

徳島大学 正会員 青山 吉隆
 明石高専 正会員 ○ 大橋 健一

1. はじめに

数量化理論は、適用の歴史が浅く、サンプル数、アイテムカテゴリーなどの適切な大きさについての客観的な基準とか、相関比の大きさの目安といったものが蓄積されていない。また、応用例の有効さの判断も不統一であり、適用に当たっては、分析者の経験に加えて主観により判断されることも多い。一方、これまでの数量化理論Ⅱ類の信頼度に関する研究により、アイテムカテゴリーとか、サンプル数などⅡ類の適用条件の違いによって信頼度が大きく変動することが明らかとなっている。

本研究では、土木計画への適用例として、土木工学、都市計画、交通工学の分野の既発表論文において、Ⅱ類を適用した場合の外的基準が何か、また、アイテムカテゴリーなどの適用条件と信頼度について考察する。なお、Ⅱ類の適用例は、本研究で取り挙げたもののみならず、土木計画のモデル推定とか分析の手法として広く利用されているが、ここでは、土木計画に関連した文献に発表されているものに限定した。

2. 数量化理論Ⅱ類の信頼度

われわれは、これまでの研究によって、(1)、(2)、(3)以下に述べるような数量化理論Ⅱ類の適用時における性質を解明している。

(1) Ⅱ類の適用条件において、サンプル数、相関比、総カテゴリー数の要因が信頼度に大きな影響を及ぼす。アイテム数の影響は小さく、総カテゴリー数の要因効果に包含される。そして、相関比は母集団固有のものであり、また、アイテムカテゴリーも先決されるため、Ⅱ類の適用時に信頼性を高めるための操作可能な条件はサンプル数である。

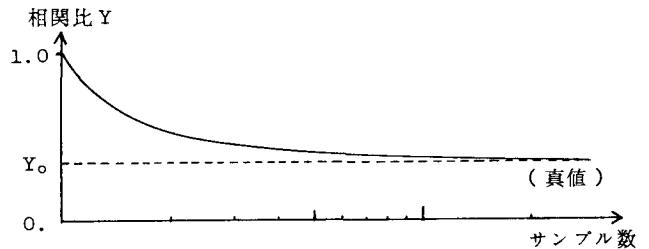


図-1 相関比の変動

(2) 母集団から抽出するサンプル数を増加していった場合の相関比の変動は、図-1に示すように1から指数的に減滅して、真値である母相関比へ近づく。このとき、母相関比が高いほどより少ないサンプル数で、反対に、母相関比が低いほどより多くのサンプルによって母相関比に漸近する。

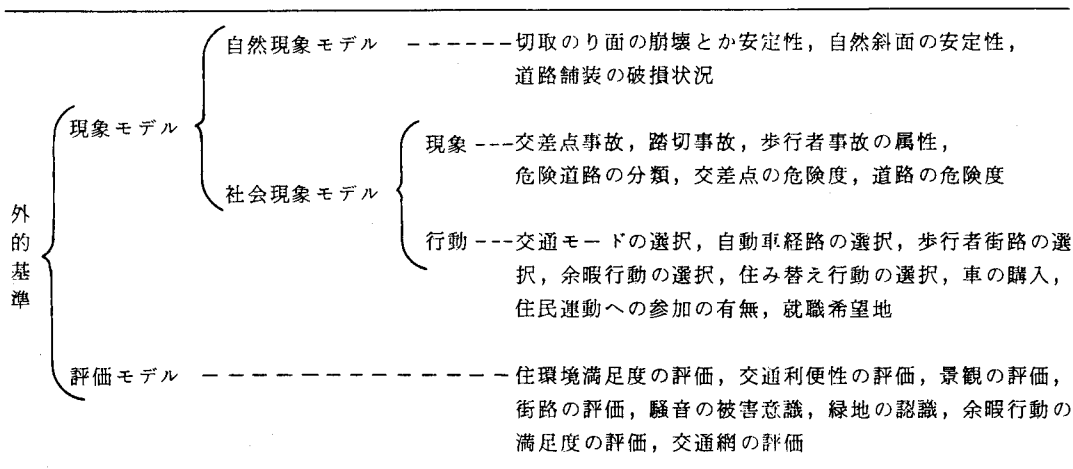
(3) サンプル数を増加していった場合のカテゴリースコアの変動については、いずれのカテゴリーも零付近から真値へと指数的に特化していく。このとき、多くのカテゴリーに細分化されたアイテムカテゴリーとか、サンプルの反応の少ないカテゴリーは、他のカテゴリーと比較して信頼度が劣る。また、従属関係にあるアイテムカテゴリーは、独立なものと比較して信頼度が劣る。レンジについては、サンプル数の少ないときアイテムの説明力が均等化され、真のレンジの大きなアイテムは小さめに、真のレンジの小さなものは大きめに表われる。

(4) 任意のサンプル数における相関比・カテゴリースコアの標準偏差も、サンプルの増加とともに指数的に減少しており、分析結果のバラツキもサンプルの増加とともに減少する。

3. 適用例の分類

適用例は広範囲にわたっており、着目する点によって色々な分類が考えられるが、適用例の外的基準に着目するならば、表-1に示す分類が考えられる。外的基準が計測しやすい「現象モデル」と、計測しにくい「評価モデル」が考えられる。「現象モデル」については、「自然現象」と「社会現象」に分類でき、社会

表-1 外的基準による数量化理論Ⅱ類の適用例の分類



現象については、周囲の条件とか環境によつて生ずる事故などを単に「現象」とし、人間の意識を通して生ずる交通機関の選択などを「行動」とする。また、「行動」と「評価」については、外的基準の主体が同じ人間であり同一のものと考えられることもできるが、環境に影響される意識の状態を示すものを「評価」とし、人間の意識を通して生ずるものを「行動」とする。

取り挙げた文献の多くが社会的現象を対象としていることにもよるが、自然現象への適用は少ない。これは、説明変数に線形結合を仮定しているⅡ類の性質より、内部構造をブラックボックス化しアウトプットされた因果関係に着目する傾向が強いためであろう。このため、「自然現象」への適用については、のり面の安定性など多くの因子が複雑に影響し内部構造の理論的解明が困難な場合に限定されている。一方、「社会現象」には多くの適用例がみられる。社会現象の「現象」そのものについては、交通事故の分析に多く適用されている。現象を出現度数でみるならば定量的なものとなり、このため、現象面への適用は比較的頻度の少ないものに限定されており、むしろ、事故による危険度の分析ではⅡ類よりもⅠ類がより適しているものと思われる。社会現象の「行動」については、人間の意識を通して行動が選択されるため、行動という外的基準そのものが定性的となりⅡ類の使用に適する。しかし、Ⅱ類ではモデルの内部をブラックボックスとする問題点もあり、経済モデルなどⅡ類以外の分析モデルもよく利用されている。「評価モデル」については、最も多くの適用例がみられる。住民を取り巻く環境の評価も基本的には定量的な因子と考えられるが、現象面の計測のように統一した基準が見当たらないため、序数的尺度で計測せざるを得ない。このため、居住環境、交通利便性、騒音被害など土木施設が作用する環境を総合的に評価する分析方法としてⅡ類はよく利用されている。

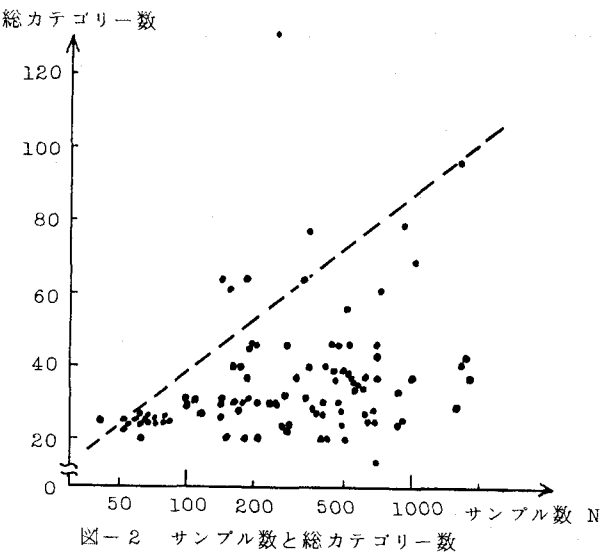
以上のように、Ⅱ類はあらゆる分野において数多くの適用例がみられる。そして、周知のように、土木計画で対象とする施設は主に公共財であり、市場機構が一般に存在しない。また、土木施設が作用する環境の評価を直接測定することも困難であることから、地域住民を通して間接的に測定する場合が多い。このため、環境評価モデルにおいて、現在のところ、Ⅱ類は総合評価を計量する最もふさわしい手法の一つとなっている。

4. 適用例の周辺条件

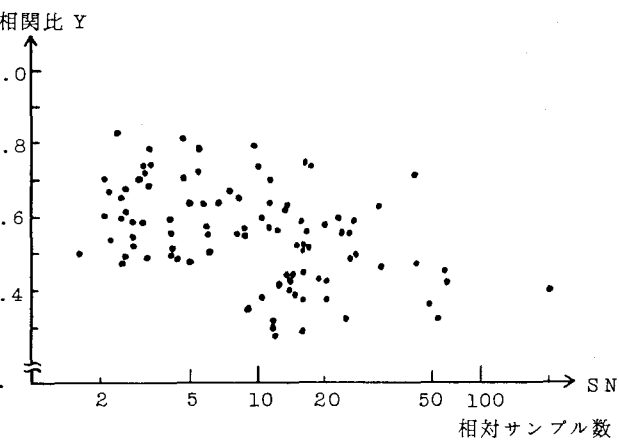
アイテムカテゴリーなどの周辺条件は適用例において大きく変化しており、およその範囲は、アイテム数で3～30、総カテゴリー数で20～100、サンプル数で50～2000、相関比で0.3～0.8である。

適用例のサンプル数と総カテゴリー数を示したのが図-2であり、当然のことながらバラツキが大きい。ところが、サンプル数に対するカテゴリー数の上限を連ねると図のように右上りの関係が存在している。横

軸が対数であるため、実際には指数的な関係と思われる。この図においては、任意のサンプル数に対してこの線以上のカテゴリは取られない傾向、あるいは、任意の総カテゴリ数に対してこの線以上のサンプル数が取られる傾向がある。また、この線の下ほどに適用例が集中していることより、分析者は暗黙のうちにカテゴリ数に比較してサンプル数を増し、分析結果の信頼度を高めるように安全側の配慮をしている。つまり、この線より上側の適用例ではサンプル数も少なく分析結果の自由度も低いものであり、下側ではサンプル数も多く自由度も高い。カテゴリースコア決定の自由度が低ければ得られる相関比は大きく、自由度が高ければ相関比も小さくなることが予想される。



次に、総カテゴリ数と相関比の関係については、総カテゴリ数が少ない場合の相関比は大きくばらついているが、総カテゴリ数が多くなると相関比の小さい適用例は減少している。



サンプル数と相関比の関係については、サンプルの増加に連れて相関比の減少傾向がみられる。これらの適用例はいずれも総カテゴリ数が変化しており、カテゴリースコア決定の自由度であるサンプル数と相関比を比較するため、サンプル数を総カテゴリ数で除した相対サンプル数を求め、相対サンプル数と相関比の関係を示したのが図-3である。サンプル数の場合と同様、相関比が減少している。ここで、相対サンプル数を5間隔にクラス分けし、相対サンプル数の増加による相関比の平均の変化を示したのが表-2であり、相対サンプル数が約15となるまで相関比が減少しており、その後はほとんど変化しない指数的減少である。表-2の水準における相関比の変動を分散分析した結果が表-3であり、相対サンプル数の違いにより相関比に有意な差がみられる。分析例の母相関比はランダムな値を取ることが予想されるが、母相関比

図-3 相関比と相対サンプル数

表-2 相関比の変化

水準	相対サンプル数	度数	相関比の平均
1	0 ～ 5	31	0.616
2	5 ～ 10	15	0.600
3	10 ～ 15	18	0.488
4	15 ～ 20	12	0.521
5	20 以上	18	0.491
全 体		94	0.553

へ指数的に減少する性質から判断するならば、サンプル数が不足している適用例があるためこのような傾向が表われている。これに反して、相対サンプル数が20以上となればランダムとなっており、母相関比に十分近いものと考えられる。

図-4は、任意の相対サンプル数と相関比の変動の一例を示したものであり、相関比の実験値と真値を比較することによりⅡ類適用の信頼度を求めることができる。図-5は、相対サンプル数の度数分布を示したものであり、これらの適用例の相関比が図-4に示す母相関比0.5の変動をするものと仮定したとき、これらの適用例の75%が入る相関比の誤差は0.139、50%では0.068、25%では0.042となる。

5. 結論

土木施設が作用する環境の評価モデルと行動の選択モデルとして、数量化理論Ⅱ類はよく利用されており、なかでも環境の総合評価においては、Ⅱ類は最も適切な方法の一つと思われる。ところが、適用例の有効さの判断基準がないために、アイテムカテゴリーに対するサンプル数が不足するものもみられ、適用例の信頼度も必ずしも十分なものとは言えない。

このため、数量化理論Ⅱ類の適用に当たっては、以下の点に注意しなければならないものと思われる。

(1) 一般の標本調査では、サンプル数により推定値の分散は変化するが、任意のサンプル数において推定値の期待値と真値は常に一致している。ところが、Ⅱ類においては、サンプル数の増加とともに指数的に真値へと近づくため、サンプル数が不足した場合、相関比・スコアの期待値は真値と一致しない。

(2) このため、得られた相関比だけでⅡ類の適合度を判断することは危険である。相関比・サンプル数・総カテゴリー数を同時に考慮したうえで適合度を判断すべきであり、Ⅱ類の適用において、相関比・サンプル数・総カテゴリー数の3条件は必ず明記する必要があるものと思われる。

(3) 適用例から判断するならば、母相関比の大小など他の条件にもよるが、一つの目安として、相対サンプル数が20以上となれば母集団の特性が十分表われるものと思われる。反対に、相対サンプル数が10以下となるようなことはできるだけ避けた方が望ましい。

〔参考文献〕 青山吉隆、大橋健一：「数量化理論Ⅱ類の意識調査への適用に関する研究」，第4回土木計画学研究発表会講演集，1982

表-3 分散分析表

因子	自由度	変動	分散	分散比
水準間 (SN)	4	0.315	0.0787	5.44**
誤差	89	1.289	0.0145	
全体	93	1.604		

$$F_{0.05}(4, 89) = 2.47$$

$$F_{0.01}(4, 89) = 3.54$$

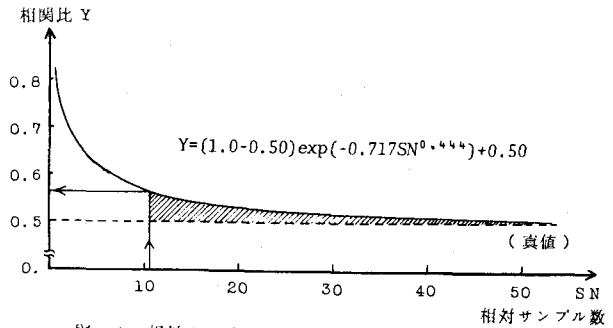


図-4 相対サンプル数と信頼度

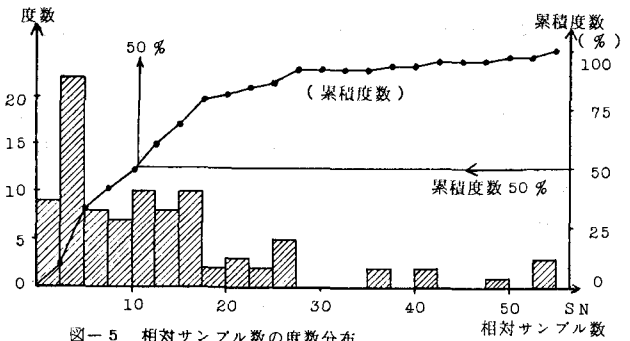


図-5 相対サンプル数の度数分布