

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 羅 強

本論文は「A Distributed Water Balance Model in Large-scale Complex Watershed (LCW) and Its Application to the Kanto Region (大規模複雑流域における分布型水収支モデルの開発及び関東地方への適用)」と題し、水収支に関する流域管理支援システムを構築したものである。流域に関わる情報は近年精力的に数値化が進められているので、これらを河川管理に直接用いることが出来る技術体系が求められており、本論文はそれに応える一つの例である。

流域の管理のためには様々な場所での情報が連続的に得られる分布型の取り扱いが望ましい。しかし、物理的な分布型流域水収支解析法は未だ種々の困難に直面しており、1) 流域の物理的係数の非均質性、2) 水平に近い大きな平野での水の挙動判定、3) 人間活動による変形の結果、などを数学的模擬手法の上でどのように処理すればよいかの一般論は得られていない。本研究では、関東地方全域を念頭に置き、流域開発の歴史、人間活動の影響により複雑な様相を呈している流域に対する適切な方式を構築した。全体系は、河道網構築法、浸透量予測法、蒸発散予測法、地下水予測法、地表水流出法より成り立っている。

河道網の構築に当たっては、基本的に数値地形情報を活用するが、平坦な地域と人間活動により変更が加わった地域ではこれのみでは不足である。地形図を併用し、地理情報システム上で正しい河道網と流域界を作成する方式を採用している。また河道網構造としては格子による線形の、自由順序木構造を導入し、ベクトル化に成功している。これにより記憶容量を節約でき、大規模な流域を分布型解析法で取り扱うことを可能にした。

浸透過程の数式表現としては Green-Ampt モデルが一般的に用いられる。2層の Green-Ampt モデルを考えるとときには、上層の水理浸透係数が下層のそれより大きいことが必要である。しかし、関東平野の土壤はこの条件を満足していないので、修正法を考案している。本研究における蒸発散予測法においては、参照作物蒸発散または潜在蒸発散をエネルギー収支法と空気力学的方法を合成することにより計算している。土壤水補給が十分なときには、参照作物蒸発散に作物係数を乗ずるか、潜在蒸発散に土壤係数を乗じて計算される。土壤水補給が不足する場合には、実際の蒸発散は土壤水の補給量によって定まる。気象資料の内挿法には、逆距離加重法が用いられた。

関東地方では全域にわたる水理浸透係数の観測値は揃っていないので、知ることが出来ない。地下水の数値計算を行うためには、全域にわたる係数値が必要であるので、逆解法によりこれを推定する手法を開発した。現地における観測値には誤差が含まれているため、逆解法では不良問題を解決する必要がある。

本論文では非最適化手法を逆問題に導入し、大規模流域の逆問題を現実的な計算時間内で解くことが出来る新しい手法を提案した。このようにして推定された地盤水理係数を用いて、数値模擬実験が行われ、河川水と地下水との交換量および地下水位の予測が行われた。

地表水流出過程を追跡するために、河道のみを対象とする格子点を作成すると、洪水時に陸域に氾濫し、また河道水位が低下したときにそれが戻る過程を計算することが困難である。本論文では陸域流出と河道流出を同じ物理体系で扱うことで、この問題を解決している。すなわち、陸域格子点と河道格子点を区別せずに、流域一般格子点法を考案した。これにより、河道格子点は陸域格子点の境界とはならず、支配方程式により河道流出と陸域流出を一体的に追跡できる。この流域一般格子点によれば、河道格子点と陸域格子点の間の質量交換のみでなく、運動量交換も計算できる。例えば、河道と氾濫源との間の付加的な剪断力などについても経験的な公式を与える必要はなく、定式化の中で自動的に考慮されて行くことになる。地表水流出計算では、二次元の拡散波方程式を基礎方程式として採用している。計算過程においては、都市域の舗装、下水道、灌漑排水網の効果を考慮している。この流出モデルは、久慈川の観測資料により検定をした後に、利根川流域に適用され、豊水年、渇水年、普通年の流域水収支を明らかにした。

本論文は水収支に関する流域管理支援システムを構築したものである。これにより流域管理の基礎が築かれたと言える。以上要するに、本論文で得られた成果は河川計画の課題に対して有力な解決手法を与えるものであり、河川工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。