

-421-

の大きさにいくつか種類があり(1km, 500m, 250m)、計算に不便であるので500メッシュに統一、加工した。また③のデータもメッシュ化する際それにならった。

国土数値情報からは水害発生の基本的要因となる自然的要因を次のように得た。

①地形分類、②表層地質分類、③土壌分類、④標高、⑤最大傾斜量、⑥最小傾斜量。このうち1kmメッシュで表されている①～③の要因は各メッシュを縦横2分割して4つの500mメッシュとし、250mメッシュで表されている④～⑥の要因は、ひとつの500mメッシュに含まれる4つをまとめて500mメッシュにした。その際、標高は4つの値を平均して代表させ、最大、最小傾斜はそれぞれそのうちの最大値及び最小値を代表値とした。さらに標高をまとめる際に、そのうちの最大値と最小値から起伏量を算出した。それぞれの要因にはそれに属する成分がいくつかあるが(例えば土壌の成分には褐色低地土壌、泥炭土壌、等がある)、①～③の要素についてはその分類が国土数値情報の分類に従うと種類が多いので、類似した成分はひとつにまとめて使用した。④～⑥のデータはそれぞれ1mおよび1'をひとつの成分とした。

(2)地域メッシュ統計によるデータ

地域メッシュ統計からは、都市化地域の特徴を示すデータとして、次のものを得た。

①人口、②居住開始時期、③利用交通手段、④住居形態、⑤収入形態。それぞれの要因には副要因があり(例えば利用交通手段であれば徒歩のみ、JR、JR以外、等である)、その成分はそれぞれに属する人口である。また、②の居住開始時期からは、昭和45年1月～50年9月の入居者に対する昭和50年10月～54年9月の入居者の増加の割合を計算し、最近の入居者増加率として副要因とした。さらに、⑤の収入形態は賃金主体の世帯と農業収入主体の世帯数で表されているが、これより農業収入主体の世帯数の割合を出し、副要因とした。

(3)昭和50年および昭和56年氾濫の浸水実績図によるデータ

最近札幌市及び石狩川下流部では昭和50年と56年に大きな氾濫を経験している。

昭和50年8月22日から24日にかけて台風6号崩れの低気圧によって石狩川流域全域にわたって150～200mmの降雨を記録、石狩、空知支庁管内でも石狩川が溢水、死者3人、浸水面積27,336ha、耕地流失および冠水計36,250haの被害を出した。

同様に昭和56年8月3日から6日にかけては前線と台風12号により170～400mmの降雨を記録、死者2人、浸水面積55,821ha、田畑流失および被害計73,973haの被害を、続けて同23日にも台風15号により死者1人、床上、床下浸水計6,439戸、田畑流失および被害計4,257haの被害を被った。²⁾

これらの浸水地域について、石狩川開発建設部が洪水直後に行った現地調査や航空写真、聞き取り調査などを基に、5万分の1縮尺の地形図上にその範囲を示している。この情報を前出の国土数値情報と比較するため、同様のメッシュ化の方法に従い、実績図を基準地域メッシュに分割、各々のメッシュに50年、また56年の洪水による氾濫の経験の有無を1.0のデータとして与えた。。さらに、56年氾濫時の氾濫強度を知るために、札幌市建設局土木部河川課が調査した実績浸水深と浸水時間のデータから、当該メッシュの氾濫強度を推定した。

3. データ解析と分析方法

(1)方法と手順

本研究におけるデータ解析と分布の手順を図2に示す。最初に自然的要因のメッシュデータと過去の水害データの比較を行うことによって、要因中の各成分が水害発生に及ぼす影響の度を調べる。すなわち要因中の成分毎に、その成分を持った全メッシュのうちの何%のメッシュが水害を経験しているかを計算する。その割合から成分が水害を経験しやすい程度を3段階（または2段階）で評価した。その関係の強さの情報が基本的な水害危険度の知識ベースとなる。

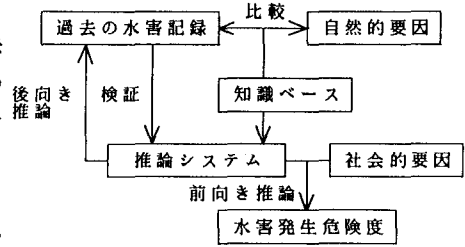


図2 本研究のフローチャート

この知識ベースをもとに、後述の方法を用いて過去の水害を再現できる後向き推論システムを作成する。さらにこのシステムに社会的要因を新たに加え、都市化地域としての考慮をしたうえで水害発生の危険度評価を行う前向き推論システムを構築する。

(2)推論システムによる危険度評価の方法 推論システムを構築するためにはそれぞれの要因間の関係を考慮した構築方法が必要となるが、ここでは被害到達距離という概念を用いてその関係づけを行う。これは、ある要因に注目したとき、人がそれを危険である（災害が起こり易い）と認識するものほど降雨が被害に直結し易い（被害到達距離が短い）要素であるとして、それに見合った相対的な距離（電気回路における抵抗値に値する）と、それらを結合させる際の接合方法を指示する符号を要素に与えるものである。その概念を図3に示す。この方法は、心理学において人間がある二つのパターンの類似度を判断する際の思考の組立て方を説明するモデル³⁾として提唱されたものに近い考えからきている。

各々の要因を接続する際の接続方法としては、電気回路の直列、並列と同じ2種類の方法を考える。ここではそれぞれ+の符号と-の符号でそれを指示する。接続後の合成された距離の計算も電気回路のそれにならう。すなわち、並列であれば距離 D_1, D_2 と合成後の距離 D_T の関係は(1)式で、直列であれば(2)式で表される。



図3 被害到達距離の概念

$$\frac{1}{D_T} = \frac{1}{D_1} + \frac{1}{D_2} \quad (1)$$

$$D_T = D_1 + D_2 \quad (2)$$

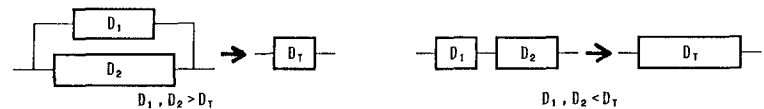


図4 距離合成における直列、並列結合の概念

このことにより、たとえば図4で示すように複数の要因を統合する場合には、並列回路を作ることによって各々の要因よりもさらに短い距離を算出することができることになる（被害発生の危険性に対して要因の相乗効果を考慮したことになる）。逆の場合には直列回路を作ることによって被害の危険性が一層遠のくことを表現できる。

これは論理的なANDやOR結合で要素を統合する場合と同様のアナロジーでありそれらの関係を容易な形で表現しうる。

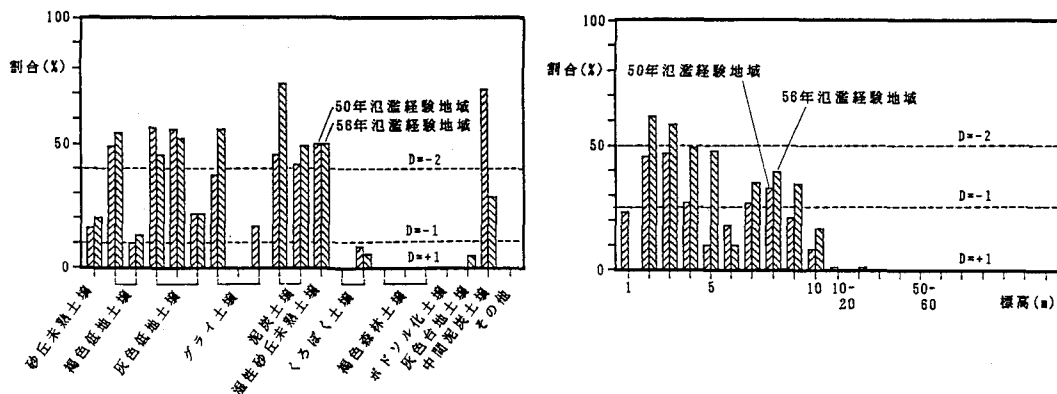


図5 成分別にみた50年、56年氾濫経験メッシュ数の全メッシュ数に対する割合と、距離(D)の範囲

4. 水害発生危険度の分析

(1)知識ベースの分析

成分毎の水害経験率の一例として標高と土壌の危険度を図5に示す。

また、これに基づいて知識ベースの分析を行い、水害危険度の評価を行った結果を表1に示す。この結果より次のことがわかる。地形分類、表層地質分類、及び標高では水害発生に結び付く成分は非常に限定されている。また最大傾斜量、最小傾斜量、起伏量も、水害発生の割合は高くないがその成分は限定されている。土壌分類では水害発生の割合の高い成分が全成分の半数を越えており、特に危険な成分を限定しにくい水害が発生しない成分との割合の差は大きい。

(2)推論システムによる危険度評価の分析

以上の知識ベースの結果を基に、被害到達距離の手法を用いて危険度評価の推論システムを構築する。その際に、自然的要因をいくつかのグループに分けた状態でその合成距離をサブトータルとして求め、その合計を最終的な距離とする。グループ分けの概念図を図6に示す。

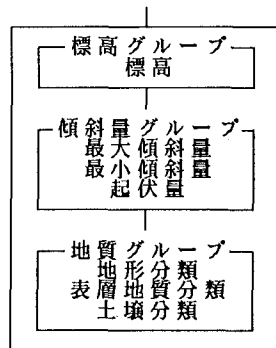


図6 推論システム構成図

グループ分けを行った理由は、ひとつの回路を構成する要因の数を少なくするためである。すなわち、一度に多くの要因を接続して回路を構成しようとすると、並列結合を要求

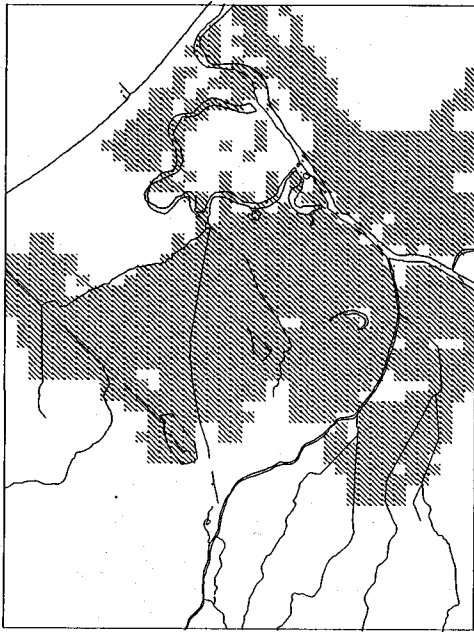


図7 自然的要因を用いて構成したシステムの実行結果

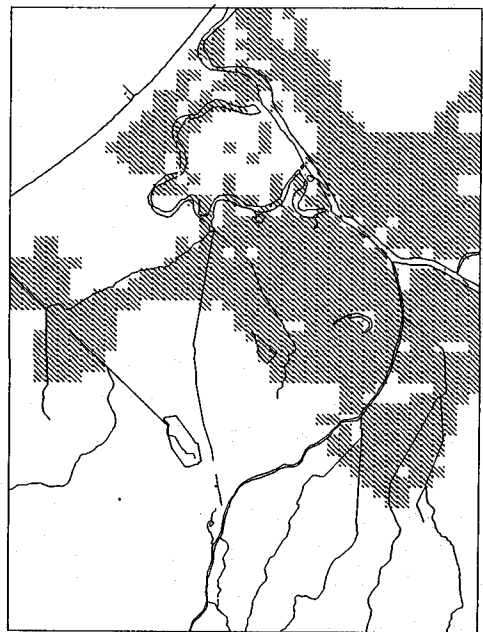


図8 自然的要因に人口密度を加えたシステムの実行結果

表2 要因（人口）の各成分に与えた距離

要因	各成分の値		
	平均以下	平均以上 平均+偏差まで	平均+偏差以上
人口	-2	+2	+3

する距離を持った要因と直列結合を要求する距離を持った要因との組み合わせが幾種類も考えられて回路の形式が一定せず、構成が困難となるからである。ここで用いたグループの中では多くて3個の要因の結合が行われるだけである。また結合順序としては、最初にグループ内の直列を要求する距離を持った要因を結合して合成距離を求める。次に、並列結合を要求する要因があれば合成された距離と結合する。この値がサブトータルの値となる。各要因中の成分にどのような距離と符号を与えたかは表1に示したとおりである。

このシステムによる水害危険地域のシミュレーションを行った結果を図7に示す。

結果から判断すると、比較的人口密度の高い都市化地域での整合性がよくない。この地域を特徴づけているものは土地利用の高度化に伴う地表面の高舗装率化や排水施設の完備など、社会的要因である。これが自然的要因に強い影響を及ぼしたため、上記のモデルで

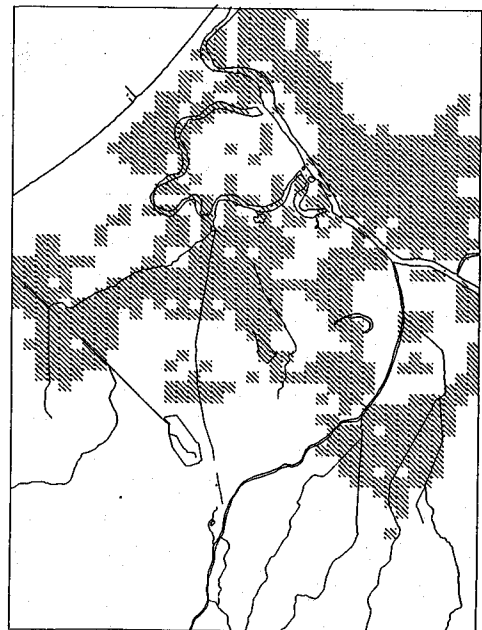


図9 自然的要因と社会的要因を合わせたシステムの実行結果

は危険度を適切に評価できなかったと考えられる。そこで、このような地域を表す指標となる要因として単位メッシュ当りの人口密度を採用し、上記のモデルに加えてみる。その際の人口密度に対する距離の与え方は、全メッシュを母集団とした統計処理を行った結果より表2のように行った。モデル実行の結果を図8に示す。

この結果から考えて、都市化地域では自然状態での水害は起こりにくくなっているといえる。しかし、反対に同地域で水害が起こった場合はたとえ小規模ではあっても多数の社会的被害を被ることとなろう。そこでこの視点から自然的、社会的要因を総合した水害危険度を評価するシステムを構築する。すなわち自然条件からは水害発生の危険度が低い地域でも、そこでの社会的活動が盛んであれば優先的に水害発生を防ぐ必要がある（危険度が高い）地域との判定を可能とするのである。このシステムを構築するにあたっては、まず前述の自然的要因のみの場合と同様に居住開始時期、住居形態、収入形態毎にグループを作る。このとき人口密度の例にならい、社会的活動が高いことを示すと考えられる要素に短い距離、及びーの符号を与えて距離を決定した。次にこれら社会的要因で構成されたシステムで得られた距離と前出の社会的要因で構成されたシステムで得られた距離を結合して最終的な距離とし、これを基に危険度を判定する。二つの距離の結合方法は、どちらかの距離がその危険度の閾値を越えて短い（危険度が高い）場合には並列結合、両方長い場合のみ直列結合で結合した。その結果を図9に示す。この結果より、都市化地域でも最近の人口増加が激しい地域（北区北34条付近、東区米里、川北、札苗、東区中沼、篠路、西区新川、手稲前田）での水害危険度の高さが伺える。これらの周辺地域でもこの先人口増加が見込まれる場合、水害を考慮した上での住宅地の発展計画を立てたり、住宅建築にその地域の危険度に見合った一定の基準を設ける等の対策が必要となると考えられる。

5. 考察とまとめ

被害到達距離モデルを用いることにより、多くの要因を考慮した上での被害発生危険度がある程度評価できるようになった。今回はモデル整合性の検証に外水性の大水害を選んだが、同様に過去に起こった内水性の都市型水害を対象にモデルを構築すれば突発的な降雨によって引き起こされる小水害の起こりやすい地域の再現、予測も可能と考えられる。しかし一方でこのモデルは要因が多いほど回路構成がひとつに定まりにくい欠点がある。本研究では要因のグループ化によってこの問題に対処したが、実際の地域が持つ危険度に近いものを表すことのできるモデルの構築にはある程度の試行錯誤や有識者の判断に頼らざるを得ない面もあり、この部分の判断をも含めたモデルの開発が今後の課題となろう。

最後に、本研究を行うに当たり石狩川開発建設部、札幌市建設局土木部河川課、同市民局交通安全防災課から過去の水害についての貴重な資料を、北大土木工学科防災講座から数値情報に関する資料を提供していただいた。また研究の遂行にあたり、宮田譲先生から貴重な助言をいただいた。ここに記し感謝の意を表するものである。

参考文献

- 1)国土庁計画・調整局、建設省国土地理院編：国土数値情報、昭和62年
- 2)水谷武司：防災地形、pp.91～pp.94、古今書院、昭和57年
- 3)今井四朗：パターン認知の変換構造説、東京大学出版会、昭和61年