

G Aを用いた駅周辺地域における道路・施設・住空間配置最適化 Optimization of road, stores and dwelling space around a railroad station using GA

○金山 佳史*¹, 山邊 友一郎*², 谷 明勲*³
Yoshifumi Kanayama*¹, Yuichiro Yamabe*² and Akinori Tani*³

*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 神戸大学大学院工学研究科 教授 博士(工学)

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

Summary:

In Japan, especially metropolitan area, many people suffer from long commuting time and high price of residence because of the increase in population density. The purpose of this study is to mitigate these difficulties by arranging as many convenient dwelling spaces as possible in the area around the railroad station by using genetic algorithm (GA). In this study, the distance from station and stores, road width, and approach road was evaluated as evaluation items, and the road layout was optimized that could arrange many houses that satisfied these. As a result, it is found that the tendency of the road allocation method that is effective for arranging many convenient houses.

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

現代日本では主に東京都市圏を中心に、通勤時間が長くなっており、労働者の負担となっている¹⁾。また、三大都市圏（「埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県」、「岐阜県、愛知県、三重県」、「京都府、大阪府、兵庫県、奈良県」）の転入超過数の累計が2000年以降増加し続けている²⁾ため、都市圏の住宅需要が高まっていると考えられる。本研究では駅周辺地域を対象として、利便性の良い住空間を可能な限り多く確保することで、長い通勤時間、土地需要増加による住宅不足といった問題を緩和できる都市形態を求めることを目的とする。

これまで都市をグリッド上に分割したモデルを構築し、GA（遺伝的アルゴリズム³⁾）を用いて住宅や施設配置の最適化を図る研究は多数行われている^{4)~7)}など。これらの研究では、道路配置を考慮せず、総移動距離のみに着目したものや、建物の形や道路の設定場所を事前に設定して研究を行ったものがあつたが、本研究では、都市圏の限られた土地に需要が集中する可能性が高いことを想定して、敷地を最大限有効活用することを目的に、住宅や道路配置の自由度を最大限考慮して、利便性を担保した上で住空間を最大化する方法を検討する点に特色がある。本稿では対象となる敷地をグリッド上に分割し、各住宅地に、接道状況や道路幅員、駅、あるいは店舗からの道路経由での距離などをもとに点数を与え、全住宅地の点数の総和が最大となる道路配置を、GAを用いて探

索する。尚、住宅、道路等の配置、評価方法はアイデアベースであるため、これらの妥当性は今後の課題としたい。

2. 各施設の配置方法

本研究では、図1に示す駅周辺地域を想定する。敷地の大きさは、利便性を考慮して、徒歩5分以内で駅に到達できる範囲を想定する。歩行速度を分速80m/sとし、400×400m（駅・線路を除く）とした。これを、道路や住宅の大きさを考慮し、一つのセルを5×5mのセルで分割すると、敷地全体は80×80セルで表現できる。本研究では、駅を中心とした地域を考えているため敷地中央に駅を、そこから左右に伸びる形で線路を設定した。また、線路の上下および敷地の縦方向中央部に初期設定として幹線道路を配置する。この初期設定の幹線道路は、最適化の過程で変更されない物とする。尚、この敷地は駅を中心として上下左右が対称であるため、図1の緑線で囲った4分の1の領域（図2参照、200×200m、40×40セル）のみをシミュレーションの対象敷地とする。店舗1、店舗2は、コンビニなど、日常的に利用する商業施設を想定し、両者は同じ種類の店舗とする。各セルは住宅、道路、店舗1、店舗2のいずれかの状態をとり、図中、駅出入口：○、住宅：■、道路：■、店舗1：■、店舗2：■、のように表現する。

駅周辺地域の空間生成では、まず道路を配置し、余った部分が住宅であるとする。

GAの遺伝子は0又は1とし、1を道路とし、残りの0を住宅又は店舗として、3空間の評価方法に従い、住宅に評価値を与える。遺伝子長さは80とし、敷地の左下から右上の方向に、行、列単位で道路を設定する。表1中、番号は遺伝子座の番号を示し、 V は遺伝子の値（0：道路なし、1：道路あり）を示し、 n は対応する遺伝子座の番号を示す。例えば、図2に示す道路配置では、 $n=2, 8, 13, 20, 26, 33, 39, 44, 79$ の箇所の V_n が1、他の V_n は全て0である遺伝子型と対応する。店舗は指定した位置のもの全て（住宅や道路）を上書きする。

表1 遺伝子の設計

番号	0	...	n	...	39
遺伝子	V_0	...	V_n	...	V_{39}
番号	40	...	n	...	79
遺伝子	V_{40}	...	V_n	...	V_{79}

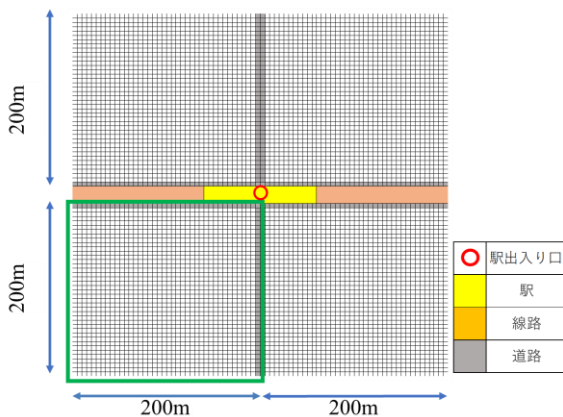


図1 想定する駅周辺地域

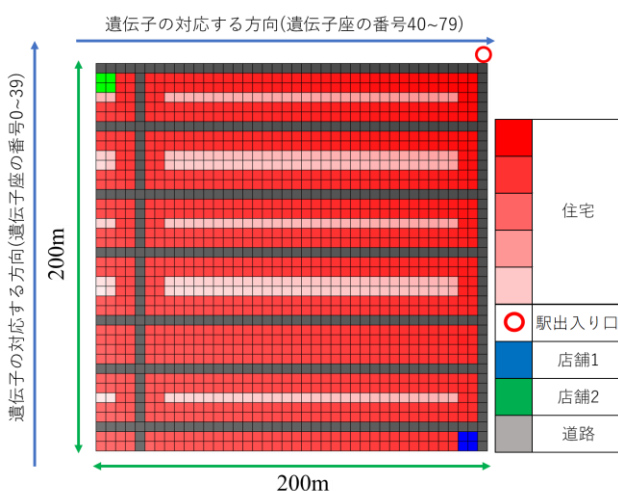


図2 シミュレーション対象地域

3. 空間の評価方法

各住宅（セル単位）は、対象施設（駅、店舗）からの距離や前面道路の幅などを考慮して、以下に示す3.1~3.3

の方法で評価値 $PI(i, j) \sim P3(i, j)$ (i, j は住宅の座標)を計算する。尚、各評価値の計算では、住宅から最寄り駅の距離が住宅需要に与える影響を考慮するため、住宅から最寄りの道路までの距離 L を求め、 L の値に応じて用いる式を変更する設定とした。 L の求め方を図3に示すように、住宅から、縦又は横方向に道路までの距離を数える。

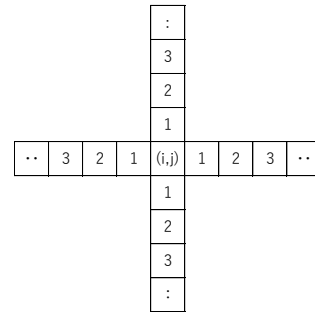


図3 住宅から道路までの距離の数え方

3.1節では駅からの距離に応じた評価として、住宅から駅までの距離が近いほど該当住宅の利便性を高く評価し評価値 $PI(i, j)$ を大きく、住宅から最寄り道路までの距離 L が大きいほど利便性を低く評価し評価値 $PI(i, j)$ を小さくした。3.2節では道路幅員による評価として、住宅が接道する道路幅員が広いほど採光面で有利と考え高く評価し評価値 $P2(i, j)$ を大きく設定した。3.3節では店舗からの距離に応じた評価として、住宅から店舗までの距離が近いほど利便性を高く評価し評価値 $P3(i, j)$ を大きく設定した。店舗の配置位置設定は最適化するのではなく数パターンの配置位置を決めて検討を行った。

3.1. 駅からの距離に応じた評価値 $PI(i, j)$

住宅から駅までの距離が近いほど、該当住宅の利便性を高く評価し、住宅から最寄り道路までの距離 L が大きいほど、利便性を低く評価する。この評価方法を反映させるため、駅出入口から住宅までの道路経由での距離（セルの数で表現する）を x とし（図4参照）、最寄り道路までの距離 L を考慮して、式(1)~(3)で住宅 (i, j) の評価値 $PI(i, j)$ を求める。尚、式中-17.25は、公示価格を元に、神戸市の阪急六甲駅からの距離と価格についての最小二乗法による近似曲線($R^2 = 0.72$)を用いており、10,000を加算して小数を切り捨て、整数のみで評価した。

$$(0 \leq i \leq 39) (0 \leq j \leq 39)$$

$L=1, 2$ のとき

$$P1(i, j) = -17.25x + 10000 \quad (1)$$

$L=3$ のとき

$$P1(i, j) = (-17.25x + 10000) \times 0.9 \quad (2)$$

L が4以上のとき

$$P1(i, j) = 0 \quad (3)$$

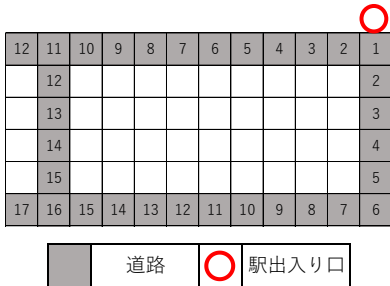


図4 駅からの距離の数え方

3.2.道路幅員に応じた評価値 $P2(i, j)$

住宅が接道する道路幅員が広いほど、採光面で有利と考え高く評価する。そのため、住宅の前面道路（住宅が接道していない場合は最寄り道路）の幅員を R とし、最寄り道路までの距離 L と関連付けて、式(4)~(12)により評価値 $P2(i, j)$ を求める。($0 \leq i \leq 39$) ($0 \leq j \leq 39$)

$R=3, L=1, 2$ のとき

$$P2(i, j) = 10000 \quad (4)$$

$R=3, L=3$ のとき

$$P2(i, j) = 10000 \times 0.9 \quad (5)$$

$R=3, L$ が4以上の時

$$P2(i, j) = 0 \quad (6)$$

$R=2, L=1, 2$ のとき

$$P2(i, j) = 10000 \times 8/9 \quad (7)$$

$R=2, L=3$ のとき

$$P2(i, j) = 10000 \times 8/9 \times 0.9 \quad (8)$$

$R=2, L$ が4以上の時

$$P2(i, j) = 0 \quad (9)$$

$R=1, L=1, 2$ のとき

$$P2(i, j) = 10000 \times 7/9 \quad (10)$$

$R=1, L=3$ のとき

$$P2(i, j) = 10000 \times 7/9 \times 0.9 \quad (11)$$

$R=1, L$ が4以上の時

$$P2(i, j) = 0 \quad (12)$$

3.3.店舗からの距離に応じた評価値 $P3(i, j)$

住宅から店舗までの距離に近いほど、利便性を高く評価する。図5に示す方法で、住宅の最寄り道路から店舗までの道路上の距離を x とし、最寄り道路までの距離 L と関連付けて、式(13)~(15)により評価値 $P3(i, j)$ を求める。尚、本稿では店舗の数は1または2を想定しており、それぞれに対する評価値を $P3a, P3b$ とする。式(13)~(15)では $P3a$ を求める式を示すが、 $P3b$ も同様の方法で求められる。($0 \leq i \leq 39$) ($0 \leq j \leq 39$)

$L=1, 2$ のとき

$$P3a(i, j) = -17.25x + 10000 \quad (13)$$

$L=3$ のとき

$$P3a(i, j) = (-17.25x + 10000) \times 0.9 \quad (14)$$

L が4以上のとき

$$P3a(i, j) = 0 \quad (15)$$

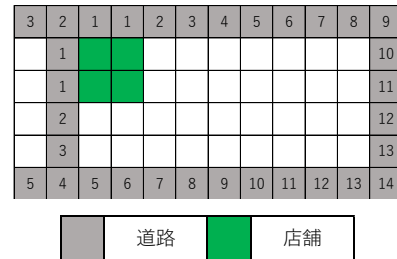


図5 店舗からの距離の数え方

4. ケーススタディの設定

シミュレーションの実行では、式(1)~式(15)に示す評価値 $P1(i, j), P2(i, j), P3(i, j), P3a(i, j), P3b(i, j)$ を異なった組み合わせで適用し、相加平均した結果を各住宅の評価値 $P(i, j)$ として、敷地全体での評価値の総和を適応度 F とする(式(16)~(27))。各ケースの概要を表2に、採用する評価値を表3に示す。

ケース1：駅からの距離と接道を考慮する

$$P(i, j) = P1(i, j) \quad (16)$$

$$F = \sum_{i=0}^{39} \sum_{j=0}^{39} P(i, j) \quad (17)$$

表2 ケーススタディーの設定

ケース	評価方法
1	駅（出入口）からの距離
2	前面道路幅員
3	店舗1からの距離
4	店舗1（2カ所）からの距離
5	店舗1, 2からの距離
6	駅（出入口）, 店舗1, 2, からの距離, 前面道路幅員

表3 各ケースで考慮する評価指標

ケース	P1	P2	P3a	P3b
1	○	—	—	—
2	—	○	—	—
3	—	—	○	—
4	—	—	○	—
5	—	—	○	○
6	○	○	○	○

ケース2：接道と道路幅員を考慮する

$$P(i, j) = P2(i, j) \quad (18)$$

$$F = \sum_{i=0}^{39} \sum_{j=0}^{39} P(i, j) \quad (19)$$

ケース3：1カ所の店舗からの距離と接道を考慮する

$$P(i, j) = P3(i, j) \quad (20)$$

$$F = \sum_{i=0}^{39} \sum_{j=0}^{39} P(i, j) \quad (21)$$

ケース4：同種店舗2カ所からの距離と接道を考慮する

$$P(i, j) = P3(i, j) \quad (22)$$

$$F = \sum_{i=0}^{39} \sum_{j=0}^{39} P(i, j) \quad (23)$$

ケース5：異種店舗2カ所からの距離と接道を考慮する

$$P(i, j) = \frac{P3a(i, j) + P3b(i, j)}{2} \quad (24)$$

$$F = \sum_{i=0}^{39} \sum_{j=0}^{39} P(i, j) \quad (25)$$

ケース6：駅，異種店舗2カ所からの距離，道路幅員と接道を考慮する

$$P(i, j) = \frac{P1(i, j) + P2(i, j) + P3a(i, j) + P3b(i, j)}{4} \quad (26)$$

$$F = \sum_{i=0}^{39} \sum_{j=0}^{39} P(i, j) \quad (27)$$

5. 実行結果

GAの設定を表4に示す。本研究では、表4に示すように乱数ジェネレータのシード値を4種類変化させて最適化を行い、適応度が最も高かった結果を最良解とした。得られた最良解と進化曲線を以下に示す。ただし、進化曲線はほぼ全てのケースで同様の結果となったため、代表としてケース1のもののみを示す。（図6～図12）

表4 GAの設定

終了世代数	3,000
個体数	100
交叉率	0.6
突然変異率	0.05
乱数ジェネレータのシード値	0, 10, 100, 1000

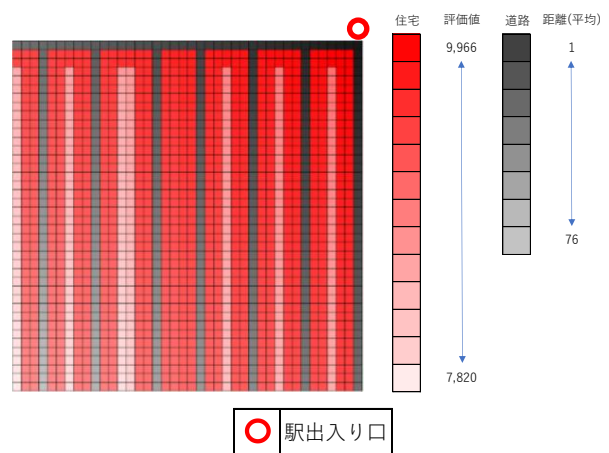


図6 ケース1の結果（適応度 $F=1,174 \times 10^4$ ）

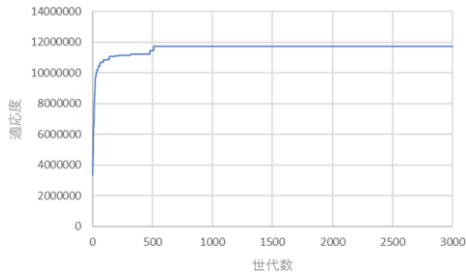


図7 ケース1の進化曲線

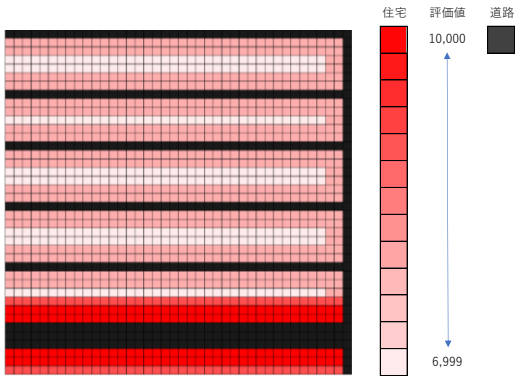


図8 ケース2の結果 (適応度 $F=992 \times 10^4$)

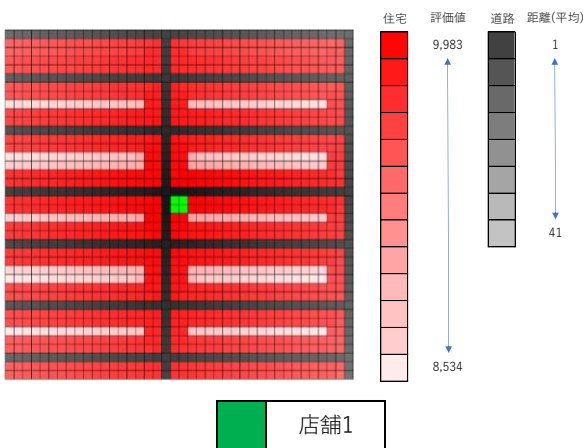


図9 ケース3の結果 (適応度 $F=1,185 \times 10^4$)

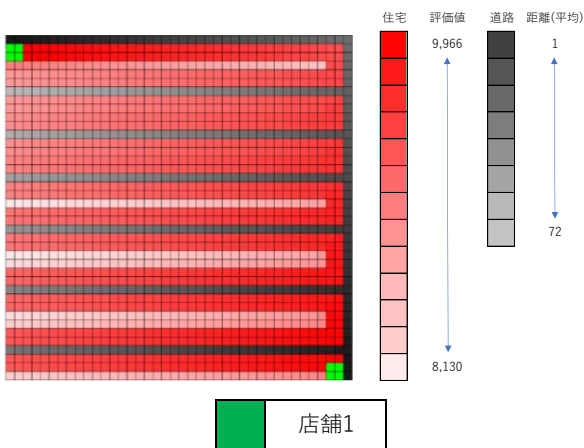


図10 ケース4の結果 (適応度 $F=1,145 \times 10^4$)

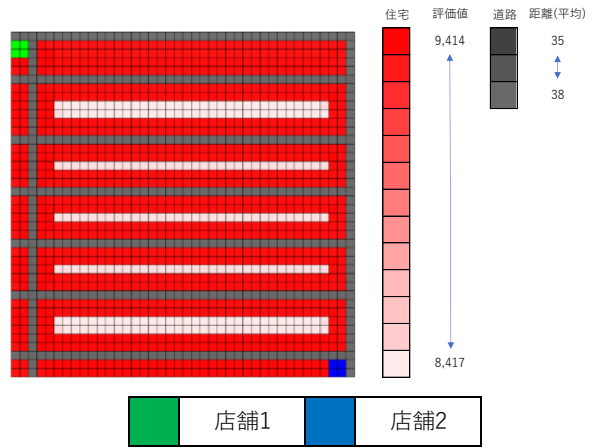


図11 ケース5の結果 (適応度 $F=1,176 \times 10^4$)

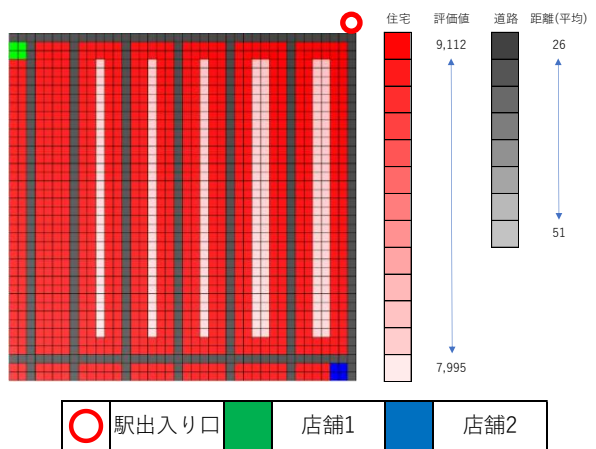


図12 ケース6の結果 (適応度 $F=1,095 \times 10^4$)

表5 最適化結果の一覧表

ケース	$P1$	$P2$	$P3a$	$P3b$	$F(\times 10^4)$
1	○	—	—	—	1,174
2	—	○	—	—	992
3	—	—	○	—	1,185
4	—	—	○	—	1,145
5	—	—	○	○	1,176
6	○	○	○	○	1,095

6. 考察

ケース1では4つの乱数パターン全てで、初期に設定した道路を除き、一方向のみの道路配置パターンが得られた。ケース2では、幹線道路以外では、横方向のみの道路配置パターンが得られた。これも全ての乱数シード値で同様となった。道路幅員については、図4とは異なり、道路幅員3セルの道路が現れず、全ての道路幅員が1であるパターンも得られた。ケース3では、店舗1の隣でクロスする2方向目の道路が得られた。距離を測る対象点となる店舗を、他のケースではシミュレーション

対象敷地の隅に設定したのに対し、対象敷地中央に設定したため、全てのシード値で、その他のケースの結果を、駅の位置の移動と同様にずらしたような結果となった。これも全ての乱数シード値で同様となった。ケース4では、幹線道路以外では、横方向のみの道路配置パターンが得られた。この傾向は他の乱数シード値でも同様であった。ケース5、ケース6では回り込まずに住宅に到着できるように、店舗1の近くに2方向目の道路が配置されたパターンが得られた。他のシード値では、道路の配置される方向や位置が異なっているケースもあったが、全てのケースで道路は店舗の近くに配置されていた。道路がケース6では、道路幅員についても評価を行ったが、全ての道路幅員は1セルのみであった。これは全てのシード値で同様であった。全てのシード値で、ケース4では宅数確保が、ケース5、ケース6では2方向目の道路配置によるアクセス確保が優先された。尚、類似性の定量的評価は今後の課題としたい。

ケース1~6の結果より、多くの住宅を配置するため、道路配置が縦または横の1方向のみとなりやすく、この傾向は距離を測る基準点が少ないほど顕著であった。ケース4~ケース6の様に、距離を評価する対象点が複数ある場合、全ての評価対象点から大きく迂回することなく、住宅に到達できるようにするために、配置できる住宅を減らしても2本目の道路を配置するパターンが得られた。また、2本目の道路は、全てのケースで店舗周辺に配置されていることから、大きく迂回せず、多くの住宅に到達するためには、距離評価の対象点となる店舗近くに道路を配置することが有効だと考えられる。終了世代数3,000でシミュレーションを実行したが、全てのケースで概ね500世代で進化曲線の傾きが緩やかになっていることから、十分な最適化が行われたと考える。尚、本研究では方角（回転）を考慮しておらず、加えてシミュレーションの実行に、シミュレーションの対象地域外部についての環境の違いを考慮していないため、400m×400mの駅周辺地域でも、1/4の領域を対象としたシミュレーションの結果と同様の傾向が担保される。

7. まとめ

駅や店舗等の目的地が少ない場合（ケース1, 3, 4）や、道路幅員のみを考え、目的地を考慮しない場合（ケース2）は、道路を一方方向のみに配置する傾向が強かった。目的地が複数ある場合（ケース5, 6）は、交差する二方向目の道路が配置されやすく、いずれの場合でも、目的地近くに道路が配置されていた。以上より、主な移動目的が通勤や通学、買い物などで、目的地が比較的少ないことが想定される住宅地等の地域では、住宅地間の行き来のしやすさより、住宅確保数を優先するため、道路面積が少なく済む、道路を一方方向のみに配置する短冊状の街

区が望ましいと考える。店舗やオフィスのように、地域内で多くの場所への移動が想定される商業地域では、回り道せず、より短い移動距離で目的地に到達できるような、碁盤の目状の街区が望ましいと考える。また、距離評価の対象点となる施設から近い距離で到達できる範囲に多くの空間を確保するため、利用者数が多いと考えられる施設は角地近くに設けることが望ましいと考える。

尚、本研究で得られた結果は、空間のモデル化や評価指標の設定などに依存するため、今後は、より現実に即した検討を行う予定である。

【参考文献】

- 1) 「平成25年住宅・土地統計調査」(総務省統計局)
<https://www.stat.go.jp/data/jyutaku/2013/pdf/nihon04-3.pdf> 2020年1月30日利用
- 2) 人口減少社会の課題と将来推計
<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h29/html/nc141110.html> 2020年1月30日利用
- 3) 森直樹(2007) Javaで学ぶ遺伝的アルゴリズム 共立出版株式会社
- 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) 田治剛有, 瀧澤重志, 加藤直樹, 谷川眞一: 線の施設配置問題に関する基礎研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 435-436, 2007. 8
- 6) 川瀬隼也, 山邊友一郎, 谷明勲: 遺伝的アルゴリズムを用いた住宅地施設最適配置システムに関する研究—建物数の入力値が評価値に与える影響の検討—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 473-474, 2009. 8
- 7) 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