

Selective Availability(SA)解除後の パソコンGPSの測位精度に関する研究

松田 浩朗¹・清水 則一²・工藤 洋三³

¹学生会員 修(工) 山口大学大学院 理工学研究科 博士後期課程 (〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1)

²正会員 博(工) 山口大学教授 工学部社会建設工学科 (〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1)

³正会員 工博 徳山工業高等専門学校教授 土木建築工学科 (〒745-8585 山口県徳山市久米3538)

安価なGPSセンサーをパソコンに接続したパソコンGPSシステムは、一般に測量に用いられているGPS受信機とは異なり、その測位精度から測量には不向きであると考えられている。しかし、測量に使用できる精度が実現できれば多方面に活用できる可能性を秘めている。本研究では、パソコンGPSを用いたシステムにおいて測位精度を向上させる方法を提案した。さらに、2000年5月1日のSelective Availability(SA)解除がパソコンGPSの精度にもたらす影響についても検討した。その結果、単独測位においてはSA解除により格段に精度が向上したことが確認された。また、測位精度を上げるために本研究で提案する相対測位による方法が有効であることを示した。

Key Words : differential GPS, portable GPS, Selective Availability

1. はじめに

安価なGPSセンサーをパソコンに接続したパソコンGPSシステムは測量には不向きと考えられている。一般に測量に用いられているGPS受信機は、GPS衛星から送られるデータだけでなく、搬送波の位相差などが出力され、位相計算などから、より高精度に測定を行うことができる。しかし、パソコンGPSは単独測位専用であるため、出力されるものは自身の座標のみである。2000年5月1日深夜（アメリカ東部時間）に、GPS測量に大きな影響を与える誤差の1つであるSelective Availability (SA)が解除された。これによって、単独測位の精度は向上したもの、依然として10m程度の誤差を有している。このことは、パソコンGPSでは、単独測位の精度以上は期待できないことを意味するものである。

こうした面がある一方で、パソコンGPSは一般的な相対測位用のGPS受信機に比べ非常に安価という利点がある。また、出力された結果を用いて複雑な計算を行うことができない反面、専用の解析ソフトも必要なく、コスト面では非常に優れている。このため、パソコンGPSを用いて高精度に測量を行うことが可能

であれば、多方面に活用が期待できる。安価なGPSセンサーは、カーナビゲーションなどのように、移動体を対象にしたものが多いが、測量に応用する場合は、一般に測定点が移動しないため、時間平均処理ができるという長所もある。

これらのことから、本研究ではパソコンGPSシステムにおいて相対測位を行う方法を提案し、測位精度を向上させる。さらに、SA解除がパソコンGPSの精度にもたらす影響について検討する。また、提案した方法の有効性を検討する。

2. システム概要

本研究で用いたシステムを写真-1に示す。システムにはGPSセンサー、ノートパソコン、発電機、および携帯電話を使用している。

GPSセンサーは、2万円程度（2001年現在）の安価なものを使っている。パソコンGPSは大別して、測位に使用するGPS衛星を指定するものと、測位に使用しない衛星を指定するものの2種類があるが、本研究は前者を使用した。これは、筆者らが以下に提案す

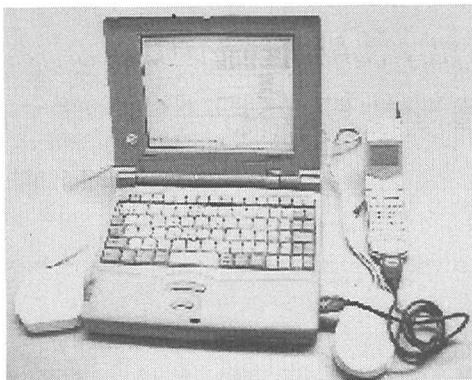


写真-1 システム

表-1 各測定点の座標¹⁾

	緯度 [北緯]	経度 [東経]	楕円体高 (m)
皇座山	33° 51' 11.252"	132° 8' 32.499"	555.72
大平山	34° 4' 24.330"	131° 37' 49.216"	661.46
太華山	34° 0' 30.767"	131° 49' 8.053"	418.77
とおの山	34° 3' 26.039"	131° 50' 39.598"	317.92

る測位方法を行うことが容易となるからである。測位方法については後述する。

本研究で作成した測位プログラムは、GPSセンサーから1秒ごとに outputされる110バイトの情報を分析し、ディスプレイに表示するとともに、必要なコマンドをセンサー側に送信する機能を有している。なお、GPSセンサーとの交信には、RS-232Cを使用した。また携帯電話は、相対測位の際の測定点間における交信、およびデータを転送する目的で使用した。データを転送することにより、擬似的にリアルタイム計測を行うことが可能である。

本研究における計測は、主に皇座山山頂(山口県上関町：国土地理院測地点番#253室津山、以下測定点A)と大平山山頂(山口県防府市：国土地理院測地点番#5787牟礼山、以下測定点B)の2点で行った。このうち皇座山山頂は山頂付近に灌木が茂る以外は視界が四方に開けており、三脚を用いてセンサーを三角点の1200mm真上に配置した。大平山山頂の三角点も比較的視界が開けているが、東西方向にテレビ塔が位置している。センサーを三角点の真上640mmの位置に配置した。この他、太華山山頂(山口県徳山市、以下測定点C)および、とおの山山頂(山口県徳山市、以下測定点D)の三角点を補助的に利用した。また、表-1にそれぞれの座標値を示す¹⁾。なお、表中の値はWGS-84測地系に基づくものであり、本研究ではこの値を真値として使用した。

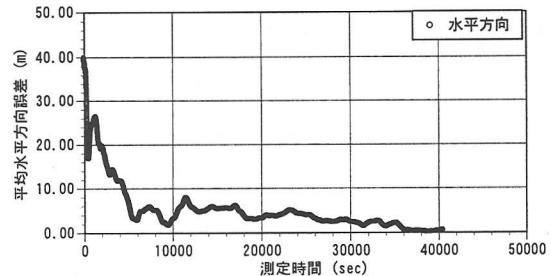


図-1 単独測位結果 (測定点B)

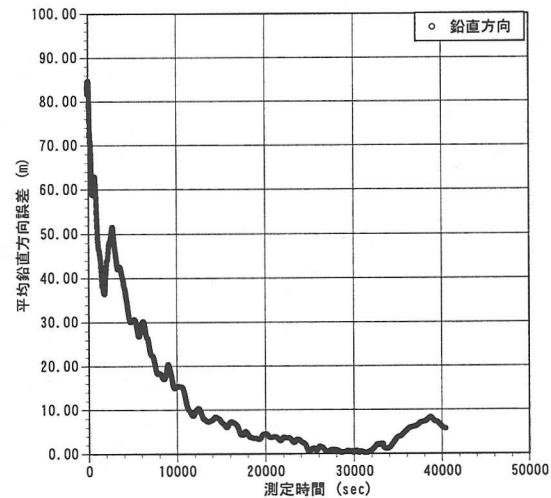


図-2 単独測位結果 (測定点B)

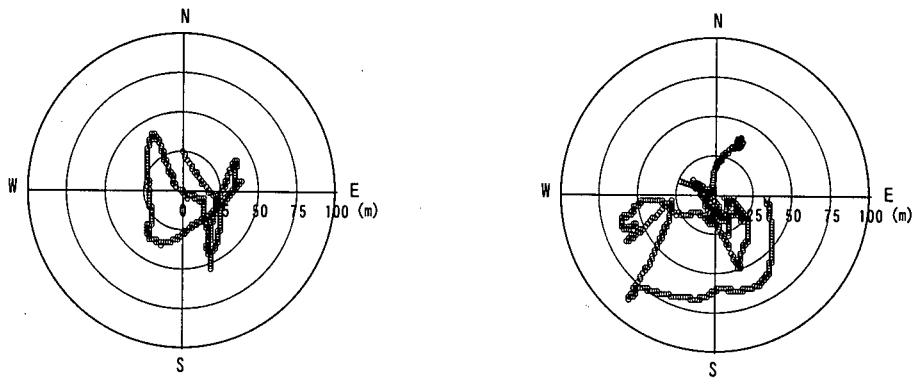
3. パソコンGPSシステムによる測位結果および方法の提案^{2),3)}

(1) 単独測位

測定点Bにおいて、パソコンGPSによる単独測位の精度調査を行った。これらの測定は、SA解除前に行ったものである。以下に結果を示す。図-1、および図-2に水平方向、および鉛直方向の測定時間に対する平均誤差を示す。これは、各測定時間における測定値と真値との差を合計して測定データ数で平均したものである。

水平方向の誤差は測定時間の増加に伴い誤差が減少し真値付近に収束しているが、約10時間もの測定時間が必要とした。鉛直方向についても測定時間の増加に伴い誤差が減少しているものの、平均誤差が真値に収束しなかった。

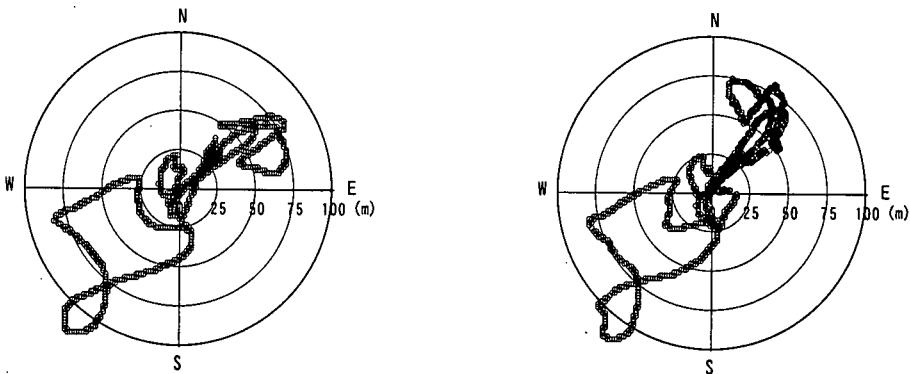
以上のことから、パソコンGPSを用いた単独測位では、測定値の平均により精度の向上がなされるものの、多くの測定時間を必要とするため、測量に用いることは困難であると考えられる。



(a) 測定点C

(b) 測定点D

図-3 相対測位結果



(a) 測定点A

(b) 測定点B

図-4 相対測位結果

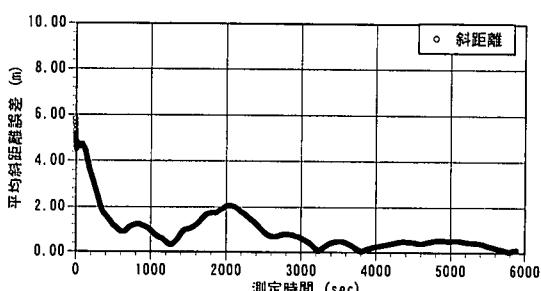


図-5 測定結果（測定点 A-B 間）

(2) 相対測位

測定点 C、および測定点 D 間において、パソコン GPS による相対測位の精度調査を行った。これらの測定も SA 解除前に行ったものである。図-3にそれぞれの測定点における水平面内の測定誤差の分布を示す。同図における円の中心は真値を示しており、中心から離れるほど誤差が大きいことを表すものである。例えば、円の右端に測定値がプロットされていると、測定値の誤差が方位角 90° 、つまり東方向に 100m であることを示す。図より、誤差の分布は両測定点で異なっており、単純に 2 点間の差分を取るだけでは正し

い値が得られないことを示している。

次に、測定点 A、および測定点 B 間において測定を行った結果を図-4 に示す。この測定では、測定に使用する 4 個の GPS 衛星を両測定点で同じものに固定している。これは、測定モードを GPS センサーに委ねるのではなく、測定する衛星を指定するモードを採用することによって可能である。

図より測定誤差の分布が両点で極めて類似している。GPS を用いた測位での測定誤差には、SA によるものや、衛星軌道によるものなどがあるが、同じ GPS 衛星を使用することで、これらの誤差が両点でほぼ等しくなったと思われる。これは、両者の差分を取ることにより大幅に誤差を軽減できることを示している。また、図-5 に計測結果から得られた測定点間の斜距離の誤差を測定時間に対して平均した結果を示す。図より測定時間が長くなるに従い測定誤差は小さくなり、1 時間を超えると真値付近に収束している。

(3) パソコン GPS システムによる相対測位の方法

前節で示したように、相対測位では各測定点で使用する GPS 衛星を固定することで、測定誤差の分布が

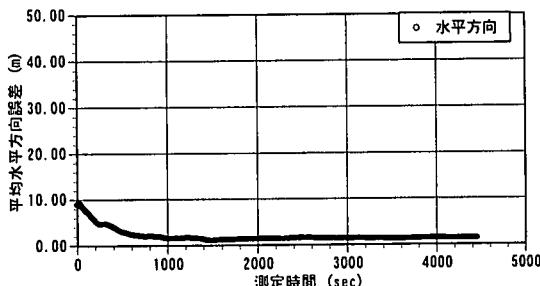


図-6 単独測位結果（測定点B）

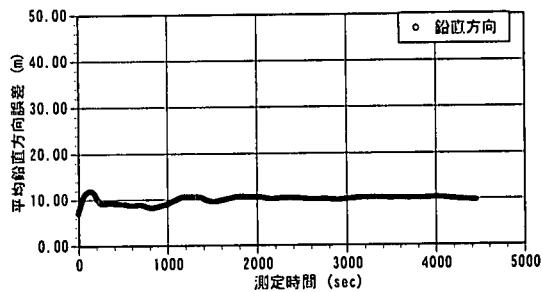
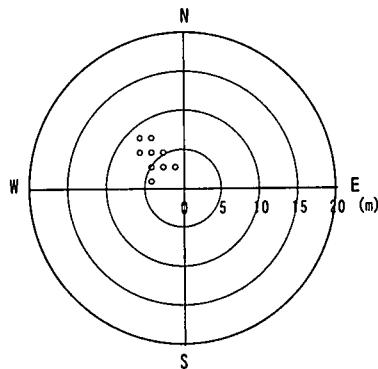
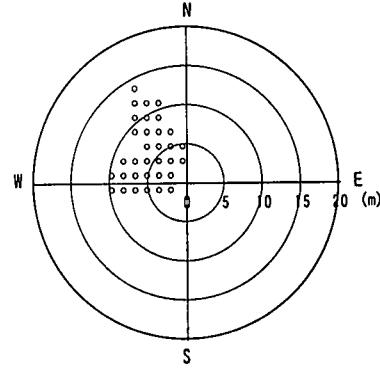


図-7 単独測位結果（測定点B）



(a) 測定点A



(b) 測定点B

図-8 相対測位結果

類似した。この結果を平均して得られた測定点間の斜距離は 53264.88m で、真値 53264.95m に対し誤差 0.07m(7cm) という結果となった。

以上のこととは、パソコン GPS を用いて相対測位を行う場合、各測定点において測定に使用する GPS 衛星を固定する方法により、測定精度を大幅に向上できることを示している。

4. SA 解除後の測位結果

(1) 単独測位

図-6、および図-7に測定点Bにおいて行った単独測位の結果を示す。SA解除前に比べ測位精度が格段に向上了している。また、水平方向では真値付近に収束するまでに必要な測位時間が約1/10となっている。しかし、SA解除前の結果と同様に、鉛直方向の誤差が真値付近に収束していない。

(2) 相対測位

測定点A、および測定点B間において、提案した方法により相対測位を行った。図-8にそれぞれの測定点における測位誤差の結果を示す。SAが解除された影響で、各測定点での誤差が小さくなっている。測定

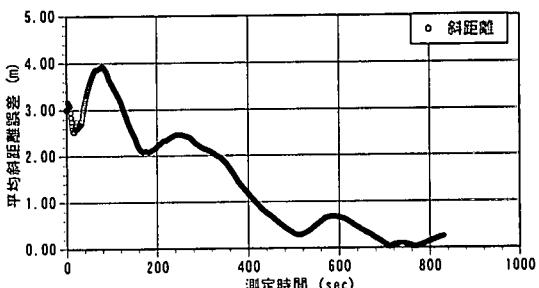


図-9 測定結果（測定点A-B間）

表-2 未知点の位置決定結果

	真値	測定結果	誤差
緯度 [北緯]	34° 4' 24.330"	34° 4' 24.306"	0.024"
経度 [東経]	131° 37' 49.216"	131° 37' 49.189"	0.027"
格円体高(m)	661.46	659.47	1.99

点Aに比べ、測定点Bの誤差が大きく分布しているのは、前述した測定点Bの地形的な要因と関係しているものと考えられる。また、図-9に計測結果から得られた測定点間の斜距離の誤差を測定時間で平均したものと示す。SA解除前の結果に比べ、測定誤差も小さく、また、真値付近に収束する時間も約10分と短くなっている。最終的に斜距離の結果は 53265.18m となり、真値 53264.95m に対し誤差 0.23m(23cm) となった。

(3) 未知点の座標決定

測定点Aの座標を既知、測定点Bの座標を未知と仮定し、測定点A、測定点B間において提案した方法により相対測位を行い、測定点Bの座標の測定を行った。この結果の測定時間は15分程度である。結果を表-2に示す。測定誤差は緯度・経度方向で約0.03秒、高さ方向で約2mとなり1/100秒レベルの結果が得られた。

5. おわりに

本研究では、安価なGPSセンサーを用いた測定システムによる相対測位を行う方法を提案し、その方法の有効性を示した。さらに、SA解除がパソコンGPSの精度にもたらす影響について検討を行った。

単独測位においては、SAが解除されたことにより、測位精度は向上し、真値に収束する時間も短くなったが、鉛直方向の結果が真値に収束しなかった。このことから、単独測位では測定時間を増やすことにより、精度を向上させることは可能であるが、精密な測量に適用するのは困難であると思われる。

相対測位においては、提案した方法により測定精度が向上し、この方法の有効性が示された。なお、マルチパスを防ぐために最良の測定場所の選択⁹⁾に注意す

ることが望ましい。SA解除の影響で単独測位の精度が向上したにもかかわらず、相対測位の精度が変わらなかった。これは、使用したGPSセンサーの分解能(緯度・経度方向:0.06秒、高さ方向:0.01m)によるものと思われる。この問題は、本研究で使用している分解能より小さい分解能を持つセンサーを使用すること、また測定時間を長くすることによって解決可能と思われる。

なお、未知点の座標決定を行った結果では、56km離れている測定点で、1/100秒レベルの結果が得られたことを追記しておく。

謝辞:本研究を遂行するにあたり、温品 康史氏(岩国市役所)、木原 薫氏(三井建設㈱)、梶山 淳氏(山口県庁)にご協力頂きました。記して謝意を表します。

参考文献

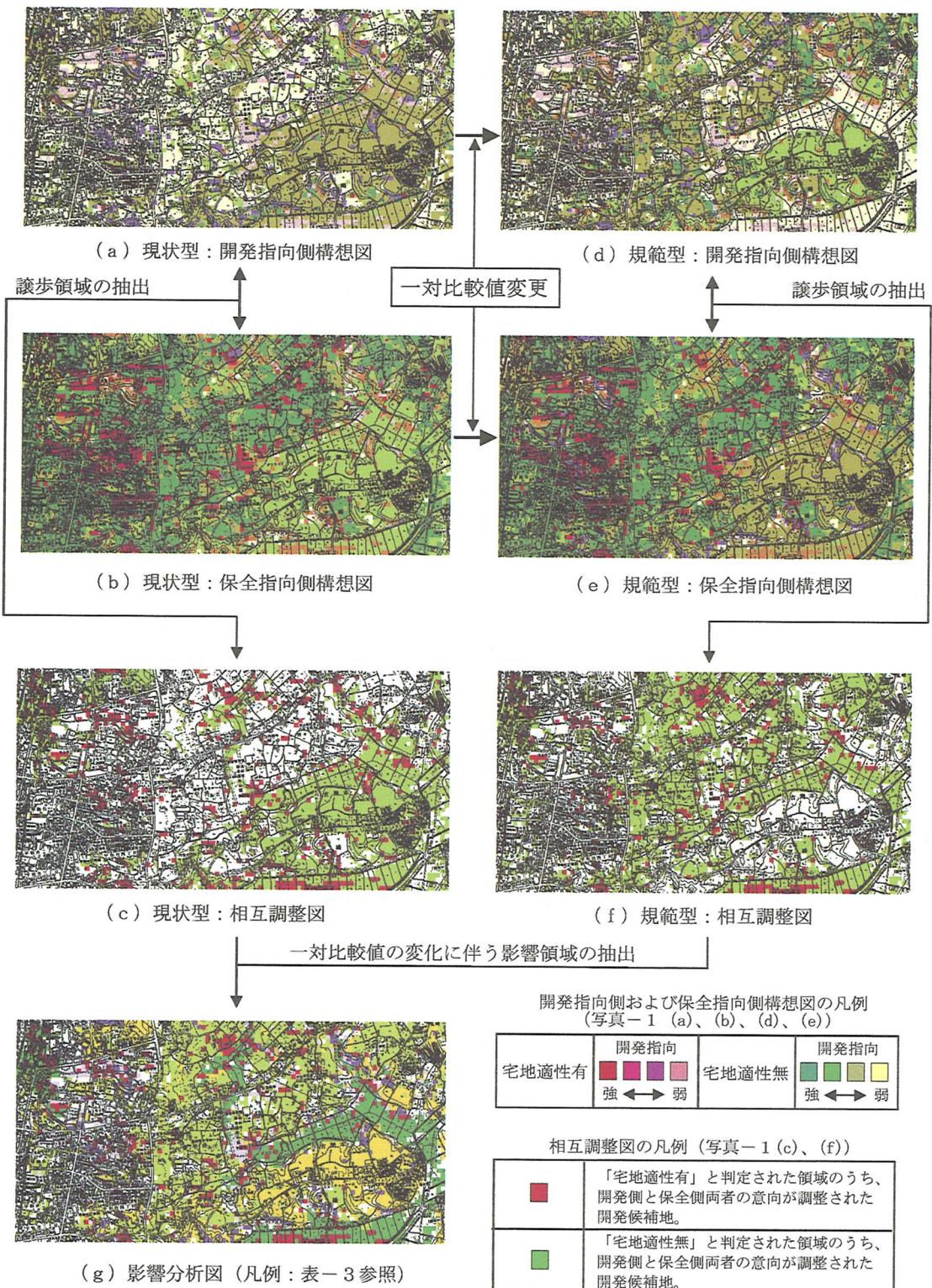
- 1) 建設省国土地理院編:基準点座標92、日本測量協会、1995.
- 2) 工藤 洋三、清水 則一、田中 隆司、松田 浩朗:ハンディGPSの測量への応用に関する研究、土木学会年次学術講演概要集、pp.58-59、1997.
- 3) Kudo, Y., Uchida, H., Shimizu, N., Matsuda, H. and Tanaka, T.: Application of portable GPS to practical surveying, Field Measurements in Geomechanics, pp.77-80, 1999.

(2001.4.9 受付)

STUDY ON POSITIONING ACCURACY OF PORTABLE GPS SURVEYING AFTER THE CESSATION OF GPS SELECTIVE AVAILABILITY(SA)

Hiroaki MATSUDA, Norikazu SHIMIZU and Yozo KUDO

Portable GPS has never been used in practical surveying because of its poor accuracy, but it has great potential for practical use due to its low cost equipment. We proposed a method to improve positioning accuracy in portable GPS surveying by adopting differential GPS in which four active signals from four satellites are fixed during the period of measurement at the two end stations. On May 1, 2000, the intentional degradation of the GPS signals, known as Selective Availability (SA), was turned off. This study aims to compare the results of the positioning accuracy before and after the cessation of SA. The experimental results indicated that our proposal of positioning accuracy is still applicable even after the termination of SA.



写真－1 影響分析図の作成（評価主題：（例）宅地開発）