

G P S 連 日 測 定 (序 報)

—— 京都・高知・阿蘇・鳥取 ——

藤森 邦夫・山本 剛靖・藪田 豊・鉤 卯三郎・
田部井隆雄・音崎 岳広・小野 博尉・迫 幹雄・
外 輝明・山田 年広・小泉 尚嗣・矢部 征・
中尾 節郎

DAILY MEASUREMENTS BY USING GPS AT KYOTO, KOCHI, ASO AND TOTTORI IN SOUTHWEST JAPAN

By *Kunio* FUJIMORI, *Takeyasu* YAMAMOTO, *Yutaka* YABUTA, *Usaburo* MAGARI,
Takao Tabei, *Takehiro* OTOZAKI, *Hiroyasu* ONO, *Mikio* SAKO, *Teruaki* HOKA,
Toshihiro YAMADA, *Naoji* KOIZUMI, *Sei* YABE and *Setsuro* NAKAO

Synopsis

Daily measurements by using GPS have been carried out at Kyoto, Kochi, Aso and Tottori sites in Southwest Japan since September 1990. The aims of the present measurements are to estimate a long term repeatability of the baseline vectors determined, to investigate effects of error factors and finally to improve the accuracy of GPS measurements.

Results for the first six months are as follows:

- (1) The long term repeatabilities of the baseline lengths of about 150 to 500km were 0.2 to 0.4 ppm.
- (2) The baseline length in summer was determined longer than that in other seasons.
- (3) There were positive correlations among the changes of the baseline vectors.

1. は じ め に

GPS (Global Positioning System) を使用した測定は、プレート運動の検出を目的とした比較的長基線を含む測定¹⁾や、地震予知火山噴火予知の観点からの地殻変動の監視に用いられている²⁾。それらの測定の多くは、長くて10日間程度の測定が、数カ月から1年の間隔をおいて繰り返し実施されている。GPS 測定の精度は、測定値の再現性によって評価され、数日から10日間程度の基線長の短期再現性では、0.2 ppmに達している³⁾。しかし、数カ月から1年といった長期再現性についての検討は、あまり行なわれていない。

GPS 測定の正確さの向上を図るという点から、長期的に変化するような誤差要因による影響の程度を調べ、1年間程度の長期再現性を詳細に検討することが必要である。また、測定値と誤差要因との関連を統計的に処理することを可能にするためにも、多くのデータを取得することが重要である。

このような目的で、GPSを用いた連日測定が開始された。本稿では、その連日測定の概要と、これまでの約半年間に得られた測定結果について述べる。

2. 基 線 網

基線網は、東西に長い菱形であり、ほぼ西南日本をおおっている。測定点はFig. 1に示されている京都、高知、阿蘇、および鳥取の4点である。京都、高知、および鳥取の3測定点は、それぞれ、京都大学理学部地球物理学教室、高知大学理学部、および京都大学防災研究所附属地震予知研究センター鳥取観測所本館のコンクリート建物の屋上に設置されている。また、阿蘇は、京都大学理学部附属火山研究施設の構内に基準点が設けられている。基線長は、最短が京都―鳥取基線の約151 kmであり、最長が京都―阿蘇基線の約501 kmである。図にみられるように、150～500 kmの基線長を有している。各測定点の位置はTable 1に示される。

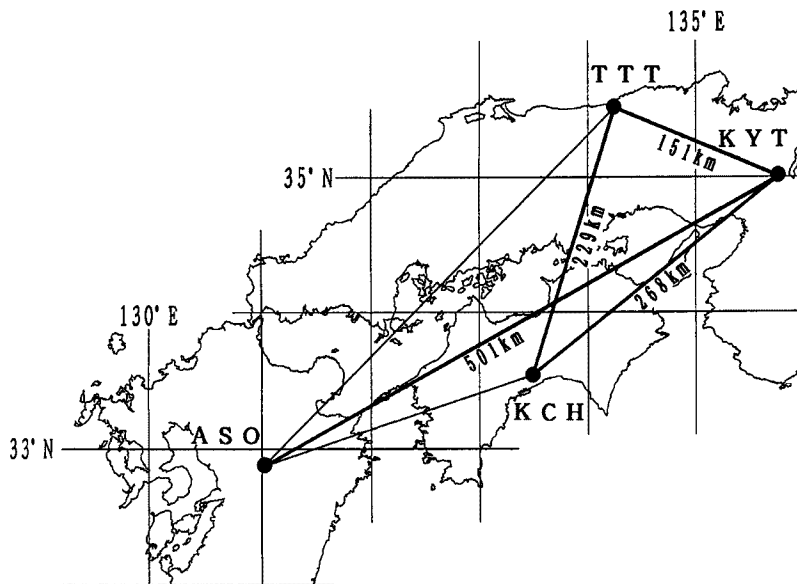


Fig. 1. Configuration of GPS measurement sites (KYT: Kyoto, KCH: Kochi, ASO: Aso, TTT: Tottori) and baselines. Bold lines show baselines for which computations have been carried out.

Table 1. Coordinates of GPS measurement sites

Site	Latitude	Longitude	Height
KYT	35° 1' 50".957	135° 46' 59".439	124.9m
KCH	33 32 57.569	133 29 9.175	70.2
ASO	32 53 10.035	131 0 22.584	601.0
TTT	35 31 1.716	134 14 4.471	87.5

3. 測定と解析

GPS の受信機は、WM 102 が使用されている。データは専用のカセットテープに記録され、カセットテープ、またはフロッピーディスクが地球物理学教室に郵送され、解析が行なわれている。

この連日測定は、京都、高知、および阿蘇では 1990 年 9 月 3 日に、鳥取では同年 10 月 13 日に開始された。測定時間は 6 時間である。測定時間帯は、測定開始の 9 月の時点で、一番多く衛星の観測できる時間帯が選ばれた。その時間帯は、1 日に 4 分ずつ早められている。なお、日曜と祝祭日には、測定が行なわれていない。

解析には、WM 102 専用のソフトウェア PoPS が使用されている。PoPS のバージョンがこの連日測定の途中で変更された（1991 年 1 月末、Ver. 3.31 から Ver. 3.40）が、解析結果に影響を及ぼすものではなかった。衛星位置の情報としては、衛星からの放送暦が使用された。これまでに解析が行なわれた基線は、京都—高知、京都—阿蘇、京都—鳥取、および高知—鳥取の 4 基線である。解析にあたっては、京都（高知—鳥取基線の場合には高知）の座標が固定され、他の測定点の相対位置が求められている。なお、その際には、海上保安庁水路部下里水路観測所の SLR 基準点との間の GPS を用いた結合測定によって決められた座標値が用いられた。

4. 結果

Fig. 2 に 1991 年 2 月末までの測定結果を示す。各基線とも、上から南北、東西、高さの各成分と基線長の変化が示されている。ちなみに、11 月中旬の欠測は、GPS JAPAN '90 の際に京都測定点の受信機が他の測定点に移動していたためであり、12 月下旬から 1 月上旬にかけてのものは、年末年始で測定を休止したためである。

この 6 カ月間の測定結果の特徴は次のとおりである。

- (1) 9 月から 10 月にかけて、京都—高知と京都—阿蘇両基線の基線長における大きい縮みの変化が顕著である。10 月以降は各基線長とも変化は小さい。
- (2) 全成分に長周期のうねり状の変化がみられる。その周期は南北、東西成分で約半年であり、高さ成分ではそれより長い。
- (3) (1)、(2) で述べたような長周期変化に、短周期（日毎）の変化が重畳している。また、異なる基線の各成分における変化の様相が似ている。なお、これは、京都—高知基線と京都—阿蘇基線との間で、特に明瞭である。
- (4) これらの変化の大きさは、基線長に比例しているようである。
- (5) 6 カ月間の長期再現性（全測定値の標準偏差で示す）は、南北成分が約 0.2 mm 、東西成分が約 0.4 mm 、高さ成分が約 0.6 mm である。基線長では、 $0.2 \sim 0.4 \text{ mm}$ の値である。長周期変化の存在を考えると、短期再現性は、これらの値よりも小さくなることが予想される。

5. 考察

京都—高知基線は、1990 年 6 月から 8 月上旬にかけても、連日測定が行なわれていた。その結果を含めた基線長変化を Fig. 3 に示す。6 月ごろに伸びの変化がみられる。8 月には測定が休止されていたため不確かさはあるが、6 月から 9 月にかけては基線長が、それ以降に比べて約 1 mm 長く求められた。さきの特徴(1)で述べた 9 月から 10 月にかけての縮みの変化は、その末期の部分に相当する。このような変化が、夏季に特有のもの（年周変化）か、1990 年に限られたものかは、今後得られる結果によって判断で

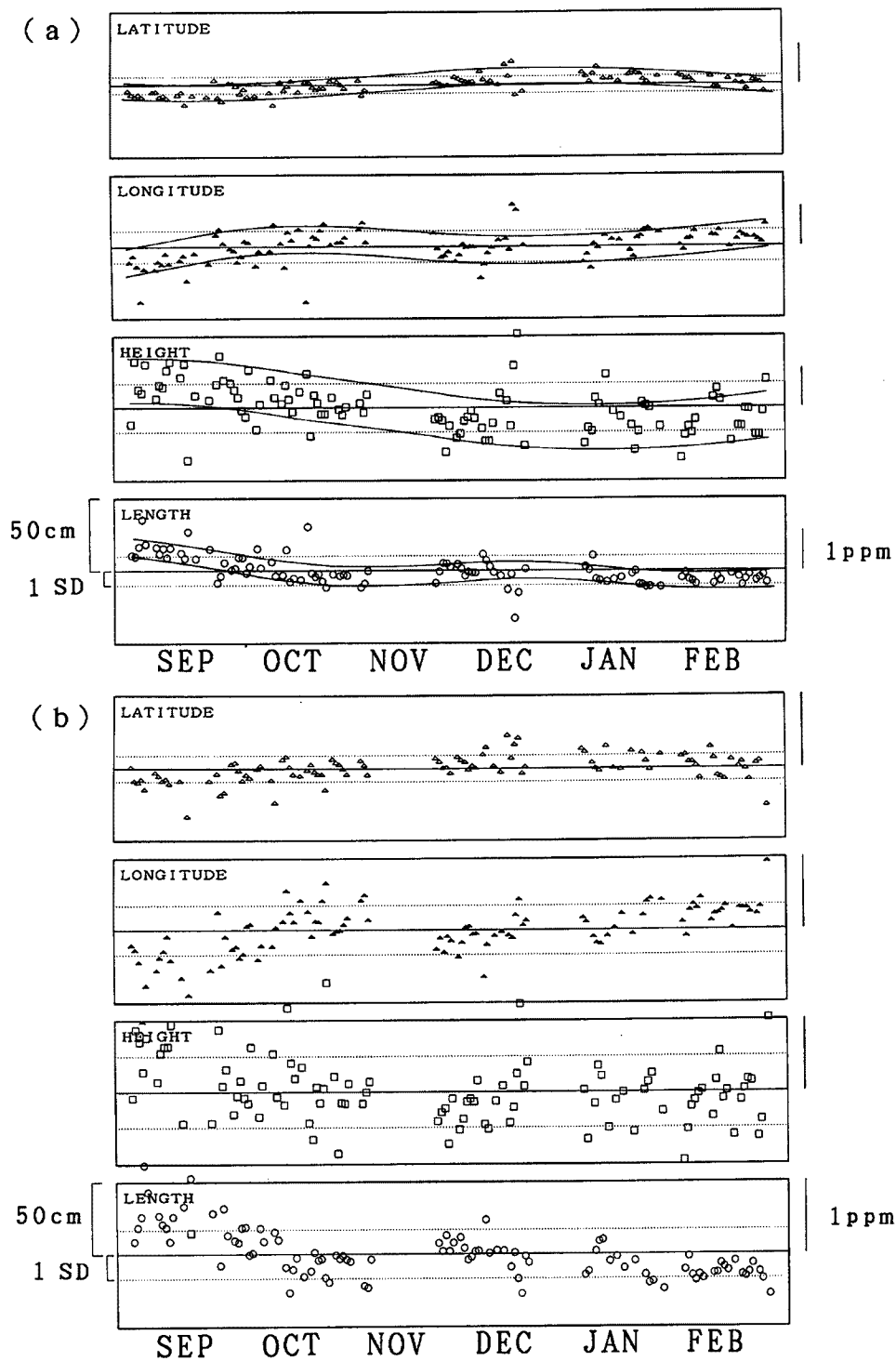


Fig. 2. Results of measurements from September 1990 to February 1991.
 (a) KYT-KCH baseline. Curves show long term undulations.
 (b) KYT-ASO baseline. (c) KYT-TTT baseline.
 (d) KCH-TTT baseline.

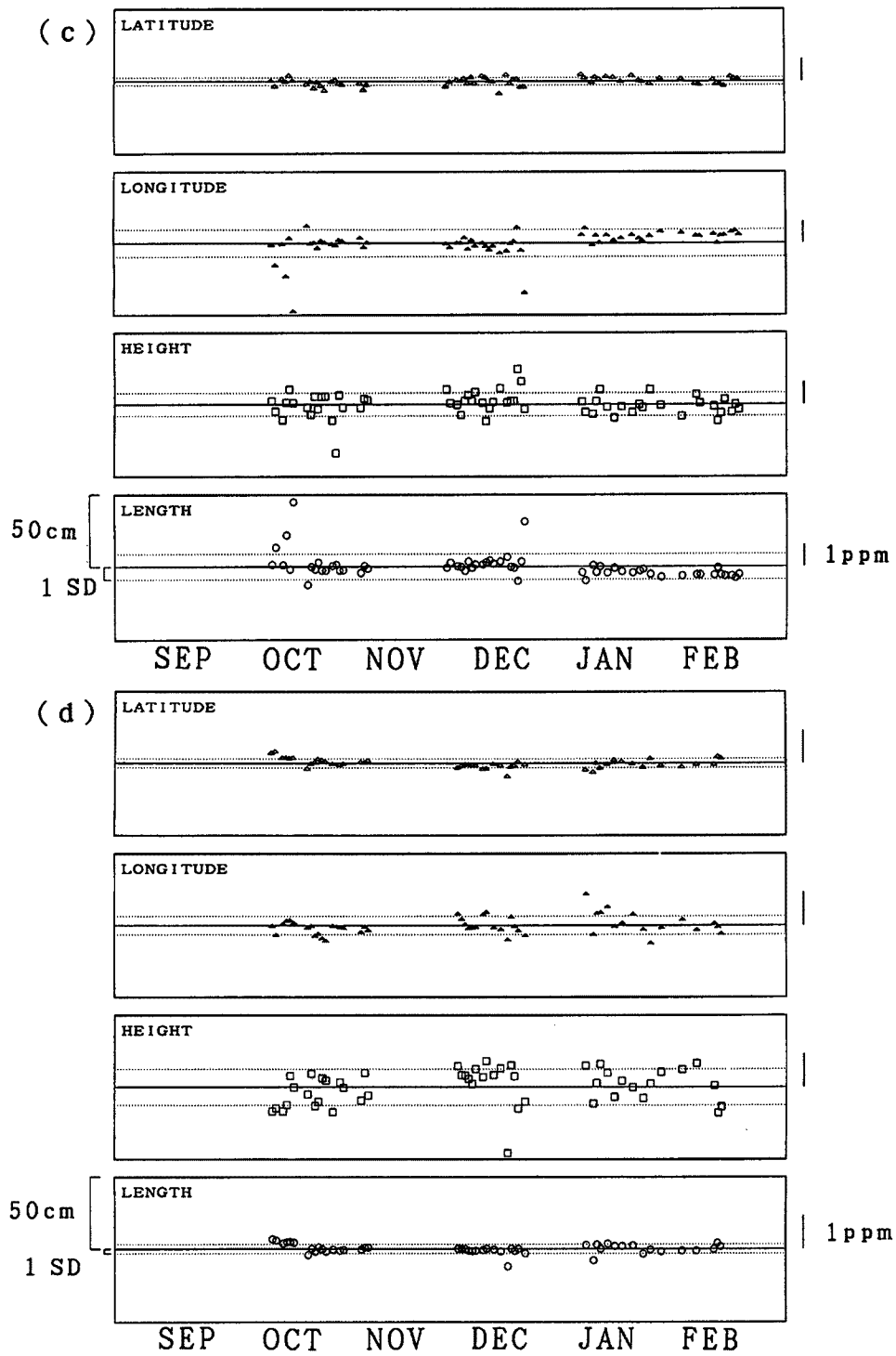


Fig. 2. (continued)

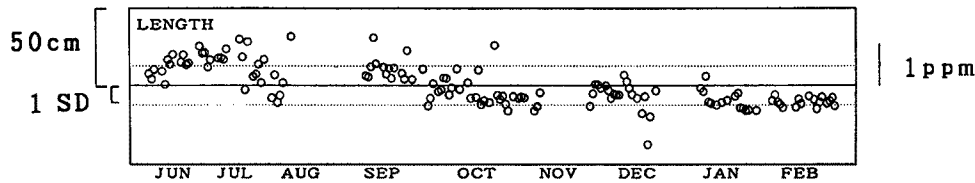


Fig. 3. Length change of KYT-KCH baseline from June 1990 to February 1991.

きるであろう。

短周期変化は、特徴(3)に述べたように、異なる基線間で相関を持つように見える。4基線すべてが求められている日のデータを用いて、京都—阿蘇基線と京都—高知基線との間の相関を Fig. 4(a) に示す。

この図には、基線長と他の3成分のそれぞれについて、平均値を中心にとり、それに対する偏差の相関が示されている。偏差はいずれも基線長に対する比 (ppm) で表わされている。基線長変化および3成分の変化のいずれにも、よい相関が認められる。

一方、京都—阿蘇基線と高知—鳥取基線の間について、同様のことを示したのが Fig. 4(b) である。各成分には、強弱の相違はあるが、相関がみられる。基線長変化において、あまり相関がみられないのは、東西方向の基線 (京都—阿蘇) と南北方向の基線 (高知—鳥取) とを比較しているためであると考えられる。

しかし Fig. 4 において、偏差分布が傾き 1 (または -1) の直線と少し異なることは、基線ベクトルの変化の大きさが必ずしも基線長に比例していないことを示している。これらの原因については、今後の問題である。

6. お わ り に

西南日本の4測定点 (京都、高知、阿蘇、および鳥取) で、GPSを用いた連日測定が、1990年9月より、1年間の予定で行なわれている。現在までの約半年間の解析が行なわれた。6カ月間の長期再現性は、南北成分で 0.2 ppm、東西成分で 0.4 ppm、高さ成分で 0.6 ppm である。また、それらの変化は、異なる基線間で相関を持つことがみだされた。その変化の大きさは、基線長に比例している傾向にあるが、基線の方角にも依存しているようである。異なる基線にこのような相関があることから、共通の変化を測定値から消去することができれば、GPSの測定精度は向上するものと思われる。

今後、測定を継続しつつ、測定精度の検討をさらに進めていく予定である。

参 考 文 献

- 1) HIRAHARA, K.: Southwest Japan GPS project-Philippine sea plate GPS project-, Proceedings of the Japanese Symposium on GPS (1989), 1989, pp.31-34.
- 2) 木股文昭・角野由夫・宮島力雄・奥田 隆・石井 紘・村田一郎・加藤照之・大久保修平・松本滋夫・平田安廣・綿田辰吾・三浦 哲・立花憲司・中尾 茂・仁田交市・金沢敏彦・矢吹哲一朗・芝崎文一郎・里村幹夫・佐々木祐治・臼井和平・藤井陽一郎・長坂健一・川合栄治・河合晃治: 相模湾 GPS 合同集中観測 (1988, 1989) —Trimble 4000 SD による観測と解析—, 測地学会誌, 第36巻, 1990, pp.155-167.
- 3) 木股文昭・臼井和平・中村 勝・宮島力雄・奥田 隆・角野由夫・藤井 巖・村田一郎・加藤照

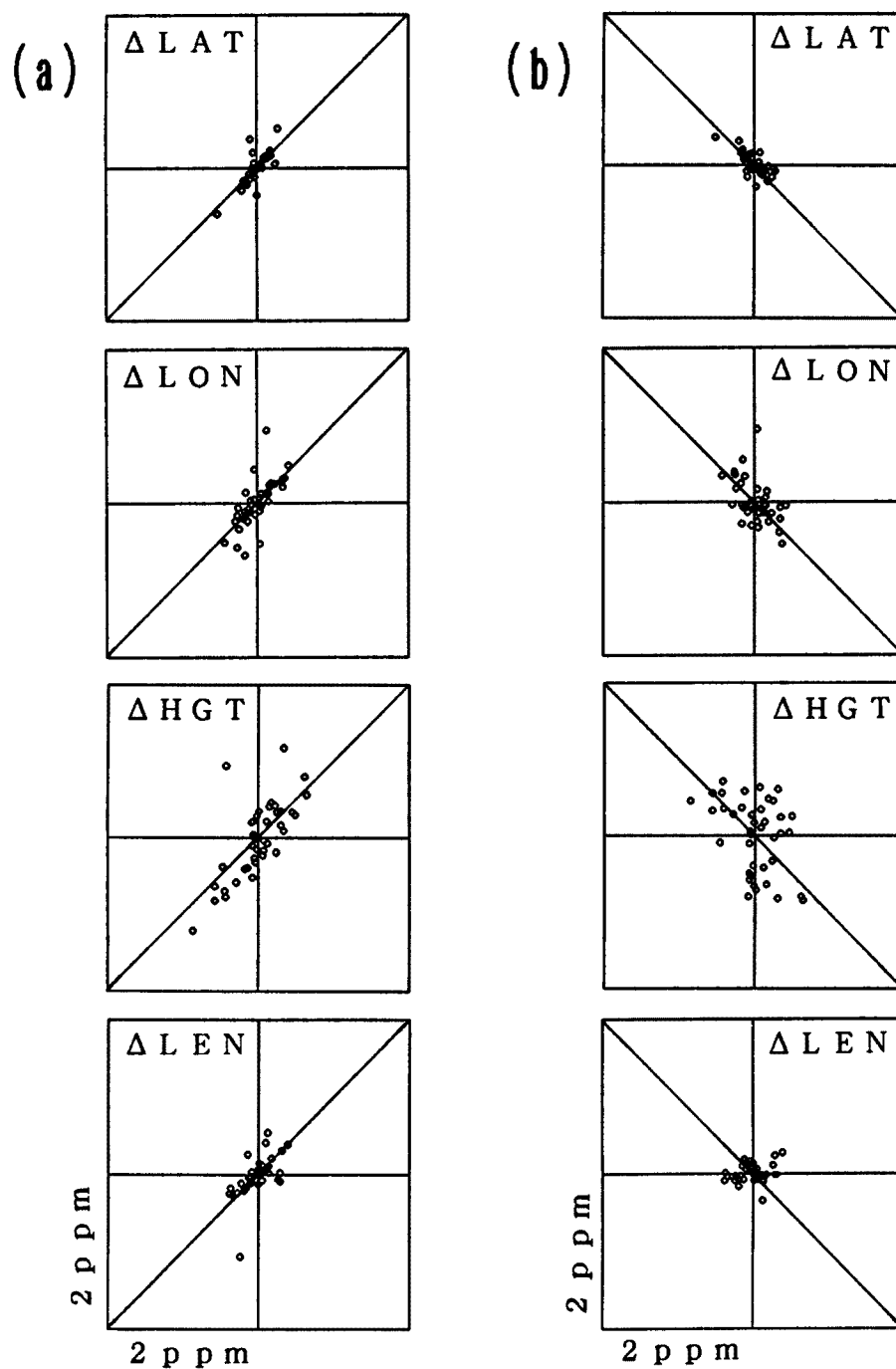


Fig. 4. Relations between changes of baseline vectors.
 (a) KYT-ASO baseline and KYT-KCH baseline.
 (b) KYT-ASO baseline and KCH-TTT baseline.

之・矢吹哲一郎・金沢敏彦・里村幹夫・佐々木祐治・藤井陽一郎・長坂健一・佐々木嘉三：中部・関東地域の南部における GPS 干渉測位，測地学会誌，第 36 巻，1990，pp.219-230.