

# GPS を用いた大阪湾上の水蒸気移流推定に関する研究

神戸大学大学院工学研究科 学生会員 ○林 和成  
神戸大学都市安全研究センター 正会員 大石 哲

## 1. はじめに

近年、異常気象による豪雨災害が各地で起きており、気象予測が非常に重要となっている。しかし、現在の気象予測の精度はまだ十分とはいえないものである。一方、豪雨には水蒸気が大きく影響している。近年 GPS を用いて、大気中の水蒸気量を知ることができるとわかり始め、気象の分野では GPS 気象学として広まりつつある。この水蒸気情報を利用すれば、気象予測の精度を向上させることができる可能性がある。本研究は大阪湾上および周辺の GPS 受信機から得られるデータから大阪湾上の水蒸気移流と降水との対応を調査した。

## 2. 大阪湾周辺の GPS 設備

大阪湾周辺には図 1 に示すように高密度かつ高精度な測量網の構築と広域の地殻変動の監視を目的とした、国土交通省国土地理院による GPS 連続観測システム「GEONET (GPS Earth Observation Network System)」が存在する。本研究ではこれらの GPS 受信機とは別に大阪湾上に独自に設置した GPS 受信機 (図 2) も用いて、より多くの点の情報を解析に組み入れることにより詳細な水蒸気情報を取得する。

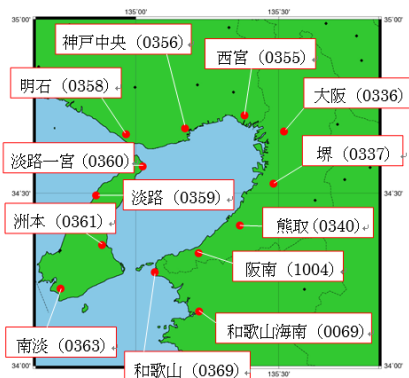


図 1 : 大阪湾周辺の GPS 受信機(GEONET)

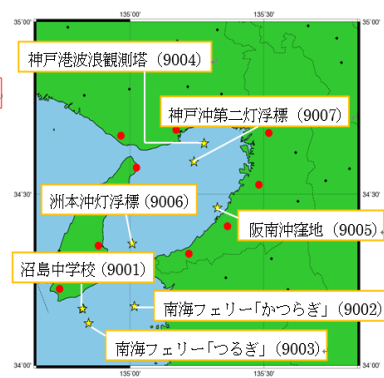


図 2 : 大阪湾上の GPS 受信機

## 3. 解析手法

各 GPS 受信機から得られるデータを解析ソフトウェア RTNet で解析することにより、各地点での ZTD(天頂大気遅延量)が算出できる。ZTD は ZHD(天頂静水圧遅延量)と ZWD(天頂湿潤遅延量)から構成される。ZHD は地上における気圧値が与えられれば、高い精度で計算が可能である。また ZWD からは単位面積の大気の柱に含まれる水蒸気の総量である PWV(可降水量)を推定することができる。つまり ZTD から ZHD を差し引くことにより ZWD を求めることができ、観測地点上空の水蒸気量を求めることができる。この水蒸気量に水蒸気が水平に移動しやすい高度 850hPa の風の方向成分を掛け合わせた水蒸気フラックスを求めることにより、水蒸気の移動を捕らえる。

## 4. 解析の正確性

解析ソフトウェアには RTNet を用いているが、検証のため、日立造船株式会社の解析した値を真値として比較をした。解析パラメーターを特に変えずに 2014 年 8 月 8 日～14 日の期間、堺 (0337) 地点を解析した結果では、RMSE は 0.0271m であり、可降水量にして約 4.07mm の誤差があった。そこで GEONET の受信機に対して、パラメーターを表 1 のように設定し同期間同地点を解析すると RMSE は 0.0046m、可降水量にして約 0.69mm の誤差まで改善した。大阪湾上に設置した GPS 受信機に対しては表 2 のようにパラメーターを設定し、2011 年 2011 年 9 月 1 日～10 月 1 日の期間、洲本沖灯浮標 (9006) 地点の解析を行うと RMSE は 0.0085m、可降水量にして約 1.28mm 誤差であった。精度は十分と判断して、これらのパラメーターを用いて解析を行った。

表 1 GEONET 点の解析パラメーター

パラメーター名	数値 名称
フィルタの種類	Squareroot
搬送波の標準偏差	0.05
対流圏モデル	UNB3M
フィルタを間引く秒	2

表 2 大阪湾上の受信点の解析パラメーター

パラメーター名	数値 名称
フィルタの種類	Squareroot
搬送波の標準偏差	0.01
対流圏モデル	UNB3M
フィルタを間引く秒	1

## 5. 事例と解析の結果

台風 15 号による湿った気流で九州～東海で大雨となった 2011 年 9 月 17 日を中心に解析を行った．解析範囲は図に示す東経 135～135.375 度，北緯 34.3～34.7 度の範囲である．解析に用いる GPS 受信機は表に示す 8 点である．解析範囲に西から及び南から流入する水蒸気量，東へ及び北へ流出する水蒸気量，そして解析範囲内の水蒸気量の増減を算出した．また，時刻ごとに各方向への流出入量から，大きく捉えた場合の全体的な流入方向，流出方向を求めると表 4 に示すような結果が得られる．

表 3 解析に用いる GPS 受信機

名称	GPS番号
熊取	0340
神戸中央	0356
淡路	0359
阪南	1004
神戸港波浪観測塔	9004
阪南沖窪地	9005
洲本沖灯浮標	9006
神戸沖第二灯浮標	9007

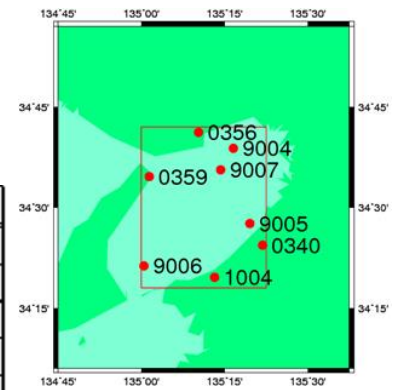


図 3：解析範囲および GPS 受信機の位置

表 4 各時点の水蒸気量

UTC	西からの流入量	東への流出量	南からの流入量	北への流出量	解析範囲の水蒸気の収支	流入方向	流出方向
16日12時	-1.7	-1.1	2.8	2.3	-0.2	南東	北西
16日15時	-0.5	-0.1	3.6	3.6	-0.3	南	北西
16日18時	0.2	0.2	3.8	3.6	0.1	南	北
16日21時	-0.2	0	3	3.4	-0.5	南	北
17日0時	-0.2	-0.3	2.2	2.4	-0.1	南	北
17日3時	-0.3	-0.3	2.3	2.2	0.1	南	北
17日6時	0.2	0.1	2.9	2.9	0	南	北
17日9時	0.5	0.6	2.5	2.6	-0.2	南西	北東
17日12時	0.1	0.5	2.2	2.4	-0.6	南	北東

(単位：10000000kg/s)

## 6. 考察とまとめ

各時刻の流入方向，流出方向を見ると大阪湾上の水蒸気は全体的に南から北へと水蒸気が移動しているのが分かる．また，解析範囲内の水蒸気量は全体的に減少している．姫路，三木の位置を図 4 に，それぞれの地点の降水量を図 5 および図 6 に示す．対応

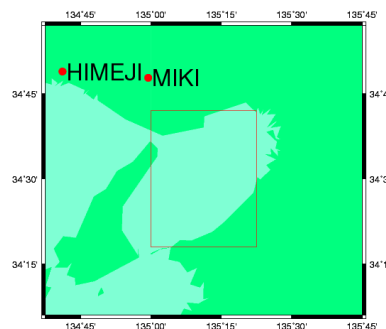


図 4：姫路および三木の位置

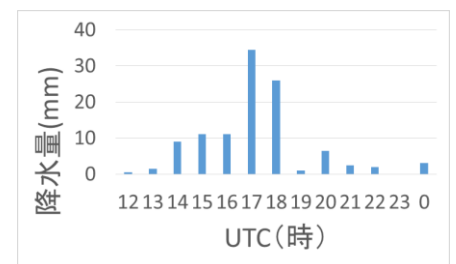


図 5：姫路の降水量

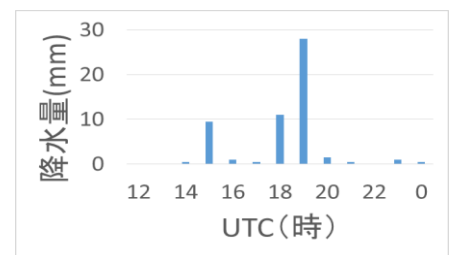


図 6：三木の降水量

を見ると，2011 年 9 月 16 日の UTC17～18 時の姫路での大雨の原因は，16 日 UTC12 時の西向きの水蒸気移流が大きかったことによるものと推定される．2011 年 9 月 16 日 UTC19 時の三木での雨は，同時刻の北向きの水蒸気移流が大きかったことが原因であると推定された．このように水蒸気の移流と降水には対応関係があるという仮説が立てられた．

参考文献 辻宏道: GPS の原理，気象研究ノート「GPS 気象学」（内藤勲夫編），No.192, pp.1-13, 1998.

大谷竜，内藤勲夫: GPS 可降水量の物理と評価，気象研究ノート「GPS 気象学」（内藤勲夫編），No.192, pp.15-33, 1998.

Askne, J. and H. Nordius,: Estimation of tropospheric delay for microwaves from surface weather date, Radio Science, Vol.22, pp.379-386, 1987.

キーワード：GPS,天頂大気遅延量,可降水量,水蒸気フラックス