

# 基于格网数据的洪水灾害风险评估方法 ——以日本新川洪灾为例

张超<sup>1</sup> 万庆<sup>1</sup> 张继权<sup>2,3</sup> Norio Okada<sup>2</sup> 励惠国<sup>1</sup>

(1 中国科学院地理科学与资源研究所资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101;

2 京都大学防灾研究所, 东京 611-0011; 3 东北师范大学城市与环境科学学院, 长春 130024)

**摘要** 本文对日本格网统计数据的历史、体系以及结构进行了介绍, 并应用地理信息技术给出了各级格网的自动生成方法。同时以2000年日本新川洪水灾害为案例, 建立了二维洪水演进水动力学模型, 并采用地理信息系统与水动力学模型结合的方法对新川破堤洪水泛滥进行了模拟, 同时对洪泛区灾害损失进行了评估, 得到的结果为进一步评估洪水灾害风险以及确定合理的洪灾保险费率奠定了基础, 对于格网统计数据在城市规划以及城市减灾等领域的应用也有一定的借鉴意义。

**关键词** 格网数据, 洪水灾害风险, 地理信息系统, 日本, 东海暴雨

**中图分类号** P208; P426.616

洪水灾害风险由3方面因素构成: 危险性、暴露性以及易损性<sup>[1-3]</sup>。

2000年9月11~12日, 日本名古屋市东海地方遭受暴雨袭击, 引起洪涝灾害, 新川破堤, 经济损失严重。事后为了确定新川洪水泛滥地区合理的洪水灾害保险费率, 需要明确洪泛区各处的洪水灾害风险。本文基于地域格网数据, 通过地理信息系统与水动力模型相结合, 对新川破堤后洪水泛滥造成的灾害进行了评估。研究区域涉及地区包括名古屋市的4个地区: 西枇杷岛町、新川町、西区以及北区。

## 1 格网系统及格网生成和坐标变换

为便于格网统计, 在日本建立了一套完整的基于格网系统的统计模式。统计格网分为两种: 一种边长约为1km的基准地域格网, 另一种是在人口比较集中地区进一步再分为边长为500m的1/2地域格网。在这些格网地域上会定期进行国势调查(如人口、家庭、住宅等信息)以及事业所、企业单位调查, 调查结果由日本总务省统计局负责向社会出版。本文用于评估洪灾损失的数据就是基于500m格网的1995年的国情调查以及1996年企事业统计调查资料。

### 1.1 格网系统与格网代码

自从1929年芬兰地理学家Graneau采用1km格网来分析自然与社会现象以来, 格网的概念已经发展成为一种地学分析方法。随着日本在20世纪50、60年代经济的飞速发展, 社会经济状况变化剧烈, 城市化步伐加快, 许多乡镇以及中小城市进行了合并, 原有的以市町村等行政地域为单位的统计数据已不能满足政府及私营企业部门的需求, 故于1973年正式颁布了“统计用标准格网及标准格网代码”, 实现了格网编制的标准化, 并于1976年成为日本工业标准(JIS)<sup>[8]</sup>。

根据该标准, 标准格网共分成三类: 基准地域格网; 分割地域格网; 统合地域格网。其中基准地域格网是通过三级地域区划得到的。详细的区划方法见表1。

该标准对各级格网代码做了如下规定(图2):

基准地域格网代码由8位数字构成, 前4位为所在的第一级区划格网代码, 接下来的2位表示所在的第二级区划格网, 最后2位数字表示所在的第三级区划格网:

(1) 对应第一级区划格网的数字为4位数。前2位为该区划格网最南边的纬线的度数乘以1.5, 这2位数字的数值在30到68之间; 后2位为该区划格

收稿日期: 2003-03-01.

资助项目: 中国科学院地理科学与资源研究所知识创新领域前沿项目(AD7096)资助

作者简介: 张超(1972-), 男, 博士生, 主要从事地理信息系统、遥感技术在自然灾害领域的应用研究。Email: zhangc@reis.ac.cn

网西端经线度数减去 100, 这 2 位数的数值在 22~53。日本国土全境的第一级地域区划格网见图 1。

表 1 地域格网区分方法

Tab. 1 The method of demarcation for the standard grid square

区划种类	区划方法	纬度间隔	经度间隔	格网边长 (km)	适用比例尺
第一级地域区划	将日本全国地域偶数纬线间 3 等分, 沿经线方向 1 度等分。	40	1°	约 80	1:20 万
第二级地域区划	在第一级区划的基础上, 沿纬线和经线方向 8 等分。	5	7'30"	约 10	1:2.5 万
基准格网 (第三级地域区划)	在第二级区划的基础上沿纬线和经线方向 10 等分	30	45"	约 1	
1/2 地域格网	在基准格网的基础上沿纬线方向、经线方向 2 等分	15	22.5"	0.5	

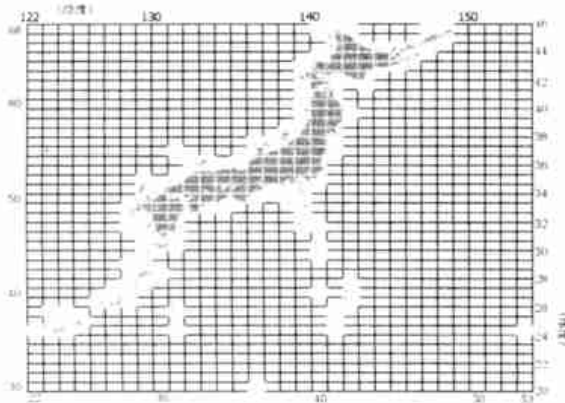


图 1 日本国土的第一级区划格网图

Fig. 1 The Primary Area Partition Map of Japan

(2) 表示第二级区划格网的数字为 2 位数, 在一个第一级区划格网中有 (8×8) 64 个第二级区划格网, 前 1 位数字表示该格网从南到北的序号 (0~7), 后 1 位数字表示该格网从西到东的序号 (0 到 7)。所以表示第二级区划格网的数字在 00~ 77 之间。

(3) 表示第三级区划格网 (也就是基准地域格网) 的数字为 2 位数。在一个第二级区划格网中共有 100 个第三级区划格网, 前一个数字表示该第三级区划格网在所处的第二级区划格网中从南到北的序号 (从 0 到 9), 第二个数字表示该格网从西到

东的序号 (从 0 到 9)。故表示第三级区划格网的数字在 00 到 99 之间。

分割地域格网代码:

1/2 地域格网代码由 9 位数字构成, 其中前 8 位为所在的基准地域格网代码, 最后 1 位数字含义是: 在一个基准地域格网中, 有 4 个 (2×2) 1/2 地域格网, 则这最后一个数字表示了该格网所处的方位, 西南为 1, 东南为 2, 西北为 3, 东北为 4。

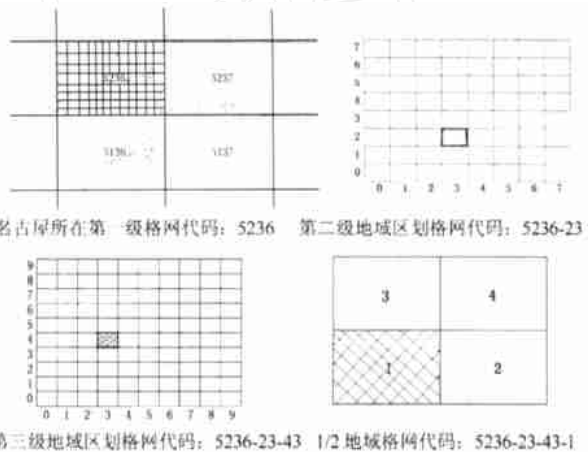


图 2 地域格网的划分及其代码规定示意图

Fig. 2 Chart for method of demarcation and rule of coding

在洪水危险性及易损性的分析中都要用到地面高程数据, 本文所采用的高程数据为日本国土地理院的 50m 地形标高格网数据。这种数据以文本文件方式提供。每一个 2 级地域区划格网对应一个文本文件。将该网格 200×200 等分就形成了边长约为 50m 的格网, 每个格网的标高值存储在该文本文件中, 详细的文件格式说明参见文献<sup>[5]</sup>。对于 50m 标高格网的标号没有统一的规定, 由于新川洪水只涉及 2 个 2 次地域区划格网 (相应代码为 523666, 523667), 故在本文中为应用方便将 50m 标高格网代码定义其为 9 位数字, 第一位数字为 1 (主要考虑将来的系统移植), 接下来的 2 位数字为所在 2 次地域区划格网代码中的最后 2 位, 接下来 3 位数字表示该格网所在的 2 级格网中从南到北的行号 (从 0~199), 最后 3 位数字表示该格网所在的 2 级格网中从西到东的行号 (从 0~199)。

1.2 格网的生成与坐标变换

根据各级格网的定义可以生成相应的各级格网多边形图层文件, 由 ArcInfo 与 Arcview, 生成的相应的图层格式为 coverage 及 shape 文件。对此, 先

用编程语言如 VB 或 AML 生成每个格网 4 个顶点的经纬度坐标及该格网的代码, 然后用 ArcInfo 中的 Generate 命令生成多边形 coverage 图层; 在使用 Arcview 时可用 Avenue 的有关命令生成相应的多边形 shape 图层。有关命令的使用可参考文献<sup>[9]</sup>或软件的联机帮助。

以上生成的格网多边形结点的坐标单位为经纬度, 在实际应用中需要将其转换为 xy 平面直角坐标, 即日本的 19 坐标系。对于名古屋 (属于爱知县), 在 19 坐标系中属于第 7 系。变换公式参见文献<sup>[5]</sup>。

## 2 演进模型及洪水泛滥过程模拟分析

新川破堤后的洪水泛滥过程采用垂向平均的浅水方程组进行模拟, 该方程组由质量与动量守恒方

程组成<sup>[6]</sup>:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial(\mu M)}{\partial x} + \frac{\partial(\nu M)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho}$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial(\mu N)}{\partial x} + \frac{\partial(\nu N)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho}$$

式中  $h$  为水深,  $M, N$  为  $X, Y$  方向的动量,  $u, v$  表示流速,  $g$  为重力加速度,  $H = h + z$ ,  $z$  为地面高程,  $\tau_{bx}, \tau_{by}$  为地表剪切力在  $X, Y$  方向上的分量, 用下式计算:

$$\tau_{bx} = \frac{\rho_w g n^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}}$$

$$\tau_{by} = \frac{\rho_w g n^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}}$$



图 3 新川破堤后洪水泛滥过程模拟

Fig. 3 The animation of flood inundation process after dike broken of Shin River

式中  $n$  为曼宁系数。方程的求解采用有限差分法, 差分网格为前面生成的 50m 标高格网。计算网格的曼宁系数可通过计算区域的土地利用图估算。初始条件: 每个格网的流速值  $u, v$  及水深值  $h$  都为 0, 破堤地点水位采用河道的实际水位过程, 破堤宽度取 100m (按 2 个格网宽考虑), 计算时间步长取 0.5 秒, 泛滥流量按下式计算:

$$Q_B = \begin{cases} \mu_1 h_1 B \sqrt{2gh_1} & h_2/h_1 < 2/3 \\ \mu_2 h_2 B \sqrt{2g(h_1 - h_2)} & h_2/h_1 \geq 2/3 \end{cases}$$

式中  $Q_B$  为破堤流量,  $B$  为破堤宽度,  $h_1, h_2$  为堤内与堤外水深 (从距离破坏的堤防顶部量算),  $\mu_1$  与  $\mu_2$  为水流参数, 分别取 0.35 与 0.91。

图 3 给出了 3 个时刻的洪水泛滥淹没范围图。从洪水泛滥模拟的结果中还可以得到洪泛区各点的最大水深、累计淹没时间、最大流速、洪水到达时间等信息, 这些数据可以用来评价洪泛区某处洪水灾害风险的大小。

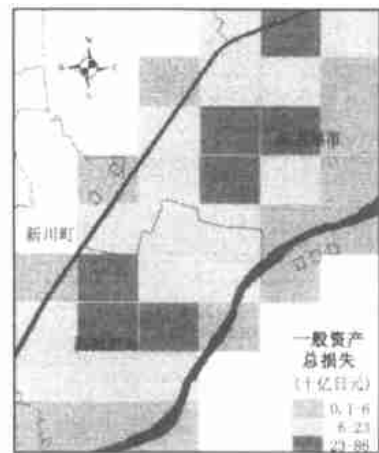


图 4 新川破堤后总的洪水灾害损失空间分布

Fig. 4 The distribution of total flood damages after dike broken of Shin River

## 3 暴露性、易损性及经济损失评估

暴露性是指处于洪水威胁的人、财、物以及社

会的正常功能。在本文中对暴露性的评价主要考虑的是处于洪水威胁的一般资产, 主要包括 3 个方面: 家庭财产 (包括家屋与家庭用品资产)、事业所财产 (包括固定与库存资产) 以及农渔水产业财产 (包括固定与库存资产)。研究区域的每一个 1/2 地域格网 (即 500m 格网) 上的相应的财产都可以从统计资料中计算得出<sup>[7]</sup>。

易损性是指承灾体易于受到致灾洪水的破坏、伤害或损坏的特性, 反映了各类承灾体对洪灾的承受能力, 实际评估中可以用不同洪水强度 (如水深、流速、淹没时间等) 下的承灾体损失财产的百分比来表示。对于城区洪水水深在致灾因素中居于主要地位, 故采用了水深与各种财产 (包括上面提到的 3 种一般资产) 损失率关系来作为易损性模型, 同时考虑了地面坡度的影响。模型所用的参数从日本国土交通省发布的数据得出。<sup>[7]</sup>

在洪水模拟及易损性模型建立后, 评估在每一个被淹的 1/2 地域格网进行: 首先根据该格网与 50m 标高格网的关系求出平均最大水深, 然后计算出最大地面坡度, 从而确定出各种一般资产的损失率, 乘以该处的资产值就得到了相应的损失值。总的一般资产值的洪水灾害损失评估结果见图 4。

随着社会的发展, 城市化进程加剧, 在防灾减灾、公共设施规划中格网统计数据的应用越来越广泛。对于格网系统, 日本早在 20 世纪 70 年代初就已建立, 我国在 80 年代中期也开始建立有关标准<sup>[4]</sup>, 不过从目前格网统计数据的应用情况来看, 其数据种类以及共享程度还有待提高, 格网统计数据

的进一步完善。

### 参考文献

[1] 万庆. 洪水灾害系统分析与评估. 北京: 科学出版社, 1999.

[2] 傅湘. 防洪减灾中的风险管理研究. 武汉水利电力大学博士论文, 1999.

[3] 黄诗峰, 周成虎, 万庆等. 洪水灾害风险评价初析. 地理研究, 1998, (增刊): 71~78.

[4] 何建邦, 赵挥, 李伯衡等. 我国资源与环境信息系统国家规范和标准的研究状况. 中国科学院地理研究所资源与环境信息系统实验室, 资源与环境信息系统实验室年报, 1986~1987: 104~107.

[5] 数值地图ユーザーズガイド. 国土地理院の数値地図利用手引書. (財)日本地図・センター. 1994.

[6] 川池健司. 都市における氾濫解析法とその耐水性評価への応用に関する研究. 京都大学博士学位論文, 2001.

[7] Zhang Jiquan. Distributed Risk Assessment-based Stochastic Optimization of Integrated Flood Risk Management Measures in Urbanized Floodplain. Interim Research Report of the Division of Integrated Management for Disaster Risk, DPR I, Kyoto University, 2002.

[8] Statistic Bureau & Statistics Center, Ministry of Public Management Home Affairs Posts and Telecommunications, <http://www.stat.go.jp>

[9] ESR I Japan, <http://www.esrij.com>

[10] Geographical Survey Institute of Japan, <http://www.gsi.go.jp>

## The Method of Flood Disaster Risk Evaluation Based Upon Data of Grid Square

ZHANG Chao<sup>1</sup> WAN Qing<sup>1</sup> ZHANG Jiquan<sup>2,3</sup> Norio Okada<sup>2</sup> LI Huiguo<sup>1</sup>

(1 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101)

(2 The Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Japan)

(3 Department of Urban and Environmental Sciences, Northeast Normal University of China)

**Abstract** In this paper the flood inundation caused by the Tokai heavy rainfall in Sept. 2000 in the district of Nagoya City of Japan is used as a case of study. Firstly, the history and structure of grid square statistical data in Japan is reviewed in detail, and the methods of creating these grid squares of different

levels automatically are developed using geographical information system technique. And then based on the theory of two dimensional shallow flow hydrodynamics, the numeric model is developed which is used to stimulate flood inundation after dike broken of Shin River.

Through integrating the GIS and hydrodynamic model, the values of velocity and depth in each 50m mesh are calculated at different time intervals. These factors can be used as the flood risk indicator in practice and are very useful for decision making in the emergency period. Then the three dimensional visualization of the inundation process is finished. Also the exposure value of different properties are evaluated in each 500m mesh. And then the economic losses caused by flood disaster are evaluated.

The results will be beneficial to evaluate the risk of every place in the flood plain and determine the insurance rate in the future because it can provide the common standard which is based on the same kinds of mesh. Also it provides an example which will be helpful to using the grid square statistical data in the other study fields such as urban planning and disaster reducing.

**Keywords** Grid square, the risk of flood disaster, Geographic information system, Japan, Tokai heavy rainfall