

令和 4 年 4 月 25 日現在

機関番号：37102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K01866

研究課題名（和文）部品標準化戦略と生産システムとの相互作用に関する企業間比較研究

研究課題名（英文）Interaction between Component Standardization Strategy and Production System: A Comparative Study among Companies

研究代表者

宇山 通 (UYAMA, Michiru)

九州産業大学・商学部・准教授

研究者番号：50584041

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：多様で変化する需要へ適合し（以下、市場適合と表記）、同時にこの適合に伴うコストアップを抑制すること（以下、コスト抑制と表記）は、現代製造企業の主要課題のひとつである。この両立の良し悪しは、各社の部品標準化戦略と工場の多様性・変化への対応力によって決まってくる。本研究はこの戦略と対応力について、トヨタ、VW、マツダを事例に考察した。3社いずれもが、2000年代中頃に市場適合とコスト抑制のどちらかに偏った。この偏りへの反省から、3社とも部品標準化戦略と工場側の仕組みを、偏りを是正する形で転換するに至った。ただし、それは埋没費用等の点でリスクの高い戦略、仕組みであった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

(1) 今日の特徴：先行研究が述べる通り共通化の単位を下げ、量産効果等を高めた自動車企業は存在した。しかし他のアプローチを採用した自動車企業も存在した。これらの企業のアプローチはハイリスク・ハイリターン化で一致していた。このように今日の特徴をより厳密に解明した点に本研究のひとつの意義がある。

(2) 発展要因：先行研究が述べる通り市場適合とコスト抑制の同時追求は、部品標準化の発展要因である。しかし市場適合とコスト抑制いずれかへの極端な偏りが、2000年代後半以降の自動車部品標準化の発展に強く作用していた。このように当時の自動車ならではの発展要因を解明した点に本研究のもうひとつの意義がある。

研究成果の概要（英文）：One of the major challenges of modern manufacturing companies is to achieve both meeting the diverse and changing demands and controlling the cost increase. The consequence of this balance is determined by each company's parts standardization strategy and factory flexibility.

In this study, Toyota, VW, and Mazda are considered as examples of this strategy and flexibility. All three companies leaned excessively toward either market adaptation or cost control in the mid-2000s. As a result, the three companies have changed their parts standardization strategies and factory flexibility. However, the new strategy and factory flexibility were high risk in terms of sunk cost, etc.

研究分野：大カテゴリー：経営学 小カテゴリー：生産管理論，技術経営論

キーワード：市場適合 コスト抑制 製品多様化 部品共通化 生産システム

1. 研究開始当初の背景

(1) 研究開始当初における学術的背景，学術的「問い」

多様で変化する需要へ適合し（以下，市場適合と表記），同時にこの適合に伴うコストアップを抑制すること（以下，コスト抑制と表記）は，現代製造企業の主要課題のひとつである。この両立に向けたアプローチとして，各部品の相互依存関係を弱め，部品の組替えと量産を容易にする部品標準化が議論されたが，企業特性別にモデル化されてはいない。筆者は本研究開始前までにトヨタ，VWの対照的な部品標準化戦略を明らかにしてきた。ただし両者の戦略と生産システムとの相互作用に関する分析は捨象していた。そこで本研究ではこの相互作用の解明を目指すこととした。

(2) 研究開始当初想定していた学術的独自性・独創性

本研究の学術的独自性・独創性は，部品標準化アプローチを第1に企業特性，第2に部品標準化戦略と生産システムとの相互作用，これら2つの視角から描く点にあると当初考えていた。

(3) 研究開始当初何を，どのように，どこまで明らかにしようとしていたか

(1)を目指し，上記戦略の企業間の相違が製造工程の方向性の違い（＝柔軟性志向か生産性志向か）として発現すると考え，この違いを分析しようとした。また製造工程の柔軟性の高低が上記戦略の策定（＝部品標準度の決定）へ影響すると考え，この高低の違いを分析しようとした。

2. 研究の目的

市場適合重視の戦略では，部品は多様で，頻繁に変更されるため，生産と運搬の指示が複雑化し，また連続加工が困難となる。これらへの対応として柔軟な生産システムが必要である。逆にコスト抑制重視の戦略では，部品は高度に標準化されるため，各種指示は単純となり，連続加工も容易となる。よって硬直的な生産システムでよい。このように部品標準化戦略は生産システムの展開へ影響すると考えられる（作用A）。

一方これとは逆方向の作用も考えられる。柔軟な生産システム（＝部品が多様化・頻繁に変更されても，各工程への部品の到着時刻と量を正確に指示でき，連続加工を維持できる仕組み）があれば，市場適合重視の戦略を採用しやすく，硬直的な生産システムでは，コスト抑制重視の戦略に傾きやすいだろう（作用B）。

この生産システムの柔軟性は，長期に亘る事業のなかで蓄積されるため，短期での変更は困難である。ゆえに部品標準化戦略の策定に影響すると考える。

これら作用A，Bを分析するにあたり，分析対象企業としてトヨタとVWグループを設定した。なぜならば筆者のこれまでの研究から，前者と後者の比較の限りでは，前者が市場適合重視戦略を，後者がコスト抑制重視戦略を構築していることが判明しており，それゆえこの対照的な戦略により，生産システムにもコントラストがみられるのではないかと考えられるからである。

以上を踏まえ，トヨタ，VWグループを対象に，作用A，Bを解明し，市場適合とコスト抑制の両立という難題へのひとつの解決策を示すことが，本研究課題申請時の研究目的である。

3. 研究の方法

(1) 本研究課題申請時に想定していた研究方法

① 作用A解明に向けて

1 ラインあたり生産車種の統一性を明らかにする。なぜならラインごとの生産車種の統一性が低い（高い）ほど，生産システムに求められる柔軟性は高い（低い）からである。

② 作用B解明に向けて

トヨタ，VWグループにおけるロボットの役割を明らかにする。なぜならこれは柔軟性または労働生産性向上を目的に導入されるため，その役割から部品標準化戦略の影響を確認できると考えられるからである。

また部品の多様化，頻繁な変更により生産ラインに発生した問題で，解決されなかったものを明らかにする。なぜならこれらの未解決の問題が，生産システムの柔軟性の有効範囲を示し，その範囲が部品標準化戦略策定の前提条件になると考えられるからである。

(2) 計画修正と修正後の研究方法

研究計画について2段階で修正した。第1に分析対象企業の追加である。作用A，Bの連関に関して，マツダが極めて特徴的な取り組みをしていることを2019年度に発見した。そこでマツダも分析対象企業として追加した。

第2にVWグループの作用Bに関する研究の中断である。2020年度にコロナウィルスの問題で海外調査が極めて困難になったため，作用Bに関しては基本的にはトヨタとマツダを中心

に論じることとした。他方で 3 社の部品標準化戦略の構造と推移に関する比較に注力することとした。

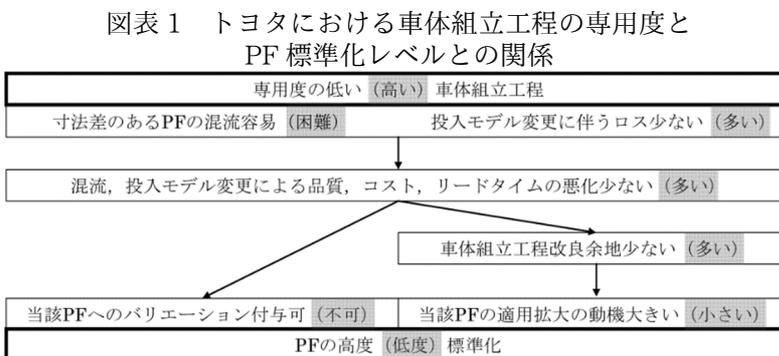
4. 研究成果

(1) 研究の主な成果

① トヨタにおける部品標準化戦略と生産システムとの関係

この関係について同社の車体組立工程柔軟化とプラットフォーム共通化との相互作用から考察した。以下、図表 1 を用いて結論を述べる。

車体組立工程では専用度の低下に伴い、混流、投入モデル変更が容易になっていった。混流、投入モデル変更が困難な時期ほど当該 PF の寸法幅（適用可能なモデルの範囲）は狭く、それが容易な時期ほど同幅（同範囲）は広い。これら混流、投入モデル変更の難易と当該 PF の同幅（同範囲）には、以下の 2 つの関係があると考えられる。



出所）本報告書項目 5 記載の第 1 論文 65 頁，図 6 より転載。

1 点目は図表 1 の左側のフローである当該 PF へのバリエーション付与の可不可に関わる。車体組立工程の柔軟性の向上に伴い、寸法差のある PF の混流が容易となった。また投入モデル変更に伴うロス（新規治具製造等）も減少した。よって多様な部品を同一ラインに流し、組み立てても、また投入モデルを変更しても、品質、コスト、リードタイムが、その代償とはならなくなった。つまり共時的にも経時的にも当該 PF へバリエーションを付与することが可能になったと考えられる。

2 点目は図表 1 の右側のフローである当該 PF の適用範囲拡大の動機に関わる。上記の通り車体組立工程は時間の経過とともに、混流を進めても、投入モデルを変更しても、競争パフォーマンスが低下しにくくなった。この限りでは車体組立工程は改良余地が小さくなっていった。他方で PF 共通化は当初ホイールベースにバリエーションをほとんど付与していなかった。その分同一 PF の適用モデルは狭く、当該開発の成果を幾度もリピート使用できていない点で共通 PF の適用拡大余地は大きかった。つまり工程側の改良余地が縮小していくことで、共時的にも経時的にも当該 PF の適用範囲を広げる動機が相対的に高まったと考えられる。

当該 PF へバリエーションを付与し、当該 PF を広範なモデルへ適用することは、（共通化対象モデルの検討や共通部品とその関連部品との調整等に関する工数、リードタイムを除外するならば）モデル当たり PF 開発コストを下げ、同リードタイム短縮させるという点で、PF の高度標準化といえよう。そして車体組立工程柔軟化が PF の高度標準化に、上記 2 点（それを可能にし、それに向かう動機を高める点）で関与していたと考えられる。

なおこの①の成果は本報告書項目 5〔雑誌論文〕記載の 2 件目の論文にて論じている。

② マツダにおける部品標準化戦略と生産システムとの関係

この関係について同社の車体組立工程の柔軟化と部品の機能共通化との相互作用から考察した。同社における部品共通化の対象は、車体でいえば車体構成部品の寸法や形体といった構造ではなく、衝突安全特性等の機能である。以下、上記相互作用について結論を述べる。

マツダでは同じ寸法、形体の部品の共通化には固執せず、部品の特性（＝機能）を対象に、全てのセグメント、全てのモデルに亘る共通化方針が採られている。この方針は次の 2 つの設計ルールにより具体化される。第 1 に各部品の理想機能とその因子、因子間関係を解明し、同じ設計を異なるモデルに繰り返し適用できるようにする。ただしこの方針では部品の寸法、形体は統一されないため、単に機能を共通化するだけでは混流が困難となる。そこで第 2 にサイズバリエーションを制限しないポイントに限って設計上の固定領域とし、ワーク間のサイズが多様でありながらもそれらの混流を可能とする。これら一連の設計ルールにより、機能・特性を繰り返し適用しながらも、異なるワークゆえに発生する混流の難点を解消することで、車体組立工程を柔軟化している。そしてこの柔軟化の背後には、経営側による製品設計部門と工程設計部門との協調関係構築がみられた。

なおこの②の成果は本報告書項目 5〔雑誌論文〕記載の 1 件目の論文にて論じている。

③ 3 社の部品標準化戦略の構造に関する比較

2000 年代後半から 2010 年代末を対象期間とし、上記の比較を行った。以下、図表 2 を用いながら結論を述べる。

3 社は複数のモデルに共通する設計について、設計プロセスの序盤に集中して取り組むようになった（モデル群フロントローディング設計の採用）。この設計で広範な部品共通化を実現する

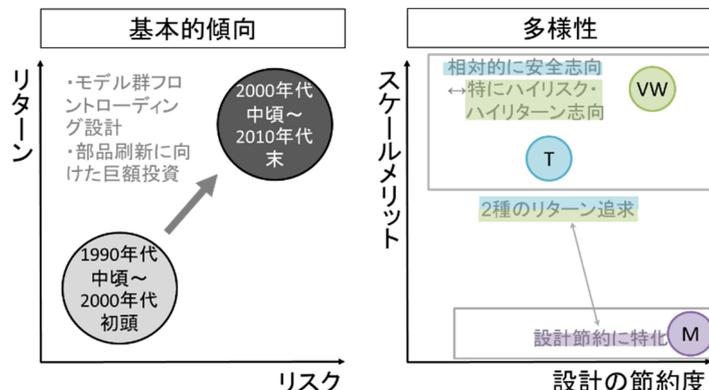
上では、部品流用を避け、ほぼすべての部品を新規設計する決断、巨額投資の決断が必要であった。この設計上のルールとマネジメントにより、投資的に将来の量産効果または設計削減効果が高められた。ただし投資にはリスクが伴うように、弊害として予期せぬ市場や法規の変更による埋没費用リスク増大、また共通化範囲の拡大によるリコール影響度増大があった。

3社の部品標準化戦略にみられる上記一致点より、その基本的傾向としてハイリスク・ハイリターン化を指摘することができた。

また3社の部品標準化戦略にみられる多様性として、第1に量産効果と設計削減効果の双方を狙うトヨタのセグメント別構造共通化とVWグループの隣接3セグメント構造共通化に対し、設計削減効果に特化したマツダの全セグメント機能共通化を指摘することができた。第2に構造共通化という点では一致していても、隣接3セグメント構造共通化が特にハイリスク・ハイリターン志向、セグメント別構造共通化は相対的に安全志向であると指摘することができた。

なおこの③の成果は本報告書項目5〔学会発表〕記載の2件目の発表にて論じている。

図表2 3社の部品標準化戦略の基本的傾向と多様性



注) Tはトヨタ, VWはVWグループ, Mはマツダ。
出所) 筆者作成。

④ 3社の部品標準化戦略の推移に関する比較

まず3社の部品標準化戦略にみられる基本的傾向は、次の通り発生したと考えられる。トヨタ、VWグループ、マツダでは部品共通化アプローチの転換前に、市場適合・多様化⇔コスト抑制・共通化に関して設計方向の偏りが発生し、競争環境との不適合等を起こしていた。それが世界金融危機等によって顕在化した。解決策として埋没費用等の点でハイリスクではあるものの、モデル群フロントローディング設計が妥当性を有したがゆえに、転換に至った。

次に3社の部品標準化戦略にみられる多様性は、次の通り発生したと考えられる。第1に【追及するリターンの多様化プロセス】についてである。マツダはフォード傘下で共通化に偏った設計を強いられ、従来の多様化能力を活用できなくなっていた。この設計方向の偏り方への反省にもとづき、フォード傘下での量産効果（及び設計削減効果）最大化から単独での設計削減効果の最大化へと、部品共通化アプローチの方向性の転換がなされたのであった。無論その実現には多様化設計支援ツールの成熟等、他の要因も関与しているが、方向性を決めたのはフォード傘下時代の設計方向の偏り方であろう。

一方VWグループも2000年代中頃までPF単位で共通化に偏った設計を展開していた。しかしVWグループはモデルラインナップを著しく広げていた。設計方向の偏り方はマツダと同じであるものの、量産効果を放棄することは困難であったと考えられる。同じくモデルラインナップを著しく広げていたトヨタも同様である。

第2に【引き受けるリスクの多様化プロセス】についてである。トヨタがセグメント別構造共通化を選択したのは、動機として多様化に偏った設計への反省があった。同時にその偏り方からPFに共通化推進余地があった。したがって共通単位をPFよりも細かくせずとも、共通化を推進することができた。この動機と実現の上でのハードルの低さから、VWグループよりも安全志向といえるセグメント別構造共通化の構築へと向かったと考えられた。

一方VWグループが隣接3セグメント構造共通化を選択したのは、動機としてPF単位での共通化に偏った設計への反省があった。PFの行き過ぎた統一性は、それ以上のコスト抑制余地を狭めていたし、カニバリゼーションとして多様性不足を顕在化させていた。この問題を解決するためには、共通化単位を引き下げ、それらの組み換え可能設計を施すことが必要であった。この動機と問題解決策から、トヨタよりもリスクを引き受け、部品の組換え可能な隣接3セグメント構造共通化へと向かったと考えられた。

なおこの④の成果は本報告書項目5〔学会発表〕記載の1件目の発表にて論じている。

(2) 得られた成果の国内外における位置づけとインパクト

(1)の③④を中心に上記「位置づけとインパクト」について以下述べる。

① 部品共通化アプローチの発展形態にかかわって

従来の研究では、PFを単位とした部品共通化からより細かい単位の部品共通化へと移行すること、すなわちモジュール化により一層の部品共通化と製品多様化の双方を可能とした点に、自動車企業における部品共通化の発展をみいだしていた（JSPS 科研費プロジェクト, 2018）。

一方本研究では(1)③で示したように、モジュール化のみならず、他の2つのアプローチでも一層の共通化による量産効果または設計削減効果が発揮されたこと、また弊害に関しても、モジ

ジュール化を含め 3 つのアプローチにおいて、埋没費用リスクの増大、リコール影響度の増大がみられること、これらの効果・弊害を生み出す仕組みとして、3 つのアプローチすべてにおいてモデル群フロントローディング設計と巨額投資の決断がみられることを指摘した。

3 つの部品共通化アプローチには上記の一致点がみられる一方で、相違点もまたみられた。トヨタは共通 PF の使用でセグメントごとに、VW グループは PF のモジュール化で 3 セグメントに亘って、マツダは機能に限定した共通化で全セグメントに亘って、それぞれ部品共通化の効果と弊害を発生させていた。

以上のようにモジュール化とそれを含めた 3 つのアプローチの一致点、またモジュール化とそれを含めた 3 つのアプローチの相違点を考えれば、発展した部品共通化アプローチの基本的傾向はモジュール化ではなくハイリスク・ハイリターン化に求められ、また同アプローチの多様性は引き受けるリスクと狙うリターンに関する棲み分けに求められるだろう。このようにモジュール化を包含して部品共通化アプローチの発展形態を論じたことが、本研究のもつひとつのインパクトであるといえよう。

② 部品共通化アプローチの発展要因にかかわって

従来の研究では、本来両立困難な市場適合とコスト抑制とを企業が同時追求してきた結果、エンジニア・プロジェクト管理 (Cameron *et al.*, 2017), 設計上の工夫 (Pine, 1993), 組織構造の変更 (延岡, 1996), 仕様決定先送りの工夫 (Baldwin・Clark, 2000) 等の点で、部品共通化アプローチが発展してきたことがわかる。

市場適合とコスト抑制の同時追求によって、部品共通化アプローチが発展してきたという捉え方に関して、本研究は先行研究に対し新たに何かを付け加えるわけではない。先行研究の議論に新たに付け加えたのは、市場適合とコスト抑制の両立が、部品共通化アプローチの構造を転換せざるをえないほどに強く求められるのはいかなる場合なのかについてである。

(1)④で示した通り、2000 年代前半の自動車設計においては、市場適合・多様化 ⇄ コスト抑制・共通化に関して極端な偏りが生じやすかった。その結果市場適合とコスト抑制の両立が強く求められた。つまり単に市場適合とコスト抑制の同時追求を、モジュール化等の新たな共通化アプローチの登場の要因とみなすのではなく、それらの同時追求のいわば促進剤となった設計方向の偏りやすさを、2000 年代後半以降の自動車部品共通化アプローチの発展要因とみなす点に、本研究のもうひとつのインパクトがあると考えられる。

(3) 今後の展望

① 規模特性に関する分析精度向上のために

本研究では大規模と小規模の二極を扱ったため、年産 500 万台程度の中規模自動車企業を取り上げる必要があるだろう。大規模、小規模いずれの方向にも舵を切りにくい位置にある中規模自動車企業のとった部品共通化アプローチを分析することで、設計上のルール、マネジメント、効果、弊害について、規模の異なる各自動車企業に一致する点をより厳密に把握できるだろう。

② 製品特性を分析に反映させるために

本研究で取り上げた製品はモノコックタイプの自動車である。ラダーフレームタイプと比べれば、(製品多様性を維持した上での) 部品共通化が困難である。逆にラダーフレームタイプは部品共通化が容易である。

ゆえに上記製品特性の違いが、本研究で部品共通化アプローチの発展要因として指摘した設計方向 (市場適合・多様化 ⇄ コスト抑制・共通化) の偏りに影響する可能性が考えられる。

そこでラダーフレームを使用するピックアップトラック等を対象に、部品共通化アプローチを分析することが求められる。仮にこの分析の結果、ハイリスク・ハイリターン化がみられないのであれば、本研究の結論が有効/無効となる範囲を製品特性によって示せるだろう。

<引用文献>

Baldwin, C. Y. and Clark, K. B. (2000) *Design Rules: The Power of Modularity*, Cambridge, The MIT Press (安藤晴彦 (訳) (2004) 『デザイン・ルールー—モジュール化パワー』(株)東洋経済新報社) .

Cameron, B. G., Crawley, E. F., Kwapisz, J., and McNeill, A. (2017) “Management levers for product platforms” , *Engineering Management Journal*, Vol. 29 No. 3, pp.128-139.

JSPS 科研費プロジェクト (2018) 『自動車メガ・プラットフォーム戦略の進化——「ものづくり」競争環境の変容——』(一財)九州大学出版会。

延岡健太郎 (1996) 『マルチプロジェクト戦略』(株)有斐閣。

Pine, J.B. II (1993) *Mass Customization: The New Frontier in Business Competition*, Harvard Business School Press (江夏健一・坂野友昭監訳 (1994) 『マス・カスタマイゼーション革命』(株)日本能率協会マネジメントセンター) .

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1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 宇山 通 | 4. 巻 34 |
| 2. 論文標題 自動車部品の機能共通化の方法, 効果, 背景 マツダ(株)を事例とした1考察 | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 工業経営研究 | 6. 最初と最後の頁 15, 29 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 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 宇山 通 | 4. 巻 69 |
| 2. 論文標題 工程の柔軟化による製品の高度標準化 トヨタにおける車体組立工程柔軟化とプラットフォーム共通化との関係 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 経営研究 (大阪市立大学) | 6. 最初と最後の頁 53-77 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24544/ocu.20190311-005 | 査読の有無 無 |
| 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4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 宇山 通 |
| 2. 発表標題 2000年代半ば以降における部品共通化アプローチの転換, 多様化の背景 トヨタ, VWグループ, マツダによる共通化アプローチ選択の経緯 |
| 3. 学会等名 工業経営研究学会第36回全国大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 宇山 通 |
| 2. 発表標題 自動車部品共通化アプローチの多様性 2000年代後半以降におけるトヨタ, VW, マツダの比較 |
| 3. 学会等名 工業経営研究学会第35回全国大会 (WEB) 大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 宇山 通 |
| 2. 発表標題 自動車部品の機能共通化の方法，効果，背景 マツダ㈱を事例とした1考察 |
| 3. 学会等名 工業経営研究学会第34回全国大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 宇山 通 |
| 2. 発表標題 日本自動車企業における車体組立工程の変遷 部品標準化戦略との関係を中心に |
| 3. 学会等名 工業経営研究学会第33回全国大会 |
| 4. 発表年 2018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 |
|---------------------------|-----------------------|----|
| | | |

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 |
|---------|---------|
| | |