

# RTK-GNSS を使用した Web-GIS 学内案内システム

那須仁予\*・新村太郎\*\*

## Web-GIS Campus Guidance System Using RTK-GNSS

Masayo NASU\* and Taro SHINMURA\*\*

Today, many people carry high-performance mobile devices such as smart phones always connecting to the internet. Moreover, the current location information acquired by GNSS can be displayed on the map of Web-GIS such as Google Map. But the layout of the buildings in universities on these maps is sometimes different from that of the latest and actual campus map prepared by the university. Therefore, it's sometimes difficult to find the building someone is looking for when someone relies on only Google Map, and even if the layout of the building is correct, it is not possible to obtain information about the inside of the building, including the layout of classrooms, and we should had to rely on old methods such as paper maps, guide maps on university websites and signs on campus. In this study, we developed and verified an original campus guiding system which consisting of classroom search functions linked to the original web map based on the latest and most accurate information using low-cost RTK-RNSS positioning system.

As a result of the verification experiment with 12 freshmen of our university, it was found that the classroom search system can be used intuitively and the classrooms can be easily identified. On the other hand, in order to use the map effectively, it is necessary for users to obtain knowledge about the search function for current location in advance.

**Keywords:** 地理情報システム (Geographic Information System) ,Web-GIS (Web-GIS) ,RTK-GNSS (RTK-GNSS) , 学内案内システム (Campus Guidance System) ,教室検索 (Classroom Search)

### 1. はじめに

現在はスマートフォンなどのインターネットに常時接続することができる高性能の携帯端末を多くの人が持ち歩いている時代である。さらに、GNSS (Global Navigation Satellite System) によって取得した現在位置情報を Google Map をはじめとした Web-GIS の地図上に表示することができる。ところが図 1 のように、熊本学園大学においては校舎の建物の配置が Google Map と大学が作成した最新の学内案内図と異なっている。そのため、学内で Google Map をあてにした場合、目的の建物にたどり着くことが困難である。建物の配置が正しくても、教室の配置をはじめとした建物内の情報を得る事はできない。そのため、紙の地図や大学のホームページ上の案内図、学内の案内看板などの旧来の方法に頼らざるをえない。そこで本研究では、最新で正確な情報を元に独自の Web マップを作成し、それにリンクした教室検索機能を加えた学内案内システムの開発と検証を行った。

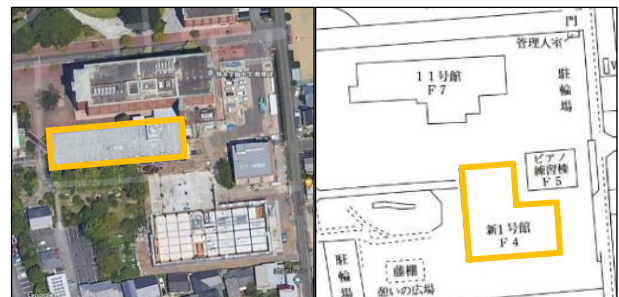


図1 Google Map の航空写真と実際の大学の校舎配置図における 1 号館位置 (それぞれ太線枠内)。

左図: Google Map (2021.8.25 現在) 上の熊本学園大学 1 号館, 右図: 熊本学園大学『校地・校舎等建物の配置図』<sup>[1]</sup>による最新の (実際の) 新 1 号館位置. 2016 年の熊本地震によって, 被害の大きかった 1 号館, 2 号館, 3 号館は解体され, その後 2 号館跡地に新 1 号館が建設された. 右図の 2021 年 8 月 25 日時点の Google Map では未だに震災前の 1 号館が残っており, 長い間更新されていないことが分かる。

\* 学生会員 熊本学園大学経済学部 (Kumamoto Gakuen University)  
〒862-8680 熊本県熊本市中央区大江 2 丁目 5-1 E-mail : 2255112.love@gmail.com  
\*\* 正会員 熊本学園大学経済学部 (Kumamoto Gakuen University)

## 2. システムの仕様

特に大学の新生や初めて訪れる外来者は目的地にたどり着けず迷子になることもあり、時間をロスするだけではなく、不安になるであろう。2年次以上の学生や教職員であっても、普段使用していない教室に関しては簡単にたどり着けないこともある。一般的に大学では毎年数百人もしくはそれ以上の規模の新生が入学するが、彼らの多くは教室を目指してさまよう体験を強いられることになる。このような不便さを解消して、教室にたどり着くために以下の4つの情報が全てそろっていることが必要である。

- ① 教室の入っている建物の場所
- ② 建物内における教室配置
- ③ これらが最新の正確な情報であること
- ④ 大学内での自分の現在位置

また、新生をはじめとした大学生がいつでも使用できることがシステムに必要な条件である。そのために、最適なツールであるスマートフォン上で動作することが求められる。スマートフォン上で使用するアプリの場合は、Android と iOS の2種類の端末に対応させる必要があることを含めて開発に手間がかかる上に、インストールしアプリを使用しなければいけないため、気軽にシステムの利用が出来ない。そこでスマートフォンのブラウザでアクセスし、教室検索を行った結果、現在地と建物の位置、および必要な教室、建物の情報を分かりやすく表示する仕様とした。

## 3. マップの作成

はじめに述べた通り、学内の建物と自分の位置情報を知るためには、大学独自の案内図と Google Map の利用が考えられる。これらを用いて得ることができる情報について、前章で教室にたどり着くために必要な情報として挙げた①から④に着目して評価した。

現在では、ほとんどの大学において各大学のホームページ上で学内案内マップを掲載している。ここではどの校舎にどんな設備があるのか、教務課や学生課、体育館など設備やサポートの詳細を確認する

ことができる。また、建物の相対的な配置や、教室の位置や教室名の意味などを知ることができる。これらは、最新の情報でなおかつ様々な施設名や建物名が掲載されている。その上、些細な変更があっても一般的には即座に更新される。しかし、多くの場合 PDF ファイルや画像ファイルとしてマップが表示されるため、その上に自分の現在位置をリアルタイムで表示することができない。

それに対して Google Map はじめとする web 地図であれば、リアルタイムの現在位置の表示と大まかな建物の場所を把握することができる。だが、建物が新設されるなどの最新情報の反映が遅くなる、建物名が不明もしくは不正確である場合などの不十分な点がある。ましてや建物内の情報を得られないために、web 地図だけをあてにした場合は、出入口や教室の情報については実際に建物に入らなければ分からない。

以上のように、大学内において施設の情報の把握の手段には、目的の教室に辿り着くためにはどちらも完全なものではない。その結果、web 地図と学内案内マップを照らし合わせながら目的地を探すことになる。非効率な方法でありそれでも情報が不十分なことが多く、人に聞く、もしくは迷ってしまうこともある。よって、学内案内マップは最新で正確な情報を元に、既存の web 地図 (Google Map など) と重ね合わせてスマートフォン上で同時に表示することができる Web-GIS に対応する形式で作成した。最新の大学の見取り図上に GCP (Ground Control Point) を設定し、RTK (Real-Time Kinematic) -GNSS による簡易精密測量で得られた位置情報を入力してジオリファレンスを行い、その結果と既存の Web-GIS の地図を使用してオリジナルマップを作成した。作業の具体的な事項は以下の通りである。

### 3.1 従来の手法によるジオリファレンス

ジオリファレンスのために学内に多くの GCP を設定し、最初はハンディ GPS 受信機を使用して位置情報を取得した。学内では樹木や建物の影になることが多いために、得られた位置情報の誤差が大きくなって使用できないものも多かった。この機器の最大精度である誤差 3m で位置情報が得られた GCP は

26箇所であり、これらを使用してジオリファレンスを行った。その結果得られた地図では、実際の建物の配置と比較して5m以上ずれた箇所も多く、比較的建物が込み入った学内で正確に位置を把握するには精度が不十分であった。よって、あらためて精度の高い測量を実施する必要がある。地上測量で緯度経度などの位置情報を含んだ精度の高い絶対測量を行うためには、測量機器の準備のみならず高い測量技術と手間を必要とする。一方でGPSをはじめとしたGNSS衛星の搬送波を利用して高精度の位置情報を取得する技術は近年急速に広がり、地上測量に比べて手間が小さいために業務目的の測量では一般的に使用されるようになった。しかしながらデータ処理を含めた受信機が高価格であるために、大学内をちょっとした工夫で便利にするという程度の目的の予算で導入するのは難しい。

### 3.2 ローカル・エリア RTK-GNSS による簡易精密測量

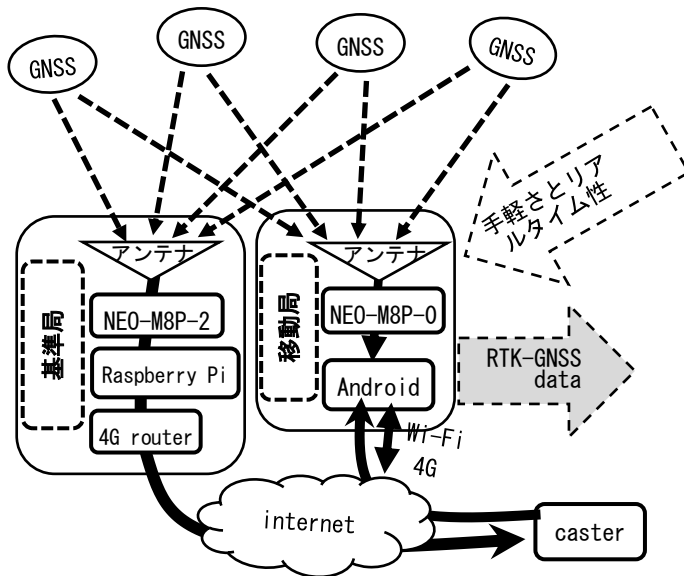


図2 ローカル・エリア RTK-GNSS による簡易精密測量システム概要 (新村・那須, 2020<sup>[2]</sup>を一部変更して引用)。

新村・那須 (2020<sup>[2]</sup>, 2021<sup>[3]</sup>) で報告した通り、搬送波を受信・処理することによって従来の産業用RTK受信機と同程度の精度で位置情報を取得可能なローカル・エリア RTK-GNSS による簡易精密測量システムを作成した。図2は本報告で使用したロー

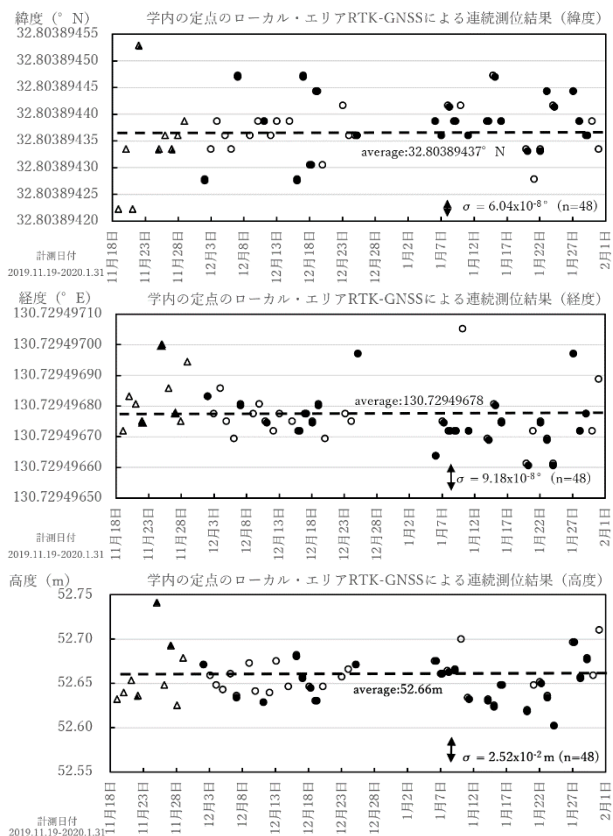
カル・エリア RTK-GNSS による簡易精密測量システムの概略およびデータの流れを示したものである。受信機は ublox 社<sup>[4]</sup>の安価な RTK-GNSS 受信機 (NEO-M8P) を使用して、基準局では Raspberry Pi に、移動局ではノートパソコンやスマートフォンに接続した。無償で公開されているライブラリ RTKLIB<sup>[5]</sup>を実装したアプリケーションをこれらにインストールした。自ら設置した基準局のデータを、限られた距離内にある移動局で受信して RTK-GNSS 測位を行うローカル・エリア RTK-GNSS の構成にした。機器の基本的な設定は吉田 (2019)<sup>[6]</sup>に従った。両局を 4G 回線でインターネットに接続して、基準局データはインターネットを經由して移動局で常時受信可能にした。全体でかかった費用は基準局のデータをキャスターサーバへ送るための通信費を除き、約9万円であった。このシステムを使用して学内の約70箇所のGCPにおいて精密な位置情報を取得したが、それに先立ち、データの精度とその再現性の検証結果を行った。概要は以下の通りである。

#### 3.2.1 基準局の設置位置と位置データの検証



図3 基準局と位置情報の検証を行った水準点の位置。地図は国土地理院の「地理院地図」の一部を加工して使用した。

基準局の設置位置と位置データの検証を行った水準点の位置を図3に示した。①～⑤は一等水準点、⑥は基準水準点であり、基線長は1.2km～11.1km。1回目の測定は2019年10月9日から12月11日の間



に実施した。各水準点の上に三脚を立て、その上にアンテナを設置し、ノートパソコン上に1秒おきにリアルタイムで測定されるデータをプロットさせた。

図4 熊本学園大学内の定点におけるローカル・エリア RTK-GNSS の連続測位結果(新村・那須, 2021<sup>[3]</sup>を一部修正して引用)。

凡例 白抜き：晴れ，黒塗り：くもりや雨；△，▲：GPS, BeiDou を受信；○，●：GPS, BeiDou, みちびきを受信。水平の破線はそれぞれの期間を通しての平均値。右下の矢印の長さが標準偏差に相当。

地点①および②では測量地点の上空が樹木で覆われていたために FIX 解を得ることができなかったが、その他の地点 (③～⑥) では得ることができた。③～⑥で数分間に得られた FIX 解は水平方向に数 mm の範囲でばらついており、その範囲の中心点を測定値とした。国土地理院の「基準点成果等閲覧サービス」に掲載されている各水準点の位置データ (座標値と高度) を、地殻変動による位置データの差を小さくするために、国土地理院の「SemiDynaEXE

Ver. 1.0.1<sup>[7]</sup>で測定を実施した 2019 年の今期データに変換して、測定したデータと比較した。その結果、南北方向では 0.0～3.5cm、東西方向では 0.3～2.5cm、上下方向では⑤を除いて 4.0～6.9cm の差がみられた。⑤では水平方向は上記の範囲であったが、上下方向では 37.8cm という飛び抜けて大きい差があった。降水が始まる直前に測定したために、その影響を考慮してこの地点だけ後日 (2020 年 2 月 18 日) で天気は晴れ) 2 回目の測定を行った。その結果水平方向は上記の範囲内であったが、上下方向の差は大きく改善して 10.4cm であった。基線長と誤差には相関はみられなかった。今回の測定によって得られた数値の水平方向の差は 4cm 以下であり、建物の配置を把握するには十分な精度で測定することが可能であることが分かった。

### 3.2.1 時間変化による位置データ精度の再現性検証

前述の通り地点⑤では、1 回目と 2 回目の測定では得られたデータと今期データとの差に大きな違いが見られた。すなわち時間によって測位結果が変化し、精度がどの程度保たれるかを確認する必要がある。そのため大学内の定点において、2019 年の 11 月半ばから 2020 年の 1 月の約 2 ヶ月半にわたって週末を除いたほぼ毎日、測定を行った。アンテナは固定せず、目印がある所に手でアンテナを設置して、スマートフォンに受信機 (NEO-M8P-0) を接続した。スマートフォンは Android OS で動作し、アプリ「rtkgps+ (改)<sup>[8]</sup>」をインストールして測定を行った。全期間を通じて緯度は北緯  $32.80389437 \pm 2 \times 10^{-7} \text{°}$  (約 2cm)、経度は東経  $130.72949678 \pm 3.0 \times 10^{-7} \text{°}$  (約 3cm)、高度は  $52.66 \pm 8 \text{cm}$  であり、平均値に近い所ほど集中していた。以上のように約 2 ヶ月間では、どの方向も変動が数 cm 以内の精度であった。また、特に天候が悪い時には平均値からの差が大きくなる傾向であったが、学内の見取り図において建物の位置を把握するための精度としては十分再現性があることを確認できた。

## 3.3 QGIS と Leaflet を使用した WebGIS 学内マップ

### 3.3.1 QGIS でジオリファレンス

熊本学園大学の学内見取り図 (校地・校舎等建物の配置図<sup>[1]</sup>) を PDF ファイルに変換後、QGIS<sup>[9]</sup>に読



み込んだ。RTK 精密測量で測量した緯度・経度を東経・北緯に換算したデータを図上の測定箇所に GCP を定めて、ポイントレイヤとして入力しジオリファレンスした。70 個のデータを入力したが、残差が 50 以上のデータは平均よりもはみ出しているため、RTK 測量におけるミス Fix の可能性がある。そこで、残差 50 以上のものは、非表示とし再度ジオリファレンスを実施しより正確なポイントレイヤを作成した。学内の見取り図にポイントレイヤを重ねると、建物の角の位置と大きく相違している。そのため、学内見取り図は縮尺を正確に測り作成した図ではない可能性があり、web 地図として使用するには適していない可能性があった。

### 3.3.2 地図レイヤの比較

3.3.1 で作成したジオリファレンスを実施した学内見取り図が web 地図として使用できるかどうか他の web 地図を重ね合わせ比較検証を実施した。その結果、大幅に異なっている所があった。これは、学内見取り図<sup>[1]</sup>が測量によって作成されたものではなく、建物の縮尺や位置関係が実際とかけ離れていて正確でない。そのため、多くの GCP をとってジオリファレンスを行っても、GCP が少ない範囲でのゆがみが非常に大きくなって、全体として使用目的に対して精度が不十分であった。そのため、いくつかの位置情報付き地図を重ね合わせより正確な地図レイヤの作成を試みた。

### 3.3.3 建物レイヤの作成

3.3.2 より、学内見取り図<sup>[1]</sup>のみで地図のレイヤの作成をすることは困難であることが分かった。そのため学内見取り図をベースとして、建物ごとの正確な位置は、GCP 用に RTK 精密測量した位置データと、QGIS の XYZ Tiles 機能で読み込むことができる Google Map、航空写真、地理院標準地図を重ね合わせて参考にして、建物ごとの正確なポリゴンを作成した。これを基本的な学内マップのレイヤとして使用した。

### 3.3.4 web 地図として出力

QGIS の qgis2web プラグインを使用して Web-GIS 対応の leaflet 形式で地図データを出力した。

### 3.3.5 カスタマイズ

出力されたデータのソースファイルを編集して、ポップアップ機能を使用して、各建物の詳細情報が表示されるなど、大学内の案内地図として便利に使えるようにカスタマイズを行った。その後、データを web サーバ (Linux OS で動作)<sup>[10]</sup>上にアップロードし、サーバ上でデータを公開するために必要な設定を行った。

## 4. システム概要

### 4.1 教室検索

システム全体は web 上で動作させるために CGI を使用した。システムを簡易に動作させるためにデータベースではなくテキストをファイルに格納して文字列の一致によって検索や絞り込みを行う。完全一致と部分一致による曖昧検索を取り入れた。

### 4.2 検索結果の表示

教室検索の結果をマップと教室情報(建物名,階)として出力する。マップ上には学内の植生や建物のイメージ、学外の道路や建物との位置関係が把握できるように Google Map の航空写真に重ね合わせて、建物の輪郭位置を表示させる。必要に応じてスマートフォンの位置情報機能を使用して現在位置も表示することができる。

### 4.3 建物情報

上記の検索結果で出力された目的とする建物をタップすると、ポップアップによって建物情報が文字で表示される。文字はリンクになっており、リンク先を表示させると以下の 3 つの視覚情報が展開される。

- ① 建物へ到着したことの確認ができるように建物の外観写真
- ② 出入り口が把握できるように一階平面図上に出入り口。
- ③ 目的とする教室の位置が把握できるようにその階のフロア平面図

## 5. システムの検証

作成した学内案内システムの検証を実施するために、授業開始約 1 週間後の 12 人の新入生に対して異なる条件のもとで比較実験を実施した。

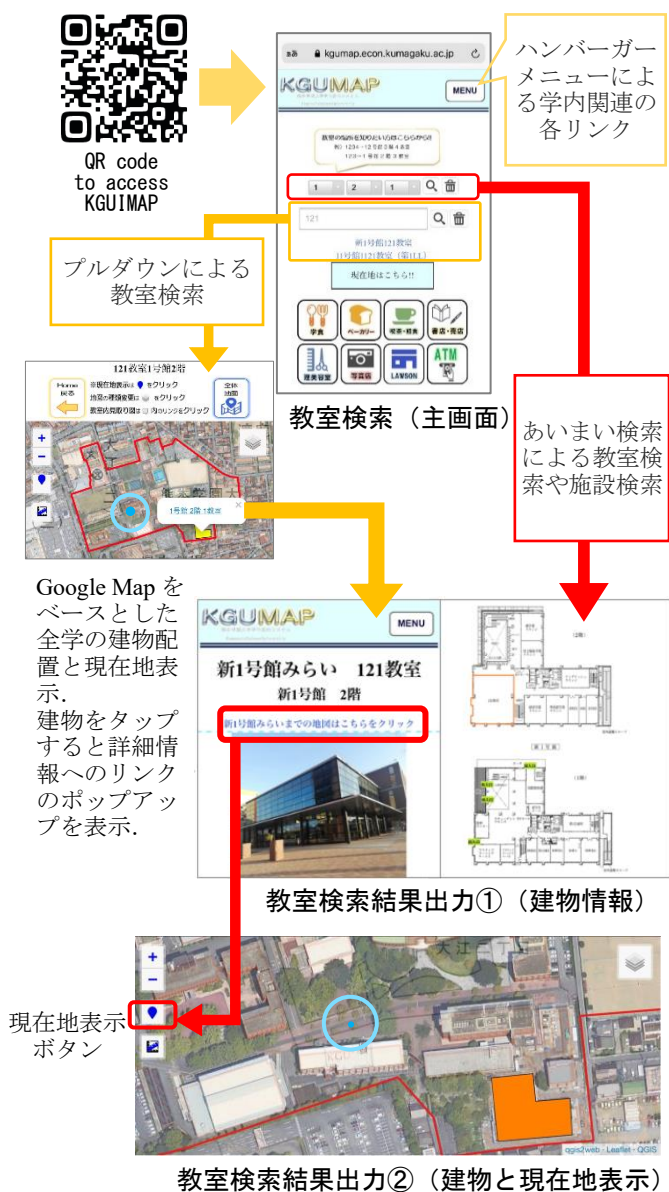


図5 学内案内システムの主要画面。

主画面には、プルダウンによる建物、階、教室名を順に指定する教室検索と、断片的な数字や文字から部分一致検索を行うあいまい検索の両方が用意されており、ユーザーのイメージや記憶から都合の良い方を選択できる。あいまい検索では教室以外の学外の諸施設も検索対象に含まれている。大学全体および建物案内の地図では Google Map をベースにして、スマートフォンの位置情報機能を使用して現在地を表示することができる。これによって目的の建物と自分との位置関係を様々な情報から把握して、目的の建物へ到達することを容易にする。

### 5.1 検証方法

新入生 12 人をグループ A と B の 2 つのグループに分ける。グループ A には学内案内システム、グループ B には紙媒体の学内地図や教室位置が掲載されている学園大学ダイアリー<sup>[1]</sup>を渡し、一人ずつ別の建物にある指定した教室へ到達するまでにかかった時間を計測して、時間と行動内容を各自報告してもらった。A・B どちらのグループともに、ツールの使い方は説明しないこととする。目的地は歩く速度による差が出ないように出発地点の建物の 1 階から水平距離約 70m 離れた隣の建物の 2 階にある教室に設定した。

表 1 行ったことがない教室へ行くために、学内案内システムを使用したグループと使用していないグループそれぞれの到達時間のまとめ。

	グループ A (6 名)	グループ B (6 名)
平均	2 分 38 秒	2 分 45 秒
最大	4 分 6 秒	3 分 45 秒
最小	1 分 13 秒	1 分 22 秒

グループ A は学内案内システムを使用。

グループ B は学内案内システムを使用せず、学園大学ダイアリー<sup>[1]</sup> (入学時に配布された資料で学内見取り図や教室の見取り図が掲載されている) を使用。

### 5.2 検証結果

A グループと B グループにおける目的の教室に到達するまでにかかる平均時間の差はほとんどなかった。具体的な数値を表 1 に示した。

#### 5.2.1 グループ A の感想と行動報告まとめ

- 教室検索機能は全員使用した。
- マップ表示、現在位置表示機能は全員が使用した。
- 教室が入っている建物や建物内での教室の位置が分かり最終的には便利だと感じたという感想が多かった。
- 地図上の建物内での現在位置表示の誤差が大きかった。

- ・ 現在位置表示エラーが発生した.

### 5.2.2 グループ B の感想と行動報告まとめ

- ・ 紙の地図であるため使い方が簡単.
- ・ 教室が入っている建物を間違えた.
- ・ 建物内での教室位置把握が難しかった.
- ・ 現在位置の把握ができず行くべき建物の方向が分からなかった.

## 6. 考察

グループ A の感想と行動報告から、学内案内システムの使用方法について説明をしなくても自ら検索機能を活用できたため、大学における教室名のルール（建物名や階などを基準にした独自の組み合わせの）が分からなくても教室が入っている建物と階をユーザーが容易に把握できることが分かった。一方で、学内案内システムのアシストによって未知の教室へ到着する時間は A グループの方が短くなると期待されたが、到達時間の平均時間の差はほとんどなかった。システムを使用することによって時間がかかる理由について、グループ A の感想と行動報告から推測した。「地図上の建物内での現在位置表示の誤差が大きかった」という感想から、ユーザーが建物内では GNSS 衛星の電波をほとんど受信することができないために現在位置を正確に取得できないことを知らなかったと考えられる。現在位置を取得できるまで待つ時間が大きな影響を及ぼし、さらに建物内で得た現在位置は誤差が大きいため、時間を短縮することにつながらなかったであろう。また「現在位置表示エラーが発生した」という報告から、スマートフォンの設定上で現在位置表示の設定をしていなかったことが推測できる。さらに、現在位置取得については、建物のすぐ外側では GNSS 衛星の電波の受信状況が悪いため、精度の良い現在位置取得までに時間がかかることが予想される。これらのことから、現在位置取得および表示に関する説明があらかじめなかったためにユーザーが機能を効率的に使用することができなかった、さらに機能を使うためにかえって時間をかけてしまったことで、システムを使用しなかったグループ B と平均時間の差がほとんどなかったと考えられる。

今回は個人間の歩く速度の影響が大きくなるように、距離が近い隣の建物にある教室をゴールとして設定した。そのために、グループ B では学内地図と目視によって得られた情報によって直感的に目標とする建物の見当がついた可能性が高い。もし遠くの建物であった場合には直感がはずれて迷う可能性が高くなり、学内案内システムを利用した場合よりも時間がかかる可能性が高くなるため、今後条件を変えて検証を行う必要がある。また、キャンパス内では建物が混み合い、樹木が茂っているところが多く、GNSS 衛星の電波の受信にとっては大きな障害となる。その結果、位置情報取得のための時間が長い割に精度は低いことが多い。今回使用した RTK-GNSS による精密位置情報取得は測量のためであったが、これをさらに応用し、二周波タイプの RTK-GNSS の基準局を設置して、小型のヘリカルアンテナと受信機およびスマートフォンを組み合わせた移動局を使用すれば、キャンパス内でも短時間で正確な位置情報を取得することが可能になる。近い将来、スマートフォンに二周波タイプの RTK-GNSS 受信システムが実装される可能性もあるが、それまでの繋ぎとして、個人が必要に応じて気軽に所有および利用できる装置の形態を提案していきたい。

## 7. 結論

新入生や外来者が目的の教室に容易にたどり着くことができ、かつ誰でも簡単に使用できるシステムについて検討した。その結果スマートフォンでアクセスすることができる教室検索システムとそれにリンクした地理情報付きのマップが有効であると考え作成した。新入生 12 名を対象に検証実験を行った結果、教室検索システムは感覚的に使用でき、容易に教室の特定をすることが可能であることが分かった。一方でマップを効果的に活用するためには、現在位置取得に関する知識を予めユーザーが得る必要があることが分かった。

大学の新生や初めて訪れる外来者が、教室や施設に関する位置情報を、IT によらない旧来のもしくはそれに近い方法に頼り、結果的にキャンパス内で迷うことになるのは、本学だけの問題ではないであ

ろう。プログラミングと QGIS に関する基礎的な能力および安価に取得できる RTK-GNSS 測量データがあれば、今回報告したシステムはどこかの大学でも作成および導入可能であると考えられ、これによって迷う新入生や外来者がいなくなることを望む。

## 謝辞

本研究は、第一著者が 2019 年度における卒業研究として行った内容について、さらに追加の調査を行って発展させた後にまとめたものである。2019 年度当時には、ゼミの同級生からは調査において多くの協力や助言を得た。検証実験では、新型コロナウイルスによる様々な行動制限がある中で、2021 年度の第二著者担当の授業において 12 名の 1 年生が入学間もない時期に快く協力してくれた。本研究を進めるにあたり、ツイッターアカウント `tmizu23` 氏には「みちびき」データの受信と処理を可能にした Android アプリ「`rtkgps+`」のインストール用の apk ファイルを提供していただいた。学校法人九州測量専門学校には、敷地内へ立ち入って電子基準点における RTK-GNSS 測量を行う許可をいただいた。熊本学園大学の管財課からは、学内での測量、基準局設置作業のために校舎建物の屋上への RTK-GNSS 基準局設置について理解と協力を得た。以上の方々に深く感謝申し上げる。

## 参考文献

- [1] 熊本学園大学学生便覧令和 2 年度, 354p.  
[https://kyomu.kumagaku.ac.jp/theme/kyomu/pdf/binran/binran\\_r2\\_all.pdf](https://kyomu.kumagaku.ac.jp/theme/kyomu/pdf/binran/binran_r2_all.pdf) (2021 年 8 月 25 日最終アクセス) .
- [2] 新村太郎・那須仁予 (2020) : 「安価な受信機とインターネットを使用したローカル・エリア RTK-GNSS 精密測量システムの構築と検証」, 熊本学園大学論文集『総合科学』, 26(1), 15-50.
- [3] 新村太郎・那須仁予 (2021) : 「経時過程における 4G 回線を利用したローカル・エリア RTK-GNSS の精度と再現性の検証」, 熊本学園大学論文集『総合科学』, 26(2), 1-20.
- [4] ublox 社 ホームページ「NEO-M8P series」

<https://www.u-blox.com/en/product/neo-m8p-series>  
(2020 年 1 月 6 日最終アクセス) .

- [5] RTKLIB ホームページ「RTKLIB: An Open Source Program Package for GNSS Positioning」  
<http://www.rtklib.com/> (2020 年 1 月 6 日最終アクセス) .
- [6] 吉田紹一(2019)『1cm ピンポイント GPS「RTK」スタートアップ・マニュアル』CQ 出版社 トランジスタ技術 2019 年 2 月号別冊付録, pp.63.
- [7] 国土地理院 「SemiDynaEXE Ver.1.0.1」  
<https://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/semidyna/web/index.html> (2020 年 1 月 13 日最終アクセス) .
- [8] GitHub「Release test build apk · `tmizu23/RtkGps`」  
<https://github.com/tmizu23/RtkGps/releases/tag/0.1>  
(2019 年 11 月 29 日最終アクセス) .
- [9] QGIS ホームページ「<https://qgis.org/ja/site/>」(2020 年 1 月 13 日最終アクセス) .
- [10] 熊本学園大学学内案内システム  
「<https://kgumap.econ.kumagaku.ac.jp/>」(2021 年 8 月 29 日最終アクセス) .
- [11] 熊本学園大学『DIARY 2021』, 熊本学園大学, 138p.