

避難行動に着目した 自然的空間の減災価値評価に関する研究

神谷 大介¹・萩原 良巳²・畑山 満則³

¹正会員 博士(工学) 琉球大学助手 工学部環境建設工学科 (〒903-0213 沖縄県西原町千原1)

²正会員 工博 京都大学教授 防災研究所 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

³正会員 博士(工学) 京都大学助手 防災研究所 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

都市域の自然的空間は生活者にとって日常時には遊び空間であり、震災時には減災空間である。本研究では、特に、震災時の避難行動に着目して自然的空間の減災価値評価を行った。まず、交通施設等による地域の分断を考慮し、さらに、町丁目の隣接関係を表現したグラフを作成した。そして、これを用いた1次避難行動に関するシミュレーションを行い、避難が困難な地区を示した。さらに、空間毎の想定避難人数を算出した。次に、空間の広さ・水の有無・緑の量と配置に着目して避難空間としての安全性を評価した。さらに、一時的な避難生活を想定し、2次避難行動からみたときの空間の減災価値について述べた。

Key Words: Mitigation value, Evacuation action, Natural open space

1. はじめに

都市域で生活する人々にとって、自然的空間(公園・緑地、水辺)は自然と触れあえる貴重な空間である。さらに、阪神・淡路大震災等の経験から、減災空間としてもその重要性が認識されるようになった。また、再現期間の長い地震のためだけの防災投資は財政的にも困難な状況である。以上の認識のもと、著者らはこれまで、自然的空間を4階層システム(近隣レベル; 2haを標準、地区レベル; 4ha、市レベル; 10ha、広域レベル; 30ha)¹⁾としてモデル化し、環境創成による震災リスクの軽減に関する研究を行ってきた^{2) 3)}。しかし、これまではこの空間の減災価値評価について論じられていない。

自然的空間の価値は利用価値や非利用価値として計られることが多い。これらの多くは日常的な自然的空間利用や将来の利用、もしくは存在することに対する価値計測である⁴⁾。都市生活者にとって自然的空間は日常時のアメニティ空間であり、震災時の減災空間である。このため、この空間の価値評価は日常時だけでなく、震災時とも考慮して行われなければならない。

震災時における自然的空間の減災機能は主に、避難空間と火災の延焼防止・遅延である。後者には消火用水の供給源としての機能も含んでいる。しかしながら、火災の延焼は地震発生時の天候によって大きく異なるため、

この空間の減災機能を把握することは非常に困難である。また、震災時に被害をまず最小限にしなければならないのは人命の被害である。これを守るために被災者自らが行う行動が避難行動である。

本研究では、大阪市と京都市の間に位置し、ベッドタウンとして開発され、また、3つの活断層系地震(有馬高槻・上町・生駒)によって甚大な被害が想定されている大阪府の北摂地域(吹田市・茨木市・高槻市・摂津市)⁵⁾を対象にして、1次避難行動に関するシミュレーションを行う。そして、1次・2次避難人数と自然的空間の安全性からこの空間の減災価値を評価する。なお、本研究での自然的空間の減災価値とは貨幣価値ではなく、震災時における生活者にとっての重要性を意味する。

2. 避難行動に関するシミュレーション分析

(1) 分析の考え方

a) 分析の目的と位置づけ

震災時の避難行動に関するシミュレーションとしては、実際の道路ネットワークを用いたもの^{6) 7)}や仮想ネットワーク⁸⁾を用いた分析が行われている。これらは小さい地区を対象としており、本研究では4市という広範囲を対象としている。さらに、地震時における地域の安全性

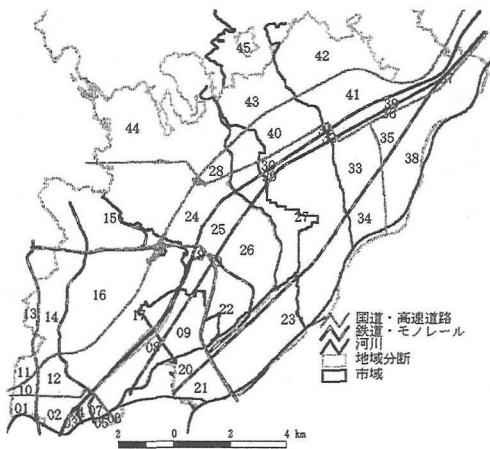


図-1 地域の分断と地区番号

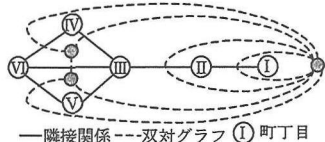


図-2 step 数の考え方

を避難行動から判断すると共に、そこから自然的空間の減災価値を評価することが目的である。このため、以下に述べる対象地域の特性を反映し、かつ広範囲を対象に出来るモデルを作成する。

b) 対象地域の概要と避難空間

震災時に人は知人が多い居住地近くの空間へ避難すると考えられる⁹⁾。日常時の生活活動や人のつながりは国道や高速道路、鉄道、河川によって分断されていると考えられる。さらに、これらは地震によって落橋等の可能性がある。

北摂地域は山と淀川に挟まれており、狭い幅に名神高速道路や中国縦貫自動車道、東海道新幹線、JR 東海道本線等の日本の主要幹線交通や、阪急京都線等の大阪市と京都市を結ぶ交通施設が集中している。これらのほとんどは高架や盛土で造られている。したがって、地域の分断が危険性の高い孤立する地区をつくる恐れがある。これはこの地域の特徴であり、また各市の防災担当者が懸念していたことでもある。

各橋が倒壊する確率は不確実なため、ここでは最も危険な状況を想定し、地域はこれらによって分断されているというシナリオを設定して以下の分析を行う。分断された地区とその番号を図-1に示しておく。

避難のために利用できる空間は、火災の輻射熱を考慮し、1 ha 以上の自然的空間および校庭である。阪神・淡路大震災では校舎や公民館等の建物が避難場所として使用されたが、建物は倒壊する可能性がある。また、地震の発生時期や時間によっては建物に入れない可能性があ

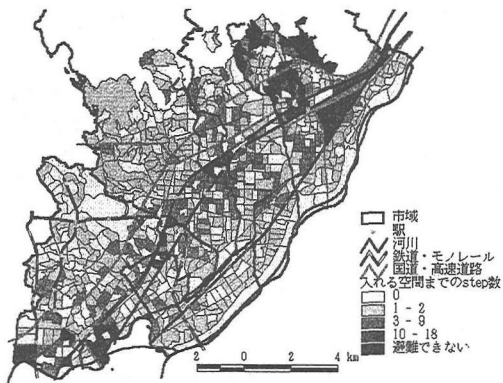


図-3 step 数

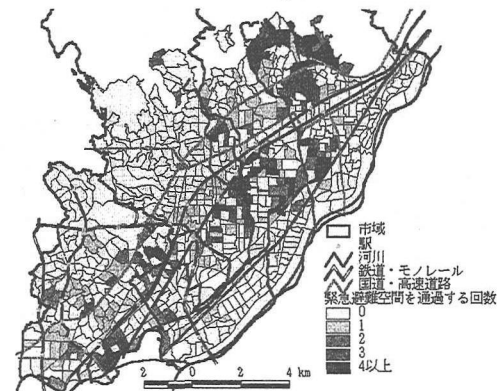


図-4 空間を通過する回数

る。したがって、ここでは自然的空間と校庭のみを対象（避難空間）として分析することとする。

c) step 数

町内会等からわかるように、居住地近くの住民のつながりは町丁目内で強いと考えられる。そこで本研究では、地域の分断と町丁目のつながりに着目して避難行動に関するシミュレーションを行うこととする。住民のつながりを表すために、ここでは町丁目のつながりをグラフとして表現する。そして、避難のしやすさは双対グラフ¹⁰⁾を用いた step 数で示す。これは、ある町丁目に着目した時、その町丁目が含まれる双対グラフの面から避難空間のある町丁目が含まれる面までの数である³⁾。この考え方を図-2に示す。

この図は1つの地区における町丁目のつながりを表している。例えば、町丁目①に避難空間があり、その他の町丁目にはないとき、step 数は①から順に0、1、2、3、3、3となる。但し、これは全ての人が避難できた場合の例である。

本研究では4市という広範囲を対象としており、900以上もの町丁目を扱うことになる。このような場合、step 数は非常に簡便な方法である。しかし、町丁目内の道路

表－1 空間毎の1次避難人数

階層	No	空間名	避難人数	階層	No	空間名	避難人数	階層	No	空間名	避難人数
近隣	27	上の池公園	13500	近隣	29	津雲公園	3477	地区	35	若園公園	15320
	31	津之江公園	13464		28	古江公園	2556		36	紫金山公園	11220
	23	中央公園	12000		25	青山公園	2556		38	耳原大池公園	7777
	21	江坂公園	11500		8	鳥飼中部第1公園	2361		41	桃山公園	7437
	24	郡山公園	11401		13	くちなし公園	2251		44	千里南公園	4271
	17	山田西公園	9500		1	芥川緑地	1790		43	西河原公園	3961
	15	水尾公園	8494		11	南平台中央公園	1790				1572
	14	緑が丘公園	8481		7	平和公園	1464		42	中の島公園	3526
	16	市場池公園	8382		9	鳥飼中部第4公園	670		40	樫の木公園	3103
	12	庄屋公園	7000		4	佐井寺南が丘公園	580	市	49	淀川河川敷公園	4513
	20	藤白公園	6190		33	芥川	1450				13367
	5	新芦屋中央公園	5499				2000				709
	6	沢良宜公園	5499				250				7832
	3	桑田公園	4999		34	安成川	4180		47	千里北公園	5636
	22	南吹田公園	4810				950	広域	52	千里中央公園	1462
	2	山手台中央公園	4436				400				2004
	10	ねむの木公園	4197				850				7309
	30	佐竹公園	4075				650		51	服部緑地	5164
	18	竹見公園	3650				1890				4935
	19	鳥三号公園	3626	地区	37	片山公園	19241				
	26	高野公園	3569		39	城跡公園	15827				

が通行可能か否かについては対象としていない。このような分析のためには、より狭い範囲での研究が必要となる。さらに、本研究の目的は避難行動のシミュレーターの開発ではなく、自然的空間の減災価値評価であり、環境創成による震災リスクの軽減である。さらに、これを用いることによって、後述するように避難空間に入れない人の精神的苦痛を表現することができる。

また、step 数は実際の距離と違う。なお、今回の場合、町丁目の中心間の距離の多くは 400～500m となっている。また、このシミュレーションでは夜間人口を用い、歩行による避難を想定している。

d) 分析の仮定

- ①避難空間選択は分断された地区内でのみ行われる。
- ②最も近い (step 数の小さい) 避難空間を選択する。
- ③②を満たす避難空間が複数ある時、より大きな (階層が上の) 空間を選択する。
- ④避難空間に避難するためには、最悪、1人あたり 2m² 以上必要である。
- ⑤避難空間から近い町丁目の住民から避難できる。
- ⑥ある避難空間に入れなかったとき、その空間から近い空間を新たに選択する。
- ⑦避難空間に入れなかった時、次の選択は入れる空間の情報を持っている。
- ⑧標高は考慮しない。

仮定①はこれまで述べたことより、地域の分断を想定して設定した。仮定②と③は、住民はより近くの、より大きな空間へ避難するということである。なお、実際には最も近い避難空間を知らないことや間違っていることも考えられるが、ここでは簡単のため、仮定②をおくこととする。実際の避難行動を予測するためには、どこへ

避難するかを調査する必要がある。また、実際にどこを近いと考えているかを判断するためには、認知地図を作製するための調査が必要となる。

仮定④は避難可能人数の設定を意味しており、この値は防災公園の基準として用いられているものである¹¹⁾。なお、自然的空間の面積は水面の面積を除いている。また、樹木の量は考慮せずに面積の設定しているため、ここで用いた面積は実際に避難できる面積より多く見積もっていることを断っておく。仮定⑤は、避難してきた人は、避難空間に到着した順番で入ることができることを意味している。この順番を、避難しやすさで判断しているということである。仮定⑥は、ある避難空間に入れなかったとき、その空間から最も近い空間を選択し、そこへ避難するということを表している。仮定⑦は、様々な町丁目から空間へ避難するため、周辺の状況を判断できると考えて設定した。もし、この仮定をはずすと、ここで行う分析結果以上に空間に入るために移動し続けなければならない可能性が大きい。仮定⑧は、地区内での避難を想定していることより、高低差は小さいものとなるため、標高は考慮しないこととする。

(2) 避難行動からみた分析結果とその考察

まず、避難空間までの step 数と空間を通過する回数を図－3と4に示す。なお、これらは各町丁目で最大の値を示している。また、図－3で「避難できない」と書いているのは、避難空間に入れない人がいることを表している。この図より、吹田市南部の⑩⑬の地区、阪急京都線および JR 東海道本線沿線の⑫⑬⑭⑮⑯⑰の地区、高槻市の北部の⑱の地区で避難できない人がいる。また、⑰⑱の地区でも step 数が 10 を越え、1次避難のため

に非常に遠くまで行かなければならない人がいることがわかる。上記の鉄道沿線は、早くに都市化が進行した地区であるとともに、細長く分断された地区が多い。このため、避難空間が人口に対して不足していたり、1次避難のために遠くまで行かなければならない人がいるようになったと考えられる。

次に、図-4は避難空間に入れない回数を表現している。つまり、何度も避難空間を通過しなければならないことを表しており、1次避難行動における住民のあせりやいらだちを表現していると解釈できる。この図で高い値を示した町丁目の人は、非常に不安にかられると考えられる。精神的な不安感や苦痛を考慮すると、1次避難行動からみて非常に危険性の高い町丁目であるといえよう。以上の結果より、新たに避難のために利用できる自然的空間の創成が必要な地区が明らかになった。

3. 空間の減災価値評価

(1) 1次避難行動からみた減災価値評価

避難行動に着目して、地域住民からみた空間の減災価値について述べることにする。まず、自然的空間毎に、どれだけの人数が避難してくるかを表-1に示す。これは、前述の1次避難行動に関するシミュレーションの結果を、空間毎に集計したものである。この表は、地域住民の1次避難行動からみたときの空間の重要性を表しているともいえる。なお、避難人数が複数書かれている空間は、空間が鉄道等によって分断されていることを意味し、ここでは地区毎に集計した結果を示す。

この表より、市レベルの淀川河川敷公園へ避難する人数は、全ての地区の合計で26421人となっており、全ての自然的空間の中で避難人数が最も多くなっている。次いで、地区レベルの片山公園、城跡公園、若園公園、近隣レベルの上の池公園、津之江公園、中央公園となっている。これらの空間は、多くの住民の1次避難のために利用されると想定できる。つまり、これらの空間は震災時の避難行動からみたとき、地域住民の安全性を高めるためには非常に重要な空間であるといえる。

また、これらの自然的空間への1次避難人数は、広域レベルの万博公園(合計避難人数9313人)、服部緑地(合計避難人数10099人)より多くなっている。この理由は、これらの空間のまわりには多くの緊急避難空間があるためである。このため、この2つの空間の緊急避難空間としての重要性は低くなっている。

以上の結果より、近隣・地区レベルの空間で1次避難行動からみたときに非常に重要な空間があることが示された。しかしながら、ここでは緊急避難空間そのものの安全性を考慮できていない。このため、2)では自然的

表-2 空間の安全性評価結果(近隣レベル)

水	緑	なし	以下	以上	囲む
河川・ため池がある		(31)(32) (33)(34)	(1)(17)	(16)(27)	(20)(24)(30)
河川・ため池に隣接				(7)	
人工水路がある			(3)(23)	(14)(21)	(29)
なし			(4)(11) (26)	(2)(5)(6)(15) (18)(19)	(8)(9)(10) (12)(13)(22) (25)(28)

表-3 空間の安全性評価結果(地区レベル)

水	緑	なし	以下	以上	囲む
河川・ため池がある				(38)(44)	(36)(37)(40)(41)
河川・ため池に隣接					(42)(43)
人工水路がある			(39)	(35)	
なし					

表-4 空間の安全性評価結果(市・広域レベル)

水	緑	なし	以下	以上	囲む
河川・ため池がある					
河川・ため池に隣接					
人工水路がある					
なし					

空間の安全性を評価することとする。

(2) 空間の安全性の評価

避難空間としての安全性は、規模が最も重要な要因であり、次に水や樹木の存在が重要となる¹¹⁾¹²⁾。これまで述べたように、規模については階層に分類しているため、ここでは水辺の有無と樹木の存在およびその配置に着目して、階層毎に自然的空間の安全性を評価することとする。なお、空間に隣接する建物の構造まで把握することができなかったため、ここではこれを考慮しないこととする。建物の状況まで考慮に入れるためには、4市を対象とした研究ではなく、より小さい範囲を対象とした、例えば建物1棟ずつの延焼に着目した研究が必要となる。

水辺と樹木の状況に関しては、各市が所有している公園・緑地の平面図と著者を含むメンバーで5年間にわたって行ってきた現地調査を基に整備状況や樹木の配置等について整理を行った。水辺は河川・ため池・人工水路(人工水路・徒歩池・噴水)に分類した。樹木は④空間を囲むように配置されている場合、⑤半分以上を囲んでいる場合、⑥半分以下を囲んでいる場合、⑦ほとんど囲まれていない場合、に分類した。これらを空間毎に整理し、評価を行う。

まず、水辺は「河川・ため池がある」、「河川・ため池に隣接している」、「人工水路がある」、「なし」の4段階で評価を行うこととした。人工水路は上水道が使えないとき水の供給源が無く、さらに貯留されている水量も少ないため、河川・ため池の存在より評価を低くした。

樹木に関しては、上述と同様に「囲む」、「以上」、「以

表－5 避難空間毎の2次避難のために移動しなければならない人数

階層	No.	空間名	移動人数	階層	No.	空間名	移動人数	階層	No.	空間名	移動人数
近隣	1	芥川緑地	1290	近隣	18	竹見公園	2650	地区	36	紫金山公園	9320
	2	山手台中央公園	3936		19	島三号公園	2626		37	片山公園	17241
	3	桑田公園	4499		20	藤白公園	5040		38	耳原大池公園	5677
	4	佐井寺南が丘公園	80		21	江坂公園	10350		39	城跡公園	13627
	5	新芦屋中央公園	4949		22	南吹田公園	3660		40	櫻の木公園	453
	6	沢良直公園	4949		23	中央公園	10800		41	桃山公園	4437
	7	平和公園	914		24	郡山公園	10201		42	中の島公園	2116
	8	鳥飼中部第1公園	1811		25	青山公園	1206		43	西河原公園	3743
	9	鳥飼中部第4公園	120		26	高野公園	2219		44	千里南公園	-479
	10	ねむの木公園	3597		27	上の池公園	12150		45	千里中央公園	-5638
	11	南平台中央公園	1190		28	古江公園	1056		46	忍頂寺スポーツ公園	-10000
	12	庄屋公園	6300		29	津雲公園	1977		47	千里北公園	-9414
	13	くちなし公園	1401		30	佐竹公園	2525		48	萩谷総合公園	-17500
	14	緑が丘公園	7631		31	津之江公園	11864		49	淀川河川敷公園	5371
	15	水尾公園	7644		33	芥川	3700		50	摂津城公園	-18600
	16	市場池公園	7482		34	安威川	8920		51	服部緑地	-53051
	17	山田西公園	8550		35	若園公園	13520		52	万博公園	-55187

下、「なし」の順に評価が下がるとしている。これは、火災の延焼がどの方向から来るかわからないため、より多く囲まれていた方が安全であると判断したことによる。なお、ここでは全ての空間の樹木の種類を把握することができておらず、樹種による輻射熱の緩和度合いや常緑樹と落葉樹の区別はしていない。全ての樹種が把握できたとしても、その輻射熱の緩和度合いが不明なものも多いため¹¹⁾¹²⁾、ここでは樹木の配置のみに着目する。また、学校や緑地に隣接しているときは空間の安全性が高まると判断している。

以上の3つの視点（規模・水辺・樹木）から階層毎に評価した結果を表－2～4に示す。なお、表中の番号は表－1のNo.に対応しており、太字は学校や緑地に隣接していることを表している。この表は右上の方が評価は高くなっている。

これより、規模が大きくなるにつれて、緑と水による空間の安全性も全体的に高まっていることがわかる。また、学校と隣接している空間は13あり、そのうち7つが吹田市である。火災の輻射熱を考えると空間の面積が広い方が安全性は高まるため、特に近隣レベルの空間では、このような配置を行うことが有効であり、吹田市の空間の安全性は他の3市より高いことがわかる。

階層毎にみると、近隣レベルでは水辺のある空間が12/33と少ないことがわかる。特に、緑が少なく、学校にも隣接していない(25)高野公園はここであげた空間の内、最も安全性の低い空間である。逆に、このレベルで最も評価が高い空間は(19)藤白公園である。

地区レベルでは近隣レベルより評価は高まっているが、相対的に(38)城跡公園の評価は低いものとなっている。この空間には耐震性貯水槽が地下に埋められており、飲み水は確保されている。しかしながら、地震発生直後の消火用水を確保するまでに至っていない。そして、この空間は阪急高槻駅およびJR高槻駅に近い、昼

間に地震が発生すれば避難する人はより多くなることが想定される。このため、安全性をより高めておくことが必要であろう。

市・広域レベルでは(48)淀川河川公園の評価が低くなっているが、これは樹木が無いためである。しかしながら、樹木より火災に対して安全な堤防があるため、安全性は高いと考えられる。(47)萩谷総合公園は人工水路しかないため、評価が低くなっている。この空間は山麓部にあり、周辺は樹木に囲まれているため、火災の延焼に対する危険性は低いと考えられる。しかしながら、この空間は市街地から離れているため、緊急避難空間として利用しにくくなっている。

(3) 空間の安全性を考慮した減災価値評価

a) 近隣レベル

表－1に示したように、避難人数が多い空間は(27)上の池公園、(31)津之江公園(23)中央公園、(21)江坂公園、(24)郡山公園であり、これらの自然的空間には1万人以上の人が集まると想定される。これらの中で最も安全性の高い空間は(24)郡山公園である。したがって、1次避難行動からみたとき、この空間の減災価値は非常に高いといえよう。一方、(23)中央公園は多くの人が避難して来ることが想定されるが、空間の安全性は低くなっている。この空間では、ため池等の水辺をつくることや、地下貯水槽を設けることによる水の確保と、樹木で空間を囲むようにすることが、避難してくる人の安全性を考えると重要であるといえる。

b) 地区レベル

このレベルで避難人数が多い空間は(37)片山公園、(39)城跡公園、(35)若園公園、(36)紫金山公園であり、これらの空間には1万人以上の人が集まると想定される。これらの中で安全性の高い空間は、(36)紫金山公園と(37)片山公園である。特に、片山公園は避難人数が全てのレ

ベルで最も多く、さらに空間の安全性も高い。したがって、全ての空間の中で最も減災価値が高いといえよう。一方、(39)城跡公園は避難人数が多く想定されるにもかかわらず、空間の安全性は低くなっている。この空間は学校と隣接しており、この学校とあわせて空間の安全性を高めることが重要であるといえよう。

c) 市・広域レベル

このレベルでは、(49)淀川河川敷公園の避難人数が最も多く、次いで(51)服部緑地と(52)万博公園となっている。これらの空間は面積が大きく、その安全性は高いと考えられる。淀川河川敷公園は地区毎の避難人数を合計したとき、最も避難してくる人数が多くなっている。さらに、有馬高槻および生駒断層系地震の想定震度は淀川沿岸部で高くなっていることより、地域住民の安全性を高めるという視点からみたとき、この空間の減災価値は非常に高いものであるといえる。

(4) 2次避難行動からみた減災価値評価

地震発生からの時間の経過とともに避難空間で行われる行動は変化する。つまり、減災に関する空間の機能が変化するということである。このことを考慮し、ここでは地震発生から概ね3日以降の応急復旧期間^{10) 11)}に着目して避難空間の配置について考察する。本研究では地域住民の視点で空間の価値に着目しており、ここでは特に(一時的な)避難生活のための空間としての配置に関する考察を行うこととする。なお、この時期では、復旧活動が始まっているため^{10) 11)}、地域は分断されていないと考えることとする。北摂地域は鉄道や道路が高架になっているために分断される可能性が高いところが多い。したがって、3日程度が経過すると撤去作業が行われ、通行可能であろうと判断した。

a) 応急・復旧期間における避難空間面積の設定

まず、避難生活を行うために、1人あたりどの程度の面積が必要であることを示しておく。地域防災計画では、緊急避難空間と同様に2m²/人としている都市もあるが¹¹⁾、これだけの面積で避難生活を行うことは不可能であろう。ここでは、阪神・淡路大震災で避難生活のために利用された5つの空間(津和公園：芦屋市、友田公園：神戸市灘区、浜田公園：神戸市灘区、門口公園：神戸市兵庫区、岩屋公園：神戸市灘区)の利用実態をもとに、1人当たり20m²と設定する^{11) 13) 14)}。なお、この面積には、避難者のテント面積、食事を作ったりたき火をしたりする面積、救援物資の配給のためのテント面積、通路的な面積を含んでいる。

また、市・広域レベルのような大きな空間は、自衛隊や消防隊の復旧活動の拠点として利用される。この面積も阪神・淡路大震災での実績を用い、自衛隊で4ha、消防隊で1haと設定する。なお、これらは地区レベルの空

間(4haを標準)も利用していた。この空間の場合は約1haであった¹¹⁾。

b) 避難生活可能人数の設定と空間を移動する人数

a) で設定した条件をもとに、各空間で避難生活が可能となる人数を設定する。さらに、上述した1次避難人数を用いて、各空間からどれだけの人が移動しなければならないかを表-5に示す。

この表より、非常に多くの空間の人が避難生活のために移動しなければならないことがわかる。この表で網掛けをした8つの空間では避難生活のための人数に余裕がある。これらの空間は吹田市北部の③の地区に多く存在している。つまり、この地区は1次避難と2次避難の両方からみて安全性が高いと考えられる。8つの空間の中の万博公園と服部緑地は、前述した1次避難行動からみた自然的空間の減災価値は低い評価となっていたが、2次避難行動を考えたときに価値ある空間であることがわかる。

一方、1次避難の時に多くの人が避難した市レベルの淀川河川敷公園では、避難生活を行うことができない人がでている。これは、淀川沿岸の地区は淀川河川敷公園以外に避難空間が少ないためである。この結果より、空間の階層性を考慮したとき、淀川河川敷公園のボロノイ領域^{11) 15)}に含まれる地区は2次避難行動を考慮したとき、新たな空間の創成が必要な地区であるといえよう。

また、ここでは「地域は分断されていない」と仮定したが、この仮定が成り立たないとき、すなわち分断されたままの状態であると、多くの人が避難生活のために移動できないという可能性が高まる。つまり、学校等の建物が倒壊して使えなければ、地区によっては阪神・淡路大震災の時より狭い場所で避難生活をおくらなければならない可能性がある。

4. おわりに

本研究では、双対グラフの考え方を援用した避難行動に関するシミュレーションを行うことによって、新たな自然的空間の創成が必要な地区を明らかにした。さらに、1次避難行動と避難空間の安全性からみた自然的空間の減災価値を評価した。また、一時的な避難生活のために移動しなければならない人数を計算することによって、市・広域レベルの空間の減災価値が高いことを示した。

しかし、本研究では自然的空間の減災価値を相対的に評価しており、定量的な価値評価を行うことが今後の課題である。さらに、地震の発生時間の違いを考えると、昼間人口を用いた分析も必要となる。また、分析のためにいくつかの仮定をおいたが、例えば学校が使える状況や一部が分断されていない状況を想定したときの分析を

行う必要がある。

参考文献

- 1) 神谷大介・吉澤源太郎・萩原良巳・吉川和広：都市域における自然的空間の整備計画に関する研究、環境システム研究論文集、Vol.28、pp.367-373、2000。
- 2) 神谷大介・坂元美智子・萩原良巳・吉川和広：都市域における水・土・緑の空間配置に関する研究、環境システム研究論文集、Vol.29、pp.207-214、2001。
- 3) 神谷大介・萩原良巳：都市域における環境創成による震災リスク軽減のための計画代替案の作成に関する研究、環境システム研究論文集、Vol.30、pp.119-125、2002。
- 4) 萩原清子：水資源と環境、頸草書房、1990。
- 5) 大阪府防災会議：大阪府地域防災計画関係資料、1998。
- 6) 金子淳子・梶秀樹：大震災による道路閉塞を考慮したリアルタイム避難誘導のための避難開始時刻決定に関する研究、地域安全学会論文集No.4、pp.25-30、2002
- 7) 熊谷良雄・雨谷和広：町丁目を単位とした避難所要時間の

算定モデルの開発～東京区部の避難危険度測定のために～、地域安全学会講演集、pp.172-175、1999。

- 8) 安東大介・片谷教孝：避難者の心理的要因の確率分布を考慮した災害時避難モデル、地域安全学会講演集、pp.176-179、1999。
- 9) 亀田寛之・萩原良巳・清水康生：京都市上京区における災害弱地域と高齢者の生活行動に関する研究、環境システム研究論文集、Vol.28、pp.141-149、2000。
- 10) J.A.Bondy and U.S.R.Murty：グラフ理論への入門、共立出版、1991。
- 11) 都市緑化技術開発機構 公園緑地防災技術共同研究会 編：防災公園技術ハンドブック、公害対策技術同友会、2000
- 12) 都市緑化技術開発機構 編：防災公園計画・設計ガイドライン、大蔵省印刷局、1999。
- 13) 日本造園学会：阪神淡路大震災緊急調査報告書、1995。
- 14) 日本造園学会・日本公園緑地協会：都市公園・震災関連検討委員会検討資料、2000。
- 15) 岡部篤行・鈴木教夫：最適配置の数理、朝倉書店、1992。

A Study of the Evaluation of Mitigation Value of Natural Open-Space Focused on Evacuation Action

Daisuke KAMIYA, Yoshimi HAGIHARA and Michinori HATAYAMA

Natural open-spaces are important for residents to enjoy in daily life and to take refuge in case of earthquake disaster. Therefore, value of space must be evaluated considering with mitigation function. Especially, mitigation value of natural open-space is evaluated focused on evacuation action and safety for radiant heat.

Firstly, this paper shows that a simulation of evacuation action is done considering with divided region and adjacency relation of chou-chou-moku. This simulation analysis is done using dual graph. And the assumption evacuating number of person every space is calculated. Mitigation value is evaluated using number of person and safety every space.

Secondly, this value is evaluated focused on temporal evacuation life.