

令和 3 年 6 月 7 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)（特設分野研究）

研究期間：2016～2020

課題番号：16KT0102

研究課題名（和文）現地主義ものづくりを指向したサステナブルデザイン方法論の提案

研究課題名（英文）Proposal of Sustainable Design Methodology aiming local oriented manufacturing

研究代表者

梅田 靖（Yasushi, Umeda）

東京大学・大学院工学系研究科（工学部）・教授

研究者番号：40242086

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 10,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では現地主義ものづくり（Local Oriented Manufacturing, LOMan）の概念を提案することを目的とした。LOManは、南側のニーズと北側の先進的なものづくり技術、環境配慮技術を結びつけwin-winの関係を築くことを通じて世界のサステナビリティに貢献することを志向している。本研究は、現地事例調査、消費者調査、ワークショップを行いながら、地域性と製品・ライフサイクルとの関係性を明らかにし、現地主義ものづくりのための設計方法論の検討を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地域性と製品・ライフサイクルとの関係性という視点で、地域調査を行った事例は本研究グループの知る限り存在しない。本研究では、現地事例調査、消費者調査、ワークショップなど様々なアプローチでこの問題に取り組むことにより、地域性があり、これが確かに製品や製品ライフサイクルに影響を与えていることを明らかにした。逆に、この関係性を利用して、地域を持続可能な方向に方向付ける可能性を見出すことができた。現地主義ものづくりのための設計方法論についてもその概念を整理した上で、予想外の成果として、個人の属性を製品に反映させる「個人化設計」との共通性を見出し、その方法論の発展に寄与することができた。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to propose the concept of Local Oriented Manufacturing (LOMan). LOMan aims to contribute to the sustainability of the world by building a win-win relationship by linking the needs of the south side with the advanced manufacturing technology and environment-friendly technology of the north side. In this study, we clarified the relationship between regional characteristics and products / life cycles by conducting field studies, consumer surveys, and workshops, and examined design methodologies for LOMan.

研究分野：ライフサイクル工学

キーワード：人工物工学 現地主義ものづくり サステナブルデザイン 設計方法論 適正技術 LOMan 個人化設計

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

サステナビリティという概念は、2000年代中頃までは、温暖化問題、リサイクル問題など環境側面が強調されてきたが、近年は、社会的公平性、南北問題の緩和などその社会的側面の重要性が高まりつつある。これまで製品ライフサイクル設計（製品、およびそのライフサイクル(LC)を統合的に設計する手法）の研究に従事してきたが、これは環境規制と受け取られがちであり、サステナビリティと企業の価値創造の両立に直接コミットできるような設計方法論の必要性を強く感じてきた。一方、途上国などで、その国の文化や消費者行動に根付いたものづくりとして適正技術、ローカルフィット、リバーズ・イノベーションといった概念が注目を集めている（本研究では現地主義ものづくり、略して LOMan (Local Oriented Manufacturing)と呼ぶ）。LOMan は、南北問題の緩和、特に、南側のニーズと北側の先進的なものづくり技術、環境配慮技術を結びつけ win-win の関係を築くことを通じて世界のサステナビリティに貢献する大きな可能性を持つ。しかし、これらの概念はコンセプトが先行しているのみであり、科学的な意味で、その本質的な構造は明らかにされておらず、その支援方法も明らかではない。

LOMan は、我が国のものづくりの一つの弱点になっている。これまでのようにまず国内市場で勝って、勝った製品を海外市場に輸出して成功するという典型的な海外進出パターンでは生き残れない。LOMan は、我が国のものづくりの技術を活かしつつ、世界中に多数広がるローカル市場で価値があり、環境負荷削減に貢献するものづくりを行うための指針となる。LOMan をマーケティング問題として扱う方向性もあるが、抽出した現地のニーズをもとに先進国のメーカーがグローバルに製品開発、生産をし、その地域の市場シェアを握るだけでは、急速に多様化している各地域のサステナビリティに結びつくとは思えない。

2. 研究の目的

本研究は、現地主義ものづくりのための設計方法論の構築に向けた基礎的研究を実施することを目的とする。

本研究の基本構想(図 1 参照)は、途上国市場で現地の人々の生活水準の向上に貢献し、かつ環境負荷を削減するような製品とその LC を設計する問題を想定する。この設計には、現地の社会状況、すなわち、経済力、消費者行動、文化、法規制、国際環境、さらには、顧客ニーズ、現地の社会インフラ、生産能力、製造インフラ、リサイクル能力など種々の社会的、文化的、経済的、技術的外部要因が影響を与える。これら外部要因と製品・LC の設計間の関係性に注目する。ここで関係性とは、外部要因が設計に与える影響、逆に製品が世に出ることにより、現地の社会に与える影響の双方が考えられる。

本研究は、以上に述べた、途上国における現地調査を実施することにより、地域性と製品・LC の設計間の関係性を議論するための事例を収集し、関係性を整理する。その上で、製品設計において外部要因を取り込む方法論の検討を行う。

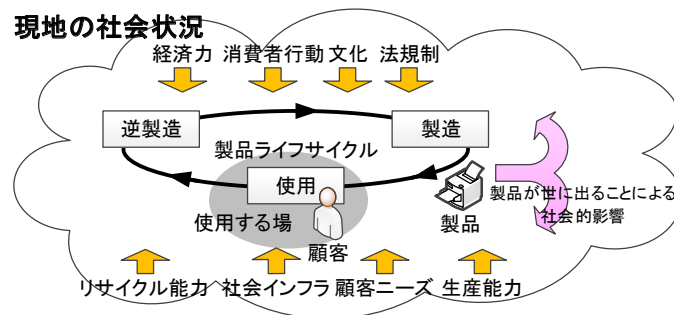


図 1: LOMan の基本構想

国際環境、さらには、顧客ニーズ、現地の社会インフラ、生産能力、製造インフラ、リサイクル能力など種々の社会的、文化的、経済的、技術的外部要因が影響を与える。これら外部要因と製品・LC の設計間の関係性に注目する。ここで関係性とは、外部要因が設計に与える影響、逆に製品が世に出ることにより、現地の社会に与える影響の双方が考えられる。

本研究は、以上に述べた、途上国における現地調査を実施することにより、地域性と製品・LC の設計間の関係性を議論するための事例を収集し、関係性を整理する。その上で、製品設計において外部要因を取り込む方法論の検討を行う。

3. 研究の方法

- (1) 事例収集として、調査フィールドを中国・プアール市に設定し、冷蔵庫、太陽熱温水器、茶机を事例として、製品設計に影響を与える地域性として使用環境、文化的ニーズと消費者の選好、政策、インフラストラクチャの状況を抽出した。
- (2) もう一つの事例収集として、東南アジア諸国の消費者を対象とした Web アンケート調査を計 4 回実施し、環境配慮技術としてリマニュファクチャリング製品とシェアリングサービスに対する消費者認識と受容性の要因分析を実施した。
- (3) 「地域性」の抽出方法とその記述方法を検討するために、マレーシア国民大学 Institute for Environment and Development (LESTARI) との共催で、マレーシア・バンギで持続可能な生産と消費に関する専門家ワークショップを 2 回開催した。
- (4) 現地主義ものづくりのための設計方法論を検討するために、設計を試行した。
- (5) 設計方法論を検討する基礎として、地域性に代表されるコンテキストの設計への反映方法を検討するため問題を単純化し、使用者の属性を製品に反映させる「個人化設計」の方法論の検討を行った。

4. 研究成果

- (1) 太陽熱温水器の利用にかかわる大学の学生寮及び集合住宅への訪問調査、および機器の製造メーカーへのヒアリングを実施、これらの結果を分析することにより、中国の太陽熱温水器が世界シェアの 50%以上を占めるに至った要因が、1) 一貫した政策と製品品質向上を促す制度、2) 生産コスト低下や消費者ニーズを満たす技術のブレイクスルー、3) 農村における市場開拓、4) IT 技術と融合させた利便性の向上および利用法の拡大であること

が明らかになった。特に太陽熱温水器は広大な国土における多様なニーズに対応する必要があるため、地域に根差す中小規模の製造メーカーが数多く生まれたことも一要因であった。こうした産業構造は LOMan に沿ったものではあるが、産業の垂直統合が進まずコジュネレーションなどの代替技術に対する競争力の低下なども指摘されている。産業や地域ごとに比較研究を重ね LOMan における中長期的な課題を明らかにしていく必要性を確認した。

- (2) マレーシアおよびタイでリマニュファクチャリング製品の受容性についての Web アンケートを実施した。結果を分析することにより、両国で共通して、消費者のリマニュファクチャリング製品の購買意思に対して、製品知識と便益認識とが有意に影響することが明らかになった。また以前の科研費研究 (15K01219) で取得した日本でのデータと比較することにより、三国の共通性と相違性を分析し、その結果、製品知識と便益認識が影響することは三カ国で共通である一方、リスク認識の影響は、タイとマレーシアでは無く、日本では有るという結果が得られた。この相違は、リマニュファクチャリング製品の性能不良リスクを消費者が織り込み済みであるか否かを反映していると予想され、途上国の市場環境が受容性(顧客ニーズ)に反映される可能性が示された。タイでのアンケート結果については、多項ロジットモデルにより影響因子の抽出分析を行い、消費者選好の製品特性へのマッピングと、製品ライフサイクルシミュレーションモデルへの反映を行い、リマニュファクチャリング製品の社会普及のシナリオ分析に反映し、結果分析を行った。次に、リマニュファクチャリング製品の製品サービス化ビジネスの受容意思決定に関わる Web アンケート調査をインドネシアで実施した。結果を分析することにより、消費者のシェアリング利用意思に対して、カーシェアリングの便益認識(正)と自動車所有のステータスシンボル価値(負)が有意に影響を与えることが明らかとなった。サービスと消費者選好の地域特性の影響について考察を行った。
- (3) 2017年、2018年、2019年に計3回ワークショップを開催し、LESTARIのメンバーと日本メンバーが議論することにより、マレーシアの地域性のリストアップと地域性と持続可能な消費と生産の実現方策の対応付けの方法を検討した。実際、日本の状況とマレーシアの状況について意見交換することにより、マレーシアにも、日本にも確かに地域性があることが明らかになった。また、地域性と持続可能な消費と生産の実現方策の対応付けについても例えば図2のような形で対応付けることにより、明示的に議論することが可能になった。
- (4) 必ずしも途上国ではないがスペイン・バレンシア地方の住宅を対象とした掃除機の設計を試行した。また、モンゴルに設置する水車を設計する機会を得、設計した水車を無事動作させることができた。これらの結果から、LOMan モデルスキームとして2つの方式を提案するに至った。一つは、冷蔵庫など、ある製品に注目して、その設計に影響を与える「地域性」を表現する方法であり、これを「LOMmap」と呼ぶ。もう一つは、掃除などのあるタスクに注目して、そのタスクを実施する際に影響を与える「地域性」や作業者が使用する道具、製品などの関係を記述する方法である。

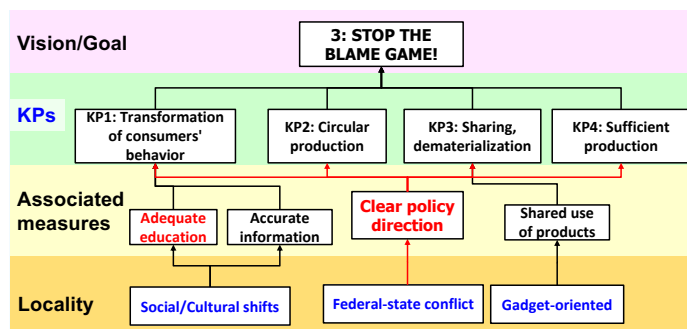


図 2: LESTARI WS における地域性と SCP の対応付け(例)

- (5) 個人化設計の概念整理を行い、個人化設計の方法論を提案した。

【概念整理】

個人化(Personalization)とは一人ひとりのユーザに合わせてものづくりやサービス提供を行うことである。個人化に対する需要が高まっていること、大勢の人物に対する個人化を効率的かつ効果的に実現できる技術ができつつあることから、個人化は次世代のものづくりにおいて主流になると予想されている。LOMan の文脈においては、LOMan に対するアプローチの一つに個人化を位置づけることができる。これは、まず現地に住む個々のユーザに合わせて製品をつくり、次に要求や仕様の共通部分に応じて生産システムや工程を効率化することで市場規模を拡大する、というアプローチである。このようなアプローチは、先進国で成功した製品を途上国に持ち込むという従来の輸出型ビジネスモデルとは完全に異なる。ものづくりに関する知識やノウハウを現地に投入し、現地に合った新しい製品を素早くつくることが、先進国側の課題となる。

個人化を実現するための設計が個人化設計であり、個人化可能な製品、個人化手続き、ビジネスモデルを設計対象とする。このうち個人化手続きとは、対象となる人物が決まってか

ら個人化された製品を出力するまでの一連の作業を指す。個人化設計を通じて、様々な企業が新しい個人化の仕組みを次々と作り出していくというのが本研究の目標である。このような目標の実現に向けて、本研究では特に個人化手続きの概念設計に焦点を当てた設計方法論を構築した。

【設計方法論の提案】

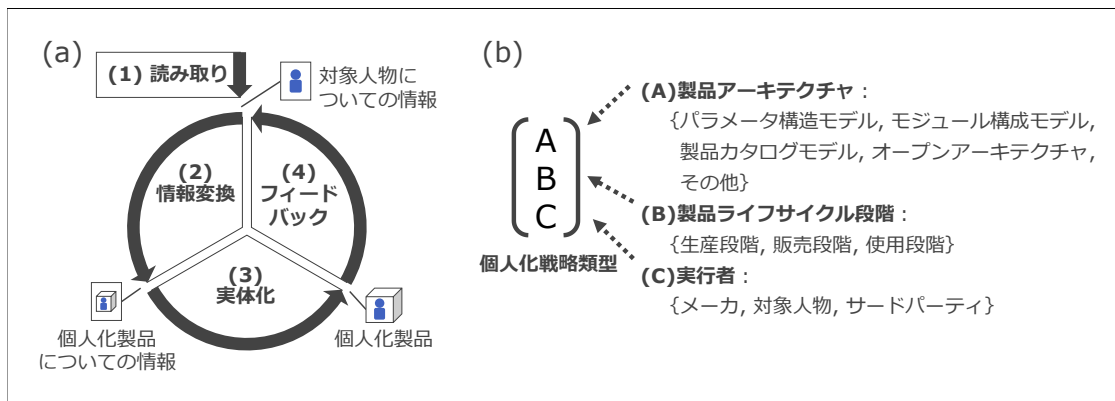


図 3: (a) 個人化手続きのモデル, (b) 個人化戦略類型

提案する方法論では図 X(a)のように、個人化手続きを(1)読み取り、(2)情報変換、(3)実体化、(4)フィードバック、という 4 つのステップで表す。一方で、個人化手続きに対する要求には、ユーザと製品の適合度や手続きの実行にかかる時間・コストなどがある。個人化手続き設計の課題は、実際の問題に基づいてこれらの要素を具体化させることと、各要素の間の論理的整合性をとることである。

提案する方法論における個人化手続き設計の流れは、エンジニアリングデザインの考え方にに基づき、まず多種多様な設計案を作成した後に設計解を選択するというものとする。設計者による設計案の発想を支援するために、本研究では図 X(b)に示す個人化戦略類型を用意した。個人化戦略類型とは、個人化手続きを(A)製品アーキテクチャ、(B)製品ライフサイクル段階、(C)個人化の実行者、の 3 つの観点で分類したものである。異なる個人化戦略類型について個人化手続きの発想を繰り返すことで、設計者は多種多様な設計案の発想を合理的に実現することができる。

【ワークショップ】

提案した方法論の検証と課題抽出のため、個人化手続き設計ワークショップを開催した。ワークショップの参加者は知識や経験を問わず募集した 20 歳以上の男女 30 名である。これらの人々は 3 名ずつのグループに分かれ、「個人化されたコーヒーを提供する手続き」の設計を行った。このうち 5 グループには提案した方法論に基づく指示を与え、他のグループには一般的なサービス設計方法論に基づく指示を与えた。なお、新型コロナウイルス感染防止のため、ワークショップはすべてオンラインで実施した。

結果として、すべてのグループが個人化手続き設計を完了し、10 の個人化手続きが得られた。ワークショップ結果の一部を図 Y に示す。ワークショップの過程について分析したところ、提案した方法論に基づく指示を与えたグループの方が、発想した設計案の量と多様性が高い傾向が見られた。一方で、得られた個人化手続きについて分析したところ、個々のユーザに対する活動よりも、市場調査や提供可能な製品の多様化を重視してしまう傾向が見られた。この傾向はどちらの方法論においても見られた。このことから、個人化手続きに対する設計者の意識を強めることが方法論の課題として明らかになった。

- (6) 国際会議 CIRP Conference on Life Cycle Engineering 2017 において、現地主義ものづくりに関するセッションを企画した。これは本研究課題に関連する国際的な興味の高まりの表れである。


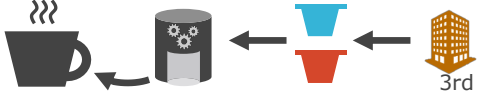


番号	ワークショップの種類	個人化手続きの概要	個人化手続きのイメージ図
A3	提案した方法論に基づくワークショップ	実際に商品を買って飲んだ口コミを見てコーヒーを選ぶ、人気があったコーヒーの類似製品を提案する	
A5	提案した方法論に基づくワークショップ	マシンにセットできる多様なコーヒー豆パックを製造、他社のコーヒー豆を組み込めるようあらかじめ製品を設計する	
B2	一般的なサービス設計方法論に基づくワークショップ	飲み手が観光とセットで水を汲みに行くところから行い、その場でコーヒーを焙煎して飲む	
B5	一般的なサービス設計方法論に基づくワークショップ	スマホのアプリにその時の気分や飲む目的、カフェインの量などを入力すると事前に準備しておいてくれる	

図 4: ワークショップの結果の例

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Hongo Yuki、Kaneko Kazuki、Kishita Yusuke、Umeda Yasushi	4. 巻 80
2. 論文標題 Proposal of a Workshop-based Design Method of Personalization Procedures	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Procedia CIRP	6. 最初と最後の頁 21 ~ 26
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.procir.2019.01.041	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 -

1. 著者名 Chun Yoon-Young、Matsumoto Mitsutaka、Tahara Kiyotaka、Chinen Kenichiro、Endo Hideki	4. 巻 11
2. 論文標題 Exploring Factors Affecting Car Sharing Use Intention in the Southeast-Asia Region: A Case Study in Java, Indonesia	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sustainability	6. 最初と最後の頁 5103 ~ 5103
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/su11185103	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 該当する

1. 著者名 Matsumoto Mitsutaka、Chinen Kenichiro、Endo Hideki	4. 巻 205
2. 論文標題 Paving the way for sustainable remanufacturing in Southeast Asia: An analysis of auto parts markets	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Cleaner Production	6. 最初と最後の頁 1029 ~ 1041
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jclepro.2018.09.074	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 該当する

1. 著者名 Kaneko Kazuki、Department of Precision Engineering, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8656, Japan、Kishita Yusuke、Umeda Yasushi	4. 巻 12
2. 論文標題 Proposal for the Design of Personalization Procedure	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Automation Technology	6. 最初と最後の頁 833 ~ 841
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20965/ijat.2018.p0833	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 -

1. 著者名 Kaneko Kazuki, Kishita Yusuke, Umeda Yasushi	4. 巻 69
2. 論文標題 Toward Developing a Design Method of Personalization: Proposal of a Personalization Procedure	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Procedia CIRP	6. 最初と最後の頁 740 ~ 745
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.procir.2017.11.134	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 -

1. 著者名 Tomoyuki Tamura, Yasushi Umeda, Yusuke Kishita	4. 巻 61
2. 論文標題 Supporting Design for Local Oriented Manufacturing in Developing Countries	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Procedia CIRP	6. 最初と最後の頁 612-616
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.procir.2016.11.187	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 -

1. 著者名 Umeda Yasushi, Ishizuka Kazuma, Matsumoto Mitsutaka, Kishita Yusuke	4. 巻 66
2. 論文標題 Modeling competitive market of remanufactured products	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 CIRP Annals	6. 最初と最後の頁 61 ~ 64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cirp.2017.04.098	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 -

〔学会発表〕 計8件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 金子和樹
2. 発表標題 現代的な個人化の実現に向けた個人化手続き設計方法論の提案
3. 学会等名 Designシンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上須道徳、スチンプ、梅田靖
2. 発表標題 中国における太陽熱温水器についての考察 - 現地ものづくり主義の観点から
3. 学会等名 エコデザイン・プロダクツ&サービスシンポジウム2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金子和樹, 木下裕介, 梅田靖
2. 発表標題 個人化設計における個人化手続きとその設計法法の提案
3. 学会等名 設計工学会2018年度春季大会研究発表講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本郷結希, 金子和樹, 木下裕介, 梅田靖
2. 発表標題 個人化手続き設計のためのテンプレートの提案
3. 学会等名 精密工学会春季大会学術講演会講演論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yusuke Kishita, Ahmad Fariz Mohamad, Michikazu Kojima, Eri Amasawa, Benjamin McLellan, Ayumi Isoda, Yasushi Umeda
2. 発表標題 Future Scenarios of Sustainable Consumption and Production: Comparative Analysis of Expert Workshops in Japan and Malaysia
3. 学会等名 CARE Innovation 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 梅田靖, 木下裕介
2. 発表標題 アジア地域における設計-生産-循環 一貫型シナリオ
3. 学会等名 環境科学会2018年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田村知之, 木下裕介, 梅田靖
2. 発表標題 現地主義ものづくりにむけた日常タスクと地域性の関係表現
3. 学会等名 精密工学会秋季大会学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田村知之, 木下裕介, 梅田靖
2. 発表標題 新興国における現地主義ものづくりのための設計方法論の提案 第二報: 消費者のタスクに現れる地域性に着目した製品仕様策定支援
3. 学会等名 精密工学会春季大会学術講演会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>東京大学大学院工学系研究科精密工学専攻梅田・木下研究室 http://www.susdesign.t.u-tokyo.ac.jp</p> <p>産業技術総合研究所 製造技術研究部門 積層加工システム研究グループ 松本光崇 https://staff.aist.go.jp/matsumoto-mi/MitsutakaJ.html</p>
--

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	松本 光崇 (Mitsutaka Matsumoto) (00443226)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・エレクトロニクス・製造領域・研究グループ長 (82626)	
研究分担者	上須 道德 (Michinori Uwasu) (50448099)	大阪大学・COデザインセンター・特任准教授(常勤) (14401)	

	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	木下 裕介 (Kishita Yusuke) (12601)	東京大学・工学系研究科・准教授 (12601)	
研究協力者	金子 和樹 (Kaneko Kazuki) (12601)	東京大学・工学系研究科・特任研究員 (12601)	

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