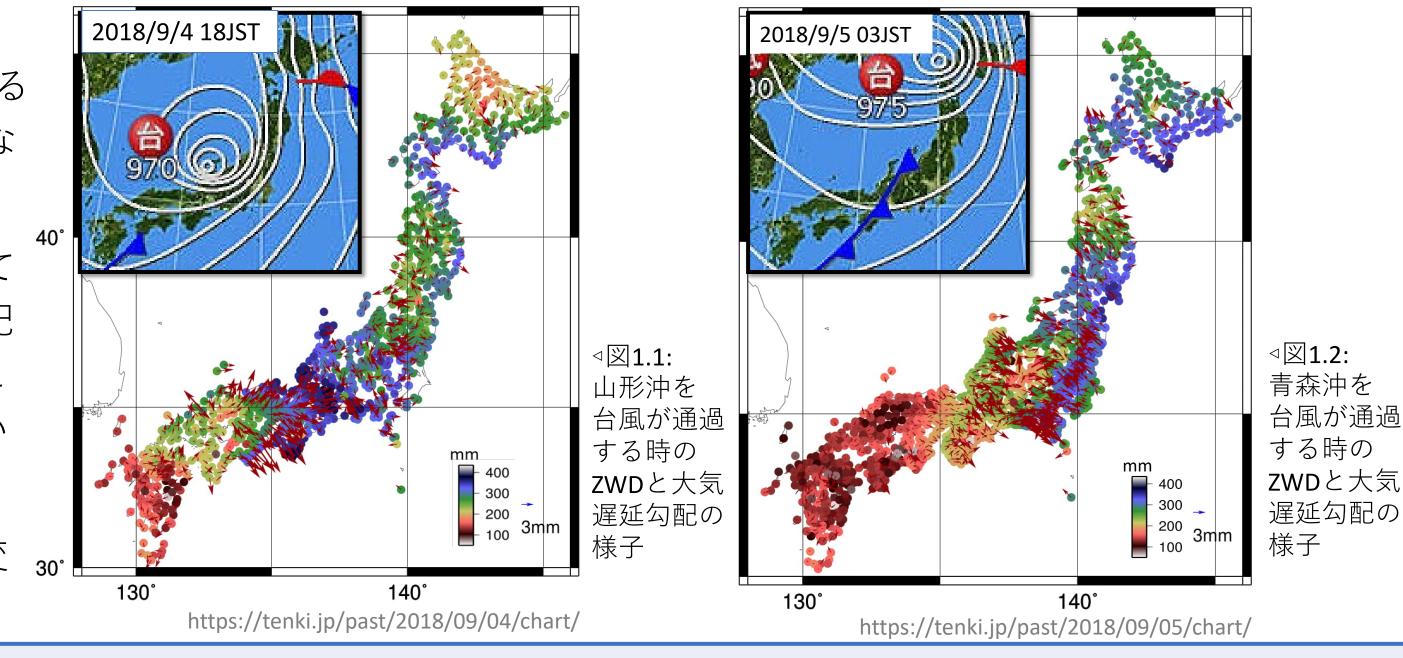
台風の測地学的研究:大気中の水蒸気分布および荷重による地殻変動宇宙測地学研究室4年吉田美月

1. はじめに

GNSS(Global Navigation Satellite System)は人工衛星と地上の観測局との通信によって地殻変動を観測するシステムで、国内では約1300点で観測が行われている。GNSSは観測の際に大気中の水蒸気や電子数など様々な情報が得られることから、現在その用途は多岐にわたる。

例えばGNSS気象学では、マイクロ波の遅延量から大気中の水蒸気量を推定し、気象予報に利用している。ここで主に使われる値は大気中の水蒸気量を反映するZTDやZTDの空間勾配を表す大気遅延勾配などである。これらの値は水蒸気の水平分布をよく表し、連続観測によって水蒸気の挙動を調べることができる。本研究の前半ではこれらの値を用いて台風時の水蒸気観測や降水予測との関連性について議論した。

一方、本研究の後半では台風通過時の強い降雨に着目し、降雨による荷重変化が引き起こす地殻変 ₃₀ 動をGNSSデータを用いて解析した。このポスターではその結果について示す。



2. 使用データ

地殻変動の解析は2019年台風19号の上陸前後について行い、国土地理院が発表するF3解を利用した。F3解はUTで24時間毎に以下の環境で解析される(小谷他,2009、中川他,2009)。

- ・解析ソフトウェア:①GAMIT/GLOBK10.6 ②Bernese5.2*1 *1:①は固定点解析、②は定常解析
- •解析方法:相対測位
- ・マッピング関数:GMF
- ・基準座標系:ITRF2005

今回はF3解の中から局位置に関するデータのみを利用し、東西、南北、上下の3成分のうち鉛直成分に着目して局位置の変化を調べた。また、台風通過前後で全国的に明瞭な系統誤差(図2.1)が見られたため、ヘルマート変換を用いた以下の手順で補正を行った。

- 1. 全国100局のGNSS観測局のデータを用いて変位の平均を求める
- 2. 求めた変位の平均から、ヘルマート変換に用いる水平成分3つ、回転成分3つ、スケール変化1つのパラメータを求める。
- 3. パラメータを用いて全国の局のデータを補正する

鉛直成分はノイズが大きいためノイズ除去を目的として平滑化を行った。標準偏差を15kmとした ガウス関数に局間の距離を入れた値で全国のデータに重み付けし、加重平均を取った。

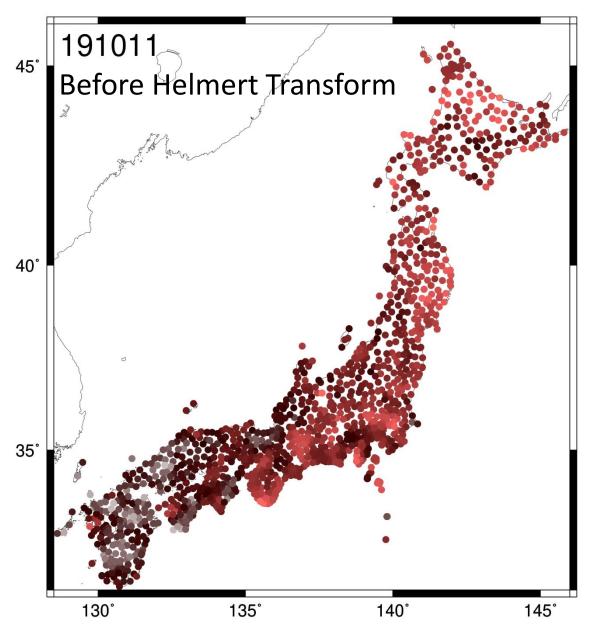


図2.2:図2.1の系統誤差除去後。全国的な大きな 変位はみられない。

After Helmert Transform

図2.1:系統誤差が見られたデータの例。全国で 2~4cmの隆起が起きたことになっている。

3. 解析結果

a.各局での局位置推移の解析

台風上陸前日の10月11日を中心とする前後15日、計31日間の局位置変化を調べた。対象地域には福島、長野、神奈川、静岡、三重の5地域を選び、それぞれの地域で6局ずつデータを利用した(図3.1)。



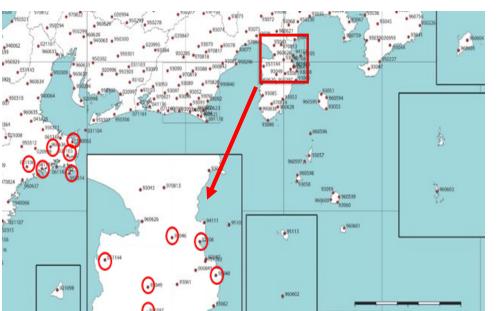
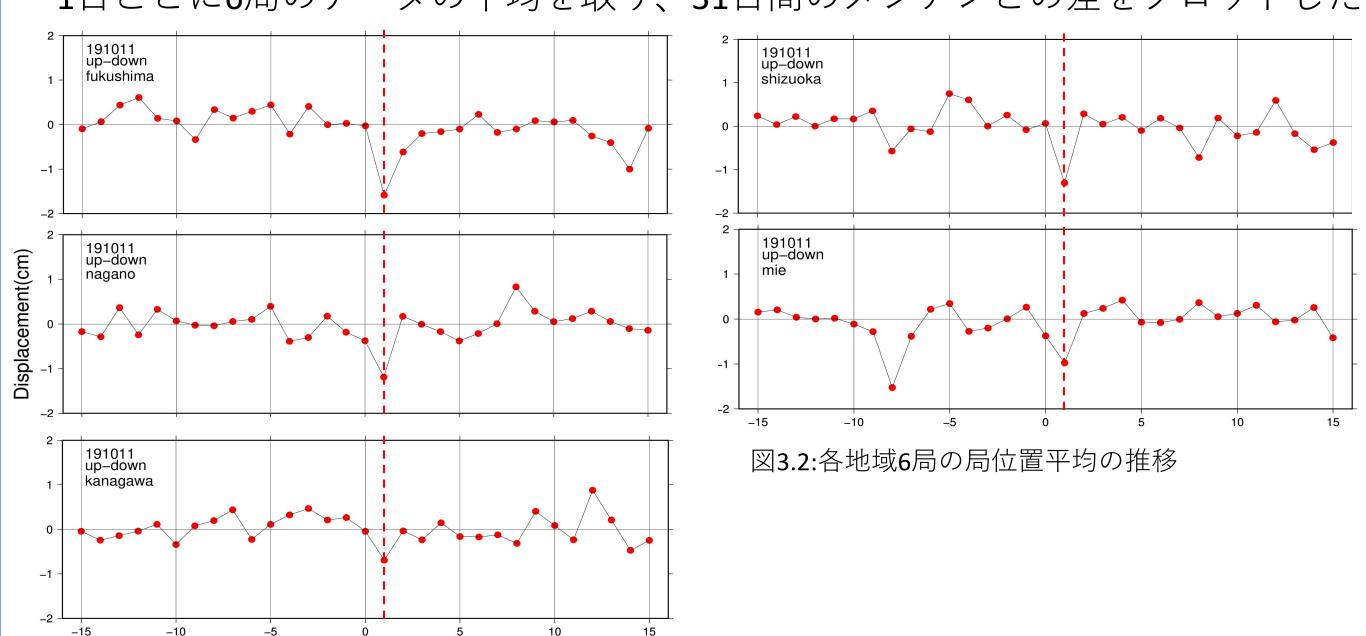


図3.1: 局位置推移の解析に用いた局。 各地域の中で特に降水量が多い 地区から6局を選出した。

1日ごとに6局のデータの平均を取り、31日間のメジアンとの差をプロットした。 (図3.2)。



両地域ともに+1日目で1~2cmの沈降が見える。この沈降は他の3地域でも同様に見られた。また、平均を取る前のデータでは2cm以上の沈降を示す局も見られた。

c.荷重分布モデルとの比較

- 荷重分布モデルを作成して荷重となった陸水貯留量を推定した。

緯度1/4°経度1/6°のブロックごとに陸水貯留量を10cm単位で指定し、荷重グリーン関数にて変形量を計算した。荷重グリーン関数は以下のように表される(瀧口,2006)。

 $L(\theta',\lambda') = \rho \int \int H(\theta',\lambda') GL(\phi) T(\alpha) dS$

θ,λ:荷重位置の余緯度、経度 θ',λ':推定位置の余緯度、経度 ρ:平均密度 H:入力データ(荷重量) GL:Green関数 T:方位角αにおける三角関数

また、荷重分布モデルから地面に含まれる陸水貯留量を推定した。

191012 Loads Model 191012 Calculation 191012 Observation

図3.5:荷重分布モデル(単位:×10cm)とモデルから計算した沈降量、実際の沈降量(単位:cm)。

沈降の見られた地域の陸水貯留量は100~2000mm程度と推定された。福島や伊豆では狭い 範囲に集中的に、長野では広い範囲に水が溜まっていたようである。

また、これらの地域の陸水貯留量は全体で約63km³=63Gtと推定された。

b.全国での局位置変化の解析

aと同様の手法で全国の局についてその変化を調べた。この解析は10月11日から14日までの4日間について行い、メジアンとの差を地図上にカラープロットした。今回は全国の中でも変形の大きかった中部から東北地方の結果について示す(図3.3)。

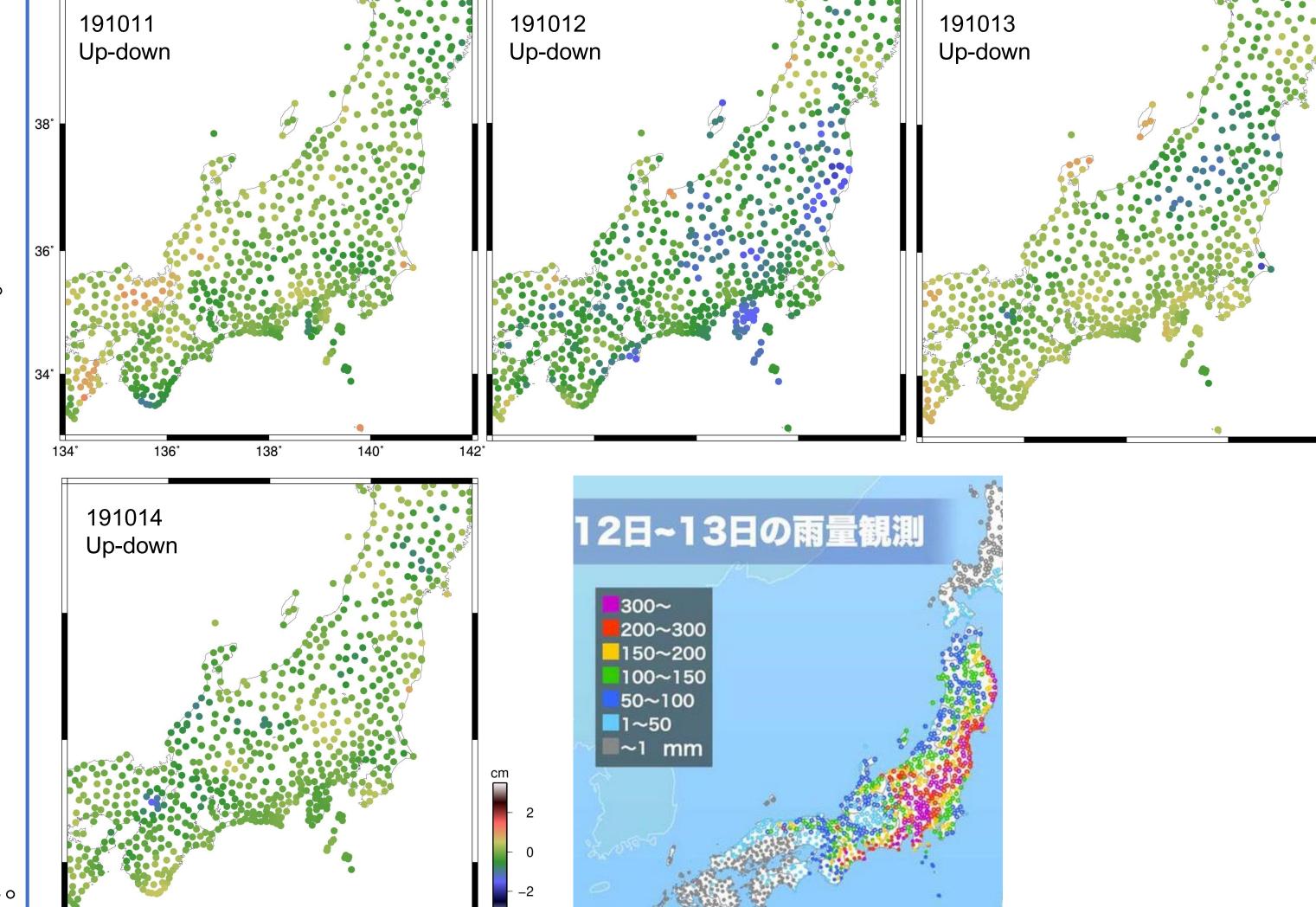


図3.3:2019/10/11~14の全国の局位置変化。 カラーバーの単位はcm。

図3.4:12日~13日の総降水量 (https://article.auone.jp/detail/1/2/2/150_2_r_20191014_1571022841833821)

台風上陸日の10月12日に各地で沈降が観測された。沈降は大きいところで約2cmに達し、豪雨となった地域とおおむね一致した。また、中部から東北で豪雨となったのはちょど10月12日UTの24時間程度である。これらのことから、この沈降は降雨による荷重の増加が原因と考えられる。また、この沈降の多くは翌日13日には回復している。

<u>4. 考察</u>

GNSSデータを用いた地殻変動の解析から、台風による降雨の当日および翌日にかけて沈降が確認された。降水量の多かった地域でより大きな沈降が見られていることから、これは雨水が地表や地中に溜まったことによる荷重変形と考えられる。変形量は鉛直成分で最大約2cmであった。また、沈降量は荷重の大きさに依存すると考え、沈降量をもとに陸水貯留量を推定した。沈降が確認された地域での陸水貯留量は100~2000mmと推定された。台風の通過した10月11日~13日の総降水量は最大でも1000mm程度であったことから、沈降の大きい地域では周囲から水が集積したことが考えられる。

洪水や土砂崩れの対策として陸水貯留量の把握は有用だと考えられるが、土壌水量等を常時全国的に直接観測することはコストや労力の面で現実的ではない。しかしこの手法はGNSSデータさえあれば解析が可能である。また、水文学的な視点を取り入れれば降雨の後の水の挙動をより詳しく解明することができるだろう。

参考文献

- ・小谷京湖, 吉田賢司, 畑中雄樹, 宗包浩志, "GPS 連続観測システム(GEONET)解析固定点座標算出手法について",
- 国土地理院時報, 2009, No.118, Pages 17-21 ・中川弘之, 豊福隆史, 小谷京湖, 宮原伐折羅, 岩下知真子, 川元智司, 畑中雄樹, 宗包浩志, 石本正芳, 湯通堂亨, 石倉信広, 菅原安宏 "GPS 連続観測システム(GEONET)の新しい解析戦略(第4版)による ルーチン解析システムの構築
- について", 国土地理院時報,2009,No.118, Pages 1-8 ・瀧口博士," GPS座標時系列におよぼす地球表層流体の荷重変動影響の補正", 測地学会誌 52(2), 141-154, 2006-06-25