマシンアレイの製作」および「マイクロマシンアレイの制御」という 2 つの部分からなる。

「マイクロマシンアレイの製作」においては、シリコン半導体プロセスを利用して、静電駆動により斜め方向の気流を与えるバルブとして動作する、数百のマイクロアクチュエータから構成されるアレイを製作し、全てのアクチュエータがほぼ完璧に動作することを確認した。その製作にあたり、シリコン半導体プロセスにおいて多用される犠牲層エッチングにおいて、新手法を開発し、デバイス製作上の歩留まりを大幅に向上させることにより、多数のマイクロマシンからなるアレイシステムを実現させた。

「マイクロマシンアレイの制御」においては、製作したマイクロマシンアレイを用いて、微小物体の搬送を実現させた。まず、169 個のマイクロマシンからなる一次元アレイによる搬送を実現させ、気流搬送によるマイクロマシンアレイの実用性を示した。次に 560 個のマイクロマシンからなる二次元アレイを製作し、微小物体の搬送を実現させた。その際、フィードバックを利用した閉ループ制御による搬送を実現させた。この制御においては、以下のような分散処理を行なっている。まず、一つのセルが自分の範囲内の搬送物体の有無を検

出する。次に、隣接セルと通信を行ない、自分の結果と照合する。その照合結果により自分が搬送物体の端部にあるかどうかを局所的に検出する。端部にあった場合、自律的に端部位置に相当するマイクロアクチュエータを駆動させ、搬送物体の端部に推進力（気流）を与える。このような形のセル単位の分散制御を実現した。一方、ビデオカメラを利用したフィードバックループを利用して、搬送物体の安定動作の確認および搬送方向の指示という、集中処理制御を試みた。

本論文においては、マイクロマシンアレイをほぼ完璧な形で実現し、一部集中制御の助けを借りた分散処理論理という新規な手法により、その制御を実現した。