

体積ひずみ計データの降水補正に用いる降水量データについて

木村 一洋* (気象研究所地震津波研究部)

*現所属：気象庁

On the choice of precipitation data to utilize for correction of volumetric strainmeter signals

by

Kazuhiro Kimura*

Seismology and Tsunami Research Department, Meteorological Research Institute, Tsukuba, Japan

** Present Affiliation: Japan Meteorological Agency, Tokyo, Japan*

(Received October 21, 2015; Accepted June 1, 2018; Published July 27, 2018)

Abstract

Crustal deformation data, such as volumetric strainmeter records, are often affected by rain. The correction by the precipitation data is effective about such data, and the quality of the precipitation data is important. Because many crustal deformation measurement sites do not include a local rain gauge, it is necessary to consider what kind of precipitation data should be brought to bear in such cases.

Japan Meteorological Agency (JMA) observes precipitation data by the rain gauge in the volumetric strainmeter. In addition, JMA observes precipitation data by the rain gauge network of the Automated Meteorological Data Acquisition System (AMeDAS) consisting of station about 17km apart. And JMA makes the radar-raingauge analyzed precipitation data that combined the observation of the rain gauge with a radar. This paper reports on a comparison of corrections made by using these three precipitation data. Our results, confirm the importance of installing a rain gauge at strainmeter stations, and the effectiveness of the radar-raingauge analyzed precipitation. This result is important to the correction by the precipitation data of crustal deformation data from sites without a rain gauge.

1. はじめに

気象庁では、南海トラフ地震の前兆すべりを監視するために東海地域に複数のボアホール式のひずみ計（体積ひずみ計及び多成分ひずみ計）を設置してきたが、そのうち体積ひずみ計データは降水の影響が大きいため、以前から降水補正が行われていた。木村・他（2015）は、それまでの体積ひずみ計データの降水補正手法が抱えていた問題点を改善すべく、菅原（1972）によって考案されたタンクモデルを用いた降水補正に取り組んだ。その結果、体積ひずみ計データの降水補正手法を確立し、これらの成果は2014年1月には気象庁業務に導入された。また多成分ひずみ計データでもこの降水補正手法の有効性が確かめられたことから、降水補正パラメータの算出と検証が済み次第、順次業務に導入されつつある。降水の影響を受けるひずみ計

などの地殻変動データは、降水補正を行うことによって真の地殻変動現象の検知力が向上する。そして、地殻変動データの降水補正にとって、唯一の入力値である降水量データの品質は重要である。

気象庁が設置したひずみ計には、2015年7月現在、全てに雨量計を併設している。しかし、気象庁が火山監視のために設置したボアホール式の傾斜計（気象庁地震火山部火山課、2014）のように、降水の影響を受けるものの雨量計が併設されていない地殻変動観測点も非常に多い。一方で、地殻変動データの降水補正に観測点併設雨量計を用いることが最適でない場合もある。木村・他（2015）は体積ひずみ計データの降水補正に概ね観測点併設雨量計を用いたが、一部の体積ひずみ計データの降水補正では観測点併設雨量計が最適とならなかったため近隣の地域気象観測所（来海、1975.以降、アメダスと記す）を用いた。ただし、これまで地殻変動データの降水補正に用いる最適な降水量データについて、詳しく比較調査された報告はない。

地殻変動観測点に雨量計が併設されていなくても降水量データを得る方法は複数ある。ひとつは雨量計に

Corresponding author: Kazuhiro Kimura

Japan Meteorological Agency,

1-3-4 Otemachi, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8122, Japan.

E-mail: kaz-kimura@met.kishou.go.jp

よる観測データであり、日本国内で最も汎用的な雨量計の観測網として気象庁のアメダスが挙げられる。アメダスの雨量計は平均約 17km 間隔で設置しており、日本国内のどの場所でも遠く離れていない場所に雨量計がある。この雨量計は直接観測により降水量データを得られる長所があるものの、空間スケールの小さな降水現象に対応できない短所もある。もうひとつは気象レーダーによる観測データであり、気象庁等が日本国内の複数の場所において気象レーダーを設置している。この気象レーダーはリモートセンシングであるため直接観測である雨量計ほどの精度がない短所があるものの、空間的に隙間のない降水量データの面的分布を得られる長所がある。もうひとつが気象レーダーと雨量計の降水量データの長所を生かして組み合わせた解析雨量であり、気象庁では降水短時間予報などのために 1980 年代から作成してきた（予報部予報課，1995）。この解析雨量の格子間隔は、1980 年代は 5km であったが、2001 年に 2.5km（新保，2001a；新保，2001b）、2006 年以降は 1km と徐々にきめ細かくなっている。また、気象庁以外の国土交通省の気象レーダーも用いたり、アメダス以外の自治体等の雨量計も用いたりするなど、解析雨量の精度の向上が徐々に行われてきた（永田・辻村，2006）。

本稿では、全ての観測点に雨量計を併設している体積ひずみ計データを用いて、観測点併設雨量計、観測

点近隣のアメダスの雨量計、観測点の格子における解析雨量の 3 つの降水量データを用いた降水補正の効果を比較する。そして、特に観測点に雨量計が併設されていない地殻変動データの降水補正に用いる降水量データについて、アメダスの雨量計の方が良いか、あるいは解析雨量の方が良いか、もしくは雨量計を新設した方が良いかについて、観測点からアメダスまでの距離に着目して指針を得ることを目的とする。

2. 3 つの降水量データの比較調査方法

2.1 調査対象とした体積ひずみ計とアメダス

気象庁では東海地域及び南関東地域に 31 点の体積ひずみ計を設置している。本稿では、降水以外の影響が非常に大きく降水補正に用いる最適な降水量データの選別ができない一部の観測点を除く 26 点（東海地域が 15 点、南関東地域が 11 点）の体積ひずみ計で調査を行う。アメダスは各体積ひずみ計から 25km 以内にある全てを調査対象とする。

Table 1 に本稿で調査対象とした体積ひずみ計とアメダスを示す。体積ひずみ計からアメダスまでの距離はアメダスの位置を示す緯度経度の公開情報が 0.1 分単位と粗いため、最大 0.2km 程度の誤差を含むことに注意が必要である。

また、御前崎大山及び伊豆小下田の観測点併設雨量

Table 1 Volumetric strainmeter stations and nearby AMeDAS stations

Volumetric strainmeter	AMeDAS	Distance (km)
(1) Gamagori seida	Gamagori	2.1
	Okazaki	9.5
	Toyohashi	15.6
	Isshiki	19.6
	Tahara	23.9
	Tsukude	24.0
(2) Hamamatsu mikkabi	Mikkabi	0.7
	Shinshiro	11.5
	Hamamatsu	15.5
	Toyohashi	20.6
	Tenryu (*2)	24.8→25.3
(3) Hamamatsu yokokawa	Mikura	5.6
	Tenryu (*2)	7.5→6.7
	Koshikidaira	14.2
	Kuma	14.6
	Kakegawa	16.5
	Sakuma	19.6
	Hamamatsu	23.4
	Iwata	24.3

*1 The AMeDAS rain gauges is at the strainmeter site.

*2 The Tenryu AMeDAS station was moved in December 2008.

*3 The Takanesan AMeDAS station was moved in December 2009.

Volumetric strainmeter	AMeDAS	Distance (km)
(4) Shimada kawane	Takanesan (*3)	10.3→10.8
	Koshikidaira	12.6
	Mikura	14.3
	Kikugawamakinohara	14.7
	Kawanehoncho	18.5
	Kagiana	19.0
	Kakegawa	20.8
(5) Omaezaki sakura	Omaezaki	6.3
	Kikugawamakinohara	16.7
	Kakegawa	23.6
(6) Makinohara sakabe	Kikugawamakinohara	6.4
	Omaezaki	19.3
	Takanesan (*3)	22.5→21.9
	Kakegawa	22.1
(7) Omaezaki oyama	Omaezaki (*1)	0.0
	Kikugawamakinohara	21.1
(8) Fujieda hanagura	Takanesan (*3)	10.3→10.8
	Kikugawamakinohara	14.7
	Kagiana	17.0
	Shizuoka	18.3

Table 1 (Continued)

Volumetric strainmeter	AMeDAS	Distance (km)	Volumetric strainmeter	AMeDAS	Distance (km)
(9) Shizuoka Urushiyama	Shizuoka	5.3	(17) Hadano bodai	Hiratsuka	12.1
	Shimizu	11.7		Tanzawako	13.4
	Kagiana	14.2		Odawara (*4)	16.4→14.0
	Takanesan (*2)	19.8→19.2		Ebina	18.2
	Umegashima	24.3		Sagamiko	23.7
				Hakone (*3)	24.1→23.9
(10) Shizuoka tadanuma	Shimizu	5.5	(18) Oshima tsubaitsuki	Oshimakitanoyama	2.1
	Fuji	16.7		Oshima	2.3
	Shizuoka	17.2	(19) Miura misaki	Miura	2.7
	Umegashima	21.5		Kyonan	18.2
	Nanbu	21.5	(20) Yokosuka mabori	Miura	11.9
	Shiraito	24.1		Kyonan	18.6
	Kagiana	24.8		Yokohama	20.9
(11) Fuji unaigafuchi	Fuji	5.7		Kisarazu (*5)	22.2→23.3
	Shiraito	18.7	(21) Tateyama nakazato	Tateyama	6.7
	Mishima	20.3		Kyonan	21.4
	Gotenba	22.1	(22) Futtsu mochii	Kyonan	12.2
	Shimizu	24.3		Kisarazu (*5)	17.5→16.3
(12) Izu koshimoda	Toi (*1)	0.0		Sakahata	18.1
	Matsuzaki	13.7		Kamogawa	21.7
	Yugashima	15.2		Miura	24.8
	Amagisan	24.0	(23) Sosa iidaka	Yokoshibahikari	10.9
(13) Minamiizu Iruma	Irozaki	4.8		Katori	12.4
	Matsuzaki	12.9		Narita	12.7
(14) Higashiizu naramoto	Inatori	3.8		Tounosho	16.7
	Amagisan	6.8	(24) Otaki utobara	Otaki	2.0
	Yugashima	15.1		Sakahata	11.5
(15) Atami shimotaga	Ajiro	2.5		Katsuura	12.4
	Mishima	14.5		Kamogawa	17.9
	Hakone (*3)	18.6→18.8		Ushiku	19.1
	Amagisan	20.5		Mobara	21.4
	Yugashima	21.4	(25) Kamogawa yairo	Kamogawa	1.9
	Odawara (*4)	23.7→26.1		Sakahara	12.4
(16) Yugawara kajiya	Hakone (*3)	7.4→7.5		Otaki	18.6
	Ajiro	13.5		Katsuura	21.0
	Odawara (*4)	11.3→13.6		Kyonan	22.6
	Mishima	16.1	(26) Choshi myojin	Choshi	0.6
	Gotenba	21.4		Tounosho	18.2

*1 The AMeDAS rain gauges is at the strainmeter site.

*2 The Takanesan AMeDAS station was moved in December 2009.

*3 The Hakone AMeDAS station was moved in January 2009.

*4 The Odawara AMeDAS station was moved in March 2010.

*5 The Kisarazu AMeDAS station was moved in September 2006.

計は、それぞれ御前崎アメダス及び土肥アメダスである。

2.2 調査期間

本稿で比較する 3 つの降水量データのうち、解析雨量は格子間隔が徐々に細くなるなど技術的に進歩し

てきている。解析雨量の格子間隔が現在と同じ 1km になったのは 2006 年であるため、本稿では調査期間を 2006 年から 2014 年の 9 年間とし、3 年ごとに 3 つの期間（以降、2006～2008 年をⅠ期、2009～2011 年をⅡ期、2012～2014 年をⅢ期とする）に区切り、それぞれの期間で調査を行う。期間を区切ることによって数多くの

調査結果を得ることができる。

南関東地域の体積ひずみ計の一部は 2008 年に雨量計を併設したため、I 期における観測点併設雨量計を用いた調査は行わない。また、2006 年から 2014 年の間に移転した 5 つのアメダス（天竜、高根山、箱根、小田原、木更津）は、移転の影響を無視して調査を行う。鋸南アメダスは 2006 年の移転（移転前の名称は佐久間アメダス）に伴い 5 ヶ月もの長期欠測があるため、I 期における鋸南アメダスを用いた調査は行わない。

2.3 調査に用いるデータ

本稿で調査に用いる体積ひずみ計データは、潮汐及び気圧の影響を除去した時間値である。保守などに伴う欠測期間、2009 年 8 月や 2011 年 8 月に発生した駿河湾沖の地震や 2011 年 3 月に発生した東北地方太平洋沖地震などによる大きなステップ変化が生じている期間は、調査から除外する。潮汐の影響は BAYTAP-G（石黒・他，1984；Tamura et al., 1991）を用いて除去する。気圧の影響は体積ひずみ計に併設した気圧計のデータを用いて線形的に差し引く。大島津倍付は 2008 年に気圧計を併設するまで気圧データが存在しないため、それ以前は大島アメダスの気圧データを用いて気圧補正を行う。

降水補正の入力値に用いる 3 つの降水量データは全て 1 時間積算値である。解析雨量には毎正時と毎時 30 分の 2 種類のデータが存在する。しかし解析雨量作成に用いる雨量計は、気象庁以外の一部は毎正時の観測データのみ集約されるため、毎時 30 分の解析雨量は毎正時の解析雨量に比べて少ない。そのため、本稿では毎正時の解析雨量のみを用いる。なお、解析雨量は体積ひずみ計に最も近い格子の値を用いる。

2.4 降水補正と最適な降水量データの判別方法

体積ひずみ計データの降水補正には、タンクモデルを用いる。各タンクにおいて側面流出過程、蒸発過程、土壌水分構造を考慮した 3 段のタンクモデルを用い、各タンクの水位にそれぞれ独立した補正係数をかけて足し合わせた値を理論降水応答とし、体積ひずみ計データから差し引く。詳しい手法やタンクモデルの形状は、木村・他（2015）を参考とする。

各タンクの水位の初期値は、調査期間の前 1 年間に加えた期間の降水量データを用いて算出する。例えば I 期（2006～2008 年）の調査は、2005 年から 2008 年の降水量データを用いる。ただし、I 期の解析雨量の調査は 2005 年に格子間隔が 1km のデータが存在しないため、解析雨量の代わりに観測点併設雨量計が近隣のアメダスの降水量データを用いて算出する。

降水補正の効果の比較には、以下の式(1)に示す目的関数 f を用いる。目的関数 f は、年ごとにトレンド係数 $Tr(y)$ を差し引いた上で、定めた調査期間 T までの 24 時間階差の絶対値の和である。

$$f = \int_0^T |D(t) - D(t-24) - Tr(y)| dt \quad (1)$$

ここで、 $D(t)$ は時刻 t における地殻変動データである。この目的関数 f の値が小さくなるほど、降水補正パラメータの値を算出する上では最適値と判断できるだけでなく、降水補正に用いる最適な降水量データの選別も行いうることができる。なお、年ごとのトレンド係数 ($Tr(y)$) も、地震や保守等による大きなステップを除外して係数を算出する。本稿では、それぞれの降水量データを体積ひずみ計データの降水補正に用いた場合の目的関数の最小値の比較を行うことによって、降水補正に用いる最適な降水量データの選別を行う。

3. 結果

3.1 3 つの降水量データの比較調査の概要

一例として、Fig. 1 に藤枝花倉における 3 期間の体積ひずみ計データの時系列グラフを示す。黒色が降水補正なしの体積ひずみ計データで、赤色が観測点併設雨量計、緑色が解析雨量、青色が高根山アメダス、紫色が菊川牧之原アメダスの降水量データを用いて降水補正を行った体積ひずみ計データをそれぞれ示す。観測点併設雨量計を用いた場合に最も降水の影響が軽減されており、次に軽減されているのは解析雨量を用いた場合である。これを目的関数の値で比較すると、例えば III 期で観測点併設雨量計を用いた場合は 3.34×10^{-5} strain、解析雨量を用いた場合は 3.94×10^{-5} strain であり、グラフの見た目と対応している。

また、グラフの見た目では 2 つのアメダスのどちらが良いか判断しがたいが、高根山アメダスを用いた場合は 5.49×10^{-5} strain、菊川牧之原アメダスを用いた場合は 5.37×10^{-5} strain であり、目的関数の値で比較すると若干の差だが菊川牧之原アメダスを用いた方がよい。

このように藤枝花倉では観測点併設雨量計が降水補正に最適となったが、全ての体積ひずみ計で同じ結果だったわけではない。Fig. 2 に、降水補正を行った複数の体積ひずみ計データのうち目的関数が最小となった降水量データに対して、他の降水量データを用いた場合にどれだけ目的関数の値が大きくなったかを棒グラフで示す。アメダスは体積ひずみ計からの距離から近い順に示している。Fig. 2 に棒グラフが表示されていない降水量データが降水補正に最適であることを示し、棒グラフが長いほど降水補正に適していない降水量データであることを示す。例えば Fig. 1 で示した藤枝花倉の III 期の場合、最も目的関数の値が小さくなった観測点併設雨量計に比べて、解析雨量では 0.60×10^{-5} strain、高根山アメダスは 2.15×10^{-5} strain、菊川牧之原アメダスは 2.03×10^{-5} strain それぞれ目的関数の値が大きくなった (Fig. 2(8))。Fig. 2 では全般的に観測点併設雨量計や解析雨量よりも、体積ひずみ計からの距離が遠いアメダスの目的関数の値の大きさが目立つ。また、調査期間中にいくつかのアメダスが移転したが、明瞭に傾向が変わったアメダスはなかった。

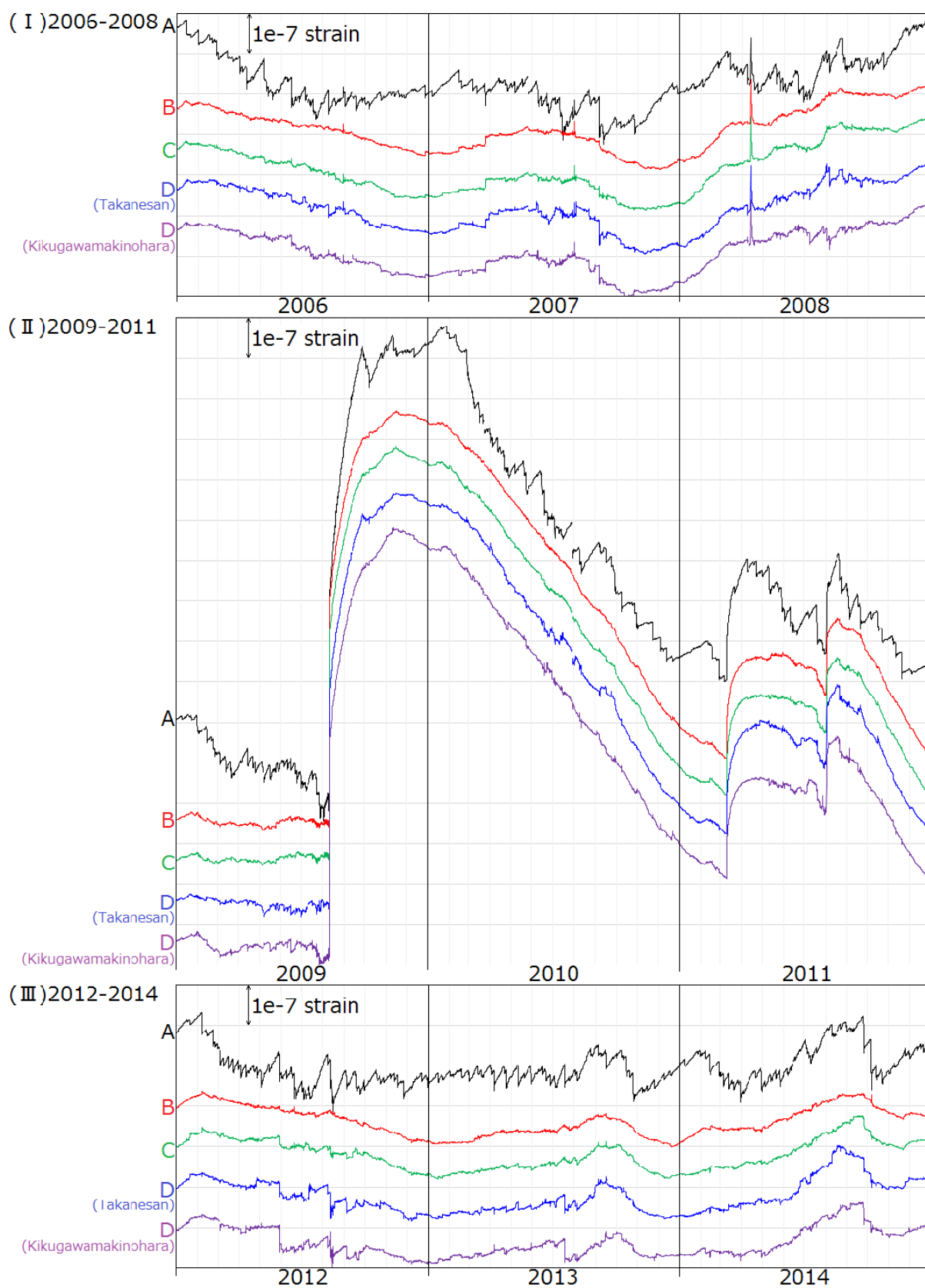


Fig. 1 Data plot of volumetric strainmeter at Fujiedahanagura

A: Volumetric strainmeter data corrected for the tide and barometric pressure, but not for rainfall.
 B: The correction by the rain gauge in volumetric strainmeter station.
 C: The correction by the analysis precipitation.
 D: The correction by the rain gauge in AMeDAS.

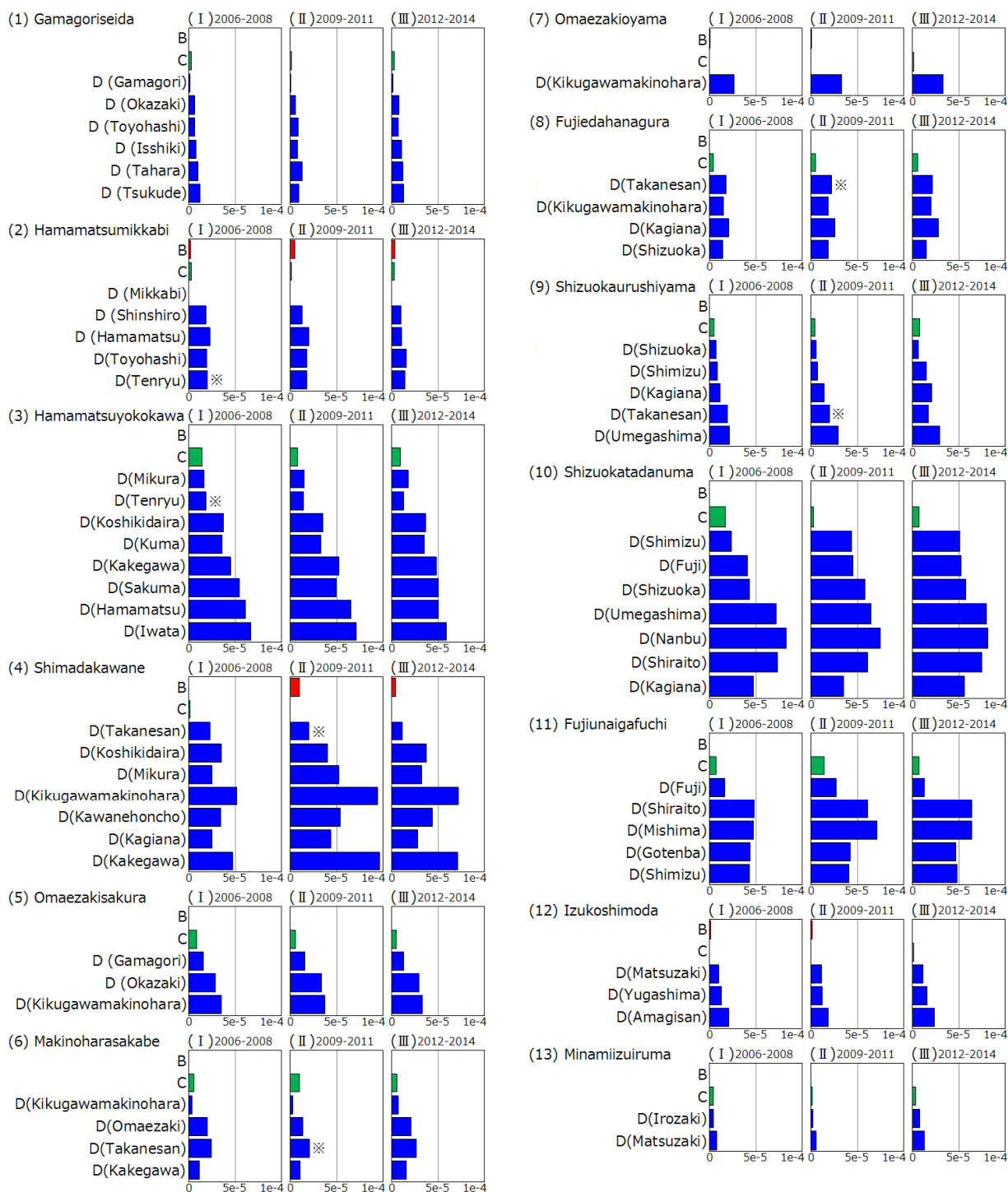


Fig. 2 Difference of the value of the objective function. The shorter the bar, the better the correction.

B: Correction by data from a rain gauge at the strainmeter station.

C: Correction by data from the radar-raingauge analyzed precipitation.

D: Correction by data from records for rain gauges at AMEDAS stations with distance from the strainmeter increasing downwards in each panel.

*: The AMEDAS station moved during the period.

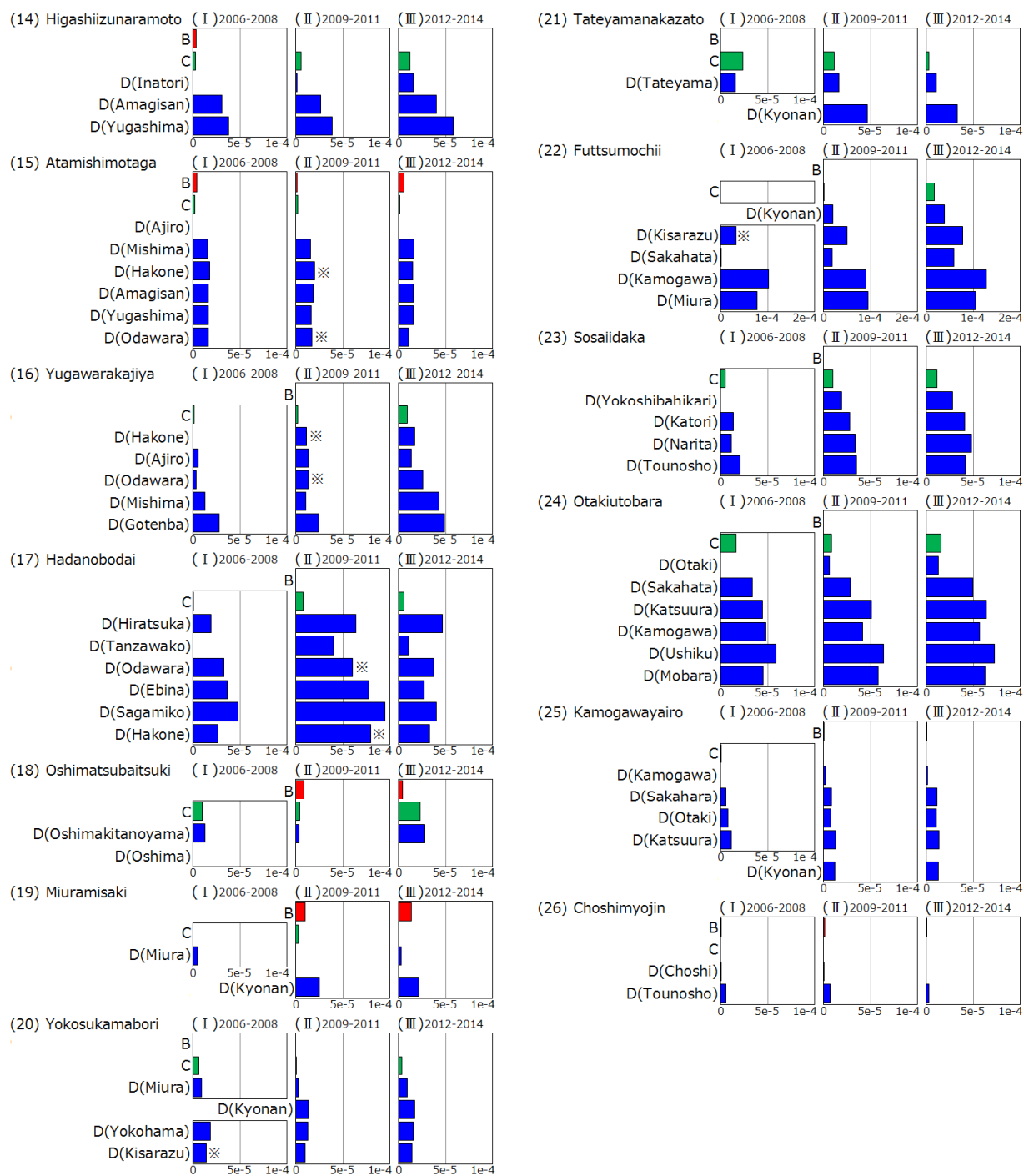


Fig. 2 (Continued)

3.2 観測点併設雨量計の必要性

Fig. 2 において、観測点併設雨量計（赤色）の目的関数の値が大きい体積ひずみ計も幾つか確認できた（浜松三ヶ日、島田川根、御前崎大山、伊豆小下田、熱海下多賀、大島津倍付、三浦三崎、銚子明神）。これらの体積ひずみ計のうち、浜松三ヶ日（Fig. 2(2)）、熱海下多賀（Fig. 2(15)）、銚子明神（Fig. 2(26)）は3期間全てで同様の結果となったばかりでなく、木村・他（2015）による2000年から2009年の10年間の調査においても同様の傾向であった。なお、木村・他（2015）はこれらの観測点併設雨量計の設置環境に問題がある可能性を指摘した。また、三浦三崎（Fig. 2(19)）は、2015年に改善されるまで雨量計の設置環境に問題があったことが判明している。さらに、島田川根（Fig. 2(4)）及び大島津倍付（Fig. 2(18)）は観測点併設雨量計による目的関数の値が大きいⅡ期Ⅲ期ともに降水量データが正しく観測されていない期間があった。御前崎大山（Fig. 2(7)）及び伊豆小下田（Fig. 2(12)）は観測点併設雨量計がアメダスそのものである体積ひずみ計であり、いずれもわずかではあるがⅠ期とⅡ期で観測点併設雨量計よりも解析雨量の方が良好な降水補正となった。このように、木村・他（2015）と同様、観測点併設雨量計が最適な降水補正にならないケースもあった。

どのような場合に観測点併設雨量計が最適な降水補正にならないかの特徴を掴むため、Fig. 3 は横軸にアメダスと体積ひずみ計の距離、縦軸に観測点併設雨量計を基準としたアメダスを用いた降水補正の目的関数の値の差を示す。この図には、調査に用いた全ての体積ひずみ計及び期間をまとめて記載しているが、概ね観測点併設雨量計を用いた場合の目的関数の値が小さく、

体積ひずみ計からの距離が遠いアメダスを用いた場合の目的関数の値が大きくなる傾向がある。図中の黒線は回帰直線であり、相関係数は0.46である。体積ひずみ計の近くにある雨量計の降水量データを用いれば、より良好な降水補正となるというのは自然な結果だと言える。そして、観測点併設雨量計よりもアメダスを用いた方が良好な降水補正となるケースは、全て体積ひずみ計とアメダスの距離が5km未満であった。なお、体積ひずみ計とアメダスの距離が5km未満の場合、観測点併設雨量計よりもアメダスを用いた方が良好な降水補正となるケースの数は、その逆のケース数と同程度であった。

つまり、雨量計が併設されていない観測点から5km未満の距離にアメダスがある場合、観測点に雨量計を併設する必要性が薄いと言える。逆に観測点から5km未満の距離にアメダスがない場合、観測点に雨量計を新たに併設することによって、地殻変動データの降水補正が改善される可能性が高いと言える。

3.3 アメダスと解析雨量の比較

地殻変動観測点の中には、太陽電池による電源供給を行っており十分な電力を得られないため雨量計を併設できない場所や、森林の中で樹木の伐採ができない事情があるため適切に雨量計を併設できない場所もある。そのような雨量計を併設できない地殻変動観測点の降水補正に用いる降水量データに近隣のアメダスと解析雨量のどちらを選択すべきかの指針を得るため、前節でアメダスと観測点併設雨量計を比較したのと同様に、アメダスと解析雨量を比較する。

Fig. 4 には、横軸にアメダスと観測点の距離、縦軸に

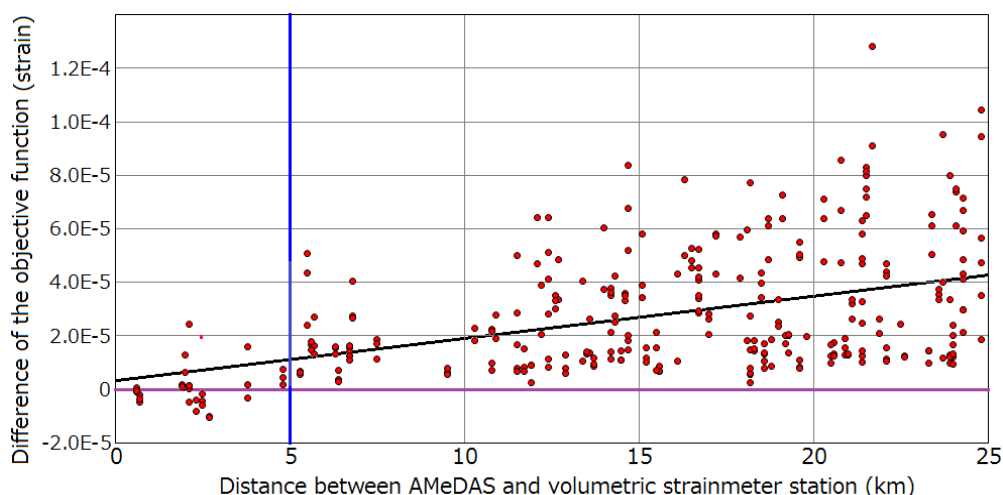


Fig. 3 Relations of difference in the objective function between AMeDAS and rain-gauge data to the distance from the strainmeter station to AMeDAS stations.

As the distance between AMeDAS and strainmeter stations increases, the difference in the objective function also increases. The regression line (black line) has a correlation coefficient of 0.46. A negative difference (below the purple line) shows that AMeDAS data yield better corrections than data from a rain gauge at the strainmeter station; in all such cases, the distance between the AMeDAS and strainmeter stations is less than 5 km (blue line).

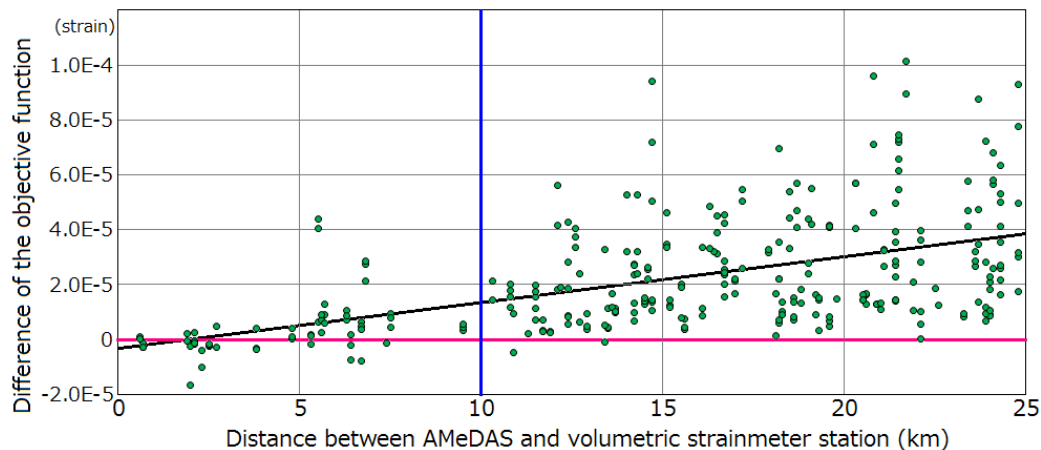


Fig. 4 Relations of difference in the objective function between AMeDAS and radar-raingauge analyzed precipitation data to the distance from the strainmeter station to AMeDAS stations.

As in Fig. 3, the difference in the objective function increases with the distance between AMeDAS and strainmeter stations. The regression line (black line) has a correlation coefficient is 0.51. A negative difference (below the purple line) shows that AMeDAS data yield better corrections than radar-raingauge analyzed precipitation data. In such cases, the distance between the AMeDAS and strainmeter stations is within 10 km (blue line).

解析雨量を基準としたアメダスを用いた降水補正の目的関数の差を示す。前節の観測点併設雨量計を基準とした結果 (Fig. 3) と同様、概ね解析雨量を用いた場合の目的関数の値の方がアメダスよりも小さく、観測点からの距離が遠いアメダスを用いた場合の目的関数の値が大きくなる傾向がある。図中の黒線は回帰直線であり、相関係数は 0.51 である。観測点併設雨量計を基準とした結果 (Fig. 3) に比べて、解析雨量よりもアメダスを用いた方が良好な降水補正となるケースの数が多かった。体積ひずみ計とアメダスの距離ごとの傾向に着目すると、5km 未満の場合、解析雨量よりもアメダスを用いた方が良好な降水補正となるケースが多かった。5km 以上 10km 未満の場合、アメダスよりも解析雨量を用いた方が良好な降水補正となるケースが多いが、逆のケースも少々あった。10km 以上の場合、ほぼ全てのケースでアメダスよりも解析雨量の方が良好な降水補正となった。

つまり、観測点とアメダスの距離が 10km 未満の場合は解析雨量とアメダスのどちらの降水補正が最適かは個別に調査してみないと分からず、観測点とアメダスの距離が 10km 以上の場合には解析雨量を降水補正に用いた方が良いと言える。

4. まとめ

本稿では、数多くの体積ひずみ計データに対し、観測点併設雨量計、観測点近隣の複数のアメダスの雨量計、観測点の近傍格子点における解析雨量の 3 種類の降水量データを用いた降水補正の効果について、観測点からアメダスまでの距離に着目して比較した。その結果、観測点併設雨量計とアメダスの比較によって、雨量計が併設されていない地殻変動観測点では、5km 未満の距離にアメダスがない場合に雨量計を新設することによって降水補正が改善する効果が高いことを明らかにした。また、解析雨量とアメダスの比較によっ

て、雨量計がどうしても設置できない地殻変動観測点では、10km 未満の距離にアメダスがない場合に解析雨量を用いた方が降水補正の効果が高いことを明らかにした。このように、本稿の調査によって、観測点に雨量計が併設されていない地殻変動データの降水補正に用いる降水量データの指針を得ることができた。

謝 辞

2 名の匿名査読者と編集委員の高木朗充氏からは、本稿を改善するための助言をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 石黒真木男・佐藤忠弘・田村良明・大江昌嗣, 1984: 地球潮汐データ解析プログラム BAYTAP-G の紹介, *統計数理研究所彙報*, **32**, 71-85.
- 気象庁地震火山部火山課, 2014: 全国 47 火山への火山観測施設の整備, *験震時報*, **77**, 241-309.
- 来海徹一, 1975: 運用を開始した地域気象観測システム, *測候時報*, **42**, 135-167.
- 木村一洋・露木貴裕・菅沼一成・長谷川浩・見須裕美・藤田健一, 2015: タンクモデルによる体積ひずみ計データの降水補正について, *験震時報*, **78**, 93-158.
- 新保明彦, 2001a: レーダーアメダス解析雨量 (I), *天気*, **48**, 579-683.
- 新保明彦, 2001b: レーダーアメダス解析雨量 (II), *天気*, **48**, 777-784.
- 菅原正巳, 1972: 流出解析法 (水文学講座 7), 共立出版, 257pp.
- 永田和彦・辻村豊, 2006: 解析雨量及び降水短時間予報の特性と利用上の注意点, 平成 18 年度量的予報研修テキスト, 気象庁予報部, 9-24.
- 予報部予報課, 1995: レーダーアメダス解析雨量の解析手法と精度, *測候時報*, **62**, 279-339.
- Tamura, Y., T. Sato, M. Ooe and M. Ishiguro, 1991: A procedure for tidal analysis with a Bayesian information criterion, *Geophys. J. Int.*, **104**, 507-516.

体積ひずみ計データの降水補正に用いる降水量データについて

木村 一洋*（気象研究所地震津波研究部）

*現所属：気象庁

体積ひずみ計のような地殻変動データは、降水の影響を受けることがある。降水の影響を受ける地殻変動データに対して降水補正は有効であり、降水補正にとって唯一の入力値である降水量データの品質は重要である。しかし、降水の影響を受けるものの雨量計が併設されていない地殻変動観測点も非常に多い。そのような観測点に雨量計が併設されていない地殻変動データの降水補正に用いる降水量データについて、どのような降水量データを利用するか検討する必要がある。

気象庁が設置した体積ひずみ計では、全ての観測点に雨量計を併設している。また、気象庁ではアメダスの雨量計を平均約 17km 間隔で設置している。さらに、雨量計の観測とレーダーの観測を組み合わせた解析雨量も作成している。本稿では、これら 3 つの降水量データによる体積ひずみ計の降水補正の効果を比較した。その結果、体積ひずみ計に雨量計を併設することの重要性や、解析雨量の有効性が確認された。この結果は、雨量計が併設されていない地殻変動データの降水補正にとって重要である。