

ふりがな いけがみ むねとし
氏名 池上 宗利
学位 博士（工学）
学位記番号 新大院博（項）第269号
学位授与の日付 平成20年3月24日
学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当
博士論文名 昇華型熱転写プリンタ用サーマルヘッド接触解析に基づく最適設計

論文審査委員
主査 新田 勇 教授
副査 大橋 修 教授
副査 原 利昭 教授
副査 田邊裕治 教授
副査 鳴海敬倫 准教授

博士論文の要旨

本論文は「昇華型熱転写プリンタ用サーマルヘッド接触解析に基づく最適設計」と題して5章から構成されている。

第1章「緒論」では、本論文の最終的な目的である、昇華型熱転写プリンタのサーマルヘッドの加圧力評価と最適設置位置について、その現状と問題点について論述している。昇華型熱転写プリンタは、レーザープリンタやインクジェットプリンタに比べて小型化の点で有利であり、携帯用途のモバイルプリンタとして有望である。携帯の利便性を高めるために、長時間にわたるバッテリー駆動が求められている。そのため有効な対策は、駆動部摩擦抵抗の低減と、サーマルヘッドの消費電力の低減である。言い換えれば、サーマルヘッドに加える加圧力を低減し、サーマルヘッドの発熱体を接触圧力分布の最も高い位置へ設置することが必要となる。本論文では、接触をキーテクノロジーとして、加圧力の最適化と発熱体設置場所の最適化の問題を取り扱ったものである。以上第1章では、本研究の背景と目的および、構成について述べている。

第2章「真実接触面積に基づくサーマルヘッドの最適加圧力評価」では、サーマルヘッドに加える加圧力の最適化について、印刷用紙の真実接触面積を基にした評価方法を提案した。昇華型熱転写プリンタで印刷を行うためには、サーマルヘッドに適度な加圧力を与えて、印刷用紙とインクリボンを全接触幅にわたって確実に接触させる必要がある。しかし、加圧力を高くすると印刷用紙を搬送するためのプラテンゴムローラに生じる摩擦抵抗が大きくなり、結果的に余分な電力を消費することになる。加圧力を低くするとカスレと呼ばれる印刷不良が生じる。したがって、カスレが生じない程度に加圧力を低く設定することが望まれるが、現状では試行錯誤を繰り返して最適加圧力を決めており、数値的に評価できる方法の開発が望まれている。本章では、はじめに印刷用紙の真実接触面積を測定した。次に、熱傾斜試験機を用いて印刷濃度と荷重の関係を求めた。これらの結果より、真実接触面積と印刷濃度の関係を調べ、80%以上の真実接触面積を与える加圧力では、印刷濃度が飽和することを明らかにした。さらに、サーマルヘッドと印刷用紙の接触問題を弾性接触解析することにより、それらの間の接触圧力分布を求めた。また、熱傾斜試験の結果より、高品質の印刷には1 MPa以上の接触圧力が必要ということが分かっているので、FEM解析と比較することで印刷に最適な加圧力を明らかにしている。本章の結果は、使用する印刷用紙の真

実接触面積を調べることで、印刷を行うことなく昇華型熱転写プリンタに必要な加圧力を評価する方法を提案し実証したものであり、新しい加圧力評価方法として工学的に価値のある知見を示したものである。

第3章「粘弾性解析の導入と解析例」では、サーマルヘッドと印刷用紙の接触問題を粘弾性解析に基づいて求める方法について述べている。印刷用紙はプラテングムローラに載っており、加圧力が加わるとサーマルヘッドや印刷用紙よりもプラテングムローラが大きく変形する。したがって、プラテングムローラが接触圧力分布を左右することになる。プラテングムは、粘弾性的な特性を持つために、接触圧力は時間と共に変化することになる。そこで、プラテングムの粘弾性特性をレオメータで測定し、貯蔵弾性係数と損失弾性係数を求めた。これら二つの弾性係数より、縦弾性係数と時間の関係を算出した。その後、汎用有限要素ソフトMARCを用いて、熔融型熱転写プリンタのサーマルヘッドと印刷用紙の接触圧力分布を計算した。計算に際してはサーマルヘッドの形状を変化させて、それが接触圧力分布に及ぼす影響を調べた。計算の結果、弾性解析ではサーマルヘッドの形状に沿った接触圧力分布となるが、粘弾性解析ではサーマルヘッドの形状とは異なった接触圧力分布となった。サーマルヘッドに作用する接触圧力はこれまでも解析された例は見られるが、そのほとんどは弾性接触問題として行われている。本研究の様に粘弾性解析を用いて接触圧力を計算した例はあまり見られず、本章での計算例は貴重なシミュレーション結果となる。本章で行った数値計算は、第4章の発熱体の最適設置位置を評価する上で非常に重要なツールを提供するものであり、工学的な価値が高いものである。

第4章「接触圧力分布に基づく発熱体の最適位置」では、サーマルヘッドに形成されている発熱体の最適設置位置の決定方法について新しい方法を提案している。発熱体は微小な電気抵抗体であり、ここで発生する熱によりインクリボンの染料が印刷用紙の受容層に拡散させられる。発熱体の寸法は約40ミクロンと微小なサイズであるために、設置位置がわずかにずれただけでも、インクの拡散効率が低下する。発熱体設置位置が不適切な状態で印刷を行うと、発熱体に加える電力を上げざるを得ず、結果的に無駄な電力消費を生じさせることになる。そこで、第3章で開発した方法を用いてサーマルヘッドと印刷用紙の接触圧力分布を計算した。計算に際しては、印刷用紙の搬送速度と印刷用紙とサーマルヘッド間の摩擦係数を変化させ、それらが接触圧力分布に及ぼす影響を調べた。その結果、プラテングムローラの粘弾性特性は、接触圧力分布のピーク位置を印刷用紙の入り口側に移動させる効果があることを明らかにした。また、印刷用紙とサーマルヘッド間の摩擦は、接触圧力分布のピーク位置を印刷用紙の出口側に移動させる効果があることが分かった。次に、印刷シミュレータを用いて、実験的に発熱体の最適位置を求めた。すなわち、発熱体の位置をずらしながら印刷実験を行い、その都度紙の印刷濃度を測定した。その結果、発熱体の位置が接触圧力分布のピーク位置にあるときに印刷濃度は最も高くなった。したがって、接触圧力分布を基に発熱体の位置を決定する方法の妥当性が明らかになった。しかし、接触圧力が全く発生しない場所に発熱体を設置しても印刷が行われることから、発熱体の最適位置を決める要因としては、接触圧力以外にもサーマルヘッドの温度分布などが考えられ、発熱体の最適位置を決めるためにはさらに検討が必要であることが示唆された。

第5章「結論」では、本論文で得られた結果を総括している。本研究において、印刷用紙の真実接触面積を測定するだけで、実際に印刷することなく、最適な加圧力が評価できることが明らかになった。また、粘弾性特性と摩擦係数を考慮して求めた接触圧力分布のピーク位置に発熱体を設置することにより省電力化が図れることが判明した。これらのことは、昇華型熱転写プリンタの省電力化設計の新しい方法を提案したものである。さらに、本論文では提案した方法の有効性を実験により実証した。これらの方法は、これまで試行錯誤的に行われてきた昇華型熱転写プリンタの設計に関して、数値を用いて最適化する手法を提案するものであり、工学的な価値がきわめて高いと認められる。

審査結果の要旨

本論文は、今後モバイルプリンタとして様々な分野で必要不可欠となる昇華型熱転写プリンタについて、サーマルヘッドの最適化設計に必要な2つの技術について論じたものである。一つは、サーマルヘッドに加える最適加圧力に関する技術である。二つ目は、サーマルヘッドの発熱体の最適設置位置決定に関する技術である。前者の内容は2章で述べられている。印刷用紙の真実接触面積を測定するだけで、実際に印刷を行うことなく必要最低限の加圧力が決定できる新しい方法を示した。その方法の妥当性は印刷実験により実証した。後者については3章から4章で述べられている。サーマルヘッドの発熱体の最適位置を決定する方法として、接触圧力分布を基にする方法を提案した。接触圧力分布を求める際には、弾性解析だけでは不十分で摩擦を考慮した粘弾性解析が必要となることを示し、実験を行うことで実証した。

このように、本論文は昇華型熱転写プリンタの省電力化のためにサーマルヘッドの新しい設計指針を提案し、実験によりその設計指針の妥当性を実証したものとして、工学的に大変価値が高いと認められる。

したがって、本論文は博士（工学）の博士論文として十分であると認定した。