

歩行者の自動車道路横断を考慮した道路網の評価*

Road Network Evaluation Considering Pedestrian's road Crossings*

池之 宏暢** 柏谷 増男*** 朝倉 康夫****

by Hironobu Ikeno, Masao Kashiwadani, Yasuo Asakura

1. はじめに

都市内の道路網には、自動車が円滑に走行できると共に歩行者や自転車利用者（以下では単に歩行者と総称する）にとって、安全なことが望まれる。この2つの目標はおおまかにはトレードオフの関係を持つが、大量あるいは高速の自動車走行が歩行者を脅かす関係もあり、計画問題としての定式化は容易ではない。本研究では、与えられた道路網のもとで幹線道路の自動車交通状態を推定し、次に歩行者から見た幹線道路横断の危険さを評価することにより、道路網の複合的な評価を試みる。

2. 研究の進め方

(1) 道路網

本研究の道路網は、主要道路網と歩行者道路網から成り立っている。自動車は主要道路網上に発生集中のセントロイドを持ち、主要道路上を自由に走る。主要道路は、広域幹線道路と都市内幹線道路、補助幹線道路の3つに分けられる。本研究では、主要道路網の形自体は固定とし、どのリンクを上記の3種類の幹線道路に指定するかによって道路網の代替案が定められる。

歩行者道路網は主要道路の両端（ダブルリンクで表される）と地区内歩行者道路とで構成され、歩行者交通は歩行者道路網上に発生、集中のセントロイドを持つ。歩行者道路が主要道路を横断するときには図1に示す交差リンクを用いて表現する。なお、各道路網の距離に道路中心線上で測定すると仮定しているの、交差リンクは距離を持たない。

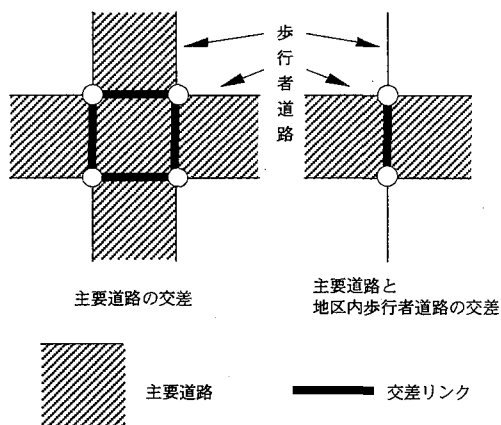


図1 交差リンクの形態

(2) 自動車交通の配分と危険度の設定

自動車ODは与えられているとし、定められた道路網の上でBPR関数を用いた通常の交通量配分計算によって、各リンク上の交通量と速度が計算される。自動車道路横断の危険の度合いについては、交通量よりも速度が重視されと考え、単純に運動エネルギーと同様な尺度、つまり速度の2乗と交通量の積で表されると仮定した。各主要道路リンク l の交通量を q_l (台/日)、速度を v_l (km/h)とすると、リンク l を横断する時の危険度指標値 Q_l は次式で表される。

$$Q_l = q_l v_l^2 \quad (1)$$

(3) 歩行者の経路

歩行者として高齢者施設の利用者を想定し、歩行者交通は歩行者道路網上の居住ゾーンのセントロイドで発生し、歩行者が利用する施設が交通集中点となる。筆者らの従来の調査にもとづき、歩行者は最短距離を移動するものとする。施設立地候補点も歩行者道路網上のセントロイドにおかれ、居住ゾーン i から施設 j ま

*keywords 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 愛媛大学大学院博士前期課程土木海洋工学専攻
(〒790 松山市文京町, TEL089-927-9825, FAX089-927-9843)

***フェロー, 工博, 愛媛大学工学部環境建設工学科(同上)

****正会員, 工博, 愛媛大学工学部環境建設工学科(同上)

での物理的な距離 d_{ij} は、歩行者道路網での i と j との最短経路の距離である。また、各最短経路 $i-j$ 間での主要道路横断を調べ、各経路に対応する危険度 Z_{ij} を次式のように定義した。

$$Z_{ij} = \sum_{i \in H_{ij}} Q_i \quad (2)$$

ここで、 H_{ij} は $i-j$ 間の最短経路に含まれている主要道路網リンクの集合である。施設の立地点によって歩行者のOD交通量従って横断危険の状況が決まってくるため、施設の立地点は次に示す施設配置問題を解いて決められるものとする。

(4) 施設配置問題

立地施設数を固定した時、道路横断の危険が最も少ない配置案が望まれる。この問題はP-メディアン問題での定式化に適しているが¹⁾、高齢者施設では利用者の公平性に重点を置くべきこと、及び変数の数を制約することのため、ここでは以下のような許容危険度 P の値をパラメータとするロケーションセット問題群 LSC(P)を用いる。

いま、行政主体が、高齢者にとっての施設利用のための最大許容距離と最大許容危険度を設定し、そのもとで効率的に施設を配置する問題を考える。施設数を増やせば最大許容距離と最大許容危険度を満たすことは容易なので、目的関数は必要施設数の最小化となる。

$$\min Y = \sum_{j=1}^n X_j \quad (3)$$

$$\text{subject to} \quad \sum_{j \in N_i} X_j \geq 1 \quad (4)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

$$X_j = (0, 1) \quad (5)$$

$$j = 1, 2, \dots, n$$

$$N_i: \{j \mid d_{ij} \leq S \text{ and } Z_{ij} \leq P\} \quad (6)$$

ここで、 n はセントロイドの総数である。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 より小さく、その経路上の危険度 Z_{ij} が許容危険度 P より小さいような立地候補点 j の集合である。式(4)は、

各セントロイドから行ける施設は必ず1つ以上であるという制約式である。外生変数は、 d_{ij} 、 S 、 P であり、決定変数は X_j である。なお、 X_j は0-1変数で、変数の数は n 個となる。

(5) 横断危険度の評価

最大許容距離 S を固定し、最大許容危険度 P の変化に着目する。主要道路網代替案 k 、 $P = p$ のもとでの LSC(P) の目的関数値を $Y(p, k)$ とする。外生的に与えた施設数 m のもとで考えられる最小の許容値 $P^*(k, m)$ を次式で求める。

$$P^*(k, m) = \min \{p \mid Y(p, k) = m\} \quad (7)$$

3. 実路道路網での適用

(1) 対象地域

人口6万人の地方都市である愛媛県西条市の道路網を対象にこれまで述べた方法を適用する。図2は、本研究で用いる4つの主要道路網代替案である。図2に示す太線、中線と細線は、それぞれ広域幹線道路、都市内幹線道路と補助幹線道路を表している。プラン1は、都市内幹線道路を3本設置している。プラン2は、プラン1同様3本設置しているが、各路線の位置はプラン1より中心に接近している。プラン3は都市内幹線道路が2本しかなく、プラン4では5本設置する。自動車交通の発生集中のゾーンは42、市内に42ある。また、他市からの交通を集約した境界ノードが8で、併せて50のセントロイドから成り立っている。

(2) 交通量配分

配分計算に用いるリンクの容量と自由走行速度を表1に示すように各幹線道路別に設定する。なお、交通容量は車線幅員、歩行者の混入により大きく影響を受けるが、今回の配分ではこれらは考慮せずに行った。

各道路網プランについて、配分結果の評価値(総走行時間、総トリップ長、平均速度、平均混雑度)を表2を示す。都市内幹線道路が多いければ多いほど、平均速度、混雑率は良い値を得ている。

各リンクについて危険度の値を計算した。リンクの危険度の最大値は、ほぼ3千万(km/h)²(台/日)であった。そこで、この値を簡略して危険度30と表すこと

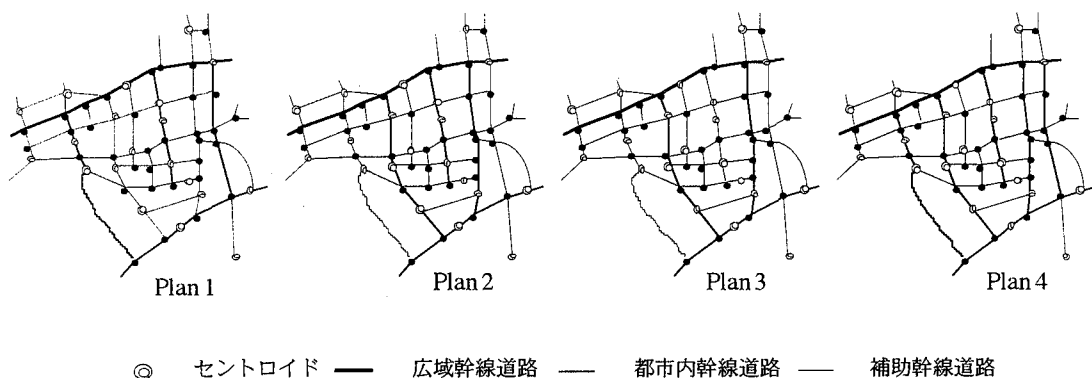


図2 主要道路網代替プラン

にする。図3にプラン2の場合の市内中心部主要道路網上での危険度の分布を表す。危険度の値が15以上のリンクは、広域幹線道路か都市内幹線道路に限られている。

表1 各幹線道路での設定条件

	車線数	リンク容量 (台/日)	走行速度 (km/h)
広域幹線道路	4	28000	60
都市内幹線道路	4	28000	50
補助幹線道路	2	12000	30

(3) L.S.C. (P) の結果

歩行者の横断危険度から見た道路網の評価を中心市街地を対象として行った。歩行者道路ネットワークは、セントロイド数が59、交差リンク数243を含んだ

リンク数731で成り立っている。高齢者が徒歩で楽に移動できる距離は約750mと言われており、自転車を使用したとしても2000mが限界であることから、本研究では最大許容距離Sの値を1500と固定した。許容危険度Pの値については、まず10から100まで5刻みで変動させて大まかな検討を行った後、施設数mの値を定め、 $P^*(k, m)$ の値を計算することにした。

表3は許容危険度Pを10から100まで5刻みで変化させた時の必要施設数を示したものである。ただし、許容危険度60以降必要施設数が変化しないために、表は許容危険度60まで表している。表より、必要とする施設数は、プラン3が最も少なく、プラン4が最も多い。明らかに都市内幹線道路の本数の相違が平均自動車速度の相違に影響した結果と言える。

表2 自動車走行から見た各プランの評価値

	総走行時間 (分)	総トリップ長 (km)	平均速度(km/h)	平均混雑度
代替案1	1553221.0	892063.3	33.16	0.388
代替案2	1536382.0	886271.9	33.63	0.386
代替案3	1536768.0	885530.9	32.89	0.392
代替案4	1515466.0	885708.1	35.24	0.376

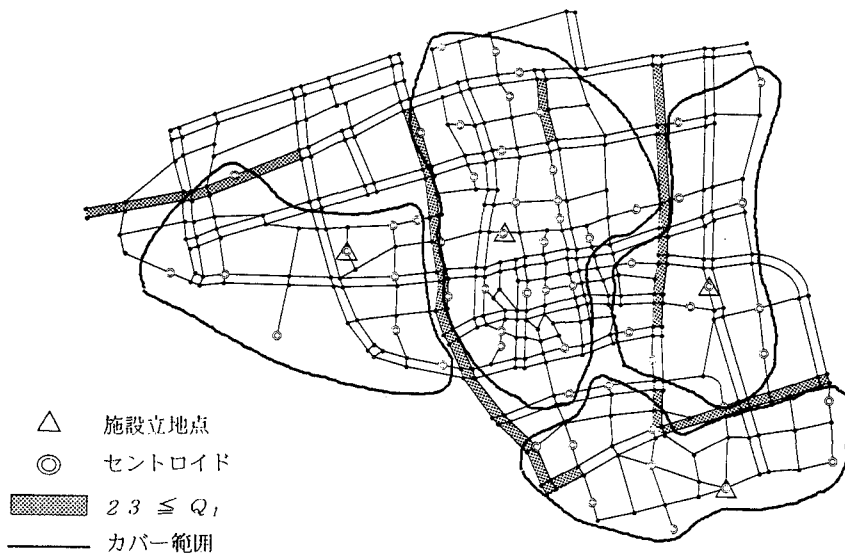


図3 プラン2 S=1500 P=23の場合の計算結果

表3の結果及び西条市の現在の高齢者施設の数 considering して、道路網評価に用いる施設数 m を4と定めた。つぎに $P^*(k, 4)$ の値を計算するため、 P の値を20から30まで1刻みに変動させ計算した。その結果を表4に示す。表より、プラン2での値 $P^*(2, 4)$ が23で最も小さく、プラン3、4での値が24でこれに続き、プラン1での値が28で最も大きい。この結果は、幹線道路の本数には必ずしも左右されていない。プラン1と4を比較した場合、プラン4はプラン1よりも2本も多い5本の都市内幹線道路にも関わらず、横断の危険が少ない。図3は、プラン2での許容危険度23の場合の施設配置を示している。許容危険度が23であるので、都市内幹線道路のうち、かなりのリンクを横断できなく、これらが $LSC(P)$ の制約条件となっていることが分かる。このように、横断の危険は都市内幹線道路の本数ではなく、都市内幹線道路の位置、場所によって決まると考えられ、このネットワー

クでは都市内幹線道路をある程度中心に接近して設置した方が良いと思われる。

4. まとめ

本研究では、歩行者の自動車道路横断危険度に着目した道路網の評価方法を提案した。西条市での試算の結果、本研究で提案した指標値は、幹線道路の量が多いことに必ずしも連動してはなく、道路網の形態に依存していることが示唆された。今後、この点についてより詳細な検討を加えたい。また、自動車走行評価を加えた総合評価も今後の課題である。

参考文献

- 1) 山下久美子, 柏谷増男, 朝倉康夫: 徒歩・自転車利用者施設のと市内道路網上での配置. 土木計画学研究・論文集, PP.461-464, 1996

表3 許容危険度と施設数

Plan	P											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
1	8	7	7	7	5	4	4	4	4	4	3	3
2	8	7	7	6	4	4	4	4	4	3	3	3
3	8	6	6	6	4	4	3	3	3	3	3	3
4	10	9	9	7	4	4	4	4	4	4	4	3

表4 許容危険度20～30での施設数

	P											
Plan	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	7	6	6	6	5	5	5	5	4	4	4	
2	6	6	6	4	4	4	4	4	4	4	4	
3	6	6	6	5	4	4	4	4	4	4	4	
4	7	6	5	5	4	4	4	4	4	4	4	