

家計の流動性制約と防災投資の経済評価

横松宗太¹・湧川勝巳²・小林潔司³

¹正会員 京都大学准教授 防災研究所巨大災害研究センター (〒 611-0011 宇治市五ヶ庄)

E-mail:yoko@drs.dpri.kyoto-u.ac.jp

²正会員 (財) 国土技術研究センター 調査第一部次長 首席研究員 (〒 105-0001 東京都港区虎ノ門3-12-1)

E-mail:k.wakigawa@jice.or.jp

³フェロー会員 京都大学教授 経営管理大学院経営管理講座 (〒 606-8501 京都市左京区吉田本町)

E-mail:kkoba@psa.mbox.media.kyoto-u.ac.jp

自然災害により家財を喪失した家計は、復旧のために自己資金以外に外部資金を調達することが必要となる場合がある。しかし、家計が金融機関から借入れができないという流動性制約に直面する場合、家財の復旧過程が遅延することによる被害が発生する。本研究では、流動性制約下における家計による家財の復旧行動をモデル化し、家財が低い水準に止まることや、復旧過程が遅延することにより発生する流動性被害について分析する。そして、防災投資が「期待被害額の減少効果」のみならず、低所得層の家計に対して「期待部分復旧被害額の減少効果」や「期待復旧遅延被害額の減少効果」をもたらすことを明らかにする。また、災害保険や政府による復旧資金の貸付制度というリスクファイナンス手段が、家計の復旧過程に及ぼす機能について考察する。

Key Words : *disaster risk, liquidity constraint, insurance, mitigation, economic benefit*

1. はじめに

伝統的な防災投資の費用便益分析においては、期待被害額の軽減額を用いて防災投資効果を評価する。期待被害額を用いた経済便益評価は、リスクフェアな（保険料と期待保険金額が一致するような）災害保険により被害額を完全にカバーしようとする状態を想定していることを意味する¹⁾。現実には、リスクフェアな災害保険は利用可能ではない。このような観点から、横松・小林は危険回避的な家計によるリスクフェアでない災害保険の購入行動モデル（以下、YKモデルと呼ぶ）を定式化し、家計の災害に対するリスクプレミアムや防災投資の経済効果を計測する方法を提案している²⁾。

本研究では、家計が流動性制約に直面する場合、復旧過程が遅延することにより流動性被害が発生することに着目する。家計が自然災害により家財を損壊した場合、復旧のための資金を調達することが必要となる。しかし、家計が負債契約を完済していない家財を喪失した場合、被災後に負債（負の資産）のみが残ることになる。家計が金融機関から追加負債契約（2重負債）を拒否された場合、家計は復旧資金を調達できず、流動性不足に陥るという問題が発生する。家計が流動性制約に直面する場合、従前の生活状況を復元するために長い時間を要することとなる。このような流動性制約の存在により生じる被害を流動性被害と呼ぶ。

家計が災害保険を購入している場合、被災時家計は保険金によって家財復旧のための流動性を獲得する

ことが可能となる。通常、保険の機能としては所得の平準化機能が指摘されている。危険回避的な家計は、災害保険により平常時と被災時の間の所得を平準化する動機をもつ。これに対して、本研究では災害保険が有する流動性供与機能に着目する。家計が危険中立的であっても、被災時には流動性需要が発生し、そのため家計は保険の流動性供与機能を利用する動機をもつことを指摘する。しかし、家計が災害保険を購入できない場合には、被災後の復旧水準が不完全になったり、復旧過程が遅延したりする流動性被害に直面する。

以上の問題意識の下に、本研究では、被災時における流動性制約に着目した家計の家財復旧行動モデルを定式化する。その上で、家計の流動性被害を考慮した防災投資の経済効果について分析する。以下、**2.**では本研究の基本的な考え方を明らかにする。**3.**では、流動性制約下における家計の家財復旧行動モデルを定式化し、流動性被害について分析する。**4.**では、災害保険等のリスクファイナンス手法による流動性供与機能について分析し、防災投資による流動性被害の軽減効果について考察する。

2. 本研究の基本的な考え方

(1) 従来の研究概要

不確実性下における家計の資産蓄積行動を対象とした動学的消費モデルに関しては膨大な研究成果が存在する。家計の動学的保険購入行動に関しても、生命保

険の購入行動モデルをはじめとして研究が蓄積されている³⁾⁻⁹⁾。中でも、被保険者の利他的動機に基づいた最適生命保険問題に関してはYaariが先鞭を付けた⁵⁾。その後、保険の解約や年金市場を考慮したようなモデルの精緻化が試みられている⁶⁾⁻⁹⁾。また、Johansson *et al.*は動学的最適消費行動モデルを用いた費用便益分析の枠組みを提案している。防災分野への応用事例としては、横松・小林が家計の生命保険の購入行動に基づいて死亡リスクの低減便益を計測する方法を提案している¹¹⁾。さらに、災害により物的資産を喪失するリスクの下で、災害保険購入と被災後の復旧行動も同時に考慮したようなYKモデルを定式化し、家屋や家財などの物的資産の被害リスクを対象とした防災投資便益の計測方法を提案している²⁾。そこでは、無限期間にわたって自然災害が繰り返し起こりえる状況を想定し、被災後に家計が人生設計を立て直し、再び物的資産を蓄積していく過程を最適動学モデルとして表現している。さらに、災害後の物的資産の復旧行動を考慮に入れた最適保険購入行動を導出している。このような人生設計の見直しの可能性が存在する場合、防災投資は被災前後における物的資産の形成過程に影響を及ぼし、結果的に家計のライフサイクルを通じた期待生涯効用に影響を及ぼすことになる。その上で、伝統的な期待被害額を用いた便益計測の方法は、防災投資の経済効果を過小評価する危険性があることを指摘している。YKモデルにおいては、家計は流動性制約に直面しておらず、暗黙の内に家計が利子率を下回る増加率であれば、負債の借換えが可能であることを想定している。

現実には、多くの家計は金融機関と負債契約を締結し、家財や土地の購入資金を調達する。負債は每期獲得する現金収入、給与所得等のキャッシュフローを原資として、生涯期間の中で長期にわたって返済される。負債契約を締結するにあたり、家計が購入した土地、家屋は負債契約における担保として位置づけられる場合が多い。自然災害により、負債契約により購入した物的資産を喪失した場合、負債のみが残ることになる。さらに、被災した物的資産が負債契約の担保となっている場合、担保資産も同時に喪失することになる。そして、被災後に物的資産の復旧のための資金を金融機関から調達しようとした場合、被災前に締結していた未完済の負債契約と、住宅再建のための負債契約という2重負債契約の問題¹²⁾が発生する。このような家計は、金融機関と新たな負債契約を結ぶことができず、復旧資金を調達できないという流動性制約^{13),14)}に直面することになる。小林等は、豊岡水害を対象とした実態調査を通じて、被災家計の多くが復旧過程において流動性制約に直面していることを実証的に示している¹⁵⁾。

このような流動性制約に関しては、これまで主とし

て企業に対する貸出金融市場を対象として理論的分析が蓄積されてきた¹⁶⁾⁻²¹⁾。また、災害時に企業が直面する流動性制約と、災害保険需要の関係についても分析されている²²⁾。これら企業を対象とした既往研究では、流動性制約が発生する原因を、企業の有限責任性と負債契約の不完備性に求めている。これに対して、家計は災害により生じた被害を引き受けざるを得ず、自らの存続に対して無限責任を負っている。本研究では、災害時に家計が流動性制約に直面する原因を、災害リスクに対する既存不適格性に求める。すなわち、多くの家計は、歴史的経緯を経て家財を蓄積しており、災害情報が到達した時点において、すでに家財に対する投資が終了している場合が少なくない。そのため、家計の中には、災害情報が到達した時点で、災害リスクに対して十分なリスクヘッジが行えず、家計のリスクポジションにおいて家財は不適格な位置づけになっている。本研究では、このような問題意識の下に、家財のリスクヘッジ上の不適格性を明示的に考慮したような動学的消費モデルを定式化する。その上で、流動性制約のために家計の復旧過程が遅延することにより発生する流動性被害について考察する。

(2) 物的資産の復旧と流動性被害

家計は災害により損壊した物的資産を復旧するために、保有している預貯金を取り崩したり、金融機関から必要な資金を借入れる。しかし、被災家計が流動性制約に直面する（金融機関から借入金を調達できない）場合、家計の物的資産の復旧過程は、長期にわたり遅延する。このような流動性制約がもたらす被害を説明するために図-1、図-2に示すような復旧過程に着目しよう。家計は物的資産と金融資産の双方を保有している。家計は物的資産の消費から効用を獲得する。一方、金融資産はそれ自体が直接、家計に効用をもたらすものではなく、異時点間における消費を平準化させるための手段であると考えよう。いま、家計は被災前に価額 A_0 の物的資産を保有しているが、時刻 θ_0 に被災して資産を失うと考えよう。まず、家計が流動性制約に直面していない場合を考えよう。図-1に示すように、家計は直ちに預金 W_0 を切り崩すと同時に、不足額の借入れを行って物的資産を A_0 に復旧することができる。家計は所得によって負債の返済を続けて、ある時間の後に負債を完済し、その後は預金を増加させる。それに対して、家計が金融機関から借入れを行えない（流動性制約に直面する）場合、図-2に示すように家計は被災後、直ちに被災前と同じ水準の物的資産を買い直すことはできない。家計は復旧過程において、従前の水準には到達しない低い水準の物的資産を調達することにより、部分的な復旧を試みる。図-2a)では、家計は

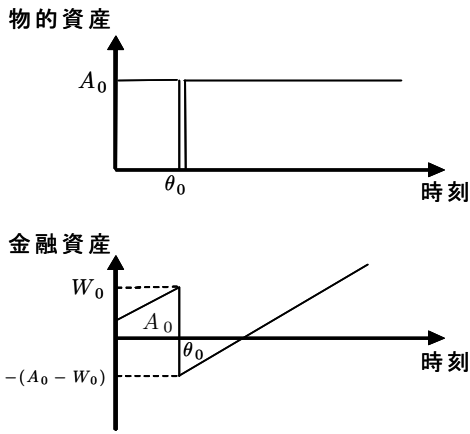
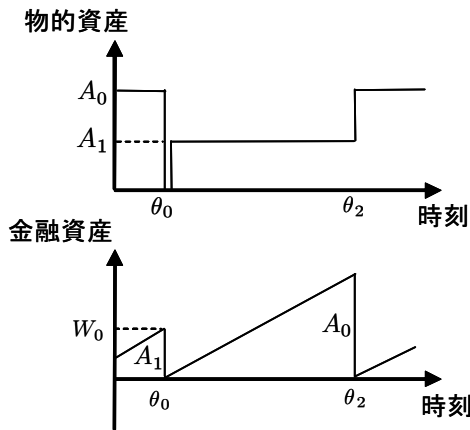
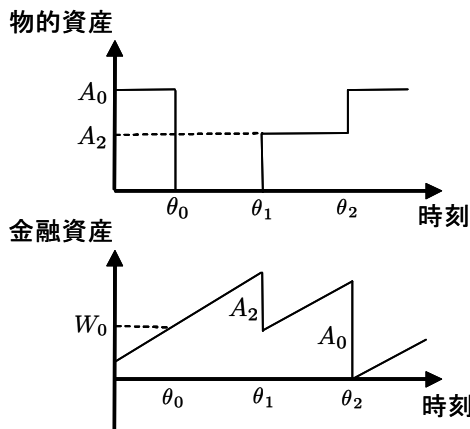


図-1 流動性制約がない場合の復旧過程



a) 被災直後に部分的に復旧する場合



b) 部分復旧が遅延する場合

図-2 流動性制約がある場合の復旧過程

被災時点 θ_0 直後に、物的資産を部分的に復旧している。一方、図-2b)は、家計は被災時点から一定の間を経て、ようやく物的資産を部分的に復旧できる場合を表している。これら2つのケースでは、時刻 θ_2 になり物的資産の本格的な復旧が完了する。それまでは、部分的な回復水準に甘んじる。図-1に示すような借入れが可能な場合の復旧過程と、図-2に示すように借入れが不

可能な場合の過程の違いは、選好の違いで生まれる問題ではなく、流動性制約の有無によって生起する問題である。もちろん、災害が発生しない場合、流動性制約は顕在化しない。しかし、家計が被災し、復旧資金の調達が必要となった場合に、流動性制約の有無により、復旧過程に違いが生まれてくる。本研究では、このように流動性制約が存在するために、物的資産の復旧水準が不完全となったり、復旧過程が遅延したりして発生する被害を「流動性被害」と呼ぶ。

当然のことながら、家計が災害保険を購入していれば、被災時に保険金支払いにより、追加的な流動性を獲得できる。家計は獲得した保険金を初期負債契約の返済に充当したり、住宅の再建資金の一部に充当したりすることができる。このように、保険金は流動性制約に直面した家計に対して、流動性を給付する機能もっている。したがって、災害保険は家計が被災後に被る流動性被害を軽減する機能を持っている。しかし、のちに4.で議論するように、すべての家計が災害保険を用いて流動性被害を回避できるわけではない。家計が預金として流動性を十分に保有している場合、預金の一部を切り崩すことによって物的資産を復旧することができる。換言すれば、裕福な家計は被災後に借入れを行う必要がない。そのような家計にとって保険の価値は従来から指摘されている消費の変動リスクの回避便益に集約される。一方、災害保険を購入できない家計は、保険の流動性供与機能を利用することができない。災害保険の価値は、保険金によってはじめて物的資産の復旧が可能となるような家計にのみ現れることになる。防災投資を行うと被災確率ないし被害水準が緩和される。このように防災投資は、1) 全ての家計の期待被害額を軽減すると同時に、2) 保険を購入できない家計の復旧遅延リスクを軽減する。また、3) 期待被害額の減少による災害保険料の低下によって、一部の家計に保険の購入可能性を与えて、家計に保険の流動性供与機能の利用機会を提供することになる。

(3) 本研究の分析枠組み

本研究では災害後における家屋や耐久財などの物的資産を「家財」と呼ぶ。そして家財の復旧過程において、家計が流動性制約に直面することにより生じる被害(流動性被害と呼ぶ)について考察する。また、防災投資により家計が獲得する便益は多様であるが、本研究では、防災投資がもたらす流動性被害の回避便益に焦点を置くこととする。その際、本研究では、災害による家財の損壊と被災後における復旧・買い換え行動のみに着目し、家計の連続的な資産蓄積行動についてはとりあげない。各世代の家計は、生まれた時点で借入れによって家財を購入し、生存期間に亘って家財から

効用を得る。第1世代の家計は人生の中で高々1回だけ自然災害に遭遇する可能性を持っている。第2世代以降の家計は災害リスクに直面しない。家計が被災した場合、家財は全壊すると考える。被災家計の中で、再建資金を調達できる（流動性制約がない）家計は全壊した家財を従前の状態に復旧することが可能である。資金を調達できない（流動性制約がある）家計は、保有する資金の制約の下で、低い水準の家財を購入せざるを得ない。さらには、このような部分復旧すら遅延せざるを得ない場合が発生する。また、本モデルでは各世代の家計は2期間生存し、家財も2期間の耐久性をもつとする。2期間の間の物理的減耗は考えない。家計は誕生時に家財を購入し、2期間利用して死亡時に処分する。次の期には新しい世代が誕生して、同じプロセスを無限に繰り返すと仮定する。前世代と次世代の家計の生存期間は重複しないが、同じ家系に属する家計の流列を想定し、親が子供に遺産を残すことも可能であるとする。以上の仮定は、家計の流動性制約下における家計の復旧行動に分析の焦点を絞るために設けたものである。もちろん、理論モデルの中に、災害による家財の被災の程度を細分化したり、住宅を対象として住宅特有の問題を導入することも可能である。しかし、このようなモデルの複雑化、多様化を図っても、理論モデルを用いて導出しようとする結論に影響を及ぼさない。

3. 家計の復旧行動モデル

(1) モデルの前提条件

本研究では、2期間生存して死亡する家計の消費行動が無期限に亘って繰り返されると仮定する。各世代の家計の生存期間は重複しないものとする。家計の子孫に対する利他的選好は仮定しない。しかしながら、後に詳述するように、消費と給与収入のタイミングのずれによって次世代の家計に金融資産が残る場合が起こりえる。相続税は考慮しない。一方、負債を残して死亡することは制度上、禁止されていると仮定する。時間軸を可算無限個の離散的期間の流列で表現する。各期の番号を*i*で表わす。ただし、 $\{i\}$ はマイナス無限大から無限大へと続く整数列とする。*i*が奇数の期間を奇数期、偶数の場合を偶数期と呼ぶ。一般性を損なうことなく、各世代の家計は奇数期の期初に誕生し、偶数期の期末に死亡すると仮定する。なお、ひとつの家系の流列においては、無限の将来の子孫まで、全ての世代の家計は同一水準の所得を得るものと仮定する。すなわち、ひとつの家系では、後述する災害期に生存する世代以外の全ての世代が同一の経済環境に置かれるものとする。

家計は毎期、消費と家財の利用により効用を獲得する。各期*i*に獲得する効用を、家財と合成財に関する準線形効用関数

$$u(z_i, c_i) = v(z_i) + c_i \quad (1a)$$

$$v(0) = 0, \quad v'(z_i) > 0, \quad v''(z_i) < 0 \quad (1b)$$

を用いて定義する。ここに、 z_i は第*i*期に家計が保有する家財の資産価値、 c_i は第*i*期における合成財の消費を表す。また、部分効用関数 $v(\cdot)$ に付された「 v' 」「 v'' 」はそれぞれ z_i に関する1階微分、2階微分を表す。本モデルでは、既に生活維持経費が差し引かれた後の所得の配分問題について議論する。このため、合成財の消費 c_i は余剰消費額を表している。また、準線形効用関数(1a)は、合成財に関して線形であり、所得の限界効用が一定値をとる。その結果、防災投資の経済評価が容易になる。さらに、部分効用関数の強凹性の仮定より、災害前後における家財水準の変化に対する家計の危険回避行動を表現できるという利点を併せ持っている。準線形効用関数の仮定より、流動性制約がない限り、家計は復旧行動において家財を最適水準まで復旧する。さらに、老年期の効用に対する割引率、および利子率を0に設定する。このように、準線形効用関数(1a)を仮定し、かつ割引率を考えないため、合成財の消費タイミングを変化させても家計の(2期間の平均効用で定義した)生涯効用は変化しない。そこで、以下では、家計は老年期である偶数期のみ消費を行うと仮定する。

家財は耐久性消費財であり、耐用年数を2期間に設定する。第*i*期に z_i の価額で購入した家財は、価値が減耗せず、第*i*+1期末に価値が完全に消失するサドンデスの仮定を採用する。家財の中古市場は存在しないと仮定する。以上の仮定より、災害リスクが存在しない場合、最適な家財の水準 z_i は、

$$v'(z_i) = \frac{1}{2} \quad (2)$$

を満足する水準 z_i に決定される。以下、上式を満たす家財の最適水準を z^* と表現する。また、家財が購入後1期目にあるか2期目にあるかを明記する必要がある場合には、それぞれ z^1 、 z^2 のように表記することとする。資産価額についてはサドンデスの仮定より $z^1 = z^2 = z^*$ が成立する。また、家計が最適水準の家財 z^* を購入することを保証するために以下の条件を仮定する。

$$z^* < v(z^*) \quad (3)$$

仮定(1b)と併せると、 $0 < z_i \leq z^*$ の任意の z_i について $z_i < v(z_i)$ が成立する。なお、家財が2期間の耐用性をもつことから、条件(3)は $z^* < 2v(z^*)$ と弱めても z^* の購入を保証することができる。しかし、その場合、議論の展開に不必要な場合分けの数が増加する。議論の見通しをよくするため、以下では条件(3)が成立すると

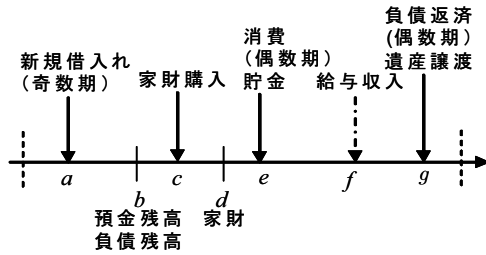


図-3 平常期における事象の順序関係

考える. もちろん, $z^* < 2v(z^*)$ を仮定しても本研究の本質的な結論は変わらない. 一方, 家財を1期間使用して処分する場合の最適水準を \tilde{z} と表すこととする. \tilde{z} は以下の関係を満足する.

$$v'(\tilde{z}) = 1 \tag{4}$$

部分効用関数の強凹性より, $\tilde{z} < z^*$ が成立する. いま, 家財が耐久性資産としての価値を持つために

$$2v(z^*) - z^* > 2\{v(\tilde{z}) - \tilde{z}\} > v(\tilde{z}) - \tilde{z} \tag{5}$$

が成立すると仮定する. すなわち, 家財を2期間使用する消費パターンと, 1期間で処分して買い換えていく消費パターンを比較した場合, 前者の方が生涯効用が大きい. 家計は毎期の期首に所得 y を得る. 所得 y と最適な家財水準 z^* の間に

$$z^* \leq 2y = Y \tag{6}$$

が成立すると仮定する. すなわち, 家計は2期間の所得 Y により, 最適水準 z^* の家財を購入できる. 家財を購入するために, 家計は z^* を上限とした2期間の負債契約を結べると考える. 制度的理由により, z^* より大きな負債契約を結ぶことはできないものと仮定する.

(2) 2重負債の禁止と流動性制約

家計は災害リスクに対して, 既存不適格の家財を保有していると考え. すなわち, 2.(1) で言及したように, 家計が家財に対する投資を終了した後に, 災害リスク情報が到着する. このため, 家計によっては, 新たに到着した災害リスクに対して, 十分なりスクヘッジができていない状況が生まれる. 家計は家財を調達するために, 金融機関と負債契約を締結する. 家計は負債契約に対して無限責任を有しており, 新規の負債契約を締結するためには, 従前の負債を完済しなければならない. すなわち, 2重負債は禁止されていると考える. そのため, 災害により負債を完済していない資産を喪失した場合, 金融機関から資産を復旧するための資産を調達できないという流動性制約に直面する可能性が生まれる.

表-1 家財の消費パターン (基本パターン)

	$2k-1$	$2k$	$2(k+1)-1$	$2(k+1)$
$z^*/2 \leq y < z^*$ が成立する場合				
預金	z^*	y	z^*	y
負債	z^*	z^*	z^*	z^*
家財	z^1	z^2	z^1	z^2
消費	0	$Y - z^*$	0	$Y - z^*$
$z^* \leq y$ が成立する場合				
預金	y	$Y - z^*$	y	$Y - z^*$
負債	z^*	z^*	z^*	z^*
家財	z^1	z^2	z^1	z^2
消費	0	$Y - z^*$	0	$Y - z^*$

本研究では, 1) 家財の災害リスクに対する既存不適格性, 2) 2重負債の禁止が原因となって, 災害時に流動性制約が発生すると考える. このような流動性制約下における家計の復旧行動を表現するために, 各期に発生する事象の間に, 図-3 と, のちに示す図-4 に示すような論理的順序関係を設定する. 図-3 は平常時における事象の発生順序, 図-4 は災害時における事象の発生順序を表している. まず, 平常時における事象の発生順序に着目しよう. ここで, 家計の生存期間, 家財の耐用期間はともに2期間であり, 負債契約も2期間を対象としている. 負債は一括返済されると考える. 時間軸上で, 各世代の家計による家財の購入行動が2期ごとに無限に繰り返される. 同一の家財を使用する連続する2つの期間を併せて, サイクルと呼ぶ. 1サイクルは1世代の生存期間に対応している. 家系の歴史的な継承の履歴により, 家計は奇数期の期初に誕生し, その期に家財を購入すると考えよう. したがって, 1サイクルは奇数期とそれに続く偶数期で構成されている. 図-3 に示すように, 家計はあるサイクルの奇数期 (第1期) の期初に誕生し, 時点 a において, 家財を購入するために金融機関から z^* を借入れる. ついで, 時点 c で家財を購入する. 奇数期の期首の時点から時点 c までの事象は瞬間的に終了すると考えよう. すなわち, 家計は時点 c に購入した家財をその期を含む2期間にわたって利用して効用を得る. また, 家計は毎期, 期末の時点 f に給与収入を得る. 従って, 家計は生涯を構成する第1期 (奇数期) と第2期 (偶数期) を通じて, 負債を返済するための流動性を貯蓄する. 負債は第2期の期末に給与を得た後, 死亡する直前の時点 g に返済する. 一方, 家計は第2期 (偶数期) の期中の時点 e において消費を行うと仮定する. すなわち各世代の家計は, 第2期の期末に生涯の貯蓄残高を原資として負債 z^* を返済する. このときに第2期の時点 f に得る給与収入 y が負債 z^* よりも大きければ, 家計は負債返済後の所得を次世代への遺産として残すことになる. 次の期に誕生した家計は新規の負債契約により流動性 z^* を確保し, 家財 z^* を購

入るところから新しいサイクルを開始して、同様のパターンを繰り返す。

表-1は災害が存在しない場合を対象に、連続する2世代の家計の新規借入れ、家財の購入、消費、預金、負債返済に関する最適行動を表している（最適性の証明は付録1参照）。このような家計行動パターンの流れを基本パターンと呼ぶ。表-1はサイクル k とサイクル $k+1$ の状態のみを示している。最上段の行は期の番号を記しており、「 $2k-1, 2k, 2(k+1)-1, 2(k+1)$ 」の順に、奇数期、偶数期、奇数期、偶数期を意味している。また、同表における預金残高と負債残高は、新規負債契約を締結した時点aの直後の時点bにおける残高を表している。家計は時点bにおける預金残高を原資として、時点cで家財を購入する。表-1の家財の行には、時点cで購入した家財の資産水準が記載されている。所得の水準によって2種類の基本パターンが得られる。

家計の所得が $z^*/2 \leq y < z^*$ の範囲にある場合、（すなわち、家計が1期分の所得では最適な水準の家財を購入できない場合）、家計は偶数期の時点eにおいて、その時点の貯蓄残高の全てを消費しつくすことはできない。期末の負債返済のために $z^* - y$ の預金を残す必要がある。そして時点fで支給される所得 y を合わせて流動性 z^* を確保した上で、負債 z^* を返済する。次の世代の家計は奇数期の期初に負債契約により流動性 z^* を獲得し、その流動性を用いて家財 z^* を購入する。奇数期の期末には y の所得が預金され、一方、負債残高は z^* のまま繰り越される。そして、偶数期に家計は預金 y の中から $Y - z^* (\leq y)$ の消費を行い、 $z^* - y$ の預金を負債の返済のために残す。最適消費経路上で家計は以上のパターンを繰り返す。

一方、家計の所得が $y \geq z^*$ の範囲にある場合、家計は1期分の所得によって z^* を捻出することができる。したがって、家計は偶数期の時点fの給与収入 y を用いて時点gで負債 z^* を返済し、同時に $y - z^*$ を遺産として次世代の家計に譲渡する。次世代の家計は遺産を相続すると同時に、奇数期の期初において z^* の借入れを行い、時点bにおける預金残高を y にする。その後 z^* の家財を購入し、一方で期末に給与収入 y を得ることによって、偶数期の時点bの預金残高は $Y - z^*$ となる。そして家計はその期の時点eに貯蓄残高の全てを消費する。以上のように $y \geq z^*$ の家計の場合、各世代が誕生時点で $y - z^*$ の遺産を相続し、死亡時点で同額の遺産を譲渡することになる。また、各世代の家計は z^* の借入れをすることが最適となる（証明は付録1参照）。以上のように世代間に遺産相続が介入したとしても、各世代の生涯の可処分所得は Y であり、消費水準は $Y - z^*$ である。また、本モデルでは消費を偶数期のみに行うと仮定しているが、仮に消費を奇数期のみに行うとし

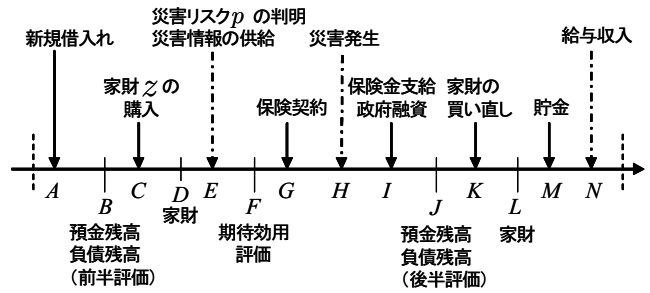


図-4 災害期における事象の順序関係

ても、毎期行うとしても、いずれの場合も1サイクルの消費の和は $Y - z^*$ になり、割引率を0としているため、家計の厚生に変化はない。

(3) 家財の既存不適格性と災害時の復旧行動

本モデルでは第1期に発生する災害によりもたらされる流動性被害に着目する。そのために、第2期以降には災害が発生しないと考える。図-4に第1期に生起する事象の論理的順序関係を示す。第1期の時点Eに至るまで、家計は災害リスクに関する情報を保有しないと考える。時点Cに家計は災害リスクを考慮せずに家財の水準 z^* を選択する。その後、時点Eにおいて、「確率 p で第1期の時点Hに災害が発生する」という災害情報が到達する。例えば、災害ハザードマップや新しい被害想定が公開される場合が該当する。すなわち、家計は災害情報を持たない時点Cで家財の購入を行い、その後の時点Eに災害リスク情報が到達することになる。これにより、家計が保有する家財は、災害リスクに対して既存不適格の状況に置かれる。さらに、当面の間、災害保険が存在しない場合を想定する。なお、災害保険が利用可能な場合、家計は時点Gで保険契約を結ぶ。そして、時点Hで災害が発生するか否かが確定する。災害が発生すると家財は全壊すると仮定する。家計が保険契約を結んでいた場合、時点Iに保険金が支給される。そして時点Kで家計は預金残高を原資に家財を復旧させることを図る。ただし、本モデルでは期首の時点から時点Kまでは瞬間的に終了すると仮定する。すなわち、第1期に災害が起こった場合にも、時点Kから期末の時点までが1期間に相当する時間的な長さをもつものとする。なお、家計が時点Cで災害リスクを正しく認知していれば、その時の最適な家財の水準は式(2)により決定される水準 z^* より低い水準に決定される。しかし、本モデルでは、上述のように第1期の時点Eまでは家計に災害リスク情報が到達していないため、第1期においても家計は最適化条件式(2)により z^* の水準の家財を選択する。表-3以降の表では、第1期の災害前後の預金

表-2 家計の所得クラス分類

タイプ	所得層	クラス	所得の範囲
1	L	L ₁	$z^*/2 \leq y < (z^* + \tilde{z})/2$
		L ₂	$(z^* + \tilde{z})/2 \leq y < z^*$
2	M	M ₁	$z^* \leq y < y^*$
		M ₂	$y^* \leq y < 2z^*$
	H	H	$2z^* \leq y$

注) y^* は、式(11a),(11b)を満足するような y^* として定義される。

(家財)の変化を表現するために、第1期に限って前半と後半の水準を記載することにする。前半の水準は図-4の時点B(家財の場合は時点D)で計ったものであり、後半の水準は時点J(家財の場合は時点L)で計ったものである。

家計の最適行動は、流動性制約の程度に応じて多様に異なる。表-1に示したように、各期の所得の範囲の中で家財を調達できるかどうかにより、家計の行動パターンが異なる。そこで、家計の所得により、家計を、

$$\text{タイプ1 } \frac{z^*}{2} \leq y < z^* \text{ の場合} \quad (7a)$$

$$\text{タイプ2 } z^* \leq y \text{ の場合} \quad (7b)$$

という2つのタイプに分類しよう。その上で、各タイプの家計の最適復旧行動について分析する。なお、以下の分析では、家計の所得や保険の有無により、家計の所得層を分類する。これらの所得層を一括して表-2に整理している。所得層(あるいは、所得層を細分化したクラス)の分類条件は同表に示している。前述のように、ひとつの家系は先祖から子孫に亘って同一の給与所得を得るものとする。また、同一所得層(あるいは、クラス)の家計でも、被災する場合としない場合では、家財の買い替えパターンが異なる。このことを明示的に示すように、所得層(クラス) γ の家計が被災しない場合には「 $\bar{\gamma}$ 」と表記する。

a) タイプ1 (式(7a)が成立する場合)

式(7a)が成立する場合、家計は1期の所得の範囲の中で、最適な水準の家財を調達できない。このような所得層を、低所得層と呼び、記号Lで表す。低所得層Lの家計は、基本パターンに示すように、第1期末において預金を持っていない。かつ、第1期に金融機関から z^* を借入れ家財を購入する。第1期に被災をすれば、家計は負債契約の対象となっている家財を喪失する。また、第1期の被災後の時点で、家計は負債契約を完済していないため、流動性制約に直面する。したがって、家計は家財復旧のための追加融資を受けられず、第1期に家財を復旧できない。家計は第1期に所得 y を得て、そのうち $Y - z^* (\leq y)$ を第2期に使うことができる。基本パターンと同様に、残りの $z^* - y$ は第2期の期末の負債の返済のために残さなければならない。この時、家計の

表-3 家財の消費パターン (低所得層L)

	1前	1後	2	3	4
基本パターン L_1, L_2 の場合					
預金	z^*	0	y	z^*	y
負債	z^*	z^*	z^*	z^*	z^*
家財	z^1	z^1	z^2	z^1	z^2
消費	0	0	$Y - z^*$	0	$Y - z^*$
低所得層 L_1 の場合					
預金	z^*	0	y	z^*	y
負債	z^*	z^*	z^*	z^*	z^*
家財	z^1	0	$Y - z^*$	z^1	z^2
消費	0	0	0	0	$Y - z^*$
低所得層 L_2 の場合					
預金	z^*	0	y	z^*	y
負債	z^*	z^*	z^*	z^*	z^*
家財	z^1	0	\tilde{z}	z^1	z^2
消費	0	0	$Y - z^* - \tilde{z}$	0	$Y - z^*$

所得により、第2期の $Y - z^*$ の使い方が異なる。そこで、低所得層Lの家計を、

$$\text{低所得層 } L_1 \quad \frac{z^*}{2} \leq y < \frac{z^* + \tilde{z}}{2} \quad (8a)$$

$$\text{低所得層 } L_2 \quad \frac{z^* + \tilde{z}}{2} \leq y < z^* \quad (8b)$$

という2つのクラスに分類する。低所得層 L_1 の家計は、所得が $y < (z^* + \tilde{z})/2$ を満足し、第2期の期首に流動性 $Y - z^*$ を用いて、家財を部分的に復旧することが最適となる。一方、低所得層 L_2 の場合、家計の所得は $(z^* + \tilde{z})/2 \leq y < z^*$ を満足する。この場合、家計は家財 \tilde{z} を購入するとともに、残りを消費する。以上の結果をまとめると、家計の最適行動は

$$\begin{cases} \frac{z^*}{2} \leq y < \frac{z^* + \tilde{z}}{2} \text{ の時 (低所得層 } L_1) \\ z_1 = 0, z_2 = Y - z^*, c_2 = 0 \\ \frac{z^* + \tilde{z}}{2} \leq y < z^* \text{ の時 (低所得層 } L_2) \\ z_1 = 0, z_2 = \tilde{z}, c_2 = Y - z^* - \tilde{z} \end{cases} \quad (9)$$

と表される。ただし、 z_1, z_2 は、第1期、第2期の家財の水準、 c_2 は第2期の余剰消費額である。家計は第2期に購入した家財を第2期末には処分する。第3期に誕生する世代は基本パターンを踏襲する。もちろん、第3期に誕生する世代の家計が、前世代の家計が第2期に購入した家財を第3期いっぱい使用してから処分することによって、それ以降の家財の取替えサイクルを(第4期、第5期)、(第6期、第7期)、...のように後ろにずらすことも可能である。しかしながら、そのようなプロセスに移行した場合、各世代の家計の生涯効用は低下する(証明は付録2)参照)。以上の結果を一括して表-3に整理している。なお、同表の表記方法は、表-1と同一である。また、同表には、参照のために低所得層の家計が被災しない場合の家財の購入パターン(基本パターン)を併記している。

表-4 家財の消費パターン (所得層 M , H)

	1前	1後	2	3	4
基本パターン M_1, M_2, H の場合					
預金	y	$y - z^*$	$Y - z^*$	y	$Y - z^*$
負債	z^*	z^*	z^*	z^*	z^*
家財	z^1	z^1	z^2	z^1	z^2
消費	0	0	$Y - z^*$	0	$Y - z^*$
中所得層 M_1 の場合					
預金	y	$y - z^*$	$Y - z^*$	y	$Y - z^*$
負債	z^*	z^*	z^*	z^*	z^*
家財	z^1	0	\tilde{z}	z^1	z^2
消費	0	0	$Y - z^* - \tilde{z}$	0	$Y - z^*$
中所得層 M_2 の場合					
預金	y	$y - z^*$	y	y	$Y - z^*$
負債	z^*	z^*	z^*	z^*	z^*
家財	z^1	$y - z^*$	$y - z^*$	z^1	z^2
消費	0	0	y	0	$Y - z^*$
高所得層 H の場合					
預金	y	$y - z^*$	$Y - 2z^*$	y	$Y - z^*$
負債	z^*	z^*	z^*	z^*	z^*
家財	z^1	z^1	z^2	z^1	z^2
消費	0	0	$Y - 2z^*$	0	$Y - z^*$

b) タイプ2 (式(7b)が成立する場合)

式(7b)が成立する場合、家計は第1期の貯蓄の範囲の中で最適な家財を調達できる。この場合、表-4に示すように、被災後に残高 $y - z^*$ の預金を利用可能である。さらに、家計の所得が $z^* \leq y < 2z^*$ を満足するかどうかにより、家計が第1期に完全復旧できるか否かが決定される。すなわち、タイプ2の家計を、1) 低水準の家財を購入し、部分復旧する所得層 (中所得層 M) と2) 第1期に完全復旧できる所得層 (高所得層 H) という2つの所得層に分類できる。すなわち、家計を

$$\text{中所得層 } M \quad z^* \leq y < 2z^* \text{ の場合} \quad (10a)$$

$$\text{高所得層 } H \quad 2z^* \leq y \text{ の場合} \quad (10b)$$

という2つの所得層に分類する。

まず、中所得層 M の家計に着目しよう。さらに中所得層は所得により、1) 第1期末の給与を得た後に第2期に水準 \tilde{z} まで部分復旧するクラス (低所得層 M_1)、2) 第1期に預金残高 $y - z^*$ を用いて、部分復旧するクラス (中所得層 M_2) という2つのクラスに分類できる。中所得層 M_1 の家計は第2期に家財を部分的に復旧する。よって第1期と第2期を合わせた第1サイクルの世代の効用水準は $v(\tilde{z}) + Y - z^* - \tilde{z}$ となる。一方、中所得層 M_2 の家計は第1期に家財を $y - z^*$ に復旧し、第1サイクルの効用水準 $2v(y - z^*) + y$ を得る。したがって、2つの行動パターンが無差別となるような臨界的所得は

$$2v(y - z^*) - v(\tilde{z}) - y + z^* + \tilde{z} = 0 \quad (11a)$$

$$z^* < y < 2z^* \quad (11b)$$

を満足するような y^* として求める (付録3参照)。中

所得層 M の家計の最適復旧行動は

$$\begin{cases} z^* \leq y < y^* \text{ の時 (中所得層 } M_1) \\ \quad z_1 = 0, z_2 = \tilde{z}, c_2 = Y - z^* - \tilde{z} \\ y^* \leq y < 2z^* \text{ の時 (中所得層 } M_2) \\ \quad z_1 = z_2 = y - z^*, c_2 = y \end{cases} \quad (12)$$

と整理できる。すなわち、中所得層 M の場合、復旧水準は最適水準 z^* よりも小さくなる。すなわち、家計は第1サイクル中に完全な復旧を行うことはできない。中所得層 M_1 では、第1期に部分復旧が不可能であり、第2期まで部分復旧が遅延する。中所得層 M_2 の場合は、第1期に部分復旧が可能である。最後に、条件(10b)が成立する場合を考えよう。この場合、家計は流動性制約を受けず、第1期に完全復旧が可能である。中所得層の最適復旧行動は

$$\begin{cases} y \geq 2z^* \text{ の時 (高所得層 } H) \\ \quad z_1 = z_2 = z^*, c_2 = Y - 2z^* \end{cases} \quad (13)$$

と表せる。

(4) 流動性被害の評価

式(9)、(12)より、低所得層 L_2 と中所得層 M_1 の最適行動は、同じパターンとなり、結果的に最適行動パターンは4通りに分類される。また、表-1、表-3、表-4に示すように、第3期以降における家財の保有水準は最適水準 z^* となり、偶数期の消費水準は $Y - z^*$ となる。すなわち第2サイクル以降のパターンは、すべて基本パターンと同一になる。このように、災害により被災した影響は、第1サイクルの世代にのみに現れる。すなわち、災害の影響は局所化され、世代間の影響を持たない。ここで、第2サイクル以降の家計に関しては、所得の異なる家計の間の厚生差は、所得の差に等しくなることに留意しよう。それに対して、災害復旧過程にある第1サイクルの世代の家計においては、所得の差に一致しない厚生差が発生する。そこで、家計が流動性制約に直面することにより被る流動性被害を、第1サイクルの世代の家計の厚生水準の比較を通じて評価しよう。ここで、各所得層 γ の家計の第1サイクル世代の厚生水準 $W(Y; \gamma)$ を

$$W(Y; \gamma) = v(z_1(\gamma)) + v(z_2(\gamma)) + c_2(\gamma) \quad (14)$$

と表そう。ただし、 $z_1(\gamma), z_2(\gamma), c_2(\gamma)$ は、それぞれの所得層 γ の第1期、及び第2期における家財の保有水準、第2期の消費水準を表す。各所得層の厚生水準 $W(Y; \gamma)$ は、以下のように与えられる。

$$W(Y; \bar{\gamma}) = 2v(z^*) + Y - z^* \quad (15a)$$

$$(\gamma = L_1, L_2, M_1, M_2, H)$$

$$W(Y; L_1) = v(Y - z^*) \quad (15b)$$

$$W(Y; L_2) = v(\tilde{z}) + Y - z^* - \tilde{z} \quad (15c)$$

$$W(Y; M_1) = v(\tilde{z}) + Y - z^* - \tilde{z} \quad (15d)$$

$$W(Y; M_2) = 2v(y - z^*) + y \quad (15e)$$

$$W(Y; H) = 2v(z^*) + Y - 2z^* \quad (15f)$$

ただし、 $W(Y; \gamma)$ は、所得層 γ の家計が被災しなかった場合に獲得できる厚生水準を表す。つぎに、第1期の時点Fで評価した第1サイクルの期待厚生水準を評価しよう。まず、高所得層Hに着目しよう。高所得層Hは、被災時に自己資金により復旧費用を調達することが可能であり、第1期に家財を最適水準 z^* に復旧することができる。高所得層Hの期待厚生水準 $EW(Y; H)$ は、

$$\begin{aligned} EW(Y; H) &= (1-p)W(Y; \bar{H}) + pW(Y; H) \\ &= 2v(z^*) + Y - (1+p)z^* \\ &= Y + \tilde{C}(z^*) - pz^* \end{aligned} \quad (16)$$

と表せる。ここに、第1項は家計の生涯可処分所得、第2項は、 $\tilde{C}(z^*) = 2v(z^*) - z^*$ は、2期間にわたり家財を消費することによって得られる消費者余剰を表す。また、第3項は、災害による家財の期待被害額を表す。すなわち、式(16)より、家計が流動性制約に直面しない場合、災害による家計の損失は、第3項で表される期待被害額で表されることになる。つぎに、家計が流動性制約に直面する場合の期待厚生水準を評価しよう。所得層 L_1, L_2, M_1, M_2 の期待厚生水準は、それぞれ

$$\begin{aligned} EW(Y; L_1) &= (1-p)W(Y; \bar{L}_1) + pW(Y; L_1) \\ &= Y + \tilde{C}(z^*) - pz^* - p\Delta\tilde{C}(Y - z^*) - pv(Y - z^*) \end{aligned} \quad (17a)$$

$$\begin{aligned} EW(Y; L_2) &= (1-p)W(Y; \bar{L}_2) + pW(Y; L_2) \\ &= Y + \tilde{C}(z^*) - pz^* - p\Delta\tilde{C}(\tilde{z}) - pv(\tilde{z}) \end{aligned} \quad (17b)$$

$$\begin{aligned} EW(Y; M_1) &= (1-p)W(Y; \bar{M}_1) + pW(Y; M_1) \\ &= Y + \tilde{C}(z^*) - pz^* - p\Delta\tilde{C}(\tilde{z}) - pv(\tilde{z}) \end{aligned} \quad (17c)$$

$$\begin{aligned} EW(Y; M_2) &= (1-p)W(Y; \bar{M}_2) + pW(Y; M_2) \\ &= Y + \tilde{C}(z^*) - pz^* - p\Delta\tilde{C}(y - z^*) \end{aligned} \quad (17d)$$

と表される。ただし、

$$\Delta\tilde{C}(Y - z^*) = \tilde{C}(z^*) - \tilde{C}(Y - z^*) \quad (18a)$$

$$\Delta\tilde{C}(\tilde{z}) = \tilde{C}(z^*) - \tilde{C}(\tilde{z}) \quad (18b)$$

$$\Delta\tilde{C}(y - z^*) = \tilde{C}(z^*) - \tilde{C}(y - z^*) \quad (18c)$$

である。以上の所得層のように、家計が流動性制約に直面する場合、式(17a)-(17d)の右辺第3項で表される期待被害額だけでなく、追加的な厚生損失

$$\Omega(L_1) = p\Delta\tilde{C}(Y - z^*) + pv(Y - z^*) \quad (19a)$$

$$\Omega(L_2) = p\Delta\tilde{C}(\tilde{z}) + pv(\tilde{z}) \quad (19b)$$

$$\Omega(M_1) = p\Delta\tilde{C}(\tilde{z}) + pv(\tilde{z}) \quad (19c)$$

$$\Omega(M_2) = p\Delta\tilde{C}(y - z^*) \quad (19d)$$

が発生する。これらの追加的損失は、家計が流動性制約に直面することにより発生する被害であり、本研究では流動性被害と呼ぶこととする。

流動性制約下における家計の復旧過程は、**図-2**に示したとおりである。低所得層 L_1 の場合、家計は第2期に家財を水準 $Y - z^*$ までに復旧する。所得層 L_2, M_1 の場合、第2期に家財を \tilde{z} まで復旧する。これらの所得層の復旧過程では、**図-2b**)に示すように、家財の復旧が第2期まで遅延し、回復水準も部分的復旧に止まる。一方、中所得層 M_2 の場合、第1期に家財を $y - z^*$ まで復旧する。しかし、いずれの場合にも、家計は家財を完全に復旧するのではなく、部分的な復旧に止まる。ここで、仮に以上の4つの所得層における家計の部分復旧がすべて第1期に実施できたとしよう。すなわち、部分的復旧の遅延が発生しないと仮定する。式(18a),(18b),(18c)は、それぞれ第1期、第2期における家計の家財の復旧水準が、それぞれ最適水準 z^* から、部分的水準

$$z(\gamma) = \begin{cases} Y - z^* & \gamma = L_1 \\ \tilde{z} & \gamma = L_2, M_1 \\ y - z^* & \gamma = M_2 \end{cases} \quad (20)$$

に低下することにより発生する消費者余剰の損失に他ならない。すなわち、部分復旧により発生する「部分復旧被害」を表現している。

ここで、災害が発生しない場合、第1サイクル世代の家計の厚生水準を $W(Y; \bar{\alpha}) = Y + \tilde{C}(z^*)$ と表せることに留意しよう。また、家計が第1期に資産水準を部分的に $z(\alpha)$ に復旧する場合の家計の期待厚生水準を $\bar{W}(Y; \alpha)$ ($\alpha = L_1, L_2, M_1, M_2$)と表そう。この時、部分復旧被害を、等価オプション価格で定義すれば、

$$W(Y - \rho(\alpha); \bar{\alpha}) = (1-p)W(Y; \bar{\alpha}) + p\bar{W}(Y; \alpha) \quad (21)$$

を満足する $\rho(\alpha)$ として与えられる。いま、各所得層に対して、オプション価格を求めれば

$$\rho(L_1) = pz^* + p\Delta\tilde{C}(Y - z^*) \quad (22a)$$

$$\rho(L_2) = pz^* + p\Delta\tilde{C}(\tilde{z}) \quad (22b)$$

$$\rho(M_1) = pz^* + p\Delta\tilde{C}(\tilde{z}) \quad (22c)$$

$$\rho(M_2) = pz^* + p\Delta\tilde{C}(y - z^*) \quad (22d)$$

と表される。上式の右辺第1項が期待被害額であり、第2項はオプション価値に他ならない。さらに、式(21)より明らかなように、部分復旧被害は、災害前後における家財状態の変化に対するリスクプレミアムと解釈できる。なお、本研究では、合成財に対する準線形効用関数を仮定しており、等価オプション価格と補償オプション価格、期待消費者余剰が一致する。

さらに、所得層 L_1, L_2, M_1 では、家計の家財の復旧が第2期まで遅延する。このため、流動性被害として、式(19a)-(19c)の右辺第2項 $pv(z(\gamma))$ が付加される。厚

生損失 $v(z(\gamma))$ は、家財の部分復旧が遅延することにより逸失する厚生水準を表している。本研究では、このように定義される厚生損失を復旧遅延被害と呼ぶ。また、期待厚生損失 $pv(z(\gamma))$ を、期待復旧遅延被害と呼ぶこととする。ここに、以下の**命題1**が成立する。

命題1 流動性制約により家計の家財の復旧が部分復旧に止まる時、資産喪失による被害だけでなくリスクプレミアムに相当する部分復旧被害が発生する。さらに、復旧が遅延する場合、復旧遅延被害が発生する。

防災投資の経済効果を、被災確率 p の減少による期待効用の増分により定義する。本モデルでは合成財に関する準線形効用関数を仮定しているため、期待厚生水準の変化は金銭単位により評価される。いま、防災投資により被災確率が $dp (< 0)$ の変化を受けると考える。他の条件を一定にすれば、家計の防災投資便益は、期待厚生水準の変化として、

$$dEW(Y; L_1) = z^* \cdot (-dp) + \Delta\tilde{C}(Y - z^*) \cdot (-dp) + v(Y - z^*) \cdot (-dp) \quad (23a)$$

$$dEW(Y; L_2) = z^* \cdot (-dp) + \Delta\tilde{C}(\tilde{z}) \cdot (-dp) + v(\tilde{z}) \cdot (-dp) \quad (23b)$$

$$dEW(Y; M_1) = z^* \cdot (-dp) + \Delta\tilde{C}(\tilde{z}) \cdot (-dp) + v(\tilde{z}) \cdot (-dp) \quad (23c)$$

$$dEW(Y; M_2) = z^* \cdot (-dp) + \Delta\tilde{C}(y - z^*) \cdot (-dp) \quad (23d)$$

$$dEW(Y; H) = z^* \cdot (-dp) \quad (23e)$$

と評価できる。式(23a)-(23e)の右辺第1項は防災投資による「期待被害額の減少効果」、式(23a)-(23d)の右辺第2項は「期待部分復旧被害額（リスクプレミアム）の減少効果」、式(23a)-(23c)の右辺第3項は「期待復旧遅延被害額の減少効果」を表している。また、中所得層 M_2 では、防災投資の経済効果に、期待復旧遅延被害額の減少効果が含まれない。さらに、高所得層 H では、防災投資の経済効果は、期待被害額の減少効果のみで表現される。

以上のように、ここでは第1サイクルに生存する家計のみを対象に期待厚生水準 $EW(Y; \gamma)$ を定義し、第2サイクル以降の世代の家計の効用については考慮していない。理由は、既述のように、本モデルでは災害被害の影響が第1サイクル世代に限定されるため、防災投資の便益は第1サイクル世代の期待効用のみを上昇させるからである。第2サイクル以降の世代の生涯効用 $W(Y; \bar{\gamma})$ を無限の将来に亘って考慮したとしても、防災投資前後の厚生変化は第1サイクル世代の家計の生涯期待効用の差のみに帰着することになるからである。

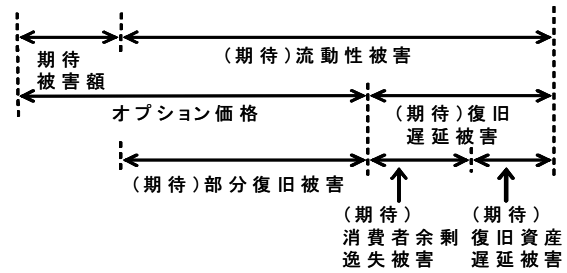


図-5 被害の関係

(5) 被害計測の実用化への示唆

伝統的な費用便益分析では、期待被害額の減少額を用いて防災投資の経済便益を評価してきた。このことは、家計が被災後に復旧資金を自由に調達でき、家財を最適水準に復旧できることを想定している。あるいは、家計がリスクフェアなフルカバーの保険に加入しており、損壊した家財を完全に復元できることを前提としているということもできる。しかし、家計が流動性制約に直面している場合、期待被害額以外に、期待部分復旧被害と期待遅延被害が発生することになる。YKモデルでは、流動性制約に直面しない家計を想定しているが、災害保険がリスクフェアでない(保険プレミアムが加算される)場合、家計がフルカバーの保険に加入しなくなり、結果的に期待被害額以上の被害が発生することを明らかにしている。また、防災投資により、期待被害額の軽減便益だけでなく、リスクプレミアムに相当する経済便益が発生することになる。これに対して、本研究では災害保険がリスクフェアであっても、家計が流動性制約に直面する場合、リスクプレミアムに相当する部分復旧被害だけでなく、復旧遅延被害が発生することが明らかになった。

本研究の成果を、防災投資の費用便益分析の高度化に資するためには、災害により家計が被る被害を資産レベルの被害と効用レベルの被害に区別することが必要である。資産レベルの被害は、効用関数を特定化しなくても計測が可能であるという利点がある。これに対して、効用レベルの被害は、家計の消費者余剰の計測が必要となる。部分復旧被害は、効用レベルで発生する被害であり、その測定のためには慎重な対応が必要となろう。一方、復旧遅延被害には、効用レベルの被害と資産レベルの被害の双方が含まれる。復旧遅延被害を両者に分解したかたちで流動性被害の構成を表すと以下のようなになる。

$$\Omega(\alpha) = p\Delta\tilde{C}(z(\gamma)) + \frac{1}{2}p\tilde{C}(z(\gamma)) + \frac{1}{2}pz(\gamma) \quad (24)$$

上式の右辺第1項は、(期待)部分復旧被害を表す。第2項は、部分復旧の遅延により生じる消費者余剰の逸失

(以下、消費者余剰逸失被害と呼ぶ)であり、ともに効用レベルの被害となる。それに対して、右辺第3項は、部分復旧のために資金調達が遅延したことにより生じる第1期における資金の機会損失を表し、資産レベルの被害である、以下、第3項を、(期待)復旧資産遅延被害と呼ぶ。また、家計の生存期間と家財の耐用期間が n 期間であり、家財の復旧が n' 期間遅延した場合、(期待)消費者余剰逸失被害と(期待)復旧資産遅延被害はそれぞれ以下のように表される。(付録4)参照.)

$$(期待) 消費者余剰逸失被害 = \frac{n'}{n} p \tilde{C}(z(\gamma)) \quad (25a)$$

$$(期待) 復旧資産遅延被害 = \frac{n'}{n} pz(\gamma) \quad (25b)$$

現在、実務で用いられている費用便益分析では、防災投資の経済便益を、資産レベルの被害である期待被害額を用いて評価している。復旧資産遅延被害は、期待被害額と同様に、資産レベルの被害額である。今後、期待被害額を計測する際に、式(25b)で定義される復旧資産遅延被害を考慮することが必要となろう。

4. 流動性制約とリスクファイナンス

(1) リスクファイナンスの必要性

家計が災害により家財を損壊した場合、復旧のための資金を調達することが必要となる。しかし、家計が負債契約を完済していない家財を喪失した場合、被災後に負債のみが残ることになる。家計が追加負債契約(2重負債)を結べない場合、復旧資金を調達できず、流動性不足に陥る可能性がある。家計がこのような流動性制約に直面する場合、家財を従前の状況に復旧できなかったり、復旧過程が遅延することになる。このような流動性被害は、家計が災害後に短期的に流動性を確保できないことにより発生する。災害保険等のリスクファイナンス手段は、家計に復旧のための流動性を補給する役割を果たす。以下では、リスクファイナンス手段の導入が、家計の復旧行動に及ぼす影響を分析するとともに、流動性被害を回避するための役割を發揮することを明らかにする。その際、市場で供給される災害保険と政府による流動性貸付制度に着目する。まず、4.(2)では、災害保険市場に着目する。家計が災害保険を購入する場合、被災時に保険金が給付され、復旧資金として利用することができる。しかし、すべての家計が災害保険を購入できるわけではない。特に、低所得者層は、災害保険を購入できないため、災害時には、流動性被害を被ることになる。そこで、リスクファイナンス政策として、政府が低所得者層に、無利子、無担保で復旧資金を貸付けるような流動性貸付制度に着目する。災害保険と流動性貸付制度は、いずれも被災者に復旧のための流動性を補給することを目的とする。

表-5 家財の消費パターン (保険購入)

	1前	1後	2	3	4
所得層 M_1^+, M_2, H の場合					
預金	y	$y - \tilde{z}^*$	$Y - \tilde{z}^*$	y	$Y - z^*$
負債	z^*	z^*	z^*	z^*	z^*
家財	z^1	z^1	z^2	z^1	z^2
消費	0	0	$Y - \tilde{z}^*$	0	$Y - z^*$

注) $\tilde{z}^* = (1+p)z^*$ は、保険付き家財の購入価格である。

その際、災害保険市場と流動性貸付制度が、互いに補完的な役割を果たすのであれば、政府による市場介入の正当性を主張することが可能であろう。以上の問題意識の下に、4.(3)では、流動性貸付制度が果たす役割について考察する。

(2) 災害保険の流動性供与機能

家計がリスクファイナンス手段として、災害保険を利用することができる場合を考えよう。いま、災害保険が、リスクフェアなフルカバー保険であると考えよう。すなわち、保険料が pz^* 、被災時の保険金が z^* の保険システムを仮定する。家計は災害リスク情報を与えられた後(図-4の時点G)に保険契約を結ぶ。低所得層 L は第1期の時点Cでの家財購入により預金を使い切ったため、時点Eには預金が残っていない。したがって、低所得層 L は災害保険を購入できない。一方、所得層 M, H は第1期の時点Eにおいて $y - z^*$ の預金を残している。ここで、フルカバー保険を購入できる条件は

$$y - z^* \geq pz^* \quad (26)$$

で与えられることに着目しよう。いま、 $\tilde{z}^* \equiv (1+p)z^*$ を定義し、 $\tilde{z}^* < y^*$ と仮定しよう。中所得層 M_1 を以下のように分割する。

$$\text{中所得層 } M_1^- \quad \frac{z^*}{2} \leq y < \tilde{z}^* \quad (27a)$$

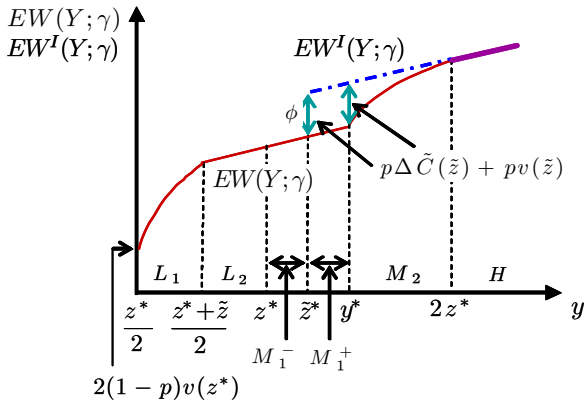
$$\text{中所得層 } M_1^+ \quad \tilde{z}^* \leq y < y^* \quad (27b)$$

ただし、 y^* は式(11a),(11b)で定義される。中所得層 M_1^- は保険を購入できない。一方、所得層 M_1^+, M_2, H は保険を購入できる。表-5に保険を購入した家計の家財の消費パターンを示す。本モデルではフルカバーの保険を仮定しているため、災害が発生しなかった場合と被災した場合の家財の消費パターンが一致することになる。所得層 $\gamma = M_1^+, M_2, H$ の被災時の厚生水準、および期待厚生水準は

$$W^I(Y; \gamma) = 2v(z^*) + Y - (1+p)z^* \quad (28a)$$

$$\begin{aligned} EW^I(Y; \gamma) &= 2v(z^*) + Y - (1+p)z^* \\ &= Y + \tilde{C}(z^*) - pz^* \quad (28b) \end{aligned}$$

$(\gamma = M_1^+, M_2, H)$



注) $EW(Y; \gamma)$ は、保険を購入しない場合の期待厚生水準を、 $EW^I(Y; \gamma)$ は、保険を購入した場合の期待厚生水準を表す。所得層 L_1, L_2, M_1^- は、保険を購入できない。

図-6 所得と保険の経済効果の関係

と表される。上付き添え字 I は、保険を購入した場合を表している。フルカバー保険を購入した場合、家財の損失リスクを完全に担保できるため、被災時の厚生水準と事前の期待効用水準が一致する。

図-6 は、所得と期待厚生水準の関係を図示している。実線は家計が保険を購入しない場合の期待厚生水準を、1点鎖線は保険を購入した場合の期待厚生水準を表している。太線は2本の線が重なっている部分を表している。所得層 L_1, L_2, M_1^- の家計は保険を購入することができない。つぎに、図-6 に示すように、高所得層 H は、保険を購入しても期待厚生水準は変化しない。本研究では、合成財に関して準線形効用関数を仮定している。このため、リスクフェアな災害保険の場合、期待厚生水準において保険料と期待保険金が互いに相殺され、保険の購入によって家計の厚生水準は変化しない。すなわち、高所得層 H にとっては保険を購入することと購入しないことは互いに無差別となる。それに対して、同図に示すように、所得層 M_1^+, M_2 は、保険の購入により期待厚生水準が増加する。以上の結果より、所得 y が

$$z^* \leq y < 2z^* \tag{29}$$

を満足するような家計は、保険を購入することにより、期待厚生水準を増加させることができる。すなわち、保険を購入できるような所得をもち、その一方で第1期の所得のみでは最適水準の家財を購入することができないような家計が該当する。所得層 $\gamma = M_1^+, M_2$ が、保険を購入することにより獲得できるオプション価格は

$$\begin{aligned} &EW(Y - \phi(\gamma); \gamma) \\ &= (1 - p)W(Y; \bar{\gamma}) + pW(Y; \gamma) \\ &\quad (\gamma = M_1^+, M_2, H) \end{aligned} \tag{30}$$

を満足するような $\phi(\gamma)$ として定義できる。すなわち、

$$\phi(M_1^+) = \Omega(M_1^+) = p\Delta\tilde{C}(\bar{z}) + pv(\bar{z}) \tag{31a}$$

$$\phi(M_2) = \Omega(M_2) = p\Delta\tilde{C}(y - z^*) \tag{31b}$$

$$\phi(H) = \Omega(H) = 0 \tag{31c}$$

となり、中所得層 M_1^+, M_2 にとって、保険の経済価値 $\phi(\gamma)$ は流動性被害 $\Omega(\gamma)$ に一致する。保険が利用できない状況では、高所得層 H 以外は、被災時点で流動性被害に直面しており、保険を購入することにより流動性被害を回避できる。さらに、式 (31a) に示すように、所得層 M_1^+ の家計の場合、保険の購入により家財復旧の遅延も回避できるため、保険の経済価値も増加する。ここに、以下の命題2が成立する。

命題2 家計の選好が準線形効用関数 (1a) で表現できる時、所得層 M_1^+, M_2 の家計は、災害保険の購入により流動性被害を回避できる。しかし、低所得層 L_1, L_2 と中所得層 M_1^- は保険を購入できない。

伝統的な保険理論では、保険の経済価値として、所得の平準化機能を指摘してきた^{23), 24)}。すなわち、保険料がリスクフェアである場合、保険の購入により、富の期待値を保存したまま、富の変動リスクを減少することができる。家計が危険回避的な選好を有する場合、富の変動リスクを減少することにより、家計の期待効用は増加する。このような期待効用の増分を、金銭単位で評価したものが「リスクプレミアム」であり、保険に対する（保険料に追加した）支払い意思額とも解釈される。それに対して、本モデルの構造は以下のような特徴を持っている。本モデルでは、合成財に関して準線形の直接効用関数を仮定している。このことは、家計は消費に関しては危険中立的、家財の利用に関しては危険回避的と想定していることに他ならない。このような場合、家計はリスクを家財から合成財に移転させる。すなわち、家計が流動性を保有することは、災害時のための復旧資金を準備するという自家保険行動に他ならず、被災時には、合成財の消費を犠牲にすることにより家財を復旧する。しかしながら、所得が少ない家計は、被災時に流動性制約に直面することにより自家保険行動が不十分になり、リスクを合成財の消費量のみへ帰着させることが不可能になる。家計が災害保険を購入した場合、被災時に保険金（流動性）の給付により、流動性被害を回避することができる。十分な所得を獲得できる家計は自己資金により流動性を獲得できるが、自己資金が十分でない家計にとっては、保険が災害時に流動性を給付することになる。しかし、低所得者層は、災害保険を購入する余力がなく、保険システム以外のリスクファイナンス手段を供与するこ

表-6 家財の消費パターン (流動性貸付制度)

	1前	1後	2	3	4
低所得層 L_1, L_2 の場合					
預金	z^*	l_1	y	z^*	y
負債	z^*	$z^* + l_1$	$z^* + l_1$	z^*	z^*
家財	z^1	$Y - z^*$	$Y - z^*$	z^1	z^2
消費	0	0	0	0	$Y - z^*$
中所得層 M_1^- の場合					
預金	y	$y - z^* + l_2$	y	y	$Y - z^*$
負債	z^*	$z^* + l_2$	$z^* + l_2$	z^*	z^*
家財	z^1	z^1	z^2	z^1	z^2
消費	0	0	$Y - 2z^*$	0	$Y - z^*$

注) ただし, $l_1 = Y - z^*$, $l_2 = 2z^* - y$ である. l_1, l_2 以上の額を借入れても, 留保したまま第3期に返済することになる.

とが必要となる. なお, 以上では, リスクフェアな保険を対象としてきたが, 保険システムが保険プレミアムを有する場合や, 部分カバー契約が与えられる場合に拡張しても, 保険が部分的に流動性供与機能をもつことを容易に示すことができる.

(3) 政府による流動性貸付制度

家計は災害保険を購入することにより, 被災時に復旧資金が調達できないという流動性被害を回避することができる. しかし, 低所得者層 L_1, L_2 と中所得層 M_1^- は, 災害保険を購入する余力を持たず, 図-6に示すように流動性被害を回避することができない. 以下では, 政府が被災者に復旧資金を無利子貸付するような流動性貸付制度を取り上げる. その上で, 低所得者層を対象とした政府による流動性貸付制度がもたらす経済効果に関して考察しよう.

いま, 家計が被災した場合, 第1期の時点Iにおいて返済が可能な範囲の任意の水準の追加的な借入れが可能であるような流動性貸付制度を考えよう. ただし, 融資は被災後の時点Iにおける1回限りとし, 返済期限は初期負債と同様に2期間と仮定する. すなわち, 家計は被災後に受けた融資額を第2期の期末に返済しなければならない. 表-6は本ケースにおける家計の家財の最適消費パターンを示している. 流動性制約が存在する場合, 低所得層 L_1, L_2 は十分な復旧資金を調達できない. 低所得層 L_1 と L_2 では, 第2期になり, ようやく家財の水準を $Y - z^*$ と \tilde{z} と部分的に復旧できるとどまる. さらに, 低所得層 L は災害保険を購入できない. 流動性貸付制度が導入された時, 家計は第2期の期末に返済が可能な範囲の中で, 復旧資金を借入れることができる. 家計の借入れ額 l_1 は以下の水準に決まる.

$$l_1 = Y - z^* \quad (32)$$

すなわち, 低所得層 L は, 第1期に政府から流動性 l_1 を借入れることにより, 水準 $Y - z^*$ の家財を購入する. これによって, 流動性貸付制度がなければ第2期まで遅延していた部分復旧を第1期に実現できる. なお, 低所得層 L にとって, $l \geq l_1$ を満たす任意の額 l の借入れを行っても, 家財と消費の水準は, 借入額 l_1 の場合と等しくなる. すなわち, 追加借入額 $l - l_1$ は家計の返済能力を超えているため, 第2期の期末における返済のために消費を留保せざるを得ない. その結果, 低所得層 L が再調達する家財は最適水準 z^* より低い水準に止まり, 部分復旧被害は依然として発生することになる. しかし, 流動性貸付制度によって復旧のタイミングを第1期にシフトすることができ, 復旧遅延被害を回避することが可能となる.

また, 中所得層 M_1^- も流動性制約の下では家財を第2期に \tilde{z} の水準に部分的に復旧するに止まる. また, 低所得層 L と同様に, 災害保険を購入することができない. しかし, 政府が流動性貸付制度を導入する場合, 中所得層 M_1^- の家計は

$$l_2 = 2z^* - y \quad (33)$$

の融資を受けることにより, 第1期に最適水準 z^* の完全復旧を行うことが可能となる. 中所得層 M_1^- は, 第1期の被災後に $y - z^*$ の預金を残しているため, l_2 とあわせることにより, z^* の復旧資金を準備できる. かつ, 初期負債とあわせた負債残高 $z^* + l_2 = 3z^* - y$ は, 第1期と第2期の給与の和 Y より小さいため, 返済が可能な範囲にある. その結果, 中所得層 M_1^- は, 政府の流動性貸付制度によって流動性被害を回避することが可能となる.

各所得層の第1サイクルの厚生水準は

$$W^G(Y; L) = 2v(Y - z^*) \quad (34a)$$

$$W^G(Y; M_1^-) = 2v(z^*) + Y - 2z^* \quad (34b)$$

と表せる. ただし, 上付き添え字 G は, 政府による流動性貸付制度から追加融資を受ける場合を表している. また, 第1期の時点Fで評価した第1サイクルの期待厚生水準は次式で表される.

$$EW^G(Y; L) = Y + \tilde{C}(z^*) - pz^* - p\Delta\tilde{C}(Y - z^*) \quad (35a)$$

$$EW^G(Y; M_1^-) = Y + \tilde{C}(z^*) - pz^* \quad (35b)$$

なお, 中所得層 M_1^+, M_2 は, 保険購入と流動性貸付制度から追加融資を受けることが無差別となる. 高所得層 H は, 流動性貸付制度から追加融資を受けても, 第3期の期首に同額返済しなければならない. したがって, 流動性貸付制度から, 追加融資を受ける誘因は存在しない. これより, つぎの命題3が得られる.

(40a)

$$dEW^G(Y; M_1^-) = dEW^I(Y; M_1^+) = dEW^I(Y; M_2)$$

$$= dEW(Y; H) = z^* \cdot (-dp) \quad (40b)$$

すなわち、中所得層 M 、高所得層 H は、災害リスクを完全にヘッジ可能となる。しかし、低所得層 L は、流動性被害からは完全には回避できないため、防災投資は期待被害額の低減効果だけでなく、期待部分復旧被害額の減少効果を有している。

以上では、リスクファイナンス手段として、災害保険と流動性貸付制度をとりあげた。流動性制約は、本質的には貸し手と借り手の間の情報の非対称性によって発生する。すなわち、貸し手が借り手の返済能力を信用しない場合、借り手にとっては返済可能な復旧資金を借入れることができないという2重負債の問題が発生する。特に、家計が従前の負債契約において土地や家財を担保としていた場合、新規負債契約における担保が存在しない。保険契約では、家計が事前に保険料を支払うことにより、保険契約で定められている保険金を獲得することが可能となる。保険金の支給により、家財の復旧に必要な流動性を調達することが可能となる。しかし、周知のとおり、保険契約においても、情報の非対称性に起因する逆選抜とモラルハザードの問題が介在する。政府による流動性貸付制度においても、流動性を貸付ける主体が、民間主体から公共主体に移行した点を除いて、貸し手と借り手との間における情報の非対称性の問題が解決したわけではない。流動性の貸付けにあたって、厳格な返済能力の審査が不可欠である。しかも、低所得層 L にとって、流動性貸付制度を利用することにより復旧遅延被害は解消するものの、部分復旧被害は解消しない。また現存の地震や水害に対する保険制度には限度額が存在し、フルカバーの補償はなされていない。すなわち保険を購入したところで、完全復旧には保険金以外の資金が必要となるため、流動性被害リスクを完全に排除することはできない。したがってリスクファイナンスによる流動性被害の回避効果は限定的となり、防災投資により災害リスクを減少することが重要となる。

(5) 既存不適格性と流動性被害

本研究では、家計が家財を購入した時点以降に災害リスク情報が到着するような状況を想定している。災害リスク情報が到着した時点において、家計が保有する資産としての家財は、新しい災害リスク環境に対して、十分なヘッジがなされていない。家計の家財は既存不適格の状況に置かれる。中所得層 M_1^+ , M_2 の家計は新しい災害リスク環境の下でも保険を購入することにより、事後的にリスクポジションを改善できる。しか

し、低所得層の家計は災害リスクに対して十分な対応がとれず、災害時には流動性被害を受けることになる。

防災投資による流動性被害の軽減便益の意義について議論するために、まず家財が既存不適格の状態に置かれていない場合について考えよう。もし、災害リスクが第1期の時点 C よりも早い時点で判明していれば、家計は災害リスクを考慮して家財の水準を選択することができる。家計が合理的であれば、保険料も含めた家財の実質価格 $1+p$ を考慮して、家財の水準を決定する。すなわち予算制約を満足する限り、家財の水準は最適条件式 (2) の右辺が $(1+p)/2$ となるような水準に決定され、最適水準 z^* より低い水準となる。そして家財の損壊リスクは保険によりカバーされており、流動性被害は発生しないことになる。現実には、このような状況においても、たとえばリスクの不認知や複数リスク間の競合等により、家計が災害リスクに対して十分な対応をとらず、災害時に流動性被害を受ける可能性は否定できない。しかし、この問題を分析するためには、本研究とは異なる分析枠組みを採用することが必要である。

つぎに、家計の家財が既存不適格となる（災害リスク情報が家財の購入後に到着する）理由について考察しよう。既存不適格が発生する最大の理由の1つとして、災害リスクが集合的に変容することがあげられる。たとえば、地球温暖化や流域の開発等により、水害リスクが増加する場合もある。このようなケースは、災害リスク自体が変化している。あるいは、制度的・技術的理由により、災害リスクが変容する場合もある。ハザードマップ等が準備された時点では、多くの家計にとって家財の投資はすでに終了している。住宅の耐震性に関する既存不適格の問題も、制度の変更に伴う災害リスクの変化である。このように制度的・技術的な変更が加えられれば、家計は従前には認識しなかった災害リスクに直面する。以上で指摘した災害リスクの変容リスクの特性は、多くの家計が同時に直面する問題であり、個々の家計が制御できない集合的性格を持っている点にある。すなわち、家計が合理的に通時的な意思決定を行っていても、家計が直面する災害リスクが変化し、結果として家計が流動性被害リスクに直面する。いわば、家計にとって不可抗力として、流動性被害が発生する。災害リスクが時間とともに変化すれば、家財の既存不適格性がもたらす流動性被害のポテンシャルも、常に再生産されていく可能性がある。防災投資の経済評価において、家計の流動性被害を検討する意味は、災害リスクの不可逆的な変化に家計行動が対応するための費用を明示的に考慮する点にあると考えられる。

5. おわりに

従来、災害により家計が被る経済損失は、災害により損壊・喪失した家財の価値により評価されてきた。しかし、家計が資産の復旧資金を容易に調達できない場合、家財を従前の状態に復旧できず、復旧後の家財ストックが低い水準に止まったり、資産の復旧過程が遅延することにより厚生水準が低下する可能性がある。特に、家計が2重負債を負う場合、金融機関から復旧資金の融資を受けられないという流動性制約に直面する。本研究では、家計の復旧行動モデルを定式化し、家計が流動性被害を被るメカニズムについて分析した。さらに、家計災害保険の購入行動を分析し、災害保険が流動性供与機能を有することを明らかにした。その結果、家計が流動性制約に直面する時、防災投資は期待被害額の減少効果以外に、流動性被害の回避便益を有することを明らかにした。しかし、本研究では流動性被害や保険の流動性供与機能について明快な構造を導出するために、可能な限りモデルを単純化している。当然のことながら、本モデルの仮定の中には、仮定を複雑化したとしても結論が成立するものや、結論が仮定に決定的に依存しているものが存在する。ここでは以下の点を補足しておこう。第1に、本モデルでは合成財に関して準線形効用関数を採用し、家計が最適な家財水準を選択するような状況を想定している。これにより、流動性制約に関する議論が大幅に単純化できるという利点がある。しかし、家計の選好において家財と合成財の代替関係が存在する場合、被災後の最適な家財の復旧水準が、被災前の水準と一致する保証はない。この場合における流動性被害の定義と計測方法に関して、今後分析することが必要である。また、本研究では、暗黙の内に、被災後においても、家計が従前の所得を獲得しながら、同一の居住地に住み続けることを前提としている。家計の中には、転職や転居を余儀なくされる家計も存在する。今後、このような家計が被る被害について、検討を進めることが必要である。第2に、本研究では各世代の家計の生存期間と家財の耐久期間を同一にして、各世代の家計と家財が同時に入れ替わるパターンの繰り返しを想定している。しかし実際には家計の将来視野の長さは多様であり、家財の耐久期間と一致しないことが一般的である。既に横松・小林は多様な将来視野を持つ家計を想定し、住宅の再建モデルを用いて、住宅再建補助制度導入の便益の帰着先について分析している²⁶⁾。しかし、家計の視野の終端時点で資産価値が残る状況を想定した行動モデルでは、意思決定が遺産動機の有無や中古市場、リバースモーゲージ契約の存在などの終端条件に決定的に依存するという難点がある。本研究では流動性被害の分析に焦点を

表-A1 家財の消費パターン

	$2k_0 - 1$	$2k_0$	$2(k_0 + 1) - 1$	$2(k_0 + 1)$
$z^*/2 \leq y < z^*$ が成立する場合				
預金	$\alpha + \beta$	$\alpha + \beta - z^* + y$	z^*	y
負債	β	β	z^*	z^*
家財	z^1	z^2	z^1	z^2
消費	0	x	0	$Y - z^*$
$z^* \leq y$ が成立する場合				
預金	$\hat{\alpha} + \hat{\beta}$	$\hat{\alpha} + \hat{\beta} - z^* + y$	y	$Y - z^*$
負債	$\hat{\beta}$	$\hat{\beta}$	z^*	z^*
家財	z^1	z^2	z^1	z^2
消費	0	\hat{x}	0	$Y - z^*$

絞るために、事象の順序関係により場合によっては自動的に遺産が残ることもありえる家計行動モデルを定式化し、終端条件の設定がもたらすモデルの複雑化を避けることとした。しかしながら特に住宅に関しては、住宅ローン等について住宅特有の制度が数多く存在する。今後、家計の家財復旧行動において、家計行動に影響を及ぼす制度的要素に関して注意深く分析することが必要である。第3に、本モデルでは災害が第1期でのみ発生すると仮定している。第2期以降にも災害が繰り返し発生する場合にモデルを拡張することは容易である。しかし、第2期以降の時点では、家計は災害の発生リスクを知っており、家計は災害リスクを考慮して家財の水準を決定することが可能である。家計が家財と同時に保険を購入するのであれば、流動性被害は発生しない。現実には、家計が災害リスクを知っていても、保険を購入しない場合がありうる。このような家計の保険行動に関しては、複数リスクの下での家計の危険回避行動を分析するなど、本研究とは別の分析枠組みが必要となる。

付録

1) 基本パターンの最適性の証明

基本パターンの最適性は、1)家財の最適水準が z^* に決まること、2)負債契約の上限が z^* で与えられていること、そして3)家計が子孫に対する利他的選好をもたないことの3つの要因で説明される。はじめに所得 y が $z^*/2 \leq y < z^*$ の範囲にある家計について考えよう。いま何らかの理由によって、ある第 k_0 サイクルの世代の家計が第 $2k_0 - 1$ 期の期首に財産 α を受け取ったとしよう。第 $2k_0 - 1$ 期の時点aにおける家計の新規借入れ額 β は、上記の要因1)2)により以下の条件を満たす必要がある。

$$\alpha + \beta \geq z^* \tag{41a}$$

$$\beta \leq z^* \tag{41b}$$

家計が家財 z^* を購入し、給与 y を得ると、表-A1 に示すように第 $2k_0$ 期の貯蓄残高が決まる。家計の第 $2k_0$ 期の消費水準を x とすると、 x は以下の条件を満たさなければならない。

$$(\alpha + \beta - z^* + y) - x \geq 0 \tag{42a}$$

$$(\alpha + \beta - z^* + y) - x + y \geq \beta \tag{42b}$$

式(42a)は消費が第 $2k_0$ 期の貯蓄残高を超えてはいけないことを、式(42b)は貯蓄残高から消費を差し引き、第 $2k_0$ 期の給与を加えた資金によって負債 β を返済しなければならないこと意味している。式(42a)(42b)を x について整理すると、

$$x \leq y + \beta - z^* + \alpha \tag{43a}$$

$$x \leq 2y - z^* + \alpha \tag{43b}$$

家計は上記の要因3)によって次世代に遺産を残す動機をもたず、 x を最大化する。 $y < z^*$ と条件(41b)を考慮すると最適化行動は、

$$y \leq \beta \leq z^* \tag{44a}$$

$$x = Y - z^* + \alpha \tag{44b}$$

すなわち家計は受け取った財産 α を消費し尽くす。また、第 $2k_0 - 1$ 期の期初に y 以上の借入れを行うことによって、遺産を残さないようにコントロールする。その結果、第 $k_0 + 1$ サイクルからは基本パターンが繰り返されることになる。

所得が $y \geq z^*$ の範囲にある家計についても同様に考えることができる。上記の変数 α, β, x に対応する変数をそれぞれ $\hat{\alpha}, \hat{\beta}, \hat{x}$ と表そう。 $y \geq z^*$ の家計についても、式(41a)-(43b)と同様の条件式が成立する。しかし今回は $y \geq z^*$ と条件(41b)より $\beta \leq z^* \leq y$ が成立し、それによって条件式(43a)(43b)のうち式(43a)が拘束的となる。そして最適化行動は、

$$\hat{\beta} = z^* \tag{45a}$$

$$\hat{x} = y + \hat{\alpha} \tag{45b}$$

すなわち家計は第 $2k_0 - 1$ 期の期初に上限いっぱい の負債契約を結び、消費水準を $y + \alpha$ まで引き上げる。そして、第 $2k_0$ 期の消費直後に貯蓄残高は一時的に0になる。その後、家計は給与収入 y を得た後に、負債 z^* を返済し、遺産 $y - z^*$ を残すことになる。その結果、第 $k_0 + 1$ サイクルからは基本パターンが繰り返されることになる。

2) 部分復旧した家財の消費期間が1期間となることの証明

所得層 L_1, L_2, M_1 の家計は第2期に家財を部分復旧する。家財は2期間の耐久性をもつため、第3期に誕生した家計は、第2期に復旧した家財を相続して第3期の間使用することができる。それにもかかわらず、第3期

表-A2 家財の消費パターン (所得層 L_1, L_2, M_1)

	2	3	4	5	6
低所得層 L_1 の場合					
預金	y	z^*	$z^* + y$	z^*	$z^* + y$
負債	z^*	z^*	z^*	z^*	z^*
家財	$Y - z^*$	$Y - z^*$	\tilde{z}^1	\tilde{z}^2	\tilde{z}^1
消費	0	0	$Y - \tilde{z}$	0	$Y - \tilde{z}$
低所得層 L_2 の場合					
預金	y	z^*	$z^* + y$	z^*	$z^* + y$
負債	z^*	z^*	z^*	z^*	z^*
家財	\tilde{z}^1	\tilde{z}^2	\tilde{z}^1	\tilde{z}^2	\tilde{z}^1
消費	$Y - z^* - \tilde{z}$	0	$Y - \tilde{z}$	0	$Y - \tilde{z}$
中所得層 M_1 の場合					
預金	$Y - z^*$	y	Y	y	Y
負債	z^*	z^*	z^*	z^*	z^*
家財	\tilde{z}^1	\tilde{z}^2	\tilde{z}^1	\tilde{z}^2	\tilde{z}^1
消費	$Y - z^* - \tilde{z}$	0	$Y - \tilde{z}$	0	$Y - \tilde{z}$

注) \tilde{z}^1, \tilde{z}^2 はそれぞれ \tilde{z} の家財の1期目、2期目を表す。

の家計は第3期の期初に自ら z^* の家財を購入することが最適となる。すなわち第2期に復旧した家財は1期間のみ使用され、第3期には基本パターンが再開する。以下、そのことを証明する。

各世代の家計の基本パターンにおける厚生水準は、

$$W(Y; \bar{\gamma}) = 2v(z^*) + Y - z^* \quad (\gamma = L_1, L_2, M_1) \tag{46}$$

いま、第3期に誕生した家計が、第2期に部分復旧した家財を第3期まで使用して処分する場合、表-A2に示すような消費パターンが得られる。これらの家計は第4期には1期間の最適水準 \tilde{z} の家財を購入する。表-A2では、第5期に誕生する家計についても、第4期に新調された \tilde{z} の家財を第5期まで使用する例が示されている。このパターンにおいて第3期に誕生した、各所得層の家計の厚生水準は以下ようになる。

$$W^a(Y; \bar{L}_1) = v(Y - z^*) + v(\tilde{z}) + Y - \tilde{z} \tag{47a}$$

$$W^b(Y; \bar{\gamma}) = 2v(\tilde{z}) + Y - \tilde{z} \quad (\gamma = L_2, M_1) \tag{47b}$$

いま、所得層 L_1 の家計について、 $Y - z^* < \tilde{z}$ より、

$$W^a(Y; \bar{L}_1) < W^b(Y; \bar{L}_1) = 2v(\tilde{z}) + Y - \tilde{z} \tag{48}$$

そして、 $\gamma = L_1, L_2, M_1$ について、

$$\begin{aligned} W(Y; \bar{\gamma}) - W^b(Y; \bar{\gamma}) &= 2\{v(z^*) - v(\tilde{z})\} - \{z^* - \tilde{z}\} \\ &> 2v'(z^*)\{z^* - \tilde{z}\} - \{z^* - \tilde{z}\} = 0 \end{aligned} \tag{49}$$

2行目の不等号は $v''(z) < 0$ より、最後の等号は $v'(z^*) = 1/2$ より成立する。ゆえに、

$$W(Y; \bar{L}_1) > W^b(Y; \bar{L}_1) > W^a(Y; \bar{L}_1) \tag{50a}$$

$$W(Y; \bar{\gamma}) > W^b(Y; \bar{\gamma}) \quad (\gamma = L_2, M_1) \tag{50b}$$

よって第3期に誕生する家計は、第3期に z^* の家財を購入することが最適となる。なお第5期に誕生する家計が表-A2に示す消費パターンにより得る厚生水準は、いずれの所得層についても $W^b(Y; \bar{\gamma})$ になり、 $W(Y; \bar{\gamma})$ より

も小さい。よって、たとえ第3期の家計が誤って表-A2に示す消費パターンを辿ったとしても、第5期の家計は基本パターンに復帰することを選択する。

3) $z^* \leq y^* < 2z^*$ の証明

所得 y が $z^* \leq y < 2z^*$ の範囲にある家計について、第1期に部分復旧する場合（中所得層 M_2 ）と、第2期に水準 \tilde{z} まで復旧する場合（中所得層 M_1 ）の第1サイクルの厚生水準の差を次式で評価する。

$$\begin{aligned} F(y) &\equiv W(Y; M_2) - W(Y; M_1) \\ &= 2v(y - z^*) - v(\tilde{z}) - y + z^* + \tilde{z} \end{aligned} \quad (51)$$

ただし、 $W(Y; M_2)$, $W(Y; M_1)$ は、式(15d)(15c)で定義される。 $0 \leq y - z^* < z^*$, 式(2)より、

$$F'(y) = 2v'(y - z^*) - 1 > 0, \quad \lim_{y \rightarrow 2z^*} F'(y) = 0 \quad (52)$$

が成立する。すなわち、 $F(y)$ は y について単調増加関数になる。また、中所得層 M に対して、

$$F(z^*) = -v(\tilde{z}) + \tilde{z} < 0 \quad (53a)$$

$$\lim_{y \rightarrow 2z^*} F(y) = 2v(z^*) - v(\tilde{z}) - z^* + \tilde{z} > 0 \quad (53b)$$

が成立する。すなわち、仮定(1b),(3)より、式(53a)の不等号が成立する。また、仮定(5)より、式(53b)の不等号が成立する。以上より、 $F(y^*) = 0$ を満たす y^* が、 $z^* \leq y^* < 2z^*$ の範囲で存在する。

4) 復旧遅延被害の算定方法

家計の生存期間と家財の耐久期間が n 期間であるとす。この場合、消費者余剰は $\tilde{C}(z^*) = nv(z^*) - z^*$ と定義される。一方、被災した場合、家財の復旧が遅延することによって、家計は水準 z^m の家財を m ($< n$) 期間のみ使用して処分するとす。被災しない場合、被災した場合の厚生水準はそれぞれ以下のように表される。

$$W(Y; \bar{\alpha}) = nv(z^*) + ny - z^* \quad (54a)$$

$$W(Y; \alpha) = mv(z^m) + ny - z^* - z^m \quad (54b)$$

期待厚生水準は以下のように表される。

$$\begin{aligned} EW(Y; \alpha) &= (1 - p)W(Y; \bar{\alpha}) + pW(Y; \alpha) \\ &= ny + \tilde{C}(z^*) - pz^* \\ &\quad - p\Delta\tilde{C}(z^m) - p(n - m)v(z^m) \end{aligned} \quad (55)$$

上式の右辺の最後の項は（期待）復旧遅延被害を表す。（期待）復旧遅延被害はさらに以下のように分解される。

$$\begin{aligned} p(n - m)v(z^m) &= p \frac{n - m}{n} \{nv(z^m) - z^m\} + p \frac{n - m}{n} z^m \end{aligned} \quad (56)$$

ここで、遅延期間を $n' = n - m$ と表し、家財水準 z^m を一般的に $z(\gamma)$ と表すと次式を得る。

$$p(n - m)v(z^m) = p \frac{n'}{n} \tilde{C}(z(\gamma)) + p \frac{n'}{n} z(\gamma) \quad (57)$$

右辺第1項は（期待）消費者余剰逸失被害、第2項は（期待）復旧資産遅延被害を表す。

参考文献

- 1) 小林潔司, 横松宗太: 災害リスクマネジメントと経済評価, 土木計画学研究・論文集, Vol.19, No.1, 招待論文, pp.1-12, 2002.
- 2) 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.
- 3) Fisher, I.: *The Nature of Capital and Income*, New York and London: The Macmillan, Co., 1906.
- 4) Phelps, E.S.: The accumulation of risky capital: A sequential utility analysis, *Econometrica*, Vol. 30, pp. 729-743, 1962.
- 5) Yaari, M. E.: Uncertain lifetime, life insurance, and the theory of the consumer, *Review of Economic Studies*, Vol. 32, pp. 137-150, 1965.
- 6) Richard, S.F.: Optimal consumption, portfolio and life insurance rule for an uncertain lived individual in a continuous-time model, *Journal of Financial Economics*, Vol. 2, pp. 187-203, 1975.
- 7) Diamond, P. A. and Mirrlees, J. A.: Insurance aspects of pensions, In: Wose, D.A. (ed.): *Pensions, Labor, and Individual Choice*, The University of Chicago Press, 1985.
- 8) Green, J.R.: The riskiness of private pensions, In: Wose, D.A. (ed.): *Pensions, Labor, and Individual Choice*, The University of Chicago Press, pp. 53-84, 1985.
- 9) Friedman, B.M. and Warshawsky, M.J.: The cost of annuities: Implications for saving behavior and bequests, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 105, pp. 135-154, 1990.
- 10) Johansson, P.-O. and Löfgren, K.-G.: Wealth from optimal health, *Journal of Health Economics*, Vol. 14, pp. 65-79, 1995.
- 11) 横松宗太, 小林潔司: 防災投資による非可逆リスクの軽減効果に関する経済便益評価, 土木計画学研究・論文集, No.16, pp.393-402, 1999.
- 12) 齋藤誠, 柳川範之: 流動性の経済学について (齋藤誠, 柳川範之の編著: 流動性の経済学, 序章), 東洋経済新報社, 2002.
- 13) 石川達哉, 矢嶋康次: 家計の資産選択におけるリスクテイクー現金・預貯金に対する選好と持ち家及び負債との関係ー, ニッセイ基礎研究所, 2002.
- 14) 中川忍, 片桐智子: 日本の家計の金融資産選択行動, 日本銀行調査月報, 1999.
- 15) 小林潔司, 湧川勝己, 大西正光, 伊藤弘之, 関川裕己: 世帯の復旧資金の調達と流動性制約, 土木学会論文集D, Vol.63, No.3, pp.328-343, 2007.
- 16) Holmström, B. and Tirole, J.: Private and public supply of liquidity, *Journal of Political Economy*, Vol.106, No.1, pp.1-40, 1998.
- 17) Leland, H.E. and Pyle, D.H.: Information asymmetries, financial structure and financial intermediation, *The Journal of Finance*, Vol.32, pp.371-387, 1977.
- 18) Bester, H.: Screening vs rationing in credit markets with imperfect information, *American Economic Review*, Vol.75, pp.850-855, 1985.
- 19) Diamond, D.: Financial intermediation and delegated monitoring, *Review of Economic Studies*, Vol.59, pp.393-414, 1984.
- 20) Diamond, D.: Monitoring and reputation: The choice between bank loans and directly placed debt, *Journal of Political Economy*, Vol.99, pp.689-721, 1991.
- 21) Dewatripont, M. and Tirole, J.: A theory of debt and equity: Diversity of securities and manager-

- shareholder congruence, *Quarterly Journal of Economics*, Vol.109, pp.1027-1054, 1994.
- 22) 大西正光, 横松宗太, 小林潔司: 流動性リスクと地震保険需要, 土木学会論文集, No.793/IV-68, pp.105-120, 2005.
- 23) Borch, K.: Equilibrium in a reinsurance market, *Econometrica*, Vol.30, pp.424-444, 1962.
- 24) Borch, K.: *Economics of Insurance*, North-Holland, 1990.
- 25) 小林潔司, 横松宗太: カタストロフ・リスクと防災投資の経済評価, 土木学会論文集, No. 639/IV-46, pp. 39-52, 2000.
- 26) 横松宗太, 小林潔司: 災害保険, 被災者支援制度と住宅選択, 都市計画学会論文集, No.40, pp175-180, 2005.

(2007.4.6 受付)

HOUSEHOLDS' LIQUIDITY CONSTRAINT AND ECONOMIC VALUATION OF DISASTER MITIGATION

Muneta YOKOMATSU, Katsumi WAKIGAWA and Kiyoshi KOBAYASHI

The victims that their physical assets are damaged by a natural disaster may be requested to procure necessary financial resources from financial bodies other than their own financial assets. But, if they are under the liquidity constraints, they can not procure the necessary funds; thus they may be damaged by the delay of the recovery processes. In this paper, the recovery behavior of a single victim household is formulated to investigate the economic loss driven either by the insufficient level of the assets rebuilt or by a delay in the recovery processes. The demand model for the disaster insurance is also formulated to investigate how the insurance money supplies the necessary liquidity for the recovery of the victims. Moreover, it is also investigated that the economic loss caused by liquidity constraints can be mitigated by the anti-disaster proof investment as well as public risk finance vehicles, and the economic evaluation method of the reduction of liquidity damage is presented.