

# Bangladeshにおける効果的な洪水予警報システム構築のための総合意思決定手法の開発

宮本 守・ラビンドラ オスティ・岡積敏雄

## 1. 背景

Bangladeshでは毎年大規模な洪水が発生し国土の大部分が浸水するため、農作活動や経済活動は甚大な影響を受けている。そのため、適切な水文情報に基づいた洪水予警報システムが求められているが、 Bangladeshは大規模な国際河川の下流国であるため上流に位置する隣国からの水文情報の入手が困難な状況下にある。さらに、河川管理に係わる機関が多く存在するため、効果的な洪水予警報システムの構築のための意思決定が難しくなっている。本稿では、洪水予警報に関する国家戦略の策定に資することを目的とした総合意思決定手法の開発に関して報告し、山積する洪水マネジメントに関する課題を優先順位付けした結果に基づいたロードマップの作成について述べる。

## 2. 現行の洪水予警報に対する課題の抽出

### 2.1 現行の洪水マネジメントの体制

Bangladeshでは、表-1に示すように複数の機関が洪水予警報システムの運用と使用に携わっているため、効果的な洪水予警報システムを構築するには、関係機関の役割分担の明確化、連携の強化が必要である。したがって、具体的な取り組みの方向性を示したロードマップの作成が不可欠である。

### 2.2 構成要素別の課題の抽出

UNISDR(国連国際防災戦略事務局)<sup>1)</sup>は、洪水予警報システムは、1.リスクナレッジ、2.監視とデータ収集、3.予測と警報、4.伝達・コミュニケーション、5.情報の種類と信頼性、6.応答機能、7.横断的課題の7つのCascade(構成要素)で構成されるとしている(図-1)。各構成要素に対するIntervention(課題)を抽出するため、関係機関に事前アンケートを行った。その結果を表-2に示す。

表-1 洪水予警報システムの運用と使用に関係する機関

組織(和名)	組織(英名)	役割
Bangladesh 水資源開発局	BWDB (Bangladesh Water Development Board)	洪水予警報を直接的に担当
Bangladesh 水資源開発局内洪水予報センター	FFWC in BWDB (Flood Forecasting and Warning Center)	特に中心的な担当部署としてマネジメント
Bangladesh 気象局	BMD (Bangladesh Meteorological Department)	洪水予警報を直接的に担当
災害マネジメント局	DMB (Disaster Management Bureau)	洪水予警報を直接的に担当
ハオール湿地帯開発局	BHWDB (Bangladesh Haor and Wetland Development Board)	洪水予警報情報を市民レベルで活用するユーザ
農業拡張サービス局	DAE (Department of Agricultural Extension)	洪水予警報情報を市民レベルで活用するユーザ
水資源計画庁	WARPO (Water Resources Planning Organization)	実施戦略を作成する行政団体
半政府機関	Semi-governmental Organization	洪水予測モデルの開発等
非政府組織	Non-governmental organization	洪水予測モデルの開発等

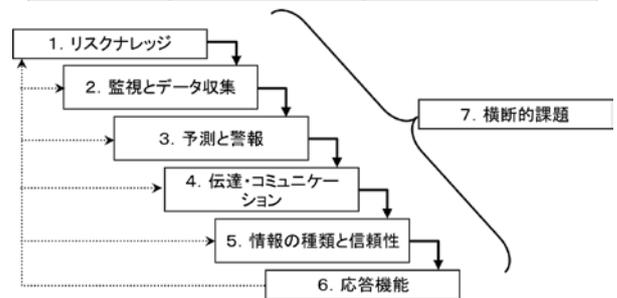


図-1 洪水予警報システムのCascade(構成要素)

表-2 抽出された課題(Intervention)

構成要素	課題
1. リスクナレッジ	1-1 国および地域レベルのリスク評価
	1-2 洪水予警報システムの総合計画
	1-3 公的・私的の教育
2. 監視とデータ収集	2-1 基本情報の開発
	2-2 手動データ収集
	2-3 自動データ収集
	2-4 データの網羅性と信頼性の改善
	2-5 監視ネットワークの操作とメンテナンス
	2-6 データ収集範囲の拡大
	2-7 衛星による洪水イベントの定期的な監視
3. 予測と警報	3-1 モデルの精度向上とソフトウェアの更新
	3-2 洪水予測モデルの開発
	3-3 リードタイムと予測機関の増加による予測能力の拡大
4. 伝達・コミュニケーション	4-1 情報伝達範囲の拡大
	4-2 より正確で分かりやすい警報
	4-3 情報伝達のための能力開発
5. 情報の種類と信頼性	5-1 より正確で地域を特定した情報
	5-2 状況に応じた警告情報の更新
6. 応答機能	6-1 コミュニティの能力開発
	6-2 コミュニティの準備
7. 横断的課題	7-1 洪水予測・警報センターの能力開発
	7-2 組織的な状況の強化
	7-3 国際協力

Development of an Integrated Decision-Making Method for Effective Flood Early Warning System in Bangladesh

\* S: 強み(Strengths), W: 弱み(Weaknesses), O: 機会(Opportunities), T: 脅威(Threats)

### 3. 優先順位付け手法

本テーマはバングラデシュの水政策に関する内容であるため、公共性を有した定量的な意思決定手法が求められる。したがって本分析ではMCA (Multi-Criteria Analysis) と AHP (Analytic Hierarchy Process)-SWOT分析の2つの手法を適用し、それぞれの結果を総合化して優先順位を評価することとした。図-2、3はMCAおよびAHP-SWOT分析の階層図である。両手法とも一対比較

のアンケートに基づいて優先順位を決定するものである。各手法において判断基準と代替案を設定する必要があり、アンケートによって代替案を一対比較する。MCAでは、各構成要素が“評価基準”、課題が“代替案”であり、AHP-SWOT分析では課題が“評価基準”、SWOT要素\*が“代替案”である。つまり、MCAでは各課題を代替案として直接比較して優先順位付けするのに対し、AHP-SWOT分析はSWOT要素を代替案とした各課題に対する独立的な評価手法である。

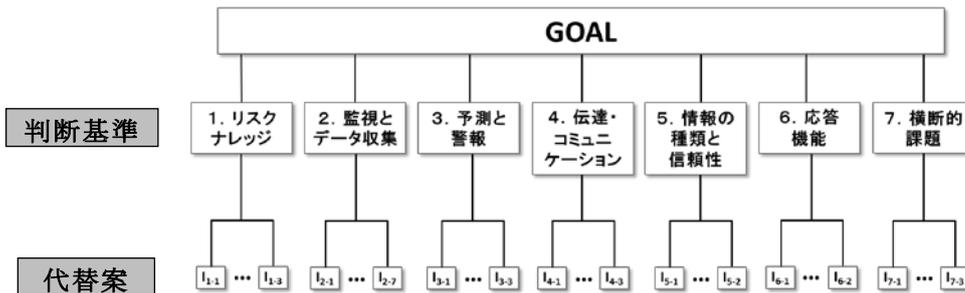


図-2 MCAの階層図

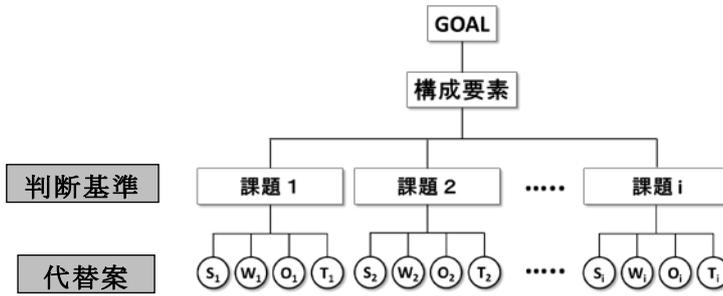


図-3 AHP-SWOT分析の階層図

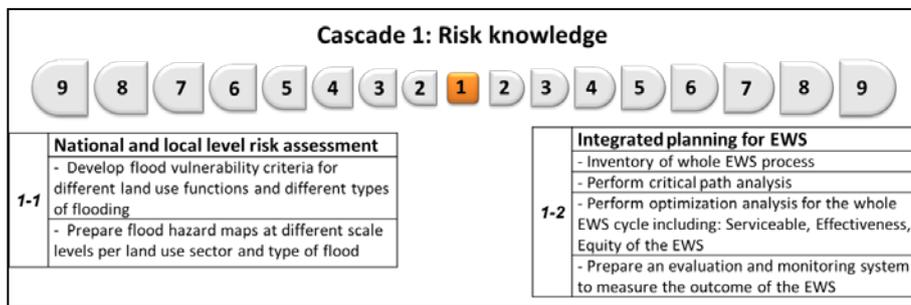


図-4 MCAの一対比較アンケートの例

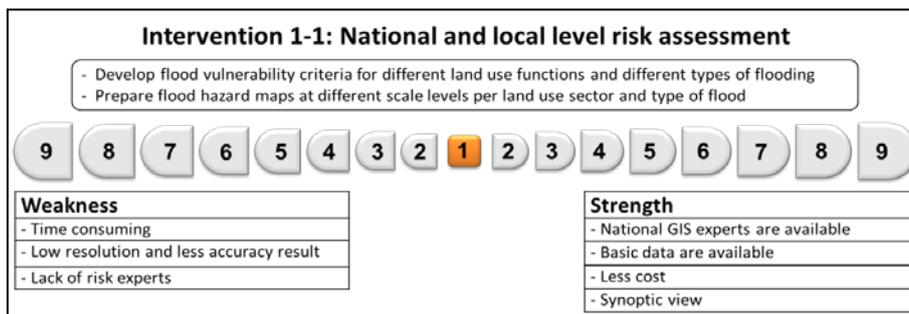


図-5 AHP-SWOTの一対比較アンケートの例

#### 4. アンケート調査による一対比較

バングラデシュの河川管理者に対してMCA用とAHP-SWOT用の2種類のアンケート調査内容をワークショップ形式と各機関別形式の2つの実施形式で2011年3月に首都ダッカで行った。アンケートの種類は課題を“代替案”とするMCAのための一対比較とSWOTの各要素を“代替案”とするAHP-SWOT分析のための一対比較である。実施形式は、全参加者が一堂に会し1つの回答を導いたワークショップ形式と著者らが各機関を訪ね各機関ごとに回答した機関別形式の2種類である。図-4、5に一対比較アンケートの例を示す。図中の1から9までの数値は重要度を比較する上での程度を示す数値であり、重要だと考えられる側の最も適当な数値を1つ選択してもらった。アンケート調査対象は、河川管理に関係する7機関(CNRS, BUET-IWFM, DMB, FFWC, CEGIS, BMD, IWM)のステークホルダーとした。

#### 5. アンケート調査結果

##### 5.1 MCAによる分析結果

図-6はMCAによる評価値の算出結果である。MCAによる分析では課題を“代替案”として直接比較しており、各構成要素における評価値の総和は100となる。また異なる構成要素間での課題の定量的な比較はできない。また、ワークショップ形式と機関別形式の結果を比較するとおおよそ似た傾向にあることが確認できる。

##### 5.2 AHP-SWOT分析による結果

図-7はAHP-SWOT分析によるポジティブ割合の算出結果である。ポジティブ割合とは各課題に対する肯定的であることを示す割合であり、式(1)により算出して、これを評価値とした。

$$R_p = \frac{R_s + R_o}{R_s + R_w + R_o + R_t} \quad \text{式(1)}$$

ここに、 $R_p$  : ポジティブ割合(%),  $R_s$  : 強みの割合(%),  $R_w$  : 弱みの割合(%),  $R_o$  : 機会の割合(%),  $R_t$  : 脅威の割合(%)である。

AHP-SWOT分析ではワークショップ形式による結果の方が機関別形式より高い値を示している。これを受けて著者らはSWOT要素の評価値を、内的要因(強みおよび弱み)を横軸、外的要因(機会および脅威)を縦軸として図-8に示した。その結

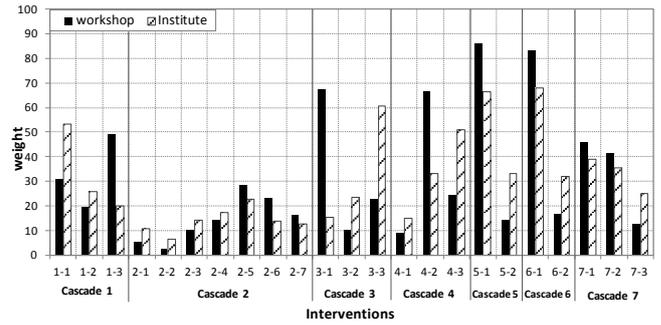


図-6 MCAによる評価値の算出結果

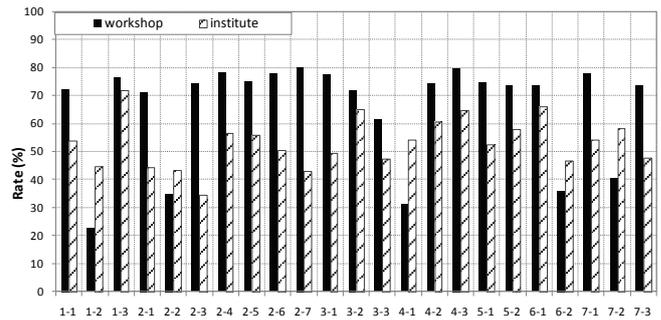


図-7 AHP-SWOTによる評価値の算出結果

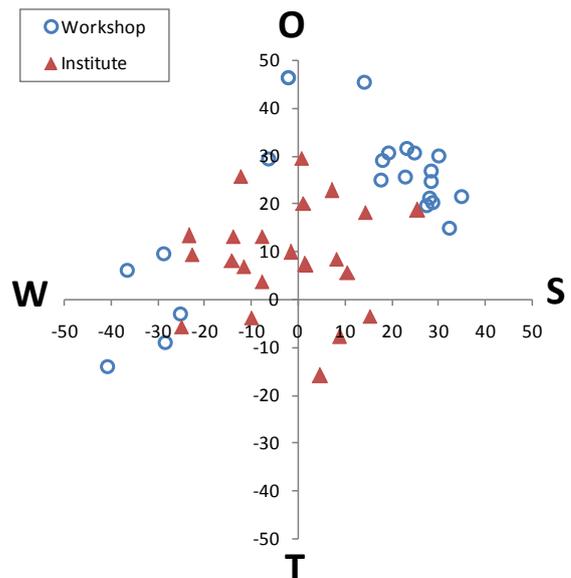


図-8 SWOT要素の評価値分布

果、ワークショップ形式では、肯定的もしくは否定的であるという結果が顕著であるのに対して機関別形式では中間的な結果が示された。これは、ワークショップ形式は個人の結果であるのに対し、機関別形式の結果は7機関の結果の平均値であることが影響していることが考えられる。

#### 6. ロードマップ作成のための最重要課題の選定

構成要素内における各課題の優先順位をけるために、global weight(総合評価値)を算出した。総合評価値の算出には、MCAによる評価値

をAHP-SWOT分析の各要素に乗じて算出した各要素に対する評価値 $S_S$ 、 $S_W$ 、 $S_O$ 、 $S_T$ を用いた。最終的な総合評価値は式(2)により算出した。

$$S = (S_S - S_W) + (S_O - S_T) \quad \text{式(2)}$$

ここに、 $S$ ：総合評価値、 $S_S$ ：強みに対する総合評価値、 $S_W$ ：弱みに対する総合評価値、 $S_O$ ：機会に対する総合評価値、 $S_T$ ：脅威に対する総合評価値である。各課題の総合評価値および構成要素内でのランキングは表-3の通りである。総合評価値は、各課題の相対的および絶対的評価の両方を統合した、より公平性の高い結果であるといえるため最終的な課題の優先順位付けは総合評価値で行った。例えば、構成要素3を例に見ると、MCAでは課題3-3「リードタイムと予測機関の増加による予測能力の拡大」が最も重要となり、AHP-SWOT分析のポジティブ割合による結果では課題3-2「洪水予測モデルの開発」が最も重要とされたが、総合評価値を用いた最終的なランキングではどちらの順位でも1位ではなかった課題3-1「モデルの精度向上とソフトウェアの更新」が最も優先順位が高い結果となった。このことから、適用手法や実施形式に起因する偏向の軽減が確認できる。さらに、各構成要素内におけるランキングの根拠が定量的に示されているため、構成要素6の課題のように優先順位が決定的な違いによるものであるか、構成要素3の課題のようにどれもほぼ同程度重要でそれほど差異のないものであるかも判断することができる。以上から、2つの意思決定手法を統合し、定量的に評価した本手法は、多くの関係機関下での複雑な意思決定に対して有用な手法であることが示された。

表-3 Interventionの優先順位結果

Intervention	MCA			SWOT positive rate	global weight	final ranking
	workshop	institute	weight			
1-1	31.08	53.58	<b>42.33</b>	63.09	0.111	2
1-2	19.58	26.08	22.83	33.75	-0.074	3
1-3	49.33	20.34	34.84	<b>74.17</b>	<b>0.168</b>	<b>1</b>
2-1	5.07	10.94	8.00	57.78	0.012	5
2-2	2.55	6.68	4.61	39.03	-0.010	7
2-3	10.02	14.53	12.27	54.50	0.011	6
2-4	14.2	17.65	15.92	<b>67.34</b>	0.055	2
2-5	28.51	23.01	<b>25.76</b>	65.37	<b>0.079</b>	<b>1</b>
2-6	23.15	14.12	18.64	64.07	0.052	3
2-7	16.5	13.07	14.79	61.50	0.034	4
3-1	67.38	15.56	41.47	63.47	<b>0.112</b>	<b>1</b>
3-2	10.07	23.61	16.84	<b>68.50</b>	0.062	2
3-3	22.55	60.83	<b>41.69</b>	54.53	0.038	3
4-1	9.02	15.38	12.20	42.77	-0.018	3
4-2	66.48	33.41	<b>49.94</b>	67.41	<b>0.174</b>	<b>1</b>
4-3	24.49	51.22	37.85	<b>72.39</b>	0.170	2
5-1	85.71	66.67	<b>76.19</b>	63.56	<b>0.207</b>	<b>1</b>
5-2	14.29	33.33	23.81	<b>65.84</b>	0.075	2
6-1	83.33	67.94	<b>75.64</b>	<b>69.88</b>	<b>0.301</b>	<b>1</b>
6-2	16.67	32.06	24.37	41.35	-0.042	2
7-1	45.79	39.14	<b>42.46</b>	<b>65.87</b>	<b>0.135</b>	<b>1</b>
7-2	41.61	35.55	38.58	49.30	-0.005	3
7-3	12.6	25.30	18.95	60.74	0.041	2

謝 辞

本稿は2013年3月まで実施されたアジア開発銀行の技術支援プロジェクト(ADB TA7276-REG)の成果の一部です。また、現地でのアンケート調査にあたっては、BWDBをはじめとする多くの関係機関から多大な協力を受けました。ここに記して謝意を示します。

参考文献

- 1) UNISDR (2006) Developing Early Warning Systems: Checklist, Third International Conference on Early Warning.
- 2) Mamoru Miyamoto, Rabindra Osti and Toshio Okazumi: Development of an Integrated Decision-Making Method for Effective Flood Early Warning System, Journal of Disaster Research, Vol.9 No. 1, pp. 55-68, 2014

宮本 守



(独)土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター水災害研究グループ 研究員、工博  
Dr. Mamoru MIYAMOTO

ラビンドラ オスティ



アジア開発銀行 コンサルタント、工博  
Dr. Rabindra OSTI

岡積敏雄



国土交通省総合政策局国際建設管理官(前(独)土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター水災害研究グループ 上席研究員)、工博  
Dr. Toshio OKAZUMI