

自己言及的手続き選択モデルを用いた決定方式 の安定性分析—吉野川第十堰を例として—

東京大学 田中佑典*¹

東京大学 堀田昌英*²

By Yusuke TANAKA and Masahide HORITA, University of Tokyo

本論文は、公共事業に対する賛否の隔たりがその事業の進め方に関する意見の対立にまで及ぶ状況において、意思決定の膠着状態を防ぐ決め方を見つけるための分析枠組みを提案する。本論文では事業の決定手続きを「メタ決定問題」と捉え、決め方を意思決定者自身が決める時に安定的となる手続きを考察した。まず事業の意思決定を行う委員会を想定し、委員の数と多数決の閾値からなる手続きを住民と委員が決めるゲームの均衡概念を定義し、数値実験を通して住民の意見分布と自己安定的な手続きとの関係を類型化した。続いて本モデルを吉野川第十堰改築事業の文脈に適用した。既往研究より推計した吉野川流域住民の意見分布を用い、自己安定的な手続きとなる均衡解とその類型を求めた。さらに、これらの均衡解と社会厚生状態との関係を評価した結果、自己安定的な決定手続きは必ずしも流域の社会厚生を高くするものではないが、両者の観点から望ましい手続きが存在する可能性が示された。本手法によって、賛否が激しく対立した事業の枠組みを設計する際に、受容可能な手続きを検討することができる。

【キーワード】メタ決定、自己言及性、合意形成、手続き選択ゲーム

1. 序論

日本の公共事業に関する意思決定の仕組みは現在大きな転換点を迎えている。高度経済成長期の終焉以来、どのような事業をどのような方法で行うのかを決めるプロセスは、常に国民の関心と監視の対象となってきた。1990年代後半には建設省（当時）が「大規模公共事業に関する総合的な評価方策検討委員会報告」を取りまとめ、公共事業の決定過程における透明性の確保をうたった¹⁾。河川事業を例にとれば、多くの事業がその継続の可否を当時設置されたダム等事業審議委員会（ダム審議会）において問われ、従来にはなかった第三者機関が事業決定のプロセスに関わることとなった。時期を同じくして公共事業の計画策定においては、住民参加の取り組みを強化し、必要に応じてその意見を事業内容に反映する試みが多く見られるようになった。河川事業では1997年の河川法改正によって、河川整備基本方針と

河川整備計画の策定に有識者や関係地方公共団体の意見を聴取することが義務づけられ、流域委員会の設置に繋がった。さらに2009年の政権交代によって、従来の意思決定における政官の役割分担、または政党と政府の役割分担が変革されるに至り、これに伴って公共事業を実施するにあたっての優先順位付けの方法、予算策定のプロセスをはじめとする、意思決定の仕組み全体が見直されつつある。

一般に、どの公共事業をいかなる方法で実施するかに関する決定方法には最適解が存在しないと言われる。理論研究において、最適な意思決定方法の不在は公共選択論や社会的選択理論を主とした分野において議論されてきた^{2,3,4)}。現実にも、例えばダム審議会の設置時には審議会委員を選定する手続きが委員の設置主体である事業者であるために、審議会の答申内容が中立的でないとの批判が呈された。住民参加を目的とした協議会では、その決定が事業にど

*1 大学院工学系研究科社会基盤学専攻 修士課程

*2 大学院新領域創成科学研究科国際協力学専攻 04-7136-4844; horita@k.u-tokyo.ac.jp

のように反映されるかが不透明であるという理由で、一部の参加者層が協議会への参加自体を拒否する事例が見られた⁵⁾。これらは即ち事業の意思決定における住民参加の枠組み自体が住民参加の下で策定されなかったことに対する批判である。しかし公共事業の事業者には意思決定の枠組み自体を決定する一定の裁量権と責任があるとする立場もまた合理的といえる。

いかなる決定方法も、その決定方法自体を決定する方法に合意が形成されない場合、解決策を見出すことに大きな困難が伴う。それは、「決め方の決め方」の正当性を問うと、次に「決め方の決め方の決め方」の正当性を問わなくてはならなくなるという無限遡及に陥るからである。本論文ではこの問題をメタ決定問題(meta-decision problems)と捉える。本論文の目的は、公共事業のプロセスをメタ決定問題と定式化することによって、その分析的議論から手続きと決定枠組みの設計に対して示唆を得ることである。

とりわけ本論文では、公共事業についての審議機関が、その設置主体や上位機関によって決め方を規定されない事例を考察する。このような条件の下では、自らの決定ルールを自分自身で自治的に決定する必要に迫られるため、そこで選ばれるルールは自己安定性を持つ。ここでは決定の結果である決め方(D_A)と D_A を選ぶに至った決め方 D_B が一致している均衡状態($D_A = D_B$)が成立する。このような自己言及的な状況を考えることで、決め方の正当性を仮に問われたとしても、無限遡及に陥ることによって意思決定自体ができなくなる問題を回避できる論理的可能性を探ることができる。賛否が激しく分かれた事業に対して、事業の「枠組みを考えるための枠組み」を何層にも作り続けるという対処療法的措置から発想の転換を図り、代替的な手続きの原則を提示することが本アプローチの目的である。

本論文の具体的な目的は下記の2つである。

- 1) 公共事業の文脈に即した意思決定方式の自己安定性を評価するモデルを提案すること。
- 2) 上記1)のモデルを用いて、実際にその可否と決め方が問題となっている事例に適用すること。

本論文の構成は以下の通りである。第2章におい

て社会基盤分野のメタ決定問題について概説する。第3章において決定方式の自己安定性を評価するモデルを提案し、第4章において自己安定性を満たす決定方式を求めるアルゴリズムを提案する。第5章において事業をめぐる意思決定者の態度分布と自己安定的な決定手続きとの関係を検討し、いくつかの典型的な類型を示す。第6章において本手法を吉野川第十堰改築事業に適用し、既往研究から得られた住民意見に関するデータにもとづいて自己安定的な決定手続きを求める。最後に第7章で結論を述べる。

2. 公共事業執行とメタ決定問題

公共事業の意思決定と執行過程に係る諸問題については、わが国においても合意形成研究を中心に多くの蓄積がある。例えば、住民参加に対する意識構造を分析した滝口ら(2001)⁶⁾の研究、日本で導入が進む構想段階の Public Involvement の制度と運用に関する前川(2007)⁷⁾の研究、手続き妥当性概念を用いて住民参加型プロセスの満たすべき要件をまとめた屋井(2006)⁸⁾の研究、道路計画における計画決定と Public Involvement のあり方に関する石川(2005)⁹⁾の研究、第三者機関を二つのコミュニケーションゲームの連結ゲームとして定式化し、第三者機関の公開の仕方と住民への信頼形成の関係について考察した羽鳥(2008)¹⁰⁾の研究、交通施設整備事業の計画策定における関係主体の交渉プロセスを展開型ゲームで記述した家田・加藤(1996)¹¹⁾の研究などが挙げられる。

委託型または代議的意決定を定式化する委員会ゲームの手続き選択に関する理論については、McKelvey (1976)¹²⁾の議題設定プロセス効果に関する古典的な成果をはじめ、Brams and Fishburn (1978)¹³⁾、Barbera et al. (1991)¹⁴⁾らによって整理されている。本論文に関連するより最近の成果としては、複数の委員選定方法を比較した Brams et al. (2007)¹⁵⁾、市民の投票行動に関する近視眼性仮定の含意を論じた Anesi (2006)¹⁶⁾、企業内委員会の決定手続きを依頼人である企業の視点から設計する Alpern and Gal (2009)¹⁷⁾などが挙げられる。これらの議論の中心は、委員会または委員選定の決定手続きと、委員会ゲームの帰結との関連である。後述する一部のモデルを除いて、上記の例ではいずれかの段階において「決め方の決め方(…)」に関する先験的な合意が存するという仮

定が置かれており、この点において本論文が想定する状況とは異なる。

また、社会基盤整備の分野において「決め方の決め方」を明示的に分析したメタ決定の事例研究として松尾・堀田(2004)¹⁸⁾がある。メタ決定問題の理論研究は、初期には Gödel の自己言及性のパラドックスに関わる研究が知られているが¹⁹⁾、近年は公共選択や法哲学の分野に応用範囲が広がっている。例えば Hansson (1996)²⁰⁾は、意思決定者の各選択肢に関する選好に加え、均衡状態自体に対する選好を考慮する分析枠組みを提供する。これによって、例えば事業継続・中止などの決定結果が自らの意向に反する場合でも、極端な対立を招くよりは妥協的な同意を是とする合意主義的な性向や、その他の原則主義、孤立主義、利己／利他主義的な性向を明示的に表現することができる。

同様に、Gaertner and Xu (2004)²¹⁾は意思決定者の各選択肢に関する選好が、その選択肢集合の形成される手続きに依存する状況をモデル化する。これによって、藤井他(2002)²²⁾で指摘されたように、ある事業に賛成するか否かは、その事業についての選択肢が公正な手続きで選ばれたかどうかに影響を受けるという手続き選択(procedural choice)の構造を公理的に定式化できる。

現実の社会的意思決定に関するメタ決定問題の先駆的な分析例としては、Rogers and Molzon (1992)²³⁾がある。同論文では「米国大統領の通信記録の公開に係る秘匿特権の判断主体は誰か」(Question 1)という問題を例に取り、「Question 1を決定する権限を有するのは誰か(合衆国憲法は米大統領と合衆国最高裁判所のどちらにその権限を与えているのか)」(Question 2)、「Question 2を決定する権限を有するのは誰か(合衆国憲法についての解釈についての最終的な権限は誰が有するのか)」(Question 3)等々の各次元におけるメタ決定問題を法学的に解明し、その含意を現実の判例と対比させることによって現実主義と法理的一貫性との関係を論じている。仮に上記 Question 1を公共事業の文脈、たとえば「河川整備計画案に対する関係地方公共団体の長からの意見はどのように聴取・反映されるべきか」に置き換えれば、同様の議論の多くは我が国の社会基盤整備をめぐる意思決定問題にも当てはまる。

以上の既往研究にもとづき、本論文では決め方を決める自己言及的手続き選択過程を公共選択論的な枠組みを用いてモデル化する。

3. 自己言及的手続き選択モデル

(1) 概要

本章では自己言及的手続き選択モデルを提案する。本論文で提案するモデルは、多数決に必要な票数の比率(決定の閾値)を自己言及的に選択する Barbera and Jackson (2004)²⁴⁾のモデルを拡張したものである。本研究では、手続きと計画を選ぶ場を委員会と呼び、自己言及的に選ぶ手続きの内容として、委員の数(m)と多数決に必要な票数の比率(s)を決めるゲームを考える。このゲームは事業執行枠組みを提案する立場にあるような手続き設計者により仮想空間上で行われる思考実験である。

本節ではダム事業を例として、モデルの構造を説明する。はじめに任意の手続き(m, s_1)を設定する。各流域住民 i は、それぞれ社会的・経済的・地理的属性を持つ。また、各個人は他人及び自分の属性から、ある計画に対する賛成反対の度合い(p_i : 計画案 α と計画案 β があるとき β を好む確率)を推定するものとする。本モデルでは、決定手続き選択の段階においては、他人のみならず自分自身の事業に対する将来の賛否をも確定的に知ることはできないと仮定する。全流域住民を、計画案への賛否に関する度合いの類似性に従って後述する k -means++法により m_1 個のクラスターに分け、代表となる委員を m_1 人選ぶ。そして、選ばれた委員が設定した多数決のもとで、委員の数と必要な票数の比率(s)を(m, s_1)から別の(m_2, s_2)に変えるかどうか、すなわち a (手続きを変えない)または b (変える)の2案のいずれかについて投票し、手続きを決定する。最後に、選んだ手続きにより計画案 α または計画案 β を選ぶ投票を行う。

(2) 手続き選択のゲームの効用

手続き選択のゲームにおいて、委員は自分にとってより大きな利得を得る手続きに投票する。例えば、手続き(m, s_1)において、手続き(m, s_1)と別の手続き(m_2, s_2)のどちらかを選ぶゲームを考えると、委員は現状の手続き(m, s_1)の方が有利ならば a に、手続き(m_2, s_2)の方が有利ならば b に投票する。委員の手続き

に対する効用 $U_i(m, s)$ ($i \in M$: 委員の集合)は、計画案を選ぶ段階における他の委員の投票行動を考えた上での期待値とする。委員の効用は、自分の投票する計画案が選ばれたとき 1、自分の投票した計画案が選ばれなかったときは 0 とする。

(3) 自己安定性

手続き (m_1, s_1) のもとで、現在の手続き (m_1, s_1) と別の手続き (m_2, s_2) に対して、委員が手続き選択のゲームをするものとする。委員全員の b への票数を集計し、 $(m_1 \times s_1)$ 票以下であればその手続き (m_1, s_1) は手続き (m_1, s_1) により選ばれる。以上の作業を、手続き (m_1, s_1) 以外のすべての手続き (m_2, s_2) に対して行う。そして、すべての手続き (m_2, s_2) に対して投票を行っても手続き (m_1, s_1) が手続き (m_1, s_1) により選ばれるとき、手続き (m_1, s_1) は自己安定性を満たす均衡解と定義する。いま委員の戦略空間 (m, s) を $m \in \{1, \dots, n\}$ (ただし n は住民数), $s \in (0, 1)$ 上に定義すると、以上の自己安定性条件は式(1)で与えられる。

$$\begin{aligned} & \left| \{i \mid U_i(m', s') > U_i(m, s)\} \right| \leq s \times m \\ & \text{for all } m' \neq m \text{ and } s' \neq s \end{aligned} \quad (1)$$

(ただし、集合 X の要素の個数を $|X|$ で表す。)

このように、外生的に設定した手続きが、手続き自身により選ばれたとき、これをゲームの均衡状態とみなし、自己安定性を満たすと定義する。

自己安定的均衡解の実際的な意味については議論の余地がある。本研究の目的は、第 1 章で述べたように、決め方の正当性を仮に問われたとしても、無限遡及に陥ることによって意思決定自体ができなくなる問題を回避できる論理的可能性を探ることである。自己安定的均衡解は、「決め方の決め方(…)」についての先験的な合意をいかなる段階においても必要としないという意味で、無限遡及に陥る論理を回避しているといえる。しかしながら、このことは「決め方の決め方」に対する無限の非合意を解決することを保証しない。また、プレイヤーが自己安定的均衡概念を受け入れるべき論理も内在していない。プレイヤー全体が、この手続き選択ゲームにおいて自己言及的に手続きを決めることを先験的に受け入れていなければ、本手法によって導出される自己安定的な手続きは実質的な意味を持たない。

本論文は自己安定的均衡解を代替的概念として提示するに留め、その社会的受容性については今後の研究に委ねる。

4. 均衡解を求めるアルゴリズム

(1) 委員の選定(k -means++法)

本研究では、 k -means++法²⁵⁾を応用し、流域住民の計画に対する賛成反対の度合い(p_i : 計画案 α と計画案 β があるとき β を好む確率)についての度数分布が与えられたとき、流域住民を m 個のクラスターに分け、各クラスターにおいて中心に一番近い住民を委員として m 人選ぶアルゴリズムを下記のように定める。

a) クラスター中心の初期配置の決定

- ①一つ目のクラスター中心をランダムに選ぶ。
- ②すべての住民 $j(1 \leq j \leq n)$ に対し、一番近いクラスター中心との距離(d_j)を計算する。

$$d_j = \min_{i \in M} \|c_i - p_j\| \quad (2)$$

c_i : クラスター i の中心座標

p_j : 住民 j が計画案 β を好む確率

- ③次のクラスター中心を住民から確率分布に従って選ぶ。ただし住民 $j(1 \leq j \leq n)$ が次に選ばれる確率 w_j は式(3)で与えられるとする。

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (3)$$

- ④中心が m 個できるまで②と③を繰り返す。

b) クラスターの作成

- ⑤住民を中心が一番近いクラスターに振り分ける。
- ⑥各クラスターの中心を重心として式(4)で計算する。

$$c_i = \frac{\sum_{j \in C_i} d_j}{|C_i|} \quad (4)$$

C_i : クラスター i に所属する住民の集合

$|C_i|$: クラスター i に所属する住民の数

- ⑦住民の所属を新しいクラスター中心に従って振り分け直す。
- ⑧振り分けた結果に変化が無くなるまで、⑥と⑦を

繰り返し行う。

c) 委員の選定

⑨各クラスターの中心に一番近い住民を、各クラスターを代表する委員とする。

(2) 委員の効用計算

手続き選択ゲームの均衡解を求めるために、委員の効用を計算する必要がある。手続き (m,s) において、委員 i が効用を得る状況は、 i 以外の委員により計画案 β に集まる票の数により異なる。すなわち、① $(m \times s)-1$ 票より多いときは、自分が β に投票し β が選択されるとき、② $(m \times s)$ 票以下のときは、自分が α に投票し α が選択されるとき、にそれぞれ委員 i は効用 1 を得る。

他の委員から計画案 β に対して $(m \times s)-1$ 票より多く集まる確率を X 、 $(m \times s)$ 票以下しか集まらない確率を Y とする。委員 i の効用 $U_i(m,s)$ は、①の状況により得られる効用と②の状況により得られる効用各々の期待値を足したものである。よって、委員 i の手続き (m,s) に対する効用 $U_i(m,s)$ は、

$$U_i(m,s) = p_i X + (1 - p_i) Y \quad (5)$$

と表現できる。

また、委員 i を除いた他の委員による投票により、 β に k 票集まる確率を $P_i(k)$ とすると、

$$P_i(k) = \sum_{j \in E \setminus \{i\}} p_j \times_{i \in E} (1 - p_i) \quad (6)$$

であり、

$$X = \sum_{k > s \times m - 1}^{m-1} P_i(k), \quad Y = \sum_{k=0}^{k \leq s \times m} P_i(k) \quad (7)$$

であるから

$$U_i(m,s) = p_i \sum_{k > s \times m - 1}^{m-1} P_i(k) + (1 - p_i) \sum_{k=0}^{k \leq s \times m} P_i(k) \quad (8)$$

を得る。

(3) 自己安定性の判定

手続き (m,s) の自己安定性を判定するためには、下の判別式(1)を満たすかどうかを確認すればよい。

$$\{i \mid U_i(m',s') > U_i(m,s)\} \leq s \times m$$

for $m' \neq m$ and $s' \neq s$

ただし、ある「手続き 1」(m_1, s_1)における委員 i ($1 \leq i \leq m_1$)が、別の「手続き 2」(m_2, s_2) (for all $m_2 \neq m_1$ and $s_2 \neq s_1$)で必ずしも委員に選ばれるとは限らない。本モデルでは、「手続き 1」(m_1, s_1)によって選ばれた委員 i が「手続き 2」の下で得る効用を計算するために、「手続き 2」で選ばれる委員 h ($1 \leq h \leq m_2$)への対応 $g: i \rightarrow h$ を考える。対応 g は「手続き 1」の委員 i から、「手続き 2」の下で委員 i が所属することになるクラスターにおいて選ばれる委員 h への対応である。委員 i ($1 \leq i \leq m_1$)が「手続き 2」(m_2, s_2)において得る効用は、次式(9)で近似できると仮定する。

$$U_i(m_2, s_2) = U_h(m_2, s_2) \times (1 - \|p_h - p_i\|) \quad (9)$$

ただし、

$$h = g(i)$$

p_h : 委員 h が計画案 β を好む確率

p_i : 委員 i が計画案 β を好む確率。

本論文では、以上の自己安定性を満たす手続きをゲームの均衡解と定義する。

自己安定性を満たす解は必ず存在し、 $m=1$ が常に自己安定的均衡解となる。なぜなら、仮定により各委員は自分の支持する選択肢を常に可決させられるときに最大の効用 1 を得るが、一人で決定するときがその場合に他ならないからである。本モデルでは均衡解の集合の一意性は保証されないが、これは主として数値計算上の理由から委員選択に確率的なアルゴリズム(k -means++法)を採用したからである。

5. 均衡解の類型化と住民の賛否分布の関係

(1) 委員の効用の近似計算

本章では、住民の計画案 β を好む確率の分布 p_i と均衡解との関係を述べる。均衡解を求めるためには、最初に各委員の効用を計算する必要がある。 $U_i(m,s)$ を求めるためには、 X, Y を求めればよく、そのためには $P_i(k)$ を計算すればよい。 $P_i(k)$ を計算するためには、他の委員の計画案 β に対する賛成、反対の組み合わせをすべて考え、 k 票集まる確率を求めればよいが、委員の数が大きいと計算時間上の問題が生じる。よって、本研究ではマルコフ連鎖モンテカルロ法²⁶⁾のアルゴリズムを利用して $P_i(k)$ の近似計算を行った。委員のもつ計画案 β を選好する確率 p_i を考慮した確率分布に従い、賛成、反対の組み合わせを z 個作り、

z 個のうち $(m \times s) - 1$ 票より多かった組み合わせの数 x と、 $(m \times s)$ 票以下の組み合わせの数 y を数える。そして、 x を z で割った確率を X の、 y を z で割った確率を Y の収束値として計算した。即ち式(10)が成り立つ。

$$X \cong \frac{x}{z}, \quad Y \cong \frac{y}{z} \quad (10)$$

本研究では、 $m \leq 11$ については直接 $P_i(k)$ を計算し $U_i(m, s)$ を求め、 $m \geq 12$ 以上については近似アルゴリズムで計算した。なお、 $12 \leq m \leq 14$ のときは $z=2000$ 、 $m \geq 15$ のときは $z=10000$ として $U_i(m, s)$ を求めた。

(2) 均衡解の類型化

分布 p_i をさまざまに変化させて均衡解を計算した結果、典型的に以下の 4 つの類型が代表的な手続きとして現れた。

- A) 中位者が一人で決める。 ($m=1$)
- B) 対立しているグループ同士から一人ずつ委員を選び決める。 ($m=2$)
- C) 単純多数決により決める。 ($m \geq 3$)
- D) 全会一致により決める。 ($m \geq 3$)

本研究では自己安定性を分析するために、3 回の試行で 3 回とも均衡解となったもののみを採用した。結果が変わりうるのは、 k -means++法に確率的な要素があり、試行ごとに選ばれる委員が変わるためである。各類型に属する手続きと、 p_i の分布形によって表される社会の状態との関係は下記の通りである。

a) 同質的な社会

住民の計画案 β を好む確率(p_i)の分布を、平均 μ (任意の値)、標準偏差 0.008 の正規乱数 ($n=10000$) によって発生させ図-1のように与えた。

μ の値によらず手続き選択のゲームの均衡解の分布は表-1のようになる。委員の効用が委員の数に従って単調減少していくため、類型 A のみが均衡解として現れる。類型 A が均衡解となる理由は、委員の効用に関する仮定により自分の意見が通せたときに最大の効用 1 を得るが、一人で決めるときに期待利得が最大になるためである。よって、どのような住民の賛否分布であっても、類型 A は均衡解として出現する。

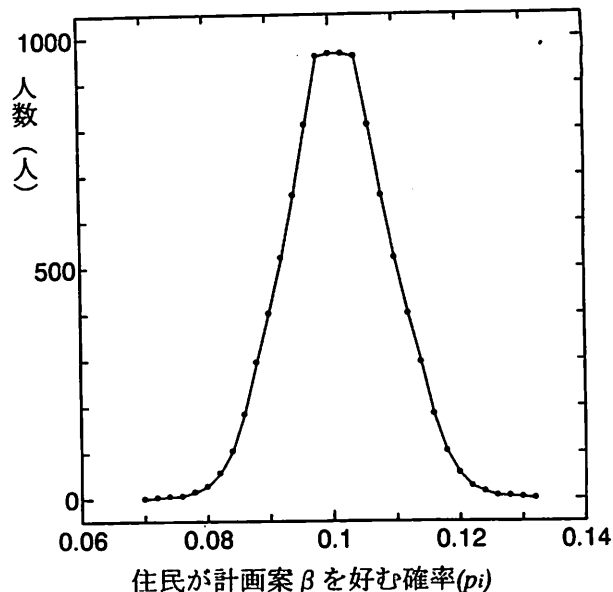


図-1:住民が計画案 β を好む確率(p_i)の分布

表-1:均衡解の分布(同質的な社会)
多数決に必要な票の割合(s)

	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
委員の数(m)						
1	A	A	A	A	A	A
2	×	×	×	×	×	×
3	×	×	×	×	×	×
4	×	×	×	×	×	×
5	×	×	×	×	×	×
6	×	×	×	×	×	×
7	×	×	×	×	×	×
8	×	×	×	×	×	×
9	×	×	×	×	×	×
10	×	×	×	×	×	×
11	×	×	×	×	×	×
12	×	×	×	×	×	×
13	×	×	×	×	×	×
14	×	×	×	×	×	×

b) 対立が穏やかな社会

平均 0.25, 標準偏差 0.04 の正規乱数($n=5000$)と平均 0.75, 標準偏差 0.04 の乱数($n=5000$)を発生させ、図-2に示す分布を作成した。手続き選択ゲームの均衡解の分布は表-2に示す通りとなる。

均衡解は類型 A と B が現れる。均衡解 B が現れる理由は、 $m=2$ において計画案反対派の委員の効用が最大となり、手続きの支持者が過半数を超えるため

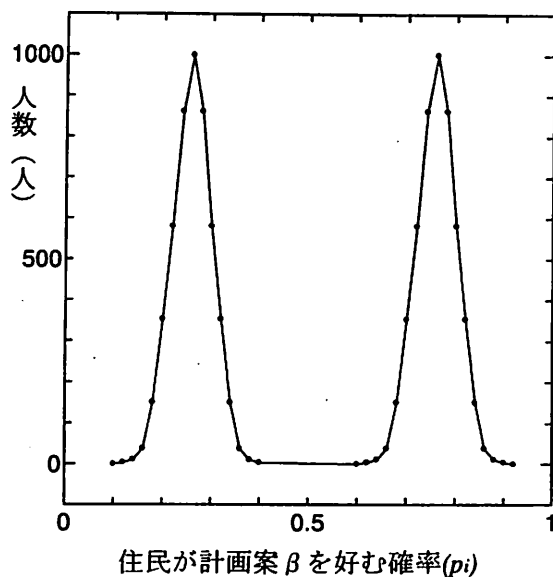


図-2: 住民が計画案 β を好む確率(p_i)の分布

表-2: 均衡解の分布(対立が穏やかな社会)
多数決に必要な票の割合(s)

	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
委員の数(m)						
1	A	A	A	A	A	A
2	B	B	B	B	B	B
3	x	x	x	x	x	x
4	x	x	x	x	x	x
5	x	x	x	x	x	x
6	x	x	x	x	x	x
7	x	x	x	x	x	x
8	x	x	x	x	x	x
9	x	x	x	x	x	x
10	x	x	x	x	x	x
11	x	x	x	x	x	x
12	x	x	x	x	x	x
13	x	x	x	x	x	x
14	x	x	x	x	x	x

である。 $m=2$ で反対派委員の効用が最大となる理由としては、 $m=1$ と $m=2$ で選ばれる反対派の委員を比較したときに、 $m=2$ の方が、反対する確率が高い委員が選ばれるため計画を止めやすいからである。

c) 対立が激しい社会

平均 0.1, 標準偏差 0.002 の正規乱数($n=5000$)と平均 0.9, 標準偏差 0.0072 の正規乱数($n=5000$)を発生させ、0.5 に対して対称になるように分布を作成した。

表-3: 均衡解の分布(対立が激しい社会)
多数決に必要な票の割合(s)

	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
委員の数(m)						
1	A	A	A	A	A	A
2	x	x	x	x	x	x
3	x	x	x	x	x	x
4	x	x	x	x	x	x
5	x	x	x	x	x	x
6	C	C	x	x	x	x
7	x	x	x	x	x	x
8	x	x	x	x	x	x
9	x	x	x	x	x	x
10	x	x	x	x	x	x
11	x	x	x	x	x	x
12	x	x	x	x	x	x
13	x	x	x	x	x	x
14	x	x	x	x	x	x

このとき手続き選択ゲームの均衡解は表-3のようになる。均衡解は類型 A, C が現れる。均衡解 C が現れる理由は、計画案への賛成派委員の効用が最大になり、手続きを支持する委員が過半数を占めるためである。例えば類型 C の均衡解として $m=6$ が現れる場合、反対派と賛成派双方から 3 人ずつ委員が選ばれる。ところが、反対派の 3 人が他の手続きに比べて中立寄りに選ばれることがある。このとき、反対派委員が賛成してくれる確率が僅かながら上がるため、他の「手続き」よりも賛成派の効用が高くなり、賛成派により支持されるため手続きが安定となる。

d) 意見分布が多様な社会

平均 0.5 の一様分布の乱数($n=10000$)を発生させ入力データとした。均衡解は表-4のようになる。均衡解は類型 A, B, D が現れる。均衡解 D が現れる理由としては、一番反対度合いの強い委員が全会一致において効用が最大となり、手続きが支持されるため、少なくとも一人の支持者を得ることになる「全会一致」の手続きが安定となるためである。

以上のように、ある計画案に対する賛否の分布と、自己安定的な手続きとの間には典型的な関係が見られることが示された。本章で抽出された自己安定的制度の中にはモデルの仮定上自明な解もあるが、実際の公共事業に対する態度分布を得ることによって、

表-4:均衡解の分布(意見分布が多様な社会)
多数決に必要な票の割合(s)

委員の数(s)						
	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
1	A	A	A	A	A	A
2	B	B	B	B	B	B
3	x	x	D	D	D	D
4	x	x	x	D	D	D
5	x	x	x	D	D	D
6	x	x	x	x	D	D
7	x	x	x	x	D	D
8	x	x	x	x	D	D
9	x	x	x	x	D	D
10	x	x	x	x	D	D
11	x	x	x	x	x	D
12	x	x	x	x	x	D
13	x	x	x	x	x	D
14	x	x	x	x	x	D

実質的な意味を有する均衡解が得られる可能性を検討する必要がある。次章において事例分析を行うことによってその例示とする。

6. 実事例への適用 -吉野川第十堰-

本章では、前章で提案した手続き選択ゲームを実際の事例に適用することによって、本モデルが公共事業のメタ決定問題に与える示唆を検討する。分析の対象として、事業の是非に加えてその進め方を巡って長年にわたり議論が重ねられた吉野川第十堰改築事業を取り上げる。

公共事業はその決め方、進め方自体が大きな社会的関心事であったという意味において他の公共政策分野と比して特徴的である。その中でも、後述するように吉野川第十堰改築事業は実際にダム審議会の問題を踏まえて設置された「市民参加のあり方をめぐる懇談会」のあり方、即ち「決め方の決め方の決め方の決め方」という高次のメタ決定問題が顕在化した稀少な例である。本章で扱う決定手続きは現実の吉野川第十堰改築事業の手続きをはるかに単純化しており、直ちに同事業で適用可能な手続きを本分析によって提案できるわけではない。しかし、自己言及性という代替的な概念によって、これまでの「枠組みを考えるための枠組み」を何層にも作り続

けるという対処療法的措置とは異なる解決策を事業の文脈に即して見出すことは本分析から可能である。

(1)吉野川第十堰改築事業とメタ決定問題

本節では吉野川第十堰改築事業に関する概要を説明する。吉野川第十堰は、その流域が四国4県にわたる一級河川吉野川の下流にある堰である。吉野川の現在の河道が形成された歴史的経緯により、1752年に築造されて以来改修や延長増築が繰り返されてきた現堰は、現在斜め固定堰として存置している²⁷⁾。建設省(当時)は吉野川の治水問題、第十堰の老朽化と斜め固定堰によって生じる問題点の解決策として、1982年の吉野川水系工事実施基本計画の改定時に現堰の改築を定めた。1991年度には建設事業として一度は採択され、1995年には「第十堰改築事業に関する技術報告書」で第十堰の可動堰化が提言されている。

一方で、同事業、とりわけ現堰の可動堰化に反対する住民は活発な住民運動を展開した。1995年には、上述のダム審議会の一つである吉野川第十堰建設事業審議委員会が設置され、可動堰計画は妥当との答申が出されたが、一部からは可動堰推進派知事が推進派の委員を選んだことによる影響を疑う批判があった²⁸⁾。その後、徳島市では同事業の是非を問うための住民投票条例制定が有権者より直接請求され、一度は徳島市議会によって請求が否決されたものの、その後の市議会選挙による議員改選を経て2001年1月に住民投票が実施された。住民投票は投票率が50%を超えなければ開票を行わないという条件の下で実施されたが、結果は投票率55%、有効票の約9割が事業への反対票であった。投票結果を受け徳島市長が可動堰化に反対の立場を表明するなどの経緯を経て、当時の与党3党である自由民主党、公明党、保守党が2000年8月に「現計画を白紙に戻し、新たな計画を策定する」ことを勧告した²⁹⁾。

第十堰改築事業に対する賛否の隔たりによって事業の進め方が合意できない状況を踏まえ、2000年2月には建設省徳島工事事務所等の働きかけによって吉野川第十堰のあり方を話し合う場である「明日の吉野川と市民参加のあり方を考える懇談会(「吉野川懇談会」)」が設置された。「吉野川懇談会」では、その会自身の運営の仕方も懇談会における議論の対象

となった。その結果、2001 年 3 月には吉野川第十堰のあり方を話し合う手続きに関する見解として最終提言がまとめられた³⁰⁾。

しかし吉野川第十堰改築事業に係る意思決定の仕組みをどのように構築していくかについては、最終提言の提出以後も合意を見るに至っていない。2006 年国土交通省発表の「吉野川水系河川整備計画の策定に向けて」という方針を巡っては、第三者機関の設置形態や方法について賛否が分かれた。その後抜本的な第十堰の対策のあり方を除いた吉野川水系河川整備計画が 2009 年 8 月に策定されたが、第十堰については政権交代後の 2010 年 3 月、国土交通大臣が可動堰化の事実上の中止を表明している。

以上のように、吉野川第十堰問題は、計画の是非をめぐる意見の対立とともに、計画の策定手続きの是非をめぐる意見の対立が生じた典型的な事例である。第三者機関の委員の人選のみならず、手続きについて議論する「吉野川懇談会」においては、より上位の「吉野川懇談会」における話し合いのルールや「吉野川懇談会」自体の正当性もまた議論の対象となった。このように、決め方を外生的に与える限りより上位の決め方の正当性が無限に問われ続けるメタ決定の構造が、吉野川第十堰の問題でも見られる。

これまでの手続き選択ゲームが仮定していたように、仮にいずれかのレベルにおいて「決め方の決め方(…)」に合意が得られるのであれば、合意点から順次下位システムの決定手続きを決定していけばよいので本論文で提案する手法は必要とされない。しかし、吉野川を代表例とするいくつかのわが国の公共事業では、そのような合意は未だ見出せておらず、本論文が想定する状況が実際に存在している。

(2) 事例のモデル化

吉野川第十堰問題をゲーム論的に定式化した研究に、萩原(2005)³¹⁾がある。萩原は、吉野川流域沿いの 25 の市町村を、社会データ・ハザードマップ・各市町村首長の意見を用いてグループ化し、プレイヤーの抽出を行っている。

本論文では、吉野川流域沿いの住民を自己言及的な手続き選択ゲームに参加するプレイヤーとして考える。そのために、住民に関する属性を萩原がプレ

表-5: 萩原(2005)²⁴⁾による流域市町村の概要

city name	Regional Function Value (x1)	Normalized Flood Risk Value (x2)	Opinions of Mayors (x3)	House holds (x4)
Ikeda	-0.65	0	意見 iv	6512
Miyoshi	-0.05	0	意見 iv	1854
Ikawa	-0.54	0	意見 iv	1771
Mino	-0.24	0.01	意見 i	1583
Mikamo	-0.2	0.01	意見 iv	2994
Mima	0.04	0.02	意見 i	2827
Handa	-0.68	0	意見 i	2067
Sadamitsu	-0.62	0.01	意見 iv	2188
Wakimachi	-0.38	0.01	意見 iv	5838
Anabuki	-0.47	0.01	意見 iv	2499
Yamakawa	-0.03	0.06	意見 iii	3541
Awa	0.13	0.04	意見 iv	3831
Ichiba	-0.28	0.01	意見 i	3328
Kawashima	0.02	0.05	意見 iii	2624
Donari	-0.13	0.01	意見 iv	2196
Yoshino	0.36	0.12	意見 ii	2575
Kamajima	-0.09	0.08	意見 ii	7939
Kamiita	0.14	0.04	意見 iv	3510
Ishii	0.37	0.17	意見 i	7388
Itano	0.09	0.06	意見 iv	4119
Aizumi	1.13	0.23	意見 iii	8784
Tokushima	0.19	0.14	意見 iii	98483
Naruto	-0.05	0.15	意見 iv	20472
Matsushige	0.93	0.51	意見 i	4264
Kitajima	1.01	0.17	意見 iv	6414

イヤー抽出に用いた 25 の市町村のデータを参考に推定する。具体的には、各市町村を選好について一定のまとまりがある集団とみなし、萩原による分析結果を各市町村の代表的な住民の値と仮定する。そして、その住民を平均とした乱数を発生させることで各市町村の人口に比例した住民を仮想的に定義する。参考にしたデータは表-5のとおりである。

萩原(2005)では市町村の属性を 4 つの変数によって記述している。第一に、Regional Function Value (地域関数) とは、人口や産業構成などの社会データを主成分分析し、その第一主成分から第三主成分までをそれぞれの寄与度に合わせて一元化したものである。値が大きいほど社会基盤が整備されており、浸水による被害が大きいことを表している。

第二に、Normalized Flood Risk Value (浸水リスク

関数) とは、第十堰破堤時を想定したハザードマップを用いて、各地域の浸水面積と深さを求め、経済的損失を計算したものである。値が大きいほど破堤時の被害が大きいことを表している。

第三に、Opinions of Mayors とは、市町村ごとの市町村長による吉野川第十堰に関する意見である。萩原は、徳島新聞社における首長の見解から第十堰に関する選好を読み取っている。萩原は首長の選好を大きく4つに分類する。

意見i. 可動堰と現堰の改修であり、早期解決のためでも妥協をしない。

意見ii. 可動堰と現堰の改修であるが、早期解決のためには妥協する。

意見iii. 現堰の改修と可動堰である。

意見iv. 明確な方針がない。

次に、表-5 のデータを本モデルで用いる形に正規化する。本研究では、上述の地域関数、災害リスク関数、首長の意見を3つの評価軸として捉える。住民は3つの評価軸によって決定される計画案への選好 $p_i=(p_{1i}, p_{2i}, p_{3i})$ を持ち、手続き選択のゲームに参加すると仮定する。ここでは計画案αを現堰の改修、計画案βを可動堰化とする。

3つの変数の範囲を考慮し、正規化した値が[0,1]となるよう以下の通り変数変換を行う。

$$p_{1i} = \frac{x_1 + 0.73}{2} \quad (11)$$

$$p_{2i} = 2 \times x_2 \quad (12)$$

ただし、 $x_2=0$ である市町村については $p_{2i} = 0.01$ とし、また $p_{2i} > 1$ のときは 0.99 とした。

首長の意見については、可動堰化と現堰の改修との選好、妥協の度合いをもとに下記の通り変換した。

意見 i → $p_{3i} = 0.9$

意見 ii → $p_{3i} = 0.6$

意見 iii → $p_{3i} = 0.1$

意見 iv → $p_{3i} = 0.5$

この代表的な住民の値を用いて、各市町村の人口の10分の1に相当する住民の p_i を、乱数を発生させることで作成した。各市町村住民の属性に関する分

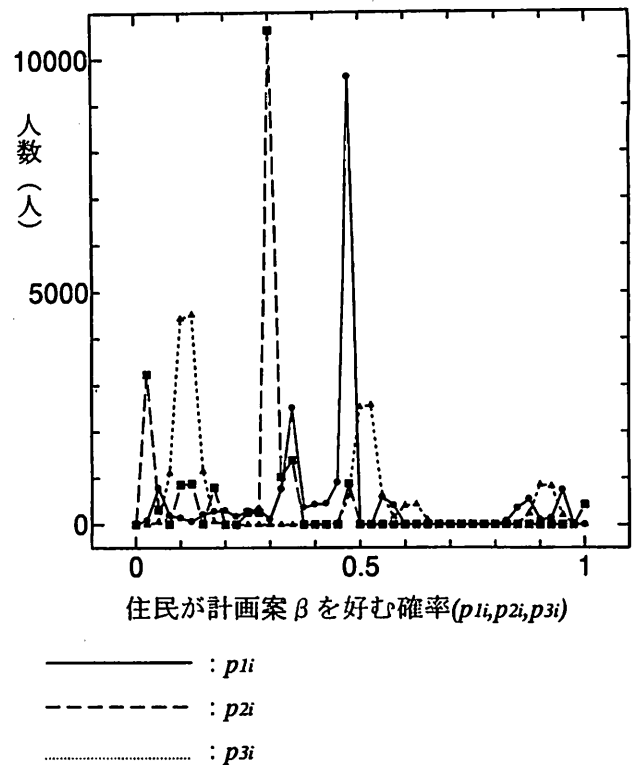


図 3: 住民が計画案βを好む確率(p_i)の分布

散については、例示的に任意の値を設定した。ここでは、 (p_{1i}, p_{2i}, p_{3i}) の各々について分散(0.005, 0.0025, 0.02)とした。以上により作成した流域住民の計画案βに対する選好 p_i の分布は図3のとおりである。

効用については、各 $p_{ji}(j=1,2,3)$ について手続き選択ゲームをそれぞれ行ったときの効用 $U_{ji}(m,s)$ ($j=1,2,3$) の平均を求め $U_j(m,s)$ が計算できると仮定した。

(3) 計算結果(均衡解の分布と流域全体の効用)

前節で作成した住民属性の分布を用い、本研究で提案したモデルの均衡解を計算することによって自己安定的な手続きを分析する。なお、以下では5回中4回以上均衡解となったものを均衡解として認めた。結果を表-6に示す。5(2)で定義した均衡解の類型の内、本分析の結果ではA,C,Dが現れた。本分析で得られた均衡解は下記の4つの手続きである。

- 1人が代表して決定する(類型A)。
 - 3人の委員が過半数または6割程度の賛成を要する重み付き多数決で決定する(類型C)
 - 4人の委員が全会一致で決定する(類型D)
 - 19人の委員が全会一致で決定する(類型D)
- ここで得られた結果は住民の属性についての単純化

表一6:均衡解の分布(吉野川第十堰)
多数決に必要な票の割合(s)

	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
委員の数(m)						
1	A	A	A	A	A	A
2	x	x	x	x	x	x
3	C	C	x	x	x	x
4	x	x	x	D	D	D
5	x	x	x	x	x	x
6	x	x	x	x	x	x
7	x	x	x	x	x	x
8	x	x	x	x	x	x
9	x	x	x	x	x	x
10	x	x	x	x	x	x
11	x	x	x	x	x	x
12	x	x	x	x	x	x
13	x	x	x	x	x	x
14	x	x	x	x	x	x
15	x	x	x	x	x	x
16	x	x	x	x	x	x
17	x	x	x	x	x	x
18	x	x	x	x	x	x
19	x	x	x	x	x	D
20	x	x	x	x	x	x

表一7:流域全体の効用(吉野川第十堰)
多数決に必要な票の割合(s)

	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
委員の数(m)						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

された仮定に依存しており結果の全てが定量的意味を有しているわけではない。均衡解の中にはモデルの構造から当然得られる自明な（しかし非現実的な）解も含まれている。しかしながら、ある事業に関係する住民の社会データやハザードマップなどから、ある事業についての意見分布を推定することで、必ずしも自明ではない自己安定的な手続きが具体的に明らかになる可能性が本分析結果より示唆されている。これは、事業の進め方を巡って膠着状態にある事例に対して、異なる原則から導出される代替的な手続きを示すことのできる可能性を意味している。本分析で用いた決定手続きは極度に単純化されたものであるが、将来的には決定手続きのモデルを精緻化することによってより現実的な手続きを示すことが期待できる。

本モデルの均衡解として得られる手続きは自己安定的の概念によって選択されるものである。一方、自己安定的な手続きが、社会にいかなる帰結をもたらすのかは明らかでない。本分析では、各手続きが

計画案の採択・非採択を通して全住民に与える効用と、手続きの自己安定性を比較することによって均衡解の帰結を調べる。表一7は、各手続き(m, s)を採択した際に流域住民が得る効用の期待値の総和を示したものである。色が濃いほど、流域全体の効用(社会的厚生)の期待値が高いことを表している。表一7によれば、均衡解 a)と b)では流域全体の効用の期待値が相対的に高いが、均衡解 c)と d)では低くなっていることが分かる。このように、手続き選択ゲームの均衡解となる自己安定的な手続きが、必ずしも流域全体の効用の期待値を高くするわけではない。以上のような分析を通して、ある事業における手続きを設計する際に、「意思決定過程の膠着状態を打開しうる決定手続き」と「社会にとって(それぞれの定義の下で)望ましい状態をもたらしうる決定手続き」とを、同時に評価することが可能になる。両者は本分析が示したように必ずしも一致しないので、決定手続きを異なる評価基準によって比較することが可能になる。

7. 結論

本論文は、ある事業に対する賛否の隔たりがその事業の進め方にまで及ぶような状況において、その決め方を自らが決める時に安定的となる決定手続きを考察した。メタ決定という概念を導入することによって本論文はこのような状況をゲーム論的に定式化し、自己安定性の概念を新たに拡張することによって代議的意思決定者の数や多数決の閾値など具体的な決め方を決めるための手法を提案した。

提案したモデルの事例への適用可能性を例示するために、事例分析では吉野川流域住民の第十堰事業改築事業に関する態度分布を用いて自己安定的な手続きを求めた。本分析から得られた結果自体は必ずしも同事業に対して直接の示唆を与えるものではない。しかし、その概念と分析手法は、公共参加(public involvement)をどのように実施するかを含め、決定手続きを設計する最初の段階において、多くの事業に適用可能と考えられる。

今後の課題としては、i) 本論文で委員数と多数決閾値の2つで表現されている手続き選択ゲームの要素を、現実の事業枠組みの設計内容と一致させること、ii) 住民の計画案への選好を多次元に拡張した際の理論的含意と現実的な計測可能性を整理すること、iii) 本論文で独立に行った決め方の自己安定性評価と、社会厚生状態の評価とを関連づけること、iv) 公共事業の文脈に応じた定式化によるモデルの精緻化の4点が挙げられる。

謝辞

本稿の執筆に当たって、匿名の査読者からは有益なご意見を戴いた。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 建設省：平成8年建設白書，1996。
- 2) Arrow K J: *Social Choice and Individual Values*. New York: John Wiley & Sons, 1951, rev ed. 1963.
- 3) Sen, A K: The impossibility of a Paretian liberal. *Journal of Political Economy* 78 January/February, 152-7, 1970.
- 4) James M. Buchanan and Gordon Tullock: *The Calculus of Consent: Logical Foundation of Constitutional Democracy*, Ann Arbor: University of Michigan Press, 1962
- 5) 毎日新聞：東京外環道（その1）住民と行政、真剣な議論—PI方式で合意図る，2002年12月24日，東京朝刊，p.21，2002。
- 6) 滝口 善博，清水 浩志郎，木村 一裕，船木孝仁：社会基盤整備に対する合意形成への住民意識の構造分析—ダム事業を事例として—，土木学会論文集 IV, Vol.52, pp.25-36, 2001.
- 7) 前川 秀和：道路計画の構想段階におけるPI制度ならびにその運用に関する研究，金沢大学博士論文，2007。
- 8) 屋井 鉄雄：手続き妥当性概念を用いた市民参画型計画プロセスの理論的枠組み，土木学会論文集 D, Vol.62, pp.621-637, 2006
- 9) 石川 雄章：道路計画制度における計画決定及びPIのあり方に関する研究，東京大学博士論文，2005
- 10) 羽鳥 剛史，鄭 蝦榮，小林 潔司：第3者委員会の公開と信頼形成への影響，土木学会論文集 D, Vol.64, No. 2, pp.148-167
- 11) 家田 仁，加藤 浩徳：第31回日本都市計画学会学術研究論文集，1996
- 12) McKelvey, R D: Intransitivities in multidimensional voting models and some implications for agenda control. *Journal of Economic Theory*, Vol.12, pp.472-482, 1976.
- 13) Brams, S J and Fishburn, P C: Approval voting. *American Political Science Review*, Vol.72(3), pp.831-857, 1978.
- 14) Barbera, S, Sonnenshein, H and Zhou, L: Voting by committees. *Econometrica*, Vol.59(3), pp.595-609, 1991.
- 15) Brams, S J, Kilgour, D M and Sanver, M R: A minimax procedure for electing committees. *Public Choice* Vol.132(3-4), pp.401-420, 2007.
- 16) Anesi, V: Committees with farsighted voters: A new interpretation of stable sets. *Social Choice and Welfare* Vol.27(3), pp.595-610, 2006.
- 17) Alpern, S and Gal, S: Analysis and design of selection committees: a game theoretic secretary problem. *International Journal of Game Theory* Vol.38(3), 377-394, 2009.
- 18) 松尾 直樹，堀田 昌英，2004，公共事業決定におけるメタ決定プロセスの構造分析，建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集，Vol.22, pp.17-20.
- 19) Gödel, K: *On Formally Undecidable Propositions of Principia Mathematica and Related Systems*. Dover Publications; 1931, reprint, 1992.
- 20) Hansson, S O: Social choice with procedural preferences. *Social Choice Welfare*. Vol. 13, pp.215-230, 1996.
- 21) Gaertner, W and Xu, Y: Procedural choice. *Economic Theory*. Vol. 24, pp.335-349, 2004.
- 22) 藤井 聡，竹村 和久，吉川 肇子：「決め

- 方」と合意形成 社会的ジレンマにおける利己的動機の抑制にむけて, 土木学会論文集 IV. Vol.56, pp.13-26, 2002.
- 23) Rogers, J M and Molzon R E: Some lessons about the law from self-referential problems in mathematics. *Law and Mathematics*. Vol.90, pp.992-1022, 1992.
- 24) Barbera S and Jackson M O: Choosing how to choose: Self-stable majority rules and constitutions, *Quarterly Journal of Economics*, vol.119, No.3, pp.1011-1048, 2004.
- 25) Arthur, David and Vassilvitskii, Sergei: *k-means++: The Advantages of Careful Seeding*, *Proceedings of the eighteenth annual ACM-SIAM symposium on Discrete algorithms*, pp.1027-1035, 2007
- 26) 津田 孝夫:『モンテカルロ法とシミュレーション—電子計算機の確率論的応用 (三訂版)』, 培風館, 1995
- 27) 建設省四国地方建設局: 第十堰改築事業に関する技術報告書: 治水編, 1995.
- 28) 日本学術振興会・人文・社会科学振興プロジェクト・「青の革命と水のガバナンス」研究グループ・流域委員会プロジェクト: 吉野川 (水系) 流域委員会の新規設置に際しての提言, 2006 年 1 月 20 日.
- 29) 朝日新聞: 3 与党が確認 公共事業見直し基準の自民検討会案, 2000 年 8 月 24 日, 朝刊, p.2, 2000.
- 30) 明日の吉野川と市民参加のあり方を考える懇談会: 第十堰問題のいい解決に向けて／最終提言, 2001 年 3 月 24 日.
- 31) 萩原 良巳, 畑山 満則, 坂本 麻衣子, 奥村 純平: 吉野川第十堰問題におけるプレイヤー抽出とリスク配分に関する研究, 京都大学防災研究所年報, 48(B), pp851-875, 2005.4

A Game-theoretic Approach to Assessing Stability of Self-Referential Decision Procedures: The Case of the Yoshino River's Tenth Weir

By Yusuke TANAKA and Masahide HORITA, University of Tokyo

This paper proposes an analytical framework for identifying such procedures that prevent a sustained hung decision on controversial infrastructure projects. As those controversial projects often encounter significant division over not only their substance but also their *procedures*, the papers employs a self-referential game model where the procedures themselves are the subject of a committee game. An alternative self-stability concept has been developed and examined through numeric analysis of hypothetical procedural choices. As a result four categories have been identified as typical self-stable procedures. The model has then been applied to a real-world decision problem over the Yoshino River's Tenth Weir – notably among the most controversial infrastructure projects over a few decades in Japan. By assuming the distribution of opinions of the local communities, this paper has identified a few self-stable procedures and their typology. These procedures are further compared with their consequences in terms of social welfare. It has been established that these procedures do not necessarily increase a degree of social welfare, but not always contradict with each other either. It could be argued that this analytical method might be used for exploring more acceptable decision procedures in designing a framework for real-world projects.