

氏名（本籍・生年月日）	高島 永光 （ 長野県・昭和 36 年 7 月 25 日 ）
学位の種類	博士（ 工学 ）
学位記番号	甲 第 592号
学位授与の日付	平成 25 年 9 月 30 日
学位授与の要件	信州大学学位規程第 5 条第 1 項該当
学位論文題目	印字高速化と高画質化の両立および長期間吐出安定化を 図ったピエゾ型インクジェットプリントヘッドに関する研究
論文審査委員	主査 教授 阿部 隆夫 教授 森川 裕久 教授 乾 滋 准教授 河村 隆 教授 久下 謙一（千葉大学）

論 文 内 容 の 要 旨

インクジェットプリント技術は、写真のデジタル化や PC およびインターネットの普及により広い分野で活用され、飛躍的な進歩を遂げてきている。今後、オフィス・ビジネス分野から要求される項目として、印字速度が早く高信頼性であることが挙げられ、この分野における要求レベルはますます厳しさを増している。こうした中、オフィス・ビジネス分野で使用されるインクジェットプリンタに求められる一つの課題として、印字速度の向上が挙げられる。その解決のための一つの手段として、プリントヘッドの大型化が挙げられる。インクジェットプリンタのもう一つの課題として、長期間に渡って不連続に印刷を行った際にインクの吐出不良を生じないことが挙げられる。吐出不良とは印刷した紙等を肉眼で観察したときに、着弾したインク滴が乱れている状態である。インクジェットプリンタにとって吐出不良は大きな品質の問題であり、商品の信頼性に大きく影響を与える。

本学位論文の課題は、インクジェットプリントヘッドにおいて①印字速度の向上と高画質化を両立させること②長期間における吐出安定化を確保することである。高速化、高画質化、吐出安定化を向上した多ノズル大型化プリントヘッドを実現させるために、構造、材料、加工方法の観点から検討を進めて、明らかとなった成果を以下にまとめる。なお本論文は全 6 章で構成され、各章の内容は以下の通りである。

第 1 章の緒論は、変動するインクジェットプリンタ技術において、印字速度の向上と長期間吐出安定化の重要性と必要性について論じた。高速化、高画質、吐出安定化の向上についての課題を解決するために、構造、材料、加工方法をトリガーとしていくつの具体策を挙げて、解決に導く概要をまとめた。

第 2 章は、「インクジェットプリントヘッドのニッケルキャビティプレート加工精度とプリント品質の研究」について論じた。本研究において、新規のニッケルキャビティプレートを開発した。ニッケルキャビティプレート製プリントヘッドを用いてプリントしたところ、画像の濃度むらが見られた。濃度むらを無くすために種々の検討をしたが、それらの中で、①ドットの平均サイズを小さく ($65.7\mu\text{m}\rightarrow 51.9\mu\text{m}$) すること、②ドットサイズの分布の広がりを小さく ($144.8\mu\text{m}\rightarrow 86.9\mu\text{m}$) することにより、画像むらが視認されなかった。また、ニッケルはシリコンと比較してヤング率が高いために、剛性を高くすることができる。ニッケルキャビティプレートは高可塑性部材の探索とさらなる工法改良を進めることで、プリントヘッドを大型化するための有効な手段となる。

第 3 章は、「インクジェットプリントヘッド用ニッケルキャビティプレートのポリシング加工技

術の研究」について論じた。本章では、マイクロプレス工程内のみで低減の解決策がなかったニッケルキャビティプレート段差を、両面マイクロポリッシング加工により低減化することについて述べた。その低減に当たり、次のことが重要であることがわかった。①段差を $2\mu\text{m}$ にするときは、研磨布硬度と砥粒供給量が要因である。②硬材研磨布の使用は段差の低減に効果がある。③段差を $2\mu\text{m}$ 以下にするときは砥粒供給量が要因である。①から③により、要求される段差 $2\mu\text{m}$ 以下を得る方法が明確になり、インク漏れを発生させないニッケルキャビティプレートを作り上げる方法を明らかにした。

第4章は、「インクジェットプリンタのインク流路における空気の浸入と気泡の成長防止に関する研究」について論じた。本章は、長期間において不連続に印刷を行った際にインクの吐出不良を生じないようにすることが課題であった。この問題を解決するために、新たな樹脂材質と流路構造を開発した。これらの解決策により、インク流量が長期間にわたって減少せず、気泡成長にかかる期間が長期化することを明らかにした。インクジェットプリンタの信頼性の観点から、インクの吐出不良を誘発する原因となる気泡成長期間を、従来の23日から211日に延ばせることを見積もった。プリンタによる実機評価では、吐出不良の発生を約30日から236日に延びることを確認した。材質に含まれる鱗片状ガラス材数の増加、サイズの適正化、リブの枚数の増加、アニール工程の追加による効果から、高い目標値である気泡成長期間365日（1年）以上に対応可能な針部材の構造についても明らかにした。

第5章は第2章と強く関連する内容であって、第2章で十分述べることができなかった研究についてまとめ、「インクジェットプリントヘッド用ニッケルキャビティプレートの実用化に向けた圧力室形成パンチの寿命向上」について論じた。本章では、インクジェットプリンタにおける高速化と高画質化を両立できるニッケルキャビティプレートを形成する過程において、精密金型の転写用パンチの寿命が低いことについて調べた。パンチの破損の原因は、圧力室を形成するときの加圧力が大きいため、パンチへ負荷する力が大きくなっていると推定して、次の対策を検討して実施した。①パンチの根元部に作用する弾性変形を抑え、②研削加工によってパンチの表面を鏡面に仕上げ、DLC (Diamond-like Carbon) による表面処理を施した。①と②の結果として、パンチの寿命が550回から8000回となり、15倍の向上が見られた。

第6章は、第2章から第5章の一連の研究結果を総括し、本研究の成果および将来展望について論じた。本研究では、多ノズル化大型プリントヘッドの基板となるニッケルキャビティプレートを作り、プリントヘッドを製作し基礎評価と改良を行った。導き出された結果により、高速化と高画質化を両立させさらに長期間吐出安定化を確保させるいくつかの方法を得た。これらの方法は、インクジェット技術の水準を高めて、さらに新たな分野への展開の手がかりとなることが期待される。