

## 不確実、不確定性を考慮した合意形成とその応用

関西学院大学大学院理工学研究科  
数理科学専攻 石井研究室 山田 英治

## ○はじめに

現代社会では、何らかの複数ある対象を評価し、最良な対象を選択することや、選好の順に従って複数の対象を並べる順位付けをする状況が多々存在する。このとき、対象を評価するには、結果が妥当な評価であるか、合理的な方法が用いられているかどうか問われる。さらに、複数ある対象を評価し、割り当てるときに、割り当てる数より、対象の数の方が多いことは往々にあることである。

本研究では、不確実、不確定性を考慮した合意形成モデルを考える。

評価を行うにあたり、言語情報を取り入れる。そうすることで、評価者の負担を減らすことができ、実用性も高まると考える。

また、今まであまり考えられてこなかった、割り当て数より、対象の数の方が多いことを考慮した合意形成モデルを導入する。

さらに応用として、2 つの合意形成モデルを考え、比較、検証する。

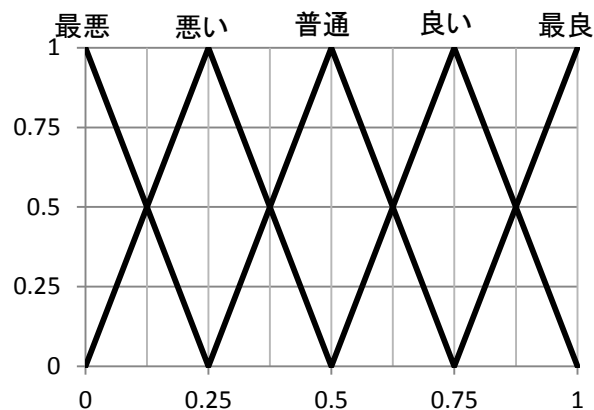
## ○言語評価

人間社会において、私たちはあらゆる場面で評価というものを行っているが、人間が行う評価というものは、ほとんどが言語によるものであり、明確な数値によるものは少ない。数値により行われる評価は端的であるものに対し、言語による評価は曖昧なものである。何らかの対象の評価に、言語情報を直接利用することは難しい。しかし、数値に近似することで、利用することが可能となり、社会において人の意見を反映できる有益な手段となる。

評価に用いる言語は、中立的な立場の言語から奇数個で、対称的に分布する。

各言語を、パラメータにファジイ集合論を利用し、中立値を 0.5 とした[0,1]区間における単峰なメンバーシップ関数で近似する。

例えば、「最悪」「悪い」「普通」「良い」「最良」という 5 個の言語を用いて評価するとき、各言語は次の図で表すことができる。



例えば「悪い」について考えると、左端は 0、頂点は 0.25、右端は 0.5 となるので、「悪い」のメンバーシップ関数は  $(0, 0.25, 0.5)$  と表す。その他の言葉も以下のようなメンバーシップ関数で表すことができる。

「最悪」  $(0, 0, 0.25)$

「悪い」  $(0, 0.25, 0.5)$

「普通」  $(0.25, 0.5, 0.75)$

「良い」  $(0.5, 0.75, 1)$

「最良」  $(0.75, 1, 1)$

## ○合意形成

意思決定者間の合意形成をはかるために距離関数を利用する方法がある。これは、意思決定者間の選好が最も近い、つまり最小距離のとき合意形成が得られると考える方法で、Kemeny and Snell(KS)が提唱し、Cook and Seiford(CS)が研究を推し進めた。

$n$  人の候補者と  $r$  個のランクがある。ここで、ランクの数よりも、候補者の数が多い場合を考えたいため、 $r \leq n$  とする。また、ランクを決定する

投票者を $m$ 人とする。 $l$ 番目の投票者の選好が行列  $A^l = (\alpha_{ij}^l)$ ,  $l = 1, \dots, m$  として与えられているとする。ただし、 $i$ 行は $i$ 番目の候補者を、 $j$ 列は $j$ 番目のランクである。

$$\alpha_{ij}^l = \begin{cases} 1 & i \text{ 番目の選手が } j \text{ 番目のポジションに達する} \\ 0 & \text{そうではないとき} \end{cases}$$

Cook and Kress の相対距離関数は次式のように定義される。

対象の順位付けを  $A$ 、 $B$  とすると、

$$d_p(A, B) = r(r-1)$$

$$- \sum_{j=1}^n [\langle P_A^+(j), P_B^+(j) \rangle + \langle P_A^-(j), P_B^-(j) \rangle]$$

相対距離関数を用いると、投票者 $m$ 人の合意形成は次の輸送問題を解くことにより得られる。

求めたい決定 $x_{ij}$ は 0 or 1 となる。ここで、 $x_{ij} = 1$ は $i$ 番目の候補者が $j$ 番目のランクに割り当ててることを意味し、 $x_{ij} = 0$ は割り当てないことを意味する。

$$\max \sum_{l=1}^m \sum_{j=1}^r [\langle P_l^+(j), P_X^+(j) \rangle + \langle P_l^-(j), P_X^-(j) \rangle]$$

$$= \sum_{l=1}^m \sum_{j=1}^r \sum_{i=1}^n \left[ \left( \sum_{t=j+1}^r \alpha_{it}^l \right) \left( \sum_{t=j+1}^r x_{it} \right) + \left( \sum_{t=1}^{j-1} \alpha_{it}^l \right) \left( \sum_{t=1}^{j-1} x_{it} \right) \right]$$

$$= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^r \left\{ (r-1) \sum_{l=1}^m \alpha_{ij}^l \right\} x_{ij}$$

$$\text{s.t. } \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, j = 1, \dots, r$$

$$\sum_{j=1}^r x_{ij} \leq 1, i = 1, \dots, n \quad x_{ij} = 0 \text{ or } 1$$

ここで、

$$c_{ij} = \sum_{l=1}^m \alpha_{ij}^l$$

とおき、 $C = \max c_{ij}$  とする。さらに、 $c'_{ij} = C - c_{ij}$  という変換をし、新たに  $c'_{ij} = M$  (十分大きい数) ,  $j = r+1, \dots, n$  とおくと、次の割り当て問題を得る。

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c'_{ij} x_{ij}$$

$$\text{s.t. } \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^r x_{ij} = 1, i = 1, \dots, n \quad x_{ij} = 0 \text{ or } 1$$

この割り当て問題を解くことにより、各ランクへの最適な候補者の割り当てを求めることができる。

#### ○数値例の概要

野球を例にとり、複数の選手をポジションに割り当ててることを考える。

#### ○将来の課題

不確定な未来のこと、すなわちシナリオを考慮して最良な対象を選択することも考える必要がある。