

Date of Submission:

平成 29 年 7 月 11 日

Department 機械工学専攻		Student ID Number 学籍番号	第 149108 号	Supervisors 指導教員	柳田 秀記 中川 勝文 鈴木 孝司
Applicant's name 氏名	西嶋 春幸				

## Abstract

## 論文内容の要旨 (博士)

Title of Thesis 博士学位論文名	エジェクタに発生する二相流衝撃波の形態と圧力変動に関する研究 (Study of two-phase flow shock waves structure and pressure fluctuation occurring in an ejector)
----------------------------	--

(Approx. 800 words)

(要旨 1,200 字程度)

近年、地球環境保護や世界的なエネルギー需要の増加を背景に、エアコン、冷凍機などの冷凍空調機器の高効率化が重要になってきている。この効率を向上させる一つの技術として、エジェクタサイクルが挙げられる。このエジェクタサイクルは、減圧膨張過程の運動エネルギーをエジェクタの昇圧作用を用いてコンプレッサの圧縮仕事に回収することで、効率を向上させる技術である。このエジェクタの内部で発生する二相流衝撃波は、エジェクタの昇圧メカニズムに大きな影響を与えるため、エジェクタサイクルの高効率化のためにその特性を明らかにすることは重要である。しかし、駆動ノズルの内で発生する二相流衝撃波の形態および衝撃波の形態違いでどの程度速度低下が変化するのはわかっていない。また、人間の身近に設置されるルームエアコンやカーエアコンでは、微小な圧力変動であっても、騒音、異音は問題となり得る。しかし、二相流エジェクタで発生する衝撃波の圧力変動へ及ぼす影響についてはわかっていない。特に、駆動ノズル内のマッハ数は高く、その解明が重要である。

このため、本研究では、まず、シャドウグラフを用いた可視化実験を行い、その結果から、エジェクタの背圧上昇に伴い、駆動ノズル出口で発生する二相流衝撃波はノズル喉部方向へ移動し、その形態は斜め衝撃波から垂直衝撃波に変化することを明らかにした(第2章)。また、二相流衝撃波形態の撮影とその動画を用いた液滴を含む二相流の速度の同時測定を可能とし、二相衝撃波背後の液滴の速度は弱い斜め衝撃波では非常に緩やかに、また、垂直衝撃波に近い強い斜め衝撃波でも緩やかに低下することを明らかにした(第3章)。

次に、駆動ノズルの壁面静圧と圧力変動を同時計測する実験を行い、二相流衝撃波は蒸気単相と異なり、上流の圧力変動を増幅させる作用に加え、同時に上流の圧力変動を減衰させる作用があることを実験的に明らかにした(第4章)。この上流の圧力変動を増幅させる作用は、上流の圧力変動量に依存し衝撃波強さの上昇に伴い増大する特性であり、上流の圧力変動を減衰させる作用は、衝撃波背後の液体の体積割合の増加により増加する特性であることを明らかにした。また、二相流エジェクタのノズル内で発生する二相流衝撃波は、衝撃波強さに伴い、増幅周波数成分に加え減衰周波数成分も増加する性質を有することを明らかにした(第5章)。

更に、駆動ノズルの壁面静圧と中心近傍の静圧を同時計測する実験にて、蒸気単相で生じる複数の斜め衝撃波から構成される擬似衝撃波は、ノズルの入口オリティの低下によりひとつの斜め衝撃波に徐々に変化することを実験にて明らかにし、この形態変化が上流の圧力変動を増幅させる作用が二相流から蒸気単相まで連続的に変化する要因のひとつであることを示した(第6章)。

Date of Submission:

平成 29 年 7 月 11 日

Department 機械工学専攻	Student ID Number 学籍番号	第 149108 号	Supervisors 指導教員	Hideki Yanada Masafumi Nakagawa Takashi Suzuki
Applicant's name 氏名	Haruyuki Nishijima			

## Abstract

## 論文内容の要旨 (博士)

Title of Thesis 博士学位論文名	エジェクタに発生する二相流衝撃波の形態と圧力変動に関する研究 (Study of two-phase flow shock waves structure and pressure fluctuation occurring in an ejector)
----------------------------	--

(Approx. 800 words)

(要旨 1,200 字程度)

Conservation of energy is becoming increasingly important for the protection of the environment. Improving the efficiency of a refrigeration cycle is a critical factor to achieve this goal. The ejector cycle can reduce compressor energy consumption by recovering the expansion energy lost in the conventional vapor-compression refrigeration cycle. As the speed of sound in two-phase flow is lower than that in gas, a two-phase-flow shock wave easily forms in the nozzle and mixing section. Such shock waves increase the pressure difference between the suction inlet and the ejector outlet and play an important role in the ejector's compression mechanism. Thus, the characteristics of these shock waves merit investigation. The structure of these shock waves defines the performance of the two-phase flow ejector. In general, the energy lost by the shock wave depends on its structure: the energy lost by a normal shock wave is greater than that lost by an oblique shock wave. Therefore, to maximize ejector efficiency, we must understand the structure of two-phase-flow shock waves, and the extent to which the structure of two-phase-flow shock waves wave affects speed reduction must clarify. And there might become a problem of an unwanted sound or abnormal noise by the minute pressure fluctuation in the air-conditioner and the car air-conditioner. Therefore, the effect of the pressure fluctuation by those waves must be considered on the designs of the ejector.

In this study, at first, the shadowgraph method was used to visualization of the structure of two-phase-flow shock waves and it was clarified that the rise in ejector-back pressure shifts the shock wave from the outlet toward the throat of the nozzle and causes an oblique shock wave to become a normal shock wave (Chapter.2). Furthermore, the temporal changes in luminance distribution were captured in a video and those in the droplet velocity were measured using a luminance cross-correlation method. By this method, it was clarified that the droplet velocities downstream of the two-phase shock waves are gently decreased even when the shock waves are strong oblique (it is close to normal) (Chapter.3).

Secondly, by the simultaneous measurement of the wall surface static pressure and the pressure fluctuation of the drive nozzle, it was clarified that the effect to attenuate the pressure fluctuation of upstream shock waves in addition to the effect to amplify the pressure fluctuation appears in the two-phase shock waves (Chapter.4). Furthermore, it was clarified that the amplification frequency components of pressure fluctuations are increased with the strength of the shock waves and the attenuation frequency components are increased with increase of liquid void fraction of downstream shock waves. In addition, it was clarified that the amplification frequency components and the attenuation frequency components of pressure fluctuations are increased with increase of shock wave strength (Chapter.5).

Thirdly, by the simultaneous measurement of the wall surface static pressure and the static pressure close to center of the drive nozzle, it was clarified that a pseudo shock wave (a series of oblique shock waves in line) in vapor-single flow gradually changes to an oblique shock

wave with decrease of nozzle inlet quality, and it was mentioned that this structure changes were one of the reason why the amplification frequency components continuously increase from two-phase flow to vaper-single flow (Chapter.6).