

## 日本の 1/500 地図の精度は悪い？

### —FIG 技術大会に参加しての感想—

JFS 第 5 分科会委員長

(株) パスコ 塚原 弘一

5 月にモロッコで開催された FIG 作業週間 (Working Week) 技術大会に参加し、最新の Mobile Mapping System を使用した地図作成技術について発表する機会を得た。

発表内容は、日本で開発されたシステムを用い、GPS 衛星を十分受信できない条件下においても適当なランドマークを設置して行うことで、公共測量作業規程の定める 1/500 精度の測量は十分に達成可能であることを実証実験によって示したものである。

発表後の質疑の中で、たぶんヨーロッパのどこかの国から参加された技術者だと思うが、「25cm というのは本当に縮尺 1/500 の精度か？」と質問してきたので、「あなたはこの値が 1/500 地図の精度としては大きすぎると思っているのか？」と逆に聞き返すと「そのとおり。」という。各国で精度の尺度も違うし単純に比較できない、本当に比較するにはベンチマークテストが必要である、というようなことを説明したが、必ずしも納得を得られなかった。

当該セッションが終了した後にも、日本に興味があるという、モロッコの大学でリモートセンシングを専攻している女子学生がやってきて、25cm という値は大きすぎると言うので、「同じく精度といっても、SD や RMSE といった表現もあるし、それぞれの国で地図の取得基準や中身も異なる、そもそも、各国が言っている精度は建物や道路縁などの地物全体に亘った位置精度なのか、GCP のような点での精度で言っているのかわからない。私は測量屋で実際に作業をしているので、写真測量だけで各国が言っているような精度を出すのは疑わしいと思っている。」などと、相手がまだ学生なのをいいことに、自分が写真測量の経験が無いのを隠してまでも説得しようと試みた。彼女が納得していないのは顔を見れば明らかであった。

実のところ、私は写真測量の専門家では無いが、地図の精度には興味を持っている。先日も、たまたま、ヨーロッパ各国が地図作成や精度についてアンケート調査した結果報告を見つけて調べたことがあった。それによると各国は縮尺 1/500~1/2500 の地図を写真測量方式で作成しており、近年はデジタル化が進められている。縮尺 1/1000 に限って地図精度を見ると、その値は多くは 20~30cm 程度であり、日本に比べると格段に良い値が書かれてあった。わずかにイギリスとドイツが日本の値と比較できる程度の値を示しているが、それと

て日本よりは少し値が良かったと思う。してみると、今回、彼らが「1/500の地図精度が25cmというのは本当か？」と聞いてくるのは、しごく当然のことであった。

ここに至って、縮尺1/500に限らず、地図の精度は世界でどうなっているのか、日本の地図や測量の内容や手法は独自の進化を遂げた、いわゆる「ガラパゴス状態」になっていないのか、という心配が頭をもたげてきた。

まず、日本の公共測量成果である地図は、本当のところどの程度の精度があるのか、が検証されねばならない。これは10年以上も前の話なので、現在の状況に合っていないかも知れないが、ある調査業務の中で、1/500、1/1000、1/2500の公共測量成果について、表現された地物（道路及び建物）の座標をGPS測量で実測した値と比較したことがあった。この結果、それぞれ水平位置で25cm、75cm、175cmとしている要求精度について、平均値からのばらつき（SD）として見て、1/500の要求精度は実測で補わなければ実現困難なこと、1/1000では要求精度とほぼ見合っていること、逆に1/2500では、実際の地図の方が精度良く作成されていた。これは数少ないサンプルによる結果であったが、最近では、ネットワーク型RTK-GPSなどによって大量の検証点座標が取得できる状況なので、今こそ、きちんとした精度検証が行われるべきではないかと思う。

また、公共測量の地図作成における要求精度はどのようにして決められたのかということも今一度明らかにするべきだし、デジタル地図の時代に合わせて、もし必要ならば見直すことも必要であろう。聞くところによれば、現行の地図精度は、地図上での描画精度が原型になっていて、地図上で許容される転移の量などがその根拠になっているとのこと。

一方で、最近では地図作成のデジタル化が進み、各作成工程での許容精度も細かく規定され、例えば数値図化工程では、標定点で地上測量との座標差の許容誤差が縮尺1/500、1/1000、1/2500でそれぞれ15cm、30cm、75cmを標準とするなど相当に厳しい精度を課している。このような小さな誤差で標定された写真画像から得られる最終的な地図成果もヨーロッパ各国の言うような精度を有していても良さそうである。

言いたいことはこうである。我々日本の測量業界が測量の技術、システムあるいはノウハウを持って世界に出て行こうとする時に（これは政府が我々業界に要求している話である）、今のような状況では始めから全く相手にされない、官民挙げてこの誤解を解く努力をしていかないといけないということである。もしかすると、誤解でも何でもなくて、我々日本の地図精度は諸外国に比べて本当に悪いのかも知れない。

## The Development of Accuracy Maintenance Method for Mobile Mapping System (MMS) Data at GPS Invisible Area

Akihisa Imanishi, Kikuo Tachibana  
& Koichi Tsukahara

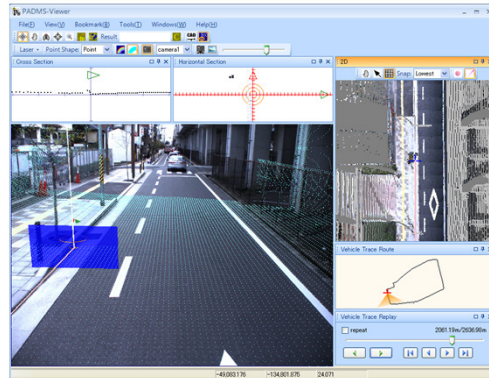
PASCO CORPORATION

## Mobile Mapping System



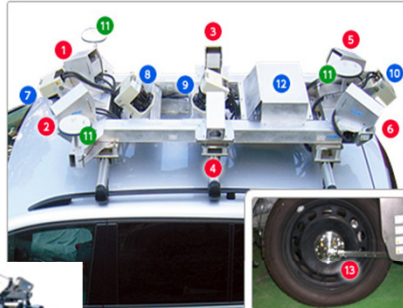
MMS (TYPE-S)

- High accurate 3D measurements
- Very dense imagery & laser points
- Easy & Safety operation



## MMS Sensor-unit installed on Vehicle

MMS (Type-X)



- 1 Camera(front; right)
- 2 Camera(front; left)
- 3 Camera(side; right)
- 4 Camera(side; left)
- 5 Camera(rear; right)
- 6 Camera(rear; left)
- 7 Laser scanner(front; downward)
- 8 Laser scanner(rear; upward)
- 9 Laser scanner(front; upward)
- 10 Laser scanner(rear; downward)
- 11 GPS antenna
- 12 IMU
- 13 Odometer



In-vehicle equipment



Operation screen



- Computer screen composition of operation
- ① Main screen
  - ② Error monitor
  - ③ GPS signal status

© PASCO CORPORATION 2010

- 2 -

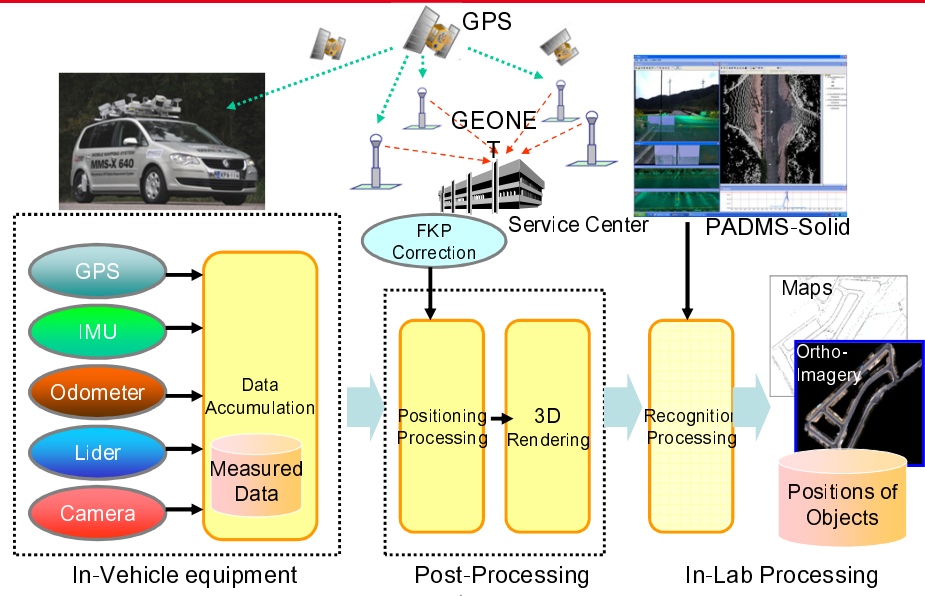
## MMS Specifications

Spec Item		MMS - X	MMS - S
Laser Scanner	Pulse Rate	13,500 points per second	
	Range	80 m	
	Scanning	75 per second	
	Sweep angle	180 degrees	
Camera	Pixel	5 Megapixels(2400x2000)	2 Megapixels(1600x1200)
	Shot interval	Up to 10 shots per second	Up to 11 shots per second
System	Laser Scanner	0,2,4 (selective)	0,2 (selective)
	Camera	0,2,4,6 (selective)	0,2 (selective)
	Vehicle	Volkswagen Golf Touran	TOYOTA Alphard Hybrid
Accuracy	Planimetric	Within 10 cm rms (absolute) Within 1 cm rms (relative)	
	Vertical	Within 15 cm rms (absolute)	
Data	Data capacity	Up to 8 hours	
	Imagery data	Up to 90,000 shots/camera	

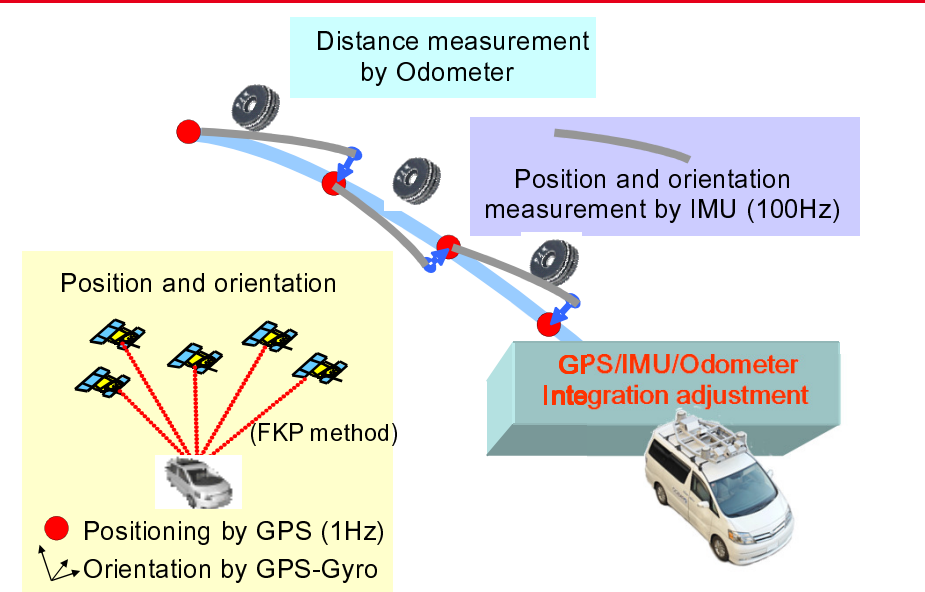
© PASCO CORPORATION 2010

- 3 -

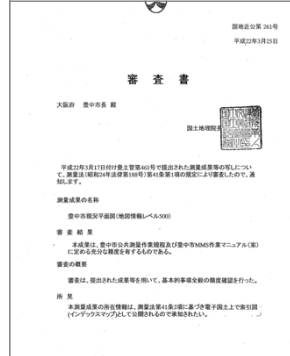
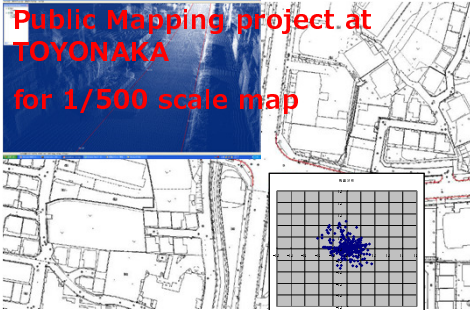
# MMS Data Processing Flow



# Positioning Processing



# Performance of MMS surveying

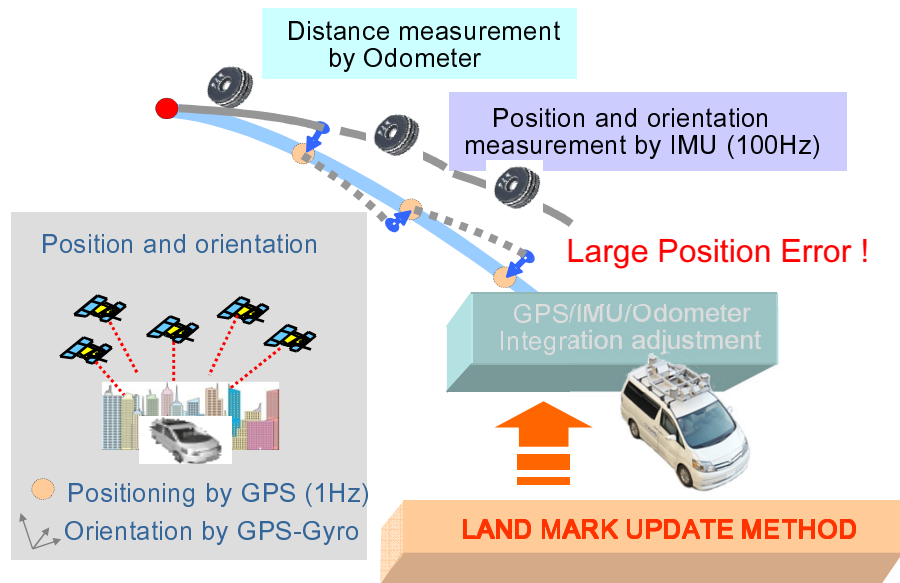


Certification of the authorized public survey result issued by GSI

By using MMS,

- Reduce cost and time of surveying tasks drastically
- Reduce risks of accident and/or trouble during field works

# Problems at Satellite Invisible Areas

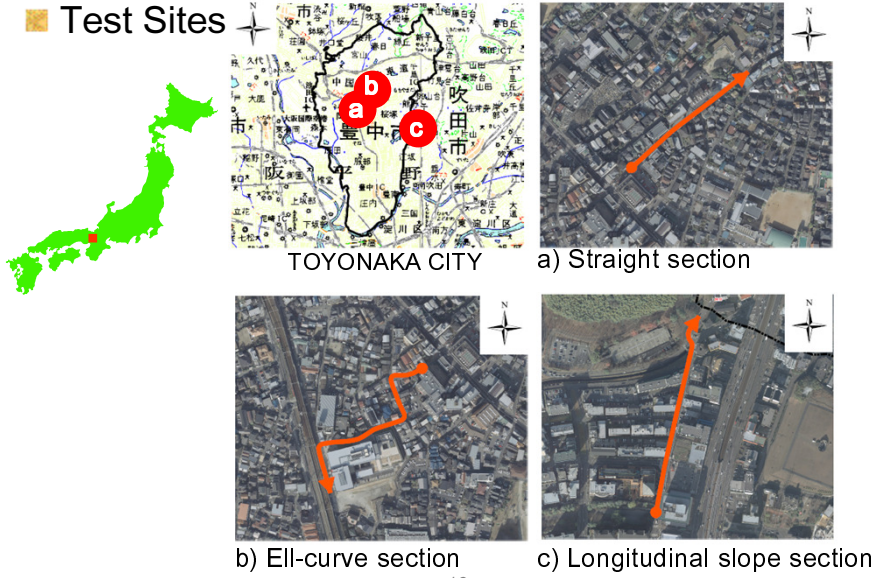






# Accuracy Investigation with LMU Method

## Test Sites



© PASCO CORPORATION 2010

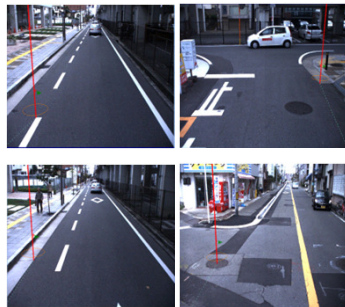
- 10 -

# Accuracy Investigation with LMU Method

## Land Marks and Check Points

selected to identify clearly in the imagery captured by MMS;

- ✓ Corners of parcel lines
- ✓ Manholes
- ✓ Corners or edges of gutters



## Outline of Field measurement (Average vehicle speed :40km/h)

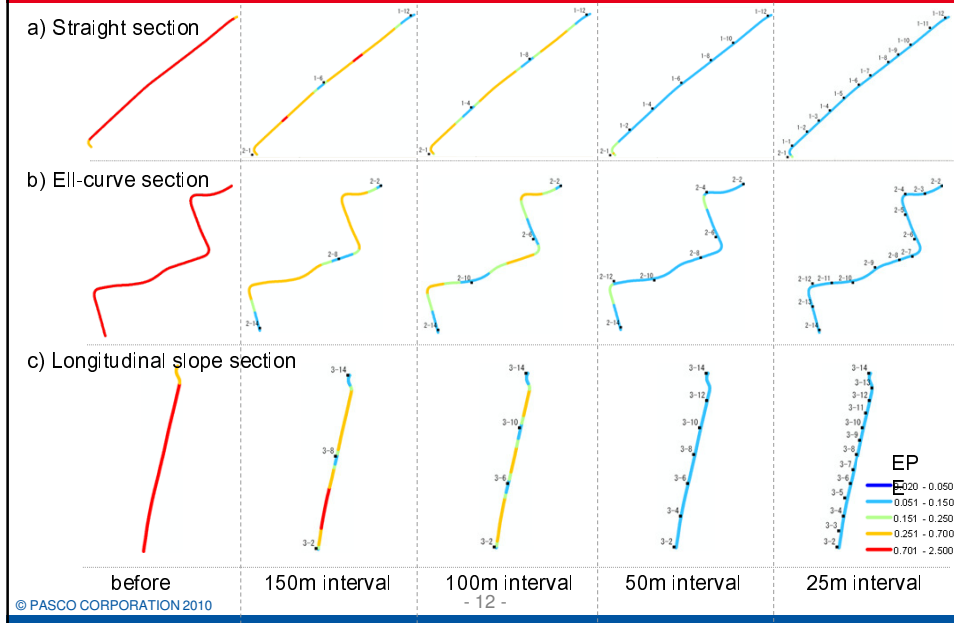
Test Field	Measurement Date	Route	Measurement Time	Estimated Posterior Error(EPE)
TOYONAKA CITY	18.Dec.2009	straight section	13 :07 :47 ~ 13 :08 :23	1.718m
		ell-curve section	12 :50 :02 ~ 12 :51 :15	1.710m
		longitudinal slope section	10 :35 :58 ~ 10 :37 :32	2.390m

© PASCO CORPORATION 2010

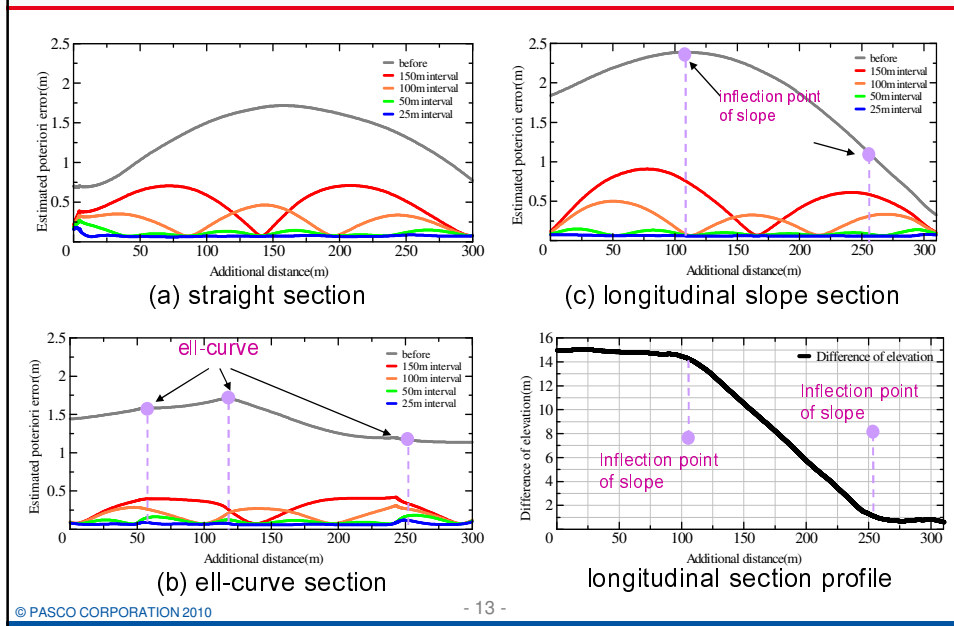
- 11 -



## Estimation of the accuracy by EPE



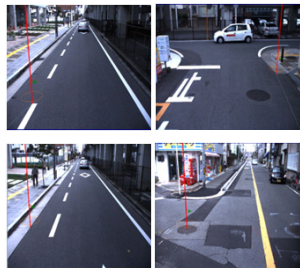
## Characteristics of EPE distribution



# Accuracy Investigation at Check Points

Check Points are settled on the halfway of the land marks

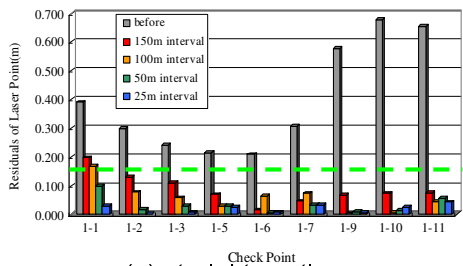
3D Residual =  
(Coord. on MMS cloud data)  
- (Coord. by GPS/TS)



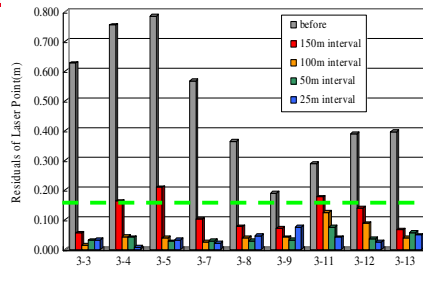
Check points for investigation

Route	Check Point	Before	150m interval	100m interval	50m interval	25m interval	
straight section	1-1	0.391m	0.197m	0.167m	0.099m	0.030m	
	1-2	0.300m	0.129m	0.077m	0.018m	0.003m	
	1-3	0.243m	0.109m	0.057m	0.029m	0.007m	
	1-5	0.215m	0.070m	0.029m	0.028m	0.024m	
	1-6	0.209m	0.015m	0.064m	0.005m	0.008m	
	1-7	0.308m	0.046m	0.073m	0.032m	0.032m	
	1-9	0.577m	0.067m	0.003m	0.010m	0.006m	
	1-10	0.679m	0.074m	0.006m	0.013m	0.025m	
	1-11	0.656m	0.075m	0.044m	0.055m	0.042m	
	ell-curve section	2-3	0.297m	0.113m	0.097m	0.113m	0.012m
		2-4	0.241m	0.189m	0.179m	0.046m	0.021m
2-5		0.061m	0.115m	0.079m	0.097m	0.074m	
2-7		0.178m	0.094m	0.056m	0.077m	0.023m	
2-8		0.166m	0.082m	0.099m	0.071m	0.051m	
2-9		0.181m	0.095m	0.038m	0.040m	0.014m	
2-11		0.305m	0.054m	0.046m	0.050m	0.017m	
2-12		0.494m	0.168m	0.155m	0.007m	0.059m	
2-13		0.518m	0.073m	0.079m	0.040m	0.022m	
longitudinal slope section		3-3	0.628m	0.054m	0.014m	0.030m	0.031m
		3-4	0.756m	0.162m	0.041m	0.041m	0.007m
	3-5	0.787m	0.209m	0.039m	0.026m	0.030m	
	3-7	0.568m	0.101m	0.025m	0.027m	0.020m	
	3-8	0.363m	0.077m	0.038m	0.027m	0.047m	
	3-9	0.189m	0.070m	0.041m	0.031m	0.076m	
	3-11	0.289m	0.176m	0.124m	0.075m	0.040m	
	3-12	0.390m	0.140m	0.087m	0.036m	0.025m	
	3-13	0.395m	0.066m	0.039m	0.057m	0.048m	

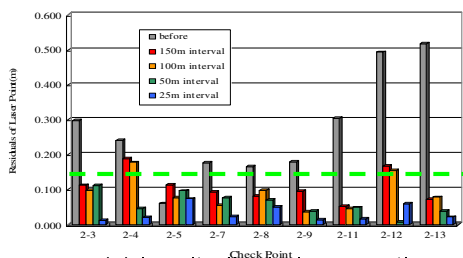
# Residuals of Coordinates at Check Points



(a) straight section



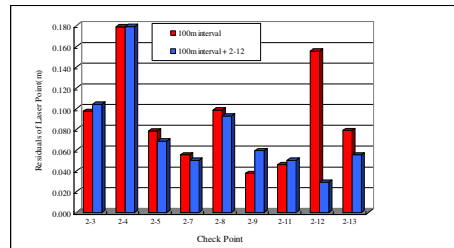
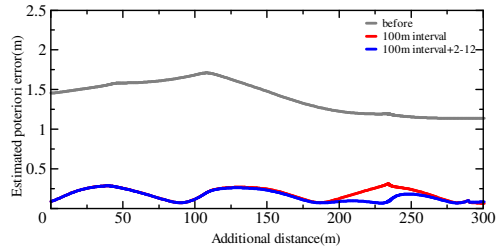
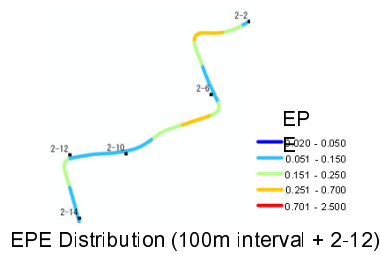
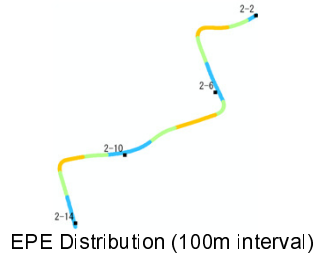
(b) ell-curve section



(c) longitudinal slope section

# Optimal Assignment of Land Marks

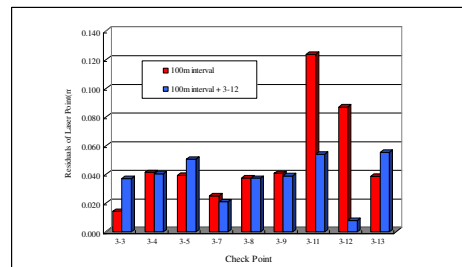
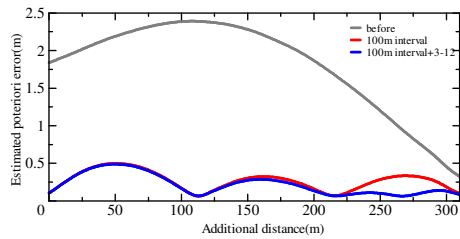
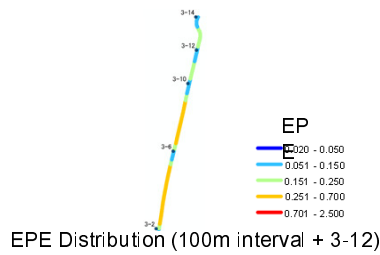
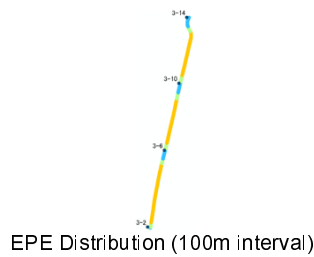
## (1) ell-curve section



3D Residual at Check Point

# Optimal Assignment of Land Marks

## (2) longitudinal slope section



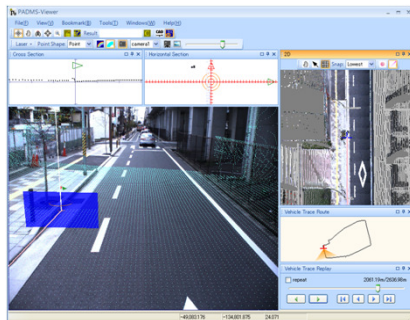
3D Residual at Check Point

## Optimal Assignment of Land Marks

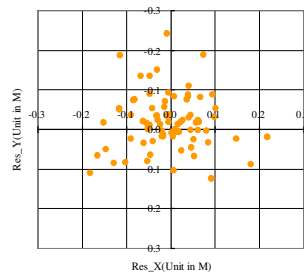
Optimal Assignment Method of Land Marks for GPS  
Invisible Area for MMS

Route	Optimal Assignment Method of Land Marks
Straight section	100m intervals
Ell-curve section	100m intervals and additional points near ell-curve
Longitudinal slope section	100m intervals and additional points at inflection point

## Accuracy Investigation of Mapping Data



Mapping point identification by using PADAMS-Solid



Distribution of mapping point residuals

**MMS data adjusted by LMU method have adequate accuracy for the official mapping project !**

	Res_X	Res_Y	Planimetric
RMS	0.074m	0.070m	0.102m
MAX	0.217m	-0.242m	0.242m
Reference Value			0.250m

## Conclusions and Future Works

Accuracy of MMS data maintenance method at GPS invisible areas was investigated.

We conclude,

- ✓ In case of standard data capture speed of 40km/h, 100m interval of land marks is sufficient.
- ✓ Additional land mark at inflection point (horizontal curve and slope) is effective to improve laser point cloud data accuracy.
- ✓ 1/500 scale mapping by MMS is available even under GPS invisible area.
- ✓ Optimal assignment method of land mark is useful for mapping of tunnels and other difficult areas for observation.

In order to examine more effective methods of assignment, it will be necessary to take into account of vehicle velocity as our future work.

# Thank You

World's Leading Geospatial Group



<http://www.pasco.co.jp/>