

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 29 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24656295

研究課題名(和文) 大気水収支法にGPS可降水量を適用した蒸発散量推定手法の確立

研究課題名(英文) Estimating evapotranspiration by atmospheric water budget method using GPS precipitable water vapor

研究代表者

萬 和明(yorozu, kazuaki)

京都大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：90554212

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：蒸発散の推定値を出来る限り観測値をベースに作成することを目的として、大気水収支法をGPS可降水量に適用し蒸発散量の推定可能性について検討した。まず、水蒸気の水平移流を移流モデルで表現できるか、その適用可能性について検討した。空間方向約20km間隔、時間間隔3時間のGPS可降水量を、GPS観測及び気象観測に基づいて推定した。様々な空間間隔で移流ベクトルを算出したところ、100km程度の空間間隔であれば適切な移流ベクトルを推定出来ることが示された。移流モデルから推定された蒸発散量は明確な日周変化を有しており、蒸発散量の推定可能性を示すものと考えられる。

研究成果の概要(英文)：An applicability of atmospheric water budget method using GPS precipitable water vapor was deeply examined for estimating evapotranspiration. This approach is an evapotranspiration estimation method using observation as possible. In this study, whether an advection model could describe a horizontal advection to water vapor was investigated. GPS precipitable water vapor was used with ~20km spatial interval and 3-hour time interval. It was assumed that it is possible to estimate advection vector when 100km spatial interval was applied. Moreover, estimated evapotranspiration by proposed method showed diurnal cycle. This may suggest an applicability of proposed method to estimate evapotranspiration.

研究分野：水文学

キーワード：GPS可降水量 蒸発散量 移流モデル

1. 研究開始当初の背景

(1)近年世界各地で洪水・渇水被害が頻発しており、我々は解決すべき様々な水問題に直面していると痛感させられる。喫緊の水問題の対応には地球規模での水循環の理解が不可欠であり、近年の研究成果から蒸発散などの地表面状態が降水の規模や分布に影響することが指摘されている。申請者らも地表面の水・熱収支を物理的に表現する地表面水文モデルを用いて土壤水分の全球分布を推定し、その精度評価と蒸発散に与える影響に言及している。

(2)蒸発散の精度よい観測には技術的困難さや測器設置の制約条件があり、蒸発散の観測地点は全球あわせても 1,000 点以下である。降水観測点の 20,000 点と比較するとその少なさは明白である。蒸発散を間接的に推定する手法もあるが、空間スケールが 100km 以上となるため、現地観測とのスケールギャップが大きく両者を補完して扱うことはできない。このように、蒸発散は水循環の重要な要素であるにも関わらず利用できる観測値が少なく、蒸発散の時空間分析やモデル検証の障壁となっており、多くの研究者を悩ませている。

2. 研究の目的

喫緊の水問題の対応には地球規模での水循環の理解が不可欠であり、蒸発散などの地表面状態が降水の規模や分布に影響することが指摘されている。しかしながら、蒸発散は水循環の重要な要素であるにも関わらず利用できる観測値が少なく、蒸発散の時空間分析やモデル検証の障壁となっており、多くの研究者を悩ませている。

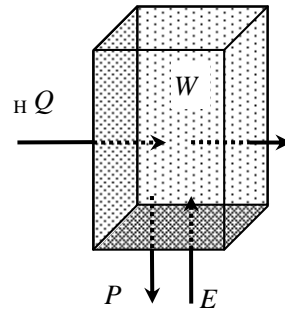
そこで、本研究では、出来る限り観測値をベースに蒸発散量を、モデル検証にも耐えうる時空間間隔で推定する手法を確立することを目指す。

具体的には、大気水収支法を GPS 可降水量に適用し、数日かつ 20km 間隔の蒸発散量の推定手法を確立することを目的とする。推定された蒸発散量を用いることで、蒸発散量の時空間分布に関する新たな知見が得られること、数値モデルによる蒸発散量推定精度の向上、ひいては渇水予測・分析や長期の洪水氾濫解析の精度向上が見込まれる。

3. 研究の方法

(1) 大気水収支法を GPS 可降水量に適用した蒸発散量の推定手法を提案する。まず GPS 可降水量の水平移流量を移流モデルで表現できるか、その適用可能性を検討する。

蒸発散量を推定する手法のひとつに大気水収支法がある(図 1 参照)。地表面のある領域を底辺とする大気柱について水収支を考えると、蒸発散量は降水量と大気柱内の水分量変化(増分を正)および大気柱の側面全体からの移流量(増分を正)の和で表現される。



P :降水量

E :蒸発散量

W :大気柱の水分量

$H Q$:大気柱の側面全体からの移流量

図 1 : 大気水収支法の概念図

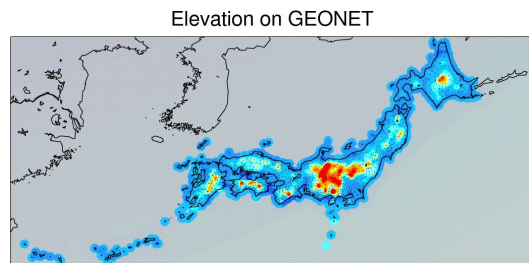


図 2 : GEONET の観測地点の分布図。シェイドは各地点の標高を表す。

ゆえに、大気水収支法の適用においては、大気中の水分の時間変化と水平移流を推定するために降水、比湿と風速の 3 次元分布が必要である。一般には、気象モデルの出力を観測値と合うように補正した客観解析値の降水量・比湿・風速が用いられることが多いが、客観解析値は山地において特に誤差が大きく蒸発散量の推定には注意が必要とされている。

そこで本研究では大気柱内の水分量変化には GPS 可降水量の時間変化を用い、大気柱の側面全体からの移流量移流モデルを適用して GPS 可降水量の水平移流成分から求める。GPS 可降水量を用いるというアイデアにより、比湿と風速の 3 次元値が不要となり、使用する変数に含まれる誤差を減じることができる。加えて降水量には観測値をベースにした信頼性の高い雨量データであるレーダ解析雨量や APHRO-JP を使用しさらなる誤差軽減を図る。

(2) 地上に設置された GPS (Global Positioning System) 受信機が GPS 衛星が

ら受け取る電波には、大気による影響を受け真空中と比べ見かけ上伝搬距離が伸びたように見える大気遅延の効果が含まれる。この大気遅延と地上気圧、気温および可降水量との物理的な関係から推定されるのが GPS 可降水量である。

GPS 可降水量の推定精度は RMS 偏差で 2mm 以下であるとされているが、蒸発散量の大きさは多く見積もっても 0.5mm/hour である。したがって、求める値よりも用いる変数の誤差の方が大きく、何の工夫もなく蒸発散量を推定することは困難である。そこで、ある一定期間の積算により蒸発散量を推定することにする。本研究課題の目的はモデル検証に耐えうる蒸発散量の推定であり、大気水収支法を用いた蒸発散推定の時間間隔が 1 ヶ月であることをふまえ、1 ヶ月間隔以下の蒸発散量推定に取り組むこととする。

国土地理院の GEONET (GPS 連続観測システム) では日本全国で約 1,200 箇所に設置された電子基準点観測データを 30 秒間隔で提供している(図 2 参照)。GPS 観測点での気圧と気温に地上気象観測所(1 分間隔)あるいは AMeDAS(10 分間隔)データを時間内挿して前述の関係を利用すれば、30 秒間隔の GPS 可降水量がおおよそ 20km 間隔で得られる。

(3) 大気水収支法における、大気柱の側面全体からの水分移流量は、GPS 可降水量に移流モデルを適用して推定する。移流モデルを用いて GPS 可降水量の水平移流量を推定することが本研究における萌芽的アイデアである。この萌芽的アイデアにより、大気水収支法の適用に比湿および風速の値が不要となる。

移流モデルは、ある物理量の空間分布が時間経過とともに変化する様子を、移流ベクトルによる移流と乱れの項で表現する数値モデルである。本研究ではこの移流モデルを元に、GPS 可降水量の空間分布を、移流ベクトルによる移流と乱れの項で表現するモデルを開発し、改良しつつ使用する。移流ベクトルと乱れの項は位置座標の 1 次式で近似し、1 次式中の係数は時々刻々と得られる GPS 可降水量分布から推定する。

可降水量の移流ベクトルが推定されれば、大気のある鉛直断面を単位時間あたりに通過する水分量の鉛直積算値が求められる。したがって、GPS 可降水量のみを用いて、大気柱の水分量と移動量を求めることができ、GPS 可降水量を大気水収支法に活用することができるようになる。

4. 研究成果

(1) GPS 可降水量の推定値を求めデータベース化した。推定された GPS 可降水量を移流モデルに適用し、GPS 可降水量の水平移流量を移流モデルで表現することができるかどうか検討した。

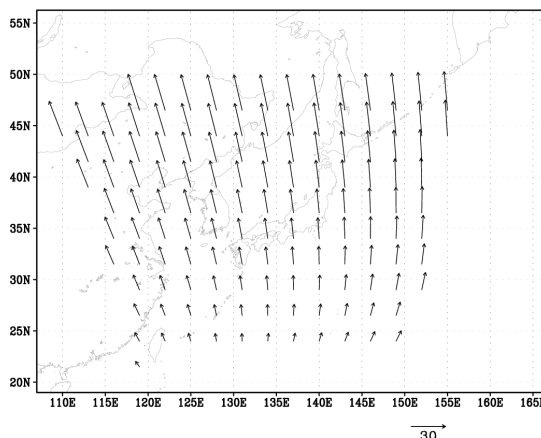


図 3：推定した移流ベクトルの 2010 年 8 月の事例。移流ベクトルは 100km 格子間隔で推定し、10 格子あたり 1 つの移流ベクトルを图示している。

国土地理院の電子基準点データ提供サービスから対流圏遅延量、AMeDAS の気象観測値から気圧と気温の観測値をそれぞれ取得し、可降水量を推定した。推定した可降水量は、空間方向約 20km 間隔、時間方向 3 時間間隔である。

推定した GPS 可降水量の時間変化を移流モデルで表現可能かどうか検討した。本研究では、移流成分を位置座標の 1 次式で近似する移流ベクトルと乱れの項で表現する移流モデルを構築し、GPS 可降水量に適用した。移流モデルの 1 次式中の係数は時々刻々と得られる GPS 可降水量分布から推定した。

(2) 移流モデルでは、格子を超える物理量の移動は表現できない。GPS 可降水量推定値が持つ時空間間隔は 3 時間 20 km である。通常、水蒸気は 3 時間で 20km 以上移流すると考えられる。そこで、可降水量データを 20 km からアップスケールしながら、200km 程度までさまざまな空間間隔を試しながら移流ベクトルを求めた。

その結果、100km 以上の空間間隔であれば、移流ベクトルを適切に求められることがわかった(図 3 参照)。しかし、格子間隔を 100 km としたときに、移流モデルによって推定される 3 時間単位の可降水量の水平移流は、実測値と比較して蒸発散量を推定するにあたって無視できない程度の誤差が存在した。したがって、水蒸気量の水平移流量を移流モデルによって推定することは困難であることが示唆された。これは研究計画時から想定していたことであり、本研究課題では、移流モデル自体の改良や、移流モデル自体の適切な適用方法を試行錯誤しながら有効な対策を模索した。しかしながら、本研究課題の実施期間中には具体的な解決策を提案するには至らなかった。

研究者番号：90554212

(3)空間間隔を 100 kmに設定した移流モデルに GPS 可降水量を適用して推定された蒸発散量は、実測値と比較して大きな誤差を有していたが、明確な日周変化を有していた。これは、移流モデルを用いた蒸発散量の推定可能性を示すものと考えられる。以上のことから、大気水収支法を GPS 可降水量に適用し、蒸発散量を推定する基礎的手法が提案できたと思われる。

(2)研究分担者
該当なし

(3)連携研究者
該当なし

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 2 件)

萬和明, 粟津浩介, Sunmin KIM, 立川康人, 椎葉充晴: 衛星観測と数値気象モデルを用いた水田が積雲形成に与える影響の分析, 水文・水資源学会 2013 年研究発表会, 平成 25 年 9 月 26 日, 神戸市.

萬和明, 粟津浩介, Sunmin KIM, 立川康人, 椎葉充晴: 衛星画像解析と気象数値実験による水田が積雲形成に与える影響の分析, 平成 25 年度土木学会全国大会第 68 回年次学術講演会, 平成 25 年 9 月 4 日, 習志野市.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

萬 和明 (YOROZU, Kazuaki)

京都大学・大学院工学(系)研究科・助教