

社会インフラ整備計画における代替案のジレンマの解消*

A Dissolution of Dilemma of Social Infrastructure Improvement*

川島宏規**・杉浦伸***・木下栄蔵****

By Hiroki KAWASHIMA**・Shin SUGIURA***・Eizo KINOSHITA****

1. はじめに

都市における生活や経済活動を支える基盤として社会インフラの整備は最も重要な政策の一つである。本稿では、社会インフラ整備を計画する上で候補となる代替案が循環した状態にあり、優先順位の決定が難しいと考えられる事例について、評価値一斉法を用いて問題を解決する。次章では循環律について説明し、3章では社会インフラ整備をする上で代替案に循環律が発生する二つの事例を紹介し、その内容を解説する。4章では問題の解決手法を説明する。5章では二つの問題を評価・分析した計算結果を表示し、6章を本稿のまとめとする。

2. 循環律の説明¹⁾²⁾

循環律は意思決定や問題解決の場において、代替案である選択対象の優先順位が決定できない時に度々発生している。循環律には大きく分類して二種類あるが、一つ目の循環律を次のような例を用い説明する。ある個人が、バッグを購入する際に、商品A、商品B、商品Cの中から、デザイン、値段、機能の三つの評価基準を加味して一つを選択することになった。この時、ある個人は次のような選好を示した。

$$A > B \quad , \quad B > C \quad , \quad C > A$$

これは、「デザイン」の優劣によってBよりAが選好され、「値段」の優劣によってCよりBが選好され、「機能」の優劣によってAよりCが選好された結果である。他の事例でも同様な選好結果が示された場合、選択対象の優先順位が決定できない。このような循環状況は

*キーワード：計画基礎論、計画手法論

**非会員、都市情報学、名城大学大学院都市情報学研究科

(岐阜県可児市虹ヶ丘四丁目三番地の三、

TEL0574-69-0100、E-mail:p0681005@urban.meijo-u.ac.jp)

***学生員、都市情報修、名城大学大学院都市情報学研究科

(E-mail:p0681501@urban.meijo-u.ac.jp)

****正員、工博、名城大学都市情報学部都市情報学科

(E-mail:kinoshit@urban.meijo-u.ac.jp)

「単純循環律」と呼ばれ、杉浦・木下²⁾によると単純循環律は代替案である選択対象を評価するときに特定の選定基準となる評価基準により評価を行っている場合に発生するとされる。

次に、二つ目の循環律の説明をする。これは意思決定者が複数存在する場合に意見が集約されて発生する循環律である。例えば、ある家族(父、母、子)が休日の外食先を寿司(S)、中華(C)、焼肉(Y)の中から一つだけ選択したいものとする。このとき、三者(父、母、子)は次のような選好を表明した。

$$\text{父} \cdots S > C, C > Y \rightarrow S > Y$$

$$\text{母} \cdots C > Y, Y > S \rightarrow C > S$$

$$\text{子} \cdots Y > S, S > C \rightarrow Y > C$$

この場合、各個人の選好だけを見ると合理的であり推移律が成り立っていると見えるが、全体の選好として見た時、SとCの比較ではSが選好(父と子により)され、CとYの比較ではCが選好(父と母により)され、SとYの比較ではYが選好(母と子により)されて、推移律が成り立たず循環律が生じた。このような循環状況は「合成の誤謬による循環律」と呼ばれ、杉浦・木下²⁾は意思決定者が複数いる場合や、意思決定者の置かれている立場が違うときに発生するとしている。

3. 社会インフラ整備で循環律が発生する二つの事例

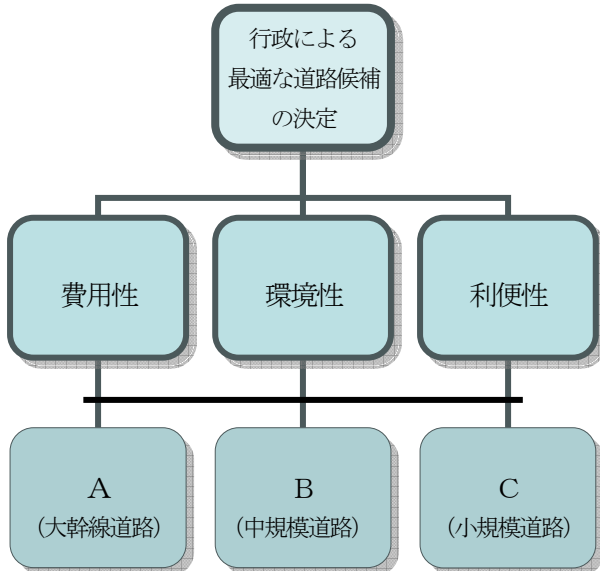
(1) 道路整備計画における代替案のジレンマ³⁾

道路整備計画のように政策担当者が、様々な人間の立場や利害関係を考慮して意思決定する政策においては、循環律が度々発生する。本稿では、最初に道路整備計画において代替案に単純循環律が生じる例を紹介する。

都市Iで交通基盤を整えるため道路整備を行うものとする。ここで、候補としてA、B、Cの三種類の道路の中から一つを選択する意思決定しなければならない。なお、Aは「大幹線道路」、Bは「中規模道路」、Cは「小規模道路」である。この時、候補から選択する意思決定者は「行政の政策担当者」のみが存在し、行政の政

策担当者は、「費用性」、「環境性」、「利便性」を評価基準として意思決定する事とする。これらをまとめると、図-1のような階層構造となる。

図-1 道路整備計画の意思決定における階層構造



※ レベル1：最終目標
 レベル2：評価基準
 レベル3：代替案

そして行政の政策担当者は次のような選好を表明した。

$$B > A, \quad C > B, \quad A > C$$

この選好結果はAとBの比較では「費用性」の評価基準を用い、BとCの比較では「環境性」の評価基準を用い、そしてAとCの比較には「利便性」の評価基準を用いたために単純循環律が発生した。2章でも説明したように、選択対象を評価する際に特定の評価基準のみを取り上げて評価すると、整合性が失われた評価結果となり、循環律が生じる場合があるのである。

この代替案のジレンマは、二つ目の事例を示し次章で解消法を説明した後、5章で解消することとする。

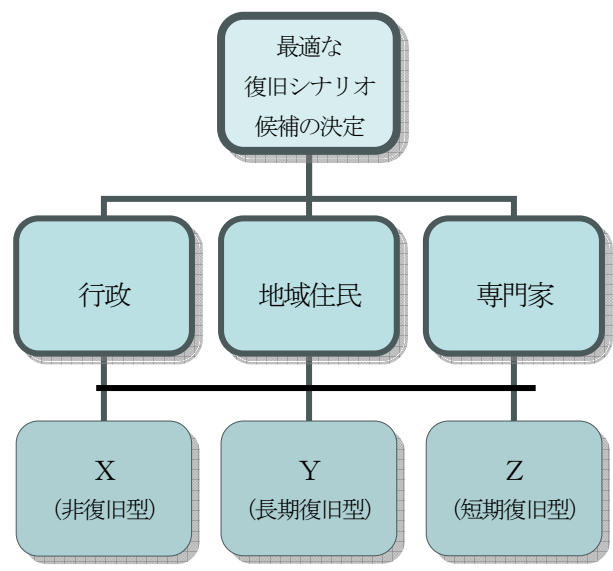
(2) 災害復旧計画における代替案のジレンマ⁴⁾

2つ目の事例として、災害で都市が被害を受けた際の災害復旧計画における代替案のジレンマを紹介する。

都市IIで阪神淡路大震災クラスの大地震が発生し、都市のあらゆる公共施設が壊滅的な被害を受けたと仮定する。このとき、公共施設の復旧をするにあたりX, Y, Zの災害復旧シナリオ候補の中から、一つを選択するという意思決定をしなければならない。なお、Xは全く復旧させないという「非復旧型」、Yはゆっくり時間をかけて復旧する「長期復旧型」、Zは短期間で復旧しようとする「短期復旧型」である。この時、候補から一つを選択する意思決定者として、「行政」、「地域住民」

「(都市計画における) 専門家」の三者が存在するものとする。これらをまとめると、図-2のような階層構造となる。

図-2 災害復旧計画の意思決定における階層構造



※ レベル1：最終目標
 レベル2：意思決定者
 レベル3：代替案

そして行政、専門家、地域住民の三者は次のような選好を表明した。

$$\text{○行政} \cdots X > Y, \quad Y > Z \Rightarrow X > Z$$

$$\text{○地域住民} \cdots Z > X, \quad X > Y \Rightarrow Z > Y$$

$$\text{○専門家} \cdots Y > Z, \quad Z > X \Rightarrow Y > X$$

この選好結果は、各個人毎に見た場合には整合性⁹⁾が保たれており推移律であると言える。しかし、全体としてみた場合、XとYの比較ではXが選好(行政と地域住民により)され、YとZの比較ではYが選好(行政と専門家により)され、XとZの比較ではZが選好(地域住民と専門家により)されており合成の誤謬による循環律が生じている。ここでは、各意思決定者の利害関係の相違によりジレンマが発生したと推測できる。この代替案のジレンマも、(1)と同様に5章で解消する。

4. 評価値一斉法¹⁾²⁾

3章で示した事例のように、意思決定の場においては選択対象や代替案の評価が評価基準や複数の意思決定者の存在によって循環関係が生じることや、一意に定まらない場合がある。こうした問題を解決する手法として評価値一斉法がある。簡単に評価値一斉法について述べると、評価の比を用い、ある選択対象や代替案を基準に、他の選択対象の評価を行い全体として平均を取ることにより、総合的な評価を導出する手法である。なお、評価

値一斉法の論理的な解説については、杉浦・木下²⁾の論文をご参照願いたい。本稿では、杉浦・木下の論文の命題を、抜粋し結論のみを示す。

命題²⁾

意思決定において、評価者あるいは評価基準 i ($i=1, 2, 3$) によって評価された選択対象 (代替案) X, Y, Z の評価値は

$$\begin{bmatrix} M_1^X & M_2^X & M_3^X \\ M_1^Y & M_2^Y & M_3^Y \\ M_1^Z & M_2^Z & M_3^Z \end{bmatrix} \text{は定義: } M_i^{XY} = \frac{M_i^Y}{M_i^X}$$

により、 $(\overline{M}_1, \overline{M}_2, \overline{M}_3) =$

$$\begin{bmatrix} \sqrt[3]{M_1^{XX} \cdot M_2^{XX} \cdot M_3^{XX}} \sqrt[3]{M_1^{YX} \cdot M_2^{YX} \cdot M_3^{YX}} \sqrt[3]{M_1^{ZX} \cdot M_2^{ZX} \cdot M_3^{ZX}} \\ \sqrt[3]{M_1^{XY} \cdot M_2^{XY} \cdot M_3^{XY}} \sqrt[3]{M_1^{YY} \cdot M_2^{YY} \cdot M_3^{YY}} \sqrt[3]{M_1^{ZY} \cdot M_2^{ZY} \cdot M_3^{ZY}} \\ \sqrt[3]{M_1^{XZ} \cdot M_2^{XZ} \cdot M_3^{XZ}} \sqrt[3]{M_1^{YZ} \cdot M_2^{YZ} \cdot M_3^{YZ}} \sqrt[3]{M_1^{ZZ} \cdot M_2^{ZZ} \cdot M_3^{ZZ}} \end{bmatrix}$$

に収束し、 \overline{M}_i における選択対象 (代替案) X, Y, Z の評価の比はすべて同値となり、優先順位は一意に定まる。

5. 評価値一斉法を用いたジレンマの解消

(1) 道路整備計画におけるジレンマの解消

ここでは、3章(1)で生じた単純循環律を評価値一斉法により解消する。前述したように、行政の政策決定者は $B > A$, $C > B$, $A > C$ という選好を示している。このとき、政策担当者が、具体的にどのような評価値を出したのかは表-1のとおりである。また、各一対比較における各評価基準のウエイト (重み) を表-2に示す。

表-1 行政担当者の評価値

	費用性	環境性	利便性
道路A (大幹線道路)	60		80
道路B (中規模道路)	80	20	
道路C (小規模道路)		60	75

表-2 各一対比較における各評価基準のウエイト

道路A (大幹線道路)	費用性 (0.5)	利便性 (0.5)
道路B (中規模道路)	費用性 (0.833)	環境性 (0.167)
道路C (小規模道路)	環境性 (0.333)	利便性 (0.667)

表-1のみを見ると、

道路A $\Rightarrow 60+80=140$

道路B $\Rightarrow 80+20=100$

道路C $\Rightarrow 60+75=135$

となり、一見、道路A > 道路C > 道路Bというように優先順位が決定できるが、各道路を一対比較したときの評価基準のウエイトを考慮すると、

$$\text{道路A} [60 \quad 80] \cdot \begin{bmatrix} 0.5(\text{費用性}) \\ 0.5(\text{利便性}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 30 \\ 40 \end{bmatrix}$$

$$\text{道路B} [80 \quad 20] \cdot \begin{bmatrix} 0.833(\text{費用性}) \\ 0.167(\text{環境性}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 66.64 \\ 3.34 \end{bmatrix}$$

$$\text{道路C} [60 \quad 75] \cdot \begin{bmatrix} 0.333(\text{環境性}) \\ 0.667(\text{利便性}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 19.98 \\ 50.25 \end{bmatrix}$$

道路A $\Rightarrow 30+40=70$

道路B $\Rightarrow 66.64+3.34=69.98$

道路C $\Rightarrow 19.98+50.25=70.23$

(道路A \approx 道路B \approx 道路C)

となり、意思決定が難しいことが分かる。

このジレンマを評価値一斉法で解消するにあたり、もう一度、表-1に着目すると費用性と利便性の両評価基準には道路Aが共通していることが見て取れる。よって先ほどの定義に基づき道路Aの評価を基準とし評価値を1に揃えると式①が得られる。

$$M_A = B \begin{bmatrix} 1 \\ 1.333 \\ 0.938 \end{bmatrix} \quad \text{①}$$

同じように、費用性と環境性の評価基準では道路Bが共通し、環境性と利便性の評価基準では道路Cが共通しているため、各道路の評価を基準にして評価値を1に揃えると式②、式③を得ることができる。

$$M_B = B \begin{bmatrix} 0.75 \\ 1 \\ 3 \end{bmatrix} \quad \text{②}$$

$$M_C = B \begin{bmatrix} 1.067 \\ 0.333 \\ 1 \end{bmatrix} \quad \text{③}$$

①、②、③の式から、評価値一斉法によって式④が収束値として得られる。

$$(M_A, M_B, M_C) = \begin{bmatrix} 1 & 1.217 & 0.658 \\ 0.822 & 1 & 0.540 \\ 1.520 & 1.851 & 1 \end{bmatrix} \quad ④$$

式④で $M_i (i = A, B, C)$ の道路A, B, Cの比は唯一であり、列の和を1に正規化すると式⑤が得られる。

$$M = \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.299 \\ 0.246 \\ 0.455 \end{bmatrix} \quad ⑤$$

式⑤より、道路整備計画の優先順位は道路C (0.455) > 道路A (0.299) > 道路B (0.246) と意思決定できる。

(2) 災害復旧計画におけるジレンマの解消

ここでは3章(2)で生じた合成の誤謬による循環律を評価値一斉法により解消する。行政、地域住民、専門家の三者の選好状況は前述したとおりであるが、三者は表-3のように、それぞれ評価値を出していた。

表-3 各意思決定者の評価値

	行政	地域住民	専門家
シナリオX	8.4	7.1	6.6
シナリオY	7.6	5.9	8.6
シナリオZ	6.2	8.7	7.2

この表から、各意思決定者の評価には整合度が保たれているが、全体としてみた場合にジレンマ(合成の誤謬による循環律)が生じていることが見て取れる。また、各シナリオから見た評価値の合計(行和)が全て221となっており優先順位が決定できない。

このような合成の誤謬による循環律も、評価値一斉法を用いれば解消が可能である。最初に、表-3より式⑥が得ることができる。

$$M = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 84 & 71 & 66 \\ 76 & 59 & 86 \\ 62 & 87 & 72 \end{bmatrix} \quad ⑥$$

先ほどの単純循環律の解消と同様に、定義に基づき各シナリオの評価を基準として評価値を1に揃える。同様にシナリオYの評価を基準として評価値を1に揃え、シナリオZの評価を基準として評価値を1に揃える。これらをまとめたものを式⑦とする。

$$(M_G, M_T, M_S) = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1.203 & 0.767 \\ 0.905 & 1 & 1.194 \\ 0.738 & 1.475 & 1 \end{bmatrix} \quad ⑦$$

(G=行政、T=地域住民、S=専門家)

式⑦から、評価値一斉法により収束値として式⑧を得ることができる。

$$(M_G, M_T, M_S) = \begin{bmatrix} 1 & 0.947 & 0.946 \\ 1.056 & 1 & 0.999 \\ 1.057 & 1.001 & 1 \end{bmatrix} \quad ⑧$$

(G=行政、T=地域住民、S=専門家)

このとき、式⑧の評価値の比は唯一であり、列の和を1に正規化すると式⑨が得られる。

$$M = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.321 \\ 0.339 \\ 0.339 \end{bmatrix} \quad ⑨$$

式⑨より、シナリオY (0.339) = シナリオZ (0.339) > シナリオX (0.321) となり、一つには絞れないが、シナリオXの選択は適さないことは意思決定できる。

6. おわりに

本稿では、道路整備計画と災害復旧計画の2つの例において生じた代替案のジレンマを評価値一斉法により解消した。中西・木下⁶⁾によると、AHPの提唱者であるサーティーは、C.I. (Consistency Index) という整合性の尺度を設けてはいるが、常に一対比較の結果には推移律を望んでいるとしている。

現在から未来にかけては、土木計画をはじめ、多くの意思決定の場において問題の複雑化や利害関係の相違により、意思決定者の意思が整合しなくなり循環律(ジレンマ)が発生することが増えていくと考えられる。このような意思決定の場においては、評価値一斉法は非常に有効な手法であると思われる。

本稿が、道路整備や災害復旧をはじめとする土木計画において少しでも貢献できれば幸いである。

参考文献

- 1) 杉浦伸, 木下栄蔵: 評価値一斉法を用いた循環律の解法, 都市情報学研究No. 10, PP. 115-21, 2005.
- 2) 杉浦伸, 木下栄蔵: 社会的意思決定における循環律の解消, 土木計画学研究
- 3) 木下栄蔵: 階層分析法による道路の整備優先順位の決定に関する研究, 土木計画学研究・論文集Vol. 25 No. 2 1990
- 4) 柄谷友香: 地域防災力の向上に向けたひとつづくり・まちづくり, 名城大学木下研究室ゼミ資料
- 5) 木下栄蔵: 孫子の兵法の数学モデル, 講談社, 1998
- 6) 中西昌武・木下栄蔵: 階層分析法AHPにおける意思決定ストレスのモデル化に関する研究, 土木計画学研究・論文集, No. 13 1996