

# 急勾配地形を有する場における洪水氾濫の 数値解析

NUMERICAL SIMULATION OF FLOODING IN AREA WITH STEEP SLOPE

張 馳<sup>1</sup>・岩堀 康希<sup>2</sup>・阿部 真郎<sup>2</sup>・登坂 博行<sup>3</sup>

By Chi ZHANG and Yasunori IWAHORI and Shinro ABE and Hiroyuki TOSAKA

<sup>1</sup>正会員 奥山ボーリング株式会社 (〒013-0046 秋田県横手市神明町10番39号)

<sup>2</sup> 奥山ボーリング株式会社 (〒013-0046 秋田県横手市神明町10番39号)

<sup>3</sup>正会員 工博 東京大学工学部 (〒113-8654 文京区本郷7-3-1)

This paper presents a numerical simulation method for improving precision and efficiency of flood prediction. Conventional method based on staggered leap-frog approach for two-dimension flood flows often encounters serious mass conservation error due to minus water depth during flood calculation. To avoid it, the authors introduce a method of modifying outflow rate from a mesh to preserve mass conservation at any time of calculation. It enables us to use larger time steps in calculation than those used in the conventional method, so that significant time saving for prediction without losing accuracy might be attained. The proposed method is validated by comparing with the experimental results, through the examinations on the sensitivity of time step sizes, mass conservation errors and reproducibility. In addition, the Joganji flood which took place in Japan in 1851 is used to check performance of the method for a large field problem including steep slopes. The results show us that the proposed method can perform stable calculation with large time steps without mass conservation errors, while the conventional method fails.

*Key Words : numerical simulation, flooding, steep slope, mass conservations*

## 1. はじめに

一般の洪水災害は大河川の下流域の低平地で発生することが多い。山腹崩壊によって形成された天然ダムの決壊が土石流・洪水流を発生させ、河川の上流～中流域で大規模な水害の原因となる場合がある。1858年4月9日の飛越地震時には常願寺川の源流部である湯川の左岸斜面で「鳶崩れ」と呼ばれる大規模崩壊が発生し、天然ダムが形成された。この天然ダムは14日後と59日後に決壊して大規模な土石流や洪水流を引き起こした<sup>1)</sup>。1889年の十津川災害においては53個もの自然ダムが形成され、その約70%が1日以内に決壊し、災害を激化させたものと考えられている<sup>2)</sup>。1983年の有田川災害においても有田川流域内の北寺、金剛寺地先など16ヶ所で大規模な地すべり性崩壊による天然ダムが形成された。このうち、北寺など大部分のものは洪水中に直ちに決壊したが、金剛寺および二川の2ヶ所のものは残存し、約2ヶ月後の13号台風に伴う洪水によって決壊した。特に金剛寺の天然ダムは湛水深65m、湛水量 $1.7 \times 10^7 \text{ m}^3$ という巨大なもので、決壊によって下流域に波高5-7mの段波を流下させた<sup>2)</sup>。この

ような洪水の特徴として、氾濫区域のほとんどが急勾配を有する場であるために洪水流のピーク流量や流速が大きいこと、また一旦発生した場合には避難が間にあわず莫大な災害になりやすいことがあげられる。現在では計算機の発達により氾濫水についてある程度の数値予測が可能になってきている。これまでの氾濫解析法はほとんどが氾濫水の挙動を浅水方程式で表現する岩佐ら<sup>3)</sup>のモデルを用いた陽的差分法の非定常数値解析が使用されている。氾濫の非定常数値解析を安定に行うためには浅水長波方程式に対するC.F.L条件を考慮する必要がある。しかし、C.F.L条件を満足しても、氾濫計算では水量の連続性に問題が生じることなどが報告されている<sup>3)</sup>。前述したような洪水氾濫災害は勾配が急峻で地形が大きく変化する区域で発生し、洪水流の速度が速く、深度が急速に変化する。こうした場合、解析には時間ステップが大きいと負の水深となりやすく水量の連続性が悪くなり、質量が保存されない。また、それによる計算が発散するという問題も出てくる。そのため、負の水深が生じないように時間ステップをかなり小さく設定する必要がある。広範囲で長時間の洪水氾濫の数値計算を行う場合、計算容量が多くなり、市販パソコンの処理能力では時間的に