

災害時における道路閉塞を考慮した 広域避難場所の設定

学生氏名：渡邊 修吾

指導教員：皆川 勝

東京都の防災計画では避難場所までの距離、有効面積等を考慮して避難場所の設定が行われている。しかし、実際の震災時には建物の倒壊等により道路が閉塞され移動距離が増加する事が考えられる。本研究では地域の道路特性が、避難場所までの移動距離に与える影響を分析し、震災時における移動距離を一つの指標として避難場所の設定を行うことの有効性を検討することを目的としたものである。

Key word : *block street, prevention of disasters, density of street, refuge place*

1.はじめに

兵庫県南部地震における道路の被害は甚大なものであった。その被害は幹線道路のみならず、地域のコミュニティ内においても道路への建物等の倒壊や段差の発生などにより相当数の道路が通行不能となり、避難や救助活動に影響を与えた。道路閉塞には地域の建物特性（木造、RC造等・年代・階層）と道路の幅員が大きく関係してくる。図-1に示す通り、幅員別の閉塞率を見ると、幅員4m未満の道路においては40%以上の区間において歩行者の通行さえできなくなっている。避難場所までの移動距離を調査した文献¹⁾によると、被害の大きかった東灘区においては表1に示す通り、道路内建物倒壊率が20%弱であるにもかかわらず

表-1 建物の道路内倒壊率¹⁾

	木造全数	道路内倒壊数	道路内倒壊率
中央区	249	19	0.08
灘区	241	63	0.26
東灘区	412	75	0.18
芦屋市	310	64	0.21
西宮市	413	46	0.11
計	1625	267	0.16

ず、通常時の避難経路と比較して震災時には2~2.5倍の距離を有した地区があったことが報告されている。

一般的に道路幅員が広がると建物等の倒壊物が道路を閉鎖して通行が不能になる可能性は低くなるが、一方で道路の幅員が狭い場合でも道路網が細かく、選択可能な道路が多数存在したため目的地に到達するまでの距離の増加は低く抑えられたという報告もなされている。複雑な道路網はネットワークの冗長性を向上させるといえる。

また避難場所の設定については避難場所の有効面積と避難場所までの距離を考慮して行われており定期的に見直しがなされている。しかし、避難場所までの距離に関しては震災時に避難場所までの移動距離が増加する事を考慮していない。

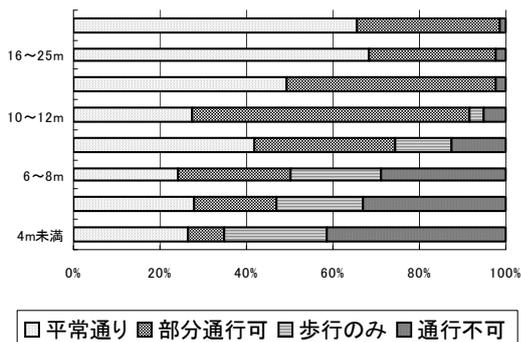


図-1 幅員別道路閉塞状況²⁾

以上の事から、本研究では地域の持つ道路特性として震災の際の避難場所までの距離増加を考慮した避難場所の設定を提案する事を目的とする。

2. 東京都の土地利用概要

2.1 用途地域

現在指定されている用途地域は平成8年5月に見直しを行ったもので、表-2に示す12種類の用途地域が指定されている。

平成8年の用途地域見直しでは業務商業施設の外延的拡大を抑制するよう第一種低層住居専用地域、第一種中高層住居専用地域及び第一種住居地域への移行の割合が高くなっている。住居系用途地域は商・工業系用途地域への移行に伴い、253.5ha減少している。商業系用途地域は住・工業用と地域からの移行に伴い、290.1ha増加している。工業用用途地域では、工場等の転出に伴い、共同住宅等に土地利用が転換された地区等で82.0haが住居用用途地域に移行したが、羽田沖合展開部等を新たに市街地化区域に編入し、工業系用途地域に指定したことにより883.5ha増加した。

表-2 土地利用の用途分類

用途地域
第1種低層住居地域
第2種低層住居地域
第1種中高層住居地域
第2種中高層住居地域
第1種住居地域
第2種住居地域
準居住地域
近隣商業地域
商業地域
準工業地域
工業地域
工業専用地域

2.2 道路特性

地区面積に対する道路面積：道路率
地区面積に対する道路総延長：線密度
とそれぞれ定義されている。道路率が同程度の地域でも線密度が大きいと複雑な道路網が形成されているといえる。それに対し線密度が小さいと、簡単な道路ネットワークが形成されているとされる。世田谷区における町丁目ごとの道路率と線密

度の分布を示したのが図-2である。これによると、分布にはばらつきがあり道路面積が広く線密度の高い地域があればその逆もある事がわかる。

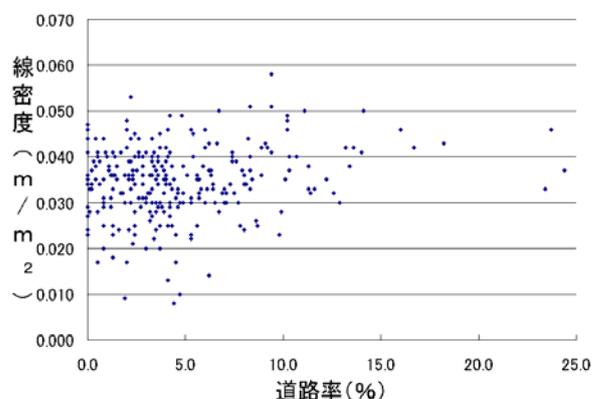


図-2 線密度と道路率の分布

2.3 避難場所

区部の避難場所は、主として、大震災時の市街地大火から都民の生命を守るため、あらかじめ安全な場所を確保するものであり、東京都都市計画局において安全性の検討を行い、東京都震災予防条例第37条に基づいて指定している。

多摩地域については、市街地大火の危険性が区部と比べ相対的に低いなどの理由から、区部と同様に指定する考え方はとっていないが、災害対策基本法第42条第2項第2号により、それぞれ独自に地域防災計画の中で避難場所を定めている。

候補地としての基準は、その敷地の短辺が300m以上、面積10万㎡以上の空地を目安とし、これ以下の場合は、周辺市街地の状況により安全な面積が確保できるか検討することとしている。この候補地には、一般的な「更地」のほか、緑地帯や公団住宅のような耐火建築群も含まれるが、内部に木造建築物が存在する場合、建ぺい率は2%以下が好ましく、木造建築が偏在して群を形成するときは、安全な面積から周囲50mを除いている。また、市街地の状況から、避難しなくても避難場所と同程度の安全を有する地区を地区内残留地区として指定している。

また、避難方式については以下の2つが定められている。

- ・ 一時集合場所に集合した後、避難場所へ避難（2段階避難）…避難場所に至る前に身近な小公園等に避難者が一時的に集合して集団を形成し、秩序正しい避難態勢を整える場所

として、区が事前に選定するもの。

・避難場所への直接避難

都における避難方式は、前記の2段階避難方式を基本とするが、避難の勧告や指示を行う時間的余裕がない場合や地域の実情や災害の状況により、避難場所への直接避難する場合もある。

3. サンプル地区選定の現状

3.1 土地利用についての調査

サンプル地区の選定にあたり世田谷区の土地利用についての調査を行った。土地利用に関してはその用途が都で指定されており、用途ごとに容積率の他建築規制がなされている。現在表-2に示す12の用途に分類されている。

東京都の整備方針として環状線七号線の内側については中高層住宅として整備するとある。渋谷区、杉並区に関しては環状線の内側は中高層住宅地域として利用されているが世田谷区は環状七号線の内側であっても低層住宅地域として利用されている地域が多い。

準工業地域が区内に5ヶ所指定されているがその規模は小さい。工業地域、工業専用地域がないのに加え商業地域においても工場の建設は可能であるが世田谷区内においては、広域の商業地域がないため大規模な工場はないといえる。容積率はごく一部で500%までと指定されている地域があるが、その地域を除いてほぼ全域で100~300%に指定されている。また、狛江市に隣接する多くの地域が100%までに指定されている。世田谷区のほとんどの地域は下記2つの用途に分類される。この事から大規模な建築物が多く建つ地域はかなり限られていると言える。

・第1種低層居住地域

公衆浴場、老人ホーム、診療所兼用住宅などに限って建築を許可。

・第1種中高層住居専用地域

住宅のほか学校、工場、ボーリング場、ホテル1500m²超または3階建て以上の事務所、店舗などの建築を禁止。

3.2 東京都における重点整備地域

平成7年、都は兵庫県南部地震を契機に、地域防災計画の修正を行い、その中で地震に強い都市づくりの一層の推進を図るため、防災都市づくり推進計画を策定することとした。これは、図-4に示すように「木造住宅密集地域整備プログラム」として、木造住宅密集地域における基礎的安全性

の確保とともに、良質な住宅の供給や良好な住環境の形成を図るための方策を示すものである。震災時に大きな被害が想定される地域として設定した25の重点整備地域について、整備の基本的考え方とともに各地域ごとの整備方針を示している。更に重点整備地域の中から緊急に整備を進めるべき地区として選定した11の重点地区の計画方針について述べている。

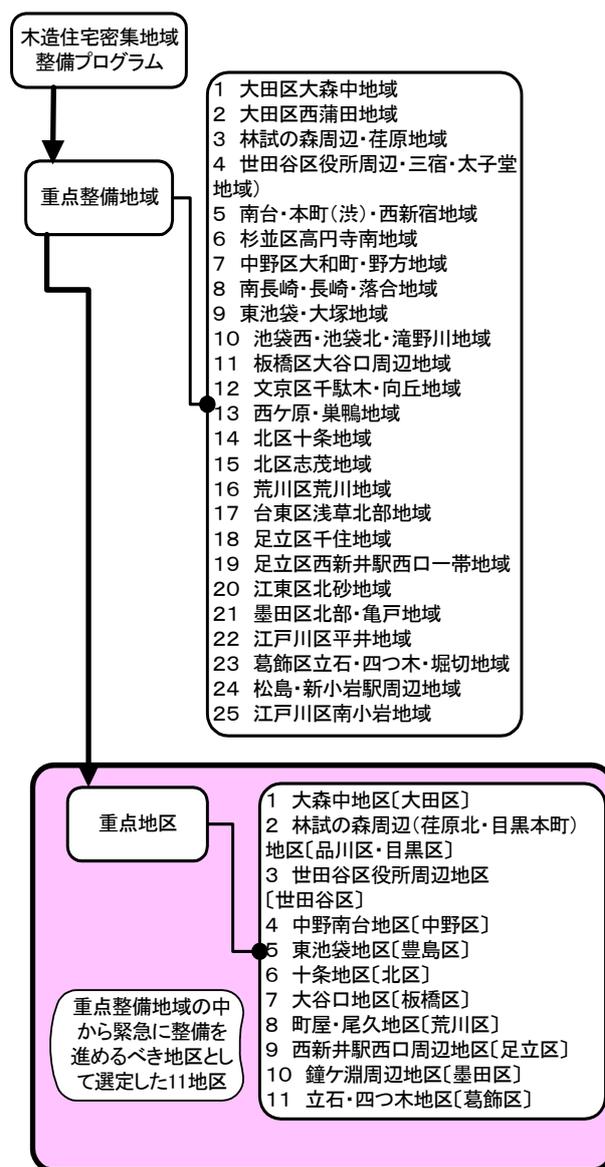


図-4 重点整備地域について

23区及び多摩8市(武蔵野、三鷹、府中調布、小金井、国分寺、保谷及び狛江)のうち、木造住宅密集市街地及びその周辺地域を主な対象として、防災都市づくりにかかわる諸施策を積極的に展開することを目的に策定されている。

世田谷区では、図-5に示すように豪徳寺2丁目、

梅丘 2, 3 丁目, 世田谷 1, 3, 4 丁目, 世田谷 1 ~ 5 丁目が重点整備地区として指定されている。

世田谷区における重点地区

重点地区に指定されている世田谷区役所周辺の用途地域図が図-6 である。世田谷区の多くの地域で指定されている第 1 種低層住居専用地域, 第 1 種中高層住居専用地域の他, 第 1 種住居地域, 近隣商業地域に指定される地域がある。世田谷線以北世田谷区役所にかけて近隣商業地域, 世田谷駅周辺が第 1 種住居地域となっている。

表-5 世田谷区内の重点整備地域の概要

位置	面積	現況
若林 1~5 丁目 梅丘 2~3 丁目 世田谷 1, 3~4 丁目 豪徳寺 2 丁目	約 124 ha	人口 18549 人 9385 世帯 不燃領域 44% 不燃化率 32% 幅員 6m 以上 道路率 5%

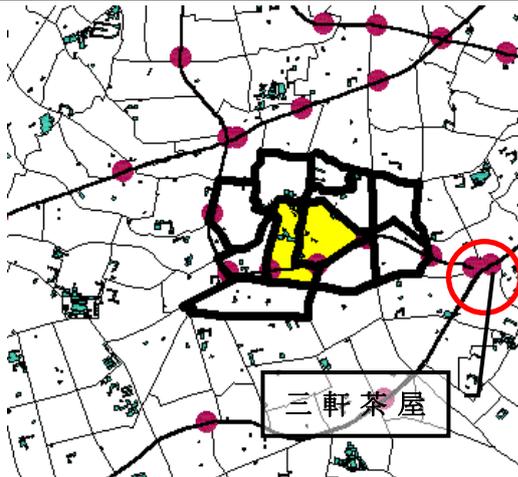


図-5 整備対象地域



図-6 整備対象地域の用途地域

この土地の現況を以下にまとめる。

- 1) この地区の土地利用は基本的に住宅系であるが, 幹線道路沿道には商業施設の立地も多く, また東急新玉川線三軒茶屋駅周辺は区内でも有数の商業集積地となっている。地域内は細街路や行き止まり道路が多く都市基盤が未整備であるため, 接道不良住宅が多く, 老朽化した建築物の密集した市街地となっている。細街路整備と建替えによる木造密集地域の解消や, 広域生活拠点の整備による土地利用の適正化が課題である。
- 2) 都市計画道路の玉川通り (放射 4 号線), 世田谷通り (補助 51 号線), 茶沢通り (補助 210 号線) 及び環状 7 号線などはほぼ完成しているが, 補助 26 号線, 淡島通り (補助 52 号線), 補助 154 号線は事業中や未着手となっている。これら都市計画道路と沿道市街地の不燃化による延焼遮断帯の形成及び避難経路の確保が課題である。また, 主要生活道路は未整備の区間が多く道路ネットワークが形成されていないため, 消防活動困難区域の存在など防災上・交通安全上に問題を抱えている。
- 3) 地域内では近隣公園・街区公園ともに不足しており, オープンスペースの確保と整備が課題である。現在, 地域を東西に横断している烏山川緑道は避難経路としての改修を進めている。
- 4) 当地域の平均不燃領域率は, 32%である。地域の中には災害時の基礎的安全性が確保されていない市街地 (不燃領域率 40%未満) が約 191ha ある。

これら現状をふまえて, 区では整備課題と適用事業を以下の擁に設定している。

主要な整備課題

- ・ 消防活動困難区域の解消
- ・ 避難場所予定地及び区役所周辺の建替え不燃化の促進
- ・ 避難路, 延焼遮断帯の整備
- ・ 木造密集市街地の建替え促進と地区内道路, 広場等の整備

主な適用事業

- ・ 街路事業
- ・ 木造住宅密集地域整備促進事業
- ・ 防災生活圈促進事業
- ・ 都市防災不燃化促進事業
- ・ ふれあい商店街づくり事業

- ・ 身近なまちづくり支援街路事業

また重点整備地区に指定されている世田谷区役所周辺については都市基盤が未整備のまま市街化が急速に進行したため、細街路(幅員4m未満)が多く市街地が密集しており、広い範囲で防災上の危険性が高くなると予想される。幅員6m以上の道路も少なく、細街路が約40%を占めている地域である。若林4丁目、世田谷4丁目がこの地区に該当する。

4.道路閉塞を考慮した避難経路

震災時に道路が閉塞した場合の距離増加の解析で考慮した点を以下に説明する。

4.1 建物倒壊について

東京消防庁が大規模地震を想定した被害予測についての研究を行っている。この中で地域の車両通行の可能性を扱っているが、これは車両自体の通行を考慮したものであり、住民の避難について考慮したものではない。しかし建物の倒壊が道路の閉塞に与える影響を考える際に利用できるものでありこの研究の一部を今回の解析に応用することとする。

表-3 年代別構造別震度の全壊率

東京消防庁は、年代別構造別の震度ごとの全壊

	震度	6弱	6強	7
	地表加速度(gal)	478	637	849
木造	~S35	11.3	32.0	67.0
	S36~S55	7.5	20.5	45.0
	S56~	2.0	6.0	12.0
S造	~S46	7.7	22.0	45.0
	S47~S56	2.6	7.0	15.0
	S57~	1.2	3.0	7.5
RC造	~S46	14.5	22.2	35.0
	S47~S56	4.5	9.7	21.0
	S57~	0.2	2.1	7.0

率を表-3のように設定している。本研究では世田谷区内の建物全壊率が均一であると仮定して全壊建物数の算定を行う。そして、道路対面率を用いて、次式により、道路に対して倒壊する建物数を算出する。

$$\text{建物全壊数} \times \text{道路対面率} \times (\text{倒壊数} / \text{全壊数}) = \text{道路に対して倒壊する建物数}$$

道路対面率とは地区において道路に面している

建物数の建物全数に対する割合ある。建物の被害が甚大でも道路に面していない場合は道路閉塞には影響を及ぼさない事を考慮するパラメーターである。している。これは実測によらず以下の式で推定できるとされている。この式は東京都を対象としたものであり実測値とこの式を用いた予測値を比較しても精度よく推定できるものとされている。

$$\text{道路対面率} = 2360.39 \times (\text{線密度}) + 0.18 \times (\text{平均建ぺい率}) - 5.05$$

なお、倒壊数/全壊数は兵庫県南部地震において全壊した建物のうち道路閉塞に影響を与えた建物数の割合である。

4.2 閉塞パス数の算定

表-4は兵庫県南部地震において両側から建物が倒壊した場合の倒壊幅の合計値とその発生確率をまとめたものである。これを利用して閉塞されるパスを算定する。各地域内に含まれる幅員別のパス数に表-4⁷⁾の確率を乗じて、幅員ごとの閉塞パス数を求める。

表-4 両側から建物が倒壊した場合の倒壊幅の合計値とその発生確率

倒壊幅の合計値	発生確率(%)
2m以上	98
3m以上	94
4m以上	83
5m以上	67
6m以上	46
7m以上	25
8m以上	11
9m以上	4
10m以上	1
11m以上	0.3

4.3 距離増加率の算定

先に求めた幅員ごとの閉塞パス数分を、パスに接する街区の建物倒壊数が多い順に閉塞することとした。平常時は避難場所までの最短距離を通行、震災時は閉塞パスを避け避難場所まで移動することとし、その距離増加率を求める。

5. 解析結果及び考察

5.1 道路率と距離増加率の傾向

解析するにあたり道路率と距離増加率の関係についてその傾向を確かめる事とした。世田谷区を対象地域とし成城四丁目、北鳥山六丁目、瀬田四

丁目が線密度の低い地区、深沢三丁目、下馬三丁目、桜丘三丁目を対象地区として、解析を行った。距離増加率と線密度の関係を表-5にまとめた。成城四丁目、北烏山六丁目、瀬田四丁目が線密度の低い地区、深沢三丁目、下馬三丁目、桜丘三丁目が高線密度の地区となっている。距離増加率と道路率の関係を図-3に示す。綿密度の低い地区では道路率の違いにより綿密度の高い地区に比べて距離増加率に開きがあることが分かる。

表-5 距離増加率と線密度

	距離増加率	綿密度
成城四丁目	110	0.028
北烏山六丁目	—	0.032
瀬田四丁目	101	0.033
深沢三丁目	104	0.044
下馬三丁目	102	0.048
桜丘三丁目	102	0.041

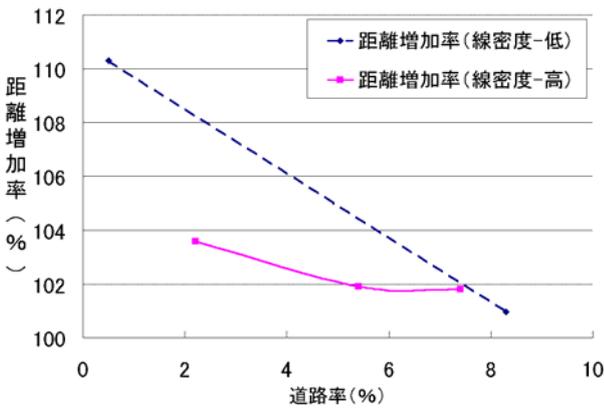


図-3 道路率と距離増加率の傾向

5.2 サンプル地区の距離増加率

解析地区として図-4に示した豪徳寺2丁目、梅丘2～3丁目、世田谷1, 3～4丁目、世田谷1～5丁目を取り上げる。この地域については木造密集市街地であり、東京都が整備対象地域として指定している。解析は重点地区に指定されている世田谷3,4丁目と豪徳寺2丁目のうち世田谷3,4丁

目について行った。

両地域についてその距離増加率を求めた結果世田谷3丁目は50%、世田谷4丁目は20%となった。今回解析を行った

この地域については避難場所が国士舘大学一帯と指定されており隣接しているため、他の避難場所への移動と比較は行わなかった。

避難場所の再検討

重点地域については避難場所が比較的近隣にありその再検討の必要はなかった。避難場所の候補地が複数考えられる地域について、距離増加率を考慮した避難場所の再検討を行った。

対象とする地域は弦巻1丁目とした。この地域は馬事公苑・東京農業大学一帯が避難場所と指定されているが同程度の距離に駒沢公園があるため、この2つを候補地として解析を行った。

図-7は解析対象地域の弦巻1丁目とその周辺の用途地域指定図である。第1種低層住居専用地域と第1種中高層住居専用地域が大部分を占めており、他にも住居系の用途地域が点在する。商業系用途地域が一部存在する他、準工業地域に指定されている地域もある。対象地区の道路対面数を示したものが図-8である。

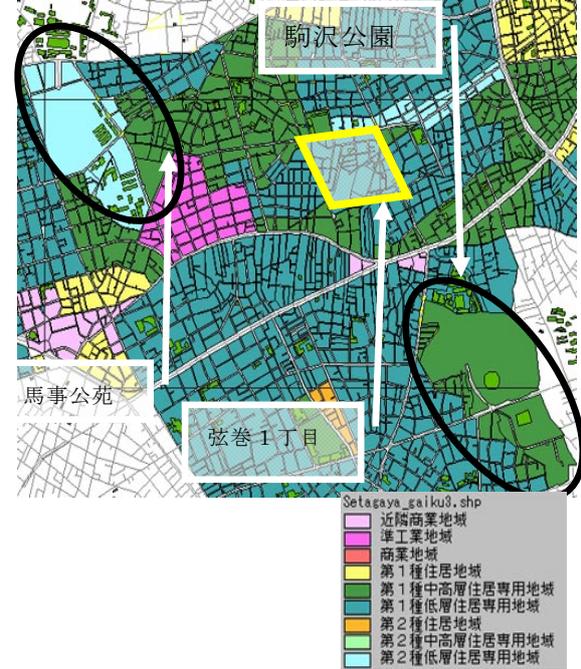


図-7 解析地区の用途地域

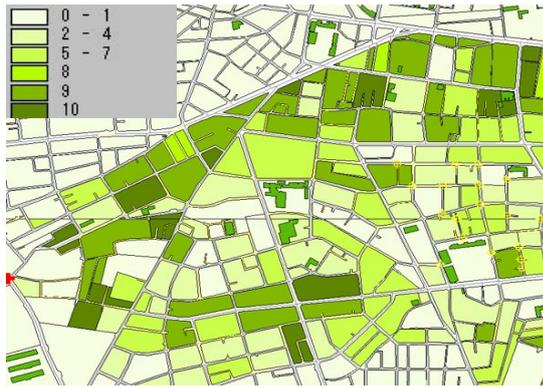


図-8 街区ごとの道路対面数

表-6, 表-7 に平常時及び震災時における各避難場所までの距離を示す。

平常時においては 12 ポイント中 7 ポイントで馬事公苑・東京農業大学までの距離の方が短いですが、震災時になると 12 ポイント中 11 ポイントで駒沢オリンピック公園までの移動に要する距離の方が短くなったという結果になった。

表-6 平常時における移動距離の差

弦巻1丁目 ポイント	駒沢公園 (平常時)m	馬事公苑 (平常時)m	距離の差
1	1413	1350	-63
2	1134	1593	459
3	1288	1497	209
4	1449	1294	-155
5	1347	1396	49
6	1497	1259	-238
7	1574	1181	-393
8	1404	1352	-52
9	1325	1505	180
10	1477	1334	-143
11	1419	1391	-28
12	1178	1450	272

表 7 は今回対象とした 2 つの避難場所候補地の避難計画人口とその有効面積である。避難計画人口は、その避難場所を利用する町丁目における昼間人口と夜間人口を比較して多い方の人数を用いて計算を行う。弦巻 1 丁目については昼間人口が 3245 人、夜間人口が 3721 人となっている。

また、先に述べた通り、避難場所の条件として敷地内の建物、道路、池などを除き利用可能な避難

表-7 震災時における距離の差

弦巻1丁目 ポイント	駒沢公園 (震災時)m	馬事公苑 (震災時)m	距離の差 m
1	1632	1977	345
2	1303	2032	729
3	1411	2075	664
4	1688	1987	299
5	1629	1972	343
6	1768	2066	298
7	1853	1718	-135
8	1573	1916	343
9	1447	1670	223
10	1691	1802	111
11	1514	1856	342
12	1250	2021	771

空間として原則として 1 人当たり 1 m²を確保できることとあり、これを考慮すると、駒沢オリンピック公園は約 10 万人、馬事公苑、東京農業大学は約 20 万人、それぞれ収容人口に余裕があると考えられる。駒沢オリンピック公園の収容人数を考慮しても弦巻 1 丁目については避難場所を変更した方が望ましいと考えられる。

表-8 避難場所の概要比較

避難場所名	駒沢オリンピ ック公園一帯	馬事公苑・東 京農業大学 一帯
総面積(m ²)	507900	558200
有効面積(m ²)	259700	290400
避難計画人口 (人)	157600	94200
一人当たり面積 (m ² /人)	1.65	3.08

馬事公苑・東京農業大学一帯に避難する際に通過する弦巻 3 丁目、弦巻 4 丁目、弦巻 5 丁目の道路線密度を示したものが表-9、駒沢オリンピック公園一帯に避難する際に通過する弦巻 2 丁目、駒沢 3 丁目、駒沢 4 丁目の道路線密度を示したものが表-10 である。

道路線密度を比較すると駒沢公園一帯に避難する際に通過する地域の方が道路線密度が高いことが分かる。世田谷区の道路線密度の平均が 0.023

であることから、線密度が避難場所までの距離増加に関係していると考えられる。解析を行った結果を見ると道路線密度の高い地区は、建物の被害が多く、閉塞される道路数が多い場合も距離増加率の極端な増加は見られなかった。

表-9 馬事公苑を避難場所とした場合に通過する地区の線密度と細街路率

町丁目	細街路率	線密度 (m/m ²)
弦巻1	0.26	0.026
弦巻3	0.30	0.021
弦巻4	0.22	0.020
弦巻5	0.37	0.021
馬事公苑	0.28	0.020

表-10 駒沢公園を避難場所とした場合に通過する地区の線密度と細街路率

町丁目	細街路率	線密度 (m/m ²)
駒沢3	0.42	0.026
弦巻1	0.26	0.020
弦巻2	0.55	0.029
駒沢公園	0.39	0.026

道路線密度を比較すると駒沢公園一帯に避難する際に通過する地域の方が道路線密度が高いことが分かる。世田谷区の道路線密度の平均が 0.023 であり、道路線密度の高い地区と低い地区の結果の違いに表れたのではないかと考えられる。

6. 結論

解析を行った結果を見ると道路線密度の高い地

区は、建物の被害が多く、閉塞される道路数が多い場合も距離増加率の極端な増加は見られなかった。広域避難場所の設定についてはその収容人数等、他の要素についても考慮が必要なため一概には言えないが、今回解析した通り距離増加を考慮した、震災時の物理的な距離によって設定する事で、より有効な避難計画となるのではないかと考える。

<参考文献>

- 1) 今泉恭一・浅見泰司：阪神・淡路大震災における避難所到達距離の分析，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp797-798，1998.9
- 2) 道路閉塞について：塚口博司，交通工学 vol.30，交通工学研究会，1995.10
- 3) 火災予防審議会・東京消防庁：直下の地震を踏まえた新たな出火要因及び延焼性状の解明と対策，1995.3.
- 4) 東京都都市計画計画局：新しい用途地域の概要，1997.3.
- 5) 東京都：防災都市作り推進計画（整備計画），1997.4
- 6) 東京都：東京における直下地震の被害想定に関する調査報告，1997.8
- 7) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会：阪神・淡路大震災調査報告/交通施設と農業施設の被害と復旧，土木学会，1998.2

謝辞：本研究を行うにあたって、数多くの助言を頂いた皆川助教授，中村助教授，佐藤技師，この場を借りて感謝の意を表したいと思います。ありがとうございました。

In the emergency plan of Tokyo Metropolis, distances to refuge places as well as effective areas are taken into consideration to set up those refuge places.

Some roads, however, are possibly blocked at the time of earthquake disaster due to the collapse of buildings and so on.

Therefore, the distances that sufferers transport sometimes increase.

The influence that a building structure ratio, road line density and a road rate gave to the transport distance to the refuge place is analyzed.

The transportation distance at the time of the earthquake disaster is proposed as one index of a setup of refuge places from that result.

The evaluation of the refuge place and reexamination were done for a couple of areas inside Tokyo Metropolis as an example.