

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 14 日現在

機関番号：22604

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2015

課題番号：24730215

研究課題名(和文)都市圏の脆弱性を考慮した社会資本整備の経済的評価手法に関する実証的研究

研究課題名(英文)Empirical Study on Economic Evaluation of Infrastructure Considering Urban Vulnerability

研究代表者

朝日 ちさと (ASAHI, CHISATO)

首都大学東京・社会(科)学研究科・准教授

研究者番号：90457812

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,600,000円

研究成果の概要(和文)：都市圏の社会経済活動における不確実性に由来する都市の脆弱性に着目し、不確実性を明示的に採り入れた社会資本整備の経済的評価手法を提示することを目的とする。リスクに対応する社会資本整備の経済的評価については、家計のリスク対応能力と、公的に供給されるサービスの最低水準を明示的に表すことのできる脆弱性の概念が有用である。

リスクの便益評価の理論に基づき、脆弱性改善の便益評価モデルを提示するとともに、その実証分析を水道の断水リスクについて行い、プロスペクト理論の知見の有用性を示した。また、都市集積と地域公共財の理論的検討により、地域の集合リスクを最適な都市規模からのかい離で評価するための条件を提示した。

研究成果の概要(英文)：As social and economic activities in Urban area have been suffering from various uncertain events, the integration of the idea of "vulnerability" into the economic evaluation of policy is an issue that needs to be considered.

We investigated the choice under risk or uncertainty for integrating it to vulnerability valuation model. We especially focused on the Prospect Theory(PT) and risk sharing effect of urban size. First, we examined the PT's validity and availability as decision making theory for welfare valuation of infrastructure projects, using data from questionnaires about municipal water cutoff risks as a case study. We found the reference point effect in the combination of loss aversion and probability evaluation was observed in the household choice experiment. Second, the risk sharing effect of urban size is examined theoretically, we show the conditions to evaluate the regional collective risk using the divergence from the optimal city size.

研究分野：経済学

キーワード：脆弱性 費用便益分析 社会資本整備 不確実性 プロスペクト理論

1. 研究開始当初の背景

人口減少に伴う社会経済構造の変化及び財政制約から、社会資本の整備は効率化かつ重点化に向けて改革の途上にある。公共事業関係費が行財政改革の加速に伴って減少を続ける一方で、その削減分を増加する社会保障関係費等の財源に充当することが企図されるなど、資源配分のドラスティックな変化が生じつつある。さらに、2011年3月に起こった東日本大震災は、被害と救助・復興における都市圏と非都市圏の相互依存関係を浮き彫りにし、都市・地域の安全と安心を支える社会資本整備の厚生効果(唐木他(2006)に定義される)の重要性と技術的效果について多くを示唆するとともに、復興のための大きな整備需要を発生させている。

社会資本の厚生効果を確実に担保しながら効率的な整備を行うためには、経済主体が直面する不確実性を明示的に採り入れ、都市・地域の圏域単位で、ミクロ的に基礎付けられた社会資本整備の厚生効果の経済的評価の方法を確立することが喫緊の課題である。

本研究の学術的な位置づけは、研究代表者がこれまでに行ってきた社会資本整備の経済的評価に関する2つの流れを補完的に統合するものである。すなわち、1)都市雇用圏における社会資本の厚生効果の実証分析、2)社会資本整備によるリスク対策の便益評価である。

1)については、都市集積の理論に基づき、唐木他(2006)、朝日(2007)において都市雇用圏における社会資本の厚生効果の実証分析を行い、地価へのヘドニック回帰分析により厚生効果を確認した。また、kanemoto et al.(2008)では、より分析を精緻化し、都市集積および社会資本の変数に対する操作変数に関する課題を抽出した。これらでは、推定における社会資本の係数が相対的に大きく、観察不能な効果の存在が疑われるが、そのひとつとして、リスク回避的な住民による社会資本のリスク対策便益が顕示されている可能性がある。

2)については、朝日・萩原(2000)の一連の研究により、主に上水道を事例として、回避行動法によるリスク対策の便益評価モデルを設定し、評価値の導出、リスク下の選好表明における情報、経験、および心理学的なリスク認知特性の影響を明らかにした。また、朝日(2010)はリスクと脆弱性の概念を理論的に整理し、社会資本整備に関するリスクの便益評価については脆弱性の概念による評価が適していることを示し、朝日・萩原(2011)では、脆弱性の便益評価のモデル化を検討した。

1)および2)は、社会的厚生を最大化およびリスク下の意思決定に基づく点においては共通の理論的ベースを持つが、Arnott(2004)に整理されるように方法論としての利点欠点が異なる。1)は主に、空間的な要因を考慮することが可能であること、推定に必要な情報が少ないという利点がある一方、多くの理論的仮定に依存している。他方、2)は費用便益分析の基準に基づき理論的な仮定への依存は少ないが、空間的な要因は考慮されず、推定には個人の選好等に関する多くの情報が必要である。

以上により、実証的な検討に基づき、2つのアプローチを社会資本整備効果の経済的評価手法に応用しようとする本研究の着想を得ている。

2. 研究の目的

本研究は、都市圏の社会経済活動における不確実性(災害、財政基盤の変化等)に由来する都市の脆弱性に着目し、その対策としての経済主体の安全と安心を確保する社会資本整備の効率的な水準を明らかにするために、不確実性を明示的に採り入れた社会資本整備の経済的評価手法への展開と課題を提示することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究は、以下の項目から構成される。

概念的基礎と分析対象の整理

データ作成と基礎分析

リスクの便益評価理論に基づく実証分析

都市集積と地域公共財の理論的分析

評価手法への示唆

では、本研究の実証分析に基づく理論的枠組みを整理する。ではデータの作成と予備的分析を行い、およびで推定モデルの設定と実証分析を行う。では、およびの検討より、結論として、社会資本の厚生効果の経済的評価手法への方法論的示唆を提示する。

4. 研究成果

(1) 概念的基礎と分析対象の整理

社会資本整備によるサービスについて、リスクアセスメントとの対比によって脆弱性の概念とアセスメントの枠組みをレビューし、脆弱性の概念がサービスの消費者側の状況により焦点を当てたものであること、およびその経済的評価の位置づけを確認した(図1参照)。次に、脆弱性を改善する事業の便益評価について、リスク回避の便益評価理論をベースとし、それが基づくリスク下の意思決定理論である期待効用理論からプロスペクト理論へと拡張する必要性と可能性を検討した。さらに、リスク回避の便益の回避行動による評価モデルを参照しつつ、そこで採

用される事前確率の概念と脆弱性の便益評価に必要とされる事後確率の概念との相違を明らかにした。最後に、事後確率に基づく脆弱性の便益評価を行うためのプロセスと、回避行動における選択をプロスペクト理論の知見を用いてモデル化するための試案を提示した。

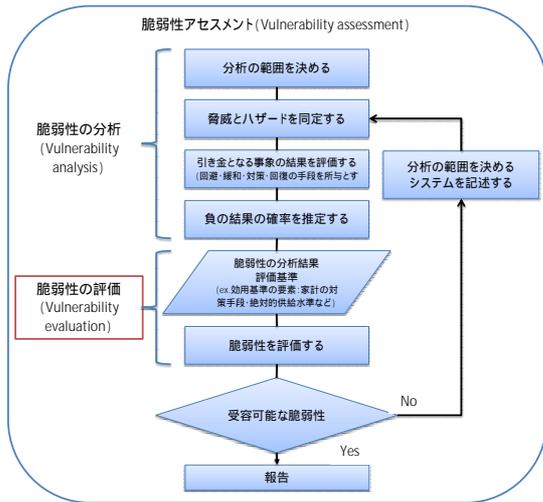


図 1 脆弱性評価の枠組み

(2) リスクの便益評価の理論に基づく実証分析

社会資本整備（上水道）における脆弱性の厚生評価に関する考察

東日本大震災による被害とその復興の際の課題として、社会資本整備の「基礎的なサービスの供給」による厚生効果、すなわち「安全・安心」の便益に対する関心は高まっている。社会資本整備の主要な目的のひとつがそのような基礎的なサービスの供給であるにもかかわらず、その便益を評価する手法についての知見の蓄積は不足している。そこで、(1)で整理した「脆弱性」の概念に基づき、社会資本整備の「安全・安心」を確保する効果を経済的に評価するためのモデルを提示し、上水道を事例としてその前提条件の検証の方法を提示した。

主要な結論は次の通りである。第一に、リスクに対応する社会資本整備の経済的評価については、家計のリスク対応能力と、公的に供給されるサービスの絶対的な最低水準を明示的に表すことのできる脆弱性の概念に基づく考え方が適することを整理した。第二に、社会資本整備による脆弱性改善の便益評価モデルを提示した。水道施設を想定した評価モデルでは、評価は供給者が想定する脆弱性低下の投資効果と、家計が事前のリスク認識を改めることによって選択に顕示される効果とに分かれて表現されることを示した。第三に、モデルの予備的検証方法を提示

し、アンケートと水道業務指標データを利用した試行により、次のような示唆が得られることを示した（表 1 参照）。すなわち、評価モデルの適用にあたっては、リスクの種類によるリスク認知の特性を考慮すべきであること、家計による水道システム由来の量的リスク対策は、客観的な事後確率ではなく事前のリスク認識によって選択される可能性が高いため、事後のリスク認識に基づく脆弱性評価モデルによる評価が適すること、家計のリスク認知における公的整備水準の知識や私的投資との代替関係については精査する必要があること、である。

課題として、次の 3 点が挙げられる。第一に、モデルの検証方法の精度を上げることである。予備的な検証に用いたデータには質的および量的な制約があるため、モデルの特定化について頑健な示唆が得られたわけではなく、検証方法の提示に留まっている。地域や家計の属性をより詳細に検討したデータを用いて、リスクあるいは不確実性下の家計の行動に基づいてモデルを特定化に向けて検証・改善することが必要である。第二に、便益評価の導出への展開である。社会資本整備をめぐる課題解決に資するためには、モデルの検証に基づいた評価の実証的知見を蓄積することが必要である。第三に、ここでは据え置いた家計の所得制約および脆弱性の動学的側面についての検討が必要である。

表 1 使用したデータと変数の対応

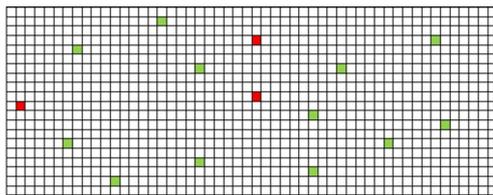
| 変数 | code | データ | データ出所 | |
|------------|--------|-----------|------------------------|---------------|
| 私的投資 | R | d_dft | 漏水・ポトル水・汲み置き・何もしていない | アンケート調査 |
| | | d_dsd | 災害・ポトル水・汲み置き・何もしていない | アンケート調査 |
| | | d_dft | 施設事故・ポトル水・汲み置き・何もしていない | アンケート調査 |
| | | d_qitco | 水質事故(断水):ポトル水・汲み置き・何もし | アンケート調査 |
| | | d_qithd | 水質事故(健康):ポトル水・汲み置き・何もし | アンケート調査 |
| | 施設整備水準 | G | 1002 | 水源余裕率 |
| | | 1004 | 自己保有水頭率 | 業務指標 |
| | | 2001 | 給水人口一人当たり貯留飲料水量 | 業務指標 |
| | | 2004 | 配水地貯留能力 | 業務指標 |
| | | 2101 | 経年化浄水施設率 | 業務指標 |
| | | 2102 | 経年化設備率 | 業務指標 |
| | | 2103 | 経年化管路率 | 業務指標 |
| | | 2104 | 管路更新率 | 業務指標 |
| | | 2206 | 系統間の原水融通率 | 業務指標 |
| | | 2207 | 浄水施設前置率 | 業務指標 |
| | | 2209 | 配水池前置施設率 | 業務指標 |
| | | 2210 | 管路の貯留化率 | 業務指標 |
| | | 2216 | 自家発電設備容量率 | 業務指標 |
| | 2203 | 事故時配水量率 | 業務指標 | |
| | 2204 | 事故時給水人口率 | 業務指標 | |
| 事前の断水リスク認知 | π a | drought | 渇水リスク認知 | アンケート調査 |
| | | disaster | 地震・風水害リスク認知 | アンケート調査 |
| | | facility | 施設事故リスク認知 | アンケート調査 |
| | | qualityco | 水質事故による断水リスク認知 | アンケート調査 |
| | | qualityhd | 水質事故による健康・健康リスク認知 | アンケート調査 |
| 事後の断水リスク認知 | π p | 2202 | 幹線管路の事故割合 | 業務指標 |
| | | 5101 | 浄水場事故割合 | 業務指標 |
| | | 5103 | 管路の事故割合 | 業務指標 |
| | | 5106 | 給水管の事故割合 | 業務指標 |
| | | 2005 | 給水制限数 | 業務指標 |
| | | 3206 | 水質に対する苦情割合 | 業務指標 |
| | | 5109 | 断水・濁水時間 | 業務指標 |
| | 回答者属性 | house | number | 戸建住宅・集合住宅・その他 |
| | | age | 世帯人数 | アンケート調査 |
| | | sex | 年齢 | アンケート調査 |
| | | exp_co | 性別 | アンケート調査 |
| | | exp_hd | 断水経験 臭気味・健康被害経験 | アンケート調査 |

リスク下の意思決定特性を考慮した社会資本整備のリスクプレミアムの便益評価
水道による社会資本サービスの断水リス

クを事例として、不確実性下の意思決定に関する理論的知見を用いて、古典的意思決定モデルとプロスペクト理論による意思決定モデルを実証的に検討した。古典的モデルの分析から、社会資本サービスに関する選択では、リスク選好が当然には仮定されないため、リスク選好を仮定することが適切か否かについて、リスクの性質の観点からの検討が必要であること、また、回避行動で観察したい選択にリスク認知がより強く反映されるためには、認知の容易な表示方法が求められることが示された。

一方、プロスペクト理論モデルの分析からは、断水リスクの損失と確率の両方の評価において参照点効果が確認され、評価額への効果の方向性はリスクに対する「対価」か「補償」かのフレーミングによって決まる可能性が示唆された（図2、図3、表2参照）。

これらの結果は、家計のリスク回避選択行動の予測、およびそのリスクを対策する社会資本サービスのリスクプレミアムの便益評価について、次の具体的な示唆につながる。すなわち、リスク選好の想定の適不適、認知の容易な表示方法、参照点効果のフレーミングによるコントロールと感度分析としての活用、さらに水道の老朽化由来のリスクプレミアムの評価に関するプロスペクト理論モデルの有用性である。



| | 更新投資を行う | 更新投資を行わない |
|----------|---|-------------------------------|
| 年間の断水リスク | 給水人口1,000人当たり3人 | 給水人口1,000人当たり15人 |
| 水道料金 | 「+1,000円」(年間+12,000円) 1か月当たり料金が「4,000円」から「5,000円」になる | 「±0円」 1か月当たり料金は「4,000円」のまま |

注：説明文中の「赤色」は濃色のマスを表す。

図2 WTP シナリオ：1段階（例）

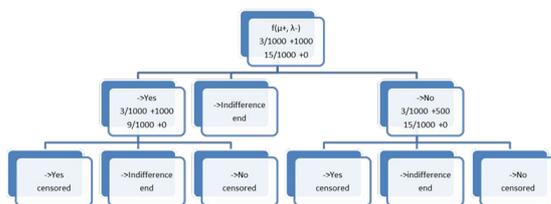


図3 WTP シナリオによる2段階2項選択の構造

表2 推定結果：区間回帰分析

| パラメータ/変数 | 属性なし | | 属性あり | |
|--|----------------|---------------------------|-----------------|-------------------------------|
| | Coef. | Std.Err. | Coef. | Std.Err. |
| 1 ((μ+, -): WTP ((μ-, -): 貴重水またはリスク増 (μ+, +): 貴重水またはリスク増 | 0.417 0.179 | *** (0.107) (0.110) | 0.348 0.323 | ** * (0.162) (0.168) |
| 2 非常用水源認知 断水経験なし | | | 0.369 -0.181 | * (0.217) (0.129) |
| 3 ポストアウトリーチ-前週日数 年齢 | | | -0.040 0.010 | ** (0.016) (0.005) |
| 4 日常飲に非常水を飲用 .cons | 4.454 | (0.081) | 3.502 | * (0.135) (0.508) |
| Log likelihood | -744.668 | | -296.34397 | |
| LRchi2(2) | 15.84 | | 28.33 | |
| Prob. > LR(chi2) | 0.0004 | | 0.0002 | |
| Number of obs | 630 | | 262 | |
| Censored Observation | | | | |
| left-censored | 106 | | 40 | |
| uncensored | 250 | | 102 | |
| right-censored | 223 | | 96 | |
| interval | 51 | | 24 | |

注：*は有意水準を表す。*10% **5% ***1%

これらの知見は、社会資本サービスのリスクプレミアムの便益評価に資する情報であるが、水道インフラを事例とした仮想的な調査結果による知見であり、更なる検討が求められる。今後の課題として、理論的には参照点効果の精査が挙げられる。

分析では、参照点効果の内容、すなわち確率と損失のそれぞれの参照点効果を一体として扱っているが、それぞれの効果には差があることが窺われた。それぞれの参照点効果の分離可能性や確率評価を明示的に扱うことが求められる。また、社会資本サービスが対象とするリスクは広範である。道路や防災などの他の社会資本サービスの評価との比較を行い、参照点効果やリスク選好への知見の頑健性の検討とリスクの性質による整理などが求められる。

(3) 都市集積と地域公共財の理論的検討

都市規模すなわち家計数によるリスク分散の可能性と公共財供給との関係を検討することを目的として、Lee (2005) の不確実性下のヘンリー・ジョージ定理に関する理論的知見を検討する。不確実性下ではリスク分散効果により都市規模が大きくなり、地代総額が公共財の供給費用を上回るとの Lee (2005) の理論的結論をベースとして、都市規模、地代、公共財と地域におけるリスクとの関係を検討する基礎的な枠組みについて考察する。さらに、モデルの示唆がリスク分散の可能性に依存することから、リスクが集積的である場合の都市規模と公共財の供給費用との関係について検討する。

家計数が所得増の可能性を増加させる場合の例として、集積の経済がはたらく状況が考えられる。一方、家計数の増加が所得減少の可能性をもたらす場合とは、混雑による外部費用が発生する場合、共同消費を伴う公共財の利用が妨げられる場合などが考えられ

る。すなわち、家計間の相互作用が所得にもたらす負の影響が大きい場合には、最適な都市規模は確実性下に比べて大きくなるとは限らない。

基本モデルおよび集合リスクモデルの検討は、次のように整理される。地域にとってのリスクが地域内で分散不可能な場合であっても、その所得リスクが家計間で独立の事象である場合、また集積の経済のように家計数について所得に正の効果を持つ場合、地代総額が公共財供給費用を上回り、最適な都市規模は確実性下よりも大きくなる。一方、所得リスクが家計間で独立ではなく、所得に負の影響をもたらす場合には、必ずしもその関係は成立しない。

都市規模と地域リスクとの理論的な関係は、実証が可能であれば、効率性の観点から望ましい都市規模、あるいは反対に地域のリスクを判断するための有用な手法となり得る。しかしながら、地域の観点で生産や所得に対するリスクを考慮する際には、それらが公共財や混雑など家計の相互関係に依存する効果が多く含まれていることに留意する必要がある。コンパクトシティ、道州制、自治体の広域連携などの都市規模に関連する議論において、災害や経済ショックなどの不確実な要因を考慮することは必須の条件である。その際には、地域間のリスク分散効果に加え、都市規模すなわち家計数による地域内のリスク分散が重要な役割を果たすことから、それらが成立する要件をさらに明確にすることが必要である。

(4) 評価手法への示唆と今後の課題

財政の制約がますます厳しくなるという条件のもとで、老朽化した社会資本の機能を適切な水準で維持すること、また予想される地震や風水害の規模や頻度が大きく見直される中で防災・減災を達成することという課題の存在は論をまたない。しかしながら、それに適切な資源を配分するための評価の理論と手法の知見は十分ではない。本研究では、脆弱性の概念をキーワードとした検討により、既存のリスクの便益評価理論からの拡張には、評価モデルに用いられる不確実性下の意思決定理論の規範的な検討が必要であること、リスク下の個人の意思決定では内生化されないMargin of Safety (MOS) の考慮が必要であることを整理し、プロスペクト理論によるモデル化を想定した場合に留意すべき事項について整理した。これらの課題に対処するためには、多くの段階が必要と思われる。

現時点では、制度的に事業評価におけるリスクや不確実性の扱いは留保課題となっている。理論的には、期待効用理論以外の意思

決定理論を用いた経済的評価モデルに対する規範的な評価は定まっていない。不確実性下の意思決定理論としてはプロスペクト理論が有望ではあるものの、実証的に公共政策や社会資本整備を対象としてプロスペクト理論を用いた知見の蓄積は進んでいない。今後の大きな課題として、実証的な知見を積み重ねることによって、理論的・規範的な位置づけを検討し、評価の制度へと反映させるステップが必要であると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計8件)

朝日ちさと「評価における有効性と効率性の関係 - 経済学的観点による検討 - 」季刊評価クォーターリー, 査読無, 第36号, pp.2-16, 2016.

朝日ちさと・萩原清子「リスク対策の社会資本整備におけるリスクプレミアムの便益評価に関する考察 - 水道水を事例として - 」地域学研究, 査読有, Vol.45, No.3, pp.272-292, 2015.

朝日ちさと「都市規模のリスク分散効果と公共財供給に関する試論」都市政策研究, 査読無, 第9号, pp.69-79, 2015.
<http://hdl.handle.net/10748/7105>

朝日ちさと「社会資本整備の課題 - 整備効果の把握と評価の観点から」公営企業, 査読無, 第46巻, pp.13-24, 2014.

朝日ちさと「社会資本整備による脆弱性改善の便益評価に関する考察」都市政策研究, 査読無, 第8号, pp.49-78, 2014.
<http://hdl.handle.net/10748/6430>

朝日ちさと・萩原清子「社会資本整備(水道)における脆弱性の厚生評価に関する考察」地域学研究, 査読有, Vol.42, No.3, pp.563-580, 2013.

DOI: 10.2457/srs.42.563

朝日ちさと「不確実性下の選択に基づく脆弱性の厚生評価に関する考察 厚生理論の一般化によるリスク費用便益分析の方法論」都市政策研究, 査読無, 第7号, pp.27-60, 2013.

<http://hdl.handle.net/10748/5913>

朝日ちさと「社会資本整備の課題とリスク評価」高速道路と自動車, 査読無, 第56巻, 第8号, pp.16-16, 2013

DOI: 10.2457/srs.45.271

〔学会発表〕(計8件)

Asahi, Chisato, Hagihara, Kiyoko, "Evaluation of Vulnerability of Infrastructure", VIth Annual Conference of the International Society for Integrated Disaster Risk Management', New Delhi, India, 2015, 10.ニューデリー(インド).

朝日ちさと・萩原清子「リスク対策の社

会資本整備における効率性評価の課題に関する考察」日本地域学会第 52 回年次大会, 2015 年 10 月 08 日~2015 年 10 月 10 日, 岡山大学(岡山県・岡山市).

朝日ちさと「不確実性下の都市規模と公共財供給に関する基礎的考察」日本地域学会第 51 回年次大会, 2014 年 10 月 03 日~2014 年 10 月 05 日, 麗澤大学(千葉県・柏市).

朝日ちさと・萩原清子「リスク下の意思決定特性を考慮した社会資本整備のリスクプレミアムの便益評価に関する考察」日本地域学会第 51 回年次大会, 2014 年 10 月 03 日~2014 年 10 月 05 日, 麗澤大学.

朝日ちさと・萩原清子「不確実性下の選択を考慮した脆弱性改善の便益評価に関する考察」日本地域学会第 50 回年次大会, 2013 年 10 月 12 日~2013 年 10 月 14 日, 徳島大学(徳島県・徳島市).

ASAHI, Chisato, "Benefit of Vulnerability Improvement for Municipal Water System", Water Research Workshop, Graduate School of Business Administration, Kobe University, 2014/9/16-9/16, Kobe University (兵庫県・神戸市).

朝日ちさと「子育て支援住宅政策の経済的評価に関する考察」日本計画行政学会年次大会, 2012 年 09 月 08 日, 岡山大学(岡山県・岡山市).

朝日ちさと・萩原清子「不確実性下の選択に基づく社会資本整備の厚生評価に関する考察」日本地域学会第 49 回年次大会, 2012 年 10 月 08 日~2012 年 10 月 10 日, 立正大学(東京都・品川区).

〔図書〕(計 3 件)

Hagihara, Kiyoko, Asahi, Chisato (Eds.) "Coping with Regional Vulnerability-Preventing and Mitigating Damages from Environmental Disasters-", 362 ページ (3-19, 65-83, 133-196, 243-269), 2015, Springer Japan.

萩原清子・朝日ちさと・堀江典子・木村富美子・坂本麻衣子「環境の意思決定支援の基礎理論」296 ページ (63-92, 193-212), 勁草書房, 2013.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

朝日 ちさと (ASAHI CHISATO)

首都大学東京・社会科学部研究科・准教授

研究者番号: 90457812