

# 次世代防災アプリに求められる機能の選好分析： ベスト・ワースト・スケーリングを用いた 定量的アプローチ

鬼頭 直<sup>1</sup>・田中 勝也<sup>2</sup>・田中 耕司<sup>3</sup>

<sup>1</sup>(一財)河川情報センター 流域情報事業部 副参事

<sup>2</sup>滋賀大学経済学部 環境総合研究センター 教授

<sup>3</sup>(一財)河川情報センター 企画調整部 副部長

水害の激甚化・頻発化に伴い、適切な避難行動を促進する防災アプリが求められている。しかし、防災アプリの多くは開発者視点で設計され、ユーザーニーズとの乖離が問題となっている。本研究では、ユーザー選好の把握を目的とし、茨城県南西部の住民に BWS 分析を適用したアンケートを実施した。分析には、条件付き、混合ロジットモデルおよび潜在クラス分析を用いた。その結果、浸水リアルタイム情報や家族の安否確認など、災害時の安全に直結する機能に高い選好が集中した。さらに、潜在クラス分析により、「緊急時の中核情報を求める層」と「平時の備えの支援情報を求める層」という明確かつ対照的な2つのセグメントが抽出された。これらの選好に関する知見は、実効性の高い機能開発の優先順位および戦略的なターゲット設定に資すると期待される。

**Key Words:** Disaster App, Flood disaster, Evacuation, Best-Worst Scaling, Conditional Logit Model, Mixed Logit Model, Latent Class Analysis

## 1. はじめに

近年、地球温暖化の進行に伴い、水害の激甚化・頻発化が顕著となっており、適切な避難行動を促進する情報支援ツールの重要性が高まっている。特にスマートフォンを介した防災アプリは、その高い普及率と即時性により、災害時における利用者の意思決定や安否確認を支援するうえで不可欠な存在となっている。しかし、現状の防災アプリは開発者視点で設計されるケースが多く、提供される情報がユーザーの真のニーズや避難行動を促す動機付けに結びついていないという問題が指摘されている<sup>1)</sup>。この問題を解決し、逃げ遅れによる被災を防ぐためには、ユーザーが真に必要なとする機能を集約し、利用者の選好に基づいた優先順位付けを行う必要がある。

河川情報センターでは、戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第3期「スマート防災ネットワークの構築」<sup>2)</sup>の一環として、水害リスクを「ジブンゴト」として捉えることを促進する「水害ジブンゴト化ツール」の研究開発を進めている。本研究は、この「水害ジブンゴト化ツール」の実効性を高めることを目的とし、防災アプリの機能に対するユーザーの選好構造を

解明する。そのために、確率論的モデルを用いて、アンケート調査の回答データを定量的に分析し、防災アプリ設計におけるユーザーニーズの最適化に資する具体的な提案を行う。

## 2. アンケート調査

調査対象地域として、茨城県南西部の16市町村を選定した(図-1)。この地域は、2015年の関東・東北豪雨による鬼怒川堤防決壊で大規模な洪水被害を受け、数千人が避難を余儀なくされた。そのため、洪水リスクが高く、水害時の避難経験を持つ住民も少なくないことから、防災への関心が相対的に高い地域であると推察される。

アンケート調査にあたり、仮想的な防災アプリに想定される機能属性12項目を設定した(表-1)。機能属性は、洪水時の避難に関連する概念領域を網羅的かつ相互に独立してカバーするよう選定した。主な項目として「浸水のリアルタイム情報」「避難ルート案内」「家族の安否確認」「救助要請」「避難所情報」などが含まれる。



### 3. 分析方法

本研究では、有効回答に対して、提示項目から「Best」および「Worst」を一つずつ選択して相対評価を行う Case 1 の Best-Worst Scaling (BWS) 分析<sup>3)~4)</sup>を適用し、条件付きロジットモデル、混合ロジットモデルおよび潜在クラス分析を実施した。

#### (1) 条件付きロジットモデル

条件付きロジットモデル (Conditional Logit Model) は、回答者の選好が均一、つまり全ての回答者は各項目に対して同じ効用をもつ、と仮定する。この仮定のもと、回答者が項目  $i$  を Best、項目  $j$  を Worst と選択するとき、全ての可能な組み合わせの効用差の中で項目  $i$  と  $j$  の効用差 ( $\beta_i - \beta_j$ ) が最大になると定義し、回答者が項目  $i$  を Best、項目  $j$  を Worst と選択する確率  $Pr(i, j)$  から、回答データを最もよく説明する各項目の効用  $\beta$  を推定する。

アンケート調査で得られた有効回答に対して、この条件付きロジットモデルを適用し、各機能属性の推定値を算出した。計算には R パッケージ<sup>5)</sup>を利用した。これらの推定値は、回答者が各機能属性に対して有する潜在的な重要度や選好を示し、防災アプリのどの機能が重視されやすいか、あるいは軽視されやすいかといった選好の構造を定量的に把握することができる。

$$Pr(i, j) = \frac{\exp(\beta_i - \beta_j)}{\sum_{k=1} \sum_{l, k \neq l} \exp(\beta_k - \beta_l)}$$

$Pr(i, j)$  : 項目  $i$  が Best、項目  $j$  が Worst として選択される確率

$\beta_i$  : 項目  $i$  の効用

$\beta_j$  : 項目  $j$  の効用

#### (2) 混合ロジットモデル

混合ロジットモデル (Mixed Logit Model) <sup>6)</sup> は、すべての回答者が均一な選好を持つと仮定する条件付きロジットモデルとは異なり、回答者個々の選好の異質性を考慮できるため、現実の選択行動をより精度良く捉えることができる。このモデルでは、各回答者の選好パラメータがある確率分布に従って変動すると仮定し、特定の機能に対して、ある人は非常に重視し、別の人はほとんど関心を示さないといった個々人の嗜好の違いを統計的にモデル化することが可能である。

本研究では、各機能に対する回答者の潜在的な選好パラメータが正規分布に従うと仮定し、その確率分布の平均値と標準偏差を推定した。推定した平均値は、各機能の平均的な重要度や選好の度合いを示し、この値が大き

いほど、その機能が重要視されていることを意味する。標準偏差は、選好の個人差 (ばらつき) を示し、この値が大きいくほど、その機能に対する評価が個人間で大きく分かれていることを意味する。これらの記述統計量により、防災アプリのどの機能が重視されやすいか、またその評価が個人間でどの程度一致しているかといった選好構造が定量的に把握できる。

$$Pr(i, j) = \int P_{ij}(\beta_r) f(\beta_r | \mu, \sigma) d\beta$$

$\beta_r$  : ランダムパラメータ

$P_{ij}(\beta)$  : ある特定の回答者が項目  $i$  を Best、項目  $j$  を Worst として選択する確率

$Pr(i, j)$  : 混合ロジットモデルの選択確率

$f(\beta | \mu, \sigma)$  :  $\beta$  の確率密度関数 (正規分布)

$\mu$  : 確率分布の平均

$\sigma$  : 標準偏差

#### (3) 潜在クラス分析

混合ロジットモデルによって推定された選好の異質性 (標準偏差) の要因を明らかにするため、潜在クラス分析 (Latent Class Analysis) を適用した。潜在クラス分析では、回答者の集団に特定の選好構造を共有する均質な潜在クラスが存在すると仮定し、観測された選択行動パターンに基づき、母集団をセグメントに分類する。この分類手法によって推定される潜在クラスの選好構造は、選好のばらつきを標準偏差として抽象的に捉える混合ロジットモデルとは異なり、「特定の機能に対してどのユーザー層がどの程度の選好を抱いているか」という、ユーザーの特性と選好の関係を把握することができる。したがって、より具体的なユーザー層として特定でき、防災アプリの機能別のターゲット層を設定することが可能となる。

潜在クラス分析では、仮想的なクラス数を設定する必要がある。最適なクラス数は、赤池情報量基準 (AIC) およびベイズ情報量基準 (BIC) を参照して決定する。これらの指標は、データの適合性およびモデルの複雑性を評価するモデル適合度尺度であり、小さいほどモデル適合度が高い。本研究では、これらの統計的なモデル適合度指標と実務的な解釈可能性を考慮して、2 クラスモデルを採用した。

潜在クラス分析によって推定された各セグメントの選好構造は、混合ロジットモデルによる推定値 (平均値) および異質性 (標準偏差) の結果とともに、統合的に解釈される。分析方法の全体像を図-3 にフローチャートとして示す。

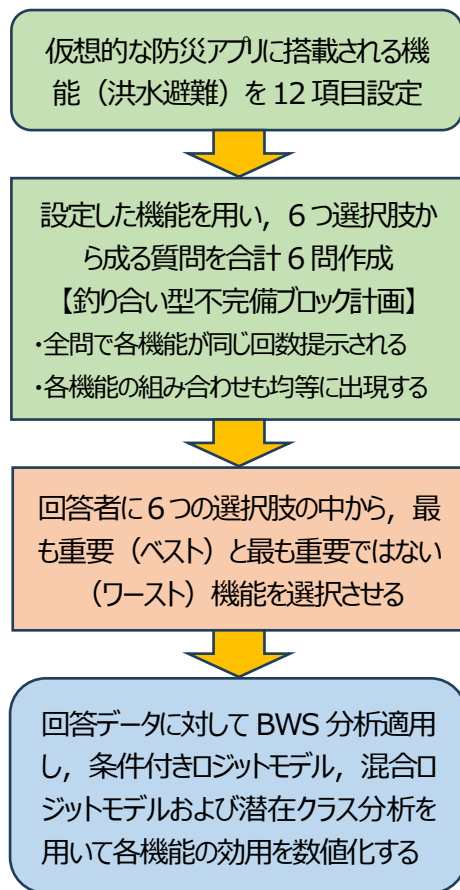


図-3 本分析のフローチャート

## 4. 結果と考察

### (1) 条件付きロジットモデル

条件付きロジットモデルで推定した推定値（係数）を表-2に示す。「浸水のリアルタイム情報（0.924）」が最も高い選好を示し、続いて「家族の安否確認（0.877）」、「避難ルート案内（0.798）」などの機能属性が高い選好を示した。これらの機能が提供する情報は、災害発生時における個人の生命や安全に直結する「即時性の高い情報」に該当し、これらの機能への高い選好は、自己保全や家族の安全確保に対する高いニーズを示唆している。この結果は、災害時の意思決定において自己および家族の安全を最優先とする傾向が強いことを指摘している先行研究<sup>7)～8)</sup>と調和している。災害時の心理的ストレスや時間的制約の下では、直近のリスクや即時的対応に関わる情報に意識が集中し、長期的・抽象的な情報への関心が低下すると考えられる。

次いで、「救助要請の送信（0.550）」や「被災後の生活支援情報（0.360）」といった機能属性が中程度の選好を示し、被災後の生活維持や復旧段階に関する情報へのニーズも一定の水準で存在することが確認された。

ライフラインや生活支援の情報は、災害直後には優先度が低くとも、時間の経過とともにその重要性が高まることが考えられ、防災アプリの設計では、時間軸に応じた情報提供を考慮する必要があると示唆される。

一方、「近隣の避難状況（-0.300）」や「避難プランの作成支援（-0.153）」といった機能属性は相対的に選好が低かった。これらは、他者に関する情報および平時の備えに関する機能で、緊急時の状況下において、相対的に優先度が低くなる傾向がうかがえた。その背景には、情報過多への懸念や計画策定の煩雑さが存在する可能性がある。「避難プランの作成支援」の選好の低さは、平時の備えに対する平均的な関心の低さや、防災教育の普及不足といった現状を反映している可能性が示唆される。

表-2 条件付きロジットモデルの推定結果

変数（機能属性）	係数	標準誤差
浸水のリアルタイム情報	0.924 ***	0.035
家族等の安否確認	0.877 ***	0.034
避難ルート案内	0.798 ***	0.034
ライフラインの情報	0.628 ***	0.035
救助要請の送信	0.550 ***	0.035
被災後の生活支援情報	0.360 ***	0.034
避難所の情報	0.341 ***	0.034
今後の気象情報の予測	0.339 ***	0.036
被害状況の共有	—	—
シンプルな画面	-0.045	0.033
避難プランの作成支援	-0.153 ***	0.035
近隣の避難状況	-0.300 ***	0.035
観測数	10026	
対数尤度	-32482	

\*\*\*は1%の統計的有意性を示す。

### (2) 混合ロジットモデル

表-3に、混合ロジットモデルを用いた機能ごとの推定値（係数）と標準偏差を示す。高い選好を示したのは、「浸水のリアルタイム情報（1.078）」、「家族の安否確認（1.023）」、「避難ルート案内（0.912）」で、条件付きロジットモデルによる推定値と整合的である。中程度の選好についても、「救助要請の送信（0.653）」や「被災後の生活支援情報（0.414）」などが条件付きロジットモデルの結果と調和的であり、同様な解釈が可能である。一方、「近隣の避難状況（-0.338）」や「避難プランの作成支援（-0.143）」は低い選好度を示した。混合ロジットモデルの標準偏差を見ると、平均選好度が低い「シンプルな画面」や「避難プランの作成支援」などの機能が標準偏差の大きさが際立っている。これらの機能は、回答者間で重要度に関する意見が大きく分かれていること（選好の異質性が高いこと）を示唆している。



対照的に、「避難所の情報」、「避難ルート案内」、「被災後の生活支援情報」は、選好度は概ね中程度であるが標準偏差が小さいことから、これらの機能の重要性については多くの回答者で意見が一致していること（選好が均質であること）が示唆される。

表3 混合ロジットモデルの推定結果

変数（機能属性）	係数	標準誤差
浸水のリアルタイム情報	1.078 ***	0.041
家族等の安否確認	1.023 ***	0.039
避難ルート案内	0.912 ***	0.037
ライフラインの情報	0.728 ***	0.039
救助要請の送信	0.653 ***	0.039
被災後の生活支援情報	0.414 ***	0.037
避難所の情報	0.402 ***	0.037
今後の気象情報の予測	0.402 ***	0.041
被害状況の共有	—	—
シンプルな画面	-0.043	0.042
避難プランの作成支援	-0.143 ***	0.041
近隣の避難状況	-0.338 ***	0.039
浸水のリアルタイム情報	0.739 ***	0.070
家族等の安否確認	0.528 ***	0.084
避難ルート案内	0.002	0.161
ライフラインの情報	0.493 ***	0.083
救助要請の送信	0.011	0.170
被災後の生活支援情報	0.004	0.254
避難所の情報	0.001	0.081
今後の気象情報の予測	0.575 ***	0.075
被害状況の共有	—	—
シンプルな画面	1.555 ***	0.056
避難プランの作成支援	1.130 ***	0.055
近隣の避難状況	0.536 ***	0.087
観測数	10,026	
対数尤度	-32,165	

\*\*\*は1%の統計的有意性を示す。

### (3) 潜在クラス分析

選好のばらつきを確率的に特定する混合ロジットモデルに続き、潜在クラス分析を実施した。モデルのクラス数決定にあたっては、AIC（赤池情報量規準）とモデルの複雑性に厳しいペナルティを課す BIC（ベイズ情報量規準）を評価指標とした。特に BIC の最小値を基準として最適なクラス数を決定した結果、3 クラスモデル（BIC=64,562.48）と比較してより低い BIC 値を示す 2 クラスモデル（BIC=64,533.46）を採択した。

潜在クラス分析では、対照的な選好構造を持つ二つの明確なセグメントが抽出された。2 クラスモデルの結果を表4 および表5 に示す。一つは「緊急時の中核情報を求める」グループ（クラス 1, 53.96%），もう一つは「平時からの備えや多様な機能を求める」グループ（ク

ラス 2, 46.04%）である。

クラス 1 は、「浸水のリアルタイム情報」や「家族等の安否確認」など、直ちに生命の安全と家族の安否を支援する機能に有意に正の効用（高い選好）を示した。一方で、「避難プランの作成支援」や「シンプルな画面」といった、事前準備やユーザビリティに特化した機能に対しては有意な負の効用（明確な拒否または非常に低い選好）を示した。このことから、クラス 1 のユーザー層は、事前の準備に消極的で、事後対応型の危機管理志向が強いことが特徴的であると解釈できる。このクラスは、女性の割合が相対的に高く、リスク受容度が低い傾向にあった。

対照的に、クラス 2 は、「シンプルな画面」「避難プランの作成支援」「避難ルート案内」といった、効率的なツールの利用と避難計画の策定に資する機能に最も高い効用を示した。この結果は、計画的かつ積極的な事前準備への取り組みを示唆しており、主体的な防災対策を行うユーザー層の特徴を示していると考えられる。加えて、クラス 2 は、水害経験率が相対的に高く、リスクを管理可能であると認識する傾向が見られた。また、男性の割合が相対的に高く、リスク受容性も高い傾向にあった。

このように、潜在クラス分析により、防災アプリに対するユーザーの選好構造は、「緊急時の情報ツール」としての価値を重視する層（クラス 1）と、「平時からの備えに効果的なツール」としての価値を重視する層（クラス 2）という、対照的かつ明確な二つのセグメントに分類されることが示された。

表4 潜在クラス分析による推定結果

変数（機能属性）	クラス1（54%）		クラス2（46%）	
	係数	標準誤差	係数	標準誤差
被害状況の共有	—	—	—	—
救助要請の送信	0.27 **	0.10	0.94 ***	0.10
近隣の避難状況	-0.80 ***	0.12	0.13	0.12
家族等の安否確認	0.78 ***	0.09	1.13 ***	0.10
避難プランの作成支援	-1.33 ***	0.19	1.20 ***	0.18
ライフラインの情報	0.44 ***	0.10	0.92 ***	0.10
避難所の情報	-0.08	0.10	0.81 ***	0.10
避難ルート案内	0.41 ***	0.10	1.33 ***	0.11
浸水のリアルタイム情報	0.90 ***	0.10	1.12 ***	0.09
シンプルな画面	-1.47 ***	0.23	1.61 ***	0.20
被災後の生活支援情報	-0.08	0.11	0.85 ***	0.11
今後の気象情報の予測	0.13	0.11	0.64 ***	0.11
観測数	10026			
対数尤度	-32161			
AIC	64368			
BIC	64533			

\*\*\*は1%の統計的有意性を示す。

表-5 潜在クラス分析による推定結果

Share of Preference	クラス1	クラス2
被害状況の共有	0.07	0.03
救助要請の送信	0.09	0.08
近隣の避難状況	0.03	0.04
家族等の安否確認	0.16	0.10
避難プランの作成支援	0.02	0.10
ライフラインの情報	0.11	0.08
避難所の情報	0.07	0.07
避難ルート案内	0.11	0.12
浸水のリアルタイム情報	0.18	0.10
シンプルな画面	0.02	0.16
被災後の生活支援情報	0.07	0.07
今後の気象情報の予測	0.08	0.06
平均年齢	46.26	44.41
男女比	446:522	378:325
既婚率	0.56	0.51
洪水経験	0.07	0.10
災害情報への信頼度	3.90	3.83
リスクテイク	5.71	5.91

## 5. まとめと防災アプリの機能設計への提案

本研究では、BWS 分析を適用し条件付きロジットモデル、混合ロジットモデルおよび潜在クラス分析を用い、防災アプリの機能に対するユーザー選好を定量的に分析した。その結果、ユーザーが最も強く求める機能は、「浸水のリアルタイム情報」や「避難ルート案内」といった「即時的かつ具体的な避難支援情報」であることが明らかになった。一方で、「近隣の避難状況」や「避難プランの作成支援」などの機能は相対的に低い関心が示されたが、混合ロジットモデルの結果から、「避難プランの作成支援」や「シンプルな画面」などの機能はユーザー間で選好の大きなばらつきがあることが確認された。潜在クラス分析では、「緊急時の中核情報を求める層」

（クラス 1）と「平時からの備えや多様な機能を求める層」（クラス 2）の 2 つの対照的な選好構造を持つセグメントが抽出された。クラス 1 では「避難プランの作成支援」や「シンプルな画面」が有意に低い評価（マイナスの効用値）であったのに対し、クラス 2 ではこれらを明確に受容（プラスの効用値）しているという重要な特徴が確認された。

3 つのモデルから得られた選好パターンおよび多様性を組み合わせ、防災アプリの機能開発の優先順位および設計方針に関する考察を行った。選好が高く意見が一致した機能（避難ルート案内、救助要請の送信）は、多くのユーザーが共通して重要と認識しているため、最優先で実装すべきコア機能となる。一方、選好は高いが意見が分かれる機能（浸水のリアルタイム情報、家族等の安

否確認）は、コア機能としつつカスタマイズ可能な柔軟な設計が求められる。一部のユーザーに強く求められる機能（避難プランの作成支援）は、ニッチなニーズに応えるアドオン機能として検討することが有効である。また、平均的に選好が低く意見が一致している機能（被害状況の共有）は開発優先度を下げられる可能性がある。このように、ユーザーニーズの多様性を考慮することで、より実効的な防災アプリの開発が可能になる。

本研究で得られた知見は、防災アプリ開発のユーザー中心設計（UCD）を進めるにあたり、限られた画面や通知リソースの有効活用に関する客観的な根拠となり、重要な指針を提供する。今後、情報提供の段階ごとの優先順位を踏まえたユーザーエクスペリエンス（UX 設計）や、重要度の低いとされた機能への関心を喚起する教育的アプローチの促進が課題として求められる。

謝辞：本研究は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第 3 期「スマート防災ネットワークの構築」JPJ012289（研究推進法人：国立研究開発法人 防災科学技術研究所）のサポートにより実施いたしました。ここに感謝いたします。

## 参考文献

- 1) Dallo, I. and M. Marti, Why should I use a multi-hazard app? Assessing the public's information needs and app feature preferences in a participatory process, Amsterdam: International Journal of Disaster Risk Reduction, 57, 102197, 2021.
- 2) 国立研究開発法人防災科学研究所：サブ課題 B リスク情報による防災行動の促進 | スマート防災ネットワークの構築, <https://www.nied-sip3.bosai.go.jp/research/detail-b.html>, 2025 年 10 月閲覧.
- 3) Flynn, T. N. and A. A. Marley: Best-worst scaling: theory and methods. In Handbook of choice modelling, Edward Elgar Publishing, pp. 178-201, 2014.
- 4) Louviere, J.L., T. N. Flynn and A. A. J. Marley: Best-Worst Scaling: Theory, Methods and Applications, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 342, 2015.
- 5) 合崎英男：R を利用した Case1 Best-Worst Scaling の実施手順, 北海道大学農経論叢, 71, pp.59-71, 2017.
- 6) Kim, S. H. and P. L. Mokhtarian, Latent class choice models with an error structure: Investigating potential unobserved associations between latent segmentation and behavior generation, Amsterdam: Journal of Choice Modelling, 53, 100519, 2024.
- 7) 菊池 聡：災害における認知バイアスをどうとらえるかー認知心理学の知見を防災減災に応用するー, 日本地すべり学会誌, Vol.55, No.6, pp.286-292, 2018.
- 8) Lindell, M. K. and R. W. Perry: The Protective Action Decision Model: Theoretical Modifications and Additional Evidence, Risk Analysis, Vol. 32(4), pp. 616-632, 2012.

# Preference Analysis for Required Functions in Next-Generation Disaster Apps: Quantitative Approaches Using Best-Worst Scaling

Tadashi KITO, Katsuya TANAKA and Kohji TANAKA

As flood disasters become more severe and frequent, the need for disaster prevention apps that promote appropriate evacuation actions has intensified. However, many disaster prevention apps are designed from a developer's perspective, resulting in a disparity with actual user needs. To address this gap and quantify user preferences for app features, we conducted a questionnaire survey targeting residents living in southwestern Ibaraki Prefecture and applied Best-Worst Scaling (BWS) analysis to the valid responses. Conditional, Mixed Logit, and Latent Class Analysis (LCA) were used for the analysis. The analysis revealed a strong user preference for features directly linked to lifesaving during disasters, such as “real-time flood information” and “family status confirmation”. Furthermore, latent class analysis identified two distinct and contrasting segments: one segment primarily seeking core emergency information and the other prioritizing preparedness and diverse features. These insights into heterogeneous user preference patterns are expected to serve as a crucial basis for informing the strategic and user-centric design of future disaster apps.