

# ISM 手法を用いた浸水深図作成・更新における課題の構造化

平子遼<sup>1</sup> 畑山満則<sup>2</sup>

**概要:** 水害対策を検討・実施する際には、洪水シミュレーションを用いた浸水深図を作成して各所の合意形成を図る。近年の総合治水の流れから、これまでの行政や専門家だけでなく、居住誘導など住民らとも合意形成を図りながら水害対策を進める必要があり、浸水深図の作成や更新においても模索しながらの手法の検討を進めている。特に更新事業では、浸水深の予測結果だけでなく、結果の変化についてもより高度な合意が求められることから、これまでになかった課題も挙がっている。本研究では、合意形成ツールとしての浸水深図作成・更新事業での課題を抽出し、ISM 手法を用いて構造化する。これにより、複雑化している課題の関係性を導き出し、まとめることができ、各分野における課題解決の糸口を導き出すことを期待する。

**キーワード:** 合意形成, 災害情報, 浸水予測情報, ISM 法

## The Structurization of issues in Creating and Updating Flood Maps Using the Interpretive Structural Modeling Method

RYO HIRAKO<sup>†1</sup> MICHINORI HATAYAMA<sup>†2</sup>

**Keywords:** consensus building, disaster information, inundation prediction information, interpretive structural modeling method,

### 1. はじめに

水害の対策として、想定しうる降雨から人的・物的資産を守るために築堤やダム建設をはじめとしたハードの整備により人々の命を守る取り組みが重ねられてきた。また、想定を上回る降雨から命を守るために、浸水想定区域図などのハザード情報を示すことで避難の促進につなげるといった取り組みも併せて進められてきた。近年、気候変動に伴う短期集中的な豪雨の頻発により、未曾有の豪雨災害と呼ばれる水害が日本各地で頻発している。このような中で、国土交通省では、2020年7月6日に“総力戦で挑む防災・減災プロジェクト”で取りまとめた結果[1]を踏まえ、流域治水プロジェクトを示した。現在までの治水は、河川管理者や下水道管理者が主体となって進められてきたが、これにより、国や自治体、企業や住民など様々な関係者が流域全体で治水にあたることを想定している。この中には、浸水危険区域における建築制限の設定など、行政が住民らと合意形成を図りながら治水を進めていくことも想定されている。

合意形成を図りながら総合的な治水事業を実践している事例として、滋賀県の治水事業が挙げられる。滋賀県では平成26年に制定した「滋賀県流域治水の促進に関する条

例」[2]に基づき、“流す”、“ためる”、“備える”、“とどめる”という4つの対策を総合的に実施している。これらの総合的な治水の実現のためには、土地利用規制や嵩上げといった、河川管理者だけでなく住民らとの合意形成を基に実現につながる内容も含まれる。ここで、災害危険性を共有し、災害対策のための合意形成ツールとして、“地先の安全度マップ”という浸水深図を作成している。この浸水深図は流域治水条例により河川整備の進捗や土地利用の変化などを踏まえて、概ね5年ごとの更新が定められており、現在公開されている更新版は令和2年3月に公開されたもの[3]である。当研究室では、この更新事業において滋賀県とともに更新内容について検討を行ってきたが、その中では技術的課題や説明の在り方など、様々な課題が散発的に表出した。そこで、本分析では地先の安全度マップ更新事業において散発的に発生した課題の関係性を整理し、構造化することで、課題の関係性や解決手法の考察につなげることを目的とする。構造化の手法として、ISM(Interpretive Structural Modeling)法を用いる。ISM法は、多様な要素が複雑に関係しあう社会システム構造をモデル化する際に用いられる手法であり、分析において抽出された課題の構造化に期待できる。

### 2. ISM 手法による課題の構造化

ISM法は、システムにおける要因間の関係性を有向グラフによって定義し、関係があるものに対して1を、ないも

<sup>1</sup> 京都大学大学院情報学研究所  
Graduate School of Informatics, Kyoto University  
<sup>2</sup> 京都大学防災研究所  
Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

のに対して0を対応させた行列式を定め、これからか経つ行列を求めることで、要素の構造化や階層関係を導くことができる。本研究において考慮する要素は、滋賀県地先の安全度マップ更新事業の会議参加や議事録調査、参加者へのインタビュー調査などから抽出し、初めに筆者が関係性を考慮し、構造図を構築している。この結果に対して滋賀県担当者などとワークショップ形式によって、隣接関係や要素の調整を複数回実施し、構造図を修正・再構築していく。最終的に合意した要素は表1に示し、構造図の全体図は図1に示す。ここで、要素集約と関係性の構築にはMicrosoft Office Excel2019を用い、ISM法による計算と図化はCollege Analysis Ver.7.9を用いている。

図1より、類型分けとして次の6群に分類している。

- ① 地形変化群
- ② 規制変更群
- ③ 計算変更群
- ④ 変化検証群
- ⑤ シミュレーション表現群
- Ⓐ 更新要素・地形影響群

以下から、群番号は①のように丸付き文字で、要素番号は参考文献番号(ex.[1])との区別のために、{1}のように中括弧で示す。

① 地形変化群

地形変化群では、結果を変化させる要因のうち、入力条件としての地形変化について述べたものである。

この群は、{11}から延びる過去データ保管と、{45}から延びる浸水深図を作成する意義からの双方から影響を受けている。{45}からの内容として、結果を示すために地形の変化をとらえる必要と、{2},{3}のように変化要因をとらえること、{13}のように過去にあるデータの不足分を追加する必要性が生じていることが示される。{3}と{13}の変化修正には、{8}他部署の管理データも用いられるが、{6}収集時期が異なることや、{7}測量精度などの質がそろっていないことが挙げられる。また、複数の部署管理であることから、{9}データ形式が異なることも課題として挙げられ、これらを統合するための{10}データ変換も必要とされるが、Ⓐから派生する計算メッシュ変化による{33}隣接メッシュの変化なども含めて、割り当て方の問題が生じる。また、自然変化などの地形変化をとらえることは、{16}全てのデータを収集することが、{17}莫大なコストがかかることから不可能に近く、これまでのような他部署管理データの統合・変換が必要となることがわかる。また測量で変化を計測した場合でも、{5}測量誤差を含んでいることを留意しなければならない。この中で、「測量結果時期の統一」、「測量結果の質の統一」、「変換用元データの保管」、「計算用変換方法」、「測量誤差が生じる」、「地形変化調査に膨大なコストがかかる」ことが、課題要因として導き出せる。

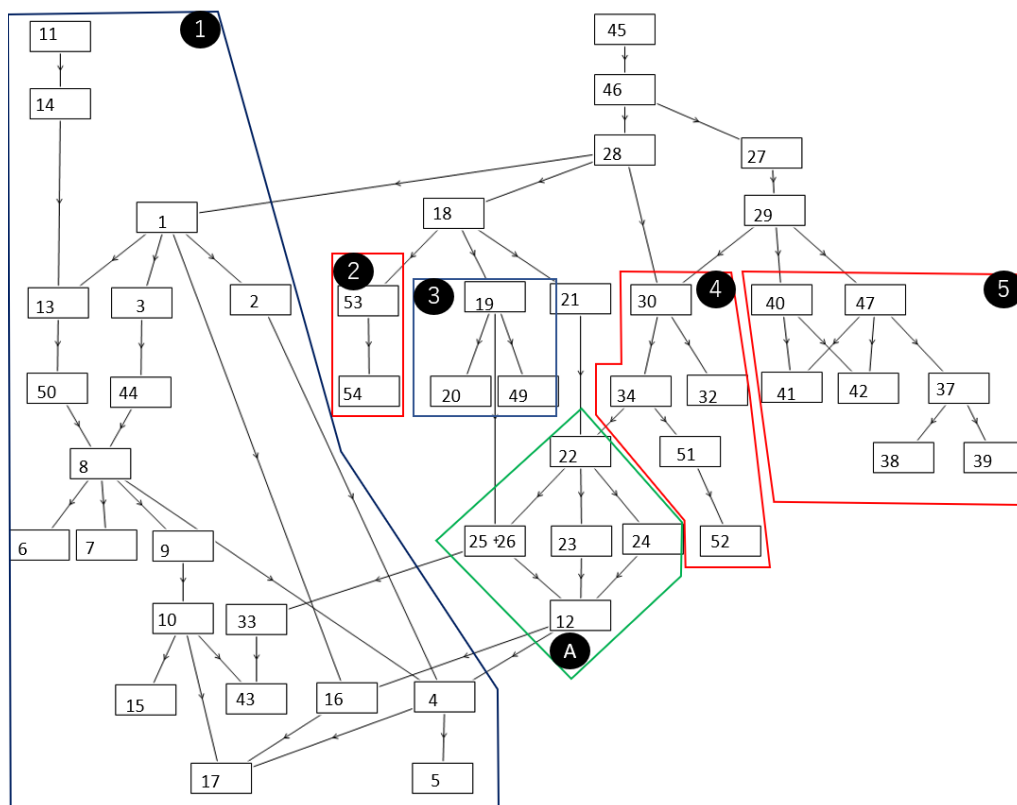


図1 完成したISM法による構造図の全体図

表 1 完成した ISM 法による構造図の要素番号対照表

1	地形変化	31	更新内容
2	自然変化	32	要素の相互関係
3	人工変化	33	隣接メッシュの変化
4	測量	34	シミュレーションにおける正確性
5	測量誤差	35	メッシュサイズの変更
6	測量結果の同期生	36	計算要素の多様化
7	測量精度の相違	37	絶対に起こるとは言えない
8	複数部署からの管理データの収集	38	データの不完全性
9	データ形式の相違	39	前提条件の設定
10	データ変換	40	表現の難しさ
11	データ保管	41	確率の示し方
12	データ収集	42	誤差の示し方
13	再収集の必要性	43	どのようにメッシュに要素を割り当てるか
14	計算用変換後のデータのみ保管	44	開発データ
15	変換するための元データがない	45	災害回避行動を図ってもらう
16	全データ再整備はできない	46	行政による個人資産への制限
17	コストが膨大にかかる	47	シミュレーションの説明の難しさ
18	計算手法の変化	48	今想定している結果を示す(作成-更新)
19	計算速度向上	49	計算式の合理化
20	計算機性能の向上	50	変化分の修正
21	計算変数の変更	51	ほかでも使われる指標や方法
22	変数データの向上	52	異なる条件下引用の危険性
23	データの多様化	53	浸水警戒区域の変更
24	データの大規模化	54	浸水警戒区域指定による規制
25	データの細緻化		
26	計算メッシュ細緻化		備考：横線引きは、削除した項目
27	災害リスクを認知してもらう		
28	正確な結果を示す必要性		
29	理解してもらえようように説明する		
30	結果(変化)の要因を調べる		

② 規制変更群

規制変更群は、筆者が準備した項目に対して、滋賀県職員の方々から追加された項目になる。{18}計算手法が変化することにより、シミュレーション結果が変化する。これにより{53}浸水警戒区域が変更され、{54}これに伴う浸水警戒区域指定による規制が変化することに課題意識を持っている。特筆すべき点は、「規制をかけること」ではなく、「規制を変更すること」に対して課題意識を持っている点である。

③ 計算変更群

計算変更群は、計算機性能や計算式の合理化などにより、計算速度が向上するなどによる計算結果への影響である。これは、利用できるデータが多様化・詳細化されることによって計算にも影響が及ぼされるので、①群の地形変化や測量の量質にも影響する内容であり、④群で強く連結される内容である。

④ 変化検証群

変化検証群は、{28}正確な結果を示すためという“準備段階”と、{29}リスクを説明するためという“結果

後段階”との2つから派生する内容である。ここでは、「計算要素の相互関係」、「シミュレーションの正確性」、「他手法引用の課題」の3点に集約できている。{34}シミュレーションの正確性は、変数データの質や量によっても影響を及ぼす。

⑤ シミュレーション表現群

これは、結果を説明する段階での内容についてまとめた群である。{46}資産を制限する上で、{27}リスクを認知してもらうための{29}説明方法の中でも、{40}表現方法や{47}シミュレーションというものについて、難しさが示される。{40}と{47}は互いに{41}確率と{42}誤差を表す難しさに影響されていることがわかる。これはシミュレーションという確率論的表現手法を用いるため、確率や誤差をどのように表現するかという、表現の難しさとシミュレーション自体を理解してもらう難しさがある。また、シミュレーションの結果は、{38}データが不完全である状態や{39}前提条件を設けている点での{37}絶対に起こるとは言えない結果であることを、説明する側が理解して、説明される側に理解できるように説明する必要性が求められる。

⑥ 更新要素・地形影響群

ここは、終端になっている要素はなく、③④と①を結節している群であるとしている。④-{34}シミュレーションの正確性は、④-{51}他手法との比較や、⑥-{22}変数データの量質が向上することにも影響を受け、③-{19}計算速度の変化は⑥-{25,26}データやメッシュが精緻化されることで影響を受け、これは⑥-{22}からも精緻化の影響は受ける。また、{23,24,25,26}のようなデータ向上があると、そのための{12}データ収集が必要となり、①群と結節することになる。

3. ISM 法による構造化の考察

構造化の結果より、独立した群を5つ、群の間で関係連結する群を1つとして分類した構造化が実現できた。このなかで、浸水深図更新の要素(以下、更新3要素)とされた“地形変化”、“計算変化”、“外力変化”のうち、地形・計算の2要素がそれぞれの群に影響を及ぼしていることが分かった。これは、対象の更新事業においては、降雨の想定を変更していないことから、外力変化については言及されなかったと考察する。この中でも、地形変化は測量における誤差が課題になること、全ての地形データを収集するためには莫大なコストがかかるためデータ変換プロセスを用いていることが、収集の大きな課題として挙がっている。また、データ変換の際に元のデータが保管されていないことや計算用に割り付けすることの課題も挙がっている。また、これらの結果利用のための保管データについても、取

集時期の相違や収集の質の相違から、保管や変換の利用に影響を及ぼしていることがわかる。これらの地形データの影響は、④群を通じて計算手法や変化検証にも影響を及ぼしていることがわかる。

更新3要素に含まれない内容として、②規制変更群、④変化検証群、⑤シミュレーション表現群の3群が示される。②群は、浸水警戒区域が変更されることに対する課題であり、新たに浸水警戒区域が示されることではないことがわかる。ここから、規制変更による課題は、新たな合意形成を図ることではなく、既に合意形成が存在する中で、新たな合意形成を築くために、既存の合意形成やその根拠を無視することができないという課題であると考察する。④群は、②群で示すべき変化の結果が、既存の合意形成の結果との連続性があることの検証に用いられるべき内容の課題であると考察する。この検証のために、変数などの計算要素や計算式などの計算手法が、これまでに築いた合意形成を否定するものではなく、妥当性のある結果変化を示すに値するものかを検証できるようにするための課題であると考察する。⑤群では、これらを合意のために説明する際の課題となっている。シミュレーションの結果は、前提条件や変数に導入する要素の精度により、確率的に求まる結果を示しているに過ぎない。これを、解決課題に対して、確率的に重視すべき課題であるとして、語られるべき内容となり、これをもって合意形成を図る必要性がある。しかし、要素の中でも「絶対に起こる」という文言があることや、議会議事録における「結果が一致」[4]など、将来の結果に対して一つの解を求める傾向にある、決定論的な結果の示し方を求める傾向にあることがわかる。このような、決定論的な結果を強く求める中で確率的な結果を示しながらの説明による課題であると考察する。また、確率的な結果を示す中でも、決定論的に示す必要性がある項目は、なぜこのシミュレーション条件を選択しているかという、選択理由という過去の情報を示すことである。これにより、未知要素の多い確率的な結果を示す上であっても、決定論的に示すことを増やすことで、未知要素を減らした説明が可能になると考察する。

#### 4. まとめと今後の課題

ISM法による課題要因の構造化から、更新3要素の地形変化と計算変化に加え、“合意が図られた結果からの変更”、“変化要因の検証”、“シミュレーションというものの理解と説明”が課題要素としてまとめられる。この要素から、これまでの浸水深図更新に求められた内容だけでなく、これまでの結果によって図られた合意形成のからの変化が課題意識に対して影響を及ぼし、対処法としての変化の要因検証やシミュレーションというものの性質の理解と説明により、シミュレーション時に確定している内容を決定論的に論じることが求められることがわかる。

今後の課題として、構造化された課題を解決するための手段の構築と、実証・フィードバックによる実効性検証が必要になる。また、本分析は滋賀県を対象としているものであるため、結果に地域性が影響を及ぼしている可能性を否定できない。滋賀県の治水上の特徴として、県内ほぼ全域が淀川水系という単一水系であり、他県からの流入による影響を考慮する必要がなく、住民全体が“琵琶湖”という見える象徴によって水域に対しての意識が高まっていると言える。このことから、本研究での分析結果が、滋賀県特有のものであるか、他地域に対しても適用可能なものであるかといった、汎用性と特殊性の地域的特性を分析する必要性があると考えられる。

上記のような、具体的解決手法の実効性検証や検証法の策定、地域性の分析と考慮による地域対応や全国的な汎化が可能となれば、全国の先進的な事例として分析した結果を全国に還元することができ、国全体の人的・物的資産を保護することのできる流域治水の実現が可能になると期待できる。

#### 参考文献

- [1] 国土交通省「気候変動を踏まえた水災害対策のあり方」をとりまとめ～社会資本整備審議会の答申を公表～  
[https://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo03\\_hh\\_001030.html](https://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo03_hh_001030.html) (参照 2020-07-29).
- [2] 滋賀県：滋賀県流域治水の推進に関する条例,  
[https://www.pref.shiga.lg.jp/site/jourei/reiki\\_int/reiki\\_honbun/k001RG00000883.html](https://www.pref.shiga.lg.jp/site/jourei/reiki_int/reiki_honbun/k001RG00000883.html) (参照 2020-9-15)
- [3] 滋賀県土木交通部流域政策局流域治水政策室：地先の安全度マップ更新について,  
<https://www.pref.shiga.lg.jp/ippan/kendoseibi/kasenkoan/19581.html> (参照 2020-9-15)
- [4] 滋賀県議会：平成29年12月14日県民生活・土木交通常任委員会 会議要録  
[https://www.shigaken-gikai.jp/voices/cgi/voiweb.exe?ACT=200&KENSAKU=1&SORT=0&KTYP=1,2,3,0&FBKEY1=%8C%A7%96%AF%90%B6%8A%88&FBMODE1=SYNONYM&FBMODE2=SYNONYM&FBMODE3=SYNONYM&FBMODE4=SYNONYM&FBCHK=AND&KGTP=1,2,3&TITL\\_SUBT=%95%BD%90%AC%82Q%82X%94N%82P%82Q%8C%8E%82P%82S%93FA%8C%A7%96%AF%90%B6%8A%88%81E%93y%96%D8%8C%F0%92CA%8F%ED%94C%88%CF%88F5%89EF%81%7C12%8C%8E14%93FA-01%8D%86&KGNO=935&FINO=1986&HUID=148035&UNID=K\\_H29121411011](https://www.shigaken-gikai.jp/voices/cgi/voiweb.exe?ACT=200&KENSAKU=1&SORT=0&KTYP=1,2,3,0&FBKEY1=%8C%A7%96%AF%90%B6%8A%88&FBMODE1=SYNONYM&FBMODE2=SYNONYM&FBMODE3=SYNONYM&FBMODE4=SYNONYM&FBCHK=AND&KGTP=1,2,3&TITL_SUBT=%95%BD%90%AC%82Q%82X%94N%82P%82Q%8C%8E%82P%82S%93FA%8C%A7%96%AF%90%B6%8A%88%81E%93y%96%D8%8C%F0%92CA%8F%ED%94C%88%CF%88F5%89EF%81%7C12%8C%8E14%93FA-01%8D%86&KGNO=935&FINO=1986&HUID=148035&UNID=K_H29121411011)