

微調整を要する街区における区画割自動化手法の提案

Proposal for an Automated Method of Plot Allocation in Town Areas Requiring Fine-tuning

實成 翔[†] 吉野 孝[†] 村井 徳彦[‡]

Kakeru Minari Takashi Yoshino Tokuhiko Murai

1. はじめに

施設を建築する際の土地の分割において、現在多くの現場で用いられている方法は、建築基準法や地方行政の定める様々な条例などの指導基準に基づき、区画割業務の専門家が個人の経験によって作成するというものである。しかし、すべての場合において、指定された土地を最適に分割できるとは限らない。特に一戸建住宅の区画割においては、作成される区画割計画図に作成者の経験が大きな影響を与えるうえに、土地の勾配や風向き、日当たりなどの土地特性的な要因などを加味する必要があり、完成までにかかなりの時間を要するというのが現状となっている。

土地の区画割計画では基本的に、端から決定させていくが、最終的に中途半端な広さの敷地が残ってしまうことが多い。宅地を商品としている企業における土地の価値とは、指定された敷地に建てられる家の戸数が大部分を占めているため、区画割の工程で生じる、複数の分割結果が考えられる土地をどのように分割するかは、企業において、土地の有効利用の観点から重要な要因となっている。

そこで我々は、区画割計画図の作成における宅地の区画割を自動化するシステムが必要と考え、指定した座標に対し複数の区画割結果を提示するシステムを提案した [1]。

また、街区の住宅地における区画割時に発生する細かい調整が必要な敷地に着目した。操作の工程で生じる狭い区画を対象としているため、短時間で多くの結果を提示することができる。また、扱える敷地を制限することで、より正確で実用的な結果が期待できる。

本システムでは、従来の区画割によって生じる微調整が必要な区画を対象に、宅地の区画割における検討期間の短縮や工数削減を目的として、候補となる複数の分割結果を提示するため、区画割手法のアルゴリズムを構築し、実装した区画割自動化手法を提案する。本手法では、従来の区画割の方法では見つけることのできなかったような、最適な結果の出力を目指す。本稿では、宅地区画割のアルゴリズムを自動化することによる作業の効率を向上させる手法を提案し、そのシステムの概要について述べる。

2. 関連研究

人工知能や RPA¹⁾ を活用した宅地区画割の自動化について、既に実用化のための実証実験が開始されている例 [2] がある。これは、進化計算 DARWIN²⁾ を用いた遺伝的アルゴリズムにより、数ある組み合わせから効率よく最適なパ

[†] 和歌山大学 システム工学部, Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

[‡] フジ住宅株式会社 事業企画本部, Business Planning Division, FUJI CORPORATION LIMITED

¹⁾ ロボティック・プロセス・オートメーションの略称

²⁾ 株式会社タイムインターメディアが開発した AI 活用型ソリューションの名称。現在は進化計算 AI プラットフォーム「天啓 | TENKEI」に名称が変更されている。

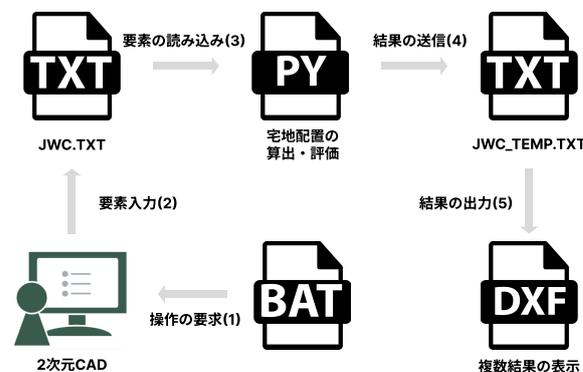


図 1: システム構成図

ターンを抽出する仕組みになっている。しかし、実用化の目処は立っておらず、本研究では、こうした技術の実用化に向けて区画割自動化の手法を提案している。また、広田は効率的な区画割に関する研究を行った [3]。この研究では主に大区画圃場整備に焦点を当て、水田の貸借や作業の受委託の進展を背景に、低コスト事業や担い手育成事業を目的とした区画割を提案した。利害を異にする多様な農家の意見を加味しながら、区画の大きさや形状を決定していく必要があり、いかに大規模経営にとって有利な農場形態を創り出すかということを重視している。本研究では主に宅地に着目した区画割自動化の手法を提案する。

Zohreh らは工業団地の場所の選定における土地利用配分についての研究を行った [4]。ここでは、遺伝的アルゴリズムを利用し多基準意思決定システムと GIS を組み合わせ、最適な土地の選定を行うというものである。また、Robert らも GIS と統合させた土地利用配分モデルの作成についての研究を行った [5]。これらにより、顧客目線における多数の相反する目的を満たした土地利用配分モデルを作成する場合、GIS と遺伝的アルゴリズムの統合は非常に有用であることが示された。Jamshid らはファジー計算を用いた都市土地利用計画についての研究を行った [6]。この研究により、ファジー理論と都市土地利用最適化プロセスを組み合わせることにより複数の代替土地利用マップの作成が可能であることが分かった。本研究では、主に企業側の目線に立ち、土地の価値を最大限に引き上げる土地分割結果の出力を目指している。また、良質と判断された結果を複数提示することで、専門家に判断を仰ぎ、最終的に使用する区画割図を決定することを想定している。

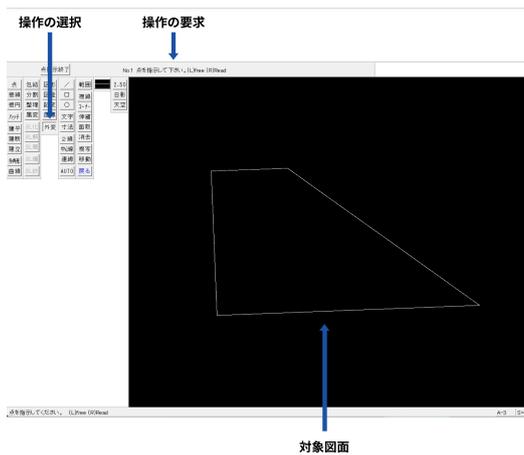


図 2: 操作画面

3. 区画割自動化システム

3.1 システム概要

本研究では、微調整が必要な区画に対し複数の分割結果を提示することを目的とする。区画割図を作成するにあたり、最も時間を要する工程は基本となる大まかな分割を終えた後に生じる、複数の分割結果が考えられる街区である。そこで、本研究では人間の手では時間がかかってしまうほどの小さな差分をもった複数の分割結果を提示する。提示された分割結果から任意のものを選択することで状況に応じた良質な結果を選択することを可能としている。

3.2 システム構成

図 1 に、本システムの構成を示す。本システムは、区画の決定に必要な情報を入力し、作成した複数の結果を別のファイルに出力する。また、本システムは実際の図面を対象に行う操作を想定しているため、二次元汎用 CAD である jwCAD¹⁾を使用した(以下、jwCAD のことを CAD と呼ぶ)。必要な操作ごとにソフトに操作の指示が表示されるため、実際の図面から必要な要素を選択・入力する形で使用することを想定している。開発環境は Python を用いた。以下に本システムの流れを述べる。

(1) CAD 上で図面を展開

図 2 に、分割のための要素選択画面を示す。使用者は実際に区画割を実行したい図面をソフト上で展開する。バッチファイルの内容によってソフト上の指示に従い(図 1(1))、敷地や作成する道の幅などの区画割を実行する際に必要な要素を選択・入力する。選択した内容はすべてプログラムファイル内にテキストデータとして保存される(図 1(2))。保存された内容は、実行のためにすべて読み込む(図 1(3))。

(2) 区画割の実行

ソフト上で指定した情報をもとに、対象となる敷地の区画割を実行する。敷地の分割には、最初の段階で決められる外周に沿った区画を決定する。これは、実際に手動操作で区画割を実行する際も同じ手順が

とられており、徐々に対象としている区画を小さくしていくことでより実用的な結果を期待できると考えられる。端の区画決定後、進入経路を作成し、作成した進入経路に沿う形で残りの区画を決定する。進入経路作成の際、長さをランダムにすることで分割の結果として別のパターンが複数作成される。また、実際のシステム利用を想定すると、より少ない工程での使用が理想的であると判断されるため、分割のための要素の入力にはあらかじめ無指定の場合の値が入力されている。最後に作成したすべての区画に対し、設けた指標により評価する。

(3) 区画割結果の表示

複数の分割結果を再びプログラムファイル内のテキストにて受け取る(図 1(4))。受け取った情報から再び図面を作成し、別のファイルとして出力する(図 1(5))。これにより、分割結果の一覧から任意のものを選択して実際の図面に適応できる。

3.3 区画割図の作成

CAD 上で指定した情報における、区画割図作成の流れを述べる。

(1) 周辺区画の分割

対象となる区画において、進入経路を作成しなくても決定可能な区画を決定させる。この時、CAD 上で指定した間口の広さと敷地の広さを超えるように作成する。また、進入経路確保のため、この段階で作成する区画はすべて道路に面している方向に建てることになる。

(2) 進入経路の確保

周辺の区画が決定したあと作成する残りの区画に対する進入経路を作成する。経路は、効率よく残りの区画を決定するため、作成する道路の直角に作成した。また、進入経路の面積削減は最終的な区画数の増加、ひいては土地の価値の上昇につながるため、進入経路の長さをランダムに設定することで価値の異なる複数の分割結果を実現できると考えた。進入経路の幅は基本的に、CAD 上で入力をされた値を使用する。

(3) 残りの敷地の分割

進入経路作成後、残っている区画を分割する。分割には周辺区画の分割時同様、CAD 上で選択した間口、面積を重視する。形が歪になりやすい両端の区画を先に決定させ、残りの区画を順次決定させていく。

3.4 区画割結果の評価

算出した複数の分割結果を以下の評価指標を用いた評価関数で評価した。評価した指標内容と、その方法について述べる。

(1) 面積充足率

¹⁾jwCAD: <https://www.jwcad.net/>

表 1: 入力データ詳細

入力データ名	値
道路幅	4.0m
間口	7.6m
目標面積	100m ²
接道辺	南北の辺

算出された各区画が目標面積に対してどれほど離れているのかを表しており、街区全体として数値が小さいほど無駄なく敷地を扱えていることになる。得点の計算には全ての区画の超過面積の総和に対し、平均二乗誤差を用いることで算出した。使用した式を以下に示す。

$$\text{面積充足率} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (\text{目標面積} - \text{面積})^2 \quad (1)$$

(2) 接道率

全体の区画数に対し、進入経路をもっている区画数の割合を表している。要素選択の段階で入力した間口を保持している辺を区画の正面として定義し、道路と進入経路の辺とを比べることで判断した。基本的にはすべての区画に接道の義務がある為、接道率は他の指標に比べ、結果に与える影響を多く見積もっている。

(3) 旗竿地作成の可否

旗竿地とは、接道辺を持たない区画の一部を道路まで伸ばすことで接道義務を果たしている区画のことである。旗竿地は、本来の区画割における価値基準としては価値が下がる反面、有効利用の観点では作成する進入経路の面積の低減につながる事が多いため、指標の3つ目として設けた。条件としては竿の部分として作成する面積分、実際に建てられる家の面積が小さくなることを考慮し、決められた接道辺の長さ以上、決められた道までの距離以下である区画のうち、それそのものの区画の面積が一定以上あるものを旗竿地作成可能区画として判断した。また評価の内容としては実際の売価を参考に、元々接道している区画の価値に対し約7割の価値として評価し、最終的な結果に反映している。

4. 評価実験

提案手法における自動区画割を行った結果から、土地の分割方法の評価について述べる。

4.1 実験概要

実際の土地分割時に選択・入力したデータの詳細を表1に示す。なお、本実験では図面の上部を北、下部を南と想定して実験を行う。提案手法における区画の自動分割を行った分割結果から区画割自動化手法の評価を行った。より良質な分割結果を提示することができれば、作業の効率化、作業時間の短縮などを可能にする。そこで、複数表示する分

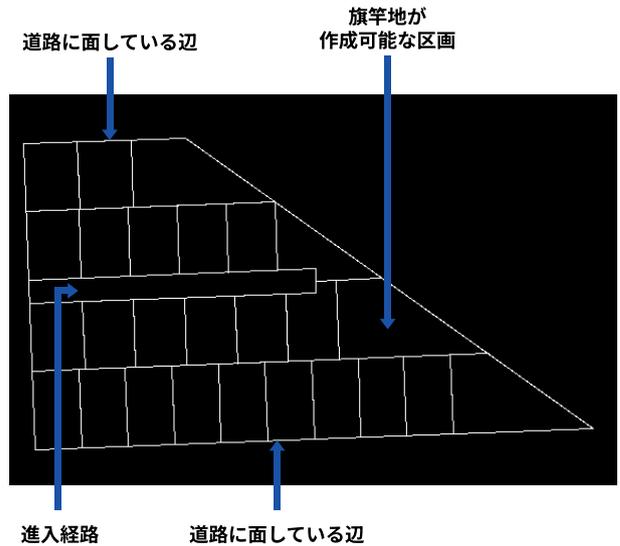


図 3: 分割結果例

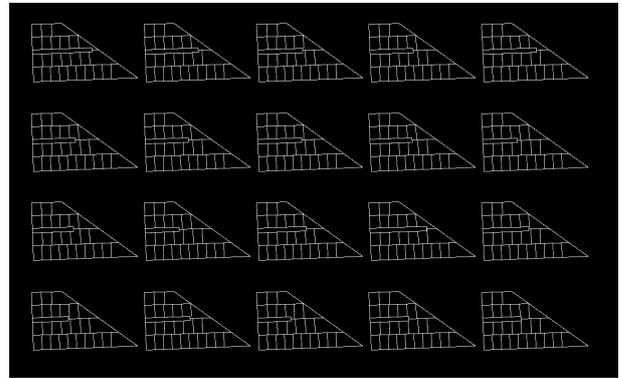


図 4: 出力結果

割結果の評価指標を得点化することで簡単に出力結果の優劣を判断することが可能となり、本システムの実用化に向けた考察を行うことが可能であると考えている。また、評価に利用する図面データは図2に示す、本研究では使用図面例のような、大規模な街区を分割するうえで最終的に生じる比較的小規模な図面に限定している。

4.2 評価結果と考察

実際に分割した結果に関して、評価関数を用いて区画割自動化手法を検証した結果と考察について述べる。

(1) 分割結果における結果と考察

分割結果を図3に示した。対象とする区画に対し、内部に作成する進入経路の長さをランダムに設定することで異なる20パターンを出力した。出力した結果を図4に示す。図面上下の区画を先に決定し、最後に進入経路の周りの区画を決定している。進入経路の面積の差により、結果として出力される区画の数に影響を与えることを想定していたが、今回対象としている街区では結果の戸数が変わるほどの影響はなかった。これは面積に変動を与える要素が進入経

路のみであることが原因として挙げられるため、より多数の結果を提示するためには進入経路以外の項目でも結果に影響を与える必要があると考えられる。また、現在は進入経路を作成する辺に対して垂直になる形で作成しているが、現在の土地利用の中には他にも、進入経路の角度が街区を形成する他の辺に平行な形で作成されているものもある。よって今後は、道の長さをランダムにするだけでなく道を作成する際直角以外の角度を設けることで、より多様な分割結果を提示していきたいと考えている。

(2) 評価関数における結果と考察

本実験では、分割結果の評価として面積充足率を 200 点満点、接道率を 300 点満点とし、合計 500 点満点での評価を行った。また、3.4 節でも述べたとおり、旗竿地は本来の区画の価値に対し約 7 割の価値が見込めるとされている。そのため、接道義務を果たしていない区画に対し、旗竿地としての利用が可能か否かを判断し、接道率の点数に接道区画の 7 割の評価になるようにした。図 3 の点数は 405 点であり、20 パターンの評価を行ったところ、最も低い点数が 380 点、最も高い点数が 470 点という結果となった。結果を実際に専門家に確認したところ、全体的な良し悪しの判断は可能だが、点数による差が小さい結果に関しては評価関数による結果と評価が異なるものがあつた。よって、分割結果の細かい優劣を判断するために、結果の点数にさらに大きな差をつけるべきであることが分かった。そのため、現在用意している評価指標の他にいくつか結果を評価するための要素を追加する必要があると考えられる。

5. おわりに

本研究では、微調整を必要とする街区を分割する区画割自動化手法の実用化に向けた検討を目的として、実際の図面を用いた分割手法の評価、考察を行った。今後はより精度の高い分割結果の提示、評価を行うため、評価指標の見直しや追加などから、より幅広い分割結果が提示できるように計算手法を改善したのち、模擬環境下での使用感を検証、問題点の検討、改善を行っていく。

参考文献

- [1] 實成 翔, 吉野 孝, 村井 徳彦: 土地利用計画図作成における区画割自動化手法の提案, 情報処理学会第 84 回全国大会講演論文集, Vol. 4, 6ZJ-02, pp. 739–740 (2022).
- [2] タイムエンターメディア, 進化計算 DARWIN, 入手先<<https://www.timedia.co.jp/news/20191106-darwin/>>(参照日 2021 年 12 月 24 日).
- [3] 広田 純一: 大区画圃場整備における区画割の考え方, 農業土木学会誌, 63 巻, 9 号, pp. 925–930 (1995).
- [4] Zohreh Masoumi, Jamshid Maleki, Mohammad Sadi Mesgari, Ali Mansourian: Using an Evolutionary Algorithm in Multiobjective Geographic Analysis for Land Use Allocation and Decision Supporting, Vol. 49, No. 7, pp. 58–83 (2017).

- [5] Robert G. Cromley, Dean M. Hanink: Coupling land use allocation models with raster GIS, Journal of Geographical Systems, Vol. 1, pp. 137–153 (1999).
- [6] Jamshid Maleki, Farshad Hakimpour, Zohreh Masoumi: A Parcel-Level Model for Ranking and Allocating Urban Land-Uses, ISPRS, No. 6, p. 273 (2017).