

# 階層化意思決定法 (AHP) を用いた オリンピック開催地選定の分析

2012SE137 前田響

指導教員：福嶋雅夫

## 1 はじめに

AHP(階層化意思決定法)は、Analytic Hierarchy Processesの略称であり、物事や事柄を決定する際に選択肢に対する様々な面での評価を数値化して表した上で、それを元に選択肢の評価を数値として算出し、客観視したときに一番よいと思われる方法を選択するための手法の一つである [5]。この方法を用いれば、主観をできるだけ取り除くために評価項目ごとに対比較を行い、公平に近い判断を下すことができる。また評価が数値化されているため、最終判断をした根拠が明らかとなる [4]。

本研究で取り上げたオリンピック開催地の選定では、二段階構成で選定が行われており、第一段階で、立候補した都市に対し評価項目ごとに点数付けをするなどして都市を絞り込み、第二段階で、絞られた都市について IOC 委員会が現地視察を行った報告書をもとに、総会において投票を行い開催地を決定する [1, 2, 3]。この過程の第一段階で AHP が用いることを考えた。本研究を通して、オリンピック開催地がどのようなことを重要として選ばれているのか、視点や状況を変えたらどのような国が選ばれるのかを考える。そして、意思決定においてどのような選び方がよりよい選択につながるのか考察する。

## 2 AHP(階層化意思決定法)について

目標・課題とは、AHP を用いて取り組む意思決定の目的を表す。評価基準とは、目標・課題を決定していく上での要素を表す。評価項目とは、評価基準の詳細や内容を示す指標など評価基準よりさらに細かい要素を表す。代替案とは、目標・課題に対する選択肢を表す。

### 2.1 一対比較と比較行列

初めに、記号を次のように定義する。代替案を  $c_j$  ( $j = 1, \dots, m$ )、評価項目を  $i$  ( $i = 1, \dots, n$ )、一対比較値を  $a_{jk}^i$  ( $i = 1, \dots, n; j, k = 1, \dots, m$ ) とする。 $a_{jk}^i$  は、評価項目  $i$  について代替案  $c_j$  と代替案  $c_k$  を一対一で比較した値であり、適当な値  $\theta$  ( $1 \leq \theta \leq 9$ ) を用いて、

$$\begin{cases} c_j \text{が } c_k \text{よりかなり好ましい} & \leftrightarrow \theta^2 \\ c_j \text{が } c_k \text{より好ましい} & \leftrightarrow \theta \\ c_j \text{と } c_k \text{は同じ程度} & \leftrightarrow 1 \\ c_j \text{が } c_k \text{より好ましくない} & \leftrightarrow 1/\theta \\ c_j \text{が } c_k \text{よりまったく好ましくない} & \leftrightarrow 1/\theta^2 \end{cases}$$

と定める。得られた一対比較値を  $a_{jk}^i$  を  $m \times m$  行列の要素として格納した行列  $A_i = (a_{jk}^i)$  を評価項目  $i$  に対する比較行列という。比較行列  $A_i$  は対角成分が  $a_{jj}^i = 1$  であり、さらに  $a_{kj}^i = \frac{1}{a_{jk}^i}$  という性質を持つ。得られた比較

行列は、その整合度を調べることによって一対比較の信頼度を測る必要がある。整合度  $c$  は、比較行列の最大固有値  $\lambda_{max}$  を用いて、 $c = \frac{\lambda_{max} - m}{m - 1}$  と定められ、0 に近いほど一対比較が信頼できることを示す。整合度が 0.2 程度以下ならよいとされており、もしそれ以上の値をとるときは比較行列を作り直す必要がある [5]。

### 2.2 固有ベクトル法

固有ベクトル法では、まず得られた比較行列の固有値を計算し、その最大固有値  $\lambda_{max}$  に対する固有ベクトル (主固有ベクトル)  $x^i = [x_1^i, x_2^i, \dots, x_m^i]^t$   $i = 1, \dots, n$  を求める。次に、得られた主固有ベクトルの各成分を評価項目ごとの代替案それぞれの評価値とする。例えば第 1 成分  $x_1^i$  は評価項目  $i$  の代替案 1 の評価値を示している。主固有ベクトルの各成分を代替案の評価値として用いることのできる理由については文献 [6, 7] を参照されたい。

### 2.3 手順

- (1) 各評価項目  $i$  ごとに代替案同士で一対比較を行い、一対比較値  $a_{jk}^i$  を  $m \times m$  の比較行列  $A_i$  に格納する。
- (2) (1) で得た比較行列に対する主固有ベクトル  $x^i$  を求め、成分の和が 1 となるように基準化を行う。さらに、整合度  $c$  を求め比較行列が適切であるか調べる。
- (3) 代替案を選ぶ際の評価基準間の重要度を定める。
- (4) 重みをつけた評価基準に対応する各評価項目の主固有ベクトルに重みを乗じ、再び基準化を行う。
- (5) 最後に、各代替案ごとにすべての評価項目の評価値を足し合わせることで、総合評価値を算出する。

## 3 オリンピック開催地選定の分析

今後、評価基準は「方針」、代替案は「候補地」と呼ぶ。まず、以下のように各項目を設定する。

目標・課題 オリンピック開催地の選定

方針 気候, 治安, 財政

評価項目 気温, 降水量, 失業率, 平和度指数, 犯罪発生率, 自殺率, 財政収支, 総債務残高, 医療, 開催経験

候補地 マドリード, ローマ, ワシントン, 名古屋, デリー, ドバイ, シドニー, トロント, サンパウロ, ケープタウン

### 3.1 分析 1

評価項目を予想される目標・課題に対する影響の程度で分類した。

影響度 大 気温, 財政収支, 平和度指数

影響度 中 降水量, 総債務残高, 開催経験

影響度 小 医療, 失業率, 自殺率, 犯罪発生率

また, 各方針に対応する重要度(重み)として, (影響度大, 影響度中, 影響度小)=(0.43, 0.33, 0.23)を乗じ, 分析を行う。階層構造図は図1のように作成した。

### 3.2 分析 2

本節の初めに設定した方針に従って評価項目を分類する。ただし, 医療と開催経歴は, 目標・課題に直結していることに注意する。この分析では5つの方針間で順位付けを行う。それに応じて重要度(重み)として, (1位, 2位, 3位, 4位, 5位)=(0.30, 0.25, 0.20, 0.15, 0.10)を乗じ, 分析を行う。階層構造図は図2のように作成した。

### 3.3 分析 3

分析2では方針の順位による重みの差(以後重み差と呼ぶ)を0.05として分析を行っていたが, その重み差を0.01から0.09まで変化させて分析を行う。

### 3.4 分析 4

分析1, 2, 3では候補地の数を10としたが, この分析では, ある特定の2候補地の上下関係に注目し, 候補地の数を2~5まで増やしていくと選考順位にどのような影響があるかについて分析を行う。今回は(マドリード, ローマ)に注目し, また追加する候補地は, 重みを考慮しない総合評価値での順位をもとに(マドリード, ローマ)より順位の高い候補地, 低い候補地, 中間の候補地を選んだ。

## 4 結果・考察

分析1では, 影響度大の方針に属する評価項目で高い評価値を得ている候補地が, 高い順位を得ていた。分析2より, 何か一つの評価項目の評価値が飛びぬけている候補地よりも, 平均的に各評価項目の評価値が高い候補地のほうが高順位になりやすいことが観測された。分析3では, 重み差を大きくしても, つまり各方針の重要度を明確にしすぎても順位の変動は起きにくかった。分析4では, 注目した2候補地の上下関係が入れ替わることはなかったが, 分析全体では順位の上下関係が入れ替わる2候補地の組が見られた。そこで追加の分析として, 分析4の中で上下関係が変化した2候補地の組(ワシントン, マドリード)に注目し, 新たに3候補地を追加することを行った。その際に追加する候補地は, ワシントンが高い評価値を持つ評価項目に関して, 同様に高い評価値を持つ候補地と, 逆に低い評価値を持つ候補地とした。その結果, 前者の候補地を追加したときに, 注目している候補地の上下関係が変化しない場合があった。

以上のことより, 意思決定の場において, 選択をする際は一つの評価項目に注視しすぎず, ある程度広い視野を持って選択することが良い選択につながると考えられる。また, 選択肢を用意するときは, 似たような選択肢を集めるよりは, 様々な特徴の違いを持った選択肢を用意するほうがよいと考えられる。

## 5 おわりに

本研究を通して, 意思決定の場におけるより良い選択のしかたについて考察した。しかし, 実際のオリンピックで選ばれていた候補地が必ず上位に評価されるとは限らなかった。AHPを意思決定のメインツールとして利用するためには, まだまだ工夫が必要であると感じた。特に, 本研究ではあまりふれることができなかった要素として, 整合度や不完全情報などがある。これらについて研究を進めることでよりよい選択につながると期待される。

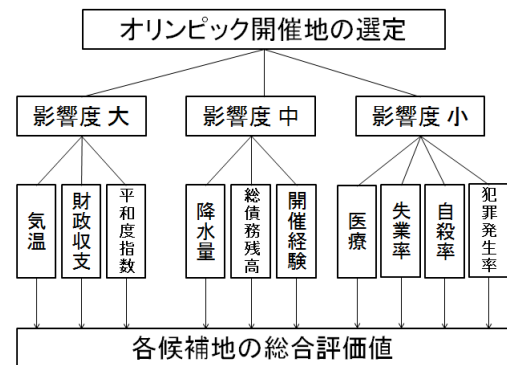


図1 階層構造 1

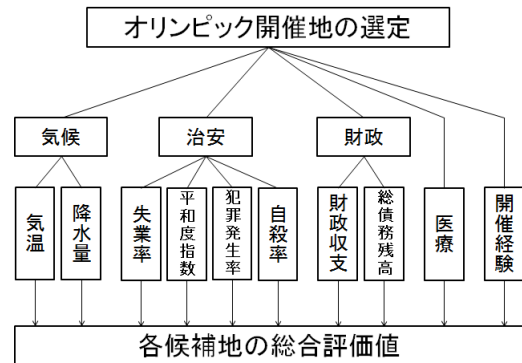


図2 階層構造 2

## 参考文献

- [1] International Olympic Committee, 「Report of the 2020 Evaluation Commission」, 19 April, 2013.
- [2] International Olympic Committee, 「Games of the XXXII Olympiad 2020 Working Group Report」, 5 April, 2012.
- [3] 公益財団法人日本オリンピック委員会:『オリンピック憲章』. pp. 59-62.
- [4] 松井泰子・根本俊男・宇野毅明:『入門オペレーションズ・リサーチ』, 朝倉書店, 2004年. pp. 91-101.
- [5] 森雅夫・松井知己:『オペレーションズ・リサーチ』, 朝倉書店, 2004年. pp. 24-31.
- [6] 高橋警郎:AHPからANPへの諸問題1, 『オペレーションズリサーチ学会誌』, 1998年1月号. pp. 36-40.
- [7] 高橋警郎:AHPからANPへの諸問題2, 『オペレーションズリサーチ学会誌』, 1998年2月号. pp. 100-104.