

# 水害による被災家計の精神的被害の経済評価\*

## ECONOMIC VALUATION OF MENTAL DAMAGE IN A FLOOD DISASTER\*

松島格也\*\*・湧川勝己\*\*\*・大西正光\*\*\*\*・伊藤弘之\*\*\*\*\*・小林潔司\*6

by Kakuya MATSUSHIMA\*\*, Katsumi WAKIGAWA\*\*\*, Masamitsu ONISHI\*\*\*\*,  
Hiroyuki ITOH\*\*\*\*\* and Kiyoshi KOBAYASHI\*6

### 1. はじめに

水害によって被災した家計は、家屋や家財といった物的な資産の損失にとどまらず、生命の危険に対する恐怖感、大切なものを失った喪失感、水害後の後片づけによる疲労感等、精神的にも大きな苦痛を受ける。中には、精神的なショックのために、日常生活への復帰が困難になるようなケースも珍しくはない。このように、災害の可能性を軽減する防災投資による効果は、単に物的資産の被害を軽減するだけにとどまらず、精神的な苦痛を回避する効果も存在する。1999年に作成された現在提案されている治水関連事業の経済便益評価マニュアルである「治水経済調査マニュアル(案)1)」では、治水事業が被災家計が受ける精神的な苦痛といった被害を軽減する効果を有することに言及している。しかし、まだその経済的評価の方法論については、議論が進展していない。

家計は水害による精神的被害の発生を事前に制御することができず、いったん水害が生じれば、その被害を受け入れざるを得ない。さらに、家計が一度精神的被害を被れば、それにより被る苦痛を容易に解消できない。さらに、精神的被害によって生じた厚生低下を事後的に補償するような保険市場も存在していない。すなわち、家計は精神的被害リスクを制御するために利用可能なリスク・コントロール、及びリスク・ファイナンスの手段が極めて限られているのが実情である。水害の発生により、地域住民は同時に精神的被害を被ることになる。すなわち、精神的被害の発生は、「負の地方公共財<sup>2)</sup>の消費」と考えることができるが、各家計が被る精神的被害は、家

計属性によって多様に異なる。治水事業を実施することにより、家計の精神的被害(負の公共財)の発生する確率やその程度を軽減する便益が発生する。

防災投資の経済効果は、期待被害額の減少効果を用いて計測されてきた。期待被害額による防災投資の便益計測は、資産被害がリスクフェアな災害保険によりフルカバーされている状況を仮想的に想定していることに他ならない<sup>3)</sup>。しかし、精神的被害をヘッジする保険市場が存在せず、潜在的被災家計が精神的被害に対する選好が市場で顕示されない。そのため、防災投資による精神的被害の軽減効果を計測するためには、仮想的市場を想定するとともに、CVM(Contingent Valuation Method)<sup>4)-7)</sup>を用いて、家計の支払い意思額を計測しなければならない。しかし、水害による精神的被害の発生構造は、家計属性によって多様に異なる。また、精神的被害の内容も多様である。そこで、本研究では、共分散構造モデルを用いて、被災家計が被る精神的被害の構造を明らかにした上で、CVMを用いて、治水整備事業による精神的被害を軽減便益を計測する方法論を提案する。

以上の問題意識に基づき、本研究では、治水事業の精神的被害の軽減便益を測定するCVM手法を提案する。以下、2.では、本研究の基本的な考え方を示す。3.では、2004年の台風23号による豊岡水害における被災家計の精神的被害の実態調査概要を示す。4.では、共分散構造モデルを用いて、精神的被害の構造を明らかにする。5.では、共分散構造モデルを用いて、豊岡水害における精神的被害を計測した結果を示す。6.では、本研究をとりまとめるとともに、今後の課題を指摘する。

### 2. 本研究の基本的な考え方

#### (1) 既存の研究概要

治水事業の経済効果に関する研究<sup>3)</sup>は、土木計画学の実験分野においても、多くの研究が蓄積されている。中でも、防災投資による資産価値の増大効果<sup>8)-10)</sup>や、物的資産被害のリスクの軽減便益<sup>11)</sup>といった物的資産が被る被害に関する研究が進展している。物的資産に関しては保

\*キーワード：防災計画，計画基礎論

\*\*正会員 京都大学大学院工学研究科都市社会学専攻准教授  
(〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 TEL/FAX 075-383-3223/3224)

\*\*\*正会員 財団法人 国土技術研究センター  
(〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-12-1 ニッセイ虎ノ門ビル7階 TEL・FAX 03-4519-5001)

\*\*\*\*正会員 京都大学大学院工学研究科都市社会学専攻 助教  
(〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 TEL・FAX 075-383-3224)

\*\*\*\*\*正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所  
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

\*6フェロー会員 京都大学経営管理大学院 教授  
(〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL・FAX 075-383-3222)

険市場によりリスクヘッジが可能であり、防災投資の経済効果を市場で観測可能な情報を用いて計測することができる。しかし、精神的被害のリスクは保険市場でヘッジできない。そのため、防災投資による精神的被害の軽減便益に関しては、保険市場の存在を想定した計測手法を用いることができない。水害によって家計が被る精神的被害の重要性は、いくつかの既往文献で報告されている。たとえば、Green *et al.*<sup>12)</sup>やTunstall *et al.*<sup>13)</sup>によれば、アメリカ合衆国における代表的な水害において、一般家計が被った物的被害よりも精神的被害のような無形の被害の方が深刻であることを指摘している。国土交通省も、水害軽減の防災投資には、精神的被害を軽減する効果があることを指摘している。しかし、これまで精神的被害の計測事例に関しては、ほとんど研究が進展していない。その中で、水害による精神的被害の計測方法に関しては、栗城等<sup>14)</sup>、高木等<sup>15)</sup>の先駆的研究事例がある。そこでは、FSM (Fuzzy Structural Method)<sup>16)</sup>法を用いて、洪水による家計の精神的被害の構造モデルを作成するとともに、構造モデルを用いて項目間の重複に配慮しながら、精神的影響の調査項目それぞれに対して尋ねたWTPを積み上げることにより精神的被害額を計上している。このような積み上げアプローチでは、調査項目を増加させれば、支払い意思額が増加する可能性を否めず、精神的被害額が過大に評価される可能性がある。

精神的被害の発生構造は、極めて複雑な因果関係によって構成されている。本研究では、このような精神的被害の発生構造を共分散構造モデル<sup>17)</sup>を用いて分析するとともに、構成概念を用いて支払い意思額を推計するという方法論を採用する。共分散構造モデルは、社会・人文・行動科学の研究領域でしばしば用いられる手法であり、直接観察できないような特性である「構成概念(潜在変数とも呼ばれる)」を定量的に扱うことができる。被災家計がさまざまな状況で直面する不快感は、いくつかの潜在的な要因によって生み出されると考えられる。被災家計は水害により、怪我、生命の危機といった恐怖感や自宅が浸水する心配等、さまざまな精神的影響を被る。これらの精神的影響は、観察可能な家計属性被災の程度等、様々な要因の影響を受ける。家計は、水害によって被った精神的影響に対して、不快感を持つこととなる。被災家計が精神的影響に対して、不快感を形成したときに、家計は精神的被害を被ると考えよう。本研究で提案するCVMでは、被災家計の心の内部で発生する観測されない精神的影響を構成概念として定量的に示すとともに、水害により被災家計が被った不快感を精神的被害として計測する方法論を提案する。なお、共分散構造モデルに関しては、土木計画学の分野でも、交通行動分析の分野をはじめとして、膨大な研究の蓄積がある。したがって、本研究で用いる共分散構造モデルに関して

表-1 ストレスの分類

1) 物理的・生物的・化学的ストレス 騒音、振動、温度、湿度、天候、花粉、悪臭など
2) 社会的ストレス 社会的な役割(男・女らしさ、管理職、親など) 人間関係、社会秩序の乱れなど
3) 心理的ストレス 不安、恐れ、怒り、焦り、憎しみ、劣等感など
4) 身体的ストレス 生理的欲求、発熱、疲労感、痛みなど

は新規性はないが、筆者等の知る限り、共分散構造モデルにおける構成概念を用いて支払い意思額を推計した研究事例は見あたらない。

## (2) 精神的被害評価のアプローチ

被災家計は、ライフライン供給の停止、復旧作業のための過剰労働等、平常時とは全く異なる環境下での生活を余儀なくされる。人間は、日常の安定的な生活によって、無意識のうちに安心感を得ているが、被災時には日常と異なる環境への適応を強要される。このことから、被災家計はさまざまな不快感を感じる。本研究では、精神的被害を、災害に伴う生活環境の変化に伴って発生する不快感の総体として定義する。これまでにも、家計が災害後に感じる不安、疲労、ストレスといった精神的な不快感に関して、精神病理学、心理学等の分野を中心として多くの研究が蓄積されてきた。心理学の分野では、ストレスの概念を用いて、精神的な不快感を説明した研究事例が存在する。そこでは、ストレスを「有害な刺激形態(心理的脅威を含む)に対する身体的防衛の総集した形」と定義している<sup>18)</sup>。また、表-1に示すようにストレス(ストレスを与える原因)を分類している。

水害による精神的被害を経済的に評価するためには、被災家計のストレスの形成による厚生水準の低下を計測することが必要となる。家計の厚生水準の大きさは、所得水準と水害に対するストレスの大きさによって決定されると考えよう。換言すれば、厚生水準は、所得水準及びストレスの大きさに対する被災家計の選好を反映している。ここで、精神的被害と、精神的影響を表すストレスを区別することが必要である。ストレスは、水害による被災という外的な要因によって、家計が生理的に防衛手段として形成するものであり、それ自体は被災者の選好を反映したものではない。しかし、被災家計が形成したストレスに対して家計は不快感を認知するようになる。被災家計がストレスに対して不快感を認知したとき、家計の厚生水準が低下することになり、結果的に精神的被害が発生することになる。本研究では、CVMにより精神的被害に関する支払い意思額を計測するが、計測され

た支払い意思額は、所得水準とストレスの大きさに対する家計の選好を反映している。

本研究では精神的被害の発生構造を、以下のように定義する。すなわち、家計は水害の発生に対して、ストレスを自己生産し、精神的被害を自己消費する。いま、被災家計が水害の発生に対してストレスを発生する構造を「ストレス生産関数」と呼ぶ。水害により、そこに居住する家計は同時に被災する。すべての家計が同時に被災するという意味で、水害の発生は負の地方公共財である。水害の発生に対して、家計はストレスを生産する。しかし、被災家計が生産するストレスの大きさは、必ずしも均一ではなく、家計属性や被災の実態がストレスの大きさに多様な影響を及ぼすことになる。被災家計が自己生産するストレスは、直接観測することが不可能である。本研究では、被災家計によるストレスの生産構造を共分散構造モデルによって表現する。後述するように、被災家計が自己生産したストレスは、共分散構造モデルにおける構成概念によって表現されることになる。家計は、自己生産したストレスに対して選好を持ち、その結果が精神的被害として現れる。すなわち、ストレスが大きくなるほど、家計はより多くの不快感を感じることになる。その結果、家計の厚生水準は低下し、精神的被害も大きくなる。なお、ストレス生産関数を、家計が被災という負の要素を投入し、負の財としてのストレスを生産する家計生産関数<sup>20)</sup>と解釈することも可能である。前述のようにストレスは、家計が自己防衛的に生産するものであり、ストレス生産関数は家計の生理的反応を表したものである。仮に、家計が水害によるストレスを軽減するために予防的措置を講じる場合、これらの投入要素もストレス生産関数に生産要素として含めることも可能である。

### (3) 精神的被害の定義

精神的被害の発生構造を図-1に示すような共分散構造モデルで表現しよう。図中の構成概念 $\eta = (\eta^1, \dots, \eta^{n_\eta})$ は、水害により発生したストレスを意味している。ストレスは1つだけでなく、複数の構成概念で表現される場合もある。家計属性や水害の程度により家計が生産するストレスの内容は異なる。共分散構造モデルの中で、モデル $\eta = Cx$ は、家計・水害属性 $x = (x^1, \dots, x^{n_x})$ に基づいて、ストレスの発生内容や程度を表現するストレスの自己生産関数を表している。被災家計が生産したストレスは観測不可能であり、観測可能な精神的被害の調査項目 $y = (y^1, \dots, y^{n_y})$ を通じて、観測方程式 $y = K\eta$ を通じて観測される。

いま、ある家計 $i$ が水害によりストレス $\eta_i$ を生産したと考えよう。災害の有無の状態に関する家計 $i$ の間接効用関数は、平常時の所得水準 $M_i$ とストレス $\eta_i$ に依存すると考え、 $V_i(M_i, \eta_i)$ と定義する。さらに、被災家計が

共分散構造分析 (MIMICモデル)

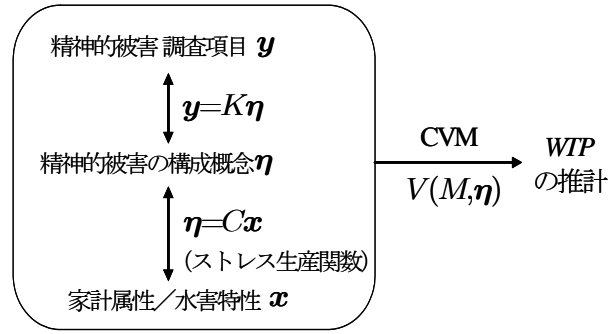


図-1 本研究における精神的被害の概念図

被災した精神的被害のみを計測するために、被災家計は損失した資産を回復するために補償金、保険金が給付されると考えよう。この時、被災後においても従前の所得水準が補償され、精神的被害のみを被災と考えた場合の家計 $i$ の期待効用水準 $EV_i$ を

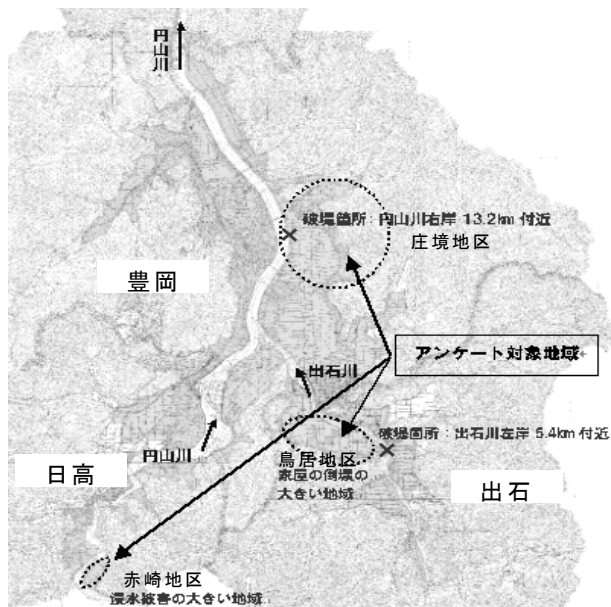
$$EV_i(M_i, \eta_i) = (1 - p_i)V_i(M_i, \mathbf{o}) + p_iV_i(M_i, \eta_i) \quad (1)$$

と定義する。ただし、 $p_i$ は、治水事業を実施しない場合、被災家計 $i$ が再び同規模の水害が発生すると考える主観確率<sup>19)</sup>を表している。つぎに、治水事業により、水害が発生する確率をゼロにすることができると考えよう。この時、水害によりストレス $\eta_i$ を生産した家計の、治水事業の実施に対する支払い意思額は、

$$EV_i(M_i, \eta_i) = V_i(M_i - WTP(M_i, \eta_i), \mathbf{o}) \quad (2)$$

を満足するような $WTP(M_i, \eta_i)$ として定義できる。支払意思額 $WTP$ が精神的ストレス $\eta_i$ の関数となっていることに注意しよう。これは、一度被災して精神的被害を受けた家計の支払意思額であることを示している。一度も被災していない家計は精神的被害 $\eta_i$ を知り得ない。したがって、式(2)で定義される支払意思額は、水害を経験した家計のみに対して定義される。本研究では、以上で定義した支払い意思額を精神的被害と呼ぶこととする。

以上の支払い意思額の定義に関して、留意すべき点が2点ある。第1に、支払い意思額の定義式(2)の両辺に、平常時における所得水準 $M_i$ が用いられている点である。すなわち、水害においても、平常時における所得が維持されていることを前提としている。すなわち、精神的被害は、水害により発生する直接的被害であるが、精神的被害には資産の喪失による効用水準の低下は含まれない。したがって、CVMにより精神的被害を経済評価する場合、アンケート調査の被験者が資産の喪失により減少した所得水準が、給付金や保険金により平常時の水準に回復されるというシナリオを明確に認識しておくことが必要である。第2に、本研究でとりあげる実証分析では、



図中の濃い箇所が浸水地域を表している。また、×印は破堤地点を表す。

図-2 円山川周辺の浸水範囲と調査地域

現実に豊岡水害において被災した家計が生産したストレス $\eta_i$ を用いている点である。過去に水害を経験しない家計が、ストレス $\eta_i$ を正確に認識できるとは限らない。このため、水害に対する精神的被害の計測結果は、被災者の被災の経験や知識に高度に依存することになる。また、同一の被災家計であっても、時間の経過によってストレスの内容や程度は、その内容が増幅されたり、あるいは減少する可能性がある。それに応じて、家計が表明する精神的被害額も時間とともに、変化することになる。

### 3. 円山川流域における被害の実態

#### (1) 実態調査の概要

平成16年10月の台風23号は、円山川の基準地点立野上流において12、24時間雨量としては戦後最大、2日雨量においても戦後3位となる非常に大きな降雨をもたらした。流量としては過去最大であった伊勢湾台風時の洪水流量を越える最大のものとなった。この洪水によって、円山川立野大橋付近及び出石川鳥居橋付近（図-2に×印で破堤地点を示す）において破堤氾濫が生じるとともに、沿川のいたる箇所でも越水氾濫や内水氾濫が生じ、兵庫県但馬地域において死者7名、重傷者23名、軽傷者28名、家屋の損害率が50%以上の全壊家屋333棟、家屋の損害率が40%~50%以上の大規模半壊家屋1,082棟、家屋の損害率が20%~40%以上の半壊家屋2,651棟、一部損壊及び床上浸水837棟という大きな浸水被害が生じた。

豊岡市周辺の浸水範囲を図-2に示している。これらの氾濫地域のうち豊岡市庄境地区、鳥居地区及び赤崎

地区において、破堤氾濫によって大きな被害が生じた。本実態調査は、破堤氾濫が生じた3地区を分析対象として選定し、アンケート調査、ヒアリング調査を通じて豊岡水害による被害状況と復旧過程に関する情報を収集することを目的としている。実態調査は、京都大学大学院小林研究室が主体となり、水害が発生した約5ヵ月後の平成17年3月16日（確定申告終了後）から10日間にわたって実施した。本実態調査では、家計の資産状況、復旧資金と調達可能性という極めて個人的な情報を収集することを目的としている。アンケート調査を効果的に実施するためには、実施主体と被災家計との信頼関係を築く必要がある。このため、3地区のそれぞれの自治会との協働作業を通じてアンケート調査票を作成した。アンケート調査票の配布にあたっては、地元自治会の全面的な協力を頂いている。その結果、対象地域のうち、豊岡市梶原地区・上庄境地区、日高町赤崎地区では、非被災家計を含めて全家計に対して実態調査を実施した。一方、出石町、豊岡市中庄境地区・本庄境地区では、水害により被害を被った家計のみを対象に調査を実施した。879家計に対してアンケート調査票を配布し、訪問回収を実施した。対象地域では、高齢化が進展しており、アンケート調査票に対して直接回答が困難な家計に対しては、聞き取り調査を実施している。有効回答サンプル数は650（回収率約74%）である。アンケート調査では、台風23号による浸水被害以前の浸水経験の有無、台風23号による浸水で受けた家屋等の資産被害の内容、水害5ヶ月後の復旧状況、浸水被害による身体的な影響、台風23号による浸水被害以前の資産保有状況と損害保険への加入の有無、復旧資金と調達先等、広範囲の被災項目にわたり情報を収集している。なお、対象地域では、現地での復旧を断念し、すでに別の地域に移住した家計が存在する。本調査では、該当家計の意向もあり、移住した家計に関する追跡調査は実施していない。

#### (2) 精神的被害の実態

被災家計の精神的被害の構造を明らかにするために、表-2に示すような、精神的被害に関する具体化した質問項目に対して、「全然感じなかった」、「あまり感じなかった」、「少し感じた」、「強く感じた」、「非常に強く感じた」の5段階尺度による回答選択肢を設けた。なお、家計構成員が複数の場合には、回答者が家族を代表して一番重かった人の感じ方を回答してもらうようにした。

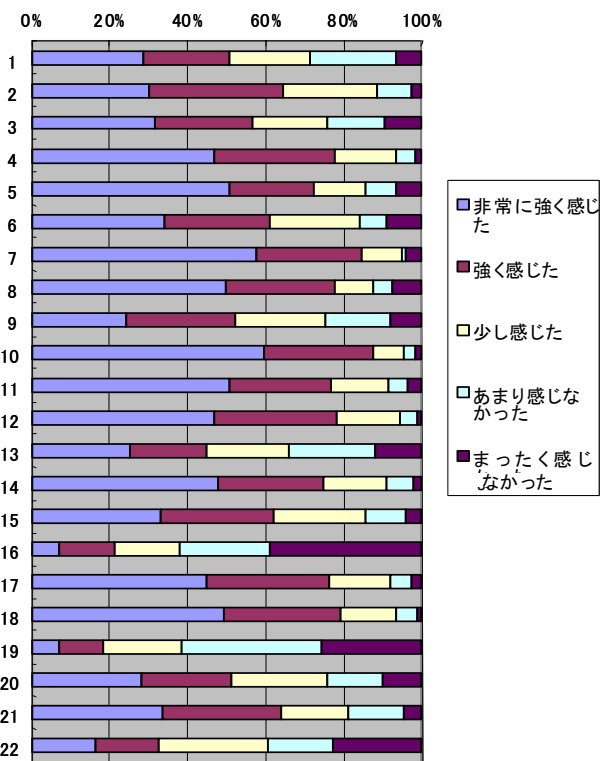
図-3は、各設問項目の回答の100%積み上げグラフを示している。図-3を見ると、「清掃や片づけによる疲労感（設問10）」を特に強く感じていることがわかる。その他、強く感じたと回答した被災者が多かった項目として、「家屋・家財・自動車・バイク等の資産を失ったことによる苦痛（設問7）」、「雨量の状況の状況、河川の増水

表-2 水害による精神的被害項目

1	洪水による生命の危機や負傷に対する恐怖感
2	家族や知人の安否に関する心配
3	水防活動や浸水する前における家財の移動による疲労感
4	雨量の状況、河川の増水や避難に関する情報の不足による不安
5	自宅が浸水するかどうかの不安
6	避難所生活の疲れ・ストレス
7	家屋・家財・自動車・バイク等の資産を失ったことによる苦痛
8	日ごろ、特に大切にしていたもの（思い出の品や貴重品）を失ったことによるショック
9	レジャー等の余暇活動や地域活動、平時の家事活動ができないことによる不満
10	清掃や片付けによる疲労感
11	余計な出費（代替用品等）による家計の苦しさ
12	ゴミ等による周辺の環境の不快感
13	道路や鉄道、バス等の公共交通機関が使用できないことによる不自由
14	ライフライン（電力・ガス・水道）の停止による不自由
15	食料品や日常生活用品の不足による不自由
16	子どもの勉強が遅れる心配
17	いつになったら普通の生活に戻れるかといった不安
18	再び水害が起こるのではないかとといった不安
19	今までのような近所づきあいができなくなったことへの不満（心苦しい等）
20	水害前のような生活に戻れない不満や不安
21	水への恐怖を感じるようになった
22	引越を考えるようになった

や避難に関する情報の不足による不安（設問4）」、「余計な出費（代替用品等）による家計の苦しさ（設問11）」、「ゴミ等による周辺の環境の不快感（設問12）」、「再び水害が起こるのではないかとといった不安（設問18）」が挙げられる。また、家計属性と精神的被害の関係についても分析を行った。自宅の浸水被害と精神的被害の関係を見ると、概ね浸水被害が深刻なほど、精神的被害が大きいことが観察できた。家計年収と精神的被害の関係を見ると、「余計な出費（代替用品等）による家計の苦しさ（設問11）」、「食料品や日常生活用品の不足による不自由（設問15）」、「道路や鉄道、バス等の公共交通機関が使用できないことによる不自由（設問13）」、「水害前のような生活に戻れない不満や不安（設問20）」について、家計年収が増加するほど、精神的被害が減少する傾向が確認できた。これらの精神的被害に共通する特徴は、金銭的にカバーが可能なものに起因することである。したがって、精神的被害のうち、家計年収の大小が影響を及ぼすものが存在する。このように、家計が精神的被害として認識するものの中には、金銭的被害と重複する部分が少なからず見出せる。したがって、CVMによる支払い意思額の計測にあたっては、金銭的被害と精神的被害の2重計算に関して配慮することが必要である。

家計人数と精神的被害の関係を見ると、「今までのよ



注) 数字は表-2で示す精神的被害項目に対応する。

図-3 各設問に対する100%積み上げグラフ

うな近所づきあいができなくなったことへの不満（設問19）」において、一人暮らし家計の精神的被害が複数人家計と比較して大きくなっていることが観察できた。その他の項目については、必ずしも明確な関係を確認することができなかった。以上のように、精神的被害は家計が受けた被害や家計の構成、家計の経済的要因といった家計属性と密接な関連していることが確認できる。

#### 4. モデルの推計結果

##### (1) モデルの推計

本研究では、豊岡水害による被災家計の精神的被害の構造を、共分散構造モデルの1つであるMIMICモデル(Multiple Indicator Multiple Cause Model)<sup>17)</sup>を用いて定式化する。MIMICモデルでは、図-1に示すように、複数の観測変数によって構成概念(潜在変数)が規定され、その構成概念が複数の観測変数の原因となっていると考える。構成概念は実際には観測されないが、観測変数間に相関をもたらす潜在的な共通原因を表している。このように、構成概念の存在を仮定することにより、各被災家計が被った精神的被害の構造を明示的に表現することが可能になる。

豊岡水害に関する実態調査の結果、回収した650サンプルが全ての設問に回答しているわけではない。さらに、MIMICモデルの推計結果を用いてCVM分析を行うこ

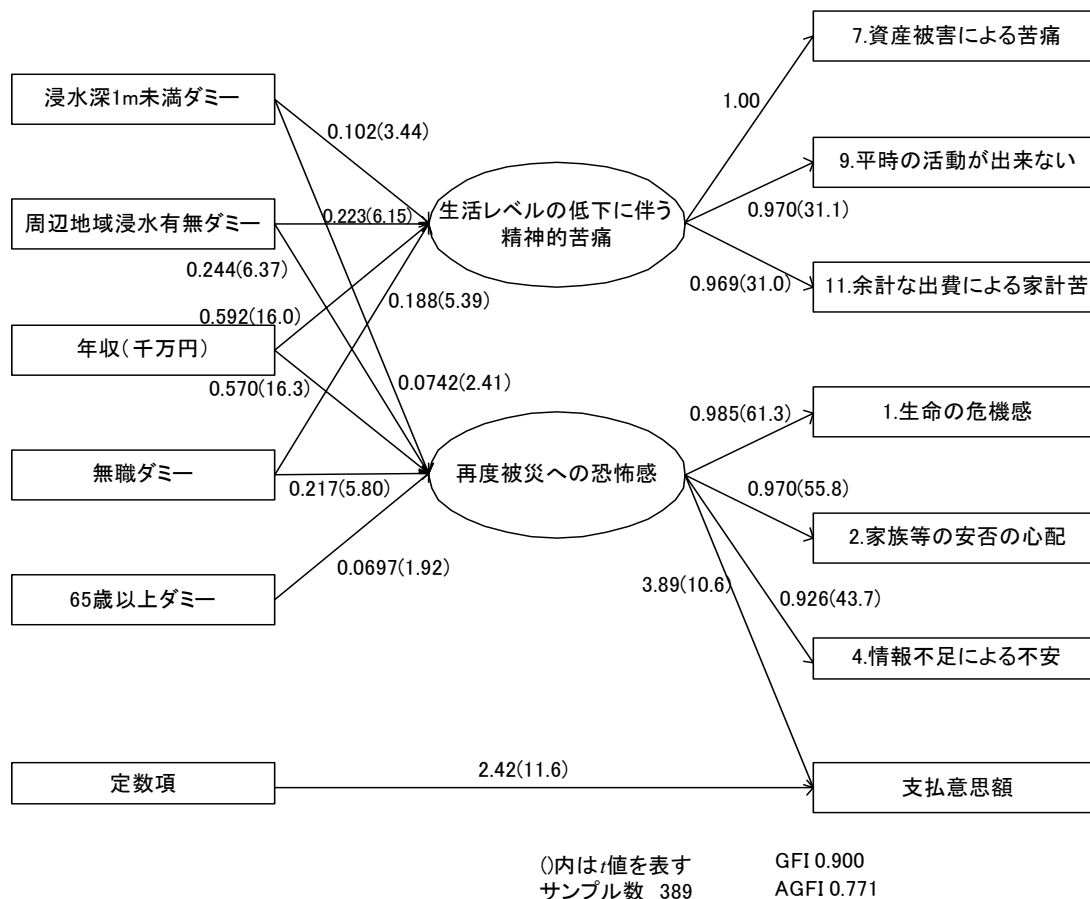


図-4 精神的被害の構造モデル

とから、サンプルとして採用したものは、1) CVMに関する設問に回答しているもの、2) 年齢・職業・住居形態・家計人数・年収に関する設問のすべてに回答しているものとした。この結果、MIMICモデル、およびCVMモデルの推計の双方に、同時に利用可能な総サンプル数は389個である。推計においては、アンケート調査において被災したと回答したサンプルのみを用いている。

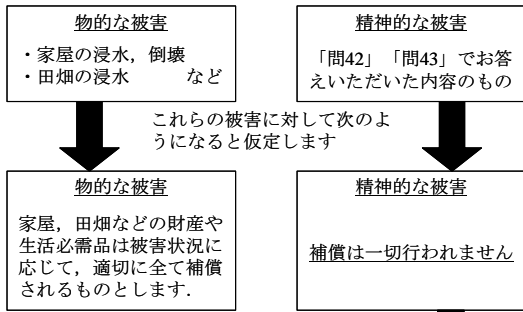
精神的被害の発生構造として、網羅的にMIMICモデルを構成した。MIMICモデルの作成に先立って、事前に精神的被害項目に関する因子分析を実施することにより、精神的被害項目が生活レベルの低下に伴う精神的苦痛、再度の被災への恐怖・危機感という2つの因子に集約されることを確認した。その上で、MIMICモデル案を代替的に作成するとともに、個別のパスに関する符号条件やt-値、また修正適合度指標AGFI(Adjusted Goodness of Fit Index)を考慮して、もっとも推計精度が高くなるような変数とモデル構造を最終的に選択した。その結果、図-4に示すようなMIMICモデルが、最終的に選択された。その結果、水害が家計にもたらすストレスを表す構成概念として、1)「生活レベルの低下に伴う精神的苦痛」2)「再度の被災への恐怖・危機感」の2つが抽出された。同図中には、各パラメータ値および対応するt値が記載されている。これより、すべての変

数に対してt値は2.0以上であり、有意水準95%で説明変数の説明力を保証できる。また、MIMICモデル全体の推計精度を表すGFI(Goodness of fit index)の値は0.900である。また、AGFIは0.771である。本研究では合計11個の変数を用いており、良好な推計精度であると判断できる<sup>17)</sup>。図中に記載されているように、全てのパラメータの値が正となっている。MIMICモデルでとりあげた家族属性、被災状況を表す変数は、高齢者(65歳以上)を表すダミー変数を除いて、いずれも2つの構成変数に有意な影響を及ぼすことが理解できる。しかも、所得の高い家計ほど、構成変数の値が大きいことは特記すべきであろう。所得の大きい家計は、水害により喪失した資産も大きく、これらの被災家計が認知した精神的被害も大きいことが推察できる。以上のMIMICモデルにより、被災家計は「生活レベルの低下による精神的苦痛(構成変数1と呼ぶ)」、「再度の被災への恐怖・危機感(構成変数2と呼ぶ)」という2種類のストレスを生産することが理解できる。このうち、前者は資産喪失に伴う金銭的被害を厚生水準の低下として評価したものである。「生活レベルの低下による精神的苦痛」というストレスを抑止するための支払い意思額の中には、水害により喪失した資産額も含まれ、資産被害額の2重計算となる可能性がある。2.(3)では、精神的被害を「物



以下の質問は精神的な被害や症状に関する**仮想的な質問**です。仮に、台風23号と同じような水害が再び起こり、「問42」、「問43」でお答えいただいた精神的な被害や症状を経験すると想定してお答え下さい。

台風23号と同じような水害が再び起こると想定すると、以下の2つの被害が発生すると考えられます。



水害による被害のうち、物的な被害が保険などによりすべて補償されたとしたら、不安は一扫されますか。それでも、『怖い思いをしたくない』などの精神的な不安が残ると思いますか。

水害による『怖い思いをしたくない』『嫌な思いをしたくない』などの精神的な被害から解放されるような安心感がお金で買えるとしたら、あなたは年間( )円支払っても良いと思われますか。

方式  
ダブル  
バウン  
ド

注)「問42」「問43」は表-2に示す精神的被害の強さについて質問した設問番号である。

図-5 CVM調査票

的資産の喪失に伴う金銭的被害を補償したとしても、なお残存する水害に対する危機感・恐怖感による精神的な不快感」として定義している。したがって、CVMを用いて精神的被害を評価する際には、「再度の被災への恐怖・危機感」というストレスのみに起因して生じる精神的被害を分離計測することが望ましい。

## (2) 支払い意思額の推計

図-5に示すようなアンケートシートを作成し、二段階二項選択法(double-bounded dichotomous choice)により、被災家計の精神的被害を軽減するためのWTP(willingness to pay; 支払い意思額)を尋ねた。本調査で尋ねたWTPは、精神的被害を軽減することによる補償オプション価値を示している。防災投資を行わない場合に被る精神的な被害のシナリオを明確に定義するために、台風23号で受けた精神的な被害を再度経験することを前提とした。また、アンケート調査では、精神的被害に限定して支払い意思額を求めるために、水害により喪失した資産は、すべて給付金、保険金等により補償されることを前提としている。

被災家計の精神被害額を表すWTPを、ランダム支払い意思額モデルを用いて推計しよう。その際、アンケート調査において、被災家計が「水害により被った金銭的

被害がすべて補償される」というシナリオ(以下、金銭的補償仮定と呼ぶ)を正確に理解しているかどうかの問題となる。CVM調査により、水害の再来に対する恐怖・危機感に基づいた精神被害のみを分離計測したかどうかを検討するために、仮想的な支払い意思額モデル(モデル1)を

$$WTP_i = b_0 + b_1\eta_i^1 + b_2\eta_i^2 + \varepsilon_i \quad (3)$$

と定式化した。ここに、 $b_0, b_1, b_2$ は未知パラメータ、 $\varepsilon_i$ は、平均0、分散 $\sigma^2$ のロジスティック分布に従う確率変数である。また、 $\eta_i^1, \eta_i^2$ は、それぞれMIMICモデルを用いて評価した被災家計*i*の構成変数1、2の推計値である。モデル1のパラメータを最尤推定法によって推計した結果を $\hat{b}_0, \hat{b}_1, \hat{b}_2$ と表そう。なお、ダブルバウンド法による支払意思額関数(3)の推計方法については、参考文献<sup>21)</sup>を参照されたい。もし、被災家計が金銭的補償仮定を十分に認識していたとき、被災家計の精神的被害は、構成変数2のみを用いて評価できるはずである。そこで、被災家計が金銭的補償仮定を十分に認識していたかどうかを仮説検定するために、以下のような帰無仮説 $H_0$ と対立仮説 $H_1$ を設けることとする。

$$\begin{cases} H_0 & \hat{b}_1 = 0 \\ H_1 & \hat{b}_1 \neq 0 \end{cases} \quad (4)$$

なお、本研究で実施している検定手法においては式(3)中の $\eta_i^1, \eta_i^2$ に推計誤差が含まれるため、理論的に厳密な手法とは言えない。理論的厳密性を期すためには、精神的被害構造の推計と支払意思額の推計を同時推計するか、もしくはtwo-step M-estimator<sup>22)</sup>を用いて仮説検定を行う必要がある。本研究で推計した構成変数 $\eta_i^1, \eta_i^2$ の分散は0.0605, 0.0591であり、本研究で採用した簡便な方法でも、深刻な異質分散バイアスは発生しないと判断した。しかし、共分散は0.0128であり、その値は大きくはないものの、構成変数の誤差相関による推計バイアスの問題が存在しないとは言えない。また、支払い意思額モデルの誤差項と構成変数の誤差項の相関が存在する可能性もあろう。さらに、事例によっては、異質性分散、誤差相関が存在する場合もあり、本研究で採用した簡便な方法を用いたときに著しい推計バイアスが発生する可能性がある。このような説明変数の誤差分布の問題を回避するためには、MIMICモデルと支払い意思額モデルの同時推計の方法論を開発することが必要となる。

被災家計が金銭的補償仮定を認識していたとき、支払い意思額モデル(3)において $b_1 = 0$ が成立しなければならない。モデル1の最尤推定法により推定した結果を表-3に示している。パラメータ $b_1$ の最尤推計値は-0.636となり十分小さい値となっている。また、*t*-値は-0.886であり、帰無仮説 $H_0$ を有意水準1%で棄却でき

表-3 推定結果

モデル1		
説明変数	パラメータ値	t値
定数項 $b_0$	2.44	11.9
生活レベルの低下 $b_1$	-0.636	-0.886
再被災への不安感 $b_2$	5.02	7.11
モデル2		
定数項 $\beta_0$	2.42	11.6
再被災への不安感 $\beta_2$	3.89	10.6
サンプル数	389	
対数尤度	-681.0	
尤度比	0.315	
平均値	44,679 円	
中央値	44,398 円	

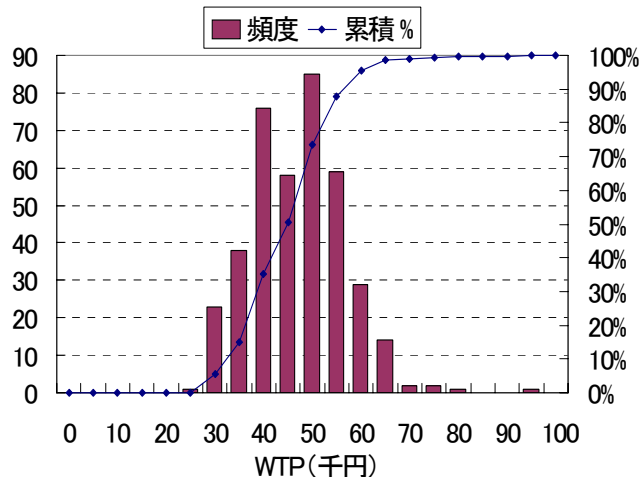


図-6 WTPの分布状況

ない。すなわち、被災家計は金銭的保証仮定を十分に認識しているという帰無仮説を棄却できない。

そこで、改めて生活レベルの低下に伴う精神的苦痛 $\eta_i^1$ を除いたランダム線形支払い意思額モデル（モデル2）

$$\overline{WTP}_i = \beta_0 + \beta_2 \eta_i^2 + \varepsilon_i \quad (5)$$

を考えよう。モデル2の推計結果を表-3に併記している。推計結果は、パラメータの符号条件を満足している。なお、本推計結果を、先に示した精神的被害の構造を示す図-4にも併記している。また、同表には、モデル2を用いて推計した支払い意思額の平均値および中央値を推計した結果も示している。

以上のことより、水害による精神的な影響として、所得の低下による生活レベルの低下と、水害の再来に対する恐怖という2種類のストレスが発生する。しかし、CVM調査において、所得の低下という金銭的被害が給付金、保険金等により完全に補償されるというシナリオを想定しているため、以上のモデルで推計した支払い意思額は、主として水害の再来に対する恐怖というストレスでもたらされる精神的被害を表現していることが理解できる。さらに、図-4をみれば、精神的被害の構造のなかの個人属性（同図中の左側の項目）が支払い意思額に及ぼす影響についても考察することができる。すべての説明変数が潜在変数「再度の被災への恐怖・危機感」に影響を及ぼし、さらにこの構成変数が支払い意思額に影響を及ぼしている。しかも、これらのパラメータが正の値をとっており、符号条件を満足している。この結果より、浸水深が低い家計、周辺地域が浸水すると予想した家計、年収が高い家計、無職者、高齢者ほど、精神的被害を軽減するために必要な措置に対する支払意思額が大きいことがわかる。最後に、図-6には、各被災家計の支払い意思額（精神的被害額）の推計値の分布状態を示している。支払い意思額は、1年当たり約2万円から7万円の範囲で分布している。以上の1年当たりの支払い意思額の平均値を求めると44,679円となる。また、支払い意思額の中央値は44,398円である。以上の支払い

意思額は、資産被害とは独立して発生する精神的被害額を表している。これより、豊岡水害で被災家計が被った精神的被害は、決して少ない金額ではなかったことが理解できる。

### (3) 若干の留意事項と今後の課題

本研究では、精神的被害を、水害直後（半年）の時点において、将来再来するかも知れない同様の水害において、再び精神的被害を被らないことに対する被災家計の支払い意思額として定義している。水害後の時点において精神的被害を計測しているものの、支払い意思額としては将来時点における水害の発生を抑止に対する補償オプション価格として定義している。しかし、精神的被害額の測定方法として、たとえば「水害で被った精神的被害が解消されるとすれば、いくら支払う意思額あるか」という設問を通じて、事後の時点で定義される等価変分として精神的被害を直接計測する方法も考えられる。しかし、被災者に直近の水害被害に対する補償額を直接尋ねる方法を採用した場合、「より多くの補償額を求めよう」とする戦略的バイアスが発生することにより、支払い意思額が過大に推計される可能性を否定できない。このため、本研究では、精神的被害額を被災時点で将来の水害による精神的被害を抑止するためのオプション価格として定義するという間接的な方法を採用していることを断っておく。当然のことながら、オプション価格として測定された精神被害額が、水害後（事後）の時点で計測される消費者余剰、あるいは等価（補償）変分と一致する保証はない。また、オプション価格は、被災後の時点で形成されたストレスに対して定義されたものである。被災時点から、時間が経過するに従って、ある特定のストレスが増幅されたり、あるいは、忘却効果により被災家計が生産するストレスが次第に低減する可能性も大きい。したがって、オプション価格として測定される精神



的被害額が、時間を通じて安定性を有するとは考えにくい。このため、被災家計に対して、異時点における精神的被害を追跡的に分析することにより、精神的被害額の時間的安定性に関して分析することが必要である。また、水害直後の時点では、被災者は、水害により被った被害の実態や精神的影響に関して、記憶も鮮明である。当然のことながら、このような被災者を対象として、精神的被害額を計測すると、平常時の家計に対して精神的被害額を計測した結果より、被害額は大きくなることが予想される。治水事業の費用便益分析において用いる精神的被害額として、平常時の家計、あるいは被災家計のいずれを対象として計測した精神的被害額を用いるべきかに関しては議論の余地があろう。しかし、平常時の家計は、水害により発生するストレスに関する明確な知識を持ちえない。このような家計を対象として計測した精神的被害額は、信頼性の観点で問題がないとは言えない。現実の被災家計に対して計測した精神被害は、それが実体験に基づいて計測されたものであり、今後精神的被害額を検討する1つの重要な知見を提供しうるものと考えられる。

なお、本研究において定量化した精神的被害は、治水事業の被害軽減便益として考慮されてこなかった被害項目である。従来、治水事業の経済便益としては、資産喪失に関わる被害の軽減便益が計上されてきた。しかし、豊岡水害を対象した実証分析より、被災家計は無視できない精神的被害を被っていることが明らかになった。精神的被害額に関する知見を蓄積するためにも、今後分析結果を蓄積することが必要である。その際、精神的被害額の計測と、資産喪失による精神的苦痛額との2重計算を回避することが必要となる。このような2重計算を避けるためには、本研究で提案したようなMIMICモデルを用いた精神的被害の計測方法の高度化が不可欠である。そのためには、MIMICモデルと支払い意思額モデルを同時推計する方法論の開発が必要である。

## 5. おわりに

本研究では、水害による被災家計が被る精神的被害を共分散構造モデルとCVMを用いて計測する方法論を提案した。その際、家計が水害により被災し、精神的なストレスを形成するメカニズム（ストレス生産関数）を、共分散構造モデルで表現できることを示した。さらに、被災家計が自らが形成したストレスにより不快感を形成し、厚生水準が低下することにより精神的被害が発生すると位置づけた。その上で、共分散構造モデルにより推計される構成概念を用いた支払い意思額モデルを定式化し、CVM調査を通じて精神的被害を推計する方法を提案した。さらに、以上の方法論の有効性を豊岡地区で発生した水害を対象として実証的に検証している。

今後、本研究で提案した方法論を発展させるためには、以下のような研究課題が残されている。治水事業による精神的被害の低減効果を、治水事業の費用便益分析の実務に反映させていくためには、4.(3)で言及したような計測方法の高度化が必要である。すなわち、精神的被害の集計化、推進的被害の時間的変化に関する基礎的な知見の蓄積が不可欠である。本研究グループでは、本研究で用いた水害実態調査以降においても、被災者の回復過程に関する追跡調査を実施している。このような同一被災者の復旧・回復過程に関するパネル調査結果を用いて、精神的被害額の計測結果の時間的安定性等に関する分析を蓄積していくことが必要である。

最後に、アンケート調査の実施にあたっては、豊岡市（および旧日高町、出石町）、および地元自治会の全面的なご協力をいただいた。また、京都大学の都市社会計画学講座計画マネジメント論分野の学生諸君の協力を得た。ここに感謝の意を表す次第である。

## 参考文献

- 1) 国土交通省河川局：治水経済調査マニュアル（案），2000.
- 2) 井堀利宏：リスク管理と公共財供給，清文社，2004.
- 3) 例えば，多々納裕一，高木朗義編著：防災の経済分析，勁草書房，2005.
- 4) Hausman, J.A.: *Contingent Valuation: A Critical Assessment*, North-Holland, 1993.
- 5) Johansson, P.-O.: *The Economic Theory and Measurement of Environmental Benefits*, Cambridge University Press, 1987.
- 6) 竹谷修一，糸井川栄一，岩見達也，栗山浩一，合田恵宣，藤川学，塩谷貴教：CVMを用いた防災投資効果計測の試行，地域安全学会論文集，No.2, pp.145-152, 2000.
- 7) 鷺田豊明：環境政策と一般均衡，勁草書房，2004.
- 8) 高木朗義，上田孝行，森杉壽芳，西川幸雄，佐藤尚：立地均衡モデルを用いた治水投資の便益評価手法に関する研究，土木計画学研究・論文集，No. 13, pp.339-348, 1996.
- 9) 上田孝行：防災投資の便益評価—不確実性と不均衡の概念を念頭において，土木計画学研究・論文集，No. 14, pp.17-34, 1997.
- 10) 肥田野登：環境と社会資本の経済評価，ヘドニック・アプローチの理論と実際，勁草書房，1997.
- 11) 横松宗太，小林潔司：防災投資による物的被害リスクの軽減便益，土木学会論文集，No. 660/IV-49, pp.111-123, 2000.
- 12) Green C.H. and Penning-Rowsell E.C: Evaluating the intangible benefits and costs of a flood

- alleviation proposal, *Journal of the Institute of Water Engineers and Scientists*, 1986.
- 13) Tunstall S., Bossman-Aggrey P., Waltham and Thornwood: Essex: An Assessment of the Effects of the Flood of 29th July, 1987 and the Benefits of Flood Alleviation, Flood Hazard Research Centre, 1988.
  - 14) 栗城稔, 今村能之, 小林裕明: 水害の精神的影響の経済的評価, 自然災害科学, Vol.15-3, pp.231-240, 1997.
  - 15) 高木朗義, 大國哲, 阪井宣行: 洪水による精神的被害の構造分析とその金銭的評価に関する実証的研究, 河川技術に関する論文集, Vol. 6, pp.225-230, 2000.
  - 16) 田崎栄一郎: あいまい理論による社会システムの構造化, 数理科学, No. 191, pp.54-66, 1979.
  - 17) 例えば, 豊田秀樹: 共分散構造分析 [入門編], 朝倉書店, 1998.
  - 18) Lazarus, R. S., Folkman, S: *Stress, Appraisal, and Coping*, Springer, New York, 1984.
  - 19) Auscombe, F.J. and Aumann, R.J: A definition of subjective probability, *Annals of Mathematical Statistics*, Vol. 43, No. 1, pp. pp.199-205, 1963.
  - 20) Rosen, S.: Hedonic prices and implicit markets: Product differentiation in pure competition, *Journal of Political Economy*, Vol.82, pp. 34-55, 1974.
  - 21) 例えば, 栗山浩一: 環境の価値と評価手法, 北海道大学図書刊行会, 1998.
  - 22) Wooldridge, J.: *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*, The MIT press, 2002.

---

水害による被災家計の精神的被害の経済評価\*

松島格也\*\*, 湧川勝己\*\*\*, 大西正光\*\*\*\*, 伊藤弘之\*\*\*\*\*, 小林潔司\*<sup>6</sup>

本研究では, 水害による被災家計の精神的被害を共分散構造モデルとCVMを用いて計測する方法論を提案した. 被災家計の心の内部で発生する観測されない精神的不快感を構成概念として定量的に示すとともに, 構成概念を効用関数の説明変数として明示的に取り上げることにより, 水害により被災家計が被った精神的被害を計量化した. 負の地方公共財としてとらえた水害の発生に対する精神的被害の発生構造を, 被災家計によるストレスの生産構造としてとらえ, 共分散構造モデルにおける構成概念によって表現した. さらに, 以上の方法論の有効性を豊岡地区で発生した水害を対象として実証的に検証した.

---

Economic Valuation of Mental Damage in A Flood Disaster\*

By Kakuya MATSUSHIMA\*\*, Katsumi WAKIGAWA\*\*\*, Masamitsu ONISHI\*\*\*\*\*,  
Hiroyuki ITOH\*\*\*\*\* and Kiyoshi KOBAYASHI\*<sup>6</sup>

This paper proposes a methodology to value mental damage in a flood disaster with CVM and covariance structure models. The mental damage which the victims receive in a flood disaster is essentially unobservable. Hence, the set of mental damage are expressed as quantitative variables in the form of structural concepts, which are used as explanatory variables of victims' utility function in order to measure their mental damage. The structural concepts of mental damage are regarded as outputs of the psychological production structure of stresses, which is modeled by a covariance structure model. The applicability of the methodology presented in this paper is investigated by an application example.

---