

送迎保育ステーションの適切な配置による 保育園定員問題の改善

小林研究室 井戸 涼聖 (15719004)

1. はじめに

近年、日本社会における保育に関する問題は山積みだが、なかでも「保育需要の拡大」と「少子高齢化」が多くの問題を生み出している。共働き家庭の増加による保育需要の拡大によって、駅前など立地の良い保育園に人気が集中してしまい待機児童が発生している。しかし、保育園の増設は、少子化のために困難である。このような問題の解決策の一つが、送迎保育ステーションの設置である。送迎保育ステーションは、朝、通勤途中に子らが一時的に預けられる場所であるが、一定時間預けられたのち、迎えにきたバスによって本来の保育園まで送り届けられる。夕方まで保育園で過ごしたのち、再びバスによって送迎保育ステーションに送り届けられる。そして、保護者が迎えに来るまでの間、子らは送迎保育ステーションで過ごす。送迎保育ステーション設置の利点として次の 3 点が挙げられる。

- ①待機児童の減少が期待できる
- ②空き保育所の定員を効率よく使用できる
- ③需要が縮小した保育園を効率よく廃園できる

本研究では、送迎保育ステーション配置モデルを定式化し、総移動距離を最小化する送迎保育ステーションの配置方法を求める。こどもの転入超過数が、毎年全国上位に入るファミリー層に人気の街である東京都町田市を対象として、得られた解から送迎保育ステーションの配置、空き保育園や待機児童の変化を考察する。

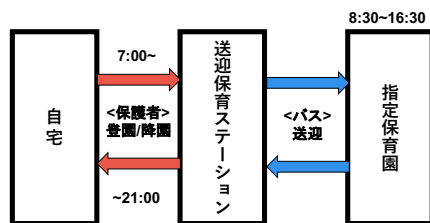


図 1: 送迎保育ステーションの 1 日の流れ

2. 方法

上記の①②③の利点が発揮されるかを確認することで、送迎保育ステーションの有用性を評価するため、A: 現在、B: 需要が拡大したとき、C: 縮小したときの 3 パターンの人口でシミュレーションをする。送迎保育ステーション配置場所の決定方法としては、保育園と駅を

候補地として、保育園利用者の移動コストとバスでの送迎コスト、待機児童が発生することによるコストの総コストを最小化する送迎保育ステーション配置場所を決定する方法を用いる。

3. 解析結果

現在の町田市の住民基本台帳に基づく町丁別男女別年齢別人口表から A、B、C の 3 パターンの保育需要を設定して実験を行った。以下の図は 0 から 2 歳児の結果である。待機児童数は送迎保育ステーションを設置した分減少した (図 2)。また、需要が拡大した際に、送迎保育ステーションの設置数が増えるほど新しく使われる保育園が増加した (図 3)。需要が縮小した際に、送迎保育ステーションの設置数が増えるほど使われない保育園が増加した (図 4)。

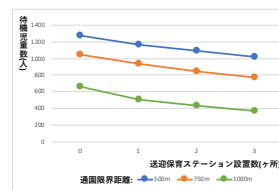


図 2: 待機児童数の変化

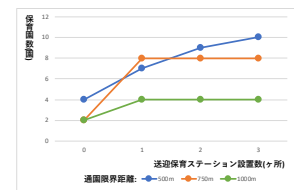


図 3: 新しく使われる保育園数の変化 (需要拡大時)

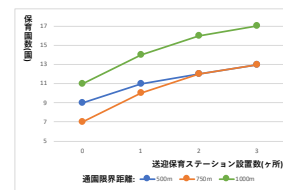


図 4: 新しく使われる保育園数の変化 (需要縮小時)

4. 結論

需要が拡大しても縮小しても送迎保育ステーションを配置することにより、空き保育園や待機児童は減少することが確認された。また、需要が拡大した時に保育園を効率よく使うことができ、需要が縮小した時は効率よく廃園にすることも確認できた。よって、送迎保育ステーションは有用であるといえる。現モデルでは送迎保育ステーションに定員を設けていないので、今後の課題として保育園を拡充することのコストとステーション設置コストの大小関係を比較するようなモデルの構築が挙げられる。

設置コストを考慮した フロー捕捉型配置問題の実験的解析 —山手線を例として—

小林研究室 葛西 邦佳 (15719015)

近年、鉄道会社は鉄道駅の周辺にショッピングや保育施設など幅広い生活サービスを提供する施設を配置することで、駅を移動手段としての利用だけでなく、より住民の生活に根付いた施設にすることを目指している。駅の周辺に施設を配置する際には、鉄道利用者の移動傾向に基づいて配置を考える必要があり、本稿では鉄道利用者の移動区間に注目して、鉄道駅に施設を配置する問題を扱う。具体的には、Hodgson のフロー捕捉型配置問題をもとに、人の流れを需要と捉え、捕捉可能な需要を最大化する経路上の施設配置を求める方法を扱う。このモデルでは、駅ごとに施設配置コストを設定し、総資金制約の元で配置場所と配置数を決定する。資金制約を設けない個数制約型モデルを資金制約型モデルと比較し、施設配置コストが最適配置結果に及ぼす影響を考察する。鉄道会社が実際に駅周辺に施設を配置する際にも、施設を設置するのに必要なコストと鉄道利用者の利用傾向を考慮して施設配置を決定しており、この問題は幅広く応用することができる。具体的な研究方法として、大都市交通センサスの『初乗り・最終降車駅間移動人員表』から山手線の流動データを抽出し、JR 東日本の一般駅貼りポスターの広告料金を施設配置コストと見立てて、全駅に同サイズかつ同一広告を掲載すると仮定して最適配置分析を行う。さらに平成 22 年と平成 27 年それぞれの最適配置結果を比較し、5 年間の変化を考察する。

本分析では、評価指標のひとつとして、捕捉効率というものをを用いる。捕捉フロー量を施設配置コストで除したもので、捕捉効率が良いほど、少ないコストで多くの捕捉フローを獲得できることを示す。各駅の捕捉効率を求めると、新大久保駅や御徒町駅など山手線の中でも比較的小規模な駅が上位になっていることが分かった。

本分析結果から、資金制約型モデルでは新大久保駅や御徒町駅、代々木駅など捕捉効率が良い駅が最適配置結果として多く選ばれる傾向があると分かった。それに対して、個数制約型モデルでは新宿駅や渋谷駅、池袋駅など施設配置コストに関わらず利用者数が多い駅が最適配置として優先的に選ばれる傾向があると分かった。以上の結果から資金制約型モデルは同数の施設を配置する場合の個数制約型モデルと比べ、概ね同数のフロー量を捕捉しつつ、施設配置コストを抑えられる傾向が確認できた。また平成 22 年から平成 27 年までの 5 年間の変化に関しては、山手線全体的に捕捉フロー量が増加しており、渋谷駅から新宿駅経由の池袋駅間で特に大きく増加していることが確認できた。

マルチエージェントシミュレーションを用いた ショッピングモール店舗の訪問順序計画

小林研究室 河村祥栄 (15719025)

1. 研究背景及び研究目的

ららぽーとやイオンモールに代表されるショッピングモールはその誕生以降、様々な側面から社会経済を支える重要な役割を果たしている。立地、規模、構成に応じて、選択の多様性、利便性、快適性、娯楽性を提供するなど、人々の暮らしに欠かせない存在となっている。またGWや年末年始などは特大セールやバーゲンが開催され混雑は避けられない。さらに最近では、新型コロナウイルスによる影響も大きい。施設側は、国からの指示で現在もお、入場規制などの制限をかけられながらの営業を余儀なくされているのに対して、人々の行動制限は日に日に緩和されている。これらが相反して新型コロナウイルスの流行前よりショッピングモール内は混雑している現状がある。このような状況下において、利用者は思うように商業施設を回れない、満足しきれないというような状況に陥る可能性がある。本研究では、マルチエージェントシミュレーション(MAS)を用いて利用者が最短時間で満足できるような店舗の訪問順序を考案することを目的とした。

2. 研究方法

MASソフトウェアとして artisoc を用いて、ららぽーと富士見に模したショッピングモールのモデルを構築した。構築したモデルにおいて、様々な条件下におけるシミュレーションを複数回行い、利用者の行動を観察した。シミュレーションから得られた結果より、条件の違いによるショッピングモール内の混雑状況や、利用者の平均滞在時間を比較することで、ショッピングモール店舗の訪問順序を考案した。

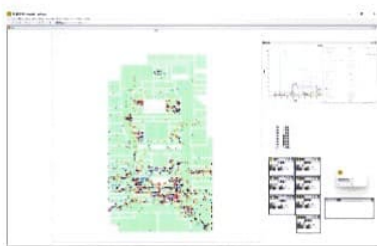


図 1: シミュレーション実行画面

3. 実験

シミュレーション実験は、1日の営業時間(10時から21時の11時間)を1回のシミュレーションとして行った。入場者が混雑情報を所持している割合を20%、40%、60%、80%に変化させ、1つの割合に対して20回ずつのシミュレーションを行った。朝、昼、夕、夜の4つの時間帯の各店舗の行列を集計し、20回分の行列の平均を平均行列とした。また入場者とは別に、回り方にある特徴を与えられた観測者というグループを4種類作り、回り方の差による平均滞在時間の違いを検証した。シミュレーション結果として出力された各店舗の平均行列は、ショッピングモール内の時間帯ごとの混雑状況と混雑状況に影響を及ぼす要素分析するために、入退場口からの最短距離を考慮した場合としていない場合の2パターンで主成分分析を行った。観測者の平均滞在時間に関しては、ショッピングモール内の効率的な回り方を提案するために、一元配置の分散分析を行い必要があると判断された場合は多重比較をそれぞれ行った。

4. 結果及び考察

シミュレーション実験及び統計的な分析の結果より、スマートフォンや携帯等で混雑情報を所持することは、短い滞在時間で満足するために有効であることがわかった。

順路に関して、入退場口から距離の近い店舗から回る方法が有効である。人気店舗は、人が増える昼から夕方にかけて行列が最も長くなる傾向があるため、朝と夜の比較的行列人数が少ない時間に回ると効果的であることがわかった。結果として、朝のまだ人が多くない時間に入退場口から近い人気店舗を回り、昼から夕方にかけて、混雑情報をもとに空いている店舗を回る。そして夕方から夜にかけて回っていない人気店舗を回るという方法を考案した。ただ中には、人気店舗の傾向に当てはまらず、1日を通して継続的に行列が多い人気店舗も存在した。そのような店舗は、特に混雑している時間を避けるなどの工夫が必要であると考えられる。

道路の危険性を考慮した 最適安全自転車運行ルート作成手法の提案

小林研究室 高橋 侑花 (15719048)

背景

環境問題やコロナ禍における感染予防・健康維持という観点で、自転車の利用が注目されている。CO₂を排出しないという環境面での利点や、コロナ禍における密回避の観点から、自転車利用のニーズが高まっている。このような背景から、レンタサイクルやシェアサイクルなどの自転車サービスが増加するなど、自転車に乗る機会が増えている。ここで問題になっているのが自転車に関わる事故割合の増加である。例えば神奈川県において、平成28年から令和3年にかけて事故発生件数における自転車事故発生件数の割合が増加している。

目的

これまで用いられてきた経路探索システムでは、自転車での経路、特に交通安全に考慮した経路を求める機能は実現されていない。本研究では、自転車利用が拡大する中で自転車を快適で安全に利用するために、自転車事故の要因を探ると共に、より安全な通行ルートを探るシステムを提案する。

方法

自転車交通事故削減を目指して、道路交通状況や過去に発生した交通事故箇所データから道路交通環境面での交通事故原因を分析した。まず、警察庁の交通事故統計情報のオープンデータを用いて自転車事故の傾向を可視化した。そして、天候や時間、スピード制限など、事故結果を見るからに予測できそうなもの以外を特徴量にして、過去の交通事故発生箇所の特性を把握した。この結果、危険だと考えられる項目は、事故分析結果の道路種別から、立体交差道路付近、道路の形状から、踏切付近と橋（高速の橋脚なども含む）とスクールゾーン（小学校を中心とした半径500mの通学路）、道路の幅から、大きな交差点の、5ゾーンであることがわかった。それぞれタイムを、立体交差を通過時に5倍、踏切を通過時に6倍+5秒、スクールゾーンを通行時に2倍、大きな交差点を横断時に6倍+5秒、橋を通過時に4倍した。これらで負荷をかけた新しい最速経路探索の方法を提案した。

結果

元の最速経路探索と、今回提案する最速経路探索の比較は、以下の4項目で行った。1つは相模原市中央区の過去3年の自転車事故の道路を通過数のカウント、2つ目は相模原市が選定した優先整備区間を通過数のカウント、3つ目は相模原市が選定した『道路整備に合わせて整備を推進する区間』と『ネットワークの形成に必要な区間』を通過数のカウント、また、移動距離や所要時間の計算を行った。

10000回ランダムでルートを生成した平均結果は、整備優先整備箇所の通過回数は約2.38%、移動距離約1.40%、所要時間約4.25%増加となったが、自転車事故現場の通過回数は約5.80%減少した。事故現場通過回数と整備優先整備箇所通過回数から計算した最終評価としての事故可能性は、4.44%減少することがわかった。

結論

本研究では、過去の自転車事故データから事故要因分析をし、それを考慮した経路探索システムを作成することで、所要時間は約4.25%増えるが事故の可能性を約4.44%減少させる経路を探る新たなシステムを提案することができた。今後の課題として、相模原市中央区にとどまらずさらに広域な範囲で、事故可能性の少ない探索ができるかを検証することが挙げられる。

ドクターカーの利用と病院・消防署の適切配置による救急時搬送時間短縮効果の検証

小林研究室 中尾彩花 (15719061)

近年、世界的に高齢化が進んでおり、特に日本では高齢化率が世界の中でも高く超高齢化社会に分類される。高齢化に伴い、自宅など病院外での急病による救急搬送件数が今後増加していくことが考えられる。心肺停止を起こしてしまった患者の場合、治療が1分遅れるごとに救命率は大きく下がり3分で約50%、10分ではほぼ助からないと言われている。この1分1秒を争う状況においてどれだけ搬送時間を削れるかがとても重要な課題だといえる。そこで病院や消防署の配置最適化、ドクターカーの導入が救急搬送にかかる時間の短縮につながることを期待できる。

先行研究では一般的な救急車のみを用いた通常の搬送方式とドクターカーを運用した救急搬送方式におけるモデルを提案、仮想空間における配置計画がなされ方式別の救急搬送時間が比較されている。ドクターカーを用いた搬送方式では通常方式と比べて約2~3割の搬送距離の削減ができ、ドクターカーの有用性が示された。本研究では救急搬送システムのモデルを東京都の町田市に適用し、シミュレーションを実施し搬送時間の比較を行う。

本研究では現在の病院・消防署の配置の場合、消防署を最適配置した場合、病院を最適配置した場合、消防署・病院両方を最適配置した場合についてシミュレーションを実施した。また、消防署と病院の配置数を変化させた場合のシミュレーションにより、搬送時間の変化について調べた。需要点は国土数値情報の1kmメッシュ別将来推計人口データを使用し、メッシュの重心を需要点、メッシュ人口を需要量として実験を行った。使用する病院データは国土数値情報の医療機関データにおいて救急告示病院に指定されている病院のデータを用いた。

町田市においては病院の配置を最適化することで搬送時間を短縮することにかなり効果があることが分かった。また、ドクターカーを導入した救急搬送システムを採用することで通常方式より搬送時間を約20~30%短縮することが可能であると示された。特に病院の数が限られている地域や病院の配置が偏っている地域では搬送時間の短縮率が大きくなり、ドクターカーの導入による効果が大きいと考えられる。

実際に搬送される患者のうち重症以上の患者のほとんどは65歳以上の高齢者である。よって今後は地域の高齢化率を考慮して分析することでより良い配置計画ができると考えられる。

静岡県浜松市における地理情報システムを用いた津波避難ビルの現状分析と避難安全地域の抽出

小林研究室 服部悠斗 (15719074)

世界でも有数の地震大国として知られている日本では、国や自治体によって今後起こりうる巨大地震やそれに伴った津波から住民を守るため、様々な対策が講じられている。その中でも、各地域における「津波避難ビル」の設置は、高台の確保が困難な市街地や沿岸部では必要不可欠である。しかし、地震や津波の被害想定が断続的な更新により、地域によっては現状の想定に対応しきれないものや、収容可能人数などを加味せずに選定されているものがあることが懸念される。そこで本研究では、今後予想されている南海トラフ地震による被害想定が比較的大きい静岡県浜松市の沿岸付近の地域を対象とし、現在設置されている避難ビルにおける使用可否の検証と、収容人数を加味したうえでの避難ビルの再評価を目的とする。さらに、浜松市では避難ビル設置による避難安全地域の拡大などの効果が可視化されていないということにも着目し、地理情報システム（GIS）を用いた避難ビル及び避難安全地域の可視化を実現し、津波対策における避難ビル設置の有効性を視覚的かつ定量的に確認する。

まず、現状の避難ビルの使用可否の検証では、対象地域内に設置されている避難ビルの高さ、その地点での想定される浸水深とを比較し、「ビル高が浸水深+50cm 以下」という条件に満たない場合は使用不可とした。加えて、使用可否の検証によって使用可となった避難ビルを対象に、避難可能距離（D1）と収容可能距離（D2）を算出し、短い方を利用可能距離として決定した。その結果、検証した全 230 箇所の避難ビルのうち、3 箇所が使用不可と判定された。また、使用可となった避難ビルのうち、全体の 7 割以上にのぼる 163 箇所で D2 が利用可能距離に選ばれたことから、収容人数を加味することによって、それらの避難ビルに避難可能な範囲が従来の予想よりも縮小することが確認された。次に、GIS による避難安全地域の可視化では、オープンデータである「QGIS」を用いて、使用可となった避難ビルと、浸水想定域の縁と市内の交差点との交点として抽出した避難目標地点のそれぞれの位置情報を地図上に可視化した。加えて、各々がもつ利用可能距離を半径として、避難安全地域を抽出した。その結果、目標地点のみでの避難安全地域は浸水想定域全体の 58 % であるのに対し、避難ビルを加えた場合では 78 % となり、目標地点だけではカバーすることのできなかった沿岸部にも範囲が拡大することが確認された。

本研究では、収容可能距離（D2）の算出にあたり浜松市の人口密度を使用した。今後は観光客による人口流入や、行政区域ごとの人口密度を考慮するなど、より実用性が高い検証が必要となると考えられる。また、避難安全地域の抽出や可視化については、避難ビルがあってもなお、22 % の範囲は避難困難地域として残ってしまったことから、浸水想定域のすべてをカバーすることは難しいことが判明した。そのため、今後は避難ビルのさらなる設置だけでなく、避難訓練などの防災教育による住民の危機意識向上や、堤防・防波堤の増設などといったあらかじめ津波の襲来を軽減する事業の推進など、幅広い分野における対策拡大にも力を入れる必要があると考えられる。

混合整数最適化を用いた 都市圏における人口密度中心地の推定モデル

小林研究室 山盛 美和 (15719096)

関東などの多くの都市は、中心の人口密度が大きく、中心から離れるにつれて人口密度が小さくなっていく。このような都市の構造を、人口密度の観点から分析する先行研究は多くあり、いくつかの人口密度関数モデルが提案されている。最も一般的な人口密度関数モデルとして、ある地点における中心からの距離 x 、中心の人口密度 D_0 、パラメータ γ を用いて、距離 x における人口密度 $D(x)$ を、 $D(x) = D_0 \exp(-\gamma x)$ と推定するものがある。これは、中心からの距離 x が増加するにしたがって、人口密度 $D(x)$ は指数関数的に減少することを表す (図 1)。

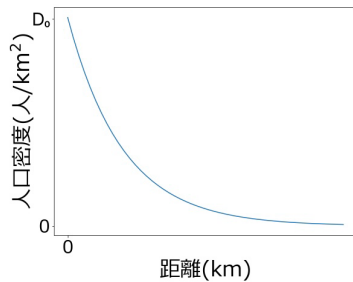


図 1: 人口密度関数モデル

しかし既存研究では、都市の中心をあらかじめ与えられたものとしており、その中心が本当にふさわしいかはわからない。適当ではない中心をモデルに与えると、適合度が低下する恐れがある。そのため、中心を定量的に推定する方法や、与えられた中心がどれほど適切かを評価する方法が課題となっている。そこで本研究では、中心推定の方法と中心の評価方法を提案する。中心推定の問題をクラスタリングのように捉え、数理最適化問題として定式化して解くことで、定量的に中心を見つける。クラスタリングの最適化問題として代表的な k -メディアンクラスタリングをもとに、目的関数を人口密度で重みづけし、中心に近いものに人口密度の大きな地点が選ばれるようにすることで、座標と人口密度の両方を考慮したクラスタリングおよび中心の推定を実現する。地点 $i \in N$ 、中心候補地点 $j \in N$ 、距離 d_{ij} 、各地点 $i \in N$ における人口密度 w_i が得られたとすると、 x_{ij} 、 y_j を次のような二値変数として定めることで、重みあり k -メディアンクラス

タリングは次のように定式化できる。

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & i \text{ が } j \text{ に割り当てられる場合} \\ 0 & \text{それ以外} \end{cases}$$

$$y_j = \begin{cases} 1 & j \text{ を中心として配置する場合} \\ 0 & \text{それ以外} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} & \text{minimize} && \sum_i \sum_j d_{ij} w_i x_{ij} \\ & \text{subject to} && \sum_j x_{ij} = 1 && \forall i \in N, \\ & && \sum_j y_j = k && \forall j \in N, \\ & && x_{ij} \leq y_j && \forall i, j \in N, \\ & && x_{ij} \in \{0, 1\} && \forall i, j \in N, \\ & && y_j \in \{0, 1\} && \forall j \in N. \end{aligned}$$

主な中心の適切性の評価は、既存の人口密度関数をデータにカーブフィットさせ、その平方誤差の総和を指標値として求めることで行った (図 2)。この際、クラスターごとの人口密度の大きさを揃えるため、中心の人口密度に対する割合を新たな y 軸として設定した。重みありのクラスタリングによって推定された中心は、既存研究で中心として設定されている地点よりも、より良い評価結果を得ることができた。

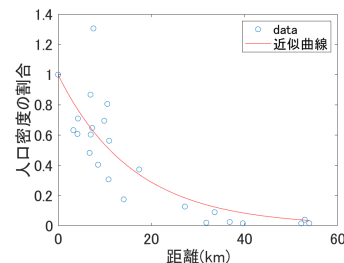


図 2: 評価指標となるカーブフィッティング

このように本研究では、外的に中心を設定するのではなく、定量的に中心を推定する方法を提案した。今後の展望として、重みありのクラスタリングにさらなる制約条件を加え、地点による人口密度の大小をさらに反映した問題の定式化を考えている。

鉄道利用者の平日と休日の施設へのアクセス方法の違い に着目した鉄道網上の最適施設配置

小林研究室 吉野裕太 (15719099)

施設の最適な配置場所を求める施設配置問題は、これまでに多くの研究者によって考えられており、さまざまなモデルが提案されている。その中に、鉄道利用者に着目した鉄道網上の施設配置問題がある。本研究では、京急線の利用者に着目した京急線上の施設配置問題について考える。最適な施設配置の場所を選ぶ基準として通勤・通学フローに着目し、そのフローの捕捉量が最大になるような駅を求める。施設へのアクセス方法は、平日と休日の違いがあるため、その違いを考慮して最適な配置を求める。平日は、学校や職場からの帰り途中に施設へ向かうケースが多く、定期券の起点駅・終点駅間にある施設には追加の交通費がかからずアクセスしやすいため、通勤・通学経路上に施設があるような移動需要量の最大化を考える。休日の場合、学校や職場に向かわずに家から施設に向かうケースが多く、定期券内の駅の中でも、より家に近い駅へのアクセスが便利である。そのため休日については、定期券の起点駅から終点駅への所要時間と起点駅から施設の駅への所要時間を比較し、その所要時間の削減量の最大化を考える。先行研究では、すべて各駅停車の電車に乗った場合の所要時間で求めており、特急・急行停車駅と非停車駅の区別がされていない。本研究は、急行や特急電車に乗った場合の所要時間も考慮し、より正確な所要時間の削減量の最大化を考える。

施設配置の候補駅は、横浜市内の京急線の 23 駅とする。施設の配置に最適な駅を求めるには施設を配置する駅の候補それぞれのフロー捕捉人数を求め、より多くの人が捕捉される駅を調べる必要がある。また、施設を配置する駅の数によって最適な施設配置の駅が異なるため、施設の数別に最適配置を確認する。フロー捕捉の人数は、定期券の利用者数から推測し、第 12 回大都市交通センサスの移動人員データを利用した。移動人員のデータは膨大な数であるため本研究では、初乗り駅が横浜市内の京急線の駅であり、かつ、終点駅が京急線の駅であるフローを対象とした。平日のアクセス方法の場合の最適配置については、施設配置候補駅と各通勤・通学フローの人数より、捕捉されるフロー量の総和を表す目的関数をつくり、それが最大となるときの駅を最適配置駅として求めた。また、休日のアクセス方法の場合の最適配置については、捕捉されるフローの所要時間の削減量とそのフロー量との積を表す目的関数をつくり、それが最大となるときの駅を最適配置駅として決めた。つまり、平日の場合、通過する人数が多い駅ほど最適な配置駅に近づき、休日の場合、通過する人数が多い駅や多くの人が自宅から近い駅ほど最適な配置駅に近づく。このように分析をした結果、平日では、特急電車が停車する横浜駅が最適な配置駅となったが、休日では、特急が停車しない駅が最適配置の駅となった。

本研究では、京急線の定期券利用者数と起点駅終点駅間の所要時間のデータを用いて、京急線の駅に施設を配置するときの最適な配置駅を求めることができた。今後の課題としては、違う路線に乗り換えをしている定期券利用者や、定期券を利用しない鉄道利用者を考慮した場合の最適施設配置について検証することがあげられる。