

令和 6 年 5 月 9 日現在

機関番号：82723

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K03908

研究課題名(和文) 微細流路内沸騰熱伝達の高時空間分解測定および動的伝熱メカニズム解明

研究課題名(英文) High spatiotemporal resolution measurements of boiling heat transfer in a minichannel to investigate dynamic heat transfer mechanisms

研究代表者

中村 元 (NAKAMURA, Hajime)

防衛大学校(総合教育学群、人文社会科学群、応用科学群、電気情報学群及びシステム工学群)・システム工学群・教授

研究者番号：80531996

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：矩形微細流路内の水の流動沸騰熱伝達を赤外線カメラを用いて高時空間分解(2000fps, 25 μ m/pixel)で測定した。質量流束は150kg/(m²・s)、壁面熱流束は40～120kW/m²とし、気泡流およびスラグ流の条件で測定を行った。その結果、本実験条件では強制対流による伝熱が支配的であることや、薄液膜蒸発による伝熱促進の寄与が全伝熱量を押し上げる効果があることが示された。加えて、従来の伝熱予測式では考慮されていない三相界線による熱流束上昇や、ドライアウトやリウエットによる熱流束の低下や急上昇も局所的には伝熱量に大きな影響を及ぼすことが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

熱交換器の小型化・高性能化を目的として流路の微細化が進められており、空調用では辺長1mm程度の矩形微細流路を並列化した扁平多孔管熱交換器が開発されている。ただし、流動沸騰に内在する高速かつ複雑な熱伝達変動特性は現状ではあまり明らかにされていない。熱伝達変動特性が明らかになれば、流動沸騰熱伝達の学術的理解が深まると共に、熱伝達予測式の精度向上や、数値シミュレーションの高精度モデル構築への貢献が期待できる。本研究では、高速度赤外線カメラを用いた手法が熱伝達変動特性を調査する上で有効であることを示した。また、気泡流とスラグ流の測定を行い、沸騰熱伝達を構成する各素過程の寄与度について調査した。

研究成果の概要(英文)：The fast and complex heat transfer fluctuations of water flow boiling in a rectangular minichannel were measured using an infrared camera with high spatiotemporal resolution (2000fps, 0.025mm/pixel). The measurements were carried out under the conditions of a mass flux of 150kg/(m²・s), wall heat flux of 40 to 120kW/m², and the vapor quality corresponding bubble flow and slug flow. The results revealed that forced convection was dominant under the conditions investigated here, accounting for approximately 85-95% of the total heat transfer. In addition, the contribution of the thin liquid film evaporation formed between the vapor plug and the wall surface had the effect of increasing the total heat transfer. Additionally, it was revealed that the fundamental processes which were not considered in conventional heat transfer formulae, such as three-phase contact line, dryout, and rewetting, had significant impacts on local heat transfer.

研究分野：熱工学

キーワード：伝熱 沸騰 計測 可視化 動的メカニズム 赤外線イメージング

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、熱交換器の小型化・高性能化を目的として流路の微細化が進められており、空調用では辺長 1 mm 程度の矩形微細流路を並列化した扁平多孔管熱交換器の開発が進められている。この流路では、流動沸騰は慣性力、重力、表面張力のそれぞれが影響を及ぼし合い、従来管とは異なる伝熱特性を示すことが報告されている。そのため、矩形微細流路の熱伝達を予測する研究が進められているが、流動沸騰に内在する高速かつ複雑な熱伝達変動特性はあまり明らかにされていないのが現状である。熱伝達変動特性が明らかになれば、流動沸騰熱伝達の学術的理解が深まると共に、熱伝達予測式の精度向上や、数値シミュレーションの高精度モデル構築への貢献が期待できる。

2. 研究の目的

矩形微細流路内の流動沸騰に伴う高速かつ複雑な熱伝達変動を実測し、各流動様相（気泡流、スラグ流等）における動的伝熱特性を明らかにすることを目的とした研究を行う。測定には、面の温度変動を高時空間分解で測定可能な高速度赤外線カメラを用いる。測定データを基に、沸騰の素過程（沸騰核生成やドライアウトなど）に伴う熱伝達の変動特性を明らかにすると共に、各素過程が伝熱に及ぼす寄与度について調査する。

3. 研究の方法

まず、赤外線カメラを用いて沸騰の素過程に起因した高速かつ複雑な熱伝達変動を十分な解像度で測定できるか確認するために、高温面に液滴を滴下して沸騰させる簡易な実験を行った。沸騰挙動の撮影と熱伝達変動測定を測定面越しに行うために、可視光と赤外線を透過する窓材に、可視光透過・赤外線不透過の導電性薄膜（酸化インジウムスズ（ITO）膜）を成膜した測定面を製作した。沸騰熱伝達の測定結果および測定面の熱伝導解析により、窓材にフッ化カルシウム（ CaF_2 ）を用いると、微細流路内の流動沸騰を十分な時空間分解能（ $\sim 1 \text{ ms}$ かつ $\sim 0.1 \text{ mm}$ ）で測定可能であることを確認した。

その上で、水平設置した辺長 2 mm の矩形微細流路で水を流動沸騰させる装置を製作し、沸騰熱伝達を高時空間分解（2000 fps, 0.025 mm/pixel）で測定した。同時に、2 台の高速度カメラを用いて気液界面の挙動を可視化し、各流動様相（気泡流やスラグ流など）における熱伝達変動特性、および沸騰の各素過程（沸騰核生成、ドライアウト、三相界線、リウエット、強制対流）が伝熱に及ぼす影響を調査した。また、瞬時熱流束分布の時系列データを画像解析し、各素過程が全伝熱量に及ぼす寄与度について調査した。

4. 研究成果

図 1 の装置を用いて、高温の伝熱面(Window material coated with ITO film)にエタノールの液滴を滴下し、沸騰挙動を 2 台の高速度カメラで斜め上方（俯角 30° ）および下方（仰角 80° ）から撮影した。同時に、高速度赤外線カメラを使用して壁面(赤外線透過窓材上に成膜された ITO 膜)の温度変動を測定した。測定した温度変動を基に、窓材への非定常な熱伝導損失を考慮して壁面熱流束変動を算出した[1]。

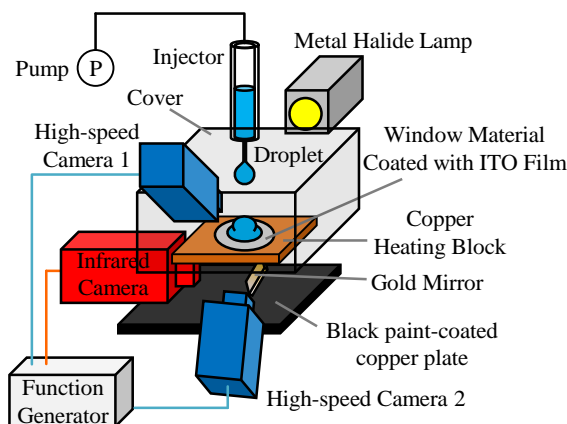


Figure 1: Schematic of experimental setup for measuring the heat transfer of a boiling droplet.

図 2 に、測定結果の一例（ CaF_2 窓材を使用し、滴下前の過熱度を $\Delta T_{\text{sat}0} = 30$ とした場合）をコマ送りで示す。上の 2 つの図が可視画像（俯角 30° からと仰角 80° から）、下図が瞬時熱流束分

布である。 $t = 760.3$ ms で沸騰核生成が始まり、その直下に形成される薄液膜（マイクロレイヤー）の蒸発により熱流束が急上昇することが確認できる。その後、薄液膜の一部がドライアウトして熱流束が低下するが（ $t = 761, 762$ ms）、沸騰気泡の崩壊により周囲から液相が流れ込むことでドライアウトした領域がリウエットし、熱流束が上昇している（ $t = 762.3, 762.7$ ms）。このように、赤外線カメラにより、沸騰核生成に伴う高速な熱流束変動を測定できることを確認した。さらに、測定面の熱伝導解析解[2]を基に検討した結果、 CaF_2 を窓材に用いると、微細流路の沸騰熱伝達（熱流束変動振幅 100 kW/m^2 程度）を十分な時空間分解能（ ~ 1 ms かつ ~ 0.1 mm）で測定可能であることが示された。

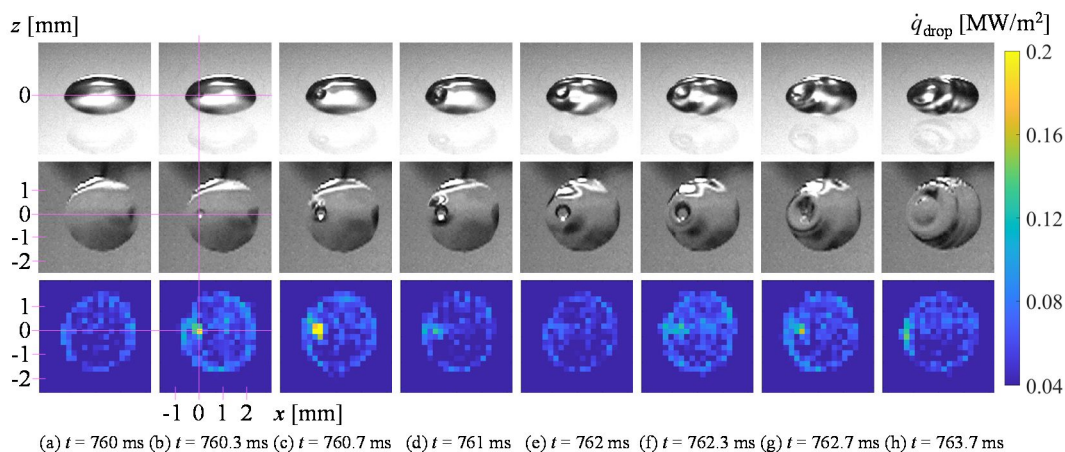


Figure 2: An example of high spatiotemporal resolution measurement of boiling heat transfer of a droplet, cited from Ref. [1]: Top – visible image (high-speed visible camera from diagonally above); middle – visible image (high-speed visible camera from below); Bottom – instantaneous wall heat flux.

次に、水平設置した辺長 2 mm の矩形微細流路内で水を流動沸騰させる装置を製作した[3][4]。図3に実験装置の概略を示す。ヘッドタンク（排出口からのヘッド差 1.9 m ）に貯めた水道水をヘッド差によって駆動した。脱気した純水を加熱用熱交換器で 80°C 程度まで昇温させた後に、プレヒータで飽和温度 T_{sat} 程度（ $\sim 100^\circ\text{C}$ ）まで加熱した。その後、測定部で測定を行った後、冷却用熱交換器で常温近くまで冷却して排水した。排水口に設置されたバルブにより、質量流束を $150 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 程度に設定した。

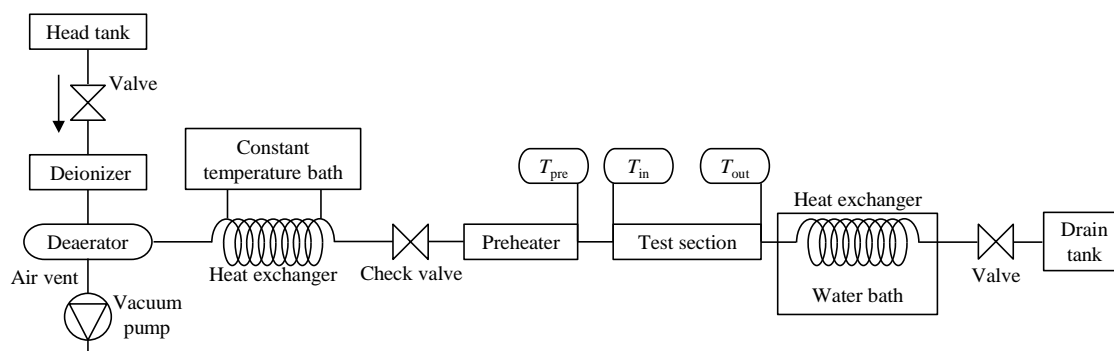


Figure 3: Schematic of the experimental setup.

図4に測定部を示す。2枚のポリカーボネート平板を上下に重ね合わせて作成した。上側のポリカーボネート平板の下面の中心線上に溝（長さ 180 mm 、幅 2 mm 、深さ 2 mm ）を設け、断面積 $2 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ の矩形微細流路を形成した。下側のポリカーボネート平板には、赤外線透過窓材 CaF_2 （ $\phi 30 \text{ mm} \times$ 厚さ 2 mm ）の上面にITO膜（長さ $20 \text{ mm} \times$ 幅 $2 \text{ mm} \times$ 厚さ 700 nm ）と金電極を成膜した加熱面を設置した。ITO膜は金電極を介して通電加熱した。なお、ITO膜を水と電氣的に絶縁するため、加熱面の上面（ITO膜および金電極の上面）には SiO_2 （厚さ 500 nm ）を成膜している。また、ポリカーボネート平板と加熱面の隙間は、流路の形状に合わせて形成したポリジメチルシロキサン（PDMS）により密閉した。

矩形微細流路の加熱領域において、水の沸騰挙動を2台の高速度カメラ（ 520×108 pixels, 2000 Hz ）を用いて上方および下方から撮影した（図4(a)）。同時に、加熱面（ITO膜）の温度変動を、窓材の下方から金ミラーを介して高速度赤外線カメラ（ 640×240 pixels, 2000 Hz , $0.025 \text{ mm}/\text{pix}$ ）で測定した（図4(b)）。高速度カメラと赤外線カメラの撮影は、ファンクションジェネレータを用いて同期した。壁面熱流束は $q_w = 40 \sim 120 \text{ kW/m}^2$ の範囲とし、気泡流からスラグ流の流動様相が得られる条件で測定を行った。

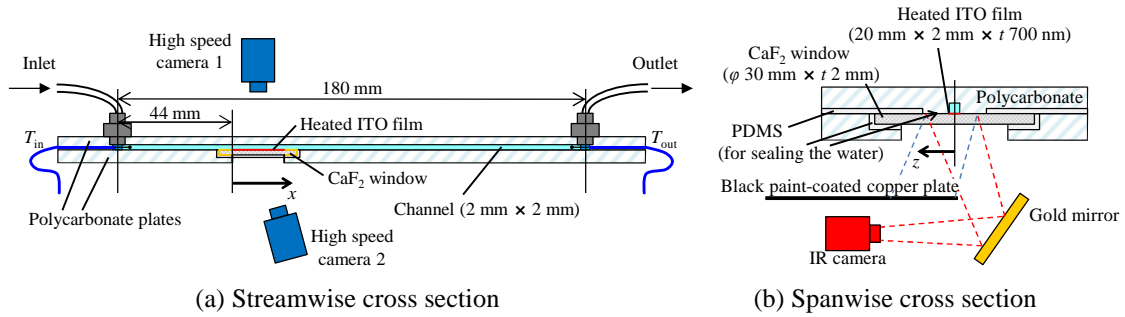


Figure 4: Schematic of the test section.

赤外線カメラで測定した ITO 膜の温度分布 $T_w(x,z,t)$ を基に、窓材への伝導熱流束 $q_{cv}(x,z,t)$ 、窓材を介した外部への放射熱流束、および伝熱面の熱慣性・熱拡散を考慮して、流動沸騰する水への熱流束 $q_w(x,z,t)$ を算出した (x, z 座標は図 4 参照)。 $q_{cv}(x,z,t)$ は、3 次元非定常熱伝導解析により求めた窓材内の瞬時温度分布から算出した。

測定結果の一例 (測定面及び時間で平均した熱流束 $\langle q_w \rangle = 117 \text{ kW/m}^2$ の場合) を図 5 に示す。(a) $t = 24 \text{ ms}$, (b) $t = 191 \text{ ms}$, (c) $t = 224.5 \text{ ms}$, (d) $t = 427 \text{ ms}$ の瞬間 ($t = 0$ が計測開始時間) における沸騰気泡の様相 (上から撮影と下から撮影), 加熱面の温度分布, および熱流束分布を示す。(a) では流路内の大半が液相であり, 流路の角部 ($z = \pm 1 \text{ mm}$) 付近, および ITO 膜のエッチングによって形成した人工発泡点 ($x = 10 \text{ mm}$, $z = 0$ に形成した直径 $\phi 20 \mu\text{m}$ のキャビティ) において沸騰気泡が生成している。このとき, 局所熱流束 q_w は気泡の発泡点で高く, 気泡周囲も高めになっている。これは, 気泡の発泡時に形成されるマイクロレイヤー蒸発による熱流束上昇, および気泡の運動に伴う液相の攪乱による熱流束上昇によると考えられる。(b) では, 気泡の成長に伴い気泡同士が合体し, 気体プラグが形成されている。気体プラグが成長すると, 気泡と壁面の間に形成される薄液膜の蒸発によって局所熱流束 q_w が上昇する。(c) では, 局所熱流束 q_w の低い箇所が随所に確認できる。これは, 気体プラグ底部の薄液膜にドライパッチが形成されるためである。また, ドライパッチ周囲に形成される固-気-液三相界線では局所熱流束 q_w が高くなる。(d) では, ドライパッチに液相が流入してリウエットが起こり ((d) の $x = 7 \text{ mm}$, $z = -0.5 \sim 0.8 \text{ mm}$), 局所熱流束 q_w が急上昇している。このように, 流動沸騰の可視画像と局所熱流束分布を対応させることで, 薄液膜蒸発, 三相界線, ドライアウト, リウエットといった沸騰の各素過程に対応した領域を明瞭に判別できることを確認した。

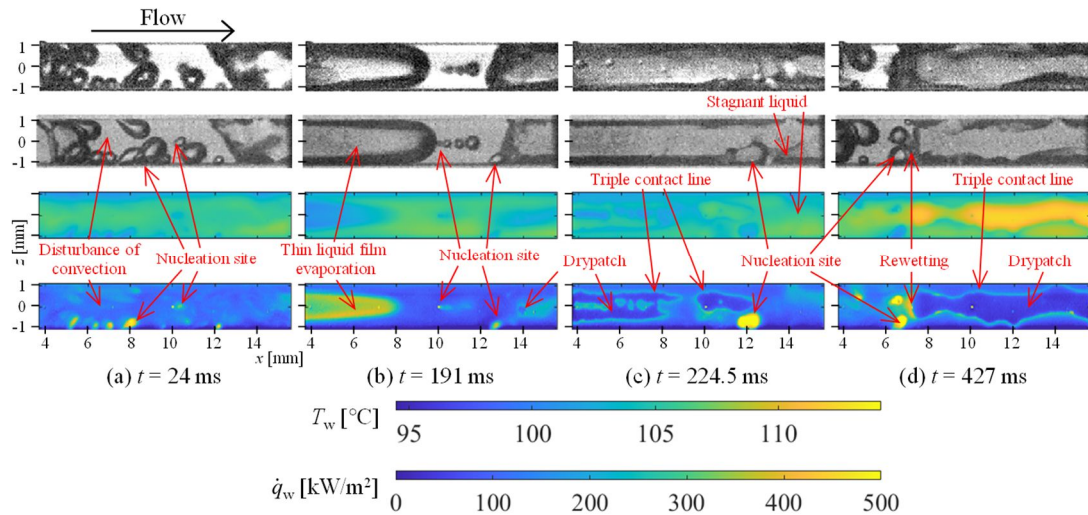


Figure 5: Instantaneous boiling behaviors and corresponding temperature and heat flux distributions, cited from Ref. [3]: Top – visible image (high-speed visible camera 1, from above); 2nd from top – visible image (high-speed visible camera 2, from diagonally below); 2nd from bottom – instantaneous wall temperature; Bottom – instantaneous wall heat flux.

次に, 測定した熱流束分布を画像解析し, 沸騰の素過程 (薄液膜蒸発 L_f , 三相界線 Cl , ドライアウト Dry , リウエット Rew , 強制対流 Fc) に区分した。また, 各素過程が伝熱に及ぼす寄与度を調査した。なお, 気泡が液相を攪乱する領域は強制対流に区分した。図 6 に, 沸騰挙動の可視画像 (上図), および熱流量 \dot{Q} (熱流束 q_w を面積で積分した値) の時間変動 (下図) を示す。(a) の条件 1 (図 5 の条件) では, $t < 150 \text{ ms}$ では液相が支配的であり (図 5 (a) 参照), 気泡の発泡による薄液膜蒸発が起こるものの, 全体として強制対流 \dot{Q}_{Fc} が支配的である。 $t \sim 200 \text{ ms}$ になると, プラグ気泡の形成 (図 5 (b) 参照) による薄液膜蒸発 \dot{Q}_{Lf} が急激に増加し, 総熱流量 \dot{Q}_{Tot} も急激に増加する。ただし, 直後 ($t > 200 \text{ ms}$) にドライパッチが形成され (図 5 (c) 参照), \dot{Q}_{Lf} が急激に低下すると共に総熱流量 \dot{Q}_{Tot} も急激に低下する。その後, ドライパッチが広がる (200 ms

$t < 400$ ms) につれて総熱流量 \dot{Q}_{Tot} が低下するが、同時に三相界線による伝熱 \dot{Q}_{Cl} の寄与が大きくなり、総熱流量 \dot{Q}_{Tot} の低下はそれほど顕著にならない。420 ms $< t < 430$ ms では、ドライパッチのリウェットが起こり (図 5 (d) 参照), 瞬間的にリウェットによる伝熱 \dot{Q}_{Rew} が上昇する。条件 1 よりも壁面熱流束が低い (b) の条件 2 ($\langle \bar{q}_w \rangle = 71$ kW/m²) では、気泡の発泡が抑制されるため、全時間にわたって液相が支配的になる。(c) の条件 3, (d) の条件 4 は、条件 1, 2 よりもプレヒータでの加熱量を上げて測定部入口からプラグ気泡が流入する条件にした場合である。条件 3 では、プラグ気泡が周期的に通過することにより、条件 1 の 150 $< t < 450$ ms と同様な変化が繰り返し起こっている。すなわち、プラグ気泡の薄液膜蒸発による伝熱促進が周期的に発生し、それが総熱流量 \dot{Q}_{Tot} を押し上げている。なお、条件 4 (条件 3 よりプレヒータの加熱量を上げた場合) は、プラグ気泡の薄液膜蒸発により \dot{Q}_{Lf} が一旦急上昇するものの、すぐに \dot{Q}_{Lf} が急低下しており、条件 3 のように薄液膜蒸発の伝熱促進が持続しない。これは、蒸気クオリティの増加により気体プラグが高速になり、安定した薄液膜を維持できなくなったためと考えられる。

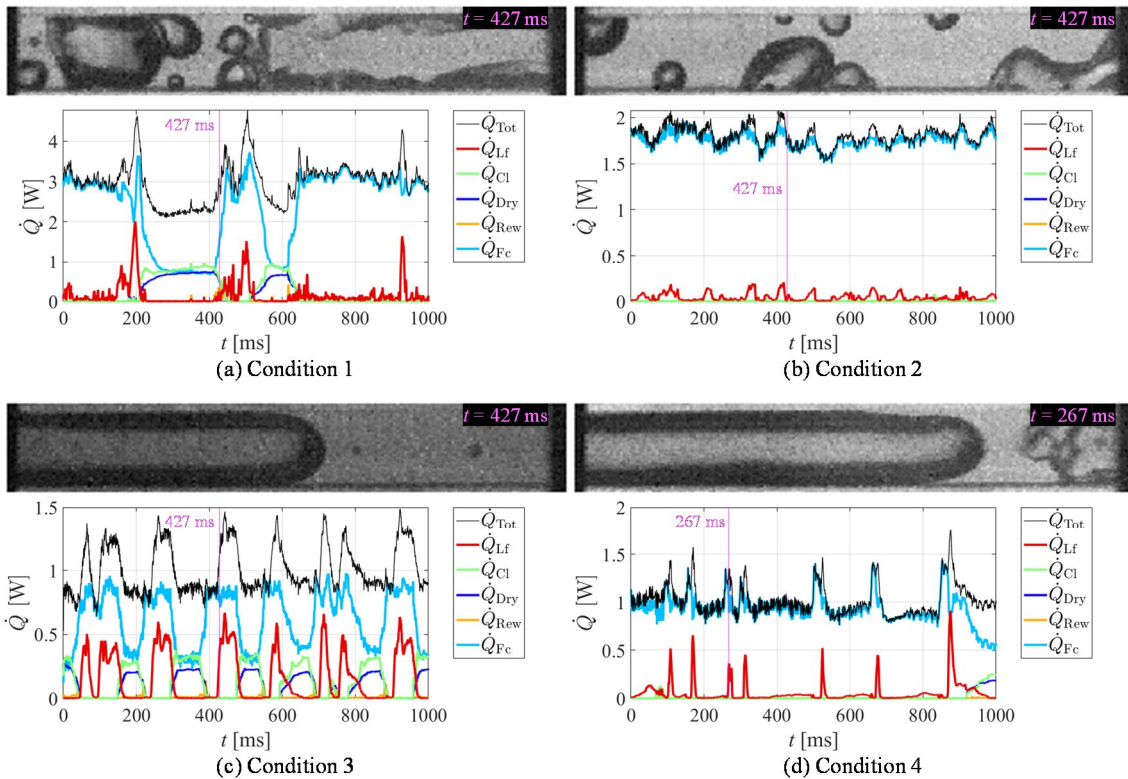


Figure 6: Instantaneous boiling behavior and temporal fluctuation of heat flow rate, cited from Ref. [3].

以上の測定により、本実験条件では強制対流による伝熱が支配的であることや、薄液膜蒸発の寄与が全伝熱量を押し上げる効果があることが明らかになった。加えて、従来の伝熱予測式では考慮されていない三相界線による熱流束上昇や、ドライアウトやリウェットによる熱流束の低下や急上昇も局所的には伝熱量に大きな影響を及ぼすことが明らかになった。

< 引用文献 >

- [1] Yoshida Masaki, Yamada Shunsuke, Funami Yuki, Nakamura Hajime, High spatio-temporal resolution measurement of boiling heat transfer of a falling droplet, Applied Thermal Engineering, Vol. 228 (2023), DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2023.120464.
- [2] Yoshida Masaki, Nakamura Hajime, Spatio-temporal resolutions in the measurement of heat transfer fluctuations on a thin film formed on a window material via an optical method, International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 189 (2022), DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2022.122723.
- [3] 吉田 雅輝, 山田 俊輔, 船見 祐揮, 中村 元, 可視透明ヒータを壁面とした矩形ミニチャネル内流動沸騰熱伝達の高空間分解能測定, 第 60 回日本伝熱シンポジウム講演論文集, H1411, (2023).
- [4] Yoshida Masaki, Yamada Shunsuke, Funami Yuki, Nakamura Hajime, High Spatio-Temporal Resolution Measurement of Flow Boiling Heat Transfer in a Rectangular Minichannel Via a Visible-Light Transparent Heater Wall, 17th International Heat Transfer Conference, ID: 465, (2023).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 M. Yoshida, S. Yamada, Y. Funami, H. Nakamura	4. 巻 228
2. 論文標題 High spatio-temporal resolution measurement of boiling heat transfer of a falling droplet	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Applied Thermal Engineering	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.applthermaleng.2023.120464	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 M. Yoshida, H. Nakamura	4. 巻 189
2. 論文標題 Spatiotemporal resolutions in the measurement of heat transfer fluctuations on a thin film formed on a window material via an optical method	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Heat and Mass Transfer	6. 最初と最後の頁 1-14
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2022.122723	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 吉田 雅輝, 山田 俊輔, 船見 祐揮, 中村 元	4. 巻 38
2. 論文標題 赤外線による可視透明ヒータ越しの沸騰熱伝達変動測定を試み	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本冷凍空調学会論文集	6. 最初と最後の頁 145-153
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11322/tjsrae.21-08NK_EM_OA	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計14件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 吉田 雅輝, 山田 俊輔, 船見 祐揮, 中村 元
2. 発表標題 可視透明ヒータを壁面とした矩形ミニチャネル内流動沸騰熱伝達の高空間分解能測定
3. 学会等名 第60回日本伝熱シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yoshida Masaki、Yamada Shunsuke、Funami Yuki、Nakamura Hajime
2. 発表標題 High Spatio-Temporal Resolution Measurement of Flow Boiling Heat Transfer in a Rectangular Minichannel Via a Visible-Light Transparent Heater Wall
3. 学会等名 17th International Heat Transfer Conference (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉田 雅輝、山田 俊輔、船見 祐揮、中村 元
2. 発表標題 矩形微細流路内の流動沸騰様相と熱伝達変動の高時空間分解測定
3. 学会等名 2023年度日本冷凍空調学会年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉田 雅輝、山田 俊輔、船見 祐揮、中村 元
2. 発表標題 壁面の熱物性値が流動沸騰熱伝達計測に及ぼす影響
3. 学会等名 日本機械学会熱工学コンファレンス2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉田 雅輝、山田 俊輔、船見 祐揮、中村 元
2. 発表標題 伝熱面の熱物性値が沸騰熱伝達計測に及ぼす影響
3. 学会等名 第59回日本伝熱シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 M. Yoshida, S. Yamada, Y. Funami, H. Nakamura
2. 発表標題 Visualization of Transient Heat Transfer by a Droplet Bouncing on a Heated Surface via Thermography
3. 学会等名 13th Pacific Symposium of Flow Visualization and Image Processing (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉田 雅輝, 山田 俊輔, 船見 祐揮, 中村 元
2. 発表標題 矩形微細流路における沸騰挙動と熱伝達変動の同時計測の試み
3. 学会等名 2022年度日本冷凍空調学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉田 雅輝, 山田 俊輔, 船見 祐揮, 中村 元
2. 発表標題 沸騰による壁温変動の予測に関する基礎的検討
3. 学会等名 日本機械学会2022年度年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉田 雅輝, 山田 俊輔, 船見 祐揮, 中村 元
2. 発表標題 矩形ミニチャネルにおける流動沸騰挙動と熱伝達変動との対応
3. 学会等名 日本機械学会熱工学コンファレンス2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 M. Yoshida, S. Yamada, Y. Funami, H. Nakamura
2. 発表標題 High spatio-temporal resolution measurement of boiling heat transfer of a falling droplet
3. 学会等名 32nd International Symposium on Transport Phenomena (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉田 雅輝, 山田 俊輔, 船見 祐揮, 中村 元
2. 発表標題 可視透明ヒータ伝熱面とした落下液滴沸騰熱伝達の赤外線計測
3. 学会等名 第58回日本伝熱シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田 雅輝, 山田 俊輔, 船見 祐揮, 中村 元
2. 発表標題 窓材を介した沸騰挙動と熱伝達変動の同時計測の試み
3. 学会等名 2021年度日本冷凍空調学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田 雅輝, 山田 俊輔, 船見 祐揮, 中村 元
2. 発表標題 落下液滴の沸騰挙動と局所熱伝達変動との対応
3. 学会等名 日本機械学会熱工学コンファレンス2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 M. Yoshida, H. Nakamura
2. 発表標題 Frequency Response and Spatial Resolution in Measuring a Heat Transfer Fluctuation on a Thin-Film Formed on a Window Material Using an Optical Method
3. 学会等名 Second Asian Conference on Thermal Sciences (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	山田 俊輔 (YAMADA Shunsuke) (90516220)	防衛大学校(総合教育学群、人文社会科学群、応用科学群、電気情報学群及びシステム工学群)・システム工学群・准教授 (82723)	
研究分担者	船見 祐揮 (FUNAMI Yuki) (70738004)	防衛大学校(総合教育学群、人文社会科学群、応用科学群、電気情報学群及びシステム工学群)・システム工学群・准教授 (82723)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	吉田 雅輝 (YOSHIDA Masaki)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------