

A-004

ウイルス進化論を用いた経路探索システムの開発と実装

Routing Navigation System based on Virus Evolutionary Genetic Algorithm

国重 裕史†

吉川 雅弥‡

寺井秀一†

Yuji Kunishige

Masaya Yshikawa

Hidekazu Terai

1. はじめに

現在、ナビゲーションシステムでは、経路探索問題の解法として主にダイクストラ法が用いられている。しかし、ダイクストラ法は厳密な最適解を求める方法であり、制限時間内に大域的な準最適解を求めることは難しい。また、評価値を一つしか扱えないために複数の評価値を扱うルートナビゲーション問題への適用が困難である。

一方、複数の評価値を扱うことができるアルゴリズムに遺伝的アルゴリズム^[1] (Genetic Algorithm:以後、GAを略記する)があるが、GAは解探索に交叉や突然変異を用いるため、制約条件がある問題への適用が難しい。これに対して、ウイルス演算子を導入したウイルス進化論^{[2][3]}は、制約条件を満たした上で、多目的最適化が可能である。

そこで本研究では、ウイルス進化論をベースとした高速なナビゲーションシステムを提案する。提案ナビゲーションシステムでは①複数立ち寄り地を含む経路の自動探索(複数立ち寄りモード)、②設定時間内での観光地の巡回経路探索(観光モード)をそれぞれ実現する。さらに、専用ハードウェアで提案ナビゲーションシステムを実現することで高速な処理を可能とした。

2. ウイルス進化論

本研究はベースアルゴリズムにウイルス進化論を用いて経路探索を行う。ウイルスとは立ち寄り地と、その立ち寄り地間のルートのこと、予め知識の集団としての解候補を持っている。本手法はダイクストラ法を用いてウイルスの生成を行い、経路はウイルス進化論を用いて生成している。そうすることで、GAでは制約条件がある問題への適用が難しいという点とダイクストラ法では制限時間内に準最適解を求めることが難しいという問題点を改善している。

2.1 交叉

交叉では、1つのルートからランダムに2地点を選択し、立ち寄り順序を入れ換える。図1に交叉の例を示す。図1では、立ち寄り地の順番の入れ換えを行うことで、新しい経路が生成する。それにより最初の経路が、家→店→パーク→ガソリンスタンド→駅の順であったのが、交叉することによって家→パーク→店→ガソリンスタンド→駅の順となる。

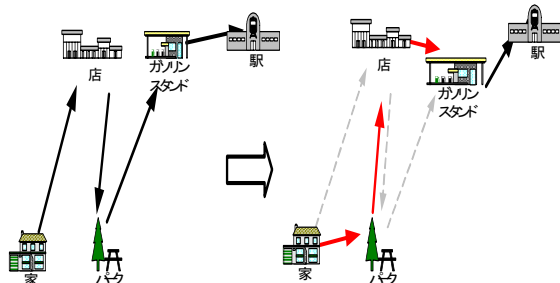


図1. 交叉の例

2.2 ウイルス感染

ウイルス感染では、ウイルス集団からウイルスを感染させ、立ち寄り地をランダムに選択することで、制約条件を満たす経路を新しく生成する。図2にウイルス感染の例を示す。図2では、ウイルスとは立ち寄り地と立ち寄り地間のルートのことであり、ウイルス感染により、最初の経路が、家→店→パーク→ガソリンスタンド→駅だったのが、家→病院→店→ガソリンスタンド→駅となる。

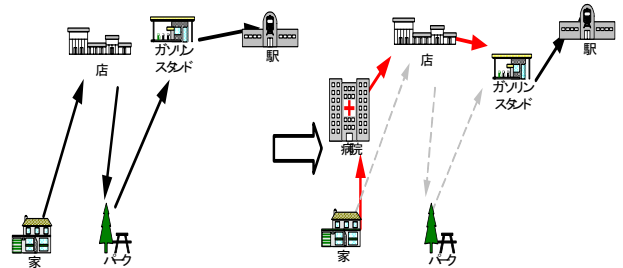


図2 ウイルス感染の例

3. アルゴリズム

本アルゴリズムでは、訪れる立ち寄り地の順序を可変長のリスト構造を持った遺伝子としてコーディングする。リストの要素は立ち寄り地を示すノードとし、立ち寄り地を巡回する順序で並ぶことになる。このように遺伝子を可変長とすることで、時間制約を満たせない場合や時間に余裕がある場合の、立ち寄り地の追加・削除を実現できるようにする。また、通常交叉とは異なって二つの親個体から子個体を生成するのではなく、一つの親個体のみで交叉を行うので各個体が独立している。このようにして局所解に陥りにくくし、複数のルートを作成できるようにした。図3にコーディングを示す。

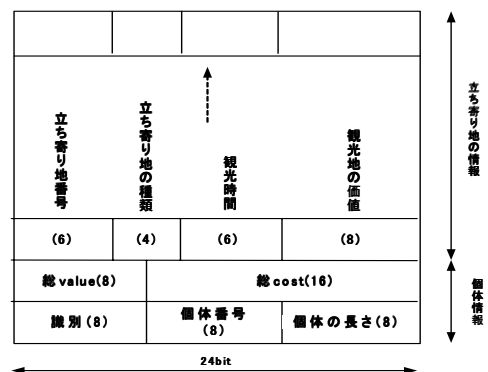


図3. 個体のコーディング

4. 回路構成

提案アーキテクチャは、パラメータ生成回路、メモリコントローラ、交叉回路、評価回路、判定回路、選択回路、コスト用メモリコントローラで構成し、FPGAに実装するために、通信回路を追加している。全体のブロック図を図4に示す。

†立命館大学院 理工学研究科 Ritsumeikan University

‡名城大学 理工学部 情報工学科 Meijo University

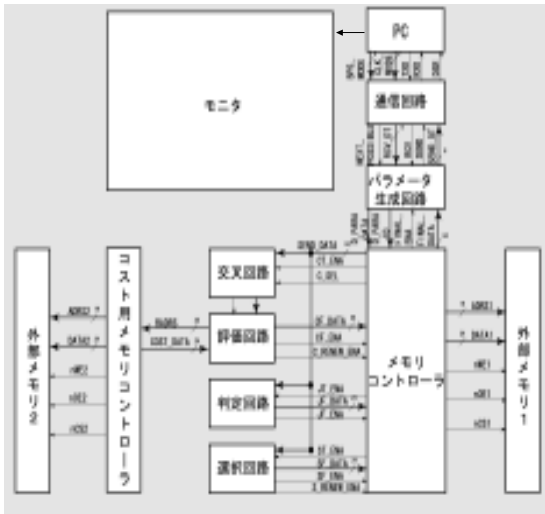


図4. 全体のブロック図

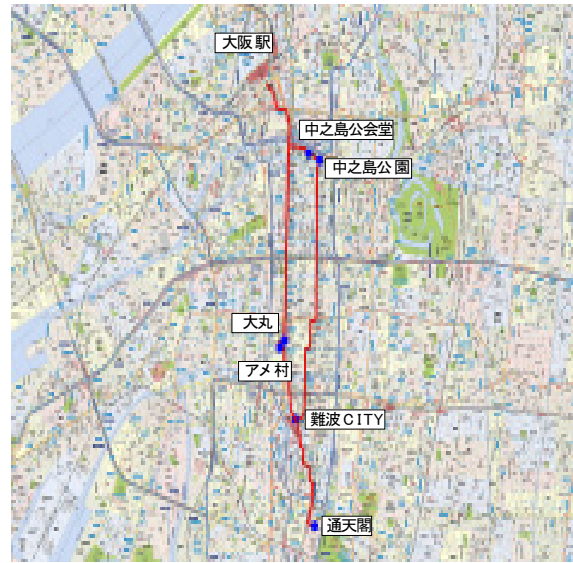


図6. 観光モードマップ表示

5. 評価実験

本研究の有効性を確認するために、提案アーキテクチャをFPGAに実装し、ソフトウェアとの比較実験を行った。ソフトウェアの実行プラットフォームは CPU : Pentium IV 3.6GHz, OS : Microsoft Windows XP Professional SP2, メモリ 1 GB とした。図5に提案システムを示す。

各種パラメータの入力や初期個体の生成、結果の表示などはソフトウェアで行い、進化処理はFPGAで行う。

表1に、提案ナビゲーションシステムの観光モードと複数立ち寄りモードの場合の処理速度比較を示す。

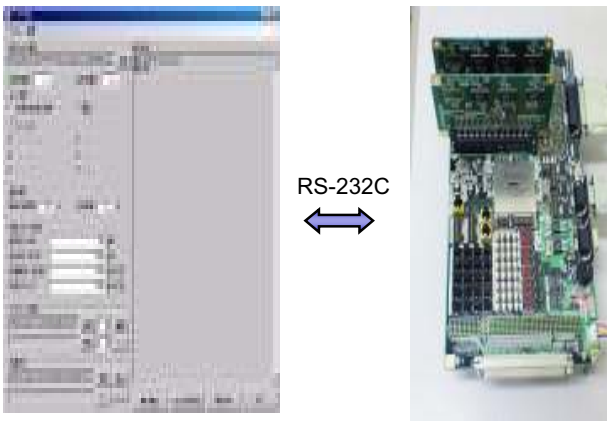


図5. ソフトウェアの入力画面とFPGA

表1. ソフトウェアとの速度比較

| ノード数 | モード | 処理時間(秒) | | 速度比 |
|-------|------------|---------|--------|-------|
| | | ソフトウェア | ハードウェア | |
| 2500 | 立ち寄り地(3種類) | 45 | 5 | 9 |
| | 立ち寄り地(6種類) | 93 | 7 | 13.29 |
| 10000 | 立ち寄り地(3種類) | 143 | 5 | 28.6 |
| | 立ち寄り地(6種類) | 159 | 7 | 22.71 |

表1より、観光モード、複数立ち寄り地モードの両方の場合においてハードウェアの処理時間がソフトウェアの処理時間より短くなり、そして、従来の手法ではできなかった価値や観光時間などを考慮する観光地巡りに対応できるようになり、ハードウェア化の有効性が確認できた。また、ソフトウェアではノード数が増えるに従い、処理時間が増大するのに対し、ハードウェアではノード数が変わっても処理時間は変わらなかった。これは、処理時間が遺伝子長に比例しているためで、ノード数が多い場所ほどハードウェアが有効である。

また、図5にJR大阪駅から設定時間5時間、許容誤差15分で観光ルートの探索を行った結果を示した。探索範囲は大阪市全域で観光地58箇所を対象とした。このように、遠回りすることなく6箇所の観光地を巡りJR大阪駅に戻るルートの作成が実現している。

6. まとめと今後の課題

本研究では、一般的なカーナビで用いられているダイクストラ法の問題点を解決するために、ウイルス進化論を組み込んだGAをベースとするナビゲーションシステムを提案した。ウイルス進化論を用いることにより最短経路だけでなく、観光地の価値などを反映した経路探索を可能とし、システムの計算機処理部分を専用ハードウェア化した。これにより、専用ソフトウェアと比較して、最大28.6倍の高速化を実現した。

今後の課題としては、実際の交通規則の適用や運転の快適性の考慮があげられる。

7. 参考文献

[1] J.Holland: Adaptation in Natural Artificial Systems, the University of Michigan Press (Second edition ; MIT Press) (1992)

[2] 狩野均, 中村信昭, 中村友洋: 「知識の集団を用いたGAによる不特定な立ち寄り地を含む経路探索」人工知能学会論文 vol17, No.2 pp145-152(2002)

[3] Kubota, N.; Fukuda, T.; Arakawa, T.; Shimojima, K., "Evolutionary transition on Virus-Evolutionary Genetic Algorithm", Proc. of IEEE International Conference on Evolutionary Computation, pp. 291-296, 1997.