

遺伝的アルゴリズムを用いた行列に着目した 施設配置自動化の提案

IWABUCHI, Takuro / 岩淵, 与朗

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学・工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編 / 法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編

(巻 / Volume)

57

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

5

(発行年 / Year)

2016-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00013172>

遺伝的アルゴリズムを用いた 行列に着目した施設配置自動化の提案

FACILITY LOCATION PROBLEM FOCUSING ON THE QUEUE USING GENETIC ALGORITHM

岩淵 与朗

Tomoro Iwabuchi

指導教員 李 磊

法政大学大学院理工学研究科応用情報工学専攻修士課程

Facility location problem using a genetic algorithm has been studied in a number of the target. However, studies have emphasized the human experience is not performed. In this study, paying attention to the congestion to be seen in the commercial facilities, etc., shows the impact of congestion on the convenience, we propose a solution of the reduction by the genetic algorithm.

Key Words : Genetic Algorithm, Facility location problem, Queueing Theory

1. はじめに

施設配置の自動化は規模が大きくなるほど総当りでは現実時間内に求めるのは難しくなる。そのため、近似解を求める方法として様々なアプローチがなされている。特に、遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm) を用いた研究は盛んに行われており、地域施設配置 [6] や、避難施設の配置 [7] などが現在に至るまで研究されている。

これらの従来の研究では、施設間の距離や設置にかかるコストなどを重要視している。しかし、娯楽施設や、商業施設といった場合、利用者の快適性を考慮する必要がある。例えば、施設まで距離が最適であったとしても混雑しており施設を利用するのが難しい状況が発生した場合、それは利用者にとって不便なものになり、その結果として利用数が減少すれば、運営側にとっての損失に繋がる。このことから、施設そのものでは利用者の快適性に着目する必要があると考えられる。

本研究では、娯楽施設や商業施設などで利用者が不便に感じる要因の一つとして考えられる、行列による混雑に焦点を当て、施設モデルとエージェントモデルを利用したシミュレーションモデルによる評価を利用した手法と、待ち行列理論を用いた評価関数を利用した手法の2種類の手法による全施設間での行列による待ち時間の発生量を減少させた施設配置の自動化の問題を提案、検証していく。

2. 行列への着目

行列についての研究で有名なマサチューセッツ工科大

学のリチャード・ラーソンによれば、「人間にとっては、待っている統計的な時間よりも、待っている時の心理状態のほうが重要である」と述べている。つまり人間は、「何かをやっている時間」より、「何もせずにいる時間」のほうが同じ時間であっても長く感じるとされており、これに関する研究では、「何もせず待っている時間の長さは、実際にかかった時間より 36% 長く感じる」ということが報告されている [3]。

このことから、商業施設等の施設配置について行列での待ち時間を減少させることは利便性の向上に繋がるとかんがえられる。

3. シミュレーション方式

(1) 施設モデル

本研究では、娯楽施設はや商業施設における複数の施設が密集している場合の配置を想定している。施設配置空間の例を図1に示す。

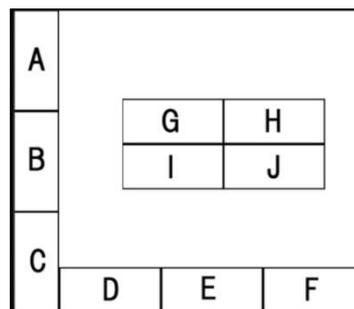


図1 施設配置空間

図におけるA~Jの番号を割り振られている場所が施設の配置位置である。つまり、この配置位置に対して、任意の与えられた施設を、行列の発生量が最も少なくなるように配置することが本研究の目的である。

(2) 施設の要素

各施設は以下の要素を持つ。

- ・ 同時利用可能数
- ・ 系統
- ・ 利用時間

同時利用可能数は、施設のサービスを利用出来る最大数であり、この値以上の利用者が存在する場合、現在の利用者がサービスを受けるのを終了するまで列に並ばせる(行列の形成)系統は施設が扱う活動や物を表しており、系統を設けることにより利用者の目的ごとによる全体の行動の違いを形成するタグ付けを行う。利用時間は、施設を利用した時にかかる時間であり、時間が経過するまで現在サービスを受けている利用者は施設に固定される。

(3) 利用者モデル

施設配置空間に対して、目的の施設への移動、行列の形成を行う利用者モデルを定義する。利用者は以下の様な要素を持つ。

- ・ 視野
- ・ 移動速度
- ・ 目的施設
- ・ 行動時間
- ・ 待機時間

視野は利用者モデルが施設及び、他の利用者や障害物を認識する範囲である。以下の図2のように、半径 r 、角度 θ の範囲を認識することが出来る。

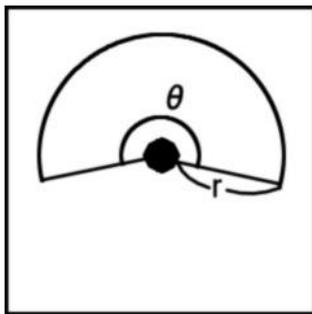


図2 利用者モデルの視野

移動速度は利用者が空間内を一時刻 t で移動する量であり、この値が大きいほど早く行動を行う。目的施設は、利用者が向かう施設が持つ系統との紐付け要素であり、目的施設と同じ系統を要素として持つ施設に向かう。行動時間は歩行、施設の利用などの動的行動をしている時間の計測要素であり、待機時間は行列に並ぶなどの静的行動をしている時間である。つまり、この静的行動時間が長いほど行列自体が大きくなっていることを表している。

(4) 回避行動

各利用者は、施設空間内を行動する際、目的施設に向かって移動を行う。しかし、空間内には他の利用者モデルや壁といった回避すべき要素が存在するため、直進による施設への進行を行うことは出来ない。そこで、衝突を避けるために利用者モデルの回避行動を以下のように設定する[9]。

- ・ 利用者モデルと、他の利用者モデルや障害物との相対位置ベクトルを r とする
- ・ 利用者モデルの進行方向ベクトル v と、 r の成す角度 θ を求める
- ・ θ が視野角内かつ、相対位置ベクトル r の長さが視野半径内か判定する
- ・ 条件を満たしている場合は回避行動として、移動ベクトル v を $-\theta$ 回転させる
- ・ 利用者を移動量ベクトル v だけ移動させる

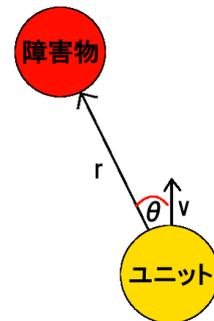


図3 回避行動モデル

a) 緊急回避

通常の回避方法では、利用者モデルに対して障害物が真正面にある場合、ベクトル v 、 r の成す角度 θ が0となる問題がある。その解決策として、緊急回避を設定する[9]。

緊急回避は障害物が視野内にある状態でベクトル v 、 r の成す角度が0の時に発生する。その場合は、角度 θ によらず利用者モデルの左右の空間が空いているかを確認し、空いている方向に対して移動を行う。仮にどちらも空いていない場合は、ベクトル v を0ベクトルにしその場に静止させる。

4. 遺伝的アルゴリズム

遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm: 以下GA)は、自然界における、環境に適応出来ない個体は淘汰されていき、環境に適応した個体は生き残り子孫を増やしていく、このメカニズムをモデル化し、与えられた問題に対して最も適応する個体、すなわち目的関数に対して最適解を与えるような解を計算機上で求めようとするものである[1]。

(1) GAの流れ

一般的なGAの処理手順を図4に示す。

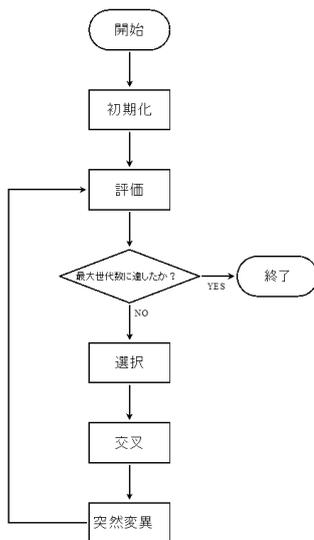


図4 GAの処理手順

それぞれの処理を本研究では以下のように設定する。

a) 初期化

初期個体集合の生成を行う。本研究の個体は遺伝子情報として、施設の配置情報を持っている。生成方法は、全ての施設をランダム配置した個体を任意の数生成することとした。

b) 評価

個体の遺伝子情報が目的に対して適合しているかを評価する。本研究では以下のような評価式を作成した。

$$\text{Fitness} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N f(i)}{N} \quad (1)$$

$$f(i) = \frac{T_{act,i} + \alpha \times T_{wait,i}}{T_{max}} \quad (2)$$

$f(i)$ は各施設ごとの評価である。 $T_{act,i}$ は利用者モデルの行動時間、 $T_{wait,i}$ は待機時間である。 α は補正值であり、待ち時間における体感時間の増加をこの補正值で表現する。 T_{max} は全利用者モデルの中で最も総合計時間が長い値のことである。以上のことからFitnessは0~1の範囲に収まり、1に近い個体が評価の高い個体となる。

c) 選択

次世代に残す個体を選ぶ処理である。今回はルーレット選択を用いることとした、この手法は全ての個体の中から評価値を利用して選択する方法で、評価値の低い個体であっても選択される可能性を出すことが出来るため局所最適解への陥りを防ぐことが出来る。

d) 交叉

交叉は2体の個体を親とし、親の遺伝子情報の一部を持った子個体を生成する処理である。今回は同じ最適化問題である巡回セールスマン問題に対して提案された枝交換交叉を用いる[5]。この交叉法は親の枝に着目した交叉法で、「停止性の保証」、「遺伝子情報に重複が発生しない」利点を持っている。本研究では遺伝子情報が施設配置のため、重複が発生してはならない。そのため、この交叉法を採用した。

e) 突然変異

突然変異は、個体の遺伝子情報の一部を変異させる処理である。遺伝子情報を変異させることにより初期個体集団が持っていない形態をした個体を生成することが出来るため、多様性を生み出し局所最適解への陥りを防ぐことが出来る。本研究では、遺伝子情報の中から二点を選択しその間にある遺伝子情報を逆順とする手法を行った。

5. 数値実験

GAによる平均待ち時間の変化について検証を行う。

(1) パラメータ設定

GAの設定を表1に示す。

表1 GAの設定

個体数	100
最大世代数	10000
選択方式	ルーレット選択
交叉率	0.7
交叉方法	枝交換交叉
突然変異率	0.05

次に、施設配置空間を図5、値設定を表2に記載する。



図5 施設配置空間

表2 施設の値設定

	A	B	C	D	E	F
利用可能数	1	1	3	3	5	5
利用時間	5	30	15	40	10	50

利用者モデルの設定を表3に示す。

表3 利用者モデルの設定

視野角	120
視野半径	10
移動速度	1~3
目的施設	各施設 100人
発生間隔	1~5
同時発生数	1~5

施設ごとの人数は同一のものとし、発生間隔と同時発生数は値の範囲内からランダムに決まるものとした。

(2) 実験結果

結果を図6に示す。

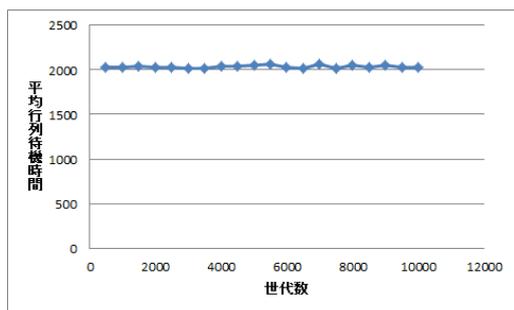


図6 シミュレーションによる実験結果

平均待ち時間に変動はなく、解の収束を見ることは出来なかった。このことについて各要素の検証を行った所、各個体間での評価値の差が非常に小さくなっており、選択時にはほぼランダム選択と同様の結果になっていることが確認された。その結果、選ばれる遺伝子情報に規則性がなくなり毎回違う結果が見られることとなった。このことから、シミュレーション型による行列に着目は、行列以外に複数の心理的な利便性の要因を検証し見直す必要があると考えられる。

6. 待ち行列理論

シミュレーションモデルによる待ち時間の減少を行うことが出来なかった。そこで、待ち時間の部分にのみ注目し、待ち行列理論を用いた評価を行う手法を提案、検証を行った。

(1) 待ち行列理論とは

待ち行列の理論(Queing Theory)とは、応用数学のオペレーションズ・リサーチにおける分野の一つであり、顧客がサービスを受けるために行列に並ぶような確率的に挙

動するシステムの混雑現象を数理モデルを用いて解析することを目的とした理論である[4]。

(2) M/M/s 型の式

M/M/s 型は以下のように定義された待ち行列を Kendall 記号で表したものである。

- ・サービスが提供される窓口は s 個である。
- ・窓口でサービスを同時に受ける事ができるのは m 人に限られる。
- ・サービスを受けるための列は1つである。
- ・一度待ち行列に加わった利用者は、自分が来るまで待ち続ける。
- ・利用者の到着の仕方はポアソン分布に従う。

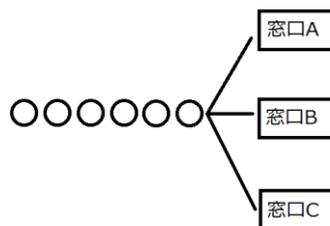


図7 M/M/s 型の見本

M/M/s 型で今回用いる平均待ち時間を求める過程を以下に示す。

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(s\rho)^n}{n!} + \frac{(s\rho)^s \rho}{s!(1-\rho)}} \quad (3)$$

式(3)は行列の並びに人が0である確率である。 s は窓口の個数、 ρ は以下の式で求める事ができる。

$$\rho = \frac{\lambda}{s\mu} \quad (4)$$

λ は単位時間当たりの平均到着率、 μ は単位時間あたりの1つの窓口の平均処理数である。

次に、全ての窓口の塞がっている確率を求める。

$$P_{n \geq s} = \frac{(s\rho)^2}{s!(1-\rho)} P_0 \quad (5)$$

以上より求めた、全ての窓口が塞がっている確率を用いて、平均待ち時間を求める事が出来る。

$$\mu W_q = \frac{1}{s(1-\rho)} P_{n \geq s} \quad (6)$$

(3) GA の評価関数への適用

GA の評価式を以下の式(7)に変更する。

$$\text{fitness}(i) = 1 - \frac{\sum_{n=0}^{N-1} \mu W_q(n)}{N} \quad (7)$$

i 番目の個体についての評価である。Nは施設数である。つまり、1 から全施設の待ち時間の平均を減算したものを適応度とする。

7. 数値実験

GA による平均待ち時間の変化について検証を行う。

(1) パラメータ設定

GA のパラメータはシミュレーションモデルでの検証と同じものを用いる。

次に、施設配置条件を表 4 に示す。

表 4 検証用施設設定

施設数	50
平均利用数	[1, 45]
窓口数	[1, 23]
平均利用時間	[3, 65]

なお平均利用数は配置位置に依存し、窓口数、平均利用時間については施設に依存する。また、全ての施設は $1 > \text{平均利用数} / (\text{窓口数} \times \text{平均利用時間})$ を満たす。

(2) 実験結果

検証結果を図 8 に示す。

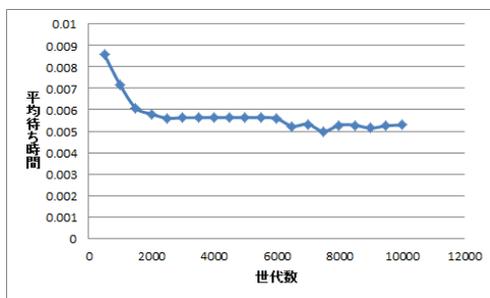


図 8 待ち行列を用いた実験結果

世代が進むにつれ、平均待ち時間が減少していくような個体の生成がされていく様子を確認することが出来た。

(3) 考察

今回の実験により配置された施設の情報を見ていくと、窓口数が極端に少ない、もしくは窓口数に対して単位時間当たりの平均利用時間が少ない場合の施設が平均利用数の少ない位置、つまり施設上で入口方向から離れた場所と想定した位置に配置されたのが確認出来た。これは、前者の場合は窓口数が少ないため簡単に行列が形成されてしまう。後者の場合は、窓口数が多いが、1人あたりに掛かるサービス時間が長い場合行列が形成しやすいためであると考えられる。これら2点の特徴を持つ施設が行列を発生させやすいということは実験前段階で想定出来るも

のであったので、今回の実験での配置の自動化が正しく行われていると思われる。

8. 結論

施設配置において行列の待ち時間は体感時間を長く感じさせ利用者の利便性を損なう原因の1つである。その行列の発生を減少させるような施設配置の自動化についてシミュレーションモデル、待ち行列理論による手法を提案、検証をし、待ち行列理論を用いた手法による全体の行列待ち時間を減少させた施設配置自動化を行うことが出来た。

今後の課題として、今回は解の収束を見ることが出来なかったシミュレーションモデルによる成功がある。これは、より現実に近い環境のほうが実世界への適用に信憑性が高くなるためである。そのため、行列のみならず、人間の利便性に関する要因を複数検証した評価関数の作成が必要である。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、多大なるご指導を頂きました法政大学教授 李磊 教授に厚くお礼を申し上げます。また、様々な助言を頂きました本研究室の大学院生、並びに4年生諸氏にも感謝いたします。

参考文献

- 1) J.H.Holland : Adaptation In natural and Artificial Systems. University of Michigan Press, 1975
- 2) D.E.Goldberg : Genetic Algorithm in Search, Optimization and Machine Learning, Addison Wasley Publishing Company, 1989
- 3) Alex Stone : Why Waiting Is Torture, <http://www.nytimes.com/2012/08/19/opinion/sunday/why-waiting-in-line-is-torture.html>, Aug-18-2012
- 4) 牧本直樹 : 待ち行列アルゴリズム-行列解析アプローチ, 浅倉書店, 2001
- 5) 前川, 玉置, 喜多, 西川 : 遺伝的アルゴリズムによる巡回セールスマン問題の一解法, 計測自動制御学会論文集, Vol.31, No.5, pp.598-605, 1995
- 6) 青木義次, 村岡直人 : 遺伝的アルゴリズムを用いた施設配置手法, 一般社団法人日本建築学会, 日本建築学会計画系論文集, Vol.484, pp.129-135, 1996
- 7) 遺伝的アルゴリズムを用いた建物内の避難施設配置システムの開発と群集流動を考慮した避難安全性の評価, 一般社団法人日本建築学会, 日本建築学会計画系論文集, Vol.79, No.697, pp.635-642, 2014
- 8) D.M.Bourg, G.Seemann : AI for Game Developers, O'Reilly Media, 2004
- 9) 森江修也, 渡辺大地 : 集団移動シミュレーションにおける移動障害物の回避に関する研究, 東京工科大学, 学位論文, 2002