DEA と合意形成

杉山　学，山田　善靖

1. はじめに

ここ数年著者らは，自らが提案した“合意形成モデルを用いたグループAHP”[11]を用いて，システム・エンジニアを対象とした人事評価支援ツールを開発し[12]，某システム・インテグレーション会社において人事評価のためのツールとして使用を進めてきた[8, 13]．これらの経験から，導かれる結果に対する満足度を高め集団の合意形成を行うには，集団としての結果の決め方，すなわち，手続きにいかに公正さを持たすかが最も重要な点であることを認識した．特に，人事評価のように評価結果が直接利害に関係する場合には，集団として出した結果に対して集団メンバ全員の合意を得るのは難しく，その決め方（手続き）に対してしか合意が得られないことが多かったのである．

DEAは，データが持っている情報だけから客観的に事業体の相対的な効率を評価する方法であるが，モデルの特徴により，事業体の評価を全て画一的な評価基準（ウェイト）で行うのではなく，事業体ごとに最も有利な評価基準を個別に設定し，評価値を算出する．すなわち，このような特徴からDEAは，自己中心的に評価を行う方法であるととらえられる．したがって，集団の合意形成に直接DEAを利用したのでは，導かれた結果やその決め方（手続き）に対する公正判断が低い．そこで本論文では，集団の合意形成を促進させるために，集団としての結果の決め方（手続き）に対する公正判断を高めるようなDEAの利用を考え，導かれた結果に対する公正判断を高めることを目指す．なお，本論文は著者らが合意形成を目的として提案した“事業体間の相互評価情報を用いた調和的な効率性評価法”[9]に基づき，DEAと合意形成について論じる．

すぎやま　まなぶ
群馬大学　社会情報学部
〒371-8510 群馬県前橋市荒牧町4-2
やまだ　よしやす
東京理科大学　理工学部　経営工学科
〒278-8510 千葉県野田市山崎2641

2. 集団の合意形成と手続的公正

集団の合意が形成される状況として，次の2つの状況が考えられる．1つは，集団の各メンバの評価結果が集団で導いた結果と一致すれば，集団として合意がなされる．もう1つは，導かれる結果の決め方（手続き）に対して合意できれば，集団として合意がなされる．特に，導かれる結果によってメンバの利害が大きく異なる場合に，集団の合意形成がなされるのは，集団としての結果の決め方に合意する場合が主であり，その手続きをいかに公正に行うかが最も問われる．

このように集団の合意形成において手続きの公正さが重要な点であることは，社会心理学の分野の文献[7]などにおいても指摘されている．それによれば先に述べた合意形成の状況のうち，前者は結果に対する公正さ，すなわち，分配的公正（distributive justice）に関係しており，後者は手続きに対する公正さ，すなわち，手続的公正（procedural justice）に関係している．手続的公正の研究は，様々な社会的決定手続きに対して行われており，この研究の最も重要な命題は，「手続きさえ公正であれば，そこから悪い結果を受けるとしても，人々は好意的に対応するであろう」というものである．そして，手続的公正理論によれば，「公正な手続きのもとでは分配的公正判断が高まる」こととなる．したがって，手続的公正を高めれば分配的公正判断が高まり，導かれた結果に対して公正判断が高まるので，集団の合意が形成され易くなるのである．

皆さんも皆でどうしても意見がまとめられない時に，多数決を取って決定した経験があるはずではないだろうか．この場合の合意は，多数決という決め方に対してされたのであり，決定された結果に対してされたのではない．なぜなら，多数決という決め方が，民主的であり，手続きとして公正であると考えたからである．本当に多数決が民主的であり，手続きとして公正であ

るかどうかは異論があるかもしれないが，そう信じてこの場合は合意がされたと解釈ができる．

3．集団の合意形成過程とDEAの利用

DEAは，評価対象となる各事業体ごとに，最も効率値（評価結果）が高くなるような評価基準により評価を行う点が特徴であるが，この点が公正判断を低くしている要因でもある．なぜなら，他の事業体の評価基準を用いた評価結果（相互評価）は，時として自己に対して不当に不利な評価を下すため，納得しにくい場合が少なくない．また，評価者にとっても許容できない評価基準が用いられることもあり，そうした場合には，評価結果に納得がいかないと考えられる．したがって，集団を構成する評価者と各事業体が統一した評価基準により評価を行うようにすれば，公正判断が高まり，合意が形成され易くなることが考えられる．

集団の合意形成過程は様々あるが，「最初に本音の意図を入れて，最後は民主的に決める」という手続きを行えば，手続きが公正であると判断され易いと考えた．したがって，提案する評価方法は，手続的公正に対する次のような仮説を置いている．

［仮説］　評価に先立って集団の各メンバの意見を求め，それを考慮に入れて評価を行うことにより，手続きに対する公正判断が高まる．

この仮説に基づき，提案する評価方法の具体的な手順を次に示す．提案する評価方法は“調和（accommodate）”するという概念を導入し，(ⅰ)まず本音の意図として，評価者の意向と“調和”しながら事業体間の相互評価を行い，(ⅱ)ついで民主的に，全事業体群と“調和”しながら各事業体に統一した評価をするという2段階で行うものである．この事業体間の相互評価というのは，DEAで評価対象の事業体を評価する際に用いたウェイト付けによって，その他の事業体がどのように評価されているかを表すものである．

この提案する評価方法を用いることで，従来のDEAだけでは行えなかった，DEA効率的と評価された事業体間の更なる優劣比較や，DEA非効率的と評価された事業体間の優劣比較が行えるようになる．

4．相互評価値の算出

事業体間の相互評価は，DEAにおいて各事業体を評価する際に用いられたウェイトによって，その他の事業体がどのように評価されているかを表すものである．そこでまず，DEAモデルを次のように記述する．

DEAでは，評価対象となる事業体をDMU（Decision Making Unit）と呼び，n個あるものとする．さらに各$\mathrm{DMU}_j (j=1, \cdots, n)$は，共通した入出力項目を持ち，$m$種の入力$x_{ij}>0 (i=1, \cdots, m)$を使い，$s$種の出力$y_{rj}>0 (r=1, \cdots, s)$を産出していると仮定する．評価対象とする各$\mathrm{DMU}_o (o=1, \cdots, n)$に対するDEAの投入指向型のCCRモデルは，

$$\begin{aligned}
\text{min.}\quad & \theta_o-\varepsilon\left(\sum_{i=1}^{m} s_{io}^{-}+\sum_{r=1}^{s} s_{ro}^{+}\right), \\
\text{s.t.}\quad & \theta_o x_{io}-\sum_{j=1}^{n} x_{ij}\lambda_{jo}-s_{io}^{-}=0 && (i=1, \cdots, m), \\
& \sum_{j=1}^{n} y_{rj}\lambda_{jo}-s_{ro}^{+}=y_{ro} && (r=1, \cdots, s), \\
& \lambda_{jo}\geq 0 && (j=1, \cdots, n), \\
& s_{ro}^{+}\geq 0 && (r=1, \cdots, s), \\
& s_{io}^{-}\geq 0 && (i=1, \cdots, m),
\end{aligned} \tag{1}$$

と，(1)式の双対問題，

$$\begin{aligned}
\text{max.}\quad & \xi_o=\sum_{r=1}^{s} u_{ro} y_{ro}, \\
\text{s.t.}\quad & \sum_{i=1}^{m} v_{io} x_{io}=1, \\
& -\sum_{i=1}^{m} v_{io} x_{ij}+\sum_{r=1}^{s} u_{ro} y_{rj}\leq 0 && (j=1, \cdots, n), \\
& u_{ro}\geq\varepsilon && (r=1, \cdots, s), \\
& v_{io}\geq\varepsilon && (i=1, \cdots, m),
\end{aligned} \tag{2}$$

で表現される．(1)式のθ_oの最適値θ_o^*をDEA効率値（DEA-efficiency）と呼び，このDEA効率値が$\theta_o^*=1$かつ，全てのスラックが$s_{ro}^{+*}=0$，$s_{io}^{-*}=0$である場合，DMU_oはDEA効率的である．また，それ以外の場合は，DEA非効率的である．なお，εは無限小正数で，特定の値を与えて解かなくとも最適化を2段階にわけて行えば解ける[10]．本論文では，DMU_oに対する(2)式のウェイトの最適解を$(u_{1o}^*, \cdots, u_{so}^*, v_{1o}^*, \cdots, v_{mo}^*)^T$と表す．

このCCRモデル(1)，(2)式は，以下の分数計画問題，

$$\begin{aligned}
\text{max.}\quad & h_o=\sum_{r=1}^{s} u_{ro} y_{ro}\Big/\sum_{i=1}^{m} v_{io} x_{io}, \\
\text{s.t.}\quad & \sum_{r=1}^{s} u_{ro} y_{rj}\Big/\sum_{i=1}^{m} v_{io} x_{ij}\leq 1 && (j=1, \cdots, n), \\
& u_{ro}\geq\varepsilon, && (r=1, \cdots, s), \\
& v_{io}\geq\varepsilon, && (i=1, \cdots, m),
\end{aligned} \tag{3}$$

と同値であり，CCRモデルは(3)式のような比率形式で解釈できる．このとき，DMU_jの入出力値をDMU_oのウェイトの最適解で評価した相互評価値は，

$$\sum_{r=1}^{s} u_{ro}^* y_{rj}\Big/\sum_{i=1}^{m} v_{io}^* x_{ij}, \tag{4}$$

と定義される．DEAでは，その評価値を情報として

積極的に用いておらず，(3)式のDEAモデルの中で制約条件として利用しているだけである．この情報の積極的な利用としてSextonらは，文献[6]において相互評価情報の一形式であるクロス効率値とクロス効率性行列を提案している．

この相互評価の情報を利用して効率性を評価する際に問題となるのが，DEAモデルを解いた結果得られるウェイトの最適解が，一意に定まるとは限らない点である。本研究と同様に，何らかの意味において相互評価の情報を用いた既存の研究として文献[1，4，6]等があげられる．これらの論文ではウェイトの最適解の一意性の問題を十分に考慮していない．

4.1 ウェイトの最適解を一意に定める

完全にウェイトの最適解を一意に定めるには，何らかの追加の情報なり決め方の考え方や基準を導入しなければならない．そこで本論文では，DEA/領域限定法のように，評価者の先験的な情報，ここでは，評価者が経験的に望ましいと考えているウェイトや事業体群の存在を仮定する。そして，評価者の望ましいウェイトにできる限り近く，かつ，評価者が選んだ特定の事業体の効率値ができる限り高くなるようにして，ウェイトの最適解を一意に定める方法を提案する．

4.1.1 評価対象のDMU$_o$に対するウェイトの最適解の集合の設定

まず，評価対象のDMU$_o$に対するウェイトの最適解の集合を定義する。(1)式を解くことで得られるDEA効率値 θ_o^* を達成するウェイトの最適解の集合は以下の

$$
\begin{aligned}
&\sum_{r=1}^{s} u_{ro}^* y_{ro} - \theta_o^* = 0,\\
&\sum_{i=1}^{m} v_{io}^* x_{io} = 1,\\
&-\sum_{i=1}^{m} v_{io}^* x_{ij} + \sum_{r=1}^{s} u_{ro}^* y_{rj} \leq 0 \quad (j=1,\cdots,n),\\
&u_{ro}^* \geq 0 \quad (r=1,\cdots,s),\\
&v_{io}^* \geq 0 \quad (i=1,\cdots,m),
\end{aligned}
\tag{5}
$$

を満たすベクトル $(u_{1o}^*,\cdots,u_{so}^*,v_{1o}^*,\cdots,v_{mo}^*)^T$ 集合である．

4.1.2 評価者による望ましいウェイト値の設定

二番目として，評価者が経験的に望ましいと考えた各入出力項目の重要度を提示する。この重要度 $\bar{v}_i(i=1,\cdots,m)$ と $\bar{u}_r(r=1,\cdots,s)$ は，評価対象のDMU$_o$の入出力値全てが1に基準化された場合のDEAのウェイト値に相当する．そこで，経験的に望ましい重要度とウェイトの最適解を，DMU$_o$ごとに同じ数値オーダーに合わせるために，DEAにおける仮想入出力の概念を適用する．すなわち，DMU$_o$に対する経験的に望ましいウェイト値を次のように定義する．

$$
\begin{aligned}
&\bar{v}_{io} = \bar{v}_i (= v_{io} x_{io}) \quad (i=1,\cdots,m),\\
&\bar{u}_{ro} = \theta_o^* \bar{u}_r (= u_{ro} y_{ro}) \quad (r=1,\cdots,s).
\end{aligned}
\tag{6}
$$

4.1.3 ウェイトの最適解を一意に定めるモデル

最後に，次の多目的計画問題，

$$
\begin{aligned}
\text{min.}\quad & \alpha\Bigl(\sum_{r=1}^{s}(u_{ro}^* y_{ro} - \bar{u}_{ro})^2 + \sum_{i=1}^{m}(v_{io}^* x_{io} - \bar{v}_{io})^2\Bigr)\\
& + \beta\Bigl(\sum_{j\in G} d_{oj}^2\Bigr),\\
\text{s.t.}\quad & \sum_{r=1}^{s} u_{ro}^* y_{ro} - \theta_o^* = 0,\\
& \sum_{i=1}^{m} v_{io}^* x_{io} = 1,\\
& -\sum_{i=1}^{m} v_{io}^* x_{ij} + \sum_{r=1}^{s} u_{ro}^* y_{rj} + d_{oj} = 0 \quad (j\in G),\\
& -\sum_{i=1}^{m} v_{io}^* x_{ij} + \sum_{r=1}^{s} u_{ro}^* y_{rj} \leq 0 \quad (j\notin G),\\
& u_{ro}^* \geq 0 \quad (r=1,\cdots,s),\\
& v_{io}^* \geq 0 \quad (i=1,\cdots,m),\\
& d_{oj} \geq 0 \quad (j\in G),
\end{aligned}
\tag{7}
$$

を解いて，ウェイトの最適解を一意に定める．上記の最適化問題の変数は u_{ro}^*，v_{io}^*，d_{oj} である．

ここで，集合 G は評価者が選定した特定のDMUの集合であり，対象となるDMUは，有利な評価をしてあげたい，もしくは，評価結果が良いはずだというDMUである．そして，α，β は多目的を単一目的化するために用いた重みである．なお，α と β は，評価者の判断によって定めるものとする．

この最適化問題の目的関数は，狭義凸関数であり，許容領域が凸集合であることから，最小解は唯一存在する．DMU$_o$に対する(7)式を解いて一意に定めた最適解を $u_{ro}^{**}(r=1,\cdots,s)$，$v_{io}^{**}(i=1,\cdots,m)$ と表す．

4.2 調和効率値と調和効率性行列の定義

一意に定めたウェイトの最適解を用いて，調和効率値と調和効率性行列を次のように定義する．

［定義1］ 調和効率値

$$
a_{jo} = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_{ro}^{**} y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_{io}^{**} x_{ij}} \quad (j=1,\cdots,n\,;\ o=1,\cdots,n). \tag{8}
$$

［定義2］ 調和効率性行列

$$
A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n}\\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n}\\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots\\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix}. \tag{9}
$$

調和効率値 a_{jo} は，$j=o$ のとき，従来のDEA効率値である．調和効率値 a_{jo} とクロス効率値 E_{oj} の違いは，行と列の表記が逆となっている点と，一意に定めたウェイトの最適解を用いる点にある．なお，入出力データは正値であるから，a_{jo} は全て正値となる．

5. 相互評価に基づく総合評価効率値

本研究と同様の問題を扱った研究は既にいくつか行われている[1, 4, 6]．例えば，Sextonらは文献[6]において，クロス効率性行列を用いたDMUの評価を提案しており，具体的には，DMU_j の評価をクロス効率性行列の単なる列平均（平均クロス効率値），

$$\mathrm{ECOL}(j)=\frac{1}{n}\sum_{o=1}^{n}E_{oj} \quad (j=1,\cdots,n), \tag{10}$$

で行っている．

本論文では，定義した調和効率性行列の最大固有値に対する固有ベクトルを用いて，各DMUに対し統一した評価を行う方法を提案する．なお，提案する方法は，Sextonらが行ったように，単なる列平均ではなく，より一般化して加重平均を用い，その際の重みを次の2つの目的から決定するものである．

1つは，「DMU_j に対する，各DMUからの調和効率値 $(a_{j1}, a_{j2}, \cdots, a_{jn})^T$ に対して加重平均を行い，その値によって，DMU_j を評価したい」という目的である．DMU_j ごとに，調和効率値に対して加重平均を行う際の重みを $\boldsymbol{w}=(w_1, \cdots, w_n)^T$ とすると $A\boldsymbol{w}$，すなわち，

$$\sum_{o=1}^{n}a_{jo}w_o=\sum_{o=1}^{n}\left(\frac{\sum_{r=1}^{s}u_{ro}^{**}y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m}v_{io}^{**}x_{ij}}\right)w_o, \tag{11}$$

という n 個の値を大きくする $\boldsymbol{w}$ を求める多目的計画問題となる．

もう1つは，「DMU_o の用いたウェイト値を，各DMUに適用して評価した調和効率値 $(a_{1o}, a_{2o}, \cdots, a_{no})^T$ に対して加重平均を行い，その値によって，DMU_o で用いたウェイト値の受け入れ易さを評価したい」という目的である．DMU_o ごとに，調和効率値に対して加重平均を行う際の重みを $\boldsymbol{w}'=(w_1', \cdots, w_n')^T$ とすると $\boldsymbol{w}'^T A$，すなわち，

$$\sum_{j=1}^{n}w_j'a_{jo}=\sum_{j=1}^{n}w_j'\left(\frac{\sum_{r=1}^{s}u_{ro}^{**}y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m}v_{io}^{**}x_{ij}}\right), \tag{12}$$

という n 個の値を大きくする $\boldsymbol{w}'$ を求める多目的計画問題となる．

ここで，多目的計画問題(11)式の変数 $\boldsymbol{w}$ と多目的計画問題(12)式の変数 $\boldsymbol{w}'$ を求めるには，さまざまなアプローチによるモデル化が考えられる．本研究では，調和効率性行列 A，および，その転置行列 A^T の最大固有値 $\lambda_{\max}$ に対する固有ベクトル，

$$A\boldsymbol{w}=\lambda_{\max}\boldsymbol{w}, \tag{13}$$

$$A^T\boldsymbol{w}'=\lambda_{\max}\boldsymbol{w}', \tag{14}$$

を求める固有値問題を解くことで，(11)式と(12)式の解を与えることとする．なお，(11)式と(12)式の制約条件として $\boldsymbol{w}\geq\boldsymbol{0}$ と $\boldsymbol{w}'\geq\boldsymbol{0}$ が必然的に考えられるが，行列 A の全ての要素が正の実数であることから，ペロン・フロベニウスの定理により $\boldsymbol{w}>\boldsymbol{0}$ と $\boldsymbol{w}'>\boldsymbol{0}$ となり，満たされる．さらに，最大固有値に対するこれらの固有ベクトルは，同じ定理から定数倍のベクトルの形として一意に定まる．

この固有値問題(13)式，(14)式は，多目的計画問題(11)式，(12)式の目的関数に対して，単一目的化アプローチを行い，最適化問題として表現した，

$$\begin{aligned} \max.\quad & \boldsymbol{1}^T A\boldsymbol{w}, \\ \mathrm{s.t.}\quad & \boldsymbol{1}^T\boldsymbol{w}=1, \\ & \boldsymbol{w}\geq\boldsymbol{0}, \end{aligned} \tag{15}$$

と，

$$\begin{aligned} \max.\quad & \boldsymbol{w}'^T A\boldsymbol{1}, \\ \mathrm{s.t.}\quad & \boldsymbol{w}'^T\boldsymbol{1}=1, \\ & \boldsymbol{w}'\geq\boldsymbol{0}, \end{aligned} \tag{16}$$

に，それぞれ $\boldsymbol{w}>\boldsymbol{0}$，$A\boldsymbol{w}=\lambda\boldsymbol{w}$ や $\boldsymbol{w}'>\boldsymbol{0}$，$\boldsymbol{w}'^T A=\lambda\boldsymbol{w}'^T$ という制約条件を加えたものである．"$\boldsymbol{1}$"は要素が全て1である $n\times1$ の列ベクトルである．

なお，この固有値問題(13)式に対して，Sekitaniら[5]は数理モデルとしての解釈を行っており，そして，枇々木[3]は多目的計画問題としての解釈を行っているので参照されたい．

(13)式を満たす，固有ベクトル $\boldsymbol{w}$ に対し，(11)式の値は DMU_j に対する各DMUからの評価を統合したものとなっている．この値を用いて，DMU_j の総合評価効率値 s_j を次のように定義する．

［定義3］ 総合評価効率値

$$s_j=\frac{\sum_{o=1}^{n}a_{jo}w_o}{\max\left\{\sum_{o=1}^{n}a_{j'o}w_o \middle| j'=1,\cdots,n\right\}} \tag{17}$$

$$=\frac{\lambda_{\max}w_j}{\lambda_{\max}w_{\max}}=\frac{w_j}{w_{\max}} \quad (j=1,\cdots,n),$$

s_j は，(11)式の値のうち最大のものを1とする正規化を行ったものである．この s_j が1に近いほど相対的に

効率性が良く，0に近いほど効率性が悪いと評価する．

(14)式を満たす，固有ベクトル $\boldsymbol{w}'$ に対し，(12)式の値は DMU_o の用いたウェイト値の受け入れ易さを表している．この値を用いて，DMU_o のウェイト値の受け入れられる度合い s'_o を同様に次のように定義する．

［定義4］ 一意に定めたウェイトの最適解の受け入れられる度合い

$$s'_o=\frac{\sum_{j=1}^{n} w'_j a_{jo}}{\max\left\{\sum_{j=1}^{n} w'_j a_{jo'}\middle| o'=1,\cdots,n\right\}} \tag{18}$$

$$=\frac{\lambda_{\max} w'_o}{\lambda_{\max} w'_{\max}}=\frac{w'_o}{w'_{\max}} \quad (o=1,\cdots,n),$$

この s'_o が1に近いほど他のDMUに受け入れ易く，0に近いほど受け入れづらいと評価する．

6. わが国の電気事業体に対する分析例

わが国の電気事業体の生産性に関する効率性分析として，本研究が想定するような集団の合意形成が必要な状況を考え，提案した評価方法を適用する．

6.1 電気事業体の生産性評価のためのデータ

評価対象は電気事業体9社とし，入出力のデータは以下の項目について平成3年度[2]のものを用いる．さらに，実際に計算上用いたデータは，平均値を1とする基準化した値であり，論文[9]の表2に示されている．

［入出力の項目］

入力：x_{1j} 従業員数　　出力：y_{1j} 販売電力量

x_{2j} 最大出力　　y_{2j} 需要家数

x_{3j} 総資産

6.2 評価結果とその考察

ここでは，各電気事業体の生産性を評価したいのでCCRモデルで評価し，その結果は表1の通りである．

DEAによれば北海道，東北，東京，中部の4つの電気事業体がDEA効率的となり，それ以外はDEA非効率的となった．しかし，DEAのような結果の決め方では公正判断が低いので，集団の合意が形成されにくい．そこで，提案した評価方法を適用する．

はじめに，調和効率性行列を求める．まず，DEAのウェイトの最適解を一意に定めることが必要である．ここでは，評価者が経験的に望ましいと考えた重要度を $(\bar{u}_1, \bar{u}_2, \bar{v}_1, \bar{v}_2, \bar{v}_3)=(0.60, 0.40, 0.35, 0.25, 0.40)$ とすると，各電気事業体の入出力値に対して変換された望ましいウェイトは(6)式から容易に計算できる．また，評価者ができる限り有利な評価をしてあげたいと考える特定の電気事業体を北陸と中国とした．そして，この上記の2つの目的の重み α, β はともに1と設定した．以上から(7)式のモデルによりDEAのウェイトの最適解を一意に定めた結果は表2の通りである．

この一意に定めたウェイトの最適解から調和効率性行列 $\boldsymbol{A}$ が算出でき，$\boldsymbol{A}=$

$$\begin{pmatrix}
1.0000 & 0.9648 & 0.8701 & 0.7687 & 0.7602 & 0.8411 & 0.7905 & 1.0000 & 1.0000\\
0.9739 & 1.0000 & 0.8203 & 0.9867 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000\\
1.0000 & 0.7797 & 1.0000 & 0.9294 & 1.0000 & 1.0000 & 0.9362 & 0.8315 & 1.0000\\
0.7541 & 0.6018 & 0.7410 & 1.0000 & 0.9239 & 1.0000 & 1.0000 & 0.7526 & 0.8551\\
0.6330 & 0.6055 & 0.5535 & 0.8226 & 0.9245 & 0.8082 & 0.8207 & 0.5818 & 0.6581\\
0.7364 & 0.5382 & 0.7769 & 0.9825 & 0.7815 & 0.9928 & 0.9857 & 0.8019 & 0.8931\\
0.8181 & 0.7643 & 0.7249 & 0.9831 & 0.9036 & 0.9716 & 0.9906 & 0.8864 & 0.8992\\
0.7484 & 0.7231 & 0.6507 & 0.8031 & 0.7153 & 0.8071 & 0.8154 & 0.8430 & 0.8143\\
0.9340 & 0.7847 & 0.8844 & 0.8225 & 0.8150 & 0.8863 & 0.8355 & 0.8711 & 0.9560
\end{pmatrix},$$

となる．次に，調和効率性行列から，総合評価効率値と一意に定めたウェイトの最適解の受け入れられる度合いを求める．行列 $\boldsymbol{A}$ の最大固有値は $\lambda_{\max}=7.6902$ であり，固有ベクトル $\boldsymbol{w}$ と $\boldsymbol{w}'$ は

$$\boldsymbol{w}=\begin{pmatrix}0.1159\\0.1266\\0.1223\\0.1094\\0.0917\\0.1076\\0.1142\\0.0997\\0.1126\end{pmatrix},\quad \boldsymbol{w}'=\begin{pmatrix}0.1091\\0.0968\\0.1010\\0.1171\\0.1126\\0.1200\\0.1181\\0.1089\\0.1163\end{pmatrix},$$

表1 各電気事業体のDEA効率値

	DEA効率値(θ_o^*)	参照集合
北海道	1.0000	—
東北	1.0000	—
東京	1.0000	—
中部	1.0000	—
北陸	0.9245	東北, 東京
関西	0.9928	東北, 東京, 中部
中国	0.9906	東北, 中部
四国	0.8430	北海道, 東北
九州	0.9560	北海道, 東北, 東京

表2 一意に定めたウェイトの最適解

DMU_o	v_{1o}^{**}	v_{2o}^{**}	v_{3o}^{**}	u_{1o}^{**}	u_{2o}^{**}
北海道	1.5793	1.1221	0.0000	0.0000	2.3461
東北	0.0000	1.6604	0.0000	0.0000	1.1852
東京	0.3937	0.0000	0.0000	0.0000	0.3289
中部	0.0000	0.0000	0.7794	0.7262	0.0000
北陸	0.8206	2.7343	0.0000	3.1897	0.0000
関西	0.1419	0.0000	0.4978	0.4939	0.1237
中国	0.0000	0.0000	1.7764	1.5966	0.0705
四国	0.0000	0.0000	3.1423	0.2030	2.4154
九州	0.5027	0.0000	0.6519	0.1857	0.8874

表3 総合評価効率値と一意に定めたウェイトの最適解の受け入れられる度合い

	総合評価効率値 (s_j)	従来のDEA効率値 (θ_o^*)	ウェイトの最適解の受け入れられる度合い (s_o')
北海道	0.9155	1.0000	0.9096
東北	1.0000	1.0000	0.8069
東京	0.9658	1.0000	0.8423
中部	0.8643	1.0000	0.9757
北陸	0.7244	0.9245	0.9390
関西	0.8500	0.9928	1.0000
中国	0.9018	0.9906	0.9846
四国	0.7879	0.8430	0.9079
九州	0.8893	0.9560	0.9695

となる．これから求めた結果を表3に示す．なお，各電気事業体の総合評価効率値を満たす一組のウェイトは

$$(\tilde{u}_1, \tilde{u}_2, \tilde{v}_1, \tilde{v}_2, \tilde{v}_3) = (0.5755, 0.6824, 0.3739, 0.3199, 0.6984)$$

となる．

7. おわりに

本論文では，集団の合意形成を促進させるために，集団としての結果の決め方（手続き）に対する公正判断を高めるようなDEAの利用を論じた．具体的には，集団を構成する評価者と各事業体が，集団としての評価結果を導く様々な過程において，各々の意見を考慮に入れるような公正な手続きが備わる評価方法を提案した．したがって，この評価方法を用いることにより手続的公正判断が高まるので，導かれた結果に対する公正判断が高まることが期待できる．

参考文献

[1] Cook, W. D., Kress, M. and Seiford, L. M.: Prioritization Models for Frontier Decision Making Units in DEA, *European Journal of Operational Research*, Vol. 59 (1992), 319-323.

[2] 電気事業連合会統計委員会編：平成4年度版 電気事業便覧，日本電気協会，1992.

[3] 枇々木規雄：DEAにおける修正クロス効率値を用いた評価法, *Journal of the Operations Research Society of Japan*, Vol. 41 (1998), 229-245.

[4] Roll, Y., Cook, W. D. and Golany, B.: Controlling Factor Weights in Data Envelopment Analysis, *IIE Transactions*, Vol. 23 (1991), 2-9.

[5] Sekitani, K. and Yamaki, N.: A Logical Interpretation for the Eigenvalue Method in AHP, *Journal of the Operations Research Society of Japan*, Vol. 42 (1999), 219-232.

[6] Sexton, T. R., Silkman, R. H. and Hogan, A. J.: Data Envelopment Analysis: Critique and Extensions, Silkman, R. H. (ed.), *Measuring Efficiency: Assessment of Data Envelopment Analysis*, Jossey Bass, San Francisco, 1986, 73-105.

[7] 菅原郁夫，大渕憲一訳：フェアネスと手続きの社会心理学—裁判，政治，組織への応用—，ブレーン出版㈱，1995 (Lind, E. Allan and Tyler, Tom R.: *The social psychology of procedural justice*, Plenum Press, 1988).

[8] Sugiyama, M.: An Introduction of the Group AHP to the Personnel Assessment and its Direct and Indirect Influences on the Company' s Performances, *Proceedings of the Fifth International Symposium on the Analytic Hierarchy Process* (*ISAHP* '99), 1999, 284-289.

[9] 杉山学，山田善靖：事業体間の相互評価情報を用いた調和的な効率性評価法, *Journal of the Operations Research Society of Japan*, Vol. 39 (1996), 159-175.

[10] 刀根薫：経営効率性の測定と改善—包絡分析法DEAによる—，日科技連，1993.

[11] 山田善靖，杉山学，八巻直一：合意形成モデルを用いたグループAHP, *Journal of the Operations Research Society of Japan*, Vol. 40 (1997), 236-244.

[12] 八巻直一，洪時宗，嶋田駿太郎，山田善靖，杉山学：グループAHPの人事評価への適用，日本オペレーションズ・リサーチ学会第40回シンポジウム予稿集「AHPの理論と実際」，1998, 27-30.

[13] 八巻直一，嶋田駿太郎：人事評価にグループAHPを適用する，オペレーションズ・リサーチ，Vol. 42 (1997), 367-370.