

平成 21 年 6 月 1 日現在

研究種目：基盤研究（B）  
 研究期間：2005～2008  
 課題番号：17310100  
 研究課題名（和文）統合化製品ライフサイクルマネジメントによる事業創造プロセスのモデル化と管理方法  
 研究課題名（英文）Process Modeling and Management Methods for Business Creation Based on Integrated Product Life Cycle Management  
 研究代表者  
 玉木 欽也（TAMAKI KINYA）  
 青山学院大学・経営学部・教授  
 研究者番号：40188420

## 研究成果の概要：

本研究では、製造業の新製品開発事業を主要な対象として、製品ライフサイクル全域に係わるプロダクトイノベーションとしてのPLM、プロセスイノベーションとしてのCRM及びSCMを統合する「事業創造戦略」の体系化を行った。その研究成果は、次の三つの研究課題を取り込むことにより成し遂げた。

- (1) PLM・CRM・SCMを統合した新製品開発事業プロセス全体のリファレンスモデルとサステナブルプロジェクトマネジメント
- (2) PLMの研究課題（生産設計、生産技術の領域である工程計画・生産準備）
- (3) CRMおよびSCMの研究課題（需給協働マネジメント、生産計画システム）

## 交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	2,400,000	0	2,400,000
2006年度	2,700,000	0	2,700,000
2007年度	3,100,000	930,000	4,030,000
2008年度	2,700,000	810,000	3,510,000
年度			
総計	10,900,000	1,740,000	12,640,000

## 研究分野：事業創造戦略

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学 社会システム工学・安全システム

キーワード：事業創造プロセス、PLM、サステイナブルプロジェクトマネジメント、SCM、需給マネジメント、協働的生産管理、BOM、シミュレーション

## 1. 研究開始当初の背景

PDM(Product Data Management)とは、当初、製品の企画・設計・製造・検査・販売・保守に至る複雑かつ膨大な情報を一元管理し、工程の効率化および期間の短縮を目指す情報システムとして意図された概念だったが、その後の実用状況は、製品開発技術者のためのCAD/CAM/CAE等の電子化された資料管理のための便利なツールという域を出ず、本質的

な役割を果たすための情報システム機能の究明やその情報システム開発へは、いまだ至っていない。一方、CRM(Customer Relationship Management)とは、顧客データベースを活用し、きめ細かなマーケティングで優良顧客の満足度を高めて収益の向上を図る経営手法を意味しており、また、SCM(Supply Chain Management)とは、取引先との間の受発注、資材・部品の調達、在庫、生産、製品の物流など、企業間を越えた供給連鎖全体を最適化して、ビジネススピード

を周期的に短縮して企業収益を高めようとする管理手法である。CRMおよびSCMそれぞれの管理業務プロセスのモデル化や手順化は、PDMも含めそれぞれ独立に行われており、その弊害として、製品ライフサイクル全般にわたる相互の業務プロセスと連携できず、新規事業を立ち上げて俊敏に市場へ商品を投入できない事態が指摘され、多くの製造企業や流通企業で問題となりつつある。

## 2. 研究の目的

本研究では、上述の課題を解決し、また、PDM当初の概念をさらに発展させた製品ライフサイクルマネジメント (PLM: Product Lifecycle Management) 本来の狙いを実現するために、製造業の新製品開発事業プロセスを研究対象として、製品ライフサイクル全域に係わるプロダクトイノベーションとしてのPLM、プロセスイノベーションとしてのCRM及びSCMを統合するモデル化方法と管理方法を体系化することにある。

## 3. 研究の方法

(1) PLM・CRM・SCMを統合した新製品開発事業プロセス全体のリファレンスモデルとサステナブルプロジェクトマネジメント方法においては、統合BOMの基本的なアーキテクチャーに基づき、サステナブルプロジェクトマネジメントと対応づけながら、製品ライフサイクルの全プロセスにわたって、PLMとCRM・SCM・ERPとの連携したリファレンスモデルの規定を成し遂げた。

(2) サステナブルプロジェクトマネジメントに関する研究として、価値連鎖活動と関連づけて、財務的および非財務的な価値を含む新たな問題構造化と分析フレームワークを提唱した。また、最終成果物に至る過程において付加された価値(特にサービスによって)を評価する方法並びにその提示方法に関して研究を行なった。

(3) PLMの研究課題においては、自動販売機を事例にPLMを念頭においた製品開発プロセスにおける業務情報と業務手順化を行い、製品設計の共有情報、生産設計情報を関連づけて、製品開発プロセスの統合化を行った。また、一部実装を行い、共同研究先企業にレビューを行い検証、評価を行った。

(4) CRM及びSCMの研究課題においては、需給プランナーの精度と実用性の向上を目的に、総合生産計画と市販スケジューラーの活用方法の提案、および、提案の有効性検証に取り組んだ。開発した需給プランナーを昨年度から引き続き大学院の授業に適用し、その教育効果と課題を整理した。生産計画システムに関しては、受注生産と見込生産の混在した環境における受注選択問題、エージェント技術を応用したラ

インバランシング問題、サプライチェーンにおけるパートナー選択問題を検討した。また、プル型の生産指示方式のWeb版シミュレータを開発し授業に使用した。

## 4. 研究成果

本研究は、製造業の新製品開発の事業プロセスを研究対象とする製品ライフサイクル全域に係わるプロダクトイノベーションとプロセスイノベーションを統合するモデル化方法や管理方法の体系化と、これら研究成果の普及へ向けた社会人・大学院生を受講対象とする e ラーニング教育プログラム開発について取り込んできた。各テーマにおける主な研究成果を以下に示す。

(1) PLM・CRM・SCM を統合した新製品開発事業プロセス全体のリファレンスモデル - 基本概念の構築

本研究課題の全体的なテーマの指針となる「事業創造戦略」のフレームワークの概念規定及び構築
演習授業の教育方法と開講
自動販売機メーカーであるサンデン社との共同研究を進めていく上で、本研究課題との関連づけ
製品ライフサイクルマネジメントを行う上での基本情報を、「製品の定義情報」と「製造方法の定義情報」の観点から分類
目的別 BOM 間の連携による協働業務プロセス

(2) PLM/CRM/SCM を統合した新製品開発事業プロセス全体のリファレンスモデルとサステナブルプロジェクトマネジメント方法

サステナビリティ志向のバリューチェーン概念及びエンジニアリング問題としてのフレームワーク
教育方法
当該問題に関する多目的最適化問題としての定式化と最適性の原理に基づく解法
サービス産業へのプログラムマネジメント適用方法
化学プロセス系におけるエンジニアリングへの展開
経営資源配置と組織編成方法

(3) PLM の研究課題(生産設計、生産技術の領域である工程計画・生産準備)

既存製品の多品種品目への拡張や再設計に対して組立て作業の評価を含めて効率的に行なうための支援ツールとする“設計データ構造対応表”を開発した。そして、現実の製品に対して機能の追加による再設計の例を示した。
既存製品の多品種品目への拡張や再設計に対して組立て作業の評価を含めて効率的に行なうための支援ツールとする“設計データ構造対応表”を開発した。
既存製品の再設計に対して組立て作業の評価を含めて効率的に行なうための支援ツールとする“設計

データ構造対応表”を開発した。本論文では部品組立性の評価方法の特徴を記述した。
効率的な分解作業を行うため、MODAPTS 法による動作分析と作業時間の計測により分解作業の特徴を組立作業との比較から調べた。
新製品生産立上げをプログラム・マネジメントとして捉え、BOM を用いてエンジニアリング・プロセスの構築の概念を確立し、手順化、評価を行った

(4) CRM および SCM の研究課題：需給協働マネジメントに関する研究

サステナブル企業にける事業創造サイクルと需給協働マネジメントの関係の体系化
供給戦略に市販のスケジューラーを組み込んだ需給プランナの開発需給プランナーを大学院の授業で使用し、その教育効果と課題を整理及び教育プログラムの作成と実証
需給協働マネジメントのための戦略プランナー開発 供給計画問題のシステムティックな解法の提案 製品ライフサイクルを考慮した利益最大化手法の開発 総合生産計画と市販スケジューラーを組み合わせた

(5) PLMにおける生産計画システム

使用済み製品を回収して再び製品の生産に利用する際に在庫制約が存在する場合の生産方針を提案した
ジョブショップ環境において顧客が2つのクラスに分けられる環境下での受注選択問題への新たなヒューリスティック法を提案した
ラインバランシング問題において隣接する作業者間での作業の局所的交換が満足解に導かれることを示した
価格設定が需要に影響する環境下での部品供給業者と納入先業者の選択と価格決定の最適化を行った
かんばん方式の特徴を学習するツールとしてのWeb ベース教育用シミュレータを構築した

(詳細については、「青山学院大学総合研究所 eラーニング人材育成研究センター研究叢書 (ISSN 1880-9766) 第4巻第1号」Part I をご参照してください。)

これまでの研究成果は、国際会議で研究発表を行った他、複数の国内学会では特別セッションを設けた研究発表や招待セッション・シンポジウム講演も行った。また、米国の先端研究拠点(3 大学 7 箇所)を現地調査し、PLM や eラーニングについて情報交換を行った。

さらに、4 年間にわたる研究活動をまとめたものを「青山学院大学総合研究所 eラーニング人材育成研究センター研究叢書 (ISSN

1880-9766)」第4巻第1号に掲載された。出版した研究叢書の目次概要を下記する。

目次

はじめに

Part I 平成 17・18・19 年度研究成果報告

はじめに

- 第1章 PLM・CRM・SCM を統合した新製品開発事業プロセス全体のリファレンスモデル - 基本概念の構築
- 第2章 サステナブルプロジェクトマネジメント方法に関する研究
- 第3章 PLM の研究課題(生産設計、生産技術の領域である工程計画・生産準備)
- 第4章 需給協働マネジメントに関する研究
- 第5章 PLM を支援する生産計画システムに関する研究

Part II 平成 20 年度最終年度の主な研究成果

はじめに

- 1. 事業ライフサイクルイノベーションのフレームワークとプログラムマネジメント
- 2. エンジニアリング問題の構造化 問題構成から課題設定へ
- 3. 外食サービス改革のための価値創造分析
- 4. エンジニアリング・プロセスにおける目的BOMの構築
- 5. 製品設計のための組立て作業評価を含むデータ構造表の開発。
- 6. サステナブル経営のための需給マネジメント教育システムの開発と試行

Part III 平成 19 年度米国 PLM 現地調査報告書

はじめに

- 1. MIT Whitney 先生訪問
- 2. Prof. Olivier L. de Weck 訪問
- 3. Prof. Jerome Connor 訪問
- 4. Prof. Surendra M. Gupta 訪問
- 5. PRISM meeting
- 6. Purdue 大学 PLM Center に関する調査
- 7. Dr. Fu Zhao 訪問

Part IV 科研研究費補助金基盤(B)の実績報告書

はじめに

- 1. 平成 17 年度研究実績報告書
- 2. 平成 18 年度研究実績報告書
- 3. 平成 19 年度研究実績報告書
- 4. 平成 20 年度研究実績報告書
- 5. 本研究プロジェクトによる企画提案セッション

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計43件)

- 1) 玉木欽也, 事業ライフサイクルイノベーションのフレームワークとプログラムマネジメント国際プロジェクト&プログラムマネジメント学会, 2008.(印刷中) [査読有]
- 2) 玉木欽也, 事業ライフサイクルイノベーションにおける製品戦略プロセスと製品開発プロジェクト, 青山経営論集, 第43巻第2号, pp.65-83, 2008
- 3) 笈宗徳, 山田哲男, 渡邊一衛 “部品表の概念を用いた授業情報の構造化と授業設計”日本 e ラーニング学会論文誌 p.p.4-p.p.14, Vol8 (2008.5) (査読有)
- 4) K.Tamaki: Framework of Business Life Cycle Innovation Based on Continuous Generations of Product Strategy Process (APIEMS) 台湾
- 5) K.Tamaki: Cyber Concurrent Manufacturing Integrated with Process Engineering and 3D-CG simulation -Product system design, and Workstations System Design as a Case Study on “Curtain Wall” Construction Work-”, Mechatronics for Safety, Security and Dependability in a New Era, p p .293-296, 2007 (査読有)
- 6) Munenori Kakehi, Tetsuo Yamada, Ichie Watanabe "PLM Education in Production Design and Production Engineering by e-Learning", ICPR-19(19th International Conference of Production Research), 2007.8, Valparaiso.
- 7) K.Tamaki: Product Lifecycle Management with Engineering Process Modeling and 3D-CG Simulation, Proceedings of The 7th Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference (APIEMS), pp257, 2006
- 8) 玉木欽也: 持続的競争優位を目指す新製品開発戦略に基づいた「事業創造戦略」のフレームワーク, 青山経営論集, 第40巻第4号, pp.25-49, 2006
- 9) 玉木欽也, 斉藤裕, 情報基礎教育のためのインストラクショナルデザインを用いたブレンディッドラーニング授業の開発・実施, オフィス・オートメーション学会, Vol.27, No3, pp 4-10, 2006(査読有)
- 10) 玉木欽也, 渡邊一衛, 高橋勝, 越島一郎, 研究部会メンバ8名, 青山学院大学総合研究所研究叢書 ISSN1880-9766 第1巻第1号, 統合化 PLM 指向の事業創造プロセス研究, p p .1-80, 2006
- 11) 笈宗徳, 山田哲男, 高橋道哉, 渡邊一衛 “e

ラーニングによる協調型実習の設計法と「生産システム設計」授業への適用” 日本教育工学会論文誌, 査読有, p.p.349-p.p.358 Vol.29, No.3 (2006.2)

- 12) 玉木欽也: 「製品ライフサイクルマネジメント (PLM) による経営革新に向けて -PLM の上流工程を実現するプロセスエンジニアリングとデジタルエンジニアリングの統合化-」, 『青山経営論集』, 第39巻第4号, pp69-83, 2005
- 13) 玉木欽也: 「産学協働による「eラーニングで学ぶモノづくり」実践教育 - コア・カリキュラムとしての「サイバーマニュファクチャリング演習」の開発と実践 -」, 私立大学情報教育協会, 『JUICE Journal Vol.13 No.3 2005. 大学教育と情報』, pp.14-16, 2005(査読有)
- 14) 笈宗徳, 山田哲男, 高橋道哉, 渡邊一衛 “eラーニングによる「生産システム設計」に関する授業内容の開発”電気学会論文誌 C(電子), 査読有, p.p.653-p.p.659 Vol.125, No.4, (2005)
- 15) Munenori Kakehi, Tetsuo Yamada, Ichie Watanabe "Class Content Design about Collaborative Learning for ' Design for Production System ' using e-Learning", ICPR-18(18th International Conference of Production Research), 2005.8 (査読有)
- 16) Kana Yokoyama, Katsumi Morikawa and Katsuhiko Takahashi, "A multi-agent system for assembly line balancing," Asia-Pacific Journal of Industrial Management, Vol. 1, No. 1, pp. 54-61, September 2008. (査読有)
- 17) Katsuhiko Takahashi, Katsumi Morikawa, Myreshka, Daisuke Takeda, and Akihiko Mizuno, "Inventory control for a MARKOVIAN remanufacturing system with stochastic decomposition process," International Journal of Production Economics, Vol. 108, Nos. 1-2, pp. 416-425, July 2007. (査読有)
- 18) 高橋勝彦, 森川克己, "動的なラインバランシングとバッファサイズの設定による需要の非定常変動への適応", 日本経営工学会論文誌, Vol.57, No.4, pp278-288, 2006(査読有)
- 19) Katsuhiko Takahashi, Myreshka, and Daisuke Hirotsu, "Comparing CONWIP, synchronized CONWIP, and Kanban in complex supply chain," International Journal of Production Economics, Vols. 93-94, pp. 25-40, January 2005. (査読有)
- 20) Negotiation Approach to Requirement Development in Engineering Project, So Li, Ichiro Koshijima, Akio Shindo, Tomio Umeda, Proceedings of the 36th Annual Meeting of Western Decision Sciences Institute, 査読有, Paper No. 171, Denver, CO, USA (CD-ROM)

- 21) Restructuring Methodology in Process Engineering for Sustainable Development, Ichiro Koshijima, Akio Shindo, Yoshihiro Hashimoto, Tomio Umeda, 16th European Symposium on Computer Aided Process Engineering and 9th International Symposium on Process Systems Engineering, Elsevier, 査読有, pp.2009-2014
- 22) Structural Analysis of Human Resource Allocation in Engineering Projects, Guo Jielin, Ichiro Koshijima, Akio Shindo, Tomio Umeda, Proceedings of the 35th Annual Meeting of Western Decision Sciences Institute, 査読有, pp.540-547, Waikoloa, Hawaii, USA
- 23) Process Integration Framework for Business Decision-making in the Process Industry, Ichiro Koshijima, Akio Shindo, Tomio Umeda, Process Systems Engineering 2003, Elsevier Science, 査読有, pp.250-255
- 24) “需要変化のもとでの効率的組立システムの比較研究”, 山田, 掛札, 長友, 松井, 日本経営工学会論文誌, 査読有, Vol. 59, No. 1 (2008)
- 25) Jing Sun, Masayuki Matsui, "A Control Chart Design for Supplier in View of Quality, Due Time and Cost", The Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, pp.1639-1643, 2007.Singapore.
- 26) Daisuke Hirotani, Myreshka, Katsumi Morikawa and Katsuhiko Takahashi, "Analysis and design of self-balancing production line," Computers & Industrial Engineering, Vol. 50, No. 4, pp. 488-502, August 2006. (査読有)
- 27) Chao Rong, Katsuhiko Takahashi, and Katsumi Morikawa, "A new heuristic method for capacitated lot-sizing in multi-stage, multi-machine production systems," 日本経営工学会論誌, Vol.56, No.5, pp.313-320, 2005(査読有)
- 28) 広谷大助, 森川克己, 高橋勝彦, "自己バランス機能を備えた生産ラインの解析", 日本経営工学会論文誌, Vol. 56, No. 3, pp.155-163, 2005(査読有)
- 29) “エンジニアリング・プロセスにおける目的別 BOM の構築”, 筧, 山田, 八木, 渡邊, 鈴木, 玉木, 国際プロジェクト・プログラムマネジメント学会論文誌, 査読有 (印刷中)
- 30) 松井正之, 中村哲也, 石井信明「サステナブル戦略のための需給開発システムとケース・スタディ」, 日本経営工学会論文誌, Vol. 58, No.4, pp. 308-316 (2007). (査読あり)
- 31) Hayashi, A., Ishii, N., and Matsui, M., A Theory and Tools for Collaborative Demand-to-Supply Management in the SCM Age, The 9th Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference (2008) Accepted.Bali
- 32) 梅田富雄 マルチプロジェクトの動的資源配置と組織編成 国際プロジェクト・プログラムマネジメント学会誌 vol.1, No.1, pp.41-50, 2006
- 33) “A Performance Evaluation of Disassembly Systems with Reverse Blocking”, T. Yamada, N. Mizuhara, H. Yamamoto, M. Matsui, *Computers and Industrial Engineering*, 査読有 (in press)
- 34) “A Design Approach to Stochastic Mixed-Line with Look-Ahead”, K. Abe, T. Yamada, M. Matsui, 日本ロジスティクスシステム学会誌, 査読有, Vol.7, No.1 33-46 (2007)
- 35) “Strategic Selection of Assembly Systems under Viable Demands”, T. Yamada, S. Kakefuda, M. Matsui, *Assembly Automation*, 査読有, Vol. 26, No. 4, pp. 335-342 (2006)
- 36) 小酒井正和「IT ポートフォリオの日本実務への適用可能性-3 つの IT ポートフォリオの考察から-」『商学研究』第 2 号, pp.38-49, 2008.(査読有)
- 37) 小酒井正和「戦略志向の IT 投資マネジメントの適用について—BSC フレームワーク活用した IT 投資評価—」『商学研究』創刊号, pp.1-15, 2007.(査読有)
- 38) 小酒井正和「無形の資産を創造する IT マネジメントのあり方」『原価計算研究』日本原価計算研究学会, Vol.30, No.2, pp.42-52, 2006 (査読有)
- 39) 荒川雅裕: 製品の多品種化に対する製品の改良設計のためのデータ構造表の開発, 国際プロジェクト&プログラムマネジメント学会, 2008.(印刷中)(査読有)
- 40) 荒川雅裕: 「分散する生産情報の収集を目的とするセマンティック・ウェブ技術利用のネットワークシステムの開発」, システム制御情報学会セミナー2008, わかる! 生産システムの標準化 - 最新動向から実用化・メリットまで - (CD-ROM), システム制御情報学会 (2008) [査読なし]
- 41) Masahiro Arakawa, Masahiko Fuyuki, Ichiro Inoue : Multi-Objective Scheduling Problem to Reduce Job Tardiness and to Balance Workload for Workers Possessing Different Skill Levels, International Journal of Computational Science, Global Information Publisher, Vol.1, No.2,

p.p.139-161,June, 2007. (査読有)

42) 筧宗徳, 片桐大輔, 渡辺一衛 (成蹊大学), 佐々木典夫 (ビジネスサウンド(株)), 八木英一郎 (東海大学), 迫田定幸, 玉木欽也 (青山学院大学) "ERP を活用した仮想生産業務のための授業導入設計", 日本経営工学会秋季研究大会, pp22-pp23, 2008.5

43) 筧宗徳, 山田哲男, 渡邊一衛 "e ラーニングによる PLM の生産設計と生産技術領域における授業設計", 電気学会シンポジウム, CD-ROM 収録, 2007.3

〔学会発表〕(計6件)

1) 玉木欽也, 渡辺一衛, 高橋勝彦, 研究部会メンバ: PLM システムの展開, PLM システムを指向した実践研究, 学会発表オーガナイズドセッション 2 件, 日本経営工学会春季大会, 2007

2) 玉木欽也, 渡辺一衛, 高橋勝彦, 越島一郎, 研究部会メンバ: PLM システムの実践研究と教育開発, PLM の理論と実践研究, 学会発表オーガナイズドセッション 2 件, 日本経営工学会秋季大会, 2006

3) 玉木欽也, 渡辺一衛, 高橋勝彦, 越島一郎, 研究部会メンバ: PLM の実践教育, PLM の動向と理論展開, 学会発表オーガナイズドセッション, 日本経営工学会春季大会, 2006

4) 越島一郎, 進藤昭夫, 梅田富雄, サステナビリティ志向の PLM 化学工学会第 71 年会先端化学産業技術プログラム講演要旨集 pp.85-86, 2006

5) 越島一郎, 進藤昭夫, 梅田富雄, 多目的評価に基づくサステナビリティ志向の PLM 日本経営工学会平成 18 年度春季大会予稿集 pp.86-87, 2006

6) 梅田富雄 プロジェクトに関わるシステムエンジニアリング方法論の展開国際プロジェクト・プログラムマネジメント学会秋季研究発表大会予稿集 pp.147-156, 2008

〔図書〕(計2件)

1) 小酒井正和 『BSC による戦略志向の IT マネジメント』白桃書房 1, 2008 (162 頁)

2) 玉木 欽也, "Mechatronics for Safety, Security and Dependability in a New Era Cyber Concurrent Manufacturing Integrated with Process Engineering and 3D-CG simulation - Product system design, and Workstations System Design as a Case Study on "Curtain Wall" Construction Work - , ELSEVIER, 2007 (4頁)

## 6 . 研究組織

### (1)研究代表者

玉木 欽也 (TAMAKI KINYA)  
青山学院大学・経営学部・教授  
研究者番号:40188420

### (2)研究分担者

渡邊 一衛 (WATANABE ICHIE)  
成蹊大学・理工学部・教授  
研究者番号:80175083

### (3)連携研究者

松井正之 (MATSUI MASAYUKI)  
電気通信大学・電気通信学部・教授  
研究者番号:00034413

高橋勝彦 (TAKAHASHI KATSUHIKO)  
広島大学大学院・工学研究科 生産計画システム・教授  
研究者番号:00187999

森川克己 (MORIKAWA KATSUMI)  
広島大学大学院・工学研究科 生産計画システム・准教授  
研究者番号:10200396

八木英一郎 (YAGI EIICHIRO)  
東海大学・政治経済学部・教授  
研究者番号:20257223

越島一郎 (KOSHIJIMA ICHIRO)  
名古屋工業大学・社会工学専攻・教授  
研究者番号:30306394

山田哲男 (YAMADA TETSUO)  
東京都市大学・環境情報学部・専任講師  
研究者番号:90334581

小酒井正和 (KOZAKAI MASAKAZSU)  
玉川大学・工学部。准教授  
研究者番号:50337870

石井信明 (ISHI NOBUAKI)  
文教大学・情報学部・准教授  
研究者番号:40406426

荒川雅裕 (ARAKAWA MASAHIRO)  
関西大学・環境都市工学部・准教授  
研究者番号:70288794

筧宗徳 (KAKEHI MUNENORI)  
成蹊大学・理工学部。助教  
研究者番号:00453655