

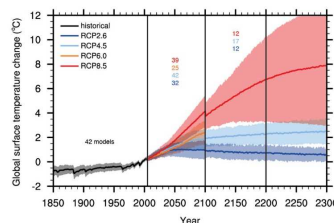
## メタ概念を導入した 治水計画に関する研究

瀬木 俊輔 (京都大学大学院工学研究科)

1

## 気候変動の不確実性

- 地球温暖化の進行に伴う、降雨量の増加
- 治水計画は将来の気候変動への対応が必要
- しかし...気候変動の進行には、多大な不確実性が存在



出典：The IPCC Fifth Assessment Report (2013)

2

## メタ概念を導入した治水計画

- 今後の治水計画に求められること
  - ・ 段階的な治水施設の整備
  - ・ 土地利用規制などのソフトな施策の実施

### 本研究の目的

メタ概念を導入した治水計画の分析手法の開発

- ・ 施策のオプション (選択肢) を事前に用意
- ・ オプションの将来的な実施の可能性に関して関係主体の社会的合意 (メタ合意) を得る

3

## 研究の方法

- ① 治水計画に関する施策の評価手法の整理
  - ・ 施策の望ましさを評価するための手法 (指標)
  - ・ 気候変動に対応した評価手法とは
  - ・ 各国の実務や研究の評価手法について文献調査
- ② リアルオプション分析手法の開発と適用
  - ・ 将来の気温変化に関するあらゆるシナリオを考慮
  - ・ 実用的なリアルオプション分析手法を開発
  - ・ 開発した手法を、国内の某流域に対して適用

4

## 実務に利用されている評価手法

- ① 費用便益分析 (Cost Benefit Analysis, CBA)
  - ・ 便益と費用の差額である純便益によって評価
- ② Cost Effectiveness Analysis (CEA)
  - ・ 基本高水流量のような目標を設定
  - ・ 目標を達成するための費用を最小化
- ③ 多基準意思決定分析 (MCA, Multi-Criteria Analysis)
  - ・ 施策がもたらす様々な効果ごとに得点を設定
  - ・ 得点の合計値によって評価

5

## 費用便益分析 (CBA)

- 便益と費用の差額である純便益によって評価
  - ・ アメリカでは1950年代から利用
  - ・ EU諸国においても19か国が費用便益分析を実施
- 利点
  - ・ 純便益という客観性の高い指標を利用
- 欠点
  - ・ 人命などの非金銭的な価値の考慮が困難
  - ・ 欧州では人命・環境などの価値を入れる例も有り

6

## Cost Effectiveness Analysis (CEA)

- 目標を達成するための費用を最小化
  - 費用便益分析と並び欧米諸国で利用されている
  - 日本の実務もこの手法に近い
- 利点
  - 目標が共有されているときに非常に有用
  - **非金銭的な価値**も間接的に考慮できる
- 欠点
  - **目標の適切性**自体は客観的に評価できない

7

## 多基準意思決定分析 (MCA)

- 施策がもたらす様々な効果ごとに得点を設定
  - 地区レベルの意思決定で用いられることが多い
  - 得点配分は利害関係者や専門家の意見を踏まえる
- 利点
  - 金銭的な評価の難しい効果も考慮できる
- 欠点
  - 得点の設定に客観性が無い

8

## 気候変動に対応した評価手法

- 実務的に利用されている定量的な評価手法は無い
  - 専門家らによる高度な判断?
- 学術的な研究に利用されている定量的な評価手法
  - ① 最悪のシナリオを想定し評価を行う
  - ② **リアルオプション分析**
    - 実用的な分析を行った研究は限られている
    - 実用的な評価手法の開発が求められている

9

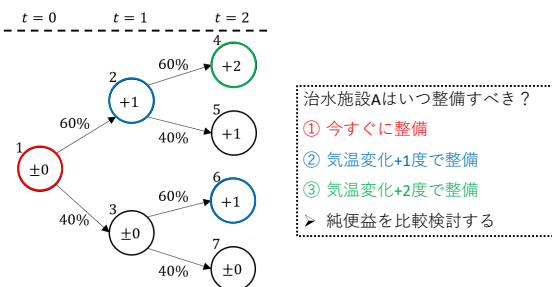
## リアルオプション分析

- **将来に実現し得るシナリオを網羅的に考慮**
- リアルオプション分析を治水計画に適用する意義
  1. 不確実性への柔軟な対応が可能
    - 気候変動のモニタリング状況に合わせた段階的な治水施設整備
  2. 施策の潜在的な有効性及び適切な実施時期を示す
    - 流域住民との合意をいつまでに形成すべきか

10

## シナリオツリー

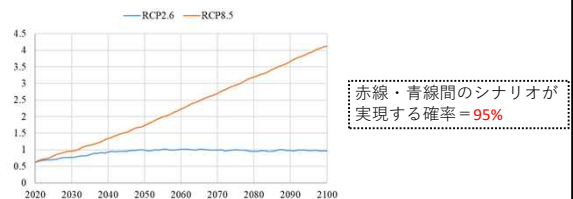
- 将来の気温変化に関するシナリオツリーの作成



11

## 気温変化のシナリオ

- シナリオツリーの作成に **IPCCの報告書のデータ** を使用



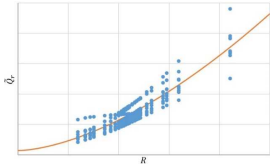
- ランダムウォークモデルで気温変化を表現

$$S_t = S_{t-1} + \mu_t + \sigma_t \epsilon_t$$

12

## 気温上昇と洪水規模の関係

- 年最大降雨量 $R(\text{mm})$ の分布をガンベル分布により表現
  - 気温 $s(\text{度})$ の上昇は年最大降雨量を $1 + u \cdot s$ 倍
  - $u$ は定数 (0.05~0.1)
- 降雨量 $R(\text{mm})$ とブロック別ピーク流量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$ の関係
  - 流出解析の結果に曲線当てはめを行う



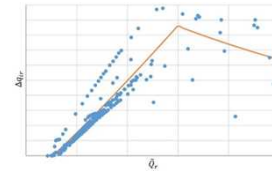
13

13

## 治水施設の整備効果

- 治水施設整備はピーク流量をカットする
- ブロック別流量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$ とカット流量 $\Delta q(\text{m}^3/\text{s})$ の関係
  - 流出解析の結果に曲線当てはめを行う

ダム整備によるピーク流量カット効果

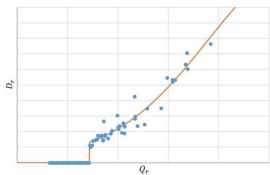


14

14

## ピーク流量と被害額の関係

- ブロック別ピーク流量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$ と被害額 $D(\text{億円})$ の関係
  - 氾濫解析の結果に曲線当てはめを行う
  - ロジスティクス曲線を利用



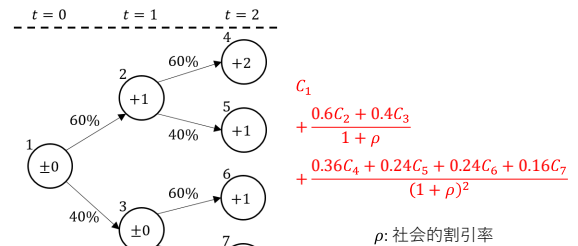
15

➢ 気温や治水施設整備と被害額の間をモデル化

15

## 目的関数の設定

- 全ノードの費用の割引現在価値の期待値が目的関数



16

16

## リアルオプション分析の適用

- リアルオプションモデルを国内のX川流域に適用
- 想定する未整備の治水施設
  - ダム1ヶ所
  - 遊水地2ヶ所 (遊水地A, 遊水地B)
  - 河道掘削3区間 (下流から区間A・B・C)
- 河道掘削は1区間につき0.25mの掘削を2回まで
- 気温 $s(\text{度})$ の上昇は, 年最大降雨量を $1 + 0.05s$ 倍
- 社会的割引率 $\rho$ は4%

17

17

## 分析結果

- 全施設を2020年時点に整備することが最適となった
  - 現行の河川整備計画の目標規模や想定する施設が気候変動への対応として不十分
  - 社会全体の費用を最小化するという観点から治水計画の基準の適切性を評価可能

18

18

## 分析結果（仮想分析）

- 降雨量が実態よりも少ない仮想的な状況を想定
  - 喫緊の整備が不要な治水施設が存在
- 実際の気候変動に合わせた、段階的な整備の手順
  - 柔軟な対応が可能な整備計画

気温上昇が何度になったら  
当該の施設を整備すべきか

治水施設	$s_i$
遊水地B	0.63
区間B-0.25m	0.63
区間B-0.50m	0.63
区間C-0.25m	0.63
区間C-0.50m	0.63
区間A-0.25m	0.89
遊水地A	1.83
区間A-0.50m	2.22
ダム	3.80

19

19

## まとめと課題

- 本年度の成果
  - 治水計画に関する施策の評価手法の整理
  - 実用的なリアルオプション分析手法の開発と適用
- 今後の課題
  - 分析手法の改良
    - 治水施設の整備にかかる時間
    - 予算の上限
    - 望ましさを評価するための指標

20

20