

氏 名	Shin 申	Sha 士	Chui 澈
授 与 学 位	博 士 (工 学)		
学位授与年月日	平成 8 年 3 月 26 日		
学位授与の根拠法規	学位規則第 4 条第 1 項		
研究科, 専攻の名称	東北大学大学院工学研究科 (博士課程) 土木工学専攻		
学 位 論 文 題 目	植生観測による水文学の分布特性の評価および水収支に関する研究		
指 導 教 官	東北大学教授 澤本 正樹		
論 文 審 査 委 員	東北大学教授	澤本 正樹	東北大学教授 首藤 伸夫 東北大学教授 須藤 隆一

論 文 内 容 要 旨

地球環境の議論が一つの契機となり、水文学も空間スケールからみてより広域的な問題を扱う例が多くなってきた。このような研究の進展には、一つには人工衛星という宇宙から地球の表情をとらえるテクノロジーが充実してきたこと、もう一つには研究分野の横断化によって、対象とする空間スケールが多様化してきたことによると考えられる。

水収支の構成要素の定量的な特性やその分布を把握することは水文学の基本概念であり、水資源の賦存量やその変動性を正確に評価することにより、水資源の利用・保全・管理に科学的根拠を与えることである。しかし、水の挙動は時々刻々変化しており、この循環過程を定量的に把握することは極めて難しい問題である。また、人類文明の発達による水需要の増大のため、人間の活動が水循環過程に及ぼす影響も少なくない。

本研究で主に対象としている韓国の河川は日本の河川と大陸河川のほぼ中間の様相を示し、中規模の流域面積を持っている。年平均降水量は約1,200mmで日本の約75%にすぎないが、大部分が雨期に偏在するため、季節によるアンバランスが著しい。このような特性のため、河川での平水流量と渇水流量は非常に小さく、洪水流量は非常に大きくなっており、年間河川流量の変動が激しいことから、水資源開発や保全に難しい点が多い。このような状況下で水文学の空間的な分布を把握することは非常に重要な問題である。

本研究では、人工衛星リモートセンシング手法から比較的簡単に得られる植生指標NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) を水文解析に応用することを目標とする。植生の状態はそれ自身人類にとって関心のあるものであるが、気候変動との関係で、植物の水収支・熱収支への影響、また長期間には光合成活性から大気中のCO₂濃度への影響という立場から関心が向けられる。

植生状態を把握するため、人工衛星リモートセンシングは定時的に広域を観測するのに優れているため非常に有効である。人工衛星は広範囲を経時的に観測するのに適しており、様々なセンサが積み込まれ、様々な観測が行われている。植物の活性度は可視域、近赤外域の波長帯においてよく検出され、NDVIはNOAA/AVHRRデータのチャンネル1と2の算術演算によって得られる。このNDVIは流域内の蒸発散量や流出問題などの水文過程において支配的な役割を果たしていると考えられる。

最近、リモートセンシングや地理情報システムの発達に伴い、降雨流出問題においても、入力や出力の分散情報としての要求が高まってきた。その場合、流域の植生環境はその流域の斜面の地形特性や土地利用に関して非常に重要な情報の一つである。

また、種々の水収支の中で、蒸発散は地表から水分が気化されて大気中に放出される現象として特定の地域の水収支を考える上で重要な量であるにもかかわらず、その広域の分布量を地表面の状況を直接考慮して算定する方法は確立されていない。そのため、これまでは、水収支やエネルギー収支による算定が広く行われてきた。しかし、地点蒸発散を求める方法では広域面での蒸発散量やその空間的な分布などの推定は困難である。近年は、微気象観測と精密な熱収支モデルによる推定や、それにリモートセンシングを組み合わせたスケールアップが試みられているが、これらの手法も多くの測定点や多くのパラメータの同定が必要であり、より広域に拡張するためには難しい点が多い。しかも、地上の気象情報が入手できない地域が含まれている韓半島の場合、多くの気象情報が必要となる方法は適切ではない。

それで、本研究では、短期水文解析のために韓国のある小さい流域を試験流域と決め、分布型流出モデルによる流出解析の際、入力となる流出率と粗度係数を従来の流域全体に一定と仮定することに対し、ある地点の地形特性と土地利用の変化を考慮するため、これらの値として植生状態などを変数とした分布情報を与える分布型流出モデルについて検討を行う。また、長期水文解析のため、衛星データだけを使った広域陸面での蒸発散量を容易に把握できる方法について検討を行う。これは、蒸発散量とその地点の植生状態が気候的に密接な関係があり、これらの間に強い相関があるという観点からである。その結果として、韓半島を事例として水循環を構成している水文システムの入出力や貯留量変化を含む水収支の空間分布の定量的な評価が可能となり、水資源問題だけでなく現在議論されている地球環境問題において、気候変化や土地利用変化などが水収支に与える影響を評価する際に必須不可欠なデータを提供することを目的とする。

本論文は次の6章から成っている。

第1章 序論 では本論文の背景、目的および既往の研究について述べた

第2章 韓半島の流域特性および地覆分類 では韓半島の代表的10大流域の特色を示し、水収支解析の第一段階として、韓半島に対する植生観測を通じて地覆分類を行う。植生量や活性度を知るための指標としてNDVIを用い、地覆条件ごとに植生環境やその季節変化が異なる特性から広域地域における概略的な分類方法について述べている。本手法は、用途によるカテゴリーを容易に分類することや地理情報が得られない地域で人工衛星データだけを使った概略的な分類などに非常に有効である。また、この結果は、現在論議されている地球環境問題や水循環の問題などのように広域面を対象とする解析の基礎資料として十分利用可能である。

第3章 広域蒸発散分布の推定 では広域面を対象とする蒸発散量とその空間分布を推定する方法について述べる。水循環過程においても蒸発散は降水とともに地表面の乾湿を決める重要な因子である。蒸発散は大気中における水蒸気の移動現象であるため、実蒸発散量を求めることは現在の時点では不可能である。近年、衛星リモートセンシングによる広域蒸発散量の推定がいくつか試みられているが、気象情報などの地上データを組み合わせたものが多く、地上データが得られない地域における適用は難しい。それで、本章では衛星データだけを使って広域陸面での蒸発散量を容易に把握できる方法の開発を目標としている。

韓半島はその大部分が森林に覆われているため、植生を変数とする蒸発散分布の推定法は非常に有効である。それで、植生条件と蒸発散とは気候条件などの密接な関係があることに着目し、NDVIと蒸発散量との関係を求めている。その関係を地上データが得られる韓国の試験流域で植種や地覆別に決定し、それを拡張して広域の蒸発散分布を求める。この方法ではほとんど地上データが入手できない半島北部も含めて蒸発散分布が推定可能となっている。

第4章 小流域での短期水収支解析 では小流域での短期水文解析を目標として、短期間の洪水時における水収支の分布や水収支について検討を行う。短期間の豪雨による洪水時において、ある流域での水循環機構の定量的な空間分布の解析は利水と治水および防災工学的な面で非常に重要な問題である。近年、流域の開発、土地利用形態の変化に伴い水収支構成要素の特性がどう変わるか、を推測することは急務な課題とされているが、それを正確に評価することはきわめて難しい問題である。

降雨流出解析にはkinematic wave理論を利用した分布形流出モデルを用いて流出量の空間分布を求めている。その際、入力である地形特性が流域全体にわたって均一と仮定して、河道網の構造に注目した解析が多いが、本研究では、

流域内の地表面の状況をよく反映している NDVI を導入し、流出率と粗度係数の分布を求め、地形特性との関連について検討を行っている。さらに、降雨量と蒸発散量分布状態を把握し、短期間における水文解析や水収支について述べる。

第5章 広域陸面における水収支の解析 では第3章で求めた蒸発散量の分布情報を用いて広域面での水収支について考察している。流出データが得られない半島北部の流域に関しては韓国の試験流域で得られたパラメータを用い、タンクモデルによって流出量の推定を行う。その結果、主要流域の水収支や気候学的水収支から韓半島全域に対する水収支の定量的な評価が可能になる。また、流域水収支から流域内の貯留量変化を推定し、流域水収支の分布傾向や季節的变化を明らかにする。さらに、得られた蒸発散量と降水量の分布データから流出率の分布を推定している。

第6章 結論 では本研究を通じて得られた結果を要約した。

審査結果の要旨

地球規模環境問題への関心から各種スケールでの水循環の解析が必要となって来ている。しかし、広域を対象とする場合、基本となる地上データが揃っていない地域はきわめて限られている。このような場合、衛星による地上観測が有効である。

本研究は、韓半島を対象として東北大学で直接受信している NOAA/AVHRR を用いた植生観測を行い、さらに、それを利用して水文量の分布を評価する手法を開始するとともに、地上データがほとんど得られない半島北部をも含めた水循環・水収支の特性を論じたものであり、全6章よりなる。

第1章は序論であり、研究の背景を述べるとともに、既往の研究を調べ、本研究の位置づけを明らかにしている。

第2章では、まず、韓半島の代表的10大流域の特色を説明し、次に、衛星データより植生指標 NDVI の分布・年変動を解析し、これを基に水文解析に必要な地覆、すなわち、落葉・常緑樹林帯、水田、都市、その他、の分類が可能であることを示している。これは重要な成果である。

第3章では、衛星データだけを用いた広域の蒸発散量の推定を行っている。韓半島はその大部分が森林に覆われていることから、植生観測を用いた蒸発散推定が非常に有効である。本章では、小試験流域での地上観測水文データを利用し、植生と蒸発散の相関を明確にし、その結果を用いて地上データの全く得られない半島北部をも含めた広域蒸発散分布を明らかにしている。これはきわめて重要な成果である。

第4章では、小流域での短期水文解析を目標として、洪水時の水文量の分布や水収支について検討している。その際、NDVI が地表面の状況をよく反映していることに着目し、それから kinematic wave 法における降雨の流出率、粗度係数の分布を求める方法について検討している。これは興味深い成果である。

第5章では、第3章で求めた蒸発散の分布情報を用いて韓半島全体の水収支を定量的に解析している。データの乏しい半島北部については、近隣の流域のデータを準用し、流出解析を行っている。これらを総合し、韓半島における水収支特性、気候特性を明らかにしている。これらは重要な知見である。

第6章は結論である。

以上要するに、本論文は衛星データを用いた植生観測により各種の水文情報を導く手法を開発し、地上データが十分得られない地域をも含めた水収支解析を可能とするとともに、韓半島を対象として水収支を論じたものであり、水文学ならびに広域の環境学の発展に寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。