

# GA を用いた駅周辺地域における道路・住空間配置最適化に関する研究 斜め方向を考慮した道路配置方法の検討

## Optimization of Road and Dwelling Space around a Railroad Station Study of road layout method considering diagonal direction

○金山 佳史<sup>\*1</sup>, 山邊 友一郎<sup>\*2</sup>, 谷 明勲<sup>\*3</sup>  
Yoshifumi KANAYAMA<sup>\*1</sup>, Yuichiro YAMABE<sup>\*2</sup> and Akinori TANI<sup>\*3</sup>

\*1 神戸大学大学院工学研究科 大学院生

Graduate Student, Graduate School of Engineering, Kobe University

\*2 神戸大学大学院工学研究科 准教授 博士(工学)

Associate Professor, Graduate School of Engineering, Kobe University, Dr. Eng.

\*3 神戸大学名誉教授 博士(工学)

Professor Emeritus, Kobe University, Dr. Eng.

キーワード：遺伝的アルゴリズム；配置最適化；道路；駅周辺地域；

Keywords: GA; allocation optimization; road; around a railroad.

### 1. はじめに

現代日本では主に三大都市圏（首都圏・中京圏・近畿圏）を中心とした一部の地域で、転入超過数が増加傾向にあり、日本全体では人口が減少している一方で、一部の地域では住宅需要が高まっていると考えられる。また、住宅価格の高騰により職場に近い地域に住宅の確保が困難となっているため、主に東京都市圏を中心に通勤時間が長くなっており<sup>2)</sup>、労働者の負担となっている。本研究は、駅周辺地域を対象として、利便性の高い住空間を可能な限り多く確保することで、一部の都市での住宅不足、長い通勤時間等の問題を改善する都市形態の探索を目的とする。

これまで都市をグリッド状に分割したモデルを構築し、住宅や施設配置について、GA（遺伝的アルゴリズム）を用いて施設配置最適化を図る研究は多数行われているが<sup>3)4)</sup>、建物の形状や道路の位置等、住空間と道路配置に多くの制約条件があった。筆者らは、都市圏の限られた土地を最大限有効活用することを目的に、住宅の形を決めず、最寄り施設との道路上の距離や、接道条件を評価し配置最適化を行った<sup>5)</sup>が、行き止まりや斜め方向の道路を考慮できていないという課題があった。そこで本研究では、上記の課題を解決するためモデルの改善を行った。

### 2. シミュレーション設定

#### 2.1. 空間設定

本研究では、図1に示す181m×181mの敷地を対象にGAを用いて道路配置最適化を行う。セルは、5×5mのセル（ただし、端部は5×3mとする。以下、中セル）、0.5×0.5mのセル（以下、小セル）とした。各小セルは、住宅セル：■又は道路セル：■のいずれかとした。中セルは距離や評

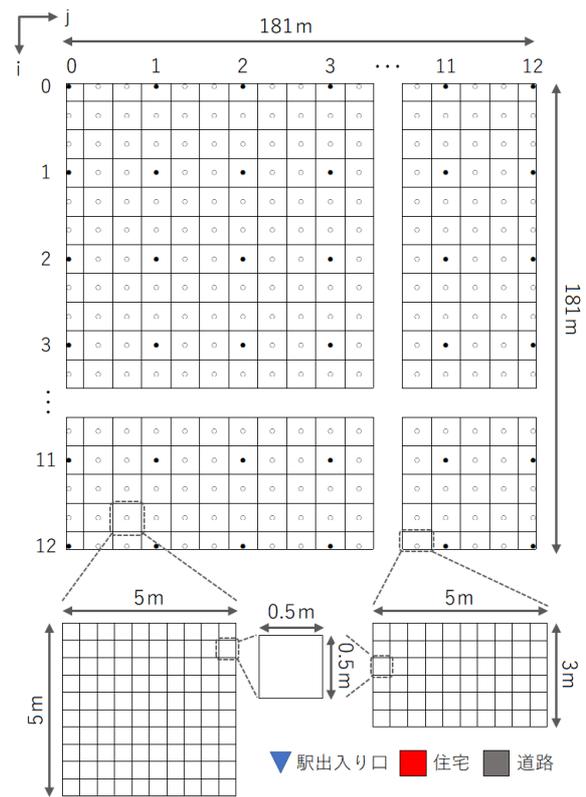


図1 シミュレーション対象敷地

価値を計算する際に用い、同一中セル内に含まれる住宅セル又は道路セルは、各中セル中央の●又は○で表した代表点に位置すると考える。道路は幅員が4m、任意の●を始点とし、上・右上・右・右下・下・左下・左・左上の8パターンのいずれかの向きにある敷地端の●を終点として、この始点と終点とを結ぶ線分として設定した。道路数は、1~9本

のいずれかとした。ここでは残ったセルを住宅セル、駅出入口を▼とする。なお、駅出入口はケーススタディ毎に図1の最上辺に一箇所設定する。

## 2.2. 遺伝子設定

図2の一本の道路nの遺伝子設定から、道路本数をn本とすると遺伝子長さは7n、遺伝子座は0~7n-1番までとなる。ここで整数k(0≤k≤n-1)を用いると、7k, 7k+1番目の遺伝子座の値は0~12までのいずれかの整数でそれぞれ道路始点のi座標, j座標を表し, (i, j)番目の●に対応する。7k+2~7k+6番目は道路の回転方向を表しており, 7k+2~7k+4番目は0~1, 7k+5番目は0~2, 7k+6番目は0~4のいずれかの値をとり, 2×2×2×3×5=120通り, 0~119までを表現している。道路始点の●が敷地の四隅の場合, 0~39, 40~79, 80~119が3方向, ●が敷地の上辺, 右辺, 下辺, 左辺の場合, 0~23, 24~47, 48~71, 72~95, 96~119が5方向, ●がそれ以外の場合, 0~14, 15~29, 30~44, 45~59, 60~74, 75~89, 90~104, 105~119が8方向に対応している(図3)。



図2 道路nの遺伝子設定

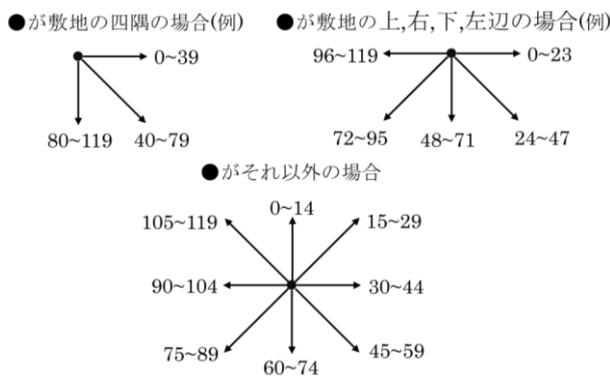


図3 遺伝子と道路方向の対応

## 2.3. 距離計算方法

道路上距離は、中セル単位で図4に示すムーア近傍を用いて求める。上下左右への移動の場合、1セルの距離を移動するが、斜め方向に移動する場合、1.414セルの距離を移動すると考える。道路住宅間距離も中セル単位で、道路セル、住宅セル間の直線距離を実際に計算し求める。

## 2.4. メンバシップ関数設定

### 1) 評価方法1(駅からの道路上の距離に応じた評価)

住宅から駅までの移動は一般に徒歩で行われ、駅までの距離が近いほど不動産評価は高くなると考えられる。そこで、駅出入口からの道路上距離が大きいほど評価値が小さくなる評価方法1, Ev.1(駅からの道路上の距離に応じた評価)を導入した。(図5左参照)

駅出入口からの道路上距離をx1(m)とすると

$$Ev.1 = 1 - 2.5 \times 10^{-4}x1 \quad (1)$$

### 2) 評価方法2(道路-住宅セル間の距離に応じた評価)

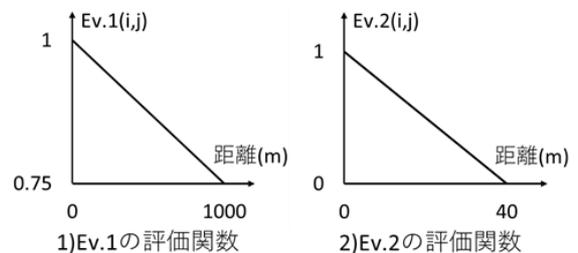
一般に、道路からの奥行きが長い場合、間口が狭い土地や旗竿地等、土地を利用しにくくなると考えられるため、道路からの距離が離れるほど評価値が小さくなる評価方法2, Ev.2(道路セルから住宅セルまでの距離に応じた評価)を導入した。(図5右参照)

道路と住宅セル間の距離をx2(m)とすると

$$Ev.2 = 1 - 2.5 \times 10^{-2}x2 \quad (2)$$

1.414	1	1.414
1	(i,j)	1
1.414	1	1.414

図4 道路セルの数え方



1)Ev.1の評価関数 2)Ev.2の評価関数

図5 メンバシップ関数

## 3. ケーススタディの設定

表1に示す通り、評価方法1, 2の組み合わせ、駅出入口の位置、道路本数を変化させ計36種類のケーススタディを行った。

表1 ケーススタディ(評価方法と駅出入口の位置)

ケース	評価方法	駅出入口の位置
1	評価2	上辺中央
2	評価2	上辺右端
3	評価1+2	上辺中央
4	評価1+2	上辺右端

また、ケース1~4は配置する道路本数に応じてケース1-1~1-9のように、それぞれ9種類の最適化を行った

(表 2 参照)。

表 2 ケーススタディ (道路本数)

ケース	道路本数	ケース	道路本数	ケース	道路本数
1-1	1	1-4	4	1-7	7
1-1	2	1-5	5	1-8	8
1-1	3	1-6	6	1-9	9

### 3.1. 目的関数設定 (ケース 1 またはケース 2)

本ケースでは、評価方法 2 (道路-住宅セル間の距離に応じた評価) を用いて評価を行った。0.5×0.5m の小セル単位で各住宅セルに与えられた評価値を敷地全体で足し合わせ目的関数としている。1×1m あたりの評価値が 0~10,000 となる様に 4 で除している。(0≤i≤361, 0≤j≤361)

$$Ev = \sum_{i=0}^{361} \sum_{j=0}^{361} \frac{1}{4} \times 10,000 \times Ev.2 \quad (3)$$

### 3.2. 目的関数設定 (ケース 3 またはケース 4)

本ケースでは、評価方法 1 (駅からの道路上の距離に応じた評価)、評価方法 2 (道路-住宅セル間の距離に応じた評価) を用いて評価を行った。0.5×0.5m の小セル単位で各住宅セルに与えられた評価値を敷地全体で足し合わせ目的関数としている。1×1m あたりの評価値が 0~10,000 となる様に 4 で除している。(0≤i≤361, 0≤j≤361)

$$Ev = \sum_{i=0}^{361} \sum_{j=0}^{361} \frac{1}{4} \times 10,000 \times Ev.1(i,j) \times Ev.2(i,j) \quad (4)$$

## 4. 最適化実行結果

表 3 に示すパラメータを用いて GA を実行した。本設定では道路数が増えるほど遺伝子が長くなるため、道路数が多いほど突然変異率を小さく設定している。実行結果の一部を図 6~12 に示す。図 6~11 では、各ケースについて、3 種類のシード値での最適化実行結果から最良のものを示している。また、図 12 は図 11 と同じケースの異なったシード値での最適化結果である。図 13 は道路数と適応度の関係を表している。ただし、シード値 1~3 の中から適応度が最大のものを採用した。各図中で、道路は灰色、住宅は評価値が大きいほど濃い赤色、低いほど薄い赤に近い色、駅出入口を▼で表現している。

表 3 GA パラメータ

道路本数	世代数	個体数	シード	交叉率	突然変異率
1-5 本	2,000	100	1,2,3	0.6	0.05
6-7 本	2,000	100	1,2,3	0.6	0.03
8-9 本	2,000	100	1,2,3	0.6	0.02

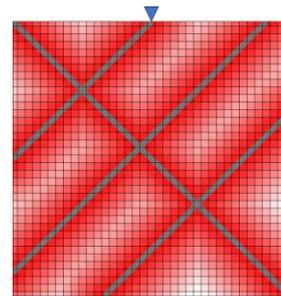


図 6 ケース 1\_4 実行結果 (適応度  $Ev=1.9261 \times 10^8$ )

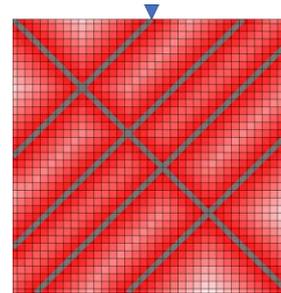


図 7 ケース 1\_5 実行結果 (適応度  $Ev=2.0667 \times 10^8$ )

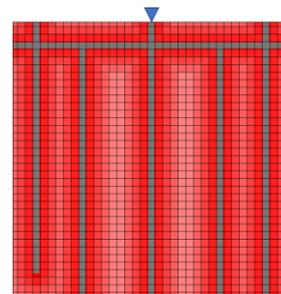


図 8 ケース 1\_6 実行結果 (適応度  $Ev=2.1478 \times 10^8$ )

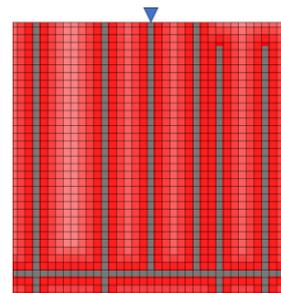


図 9 ケース 1\_7 実行結果 (適応度  $Ev=2.1694 \times 10^8$ )

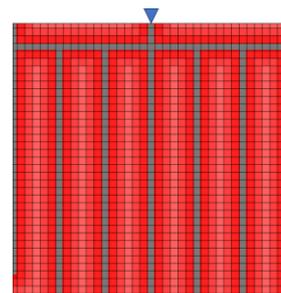


図 10 ケース 1\_8 実行結果 (適応度  $Ev=2.1990 \times 10^8$ )

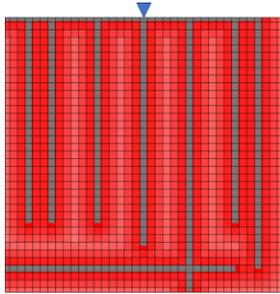


図 11 ケース 1\_9 実行結果① (適応度  $E_v=2.2023 \times 10^8$ )

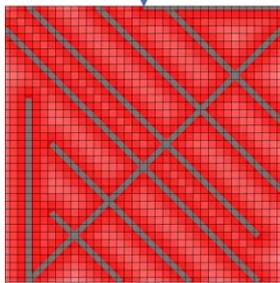


図 12 ケース 1\_9 実行結果② (適応度  $E_v=2.1808 \times 10^8$ )

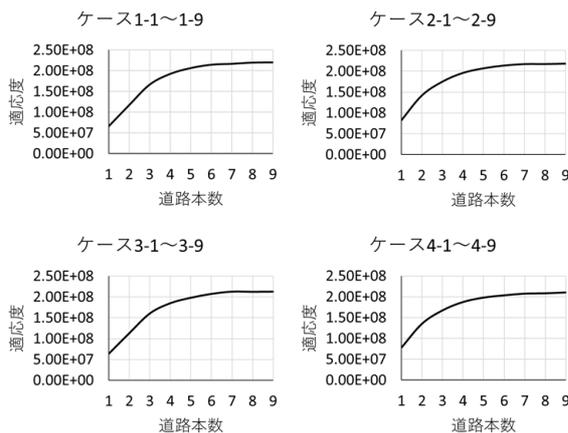


図 13 道路本数と適応度

## 5. 考察

道路数を変化させて最適化を実行した結果、ケース 1~4 の全ケースに共通して、道路数が 7 本程度までは、道路数増加に応じて適応度が高くなる傾向にあったが、それ以上道路数を増やしても適応度の変化は小さかった(図 13)。

最適化結果の図から、全体を通して、道路数-1 本の道路が平行に配置され、残りの 1 本がそれ以外の道路に対して垂直方向に、それ以外の道路を結ぶように配置される形が最適解となる傾向がみられた(図 6~12)。

不規則な形の道路配置は、仮に最適化結果として現れても、規則的に道路が配置された解と比較して、適応度が低いケースが多く(図 12)、最適化が十分に進まなかったため生まれた解だと考えられる。道路数が 5 本以下の場合、斜め方向の道路が表れやすくなっている(図 6~7)。

これは本設定では、敷地を正方形としているため、4 辺

に平行な縦横方向の道路より、対角線方向の斜め道路の方の距離が長くなるため、広範囲の住宅セルに隣接し、適応度を高くすることができるためと考えられる。道路本数が 6 本以上になると、全ケースに共通して縦横方向道路が最適解として選択される場合が多くなっている(図 8~11)。

道路数増加に応じ、狭い範囲しかカバーできていない道路がみられ始めたため(図 12)、道路は十分に足りていると考えられる。ただし、本設定では道路同士が完全に重なり道路が消失するケースを許容しているが、道路本数を増加させても最適解に道路が重なった解は現れず、道路が少ないケースより適応度が悪化している解が複数見られた。この結果から、道路数を増え組み合わせ数が増加すると、最適化が困難になると考えられる。

駅からの距離を考慮する評価では、道路同士をつなぐ道路が駅出入口近くに現れているのに対し、距離を考慮しない場合は駅から離れた位置にこの道路が表れる解が最適解として現れた(図 9)。これは、駅からの距離を考慮する場合、駅出入口近くに多くの道路を配置することで、評価値の高い住宅セルが増えるためだと考えられる。

## 6. まとめ

本研究では、駅周辺地域に対して、GA を用いて斜め方向を考慮した道路配置最適化を行った結果、以下の点を明らかにした。

多数の道路が平行に配置され、それ以外の少数の道路が前者の道路を繋ぐ様、直交して配置される形が最適解となる傾向にある。

本設定の正方形敷地の場合、道路数が十分である時、敷地の 4 辺に垂直または平行な道路配置が最適であると考えられる。

今後は、より多くの組み合わせに対応するため、最適化手法の改善や、複雑な形の都市を詳細まで表現するため、モデルの改善を行う予定である。

## [参考文献]

- 1) 都市部への人口集中、大都市等の増加について(総務省)  
[https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000452793.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000452793.pdf)  
2021 年 9 月 24 日利用
- 2) 通勤時間の状況(総務省統計局)  
[https://www.stat.go.jp/data/jyutaku/2008/nihon/4\\_3.html](https://www.stat.go.jp/data/jyutaku/2008/nihon/4_3.html)  
2021 年 9 月 24 日利用
- 3) 栗本祐嗣, 谷明勲, 山邊友一郎: GA による駅を中心とした都市形態最適化 道路に関する評価の追加, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.65-66, 2014.9
- 4) 成本裕貴, 讃岐亮, 吉川徹, 野口雄史: 施設利用時の総移動時間最小化を想定した商業地と居住地及び駐車場の最適配置, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.111-112, 2013.8
- 5) 金山佳史, 山邊友一郎, 谷明勲: GA を用いた駅周辺地域における道路・店舗・住空間配置に関する研究—店舗配置方法の検討—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.57-58, 2021.9