

平成21年5月30日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19510162
 研究課題名（和文） 安心・安全社会構築のためのシステム基盤技術の開発とその社会システムへの応用
 研究課題名（英文） Development of Systems Methodology for Creating Safe, Secure and Reliable Society and its Application to Real World Social Systems
 研究代表者
 田村 坦之（TAMURA HIROYUKI）
 関西大学・システム理工学部・教授
 研究者番号：90029257

研究成果の概要：

「不確実性下のプロスペクト理論」を開発し、その介護ロボットの評価や地球環境保全政策評価への応用を試みた。ソーシャルネットワーク分析によるアプローチにより、過疎・高齢化が著しい農山村集落を対象として、高齢者の安心・安全な生活に重要な役割を果たすソーシャル・キャピタルの定量的計測と構造特性抽出を行った。公的年金制度に関して、現行方式から世代別積立方式への移行方法について提案し、そのときの世代内公平性について検討した。

交付額：

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,100,000	630,000	2,730,000

研究分野：システム理論・方法論の開発とその社会システムへの応用

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：社会システム，政策科学，環境保全政策，モデリング，ファイナンス

1. 研究開始当初の背景

安心・安全は国家の持続的な発展の基盤であり、その基盤を維持することは必要不可欠である。また、安心・安全の維持は万国共通の普遍的な課題であり、そのための学術研究を行うことは日本が国際社会に貢献するためにも重要である。

従来、「安全」の科学としては、主に産業部門で生じる事故や災害を対象にしたシステムの信頼性や安全性が数多く研究されてきた。また、リスクの科学としては、環境リスクや経済リスクなどに対する評価や管理の手法が、日米欧の学会で活発に議論されてきた。それ

に対して、「安心」に対する工学的アプローチは、これまでほとんど取り込まれてこなかった。なぜならば安心は安全と異なり、個人の主観に大きく影響されるために定量的なモデル化や評価が容易でなかったためである。

(1) 不確実性下のプロスペクト理論およびその応用に関して

少子高齢化により今後、ロボットが医療や介護の担い手として投入される可能性がある。その際の安心を確保するためには、ロボットが人間に対して不安感を与えないことが必要である。これまでに研究代表者は、介護ロボットに対して利用者が抱く安心感についてプロスペ

クト理論を用いた評価を行った (“Value Judgment for the Sense of Security Based on Utility Theoretic Approaches,” H. Tamura, Y. Miura and M. Inuiguchi, *International Journal of Knowledge and System Science*, Vol. 2, No. 2, pp. 33-38, 2005). ただし、従来のプロスペクト理論はすべての結果に関する生起確率が明らかでない場合しか取り扱うことができなかった。

(2) ソーシャルネットワーク分析とその応用に関して

中山間地域は、人口流出による過疎及び高齢化の進行、子育て・教育環境の劣化、農地の荒廃、集落コミュニティの緩やかな崩壊等様々な問題を抱えている。このような中山間地域は、20年後の我が国都市部の姿を先取りしたものであるといわれており、中山間地域問題に対する取り組みは、中山間地域のみならず、我が国の将来社会にとっても重要となる。

とくに、高齢化はわが国全体をみても徐々に進行している重要な問題である。すなわち、社会保障費の増大による財政破綻と高齢者補助サービスの低下はもちろんのこと、社会的弱者である高齢者の生活の安心感・安全性が低下することも懸念される。これには、自助努力、政府による福祉支援の他に、地域コミュニティのもつソーシャル・キャピタルが果たす役割が大きい。

ソーシャル・キャピタルは、「人々との協調行動を活発にすることによって社会の効率性を改善できる、信頼、互酬性の規範、ネットワークといった社会組織の特徴」や「人と人とのつながり、他人への信頼感」などと定義されている。ソーシャル・キャピタルが注目を集める理由のひとつはソーシャル・キャピタルの多様な効果に対する関心であり、ソーシャル・キャピタルと政府の質、社会的病理、健康の増進、民主主義や市民社会の発展、犯罪の抑制、経済成長、コミュニティ再生等との関連性が指摘されている。

以上で見たように、中山間地域における地域コミュニティのソーシャル・キャピタルを検討することは、安心・安全社会の実現のために有効であると考えられる。

ソーシャル・キャピタルに関する既存研究は枚挙に暇がないが、以下の点に関する研究は不十分である。第1に、ソーシャル・キャピタルの形成に関する定量的な議論である。ソーシャル・キャピタルは種々の局面から構成されており(多面性)、さらにこれらの局面が関連性をもっている(重層性)。つまり、ソーシャル・キャピタルは、多面性と重層性に依拠して形成されていると想定できる。しかし、このようなシステム科学的な視点から

ソーシャル・キャピタルを論じた研究はない。

第2に、さまざまなソーシャル・キャピタルの構造的関係に関する議論である。これはソーシャル・キャピタルの効果発現に関する構造解析であり、この結果、如何に効率的に効果を生み出すのかを明らかにすることが可能となる。しかし、これらの検討は十分にされていない。

(3) 公的年金制度に関して

わが国には国民皆年金を旨とする公的年金制度がある。これまで公的年金制度は国民の老後に対する不安を低減するための一役を担ってきた。しかしながら、近年では少子高齢化によって財政状況が悪化し、老いることに対する不安感を国民に与えている。現行の公的年金制度は事実上の賦課方式で運営されているが、賦課方式の公的年金制度は少子高齢化のような人口構成の変動に対して脆弱である。そこで申請者らは、賦課方式に変わる公的年金制度として世代別積立方式を提案した (“On Planning a Public Pension System under Uncertainty: A Generation-based Operation Model,” D. Banjo, H. Tamura and T. Murata, *CD-ROM Proc. of 3rd IEEE International Conference on Intelligent Systems (IEEE IS'06)*, pp. 150-155, 2006)。しかしながら、提案方式は事実上の積立方式であり、賦課方式から積立方式への移行期には、いわゆる「二重の負担」問題が生じる。

2. 研究の目的

(1) 不確実性下のプロスペクト理論とその応用に関して

不確実性下のプロスペクト理論を新たに開発し、この手法を用いて医療・介護ロボットの安心感を評価するとともに、地球温暖化対策としての炭素税および排出権取引による環境経済政策を評価し、これらの政策が京都議定書の目標を達成する上で不可欠な政策であることを明らかにする。

(2) ソーシャルネットワーク分析とその応用に関して

① 農山村集落における人的繋がりに関するシステム分析

農山村集落における人的繋がりの特徴を多面性、重層性及び安定性の視点から構造的に把握する方法論を提示する。

② 中山間集落活性化におけるソーシャル・キャピタルの役割に関する構造分析

集落活性の要因を構造的に明らかにするという枠組みの中で、ソーシャル・キャピタルの働きと役割を定量的に解明する。

(3) 公的年金制度に関して

公的年金制度の財政方式を賦課方式から世代別積立方式へ移行するときに生じる「二重の負担」問題とは、移行期の勤労世代が自らの老後のためだけでなく退職した世代のためにも保険料を納付しなければならないために負担が他の世代に比べて重くなることを意味する。本研究では、二重の負担を回避するために、必要な財政支出を算出し、複数世代を同時にシミュレートして世代別積立方式の公平性と財政的持続可能性を再検討する。

3. 研究の方法

(1) 不確実性下のプロスペクト理論とその応用に関して

介護ロボットの安心感の価値評価において、すべての結果に関する生起確率が明らかでない場合が存在する。しかし、これまで介護ロボットの安心感の価値評価に有用であると認められたプロスペクト理論は、そのような場合を扱うことができない。本研究では、それぞれの結果に対する確率の値が不明な場合を扱うために、Dempster-Shafer の確率理論による不確実性下の価値関数の考え方を採用し、新たに不確実性下のプロスペクト理論を展開する。この不確実性下のプロスペクト理論を用いて介護ロボットの安心感の価値を評価する。

本研究では、二種類の状況について評価し、その結果を比較する。一方はすべての結果の生起確率が明らかである状況、もう一方はいくつかの結果の生起確率が未知でそれらの結果の合計の確率が既知である状況である。今回は不確実性下の状況として、次の二つの場合を考える。

- **Case 1.** 介護センター等に介護を依頼するとき、介護士による介護を受けるのかロボットによる介護を受けるのか分からない場合
- **Case 2.** 介護センターや自治体に介護ロボットの貸し出しを依頼するとき、どのような介護ロボットが貸し出されるのか分からない場合。

地球環境保全に関して、わが国では京都議定書により 2008 年から 2012 年の温室効果ガスの平均排出量を 1990 年比で 6%削減するという目標が設定されている。そこで、この目標を達成する為に、二酸化炭素排出量削減政策として次の三つのシナリオを設定しシミュレーションを行う。

- シナリオ 1：炭素税のみを導入する。
- シナリオ 2：排出権取引を 2 社間で行う。

- シナリオ 3：炭素税の導入に加えて、排出権取引を 2 社間で行う。

シナリオ 1 は、京都議定書の定めている削減目標を達成するために必要な炭素税率を課税するケースである。

シナリオ 2 では、わが国における企業を A 社と B 社のみと仮定し、その 2 社にわが国の排出枠を等分に割り振り排出権取引を行うケースである。

シナリオ 3 は、シナリオ 1 で求めた炭素税率よりも低い税率で課税してシナリオ 2 と同様の仮定のもとで排出権取引を行うケースである。

それぞれのシナリオのシミュレーションに対して、今回は二酸化炭素削減に要するコストのみを評価対象とする。

シナリオ 1 で要するコストを参照点とにおいて、シナリオ 2、シナリオ 3 で節約できた費用に対する確実性下の価値関数を用いてそれぞれの節約費用に対する評価を行う。また、排出権取引を 2 社間で行うシナリオ 2、シナリオ 3 においては、不確実性下のプロスペクト理論における悲観係数別に評価を行う。

本研究では、確実性下の価値関数を設定するにあたり感応度逓減性を考慮してモデルを作成する。感応度逓減性とは利得や損失が、その値が小さいうちは変化に対して敏感で利得や損失の小さな変化が比較的大きな価値の変化をもたらすが、利得や損失の値が大きくなるにつれて、小さな変化の感応度は減少していくという性質である。

なお排出権取引を行う際、不確実性をもたせるために、シナリオ 2 とシナリオ 3 では、B 社の二酸化炭素削減費用関数を 3 つ想定して行う。

(2) ソーシャルネットワーク分析とその応用に関して

① 農山村集落における人的繋がりに関するシステム分析

集落内の人的繋がりネットワークとして捉え、社会ネットワーク分析の基本的技法（ネットワーク密度、CONCOR 等）及び開発したいいくつかの指標（類似性指標、安定性指標）を用いて、人的繋がり把握する。データには、島根県東部の限界集落を対象としたアンケート調査結果を用いる。

② 中山間集落活性化におけるソーシャル・キャピタルの役割に関する構造分析

まず、集落活性の要因として、集落機能、つながり、信頼及び人間関係の各程度を想定する。なお、つながり及び信頼は既存研究で指摘されているソーシャル・キャピタル指標

である。また、人間関係はソーシャル・キャピタルのより質的な側面を捉えることを企図して本研究で設定したものである。次に、集落活性及びその要因から構成される因果構造モデルを構造方程式モデリング (Structural Equation Modeling: SEM) により推定する。このために、島根県東部の A 市において集落の活性状況やソーシャル・キャピタルの賦存量に関するアンケート調査を実施する。最後に、推定結果に基づき、つながり、信頼及び人間関係といったソーシャル・キャピタルが集落機能や集落の活性化に及ぼす影響の経路と大きさを検討し、ソーシャル・キャピタルの役割を明らかにする。

(3) 公的年金制度に関して

事実上の賦課方式である現行方式から世代別積立方式への移行が可能か否かを検討するため、財政方式の移行を考慮した財政の推移をシミュレートする。そのために 1989 年以前生まれの世代には事実上の賦課方式に基づく現行制度を適用し、1990 年以降生まれの世代には世代別積立方式に基づく新制度を適用することとする。ただし、この場合、移行に伴って現行制度では保険料を納付する勤労世代が減少し積立金の残高が低下する。このままでは現行制度が適用された世代の年金給付財源が不足するため、その不足分を新制度の変動準備金から補填することとする。新制度の世代別積立金は新制度が適用された世代の年金給付財源に充てられるため、現行制度が適用された世代の年金給付財源には世代別積立金を充てないこととする。

次に、保険料の納付回数と納付総額に基づく年金額の算定方法を提案し、その算定方法を適用した場合における年金所得のジニ係数をシミュレートし、世代別積立方式における世代内公平性について検討する。

4. 研究成果

(1) 不確実性下のプロスペクト理論とその応用に関して

介護ロボットの評価に関して、池田市および箕面市に住む 11 名の被験者を対象にして評価実験を試みた。11 名の被験者のうち 7 名が介護にかかわっており、4 名が家族に要介護者を抱えている。年齢は 20 代から 50 代と幅広く、7 名が女性、4 名が男性である。

ある被験者は、確率が明らかな場合においては、どのようなロボットが存在する社会でもロボットが存在しない社会より安心感の価値は高いと感じているのに対し、いくつかの確率が明らかでなくなった場合には、ロボットが存在しない社会の安心感の価値が最

も高くなっている。この被験者は実際には「介護を依頼した場合に、介護をするのが介護士かロボットかわからないならば、介護を依頼しない」と答えており、評価結果は被験者の選好を適切に表現している。同様に、すべての被験者について、不確実性下のプロスペクト理論による評価結果と実際の選好とを比較したところ、それらは一致していた。よって「不確実性下のプロスペクト理論」は被験者の選好を適切に表現することができたと言える。

地球環境保全に関して、炭素税のみまたは排出権取引のみを導入して京都議定書の削減目標を達成する場合と、炭素税と排出権取引の二つの政策を同時に用いて削減目標を達成する場合とを比較し、費用面における評価を行った。その結果、シナリオ 3 すなわち炭素税と排出権取引を同時に並行して適用することによって温暖化ガスの削減が効果的に行えることが分かった。また不確実性下における政策評価を、不確実性下のプロスペクト理論を用いて悲観係数別に楽観的、中立的、悲観的な人のそれぞれの評価が行えることを確認した。

(2) ソーシャルネットワーク分析とその応用に関して

① 農山村集落における人的繋がりに関するシステム分析

得られた知見は以下の 4 点である。

- 9 つの人的繋がりネットワークを構造面からパターン分類すると、集落組織、友好関係、日常生活扶助、非常時生活扶助の 4 つが得られた。このように、多面的なネットワークの重層性が観察された。
- 4 つのパターン間での関連性も計測された。特に、友好関係のネットワークと他のネットワークとの重なりが観察された。
- 全般的に、ネットワーク密度は希薄である中で、友好関係、集落組織に関する人的繋がり密度が高かった。これらの人的繋がり中心は高齢女性であった。
- 友好関係のネットワークの安定性が高かった。これは、ネットワーク密度が比較的高いことに起因している。一方、ネットワーク密度が低く、特定の個人に繋がり集中している非常時生活扶助では、安定性が極端に低かった。日常生活扶助もまたネットワーク密度の低さに起因して安定性が低かった。

② 中山間集落活性化におけるソーシャル・キャピタルの役割に関する構造分析

得られた主な知見は以下の 8 点である。

- ソーシャル・キャピタルは、直接的な経路、集落意欲の増進を介した経路、合意形成機

能の強化を介した経路及び直接的な資源管理機能の強化を介した経路により集落を活性化させる。特に、集落住民に対する信頼感、リーダーの存在、集落の活動意欲といったソーシャル・キャピタルと合意形成機能の4者の結びつきが集落活性構造における根幹を成している。

- b) 集落の活動意欲は、集落活性化に大きな影響力を持ち、また集落活性構造においてソーシャル・キャピタルと集落活性とを媒介する役割を担っている。
- c) リーダーの存在と集落住民への信頼感とは人間関係全般の基礎的な役割を果たしている。これらのソーシャル・キャピタルは、活動意欲を始めとする人間関係全般を向上させ、合意形成機能を発揮させる点から集落活性への貢献が高い。
- d) 人と人とのつながりは、活動意欲の増進、合意形成機能の強化及び直接的な資源管理機能の強化を通じて集落を活性化させる一方で、集落内の義務感と同様に直接的には集落活性を阻害するため、集落活性への寄与が大きい。
- e) 集落の一体感は、人間関係の良さや信頼感等から生み出され、活動意欲の増進を通じて集落活性に貢献している。
- f) 集落住民間の関係では、人間関係の強さは、活動意欲と資源管理機能を介した正の効果が大きく、集落活性に対する貢献がある。一方、人間関係の良さは、一体感から活動意欲を高めることを通じた促進効果と資源管理機能面からの阻害効果の二面性を持ち、集落活性にほとんど貢献しない。
- g) 集落内の平等感とは、集落活性構造において他の構成要素との関連性が低く、集落活性にほとんど影響を与えない。
- h) 拘束感や強制感からもたらされるソーシャル・キャピタルの正負両面の効果が確認された。これらの効果は人と人とのつながりや人間関係の良さが集落活性に影響を及ぼす経路の多様性を生み出す要因の1つとなる。

(3) 公的年金制度に関して

現行の財政方式から世代別積立方式への移行も考慮した国庫負担の推移をシミュレートした結果、世代別積立方式では、保険料負担の一部と年金給付の一部を国庫負担で賄うこととしているが、年金給付より保険料負担に国庫負担を割り当てると世代別積立金が多く積み立てられて運用利回りが増加し、結果として財政方式の移行に伴う国庫負担の最大値が低く抑えられることが分かった。さらに、個人の年金額の算出方法を提案

し、この算出方法を適用した場合の世代内公平性を検討するため、ジニ係数の推移をシミュレートした結果、納付回数比例年金と納付総額比例年金を組み合わせた算出方法を用いれば年金所得の格差を是正できることが分かった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び研究協力者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

① 赤沢克洋・稲葉憲治・関耕平：集落活性化におけるソーシャル・キャピタルの役割に関する構造分析，農林業問題研究，Vol. 45, No. 1, 2009. (査読有)

② 番匠大輔，田村坦之，村田忠彦：世代別積立方式に基づく公的年金制度への移行方法，システム制御情報学会論文誌，Vol. 21, No. 11, pp. 358-366, 2008. (査読有)

③ H. Tamura: Behavioral Models of Decision Making Under Risk and/or Uncertainty with Application to Public Systems, Annual Reviews in Control, Vol. 32, No. 1, pp. 99-106, April 2008. (査読有)

④ 番匠大輔，田村坦之，村田忠彦：世代間公平性と財政的持続可能性を実現するための不確実性下における公的年金の最適計画，システム制御情報学会論文誌，Vol. 20, No. 10, pp. 396-403, 2007. (査読有)

[学会発表] (計19件)

国際会議 (8件) :

① H. Tamura and R. Teraoka: Prospect Theory under Uncertainty with Application to Assessing Global Environmental-Economic Policies, Society of Risk Analysis Annual Meeting, T3-I.3, Boston, December 7-10, 2008.

② D. Banjo，H. Tamura and T. Murata: Public Pension Planning on the Basis of Generation-based Funding Scheme for Intra-generation Equity, CD-ROM Proc. 4th IEEE International Conference on Intelligent Systems (IEEE IS 2008), pp. 8-2~8.10, Varna, Bulgaria, September 6-8, 2008.

③ H. Tamura and R. Teraoka: Assessment of Environmental-Economic Policies for Preserving Global Environment Based on Prospect Theory under Uncertainty, 7th International Conference on Decision Support for Telecommunications and Information Society (DSTIS 2008), p. 27, Warsaw, Poland, September 3-5, 2008.

④ H. Tamura: Prospect Theory under Uncertainty for Modeling Ambiguity Aversion of Individual

Decision Making, IFIP WP7.6 Workshop on Modeling and Decision Support for Network-based Service, p. 19, Warsaw, Poland, September 1-3, 2008.

- ⑤ H. Tamura and T. Kimura: Modeling and Policy Assessment of Carbon Tax and Emissions Trading for Preserving Global Environment, CD-ROM Prep. 17th IFAC World Congress, pp. 15505-15510, Seoul, Korea, July 6-11, 2008.
- ⑥ H. Tamura: Decision Analysis under Risk and/or Uncertainty with Possible Applications to Public Sectors, IFIP/IIASA/GAMM Workshop on Coping with Uncertainty (CwU) 2007, IIASA, Laxenburg, Austria, December 10-12 2007.
- ⑦ D. Banjo, H. Tamura and T. Murata: Simulating a Transition Process to Generation-based Funding Scheme in Public Pension Planning, CD-ROM Proc. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, pp. 1993-1998, Montreal, Canada, October 7-10, 2007.
- ⑧ H. Tamura and T. Kimura: Evaluating the Effectiveness of Carbon Tax and Emissions Trading for Resolving Social Dilemma on Global Environment, CD-ROM Proc. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, pp. 1746-1751, Montreal, Canada, October 7-10, 2007.

国内学会・研究会 (11 件) :

- ① 寺岡 良, 田村坦之 : 不確実性下のプロスペクト理論を用いた二酸化炭素排出量削減政策の評価(第 2 報), 計測自動制御学会(SICE)関西支部若手研究発表会講演論文集, C1-2, pp. 119-120, 常翔学園大阪センター, 2009.1.14.
- ② 田村坦之 : リスク下および不確実性下の意思決定論とその応用 ー行動科学的モデルへの招待ー, 日本OR学会常設研究部会「意思決定法」第 6 回研究会, 関西大学, 2008.11.22.
- ③ 寺岡 良, 田村坦之 : 不確実性下のプロスペクト理論を用いた二酸化炭素排出量削減政策の評価, 第 52 回システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集, SCI'08, pp. 313-314, 京都, 2008.5.16-18.
- ④ 番匠大輔, 田村坦之, 村田忠彦 : 世代別積立方式に基づく公的年金制度における個人の負担給付比率の評価, 第 52 回システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集, SCI'08, pp. 749-750, 京都, 2008.5.16-18.
- ⑤ 西埜 繁, 番匠大輔, 田村坦之 : 電力系統における負荷需要の不確実性を考慮した供給予備力と総燃料費の評価, 第 52 回システム

制御情報学会研究発表講演会講演論文集, SCI'08, pp. 753-754, 京都, 2008.5.16-18.

- ⑥ 番匠大輔, 大崎一平, 田村坦之, 村田忠彦 : 世代別積立方式に基づく公的年金制度における所得の世代内再配分, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2008 春季研究発表会アブストラクト集, pp. 82-83, 京都情報大学院大学, 京都, 2008.3.25-26.
- ⑦ 田村坦之 : リスク下および不確実性下の意思決定論とその応用, 筑波大学大学院システム情報工学研究科リスク工学専攻大学院教育改革支援プログラム「達成度評価システムによる大学院教育実質化」第 1 回キャリアパスフォーラム, 2008.3.21. (招待講演)
- ⑧ 田村坦之 : 不確実性下の多目的意思決定論とシステム最適化, 第 12 回関西大学科学技術シンポジウム講演集, pp. 107-112, 関西大学, 2008.1.17-18.
- ⑨ 番匠大輔, 田村坦之, 村田忠彦 : 世代間公平性を考慮した不確実性下における公的年金の最適計画, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2007 秋季研究発表会アブストラクト集, pp. 136-137, 政策研究大学院大学, 東京, 2007.9.27-28.
- ⑩ 大崎 一平, 番匠大輔, 田村坦之, 村田忠彦 : マルチエージェントシミュレーションを用いた公的年金における世代別積立方式の財政的持続可能性に関する検討, 第 51 回システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集, SCI'07, pp. 349-350, 京都, 2007.5.16-18.
- ⑪ 番匠大輔, 田村坦之, 村田忠彦 : 公的年金制度における世代別積立方式への移行時に生じる国庫負担の抑制に関するシナリオ分析, 第 51 回システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集, SCI'07, pp. 351-352, 京都, 2007.5.16-18.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田村 坦之
関西大学・システム理工学部・教授
研究者番号 : 90029257

(2) 研究分担者

赤沢 克洋
島根大学・生物資源科学部・准教授
研究者番号 : 70304037

(3) 研究協力者

番匠 大輔
関西大学・大学院工学研究科・
博士課程後期課程学生