土木学会論文集F5（土木技術者実践），Vol. 67, No. 2, 130-141, 2011.

洪水リスク統括マップ（気づきマップ）の提案とその作成手法に関する研究

片田　敏孝[1]・及川　康[2]・渡邉　寛[3]

[1]正会員　群馬大学教授　大学院工学研究科 社会環境デザイン工学専攻 広域首都圏防災研究センター
（〒376-8515 群馬県桐生市天神町1-5-1）
E-mail: katada@gunma-u.ac.jp

[2]正会員　群馬大学講師　大学院工学研究科 社会環境デザイン工学専攻 広域首都圏防災研究センター
（〒376-8515 群馬県桐生市天神町1-5-1）
E-mail: oikawa@gunma-u.ac.jp

[3]（株）アイ・ディー・エー社会技術研究所（〒376-0053 群馬県桐生市東久方一丁目1-28 SUMIビル2F）
E-mail: watanabe@ida-web.jp

住民の適切な洪水リスク特性の理解のためには，浸水想定区域図を単に提示する従来の洪水ハザードマップでは不十分であるばかりか，幾つかの問題点が指摘されていた．これらの問題点の克服を念頭に，概略表記型洪水ハザードマップという理念が提唱されている．しかし，この概略表記型洪水ハザードマップにおいても，より複雑な洪水リスク特性の表現が困難であること，作成者の主観や能力に依存した作業が多くを占め，作成者が異なればマップもまた異なってしまうこと，などの点が実務上無視し得ない課題として考えられる．本研究では，これらの課題の克服を念頭においた作成手法として，洪水リスク統括マップ（気づきマップ）を提案するとともに，その半自動化作成手法について検討を行うものである．

Key Words: *flood risk, summazizable flood hazard map, cluster analysis*

1. はじめに

本研究は，地域の洪水リスク特性に関するより適切な住民理解に寄与することを目的とした「洪水リスク統括マップ（気づきマップ）」の提案とともに，その作成手法に関する検討を行うものである．

著者らは既に，後述するような「a)災害イメージの固定化の問題[1)]」や「b)浸水想定区域図の表現力の限界の問題[2)]」や「c)複数河川の洪水リスク特性の表現が困難[3)]」といった，洪水ハザードマップの作成要領[4)]に沿って作成・公表される従来型の洪水ハザードマップにおいて指摘されていた課題の改善を目的とした「概略表記型洪水ハザードマップ」という理念を提唱[3)]している．この概略表記型洪水ハザードマップでは，浸水想定区域図の浸水深を数値情報としてそのまま記載するのみに終始する従来の洪水ハザードマップとは異なり，浸水想定区域図の浸水深に基づいた包括的な解釈済みの情報として「住民が知っておくべき知識」を日本語でダイレクトに表現することによって，前掲a)～c)の問題点の克服を狙う点が最大の特徴であった．この概略表記型洪水ハザードマップの基本理念を踏襲しつつ，実践適用場面における種々の課題の克服を念頭においた表現力のより豊かな実用性の高い手法として提案するものが「洪水リスク統括マップ（気づきマップ）」である．

その原型は，著者らがその作成・検討に関与した岐阜県岐南町洪水ハザードマップ（2006年公表）[5)]や愛知県一宮市洪水ハザードマップ（2007年公表）[6)]などにおいて観ることができるものの，この段階では改善すべき下記のような課題が存在していた．まず第一に，洪水リスク特性の描画手法がやや簡潔に過ぎて十分ではなく，より複雑な洪水リスク特性を表現することが困難であるという，根源的な表現力の課題が挙げられていた．さらには，第二の課題として，日本語表現に依るが故に，マップ作成者の主観や能力に基づいた手作業に依る部分が大部分を占めることとなり，作成者が異なればそこで出来上がるマップの記載内容もまた当然ながら異なってしまうという，作成上の曖昧さを残す点もまた課題として存在していた．すなわち，理念としては一定の意義は認められるものの，概略表記型洪水ハザードマップの理念を実践適用する際には実務上無視し得ない課題が存在して

いたというのが実情である.

本研究では，このような実務上の課題を克服すべく，先ず第一の課題への対処として，より複雑な洪水リスク特性，とりわけ想定される浸水深の深刻さやその起こりやすさなどをも含めた洪水リスク特性を総括的に表現することを可能とする「洪水リスク統括マップ（気づきマップ）」の作成手法を提案する．しかし，そこにおいてもなお存在する第二の課題への対処を念頭に，可能な限り作成者の主観や能力に依存しない洪水リスク統括マップ（気づきマップ）の作成方法についても検討・提案を行う．このような実務上の課題の克服は，「概略表記型洪水ハザードマップ」の理念，および「洪水リスク統括マップ（気づきマップ）」という手法の実践適用をより容易にするものとして期待されると考えられる.

本稿では，これに先立ち，第2章でまず従来型洪水ハザードマップの問題点を整理し，第3章では概略表記型洪水ハザードマップの理念が果たす意義について述べる．続く第4章では，「洪水リスク統括マップ（気づきマップ）」の作成手法について，第5章においては可能な限り作成者の主観や能力に依存しない洪水リスク統括マップ（気づきマップ）の半自動的な作成手法について，それぞれ愛知県清須市の適用事例[7]を用いて詳述・検討を行うこととする[1].

なお，これまでにも洪水ハザードマップの記載内容が住民にとって必ずしも解りやすいものとはなっておらず，その改善の必要性を漠として指摘する既往の研究や調査は数多く存在するものの，前掲a)～c)のようにその課題の要点を整理したうえで，その解決策として本稿のような新たな洪水ハザードマップのスタイルを具体的に提案する事例は，著者の知る限り見受けられない.

2. 従来型洪水ハザードマップの問題点

洪水ハザードマップは，1994年の建設省（現：国土交通省）河川局の通達によってその作成が始まり，2001年，2005年の水防法改正を経て，2010年3月現在で公表済みの市町村は1,137（整備率86%）に及んでいる[8]．このように従来型の洪水ハザードマップは，徐々に普及しつつあるものの，洪水リスク特性の住民理解の観点からは少なくとも前述の3つの観点（前章a）～c)）からの課題が指摘されている．まず，本章ではこれらの課題の背景について詳述することとする.

地域の洪水リスク特性を住民が正しく理解することは，洪水時の適切な対応行動の喚起のためには重要なことである．既に全国の自治体で作成・公表が進んでいる洪水ハザードマップについても，そこで示される浸水想定区域図などの情報は，洪水リスク特性の住民理解の促進を目的として掲載されるものであることは言うまでもない.

「浸水想定区域図」は，洪水で河川が氾濫した場合に地域でどのように浸水するのかについて，その浸水の区域を浸水の深さごとに色分けして地図上に示した図面である．「浸水想定区域図」は，決壊等についてある一定の条件を設定したもとで行った氾濫解析の計算結果に基づき作成されるものである．しかし，このような前提条件を十分に理解しないままに「浸水想定区域図」に示される領域および浸水深を住民が閲覧すると，以下のように，地域の正しい洪水リスク特性の理解に繋がらないばかりか，誤解を招いてしまう可能性が指摘されている.

a) 災害イメージの固定化

そのひとつが，災害イメージの固定化の問題[1]である．災害イメージの固定化とは，住民が洪水ハザードマップに記載される「浸水想定区域図」から自宅の浸水深を読み取ると，それがその人の想定する浸水深の最大値を規定してしまう心理的傾向を指す．言うまでもなく「浸水想定区域図」に示される浸水深はある一定の条件に基づく一つの氾濫解析の結果に過ぎず，将来にわたって洪水氾濫がその解析結果の範囲にとどまるという保証はない．しかし，「浸水想定区域図」から浅い浸水深，もしくは浸水しないことを読み取った住民などにおいては特に，その情報によって安心感をもち，洪水災害時において避難の意向を示さなくなる傾向が片田ら[1]によって指摘されている.

b) 浸水想定区域図の表現力の限界

また，浸水想定区域図の表現力の限界により住民が洪水リスクを誤解してしまう問題も指摘[2]されている．流速が大きい場合は，氾濫水は湛水せずに流下してしまうために，概して浸水深は浅い．この場合，たとえ浸水深が浅くとも歩行による避難が困難であったり，家屋倒壊の可能性もあるなど，危険な場合が多い．しかし，従来の「浸水想定区域図」で表示されるものは浸水深のみである場合が多く，そこに流速までもが表現されることはほとんど無い．このため，住民は流速については考慮せず，洪水ハザードマップに示される浅い浸水深のみに着目し，それによって安心感を持ってしまうことが考えられるのである.

c) 複数河川の洪水リスクの表現が困難

さらには，大小の複数河川を対象とする場合に生じ得る問題点も指摘[3]されている．まず，洪水ハザードマップに反映すべき河川の数が非常に多い自治体の場合，浸水想定区域図の枚数もまた膨大なものとなり，このことは一般住民に地域の洪水リスク特性の全体像を包括的に把握することを困難とさせる要因のひとつとなっている．このような事態を回避すべく，多くの自治体においては，これら複数の浸水想定区域図の最大浸水深をとって1枚の地図にまとめて作成する傾向が強い[9]．しかし，ここ

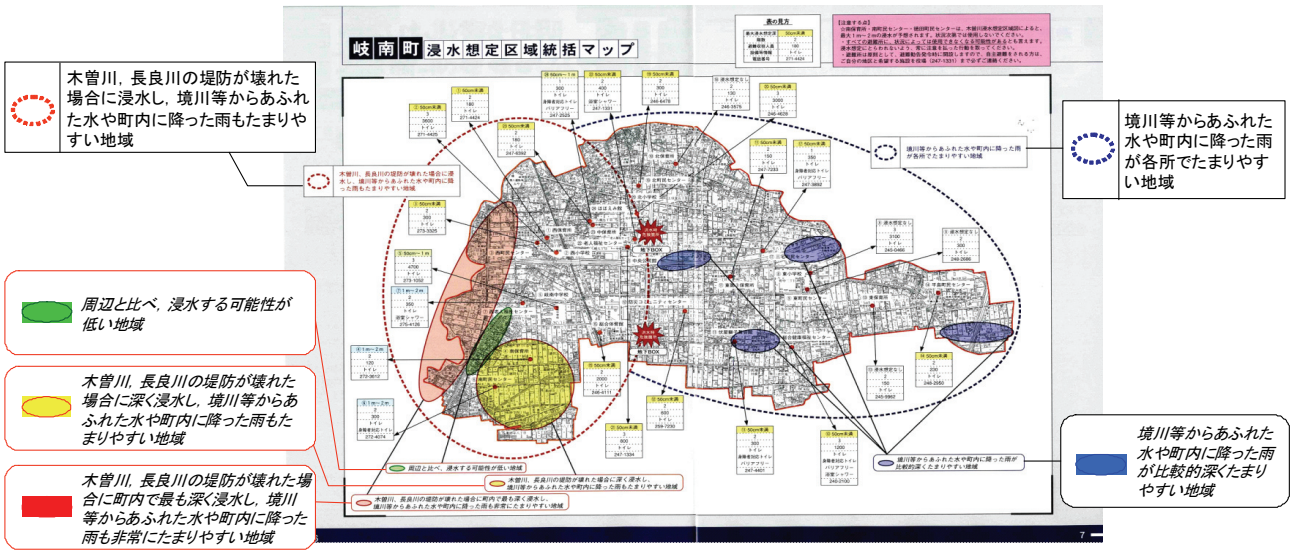


図-1　概略表記型洪水ハザードマップの一例（岐阜県岐南町洪水ハザードマップ[5]を基に凡例を拡大）

において，対象となる河川のなかに「発生頻度は低いものの，甚大な浸水被害をもたらし得る河川（低頻度・大規模）」と「発生頻度は高いものの，浸水被害の規模は中小程度の河川（高頻度・中小規模）」が混在する場合にこれらの浸水想定区域図の最大浸水深をとって1枚の地図にまとめると，必然的に「低頻度・大規模」の浸水深のみが卓越して表現されることとなり，「高頻度・中小規模」の浸水深はこれに埋もれて表現不可能となってしまうという構造的な問題が存在していることが指摘されている．このような「最大浸水深を採ってひとまとめにする」というスタンスは，行政側の危機管理の視点からは“より深刻な事態想定への備え”という意味において適合的であると捉えることもできるが，一方，住民側の視点に立つならば，日常生活のなかでより現実性の高いものとして意識されているものは「低頻度・大規模」の浸水ではなく「高頻度・中小規模」の浸水であることは想像に難くなく，にもかかわらず「低頻度．大規模」の浸水のみが卓越して表現された洪水ハザードマップが配布されると，これは「大げさな情報」あるいは「過剰に危機感を煽るだけの情報」などとして捉えられてしまい，適正に受容されない可能性すら考えられるのである．

3.　概略表記型洪水ハザードマップの意義と課題

(1) 概略表記型洪水ハザードマップの意義

以上のように，住民の適切な洪水リスク特性の理解を念頭におくならば，浸水想定区域図のみの提示に終始する前章のような従来の情報提供方法は断片的かつ間接的に過ぎる方法であり，不十分であると言わざるを得ない．換言するなら，このような断片的かつ間接的な情報提供によって住民の的確な洪水リスク特性の理解を図るには，同時に相当に高度な情報解釈能力（literacy：リテラシー）が住民自身に備わっていることが併せて必須となると言えよう．しかし，前節のような3つの課題の存在は，そのようなリテラシーが十分に備わっていない実情を端的に示すものと捉えることも出来よう．

このような意味からは，洪水リスクの特徴をあえて曖昧な表現に留める概略表記型洪水ハザードマップは，地域の洪水リスク特性の概略的理解の促進を目指す新たな洪水ハザードマップの理念として注目に値する．この概略表記型洪水ハザードマップの理念は，掲載される情報が具体的な数値情報であることに起因して生じていた種々の弊害（前節a）～c)）を回避すべく，「(I)洪水リスク特性を日本語で表現すること」，および「(II)浸水が想定される領域表現を曖昧・単純にすること」などを主な特徴としている．これら(I)および(II)によって示される内容は，浸水想定区域図やその根拠となる氾濫解析結果などに基づいた“行政や専門家による解釈済みの情報”として公表されるものであることから，この概略表記型洪水ハザードマップは，表現手法としては“概略的”でありながらも，浸水想定区域図から住民が読み取るべき洪水リスク特性の内容がそのまま日本語で標記されている点において“むしろ直接的”であると言え，理念としてその意義は大きいものと考えている．

その理念を反映した一例として，岐阜県岐南町の洪水ハザードマップを**図-1**に示す．ここにおいて，本稿にて後述する提案手法の原型を見て取ることができる．すなわち，従来型の洪水ハザードマップであれば「0.5m以上～1.0m未満」などという数値情報が何を意味するのかについては住民が個別に自力で解釈することが必要であり，かつ，その住民個別の解釈が多分に（過小評価側に）バイアスを多く含んだものとなりがちであった現状に対して，**図-1**に示す岐南町のマップにおいては，住民が知っ

ておくべき知識（住民に伝えたいメッセージ）が日本語で「解釈済みの情報」としてそのまま標記されていることが“むしろ直接的”である所以である．また，浸水が想定される領域を表す線は，それ自体は本来ならば境界線としての役割をもつはずであるにもかかわらず，その形状が非常に概略的・単純であるが故に，もはや「浸水が想定される領域と想定されない領域とを“明瞭”に区分する境界線」という意図は感じられず，「浸水の可能性が高い場所と低い場所との相対的位置関係の理解」あるいは「自宅が仮に線のぎりぎり外側であったとしてもその浸水の可能性を念のため想起するような行動」をも期待されるデザインとなっている点が大きな特徴となっている．

すなわち，このような「(I)洪水リスク特性を日本語で表現する」および「(II)浸水が想定される領域表現を曖昧・単純にする」という表現方法を採ることによって，前章で述べた「a)災害イメージの固定化の問題」が生じる可能性は低く抑えられると同時に，地域の実情に応じて流速や複数河川の洪水リスクについてもそのまま日本語で直接的に記述することで「b)浸水想定区域図の表現力の限界の問題」や「c)複数河川の洪水リスクの表現が困難」などの問題についても克服が期待されるものとなっていると言えよう．

このような機能が十分に発揮されるのであれば，浸水想定区域図のような間接的かつ断片的な情報の記載はあくまでも参考情報の位置付けにとどめ，むしろ概略表記型洪水ハザードマップのような直接的な情報提供こそをメインの位置付けとして住民へ発信してゆくべきである，と言うことも出来よう．

(2) 概略表記型洪水ハザードマップの課題

以上のように，概略表記型洪水ハザードマップという新たな洪水ハザードマップの理念は，洪水リスクの適切な住民理解の促進の観点から一定の意義を有すると考えられる．しかし，理念として重要でありながらも，第1章でも述べたように，実務上では不可避な幾つかの課題が存在することもまた事実であった．すなわち，第一に，洪水リスク特性を示す領域の描画手法が漠としており，表現能力の乏しさが故に複雑な洪水リスク特性を有する地域においては作成が困難となること，第二に，どの領域にどのようなメッセージを記載すべきかについての判断について，現状では解析的に確固たる“正解”を求めることが出来ず，依然として自治体の作成者の主観や描画能力に依存せざるを得ない状況にあったということ，などである．

このような実務上の課題は，自治体職員の視点に立つならば，実は決定的に概略表記型洪水ハザードマップの作成を踏み留まらせるのに十分な背景となっていることが想定される．例えば，2005年9月の東京都杉並区における集中豪雨の浸水の事例では，都が作成した浸水想定区域図では「50cm～1m程度の浸水の可能性がある」とされた領域が，その浸水想定区域図を基に区が独自に編集して区民へ配布した洪水ハザードマップではメッシュサイズの低解像度化によって浸水の可能性が示されない領域ということになっており，しかしながらその領域において当時は半地下構造の建造物の1階が浸水するなどしたため，あたかも区が情報を隠蔽したかのごとくの論調で批判が集中した[10]．この事例を踏まえるならば，今後に於いて，都道府県の作成した浸水想定区域図を自治体職員が主観に基づいてわざわざ改変して住民へ公表するなどということに対して，たとえその改変がより良い情報内容への改変であるとの確信が当該職員自身にあったとしても，多くの自治体職員は積極的な動機付けを持つとは考えにくいことが想定される．ましてや，手法として概略表記型洪水ハザードマップの描画能力が必ずしも十分ではないとするならば，なおさらのことである．

このような実情を踏まえるならば，概略表記型洪水ハザードマップの理念の実践適用の場面において，より豊かな表現力をもつ作成手法，さらには，可能な限り作成者の主観を排除できるような作成手法（何故このような概略表記型洪水ハザードマップとなったのかの説明根拠を補強し得る方法論）の確立は，極めて有意義なものと言えよう．本稿で提案する「洪水リスク統括マップ（気づきマップ）」は，まさしくこの点への対応を念頭においた作成手法である．

4. 洪水リスク統括マップ（気づきマップ）の提案

以上のような認識のもと，本章では，より複雑な洪水リスク特性をも表現可能な概略表記型洪水ハザードマップの作成手法，とりわけ想定される確率降雨が異なるような河川が対象となる場合においても洪水リスク特性を総括的に表現することを可能とする作成手法として，「洪水リスク統括マップ（気づきマップ）」を提案する．なお，ここでは，その実践活用事例として著者らが関わった愛知県清須市の洪水ハザードブック[7]を用いて，その作成プロセスを詳述することとする．

(1) 工程1：対象河川の浸水想定区域図を準備

洪水リスク統括マップ（気づきマップ）を作成する際の基となる材料を選定・準備する段階である．そこで選定すべき材料としては「浸水想定区域図」が標準的と言えるが，地域の実情によってはそれのみに限定する必要は決して無い．例えば「内水氾濫の浸水想定区域図」や

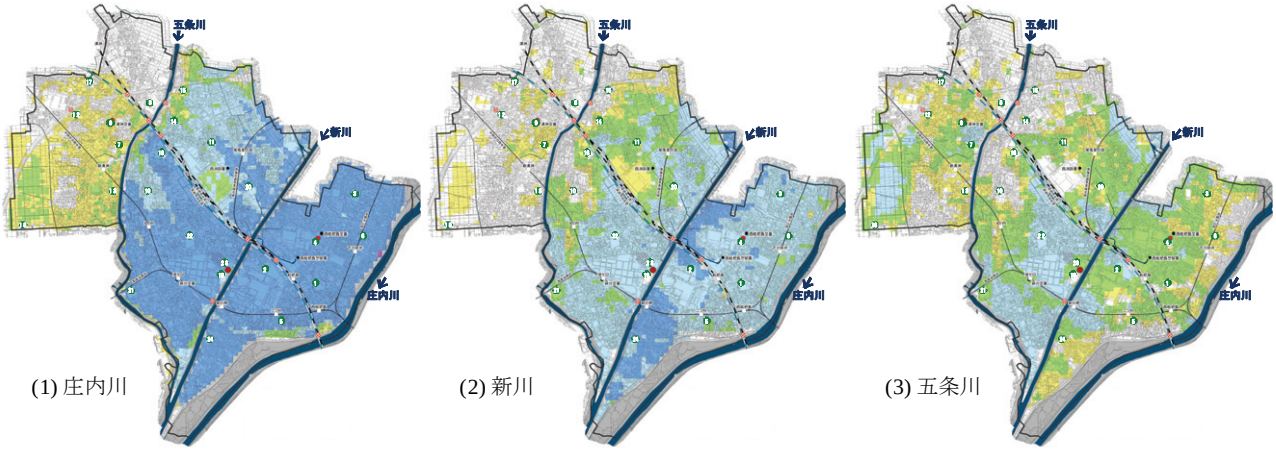


図-2　清須市洪水ハザードブックにおける各対象河川の浸水想定区域図

「最大流速分布図」などの情報が入手可能で，かつ，それが地域の洪水リスク特性を如実に表現し得るものであれば，それらを含めるような対応もあり得ることとなる．

清須市の事例では，「内水氾濫の浸水想定区域」は市全域に偏りなく分布していたこと，および「最大流速」については別途の情報掲載があることなどから，洪水リスク統括マップ（気づきマップ）の作成の際には主として浸水想定区域図のみを考慮対象とする判断となった．清須市の事例では，対象河川は庄内川と新川と五条川の3河川であることから，その浸水想定区域図は**図-2**に示すような3枚ということとなる．これらの図の基となる氾濫解析においては，当然ながら各メッシュの最大浸水深は「0m～∞m」の比例尺度にて出力されている訳であるが，浸水想定区域図の段階では洪水ハザードマップの作成要領[4)]に則して5段階の順序尺度に変換されたものが表記されている（**図-3**参照）．なお，各浸水想定区域図で想定されている確率降雨の規模はそれぞれ異なっており，庄内川が1/200，新川が1/100相当，五条川が1/50（新川との合流点付近のみ1/100）となっている．

⑵ 工程2：各浸水想定区域図の要約

行程1にて選定した材料について，その表現内容を概略化する段階である．清須市の事例では，以下の要領で**図-2**の浸水想定区域図の概略化を行った（**図-4**参照）．

まず，5段階表記の浸水深区分を「なし／小（1.0m未満）／中（1.0m以上2.0m未満）／大（2.0m以上）」をひとつの目安として4段階の浸水深区分へと概略化を行っている．これと同時に，この4段階の浸水深区分によって概ね地域の洪水リスクの特徴を包括的に表現し得るよう，各区分の領域境界線を**図-4**のように概略化（スムージング）している．おそらくこの工程が最も作成者の主観や能力に依存する内容を多く含むものと考えられる．

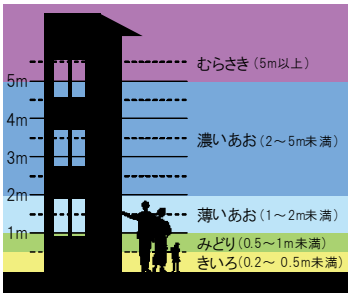


図-3　清須市洪水ハザードブックの浸水想定区域図の凡例

⑶ 工程2：要約化された各浸水想定区域図を合成

前節の工程2にて要約化・概略化された3枚の浸水想定区域図（**図-4**）を，1枚の地図，すなわち洪水リスク統括マップとして統合・合成を行う段階である．一般的に，対象河川数が少なく浸水の特徴もシンプルであるような場合においては，この段階の工程もまたシンプルであることが想定される．一方，対象河川数が多く浸水の特徴も複雑であるような場合においては，実際には工程3と工程2のプロセスを何度か繰り返して調整を行うことが必要となる．例えば，浸水領域の境界線として描いた**図-4**の線を単に重ねた場合，部分的に冗長な線が多く存在することとなるために，これらの統合・削除などの作業の判断が必要となる．ここにおいて，そこで区切られる領域の洪水リスク特性を端的に日本語で表現することが可能となるよう配慮しながら，上述のような境界線の統合・削除の作業を行うことが重要となる．清須市の事例においても，工程3と工程2の作業を何度か繰り返したうえで，**図-5**に示す洪水リスク統括マップ（気づきマップ）を作成している．

なお，清須市の事例における凡例の表現方法については，以下のようなルールに則ることとした．まず，各河川の決壊を想定した場合の浸水想定区域図の浸水深の分布状況に応じて，浸水深の深さの程度を**表-1**のようなルールで表現している．また，各河川の浸水想定区域図に

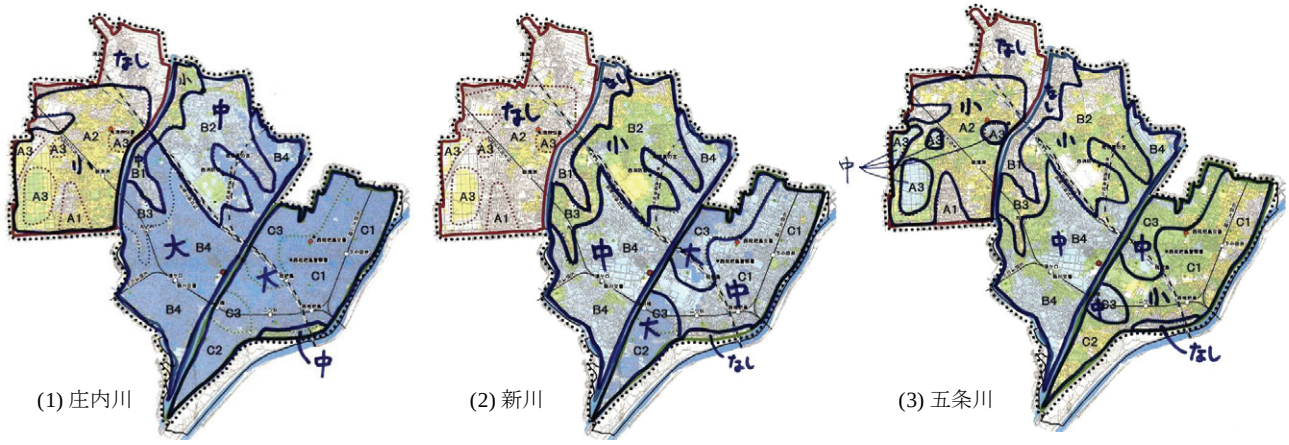


図-4　清須市洪水ハザードマップにおける各対象河川の浸水想定区域図の要約図

表-1　浸水深の程度の表現ルールの例

(ア)当該領域において主となる**図-2**中の浸水深の色	(イ)**図-4**における当該領域の浸水程度の表記	(ウ)**図-5**の洪水リスク統括マップ（気づきマップ）での表現
白	なし	
黄・緑	小	浸水する・・・
薄い青	中	深く浸水する・・・
濃い青	大	非常に深く浸水する・・・

表-2　起こりやすさの表現ルールの例

(エ)決壊想定河川	(オ)想定されている確率降雨の規模	(カ)**図-5**の洪水リスク統括マップ（気づきマップ）での表現
庄内川	1/200	・・・可能性がある.
新川	1/100相当	・・・可能性が高い.
五条川	1/50 （新川との合流点付近のみ1/100）	

表-3　洪水リスク統括マップ（気づきマップ）の凡例表現ルールの例

		五条川が決壊した場合…		新川が決壊した場合…		庄内川が決壊した場合…	
		表-1(イ)	**表-1**(ウ)と**表-2**(カ)による表現	**表-1**(イ)	**表-1**(ウ)と**表-2**(カ)による表現	**表-1**(イ)	**表-1**(ウ)と**表-2**(カ)による表現
洪水リスク統括マップ（気づきマップ）の中の地域区分	(A0)	なし	―	なし	―	なし	―
	A1	小	浸水する可能性が高い	なし	―	小	浸水する可能性がある
	A2	なし	―	なし	―	小	浸水する可能性がある
	A3	中	深く浸水する可能性が高い	なし	―	小	浸水する可能性がある
	B1	なし	―	なし	―	小	浸水する可能性がある
	B2	なし	―	なし	―	中	深く浸水する可能性がある
	B3	小	浸水する可能性が高い	小	浸水する可能性が高い	中	深く浸水する可能性がある
	B4	小	浸水する可能性が高い	小	浸水する可能性が高い	大	非常に深く浸水する可能性がある
	B5	中	深く浸水する可能性が高い	中	深く浸水する可能性が高い	大	非常に深く浸水する可能性がある
	C1	なし	―	なし	―	中	深く浸水する可能性がある
	C2	小	浸水する可能性が高い	中	深く浸水する可能性が高い	大	非常に深く浸水する可能性がある
	C3	小	浸水する可能性が高い	大	非常に深く浸水する可能性が高い	大	非常に深く浸水する可能性がある
	C4	中	深く浸水する可能性が高い	大	非常に深く浸水する可能性が高い	大	非常に深く浸水する可能性がある

おいて想定されている確率降雨の規模に応じて，その起こりやすさの程度を**表-2**のようなルールで表現することとした．さらに，対象市域を，五条川の西側の地域を「A地域」，五条川と新川とに挟まれた地域を「B地域」，新川と庄内川とに挟まれた地域を「C地域」，というように大きく3分割した上で，上記2つのルールを統合した表現内容にうまく適合するよう**表-3**のように各地域をさらに細分化して表記している．

このように，**図-1**に示した岐南町の概略表記型洪水ハザードマップにおける表現方法に比して，**図-5**に示すような洪水リスク統括マップ（気づきマップ）の表現方法の方が，浸水の程度やその起こりやすさに至るまで豊富な内容を表現可能となっていることは明らかであろう．

無論，ここにさらに内水氾濫の危険性や氾濫流の流速の危険性などの内容を加味することも一般論として可能である．その結果として，本提案手法は，前述のような「a)災害イメージの固定化の問題」や「b)浸水想定区域図の表現力の限界の問題」や「c)複数河川の洪水リスク特性の表現が困難」といった従来型洪水ハザードマップにおいて懸念された問題の発生を回避しつつ，地域のより精緻な洪水リスク特性に関するメッセージを住民へ提供することをより確度高く達成可能であることが期待され，有意義なものとなっていると考えられよう．

一方，依然としてこの工程3もまた工程2と並んで作成者の高度に洗練された描画能力が要求される工程であることも事実である．これらの点に関する工夫については，

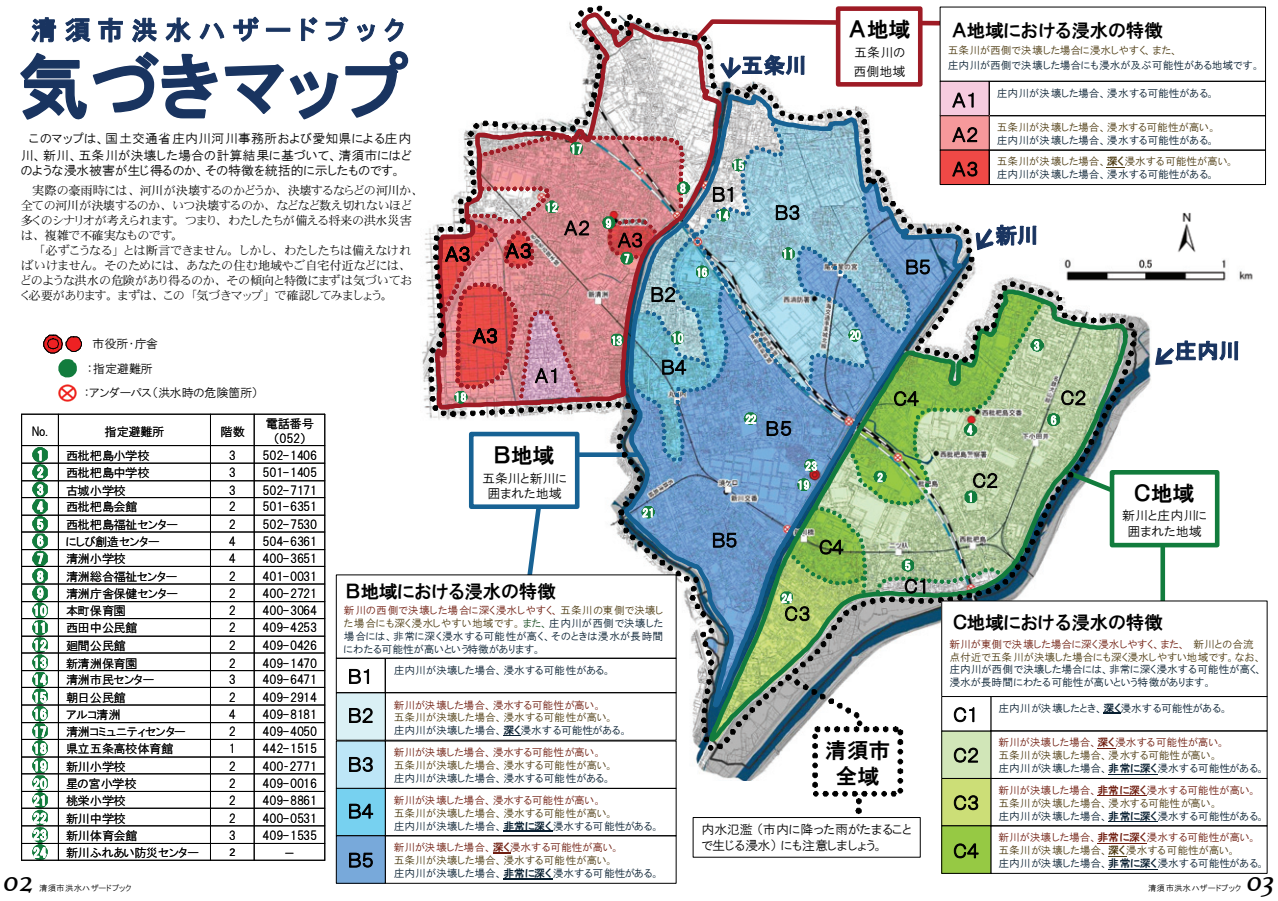


図-5　洪水リスク統括マップ（気づきマップ[1]）の例（清須市洪水ハザードブック[7]より抜粋）

次章にて検討を加える．

5. 作成者の主観をできるだけ排除した洪水リスク統括マップ（気づきマップ）の作成方法の検討

前章にて概観したように，浸水想定区域図から洪水リスク統括マップ（気づきマップ）を作成するプロセスの根幹は，文字通り，如何にして各地域の浸水特性を概略的に要約するのかという点にある．換言するなら，「このあたりの地域には，このような浸水特性があります」といったメッセージをわかりやすくシンプルに日本語で表現することが可能となるように，この「このあたりの地域」という部分の領域境界線を如何にしてデフォルメするのかを決めることが中心的な作業となっていると言える．ここにおいて，この作業の各段階（とりわけ工程2と工程3）において，作成者の主観や描画能力に依存せざるを得ない部分が多くを占めている点が課題となっていた．この点の克服を目的として，作成者の主観にできるだけ依存しない洪水リスク統括マップ（気づきマップ）の作成手法を検討することが本章の趣旨である．

ここにおいて，各河川の浸水特性という3つの属性を持ったメッシュの集合体として対象地域を捉えた場合，前章で整理した一連の作業プロセスは，各メッシュをスムージングしつつ各属性の類似度に基づいてグルーピング（クラスタリング）する作業として換言することができると考えられる．本章で検討する手法の要点を端的に述べるならば，すなわち，3つの最大浸水深の属性をもつ地域メッシュのクラスター分析ということになろう．以下では，前章と同様に清須市を事例として，ここでの提案手法について適応・検討を試みる．

(1) 地域メッシュの作成

ここで使用する元データは，前章の**図-2**に示されたものと同様の3枚の浸水想定区域図である．これらに対して対象地域を包含するような地域メッシュを用意することとなるが，ここにおいて，河道区間などは対象外とするなどの整形を行った結果，清須市の事例では25m格子で110行101列の4940個のメッシュを用意することとなった（**表-4(1)**参照）．

(2) 各メッシュの属性として浸水深尺度を付与

次に，各メッシュに対して「庄内川の浸水想定区域図

表-4　地域メッシュ・データの作成例

(1)			(2)			(3)			(4)								
メッシュ ID	行 ID	列 ID	浸水深尺度			浸水深尺度（周辺平均）			メッシュをp個のクラスターに分類した場合の所属クラスター								
			庄内川	新川	五条川	庄内川	新川	五条川	p=4940 の場合	…	p=9 の場合	p=8 の場合	p=7 の場合	p=6 の場合	p=5 の場合	…	p=2 の場合
1	1	1	0.2	0.0	0.5	0.21	0.00	0.89	CN.2398	…	CN.9	CN.2	CN.1	CN.6	CN.4	…	CN.2
2	1	2	0.0	0.0	0.2	0.02	0.00	0.65	CN.4882	…	CN.9	CN.8	CN.4	CN.3	CN.5	…	CN.1
3	1	3	2.0	5.0	0.2	2.33	3.56	0.13	CN.3	…	CN.1	CN.2	CN.3	CN.1	CN.1	…	CN.2
:	:	:	:	:	:	:	:	:		:	:	:	:	:	:	:	:
4940	110	101	0.5	2.0	0.0	0.45	2.45	0.89	CN.16	…	CN.4	CN.1	CN.7	CN.3	CN.1	…	CN.1

による浸水深」と「新川の浸水想定区域図による浸水深」と「五条川の浸水想定区域図による浸水深」という3つの属性を付与する（**表-4**(2)参照）．このとき，各浸水想定区域図で示される浸水深は**図-3**のとおり順序尺度であるので，定量的分析を可能とするためにこれらを比例尺度に変換する．本事例では，浸水想定区域図から洪水リスク統括マップ（気づきマップ）を作成する担当者の感覚および両図を閲覧する一般住民の感覚にできるだけ近くなるよう，以下のように各カテゴリーの下限値を採って変換することとする（浸水深尺度と呼称する）．

むらさき（5m以上）　：「5.0」
濃いあお（2～5m未満）　：「2.0」
薄いあお（1～2m未満）　：「1.0」
みどり（0.5～1m未満）　：「0.5」
きいろ（0.2～0.5m未満）　：「0.2」
（無色）　：「0.0」

⑶ 浸水深尺度の周辺平均

しかし，このような浸水深尺度（**表-4**(2)）のままだと，地域の浸水深の特性を微細に検出しすぎて，出来上がる洪水リスク統括マップ（気づきマップ）が概略的あるいは統括的ではなくなってしまうことが危惧される．そこで本事例では，周辺±2メッシュの平均値をとることにより属性値のスムージングを行うこととした（**表-4**(3)参照）．

なお，このようなスムージングの方法として，一般論としては周辺±2メッシュの平均値をとることに固執する必要は無く，例えばメッシュサイズがより細かい場合などではより広範な範囲の周辺メッシュ平均値とすることが妥当であろうし，あるいは距離に応じて重みを変化させて平均値を算出するなどの種々の手法[11]も提案されているので，これらの利用も十分に考えられる．

⑷ クラスター分析

以上のような3つの浸水深尺度（周辺平均）の類似性に基づいて各メッシュのグルーピング（クラスタリング）を行う．このような作業を可能にする分析手法にも多種多様なものが存在しているが，本事例では階層的クラスター分析（Ward法，平方ユークリッド距離）を採用することとした．

階層的クラスター分析は，個体（本事例ではメッシュ）間の類似度に基づいて，最も似ている固体から順次に集めてクラスターを作っていく方法であり，多変量解析の一手法である．SPSSやRなど，多くの一般的な統計解析ソフトウェアにおいて標準的に実装されており，容易に実行可能であることも利点のひとつである．本事例においては，クラスターの個数が4940個の初期状態（つまり全くグルーピング作業を行っていない状態）から始まり，類似度の高いメッシュを順次結合させつつ，最終的には全メッシュが1つのクラスターに統合されることとなる（**表-4**(4)参照）．

ここにおいて，無論，クラスターの個数が多すぎると冗長かつ煩雑な洪水リスク統括マップ（気づきマップ）となり，概略的・統括的なマップとはならない．逆に，クラスターの個数が少なすぎると表現すべきメッセージがぼやけて的確に表現されないことになってしまう．このため，何個のクラスターに分類することが最も妥当な洪水リスク統括マップ（気づきマップ）となり得るのかの判断については，各クラスターがどの様な洪水リスク特性を表現しているのかを慎重に読み取った（ラベリングした）うえで行う必要がある．

⑸ 各クラスターのラベリング

その一環として，**図-6**は，クラスターの個数を8とした場合の各クラスターの「庄内川の浸水深尺度」と「新川の浸水深尺度」と「五条川の浸水深尺度」の平均値を示したものである．これに基づき，各河川の浸水深の大小の程度を便宜的に「大（1.5以上）／中（0.5以上～1.5未満）／小（0.5未満）」と表記したうえで，各クラスターの洪水リスク特性を読み取るならば，**図-7**の左表のようにラベリングすることができよう．さらに，**図-7**にはこれら8個のクラスターについてのデンドログラムを

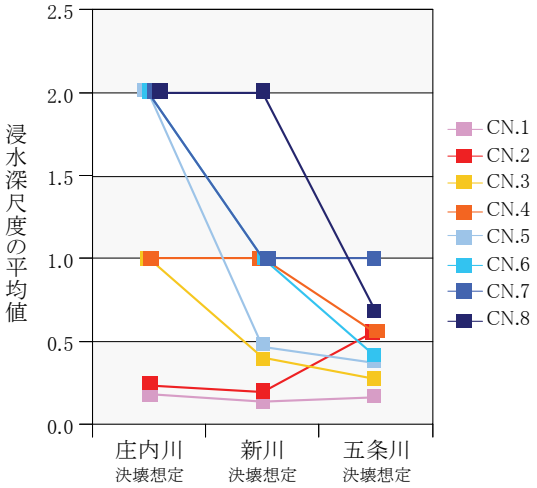
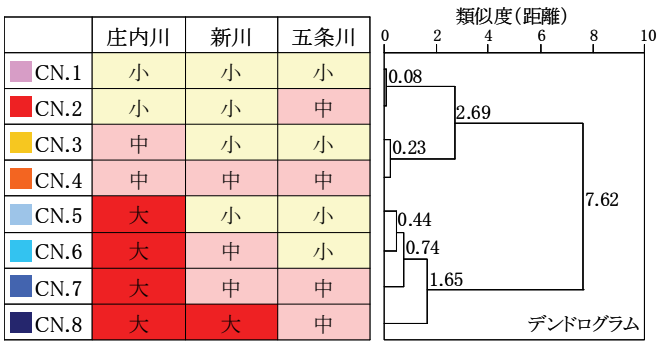


図-6　各カテゴリーの浸水深尺度の平均値



	庄内川	新川	五条川
CN.1	小	小	小
CN.2	小	小	中
CN.3	中	小	小
CN.4	中	中	中
CN.5	大	小	小
CN.6	大	中	小
CN.7	大	中	中
CN.8	大	大	中

図-7　各クラスターのラベリングとデンドログラム

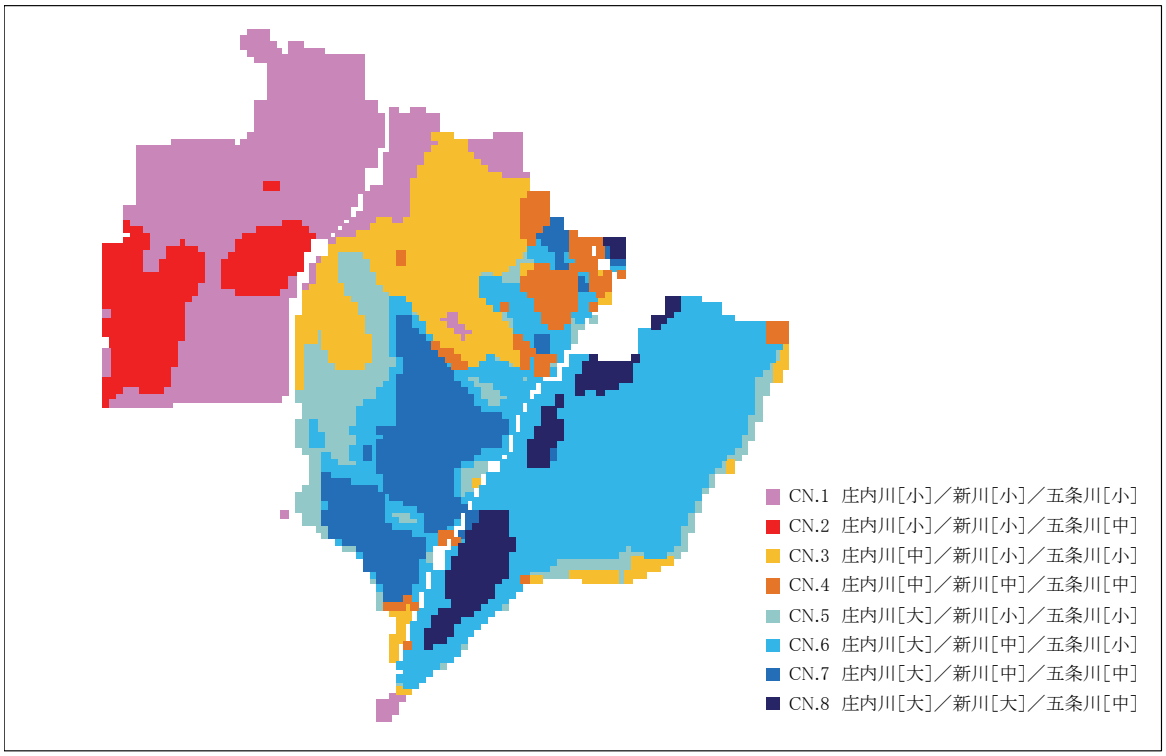


図-8　本提案手法により作成された8個のクラスターの分布

併記してある．階層的クラスター分析においては，各メッシュの類似度は距離として表現される．すなわち，より類似度の高いメッシュ同士は「距離が短い（近い）」というように，逆に，類似度の低いメッシュ同士は「距離が長い（遠い）」というようにして取り扱われる．デンドログラムは，この「距離」を横軸にとり，類似度の高い（距離が近い）個体から順次に統合されてゆく過程を視覚的に観察することを可能とする図である．これによれば，まず，本事例における地域メッシュは，庄内川の浸水深尺度が最も深刻な「大」のエリアか否かに2分される様子が見て取れる．また，地域メッシュを3つに分類しようとした場合においても，それは庄内川の浸水深尺度の深刻度が「大」と「中」と「小」であるエリアにそれぞれ分割されることがわかり，本事例での地域メッシュのクラスター分類においては，庄内川の浸水深尺度が第一義的に重要な役割を持っている様子を伺い知ることができる．なお，CN.1とCN.2との類似度（距離）が非常に高く（近く）なっており，これよりも更にクラスターの個数を増やして細分化することに積極的な意味合いを見出すことは難しいと思われる．

(6) 洪水リスク統括マップ（気づきマップ）の再検討

以上のようなプロセスを経て8個のクラスターに分類された全地域メッシュ4940個を地図状に表示したものが図-8である．ここで，記述の便宜上，五条川の西側の地域を「A地域」，五条川と新川とに挟まれた地域を「B

地域」，新川と庄内川とに挟まれた地域を「C地域」と呼ぶこととする（図-5における呼称方法と同様）．この図を，図-2に示す「各河川の浸水想定区域図」の内容，および図-5に示す「作成者の主観や能力に依存した手法によって作成された洪水リスク統括図（清須市の事例）」の内容と比較することにより，本章で提案・検討した手法に基づいて作成されたマップの表現能力の程度について考察を加える．

まず，庄内川の浸水想定区域図と比較してみると，例えば，図-2(1)におけるB地域の「薄いあお」と「濃いあお」との境界線の形状などは，図-8においても反映されている様子を読み取ることが出来る．また，新川の浸水想定区域図との比較においても，図-2(2)のC地域における「濃いあお」の形状などが図-8においても反映されている様子を読み取ることが出来る．五条川の浸水想定区域図との比較においても，図-2(3)におけるA地域の浸水深の深さの違いが図-8においても表現されていることがわかる．このように，本事例における8個のクラスターは，おおもとの各河川の浸水想定区域図における特徴を概ね反映しつつ作成されていると言えよう．

つぎに，図-5にて示した清須市の洪水リスク統括マップ（気づきマップ）と，本章で作成した図-8の表現内容との差異を確認する．まず，図-5では，A地域の洪水リスク特性については4段階で示されていたが，一方，図-8では2段階で表現されている．図-8におけるA地域の2色の意味の違いは，図-7のCN.1とCN.2に示されているとおり五条川の洪水リスク特性が小か中かの違いのみであって，これ以上の細分化には積極的な意味合いを見出すことが難しいということは前節での考察のとおりである．この考察に則るならば，図-5ではやや細分化し過ぎであって，図-8のような2段階程度の表記で十分であった可能性も考えられる．しかし一方で，五条川の浸水深尺度は他の2河川よりも相対的に小さいため，いわば3河川の浸水特性を平等に考慮している図-8においては，五条川の浸水深尺度の微細な変化が反映されにくいこともまた事実である．このことを踏まえるならば，五条川の浸水特性に結果的にはより多くの注意を払って作成された図-5のようなマップの方が地域住民の一般的感覚にそぐうようであれば，そのような表現方法を採るということも十分に考え得ることではあろう．

次いで，B地域の下半分のエリアに着目してみると，こちらについては逆に，本章で作成された図-8の方がやや細分化された表記となっている様子がわかる．この程度の細分化であれば，一般住民が閲覧した場合にも理解は十分に可能であることが想定され，より豊富な情報を提供することが可能となっていると思われる．とりわけ，図-8におけるCN.6の領域についてはB地域のみならずC地域と共通であること，そこに五条川の浸水の危険性が増した領域がCN.7となっていること，などの情報提供は，本章での提案手法ならではのものとなっている点が注目に値する．

しかし，B地域の上半分のエリアに着目してみるならば，図-8においては表現内容がやや混沌としていることも事実であり，この点については，例えば他のスムージングの方法を試行してみるなどして，改善の方向を探ることも重要となると思われる．

C地域については，総じて新川に近い領域における浸水特性のより深刻な様子が，本章の提案手法により作成された図-8においても捉えられていることを確認することができる．

なお，図-8では，凡例は作業上の符号を表記するのみとなっているが，これと表-1および表-2のルールを組み合わせることにより，凡例の日本語表現を作成することが可能となる．

(7) まとめ

前節までの考察を踏まえるならば，本章で検討を試みた「作成者の主観や能力にできるだけ依存しない洪水リスク統括マップ（気づきマップ）の作成方法」については，概ね良好な結果を得たと言えよう．

無論，ここでの作成手法の出力（図-8）をそのまま洪水リスク統括マップ（気づきマップ）として公表することは難しく，たとえばこの出力結果を基にして領域境界線をさらに概略的に引き直すとか，更に言えば，ここでの提案手法には種々のバリエーション（メッシュのスムージングの方法の選択，クラスター分析の手法の選択，など）が存在していることから，これらの中で地域の実情により適合的な出力はどれなのかを模索するなど，依然として作成者側の努力が求められる部分が残存していることも確かである．

しかしながら，たとえそうであったとしても，少なくとも言えることは，第4章での洪水リスク統括マップ（気づきマップ）の作成方法に比して，作成者の主観や描画能力に依存せざるを得ない部分が占める割合を低減させることには，表現内容の精度を部分的に向上させつつ成功しているということであり，注目すべき点であると考えられる．換言するならば，地域の実情に応じた細部における更なる微修正を前提とするならば，ここでの提案手法によって得られるマップ（図-8）は，洪水リスク統括マップ（気づきマップ）を作成する際の「ベース図」として利用可能であると言えよう．とりわけ，数十河川などのように多数の河川を対象とするような複雑な事例においては，もはや作成者の手作業（目視）にて浸水特性の全体像を把握したうえで概略表記型洪水ハザードマップを手書きで作成することは非常に困難を極めることは明らかであることから，半自動化手法とも言うべ

き本章での提案手法には大きな貢献が期待されると考えられる.

6. おわりに

洪水ハザードマップ，とりわけその中の「浸水想定区域図」は，地域の洪水リスク特性を住民が正しく歪み無く理解できることを目標にして掲載されるものであるにもかかわらず，既存研究ではそれが達成されにくいにとどまらず，むしろ弊害すら生みかねないことが指摘されており，そのような問題点の克服を念頭に「概略表記型洪水ハザードマップ」という理念が提唱されていた．本稿では，この理念を踏襲しつつ，浸水程度やその起こりやすさなどの表現力を向上させた「洪水リスク統括マップ（気づきマップ）」を提案するとともに，その作成工程の中で実務上問題となる「作成者の主観」をできるだけ排除可能な半自動化の作成手法に関する検討を行った．その結果，これらの提案および検討では概ね良好な結果を得たと言えよう．

前述のとおり，地域の洪水リスク特性に関する「住民が知っておくべき知識」をメッセージとして地域住民へと歪み無く届けることを可能とする主たる手段は，「浸水想定区域図」のような断片的かつ間接的な数値情報ではなく，より直接的な表現が可能な「洪水リスク統括マップ（気づきマップ）」であろうということが著者らの基本的な考えである．しかし，ここでは，決して「浸水想定区域図」の掲載自体を省略すべきと主張しているのではなく，むしろ「浸水想定区域図」の掲載は必須であると著者らは考えている．これは，情報公開の観点からも，洪水ハザードマップの定義[4]からも，さらには前掲の杉並区の事例を踏まえても，必須の事項であると考えられる．換言するなら，洪水リスク統括マップ（気づきマップ）」は，浸水想定区域図などに掲載されている情報内容をどのように（歪み無く適切に）解釈すべきかの道しるべ的役割を担うものとも言うことが出来る．

これまでに述べた事項以外に，この「洪水リスク統括マップ（気づきマップ）」の実践適用を念頭に置く場合に重要となると思われる注意事項に触れるならば，以下のような関係部局間でのこのマップに関する合意形成に関する事項が挙げられる．すなわち，このマップの意図や趣旨などに関して，作成主体である市町村はもとより，その基図となる浸水想定区域図を提供する河川管理者（国土交通省の河川事務所や都道府県）の担当者・関係部局における十分な理解が図られないようであれば，作成手引き等に記載の洪水ハザードマップの一般堤定義とは異なるこのマップの実践適用は現時点では難しいということである．この点への配慮として，岐南町や清須市の事例においては，以下のような経緯をたどっている．まず，事前に住民アンケートを実施し，洪水災害に無関心な住民層の存在についての把握等を行い，現状においてどの様な情報提供が求められているのかを共に議論する場を設けた．この議論の中で，例えば清須市の事例では，全回答者中のおよそ3分の1が無関心層で占められている現状を踏まえ，前述のような“浸水想定区域図の道しるべ的役割”を担う情報，すなわち「洪水リスク統括マップ（気づきマップ）」が当該地域では重要な役割を担うとの認識を市担当部局で共有する機会を持つに至っている．岐南町や清須市の洪水ハザードマップの構成上，この「洪水リスク統括マップ（気づきマップ）」が浸水想定区域図よりも前の冒頭部分に掲載されていることは，自治体担当者のこのような“道しるべ的役割”に関する理解が反映されたひとつの結果とも言えよう．

以上のような関係部局間での合意形成に関する注意事項をも含め，本稿で検討・提案を行った「洪水リスク統括マップ（気づきマップ）」およびその半自動化作成手法が，各自治体におけるより効果的な洪水ハザードマップ（洪水ハザードブック）の作成および普及に寄与できるならば幸いである．

補註：

[1] 「洪水リスク統括マップ」の実践適用事例である愛知県清須市の洪水ハザードブックでは，住民への親和性をより高める意図から，これを「気づきマップ」と呼称し記載している．これは，「地域の包括的な洪水リスクの特性に関する“気づき”を得るきっかけとしての活用を意図した呼称となっている．このため本稿では，その都度これを「洪水リスク統括マップ（気づきマップ）」と記載することとする．

参考文献

1) 片田敏孝，児玉真，佐伯博人：洪水ハザードマップの住民認知とその促進策に関する研究，土木学会水工学論文集，第48巻，pp.433-438，2004.
2) 片田敏孝，児玉真，荻原一徳：河川洪水に対するリスク・イメージの構造とその避難行動への影響，河川技術に関する論文集，第6巻，pp.261-266，2000.
3) 片田敏孝，木村秀治，児玉真：災害リスクコミュニケーションのための洪水ハザードマップのあり方に関する研究，土木学会論文集D，Vol.63，No.4，pp.498-508，2007.
4) 国土交通省河川局治水課：洪水ハザードマップ作成の手引き， http://www.mlit.go.jp/river/saigai/tisiki/hazardmap/index.html，2005.
5) 岐南町：洪水ハザードブック洪水編，2006.
6) 一宮市：一宮市洪水ハザードマップ，2007.
7) 清須市：清須市洪水ハザードブック，2008.
8) 国土交通省河川局：浸水想定区域図及び洪水ハザードマップ作成状況，国土交通省河川局ホームページ，http://www.

milt.go.jp/river/bousai/main/saigai/tisiki/syozaiti/index.html，2010.
9) 児玉真，片田敏孝，木村秀治，永柳宏：自治体における洪水ハザードマップの作成・活用に係る現状と課題，土木計画学研究講演論文集，Vol.33，CD-ROM (263)，2006.
10) 朝日新聞：洪水対策強化へ（杉並区 予測図作り直し，対応遅れ区長謝罪），9月15日朝刊，p.33. 2005.
11) 株式会社パスコESRI本部：Arc GIS Spatial Analyst ユーザーズ・ガイド，2001.

（2011. 4. 5 受付）

A STUDY ON A NEW PROCESS FOR MAKING THE FLOOD-RISK-SUMMARIZABLE MAPPING

Toshitaka KATADA, Yasushi OIKAWA and Hiroshi WATANABE

For the spread of correct knowledge about flood risk, it have been pointed out that the former flood hazard map which informs only the inundation depth around a subject area is not only incomplete but also has harmful effects. To improve such weaknesses, the principle of the summarizable flood hazard map has been proposed. However, the summarizable flood hazard map has also other following technical problems as obstacles on the road to the standardization. First, it is difficult to express complicated flood risk characteristics by this principle of the summarizable flood hazard map. Second, the content of the summarizable flood hazard map always depends heavily on a cartographer's subjectivity.

Accordingly, in order to improve above technical problems, we develop and propose a new technique for making the flood-risk-summarizable mapping.