

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

学位論文題目	New Actuation Waveform Design in Multi-Drop Ejection for High Print Quality of DoD Inkjet Printer (インクジェットプリンタの高画質化のためのマルチドロップ駆動波形設計に関する研究)
氏 名	Oke Oktavianty
<p>The Drop-on-Demand (DoD) inkjet printer that mostly used for the commercial printer is still being developed to improve the performance. The requirements related to the jetting performance, such as drop velocity, volume, and shape become more challenging. The jetting performance needs to be efficiently controlled to make it viable in various applications. Currently, it is necessary to substitute the print-head if using the different fluid. Hence, finding the best operating parameter that can be used in a wider range of fluid properties is necessary to improve its ability in market customization.</p> <p>The droplet size and shape performance are strongly related to the print quality. The clear spherical droplet without satellite and ligament is required. There are two techniques for improving the print quality related to the resolution, namely binary and greyscale techniques. Recently, the binary technology that generates one smaller drop with the same size is mostly used instead of greyscale technology. The greyscale technology with multi-drop method to generate the different droplet size is still become a big challenge in inkjet printer development. It is difficult to synchronize the multi-pulse in waveform design for getting the optimum result of the droplet performance. The poor droplet performance such as satellite, ligament and weeping occurrence also still become a big problem. The main issue in causing satellite is residual vibration which is unacceptable in some inkjet printer applications and needs to be eliminated. For reducing the residual vibration and obtaining the good droplet performance related to shape, velocity and volume, the actuating waveform to eject the droplet must be properly designed. The comparison with previous study shows that the study using negative pulse and multi-drop ejection method is very limited. Therefore, in this study, the negative pulse of actuation waveform was designed and applied in single and multi-drop concept (Chapter 1).</p> <p>Theoretical approach concurrently with experimental approach was conducted to design the waveform. The conceptual system model by wave superposition principle was also conducted to predict the total response of waveform (Chapter 2). The good experiment system is important in product development process. Hence, as the beginning step of this research, the measurement method for droplet weight and speed was examined. The experiment standard was determined and used for the next step of this study. In addition, the nozzle checking was also conducted to ensure the properly result of data was obtained from the established experiment system (Chapter 3).</p> <p>The experimental study using Dowanol as the operating liquid was done to examine the effect of preliminary and suppressing vibration. The basic concept in controlling the droplet behavior was revealed. Furthermore, the simple conceptual system model by wave superposition principle was used to explain the droplet behavior. However, the result still showed an unexpected droplet performance (Chapter 4). The new actuation waveform design was made by using two overlapped pulse as preliminary vibration so-called "W" waveform. An</p>	

additional suppressing vibration at the end of pulse and suitable t_{wait} between each pulse is important for the multi-drop design. It was found that the new design in this study is effective to generate clear spherical droplet without satellite, ligament and weeping occurrence. The new waveform design in this study also can deliver the droplet such as push-pull method. It generates the droplet with a bigger volume and lower speed so then called as "push-pull reflection method". However, the droplet speed in single drop can be increased by applying the larger applied voltage. In multi-drop method, it controlled by the suitable adjusted voltage of each pulse. The proposed design is evidently effective until 5 main pulses for two operating liquids namely Dowanol and UV ink (Chapter 5). The edible ink with lower viscosity than Dowanol and UV ink was also used for verifying the effectiveness of waveform design. The modification of "W" waveform was made to improve the droplet performance from the lower viscosity of fluid in multi-drop method. The residual vibration was reduced by rear-ramp deduction of "W" waveform as the preliminary vibration. It was proofed to be effective to avoid the satellite and weeping occurrence and generate the clear spherical droplet. The waveform design is also viable and more flexible to be used for other liquid with different viscosity (Chapter 6). Good performance in droplet shape without satellite, ligament and weeping occurrence give a big contribution in inkjet printer technology and intended to achieve high print quality. The basic concept of controlling the droplet behavior particularly in multi-drop method was summarized. The process of designing the waveform will be easier by using the simple conceptual model of wave superposition principle. As a future challenge, it is important to examine the waveform design in different voltage direction (polar) and different apparatus. (Final Chapter).

学位論文審査の結果及び最終試験の結果報告書

(博士後期課程博士用)

山口大学大学院理工学研究科

報告番号	理工博甲 第 728 号	氏 名	Oke Oktaviany
最 終 試 験 担 当 者	主 査 上西 研 審 査 委 員 江 鐘偉 審 査 委 員 藤井 文武 審 査 委 員 古賀 毅 審 査 委 員 春山 繁之		
【論文題目】			
New Actuation Waveform Design in Multi-Drop Ejection for High Print Quality of DoD Inkjet Printer (インクジェットプリンタの高画質化のためのマルチドロップ駆動波形設計に関する研究)			
【論文審査の結果及び最終試験の結果】			
<p>本研究ではまず、産業用プリンタとして使用されているドロップオンデマンド (DoD) インクジェットプリンタの印刷品質に影響を与える要因 (液滴形状, 液滴速度, 液滴重量) を適切に制御することが重要であることを示し, 吐出量を決定する印加電圧を変更するとリガメントやサテライトが発生するという標準駆動波形における問題点を明らかにしている. 更に液滴重量を自由に変更するマルチドロップ吐出法では, 先の問題に加え, 液ダレが起りやすく, 液滴を適切に制御することができる駆動波形の設計が求められている. 特に, 同一のプリントヘッドで特性の異なるインクを使用する際には駆動波形の設計が困難でありプリントヘッドを交換し対応する問題も有している.</p> <p>そこで, 申請者はより広い範囲のインク特性で使用できる駆動波形を設計するため DoD インクジェットプリントヘッドにおける各種駆動波形の研究調査とこれまでの駆動波形設計のための液滴挙動評価方法の課題を示した上で, 新たな評価方法としてシステムモデル駆動波形シミュレーションによる液滴挙動評価から適切な駆動波形を取得し, 実験評価システムによりその有効性を確認する駆動波形の設計手法を開発した. シミュレーションでは, 主にサテライトを引き起こすプリントヘッドの残留振動を予測することで液滴の形状, 速度及び重量を適切に制御する駆動波形が設計できることを示した上でネガティブパルス駆動波形が, シングルドロップ及びマルチドロップ吐出法の駆動波形として有効であることを明らかにした.</p> <p>次に開発した設計手法を用いて予備振動抑制効果の検討を行い, 残留振動の考察から標準波形を二重重ね合わせた W 波形を新たに提案し, 最適な駆動波形が設計できることを示した. また, マルチドロップ吐出法の駆動波形として液滴の目標重量の増減にあわせ, パルス数を変更し, パルスの増加時には一定の割合でパルスをオフセットさせ, 最終パルスに振動抑制の減圧パルスを付加する駆動波形を設計した. これにより, 液滴速度が一定のまま液滴重量を変化させること, 及び印加電圧の増加により液滴速度を上昇させることができることを明らかにした. 次に, インク特性変化への適用性評価のため, インク粘度が異なるインクについて, 設計した駆動波形を適用し評価を行った結果, インク粘度に応じ振動抑制用パルスのみを変更することで良好な液滴が得られることを明らかにした.</p> <p>以上のように, 本研究で得られた駆動波形の設計手法及び駆動波形は, これまでインク特性の変化に対応することが困難であったマルチドロップ吐出法への新たな可能性を示したものであり, 今後の (DoD) インクジェットプリンタの開発に大きく貢献することが期待できる.</p> <p>本審査会では, 予備審査会において指摘された実験装置の構成と取得データの計測方法及びシミュレーション手法, 駆動波形によるプリントヘッドのインク吐出との関係についての質問事項に対し明確な回答があった.</p> <p>公聴会における主な質問内容は, 駆動波形の電圧負荷時間が変化した場合の液滴重量への影響, 異なる</p>			

インクを使用する場合のインク特性の評価パラメータに関するもの、プリントヘッドの実挙動評価に関するものなどであった。いずれの質問に対しても発表者からの確かな回答がなされた。

以上により本研究は新規性、有用性、信頼性、実用性ともに優れ、博士（工学）の論文に十分値するものと判断した。

論文内容および審査会、公聴会での質問に対する応答などを総合的に判断して、最終試験は合格とした。

なお、主要な関連論文の発表状況は下記の通りである。（関連論文 計4編）

(a) 査読のある雑誌等

- 1) Junji Kaneko, Shigeyuki Haruyama, Ken Kaminishi, Tadayuki Kyountani, Siti Ruhana Omar, Oke Oktavianty , Proposal of Design Method in the Semi-Acausal System Model, International Journal of Electrical, Computer, Energetic, Electronic and Communication Engineering , Vol. 9 No.2, pp. 171 – 175, 2015.
- 2) Oke Oktavianty, Tadayuki Kyoutani, Shigeyuki Haruyama, Junji Kaneko, Ken Kaminishi, Acausal and Causal Model Construction with FEM Approach Using Modelica, International Journal of Medical, Health, Biomedical, Bioengineering and Pharmaceutical Engineering, Vol.10, No.03, pp 138-146, 2016.
- 3) Oke Oktavianty, Tadayuki Kyoutani, Shigeyuki Haruyama, Ken Kaminishi , An Experimental Study to Control Single Droplet by Actuating Waveform with Preliminary and Suppressing Vibration, International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering, Vol.11, No.04, pp 875-884, 2017.

(b) 査読のある国際会議の会議録等

- 1) Takahiro Togawa, Nguyen Huu Phuc, Shigeyuki Haruyama, Oke Oktavianty, Framework for Improving Manufacturing 'Implicit Competitiveness' by Enhancing Monozukuri Capability, Proceeding of International Conference on Industrial Engineering and Management (ICIEM2017), pp. 1787 – 1792, 19 (3) Part XV, 2017.