

都市域における自然的空間の 整備計画に関する研究

神谷 大介¹・吉澤 源太郎²・萩原 良巳³・吉川 和広⁴

¹学生会員 工修 京都大学大学院 工学研究科土木システム工学専攻 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

²学生会員 関西大学大学院 工学研究科土木工学専攻 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35)

³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)

⁴名誉会員 工博 関西大学教授 工学部土木工学科 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35)

自然的空間は都市域で生活する人々にとって貴重な空間であり、地震時には減災空間となる。このため、空間の整備計画では利用者心理を反映した空間の配置を考えなければならない。そこで本研究では、大阪府の北摂地域を対象として、現地調査とアンケート調査を行った。空間を階層的に捉え、ポロノイ分割を行うことにより、階層間の関係を示した。さらに、空白円を用いて「自然と触れあう機会の平等さ」「地震時の避難しやすさ」という視点からの配置の評価を行い、整備すべき場所を明らかにした。整備内容と利用者心理との因果関係を明確にするために、これらの関係を心理学的にモデル化し、共分散構造分析を用いて階層毎に分析を行った。これより、階層毎に整備すべき内容を明らかにした。

Key Words : hierarchical model, voronoi diagram, covariance structure analysis

1. はじめに

近年、都市域で生活する人々の自然と触れあえる空間（以下、自然的空間と呼ぶ）整備に対する欲求が高くなってきていると言われている。このために地域計画において整備すべき空間としては、都市公園・緑地・河川・ため池があげられる。これらの自然的空間は、日常時において、地域で生活する人々の遊びに利用されるだけでなく、地震時には避難空間としても利用される。このため、空間の整備計画は日常時と地震時の両方を考慮しなければならない。さらに、利用者心理を反映した整備を施さなければならない。つまり、2つの状況考えた整備内容と配置を考える必要がある。

このため、本研究では対象地域の空間を階層的に捉え、空白円を用いて整備すべき場所を明らかにする。さらに、共分散構造分析を用いて、利用者の心理的要因と空間の整備内容の関係を明らかにする。空間の階層的分類は都市公園の分類において行われているが、地域全体の空間を対象とし、その配置と整備内容に関する研究は著者の知る限りはない。また、共分散構造分析を用いて、利用者心理と整備内容の関係の研究としては、水辺を対象と

表-1 現地調査項目

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">・利用状況（人数・利用目的・利用グループ等）・水辺（有無・河川やため池等の形態・水際線の形状・アプローチの可能性・生物・におい・地震時の水の取得の可能性）・緑（緑量・配置・樹木や草花の種類・花壇）・周辺状況（周辺土地利用・周辺の施設）・アクセス（駐車場・駐輪場・バス停・駅・モノレール）・その他（遊具・休憩施設・トイレ・水道・照明・遊歩道・維持管理の状況・災害時用施設・公民館等） |
|---|

した清水ら¹⁾の研究がある程度である。

以上のことから、本研究では大阪府の北摂地域である吹田市・茨木市・高槻市・摂津市という具体的な地域を設定し、自然的空間整備計画において「どこに」、「どのような」空間を整備すべきかを明らかにすることを目的とする。

2. 自然的空間の階層化

対象地域にある1ha以上の自然的空間の現地調査を1999年7月から11月の計7回行った。1ha以上とした

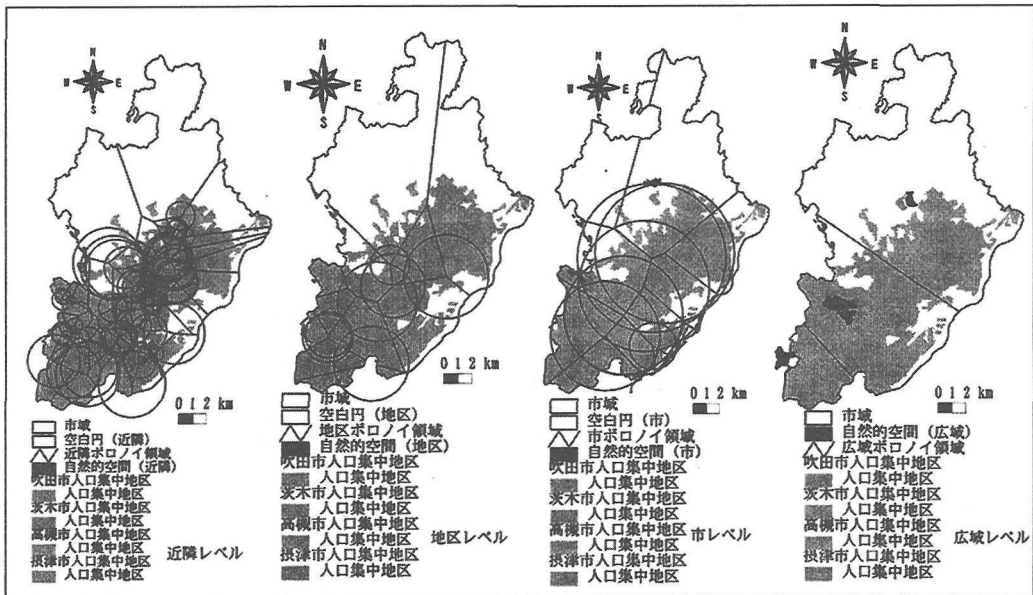


図-3 階層毎のボロノイ領域と空白円

の空間が他の階層に対して関係圏を持っていることがわかる(図-2)。この図は、各階層のボロノイ領域が1つ上の階層のどのボロノイ領域に含まれるかを、矢印を用いて表現したものである。ここで、空間選択行動を考えると、利用者は空間までの距離が近いことを好むであろう。しかし、近い空間が好ましい空間でなかったり、その時の利用目的を達成することの出来ない空間であれば、少し離れても好ましい空間を探すであろう。このように考えれば、この階層化は空間選択における選択肢を表現したものであり、利用者が距離の最も近い各階層の自然的空間を選択すると仮定すれば、選択行動を表現しているのである。このような行動は、地震時の避難行動についても同様に考えることが出来る。近隣・地区レベルの空間は一時避難空間であり、市・広域レベルの空間は広域避難空間としての機能を持っているため、避難行動として捉えることも出来る。

このように自然的空間を階層化して眺めることによって、各階層の関係を見ることが出来るだけでなく、利用者にとっては市の境界に関係なく選択肢が存在することがわかる。実際、利用者は自分の住んでいる市の空間のみを利用しているのではないので、隣接する市は互いに空間の特性や配置を考慮して整備すべきであるといえる。

3. 自然的空間の配置の評価と整備場所の決定

日常時の自然と触れあう機会の平等さ、地震時の避難

しやすさという視点から空間配置の評価と整備すべき場所を明確にする。評価と整備場所の決定は階層毎に行う。これは、現地調査より各階層によって利用形態が異なっており、アンケート調査からも利用目的や滞在時間・利用グループが異なっていたためである⁴⁾。

まず、階層間の関係の分析において用いたボロノイ図をもとに、ボロノイ領域の頂点(ボロノイ点)を設定する。この点は、相対的に自然的空間までの距離が遠い地点を表現している。そして、実際の距離を表現するボロノイ点を中心とした空白円を求める(図-3)。この空白円の半径の大きさによって評価を行う。日常生活における自然と触れあう機会の平等さ、地震時の避難のしやすさを考えると、空間までの距離が非常に重要な要因であることは容易に考えられる。ここで述べている触れあう機会の平等さは、近くに空間があれば自然と触れあう機会は増加するという仮定の下で考えているが、この仮定は自然に受け入れることができるものである。この仮定の下では、地域全体として触れあう機会を増加させるためには、距離に関して最も遠い場所に整備することが最も効率的であるといえる。ここで、山麓部にあるボロノイ点や、他の階層の自然的空間内にあるボロノイ点は除外していることを断っておく。

ボロノイ点は自然的空間の数が増加するにしたがって増加するものであり、どの程度の距離以上が整備すべきかという評価基準を設定する必要がある。この基準設定のために、利用者の移動距離とそれに対する意識分析を行った。アンケートの調査期間は1999年11月、調査対象者は対象

表-2 平均移動距離

自然的空間のレベル	平均移動距離 (m)
近隣レベル	940
地区レベル	1440
市レベル	2600
広域レベル	2720

表-3 行きやすいと思わない回答率 (近隣・地区)

移動距離 (m)	近隣の回答率 (%)	サンプル数	地区の回答率 (%)	サンプル数
0-500	3.8	26	16.7	6
501-1000	7.1	14	5.9	17
1001-1500	17.6	17	20.0	5
1501-2000	9.5	13	7.7	13
2001-2500	0.0	1	0.0	2
2501-3000	50.0	6	0.0	1
3001-	60.0	5	20.0	5
無回答	-	12	-	2

表-4 行きやすいと思わない回答率 (市・広域)

移動距離 (m)	市の回答率 (%)	サンプル数	広域の回答率 (%)	サンプル数
0-500	0.0	5	-	0
501-1000	0.0	4	0.0	1
1001-1500	-	0	0.0	8
1501-2000	0.0	4	0.0	10
2001-2500	0.0	1	10.7	28
2501-3000	50.0	2	0.0	4
3001-3500	33.3	3	14.3	14
3501-	18.2	22	16.1	56
無回答	-	9	-	6

地域の住民、調査方法は郵送調査法と留置調査法の併用、サンプル数は347 (信頼性90%での必要サンプル数271) である。移動距離はGISを用いて調べた。具体的には、アンケートにおいて住所と利用する空間を調査し、その結果をGISに入力して分析した。結果を表-2に示す。意識分析においては、「距離について行きやすいと思いますか」という質問に対して「思わない」という回答率を距離別に算出した。その結果を表-3、表-4に示す。

平均移動距離に意識分析の結果を加味して、評価基準を以下のように決定した。近隣レベルにおいて1000m以上、地区レベルにおいて1500m以上、市レベルにおいて2500m以上、広域レベルにおいて3000m以上である。これらの値よりも大きい空白円半径を有するポロノイ点周辺地域は相対的に自然的空間までの距離が遠く、触れあう機会の平等さという視点からみると、整備すべき場所であるといえる。これを表したのが図-4である。

これより、鉄道沿線や国道沿いに自然的空間に恵まれていない地域が比較的多く存在し、特に市レベルにおいてはその傾向が顕著に表れている。これらの地域の共通点としては、人口密度が周辺地域に比べると高く、土地利用においては主に低層住宅地や工業用地であった。しかし、その

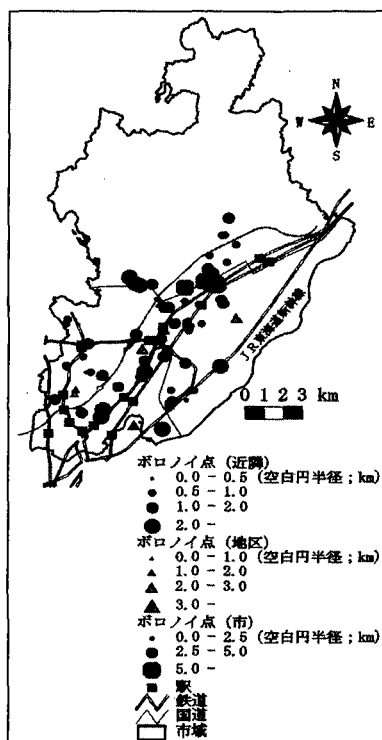


図-4 整備すべき場所

中でも吹田の操車場の跡地や、フェンスに囲まれて人が入ることが出来ないため池があり、そのような場所を整備することが有効であるといえる。分析結果と土地利用を重ね合わせることで、整備可能な整備すべき場所を明らかにすることが出来る。

4. 心理的要因と物理的要因との関連分析

整備すべき場所が明らかになれば、次にどのような整備を施さなければならないのかを明らかにしなければならない。このため、本研究では利用者心理に対して心理学的アプローチを試みる^{6),7)}。具体的には、空間認知における主要な軸を明確にし、最も重要な軸に関して、整備内容との因果関係を明確にする。

このため、本研究では共分散構造分析⁸⁾を用いる。共分散構造分析とは、観測変数間の変動について、潜在変数を導入することによって因果関係を明らかにする多変量解析手法である。このため、適切な潜在変数を設定し、設定した潜在変数の妥当性と潜在変数間および潜在変数と観測変数間の因果関係を検証しなければならない。そこで、本研究では相関関係の背後に潜む構造を明らかにするための多変量解析手法である探索的因子分析⁹⁾ (以下、因子

表－5 質問項目

心理的要因	物理的要因
行きやすい	距離について行きやすい
自然と触れあいやすい	交通の便がよい
やすらぎを感じる	駐車場・駐輪場が多い
のんびりできる	樹木が多い
出来ることが多い	草花が多い
静か	鳥が多い
景色や風景がよい	昆虫が多い
季節感を感じる	生物が多い
歴史を感じる	休憩施設が多い
身近に感じる	遊歩道が多い
個性的だと思う	広い
	遊び場が多い
	手入れが行き届いている

表－6 因子分析結果（市レベル）

変数名	第1因子	第2因子	第3因子
行きやすい	0.003	0.622	-0.198
自然と触れあいやすい	0.892	-0.123	-0.049
やすらぎ	0.361	0.567	-0.192
のんびり	0.521	0.419	-0.287
静か	0.314	0.558	0.309
景色	0.898	0.009	0.193
季節感	0.892	-0.185	0.180
歴史	0.006	0.084	0.836
身近	-0.363	0.836	0.278
個性的	0.183	-0.054	0.770
固有値	4.522	2.060	1.227
寄与率	45.2	20.6	12.3

分析と呼ぶ)を行い、この結果を用いて潜在変数を設定した。因子分析は、「観測変数間の相関関係は、背後に潜む少数の潜在変数が影響を与えることによって生じている」と仮定し、観測変数が全ての因子（共分散構造分析における潜在変数）から影響を受けていると考えるモデルである。これは、利用者の空間認知において潜在的に有している軸を明確にすることでもある。また、本研究では複雑な要因が絡み合っているデータを分析するため、複数の因子同士が無相関であるとは考えにくいので、因子分析には因子間の相関関係を認めた斜交解のプロマックス法を用いた。

アンケート調査においては表－5に示すように、回答者がよく利用する空間に対して、心理的要因と物理的要因に関する質問を回答してもらった。心理的要因とは量的には把握することが困難な要因であり、雰囲気等に関して利用者がどのように感じているかを表現するものである。一方、物理的要因とは、自然的空間の人工的および自然的整備水準が量的にどのように捉えられているかを計測したデータである。心理的要因の因子分析結果については、結果の一例として市レベルの分析結果を表－6に示す。また、結果には固有値が1.000以上の因子のみ示している。

全ての因子分析結果において KMO (Kaiser-Meyer-Olkin-measure) が 0.75 以上であることより、因子分析結果は変数の変動に適合しており、バートレットの球面

性検定において有意確率は 0.000 となり変数間の相関は高く、共通因子を持つている可能性は高い。これより、この結果は変数の性質を十分表現しているといえる。つまり、利用者が潜在的に有している空間認知における認知のための軸としての説明力は高いといえる。

近隣レベルにおいて、第1因子は、「のんびりできる」の因子負荷量が 0.950 と最も高く、次いで「自然と触れあいやすい」、「やすらぎを感じる」となったことより、利用者が自然を感じながら心を落ち着かせることができるということを表しており、「居心地の良さ」と解釈した。第2因子は、「個性的」の因子負荷量が最も高いこと、歴史や季節感というものは自然的空間の個性となりうるものであると考え、「個性」と解釈した。第3因子は、「身近に感じる」の因子負荷量が 0.801 と最も高く、次いで「行きやすい」の 0.528 となった。これより「親近感」と解釈した。以上より、利用者が近隣レベルという規模の小さな自然的空間を認知するための軸は、「居心地の良さ」、「個性」、「親近感」という3つの潜在的な因子であるといえる。

地区レベルにおいては、第1因子は近隣レベルと同様に「居心地の良さ」と解釈した。第2因子は、「歴史を感じる」、「身近に感じる」、「個性的」の3項目が約 0.700 となっており、歴史は自然的空間の個性と考え、身近さと個性との合成変数としての「身近な個性」と解釈した。これは、他の自然的空間とは異なった特性をもった空間が近くにあることを表現している。第3因子は、「行きやすい」が 0.784、「景色がよい」が 0.554 となっている。さらに、「のんびりできる」、「やすらぎを感じる」の符号が負となっていることより、空間にいることに関する指標と解釈するよりは、居住地周辺の環境に関する指標と解釈すべきである。しかし、第1因子の「居心地の良さ」との因子相関が 0.444 と比較的高いため、第1因子で説明しきれなかった要素に関する説明といえる。

市レベルにおいて、第1因子は、「景色がよい」、「季節感を感じる」、「自然と触れあいやすい」が 0.890 から 0.900 の間と高い因子負荷量であることから、都会で生活する人が自然に恵まれた地方を思い浮かべるといふ「郷愁」と解釈した。第2因子においては、「身近に感じる」の因子負荷量が 0.836 と最も高く、次いで「行きやすい」が 0.622 となっていることより親近感と解釈した。第3因子においては、近隣レベルと同様の考えより「個性」と解釈した。また、第1因子と第2因子の因子相関が 0.599 と高い値を示した。このことは、因子の解釈がしやすいように単純構造を持つ解を求めたため2つの因子として解釈したが、因子軸の回転を行わなければ類似した傾向を示したいたことが読みとれる。

広域レベルでは、第1因子において、ほぼ全ての項目が比較的高い値を示しており、市レベルにおいて第1因

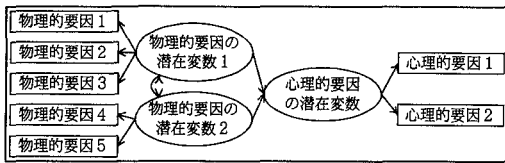


図-5 整備内容と心理的要因との関係

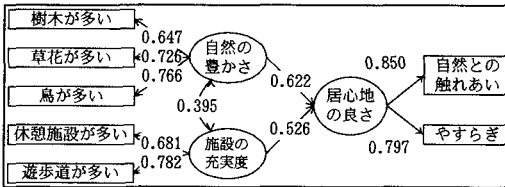


図-6 整備内容と心理的要因との関係 (地区)

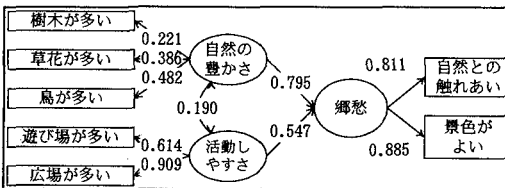


図-7 整備内容と心理的要因との関係 (市)

表-7 結果の信頼性 (地区・市)

	地区レベル	市レベル
χ^2 値	10.112	7.779
自由度	11	11
P 値	0.520	0.733
GFI	0.929	0.949
AGFI	0.818	0.870
RMSEA	0.000	0.000

子と第2因子の因子相関がより高くなったものと考えられ、因子の解釈は「居心地の良さ」とした。第2因子はこれまでと同様の理由で「個性」と解釈した。第1因子と第2因子との因子相関は 0.477 と、やや相関関係があった。

以上より、利用者は「居心地の良さ」、「親近感」、「個性」、「郷愁」という軸でもって空間を認知しているということがいえる。しかし、近隣・地区・市レベルにおいては約7割の説明力を有しているが、広域レベルにおいては約5割の説明力しか有しておらず、今後はアンケートの質問項目を改良する必要がある。また、全てのレベルの因子相関において、0.400 から 0.600 程度の値がえられたのは、ここであげた項目は全て自然的空間の評価指標として考えられる項目であり、好ましさに関する項目として設定したものであるため、因子相関が高くなったと考えられる。しかし、因子相関が高いということは、バリマックス法のように直交軸の解を求めず、プロマックス法を用いたことが適切であったといえる。

次に、整備内容(物理的要因)と心理的要因の関係について分析を行う。ここでは、心理的要因の最も主要な因子である第1因子について分析を行う。これらの関係について観測変数間での直接的因果関係を分析するパス解析や、1つの潜在変数を仮定する MIMIC (Multiple Indicator Multiple Cause Model) では信頼性が低い結果しか得られなかった。整備内容に関する潜在変数が心理的要因に関する潜在変数に影響を及ぼしているという状況を表現する図-5のモデルを想定することによって信頼性のある結果が得られた。ここで、楕円で囲んでいる変数が潜在変数であり、長方形で囲んでいる変数が観測変数である。また、片矢印は因果関係を表し、両矢印は潜在変数間の相関を表現している。

図-5の関係をもとに各レベルにおける心理的要因の第1因子に関して分析を行った。紙面の都合上、地区レベルと市レベルの分析結果を図-6、図-7、結果の信頼性を表-7に示す。これより、地区レベルにおいては、居心地の良い自然的空間にするためには、自然を豊かにし施設を充実させることが重要である。広域レベルにおいても同様の結果が得られた。近隣レベルにおいては、施設の充実度と自然との豊かさとの因子相関が0.644と高く、施設の充実度と居心地の良さとの因果係数が0.263と小さいことから、施設の充実度が自然の豊かさを通して居心地の良さに対して影響をおよぼしているという間接効果があると考えられる。市レベルにおいては自然が豊かで遊び場や広場といった活動しやすさを向上させる設備を施すことによって、快適に利用できる自然的空間を創出できることがわかった。全てのレベルにおいて「自然の豊かさ」に対して「鳥」の存在が影響しており、鳥を集める整備を施すことが有効であるといえる。なお、このモデルの適合度を表す各指標は信頼性のある値を得ている。

以上の結果は十分想定できる結果と考えることもできるが、整備内容と心理的要因との因果関係を同定することが出来たということは有益なことである。サンプルの制約上、空間の規模によってのみ分析を行ったため、どの空間にでもあてはまる結果が出たのであるが、サンプル数を増加させることによって、空間をより詳細に分類して分析を行うことが可能であり、さらに、利用者属性別の分析を行うことができるため、整備計画をたてるにあたってより有益な情報を得ることが出来る。

5. おわりに

本研究では、大阪府の北摂地域を対象として、自然的空間の整備計画を考える上で重要な配置場所と整備内容に関する研究を行った。まず、現地調査より空間の特性が利用に影響していることがわかった。空間利用に影響

を及ぼす空間特性に関して ISM を用いて構造化し、空間の規模が最も影響を与えるという結果を得た。これより、規模によって空間を階層的に分類して研究を行った。各レベルのボロノイ領域を重ねあわせることによって、地理的にみた階層間の関係が利用者の空間選択行動として捉えることが出来るとともに、隣接する市がお互いに現在存在する空間を考慮しながら整備する必要性があることを示した。空白円を用いることによって、相対的に自然的空間に恵まれていない地域を明らかにし、これは自然と触れあう機会の平等さと、地震時の避難行動という視点から整備すべき場所を明確にした。

次に、利用者の意向を反映した空間整備を行うための考え方として、空間属性と利用者心理の関係を、潜在変数を導入することにより因果関係として明らかにすることが出来た。サンプル数の制約上、各レベルにおいてどの空間にでも当てはまる結果しか得ることが出来なかったが、サンプル数を増加させることで、水辺の有無やその形態といった違いが利用者心理に与える影響を分析することが可能であり、利用者心理を反映した自然的空間整備計画をたてる上で有効であることが示せた。

今後の課題としては、空間の規模だけでなく、質を考慮した分析と利用者属性別の分析を行うことでありこのためのサンプル数を増やすことである。さらに、空間の多様性や地域全体としての評価を行うことも今後の課題である。

最後に、GIS の指導および調査に協力して頂いた北海道大学大学院 川村真也氏、貴重なコメントを頂いた京都大学防災研究所助手 清水康生氏、京都大学大学院 阪本浩一氏に感謝いたします。また、アンケート調査に協力して頂

いた関西大学工学部土木工学科地域計画研究室の皆様にも感謝いたします。

参考文献

- 1) 清水丞, 萩原清子, 萩原良巳: 潜在変数を考慮した水辺利用行動選択モデルの環境評価への適用, 第 13 回環境情報科学論文集, pp.155-160, 1999.
- 2) 大阪府総務部消防防災安全課: 大阪府地域防災計画関係資料, 1998.
- 3) 吉川和広 編著: 土木計画学演習, 森北出版, 1985.
- 4) 神谷大介, 吉川和広, 萩原良巳: 利用者心理にもとづく都市域の自然的空間整備に関する研究, 平成 12 年度関西支部年次学術講演会 講演概要, IV-59-1-IV-59-2, 2000.
- 5) 岡部篤行, 鈴木敦夫: シリウス現代人の数理 3 最適配置の数理, 朝倉書店, 1992.
- 6) 片平秀貴: マーケティング・サイエンス, 東京大学出版会, 1987.
- 7) 多賀秀継 編: 認知と思考 思考心理学の最前線, サイエンス社, 1994.
- 8) 豊田秀樹: 統計ライブラリー 共分散構造分析[入門編]—構造方程式モデリング—, 朝倉書店, 1998.
- 9) 豊田秀樹, 前田忠彦, 柳井晴夫: ブルーバックス 原因を探る統計学 共分散構造分析入門, 講談社, 1992.

A STUDY OF NATURAL ENVIRONMENTAL SPATIAL PLANNING IN URBAN AREA

Daisuke KAMIYA, Gentarou YOSHIKAWA,
Yoshimi HAGIHARA and Kazuhiro YOSHIKAWA

Natural environmental spaces are important for residents to enjoy in daily life and to take refuge in case of disaster. Therefore, spatial planning must be considered with both situation and their consciousness. This paper shows the location where used for these, and make clear the relation of these characteristics and user's cognition.

Fieldwork and consciousness research concerning natural spaces at Hokusetsu region in Osaka prefecture were done. These characteristics that give influence to users are structured with ISM, and these are classified to hierarchy by area. The relation between hierarchies is analyzed by voronoi diagram. And the locations far from natural spaces are made clear by void circle.

The relations of these characteristics and user's cognition are modeled with latent variables that are given factors by exploratory factor analysis model. These relations are analyzed with covariance structure model, and made clear by every hierarchy.