

防災性を考慮した街路網構成に関する研究 Formation of Street Network Functioned During Times of Disasters

塚口博司*、李燕**、吉野崇***、田中正浩****

Hiroshi TSUKAGUCHI, Yan LI,

Takashi YOSHINO, Masahiro TANAKA

A considerable number of streets could not be used to traffic by the collapse of adjacent buildings during the Great Hanshin-Awaji Earthquake and provision of thoroughfares which would function adequately during times of disaster, is essential to disaster-resilient city planning. This study is a basic consideration to propose a street network of chu-gairo (precinct and local distributor) which would function during times of disaster, from a view point of decreasing nodes which would be isolated from surrounding arterial streets at those periods.

1. 研究の目的

阪神・淡路大震災の発災直後においては、街路が閉塞し自動車によってアクセスできなかったり、アクセスが非常に困難なエリアが存在していた。これが迅速な救助や救援活動に支障を与えたものと思われる。

さて、通常、地区における街路網構成を考えるに当たっては、土地区画整理事業の実施地区のように比較的街路ストックが多い場合と、スプロール地区のように街路ストックが少ない場合とに分けて考えることが多い。前者における主要な計画課題が既存の街路ストックを前提として、通過交通の削減等を目指した交通管理面に重点が置かれるのに対して、後者では新たな街路空間整備を行いつつ、交通環境の改善を図る必要があるからである。筆者らは、前者に関する街路網構成論を街路空間有効利用

型構成論、後者に関するものを街路空間未整備地区型構成論と呼んでいる¹⁾。街路空間未整備地区型構成論においては、街路網を整備していく際の考え方として、地区の骨格となる「中街路」の必要性を指摘してきた。一方、前者に関しては、特に新たな街路空間の創出を念頭に置いた街路整備を検討してはなかった。しかしながら、阪神・淡路大震災によって大きな被害を受けた地区は現在の市街地整備の諸基準からみて必ずしも街路ストックが不足していた地区とは言えず、比較的街路ストックがあると思われる地区においても被害が発生しており、地区における街路網整備のあり方について見直すことが必要となっている。すなわち、地区に骨格をつくるという考え方は、現時点において一定限の街路ストックがあると思われる地区に対しても、有用なわけである。そこで、本論では、阪神・淡路大震災における街路被害状況の分析結果に基づいて、比較的街路ストックが多い地区ならびにスプロール地区のように街路ストックが少ない地区を対象として、震災時であっても機能する可能性の高い街路網について検討することにした。

2. 地区の骨格をつくる中街路

阪神・淡路大震災における道路機能障害に関す

キーワード：街路閉塞、街路網構成、中街路

* 正員、工博、立命館大学理工学部（草津市野路東1-1、Tel: 0775-61-2735、Fax: 0775-61-2667）

** 正員、工博、福山コンサルタント(株)本社調査部（北九州市小倉区片野新町1-11-4 Tel: 093-931-3101 Fax: 093-935-1282）

*** 住宅・都市整備公団

**** 国際航業（株）

るこれまでの研究から、1) 建物の被害が最も大きかった地区においては、12m以上の幅員を有する街路はほぼ自動車通行に問題はないが、8m以下の街路は自動車通行ができないことがかなり多く²⁾、また、2) 建物被害がやや小さい地区においては、8m程度の幅員の街路であれば自動車通行が可能な場合が多かったこと等が明らかとなっている³⁾。したがって、沿道利用を考慮しつつ、すべての街路をこのような規格で整備しておけば、防災性が大幅に向上することは明らかである。しかしながら、地区街路の量は膨大であり、これをすべて上記の水準で整備することは事実上不可能であろう。したがって、災害に強い地区街路網整備を行う際には、災害時であっても閉塞する危険性が小さい上記規格の街路を必要最小限で整備し、これをネットワークの中核として、災害時であっても自動車でアクセスできない区域を生じさせない程度の整備を行うことが今後の街路網整備の一つの目安となると考えられる。

筆者らは、スプロール地区において、緊急車両の通行可能性の視点等から中街路の必要量について提案してきた^{4) 5)}。そこで、本論では筆者らの既往の研究を発展させて、阪神・淡路大震災における街路被害状況の分析に基づいて、街路ストックが比較的多い地区(神戸市灘区の六甲地区)を対象として災害時であっても孤立した区域をできるだけ少なくする中街路網整備について検討するとともに、街路ストックが少ない地区(門真市の石原・大倉地区、四条畷市の清滝地区)に対しても、若干の検討を行うことにした。

3. 分析方法

上記のような観点から今後の地区街路網整備のあり方を示すためには、既存街路ストック、街路網形態、沿道利用等の種々の特性をもつ市街地において街路の通行可能性に関する分析を行い、防災性の高い街路網整備水準について検討することが必要であろう。そこで、以下の手順で検討を進めることとする。

- a) 阪神・淡路大震災における街路機能傷害に関する分析に基づいて街路被害に関係する要因を明

らかにし、街路閉塞状況のモデル化を行う。

- b) 自動車によってアクセスできない、あるいは徒歩によってさえもアクセスできない区域等の存在を明示する適切な指標を構築する。
c) 種々の特性を有する地区において街路網代替案を作成し、これに対して、通行可能性等に関するシミュレーションを実施する。これに基づいて、各代替案に対して、防災性ならびに交通管理等の視点からみた評価を行う。
e) 以上の分析から、望ましい地区街路網整備水準(中街路を中心とした街路網整備水準)に関する提案を行う。

なお以上は、本研究の最終目的であり、このような検討を行うには、多様な地区を取り上げて比較・分析を行わなければならない。本論では、その端緒として、阪神・淡路大震災において大きな被害を受けた地区の中から1地区を取り上げるとともに、大阪府下のスプロール地区ならびに今後スプロールの開発の恐れのある地区を対象として、分析を行うこととした。

上記のb)の指標に関しては、種々のものが考えられるが、ここでは、図-1の流れで求めた幹線道路から自動車によって到達できない孤立ノード率を

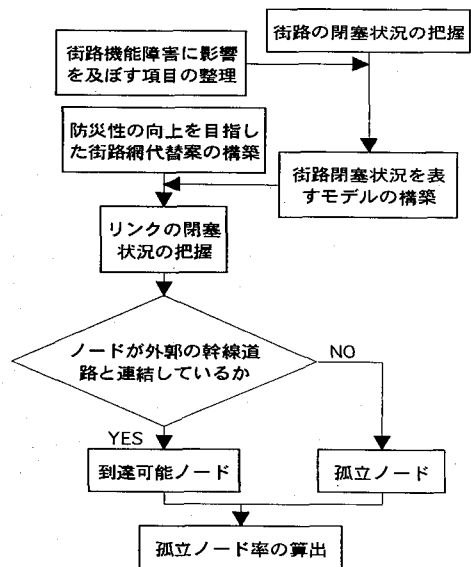


図-1 孤立ノード率の算出フロー

用いることにした。

4. 街路閉塞状況のモデル化

筆者らは神戸市灘区の六甲地区を対象として街路網の機能障害について分析してきた⁶⁾。なお、街路閉塞状況に関しては、本論文集掲載の「塚口他、阪神・淡路大震災における道路閉塞状況に関する研究」を参照されたい。本論では、上記の地区に含まれるJR六甲駅を中心とする幹線道路で囲まれた地区を取り上げることにした(図-2、図-3参照)。

筆者らは従来から研究対象としていた六甲地区において、街路閉塞状況に関する数量化理論II類モデルを作成している⁶⁾。このモデルでは説明変数は、個別に分析した結果を考慮して、街路幅員、木造建物延長率、歩道の有無、街路樹の有無、および震度とした。ここで、木造建物延長率とは、それぞれのリンクごとに木造建物が面する延長の割合(街路の両側を別々に考えるから実際のリンク長の2倍で除している)を表している。外的基準は、1) ほぼ平常どおりの状態で車両の通行が可能、2) 一部被害があるが、車両は通行可能、3) 車両の通行は不可能だが、歩行者は通行可能、4) 通行不能の4段階である。

しかしながら、このモデルは要因分析を主たる目的として作成したものであり、カテゴリースコアに大きな矛盾はないものの、スコアに若干の逆転が生じている。そこで、本稿では新たに判別モデルを作成した。外的基準は同一であるが、説明変数は上記の理由から街路幅員、木造家屋延長率、ならびに街路樹の有無に限定した。なお、本対象地区における震度はすべて7であったので、震度は説明変数から除いた。このようにして

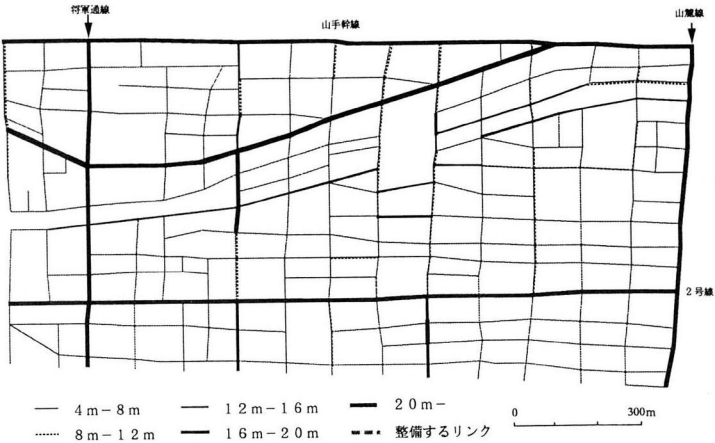


図-2 対象地区の幅員別街路状況

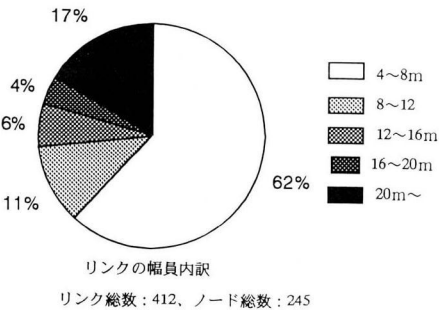
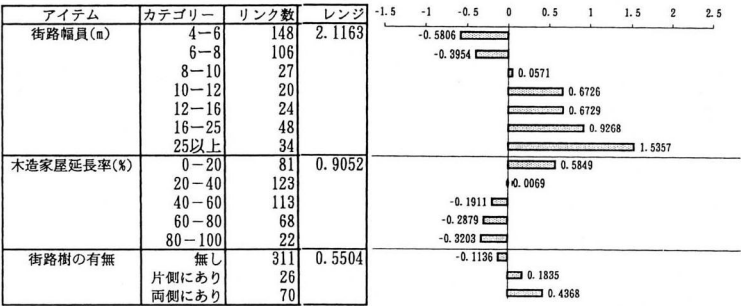


図-3 本稿で対象とした六甲地区の幅員構成



外的基準 1: 平常通り 2: 部分通行可 3: 歩行者のみ可 4: 通行不可
相関比: 0.49

図-4 街路閉塞に関する数量化理論II類モデル

表-1 図-4のモデルの再現性

4段階で判別する場合

モデル	平常通り	部分通行可	歩行のみ可	通行不可	計 割合
現状					
平常通り	71 76.3%	14 15.1%	1 1.1%	7 7.5%	93 100%
部分通行可	35 23.8%	47 32.0%	14 9.5%	51 34.7%	147 100%
歩行のみ可	0 0%	9 12.1%	11 14.9%	54 73.0%	74 100%
通行不可	0 0%	8 8.8%	10 10.7%	75 80.7%	93 100%

2段階で判別する場合

モデル	通行可	通行不可	計 割合
現状			
通行可	167 69.8%	73 30.4%	240 100%
通行不可	17 10.2%	150 89.8%	167 100%

求めた数量化理論II類モデルは図-4に示すとおりであり、その再現性は表-1に示されている。4段階に区分した場合の的中率は全体で50.1%であり、再現性は高いとは言えないが、自動車による通行可と通行不可の2段階で判別する場合には、的中率が79.7%となること、誤判別が安全側に生じていることから、少なくとも2段階判別を行う場合には、図-4のモデルはおおむね使用に耐えたと判断した。

さて、六甲地区における街路閉塞状況に関する分析に基づいて作成したモデルを他地区に適用する際には、地域移転性について慎重に検討しなければならないことは言うまでもないが、街路幅員と木造建物延長率とは、街路閉塞に一般的に関係する要因であると考えることができよう。そこで、本稿ではこの2指標を取り上げて作成したモデルをスプロール地区ならびに今後スプロールの恐れのある地区に適用することにした。この場合には線形判別関数モデルを作成し、その結果を表-2に、本モデルの再現性を表-3に示す。通行不可に関しては良好な結果となっているが、空中写真によって通行可と判定されたケースについては的中率がかなり低くなっている。ただし、この場合にも誤判別は安全側に生じていることから、5.

(2)では、本モデルを用いて街路網構成について検討することにした。

表-2 街路閉塞に関する線形判別モデル

説明変数	判別係数	標準化判別係数
街路幅員	0.1601	0.9426
木造家屋延長率	-0.0089	-0.2274
constant	-1.0595	-----

外的基準	スコア平均	相関比
車両通行可能	0.5406	0.47
車両通行不可能	-0.5421	

表-3 表-2のモデルの再現性

		モデルによる判別	
		車両通行可	車両通行不可
空中写真	車両通行可	174 (49.6)	177 (50.4)
	車両通行不可	24 (6.9)	326 (93.1)

5. 街路網代替案の作成と評価

(1) 六甲地区

中街路は交通機能だけから提案されたものではなく、当該街路網が存在することによって、他の細街路が一定限の水準に形成されるという誘導機能をも期待している。このため、中街路の規格として定まったものはないが、筆者らはスプロール地区において中街路を検討する場合に、8~12m程度の幅員を有する街路と考えてきた。そして、そのような街路の必要量として、防災面から見た場合、200~250m程度の間隔で整備すべきことを提案してきた^{4) 5)}。この値は、日常的な生活場面において緊急車の通行可否の検討から求めたものである。

先に述べた阪神・淡路大震災における街路閉塞状況に関する知見を考慮した場合においても、上記のような街路幅員ならびに整備間隔を念頭に置いて検討していけば特に問題はないと思われる。

本稿では、まず中街路の幅員を12mとし、このような中街路を200mならびに300m程度の間隔で整備する場合について考えるとともに、街路幅員は8mとするが、沿道建物の堅牢化を図る方向でも検討することとした。検討対象とした街路網は、上記の観点を踏まえて作成した、以下示す7つの代替案に

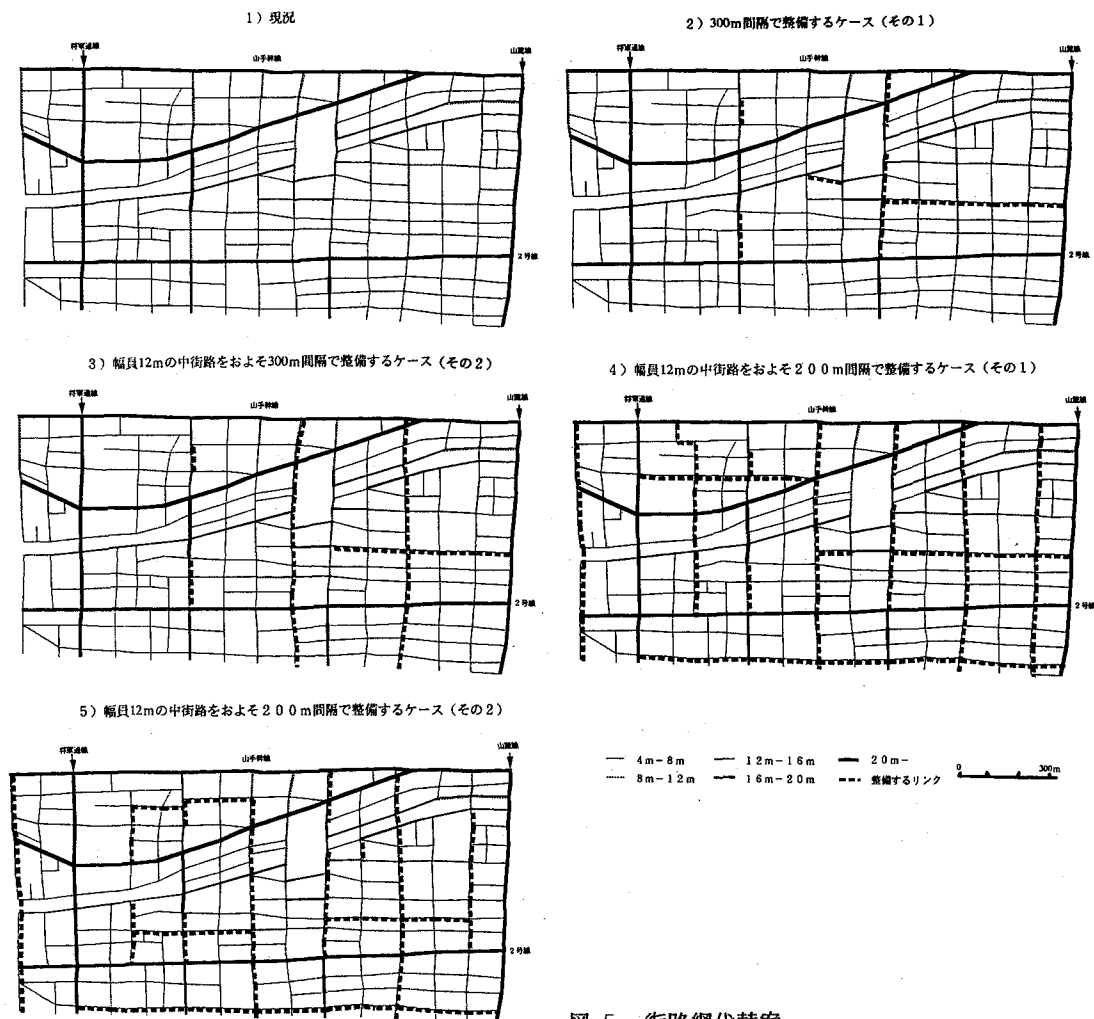


図-5 街路網代替案

現状街路網を加えた8ケースである。それぞれの街路網は図-5に示すとおりである。

- 1) 現況街路網
- 2) 幅員12mの中街路を約300m間隔で整備するケース（その1）であり、現況街路網の幅員構成を考慮して作成したもの。
- 3) 幅員12mの中街路を約300m間隔で整備するケース（その2）であり、現況街路網にあまり拘束されず、等間隔の街路整備を重視したもの。
- 4) 幅員12mの中街路を約200m間隔で整備するケース（その1）であり、格子状の街路網を基

本としたもの。

- 5) 幅員12mの中街路をおよそ200m間隔で整備するケース（その2）であるが、ケース4）と異なり、当該地区への通過交通の流入を抑制する街路網としたもの。
- 6) 街路網形態は5）のケースと同様であるが、幅員8mの中街路を整備するケース（以下の2案の比較ケースとするために作成）
- 7) 街路網形態は5）のケースと同様であるが、幅員8mの中街路を整備し、かつ木造家屋延長率を20%以下にするケース。
- 8) 街路網形態は5）のケースと同様であるが、幅

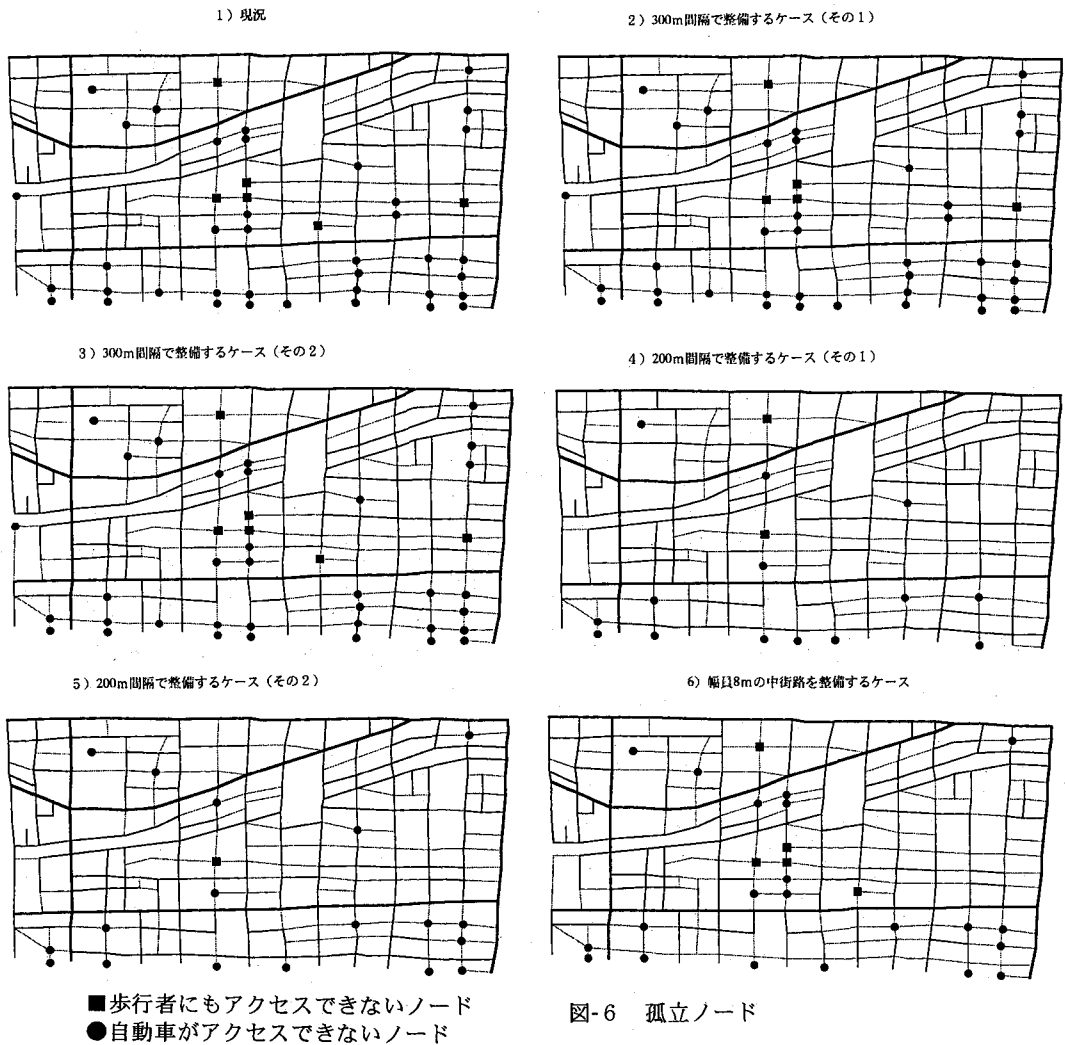


図-6 孤立ノード

員8mの中街路を整備し、かつ木造家屋延長率を40%以下にするケース。

以上の8ケースに関する分析結果を図-6に示し、それぞれのケースの孤立ノード率を図-7に示す。200m間隔の整備と300m間隔の整備の差が非常に大きいことが明らかである。また、ここで検討対象とした各街路網代替案の作成に当たっては、実現性の視点から、既存の街路網において比較的幅員の広い街路を中街路として採用していかざるを得ないから、たとえ中街路が200m間隔で整備されても孤立したノードが一部残っている。中街路として整備する区間以外は現状を変更していないから、結果

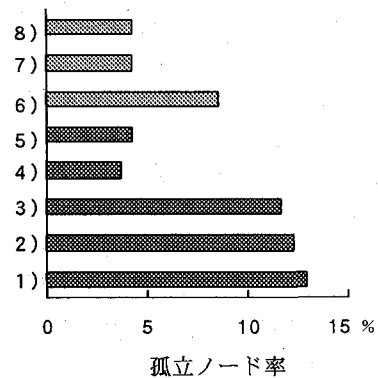


図-7 六甲地区における街路網代替案の検討結果

として12m以上の幅員の街路延長が200mあるいは300m間隔の整備よりもやや大きくなっている。なお、図-7に示す諸量は図-6に示した地区の内で、国道2号線、山手幹線、山麓線、將軍通線で囲まれた区域に関するものである。上記の検討結果から、直ちに震災時にも機能する街路網の構成について提案することはできないが、自動車によって直接にアクセスできないノード（したがって、近似的には自動車によって直接アクセスできないエリア）を数%程度の押さえるには、12m幅員程度の中街路をおおむね200m間隔で整備すること、あるいは8m程度の中街路を200m程度に整備し、同時に建物の堅牢化を図ることが有効であると考えられる。

(2)石原・大倉地区および清滝地区

石原・大倉地区はスプロールがほぼ終了した密集市街地であり、清滝地区は今後スプロール化の恐れのある地区である。両地区に対しては、次のような考え方で代替案を作成した。まず、中街路の間隔はおおむね250mとした。中街路の幅員は密集市街地である石原・大倉地区（現状ではほとんどの街路が4m程度）の場合には8mとした。今後スプロールの進行の恐れのある清滝地区の場合には、12m幅員を基本とするが、一部で8m幅員とした。木造家屋延長率は両地区の現状値がそれぞれ35.1%、19.7%であることを考慮し、清滝の現状値に近い20%以下に設定した。孤立ノードの算出結果を図-8ならびに表-3に示す。両地区とも、孤立ノード率があまり減少していないことがわかる。なお、スプロール地区においては、大災害時であってもすべての地点に自動車が直接アクセスできるという整備水準は、やや達成困難とも思われるので、ここでは、6m以上の幅員の街路から2ノード以内で到達できないノードは非常にアクセスしにくいと考え、これを非依存ノードと呼んで区別することにする。非依存ノード率をみると、スプロールの初期段階にある清滝地区にお

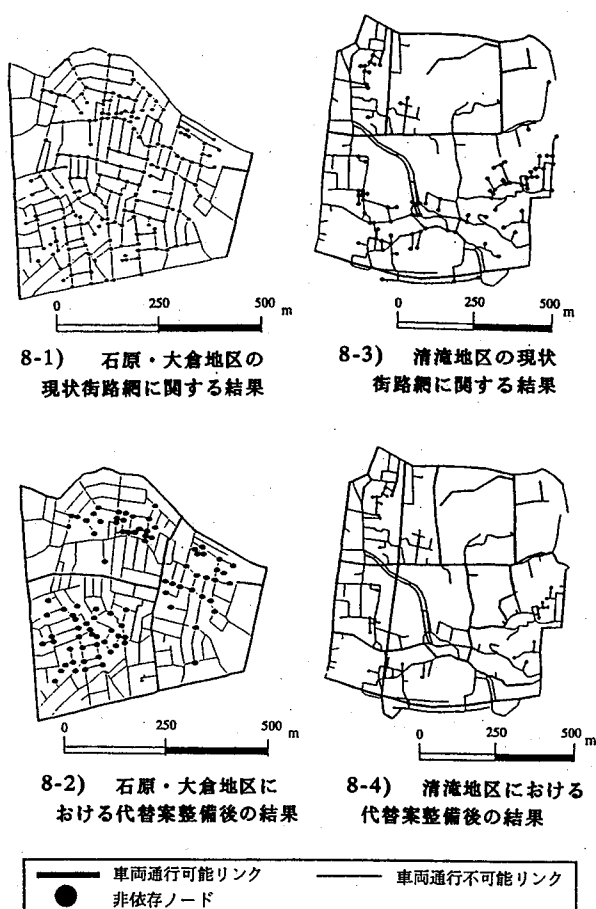


図-8 スプロール地区における孤立ノードの状況

表-3 スプロール地区における検討結果

		到達不能 ノード率 (%)	非依存 ノード率 (%)	非依存ノードから 到達可能ノード までの平均距離 (m)
清滝地区	現状	81.6	43.0	240.2
	代替案	66.7	15.6	194.4
石原 ・大倉地区	現状	94.0	80.0	245.5
	代替案	78.2	36.1	116.5

いては、代替案による改善効果はかなり大きいことがわかる。密集市街地である石原・大倉地区の場合にもかなり効果は大きい、依然として30数%がこのようなノードとして残っている。

本節における検討には、六甲地区における街路被害分析から得られたモデルを地区特性の異なる石

原・大倉地区ならびに清滝地区に適用していること、さらに本モデルは通行可能な街路を通行不可と誤判定する傾向を持っているから、厳密な議論はできないが、スプロール地区においては、200～300m程度の間隔で8～12m程度の中街路を整備しただけでは、自動車によって直接アクセスできない孤立ノードが大きくは減少することを期待はできないと言えることができよう。

6. まとめ

本稿においては、筆者らが街路空間有効利用型構成論と呼んでいる比較的街路ストックが多い地区における街路網計画においても、中街路を整備し、地区の骨格を確固としたものにする必要があるという視点から分析を行った。その結果、自動車によってアクセスできない区域を少なくする中街路整備の方向性について提案した。

次に、スプロール地区等の街路ストックが少ない地区においても同様の検討を行ったが、これらの地区では、大震災の直後に地区の任意の地点に自動車アクセスできるような街路網の整備は非常に困難であると言わざるを得ない。

したがって、種々の経緯を経て形成されてた市街地に対して、防災性に関する共通の基準を設けて街路整備を行うことはかなり難しいと考えられる。

このため、街路ストック等に関する地区の特性ならびに住民の意向に根ざした議論を充分に行い、街路整備計画において対象とする災害の規模、そしてそれに対応した適切な街路整備計画を立案していくための技術的知見ならびにその検討プロセスの構築が非常に重要となろう。

参考文献

- 1) 住区内街路研究会：人と車「折り合い」の道づくり、鹿島出版会、1989.
- 2) 塚口博司・戸谷哲男・中辻清恵：阪神・淡路大震災における道路閉塞状況に関する研究、IATSS Review, Vol.22, No.2, 1996.
- 3) 家田仁、上西周子、猪股隆行、鈴木忠徳：阪神大震災における街路機能障害に関する研究～航空写真による概況把握～、土木計画学研究・講演集、No.18, 1995.12.
- 4) 塚口博司：スプロール地区における街路網計画に関する一考察、日本都市計画学会学術研究論文集、No.29, 1991.
- 5) 塚口博司・佐野誠一：非計画市街地における街路網形態分析と中街路計画に関する研究、土木計画学研究・論文集、No.12, 1995.
- 6) 塚口博司、李燕、吉野崇：防災性を考慮した街路網構成に関する一考察、第2回 阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集、1997年.