

事例研究 [論文]

DEA を用いたコンビニエンスストアの
立地地点評価

三浦 英俊, 小林 優香

1. はじめに

本研究はDEA (Data Envelopment Analysis, 包絡分析法) を用いてコンビニエンスストアの立地地点評価を行う方法について述べる。提案する方法は、既存店舗の評価を行うだけでなく、新規出店に適した推奨候補地点を見つけるために使用することを想定している。店舗の立地評価方法について述べたのちに実データを用いた評価事例を示す。

近年のわが国のコンビニエンスストアの店舗数の動向について概観する。図1は文献 [1] による2008年から2020年までのコンビニエンスストアの店舗数と客数の推移をグラフにしたものである。店舗数、客数ともに2017年以降横ばいとなっている。2020年はコロナ禍のため大きく客数が減少しているが、大きな傾向として、わが国が高齢化・人口減少社会となりつつあることが大きな要因であろうと考えられる。他種店舗としてホームセンターもコンビニエンスストアと同様のやや減少推移を示している。ドラッグストアの店舗数は増加している [2, 3]。コンビニエンスストアのチェーン会社は多くの新規店舗を開店しており (同程度の閉店も行われているが)、確実に利益を得るための出店戦略はこれからますます重要となる。表1にコンビニエンスストア3社の1年間当たり新規店舗数の推移を示す [4-6]。三つのチェーンともに新規出店数は減少しつつある。1年間当たり各チェーンは数百から2千店舗程度の新規店舗立地地点を決定する必要がある。総店舗数はセブン-イレブンとファミリーマートは増加しているがローソンはほぼ横ばいである。これら

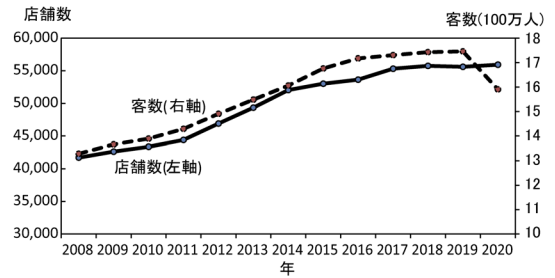


図1 コンビニエンスストアの店舗数と客数の推移

3社の2021年2月期末の総店舗数は、セブン-イレブン21,085、ファミリーマート15,725、ローソン14,476であったので、3社それぞれの新規店舗割合は総店舗数に対して3%程度である。

新規立地地点の決定はチェーン会社やこれから店舗を開業しようとする店舗オーナーなどにとって地域調査と分析に多くの人員と手間を要する作業であることが指摘されている [7, 8]。本研究の手法はこれを自動化し高速に新規店舗の推奨地点を見つける作業を支援したい。

本研究では、1978年にCharnesとCooperらによって開発された、多入力多出力システムの効率性を計測するための数理モデルであるDEAを用いて店舗立地地点の評価を行う。意思決定単位(DMU)の属性を用いて意思決定単位の長所となっている特徴をもとに評価を行う仕組みであるので、次節で述べるコンビニエンスストアの多様な立地形態を踏まえて評価する枠組みを構築することができる。

ただし本研究は、店舗や企業などを評価する多くの既往研究で用いられてきた従業員数、売上などの経営データは使用せず、駅との距離や近隣のライバル店舗との距離、人口データといった地理データを用いて店舗や立地候補地点の評価を行う。一般的なDEAにおいては、複数の入力がいかに効率よく複数の出力に変換されているのかが評価される。商店の評価を行う際にも、次節で述べるように、DEAを用いた既往研究では従業員数や地代などを入力として、来客数や売上な

みうら ひでとし
 南山大学理工学部データサイエンス学科
 〒466-8673 愛知県名古屋市中区山里町18
 hmiura@nanzan-u.ac.jp
 こばやし ゆうか
 株式会社NSソリューションズ中部
 〒450-0003 名古屋市市中村区名駅南二丁目13番18号(NSビル)
 受付 21.10.27 採択 22.6.21

表 1 コンビニエンスストア 3 社の 1 年間当たり新規店舗数と総店舗数の推移（下段カッコ内数値は期末 2 月の店舗数）

期間 *	セブン-イレブン **	ファミリーマート	ローソン
2019 年 2 月期	1,951 (20,876)	492 (15,513)	1,067 (14,659)
2020 年 2 月期	1,225 (20,916)	448 (15,686)	554 (14,444)
2021 年 2 月期	898 (21,085)	195 (15,725)	373 (14,476)

* ○○年 2 月期は○○年の前年 3 月から○○年 2 月まで

** セブン-イレブンは立地移転店も含む

どを出力としたものはいくつか見られる。しかし橋本 [9] は、数学的に見ると DEA における入力と出力がこのような「資源投入に対する生産」のような関係にあることを必ずしも要求しないことを指摘し、入力を値が小さいほどよい評価項目、出力を値が大きいほどよい評価項目と置き換えて考えれば DEA によって総合的な評価が可能となる、と述べている。このような見方に立脚して橋本 [9] は、DEA を用いて野球の打者の評価を行っている。本研究では一般的に店舗を評価するための経営データの代わりに地理データを入力および出力として用いるのである。また DEA はノンパラメトリックな手法なので、係数を推定する手間が不要で店舗の立地データや人口データを入力すれば数理計画問題の求解によって自動的に評価を行うことができることも優れた点である。

2. 関連する研究

店舗の立地評価は経営効率性評価の一つと位置づけることができる。この位置づけにおける論文は数多い。たとえば Shan et al. [10] は施設配置・顧客割り当て問題と商品価格最適化問題の組み合わせによる店舗チェーンの店舗出店最適化問題について記述した論文である。また Wieland [11] は中西・クーパーによる Multiplicative Competitive Interaction Model を用いた店舗の立地解析事例研究であり、Nakanishi and Cooper [12, 13] は顧客の店舗へのアクセシビリティが重要であるという結論を得ている。Ashtiani [14] は競争環境下における都市施設立地モデルのレビュー論文であり、競争環境下の都市施設立地モデルの種類や対象とする地域や店舗などについて書かれている。ただし DEA を用いた研究については触れられていない。Zhai et al. [7] はチェーン所属店舗の新規出店候補地

や店舗の規模を提案する手法について述べている。中国の携帯電話店舗を実例として、既存店舗、駅、バス停などの地理データや流動人口などを使用した分析を行い、機械学習を用いて評価を行った。貞広 [15] は店舗間距離に着目してポロノイ図などを用いてチェーン型商業施設の「競合」と「住み分け」について論じている。

DEA を用いた店舗の経営効率性評価・改善計画立案を扱った既往研究として次のような論文がある。Vyt [16] では、店舗周辺の地域属性に適切に対応する品揃えを行うために DEA が用いられている。Klimberga and Ratickb [17] は Combined location/DEA models によって施設立地-配分モデルと DEA を組み合わせ、なおかつ地域の施設を総合的に評価する仕組みを提案した。Mitropoulos et al. [18] は施設立地-配分モデルと DEA を用いて複数の病院の評価を行い、地域全体の効率化を目的とした病院の統廃合計画について述べている。

これら既往研究には、一般的な商店やチェーン店の立地についての研究は多いが、コンビニエンスストアの特性に着目して立地評価を行った研究は見られない。また、多くの研究が行っている従業員数、来客数、売上といった店舗の経営データを利用している手法は、いまだ立地していない新規店舗の評価については適用が困難であると言わざるをえない。以上のことを踏まえて、本研究ではコンビニエンスストアの新規出店に適した候補地点を推奨することにも使用されることを想定して、地理データを用いてコンビニエンスストアの立地評価を行う方法を提案する。

3. コンビニエンスストアの立地

コンビニエンスストアは店舗の規模や価格の差異が小さく、スーパーやホームセンターなどと違って売り上げを伸ばすために商圏の属性に合わせた品揃えの改善はあまり行われていない [8]。また面積当たりの店舗数が比較的多い。これらのことから店舗の立地地点の決定は他業種よりも重要であるといえる。

木下 [8] はコンビニエンスストアの適地としてさまざまな条件を示している。主要な内容をまとめると以下ようになる。

- 徒歩客が入りやすい動線に沿った場所がよい
- 商圏人口は半径 500 メートル以内に二千から三千人程度が必要である
- 1 日 3~4 万台程度の交通量のある国道沿い
- ライバル店舗の少ないところ
- 農村部や山村部の集落から町に出てくる道路が集

結するところ

- 鉄道駅、バスターミナルなど交通の要衝
- 終夜営業の工業団地、卸売市場、情報産業集積地の周辺

これら条件を厳密にすべて満たしている必要はなく、いくつか合致していればよい、という内容である。実際にコンビニエンスストアは、次のような多様な立地を観察することができる。

1. 中心市街地立地：駅前や商店街など歩行者流動の多い地域
2. 住宅地立地：人口密度の高い住宅地内
3. ロードサイド立地：自動車交通量の多い幹線道路沿い
4. 孤立立地：山間部など周辺に店舗が少ない地域

4. DEA を用いた店舗立地地点評価

4.1 使用する入力と出力のデータ

本研究では駅や店舗の位置、メッシュ人口データといった地理データを用いて立地地点の評価を行う。これは次の三つの理由による。

1. 評価対象店舗の経営データをライバル店舗を含めて地域全体について網羅的に揃えることは現実的に困難である。これら経営データを使用せず立地評価を行う枠組みは実用性が高い。
2. 評価対象であるコンビニエンスストアは、店舗面積、従業員数や品揃えの差異は大きいものではない。中心市街地では小規模な店舗となり郊外では大きな駐車場を備えた比較的面積の広い店舗となるなど一定の傾向があるので、それらを DEA 分析におけるよいあるいは悪い「特徴」と判断することは妥当とはいえない。
3. 提案する手法は新規店舗の立地場所を検討するために使用することも目的の一つであるため、新規店舗の経営データはないことを前提に評価を行う枠組みとした。

DEA は仮想入力に対する仮想出力の比率を用いてシステムの効率を計測するが、先に述べたように、コンビニエンスストアの効率値を求める本研究においては本来の意味での入力や出力ではなく、小さいほど好ましい店舗属性を入力、大きいほど好ましい店舗属性を出力として扱う。

対象地域の既存コンビニエンスストアの集合を J とする。使用する二つの入力データを x_{1j} と x_{2j} ($j \in J$) とする。

- x_{1j} ：コンビニエンスストア j ($j \in J$) から道路距

離 r_1 以内のコンビニエンスストア数および競合する種類の店舗数。近隣競合店舗は少ないほどよい。コンビニエンスストアと競合する種類の店舗はスーパーやドラッグストアなどが考えられる。

- x_{2j} ：店舗から最近隣駅までの道路距離。駅の乗降客はコンビニエンスストアに立ち寄ることが多いため、駅までの距離は近いほどよい。また駅の周辺は中心市街地となっていることが多いため、流動人口が多いことが期待される。

出力データは $y_{1j}, y_{2j}, y_{3j}, y_{4j}$ ($j \in J$) の四つである。

- y_{1j} ：店舗 j の属する国勢調査の 1/2 メッシュ人口とその周囲八つの 1/2 メッシュ人口の 50% の合計。3 節に述べたとおり商圏人口として「半径 300m から 500m 以内に 2,000 人から 3,000 人が住居あるいは勤務している必要がある」ことに対応して設定する。1/2 メッシュの一辺の長さは約 500 メートルである。店舗のあるメッシュの周囲八つの人口については半分の重みとした。

- y_{2j} ：店舗 j から距離 r_2 以内の駅の乗降人数。店舗の周辺に複数の駅がある場合も考慮して、最近隣でない駅の乗降人数も数える。

- y_{3j} ：店舗 j が国道に接面するなら 1、その他 0 とする 0-1 パラメータ。店舗は交通量の多い道路に接面していることが望ましいので、ここでは国道に接面しているかどうかで判断することとした。より詳細には道路交通量を使用すべきであろうが、都道府県道や市町村道をすべて網羅する使用が容易な交通量データを入手することは困難であった。

- y_{4j} ：店舗 j から道路距離 r_1 以内のライバルチェーンの店舗数。近隣のライバルチェーン店舗はチェーン会社にとって多いほどよい。近隣にライバルチェーン店舗が多いことはその店舗にとっては必ずしもよいことではないが、チェーン会社にとってはライバル会社のお客を奪う効果が期待できる。道路距離 r_1 以内の店舗がすべてライバルチェーンであれば $y_{4j} = x_{1j}$ となるが、この中に同じチェーンの店舗が含まれていると、その店舗数だけ y_{4j} が小さくなり、DEA 効率値が下がる要因となる。ただしこの項目は他のデータ項目に対して従属的な内容である。すなわち、商圏人口や駅乗降人数が少なくライバルチェーン店舗数だけが多い店舗は、DEA 効率値は高くなるが、このような店舗は少ないお客をライバルチェーン店舗同士で取り合うことになり、高い評価となるのは適切ではない。そこで、効率値を求める際に、この項目の仮

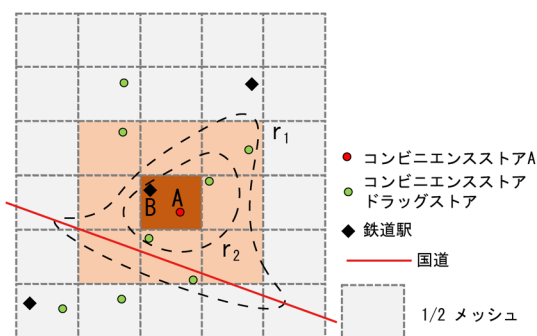


図2 DEAに利用するコンビニエンスストアデータの模式図

想出力が仮想出力全体の比率 α 以下となるように制約を与えて ($0 \leq \alpha \leq 1$ の範囲で α を与える), ライバルチェーン店舗数が多いことによるみ効率が高すぎることを防止することとした。

図2にDEAに利用するコンビニエンスストアデータの模式図を示す。図中コンビニエンスストアAについて道路距離 r_1 以内の範囲と r_2 以内の範囲を描いた。道路距離 r_1 以内のコンビニエンスストアとドラッグストアは四つであり x_{1A} の値は4となる。店舗Aから最も近い駅はBであるので駅Bとの道路距離を x_{2A} とする。店舗Aを含む1/2メッシュの人口とその周辺の8メッシュの人口の半分を合わせた人口を商圏人口 y_{1A} とする。店舗Aから距離 r_2 以内の駅はBだけなので、駅Bの乗降人数を y_{2A} とする。コンビニエンスストアAは国道に接面していないので y_{3A} の値は0である。 x_{1A} にカウントされる店舗のうちライバルチェーンの店舗数とドラッグストア数を合わせた数が y_{4A} の値となる。

4.2 DEA

DEAのモデルには大きく分けて、規模の収穫が一定であるCCRモデルと規模の収穫が減少するBCCモデルの二つがあるが、本研究はCCRモデルを用いる[19]。店舗 $o(o \in J)$ の効率値 θ_o は次の分数計画問題FPで記述される。

$$\text{FP: } \max. \theta_o = \frac{\sum_{r=1}^4 u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^2 v_i x_{io}} \quad (1)$$

s. t.

$$\frac{\sum_{r=1}^4 u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^2 v_i x_{ij}} \leq 1 \quad (j \in J) \quad (2)$$

$$\frac{u_4 y_{4j}}{\sum_{r=1}^4 u_r y_{rj}} \leq \alpha \quad (j \in J) \quad (3)$$

$$u_r \geq 0 \quad (r = 1, \dots, 4) \quad (4)$$

$$v_i \geq 0 \quad (i = 1, 2) \quad (5)$$

ここで $u_r (r = 1, \dots, 4)$ は出力の重みとなる決定変数, $v_i (i = 1, 2)$ は入力重みとなる決定変数である。(3)は、道路距離 r_1 以内のライバルチェーンの店舗数 y_{4j} についての仮想出力を仮想出力全体の α 以下とする制約である。 $\alpha = 0$ のとき出力データ y_{4j} の値を無視して評価した効率値となり、 $\alpha = 1$ とすれば y_{4j} の値を他のデータと公平に扱うこととなる。

上の問題FPを同値な線形計画問題LPに変換する。代表的な変換の方法には入力指向モデルと出力指向モデルの二つがあり、ここでは入力指向モデルを用いることとする[20, 21]。FPを入力指向モデルによって記述した線形計画問題LPは以下のとおりである。

$$\text{LP: } \max. \theta_o = \sum_{r=1}^4 u_r y_{ro} \quad (6)$$

s. t.

$$\sum_{i=1}^2 v_i x_{io} = 1 \quad (7)$$

$$\sum_{r=1}^4 u_r y_{rj} \leq \sum_{i=1}^2 v_i x_{ij} \quad (j \in J) \quad (8)$$

$$u_4 y_{4j} \leq \alpha \sum_{r=1}^4 u_r y_{rj} \quad (j \in J) \quad (9)$$

$$u_r \geq 0 \quad (r = 1, \dots, 4) \quad (10)$$

$$v_i \geq 0 \quad (i = 1, 2) \quad (11)$$

4.3 新規店舗立地地点の評価

新規店舗立地候補地点の集合を C として、次のように新規店舗立地地点を評価する。候補地点 $c \in C$ を1地点を選んでここに店舗を開店することとして、既存店舗集合 J と合わせた店舗集合 $J \cup c$ を構成する。候補地点 c の店舗が所属するチェーン会社を設定し、候補地点 c の店舗の入力データと出力データを作成する。これらを用いて、既存店舗を含めた $J \cup c$ を意思決定単位(DMU)の全体として候補地点 c の店舗の効率値を計算する。

5. 数値例

既存店舗の評価を行った計算例について述べる。次にその地域に出店する新規店舗の候補地点の評価を行う。

5.1 既存店舗の評価

ある地域の98店のコンビニエンスストアを対象とする(図3)。この地域には四つのチェーンが出店しており、98店の内訳はA社31店、B社44店、C社

17店、D社6店である。図3には、店舗の位置とともに1/2メッシュの人口、鉄道駅、国道が表されている。この地域は東西約7km、南北約9km、面積約63km²の広がりがある。人口約19万人、人口密度約3千[人/km²]である。鉄道路線は図示していないが2本の路線がよぎっている。駅数は15である。図中の四角形は次節で例示として新規店舗立地候補地点を配置する範囲である。この四角形の南側の地域が地域の中心市街地である。二つの駅の周辺に中心市街地が広がり、国道が集中し、人口密度が高く、多くのコンビニエンスストアが outlets している。なお競合するドラッグストアとスーパーマーケットの図示は省略した。

データは、人口は国勢調査メッシュ人口データ、駅利用者数は大都市交通センサスデータを使用する。パラメータ r_1 と r_2 を以下のように定める。

- r_1 を道路距離 0.95km とする。0.95km は地域内のコンビニエンスストアの最近隣店舗との平均距離である。この距離より近い店舗は自店の来客数や売りに影響を与えるであろうと考えて r_1 の値として使用する。

- r_2 を道路距離 0.8km とする。中野 [22] は駅勢圏を駅から直線距離 0.6km の範囲内と設定している。これを援用して、国道のみを使用した場合道路距離がおおよそ直線距離の 1.3 倍となることから r_2 を道路距離 0.8km とすることとした [23]。

また、出力第4項目の上限を与えるパラメータ α の値は 0.3 とする。これは先に述べたように他の項目に対して出力第4項目の値だけが過剰に大きいことで効率値が高くなることを避けるためである。

図4はDEA効率値の分布を表す。効率値が0.4未満の低い店舗は白で表示されている。人口が多い、駅に近い、国道沿いである、周辺のライバル店舗数や自店と同じチェーン店舗数といった店舗ごとの属性に対応して効率値が求められている。

図4破線aの三つの店舗は、国道沿いのため高い効率値となっている店舗の一例を示している。破線bで示した三つの店舗は、近隣に同じチェーンBの店舗が集中しているため、商圏人口が多いにもかかわらず低い効率値となっている。破線cの三つの店舗も同様であり、国道沿いであるためにより評価となるはずであったがやや低い値となっている。このように、同じチェーンの店舗同士が集中している場合はチェーン内でお客を奪い合っていると判断されて低いDEA効率値となるのは本研究の枠組みの一つの特徴である。

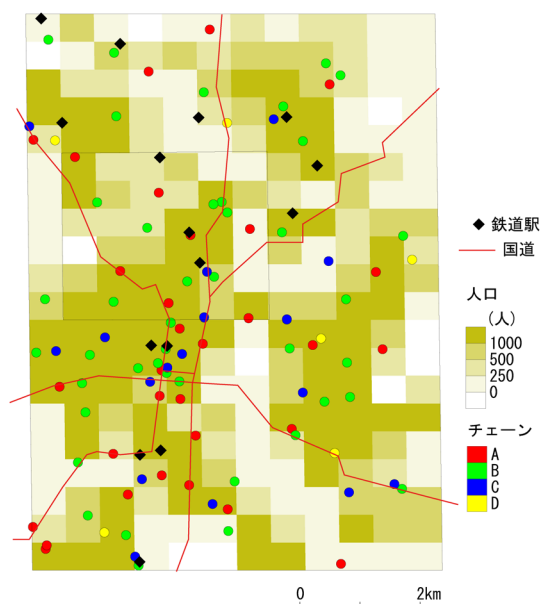


図3 コンビニエンスストア分布図

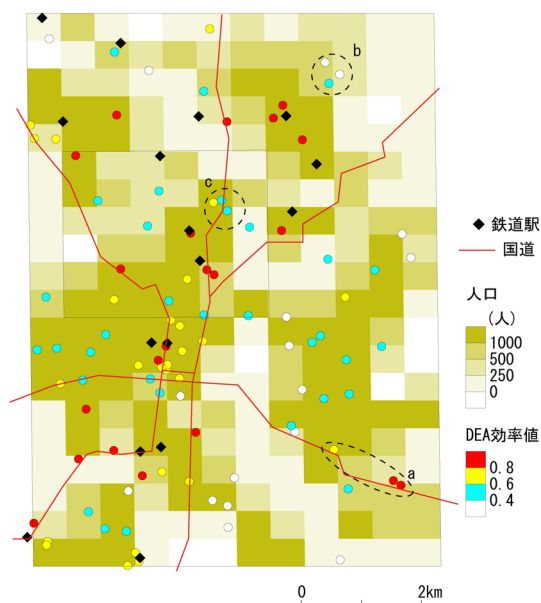


図4 DEA 効率値分布図

5.2 新規店舗立地候補点の評価

図3の内部に示すおよそ3km四方の領域に、コンビニエンスストアの立地候補点集合Cとして、1/2メッシュ内部を東西・南北を30ずつ等間隔に分割しておよそ100メートル間隔の格子点を900個配置する。

最初に $\alpha = 0$ とし、出力第4項目を考慮しない効率値を図5(a)に示す。このときの効率値はチェーン

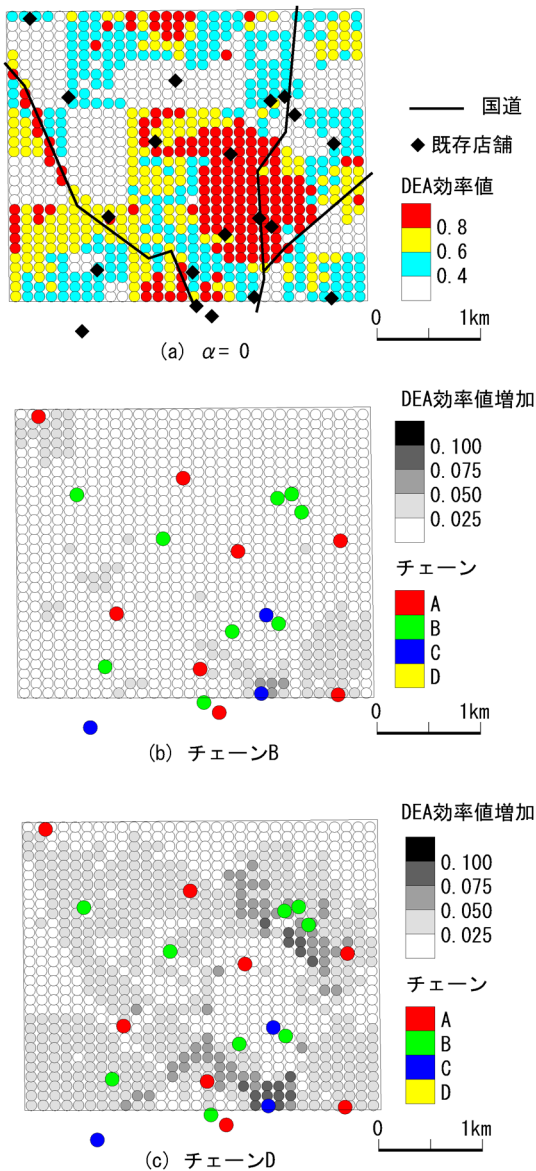


図5 立地候補地点の DEA 効率値分布図

会社による差異はなく、既存店舗の評価の場合と同様に、人口密度が高い地域や駅周辺や国道沿いあるいは周辺に既存店舗のない地域の DEA 効率値が高い。

α に正値を与えた場合に、図 5(a) に示された効率値が下限となる。 $\alpha = 0.3$ として、図 5(b) に、四角領域内の店舗が最も多いチェーン B の立地候補地点の効率値と図 5(a) に示された値との差異を図示する。図 5(c) に、四角領域内に店舗のないチェーン D の立地候補地点の効率値と図 5(a) に示された値との差異を図示する。図 5(a) において効率値が低く、上昇の余地があり、自チェーン会社ではない店舗周辺ほど効率値が高くなったことが見て取れる。その上昇幅は最大でも 0.1 程度

であった。このようにしてチェーン会社ごとに候補地点が店舗に適しているかどうか判断することができる。

なお、言うまでもないことだが効率値が高いことは出店のための一つの好条件にすぎない。実際には本モデルで取り上げることのできなかった数多くの要因を総合的に判断する必要がある。

6. おわりに

本研究は DEA を用いてコンビニエンスストアの立地評価を行う方法について述べた。DEA に使用する入力・出力データは店舗の従業員数、売上などの経営データは使用せず、人口や距離などの容易に入手可能な公共データを用いている。DEA は意思決定単位のよい特徴を総合的に判断して効率値を計算するので、本研究のような単純な枠組みでは悪い特徴を明示的にとらえきれていない欠点はあるが、計算例で示したように、ある程度の直感的に妥当な値を示すことができるといえるだろう。

これまで、店舗の立地の評価は、都市計画や施設配置問題の枠組みで行われることが多かったが、提案したコンビニエンスストアの立地地点評価手法は、商圈人口だけでなく他店舗との距離や駅からの距離など入力および出力データのうち相対的によいデータを重視して評価する、という DEA の特徴を活用したところに新規性があるといえる。一方で DEA の利点は効率値が高い意思決定単位を参照集合として改善案を提案できるところにあるが、本研究では既存店舗の改善案について分析する検討は行っていない。入力・出力データともに店舗が操作可能ではなく、考えられる改善方法としては、店舗立地地点の評価による効率値の高い場所へ移転することとなる。店舗の閉鎖や移転によって効率値の地理分布も変化するが、これら店舗の改善や閉鎖・移転を考慮した分析は今後の課題である。

提案する手法が対象として想定する店舗はコンビニエンスストアのほかに、ドラッグストアあるいはホームセンターなど複数のチェーン会社が競争しており、地域に比較的多くの店舗が立地しているような種類の店舗である。新規店舗の立地候補地点の決定を支援するだけでなく、既存店舗の統廃合の検討を行うために使えるかもしれない。

本研究では距離の測定に GIS アプリケーションの利用を想定して道路距離を用いたが、より簡便には直線距離（測地線距離）を用いてもほとんど同じような結果となる。店舗が国道に接面しているかどうかを表すパラメータを使用した。これは本来であれば道路

の自動車交通量データを使用したかったが、網羅的にすべての道路の交通量がわかる公共データが得られなかったため代的に使用したものである。中心市街地に立地しているかどうかを表すために最寄駅までの距離を使用したのも同様の理由であり、モバイル空間統計 [24] などを用いて時間帯ごとの都市内人流データを使用すればより現実的な分析ができるであろう。

なお、データの処理と計算にはマイクロソフトエクセルと python 3.8.8 および GIS ソフトウェアの ArcGIS Pro 2.8.3 を使用した。結果の図示には地理情報分析支援システム MANDARA 9.45 を使用した。

謝辞 貴重なご意見をくださった匿名の査読者に感謝を申し上げます。

参考文献

- [1] 一般社団法人日本フランチャイズチェーン協会, 「コンビニエンスストア統計データ」, <https://www.jfa-fc.or.jp/particle/320.html> (2021 年 9 月 27 日閲覧)
- [2] 日本 DIY・ホームセンター協会, 「年間総売上高とホームセンター数の推移 (推計値)」, <https://www.diy.or.jp/i-information/association/jigyoo/transition.html> (2021 年 9 月 27 日閲覧)
- [3] ダイヤモンド・チェーンストア, 「10 兆円を射程に, 2020 年度の国内ドラッグストア市場規模は 8 兆 363 億円!」, <https://diamond-rm.net/retaildata/79342/> (2021 年 9 月 27 日閲覧)
- [4] セブン&アイ・ホールディングス, 「決算補足資料」, <https://www.7andi.com/ir/library/kh/202002.html> (2021 年 9 月 27 日閲覧)
- [5] ローソン, IR「(株主・投資家情報)」, <https://www.lawson.co.jp/company/ir/> (2021 年 9 月 27 日閲覧)
- [6] ファミリーマート, 「月次営業実績の推移」, https://www.family.co.jp/company/familymart/monthly_sales/transition.html (2021 年 9 月 27 日閲覧)
- [7] S. Zhai, R. Li, Y. Yang and X. Zhao, “Chain store placement recommendation with multisource urban data,” *2021 6th International Conference on Intelligent Computing and Signal Processing (ICSP)*, pp. 203–207, 2021.
- [8] 木下安司, 『コンビニエンスストアの知識 (第 2 版)』, 日本経済新聞出版社, 2011.
- [9] 橋本昭洋, “DEA による野球打者の評価,” オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学, **38**, pp. 146–153, 1993.
- [10] W. Shan, Q. Yan, C. Chen, M. Zhang, B. Yao and X. Fu, “Optimization of competitive facility location for chain stores,” *Annals of Operations Research*, **273**, pp. 187–205, 2019.
- [11] T. Wieland, “Competitive locations of grocery stores in the local supply context: The case of the urban district freiburg-haslach,” *European Journal of Geography*, **9**, pp. 98–115, 2018.
- [12] M. Nakanishi and L. G. Cooper, “Parameter estimation for a multiplicative competitive interaction model: Least squares approach,” *Journal of Marketing Research*, **11**, pp. 303–311, 1974.
- [13] M. Nakanishi and L. G. Cooper, “Simplified estimation procedures for mci models,” *Marketing Science*, **1**, pp. 314–322, 1982.
- [14] M. G. Ashtiani, “Competitive location: A state-of-art review,” *International Journal of Industrial Engineering Computations*, **7**, pp. 1–18, 2016.
- [15] 貞広幸雄, “GIS を用いたチェーン型商業施設の立地傾向分析,” GIS-理論と応用, **2**, pp. 109–116, 1994.
- [16] D. Vyt, “Retail network performance evaluation: A DEA approach considering retailers’ geomarketing,” *The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, **18**, pp. 235–253, 2008.
- [17] R. K. Klimberga and S. J. Ratickb, “Modeling data envelopment analysis (DEA) efficient location/allocation decisions,” *Computers & Operations Research*, **35**, pp. 457–474, 2008.
- [18] I. Mitropoulos, P. Mitropoulos and I. Giannikos, “Combining DEA with location analysis for the effective consolidation of services in the health sector,” *Computers & Operations Research*, **40**, pp. 2241–2250, 2013.
- [19] A. I. Ali and L. M. Seiford, “The mathematical programming approach to efficiency analysis,” *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*, H. O. Fried, C. A. K. Lovell, & S. S. Schmidt (eds.), Oxford University Press, 1993.
- [20] 並木誠, 『Python による数理最適化入門』, 朝倉書店, 2018.
- [21] W. D. Cook and J. Zhu (森田浩訳), 『データ包絡分析法 DEA』, 静岡学術出版, 2014.
- [22] 中野卓, “全国の駅圏人口の経年的変化と相対的な人口集中度,” 都市計画報告集, **19**, pp. 385–388, 2021.
- [23] 腰塚武志, 小林純一, “道路距離と直線距離,” 日本都市計画学会学術研究発表会論文集, **18**, pp. 43–48, 1983.
- [24] 株式会社ドコモ・インサイトマーケティング, 「モバイル空間統計」, <https://mobaku.jp/> (2021 年 9 月 27 日閲覧)