

巻末資料 2. 社会実験の実施報告

[1] アクティオ

(1) 実験の名称

空中写真測量用 GNSS マーカーを用いた UAV 写真測量及び基準点測量

(2) 要約

UAV を使用した空中写真測量に、対空標識として GNSS マーカーを使用。同マーカーを測量機として使用できるかの検討をする。（基準点測量）

(3) 実験の背景

今後、タイ国の建設業界における生産性向上は課題となる事項かと考えられる。日本が取り組んでいる i-Connstruction をタイ国でも普及させ建設業界の一助になりたい。弊社は、その中の測量分野に目を向けて本実験を行う。測量は様々な分野に精通しており、非常に重要な工程であるが専門性の高いものだった。そこで、測量業務を誰にでも高精度にできる技術をタイ国でも活用できないかと実験することに至った。

(4) 実験の目的

GNSS マーカーを使用して、高精度な空中写真測量を行い、測量の効率化及び高精度に寄与すること。

基準点測量が簡素化され、測量業務の効率化が図れること。測量業務を簡素化することで、タイ国での建設業における生産性向上に寄与すること。

(5) 実験の内容

(a) 対象地域



図 1 対象地域

(b) 実施期間

2019 年 8 月 27 日～29 日

(c) 使用機器

- ・ Phantom4 (DJI 社) 1 台 ※GISTDA より貸与
- ・ エアロボマーカー (エアロセンス株式会社) 6 台 ※GNSS マーカー



図 2 使用機器

(d) 使用した電子基準点システム

T-NET（株式会社トプコン）

(e) 実験の方法



図 3 実験場所全体図

【1-a】現場（SKP）内にある基準点から座標を求める方法



図 4 GNSS マーカーの設置状況

i) 準備

基準点 A にエアロボマーカー①を設置し、基準点 B にエアロボマーカー②を設置し、精度確認を行う。エアロボマーカーは基準点の上に置き、位置情報取得のために 30 分間置く。

ii) 計測

基準点の上に 30 分間置いたエアロボマーから、取得した位置情報データを抜き出し、SKP 内の基準点データと照合する。

【1-b】現場（SKP）近くの電子基準点補正データから座標を求める方法

・ GCPs not available in the periphery

Set Level 2 GCPs using GNSS monuments as the known points.

電子基準点を既知点として2級基準点を設置

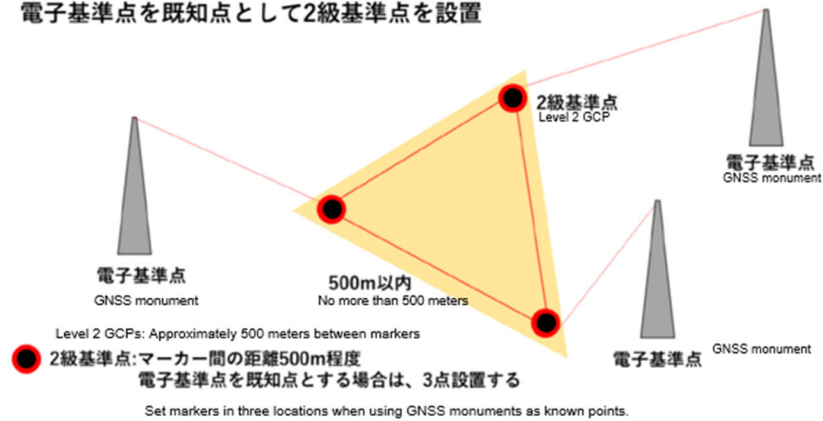


図 5 計測方法【1-b】

i) 準備

基準点 A にエアロボマー①を設置し、基準点 B にエアロボマー②を設置し、精度確認を行う。エアロボマーは基準点の上に置き、位置情報取得のために 30 分間置く。

ii) 計測

基準点の上に 30 分間置いたエアロボマーから、取得した位置情報データを抜き出し、SKP の基準点座標データと照合する。

【2】現場（SKP）周辺にある基準点から座標を求める方法



図 6 計測方法【2】

i) 準備

現場 (SKP) を囲うようにエアロボマーカーを 6 ヶ所に設置し、位置情報取得のために 30 分間置く。
エアロボマーカーが写るように空中写真測量を行う。

ii) 計測

Phantom4 を自動飛行させ、空中写真測量を行う。

UAV 飛行高度：60 メートル、画像ラップ率：90%/80%

(6) 実験の結果

【1-a】精度結果：X +2.0 センチメートル/Y +87.0 センチメートル/Z +23.0 センチメートル
⇒Y と Z の誤差が大きい

【1-b】精度結果：X +5.9 センチメートル/Y +2.5 センチメートル/Z +44.5 センチメートル
⇒Y と Z の誤差が大きい

【2】 精度結果：X 1.1 センチメートル/Y 2.0 センチメートル/Z 1.2 センチメートル
UAV 飛行距離：596 メートル/飛行高度：60 メートル (2.6 センチメートル/ピクセル) /
画像ラップ率：90%・80%/撮影した写真：65 枚

(7) 実験の考察

【1-a】

基準点 (GCP) の上にエアロボマーカーを置き精度確認を行ったが、この素材が金属からできており、エアロボマーカーと干渉した可能性がある。また、GISTDA より提供いただいた基準点座標の精

度が不明である。エアロボマーカーを電子基準点として使用できることが確認できたので、タイ国ですぐに使用できるという実験結果を得た。

【1-b】

ジオイドモデルを使用して高さ補正をしていないためだと考えられる。(ジオイドモデルがあれば、精度は±2.0センチメートル以内に収まる) 本理由により精度が出にくい可能性がある。

【2】

大変精度よく行うことができた。ここにタイのジオイドがあれば精度がよいのはそのままに、クラウドによる解析処理を速く終わらせることができる。

(8) 今後の課題

【実験結果に関して】

タイ国軍本部タイ王室調査部のホームページにある TGM2017 のダウンロードを試みたが、リンクが存在しておらず使用できなかった。本件から、TGM2017 のジオイドモデルが整備され広く共有されることで、良い精度の結果が出るようになる。

【輸出入に関して】

エアロボマーカーは位置情報を受信するのみで発信を行っていないため、無害である。

(9) 今後の展開

ジオイドモデルが適切に整備され、高い精度で結果が出るようになれば、弊社が目指す「誰でも簡単に高精度にできる世界」を可能にする。タイ国における本技術は非常に有効的だと考え、デモは積極的に行っていく。

[2] HII

(1) Title of the Social Experiment and organization name

Mobile Mapping System (MMS) and Continuously Operating Reference Stations (CORS) Combination for 3D Dyke Model Generation

(2) Abstract

Hydro-informatics Institute (HII) has a mission to develop and conduct research in Hydro-informatics technology and database, and publish and disseminate the works for the benefit of all in water management fields. Thailand has cooperated with Japan International Cooperation Agency (JICA) on “Request for selection of participant for technical visit to Japan, under JICA technical support for Knowledge and cooperation on the GNSS system development”. Under this cooperation, HII has implemented Mobile Mapping System (MMS) technology onto Social Experiment to promote Global Navigation Satellite System (GNSS) Continuously Operating Reference Stations (CORS) 's utilization and its application in Thailand. The roads are used as a flood barrier in Bangkok and its outskirt was selected to measure the elevation, create a visualization 3D model and compare accuracy with RTK in the experiment. The results of this experiment represent that MMS can obtain the ground elevation in the larger area and the different between RTK and MMS show on 0.386 Root-Mean-Square Error (RMSE).

(3) Background

In order to handle water disaster, it is necessary to have specific tools and technologies which could collect data quickly, accurately, precisely, and could be met with the users' need. The tools and technologies must generate outcomes that support disaster preparedness and decision-making process. Steps in preparing for water disaster risk reduction must begin with the measurement of ground elevation. Presently, HII uses Static and Real-Time Kinematic (RTK) methods to survey which is highly accurate and useful, but in a larger scale surveying, these methods are time-consuming and labor-intensive. Therefore, MMS has been developed for improving ground-level observation which is significantly faster than the present methods. Application of MMS on water resource management is one of the main objectives of this project. This project aims to find the suitability and limitation of MMS method for effective outcomes that could represent the overall condition of particular area.

(4) Objectives

- (a) To find suitable methods in observing water ridge elevation by using MMS and CORS data.
- (b) To compare the differences set of water ridge elevation data that derived from MMS and RTK.
- (c) To create three-dimension water ridge model around Bangkok and outskirt area.

(5) Contents of the social experiment

(a) Target area

The target area is Bangkok and its outskirt, which can be separated into two parts. Firstly, the highway along the Western Rapphaphat canal was selected as a study area to compare ground elevation observation derived from MMS and RTK, which is the total 14 kilometers survey distance. Another, the western-eastern ring road of Bangkok and Paholyothin road (Zeer to Bang Pa-in) was selected to observe ground elevation by MMS because of these roads as a flood barrier of central Bangkok, which the total survey distance is approx. 100 kilometers. (See the observed map in 図 7)

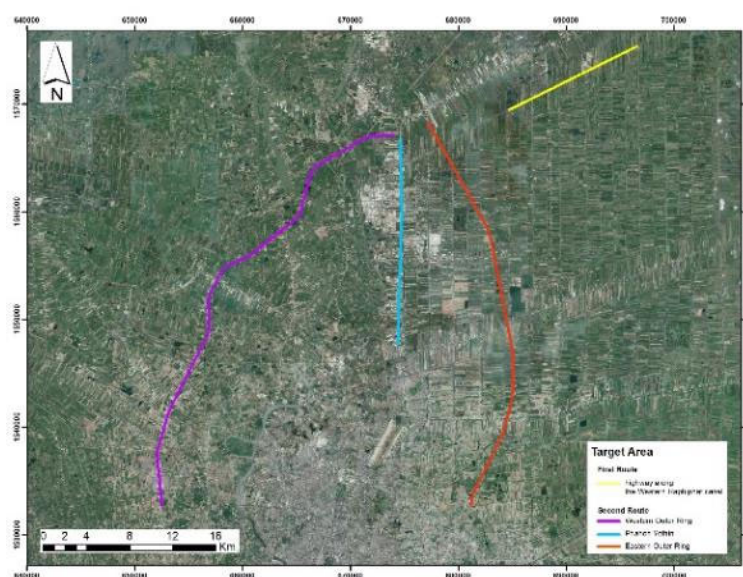


図 7 Target area: Highway along the Western Rapphaphat canal (Yellow) and the western-eastern ring road of Bangkok and Paholyothin road (Violet, Orange, and Blue respectively)

(b) Period of the social experiment.

1 May 2019 -31July 2019

(c) Equipment used

i) Mobile Mapping System (MMS)

- Including multi-sensors; (1) Ladybug 360° spherical camera (2) Laser Scanner, (3) GNSS+INS receiver and Dual Antenne is shown in 図 8



図 8 HII MMS

ii) GNSS Receiver for RTK

Leica GS10 as a multi-frequency receiver is used to survey RTK method.

(d) Precise Positioning Data used

- (a) GNSS receiver of MMS is multi-frequency and GPS+GLONASS receiver.
- (b) GPS+GLONASS Rinex observation data from THAI HII CORS for post-processing with MMS data. The coverage area of HII GNSS CORS Network is shown in 図 9.
- (c) HII GNSS CORS Network server transmits RTCM correction stream for the virtual reference station (VRS) as correction data to Leica GS10 rover via 4G network for RTK surveying.

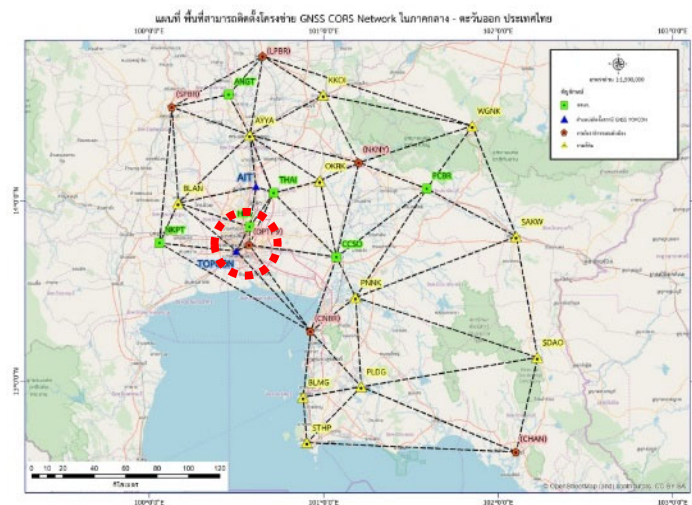


図 9 HII GNSS CORS Network

(e) Methods of the social experiment

i) Ground elevation survey and data collection

- The target area is selected for this ground elevation observation, and it is separated into 2 sections for supporting 2 objectives as mention in Target area part. Then, the survey plan is set up.

- RTK observing method which positioned every 200 meters of the highway along the Western Rapphaphat canal, that VRS concept is used to access correction services from HII GNSS CORS Network via 4G network.
- After that, MMS drove approx. 60 kilometers/hour to scan all target areas.

ii) Data processing

- Because of having multi-sensors on MMS, it creates different types of data. Step of post-processing starts at combination all of the data from MMS including positioning data, Point Cloud data and also observation data from THAI HII CORS.
- Then, the processed MMS data of the highway along the Western Rapphaphat canal are selected to compare elevation with RTK. Before that, Thailand Precise Geoid Model 2017 (TGM2017) was adjusted to the RTK and MMS data in order to convert ellipsoid height to orthometric height (above Mean sea level: MSL height).
- Finally, the processed MMS data of the western-eastern ring road of Bangkok and Paholyothin road are used to create 3D visualization and profile leveling map.

(6) Results

The results would be summarized based on the objectives. The three key results of this project are:

i) Suitable water ridge elevation methods that align with MMS

- One of the main goals of the project is applying MMS to collect the data and adjusting with observation data from HII GNSS CORS. MMS obtained the multi-data including lidar data from Velodyne, the trajectory from IMU and GNSS, and high resolution image from Ladybug. Finally, MMS achieved the total 120 kilometers. survey distance within 6 hours, and MMS observing method scanned all the points past by vehicle at speed of 60 kilometers/hour.

ii) Comparative of water ridge elevation between MMS and RTK methods

- In this part, the height above MSL of parallel Rapphaphat canal road derived from the two methods for comparison. The RTK method provides more accurate data thus RTK data as the reference. The results of ground elevation of MMS are almost equal, and the trend of both shows in the same way. Moreover, Root-Mean-Square Error (RMSE) between two data sets was 0.386.



図 10 Comparative ground elevation results by RTK (Green) and MMS (Red)

iii) Three-dimension results of water ridge elevation along Bangkok's highway

- The process of data collection is done by MMS along the routes (The western-eastern ring road of Bangkok and Paholyothin road). The results are represented in Point Cloud in LAS file format by combining data from multi-sensors, then it was post-processing by observation data from THAI HII CORS to increase the position's accuracy. Moreover, the visualization 3D results are generated in this project as 図 11 (Left). The profile of water ridge elevation is created on MSL, and this result can describe the degree of elevation from the three different roads are varied. In 図 11 (Right), as Phahon Yothin road (mark in light blue) is at the lowest elevation points as compare to Western Outer Ring and Eastern Outer Ring. Phahon Yothin road is considered as a hazard area.

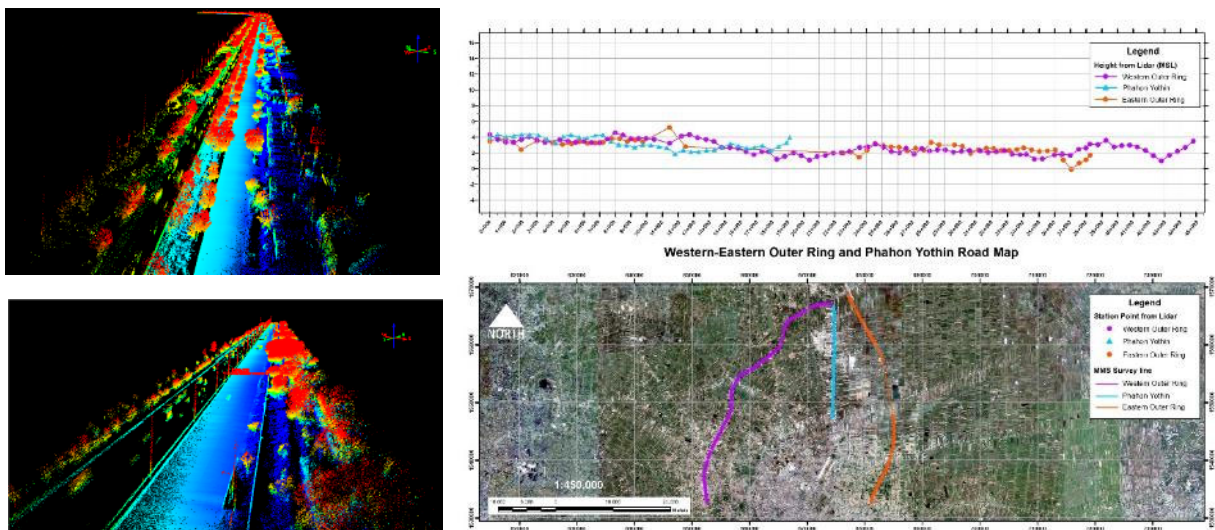


図 11 (Left) Example of visualization 3D model (Right) the Western – Eastern Outer Ring Road and Phahon Yothin Road Profile leveling map

(7) Discussion

While not all of the results were significant, the overall direction of results indicated that MMS could be helpful

to collect the data because of the efficiency of MMS. It supported a large scale area survey faster than other methods, which was 120 kilometers survey distance within 6 hr. while RTK method requires a longer surveying period. Time-consuming from MMS measurement is shorter than RTK 12 times. Depending on the condition of each work. In addition, the result of comparison of height from MMS and RTK method, it was found that the result from both systems showed the trend in the same direction and 0.386 RMSE. Since the MMS will visualize the outcome in 3D data such as watergates, width, and height of canals and obstacles, it helps to illustrate the overall image of the area for better management and immediate response.

MMS is more preferable for disaster preparedness. MMS could interpret the changes in ground elevation and easier to detect and determine the water overflow and the direction for draining water. In the future, the data from MMS will be an effect of different ways of water management.

(8) Issues for the future

- Bangkok and outskirt areas will be considered to collect the data for further analysis.

(9) Future Developments

- Performance of processing system to deal with huge data of MMS
- Automated filtering data system will be developed to support faster a result generation.

[3] Iwane Laboratories (Thailand) Ltd.、株式会社岩根研究所

(1) 実験の名称

CORS ネットワークを用いたモービルマッピングシステムの精度評価

(2) 要約

タイ国内の SKP (Space Krenovation Park : 科学技術センター) 敷地内において、弊社のモービルマッピングシステム (IMS3) に GNSS を搭載して走行撮影を行い、電子基準点 CORS ネットワークを用いて車両の走行軌跡データを取得することにより、CORS ネットワークが弊社が提供する 3D 座標付き CV 映像の生成に有効活用できることを確認した。

(3) 実験の背景

弊社は、独自開発の画像型モービルマッピングシステムを保有しており、必要なエリアのデジタルコンテンツを必要な時期に収集することが可能である。収集した全天球映像をクラウドにアップロードすれば、弊社の Web アプリケーションを介してパソコンやタブレット端末から映像と関連データを共有できる。映像は AI とも非常に相性が良いため、映像内の対象物をその位置座標とともに自動認識するアルゴリズムも現在開発している。こうした技術は自動運転のベースとなる 3D 地図の生成および更新にも利用できる。弊社の技術およびサービスをタイ国内でより普及して行くために、CORS ネットワークの活用は非常に有益であると期待できる。

実際に弊社グループは、タイ国内において以下の政府機関で実績があり、その規模は延べ 6 万 km 以上に及ぶ。

- 高速道路局 : DOH [Department of Highway]
- 地方道路局 : DRR [Department of Rural Road of Thailand]
- 公共事業局 : Department of Public Works and Town & Country Planning of Thailand
- バンコク都交通局 : Traffic and Transportation Department : BMA of Thailand

今後のこうしたプロジェクトの履行においても CORS ネットワークの利用は極めて有効であると見込まれるため、今回の実験参加を、弊社のモービルマッピングシステムを CORS ネットワークにより適した形に改良する契機としたい。

(4) 実験の目的

CORS ネットワークを用いて都市部と郊外部における CV 映像の精度を検証する。

(5) 実験の内容

(a) 対象地域

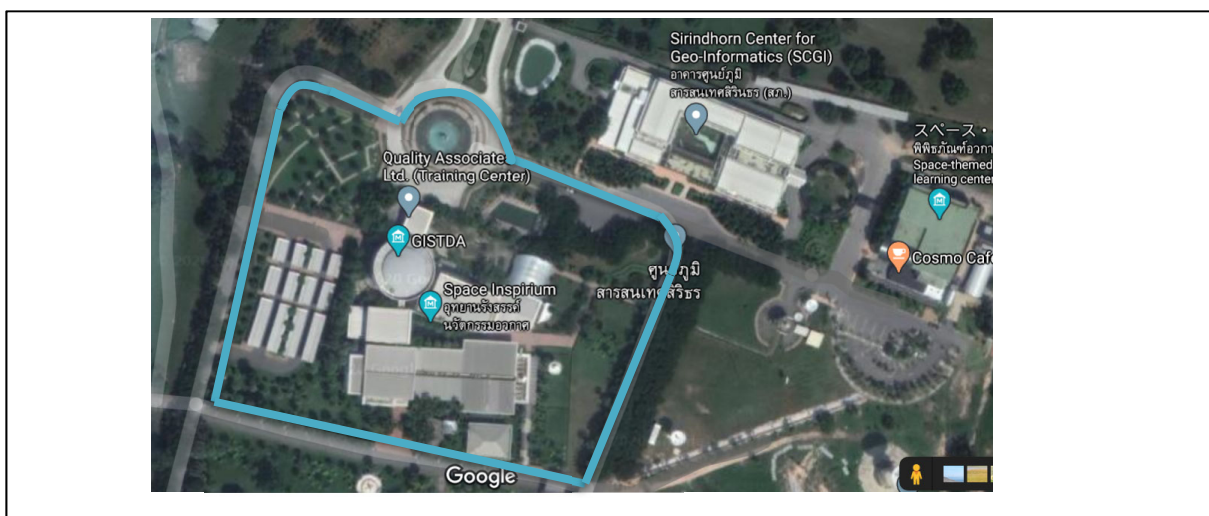


図 12 対象地域（SKP 敷地内：走行延長：約 2.3km）

(b) 実施期間

- 走行撮影およびデータ収集：2019 年 8 月 14 日（12:00～14:00）
- CORS ネットワークからの RINEX 形式ファイルの入手：2019 年 8 月 26 日
- データ処理作業：2019 年 8 月 27～28 日

(c) 使用機器

- モービルマッピングシステム（IMS3） 次頁写真参照



図 13 Iwane Mobile Mapping System 概観 (IMS3)



図 14 GNSS: Novatel PwrPak7-E1

(d) 使用した電子基準点システム

CORS ネットワークからの RINEX 形式ファイルを用いて後処理作業を実施した。

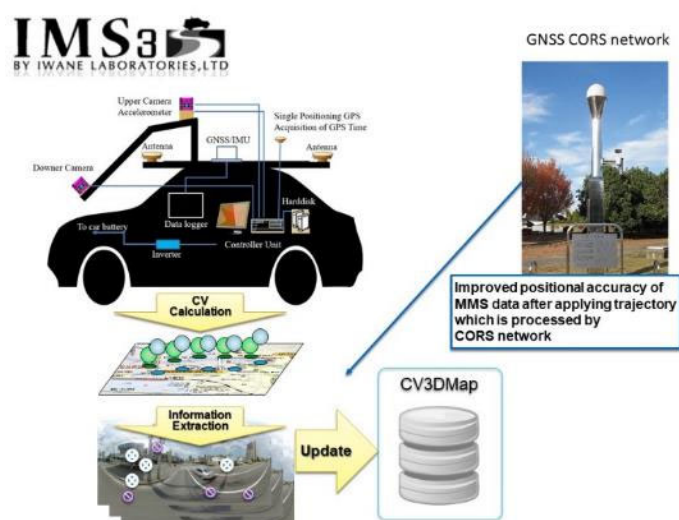


図 15 解析概念図

(e) 実験の方法

i) 準備

- 車両への機材のセットアップ・キャリブレーション
- データ収集エリアの選定
- 走行撮影によるデータ収集
- CORS ネットワークからの RINEX 形式ファイルのダウンロード
- データ処理の実施
- 精度結果の確認

ii) 計測

- データ収集
- CORS ネットワークから得られた RINEX 形式ファイルを使用してデータ処理を行った。
- GNSS データのみを使用してデータ処理を行った。
- CORS ネットワークを利用した場合と GNSS データを利用した場合の精度比較

(6) 実験の結果

CORS ネットワークより得られる RINEX 形式ファイルの利用は、現場で固定局を設置して回る従来の手法（2014 年に SKP 内で実施）に比べて作業量が大きく軽減され、作業効率が上がり、非常に快適

であった。また、RINEX 形式ファイルの処理手順は想像以上に容易であり、精度も高く、弊社モバイルマッピングシステムの使用においても高精度を確保できるであろうことが確認された。

表 1 Inertial Explorer (Ver.8.70.6404) による走行軌跡データ

エポック数	Total in GPB file	14,489
	No processed position	9,574
	Missing Fwd or Rev	798
	With bad C/A cod	0
	With bad L1 Phase	0
測定 RMS 値	L1 Phase	0.0213 (m)
	C/A Code	0.93 (m)
	L1 Doppler	0.081 (m/s)
Fwd / Rev 分離 RMS 値	East	0.068 (m)
	North	0.077 (m)
	Height	0.400 (m)
wd / Rev Sep. RMS デュアル FWD / REV 修正用 (2337 occurrences)	East	0.017 (m)
	North	0.019 (m)
	Height	0.050 (m)
品質番号の割合	Q1	55.7%
	Q2	34.3%
	Q3	9.9%
	Q4	0.0%
	Q5	0.0%
	Q6	0.0%
位置標準偏差の割合	0.00 - 0.10 m	88.1%
	0.10 - 0.30 m	11.9%
	0.30 - 1.00 m	0.0%
	1.00 - 5.00 m	0.0%
	5.00 m + over	0.0%
DD_DOP が 10.00 を超えるエポックの割合	DOP over Tol	3.00%
ベースライン距離	Maximum	41.944 (km)
	Minimum	0.059 (km)
	Average	11.973 (km)
	First Epoch	41.944 (km)
	Last Epoch	0.059 (km)

(7) 実験の考察

CORS ネットワークは想像以上に多くの分野で有用であることが判明したが、特に測量分野の業務における有用性が顕著であると考えられる。

(8) 今後の課題

撮影および CV 映像を生成するためのデータ処理をより容易かつ迅速にするために、常時、最新機器情報を収集しつつ、撮影機材およびその構成を改良するとともに、関連ソフトウェアのバージョンアップにも取り組む。また、撮影やデータ処理作業はもとより、課題発生時の保守対応をも実施できる実務の組織体制を構築する必要があると考える。

(9) 今後の展開

今回の実験を通して CORS ネットワークの有効性が確認されたため、今後はタイの市街地、郊外双方の実フィールドにおける自主実験を行いつつ、政府系プロジェクトならびに自営によるタイ国全土の 3D マップ整備に本ネットワークを積極的に活用して行きたい。

[4] 株式会社快適空間 FC、PASCO (Thailand) Co., Ltd.

(1) 実験の名称

UAV レーザ計測による災害状況把握に資する基礎データの精度評価

(2) 要約

本実証実験は、SKP (SpaceKrenovationPark) 敷地内とシラチャ市内 (図 16 参照) において UAV 搭載型レーザ計測システム (以下「UAV レーザ」) 及び車両搭載型レーザ計測システム (以下「MMS」) の移動体計測システムを使用して三次元データを取得し、位置精度と三次元データの取得状況に関する評価を行い、防災分野での利用に資するデータかを確認した。

(3) 実験の背景

タイ国内では、短時間豪雨により 1 m 程度の冠水を受ける地域が点在しており、住宅への浸水や主要道路の通行止めなど市民生活に大きな影響を与えている。高精度な面的な三次元データを取得することにより、冠水の恐れのあるエリアの抽出や調査・設計に活用できるデータを整備できることが期待できる。

(4) 実験の目的

本実験のスキームをタイ国内における防災計画や公共事業へ適用することで、調査段階から設計段階への工期短縮および事業の高度化が図れるかの検証を目的とした。

(5) 実験の内容

(a) 対象地域

実証実験を実施した位置図を図 16 に示す。左図はシラチャ市内での MMS 計測、右図は SKP 内での UAV レーザ計測の実施範囲図である。

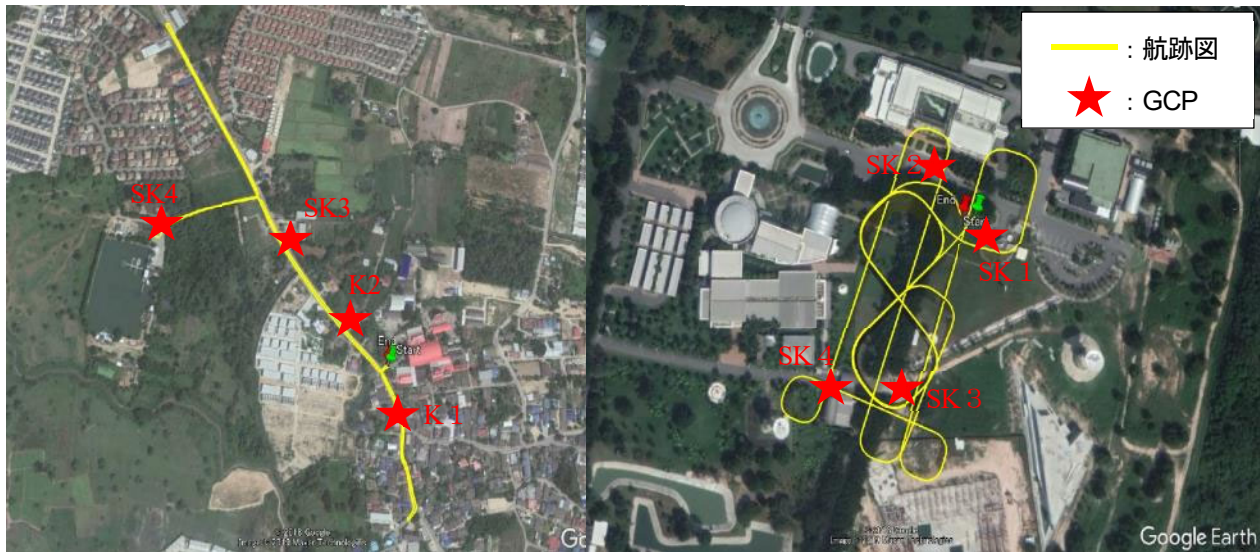


図 16 対象地域（左図：シラチャ市内 MMS 右図：SKP 内 UAV レーザ）

(b) 実施期間

- 現地踏査：7月3日~5日
- データ取得：MMS（8月27日），UAV レーザ（8月28日），SKP 基準局データおよびシラチャ市内 VRS データ取得（8月27日~29日）
検証点データ（8月27日~29日）
- データ解析・検討整理（8月27日~9月27日）

(c) 使用機器

- PHOENIX LIDAR SYSTEM を使用した（レーザスキャナーはベロダイン社の VLP-32、IMU は KVH 社の KVH-1750 に GNSS 受信機を搭載）。
- GNSS 受信機等



図 17 計測に使用した機材

(d) 使用した電子基準点システム

TOPCON（T-NET）、HII 及び DOL の VRS データ

(e) 実験の方法

i) 計画準備

- 現地踏査の実施

現地踏査は、7月4日、5日に実施し、UAVの離発着場所の選定や上空障害物の確認、現地の地形条件を確認した。

- 飛行申請等の実施

タイ国内でUAVを飛行させる場合、航空局（CAAT）のライセンスが必要となる。さらにシラチャ市内で飛行計測を実施することから、航空局への飛行申請を行った。しかし、作業計画期間内に飛行申請の許可を得られず、MMS計測に変更し作業を実施した。



図 18 現地検証測量風景

ii) データ計測

データ計測は、図 17 の機材を使用して MMS 及び UAV レーザで三次元計測データを取得した。なお、図 19 に示した範囲のデータ取得は、10 分程度の計測である。

iii) 検証測量

検証測量は、三次元データの精度を確認するために GNSS 受信機を使用して現地の位置情報（以下「GCP」）を取得し、三次元データとの比較検証を実施した。

iv) データ解析

MMS 及び UAV レーザで取得したデータは、各機関から配信して頂いた VRS データを使用した後処理解析を行い点群データを作成した。作成した SKP 敷地内の三次元データ点群を図 19 に示す。

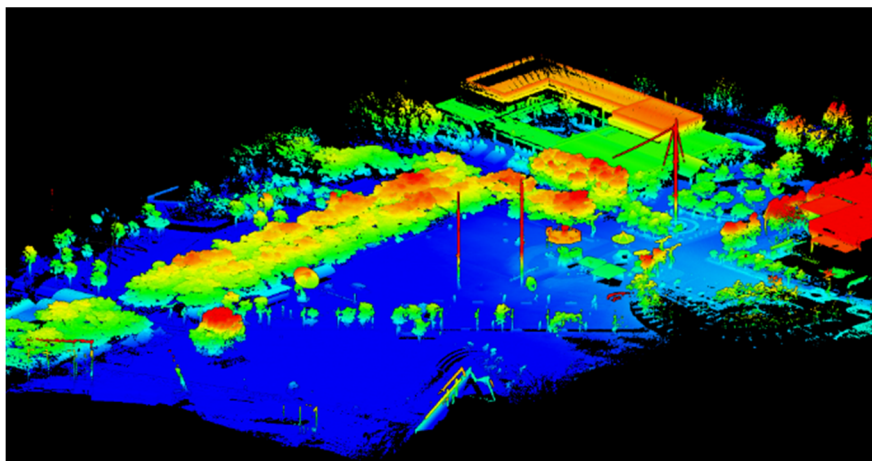


図 19 UAV レーザで取得した三次元データ点群

v) 実験の検証内容

- UAV レーザデータの精度検証（高さ）
 移動体計測で取得した三次元データ（LP）と現地で取得したデータ（GCP）を、各機関の VRS データで後処理解析を行い、位置精度の比較検討を行った。
- GCP 観測データの検証
 短縮スタティック法で観測した GCP データを整理し、検証を行った。
- 各機関（TOPCON, HII, DOL）の VRS データの検証
 位置精度は、base となる基準データの相違により変わってくるため、各機関から配信された VRS データの状況の確認を行った。
- MADOCA 方式の適用性の検証
 MADOCA 方式の適用性の検証は、現地計測時にリアルタイムで補正データを受信することができなかったため、帰国後に補正情報を入手し後処理解析を行なった。
- 取得した三次元データ活用の有効性の検証
 防災計画や調査設計資料として活用できるデータかの検討を行った。

(6) 検証の結果

(a) UAV レーザデータの精度検証（高さ）結果

移動体計測で取得した点群データと現地で取得した高さのデータを比較し

	SKP基準局		較差	TOPNET – VRS		較差	HII – VRS		較差	DOL – VRS		較差
	LP	GCP		LP	GCP		LP	GCP		LP	GCP	
K1	-4.497	-4.476	-0.021	-4.488	-5.295	0.807	-4.063	-4.648	0.585	28.629	-5.398	34.027
K2	-5.927	-5.918	-0.008	-5.932	-5.536	-0.396	-6.039	-6.013	-0.027	-41.804	-6.860	-34.944
K3	-5.484	-5.479	-0.005	-5.486	-5.539	0.053	-5.620	-5.608	-0.012	-14.681	-6.544	-8.137
K4	-5.225	-5.209	-0.016	-5.245	-4.607	-0.638	-4.812	-5.350	0.539	2.673	-6.250	8.923

	SKP基準局		較差	TOPCON-VRS		較差	HII-VRS		較差	DOL-VRS		較差
	LP	GCP		LP	GCP		LP	GCP		LP	GCP	
SK1	23.489	23.509	-0.020	23.481	23.460	0.020					20.177	
SK2	21.190	21.231	-0.041	21.183	21.387	-0.204	VRSデータが配信されていなかったため、評価できず			VRSデータに不具合があったため、評価できず		
SK3	19.335	19.419	-0.084	19.320	19.336	-0.016						
SK4	18.781	18.813	-0.031	18.775	18.770	0.005						

表 1、表 2 に整理した。後処理解析は、SKP 基準局、TOPCON-VRS、HII-VRS、DOL-VRS データを使用し、VRS の仮想基準点箇所は、MMS 計測範囲の中心位置に設定した。

表 2 8 月 27 日 MMS（シラチャ市内）の精度検証結果一覧表

	SKP基準局		較差	TOPNET-VRS		較差	HII-VRS		較差	DOL-VRS		較差
	LP	GCP		LP	GCP		LP	GCP		LP	GCP	
K1	-4.497	-4.476	-0.021	-4.488	-5.295	0.807	-4.063	-4.648	0.585	28.629	-5.398	34.027
K2	-5.927	-5.918	-0.008	-5.932	-5.536	-0.396	-6.039	-6.013	-0.027	-41.804	-6.860	-34.944
K3	-5.484	-5.479	-0.005	-5.486	-5.539	0.053	-5.620	-5.608	-0.012	-14.681	-6.544	-8.137
K4	-5.225	-5.209	-0.016	-5.245	-4.607	-0.638	-4.812	-5.350	0.539	2.673	-6.250	8.923

表 3 8月28日 UAV レーザ (SKP 敷地内) の精度検証結果一覧表

	SKP基準局		較差	TOPCON-VRS		較差	HII-VRS		較差	DOL-VRS		較差
	LP	GCP		LP	GCP		LP	GCP		LP	GCP	
SK1	23.489	23.509	-0.020	23.481	23.460	0.020	VRSデータが配信されていなかったため、評価できず			VRSデータに不具合があったため、評価できず		
SK2	21.190	21.231	-0.041	21.183	21.387	-0.204						
SK3	19.335	19.419	-0.084	19.320	19.336	-0.016						
SK4	18.781	18.813	-0.031	18.775	18.770	0.005						

MMS の精度検証では、SKP 基準局を使用して解析を行ったデータの精度が良いことがわかる。一方で、DOL-VRS は、精度が悪く VRS の配信データに問題があると考えられる。TOPNET-VRS および HII-VRS は、GCP 観測中の FIX 率等を考慮した評価をしなければならない。

UAV レーザの精度検証では、SKP 基準局および TOPCON-VRS とともに概ね良い精度を得られていると考える。較差が大きい GCP については、GCP 設置個所の上空視界などの影響が考えられる。HII-VRS は、GCP 観測時間中に VRS データを受信できなかったため、後処理解析が実施できなかった。DOL-VRS は、VRS データに不具合があったため後処理解析が実施できなかった。配信データの不具合については、後ほど詳述する。

(b) GCP 観測データの検証

GCP 観測データの検証は、各地区 4 点ずつ取得した観測データを用いて実施した。GCP の観測は、シラチャ地区では 20 分観測、SKP 敷地内では 30 分観測を基本として 1 秒観測を行った。結果を表 4、表 5 に示す。なお標準偏差値は FIX 解のみを使用して算出した。

表 4 シラチャ地区_GCP 観測結果一覧表

SKP基準局							TOPNET - VRS						
	FIX %	全エボックス数	STDEV	Max	Min	Average	FIX %	全エボックス数	STDEV	Max	Min	Average	
K1	X	77.4%	1212	0.008	713632.452	713632.398	48.8%	1212	0.794	713633.820	713632.045	713632.569	
	Y			0.006	1452120.186	1452120.159			0.006	1452119.535	1452119.511	1452119.522	
	Z			0.027	-4.369	-4.531			-4.476	0.126	-5.023	-5.457	-5.295
K2	X	99.8%	1222	0.007	713544.422	713544.390	58%	1222	0.231	713544.422	713543.542	713543.980	
	Y			0.003	1452278.519	1452278.498			0.144	1452278.797	1452278.258	1452278.580	
	Z			0.017	-5.867	-5.961			-5.918	0.587	-5.198	-7.280	-5.536
K3	X	100%	1208	0.012	713408.647	713408.592	69.1%	1208	0.016	713408.657	713408.592	713408.629	
	Y			0.003	1452446.224	1452446.211			0.003	1452446.226	1452446.211	1452446.218	
	Z			0.037	-5.392	-5.576			-5.479	0.050	-5.435	-5.646	-5.539
K4	X	100%	1208	0.005	713144.166	713144.144	76.2%	1208	0.315	713145.349	713144.155	713145.254	
	Y			0.003	1452483.280	1452483.264			0.029	1452483.280	1452483.208	1452483.235	
	Z			0.013	-5.153	-5.255			-5.209	0.187	-4.509	-5.286	-4.607
HII - VRS							DOL - VRS						
	FIX %		STDEV	Max	Min	Average	FIX %		STDEV	Max	Min	Average	
K1	X	84.4%	1212	0.008	713632.496	713632.430	10.8%	1212	0.008	713632.278	713632.224	713632.235	
	Y			0.003	1452120.142	1452120.123			0.006	1452120.216	1452120.187	1452120.208	
	Z			0.038	-4.500	-4.734			-4.648	0.037	-5.274	-5.453	-5.398
K2	X	99.8%	1222	0.005	713544.477	713544.444	59.7%	1222	0.156	713544.470	713543.636	713544.155	
	Y			0.002	1452278.479	1452278.459			0.007	1452278.570	1452278.537	1452278.552	
	Z			0.013	-5.968	-6.050			-6.013	0.017	-6.812	-6.892	-6.860
K3	X	100%	1208	0.008	713408.690	713408.636	17.5%	1208	0.011	713408.494	713408.429	713408.465	
	Y			0.002	1452446.193	1452446.182			0.006	1452446.281	1452446.243	1452446.254	
	Z			0.029	-5.517	-5.682			-5.608	0.037	-6.408	-6.646	-6.544
K4	X	100%	1208	0.008	713144.209	713144.166	3%	1208	0.003	713144.003	713143.992	713144.002	
	Y			0.003	1452483.268	1452483.253			0.002	1452483.322	1452483.315	1452483.319	
	Z			0.018	-5.281	-5.394			-5.350	0.009	-6.231	-6.269	-6.250

表 5 SKP 敷地内_GCP 観測結果一覧表

		SKP基準局								TOPNET - VRS						
		FIX %	全エボックス数	STDEV	Max	Min	Average	FIX %	全エボックス数	STDEV	Max	Min	Average			
SK1	X	100%	1859	0.003	709197.574	709197.552	709197.564	99.5%	1859	0.005	709197.586	709197.563	709197.571			
	Y			0.002	1449240.382	1449240.370	1449240.375			0.004	1449240.366	1449240.374				
	Z			0.009	23.554	23.461	23.509			0.013	23.520	23.404	23.460			
SK2	X	90.1%	1834	0.007	709160.827	709160.794	709160.810	59%	1834	0.290	709162.001	709160.783	709160.908			
	Y			0.003	1449284.611	1449284.590	1449284.599			0.004	1449284.609	1449284.588	1449284.599			
	Z			0.026	21.308	21.164	21.231			0.523	23.049	21.127	21.387			
SK3	X	85.5	1805	0.007	709123.062	709123.018	709123.042	27.4%	1805	0.491	709124.307	709121.726	709123.213			
	Y			0.005	1449149.643	1449149.606	1449149.622			0.051	1449149.881	1449149.595	1449149.629			
	Z			0.029	19.511	19.349	19.419			0.357	21.314	18.668	19.336			
SK4	X	97.7%	1808	0.005	709079.805	709079.783	709079.792	99.9%	1808	0.007	709079.816	709079.772	709079.792			
	Y			0.007	1449150.090	1449150.059	1449150.076			0.005	1449150.099	1449150.071	1449150.084			
	Z			0.014	18.864	18.774	18.813			0.018	18.832	18.722	18.770			
		HII - VRS								DOL - VRS						
		FIX %	全エボックス数	STDEV	Max	Min	Average	FIX %	全エボックス数	STDEV	Max	Min	Average			
SK1	X							64.1%	1859	0.057	709195.906	709195.710	709195.801			
	Y												0.023	1449240.146	1449240.075	1449240.099
	Z												0.157	20.459	19.863	20.177
SK2	X							81%	1834	0.018	709160.707	709160.577	709160.633			
	Y												0.009	1449284.668	1449284.630	1449284.646
	Z												0.045	20.293	19.987	20.178
SK3	X							74.4%	1805	0.013	709122.877	709122.801	709122.839			
	Y												0.008	1449149.696	1449149.654	1449149.680
	Z												0.050	18.523	18.227	18.359
SK4	X							11.2%	1808	0.010	709079.609	709079.566	709079.589			
	Y												0.004	1449150.166	1449150.138	1449150.152
	Z												0.018	17.739	17.650	17.692

観測結果から、各機関により FIX 率の違いと観測値のバラつきが確認された。シラチャ地区「K4」のように同一点で精度の違いが確認されている。これらの結果は各機関が使用する電子基準点からの

距離や GCP 観測時の衛星は位置状況や受信状況に影響していると考えられる。

(c) 各機関（TOPCON, HII, DOL）の VRS データの検証結果

上述したとおり、後処理解析に使用した base データにより精度の違いが確認されたため、8 月 27 日のデータを使用して SKP 基準局と各機関の VRS データを後処理解析し検証を行った。検証結果は 1 時間毎の標準偏差で整理し、図 21~図 23 に示す。DOL-VRS データで、配信データ内の基準局座標データが異なって配信されている時間が確認されたため、そのデータは削除して検証を行った(図 20)。

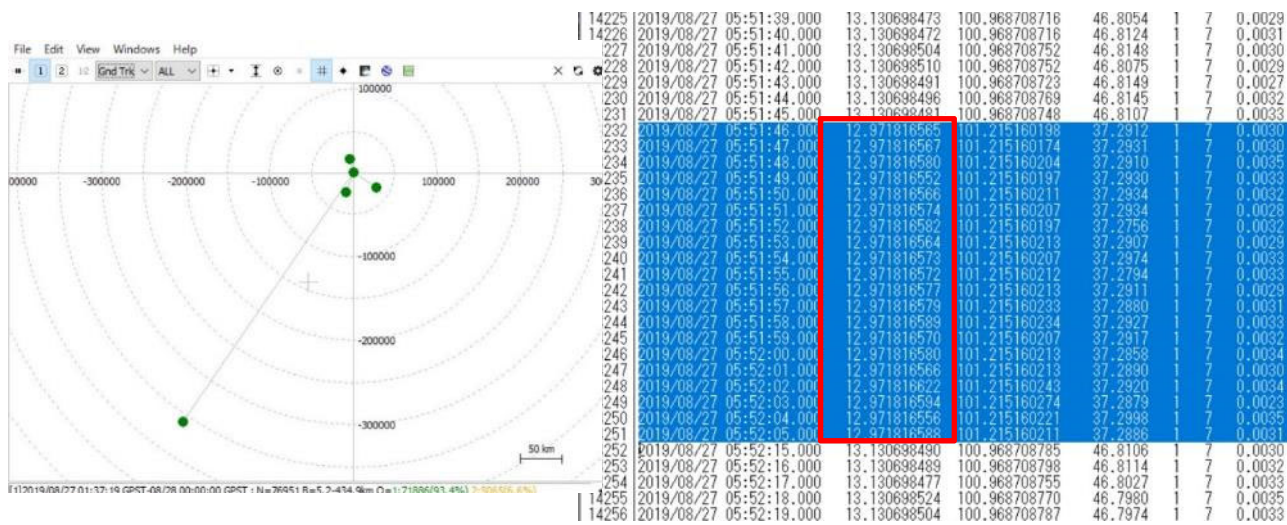


図 20 基準局の座標が変動したデータ

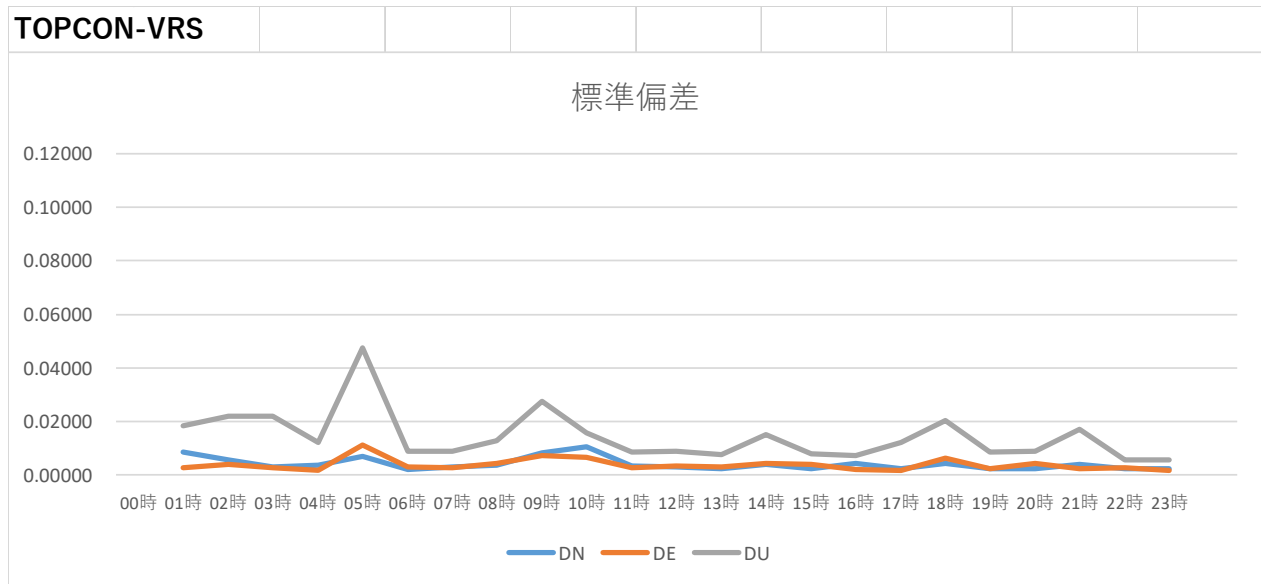


図 21 TOPCON-VRS 1 時間毎の解析結果（標準偏差）

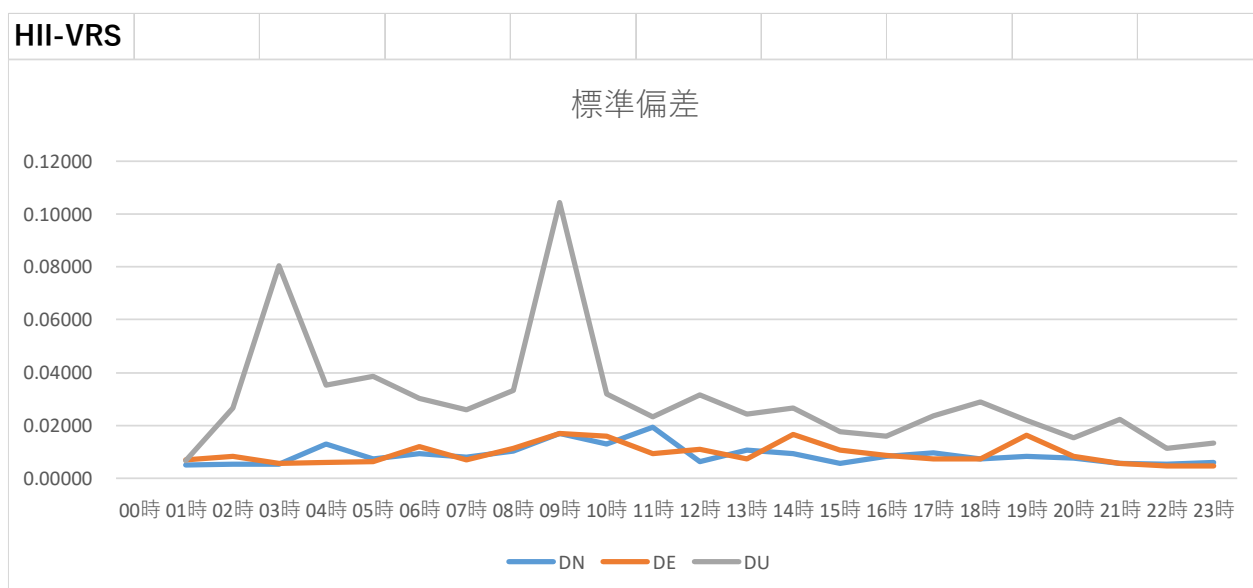


図 22 HII-VRS 1 時間毎の解析結果（標準偏差）

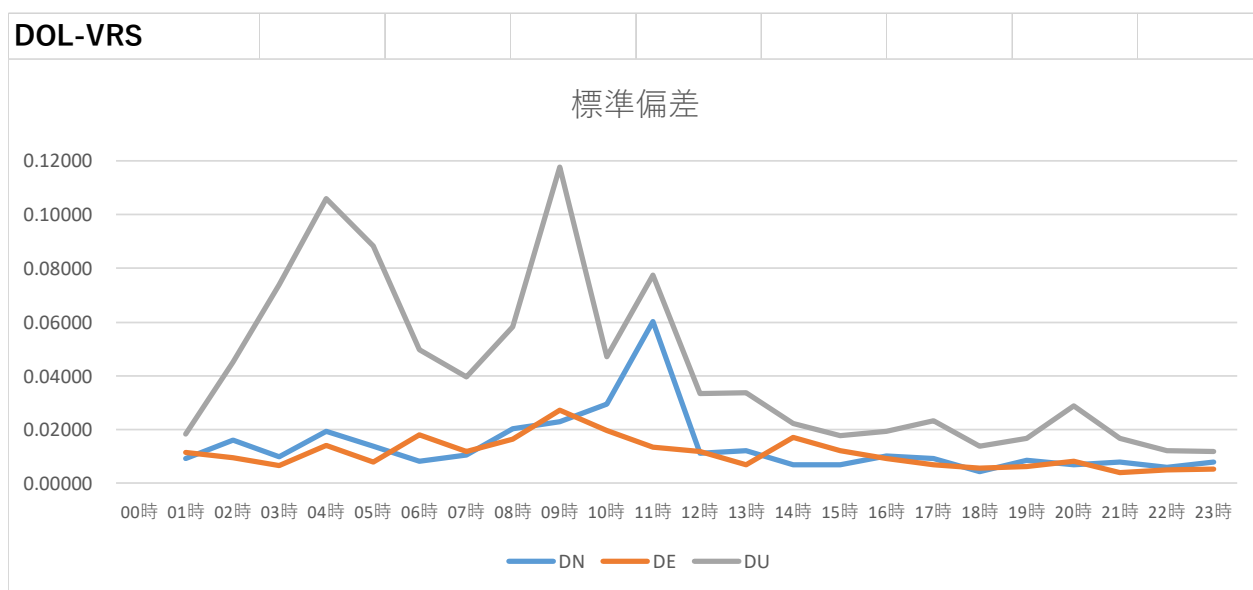


図 23 DOL-VRS 1 時間毎の解析結果（標準偏差）

1 日の VRS データから、各機関の精度にバラつきが確認され、TOPCON-VRS は解析結果のバラつきが少ないことが確認された。DOL-VRS は、上述したように送られてくる基準局の座標値が変動する現象が生じており、ずれたデータを削除し解析を行ったが、解析結果にはバラつきが確認された。時間帯別では、タイ国内の日中時間（グラフ 05 時がタイ国での 12 時）の結果でバラつきが確認された。これらは太陽活動による電離層の状態が影響していると考えられる。

(d) 防災計画や調査設計資料としての三次元データ活用の有効性

UAV で取得した三次元データから、防災計画及び調査設計資料として資するデータかどうかの検証を行った。SKP 敷地内で取得したデータは、面的な三次元データからエリアの高低差や地形の微地形もしっかりと確認できる（図 24 参照）。



図 24 グラウンドデータから作成した標高段彩図

レーザ手法での強みである植生下の地面（道路）データを、しっかりと把握できている（図 25）。これらの三次元データを用いることにより、調査段階では、広域の調査を短時間で完了することができ、作業員が立入ることが難しい箇所においても安全に調査することが可能である。設計段階では、面的な三次元データを取得していることから、任意箇所での断面図や高さの確認など机上で複数の検討が可能となり現地での再調査などの追加作業が発生しないなどの利点が考えられ、工期の短縮に寄与する。



図 25 樹木下のデータの取得状況（左側：現地写真 右側：データの取得状況）

(7) MADOCA 解析

本実証実験では、MADOCA を利用した精度確認を実施した。SKP 敷地内で観測した GCP 点及び UAV レーザ計測で観測した飛行中の GNSS データを用いて解析を実施した。

MADOCA 解析には RTKLIBver2.4.33b33 を用いた。

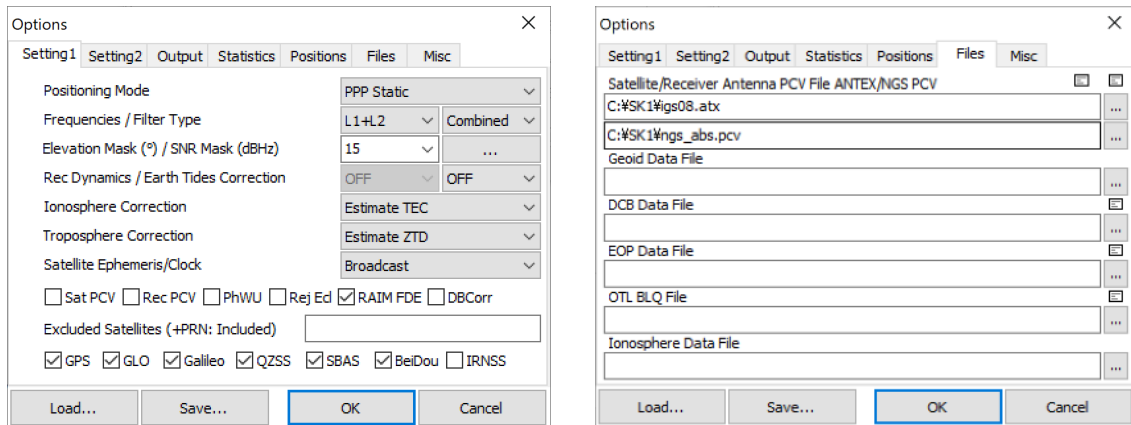


図 26 RTKLIB 解析条件

(a) GCP による評価

GCP 点による評価では約 30 分間のスタティック観測を実施した。解析の結果、水平方向の標準偏差で約 10cm、高さ方向の標準偏差で 20cm 程度の結果を得ることができた。

表 6 SKP 敷地内_GCP 観測結果一覧表 (MADOCA)

点名称	エポック数		標準偏差	最大値	最小値	最大—最小
SKP1	1859	X	0.027	709197.717	709197.607	0.110
		Y	0.051	1449240.334	1449240.135	0.199
		Z	0.268	26.295	25.345	0.950
SKP2	1834	X	0.077	709161.697	709161.426	0.271
		Y	0.051	1449284.420	1449284.234	0.186
		Z	0.246	23.061	22.142	0.919
SKP3	1805	X	0.086	709122.684	709122.379	0.305
		Y	0.057	1449149.575	1449149.347	0.228
		Z	0.275	22.551	21.508	1.043
SKP4	1808	X	0.120	709079.523	709079.147	0.376
		Y	0.149	1449150.039	1449149.559	0.480
		Z	0.222	21.625	20.859	0.766

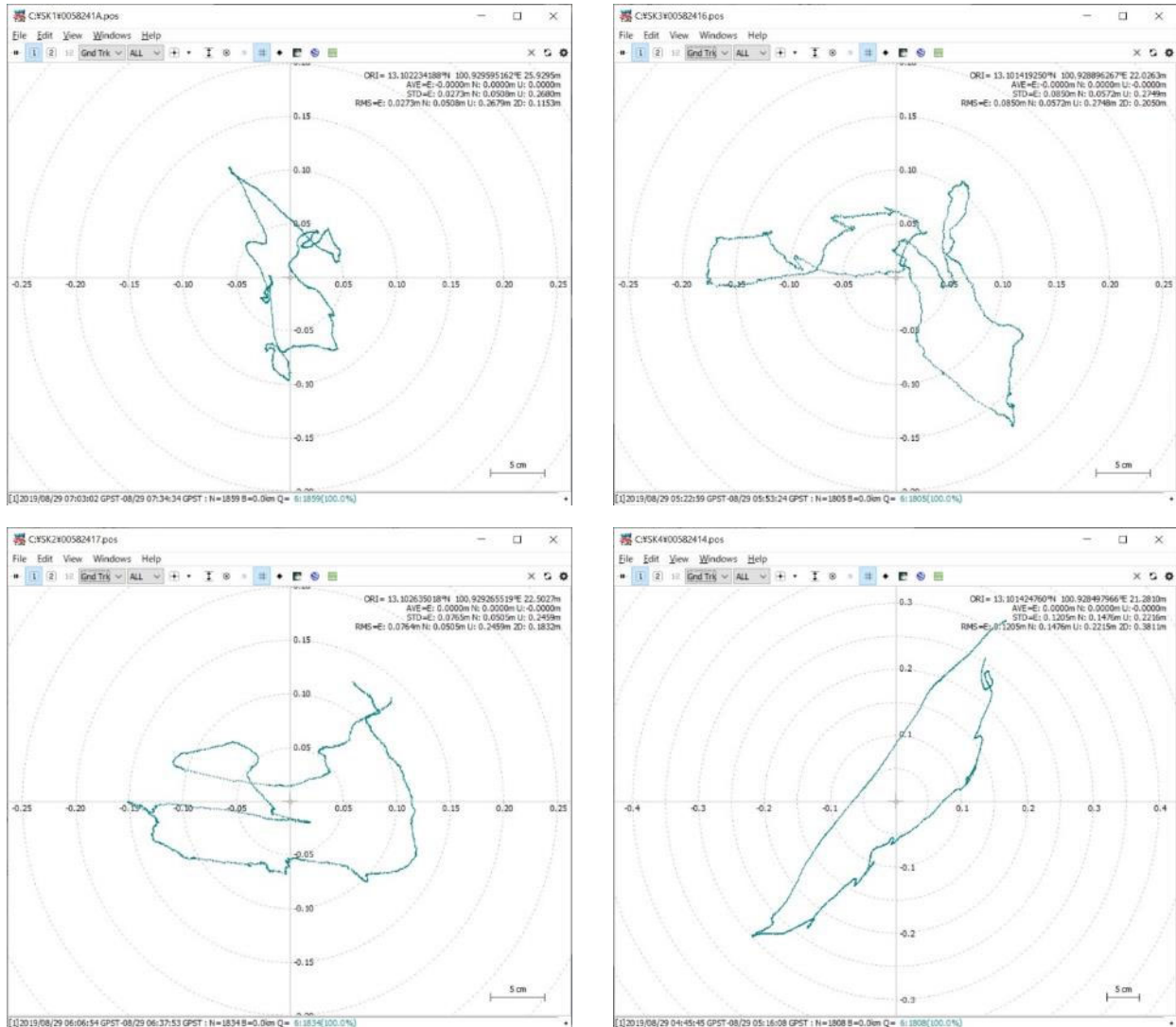


図 27 MADOCA 解析による水平方向の挙動
(左上 : SKP1、右上 : SKP2、左下 : SKP3、右下 : SKP4)

(b) 移動体による評価

移動体による評価では、UAV レーザ計測で取得された GNSS 観測データを用いて解析を実施した。

図 28、図 29 は、①SKP-TOPNET を基準局としたキネマティック解析結果と②MADOCA を使用した PPP 解析結果による水平、高さの較差による評価結果を示す。この結果から、直線コースにおける較差は、水平方向は 1.00m、高さは 1.88m 付近のシフト誤差で安定している。しかし、8 の字飛行中および、離着陸時については較差が大きくなる傾向がある。

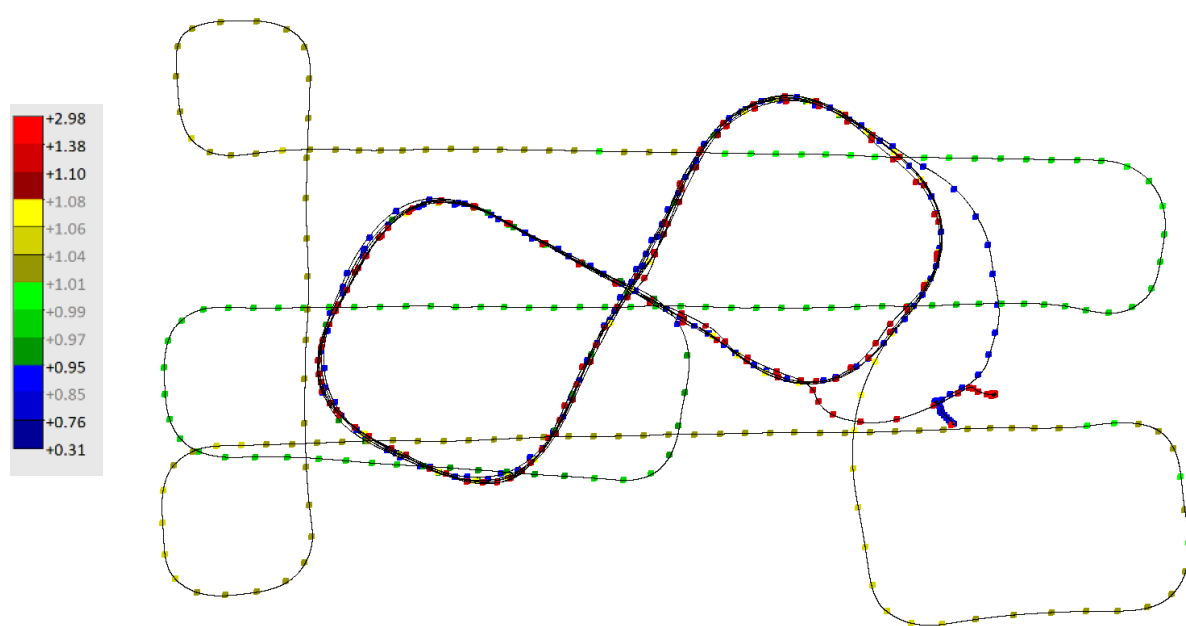


図 28 移動体による MADOCA 解析結果（水平方向の較差）

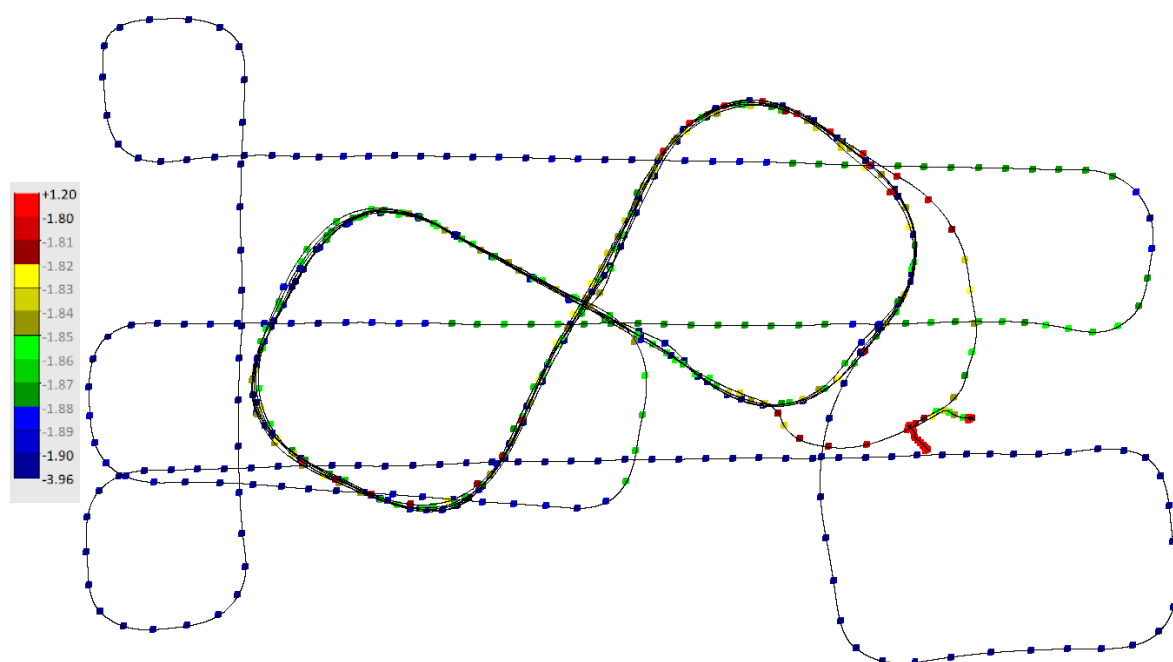


図 29 移動体による MADOCA 解析結果（高さ方向の較差）

(8) 実験の考察

タイ国内における本実験のスキームは、防災計画や公共事業へ適用できると考えられる。一方で、

移動体計測の三次元データの精度は、GNSS 測位の精度に影響される。本実験の結果から使用する機関のデータにより取得する三次元データの精度が大きく異なる可能性があるため、現時点では注意が必要である。

(9) 今後の課題

- HII-VRS データが受信できない時間帯が発生した。
- DOL-VRS データで、送られてくる基準局の座標値が変動する現象が発生した。
- GNSS 測位の精度を安定させるためには、電子基準点間の距離をより短くする（配点密度を高くする）ことが望まれる。。



図 30 実験エリアと周辺の電子基準点の配置状況

UAV を用いた調査では、航空局への飛行申請が必用となり申請の許可まで 2 か月程度時間を要するため課題となる。

(10) 今後の展開

上述のとおり、微地形を一定の精度で取得が可能のため、今回のシラチャ市内の洪水多発地域のような比較的小規模な地域の防災計画や公共事業への適用できると考えられる。したがって、そのような防災計画等を必要とする自治体からのニーズを拾い上げ、費用面も含めて事業として実現可能かを検討する必要があると考えられる。

また一方で、UAV を用いた調査は航空局への飛行申請の許可を取得するために 2 カ月程度あるいはそれ以上の時間を要するために、UAV を用いた調査の社会的な必要性を説き、申請の簡素化あるいは時間短縮等への働きかけが必要であると考ええる。

[5] 国際航業株式会社

(1) 実験の名称

GNSS を用いた地盤等変動モニタリングのための CORS によるローカル基準点の挙動把握と地盤変動値の補正

(2) 要約

スタティック測位に基づく GNSS 測量技術を用いた地盤や構造物のmm級モニタリングに際し、通常はローカル基準点をモニタリング対象区域近傍に設置する。

ところが、通常は実施しないが、不動性が担保されない可能性のあるローカル基準点に対して電子基準点 CORS 解析を併用することがある。これにより、ローカル基準点の挙動を把握するとともに、計測点の変動値を補正することができる。

(3) 実験の背景

国際航業は、これまで 20 年以上に渡り、図 31 に示すようなシステム構成を有する、前記のモニタリングサービス shamen-net を提供してきている。現時点でもローカル基準点または計測点を構成する 800 以上の GNSS センサが稼働している。

そのような事業を進める中で、ローカル基準点の不動性が担保されない場合も少なからず経験しており、そのような場合、日本国内の CORS である国土地理院の GEONET (GNSS Earth Observation Network System) を活用して、その有用性を認識してきた。

そのため、今回、日本同様、地盤等変動モニタリングのニーズが高いと思われるタイにおいても、前述の CORS の有用性を実験で確認することとした。



図 311 shamen-net サービスのシステム構成

(4) 実験の目的

ローカル基準点に敢えて強制変位を施すことにより不動性が担保されない環境を作り、前記のような CORS の有用性を確認することを目的とした。

(5) 実験の内容

(a) 対象地域

- 事務局に支援いただき、SKP 内の斜面のある地域を対象のデモサイトとして選定した。
- 図 1-2 に示すように、対象地域内の斜面に計測点 G-1 セットし、同じ対象地域内で G-1 の近くの平坦な領域にローカル基準点 K-1 をセットした。CORS としては K010 を使用した。



図 32 対象地域

(b) 実施期間

2019 年 8 月 23 日から 2019 年 8 月 30 日

(c) 使用機器

- GNSS アンテナおよび受信機 それぞれ AS-10 および GR-10 (Leica Geosystems 製) 2 式
- 三脚・固定材料 2 式
- 専用格納ボックス (受信機、電源装置等) 2 式
- 強制変位治具 1 式

(d) 使用した電子基準点システム

T-NET (株式会社トプコン)

(e) 実験の方法

i) 準備

- 図 33 および図 34 のように上記機器をセットした。強制変位治具は、K-1 のアンテナと三脚との間に挿入して、アンテナが移動できるようにした。専用格納ボックスは各点の直近に置き、三脚は金属杭で固定した。併せて、CORS K010 の外観写真も示す。



図 33 社会実験用機材のセットアップ



図 34 現場作業風景 (左)と SKP 内の CORS K010 外観 (右)

- 機器のセットアップは 8 月 24 日午前までに完了した。
- 前記のセットアップのもとで計測前に想定した実験のシナリオは、変位ベクトルを含めて、図 35 の通りである。すなわち、G-1 が K-1 から基線解析により斜面を登る方向に変位したのを見て、K-1 の不動性が疑われた。そのため、K010 から G-1 の基線解析を実施したところ、変位していたことを知った。結果として、G-1 の変位に基づき K-1 の変位を補正した。

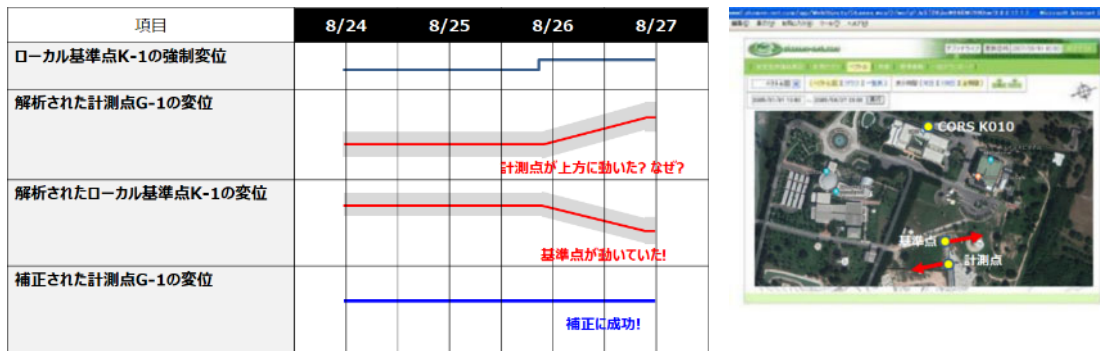


図 35 実験のシナリオ

ii) 計測

- 8/24 12:00 頃、データの取得を開始し、8/26 10:00 頃、K-1 を西方向に 10 mm 強制変位させた。そして翌 8/27 14:00 頃、全データを回収し、東京都府中市にある当社の shamen-net 監視センターにインターネットで送付した。
- 一方、トプコンからの K010 のデータも入手し、8/28 までにすべての解析が完了した。

(6) 実験の結果

実際の解析結果を図 36 および図 37 に示す。緑色の縦線は強制変位を与えたタイミング (8/26 10:00 頃)を示している。K-1 からの基線解析により G-1 が東方向 (斜面を登る方向)に 10 mm 変位したように計算された。そこで、K010 からの G-1 の基線解析を試したところ、強制変位の通り、西方向に 10 mm 変位したことが計算された。これらの結果を踏まえて、G-1 のデータを補正した。併せて、変位ベクトル図も作成した。

図 37 には、計測結果の配信のために作成される Web 表示も示す。

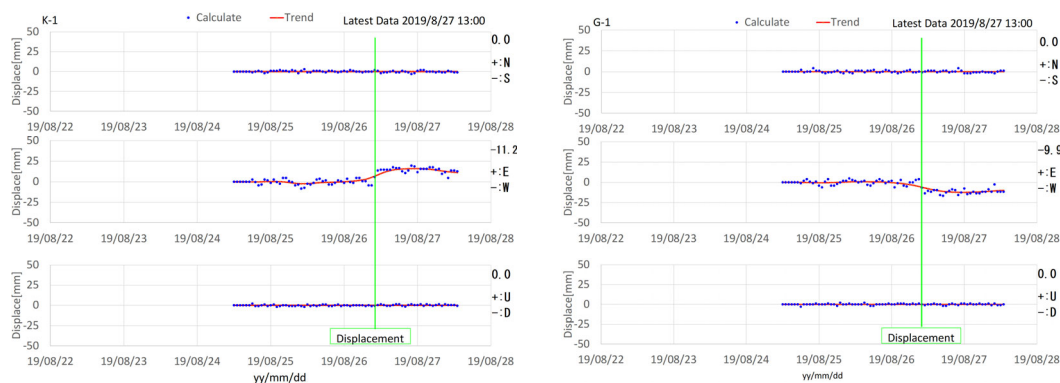


図 36 変位グラフ (左が G-1、右が K-1)

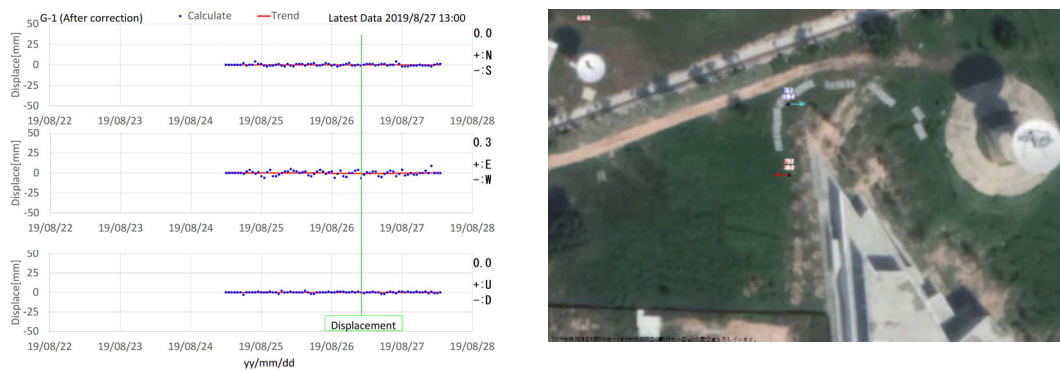


図 37 基準点の移動分を補正した G-1 の変位 (左)と変位ベクトル (右)

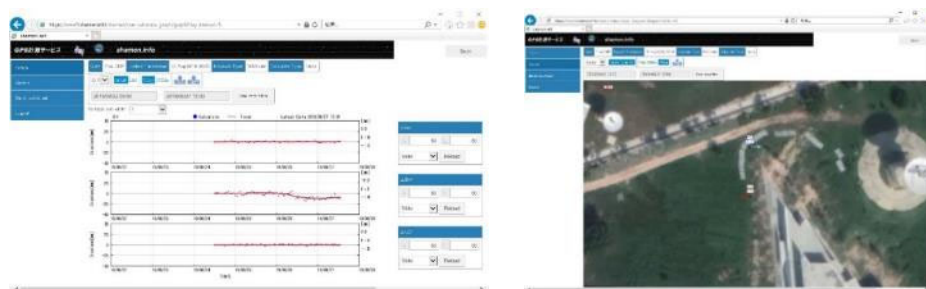


図 38 実験結果の配信画面

8/30 の DEMO DAY には、図 38 に示すように、多くの参加者に対して実験の内容と結果について紹介することができ、参加者の関心を示す多くの質問を受けた。



図 39 当社デモブースでの実験の説明

(7) 実験の考察

実験では想定通りの結果が得られた。通常の shamen-net サービスの実施には CORS は不要であるが、計測点が異常な挙動を示したとき、CORS が挙動を補正する重要な役割を持つことをアピールすることができた。

(8) 今後の課題

本格展開の段階では、データのタイ国外への持ち出しについては関係当局の確認が必要である（今回は事前の許可を得て、インターネットネットを経由して日本にデータを送付した）。

前記の課題を解決するため、タイ国内において解析サービスを構築することが望ましい。

実験機器の日本からの持ち込みと持ち出しにおいては ATA カルネが必要とされ、準備に多くの時間を要したが、その分、実際の通関処理はスムーズに実施することができた。

(9) 今後の展開

タイでも日本と同様の災害があり、今後も shamen-net の有用性、さらには CORS 整備の重要性についての説明を続ける。

CORS を使用したローカル基準点設置に関する課題解決は、とくに大規模な地滑り、広域の地盤沈下、ダムや橋梁等の大規模な社会インフラに対して重要になる。さらに、地球温暖化に伴う災害の激甚化が予想されており、世界各地での需要が想定される。

[6] 株式会社クボタ

(1) 実験の名称

電子基準点を用いた自動走行実験

(2) 要約

タイ王国では現在電子基準点の整備が進められており、その電子基準点を活用して、農機自動走行による耕うん作業を実施し、作業精度を評価する。

(3) 実験の背景

株式会社クボタはこれまで、日本国内農業の課題解決に向けて、ファームパイロットシリーズと称した GPS 搭載農機を業界に先駆けて市場投入してきた。今後、タイ王国においてもファームパイロットシリーズの性能評価を重ねて、タイ王国及びASEAN地域へのビジネス拡大につなげるべく、実験に参加した。

(4) 実験の目的

タイ国での電子基準点による作業の効率化や省力化を目指した、熟練者の作業と比較した自動走行の作業精度の実力把握。

(5) 実験の内容

(a) 実施場所

①チョンブリ県内テスト圃場

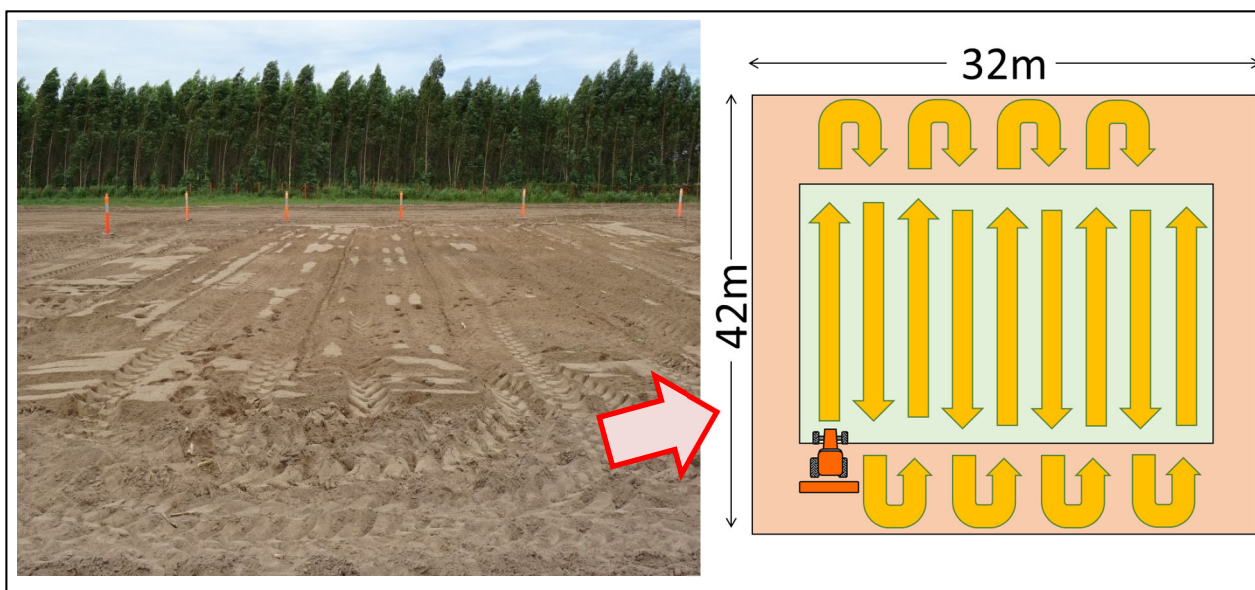


図 40 チョンブリ県内テスト圃場

②GISTDA SKP 内実験フィールド

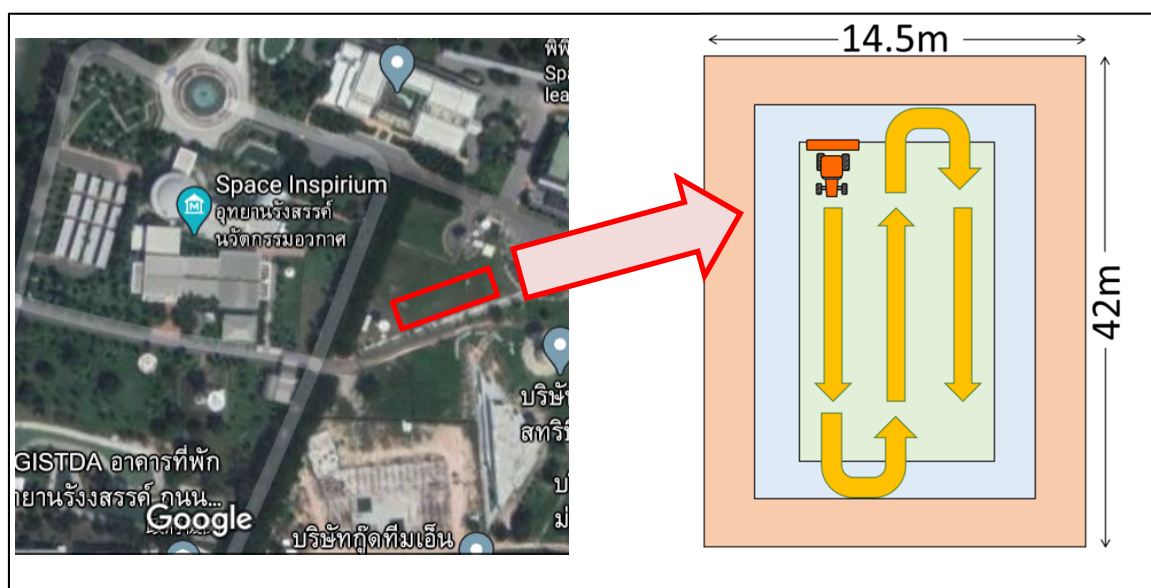


図 41 SKP 内実験フィールド

(b) 実施期間

- ①チョンブリ県内テスト圃場：8月5日（月）
- ②SKP 実験フィールド：8月26日（月）、27日（火）

(c) 使用農機

アグリロボトラクタ SL60A

(d) 使用した電子基準点システム

- クボタ製 RTK 基地局
- T-NET（株式会社トプコン）
- タイ王国電子基準点（GISTDA 設置）

(e) 実験の方法

i) 実験条件

以下の 4 条件で測定を実施。

- ①クボタ製 RTK 基地局を使用した自動走行
- ②トプコン社製 RTK 基地局を使用した自動走行
- ③タイ王国電子基準点（GISTDA 設置）を使用した自動走行
- ④トラクタ熟練者による手動走行 [手動作業との比較用]

ii) 測定内容

- ①GNSS 測位結果（直進ばらつき、作業幅平均ずれ量、作業幅ばらつき）
- ②メジャーによる作業跡測定結果（作業幅平均ずれ量、作業幅ばらつき）



図 42 実験の様子

(6) 実験の結果

チョンブリ県内テスト圃場では、電子基準点が一時的に不調だったため、クボタ製 RTK 基地局とト

プコン社製 RTK 基地局を使用した測定のみを実施。その後、SKP デモ圃場にて電子基準点を用いた本格的な評価を行い、熟練者との比較評価を実施した。

表 7 チョンブリ県内テスト圃場での測定結果

	GNSS 測位結果			作業跡計測結果	
	直進性	作業幅の誤差		作業幅の誤差	
	SD[cm]	Ave[cm]	SD[cm]	Ave[cm]	SD[cm]
①クボタ基地局	0.8	0.6	1.4	1.1	4.4
②トプコン基地局	0.8	0.8	1.4	0.0	5.8

表 8 SKP デモ圃場での測定結果

	GNSS 測位結果			作業跡計測結果	
	直進性	作業幅の誤差		作業幅の誤差	
	SD[cm]	Ave[cm]	SD[cm]	Ave[cm]	SD[cm]
③タイ電子基準点	0.7	0.4	1.3	2.2	2.3
④熟練者手動走行	4.6	8.9	7.4	7.6	5.3

(7) 実験の考察

- 直進性は 1cm 以内、作業幅も約 1cm の精度結果を確認し、タイ王国においても高精度な農機自動運転が可能であることを示した。
- タイ王国に設置された電子基準点を用いた場合でも、クボタ製基地局を使用した際と同程度の、高精度な農作業が可能であることを示した。
- 熟練者の作業結果に対し、自動運転結果は直進性や作業幅で優れた精度、安定性の結果を示した。特に作業幅の測定結果に関しては、ばらつきの結果から、手動走行の場合には、一部未耕地が発生している可能性があるが、自動運転の場合は未耕地の無い高精度な作業が実現できていることがわかる。

(8) 今後の課題

- タイ王国における電子基準点網の整備は進行中であるが、現状はタイ王国の一部のエリアでしか自動走行ができないことから、電子基準点網の整備の加速化を期待している。
- 今後、自動運転における各方面での法整備も必要と考えられるが、日本にて開発された技術（各種無線通信機器や安全センサ機器システム）をできるだけそのまま使えるように、法整備等の支援をお願いしたい。

- また、タイ王国での社会実験が今後実施される場合には、機材（無線機器など）の輸出入に対する支援として、タイ国関係機関へのよりスムーズな情報伝達と輸出入処理の迅速化をお願いしたい。
- データ測定の際に、電子基準点の補正情報配信が停止する場合が一時的にあった。今後、商業サービスに電子基準点情報を活用していく上では、電子基準点が安定してサービスを継続し続けるようにする必要があると考える。

(9) 今後の展開

今後も海外展開に向けた評価（MADOCA 含めて）を継続して実施していきたい。

[7] 株式会社ニコン・トリンブル

(1) 実験の名称

GNSS のみと GNSS+IMU でのタイ市街測位可用性比較実験

(2) 要約

タイ国を対象として、GNSS だけで測位できる地域と GNSS と IMU 慣性計測装置 (IMU) を組合せないと測位できない地域について実際に測位比較を行い把握する。具体的には、比較的廉価なタイプの GNSS+IMU 装置である Applanix POS LVX を車両に設置して、バンコク市内の環境が異なるルートを走行して、GNSS のみでの測位と IMU が補完する測位の比率・時間を計測して、それぞれの測位可用性を比較する。

(3) 実験の背景

タイ国において、モバイルマッピングシステム (MMS) を用いた地理情報収集が今後は盛んになってくることを見据えて、衛星測位システムの可用性を事前に把握することを目的とする。現在多種多様な MMS が販売されており、ハイエンドなシステムでは、LiDAR (レーザ) と全方位カメラなどを複数搭載して、高精度な IMU を使用するため総額は 1 億円程度になる。ハイエンドな MMS を使用して広範囲な情報取得するには予算がかさみ台数が制限されてしまことから、エントリーレベルな MMS と組合せて情報取得の効率を上げることが望ましい。このエントリーレベルな MMS には LiDAR やカメラの台数を少なくしたり、GNSS+IMU を廉価なシステムとするのが一般的である。ここでは、廉価な GNSS+IMU での測位可用性を実走行で把握して、タイ市街地の環境下でエントリーレベルの GNSS+IMU が利用可能であるか確認する。

(4) 実験の目的

測位に対する IMU の依存度を把握することにより、高性能な慣性航法装置である Fiber Optic Gyro (FOG) または Laser Ring Gyro (LRG) が必要となるか、Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) で対応できるかを測位可用性で示し、具体的なシステム構成を検討するための指針的なものを把握する。

(5) 実験の内容

(a) 対象地域

バンコク市内の以下 2 コースを走行した。

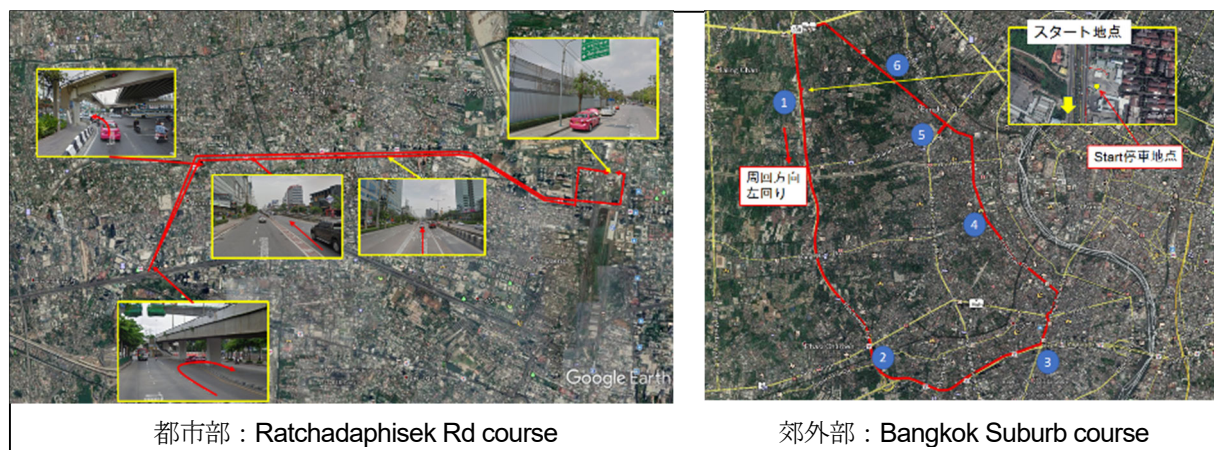


図 43 対象地域

(b) 実施期間

2019 年 8 月 22 日から 2019 年 9 月 30 日

(c) 使用機器

装置名	仕様	備考
Applanix POS LVX	GPS L1/L2/L2C/L5 and GLONASS L1/L2, QZSS, Beidou, IRNSS, and Galileo, and supporting SBAS, RTK,	Dual Antenna (GAMS) GNSS-RTK+IMU MEMS type
u-Blox EVK-F9P	GPS L1C/A L2C, GLO L1OF L2OF, GAL E1B/C E5b, BDS B1I B2I, QZSS L1C/A L2C	GNSS-RTK

(d) 使用した電子基準点システム

チュラロンコン大学屋上に設置された独自基準点を使用、仕様は以下のとおり。

Chulalongkorn University (Trimble NetR9) Base station	Latitude	13.735982
	Longitude	100.533933
	El. Height	74.387000
GPS	L1, L2, L5	
GLONASS	L1, L2, L3	
Galileo	E1, E5a, E5b	
BaiDo	B1, B2, (B3)	
QZSS	L1, L2, L5	

(e) 実験の方法

i) 準備

計測車両には Applanix POS LVX 及び比較評価のために一般的な GNSS として u-Blox EVK-F9P を同じ環境で設置し、RTK 測位を実施した。

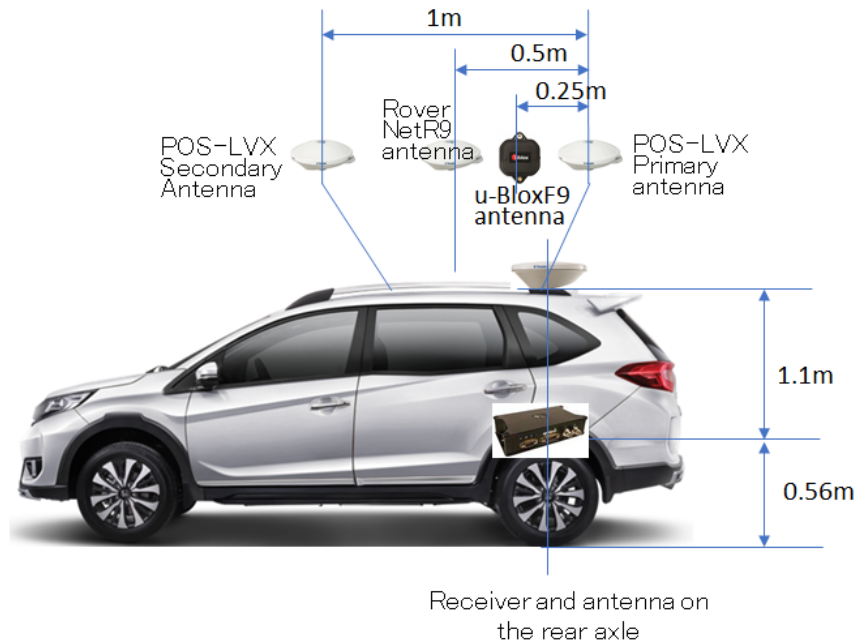


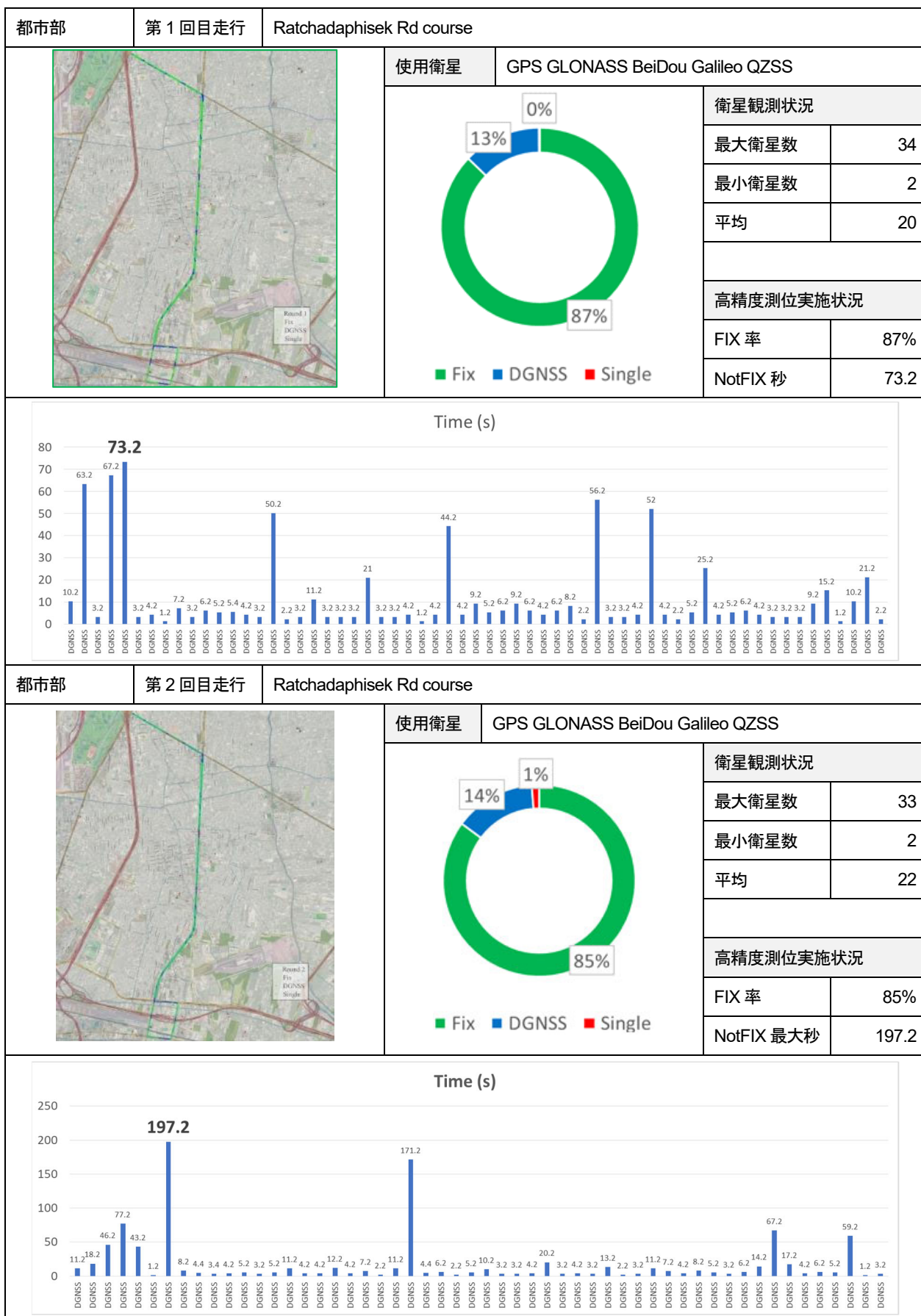
図 44 実験準備

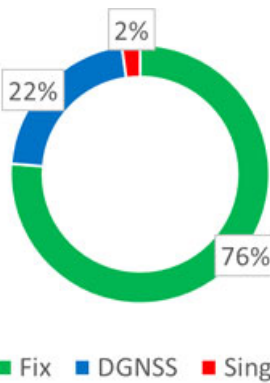
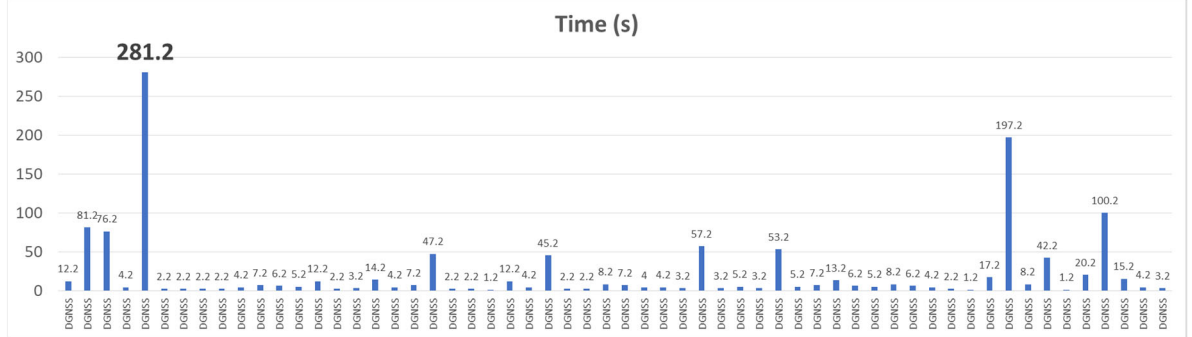
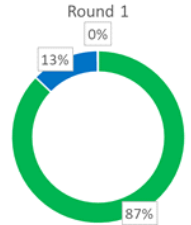
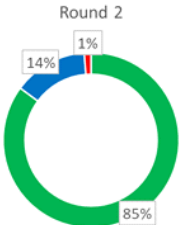
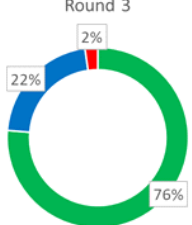
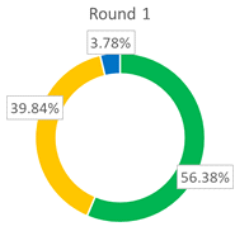
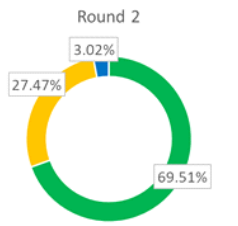
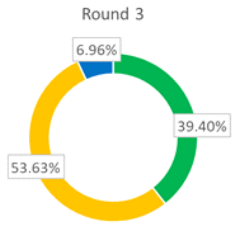
ii) 計測

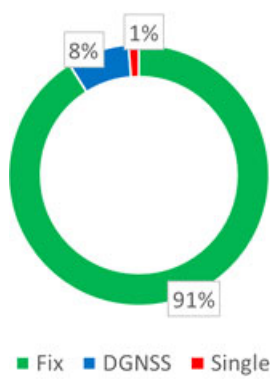
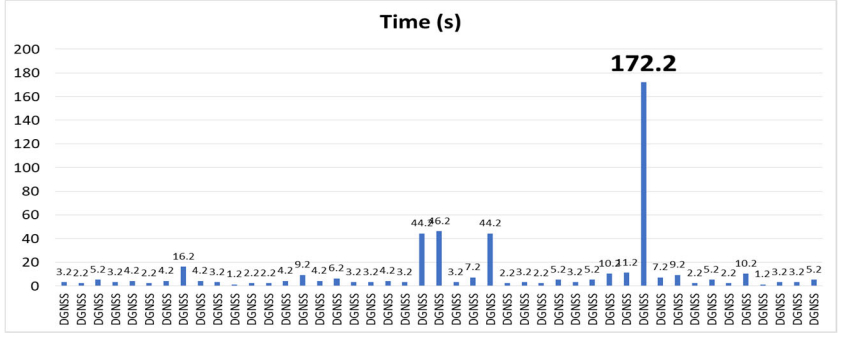
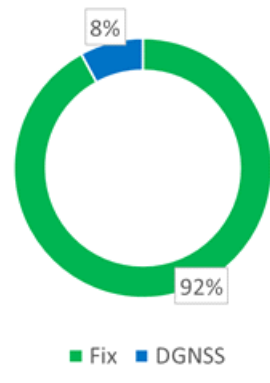
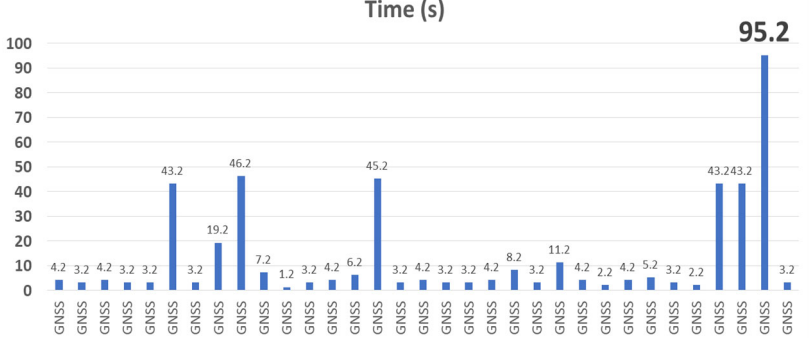
車両で走行しての計測試験は、Ratchadaphisek Rd course 及び Bangkok Suburb course とともに 3 回走行し、異なる時間を走行することにより衛星配置や道路状況の違いによる結果の偏りになるべく排除した。

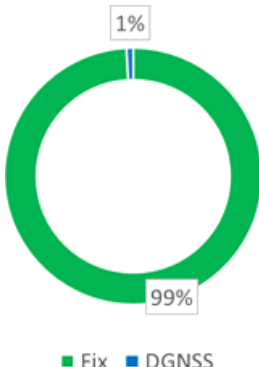
それぞれの計測結果をグラフにしてまとめた。グラフの見方は以下の通りである。

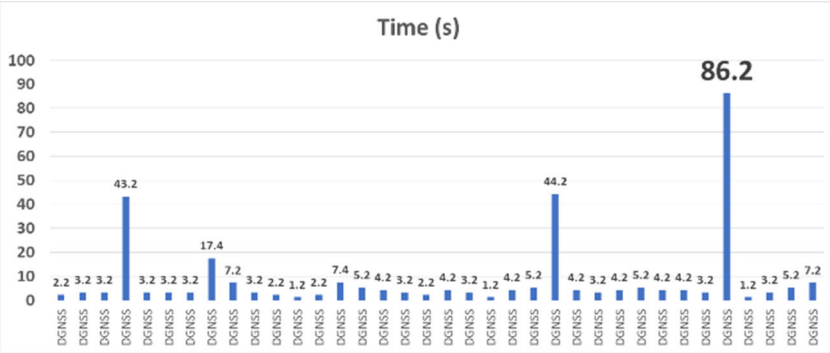
- 地図上での衛星測位状況 (Fix : RTK、DGNS : サブメータ、Single : 単独測位)
- 使用した衛星システム (GPS、GLONASS、BeiDou、BeiDou、Galileo、QZSS)
- Fix 率と Fix しなかった最大時間
- 走行中の取得衛星数 (最大、最小、平均)
- Fix しなかった最大間隔時間グラフ (この時間以外は Fix)

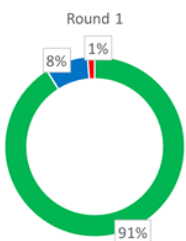
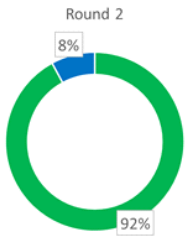
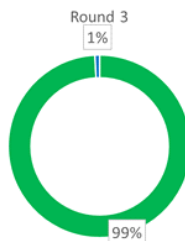
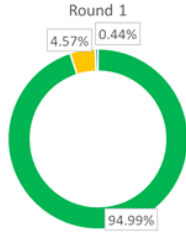
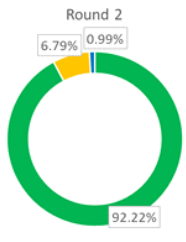
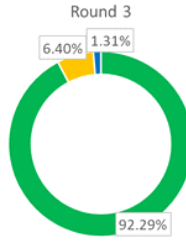


都市部	第 3 回目走行	Ratchadaphisek Rd course	
	使用衛星	GPS GLONASS BeiDou Galileo QZSS	
	 ■ Fix ■ DGNSS ■ Single	衛星観測状況	
		最大衛星数	33
		最小衛星数	2
		平均	22
	高精度測位実施状況		
	FIX 率	76%	
	NotFIX 最大秒	281.2	
			
POS LVX と同時測位した GNSS 受信機 u-Blox F9P との Fix 率比較			
POS -LVX	Round1	Round2	Round3
	 ■ Fix ■ DGNSS ■ Single FIX rate = 87%	 ■ Fix ■ DGNSS ■ Single FIX rate = 85%	 ■ Fix ■ DGNSS ■ Single FIX rate = 76%
	Round 1	Round 2	Round 3
	 ■ Fix ■ Float ■ DGNSS FIX rate = 56%	 ■ Fix ■ Float ■ DGNSS FIX rate = 69%	 ■ Fix ■ Float ■ DGNSS FIX rate = 56%

郊外部	第 1 回目走行	Bangkok Suburb course
	使用衛星	GPS GLONASS BeiDou Galileo QZSS
		
	衛星観測状況	
	最大衛星数	37
	最小衛星数	5
	平均	26
	高精度測位実施状況	
	FIX 率	91%
	NotFIX 最大秒	172.2
		
郊外部	第 2 回目走行	Bangkok Suburb course
	使用衛星	GPS GLONASS BeiDou Galileo QZSS
		
	衛星観測状況	
	最大衛星数	35
	最小衛星数	5
	平均	21
	高精度測位実施状況	
	FIX 率	92%
	NotFIX 最大秒	95.2
		

郊外部	第 3 回目走行	Bangkok Suburb course	
	使用衛星	GPS GLONASS BeiDou Galileo QZSS	
		衛星観測状況	
		最大衛星数	34
		最小衛星数	5
		平均	21
	高精度測位実施状況		
		FIX 率	99%
		NotFIX 最大秒	86.2

	
---	--

POS LVX と同時測位した GNSS 受信機 u-Blox F9P との Fix 率比較			
	Round1	Round2	Round3
POS-LVX	 FIX rate = 91%	 FIX rate = 92%	 FIX rate = 99%
	 FIX rate = 94%	 FIX rate = 92%	 FIX rate = 92%

(6) 実験の結果

今回のテスト走行では、都市部の Ratchadaphisek Rd course は GNSS+IMU 装置である POS-LVX の方が GNSS 装置である u-Blox F9P と比べて 20%FIX 率が高く、郊外部の Bangkok Suburb course では POS-LVX と u-Blox F9P はほぼ同じ FIX 率という結果を得た。考えられる原因として、POS-LVX のアンテナは測量精度級で u-Blox F9P は車載用の広帯域アンテナであることが考えられる。これは Ratchadaphisek Rd course は高層ビルが多く立ち並んでいることから、GNSS 信号処理及びアンテナのマルチパスの除去性能に差が出たものと推測する。

FIX 状態が維持できない環境では GNSS+IMU 装置の場合は、FIX 状態での測位結果が得られるまで IMU による慣性航法により高精度測位を継続する。一方 GNSS 装置の場合は DGNSS 又は単独測位となるため位置の変化が顕著となり、MMS などアプリケーションでは測位を計測することができない。

今回の結果から、郊外部では FIX 率が 90%を超えること、FIX しない回数が 1 回と頻度が少なく最大でも 3 分を越さない結果であることから、エントリーレベルの GNSS+IMU 装置で十分 MMS などのアプリケーションに利用できると考える。一方都市部では FIX 率が 75~87%に低下することや FIX しない最大時間が 1 分を超す回数も 3~5 回と頻繁に発生することから、エントリーレベルの GNSS+IMU 装置では全ての経路について高精度測位結果を得ることは難しいため、ハイエンドな GNSS+IMU 装置の導入が必要と考えられる。

表 9 GNSS-RTK の FIX 率

	受信機	1 回目(%)	2 回目(%)	3 回目(%)
Ratchadaphisek Rd Course	POS LVX	87	85	76
	uBlox-F9P	56	69	56
Bangkok Suburb course	POS LVX	91	92	99
	uBlox-F9P	94	92	92

表 10 POS LVX による FIX しない最大時間（GNSS-RTK 測位不可能時間）及び 60 秒を超えた回数

	1 回目		2 回目		3 回目	
Ratchadaphisek Rd Course	73.2 秒	3 回	197.2 秒	4 回	281.2 秒	5 回
Bangkok Suburb course	172.2 秒	1 回	95.2 秒	1 回	82.2 秒	1 回

(7) 実験の考察

今回のテスト結果から、環境の影響又は渋滞によって POS-LVX は FIX されなかった時間が最大で 281.2 秒間存在した。この約 5 分間での測位精度劣化は使用する IMU の種類によって異なり、高性能

な IMU ほど劣化は小さい。参考までに Applanix のハイエンドである POS LV 620 と今回使用したエントリーレベルである POS LVX での、GNSS-RTK が使用不可になってから 1km 移動後又は 60 秒後における補完性能を記す。なお、Position は m 表記、Roll&Pitch 及び Heading は Deg 表記である。

表 11 POS LV 620 及び POS LVX の補完性能

モデル	Position X-Y	Position Z	Roll & Pitch	True Heading
POS LV 620	0.035	0.050	0.005	0.020
POS LVX	1.000	2.000	0.090	0.300

(8) 今後の課題

今回の実験では、輸出手続きにおける問題が予想されたため、高性能は慣性航法装置を使用しない MEMS タイプの POS LVX を使用したが、True Position として GNSS-RTK 測位不可時点での位置参照情報として、POS LV620 相当の GNSS+IMU 装置を用いた精度検証も実施する必要があると感じた。

(9) 今後の展開

今回は GNSS 及び GNSS+IMU 測位の可用性を評価したが、今後は実際の MMS を持ち込んで、GNSS+IMU での測位検証だけでなく、最終成果となる地理空間情報、即ち地物（ビルや構造物）の計測精度をハイエンド及びエントリーレベルの MMS を使用して評価したいと考えている。

[8] 株式会社トプコン、西尾レントオール株式会社

(1) 実験の名称および実施組織の名称

i-Construction Trial in Thailand

(2) 要約

日本では、労働人口が減少している社会問題に対応するため、土木建設分野の生産性向上を目的とした i-Construction が活用されている。タイにおいても将来的に労働人口の減少が予想されていることから、i-Construction のタイにおける適合性を評価した。

評価方法は、同じ施工ヤードと設計データを使用して、実際にタイ従来の作業手順で施工した場合と実際に i-Construction の作業手順で施工した場合とで、施工時間と施工面を比較した。施工時間については、従来施工が 190 分に対し、i-Construction は 30 分となり、施工時間が約 80%短縮されることが確認できた。施工面については、従来施工とほぼ変わらないことが確認できた。

これから i-Construction がタイで活用されるようになり、生産性が向上し、インフラ整備が加速することを期待する。

(3) 実験の背景

日本では 2016 年度より土木建設分野の生産性向上を目的に i-Construction が導入された。

この i-Construction には、高精度な位置情報と一貫した 3 次元データ活用が必要である。

日本では、国土交通省によって国内に 1,300 点以上の電子基準点が配備されており、そのデータは一般に共有され、i-Construction でも有効に活用されている。

タイでは、複数の営府機関がそれぞれの利用目的のために電子基準点を運用しているが、各々の利用目的の使用にとどまっている状況にある。

そこで、独立行政法人国際協力機構（JICA）がタイで実施している調査事業『タイ国における高精度測位データを活用した社会実験』に参加し、タイにおいて i-Construction の適合性を評価することで、電子基準点の有効活用を実証する。

(4) 実験の目的

i-Construction は一連の施工プロセス（測量→設計→施工→検査）で構成されているが、今回の実験では施工にフォーカスする。

タイ従来の作業手順で施工した場合の施工時間と i-Construction の作業手順で施工した場合の施工時間を計測し、i-Construction による生産性向上の有効性を数値化して実証する。

(5) 実験の内容

(a) 対象地域



図 45 対象地域

(b) 実施期間

2019 年 8 月 19 日（月）～2019 年 8 月 30 日

(c) 使用機器

モーターグレーダー VOLVO G930

3DMC モーターグレーダーシステム

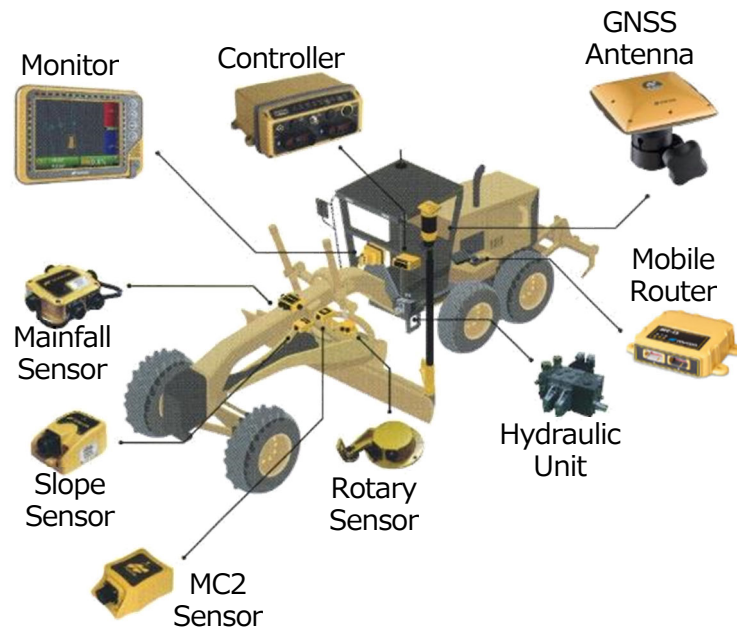


図 46 使用した機器

(d) 使用した電子基準点システム

トプコン T-NET

(株式会社トプコンがタイ国内に 10 点設置した私設電子基準点網)

(e) 実験の方法

i) 準備

SKP 敷地内の 30m×60m のヤードに、幅 9m 延長 70m の道路設計データ (図 47 左) を作成した。
(ただし、始点と終点の付近はモーターグレーダーの待機エリアになるため、評価区間は中央部分の 50m とする)

設計データは、平面線形を直線部 (約 35m) と曲線部 (約 35m) で構成し、縦断勾配を 1.2% で一定とした。横断勾配については、直線部を 0% とし、曲線部は 0% から 3% まで変化するようにした。単純な設計データであるが、縦断勾配と横断勾配があるため、設計面の高さは常に変化する。

この設計データを使用してグレーダーで整形作業をおこなうため、5cm 程度盛土した状態の試験ヤード (図 47 右) を作った。



図 47 左：道路設計データ 平面図、右：試験ヤード

ii) 計測

(A) タイ従来施工

Step1 基準杭の水平位置決め

従来施工では、グレーダーオペレータに設計データ（施工エリアと施工高さ）を指示するために、基準となる杭を設置する。今回の設計データを施工する場合、基準杭は1断面上に5本（幅杭2本と高さ杭3本）必要で、全部で9断面（直線部が10m間隔、曲線部が5m間隔）となることから、合計で45本の基準杭（図48左）を設置する。位置決め作業は、トータルステーションを使用し、作業員は4名（トータルステーション操作1名、プリズム1名、杭打ち2名）となる（図48右）。この位置決め作業に掛かる時間を計測する。



図 48 左：基準杭の位置、右：水平位置決め作業

Step2 基準杭の高さ調整

高さ杭の高さが、設計高さと同じになるように、高さ杭の高さを調整する。高さ杭は、1断面上に3本あり、全部で9断面となることから、合計で27本の高さ杭（図49左）の高さを調整する。高さ調

整作業は、オートレベルを使用し、作業員は 5 名（オートレベル操作 1 名、標尺 1 名、杭打ち 2 名、目印リボン付け 1 名）となる（図 49 右）。この高さ調整作業に掛かる時間を計測する。



図 49 左：高さ杭の位置、右：高さ調整作業

Step3 整形施工

モーターグレーダーを使用して整形施工をおこなう。施工面積は、450 m²（幅 9m、延長 50m：全施工区間中の評価対象）となる。排土板の制御は、オペレータが高さ杭を目視しながら、マニュアル操作で高さを調整する（図 50）。

また、施工が終了するまで高さ杭を維持する必要があるため、補助員を配置し、高さ杭が破損した場合は直ぐに復元する。作業員は、6 名（グレーダーオペレータ 1 名、オートレベル操作 1 名、標尺 1 名、補助員 3 名）となる。このマニュアル施工作業に掛かる時間を計測する。



図 50 マニュアル施工作業

Step4 施工面計測

従来施工ではトータルステーションを使用して施工面の計測をおこなうが、今回は i-Construction との比較をおこなうため、スキャナーを使用して施工面の三次元計測をおこなう（図 51）。

そのため、施工面計測作業に掛かる時間は計測しない。



図 51 スキャナー計測

(B) i-Construction 施工

Step1 整形施工

モーターグレーダーを使用して整形施工をおこなう。施工面積は、タイ従来施工と同じ 450m^2 （幅 9m、延長 50m：全施工区間中の評価対象）となる。排土板の制御は、3D マシンコントロールシステムを使用し、自動で高さを調整する（図 52）。

また、施工中は高さ杭を維持するための補助員は必要ないが、高さを検査する計測員を配置する。この i-Construction 施工作業に掛かる時間を計測する。



図 52 i-Construction 施工

Step2 施工面計測

スキャナーを使用して施工面の三次元計測を行なう（図 51）。

(6) 実験の結果

(A) 作業時間

タイ従来施工と i-Construction 施工のステップ毎の作業時間と合計作業時間は、次の通りとなった(表 12)。i-Construction 施工は、整形施工に掛かった作業時間が約 60%短縮(72 分が 30 分に)され、更に、基準杭の設置作業が必要ないため、合計作業時間が約 80%短縮(190 分が 30 分)された。

表 12 作業時間

作業項目	従来施工	i-Construction 施工
基準杭の水平位置決め	65 分／4 名	不要
基準杭の高さ調整	53 分／5 名	不要
整形施工	72 分／6 名	30 分／2 名
合計作業時間	190 分／15 名	30 分／2 名

(B) 施工面

従来施工と i-Construction 施工のそれぞれの施工面の 3 次元計測結果をセンターラインに沿って設計との差を計算したところ、どちらも設計差は 2cm 以内で、ほぼ変わらない結果となった。

(7) 実験の考察

今回の実証実験により、タイにおいても i-Construction 施工をおこなうことで施工時間が大幅に短縮されることが確認できた。また、今回の施工面積は 450m²であったが、実際のモーターウェイの施工面積に換算すると、大幅な施工時間の短縮が見込まれる。

実際の施工作業では材料調達・搬入や悪天候の影響などで、今回と同じ結果が得られないかもしれないが、作業時間の短縮は十分期待することができる。

(8) 今後の課題

i-Construction 施工をおこなうには、高精度な位置情報と 3 次元設計データが必要となる。高精度な位置情報は、タイ全土で利用可能な CORS システムの整備が必要で、且つ、現在使用されている国家基準点と整合性を持たせることも重要である。

3 次元設計データは、取り扱いの標準化やオペレータの育成などが課題となる。

現状のタイではコストだけで見てしまうと従来との差を埋めるだけのメリットが ICT 施工に生まれないため、「人材を選ばない品質確保が出来る事」と、「重機からの乗り降りが減る・現場内の人数が減ることによる安全対策面」からのアプローチも重要である。

(9) 今後の展開

タイランド 4.0 の推進に伴った ECC エリアのインフラ整備やモーターウェイ建設で i-Construction を活用していただき、生産性の向上と工期の短縮が実現できるように、建設業界への普及活動を継続的におこないます。

大規模造成等、タイ国でもパイロット事業を多数出していただき、実務にて ICT 施工の利便性を広い層に認知していただき、ひいては電子基準点の必要性を実感して頂く機会づくりを提唱していくことが重要かと考えます。

[9] 東海クラリオン株式会社、Asia Technology Industry Co.,Ltd

(1) 実験の名称

Intelligent Transport System

共同実施者：ATI, Chulalongkorn University, TOKAI CLARINO, Nikon Trimble,AIT

(2) 要約

電子基準点 CORS ネットワークに対応した RTK マルチ GNSS の受信機を使った自動運転車両を 2018 年よりチュラロンコン大学と ATI でローコストマイクロ EV 自動運転の研究開発を共同で行っていた車両を使って 東海クラリオンの運行管理用通信カメラを搭載して今回の実証実験に参加した。その結果、高価なセンサーは使わずにローコストで高いパフォーマンスの車両制御と位置性能を持つ自動運転が実現できることが実証できた。

課題として、さらに高い精度を実現するためのセンサを調達するための輸入制限、新しいタイプの BeiDou 信号への対応が残るがビジネス展開の計画上では十分に対応可能である。

引き続き、タイ国内のスマートシティを実現するための実証実験を継続する。

(3) 実験の背景

近年、高齢者ドライバーによる深刻な交通事故が多発している一方で、高齢者にとって自動車は生活に欠かせないこともあり、代替の交通手段について議論されてきている。バス、電車、タクシーなどの公共交通が候補と挙げられてはあるが、都心から離れた新興住宅地、特に 1990 年代バブル景気の時期に開発された地域では若い世代の転入が少ないために過疎化・高齢化が進行し、路線バスやタクシー会社さえ撤退するケースが増えてきている。そのため、小売店・スーパーマーケットや鉄道駅などの生活基盤へのアクセスに自家用車の運転が手放せない状況が、ますます多くの住宅地で起こりつつある。これに対する解決方法として自動走行技術による運転支援が注目されている。

このような問題を解決するため全天候で高齢者の負担がかからないドアツードアの運行を実現する年金受給者でも利用できるような超ローコストの自動運転車両のサービス提供が急務である。また、東南アジアのタイ国においても、人口の高齢化に加えて、バンコク郊外をはじめとした無秩序な不動産開発が急速に進行していることから、10 年後には日本と同様の事態に陥ると考えられる。

(4) 実験の目的

ネットワーク RTK を使った Full GNSS と軌道推定走行アルゴリズムを使って衛星遮断が頻繁に起こ

る環境においても高パフォーマンスの車両制御と位置性能を持った自動運転が可能であるか今回の実証実験で確認する。

(5) 実験の内容

(a) 対象地域

Space Krenovation Park, Si Racha, Chonburi 敷地内

詳細は、添付資料-1 参照。

(b) 実施期間

車両製作 2019 年 6 月～2019 年 7 月 1 ヶ月間

車両テスト 2019 年 7 月～2019 年 8 月 2 ヶ月間

(c) 使用機器

チュラロンコン大学 TOYOTA COMS 自動運転車両を使用

GNSS 受信機として POS-LVX、u-Blox F9、NetR9

(d) 使用した電子基準点システム

TOPCON (T-NET) SKP 内設置 基準局を利用 (GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo, QZSS)

(e) 実験の方法

i) 準備

1-1 実験車両システム 添付資料参照 2

1-2 車両モニター通信システム 添付資料参照 3

ii) 計測

(6) 実験の結果

添付資料参照 4

(7) 実験の考察

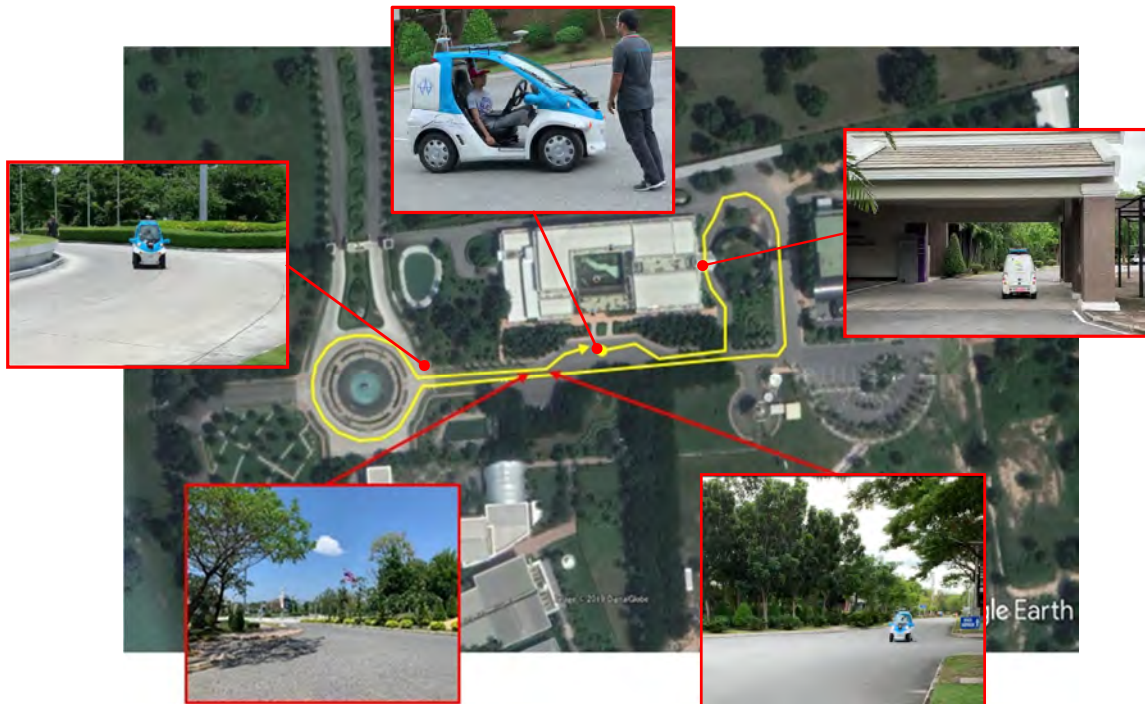
従来の自動運転は LiDAR 及びカメラを使って高精度 3D 地図によりローカライズを行う手法を採用している。しかしこのシステムは高額なセンサーを使っており現在では実用化にはコストがかかる。今回の実証実験では高価なセンサーは使わず RTK ネットワークを使ったマルチ GNSS 受信機とルートマップを使ってルート予測制御手法を行うことによりローコストで高いパフォーマンスの車両制御と位置性能を持つ自動運転車両であることが実証できた。

(8) 今後の課題

日本から GNSS 受信機の輸入に関して受信機の SPEC が送信機 (Bluetooth、WiFi) などの機能がある場合 NBTC の認証が必要となり輸入を断念した。アンテナについても同様に NBTC の認証が場合により必要となります。安定した高精度測位を郊外でも達成するためには、GPS、GLONASS、BeiDou、Galileo、QZSS これらすべての測位衛星を利用することが必須である。今回のテストにおいては受信機が BeiDou に完全にマッチされていないのか BeiDou の受信に多少問題が発生した。今後これらの問題の解析が必要と思われる。

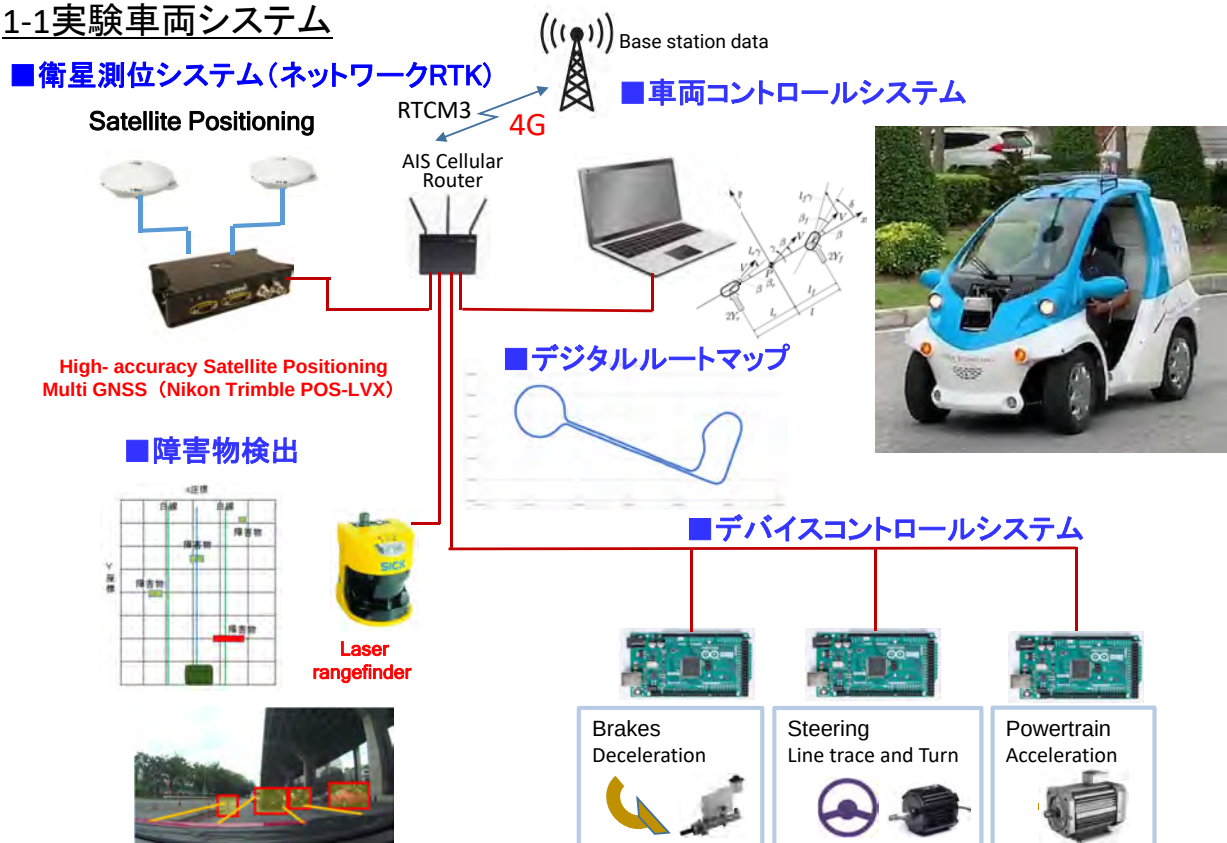
(9) 今後の展開

マイクロ EV (超小型電気自動車) のビジネス展開において GNSS 受信機及び障害物センサ、コントロール ECU のモジュール開発を行いタイの各スマートシティに向けて計画を進めていく予定である。また日本政府が開発を進めてきた QZSS からの放送される MADOCA にも対応した受信機の開発を行っていく予定である。



Space Krenovation Park, Si Racha, Chonburi 敷地内

1-1 実験車両システム

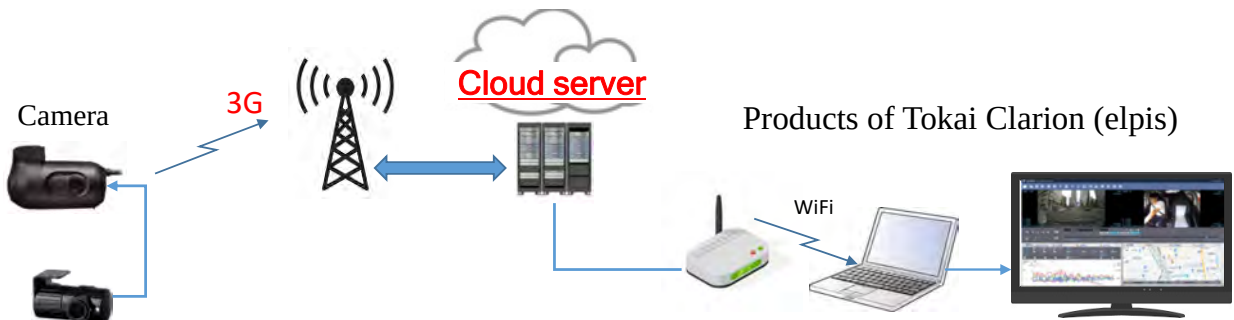


1-2 車両モニター通信システム



自動運転車両リアルタイムモニター

- ・前方と運転席のリアルタイム映像を確認
- ・車両位置のモニター
- ・車両の挙動を検出

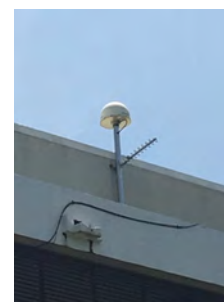


カメラの映像をセルラー回線を利用してサーバーに記録及びリアルタイム監視するシステムである。将来5Gを利用することで車両をリアルタイムでコントロールが可能になる

計測 テスト結果

Base station receiver (CORS Network)

SKP (TOPCON GRS-80) Base station	Latitude	13 06 11.42282094
	Longitude	100 55 46.14373043
	El. Height	33.537(m)
GPS	L1,L2,L5	
GRONASS	L1,L2	
BeiDou	B1,B2	
Galileo	E1,E5a,E5b	
QZSS	L1,L2,L5	
SBAS	L1,L5	



Rover receiver

Trimble POS-LVX Rover(Spec)	Position (m)	0.02H
	Roll & Pitch (deg)	0.03
	True Heading5(deg)	0.09
GPS	L1,L2,L5	
GRONASS	L1,L2	
BeiDou	B1,B2	
Galileo	E1,E5a,E5b	
QZSS	L1,L2,L5	
SBAS	L1,L5	

Secondary antenna Primary antenna



テストデータは後記参照



SKP POS-LVX Test Results

Used satellite
GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo, Qzss

FIX rate

Round 1

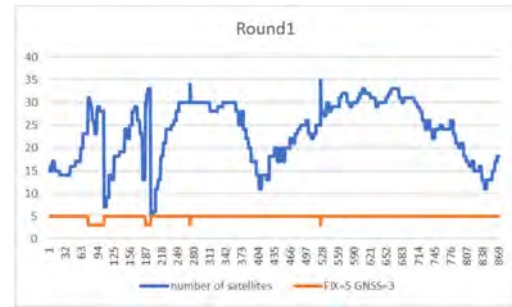


■ Fix ■ DGNSS

FIX rate = 95%

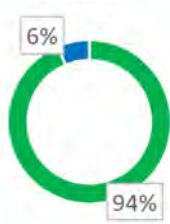


Number of satellites received



min number of satellites 5 and
maximum is 35 average is about 23

Round 2



■ Fix ■ DGNSS

FIX rate = 94%



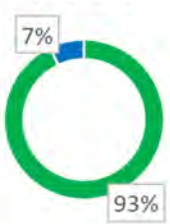
min number of satellites 10 and
maximum is 33 average is about 23



SKP POS-LVX Test Results

FIX rate

Round 3



■ Fix ■ DGNSS

FIX rate = 93%

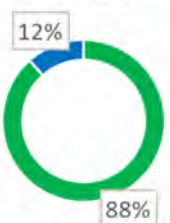


Number of satellites received



min number of satellites 5 and
maximum is 33 average is about 23

Round 4



■ Fix ■ DGNSS

FIX rate = 88%



min number of satellites 11 and
maximum is 35 average is about 23



SKP POS-LVX Test Results

FIX rate

Round 5



FIX rate = 92%



Number of satellites received



min number of satellites 8 and
maximum is 34 average is about 22

SKPコースは測位衛星数の数が多いことから多少の立樹によって幾つかの衛星が遮られたとしても影響を受けずFIXを保ち、安定した自動運転が可能な位置情報を得ることが分かった。

[10] ヤンマーアグリ株式会社

(1) 実験の名称

農業機械による自律走行実証

(2) 要約

タイの圃場で、現地の電子基準点から補正情報を利用して、ロボットトラクターを走行及び作業させた。

(3) 実験の背景

タイにおいて、将来の農業人口が減少すると予測しており、農業生産性向上にロボット農機が必要な存在と考えている。今回の社会実験では、タイ政府と日本政府が協同で開発を進める高度測位データを活用し、弊社が 2018 年 10 月に日本で発売したロボットトラクターを、実際にタイの圃場で走行及び作業ができるかを確認するために、本実験を実施することとした。

(4) 実験の目的

弊社ロボットトラクターが、タイの圃場で日本と同等の作業ができるかを確認するため。確認項目はオペレーターがトラクターに乗らずにタブレット操作により、自律走行（直進、旋回）ができるか、また、タイの農業で使用する作業機を使った農業作業ができるかを確認する。

(5) 実験の内容

実験は以下の 2 回実施した。

- ① タイの圃場で、ロボットトラクターでのシュガーケーンの植付け作業
- ② SKP(GISTDA,Space Krenovation Park)内でロボットトラクターと有人トラクターの 2 台協調による、コーンの播種作業

(a) 使用機器

ロボットトラクター（YT5113 ロボット仕様）



図 53 YT5113

(b) 使用した電子基準点システム

T-NET（株式会社トプコン）

(c) 実施期間と対象地域

i) タイの圃場で、ロボットトラクターでのシュガーケーンの植付け作業

実施期間は 2019 年 7 月 23-24 日で、対象地域は以下に示す。



図 54 対象地域 ①タイ圃場（左上：位置図、右上：航空写真、下：圃場の様子）

ii) SKP 内でロボットトラクターと有人トラクターの 2 台協調による、コーンの播種作業

実施期間は 2019 年 8 月 30 日 (Thai-Japan GNSS DEMO DAY) で、対象地域は以下に示す。



図 55 対象地域 ②SKP 内（左上：位置図、右上：航空写真、下：圃場の様子）

(d) 実験の方法

日本で販売している弊社ロボットトラクターをタイへ輸入して、日本と同じように自律走行及び作業機を使った農業作業ができるかを確認した。

ロボットトラクターを自律走行させるためにはロボットトラクターの位置情報が必要となるため、本実験での測位方法は Ntrip 方式による RTK 測位を採用した。ロボットトラクターに設置の GNSS 受信機とタイに設置の電子基準点からの補正情報をネット回線より取得することで、cm 単位の高精度測位を実現させた。



図 56（測位方法の概念図）

(6) 実験の結果

弊社ロボットトラクターは、自律走行及び農業作業が、タイの圃場で日本と同等に実施できたことを確認した。自律走行では、オペレーターがトラクターに乗らずにタブレット操作により、登録された走行ルートをロボットトラクターが自動直進と自動旋回をして、走行した。ロボットトラクターの各作業の様子を、以下に示す。

i) ミニコンバイン(サブソイラー)とシュガーケーンプランター

ロボットトラクターにミニコンバイン（サブソイラー）とシュガーケーンプランターのそれぞれ作業機を取り付けて実施した。まず、ロボットトラクターに取り付けたサブソイラーで地面を耕した後、作業機をシュガーケーンプランターに付け替えて、シュガーケーンを植える作業を実施した。



図 57 左上：ミニコンバイン、左下：作業後の様子、右上：シュガーケーンプランター、右下：作業後の様子

ii) パワーハローとコーン播種機を使用した協調作業

1人で2台別作業のトラクターを操作し、効率的な協調作業を実施した。先行のトラクターは、パワーハローで地面を耕すためのロボットトラクターであり、後続のトラクターはコーンの播種機を取り付けてコーンの播種を行った。オペレーターは後続のトラクターに乗りトラクター操作と、そこから先行のロボットトラクターもタブレットにより操作した。



図 58 協調作業の様子

(7) 実験の考察

ロボットトラクターの自律走行と作業機による農作業はどちらも満足する結果となった。これは、どちらのフィールドも電子基準点の近傍で行ったために、電子基準点からの補正情報を受けることができ、測位精度が劣化することなくロボットトラクターが走行できたことが一因に考えられる。

(8) 今後の課題

以下の2点を記載する。

電子基準点の整備と利用方法

近年、タイでは電子基準点の設置が増加しているが、日本と比べ電子基準点間の距離が長い。安定的な測位環境を求めるのならば、今よりも高密度な電子基準点網が必要ではないかと考える。また、タイに設置している電子基準点は、それぞれ管理者が異なる。そのため、使用時に、手続き等をそれぞれ行わなければならない現状や、管理者が異なる電子基準点の利用に制限があるなど不便なところが多いと考える。

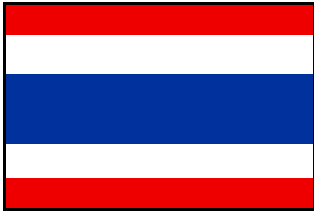
社会実験で使用する機器の輸出入と電波認証

今回の社会実験では、日本国内から他国へ機材を持ち込んだため、「輸出入の通関」と「電波認証の承認」の手続きがタイの関係機関と必要である。商用である場合は、各企業が申請すべきと考えるが、今回のような政府間同士の社会実験ならば、事前に社会実験主催者が手配して頂ければ、試験もスムーズに進むと考える。

(9) 今後の展開

タイの農業人口の急激な減少動向を注視して事業推進し、今後もタイをはじめとする東南アジア諸国のスマート農業が推進ができる体制を整えていく。また、弊社は日タイ G 空間推進協力協議会に参加しており、その趣旨に則り活動を継続する。

巻末資料 3. セミナー発表資料



Multi GNSS Asia Conference

Japan - Thailand Special Session

28 August 2019

Impact Arena Muong thong Thani Bangkok, Thailand



SURVEY FOR THE ESTABLISHMENT OF THE EXPERIMENTAL FIELD FOR THE GNSS SYSTEM DEVELOPMENT



Japan - Thailand Special Session



- 9:00- **Opening Remarks**
By Dr. Damrongrit Niammuad, GISTDA
By Mr. Satoshi Kogure, National Space Policy Secretariat, Cabinet Office
- 9:05- **Keynote Speech**
By Mr. Hiroyuki Miyazaki, Ph.D., University of Tokyo & Asian Institute of Technology
- 9:15- **Keynote Speech**
By Professor Dr. Chalermchon Satirapod, Chulalongkorn University
- 9:25- **Introduction of Establishment of National CORS Data Center (NCDC) and JICA Technical Cooperation**
By Col. Attawoot Kiatiwat, Thai Japan Cooperation WG & Royal Thai Survey Dept.
By Mr. Masaki Murakami, JICA Team (PASCO CORPORATION)
- 9:35- **Introduction of Pilot Projects in Thailand**
By Representatives of the participating companies from Japan and Thailand
- 10:25- **Closing Remarks**
By Mr. Takahiro Otsuka, JICA Thailand Office



SURVEY FOR THE ESTABLISHMENT OF THE EXPERIMENTAL FIELD FOR THE GNSS SYSTEM DEVELOPMENT

GNSS CORS as the National Positioning Infrastructure to support Thailand 4.0

Professor Dr. Chalermchon Satirapod
Department of Survey Engineering
Chulalongkorn University
Thailand

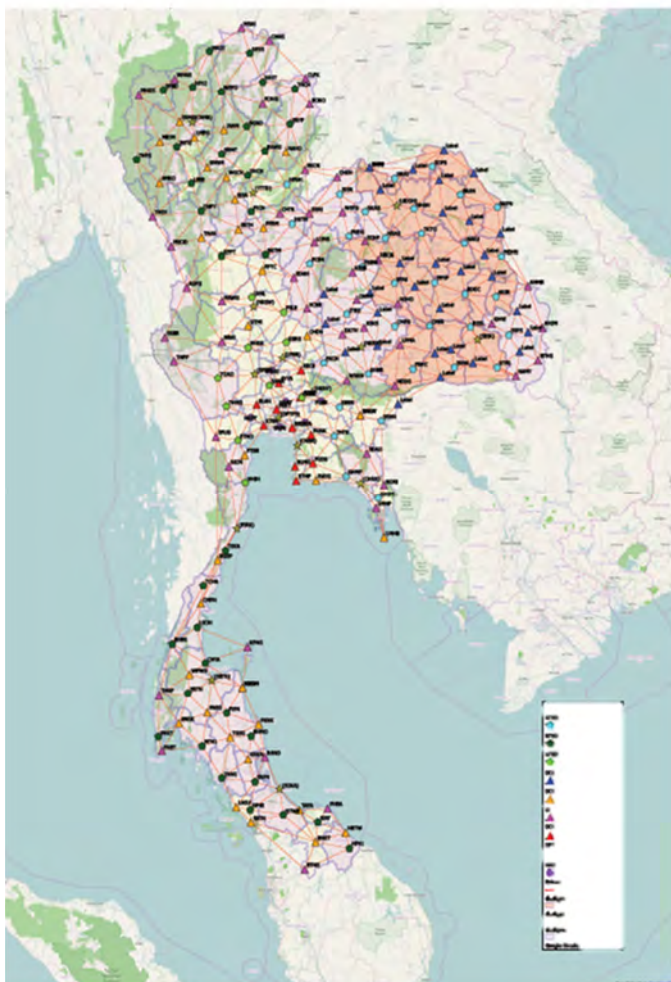
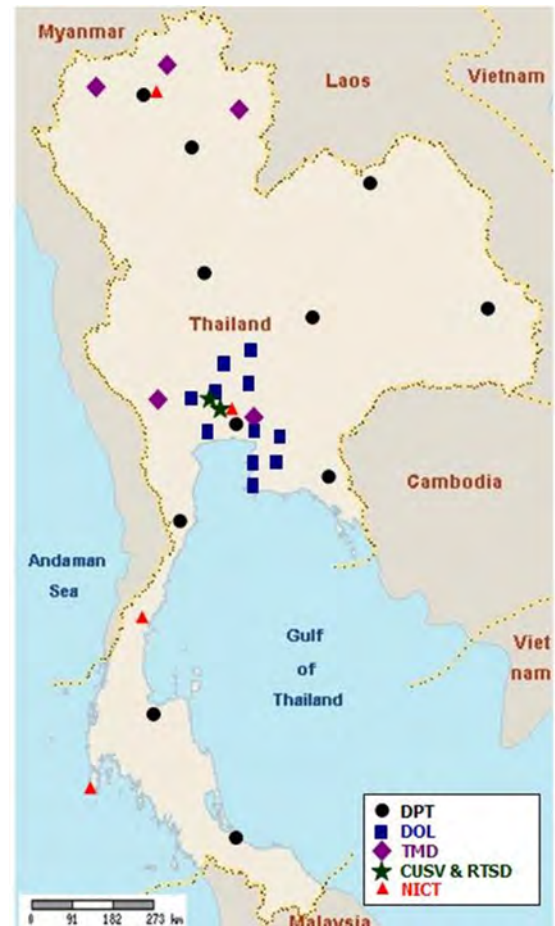
Outline

- Thailand Continuous Operating Reference Systems (CORS) : system and concept
- How GNSS CORS can support Thailand 4.0?
- Past collaboration between Thailand and Japan

Thailand CORS

■ Many Thai organizations and University established CORS for their own purposes.

- Department of Public Works and Town & Country Planning (DPT)
- Royal Thai Survey Department (RTSD)
- National Institute of Information and Communications Technology (NICT)
- The Thai Meteorological Department (TMD)
- Department of Lands (DOL)
- Chulalongkorn University
- Geo-informatics and space technology development agency (public organization)



Year 2019
CORS > 200 stations



GNSS CORS Installation Plan:

oRTSD: Survey (Backbone) **80** CORS
 oDOL : Land Survey **134** CORS + **47** CORS (2020)
 oDPT : Planning Town survey **15** CORS
 oGISTDA: Research & App **5** CORS
 oCU & KMILT : Research **4** CORS
 o HII: **6** CORS

Baseline:

30-80 km.

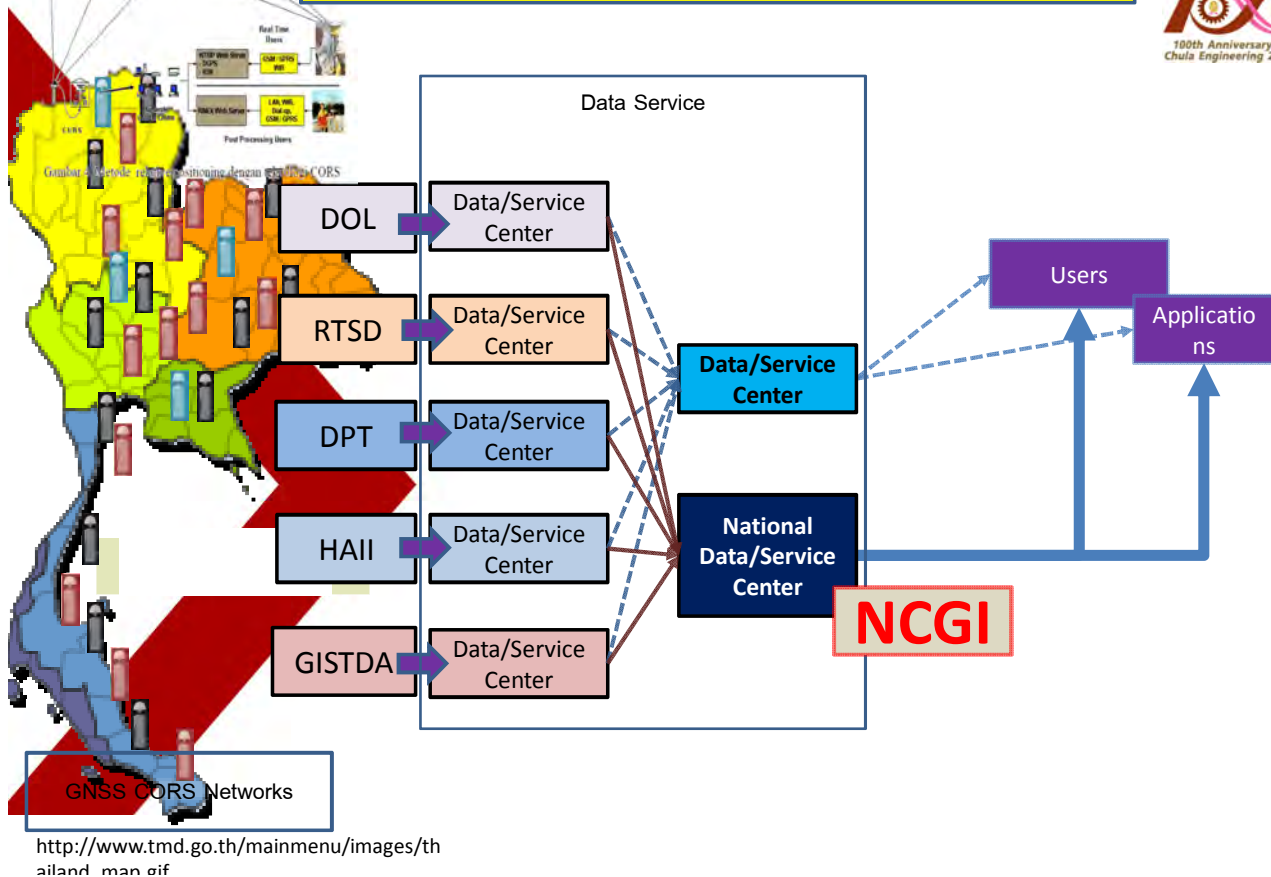
Service:

Collection data of CORS, Correction data for precise positioning

Application:

Surveying, I-construction, Logistics, Precise farming, Autonomous driving, Scientific research

GNSS CORS Data Services Concept

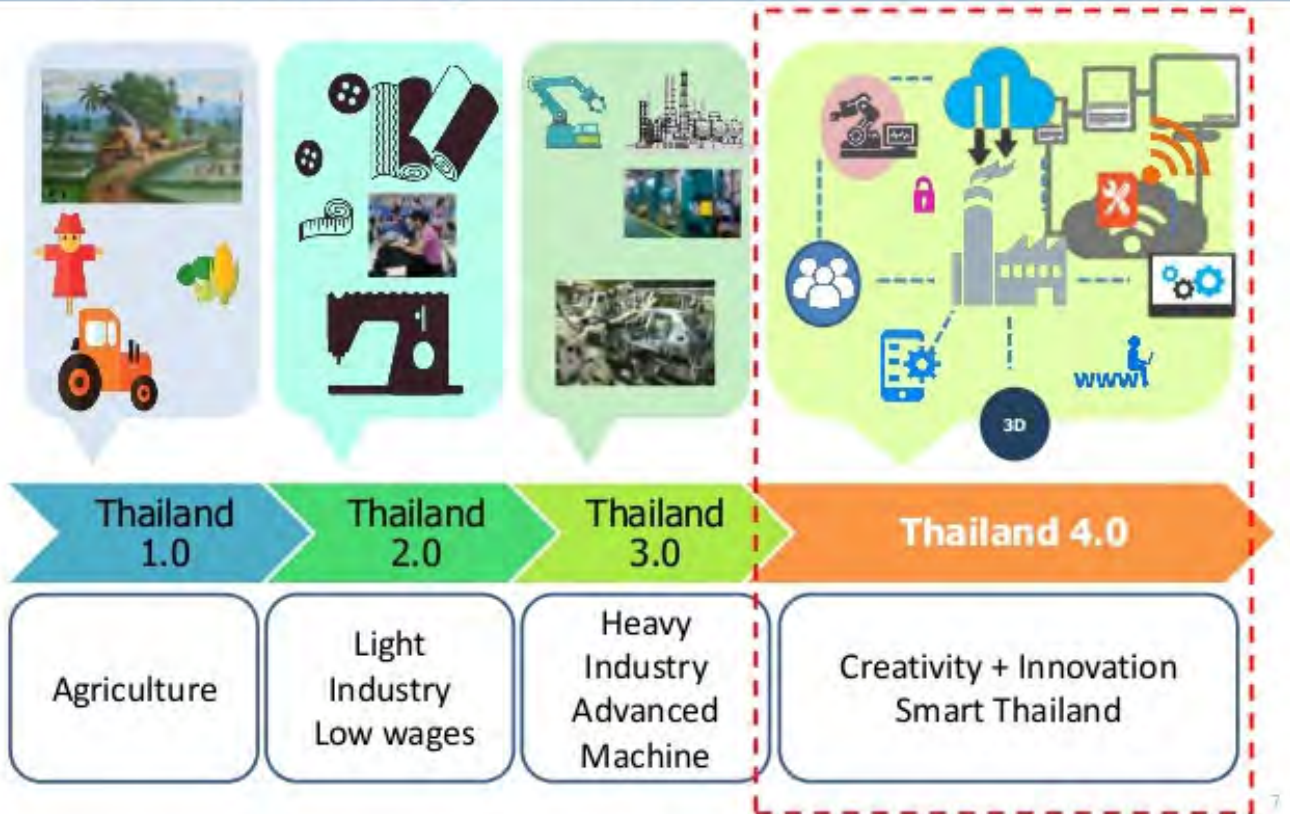


What is next?

- Integrate all available GNSS CORS to provide a real-time service to public
- Propose to all organizations to use the latest ITRF coordinate reference frame
- Decide on the nature of Thai datum (static, semi-dynamic, dynamic???)
- Promote the use of RTK service from National GNSS CORS to the targeted sectors (i.e. agriculture, aviation, construction)

Thailand 4.0

(Smart Industry + Smart City + Smart People)



www.eng.chula.ac.th

CHULA ENGINEERING
Foundation toward Innovation

FUTURE USE OF GNSS CORS IN THAILAND



THAILAND 4.0

SMART CITY SMART INDUSTRY
SMART PEOPLE



AGRICULTURE



AVIATION



SURVEYING AND MAPPING



AUTONOMOUS DRIVING VEHICLE

Japan-Thailand Joint Press Statement (February 9, 2015)

MOU for development of CORS network (June 7, 2017)

- Establish an integrated data center
- Cooperate for integrated CORS network
- Establish GNSS Innovation Center



2016-2017 Cabinet Office cooperating with HII Social demonstration of GNSS utilization in Thailand



NISHIO RENT ALL CO.,LTD.
PASCO CORPORATION
Jenoba Co., Ltd.
KUBOTA Corporation
MAZELLAN SYSTEMS JAPAN Inc.
NIKON-TRIMBLE CO., LTD.
YANMAR CO., LTD.
TOPCON CORPORATION
Mitsubishi Electric Corporation

Opening of GNSS Innovation Center (January 10, 2018) Japan pavilion (10 private companies, Cabinet Office, GSI, JAXA exhibition) established GISTDA-annexed to the Space Museum.



1st Technical visit to Japan in 2017



2017-03-07: The Thai delegation from 4 agencies discussed CORS infrastructure with experts at GSI.



GISTDA, DOL, RTSD, Prof.Satirapod, HAI, Mr.Nakagawa



2nd Technical visit to Japan in 2019

2019-6-12: The Thai delegation from 7 agencies discussed CORS infrastructure with experts at GSI.



**Without the support from Japan,
we would not come this far.
Thank you very much!**

ありがとうございます



คณะกรรมการภูมิสารสนเทศแห่งชาติ
The National Geo-Informatics Board



Introduction of establishment of National CORS Data Center (NCDC) and JICA technical cooperation

Col. Attawoot Kiatiwat

Director of Map Information Center

Royal Thai Survey Department

28 August 2019

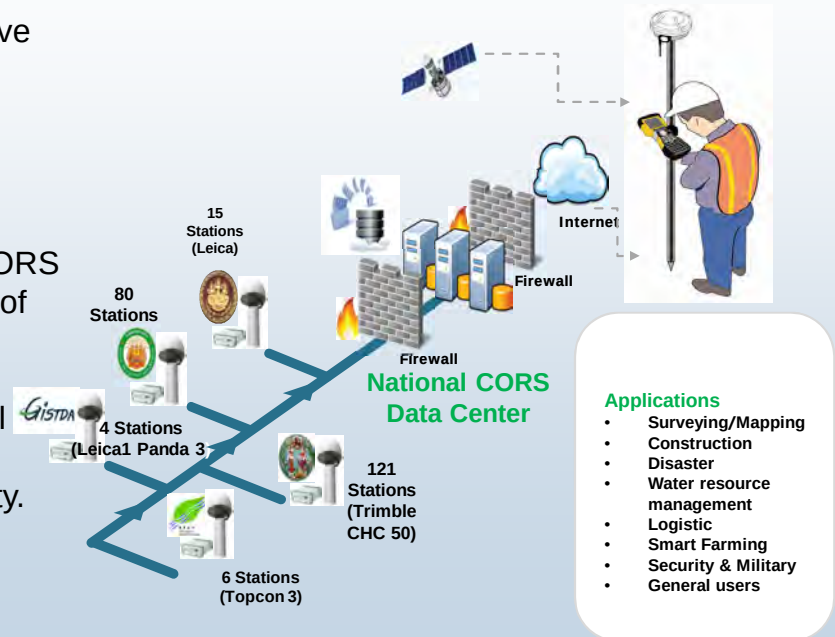
Japan - Thailand Special Session,
Multi GNSS Asia Conference

Outline

- The establishment of NCDC
- Organization and Management
- NCDC & JICA Technical cooperation
- NCDC: Today status & in the far future

The Establishment of NCDC

- o In Thailand, governmental agencies have owned CORS stations but not yet integrated among agencies.
- o National Geo-informatics Board (NGB) have approved establishment of the National CORS Data Center for co-ordination integration from all GNSS CORS stations and assigned RTSD in charge of this task.
- o NCDC will be the essential national infrastructure beneficial for international competition and social economic development as well as national security.



Thai GNSS CORS Status

In the end of year 2019: 249 stations¹

o RTSD: Survey (Backbone)	80	CORS
o DOL : Land Survey	134	CORS ²
o DPT : Planning Town survey	15	CORS
o GISTDA: Research & App	5	CORS
o HII:	5	CORS
o KMILT : Research	8	CORS
o CU: Research	1	CORS
o NIMT:	1	CORS

Baseline: 30-80 km.

Service: Collection data of CORS, Correction data for precise positioning

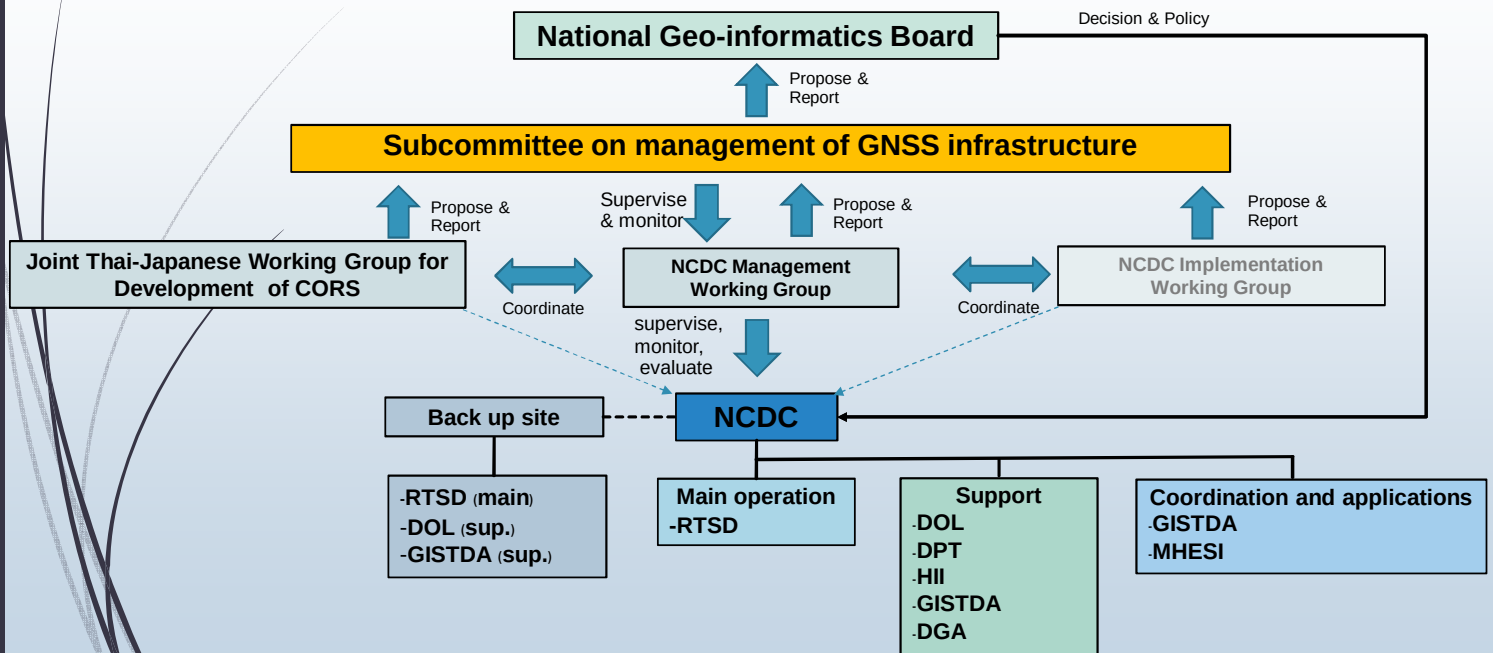
Application: Surveying, Logistics, Precise farming, Automatic mobilization

¹ As the 1st NCDC management working group meeting report

² DOL 's CORS 45 stations will be added in 2020

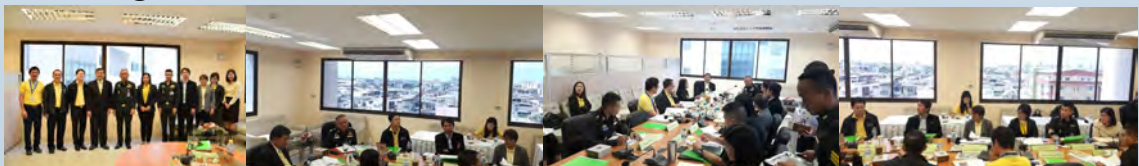


NCDC: administrative workflow

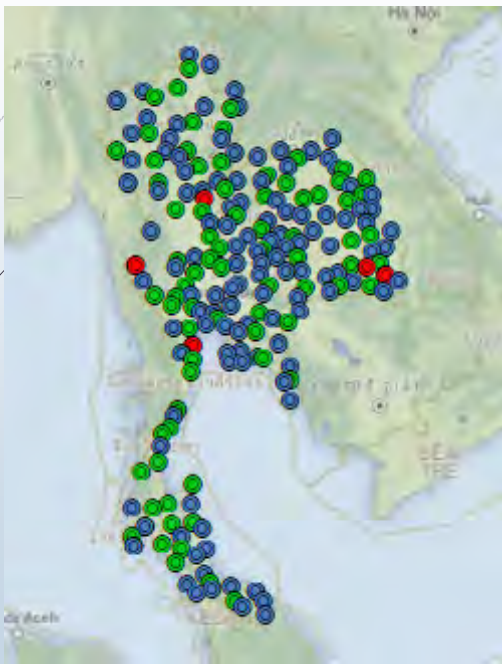


1st NCDC Management Working Group Meeting in 18 July 2019: Integration/Collection of CORS Data

- Approve to conduct and integrate Data Streaming Testing on Continuously Operating Reference Station(CORS) of associated organization
- Approved CORS Data streaming test plan which started operation from August 2019
- Test both 2 methods; data center to data center and multi-streaming from CORS stations
- Data streaming test evaluation for sufficient information to make a decision and report to Sub-committee on management of GNSS infrastructure



RTSD-DOL CORS Data streaming test



BUENG KAN	
General	Hardware
Details	
Site code	BGKN
RTCM ID	0197
Marker name	BGKN
Marker number	BGKN
Site Status	Connected – receive data
Latitude	18° 21' 33" N
Longitude	103° 39' 19" E
Height [m]	128.5
Last update	2019-08-07 17:29:07
Site server	SS03-DOL/DPTC
Network Processing	
Status	Not utilised

1stNCDC Management Working Group Meeting in 18 July 2019:

CORS Data distribution policies

- Approved data distribution system in Scenario B -Data holder send to data provider with free of charge
- Approved policy to provide CORS data services free of charge in initiate stage in order to promote CORS data usage and review the data charging policy every 6 months

Data holder &
NetRTK data creator;
NCDC

Free of
charge

Data provider;
NCDC

Free of
charge

Users

Today NCDC

- 9 April 2019, Minister of Defense has approved construction of National CORS Data Center as a new project of MOD in a fiscal year of 2019
- Because of procurement of over 100 million bath worth ICT procurement project, National CORS Data Center project are required to be inspected and approved by Government Computer Procurement Committee under Ministry of Digital Economy and Society (MDES) in aspect of Return on Investment

NCDC in near and far future

- Foster installation the National CORS Data Center through consolation and budgetary allocation from the Royal Thai Government.
- Unifying CORS network/coordinate -members shall use same GNSS CORS network/coordinate after the establishment of NCDC
- CORS maintenances- maintenance cost is integrated to continue and sustain system of NCDC
- CORS data service rules - service rate, scope/term of conditions, limitation, security
- Promote the application of RTK service from National GNSS CORS to the targeted sectors (i.e. agriculture, aviation, construction)



Thank you for your attention



- JICA assists **realization of sustainable operation of NCDC** through its technical cooperation project.
- Not only the provider side (NCDC itself) but also user side are the key success factors to **sustainable operation of NCDC**.



Implementation of pilot projects
to understand **potential user needs** and
applicability of technology in Thailand.

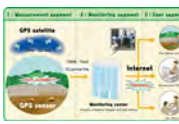


SURVEY FOR THE ESTABLISHMENT OF THE EXPERIMENTAL FIELD FOR THE GNSS SYSTEM DEVELOPMENT



10 Pilot Projects from Thailand & Japan



 UAV/i-Construction AKTIO Corporation	 Smart Agriculture KUBOTA Corporation
 Mobile Mapping System Hydro - Informatics Institute	 Survey and Mapping NIKON-TRIMBLE Co., Ltd.
 Mobile Mapping System Iwane Laboratories(Thailand) Ltd.	 i-Construction NISHIO RENT ALL CO.,LTD. TOPCON CORPORATION
 UAV KAITEKI-KUKAN FC CO.,Ltd Pasco (Thailand) Co.,Ltd.	 Intelligent Transport System Tokai Clarion, Ltd. Asia Technology Industry Co.,Ltd.
 Real-time displacement monitoring KOKUSAI KOGYO CO., LTD.	 Smart Agriculture YANMAR AGRIBUSINESS Co., Ltd.



SURVEY FOR THE ESTABLISHMENT OF THE EXPERIMENTAL FIELD FOR THE GNSS SYSTEM DEVELOPMENT



UAV Photogrammetry Using GNSS Markers for Aerial Photogrammetry

August 28, 2019

株式会社 アクティオ AKTIO Corporation
Shigeo Hinami

Copyright© AKTIO Corporation All Rights Reserved.

Company Profile



AKTIO Corporation

Address 〒103-0027

3-12 Nihonbashi, Chuo-ku, Tokyo, Asahi Building 7F

TEL : 03(6854)1411

FAX : 03(3276)3221

Representative Chairman & CEO Mitsuo Konuma

President & COO Naoto Konuma

Establishment January 10, 1967

Capital 500 million yen (Aktio HD 10billion yen)

Copyright© AKTIO Corporation All Rights Reserved.

Company Profile



Annual sales : 187,110million yen

(Aktio HD 2,718 billion 98 million yen)

* Fiscal 2018 results

Number of employees : 4,379 (Aktio HD 8,359)

* December 31, 2018

Aktio HD :

42 consolidated subsidiaries

Overseas : AKTIO THAILAND CO.,LTD.

AKTIO PACIFIC PTE.LTD.

AKTIO MALAYSIA SDN.BHD. Other 8 corporations.

4 Equity method affiliates 3 Non-consolidated subsidiaries

Copyright© AKTIO Corporation All Rights Reserved.

Company Profile

AKT/O

Business : Construction machinery rental,

Rental and lease construction equipment.

Main offices : Tokyo, Osaka, Sapporo, Sendai,

Nagoya, Fukuoka etc.

Division : Railway, Forestry, Dismantling, Handy machine,

Under structure machinery, Engineering, Cranes,

Road machinery, Event, Trading,

376 locations. (in Japan)

125 factories. (in Japan)

Copyright© AKT/O Corporation All Rights Reserved.

Description of Testing

AKT/O

Outline:

Use GNSS markers as airphoto signals in UAV photogrammetry.

Examine whether the markers can be used as surveying equipment. (GCP (ground control point) surveys)

Anticipated Results:

Contribute to the improvement of survey efficiency and precision through high-precision aerial photogrammetry employing GNSS markers.

Increase efficiency by simplifying GCP surveys.

Copyright© AKT/O Corporation All Rights Reserved.

Equipments

AKT/O

- DJI Co.,Ltd MATRICE 210 RTK
- * Camera : ZENMUSE_X5S 1unit
- Aerosense Inc. GNSS Marker 10cars

Testing Overview



Copyright© AKT/O Corporation All Rights Reserved.

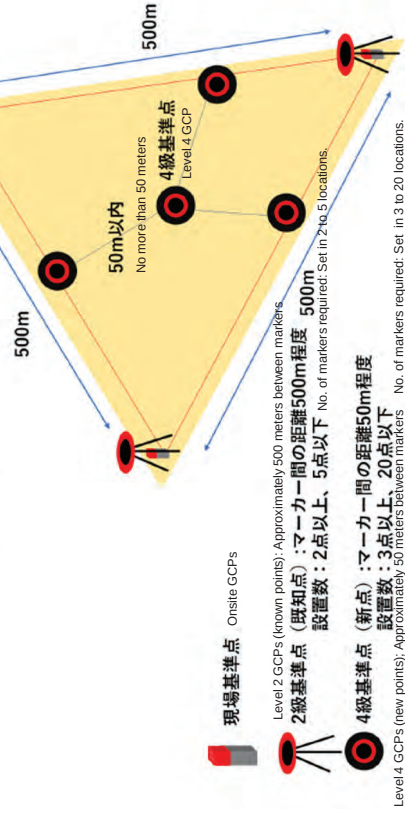
Copyright© AKT/O Corporation All Rights Reserved.

Description of Demonstration

GCPs available in the periphery

Set Level 4 GCPs, using existing Level 2 GCPs as the known points.

既設の2級基準点を既知点として4級基準点を設置



Adopted the "GCPs Available" Scenario

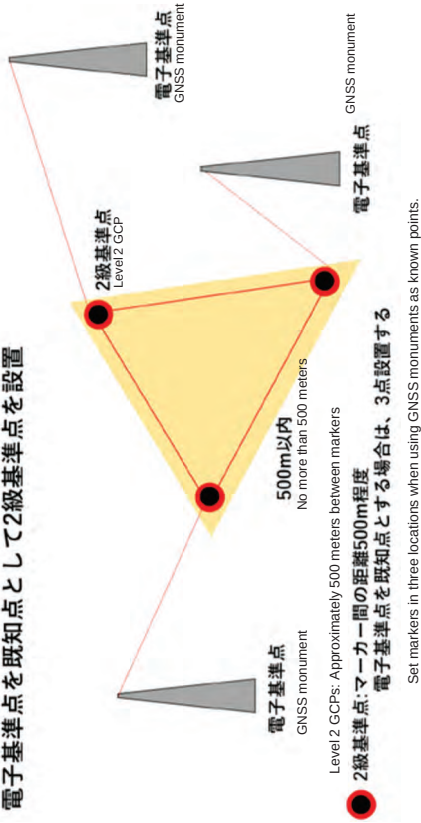
- ① Place markers within the field to obtain location information.
- ② Perform UAV photogrammetric survey of the field.
- ③ Upload the photographs taken to cloud for analysis. (Conceptual diagram)



GCPs not available in the periphery

Set Level 2 GCPs using GNSS monuments as the known points.

電子基準点を既知点として2級基準点を設置



Anticipated Effects

- GNSS marker (class 2 certified),can make half volume of work. High quality positioning is available within ±1cm.

飛行・観測条件		観測手法	
使用機体 カメラ オートバリアップ (走行方向・前方目視)	マーカーの測量方法	他社製ドローン	エアロセンス製 AS-MC02-P
		Sony α6000	Sony DSC-QX30
		80%・60%	80%・60%
		GNSS ローバ	エアロポマーカによる スタティック測位
結果・比較			
GCP	14 pieces	1 1/2	10 pieces
GCP time	4 hours		2 hours
モデルの精度	±50mm		±50mm
地上解像度	20mm		20mm
Solution time	12 hours	1 1/4	3 hours

- From "surveying by professionals only" to "surveying by any and all".

Total Station トータルステーション (TS)		AeroseNSE Marker エアロポマーカ	Rover ローバー
方法 Method	放射法 Radiation method	スタティック測位 Static positioning	RTK (Realtime Kinematic)
精度 Accuracy	< 1cm	1cm - 2cm	数cm Few centimeters
観測時間 Observation time	n/a	1時間 1 hour	観測10秒程度 (環境による) Minimum of about 10 seconds (Dependent on environmental conditions)
購入価格 Purchase price (Per our research)	> 100万円 1 million yen	20万円 200 thousand yen	200万円以上 More than 2 million yen
使用状況 Ease of Use	※当社調べ (※当社調べ) 使用に際しては、測測物がある場合、迂回計測が必要 ・作業に2人必要 Need to measure around obstacles due to the use of lasers	自動計測はクラウドで自動計測 ・ソフトウェア購入不要 ・スイッチ押すだけで操作完了 ・1人で可能 Automatic data analysis by cloud computing ・ソフトウェア購入不要 ・スイッチ押すだけで操作完了 ・1人で可能	専用ソフトウェアが必要 (もしくは基地局設置が必要あり) ・1人で可能 Need to purchase software (or install a base station) Need to receive correction information (or install a base station)

Presentation material for:
AeroseNSE Inc.

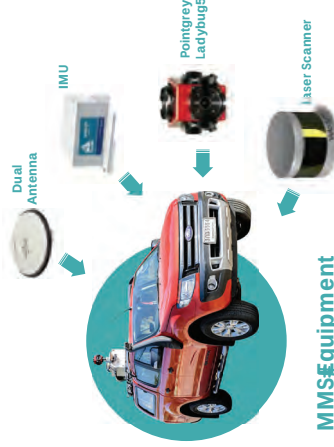
AKT / 0

Mobile Mapping System (MMS) and Continuously Operating Reference Stations (CORS) Combination for 3D Dike Model Generation

Hydro – Informatics Institute (Public Organization)
Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation



HII MMS Introduction

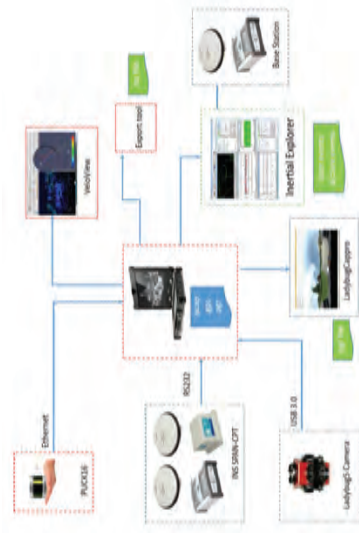


Mobile Mapping System (MMS) has been developed to be used to collect topographic data, especially water resource data for supporting disasters management.

To improve system performance, Ladybug5 camera and Laser Scanner has been applied to **high speed collect high resolution point cloud data** in widely range. Moreover, Dual Antenna and IMU can support to increase the quality and accuracy of collected data using GPS time.



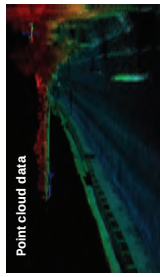
HII MMS Introduction



CONTENT

- 1 HII MMS Introduction
- 2 Experiment Purpose
- 3 Experiment Procedure
- 4 Results and Conclusion

Experiment Purpose

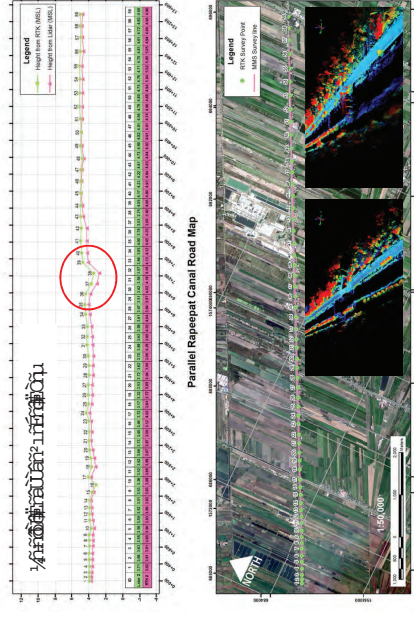
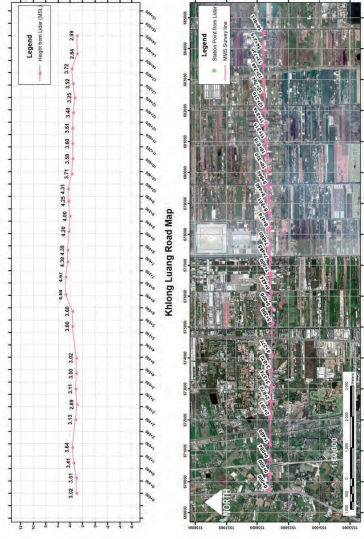


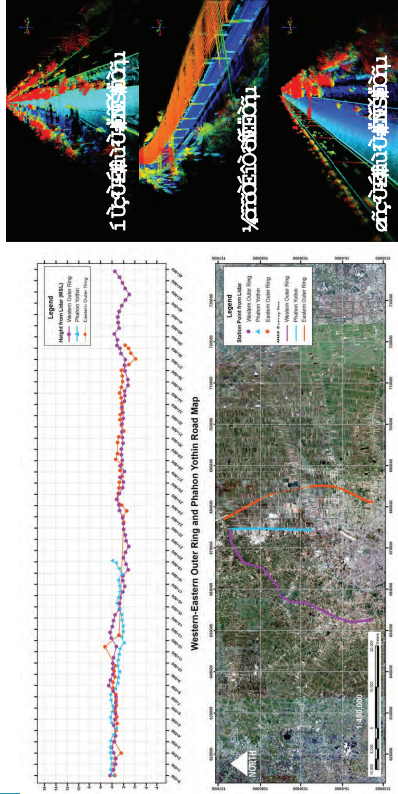
1. To find a suitable method of MMS for surveying dike 3D model
2. To generate 3D dike model by using MMS and CORS data
3. To compare dike surface height between MMS data and RTK data
4. To survey the vertical height of the Bangkok Metropolitan Region Road

Experiment Procedure



Results and Conclusion





Hydro – Informatics Institute (Public Organization)
Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, THAILAND
tel +66 2 5180901 fax +66 2 5180910
www.hii.or.th www.thaiwater.net



Results and Conclusion

This experiment evaluates HII-MMS performance using GNSS CORS, the experiment results show as follows:

1. HII-MMS system can be used to leveling as well, especially in a wide area, following this experiment that HII MMS be able to collect the data 100 kilometers within 1 day, which accepted accuracy at 35 centimeters.
2. MMS can obtain the multi-data including lidar data from Velodyne , trajectory from IMU and GNSS, and high resolution image from Lady bug for generating the dike 3D model.
3. The HII-MMS performance was evaluated by compare accuracy of retrieved elevation between MMS and RTK GNSS CORS. RMSE shows 0.386.
4. From the experiment results (point cloud and 3D model) display the elevation pattern of western-eastern outer ring road, so these results can explain that western-eastern side are higher than the center of BKK (Phahon Yothin). That means the center of BKK is a low river plain.



3D Geo Imaging Technologies based on Advanced CV Technology



About Iwane Laboratories

- ✓Manufacture of Mobile Mapping System (MMS)
- ✓Collection of MMS Digital Content on Demand
- ✓Web based Application
- ✓Developing Artificial Intelligence based solutions - Analyzing 3D Space and Recognize Objects
- ✓3D Space for Autonomous car



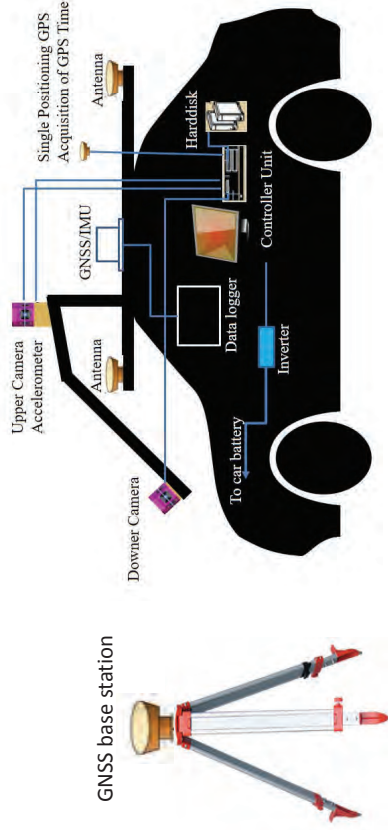
Iwane Laboratories



40 years unchanging mission : make the eyes of the robot!



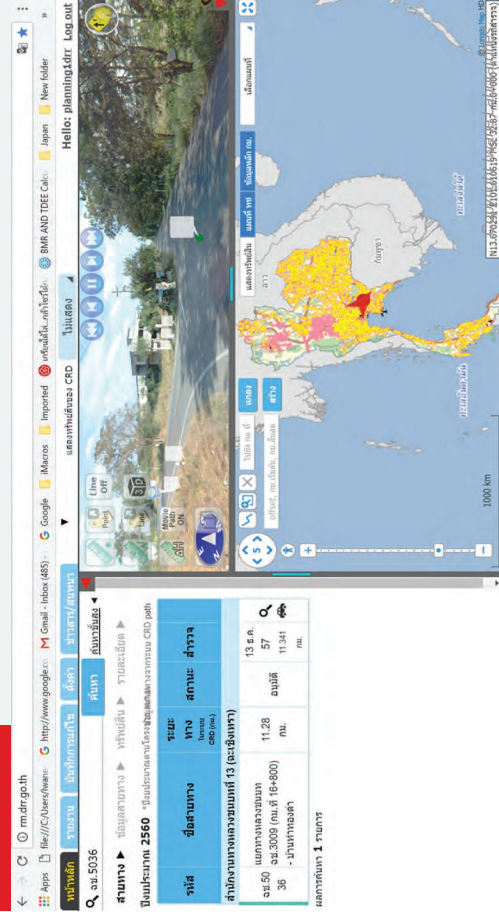
Simple & Robust



Thailand

Thailand

Department of Rural Road use to manage road asset and road safety with web application 47,000 km



Thailand

Thailand

Department of Public Works and Town & Country Planning use to manage Land parcel and Land use

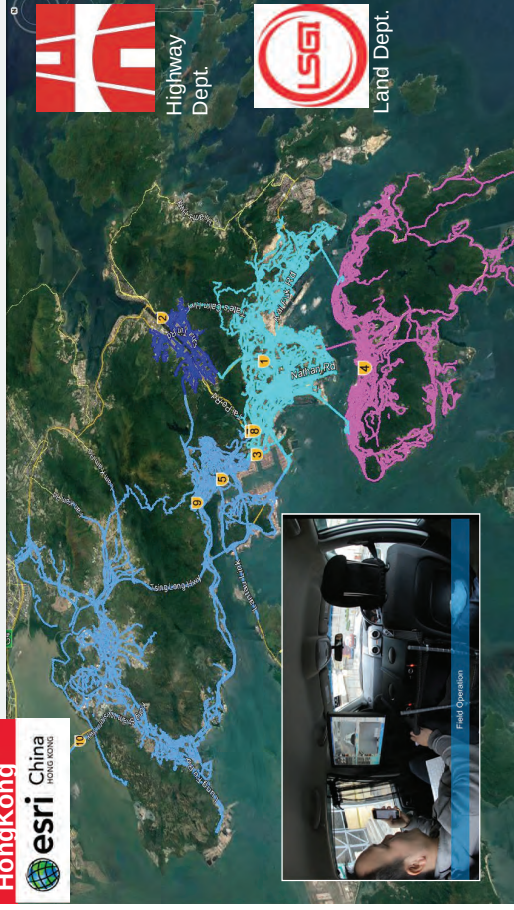


Copyright Iwane Laboratories

HongKong



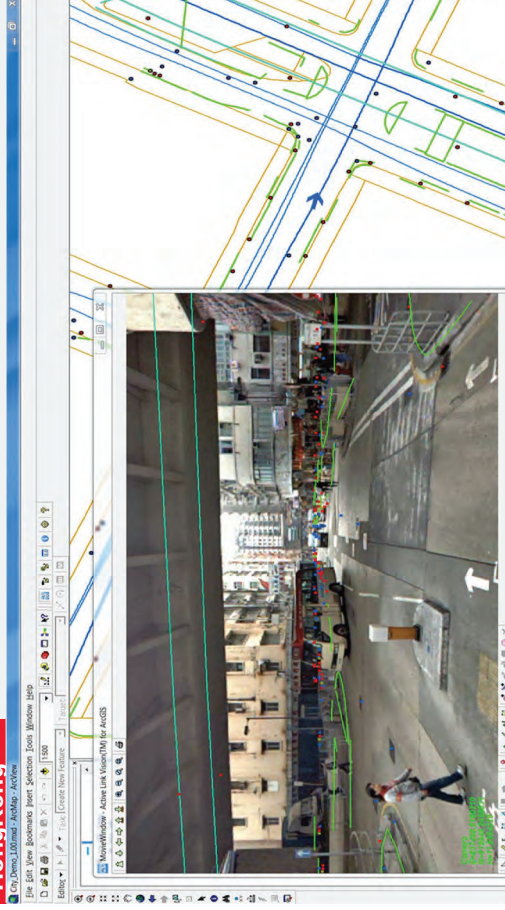
Road Station has completed the whole of Hong Kong (approximately 6,500 km)



HongKong



Extract all road facilities from CV images Management by WebGIS (Smart City)



Social experiment

Accuracy Assessment
of
Mobile Mapping System (MMS)
using
CORS network



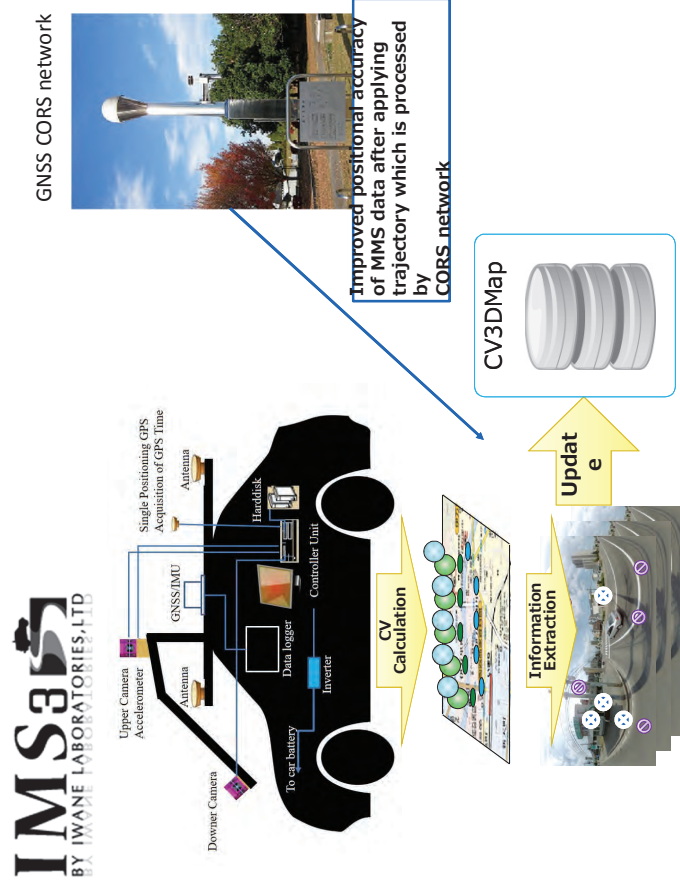
Objectives

To determine the accuracy of MMS
using CORS network in urban and
rural areas



Contents

Capture image data on the roads
using MMS and calculate the
positional accuracy with GNSS and
GNSS (post-process using CORS
network)



Equipment



Area

SKP : Sriracha



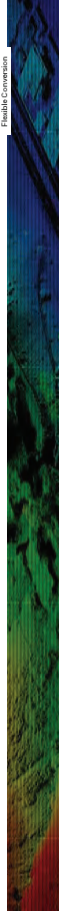
Thank you



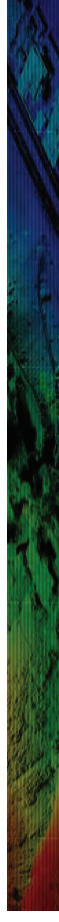
Natural Disaster Evaluation Based on UAV Aerial Survey Data Acquisition and Accuracy



株式会社 快適空間FC

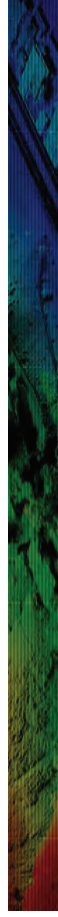


UAV System

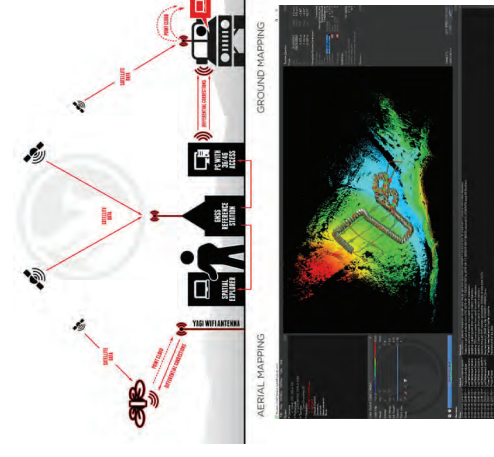


Details of Demonstration Experiment

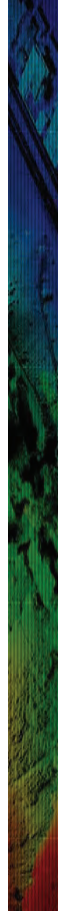
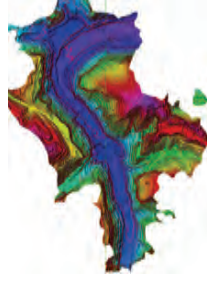
- The UAV on-board small laser system performs 3D topographic measurement from the air.
- The quality of 3D measurement data depends on the quality of GNSS positioning and the vegetation situation on the ground.
- In this demonstration experiment, we will evaluate the location accuracy and data acquisition status, and evaluate whether it contributes to the use in the field of disaster prevention.



Overview of Laser Surveying

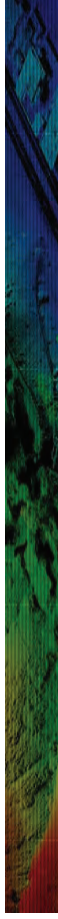


- Streaming CORS data to LiDAR system on UAV using wireless communication or 4G data.
- Generate 3D data in real time and display terrain data on a personal computer monitor on the ground.



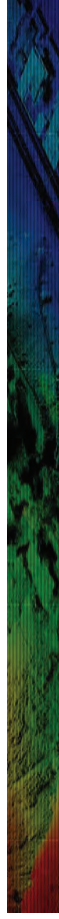
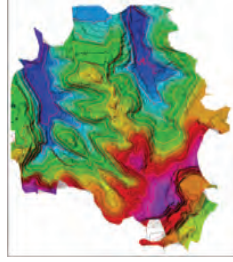
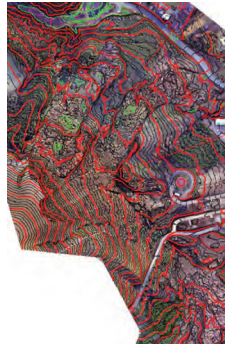
Demonstration Experiment Aims

- How much does the decrease in positioning accuracy due to ionospheric disturbances occurring in the low latitudes affect UAV lasers?
- Understanding of differences in measurement data due to differences in CORSs installed at each organization
- Understanding the applicability of MADOCA method in UAV laser measurement



Expected Outcome

- By applying it to disaster prevention plans and public works in Thailand, the construction period can be shortened from the survey stage to the design stage and the project can be advanced smoothly.





Information gathering and verification survey related to constructing social experiment field
by maintaining global navigation satellite system
Social experiment using high precision data in Thailand

Behavior Grasp of a Local Base Point and Correction for GNSS-based Displacement Monitoring by Using its Neighboring CORS

August 28, 2019

Koichiro IIJIMA, Chikako ARAYA, Koichi TSUNO



KKC at a Glance (as of March 2018)

Corporate Name:	KOKUSAI KOGYO CO., LTD. (KKC)
Established:	1947
Head office:	Tokyo, JAPAN
Net asset value :	US\$ 224 million (Consolidated)
Net sales:	US\$ 441 million (Consolidated)
Number of Employees:	2,798 (Consolidated)
Domestic Offices:	47
Overseas Offices:	Hanoi, Jakarta, Taipei, Beijing, etc.
Scope of Business:	"Geospatial Centric Service Provider" - Geospatial information services - Disaster Risk Management and Environment - Infrastructure Engineering - Renewable Energy

JAPAN ASIA GROUP and KKC

● Major Group Companies:

JAPAN ASIA GROUP LIMITED

Geospatial information consulting

KOKUSAI KOGYO CO., LTD. (KKC)
ASNAL CORPORATION CO., LTD.
Toyo Sekkei CO., LTD.
EONEX CO., LTD.
RISUISHA CO., LTD.
KOKUSAI BUNKAZAI CO., LTD.
RYUKYU KOKUSAI KOGYO CO., LTD.
Meiji Consultant Co., Ltd.

Green energy

JAG Energy Co., Ltd.
JAG Power Engineering Co., Ltd.
JAG Investment Management Co., Ltd.
Miyazaki Solar Way Co., Ltd.
JAG Seabell Co., Ltd.
KOKUSAI BUILDING MANAGEMENT CO., LTD.
KHC Ltd.
KATSUMI JYUTAKU CO., LTD.
DAIWA-KENSETSU CO., LTD.
AKASHI-JYUKEN CO., LTD.
PAL CONSTRUCTION CO., LTD.
Labo Co., Ltd.

(First section of the
Tokyo Stock Exchange:
code 3751)

KKC's Business Domains

- KKC keeps contributing to the futures of societies and earth environments under the concept of "Save the Earth, Make Communities Green."



KKC's One Stop Service



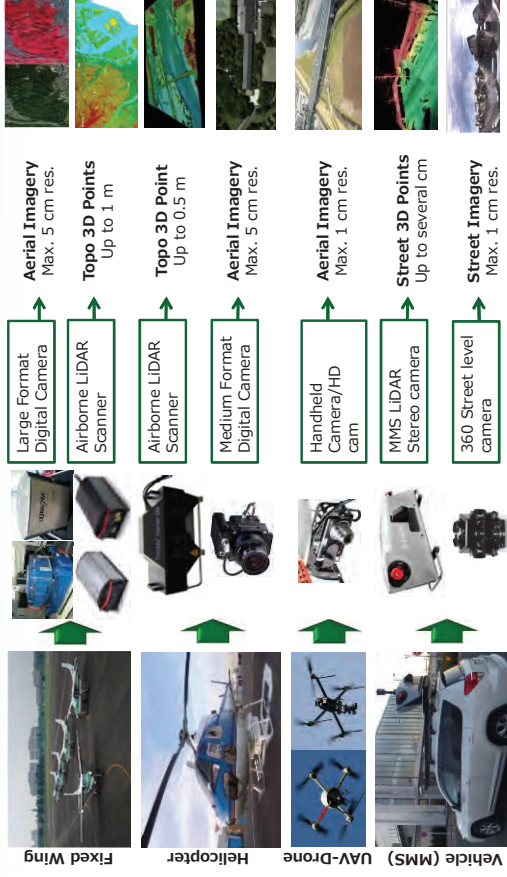
KKC's Satellite-based Remote Sensing

- KKC provides its own remote sensing services through the affiliations with major satellite imagery providers.



KKC's Airborne & Mobile Sensing

- KKC provides sensing services with a variety of platforms with sensors.



shamen-net Service

shamen-net : Real-time displacement monitoring service



Monitoring Center

24 hour-operating Monitoring Center available



24 hour operating Monitoring center at KKC

Duty of Monitoring center

**Automatic data-analysis
Diagram and data delivery
Displacement monitoring
Machinery monitoring**



Server with UPS (Uninterruptible Power Supply)

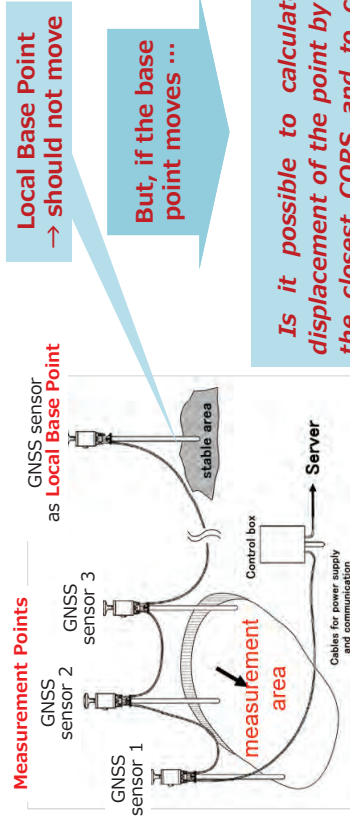
9

COPYRIGHT © KONUSAI KOSYO CO., LTD. All Rights Reserved.

KONUSAI KOSYO CO., LTD.

Issue about Local Base Point

- A local base point for mm-class monitoring of ground, infrastructure, etc. using GNSS survey (static positioning) is usually installed in the neighborhood of a target area to be monitored.



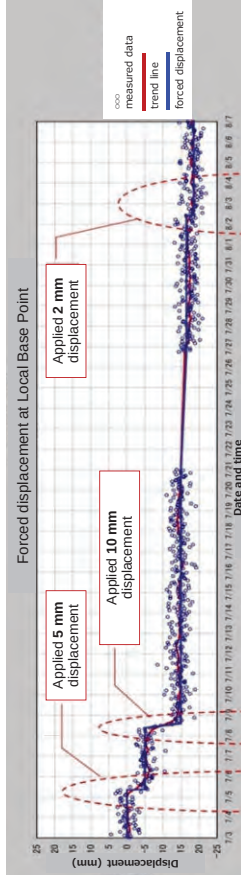
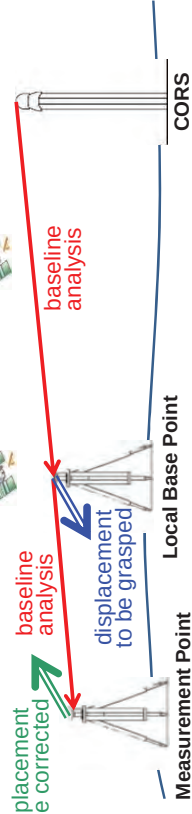
10

COPYRIGHT © KONUSAI KOSYO CO., LTD. All Rights Reserved.

KONUSAI KOSYO CO., LTD.

Correction of Displacement Data

- The displacement data at a measurement point is subject to that at the local base point.



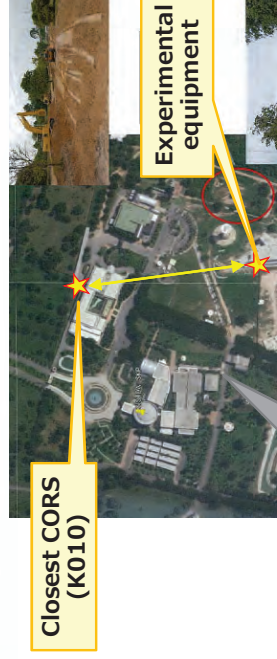
11

COPYRIGHT © KONUSAI KOSYO CO., LTD. All Rights Reserved.

KONUSAI KOSYO CO., LTD.

Experimental Method

- The experiment is currently being conducted at the SKP site.



- Install two GNSS sensors in the SKP experimental area.
- One GNSS sensor acts as a measurement point, and the other GNSS sensor acts as a local base point.
- Assume tripod fixation to install the antennas and install storage boxes dedicated for receivers near the tripods.
- Use a forced displacement jig to assume that the local base point moves.
- The amount of the local base point's move can be corrected through the analysis using the CORS data in SKP.

12

COPYRIGHT © KONUSAI KOSYO CO., LTD. All Rights Reserved.

KONUSAI KOSYO CO., LTD.

Details of Experiment

item	contents
Experiment period	August 23 through August 30, 2019
Experimental equipment	• GNSS antenna and receiver AS-10-GR-10 (Made by Leica): 2 sets • Tripod and materials for fixation: 2 sets • Dedicated storage box (receiver and power supply unit): 2 sets • Forced displacement jig : 1 set
Information on the engineers who work in the field	•KOKUSAI KOGYO CO., LTD.: 2 people (Chikako ARAYA and Koichi TSUNO)
Data that KKC wants to take out of Thailand	Data: GNSS positioning data Reason: To carry out baseline analysis in Japan



GNSS antenna and receiver



Experimental image



Closing - Possible Impacts

● It is expected to improve measurement accuracy in a variety of target fields including:

- Monitoring large landslides
- Monitoring wide area ground subsidence
- Monitoring important large scale infrastructures such as bridges, dams, etc.



Large landslides



Ground subsidence



Large scale infrastructures



Comparison of positioning availability by GNSS only and GNSS with IMU in Thailand

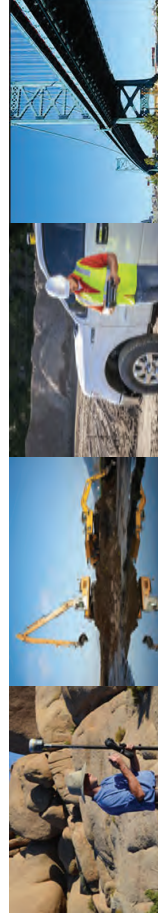
Masayuki Kanzaki, NIKON-TRIMBLE Co., Ltd.
28th August 2019

© NIKON-TRIMBLE CO., LTD.

1

Utilization of GNSS/CORS information

CORS is reference information for Geo Spatial activities
Never suspend, always provide the reference information



Survey
#Landmark Point
#Cadastral



Construction
#Excavation
#Road
#Marine



Architecture
#Layout



Infrastructure
#Maintenance
#Bridge/Dam



Agriculture
#Guidance
#Traceability



Deformation Monitoring
#Landslide
#Disaster mitigation
#Nation Wide Reference point



Mapping & GIS
#MMS #UAV
#Mapping



Autonomy
#GNSS #Inertial/IMU
#Mobile Management

Mobile Mapping System

There are many of applications that using GNSS for navigation and surveying instruments. Especially, precision navigation such as autonomous driving need very accurate geospatial information so called "3D Digital map" for safe.

The purpose of this project is to grasp the availability of satellite positioning system in advance, in anticipation of geographical information gathering using mobile mapping system (MMS) becoming popular in Thailand in the future. Specifically, positioning comparison is actually performed and grasped about the area which can not be measured unless the area which can be measured only by GNSS and GNSS and IMU (inertial measurement unit) are combined.



MMS (Mobile Mapping System)



Trimble MX9 – state of the art mobile mapping system

© NIKON-TRIMBLE CO., LTD.

3

Key component of MMS (in case of Trimble MX9)

LIDAR

2 x RIEGL VUX-1HA
Up to 2 MHz
500 scan lines per/sec
Max range (target reflectivity > 80%)
235 m at 2 MHz
420 m at 600 KHz
5 mm accuracy / 3 mm precision
Adjustable lasers

Camera

1 x Spherical camera
2 x Front looking, 1 x downward looking cameras (5MP)
Adjustable direction for front looking cameras
GNSS+IMU
Applanix AP 60



© NIKON-TRIMBLE CO., LTD.

2

© NIKON-TRIMBLE CO., LTD.

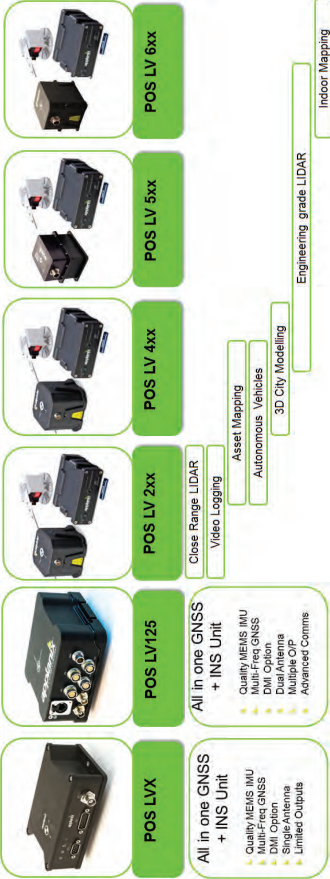
4

How to evaluate utilization of MMS in Thailand?

We have probed how MMS (MX9) works in Japan by many of test and actual surveying. Different between Japan and Thailand is environment of satellite visibility and obstacles of signal receptions in the urban area.

The IMU is powerful instrument to realize robust and high rate precise positioning at anywhere, so it typically used in MMS to measure sensor position.

By grasping the degree of dependence of the IMU, it is possible to study a specific system configuration, such as whether high-performance devices FOG or LRG (both are expensive) are required or whether MEMS (low cost) can be used.



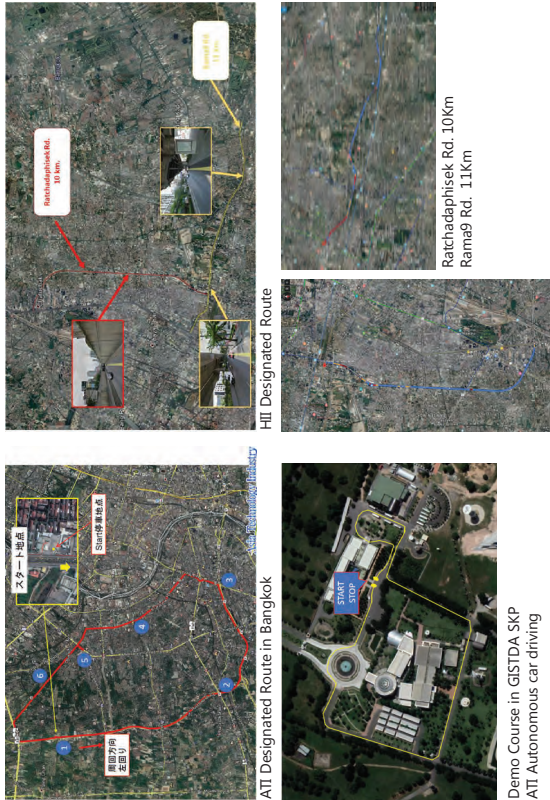
Configuration of comparison

Driving car around Bangkok urban area with Applanix LVX (turn-key GNSS-Inertial device), capture the positioning results and its status with diagnostics information of positioning. POSPAC software can be retrieve detail of diagnostics information such as satellite signal receptions, so we can evaluate the difference of performance between GNSS only and GNSS+IMU from it.

Other sensor such as LiDAR (Laser) and camera are not depends on the location, so we do not use them to experiment. we planning to use only Applanix LVX to avoid the export issue.



Test Course in Bangkok and GISTDA SKP Demonstration



Future discussion

It is significant reduce the cost to build the MMS if we can use MEMS sensor to measure robust and accurate position. Of course, it is best to use Trimble MX9 but it expensive... MMS is powerful tool to create accurate map, measure the assets and the road, so it is productive that to use much number of MMSs with reasonable cost.

You can find affordable MMS units with GNSS+IMU at LiDAR USA company as follows.



i-Construction trial in Thailand

NISHIO RENT ALL CO., LTD
TOPCON CORPORATION



i-Construction Trial



i-Construction is based on advanced technology.

- GNSS Positioning system
- Machine Control system
- Digitization technology

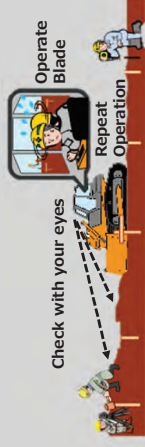
We trial i-Construction in Thailand.



Topcon Conventional vs ICT Construction

Conventional Style
- Manual-

Blade movement depends on his skills.



- **Spend massive time & Man hour** for Surveying & Setup Stakes
- Impossible to work out required flat surfaces all the way.

ICT Construction
- Automation -

Automation of construction work



- **Reduce time & Man hour** Surveying & Setup Stakes
- Much faster than conventional style speed
- Easy to work out required flatness all the way



i-Construction Trial

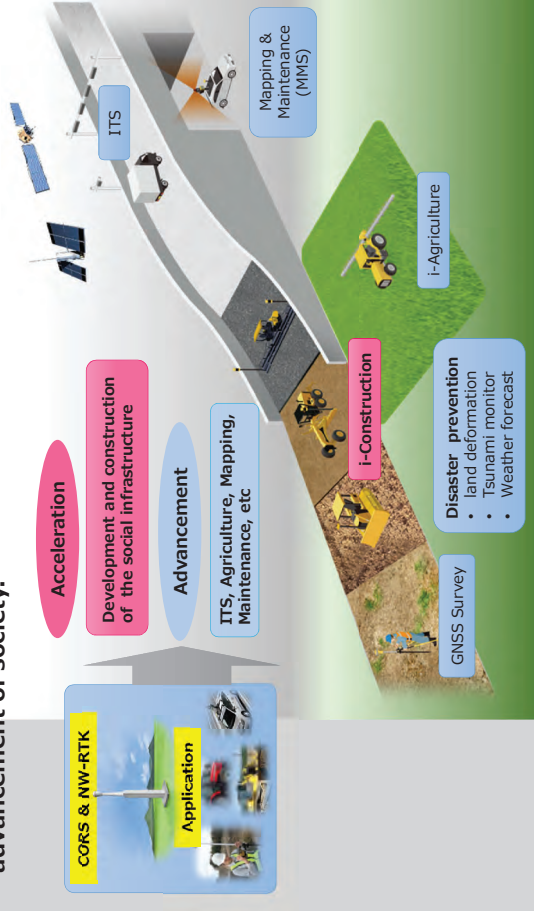


GISTDA Space Krenovation Park



Demonstration on August 30th

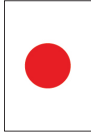
CORS and Application of Precise GNSS will provide acceleration and advancement of society.



Thank you



EV – A Micro EV – Automated Driving Project



Joint research



東海クラリオン株式会社



Space Edge Lab.



Asian Institute of Technology

Chulalongkorn University and Asia Technology Industry

Joint Research and Development of Micro EV Low Cost Autonomous Driving

Vehicle using High precision Satellite Positioning



Micro EV – Target Performance



Luxury car expensive
High-speed cruise 100 km/h



Small size and low cost
Maximum speed 40 km/h



Highway



Life road



Rich life



Someone who needs help



Mixed Race



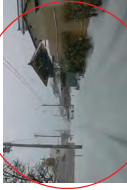
Dedicated Lane



Long Drive



Short distance to station



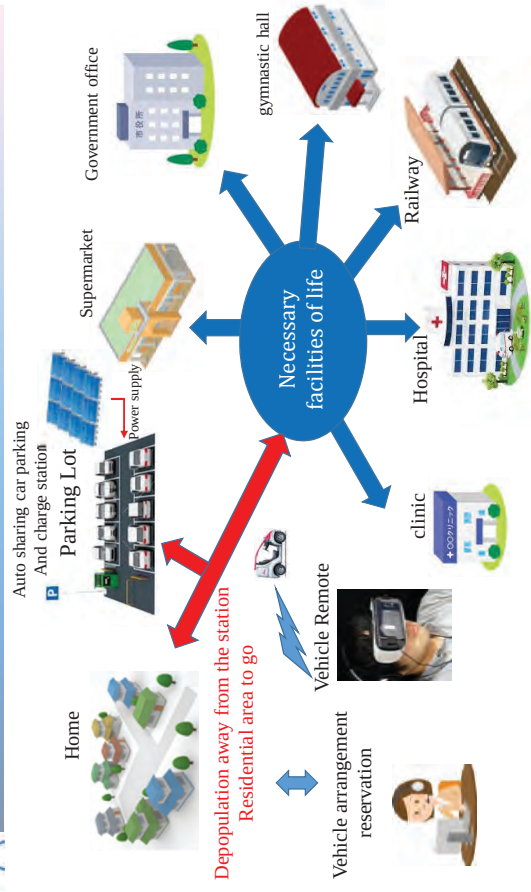
Snow



Heavy rain



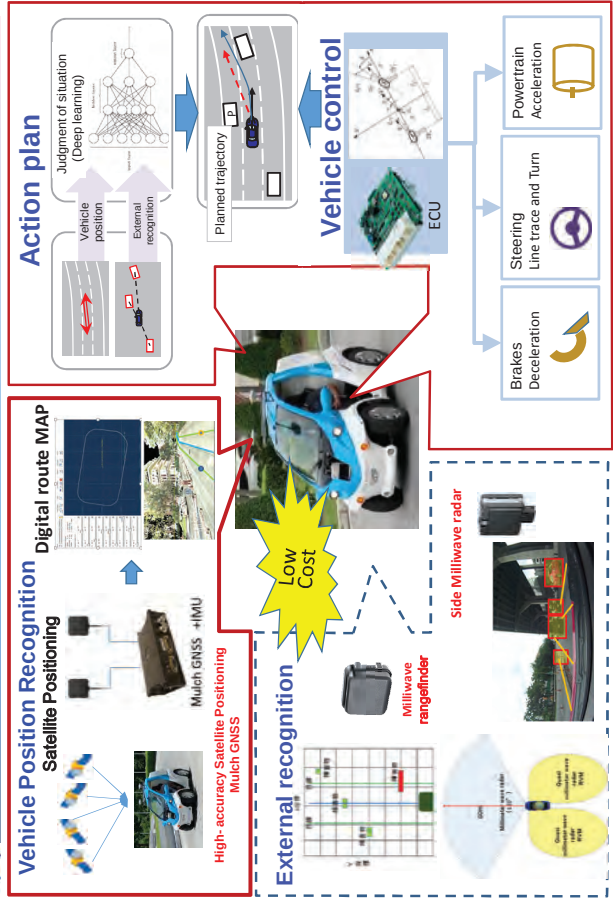
Micro EV – Automated Driving Project Service



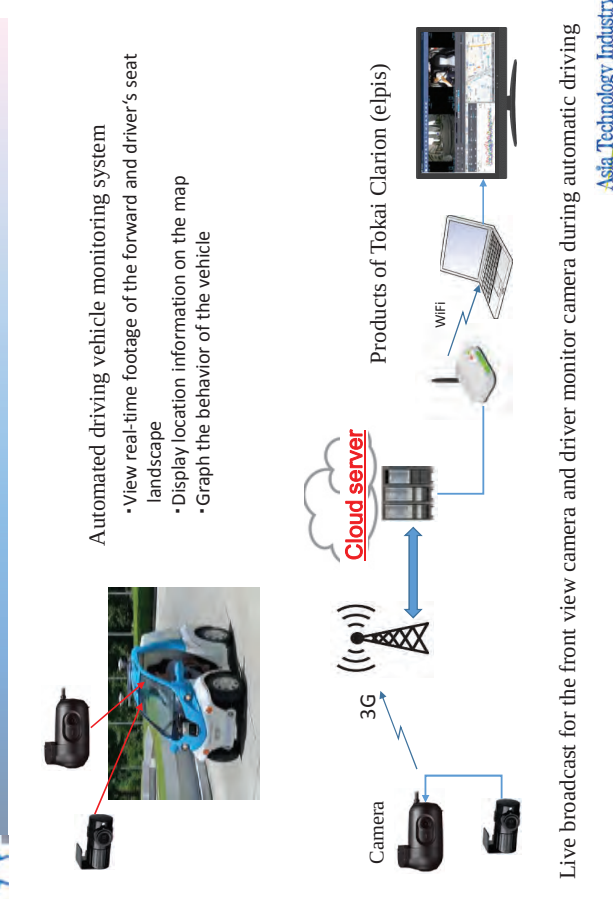
Provide the minimum scale of services necessary for residents' lives



Configuration Diagram of Automated Driving System



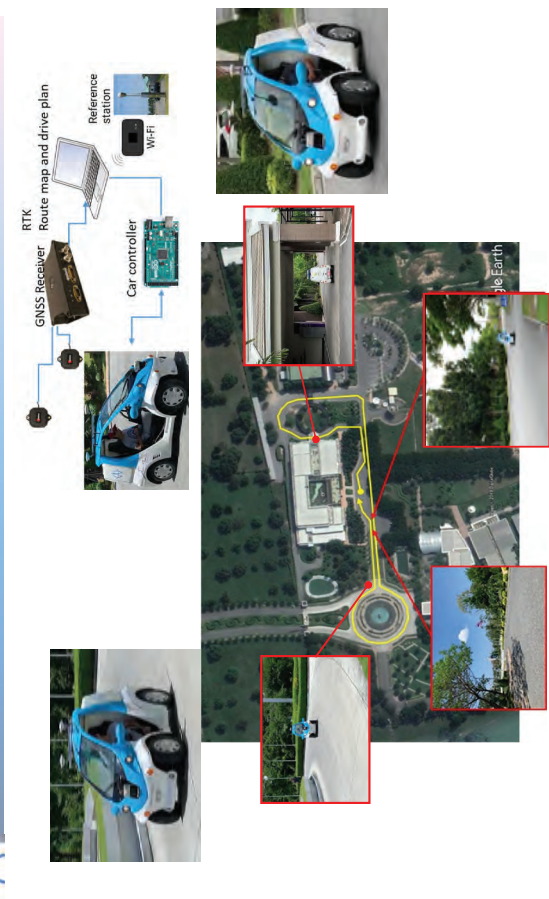
Automatic Driving Live Monitor System



Asia Technology Industry



Demonstration course of Automatic Driving in SKP



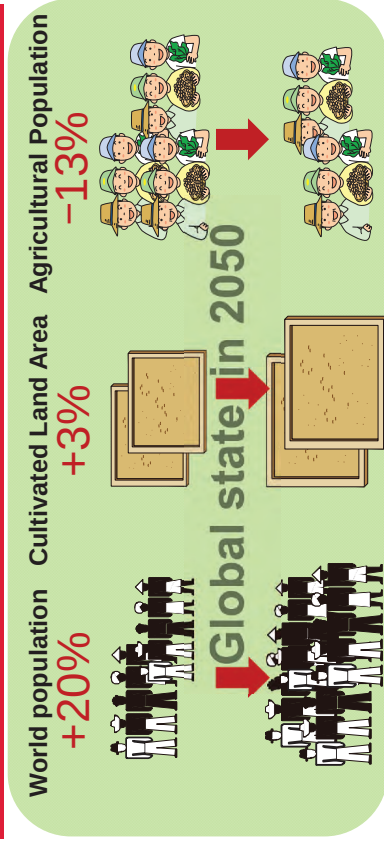
Stable positioning is possible even in harsh environments for satellite reception

END

Autonomous Driving Demonstration by Agricultural Machines

August 28, 2019
YANMAR AGURIBUSINESS Co., Ltd.

With the environment surrounding agriculture changing worldwide, there can be no sustainable future unless we change our approach to agriculture.



Age when a few ag producers must meet an ever-growing food demand

Need for robot tractors that can be operated easily by anyone

Robot Tractors

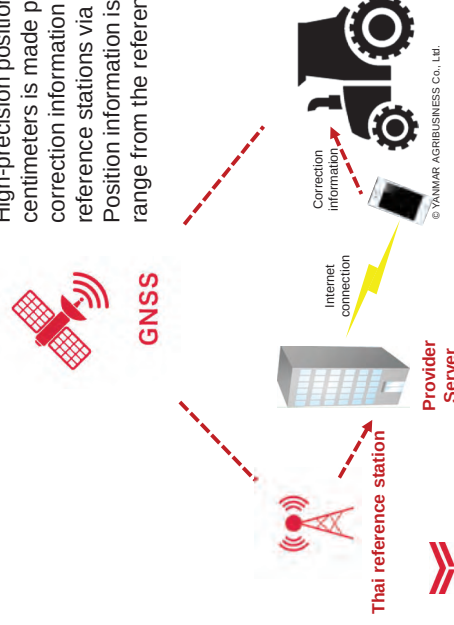
- Monitor and control operations with a tablet from a short distance without getting into the tractor.
- Two sets of correction information (GNSS and base station) enable high-precision positioning within a few centimeters.
- Built-in laser and ultrasonic safety sensors detect and measure distances from people and obstacles.
- Equipped with safety brakes that halt the tractor when the engine stops while self-driving.



Overview of Positioning Method Used in This Test

■ RTK-GNSS (N-trip) Positioning

High-precision positioning within a few centimeters is made possible by obtaining correction information from GNSS and reference stations via the Internet. Position information is obtained within a short range from the reference stations.



Description of Social Testing

Overview

Operate Robot Tractors in a field near reference stations in Thailand.

Matters to Be Confirmed

Perform operations comparable to those in Japan

- 1. Self driving (straight line, turns)
- 2. Agricultural operations
- 3. Emergency stops

Conditions

Period: 23,24 July

Location: Farmland in Thailand

Model: Rotary,Minicombine(Subsoir), SugarKenPlanter



Robot Tractors

Simultaneous operation of unmanned & manned units

Visual Sample of Robot Tractors in Operation





10 Pilot Projects from Thailand & Japan



Thailand-Japan GNSS

DEMO DAY

Showcases for GNSS Innovation

30 August 2019

Space Krenovation Park, Si Racha, Chonburi, Thailand

10 Showcases for GNSS Innovation

In collaboration with Thailand-Japan Joint Working Committee and JICA



SURVEY FOR THE ESTABLISHMENT OF THE EXPERIMENTAL FIELD FOR THE GNSS SYSTEM DEVELOPMENT