

DTN を用いた災害時避難経路情報提供による 避難時間短縮化の基礎的検討

矢原裕大[†] 加藤新良太[†] 高井峰生^{‡§} 石原進[†]

[†] 静岡大学 [‡] 大阪大学 [§] カリフォルニア大学ロサンゼルス校

1 はじめに

地震や台風等の災害発生時、多くの避難者は、気象警報、津波警報や、避難誘導看板や避難マップ等で提供される避難誘導情報に基づき、避難経路を決定すると考えられる。しかしながら、これら静的情報のみに頼ると、土砂崩れや橋の陥落等により寸断された道路を把握できず、適切な避難経路を決定することが難しい。そこで、無線通信網等を用いて通行できない道路の位置情報を避難者が把握できれば、迂回に伴う遅延を短縮し、避難完了を早めることができると考えられる。

大和田らは、避難地域に設置された複数のアクセスポイントで構築したメッシュネットワークを用いて、道路の不通箇所や避難所の受け入れ状況等の避難支援情報を共有すると、避難時間が短縮されることを示している [1]。しかしながら、災害発生時は既存の通信インフラが損壊し、利用できない場合が想定されるが、それらの検討が不十分であった。そこで、筆者らは、図 1 に示すような、セルラ網等の通信インフラに加えて、Wi-Fi、LPWA(Low Power Wide Area) 通信等の異種無線通信手段と DTN(Delay/Disruption Tolerant Network) を用いた災害対策本部と避難者間で道路の不通箇所を含む避難支援情報を共有するシステムの実現を目指している [2]。本稿では、DTN を用いて避難支援情報を避難者間で共有した場合に、それが避難完了に要する時間に与える影響をセルラオートマトンモデルに基づくシミュレーションにより評価した。

2 想定環境及びセルラオートマトンによるモデル化

本稿では、地震発生直後に、道路のある 1 箇所が陥没により寸断され、不通となる場合を考える。地震発

Basic study on shortening evacuation time by providing evacuation route conditions for natural disaster via DTN

Yudai YAHARA[†], Arata KATO[†], Mineo TAKAI^{‡§} and Susumu ISHIHARA[†]

[†]Shizuoka University

[‡]Osaka University

[§] University of California, Los Angeles

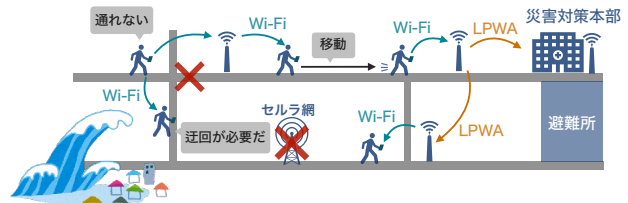


図 1: DTN と異種無線通信を併用した避難時情報共有システム

生後、1 箇所の避難所へ複数の避難者が向かうものとする。避難者は、徒歩で移動するものとする。避難者全員は、Wi-Fi 等の無線通信機能を有する通信端末を所持していると想定し、通信端末間の直接通信と DTN を利用し、避難経路の被害状況を共有できるものとする。

これらの想定を再現するには、避難中に得られる道路の被害状況の情報を加味した避難者の行動モデル及び避難者が所持する端末間の通信モデルを構築する必要がある。しかしながら、これらを一度に考慮するとモデルが複雑となるため、本稿では、DTN 及び移動体無線通信端末を用いて道路の陥没箇所を共有した場合に、全ての避難者が避難完了にいたる時間に与える影響を明らかにするため、避難行動モデル及び通信モデルを簡略化したオートマトンモデルを設計した。

図 2 にそのモデルの概要を示す。シミュレーションモデルは、C 言語を用いて実装した。本シミュレーションでは、道路は連続するセルの集合として定義し、1 本の道路に並ぶセルの数を道路長とする。1 つのセルに入ることができる最大避難者数の合計を 1 つの道路の容量とする。1 つのセルは 1 辺の長さが 10m の正方形とした。避難者の移動速度は 1.0m/sec.、1 タイムステップあたりの時間は 10sec. とした。このため、避難者がタイムステップあたりに進む距離の最大値は 1 セルである。道路の接続部 (交差点) を表す交差点セルは、その地点から避難所までの距離、その交差点セルに接続されている道路の ID を保持している。なお、避難所までの距離は、全道路通行可能時における交差点から避

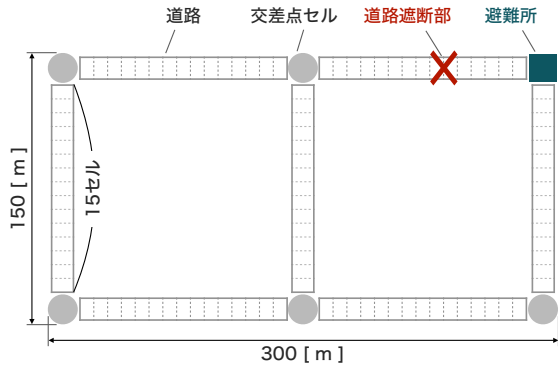


図 2: セルラオートマトンモデル

難所までの最短経路長である。避難者は、交差点に達した際には、交差点に接続された道路の先にある交差点のうち、避難所との距離が最も短い交差点へ向かって移動する。避難中に道路寸断部に到達した避難者は寸断された道路の ID を保持し、道路寸断部から道路を引き返し、迂回する。各タイムステップで、迂回中の避難者は、寸断された道路の ID を自身がいるセルとそれに隣接するセルにいる他の避難者に通知する。この通知を受け取った避難者は、以後、寸断された道路を回避した経路で移動する。また、次のタイムステップ以降に、受け取った情報を同一及び、隣接セルの他の避難者に通知する。災害発生前の避難者は、避難所までの最短経路の情報のみを保持しており、災害発生直後は、その最短経路を利用して避難所へ向かう。

3 シミュレーション

本シミュレーションでは、1本の道路に並ぶセルの数を15セルとし、各セルに存在できる最大避難者数を5人とした。シミュレーションエリア内の避難者数を150人とした。シミュレーション時間は30min。(180タイムステップ)とした。災害発生前の避難者は乱数を用いて一様に配置し、各タイムステップごとの移動する避難者の順番はランダムとした。

比較のため、以下の3つのシナリオでシミュレーションを行った。

- (a) DTN 利用時: DTN による情報共有を行った場合
- (b) 非情報共有時: 情報共有を行わずに避難した場合 (避難者は道路寸断部に到達時のみ迂回路を使用)
- (c) 全避難者情報把握時: 全避難者が事前に道路寸断部を把握している場合

シミュレーション回数は各シナリオで100回とした。

図3に各シナリオにおけるシミュレーション結果を示す。図に示した値は、全避難者が避難完了するまで

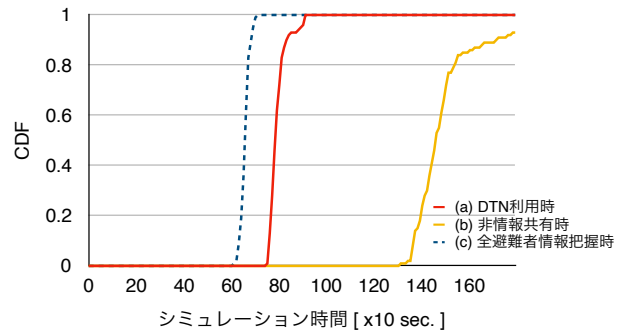


図 3: 全避難者が避難完了するまでに要する時間

に要した時間の累積分布である。(a) DTN 利用時は、避難完了までに750–900sec.を要した。(b) 非情報共有時は、シミュレーション時間内で全避難者の避難が完了しない結果となった。(c) 全避難者情報把握時は、避難完了までに600–700sec.を要した。

情報共有を行わない時に避難が完了しなかった要因は、道路寸断部を把握できないことに加え、迂回のために道路を引き返そうとする避難者と道路状況を知らずに道路寸断部へ向かう避難者により、道路寸断部周辺が混雑したためである。一方、DTNを用いた時は、避難者は道路寸断部を到達前に把握し、迂回を試みるため、道路寸断部周辺の渋滞が軽減された結果、避難行動が迅速に行われた。以上のことから、DTNを用いた避難支援情報共有は、避難時間の短縮に効果があることがわかった。

4 まとめ

本稿では、セルラオートマトンを利用した避難行動シミュレーションを用いて、DTNを用いた避難経路の被害状況の情報共有による避難時間短縮への効果を評価した。シミュレーションでは、避難者間で、DTNを用いた道路寸断情報の共有が避難完了時間の短縮に有効であることを明らかにした。今後は、通信と人の避難行動に関する詳細モデルを用いたシミュレーション評価を実施する予定である。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金19H04092の助成による。

参考文献

[1] 大和田泰伯 他: “都市災害における避難行動シミュレーションとローカルな情報共有による効果,” 信学技報, Vol. 113, No. 168, pp. 67–71 (2013).

[2] 矢原裕大 他: “災害時の交通状況の変化に応じた多様無線 DTN による避難支援情報共有に関する基礎的検討,” 情報処理学会研究報告, Vol. 2019-ITS-79, No. 11, pp. 1–4. (2019).