

時間変化するネットワークの解析機能を持つ

5Z-01

防災地理情報システム

松本卓大 王廓 石川浩司 長谷川龍弘 中山健 前川守

電気通信大学大学院 情報システム学研究所

1 はじめに

地図等の地理情報を検索・解析する手段として、地理情報システム (Geographic Information System, GIS) が利用されている。従来は主に静的な地理情報を対象としていたが、近年では時間変化する地理情報も扱う防災 GIS への関心が高まっている [1]。自然災害時に最適な経路探索を行うには、時間変化する地理情報を扱えなければならない。しかし既存の GIS では、地図が頻繁に更新されないことが前提とされていて、時間変化する地理情報のデータモデルも曖昧である。

本研究では自然災害として洪水が発生した場合、住民等への避難勧告を指示する際の意思決定支援が可能な GIS の体系を提案する。また、特にネットワーク解析に注目した。

2 時間変化するネットワーク解析の体系

2.1 モデル

従来の GIS は、一般に地理情報を動的に更新しないことを前提としている。このため、自然災害時のような、時間と共に頻繁に地理情報が変化する場合を表現することは困難である。

本研究では、解析に用いる地理情報 (ベース地図) は変更せず、時間変化する部分だけをベース地図とは分離して管理し、それらを組み合わせて解析を行う (図 1)。

また、時間変化する地理情報の履歴管理のために、スレッドとシーケンスの概念を導入した (図 2)。ある時刻における地理情報をスレッド、時間的に連続したスレッドのまとまりのことをシーケンスと定義した。また、一般的に地理情報システムにおいてセンサという言葉はリモートセンシング機器を指す場合が多いが、本研究で想定するセンサとは、複数のリモートセンシング機器から得られた地理情報 (スレッド・シーケンス等の管理など) を一括して取り扱うことができ

るインテリジェントな機器と定義した。

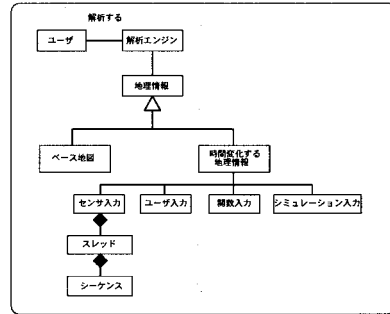


図 1: クラス図

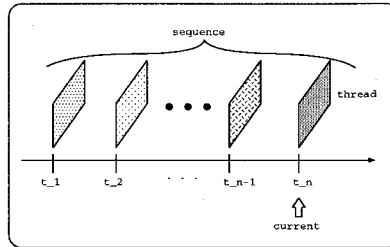


図 2: スレッドとシーケンス

2.2 入力系

時間変化する地理情報の入力系として、次の 4 つを使用する。

- センサ入力
時間変化する地理情報がリモートセンサ等のセンシング機器から収集され、これを入力とする。
- ユーザ入力
時間変化する地理情報をユーザが構成し、入力する。
- 関数入力
時間変化する地理情報を、ユーザが $f(t)$ 等の時間 t の関数で、入力する。
- シミュレーション入力
他システムでシミュレーションを行った結果、生成

された時間変化する地理情報を入力とする。

2.3 制約条件

水害対策に関する意思決定のモデルには、次の条件を考慮するものとする [2].

- 時間変化する地理情報との組み合わせ
- 避難行動開始後の災害状況 (洪水・浸水領域の拡大, 移動など)
- 時刻・時間帯の指定 (昼, 夜, 深夜など)
- 避難する住民の速度
- 過去の水害状況や知識
- 経路の安全度 (確率など)
- 浸水の速度
- 避難情報
- 気象情報
 - 注意報, 警報, 解除
- 地域の海拔等による条件

本研究では解析を行う際の制約条件として、上記の条件を指定できる。また、これらを組み合わせて使用する場合もある。また、アクション文 (IF ... THEN-) の記述により、地理情報がある一定の条件を満たしたとき、勧告等のアクションを起こすことが可能である。

2.4 解析アルゴリズム

時間変化するネットワーク上の最短経路探索アルゴリズムは、大きく次の3つに分類される。

- TDSP (Time Dependent Shortest Path)
|N| 個のノード、|A| 個のアーキ、それぞれのアーキ (i, j) における時間に依存する遅延 $d_{ij}(t)$ を持つネットワーク $G(N, A)$ において、始点 s から終点 t までの最小遅延経路を求める [3].
- Stochastic
ネットワークを構成するノード間の遅延に、確率の概念を導入したアルゴリズム。2点間の最小遅延経路を求める [4].
- k -Shortest Path
|N| 個のノード、|A| 個のアーキ、各アーキ (i, j) のコストの集合 c_{ij} を持つネットワーク $G(N, A)$ において、始点 s 、終点 f を指定した時、 s - f 間の経路を k 番目に最短経路まで求める [5].

本研究では、地理情報が時間変化する度に最短経路を計算するコストを軽減するため、 k -Shortest Path アルゴリズムを採用した。このアルゴリズムを用いて予

め集合所から避難所等までの最短経路をランキングさせて求めておき、その中から災害により通行できない経路、危険な経路を削り、最も安全度が高く、最短経路を最適解とした。

k -Shortest Path アルゴリズムに関しては、数多くの高速化手法が提案されているが、[6] の行った比較により、時間計算量の低い Hoffman のアルゴリズム [7] を採用した。

3 関連研究

Tryfona らは、時間変化する地理情報を表現可能なモデルとして、レイヤの概念を提案している [8]。しかし、その明確なモデルの定義が不十分であり、さらにはその使用法はより不明確である。

また、本研究の類似として [9] があるが、我々は特にネットワーク解析に注目して研究を行った。

4 まとめ

防災時、特に水害が発生した場合の使用を想定した地理情報システムの提案をした。今後は、シーケンスのアニメーション、TDSP アルゴリズム、Stochastic アルゴリズムを実装する予定である。

参考文献

- [1] 畑山満則, 角本繁, 亀田弘行. 時空間情報管理による緊急時情報伝達システムの開発 - 神戸市長田区総合防災訓練への適応 -. 地域安全学会論文集, No.10, pp.125-128, 2000
- [2] 高塚琢馬, 椎葉亮晴, 堀智晴. 水害避難行動のマイクロモデルシミュレーションと制御に関する研究. 土木学会論文集, No.509, II-30, pp.15-25, 1995
- [3] Cook K. L., E. Halsey. The shortest route through a network with time dependent internodal transit times. Journal of Mathematical Analysis and Application, Vol.14, pp.493-498, 1966
- [4] Halpern J. L. Shortest route with time-dependent length of edges and limited delay possibilities in nodes. Zeitschrift fur Operations Research, Vol.21, pp.177-124, 1977
- [5] Yen JY. Finding the k shortest loopless paths in a network. Management Science, Vol.17, pp.712-716, 1971
- [6] A. W. Brander, Mark C. Sinclair. A comparative study of k -shortest path algorithms. Proc. 11th UK Performance Engineering Workshop for Computer and Telecommunication Systems, 1995
- [7] Walter Hoffman, Richard Pavley. A Method for the Solution of the N th Best Path Problem. Journal of the ACM, Vol.6, p.605-514, 1959
- [8] Tryfona, N. and Jensen. Conceptual Data Modeling for Spatiotemporal Applications. CHOROCHRONOS Tech. Report, CH-98-08, 1998
- [9] 畑山満則, 松野文俊, 角本繁, 亀田弘行. 時空間地理情報システム. GIS-理論と応用, Vol.7, No.2, pp.25-33, 1999