

平成 30 年 6 月 26 日現在

機関番号：13301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K16179

研究課題名(和文)丸平編物における視覚的審美特性の計測と設計方法に関する研究

研究課題名(英文)Basic Research on Evaluation and Design Method of Aesthetic Properties in Circular Plain Knitted Fabric

研究代表者

若子 倫菜(Wakako, Lina)

金沢大学・機械工学系・助教

研究者番号：30505748

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文): 本課題では、ベージュ系薄手タイツ類の審美特性を計測、設計する方法についての基礎的指針を得ることを目的とする。審美特性の1要素「素肌脚部らしさ」と関係する明度差分布と編布物理的特性との関係、編布物理的特性と製編条件との関係を検討した。
 着装脚部と無着装脚部との明度差分布(LD)は $LD=CF(P-L)$ 、 $CF=d(c+2w/\cos T)$ 、 $P=mL+n$ で算出できる。ただし、CF 被覆率、P 糸領域明度、L 無着装脚部明度、d 見かけ糸太さ、c、w 編目密度、編布試料とカメラとの角度、m、n: 糸種に依存する定数。また、糸種や番手の選定、度目による編目密度調整が審美特性の設計に有効とわかった。

研究成果の概要(英文): The purpose of this study is to obtain basic guidelines of the evaluation and design on aesthetic properties of beige colored thin tights. "The appearance of looking like bare leg" is an evaluation factor of the aesthetic properties. The factor can be evaluated by analyzing the distribution of lightness difference (LD) which is calculated from two leg images with and without fabric. The following problems were investigated: (1)the relationship between LD-distribution and physical properties of fabric; (2)the relationship between physical properties of fabric and knitting conditions.
 LD-distribution could be obtained by using the following equations; $LD=CF(P-L)$, $CF=d(c+2w/\cos T)$, and $P=mL+n$. d:apparent yarn width, c and w:stitch density, L:skin lightness, T:angle between fabric sample and camera, M and N:constants depend on the yarn type. And it was found that the selection of the type and count of yarn and the adjustment of stitch density were effective for the design of the factor.

研究分野：繊維工学、感性工学

キーワード：編布 審美 明度差 密度 太さ

1. 研究開始当初の背景

タイツやパンティストッキングなどの靴下類製造業は、日本における貴重な産業の一つである。しかしながら、中国や韓国などの東南アジア製製品が、品質の向上、流行に対する素早いレスポンス、低価格などにより大量に輸入、消費され、国内靴下類製造業は前例をみないほどの厳しい状況に追い詰められている。一方で、靴下類製造業界では、「繊維製品の品質と性能に対する日本人の要求は世界で最も厳しい」というのが定説である。日本人の消費者ニーズに応えうる靴下類を開発・生産できる技術は、国内消費の向上のみならず海外展開への核になりうることから、靴下類製造業界の活性化は緊急かつ重要な課題である。

近年、日本人女性において、着心地（被服圧、保温性など）やファッション性（外観）を求めてカラータイツやレギンス、パンティストッキングなどのタイツ類（丸平編物）に注目が集まっている。申請者は、最も代表的なページユ系薄手タイツ類の外観について20代～30代の日本人女性にアンケート調査をし、評価因子を分析した。その結果、着装時における「表面粗さ感」と「素肌脚部らしさ感」の2因子を視覚的審美特性として重要視していることがわかった[1]。

ページユ系薄手タイツ類の視覚的審美特性に関する研究動向を以下に示す。代表的なものは、市販のタイツやパンティストッキングの視感と光反射特性との関係に関する研究である。編布画像や着装脚部の画像を解析して反射光分布を分析し、視感との相互関係をまとめたものである。パンティストッキングの透明感に関する研究も報告されている。原系の構造（織度や巻数など）や色彩がそれぞれ異なる丸平編物の官能評価を行い、透明感との相互関係をまとめたものである。これらに加え、申請者は、透明感が「素肌脚部らしさ感」と密接に関係していること、「素肌脚部らしさ感」は、素肌脚部と着装脚部の2画像から得られる明度差分布を分析することによって計測・評価できることを報告している[1, 2]。また、平成25年度採択課題「平編布における視覚的表面粗さ感の計測と設計に関する研究」の成果として、「表面粗さ感」は編布の物理的特性値（着装中の編布における編目1つ分の占める面積 A と見かけ糸太さ W との積 WA ）を用いて評価できることを明らかにした。これらの研究成果をまとめると、ページユ系薄手タイツ類の「素肌脚部らしさ感」と「表面粗さ感」を計測・評価し、設計・開発するためには、「素肌脚部らしさ感」と関係している明度差分布と編布特性値との関係、編布特性値と編機の製編条件との関係の2点を明らかにする事が課題として残されている。

課題「素肌脚部らしさ感」と関係している明度差分布と編布特性値との関係について次のように考え、予備実験を行った。編布

着装脚部と無着装脚部との明度差（以後、 LD と表記する）は、脚部上の丸平編布による糸領域の明度変化によって生じるものとする。脚部正面の微小領域での明度差は $LD = CF(P-L)$ と考えることができる。ここで、 CF ：被覆率、 P ：糸領域明度、ならびに L ：無着装時の脚部明度である。 CF は編目密度（単位長さあたりの編目数。ここでは、着装状態すなわち伸長状態の編布における編目密度。）と見かけ糸太さを用いて表すことができる。また、 P は原系の光透過特性（着装状態での糸領域明度と同一糸領域の無着装脚部明度との対応関係）を計測することによって表すことができる。したがって、明度差分布は微小領域の LD を脚部全前面について計算することで求められる。そこで、代表的な原系から成る丸平編物と脚部を模した円筒パイプを用いて明度差分布を算出する予備実験を行った。その結果、編布特性値（編目密度、見かけ糸太さおよび P ）を用いて求めた明度差分布は、丸平編布着装時と無着装時の2画像を用いて求めた明度差分布と類似することがわかった。さらに、課題「編布特性値と編機の製編条件との関係について次の予備実験を行った。代表的な原系と丸編機を用いて、製編条件（供給糸張力、製編速度、巻取張力等）と編布特性値（編目密度、見かけ糸太さ等）との関係を調査した。その結果、製編条件は特に編目密度に大きく影響を及ぼすことがわかった。

これらの予備実験の結果から、課題「素肌脚部らしさ感」と関係している明度差分布と編布特性値との関係と、課題「編布特性値と編機の製編条件との関係を明らかにすることによって、「素肌脚部らしさ感」と「表面粗さ感」に優れたページユ系薄手タイツ類を設計・開発できると確信した。この研究が進めば、ページユ系薄手タイツ類の視覚的審美特性の計測・評価だけでなく、望む視覚的審美特性をもつ製品の設計・製造が期待できる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ページユ系薄手タイツ類の視覚的審美特性を計測、設計する方法についての基礎的指針を得ることである。そのために、課題「素肌脚部らしさ感」と関係している明度差分布と編布特性値との関係、課題「編布特性値と編機の製編条件との関係を明らかにする。

着装脚部の明度分布は、脚部上の丸平編布が作り出すものであり、脚部上の丸平編布の物理的特性は原系の種類、織度、編目密度によって定まる。そこで、課題「編布特性値と編機の製編条件との関係を明らかにする。

- (1) 代表的な原系について、編布特性値を用いて明度差分布を求める方法（明度差分布算出式）を確立する
- (2) 原系の種類や織度が検討項目(1)とは異

なる複数種類の編布について、明度差分布算出式に用いるパラメータのデータベースを構築する

さらに、丸平編物を設計、開発するためには製編条件の設定が必要であることから、課題について次の2項目を検討する。

- (3) 代表的な原系について、製編条件と編布特性値との関係式を確立する
- (4) 種類や織度が検討項目(3)とは異なる複数種類の原系について検討項目(3)の関係式に用いるパラメータのデータベースを構築する

3. 研究の方法

- 課題 ・ 検討項目(1)：代表的原系に関する編布特性値を用いた明度差分布算出式の確立 について

明度差分布算出式 $LD = CF(P-L)$ における CF と P とを編布特性値を用いてそれぞれに算出する関係式を求める。具体的には、 CF 算出式は、幾何的に $CF = d(c+2w/\cos \theta)$ と表すことができる。ここで、 d ：見かけ糸太さ、 c ：コース密度、 w ：ウェール密度、 θ ：編布試料とカメラとのなす角度である。また、原系の光透過特性を表す P は、無着装の脚部明度 (L) をパラメータとする関数と考えることができる。

ついで、明度差分布算出式を用いて求めた明度差分布と、着装脚部画像と無着装脚部画像とから得られる明度差分布とを比較し、検証する。

実験方法や実験条件は次に示すとおりである。着装脚部を模擬した実験試料をデジタルカメラで撮影し、画像解析によって CF の算出に必要な見かけ糸太さ、編目密度、 CF の実測値、 P の算出に必要な糸領域の明度ならびに明度差分布の実測値を測定した。

実験試料は、中央部をくりぬいたアクリル板に伸長させた編布を貼付したものと素肌脚部に類似した明度の厚紙で被覆した平板とを重ねた試料(以後、編布試料と表記する)と、20~30歳代日本人女性の平均的な脚部寸法の円錐型脚部モデル(素肌脚部に類似した明度の厚紙で被覆)の2種類を使用した。なお、素肌脚部に類似した明度は、 L^* 値 52, 65 および 78 の3条件とした。

試料編布には薄手タイツ類の代表的な種類であるシングルカバード系(以後、SCY と表記する)で製編されたものを用いた。

編布の伸長状態は、標準的な寸法に製編された薄手タイツを、20~30歳代日本人女性の標準的な寸法をもつ脚部が着装した時の大腿部から足首部における5条件とした。

実験試料は、暗室において蛍光灯ランプ(DURO-TEST社製 TRUE-LITE, 色温度5500K)を用いて被写体正面における照度を $400 \pm 10lx$ に調整して撮影した。編布試料についてはカメラとのなす角度 (θ) を $0 \sim$

$80[deg]$ として撮影した。カメラと編布試料との撮影距離は $0.3[m]$ とし、円錐型脚部モデルとの撮影距離は $1.8[m]$ とした。

編目密度と見かけ糸太さは、編布試料の正面画像を解析することで測定した。測定値は測定回数 20[回]の平均値とした。

CF の実測値は、編布試料画像の解析領域における全画素数に対する糸領域画素数の割合とした。糸領域明度 (P) は、編布試料画像における糸領域の明度の平均値とした。

また、明度差分布の実測値は、丸平編布を着装した脚部モデル画像と無着装の脚部モデル画像との明度の差分によって求めた。

- 課題 ・ 検討項目(2)：複数種類の原系に関する明度差分布算出式のパラメータのデータベース化 について
種類や織度が検討項目(1)とは異なる原系について P 算出式、編目密度、見かけ糸太さを求めてデータベース化する。

試料編布はウーリーナイロン系タイプ、コンジュゲート系タイプ、カバード系とナイロンフィラメント系との交編タイプにおいて2種類の合計4種類とした。検討項目(1)で用いる SCY タイプと併せると、これらの編布タイプは市販されている代表的な薄手タイツ類を網羅するものである。

実験方法や測定方法は検討項目(1)と同一とした。

- 課題 ・ 検討項目(3)：代表的原系に関する製編条件と編布特性値との関係式の確立 について

丸編機の製編条件(給糸張力、製編速度、巻取張力、度目(ここでは編針の昇降距離の大きさの程度))が編布特性値(編目密度と見かけ糸太さ)におよぼす影響を調査する。

原系にはナイロンフィラメント系を用いた。丸編機(コイケマシン製 TN-21)の製編条件は給糸張力： $0 \sim 8[cN]$ 、製編速度： $30, 90[rpm]$ 、巻取荷重： $100, 200[cN]$ 、度目： $1 \sim 4$ における組合せとして丸平編布を作製した。さらに、試料編布を1コースあたり(あるいは 0.5 ウェールあたり) $0.1 \sim 7.0[cN]$ で伸長させ、その正面をマイクロスコープ(AnMo Electronics社製 DILITE30)を用いて撮影し、画像解析によってループの形状(見かけ糸太さ、ループ長、ニードルループ幅、シンカーループ幅、ループ高さ(ニードルループのピーク点からシンカーループのピーク点までの高さ))を測定した。測定値は測定回数 50[回]の平均値とした。

- 課題 ・ 検討項目(4)：複数種類の原系に関する製編条件と編布特性値との関係式のデータベース化 について
種類や織度が検討項目(3)と異なる原系について製編条件と編布特性値との対応関係

を調査し、データベース化する。

原系にはウーリーナイロン系と SCY の 2 種類を用いた。また、実験方法や測定方法は検討項目(3)と同一とした。

4. 研究成果

- 課題 ・検討項目(1) : 代表的原系に関する編布特性値を用いた明度差分算出式の確立 について

Fig. 1 は算出した CF と実測した CF との比較を表す。算出値と実測値とがよく一致しており、 CF 算出式が有効であることがわかった。

Fig. 2 は P と L との関係を示しており、線形の関係にあることがわかった。この関係は $P = 0.62L + 59.68$ ($R^2 = 0.9$) で表わすことができ、算出式を得ることができた。

CF 、 P および LD の各算出式を用いて円錐脚部モデルの明度差分を算出し、ヒストグラムを求めた。Fig. 3 は、素肌脚部明度 $L^* = 52$ についての算出した明度差分のヒストグラムと実測した明度差分のヒストグラムとの比較を表す。ピークの LD 値が実測による結果と算出による結果とで類似している。また、 LD 値が高い範囲でのヒストグラムの裾の形状も類似しており、実測によるヒストグラムと類似した特徴をもつ明度差分を算出できることがわかった。Fig. 4 は 3 種類の素肌脚部明度についての算出による明度差分ヒストグラムと実測による明度差分ヒストグラムとの比較を表す。素肌脚部明度が高くなるとヒストグラムは LD 値の小さい方向へシフトしており、実測による結果と算出による結果とで共通している。各ヒストグラムにおける平均的な明度差も実測による結果と算出による結果とで類似している。素肌脚部明度が変化しても実測によるヒストグラムと類似した特徴をもつ明度差分が算出できることがわかった。一方で、算出によるヒストグラムの形状は実測によるヒストグラムの形状と比較して鋭いピークになっており、正確に算出できてはいない。この違いは、 LD 算出式において糸領域の明度変化だけを考慮してループの間隙（素肌領域）の明度変化を考慮していないこと、また、糸領域明度に平均値を用いていることが原因と考えられる。

- 課題 ・検討項目(2) : 複数種類の原系に関する明度差分算出式のパラメータのデータベース化 について

SCY とは種類や織度が異なる原系について CF と P の算出式をそれぞれに求めた。また、 LD 算出式を用いてそれぞれに明度差分を算出し、ヒストグラムを求めた。Fig. 5 に素肌脚部明度 $L^* = 52$ についての算出によるヒストグラムを示す。いずれの原系においても実測によるヒストグラム形状と特徴が類

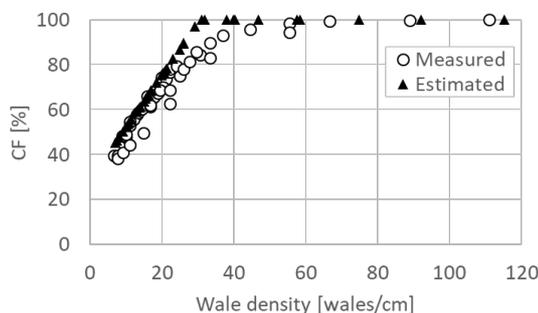


Fig. 1 Comparison between measured and estimated on cover factor (CF).

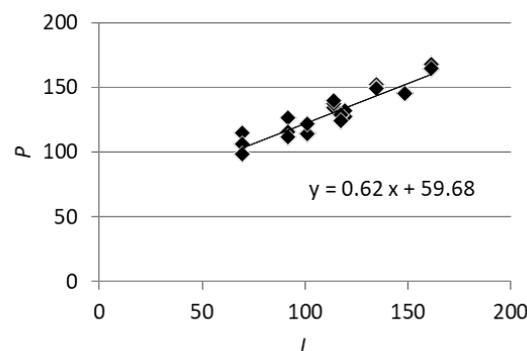


Fig. 2 Relationship between yarn area lightness (P) and bare skin lightness (L).

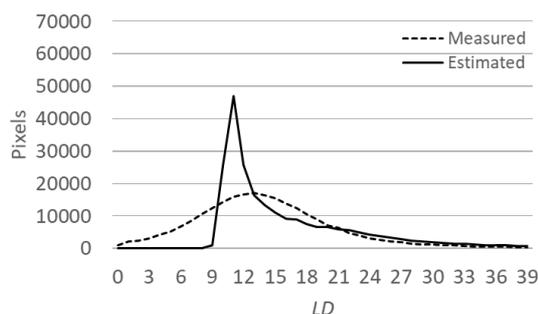


Fig. 3 Comparison between measured and estimated on histogram of lightness difference distribution.

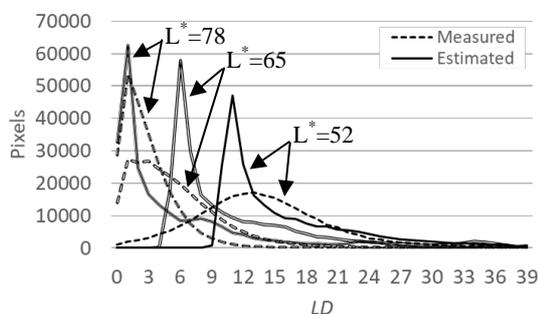


Fig. 4 Variation of histograms on bare skin lightness.

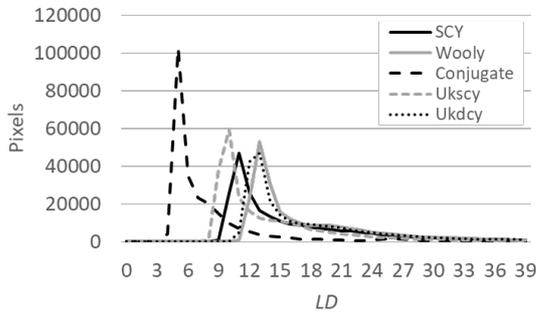


Fig. 5 Histograms of estimated lightness difference distribution.

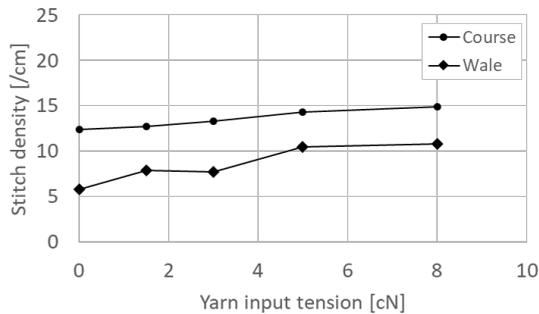


Fig. 6 Relationship between yarn input tension and stitch density.

似していた。また、算出によるヒストグラムにおけるピークのLD値は、コンジュゲート系タイプ、交編タイプ(UKscy), SCYタイプ、交編タイプ(UKdcy, DCY:ダブルカバード系), ウーリーナイロン系タイプの順序で高くなっているが、実測によるヒストグラムにおいても同じ順序であった。素肌脚部明度が高くなると、ヒストグラムは明度差の小さい方向へシフトし、各ヒストグラムにおける平均的な明度差も実測による結果と算出による結果とで類似していた。しかしながら、ヒストグラム形状は正確に一致しておらず、ピークのLD値に関する原系種類の順序においても一致していないものもあった。

これらの検討結果から、市販されている代表的な薄手タイツ類について、実測による明度差分布と正確に一致するには改善の余地があるものの、その特徴を反映した明度差分布を算出できるデータベースを得ることができた。

- 課題 ・検討項目(3) : 代表的原系に関する製編条件と編布特性値との関係式の確立について

Fig.6 は給糸張力と編目密度との関係を表す。給糸張力が増加すると編目密度も増加しており、影響をおよぼすことがわかる。ループ形状は、給糸張力が増加するとバラツキが大きくなった。高い張力による原系の伸長や

ねじりの増加によるものと考えられる。バラツキの増加は、その他の製編条件の作用の調査に悪影響をおよぼす可能性が考えられる。1枚の試料編布においてループ形状がほぼ均一であったのは1.5[cN]付近であったことから、以後は給糸張力1.5[cN]の試料編布について製編条件の影響を調査することとした。

度目は編目密度を大きく変化させたが、製編速度や巻取張力はほとんど影響をおよぼさなかった。この傾向は、試料編布に引張荷重を負荷しても同じであった。また、見かけ糸太さは、試料編布の引張荷重が一定値を超えると原系の伸長のために減少したが、その他の製編条件によって変化することはなかった。

- 課題 ・検討項目(4) : 複数種類の原系に関する製編条件と編布特性値との関係式のデータベース化について

SCY およびウーリーナイロン系においても、ナイロンフィラメント系と同様に、度目は編目密度を大きく変化させたが、製編速度や巻取張力はほとんど影響をおよぼさなかった。試料編布に引張荷重を負荷してもこの傾向は同じであった。見かけ糸太さは、試料編布の引張荷重が増加するとほぼ線形に減少し、さらに荷重が増加すると一定値に収束した。また、その他の製編条件によって変化することはなかった。

検討項目(3)と(4)から、市販されている代表的な薄手タイツ類に使用される原系において、度目を除く製編条件(製編速度、巻取荷重)は編目密度や見かけ糸太さにほとんど影響をおよぼさないことがわかった。

以上の検討結果から、薄手タイツ類に使用される代表的な原系について、目標とする明度差分布を表現できる薄手タイツ類を設計する方法についての基礎的な知見を得ることができた。

<引用文献>

- [1] 若子倫菜, 喜成年泰, 下川智嗣, パンティストッキング着脚部の審美性評価における美しさ因子と視感の分析, 繊維学会予稿集 2011, Vol.66, No.1, 2011
- [2] Lina Wakako, Yo-ichi Matsumoto, Hiroyuki Kanai, Toyonori Nishimatsu, Hirokazu Kimura, Hideo Morooka, Analysis on the Beautiful Appeal of Legs in a Newly-developed Pantyhose, J Text Eng, Vol.54, No.2, 2008, pp.33-39

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 2件)

- [1] L. Wakako, T. Shimokawa, T. Kinari; Analysis of the Evaluation Factors and Indexes for the Aesthetic Properties of Pantyhose, Journal of Fiber Science and

Technology, 査読有, Vol.72, No.5, 2016,
pp.112-119

<https://doi.org/10.2115/fiberst.2016-0017>

- [2] NyiNyiHtoo, A.Soga, L.Wakako, K.Ohta, T.Kinari; 3-Dimension Simulation for Loop Stricture of Weft-knitted Fabric Considering Mechanical Properties of Yarn, Journal of Fiber Science and Technology, 査読有, Vol.73, No.5, 2017, pp.105-113
<https://doi.org/10.2115/fiberst.2017-0015>

〔学会発表〕(計 7件)

- [1] 若子倫菜, 喜成年泰, 焦芝霖; 薄手平編布の2軸伸長におけるループの変形特性について, 繊維学会, 2018年 年次大会 (2018)
- [2] Lina Wakako, Toshiyasu Kinari; Visual Surface Roughness of Legs with Pantyhose and Color Effect of Pantyhose fabric, Book of Abstracts - the 45th Textile Research Symposium 2017, 2017, p.79
- [3] 若子倫菜, 村瀬慎, 喜成年泰, 下川智嗣; パンティストッキングにおける色彩と視覚的表面粗さ感, 日本繊維機械学会 北陸支部研究発表会要旨集, 2016
- [4] 水谷健人, 若子倫菜, 喜成年泰; 薄手編布の2軸引張特性に関する研究, 日本繊維機械学会 北陸支部研究発表会要旨集, 2016
- [5] Nyi Nyi Htoo, Atsushi Soga, Toshiyasu Kinari, Lina Wakako; 3-dimension simulation for loop structure of knitted fabric considering mechanical properties of yarn, 繊維学会予稿集 2016, Vol.71, No.1, 2016
- [6] 森 洋右, 若子倫菜, 喜成年泰, 下川智嗣; 画像解析を用いたパンティストッキングの審美性評価法における編布光学的特性の影響, 日本繊維機械学会 北陸支部研究発表会要旨集, 2015
- [7] 若子倫菜, 岩淵匠平, 喜成年泰, 下川智嗣; 明度差分布の算出によるパンティストッキング審美性評価法, 繊維学会予稿集 2015, Vo.70, No.1, 2015

〔その他〕

ホームページ

<http://mechs.ms.t.kanazawa-u.ac.jp/~sense/member.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

若子 倫菜 (WAKAKO, Lina)

金沢大学・機械工学系・助教

研究者番号: 30505748