

# ランダムフォレスト予測による不安度コストを考慮した 災害時ナビゲーション

小清水 亮太<sup>†</sup> 古川 宏<sup>‡</sup>

筑波大学システム情報工学研究科リスク工学専攻<sup>†‡</sup>

## 1. 背景・目的

災害避難を支援するツールの一つとして「災害時ナビゲーション」が普及している。市場に流通している災害時ナビゲーションでは、現在地から避難所までの経路案内を行う際に、最短距離による経路を提示している。しかし、実際に避難を行う状況を考慮すると、道路の外観から不安を感じ、道路の通行を避ける可能性があるため、最短経路を通行するのが困難となる場合がある。1964年に発生した新潟地震では、避難経路に対する不安感により避難が遅れたといった報告もされているため、避難者が避難行動時に不安を感じない経路を案内するナビゲーションアプリが必要となる[1]。

田中らは、避難者に不安を感じない経路を提供することを目的に、人が避難行動時に感じる不安を道路条件により定量的に評価するモデルを作成している[2]。田中が作成したモデルは重回帰分析により不安度を予測しているが、決定係数の値が最高で0.297となっているため、不安度を十分に予測できていないことが問題となっている。

本研究では、田中が作成したモデルを改善することを目的とする。第2節で提案する手法を用いることでモデル精度向上を図り、モデルを利用して作成した経路が、経路歩行時の不安を軽減できているか検証を行う。

## 2. 不安の度合い(不安度)の予測精度向上方法

不安度の予測精度を向上させるために本研究では、2種類のアプローチを図る。1つ目にモデルに利用する変数を増やすことである。モデルの精度が低い原因の1つとして個人差が生じていることが考えられる。本研究ではモデルに用いる属性を増やすことで個人差を考慮したモデルとし、モデルの精度向上を図る。田中らの研究では道路条件のみを利用してモデルを作成していたが、利用者属性を用いることで避難時の不安を推測できることが過去の研究[3]より明らかとなっているので、本研究では「道路条件」

と「利用者属性」を用いて不安度評価モデルを作成する。

【道路条件】	【利用者属性】
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 道幅</li> <li>• 鉄橋</li> <li>• 橋</li> <li>• 看板</li> <li>• 電線</li> <li>• 高層ビル</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 繁華街へ行く頻度 関連研究[2]より避難時に不安度予測に有用</li> <li>• VRで計測する橋がある道路の平均不安度評価</li> <li>• VRで計測する鉄橋がある道路の平均不安度 実験で取得したデータを分析した結果、参加者ごとに橋、鉄橋に対する回答不安度が分散していたため、個人差を反映させる要因として利用。</li> </ul>

図1 モデル作成に利用する変数

2つ目に非線形回帰によるモデル作成である。非線形回帰は線形でない複雑なデータに対しても高精度な予測が期待できるものであり、本研究ではランダムフォレストを利用する。ランダムフォレストは決定木による複数の弱学習器を統合させて汎化性能を向上させるアンサンブル学習アルゴリズムである。

モデルを作成するにあたって実験データの収集を行った。実験対象は20代の男女15人であり、千代田区の50地点の道路の360度画像をVRにより視聴してもらい、その道路を通過する際の不安の度合いを5段階で回答してもらった。

### 不安度評価基準

0	… 不安を感じない
1	… 少し不安
2	… 不安だが通行できる
3	… 不安なので通行を避けたい
4	… すごく不安なので通行しない

実験で取得した不安度の回答データを用いて重回帰分析(MLR)とランダムフォレスト(RF)それぞれの比較を行った。実験データを3人ごとに分割し5分割交差検証をおこない、それぞれのデータについてRMSEと決定係数の値を算出した(表1)。

Disaster navigation system considering anxiety cost using randomforest prediction

<sup>†</sup> Ryota Koshimizu – University of Tsukuba

<sup>‡</sup> Hiroshi Furukawa – University of Tsukuba

表1 テストデータに対する MLR, RF の分析結果

	MLR	RF
RMSE	0.913	0.783
決定係数	0.304	0.493

この結果より、RF による不安度予測は決定係数が 0.493 となっているため不安度を一定の水準で予測できていることがわかる。そのため、本研究では RF によるモデルを利用する。

### 3. 不安度を経路探索に反映させる手法

本研究では、峰らの研究[4]で提案されている遠回り時間を利用した経路生成方法を応用することで、不安度を反映させた経路の作成を行う。図2の式を用いることで、ノード間のコスト  $\alpha$  を算出し、Dijkstra 法で経路の作成をおこなう。

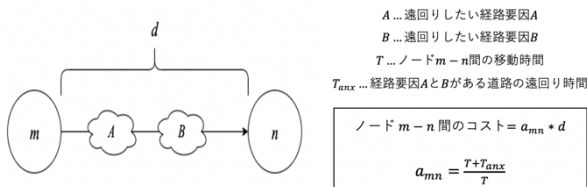


図2 遠回り許容時間の反映方法[4]

パラメータ  $\alpha$  の算出を行う際に遠回り時間を不安度から算出する必要がある。田中らの研究で取得したデータより不安度から遠回り時間を推測するモデルが作成されている。このモデルを利用することで不安度から遠回り時間を算出する。

$$(\text{遠回り許容時間}) = 0.6515 * (\text{不安度})^2 + 0.4367 * (\text{不安度}) + 0.7167$$

### 4. 提案手法による経路の評価実験

先述した手法による経路が不安度を軽減した経路になっているかを検証するため、歩行実験を実施した。20代の男女10名を対象に本手法による経路と最短経路の両方を歩行してもらい、道路が分岐する地点ごとに道路の評価を取得した。評価基準については、2節の不安度評価基準と同様のものを利用した。

表2 分岐ごとの経路の評価結果

	最短経路	提案手法
平均	1.802	1.137
最大値	4	3
T 検定	p = 2.2e-16	

最短経路と提案手法を比較すると、平均値が

提案手法の方が低く、T 検定で求めた p 値も 0.05 より低いため有意であることがわかる。

両経路の最大値について比較すると、最短経路では不安度が最大となる 4 の値を回答する実験参加者が存在したが、提案手法による経路は最大値が 3 となっている。これは、提案手法による経路が最短経路で不安度 4 を記録した道路を回避したためである。この結果より、提案手法による経路は極度に不安を感じやすい経路を回避することができていることがわかる。

また、両経路歩行後にどちらの経路を災害避難時に通行したいか実験参加者に尋ねたところ、10人中9人が「提案手法による経路」を選択した。この結果より、多くのユーザーにとって最短経路より適切な避難経路を本手法により作成できていることが考えられる。

### 5. 結論・課題

最短経路と本研究で提案した手法により作成した経路の両方について歩行実験を行うことで、提案手法により不安を感じやすい道路を回避した経路を作成できることが明らかとなった。

しかし、評価実験で取得した道路ごとの不安度の回答を用いて、RF によるモデル精度の検証をおこなったところ、決定係数の値が 0.08 と予測がうまくいっていないことが明らかとなった。モデル精度が低い原因として、街並みの雰囲気異なるためであることが考えられる。2節のモデル検証実験ではテストデータに学習データと同じ千代田区周辺の道路データを利用していた。しかし、4節で行った評価実験では中央区周辺のオフィス街の道路の評価を利用したため、街並みの雰囲気が異なることで決定係数の値が低くなったことが考えられる。

### 参考文献

- [1] 堀口孝雄, 小坂俊良, "地震時の人間行動に関する研究", 総合都市研究第23号, 1984.
- [2] 田中優輝, 古川宏, "災害避難時における不安要因の抽出と経路評価モデルの拡張", モバイル学会主催シンポジウムモバイル研究論文集, 37-42, 2018.
- [3] 小清水亮太, "夜間避難時の不安に対する利用者属性を考慮した経路評価モデルの検討", 平成30年度筑波大学情報学部情報科学類卒業研究論文, 2019.
- [4] 峰亮太郎, 古川宏, "歩行履歴を活用し個人属性への適応性を高めた高齢者向け経路探索手法の検討", 情報処理学会第82回全国大会公演論文集 2020(1), 365-366, 2020.