デジタル・ナッジを活用したメッセージ介入による災害時の避難行動促進について

～仮想現実（VR）による実証的研究～

中央大学大学院 戦略経営研究科
森　篤俊

第1章　はじめに

デジタル･ナッジとは、デジタル選択環境（ウェブベースのフォームなど、人々が判断や決定を迫られるユーザーインターフェース）において人々の行動を誘導するためにユーザーインターフェース設計要素を用いる手法である。人々は、日々選択に直面するが、選択の結果は利用可能な選択肢の合理的な検討だけでなく、情報が提示される選択環境のデザインにも影響される。この環境デザインは結果に潜在的な影響を及ぼし、選択される内容は、しばしば選択の提示方法に依存する（Weinmann, Schneider & vom Brocke, 2016）。言い換えればThaler & Sunstein（2021）により定義されるナッジである。

デジタルデバイスの普及と定着化が進む中、ウェブサイトやモバイルアプリなどのユーザーインターフェースは、デジタル選択環境を含んでおり、人々の選択に影響を与えようとしている。例えば、電子商取引の文脈では、商品ページに「残り1部屋」「このプランは100人が閲覧中です」といった表示による希少性効果（数量や時間が限られていると、より価値を感じて急いで行動する心理）により予約の確定を促したりする。また、価格設定では、高価格帯商品に対して、さらに高価格帯の商品を設定し、もともと高価格帯の商品を中間の価格帯の選択肢として提示する「アンカリング（Thaler & Sunstein, 2021）」により、購買を促したりする。スマートドライブアプリでは、スマートフォンのGPSと加速度センサーを使い、急発進・急減速の頻度などの運転データをスコア化し、運転スコアのランキングの表示により、他の利用者と比較させることで「自分も節約運転しよう」という意識の醸成を図ると共に、燃料の無駄な消費の注意的顕著性を上げ、ユーザーの「損失回避性（Kahneman, 2011）」に働きかけることで、エコドライブを促したりする。このようにデジタル・ナッジの活用は、デジタルデバイスの普及と定着化が進む中、行政サービス、医療・ヘルスケア、環境・エネルギー、マーケティング、災害など広範囲かつ多岐に亘る。

本研究では、災害時における人々の避難行動に着目し、効果的な介入メッセージを設計するために、二重過程理論を基盤としたナッジ、避難の意思決定や行動、災害時の認知バイアスに関する先行研究や文献を広く概観・整理する。さらに、実際の災害時に近い高ストレス状況下（仮想現実（VR）環境）で介入メッセージによる避難行動の促進効果の検証を通し、避難行動を促進するための学術的および実務展開に於ける示唆を得ることを目的とする。

第２章　問題意識

私は2011年３月11日に発生した東日本大震災によって引き起こされた被害、復旧と復興に向けた取組みを、これまで目の当たりにして来た。被災した当時の衝撃は非常に大きく、この震災を乗り越え、どのように復旧と復興、そして防災と減災対策が進められていくのか、想像すら出来なかった。

昨今の日本では、都市インフラの脆弱、地震活動の活発化や地球温暖化などにより、豪雨による洪水や地震・津波など、甚大な被害が頻繁化している。これらの災害において人命を守るためには、早期避難をはじめとする適切な行動が不可欠である。しかし、避難しない、あるいは避難行動の遅れに繋がった事例は、表2.1に示す通り、あとを絶たない。

行政やメディアは発災時に情報を迅速かつ広範に発信するが、住民の避難行動に直結しないという隔たりが存在する。この大きな要因の一つが、現状維持バイアスであると考えられ、Thaler & Sunstein（2021）によれば、人は変化だけで恐ろしく、自分が今置かれている状況に強く固執する傾向と示されている。

一方、近年では、スマートフォン等のデジタルデバイスは、単なる情報伝達手段に留まらず、災害時の正確かつ迅速な住民へのリスク認知、避難支援などの重要な役割を担うと共に、災害時の人々の情報処理を支援し、直感や思い込みに依らず、合理的な判断による迅速な避難行動の一翼を担うと考えられる。

表2.1　近年の日本における自然災害の状況

発生	避難の状況
1989年11月 三陸沖地震	アンケート調査の回答者の69％の家庭が、津波に対して危惧の念を抱いているにも関わらず、その約70％の家庭で全員が避難しなかったことが示された（斎藤，1990）。
2011年３月 東日本大震災	津波到達までに避難行動を開始しなかった人、または避難行動を取らなかった人は約37％であり（国土交通省，2011）、生存者と亡くなった人との避難開始時間の平均の差は２分であった（ウェザーニュース，2011）。
2015年９月 東日本台風災害	鬼怒川の氾濫による避難遅延により、約4,300人がヘリやボート等で救出された（国土交通省関東地方整備局，2015）。
2018年７月 西日本豪雨災害	避難指示対象者329,203名に対し実際に避難場所に避難したのは9,489名（約2.9％）であった（広島市，2018）。
2019年10月 東日本台風災害	アンケート調査の回答者の63.9％が被災していたのに対し、44.6％は避難していなかったと回答した（長野市，2020）。

第３章　既存研究のレビュー

3.1　二重過程理論

Kahneman（2011）による二重過程理論は、人間の思考や意思決定は、２つの異なる認知プロセスによって行われるという理論であり、システム１は、直感的・高速・無意識な思考を担い、システム２は、制御的・低速・意識的な思考を担うとされる。

一方、関谷・田中（2016）の研究では、災害時の行動において「過去の避難行動（避難行動の実態）」か「将来の避難行動（避難の行動意図）」の何れかしか問えず、行動意図と行動の関連性を分析するモデルを構築することが、そもそも困難であると主張している。井上・山本・森川・横井・

澁谷（2023）の研究においても、平時に実施するアンケート調査で非常時の行動の推察には限界があると主張している。さらに、Ohtomo, Kimura, Kawata & Tamura（2018）の研究では、災害時においては、システム１の直感的な危機感を喚起するコミュニケーションが、避難行動を促進するために必要としている。このようにシステム２の制御的・意識的な認知プロセスに立脚した災害時の危険な場所や避難所の場所を「知る」気象情報や避難勧告で災害の危険性を「察知する」避難所や安全な場所に「判断して避難する」といった避難訓練は、迅速な避難行動には繋がらなかった可能性が高いと推測される。

3.2　ナッジおよび防災・避難ナッジの概念整理

ナッジとは、Thaler & Sunstein（2021）により「選択を禁じることも、経済的なインセンティブを大きく変えることもなく人々の行動を予測可能な形で変える選択アーキテクチャのあらゆる要素である」と定義され、Nakano, Yamori & Culau（2022）の研究では、ソフトな介入・干渉によって、ある選択肢を取るようにそれとなく働きかける環境（選択アーキテクチャ）をデザインする手法であり、注意を引くために人をひじでそっと突くというナッジ（nudge）に由来するとある。

Nakano et al.（2022）は、ナッジを防災・避難領域へ適用するために、縦軸に「合理的・意識的人間モデル／本能的・反射的人間モデル」横軸に「選択の強制（リバタニアリズム）／選択の自由（パターナリズム）」という二項対立軸を置いた図3.1により整理した。図3.1の上方が合理的な選択に基づくジャッジ領域とし、下方を本能的･反射的な選択に基づくナッジ領域と位置付け、ジャッジ領域とナッジ領域との相互利用の重要性について主張している。

また、システム２の合理的・意識的な認知決定プロセスに立脚した避難訓練・指示、防災活動、気象情報などは、図3.1の上方のジャッジ領域に位置付けられ、システム１の本能的・反射的なプロセスに立脚した「色分けされた電柱」「避難タワーの双眼鏡」「率先避難者」「稲むらの火」は、図3.1の下方のナッジ領域に位置付けられている。ジャッジ・ナッジ領域に位置付けられた各項目それぞれの要素を表3.1に示す。

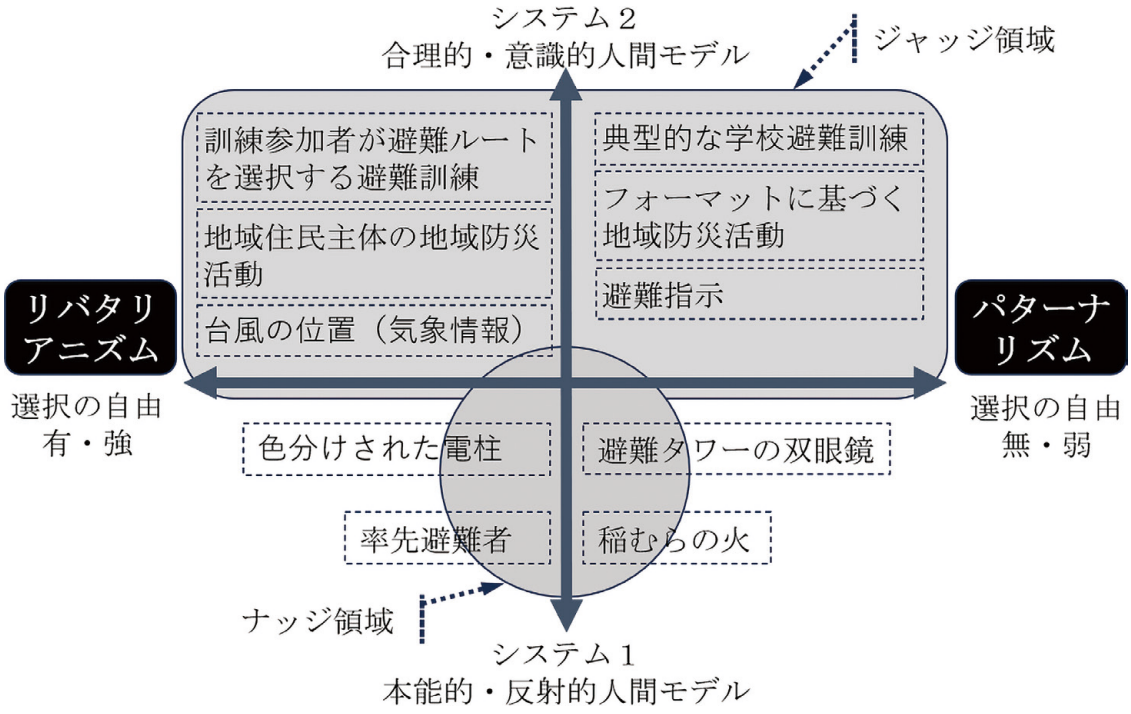


図3.1　Nakano et al.（2022）による防災・避難ナッジの概念図

表3.1　Nakano et al.（2022）によるジャッジ・ナッジ領域における具体例

項目		内容
ジャッジ領域	訓練参加者が避難ルートを選択する避難訓練	ハザードシミュレーション等を踏まえ、訓練参加者自身が避難ルートや避難方法を主体的に検討・選択する訓練であり、合理的かつ意識的判断および参加者に選択の自由が確保される（図3.1の左上）。
	地域住民主体の地域防災活動	地域の災害リスクや社会状況を踏まえ、災害への対応方法を主体的に検討・計画する防災活動であり、行政などが用意した形式に住民が従うだけではなく、地域住民主体の判断や選択への関与が確保される（図3.1の左上）。
	台風の位置（気象情報）	台風の接近や特別警報等の気象情報は、行為当事者による行動の自由が「避難指示」と比べ、相対的により多く確保される（図3.1の左上）。
	典型的な学校避難訓練	教師等によって「正しい逃げ方や身の守り方」が一意的に定められた形式で実施される訓練であり、訓練参加者側に（児童・生徒）行為選択の余地がほとんど残されていない（図3.1の右上）。
	フォーマットに基づく地域防災活動	行政等の指導のもと、既成の形式に沿って地域防災計画を策定する活動であり、住民の主体的な判断や選択への関与が限定される（図3.1の右上）。
	避難指示	行為当事者が避難指示に基づいて合理的に避難判断するとの前提に立った上で避難するという意思決定に強く介入・干渉する（図3.1の右上）。
ナッジ領域	色分けされた電柱	津波リスクの高いチリのペジュウアにおいて、海岸から高台に向かう道路沿いの電柱を津波浸水リスクに応じて、より直感的にリスクを理解できる警戒色（緑・黄・赤）により色分けし、避難すべき高さやリスクの程度を直感的に理解させ、迅速な避難判断を促している（図3.1の左下）。
	率先避難者	小中学生らに「率先避難者たれ」と教える防災教育（ジャッジ領域）と走って逃げる率先避難者への同調によって避難を促すメカニズムであり、本能的・反射的な意思決定に働きかけるナッジ領域に位置づけられる（図3.1の左下）。
	避難タワーの双眼鏡	三保の松原の津波避難タワーは、富士山を望む展望台の上部に双眼鏡が設置され、ここを観光ルートに設定することで、土地勘のない観光客に避難場所確認を促すナッジとして機能している（図3.1の右下）。
	稲むらの火	安政南海地震の時、村長が高台の稲むらに火を放ち、低地の住民が火災を消そうと高台に集まったことで津波から多くの命を救った。火災は、本能的・反射的な意思決定により人々に避難を促すナッジとして機能している（図3.1の右下）。

3.3　災害時の認知バイアスについて

現状維持バイアスとは、Thaler & Sunstein（2021）により、人は変化だけで恐ろしく、自分が今置かれている状況に強く固執する傾向であり「損失回避性」「参照点依存性」「注意力不足」などに影響すると示される。また、Kahneman（2011）によれば、人々は富や効用の合計の長期的な見通しではなく、参照点（基準点）を現状として、利得と損失に対する瞬間的な感情反応に従って行動すると示されている。

現状に何らかの変化が起こることによって得られる利得よりも、そこで生じる損失の方を過大に評価する傾向と関係すると考えられ、吉田(2024)により「避難コスト（避難所までの移動の危険性、避難所の不便さ、避難所での健康悪化など）を自宅残留コストより過大に見積り避難行動をとらない」あるいは「自宅に残留して被害を受けない可能性を過大に見積り、避難コストを高く感じる損失回避の意識が生じ避難行動をとらない」と示されている。

Fleming, Thomas & Dolan（2010）によるfMRI（機能的磁気共鳴画像法）の画像診断を使った脳の研究では、人はデフォルト以外を選択する時、より難しい判断や自己制御に関わる前頭前野が活性化することが示されており、認知的負荷を避け、現状維持が選ばれやすくなる傾向が示唆される。またSunstein（2015）により、デフォルトを維持して変更を避けようとする現状維持バイアスは、基本的に判断が難しい時に固着しやすく、専門的もしくは不案内な分野で特に有力となると主張されている。つまり普段から馴染みのない災害時の避難行動は、まさに不案内かつ判断が難しい状況であり、より難しい判断や自己制御が求められ、現状維持バイアスが固着し易い状況と考えられる。

また、菊池（2018）は、現状維持バイアスの影響を受け、自分の選択を支持する情報を優先的に

集め、反対の意見や情報を無視または軽視する確証バイアスを示し、避難勧告に対し、過去に何も起こらなかった多くの経験を根拠に避難行動をとらない「オオカミ少年効果」も確証バイアスによって強化されると主張している。

3.4　災害時の避難意図・行動の分析について

人々は、発災時に迫りくる危険や脅威に対し、正しく認知・評価出来ず、避難しない、あるいは避難行動の遅れに繋がった事例は表2.1に示した通りあとを絶たず、避難行動の促進を図るためには、その避難意図・行動について理解する必要がある。

Ohtomo et al.（2018）は、避難行動率の低さが問題となった2018年の西日本豪雨において、岡山県が実施したアンケート調査データをもとに集中豪雨時の住民の避難行動の決定要因について分析した。ほとんどの住民が豪雨前にハザードマップを認知していたが、浸水を予測した住民は、ほとんどいなかった。ほとんどの住民は避難シェルターを知っており、事前に避難計画を立てていた。しかし、家が被害を受けたにも関わらず、避難しようとしなかった住民もいたと分析している。また、ハザードマップや洪水予知などの理性的な判断は、システム２に依存するため、避難行動の選択には影響せず、災害時の住民の意識を喚起し、避難行動の促進を図るためには、直感的な危機感によるシステム１への働き掛けが必要であることを主張している。藤村・藤見・田中・AULADY（2019）は「釜石の奇跡」でも見られた率先避難者の有効性について検証し、率先避難者という平時とは異なる環境を認識させることにより、現状維持バイアスを克服できることを示した。つまり、率先避難者は、直感的な危機感を与え、基本的に判断が難しい状況において、固着しやすく専門的もしくは不案内な状況で特に有力となる現状維持バイアスを克服し避難行動を促進したと考えられる。

一方、ナッジをデジタル文脈に適用する研究も進んでいるが、災害コミュニケーション領域では実証的研究が少なく、適切な行動を促すための効果的な表現（メッセージ設計）の知見は不足している。Mirbabaie, Ehnis, Stieglitz, Bunker & Rose（2021）は、2019・2020年のオーストラリア・ニューサウスウェールズ州で発生した山火事で投稿されたXのデータを分析し「アンカリング」「印象的なビジュアル」「フレーミング」などといったデジタル・ナッジは、ユーザーにリツイートという意思決定を促す上で最も有効であったことを示している。しかし、デジタル・ナッジがリツイート以外の行動変容を伴う意思決定を効果的に誘導するかどうかは不明であり、今後の研究課題としている。

第４章　仮説の設定

4.1　現状維持バイアスに影響する要因

先ず「損失回避性」の影響である。人は変化だけで恐ろしく、変化に伴うデメリットは、メリットより強く感じられ、人は自分が今置かれている状況に固執する傾向が広く見られる（Thaler & Sunstein, 2021）。人々は発災時に普段から馴染みのない避難行動を損失と捉え、現状を維持することを選択し、避難しない、または避難行動の遅れに繋がると考えられる。この場合、避難行動が、損失と認識されている点が原因となると考えられる。そこで、「フレーミング効果（Kahneman, 2011）」による避難行動をとらないことの損失を強調するメッセージ、あるいは避難行動をとることの利得を強調するメッセージにより、人々の避難行動の促進が期待できる。

第２に「損失回避性」と共に考慮すべきなのが「参照点依存性」の影響である。Kahneman（2011）が提唱したプロスペクト理論では、人々は富や効用の合計の長期的な見通しではなく、参照点（基準点）を現状として、利得と損失に対する瞬間的な感情反応に従って行動する。また、参

照点の価値はゼロと仮定され、そこから下回る変化は「損失」上回る変化は「利得」として認識されると示されている。さらにThaler & Sunstein (2021)により「失う痛みは得る喜びの２倍になる」と示されている。従って、この参照点を変えられるようなメッセージによって人々の避難行動の促進が期待できる。

第３に、現状維持バイアスの原因の一つとしてあげられる「注意力不足」の影響である。Miceli (2020) は、現状維持選択肢が他の非現状維持選択肢よりも顕著に認識されることで人々が現状維持を選択しやすくなる可能性と、非現状維持選択肢が視覚的に際立つことで現状維持を選択する傾向が弱まる可能性について検証し、差別化された非現状維持選択肢への注意が、現状維持バイアスの重要な潜在的要因である可能性について指摘している。これらを踏まえると、避難行動においても、視覚的に顕著なメッセージや避難行動を促す視覚情報を提示することで、避難という選択肢への注意が喚起され、避難選択率の向上および避難行動の促進につながることが期待できる。

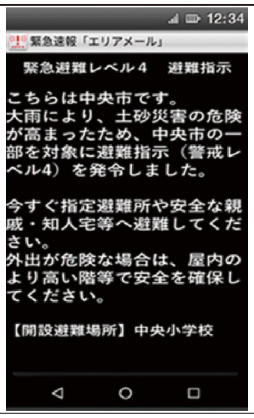
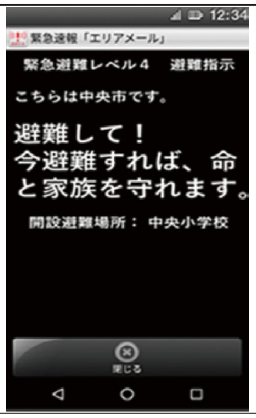
第４に、過去の被災経験が意思決定に大きな影響を与えると考えられ、メッセージの受け取り方や行動への反応が異なる可能性がある。被災経験者は、災害リスクをより現実的に捉えやすいと考えられることから、避難すれば安全が得られるといった利得を強調するメッセージによって、避難行動の促進が期待できる。

最後に、考慮すべき点として、近年、災害時の情報伝達手段として欠かせなくなったスマートフォンなどのデジタルデバイスにおけるユーザーインターフェース（以下UIと呼ぶ）である。ユーザーが、メッセージを開いた瞬間に、まず「これは自分にとって重要な通知か否か」が判断でき、その次に「どう行動すれば良いか」が直感的に認知できる構成が望ましいと考えられる。

4.2　介入メッセージ

4.1項の「現状維持バイアスに影響する要因」から、表4.1の４つの介入メッセージを作成した。

表4.1　介入メッセージ

	1.基準メッセージ	2.利得メッセージ	3.損失+視覚情報メッセージ	4.利得+視覚情報メッセージ
介入メッセージ				
期待される効果	**●自治体から発信される避難指示のエリアメールのメッセージ**	**●損失回避性** フレーミング効果により避難行動をとることの利得を強調し、避難行動を促す。 **●参照点依存性** 「命と家族を守る」により、他者の為に避難するといった利他性を想起させ参照点の変更を促す。	**●損失回避性** フレーミング効果により避難行動をとらないことの損失を強調し、避難行動を促す。 **●参照点依存性** 「命を失う」により死を想起させ参照点の変更を促す。 **●注意力不足** 視覚的に顕著な選択肢を提示した視覚情報により避難行動を促す。 **●直感的に認知可能なＵＩ**	**●損失回避性** フレーミング効果により避難行動をとることの利得を強調し、避難行動を促す。 **●参照点依存性** 「命と家族を守る」により他者の為に避難するといった利他性を想起させ参照点の変更を促す。 **●注意力不足** 視覚的に顕著な選択肢を提示した視覚情報により避難行動を促す。 **●直感的に認知可能なＵＩ**

4.3　実験仮説

4.1項の「現状維持バイアスに影響する要因」および4.2項の「介入メッセージ」から下記の通り、仮説１～４を設定した。

・仮説１：「２.利得メッセージ」「３.損失＋視覚情報メッセージ」「４.利得＋視覚情報メッセージ」は「１.基準メッセージ」に比べ、避難行動を促進する。

・仮説２：「３.損失＋視覚情報メッセージ」は「２.利得メッセージ」「４.利得＋視覚情報メッセージ」に比べ、避難行動を促進する。

・仮説３：視覚情報を強調し、注意的顕著性を上げると、その選択肢の選好率は上昇し、避難行動を促進する。

・仮説４：被災経験者に対しては「２.利得メッセージ」「４.利得＋視覚情報メッセージ」が最も避難行動を促進する。

第５章　分析方法

現状維持バイアスは、基本的に判断が難しい時に固着しやすく、専門的もしくは不案内な分野でとくに有力となる。しかし、先行研究におけるナッジの効果検証や避難行動における要因分析は、ほとんどがアンケート方式による調査に依存しており、判断が難しく現状維持バイアスが固着しやすい状況での検証には、必ずしも有効とは言えない。また、人々は富や効用の合計の長期的な見通しではなく、参照点（基準点）を現状として、利得と損失に対する瞬間的な感情反応（システム１）に従って行動すると示されることから、実際の災害発生時に近い状況下での検証が必要であると考えられる。

一方、災害の発生は、予測困難であり、突発的である。人工的に発生させることも困難である。平時の検証による避難行動の推測と実際の災害時の避難行動において隔たりが生じることは、容易に想像出来る。本研究では、現実の災害状況下に近い高ストレス下で実験するため、仮想現実（VR）環境におけるメッセージの検証を行うこととした。

なお、各被験者に対しては、実験後に避難理由についてアンケート（自由記述）を行った。

5.1　被験者のプロフィール

伊藤ら（2025）の研究では、災害時の「避難しなかった」と「避難出来なかった」という２つの避難行動に焦点を当てて比較分析し，避難行動の特性の違いを示した。特に「避難できなかった」では、30～40歳代で特徴的な結果が見られた。

具体的には「自宅の立地場所の特徴がわからない」「ハザードマップへの理解を家族に任せている」「自宅が安全な場所にあるのかわからない」などの理解を家族に任せ、避難行動に対して否定的であったと分析している。本研究では、避難行動に対して否定的な傾向を有する年代を中心に検証することで、より実効性ある示唆が得られると考え、図5.1の通り、年代別の構成は30～40歳代を中心に、男女別の構成は、ほぼ同じ比率になるよう被験者を募り実験に臨んだ。

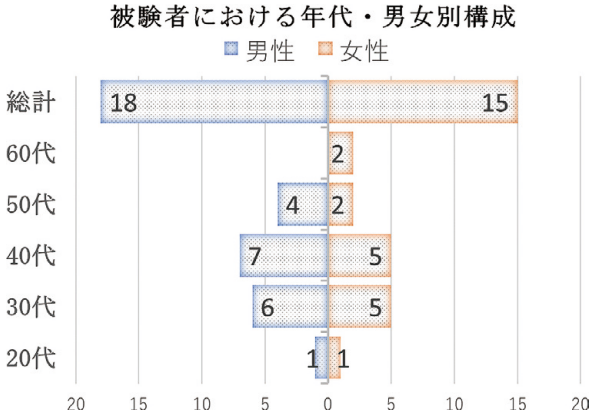


図5.1　被験者における年代・男女別構成

5.2　実験プロセスと状況設定

本実験は、被験者に４つのシナリオから成る

150秒の仮想現実（VR）映像を視聴頂き、避難意思が生じたらボタンを押すことを依頼した。提示順に起因する順序効果や繰り返しに伴う慣れや疲労による被験者の反応への影響を最小化するため、図5.2の通り、被験者単位に約１週間以上の期間を空け、２シナリオずつの仮想現実（VR）映像の視聴とアンケート回答を１ブロックとする形態で実証実験を行った。また、実証実験に際し、被験者が同一の条件下で意思決定を行えるよう下記３つの前提となる状況設定を行い、シナリオの提示順についても被験者単位にランダムに割り当てた。

●状況設定１：あなたは、図5.3のような場所の自宅に今一人で居ます。（赤丸）
●状況設定２：居住地域では、連日雨が降り続いており河川の氾濫や土砂災害の危険があります。
●状況設定３：避難場所への経路は把握しており、移動手段や経路の安全は確保されています。



図5.2　実証実験プロセス



図5.3　状況設定（居住場所）



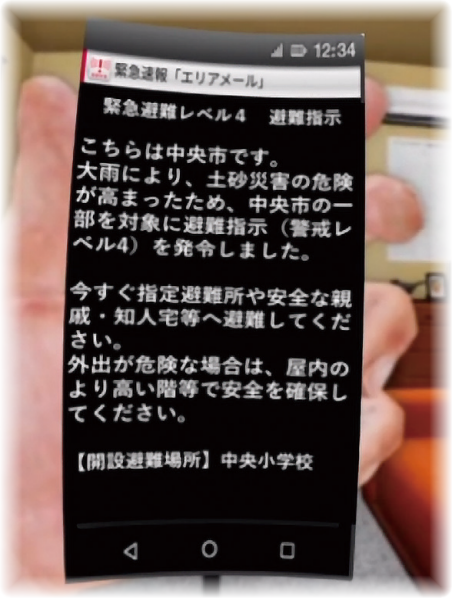
図5.4　実証実験の様子

5.3　実験シナリオ

仮想現実（VR）映像による実験シナリオを表5.1に示す。仮想現実（VR）映像中の大雨警報、緊急エリアメールによる避難勧告、ハザードマップの確認、川の増水と防災無線による避難指示は、被験者視点から確認出来るよう提示し、仮想現実（VR）映像の開始から被験者がボタンを押すまでの秒数を計測した。この計測値を被説明変数として、４つのメッセージの介入が避難行動に与えた影響について考察・検証した。

表5.1　実験シナリオ

<table>
<tr><th>順序</th><th>経過</th><th>仮想現実（VR）映像</th></tr>
<tr><td>1</td><td>11秒</td><td>連日、大雨が降り続く中、大雨警報がテレビから流れる。

</td></tr>
<tr><td>2</td><td>38秒</td><td>緊急エリアメールによる避難勧告
シナリオ１：基本メッセージ


シナリオ２：利得メッセージ


シナリオ３：損失＋視覚情報メッセージ


シナリオ４：利得＋視覚情報メッセージ

</td></tr>
</table>

順序	経過	仮想現実（VR）映像
3	64秒	ハザードマップの確認 
4	98秒	河川の増水と防災無線による避難指示 
5	135秒	土砂災害の発生 

5.4　分析フレームワーク

本研究における被験者33名は、最大４つのシナリオを体験しており、分析上の観測単位は被験者ではなく延べ観測数である（33名×４シナリオから問題のあるサンプルを除いた124件）。この分析対象に基づき、４種類のメッセージ介入の違いが「避難開始時間」と「現状維持率」にどのように影響するか、さらに避難行動の起こりやすさ（ハザード率）について、どの程度変化させるかを検証するため、生存時間分析およびCOX比例ハザード分析を採用した。

5.4.1 生存時間分析

生存時間分析とは、死亡、病気の再発、避難行動の開始などの特定のイベントが生じるまでに要する時間を対象とした統計手法である。単にイベントの発生有無を分析するのではなく「イベントがいつ生じたか？」あるいは「イベントが、まだ生じていないが、どのくらいの時間が経過しているか？」といった行動の時間的側面を捉えながら避難行動、医療行為など多くの現場で有用な知見を提供している。また、避難しなかった住民や治療中の患者といったイベントが観測されない事象を打ち切りデータとして統計的に取り込み、避難開始までの時間分布と介入効果が推定出来る。

本研究の分析では、時間 t の瞬間に避難を判断する確率$f(t)$の累積を$F(t)$とすると、生存関数1-$F(t)$は、時間 t の時点でまだ避難していない割合と解釈できる。時間 t においてイベントが発生する起こり易さを表すハザード率$h(t)$は、その瞬間に避難を開始する条件付きの起こりやすさと捉えられ、次の１式で表される。

$$h(t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)} \qquad (1式)$$

但し

・$h(t)$　：避難していない人が時間t時点に避難する確率（ハザード率）
・$f(t)$　：時間tの瞬間に避難を判断する確率（確率密度関数）
・$F(t)$　：時間tまでに避難した確率（累積密度関数）
・1-$F(t)$：時間tまでイベントが発生していない確率（生存関数）

5.4.2 COX比例ハザード分析

COX比例ハザード分析は、生存時間解析において広く用いられる統計モデルであり、死亡、病気の経過、避難行動などの時間の経過とともに発生するイベントのリスクを、共変量によって説明することが出来る。COX比例ハザード分析は、２式のハザードモデルを使用した。

ハザード率は、ある時点までイベントが起きていない人が、時間 t において、そのイベントを経験する瞬間的なリスク（発生率）を意味する。h_0(t)は、ベースラインのハザード率（共変量がすべて０のときのリスク）を意味し、$exp(\beta_n\chi_n)$は各要因がハザードに与える相対的な影響（＝ハザード率）を示す。例えば、あるメッセージを受け取ったグループのハザード率が2.0であれば、対照群に比べてイベント（例：避難開始）が２倍の速度で生じていると解釈される。

本研究の分析では、どのような要因が避難開始の時期（速さ）に影響を与えているかを統計的に明らかにすると共に、被災経験の有無などの変数を共変量として設定し、避難行動に与える影響を定量的に評価する。

$$h(t) = h_0(t) \times exp(\beta_1\chi_1 + \beta_2\chi_2 + \cdots + \beta_n\chi_n) \qquad (2式)$$

但し

・$h(t)$　：避難していない人が時間t時点に避難する確率（ハザード率）
・$h_0(t)$　：共変量がすべて０のとき、時間tの瞬間に避難を判断する確率
　（ベースラインのハザード率）
・β_n　：各共変量がハザードにどの程度影響を与えるかを表す（回帰係数）
・χ_n　：メッセージ、被災経験といった被験者ごとに異なる要因（共変量）
・$exp(\beta_n\chi_n)$：ハザード率
　（共変量の影響を指数関数で表現し、避難判断の起こり易さを表す）

第６章　分析結果

6.1　生存時間分析の結果

生存時間分析の結果を表6.1、図6.1に示す。

「２.利得メッセージ」「３.損失＋視覚情報メッセージ」「４.利得＋視覚情報メッセージ」は「１.基準メッセージ」に比べ避難行動を促進し、５％水準において統計的な有意差が示された。「１.基準メッセージ」は、50秒前後の時点から避難行動が開始されたのに対し、それ以外のシナリオは10秒程度早く40秒前後の時点から避難行動が開始された。

また、最終的な「１.基準メッセージ」の現状維持率は、約25％と最も高く「２.利得メッセージ」は、約20％「３.損失＋視覚情報メッセージ」および「４.利得＋視覚情報メッセージ」は、約10％の結果が示され、「３.損失＋視覚情報メッセージ」および「４.利得＋視覚情報メッセージ」が最も避難行動を促進した。

表6.1　生存時間分析における検定結果

シナリオ	サンプル	生存期間中央値	P 値
１.基準メッセージ	29	95.0	0.025
２.利得メッセージ	33	71.0	
３.損失＋視覚情報メッセージ	32	54.5	
４.利得＋視覚情報メッセージ	30	69.5	

注：サンプル数の差異は、被験者の都合により不参加者が生じたため

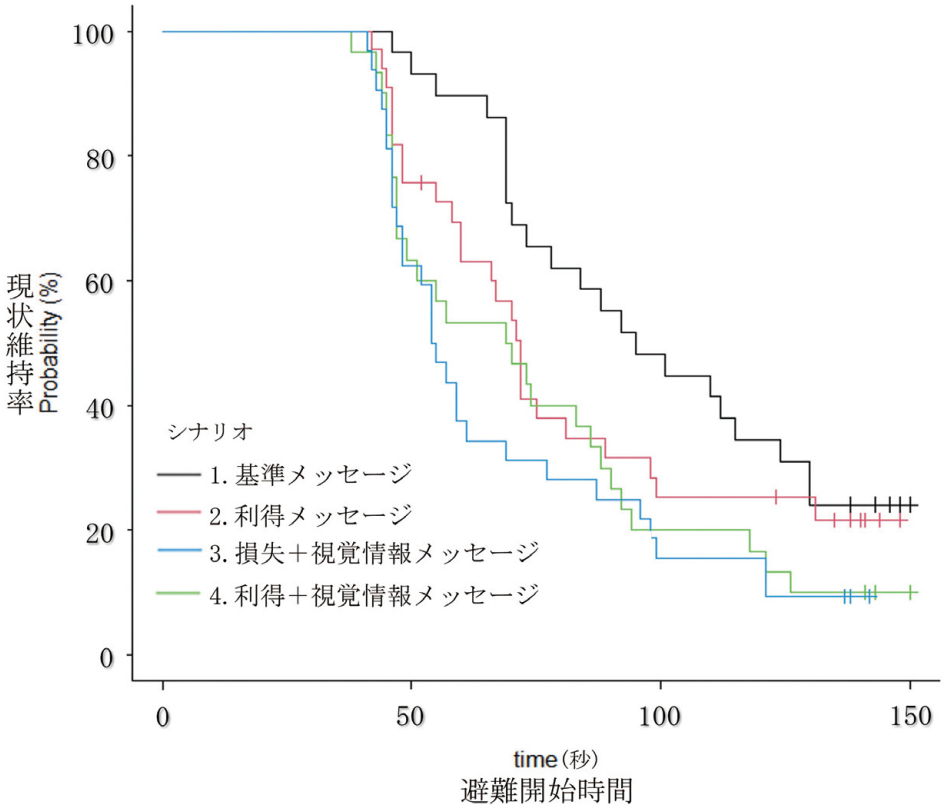


図6.1　避難開始時間と現状維持率の関係

6.2　COX比例ハザード分析の結果

6.2.1 全ての被験者を対象とした場合

表6.2より「３.損失＋視覚情報メッセージ」は「１.基準メッセージ」に対して、ハザード率が2.22（P＝0.005）であり、５％水準において統計的な有意差が示された。損失を強調し視覚情報（避難経路図）を提示したメッセージは、最も強く避難行動を喚起し「１.基準メッセージ」に比べ避難行動の開始を2.22倍早めたと考えられる。

また「４.利得＋視覚情報メッセージ」は「１.基準メッセージ」に対して、ハザード率が1.89（P＝0.028）であり、５％水準において統計的な有意差が示された。利得を強調し視覚情報（避難経路図）を提示したメッセージは、避難行動を喚起し「１.基準メッセージ」に比べ避難行動の開始を1.89倍早めたと考えられる。

一方「２.利得メッセージ」は避難行動を促進する傾向が示されたが、統計的な有意差は確認されなかった。

表6.2　全ての被験者を対象としたCOX比例ハザード分析の結果

シナリオ	ハザード率	95%CI（下限）	95%CI（上限）	P値
１.基準メッセージ	基準			
２.利得メッセージ	1.442	0.8163	2.547	0.207
３.損失＋視覚情報メッセージ	2.216	1.2690	3.871	0.005
４.利得＋視覚情報メッセージ	1.886	1.0720	3.319	0.028

（サンプル数（ｎ）：124、AIC：871.65、対数尤度：-435.8262）

6.2.2 被災経験者を対象とした場合

表6.3より「２.利得メッセージ」は「１.基準メッセージ」に対して、ハザード率が3.75（P＝0.035）であり、５％水準において統計的な有意差が示された。利得を強調したメッセージは、最も強く避難行動を喚起し「１.基準メッセージ」に比べ避難行動の開始を3.75倍早めたと考えられる。

また「３.損失＋視覚情報メッセージ」および「４.利得＋視覚情報メッセージ」は、それぞれP＝0.060、P＝0.052であり、５％水準では有意な差は認められなかった。ただしハザード率はそれぞれ3.20、3.33と大きく、被災経験者のサンプルサイズ（ｎ＝33）が小さいことを踏まえると、サンプルを拡大すれば有意となる可能性がある。

表6.3　被災経験者を対象としたCOX比例ハザード分析の結果

シナリオ	ハザード率	95%CI（下限）	95%CI（上限）	P値
１.基準メッセージ	基準			
２.利得メッセージ	3.752	1.0970	12.83	0.035
３.損失＋視覚情報メッセージ	3.201	0.9524	10.76	0.060
４.利得＋視覚情報メッセージ	3.327	0.9886	11.20	0.052

（サンプル数（ｎ）：33、AIC：173.29、対数尤度：-84.62237）

6.3　仮説の検証

仮説１：「２.利得メッセージ」「３.損失＋視覚情報メッセージ」「４.利得＋視覚情報メッセージ」は「１.基準メッセージ」に比べ、避難行動を促進する。

6.1・6.2.1項の分析結果より「３.損失＋視覚情報メッセージ」＞「４.利得＋視覚情報メッセー

ジ」＞「２.利得メッセージ」＞「１.基準メッセージ」の順で避難行動を促進する効果が示された。「２.利得メッセージ」のハザード率は、統計的な有意差が示されなかったが、現状維持率は、「１.基準メッセージ（約25％）」と比べ約20％と低く、より多くの人が避難行動をとった結果が示された。従って、仮説１は支持された。

仮説２：「３.損失＋視覚情報メッセージ」は「２.利得メッセージ」「４.利得＋視覚情報メッセージ」に比べ、避難行動を促進する。

6.1・6.2.1項の分析結果より「３.損失＋視覚情報メッセージ」のハザード率は「１.基準メッセージ」と比べ2.22倍（P＝0.005）、現状維持率は約10％と全てのシナリオの中で最も避難行動を促進する効果および統計的な有意差が示された。従って、仮説２は支持された。

仮説３：視覚情報を強調し、注意的顕著性を上げると、その選択肢の選好率は上昇し、避難行動を促進する。

6.1・6.2.1項の分析結果より「３.損失＋視覚情報メッセージ」＞「４.利得＋視覚情報メッセージ」＞「２.利得メッセージ」＞「１.基準メッセージ」の順で避難行動を促進する効果が示され、視覚情報（避難経路図）を有するメッセージが最も避難行動を促進する効果および統計的な有意差が示された。従って、仮説３は支持された。

仮説４：被災経験者に対しては「２.利得メッセージ」「４.利得＋視覚情報メッセージ」が最も避難行動を促進する。

6.2.2項の分析結果より「２.利得メッセージ」のハザード率は「１.基準メッセージ」と比べ3.75倍（P＝0.035）と全てのシナリオの中で最も避難行動を促進する効果および統計的な有意差が示された。

しかし「４.利得＋視覚情報メッセージ」は、P＝0.052であり５％水準では有意な差は認められなかった。ただしハザード率は3.33と「利得メッセージ」の次に大きく、被災経験者のサンプルサイズ（n＝33）が小さいことを踏まえると、サンプルを拡大すれば有意となる可能性がある。従って、仮説４の一部が支持された。

第７章　結論

7.1　分析結果の解釈

６項の分析結果より、4.2項で述べたメッセージによるフレーミング効果、参照点の変更、視覚的に顕著な視覚情報（避難経路図）の提示、情報の視認性確保が、避難行動の促進に顕著な差異をもたらした。つまり、現状維持バイアスに影響する「損失回避性」「参照点依存性」「注意力不足」に働きかけることで、避難行動の促進が図られることが明らかになった。

また、実験後のアンケートにおいて、スマートフォンの緊急エリアメールによる通知を契機に避難行動をとったとするとコメントした被験者は「３.損失＋視覚情報メッセージ」が約70％と最も多く、次いで「４.利得＋視覚情報メッセージ」が50％「２.利得メッセージ」が40％「１.基準メッセージ」は約30％と６項の分析結果と整合する結果となった。

最も避難行動を促進する効果をもたらした「３.損失＋視覚情報メッセージ」は、避難行動をとらないことの損失の強調、死を想起させるメッセージ（命を失う）による参照点の変更、視覚的に顕著な視覚情報（避難経路図）の提示と直感的なメッセージの効果が、避難行動を促進したと考えられる。アンケートでは、多くの被験者から「命の危険を感じた」「避難すれば命が助かる」などといったコメントが寄せられた。死を想起することで参照点の変更が行われ、避難行動をとらないことが損失と認知され、損失回避により避難行動の促進が図られたと考えられる。

「２.利得メッセージ」「４.利得＋視覚情報メッセージ」は、避難行動をとることを利得とする認知に加え、家族という利他性を強調するメッセージにより、参照点の変更が行われ、自分のためよりも「家族を守るため」「子どもが心配だから」などという利他的動機が避難行動の強い原動力となったと考えられ「家族を想起した」「子供がいなかったら躊躇した」などといったアンケートによるコメントからもその状況が裏付けられた。

さらに、被災経験者においては「２.利得メッセージ」が、最も避難行動を促進する効果をもたらした。過去の恐怖、後悔、教訓が感情記憶として強く残ることが考えられ、新たな災害時にも即座にリスクを感じやすく、損失回避性および利他性といった心理的要因を通じて、より迅速かつ積極的な避難行動に繋がったと考えられる。

一方、避難に至らなかった被験者の傾向として、災害リスクを認知しながらも行動に移さず、リスクを過小評価する正常性バイアスといった心理傾向が「まだ間に合うと思った」「すぐには危険だと感じなかった」などといったアンケートのコメントから伺えた。実際に被害が発生するまで危機として受け止められない認知の歪みは、避難の遅れや判断の先送りを引き起こす要因の一つとなると考えられる。

7.2　学術的示唆

従来のアンケート調査や単なるシナリオによる実験は、被験者の主観的想像力に依存するため、現実の災害状況における行動との乖離が課題とされてきた。さらに、先行研究から災害時の避難行動を促すためには、システム１の直観的な危機感を喚起するコミュニケーションが求められることが明らかである。

これに対し仮想現実（VR）環境は、現実の災害状況に近い臨場感や緊張感が再現可能であり、被験者の意思決定に対して、より現実的なストレスが与えられる。その結果、「損失回避」「参照点の変更」「注意力の喚起」「利他性の訴求」などによるメッセージの行動変容に与える影響を具体的かつ定量的に観察できる。これまで実証が難しいとされてきた災害時の行動研究において極めて価値ある手法的革新と考えられる。また、ナッジは、主に予防検診、電子商取引、省エネなどの平時の選択行動に焦点を当てていたが、本研究は、行動経済学、社会心理学、ＵＩデザインといった複数分野を通して、災害という非日常的かつ高ストレス下における行動観察および意思決定において、実効性の高いメッセージ設計を示唆した点において理論の適用範囲を拡張した。

7.3　実務展開に於ける示唆

本研究の結果から、「損失回避」「参照点の変更」「注意の喚起」「利他性への訴求」といった行動特性を踏まえたメッセージ設計は、行政あるいは自治体が発信する防災情報（エリアメール、防災無線、SNS、防災メッセージ）の実効性を高めるうえで、有用な示唆をもたらすことが示された。なかでも「損失＋視覚情報メッセージ（今避難しなければ命を失います）」を視覚情報と組み合わせたメッセージは、他のメッセージと比較して、避難行動を最も促進した。

しかし、自治体が発信する防災情報は、住民の生命を守るための公共的メッセージであると同時に、平時から継続的に運用される行政コミュニケーションでもあることから、社会実装を考えた場合、単に行動促進効果の大きい表現を用いればよいわけではない。過度に強い表現を頻繁に用いた場合、短期的には避難行動を喚起し、現状維持バイアスを軽減する効果を持つが、平時から繰り

返し使用された場合、住民からの心理的反発やクレーム、オオカミ少年効果による情報の慣れ、過度な恐怖によるパニックといった副作用を招きかねない。ここに避難行動における促進効果の強さと社会的受容性のトレードオフが存在する。実際に、緊急地震速報の報知音が、公共交通機関等で一斉に鳴った際の混乱への懸念から調整された経緯が報じられている（朝日新聞，2026）。

従って、社会実装においては、警戒レベル（内閣府，2026）に応じた表現の段階的な出し分けや、恐怖・生命の危険を喚起する強い表現をレベル４以上（内閣府，2026）に限定するといった運用設計が必要であると考える。

第８章　本研究の限界と今後の課題

8.1　仮想現実（VR）環境による検証の限界

仮想現実（VR）による検証は、被験者が実際にその場にいるかのような臨場感や没入的体験を提供できることから、災害状況下での防災教育や避難訓練が可能となり、危機意識の向上や災害対応力の底上げにも資すると示唆され、本研究は、災害時の情報提供、教育、訓練の三位一体的な改善に向けた実践的方策の設計に有用な成果と考えられる。

しかし、仮想現実（VR）環境は、いわゆるシミュレーション環境であり、現実の災害状況下における心理的プレッシャーや混乱状態、通信遮断、家族の状況等の複合的要因を完全には再現できていない。従って、今後は実際の災害時の行動データとの比較や、実地訓練との併用による検証などを通じて、現実世界への適用可能性をさらに高める必要がある。

さらにアイトラッキング、心拍、微細表情分析と連携させることで、被験者が「どの場面で恐怖や不安を感じたのか」「どのブランドや製品に潜在的な好意を示したのか」などといったマーケティング分野へも応用可能である。今後は、現実と仮想を融合させたXR（クロスリアリティ：VR、AR、MR（複合現実）の技術の総称）を用いた手法と感情や生理反応データとの連携により、より広範な分野での洗練された行動介入設計の基盤としての活用が期待できると考える。

8.2　反復測定によるデータの独立性

通常、生存時間分析は、個々のデータが独立していることが前提となる。しかし、本研究では実証の制約上、同一被験者からの反復データを独立として扱っており、個体差の統計的な統制（フレイルティモデルやクラスター頑健標準誤差による補正）には至っていない。そのため、有意差は実際よりもやや強めに出ている可能性がある点に注意されたい。また、本データによる個体差の統計的統制の実施は今後の課題の１つである。

8.3　交絡要因の未統制とサブグループ分析の位置づけ

避難開始時間（ボタンを押すまでの時間）には、メッセージの種類だけでなく年齢、性別、VR機器への慣れ、平時からの防災意識などが交絡要因として影響するはずである。しかし、本研究では、サンプルサイズが限られ、これらをモデルにコントロール変数として投入した分析は行えていないため、純粋なメッセージ効果の抽出という点では限界がある。とりわけ被災経験者を対象としたサブグループ分析（6.2.2）は探索的な結果として位置づけるべきである。

8.4　実験条件間の交絡（メッセージ設計）

本研究では、実験シナリオを「メッセージの枠組み（利得／損失）」と「視覚情報（なし／あり）」の２軸で整理すると、「損失フレーム・視覚情報

なし」の条件を設けなかったため、損失という表現自体の効果と視覚情報を付加した効果を分離できていない。今後は両者を組み合わせた４条件を揃えた比較が必要である。

8.5　被験者属性の偏りと外的妥当性の限界

本研究では、避難行動に否定的な傾向を有する年代層に着目し、30～40歳代を中心に実証実験を行った。これにより、避難行動に対するメッセージ介入の有効性を、実務上重要性の高い対象層において検証することが可能となった。しかし、本実験の被験者はデジタル親和性の高い30～40代に偏っており、高齢者や情報弱者に同様の介入効果が得られるかは不明である。本結果の一般化には別途検証を要する。

8.6　実装可能性と倫理的配慮

高精度な仮想現実（VR）環境の構築は、コストや専門的な運用スキルが求められるため、特に地方自治体や教育現場においては、導入のハードルが高くなるため、今後は、簡易かつ低コストで実施可能な代替手段の開発と評価も併行して進める必要がある。さらに倫理的観点への配慮として、死を想起させる、あるいは強い恐怖心の喚起といったメッセージによる心理的影響への配慮も不可欠であり、感情負荷と倫理的ガイドラインの整備も今後の検討課題となる。

謝辞

本研究における実証実験、分析および論文執筆に際し、中央大学大学院戦略経営研究科の中村博教授には、格別なるご指導と温かいご助言を賜りましたこと、心より感謝申し上げます。また、修了生の鈴木一正様、同級生の山田俊樹様には、本研究での実証実験に際し、多くの貴重なご助言をいただきましたこと、深く感謝申し上げますと共に、実証実験に参加頂いた中央大学大学院 戦略経営研究科事務課および戦略経営研究科の方々に厚く御礼を申し上げます。最後に本研究は「2025年プロモーショナル・マーケティング研究助成論文」として研究助成のご支援を受けて実施することができました。ここに心より感謝いたします。

参考文献

Fleming, Stephen M., Charlotte L. Thomas, and Raymond J. Dolan (2010), “Overcoming status quo bias in the human brain”, *PNAS*,107(13), 6007-6008.

Nakano, Genta, Katsuya Yamori, and Luiza Culau (2022), ”Conceptual Framework of Nudge Approach for Disaster Risk Reduction: “Nudge or Judge?” That is the Question”,『自然災害科学』, 41(1), 24-32.

Kahneman, Daniel (2011), *Thinking, Fast and Slow*, Farrar, Straus and Giroux, 村井章子訳,『ファスト＆スロー あなたの意思はどのように決まるか？上・下巻』, 早川書房.

Miceli, A. Carlos (2020), “THE ROLE OF ATTENTION IN STATUS QUO BIAS”, *Quarterly journal of experimental*, 41-44.

Mirbabaie, Milad, Christian Ehnis, Stefan Stieglitz, Deborah Bunker, and Tanja Rose (2021), “Digital Nudging in Social Media Disaster Communication”, *Information Systems Frontiers*, 23, 1107–1109.

Ohtomo, Shoji, Reo Kimura, Yoshiaki Kawata,

and Keiko Tamura (2018), "The Determinants of Residents' Evacuation Behavior in the Torrential Rain in Western Japan in 2018: Examination of Survey Data of Victims in Okayama Prefecture", *Journal of Disaster Research*, 15(7), 1014-1021.

Sunstein, Cass R. (2015), *Choosing Not to Choose: Understanding the Value of Choice*, Oxford University Press, 伊達尚美訳,『選択しないという選択：ビッグデータで変わる「自由」のかたち』, 勁草書房, 2018, 30-57.

Thaler, Richard H. and Cass R. Sunstein (2021), *NUDGE: THE FINAL EDITION*, Yale University Press, 遠藤真美訳,『NUDGE実践行動経済学完全版』, 日経BP, 2022.

Weinmann, Markus, Christoph Schneider, and Jan vom Brocke (2016), "Digital Nudging", *Bus Inf Syst Eng*, 58(6), 433-435.

朝日新聞(2026),「緊急地震速報のあの音、作者は環境音楽家 トラウマと言われるほどに」,『朝日新聞』, 2026. https://www.asahi.com/articles/ASV6D1C4HV6DUTIL017M.html?ref=youtube

伊藤可依都・髙木朗義(2025),「豪雨災害時の住民避難行動における「避難しなかった」と「避難できなかった」の比較」,『自然災害科学』, 44(S12), 8-10.

井上能行・山本竜大・森川清志・横井武昭・澁谷輝(2023),「災害時の避難意図をアンケートから読み解く」,『社会情報学会大会研究発表論文集』, 2023, 2.

ウェザーニュース (2011),「東日本大震災津波調査」. https://weathernews.jp/ip/info/tsunami2011_research/research_01.html

菊池聡(2018),「災害における認知バイアスをどうとらえるか - 認知心理学の知見を防災減災に応用する」,『日本地すべり学会誌』, 155(6), 16-17.

国土交通省(2011),「東日本大震災の津波被災現況調査結果～津波からの避難実態調査結果～」, 3. https://www.mlit.go.jp/common/000186474.pdf

国土交通省関東地方整備局(2015),「平成27年9月関東・東北豪雨に係る洪水被害および復旧状況について」,8. https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000638258.pdf

斎藤徳美(1990),「1989年三陸沖地震の津波に関する住民の意識・行動解析」,『自然災害科学』, 9(2), 59-61.

関谷直也・田中淳(2016),「避難の意思決定構造-日本海沿岸住民に対する津波意識調査より」,『自然災害科学』, 35, 93-95.

内閣府(2026),「避難情報に関するガイドライン」, 27.https://www.bousai.go.jp/oukyu/hinanjouhou/r3_hinanjouhou_guideline/pdf/hinan_guideline_r8_1.pdf

長野市(2020),「令和元年東日本台風災害対応検証報告書 資料編」, 113-117. https://www.city.nagano.nagano.jp/documents/1803/346440.pdf

広島市(2018),「平成30年7月豪雨災害における避難対策等その充実に向けた提言 資料編」, 資料編-6-8. https://www.city.hiroshima.lg.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/013/360/54796.pdf

藤村幸大・藤見俊夫・田中歩夢・AULADY, Mohamad F.N.(2019),「VRを用いた率先避難者の有効性の検討」,『土木学会論文集D3(土木計画学)』, 75(5), I_66-I_67.

吉田悦教(2024),「ナッジを活用した災害時の避難指示と住民の避難行動の変化」,『国際文化研修2021秋』, 51-53.