

路上駐輪を考慮した駐輪場最適配置分析*

～岐阜市柳ヶ瀬商店街を例として～

Analysis of Optimal Allocation of Bicycle Parking Considering On-street Bicycle Parking

～Case Study of YANAGASE Shopping Mall in GIFU～

佐竹 鑑** 鈴木 崇児*** 宮城 俊彦****

Akira SATAKE Takaji SUZUKI Toshihiko MIYAGI

1. はじめに

自転車は、歩行に比べ移動能力が高く、自動車や自動二輪のように免許の制度も無い。さらに、駐輪スペースが少なくてすみ事から、端末交通として幅広い活用がなされている。

しかし、自転車の利用が集中する地区では、路上駐輪が通路をふさぎ、歩行者や自転車の通行を妨げており、災害時の救助空間の確保を阻害している。また、街路景観への悪影響など、社会問題を引き起こしている。

そこで本研究では、対象とする地域の路上駐輪を減少させるために、自転車利用者の行動を考慮し、駐輪場の最適配置に付いて検討を行う。また、解法には遺伝的アルゴリズムを用いている。

岐阜市柳ヶ瀬商店街では路上駐輪が多くみられ、岐阜市によって駐輪場整備が検討されている。本研究では、最適配置を求める事で、現状の駐輪状況との比較を行い、駐輪場整備計画の方向性に言及する。

2. 駐輪場最適配置問題

(1) ロケーション問題

駐輪場最適配置問題¹⁾は、ロケーション問題^{2) 3)}の応用として解析可能である。ロケーション問題は、面的に広がった需要を、点的に配置する施設によって被覆させる問題である。通常、学校や病院といった施設の配置問題を検討する場合、需要として利用者の居住地の分布を使用する。しかし、駐輪場配置問題の場合、需要は利用者の目的施設の分布を使用する。この理由については次節で説明する。

駐輪場の配置を検討するには、対象地域をいくつかのブロックに分割する必要がある。いくつかのブロックに分割

する方法は、図-1のように、各交差点を中心に分割し、1つの交差点が1つのブロックとなるように分割する。ここで、ブロック内に目的施設を持つ自転車利用者の数をブロック毎に集計し、そのブロックの駐輪需要とする。ブロック毎の駐輪需要は、各交差点に集中させ、ブロック間の距離は、各交差点間の距離で代表させる。

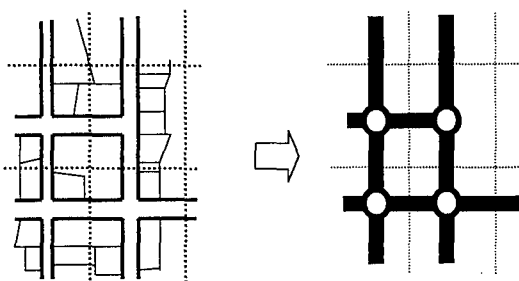


図-1 街路網のモデル化

(2) 自転車利用者の行動

本研究で対象とする自転車利用者の行動は、各自の自転車の保管場所から、自転車で対象地域に訪れて、特定の場所に駐輪した後、徒歩でそれぞれの目的のある場所（以下、目的施設と表記）へ向かうというものである。よって、駐輪の場所は、目的施設の位置に依存するものと考えられる。このため、駐輪場の配置を検討する場合、その需要は目的施設の分布であるとする。

本研究では、路上駐輪の発生原因を、2つに分類した。1つは、利用者には駐輪の意図はあるが、駐輪場が満車であるため、駐輪場が利用できない場合。もう1つは、目的施設と、駐輪場までの距離が遠いため駐輪場を利用しない場合である。

よって、路上駐輪に影響を与えるのは、駐輪場の収容台数と、駐輪場から目的施設までの距離であるとして、定式化を行う。

(3) 距離と歩行許容割合

上述のように、路上駐輪の原因として駐輪場と目的施設の距離による抵抗がある。この距離が遠くなるにしたがって、歩行を許容する人の割合が減少するものと考えられる。

本研究では、自転車利用者は目的施設から最も近い駐輪場のみを利用するものと仮定した。

そこで、駐輪場と目的施設の距離に対する歩行許容率を

*キーワード：自転車交通行動、歩行者・自転車交通計画、

駐輪場計画、駐輪需要

**学生員 東京都立大学大学院工学研究科土木工学専攻

(〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1、

TEL 0426-77-1111(内線 4546) FAX 0426-77-2772)

***正員 中京大学経済学部

(〒446-0825 名古屋市中区八事本町 101-2、

TEL 052-832-2151 FAX 052-835-7198)

****正員 工博 岐阜大学地域科学部

(〒501-1112 岐阜県岐阜市柳戸 1-1、

TEL 058-293-2442 FAX 058-230-1528)

調査し、歩行許容率曲線を距離に対する関数の形で推定する。ブロック毎の需要にこの曲線に基づく歩行許容割合をかける事で、そのブロックの駐輪場利用を意図する利用者の数が決定される。また、需要量とこの数の差は、駐輪場利用を意図しない人の数なので、路上駐輪されるものとする。また、駐輪場利用の意図がある場合でも、駐輪場が満車の場合も、路上駐輪されるものとする。

(4) 駐輪場最適配置問題の定式化

駐輪場の配置を検討する場合、制約には、費用、収容台数そして配置可能な空間が挙げられる。

整備費用の予算制約下において収容台数の最大化を目的とする。本研究では、対象地域の全体需要を一定としているため、総収容台数の最大化は、路上駐輪を最小化と同義である。

このモデルでは、各ブロック毎に整備可能な、駐輪場の最大収容数を設定する。さらに、整備費用についてもブロック毎に設定する。

$$\max \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} X_i f(x_{ij}) Y_j \quad (1.a)$$

$$\text{s.t. } X_i = 0.1 \quad i \in I \quad (1.b)$$

$$\sum_{i \in I} X_i c_i \leq C \quad (1.c)$$

$$0 \leq f(x_{ij}) \leq 1 \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (1.d)$$

$$f(x_{ij})(x_{ij} - a_j) = 0 \quad \forall j \in J \quad (1.e)$$

$$\sum_{j \in J} X_i f(x_{ij}) Y_j = Z_j \quad (1.f)$$

ここで、 X_i : 施設候補地 i に駐輪場を配置する場合 1, そうでない場合 0.

Y_j : ブロック j の需要

$f(x_{ij})$: x_{ij} に対する駐輪場利用者の歩行許容割合

C : 整備に使用可能な予算

c_i : 施設候補地 i の駐輪場整備費用

a_j : 最も近い駐輪場までの距離

I : ブロック集合

J : 駐輪場整備可能ノード集合

Z_j : ブロック j に建設可能な駐輪場の最大容量

(1.a)は、目的関数を表しており、駐輪場に駐輪される自転車の収容台数の合計を表している。(1.b)は、ブロック毎の駐輪場配置の可能性を表したもので、次章で説明する遺伝的アルゴリズムでは、遺伝子列を形成する。(1.c)は、予算制約の式である。(1.d)は、歩行許容率について表しており、これは、目的施設と駐輪場の距離の関数になる。(1.e)は、駐輪場を利用する場合には、最も近い駐輪場を利用する事を表した式である。最後の(1.f)は、駐輪場毎の収容台数の限界について表した式である。

3. 遺伝的アルゴリズム

(1) ロケーション問題との対応

本研究では解法に、遺伝的アルゴリズム³⁾(以下、GAと表記)を用いる。GAは、生物の進化の過程にヒントを得た比較的単純な基本原理を基にしており、ほとんどの最適化探索の問題に応用可能な枠組みであるといわれている。

但し、GAで得られる最適解は、必ずしも真の最適解であるとは限らない。これは、GAでは解を全探索するのではなく遺伝子列を進化させることで、最適解に近づける方法を取っているからである。よって、GAの使用に適しているのは、組み合わせの数が多く全探索が時間的に不可能で、かつ、解答が真の最適解でなく、その近似解であっても支障のない場合である。駐輪場配置問題はこの条件に合うと考える。

本研究の場合は、各ブロック毎の駐輪場配置の可能性を、GAにおける遺伝子に相当させる。この遺伝子は、配置を行う場合に1、行わない場合は0で表現する。これを図式化すると図-2のようになる。この遺伝子の組み合わせが、駐輪場の配置を表す。目的関数に従って総収容台数の多い遺伝子列に高い評価を与える。

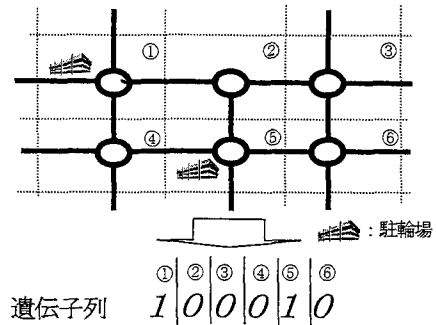


図-2 配置と遺伝子列の対応

(2) 計算手順

本研究で用いたGAの手順を、図-3に示す。

まず初期状態として、ランダムに遺伝子列を任意の数発生させる。次に、発生させた各々の遺伝子列の収容台数を計算し、総収容台数をその遺伝子列の評価とする。

次に、評価の値によって淘汰・増殖の作業を行う。これは評価の低い遺伝子列を淘汰させ、評価の高い遺伝子列を増殖させる作業である。方法は、すべての遺伝子列の評価の値の比によって、遺伝子列の数だけ確率的に選択する。

次に、収束判定を行う。これは、世代交代過程で評価の最大値が一定に落ち着いた事を確認する作業である。ただし、解が収束し、局所的な最大値に陥る事が多々あるため、真の最大値に到達するように以下の操作を行う。

まず、交差の操作を行う。これは、遺伝子列の一部を入れ替えたり、並べ替えたりする作業に当たる。配置問題では、配置の入れ替え作業に相当する。

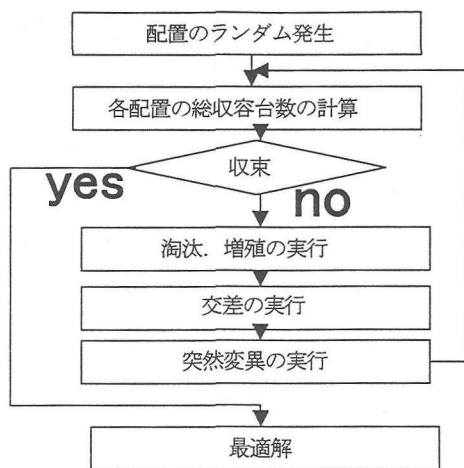


図-3 本研究で用いたGAの手順

続いて、突然変異の操作を行う。これは、遺伝子列の内容を書き換える作業で、1が割り当てられている遺伝子を0にしたり、逆に0が割り当てられている遺伝子を1にしたりする作業である。配置問題では、新たに配置をしたり、逆にそれまで配置されていた場所の配置をやめたりという作業に相当する。

この結果、得られた次世代の遺伝子列に対して再度評価を与え、また同様の手順で淘汰・増殖を行う。さらに、交差、突然変異と続け、一連の操作を繰り返す。この世代交代の中で、最も評価が高い遺伝子列を最適配置として採用する。

4. 実例への適応

(1) 柳ヶ瀬商店街の現況

柳ヶ瀬商店街は、岐阜市の中でも集客の多い地区で、商店街がアーケードで覆われていることや、自動車の進入が規制されていることなどから、自転車が頻繁に利用され駐輪に対する需要も高い。

計算で使用する駐輪に対する需要量は、実際に平日、休日それぞれに時間毎で調査を行った結果である。駐輪の需要量が最大となる時間帯を抽出し、その時間帯の9割の需要を本研究の計画需要量として設定した。

図-4は、対象とした柳ヶ瀬商店街をネットワーク状にし、ブロックごとの需要をグラフ化したものである。

現在、柳ヶ瀬商店街では、公共の駐輪場と、店舗が整備した駐輪場の収容台数を合計しても約100台にしか満たない。需要量が1975台であるのを考えると約20分の1しか満たされていない。

(2) 柳ヶ瀬商店街における歩行許容割合

対象とした柳ヶ瀬商店街で、目的施設からの距離がどの程度までなら駐輪場を利用するかという、アンケート調査

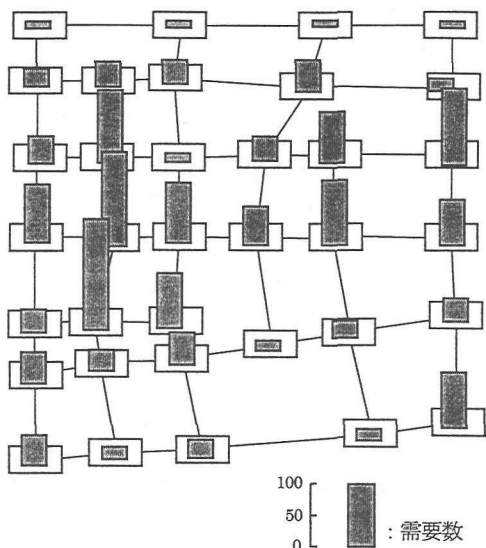


図-4 柳ヶ瀬商店街のネットワークと需要分布

を行った。結果をプロットすると図-5のようになる。この結果の近似曲線を推定すると、図-5の曲線になる。この曲線を距離に対する歩行許容率曲線とする。

また、この関数の一般形と推定結果はそれぞれ式(a)、(b)で表される。

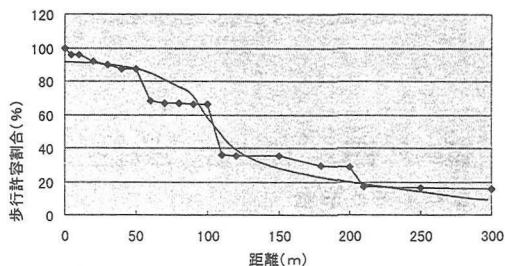


図-5 歩行許容割合の推定

$$f(x_{ij}) = 1 / \{1 - \text{Exp}[(x_{ij} - \gamma) / \delta]\} \quad (a)$$

$$f(x_{ij}) = 1 / \{1 - \text{Exp}[(x_{ij} - 138.8) / 57.6]\} \quad (b)$$

$$R = 0.9287 \quad t \text{ 値} : -12.39$$

ブロック毎の可能供給容量は、実態調査の結果から図-6のように設定した。これは、ブロック毎の空きスペースの現状から設定した。駐輪場を配置する場合はこの中から予算に応じていくつかを選択する事になる。また、建設費用は可能建設容量と、現況の整備状況を考慮し設定した。

(3) 計算結果

最適配置の例を図-7に示す。この結果、棒グラフのあるノードに、駐輪場が配置された。点線で囲まれた範囲が駐輪場の利用範囲であり、この点線内に目的施設のある利用者が駐輪場を利用する場合は、この駐輪場を利用する。

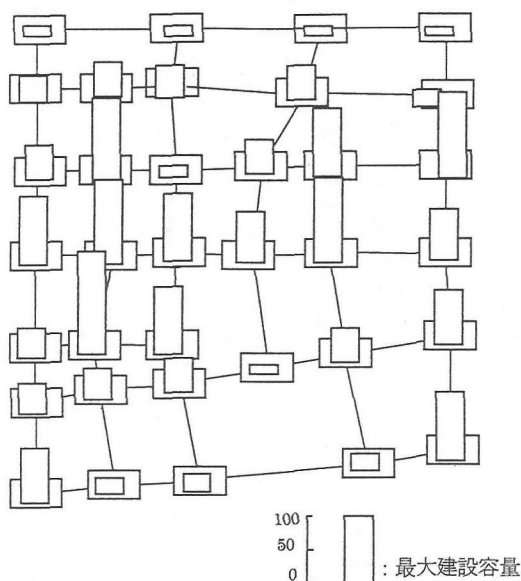


図-6 柳ヶ瀬商店街の駐輪場建設可能容量

グラフの黒色部分は駐輪場に収容される台数を、灰色部分はその範囲で路上駐輪される台数をそれぞれ表している。

図-7の配置が、今回の計算結果の中で、路上駐輪の場所的な偏りが最も少ない配置であった。今回のアンケート調査では、自転車利用者が、かなり歩行を許容するといった解答が得られた。よって、路上駐輪の原因は、自転車利用者が駐輪の意図が無いことより、整備容量の不足であることが明らかになった。

特に柳ヶ瀬の東側と南側で路上駐輪が多くなる結果が得

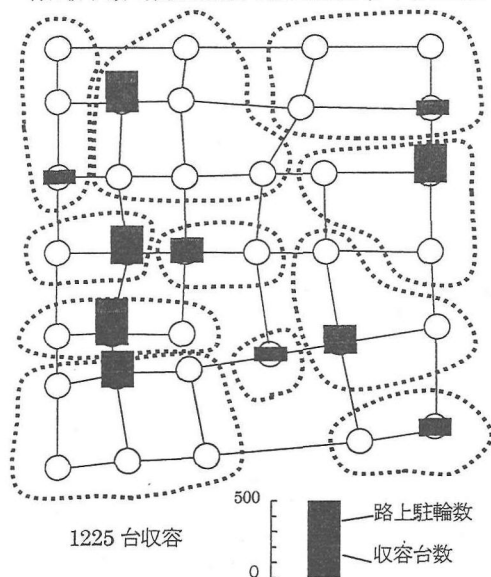


図-7 最適配置の一例

られた。この原因は、主として需要に対して整備可能容量が少ないことが原因となっている。

(4) 柳ヶ瀬商店街の駐輪場整備方針

パーソントリップ調査⁵⁾によると、柳ヶ瀬商店街の駐輪需要のうち53%が買い物客によるものであり、残りの47%は、業務・通勤目的である。

駐輪場の整備可能容量に限界があることを考えれば、駐輪場整備は、買い物客を対象に整備するのが妥当であると考えられる。また、業務や通勤目的の需要は、大型店舗や商店街に駐輪場の附置義務を課すなどし、各自の責任で管理させる政策が妥当と考えられる。

柳ヶ瀬商店街の買い物客の需要は、1975 台中の 1047 台であり、1225 台収容できるこの配置は、柳ヶ瀬地区の買い物客の駐輪需要を満たすことが可能である。

5. おわりに

本研究で構築したモデルは、自転車利用者の行動を考慮しており、路上駐輪の原因が、配置による距離的な問題からであるのか、容量の不足が原因であるのかを明確にする事が出来た。

GA を用いた探索は、駐輪場のような施設配置問題においても適応が可能であった。今回、例として扱った柳ヶ瀬商店街は、35 にブロック分割され、すべての組み合わせについて検索を行うのは時間的に不可能であるといえる。よって、解法に GA を用いるのは有効な手段であるといえる。

しかし、計算過程において制約条件にあてはまらない遺伝子列を致死遺伝子にしたため、計算で無駄が生じた。これに対しては、ペナルティ関数を導入する方法が考えられる。また、淘汰・増殖においても、解が均衡するとより良い遺伝子列が選択される確率が、他の遺伝子列が選ばれる確率と差がなくなる場合が起きた。これについては、エリート保存戦力の導入が考えられる。これらについて、今後検討したいと考えている。

【参考文献】

- 1) 都島 一徳・鈴木崇児・宮城俊彦：ロケーション問題を応用した駐輪場の最適配置問題，土木学会中部支部平成 8 年度研究発表会講演概要集 pp.579-580，1997.
- 2) Mark S. Daskin：Network and Discrete location，John Wiley & Sons, Inc, 1995
- 3) 谷村秀彦・梶秀樹・池田三郎・腰塚武志：都市計画数理，朝倉書店，1986.
- 4) 安居院 猛・長尾 智晴：ジェネティックアルゴリズム，昭晃堂，1993
- 5) 第3回中京都市圏パーソントリップ調査報告書，1993.