

平成22年 5月26日現在

研究種目：若手研究（スタートアップ）  
 研究期間：2008～2009  
 課題番号：20830054  
 研究課題名（和文） 科学と産業との結びつき方に関する技術分野間・企業間の比較研究  
 研究課題名（英文） The relationship between science and industries: comparative study of different technological fields and firms  
 研究代表者  
 松本 陽一（MATSUMOTO YOICHI）  
 神戸大学・経済経営研究所・講師  
 研究者番号：00510249

## 研究成果の概要（和文）：

企業による科学との関わり方について、本研究は太陽電池の複数の事例を詳細に分析した。結果として第1に、企業の研究者は科学の領域で情報を発信することにより自らの技術の信頼性や将来性を担保し、第2に、この種の信頼獲得行動は、研究資金の確保や顧客獲得のために重要である、という二つの可能性を見いだした。イノベーション研究における科学と産業との関わり方について、筆者の知る限りでは、科学の場で環流する知識の技術開発に直結する部分に焦点を当てられることが多い。それに対して、必ずしも注目されてこなかった科学の信頼性付与機能がイノベーションの推進にとって重要であることを本研究は示唆しており、今後、科学のこの側面をさらに調査する必要がある。

## 研究成果の概要（英文）：

This study aims to examine the relationship between science and industries by analyzing three cases of well-known Japanese companies developing solar cell technologies. The results show; i) that corporate scientists and engineers disseminate their findings to the scientific community in order to confirm the credibility and potential of their newly developed technologies and ii) that this behavior is essential to research fundraising and customer acquisition. While many innovation researchers seem to have focused on the information flow within the scientific community which is directly related to the company's technological development, the results of this study suggests that the credibility lending function of science is important for promoting innovation. Since this aspect has not received much attention from researchers, further investigation will be needed.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,330,000	399,000	1,729,000
2009年度	990,000	297,000	1,287,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,320,000	696,000	3,016,000

研究分野：経営学

科研費の分科・細目：社会科学・経営学

キーワード：経営学、イノベーション、科学、サイエンス、太陽光発電、太陽電池

## 1. 研究開始当初の背景

科学（サイエンス）との関連性が強くなる産業分野が増え、産業におけるサイエンスの意義に対する関心が高まっている（後藤・小田切、2003）。科学と産業との関連性が高まっているというとき、そこには互いに区別すべき二つの場合がありうると筆者は考えている。第1は、科学に依拠してイノベーションが行われ、それによって全く新しい産業が興る場合である。ライフサイエンスなどを用いたバイオテクノロジー関連産業にはその典型例が多く、バイオマス、バイオメカニクス、バイオエレクトロニクスの諸産業など、「サイエンス型産業」（science-based industries）として注目度が高まっている。第2は、これまでどちらかといえばサイエンスと縁が薄いと思われてきた在来の産業のなかで、科学の知見の重要性が増大する例がある。既存産業がいわば「サイエンス型化」しつつある場合である。ブラウン管テレビから液晶表示装置やプラズマディスプレイパネル（PDP）へとキーデバイスが変化し、さらにその先の有機 EL や電界放出ディスプレイ（FED）など、次世代ディスプレイ技術の研究も増えているテレビ産業は、こうした産業の一例だろう。

科学の成果と産業との関わりについて、すでにサイエンス型産業を対象とした研究は多くの蓄積が見られる。それに対して、既存産業においてサイエンスの知見の重要性が高まるという後者を扱った研究は筆者の知る限り十分な蓄積がない。さまざまな産業分野でサイエンスの知見の重要性が高まるとすれば、そこから生まれる新産業を研究すると同時に、既存の産業においてサイエンスの重要性が増す場合について研究する必要がある。

## 2. 研究の目的

科学に依拠してイノベーションが行われ、それによって全く新しい産業が興る「サイエンス型産業」においては、基礎的研究から新たな発見が生まれ、それをもとに製品を開発し、生産へと結びつける、イノベーションの「リニアモデル」（linear model）を想起すると当てはまりがよい。それに対して既存産業のプレイヤーが先端的な知識を新たに必要とし、科学の基礎的知見へと接近する場合には、科学にどうやって接近するか、科学の知見をどのように獲得・活用するかという点で、企業自らが置かれている状況との関係を考慮することになるだろう。

本研究では、いかにして企業が科学の知見を結集・活用するか、またその際に科学者の活動の場である学会はどのような役割を果たすのか、産業との関連性の高まりが科学の発展にどのように影響するのかといった点

を明らかにするため、地道な調査によって基礎となるファクトを収集する。

なお、研究開始当初はサイエンス型化する産業におけるイノベーションの新たなモデルを提起し、その妥当性を大規模データによって検証するという目的もあった。ところが、そのための特許データ整備（概要は3の(2)を参照）に多大な労力を要し、研究が計画通りに進まなかった。そこで研究開始時点で準備した対処策に従って、特定分野に絞った詳細な事例研究を行う。ただし、本研究で整備したデータは汎用性の高い内容だと自負しており、今後引き続き研究に活用する。

## 3. 研究の方法

本研究は、急速に注目が集まっている太陽光発電の鍵を握る技術である太陽電池を対象として、その中の複数の技術方式と企業を取り上げる。対象とするのはカネカ、昭和シェル石油（以下、昭和シェル）、本田技研工業（以下、ホンダ）の3社である。この分野における3社の科学との関わり方を分析する。

近年、目に見えにくい知識の流れを可視化するために有効な手段として特許や論文の書誌情報を用いた研究がさかんに行われている（たとえば Jaffe and Trajtenberg, 2002）。そうした研究と同じように論文や特許の書誌情報を活用しながら、特定の企業事例にフォーカスして、それを深掘りするのが本研究の方法の特徴である。

地球環境に対する関心の高まりにともない、再生可能エネルギーとしての太陽光発電が脚光をあびている。太陽電池はその最重要部品のひとつである。太陽電池における日本の有力企業はシャープ、三洋電機、京セラ、三菱電機といったエレクトロニクス・メーカーである。太陽電池は半導体でできているので、これら主要なメーカーにとって太陽電池は技術的になじみやすいと思われる。それに対して「カネカ＝化学」「昭和シェル＝石油」「ホンダ＝自動車」というように、本研究が取り上げる3社は技術的な親和性が低く、いわば門外漢である。ところがカネカはアモルファスシリコン太陽電池で、昭和シェルと本田技研は CIS 系太陽電池で、それぞれ日本の主要メーカーになった。不慣れた技術領域を探索しなければならなかったために、各社は新たな知識の源泉としての科学との関わり方を工夫してきたのではないだろうか。そこで、本研究ではこの3社のサイエンスとの関わり方を分析する。

### (1) カネカの太陽電池開発の事例研究

分析は、関係者に対する複数回のインタビュー調査と、株式会社カネカの社史と複数の社内資料（『R&D Report of Amorphous Semiconductors and Devices in Central Research Laboratories, Kanegafuchi

Chemical Industry』、当事者による論文（太和田、2008年）に基づいている。

（2） 昭和シェルとホンダの比較

ここでは太陽電池の方式のひとつである CIS 系太陽電池の日本におけるリーディング企業である昭和シェルとホンダを分析の対象とする。二社の過去の論文と学会発表、そして特許のデータセットを作成し、同じ技術領域を探求してきた二つの会社がサイエンスとどのように関わってきたのかを明らかにする。インタビュー調査と論文や特許の書誌情報とを用いて分析する。

二社の特許を分析するために、本研究では独自のデータセットを構築した。データセットの作成に先立って、まず特許データにおける企業名の名寄せを行った。データは財団法人知的財産研究所が所有し、広く公開している IIP パテントデータベースを利用した（実際に用いたのはβ版）。本研究では過去に国内の株式市場に上場したことのある企業を調査し、名称と住所をもとにマッチングを行った。

4. 研究成果

以下、二つの事例研究の成果の概略を述べ、企業間の比較と、今後の展望についてまとめる。

（1） カネカの太陽電池開発の事例

インテンシブ・ケーススタディの結果、カネカによる太陽電池の事業化が成功した理由として大別 2 つの要因があげられる。第 1 に、太陽電池の開発においてカネカは化学メーカーとして培ってきた技術力を活用した。そして第 2 に、カネカは事業化との関連を強く意識してサイエンスと巧みに関わった。本研究の目的に照らして 2 点目がより重要である。以下、カネカによるサイエンスの活用を詳細に述べる。

カネカの中心的研究者である太和田善久は 1980 年から太陽電池の世界的な研究拠点だった大阪大学濱川研究室に留学した。表 1 は、1980 年から 1982 年までの 3 年間に太和田がおこなった学会発表のリストである。太和田はこの間に少なくとも 32 件の学会発表／論文発表をおこなった。科学の分野によって論文発表や学会報告の頻度には違いがあるものの、活発な活動だったといえよう。

熱心に研究に打ち込み、かつ化学の専門性を生かした太和田は、シリコンカーバイド（SiC）という素材を用いて太陽電池を作ること成功した。阪大留学からわずか 7 ヶ月後の 1980 年 10 月末のことである。変換効率（太陽光を電気に変換する効率）のトップデータが 4.5% ぐらいだったときに、SiC を使うと 5.5% という数値が出た。あれよあれよという間に 12 月末には 6.1% の変換効率を達成し、年が明けた 1981 年 1 月 8 日には 8% の

サンプルができ、2 月には 8.8% という、当時としては画期的な変換効率の太陽電池ができた。

表 1 濱川研究室におけるカネカの成果

年 月	媒体	発表形態	変換効率
1980 12	PVSEC	学会発表	6.1%
1981 3	応物学会	学会発表	7.1%
5	IEEE-PVSC	学会発表	7.55%
6	JJAPS	論文	
7	ICALS	学会発表	
8	APL	論文	
	JP	論文	
	JP	論文	
8	CSSD	学会発表	
10	応物学会	学会発表	8%超
1982 3	SEM	論文	
4	応物学会	学会発表	
5	ECPVSEC	学会発表	
7	JAP	論文	
8	JJAPS	論文	
8	JJAPS	論文	
	IJSE	論文	
9	IEEE-PVSC	学会発表	9.17%
	PVSEC	学会発表	
9	応物学会	学会発表	
12	JJAPS	論文	
12	JJAPS	論文	

注）鐘淵化学工業の R&D レポート（1986 年 6 月）と『濱川圭弘教授退官記念業績集』（大阪大学基礎工学部電気工学科）を用いて作成した。効率向上の推移については、情報漏れを防ぐために学会の予稿集には詳細な数値を盛り込まない可能性があるため、インタビューで内容を確認した。媒体名は簡略化した。

これほどの効率であればカネカで事業化できる。そう確信した太和田は、どうやって社内にもアピールするか思案した。というのも「石橋を叩いて叩いて、それでも渡らない堅い会社。かりに研究レベルでは成果を上げても、一気に生産、販売までもっていくことはまず不可能」（『ASPECT』1985 年 12 月号、78 頁）と考えていたからだ。阪大留学時に、ダメなら会社には戻らないという不転の

覚悟をもって行ったのも、そういう会社の体質を思えばこそだった。そこで、効率改善を少しずつ公表することにした（表 2）。1981 年 1 月には 8%の変換効率のサンプルができていた。実用化に必要といわれていた 8%の壁を打ち破ったのだ。しかし、一度の発表で終わるよりも、時々刻々と成果が上がっているように見えた方が、カネカ経営陣に事業化へのプレッシャーを強くかけられると太和田は考えた。この方針は学会発表等でも同様で、太和田の研究成果は少しずつ、しかし着実な性能向上として発表された（表 1）。

表 2 濱川研究室における発明と新聞報道

時期	開発成果	新聞報道
	変換効率	変換効率
1980 年 10 月	5.5	
1980 年 12 月	6.1	
1981 年 1 月	8	6.53
1981 年 2 月	8.8	
1981 年 10 月		8.04

注) 開発成果は既述の資料と聞き取り調査を、新聞報道は『日刊工業新聞』を参照。

まとめておこう。太和田は自身の研究成果をアピールし、太陽電池の後発メーカーとして無名だったカネカを世界にアピールするため、研究での成果を積極的に発信した。その際太和田は、研究成果を精力的に発表しただけでなく、発表方法にも工夫した。世紀の大発明かもしれない研究成果は敢えて小出しにされた。さらに「学会での成果発表は同業他社や潜在的な顧客に向けて、新聞発表は自社の経営陣に向けて、研究成果をアピールする意図があった」（太和田善久氏に対するパーソナルインタビュー、2009 年 12 月 2 日）。

カネカの事業化の背景に優れた技術があることは明らかである。ただし学会活動や新聞報道を通じて広く知られるようになった結果、カネカはカシオからカード型電卓開発の打診を受けた。これに取り組み、正式に製品を発注されると、社内では量産の意志決定が急速に動き出した。サイエンスを通じた情報発信の工夫が製品開発の打診につながったのであり、また経営のコミットメントを獲得し事業化が一気に進んだのである。

#### (2) 昭和シェルとホンダの比較

昭和シェルの 100%子会社「ソーラーフロンティア株式会社」とホンダの 100%子会社「株式会社ホンダソルテック」は金属化合物半導体太陽電池の一種である CIS(銅・インジウム・セレン)系太陽電池において日本を代

表するメーカーである。

二つのメーカーは同一の太陽電池方式に取り組み、ほぼ同時期に事業化している。昭和シェルは 2006 年、ホンダは 2007 年と、量産開始の時期も近い。しかし、その過去の経緯は大きく異なる。昭和シェルは、1970 年代後半から 1980 年頃にかけて太陽光発電との関わりを持ち始め、NEDO 委託研究によって開発を進めてきた。日本ではエレクトロニクス・メーカーが太陽電池の研究開発の主たる担い手だったので、「エネルギー業」を本業のドメインとする昭和シェルは例外的だが、国内の太陽電池メーカーとしては一般的な取り組みの軌跡を描いている。さらに同社は 1980 年頃から東工大に研究を委託し、また海外留学生を雇用するなど、長年にわたり大学との密接な関係を構築してきた。それに対して、ホンダは 1990 年代の後半になって本格的な研究開発に着手し、NEDO プロジェクトとも無関係を貫いた。自動車事業というその本業の業種だけでなく、その技術開発の経緯もまた日本の太陽電池メーカーの中では極めて異例である。両社を比較し、単純化していえば、異なる産業分野から参入し、技術開発を鋭意進めて急速に事業化を果たしたところまでは 2 社共通だが、国のプロジェクトとの関係もあって、どちらかといえばサイエンスとのつながりが目立つ昭和シェルに対して、サイエンスとのつながりが見えにくいホンダ、と対比することができる。

このような 2 社の違いを念頭におきながら、論文と特許のデータセットを用いて、2 社を詳細に比較分析した結果、大別二つのファクトを発見した。

表 3 昭和シェルとホンダの論文発表数

データベース	昭和シェル	ホンダ
CiNii (日本語)	19	0
Web of Science (英語)	38	3

注) 筆者が独自に作成。

第 1 に、昭和シェルと比べてホンダによる論文発表件数は驚くほど少ない（表 3）。昭和シェルの論文は日本語で 19 件、英語で 38 件に対して、ホンダは日本語で 0 件、英語で 3 件である。また、ホンダの英語文献の内容を見ると、太陽電池技術に明示的に関係するのは 2009 年に発表された 1 件のみである。科学の共有地に知識をおくか否かの判断において、両社の間には大きな違いがあり、ホンダは事実上サイエンスの領域で活動してこなかったと言ってよいように思われる。

第 2 に、同じ技術領域を探索しながら昭和シェルとホンダとで発表件数に違いがある

のは、単にそれぞれが開発した技術の性格や質の問題を反映しているだけかもしれないが、そうした技術的な要因ではない可能性が高い。このことを検討するために二つの可能性についてさらに分析を進めた。

まず、①一見すると同じような技術を開発した両社ではあるけれども、昭和シェルはサイエンスとの距離が近いのに対して、ホンダのそれはサイエンスとの距離が遠いのではないかと。そして②、新規参入企業であるホンダは学会発表するのに十分な水準の技術を開発できなかったのではないかと。

ひとつ目の疑問に答えるために、昭和シェルとホンダにおける CIS 系太陽電池の特許の「サイエンス・リンケージ」を見てみよう。サイエンス・リンケージとは1つの特許がどのくらいの数の学術論文を引用しているかを見たもの（後藤・小田切、2003年、6頁）で、産業における科学の利用の程度を測る代表的な指標である。

表 6 昭和シェル石油と本田技研工業のサイエンス・リンケージ

	昭和シェル		ホンダ	
	出願	登録／ 審査請求	出願	登録／ 審査請求
特許数	31	12	52	14
論文引用数	11	3	20	11
サイエンス・リンケージ	0.35	0.25	0.38	0.79

注) 筆者が独自に作成。引用論文には両社の特許発明者が筆者である論文はない。

この計算結果（表 4）をみると、第 1 に、出願特許全体では昭和シェルが 0.35、本田技研が 0.38 と、サイエンス・リンケージの値はほぼ等しい。第 2 に、登録あるいは審査請求した特許のサイエンス・リンケージを見ると、昭和シェルの値は低下して 0.25、反対にホンダの値は上昇して 0.79 である。後者について t 検定を行い平均値の差を検定したところ、 $p < 0.1$  だった。これは統計的に全く有意でないとは言えないものの、有意な差だとも言い切れない、微妙な結果である。この結果を控えめに表現すると、昭和シェルと比べたときにホンダのサイエンス・リンケージの値は決して小さくない、といえる。

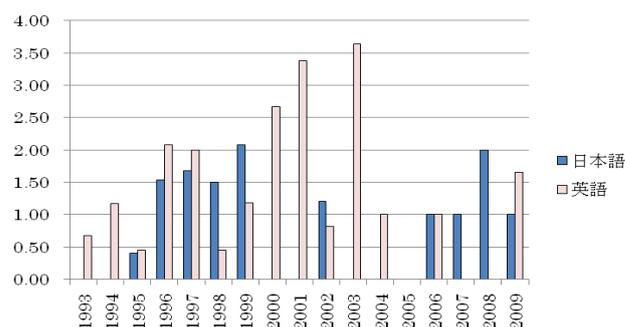
さて、ホンダの学会発表が少ない二つ目の理由として、新規参入企業であるホンダは学会発表するのに十分な水準の技術を開発できなかったという見立てがある。この点についてはしかし、登録済みあるいは審査請求済

みの特許を（少なくとも当事者にとって）新規性がある開発成果だと見なすならば、その件数は昭和シェル 12 件に対しホンダ 14 件と、ほぼ同数である。もちろん、たとえ登録される特許であっても、その質には違いがあり得るし、特許情報だけで技術水準を押し量るのは不十分だが、それでもある一定水準に達したか否かという観点でみれば、両社の開発技術の水準には大きな違いはないというべきだろう。

それゆえ、昭和シェルとホンダとを比べると、ホンダが開発した技術はサイエンスとの距離の近さおよびその水準において、昭和シェルのそれと遜色がないようにみえる。2社の論文発表件数に象徴されるサイエンスとの関わり方の違い、より直裁的にはホンダが科学の共有地に知識をおかない理由は、その技術に起因するというよりも、他の何らかの要因によるものである可能性が高い。

では昭和シェルがサイエンスに対してオープンであり、ホンダがクローズドである理由として、何が考えられるだろうか。

図 1 昭和シェルによる論文発表の推移



注) 縦軸は論文数。カウント方法は、1本あたりの著者数で除した値（例：5人の共著なら各著者は0.2本とカウント）の各年ごとの和。小数点3桁で四捨五入した。

昭和シェルの論文発表動向は、①NEDOプロジェクトによる影響と、②Spencer (2008)の学会等を通じた情報交換が技術開発に有益であるという主張、したがって学会における情報発信は技術開発段階でメリットが大きい、という二つによって、かなりの程度まで説明できるように思われる。NEDOプロジェクトでは特許出願件数、国内外での発表件数、論文投稿数、新聞・雑誌の報道といった数値項目によって成果が評価される。昭和シェルはNEDOプロジェクトに参加した1993年度以降、積極的に論文を発表し、それは近年まで続いている。しかし2001年度～2005年度にかけて引き続きNEDOから委託を受け研究を続けながら、量産化が近づいたこの段階では

発表者を限定し、どちらかといえば情報発信を抑制しているからである(図1)。

では、ホンダはなぜ知識を科学の共有地におかないのだろうか。第1に考えられる理由は、国のプロジェクトへの参加の有無である。昭和シェルとは違って、ホンダは NEDO プロジェクトに全く関与していない。そのためホンダには論文や学会発表といった目に見える形の成果発表を他社と競う理由がない。理由の第2に考えられるのは、歴史的な本業分野の影響であり、ホンダの場合で端的にいうと自動車産業の影響である。企業の行動には経路依存性があることを先行研究は指摘してきた(たとえば Henderson & Clark, 1990)。自動車は「すり合わせ」的なものづくりの強みが効きやすい産業分野であり、形式知化しやすい知識よりむしろ暗黙的なカテゴリに属する知識の蓄積が企業の競争力を左右してきた。そうした経験を持つホンダは、CIS系太陽電池もまた暗黙的な知識による差別化の余地が大きいと見て、そういう姿勢でサイエンスと関わっているのではないだろうか。

三社の事例をまとめよう。カネカはサイエンスを二通りの目的で活用していた。第1に、技術開発を行う場として、世界的な研究拠点だった大阪大学濱川研究室を活用した。第2に、潜在顧客などに対するアピールの場として、学会発表を活用した。昭和シェルはある時期までサイエンスにオープンな姿勢で臨んでいたが、これは NEDO プロジェクトの関係によるところが大きい。先端的な技術開発は必ず大きな市場につながるとは限らない。学会での情報発信は公的研究資金を得るために必要であり、サイエンスとの関わりが技術開発を推進するのに役だったと言える。ホンダは情報発信に積極的ではない。これは既存の事業領域の影響が大きいと思われる。また、自動車という裾野の広い分野に事業基盤を持つ同社にとっては、潜在顧客を惹きつけるためにも、外部資金を獲得するためにも、あえて科学を利用する必要がないのかもしれない。

本研究の目的は、企業が先端的な科学の知見をえるために、どのように科学に接近しているのかを明らかにすることだった。ところが驚くべきことに、事例研究で発見したのは技術開発に直結する知識の源泉としてではない科学の役割である。イノベーションが実現するには技術の革新性だけでなく、それを推進するための「理由」や「正当性」が必要である(武石ほか、2008年)。本研究は、この「正当性」獲得のためにサイエンスがしばしば利用されうることを示している。これはカネカの事例における第2の側面、言い換えると科学の「信頼付与機能」である。従来、科

学と産業との関わり方については Spencer(2008)のように技術開発に直結する知識の環流に焦点が当てられることが多く、カネカの事例の第1の側面が重視されてきたが、今後、科学を媒介とした信頼性付与のための活動の種類や、そのノベーションの成果への影響について、さらに調査する必要がある。

#### 参考文献

- 後藤晃・小田切宏之、『日本の産業システム③サイエンス型産業』NTT出版、2003年。  
Henderson, Rebecca M. and Kim B. Clark, "Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms," *Administrative Science Quarterly*, Vol. 35, 1990, pp. 9-30.  
Jaffe, Adam B. and Manuel Trajtenberg, *Patents, Citations & Innovations: a window on the knowledge economy*, Cambridge, Massachusetts, MIT Press, 2002.  
Spencer, Jennifer W., "Firms' knowledge-sharing strategies in the global innovation system: Empirical evidence from the flat panel display industry," *Strategic Management Journal*, Vol. 24, No. 3, 2003, pp. 217-233.  
武石彰・青島矢一・軽部大、「イノベーションの理由：大河内賞受賞事例に見る革新への資源動員の正当化プロセス」『一橋ビジネスレビュー』55巻4号、2008年。

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計2件)

(1) 査読あり

Matsumoto, Yoichi, "Science as a Tool for commercialization: A case of Kaneka's development of the solar business," *Proceedings of the 5<sup>th</sup> IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology*, 2010, published in CD-ROM.

(2) 査読なし

松本陽一「既存企業によるサイエンスとの関わり方：太陽電池の事例」神戸大学経済経営研究所 Discussion Paper Series, DP2010-J02, 2010年2月, pp. 1-43.  
<http://www.rieb.kobe-u.ac.jp/academic/ra/dp/index-j.html>

[図書] (計1件)

① 榊原清則・辻本将晴・松本陽一『科学と産業の相互浸透：イノベーションの新モデル』白桃書房、頁数未定、2010年夏出版予定。

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

松本 陽一 (MATSUMOTO YOICHI)  
神戸大学・経済経営研究所・講師  
研究者番号：00510249