

徒歩・自転車利用者施設の都市内道路網上での配置

A Study of Facility Allocation for walking people or syclists on a Urban Road Network.

山下 久美子**, 柏谷 増男***, 朝倉 康夫****

by Yamashita Kumiko, Kashiwadani Masuo, Asakura Yasuo

1. はじめに

都市内の道路は自動車の他に歩行者や自転車にも使われる。円滑な都市交通計画のためには、自動車が効率よく走れることと、歩行者や自転車利用者が安全に通行できることが望まれる。このような道路と施設の関係については、古くはペリーの近隣住区の考え方¹⁾があるが、そこでは道路網は考慮されていない。またブキャナンレポートの居住環境容量²⁾もこうした考え方の典型例であるが、施設の配置については具体的に考えられていない。イギリスでは小学校の立地に際して、通学路が幹線道路を横切らないことが重要な要件のひとつになっている³⁾ようであるが、そのことに関する定量的な議論はあまりなされていないと思われる。本研究では施設配置問題を用いることにより、都市内道路網と徒歩または自転車を利用する施設利用者の安全性との関係を定量的に考察することを試みる。

2. 地方小都市での高齢者施設配置問題

地方小都市に住む高齢者の主な交通手段は自転車と徒歩である。筆者らはこれまで、中部大学竹内教授考案の危険度評価式⁴⁾を用いることによって、高齢者施設配置計画問題について検討してきた。この危険度は歩道の整備状況や交通量などから求められる。この危険度は道路ネットワーク上で、リンクに沿って移動する場合に適用され、危険度が高いほどその区間を通過する抵抗が大きくなる。

しかしながらこの方式では、全体の移動距離に対する危険度の影響は小さく、その結果実測の距離が、経路決定の一番大きな要因となってしまう。

またインタビュー調査の結果からも、大部分の高齢者

は、危険な道路を避けて通るよりも、最短経路をとることの方が多い。また高齢者が移動する際に危険を感じるの、道路に沿って歩く場合よりもむしろ交差点を横断するときであるといえる。

本研究では、安全性を考慮した施設配置問題を考えるときに安全性を考慮するのは、施設配置主体としての地方自治体であると想定する。このため利用者は実距離上の最短経路を常に選択し、施設設置者が安全性を考慮した配置ルールを定めると仮定している。

道路網は幹線道路とその他の細街路とに二分される。施設利用者にとって、幹線道路の横断は危険と考えられ、細街路の利用は安全であると仮定する。本研究ではいくつかの幹線道路網の代替案を評価するが、安全性ルールを「幹線道路を横切ってはならないこと」とすると、施設を幹線道路で囲まれた地域に必ずひとつ配置することになり、解は自明に近くなる。またこの場合、施設数はかなり多くなる。そこで便宜的ではあるが、幹線道路の横断回数は1回までとすることを本研究の安全性ルールとして採用した。

3. 施設配置モデル

ネットワーク上での配置モデルは通常0-1整数計画問題⁵⁾で定式化される。本研究では高齢者の利用施設を想定しているので、施設配置の際に効率性よりもむしろ公平性を重んじるLocation Set Covering 問題を取り上げる。

(1) Location Set Covering Problemの定式化

対象地域を n 個のゾーンに分割し、その中心をセントロイドとして定義する。

この問題は、許容距離 S (m) で移動できる範囲内で、全セントロイドに対して施設が割り当てられなければならないという制約のもとで、施設数の最小化を目的とする0-1整数計画問題である。定式化は次のように示される。

$$\min Z = \sum_{j=1}^n x_j \quad (1)$$

* キーワーズ 都市施設配置計画, 道路計画,
歩行者・自転車交通計画

** 学生員 愛媛大学大学院 工学研究科

*** 正会員 工博 愛媛大学工学部環境建設工学科

**** 正会員 工博 愛媛大学工学部環境建設工学科

(〒790松山市文京町, TEL089-927-9825, FAX089-927-9843)

(E-mail. kashiwa1@enl. ehime-u. ac. jp)

$$\text{s.t. } \sum_{j \in N_i} x_j \geq 1 \quad i=1, \dots, n \quad (2)$$

$$x_j = (0, 1) \quad j=1, \dots, n$$

$$N_i = \{j | d_{ij} \leq S\} \quad (3)$$

集合 N_i はセントロイド i と施設 j との距離 d_{ij} が最大許容距離 S より小さい立地候補点 j の集合である。制約式 (2) はセントロイド i から S 内に、最小限 1 か所は施設が立地されなければならないことを意味している。 x_j はセントロイド j に施設が立地された場合は 1, その他の場合は 0 となる 0-1 整数変数である。許容距離 S と立地数の関係については、施設数が変化しても施設数が変わらない場合は、 S が小さい地点の方が、より望ましい配置であるといえる。

(2) 安全性ルールの表現

本研究の対象地域は、愛媛県西条市の中心市街地を含む地域である。道路ネットワークは、セントロイド数 60, ノード数 213, リンク数 285 である。幹線道路に関しては横断を明確に表すため、道路区間を 2 本のリンクに分け、その間に横断を表す交差点リンクを追加する。交差点の例を図 1 に示す。

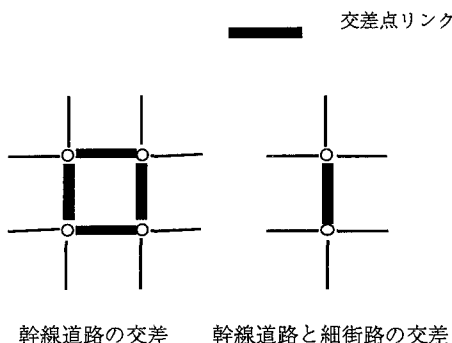


図 1. 交差点リンクの形態

なお交差点を通過することを表すペナルティとして、交差点リンク長に十分大きい値を与えておく。この値は各 OD ペア間の最大距離よりも大きい値をとって、9999m とした。距離 d_{ij} については、実距離のリンクで構成されるネットワーク上の最短経路を適用する。この経路に対して交差点リンクを 1 回通過すると共に 9999m の距離を加えていく。

LSCP の場合、許容距離の設定が大きく配置に影響する。交差点の横断を 1 回以内に抑えるためには、許容距離は、[横断 1 回 9999m] 以上 [横断 2 回 19998m] 未満であればよい。

4. 西条市道路ネットワークでの適用

6 つの幹線道路パターンを想定した。図 3 から図 7 に示す太い線が各パターンでの幹線道路である。パターン 4 については特長のある解が得られなかったので示していない。なおパターン 6 では他の 5 つのパターンと比較して、幹線道路を多く取り入れている。さらに比較のため、安全性を考慮せず実距離のみで最大許容距離を適用した配置を計算した。この場合の道路網をパターン 0 と呼ぶ。

図 2 に実距離による LSCP の結果 (パターン 0) を、図 3 ~ 7 に幹線道路の横断を考慮に入れた場合の LSCP の結果を示す。なお許容距離 S の値は、解の施設数が変わらない範囲での最小の値となっている。

また各パターンの平均距離や交差点を横断する確率を示した表 1 を示す。ここで平均距離は総移動距離を全人口で割ることによって求めたものであり、ペナルティの値を除いた実際の距離の平均値を表している。交差点横断割合は全人口のうち、幹線道路交差点を 1 回横断した人の割合である。最大距離は各 OD ペアのうち、ペナルティの値を除いた実際の距離を比べたときの最大の値を表している。

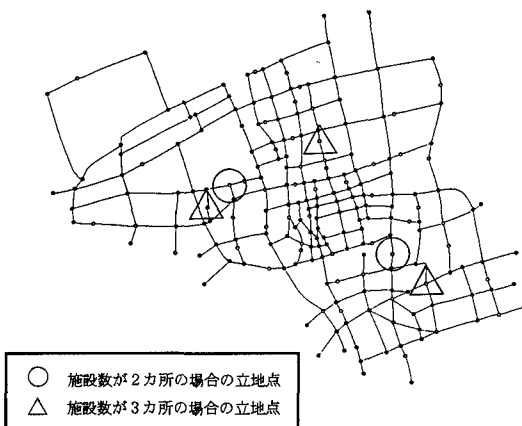


図 2. 安全性を考慮しない場合の配置 (パターン 0)

(1) 想定した道路網のもとでの施設配置

実距離による配置 (パターン 0) を見ると、対象地域内で中心市街地を囲むようにして、均等に配置されている。施設数が 2 の場合、平均距離は 976m であり、施設数が 3 の場合、平均距離は 833m である。

幹線道路を指定して安全性ルールを適用した場合の配置では、対象地域の端に施設が立地する傾向がみられる。パターン 1, 3, 5 はその典型的な例である。

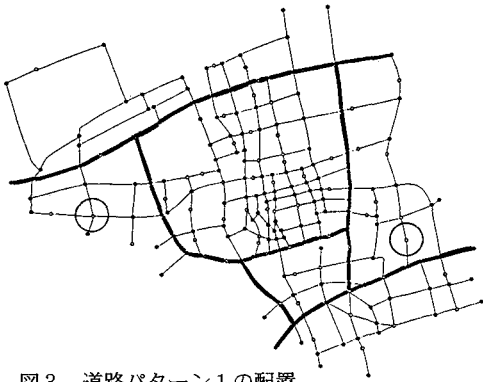


図3. 道路パターン1の配置

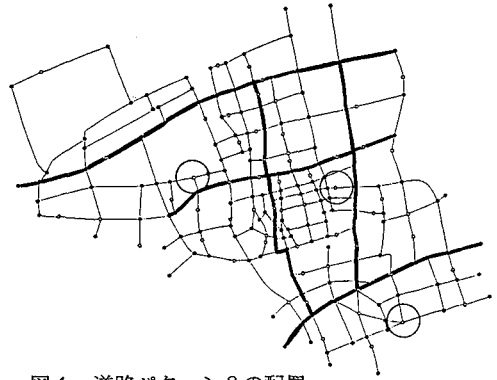


図4. 道路パターン2の配置

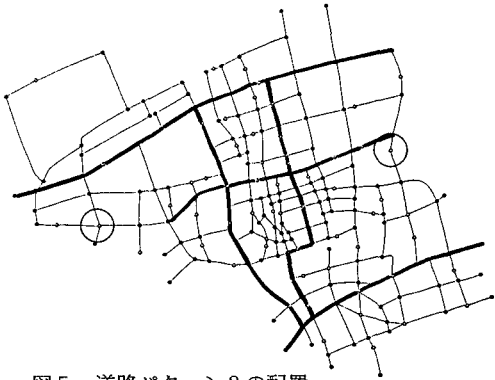


図5. 道路パターン3の配置

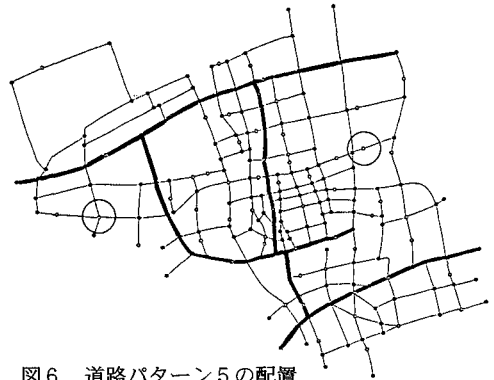


図6. 道路パターン5の配置

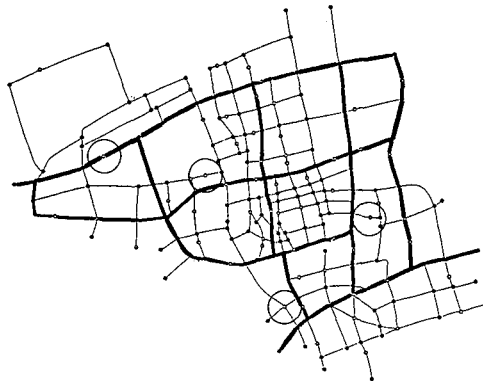


図7. 道路パターン6の配置

凡 例

- 最小の許容距離によって配置した場合の立地点
- ◎ セントロイド
- 幹線道路

パターン	施設数	平均距離 (実距離)	交差点を横断する確率(%)	最大距離 (実距離)
1	2	1419	87.8	2658
2	3	898	50.2	1744
3	2	1495	56.3	2658
4	2	1176	56.3	2217
5	2	1356	48.9	2453
6	4	889	77.2	2807

表1. 各パターンにおいて許容距離を変化させる前後の距離や横断回数の関係

パターン1では、ほとんどのセントロイドが含まれる大きな環状型の道路の中に施設がなく、施設は対象地域の端に位置している。このためほとんどの人口が幹線道路を横断しなければならない。

これに対して、パターン3、5では、パターン1と同じように施設立地点は端にあるが、道路パターンは中心に集まった形あるいは西に偏った形となっている。このため人口の約半数は道路を横断しなくてもよい。しかしながらこれらのパターンではいずれも平均移動距離が大きい。

パターン2の道路パターンはパターン1、5に比べて、幹線道路がごぼん目のように走っている。このとき施設数は最小限3カ所必要となる。つまり対象地域の中を幹線道路が均等に張り巡らされているために、幹線道路を横断する確率が高くなるのである。その結果立地候補点が限られてくるために、施設数が増えたと考えられる。

パターン6は幹線道路が一番多い道路パターンである。施設数も最も多く4カ所となる。施設は比較的对象地域内に均等に配置されている。しかしながらカバリングの状況を比較したところ、一番北に位置する立地点3はそのセントロイド3自身しかカバーしていない。このように幹線道路が多くなると、かえって効率が悪くなる可能性が大きいのである。パターン2と6は施設数が他のパターンよりも多いために、平均距離は少なくなっている。

(3) P-Median問題との比較

LSCPによる配置では、施設は対象地域の端に立地しており、利用者の平均距離は大きくなる。そこで全人口の総移動距離を最小化する目的を持つP-Median問題⁶⁾を用いて、効率性を追求した解を求めてみることにした。

図8にP-Median問題による配置を示す。

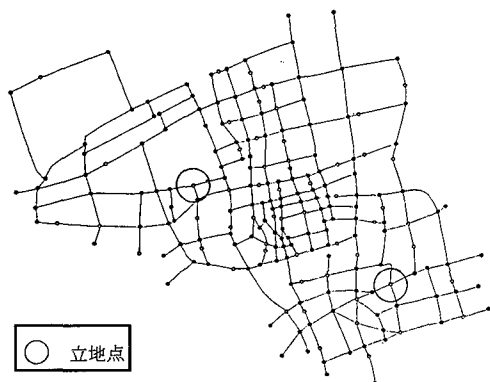


図8. P-Median問題による施設配置

P-Median問題による配置はどの道路パターンの場合も同じ結果であった。これは算算の都合上立地候補点が13と非常に少なくなってしまったため、微妙な変化を見ることができなくなってしまったためである。

配置を見ると、LSCPよりも中心に寄って立地していることが分かる。このとき各道路パターンで、交差点を2回以上横断しなければならないセントロイドがどのくらい出てくるかを調べてみると、3~10%の割合であった。危険な交差点を何度も渡らねばならないことは、高齢者にとって負担が大きいことではあるが、その割合は必ずしも大きくなく、このような高齢者に対しては送迎サービスを提供することも考えられる。効率性を重視する場合には、この結果も参考にすべきであろう。

7. 結論

LSCPでは道路網がごぼん目のように対象地域内に均等に分布している場合、施設数が増え、交差点を横断する割合は高くなる。逆にパターン5のように幹線道路が偏って分布する方が、移動距離も横断する割合も低くなるが、施設立地点が偏ってしまうために移動距離は長くなる。いくつかの評価指標でのトレードオフが見られるので、現時点ではどのパターンが最もよいかを断定することはできない。

本研究では歩行者・自転車利用者のみを考えたが、今後は自動車にとっての道路網評価も加え、両者の立場からみた道路網評価も行いたいと考えている。

参考文献

- 1) C.A. ベリー著、倉田和四生訳：近隣住区論、鹿島出版会、1976年
- 2) Buchanan C., Traffic in Towns, Report of the Steering Group and Working Group appointed by the Minister of Transport, London, 1963
- 3) Derek R Diamond, Success and Failure in British Town Planning : Lessons for the Future, Comprehensive Urban Studies No.55, P.213-223, 1995
- 4) 竹内伝史, 住区内外路整備計画の評価方法と評価式の開発, 土木計画学研究・講演No.13, P.795-800, 1990年11月
- 5) Charles Reville, Urban Public Facility Location, Edwin S. Mills Edited, Hand Book of Regional and Urban Economics, volume 2 Urban Economics, PP.1053-1070, 1987
- 6) 山下久美子, 種々の配置計画モデルによる高齢者福祉施設配置計画の評価, 第51回学術講演会, 1996年9月