

デジタルアースを利用した避難情報伝達支援システム

*1 牧野秀夫 *2 高橋 昌 *3 中澤陽平 *4 井筒 潤 *4 杉田 暁

*1 新潟大学大学院自然科学研究科 *2 新潟大学医歯学総合研究科 *3 高千穂大学 *4 中部大学国際 GIS センター

1. はじめに

災害発生時における救急隊員や視覚障がい者等情報弱者の避難誘導を目的に、新しい屋内外測位技術を利用した避難情報伝達支援システムの研究を行う。まず、これまでの研究経緯について述べる。2018年度及び2019年度は、災害時における医療情報の迅速な伝達を目的に「災害派遣医療チーム(DMAT)支援用GIS(地理情報システム)」の改良を行ってきた。特に、通信網の改良を目的に1)準天頂衛星を利用したトリアージ情報送信、および2)モバイル網を活用したSINET(学術情報ネットワーク)直結情報通信を実現してきた[1]。ただ、本来であれば、こうした研究成果を各年度で実施される新潟県総合防災訓練の中で確認することを予定していたが、2018年度は訓練前日に予定地区に大雨警報が発令され中止となり、2019年度は異例ではあるが新潟地区に台風が接近したためこれも中止となった。また、2020年度もコロナ禍により年度早々に防災訓練中止が決定された。そのため、従来の総合防災訓練における最終的な研究の評価予定を変更することとした。また、研究項目であるWebを通じての情報閲覧も上述の2年間においてほぼ実現されてきていることから研究申請内容を個別の実験室レベルで評価できるものに変更した。以下、2020年度の新たな研究項目を述べる。

今年度は、1)個人位置情報の把握には2アンテナ式携帯型GPSを使い、モバイル経由の準天頂衛星RTK(実時間動的補正)信号により正確な位置と方位を求める。次に2)屋内測位においては、独自に開発した測位用非可視型QRコードを単一カメラにより検出する手法を開発する。さらに3)としてGISにより、救急隊員や避難住民の位置・方位などの時系列データを地図上に表示する。また、測位データの送受信には、セキュリティを考慮して国立情報学研究所のモバイルSINETを利用し、中部大学経由でGPS補強信号を入手する。

2. 方法

最初に今回の研究に使用する情報ネットワーク基盤について説明する。図1はデータ送受信のモバイル網と中部大学との接続方法を示したものである。図1の中段に示す「情報収集・伝送・処理・公開」の順にSINETのモバイル網から中部大学内に独自に設置したルータを経由して学内ネットワークに接続されている。また、新潟大学側からも遠隔によりルータ設定が可能である。実際には、測位データがモバイル網を通して中部大学に送られその結果がGISにより地図上に反映される仕組みである。次に、図2にRTK信号の入手からGPS受信機による処理までの方法を示す。ここでは、図2左側のSPAC(財・衛星測位利用推進センター)により準天頂衛星から得られた位置補正信号を利用する。具体的には、GPS受信機側で利用しやすい形式に変換されたCLAS/RTKと呼ばれる補正信号が作成され公衆ネットワークを用いて利用者側に配信される。また、図2右側の利用者側GPS装置では、受信した補正信号を利用して通常のGPS受信結果をさらに高精度なものに変換する。

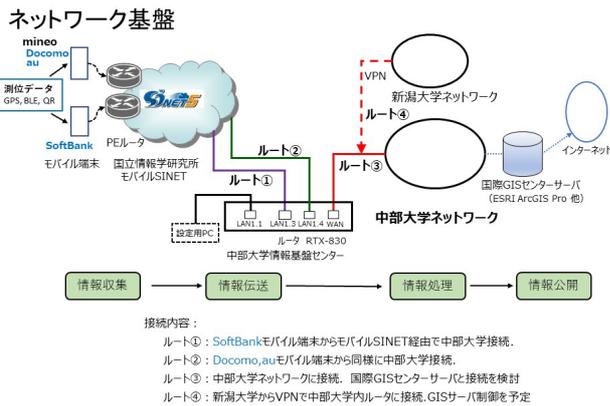


図1 モバイル網と中部大学との接続方法

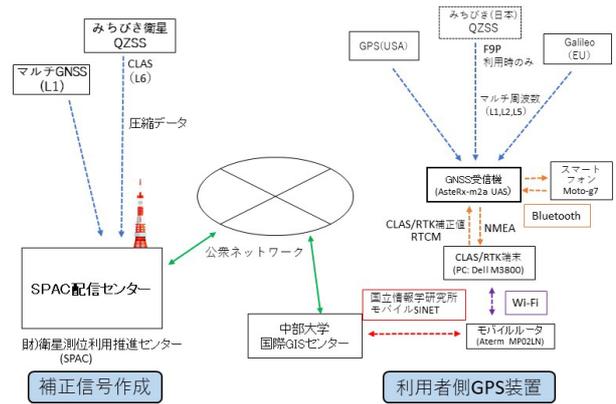


図2 CLAS/RTK 補正情報を用いた実験システム

次に、実験項目である 1) 2 アンテナ式 GPS による測位, 2) 非可視型 QR コードの検出, 及び 3) モバイル端末と連携した測位結果の閲覧の各方法について順番に述べる。

2.1 2 アンテナ式 GPS による測位

ここでは、ドローンなどの UAV (小型無人飛行機) 等で使用される 2 アンテナ式 GPS のヘリカルアンテナ部分を人間の両肩に取り付け、2 つのアンテナの相対的な位置関係から正確な位置と方位計測を試みる。さらに、前述の図 2 に示した方法により、Wi-Fi 経由で準天頂衛星 RTK 信号配信システム (CLARCS) の補正信号を利用することにより概ね 10cm 以内の誤差で歩行時の高精度測位を行う。

2.2 非可視型 QR コードの検出

非可視型コードを認識する方法としては、一般的に可視光、近赤外光のそれぞれに対応したカメラを利用する方法と、1 台のカメラで光学フィルタを交換することにより画像を取得する方法がある。しかし、前者では 2 台のカメラによる視差、後者では光学フィルタ交換時の時間差が生じる。そこで、今回は CMOS 撮像素子内部に RGB 及び IR フィルタの 4 種を組み込んだ単一カメラによる画像抽出を試みる。図 3 に実際の非可視型 QR コードの画像と今回新たに用いる撮影用カメラの仕様を示す。図 3 左は、可視光、近赤外光それぞれに 1 台ずつのカメラを用意して、非可視型 QR コードのサンプルを撮影した様子である。図 3 左上段は自然画の中に QR コードを隠しこんだものを撮影した様子であり、可視光領域では通常の風景写真が見えるが、近赤外線領域では QR コード画像が撮影されている。また、下段はトイレの前に特別に作成した標識を貼り付けた様子であり、可視光ではトイレのマークが見えるが、近赤外光では QR コードが撮影されている。今回は、「トイレ」の文字を QR コードの情報とした。図 3 右は実験用に使用した可視光及び近赤外光の撮影双方に対応した CMOS 撮像素子の仕様である。当該カメラは、CANON 製撮像素子を利用して試作されたものであり、自然画に対応する RGB 画像と近赤外線画像に対応する IR 画像を同時に取得することができる。図 3 右中段が内部の撮像素子の基本ピクセルを示したものであり、2×2 のピクセルにおいてそれぞれ RGB 及び IR のフィルタを割り当てることにより図 3 右下段に示すように RGB および IR の同時撮影が可能となる。単一のカメラでレンズ系も統合され、さらにフィルタ交換も不要で撮影できるため視差並びに時間差のない画像取得が可能となる。

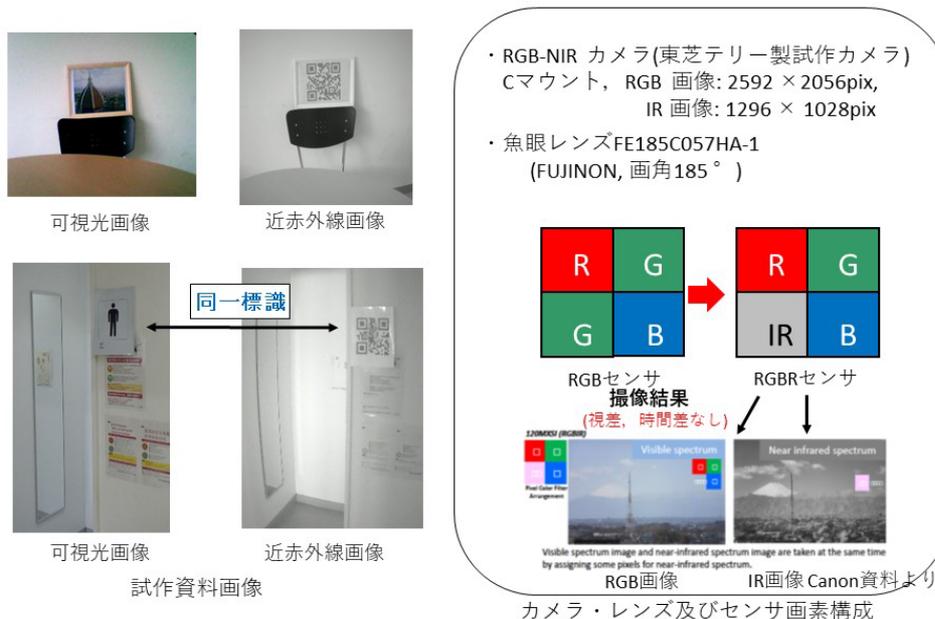


図3 非可視型 QR コードと撮影用カメラ仕様

2.3 モバイル端末と連携した測位結果の閲覧

現有のモバイル端末と中部大学に直結されているモバイル SINET を活用し、高精度 GPS の位置情報を GIS サーバで受信し、Web 上で閲覧可能とする。ここでは、実用化を念頭に、従来研究室レベルで考案・実現された傷病者位置提示方法を市販ソフトで置き換えることを目的に、実際にスマートフォンアプリとして公開されているデータ収集ソフトウェアを利用し、フィールド実験で得られる高精度 GPS 信号をそのままモバイル端末でリアルタイムに読み込み、地図上で閲覧する動作を実現する。さらに、閲覧ソフトはクラウド形式のため、サーバの立ち上げや保守管理に対する負荷が軽減される。

3. 結果

実験結果として 1) 2 アンテナ式 GPS による測位結果, 2) 非可視型 QR コードの検出結果, 及び 3) モバイル端末と連携した測位結果の閲覧について述べる。

3.1 2 アンテナ式 GPS による測位結果

試作した 2 アンテナ式測位システムを利用して、2020 年 10 月から 2021 年 1 月までの間、千葉県松戸市、新潟大学周辺等 4 か所で RTK 測位を行った[2, 3, 4]。図 4 に実験装置と使用方法を示す。図 4 (a)は測位実験に使用した受信機一式であり、被検者の肩にアンテナを取り付けられるよう固定装置も作成した。また、GPS 受信機 (Septentrio: AsteRx)と補正信号受信のためのモバイルルータ (NEC: Aterm MP02LN)並びに補正信号受信処理用の PC (Dell: Precision M3800)がバックパック内部に納められている。また図 4 (c)は、測位結果確認用モバイル端末 (Motorola: g-7) と Bluetooth 接続のためのモジュール (DAISEN: Roboba004)である。ここで、Bluetooth モジュールは、モバイル端末ならびに PC との接続用に合計 2 個用意した。また単三型の充電電池を個別に 2 組利用しているが、これは GPS 受信機がレンタルのため、内部の USB 端子の配線等の操作が契約上できないためであり、自身が所有する装置の場合は単一の充電電池で構成可能である。モバイル端末には、モバイル SINET 用の SIM が組み込まれており、さらに GPS 計測結果の NMEA データを表示するアプリと後述のフィールド測定用アプリ (ESRI: ArcGIS Corrector)がインストールされている。図 4 (d)は、実際の装置を使った移動実験の様子であり、バックパックを背負い、雪道を移動した。

図 5 は新潟大学周辺の道路を移動した際の移動軌跡である。図 5 (a)では、バス停周辺を歩行し、さらにバス停標識部分を中心に半径約 50cm の円を描くように移動した結果であり、オフラインではあるが地図上でも円を描いて移動していることが確認された。次に図 5 (b)は道幅 1.1m で機械除雪された歩道上を往復した際の歩行軌跡であり、帰り道で除雪作業を行っている部分を左に避けて移動している様子が測位結果でも確認

され、さらに進行方位についても往復の方向が三角形のシンボルで表示されることを確認した。ただし、コロナ禍のため極力歩行者のいない昼間の時間帯を移動し、さらに積雪を伴ったため正確な事前の歩行経路の設定はできず、測定結果は定性的なものである。



図4 実験装置と使用方法

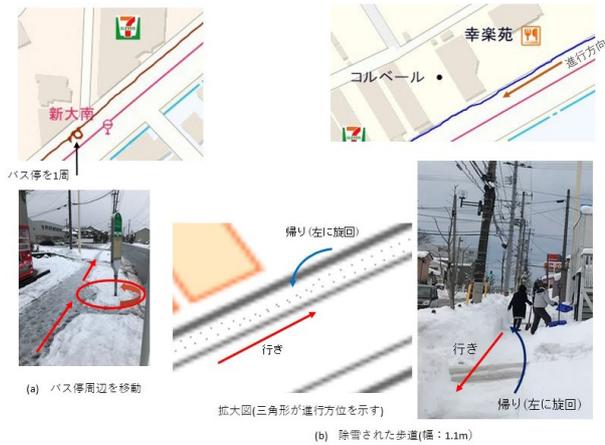


図5 歩行軌跡(新潟大学周辺移動時)

図6は、豪雪地帯を例として、新潟県松之山温泉付近での歩行軌跡である。雪で囲まれた道路の両端を歩行し、その結果は図6右の三角形のシンボルで示されている。ここで各三角形の頂点が進行方向を示している。また、静止状態でも方位が計測できるため、立ち止まって周囲を観察するといった経過も記録することができた。一方、視界が開けている道路上では、捕捉衛星数も多いためRTK測位が可能であったが、温泉街の建物に囲まれた部分では歩行軌跡の取得が困難であった。測位結果の作図には、基盤地図として国土地理院のデータを使用し、GISにはESRI社ArcGIS_Proを利用した。次に、図7に都市部住宅地域での計測結果を示す。今回は、高層アパート(14階建て)とその周辺の住宅地並びに公園周辺の計測を行った。また、計測地は千葉県松戸市であったため、冬期は晴天に恵まれ複数回の反復実験を行うことができた。図7(a)は単独測位による移動結果であり、見晴らしのいい場所での歩行軌跡ならびに方位計測は可能であった。また、道路両側の歩道間を横断する様子もほぼ正確に捉えられていた。一方、高層ビル脇の視界の悪い部分では測位結果が歩道上から道路上にずれ、また2アンテナ間の測位が不安定になることから方位計測は不可能(薄い色で表現)となった。



図6 歩行軌跡
(新潟県松之山温泉付近 2020年12月29日)

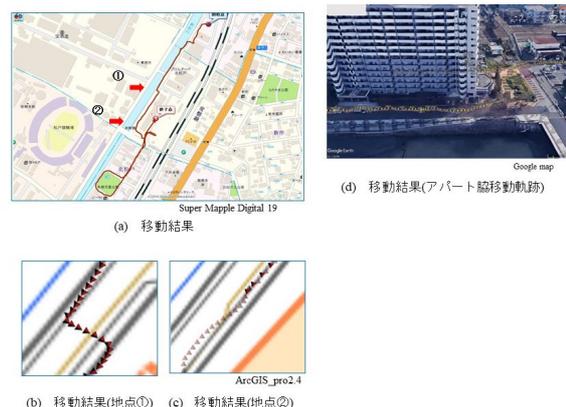


図7 単独測位結果 (千葉県松戸市)

図8は、RTK方式であるCLARCSによる測位結果であり、Fix率(正確なRTK動作が可能であった比率)も示している。単独測位に比較して①及び②の地点で示される歩道上並びに高層アパート脇では、緑の線で示されるようにRTK動作モードとなり安定した動作が確認できた。一方、③及び④で示す地点は道の両側がアパートなどの建物に囲まれた幅約4mの道路上並びに公園の樹木とアパートに囲まれた部分あり、

この地点では衛星捕捉率が低下して黄色の点で示される単独測位等の動作モードとなり精度が低下した。

日時 2020年12月16日 10:45~10:58
 場所 北松戸, 装置 SCR-F9C(ublox)アンテナは頭上

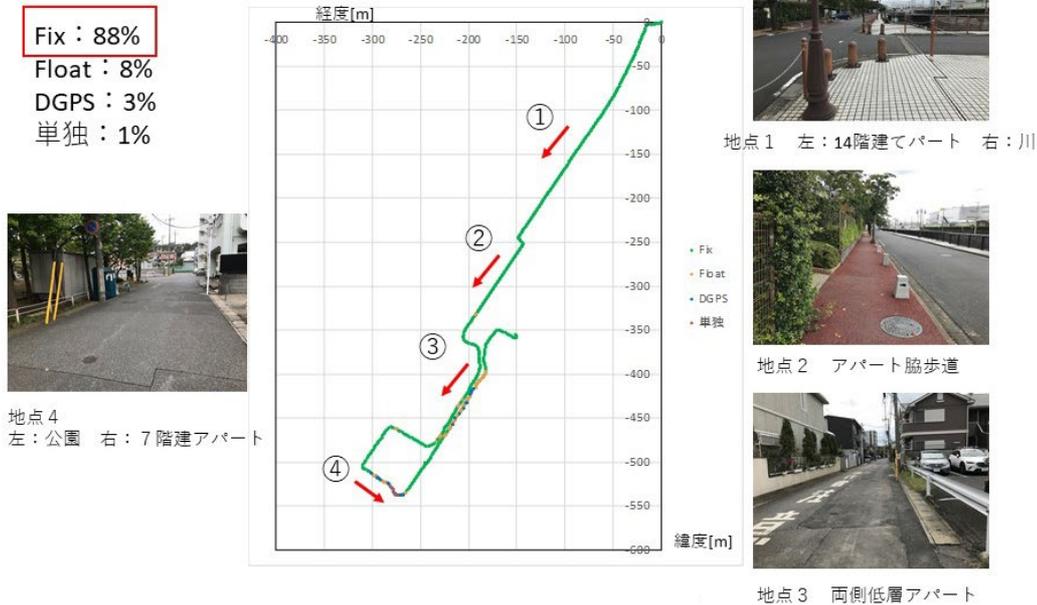
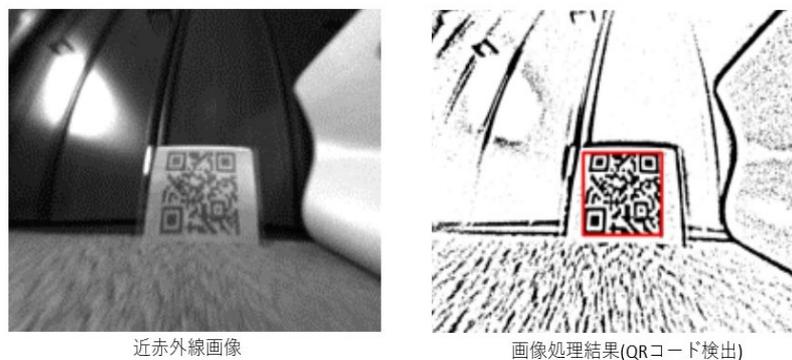


図8 CLARCSによる測位時のFix率
 (図7と同様の地点を移動)

3.2 非可視型 QR コードの検出結果

非可視型 QR コードの撮影用には, RGB-NIR カメラ (東芝テリー製, RGB 画像: 2592 × 2056pix, IR 画像: 1296 × 1028pix) を利用し, 屋内環境で広い範囲を撮影するための魚眼レンズ FE185C057HA-1 (FUJINON, 画角 185°) を装着した [5]. また, QR コードフォーマットとしては JIS X0510:2004 を使用し, その貼付位置を地図上に表示する WEB ページの URL 情報を埋め込んでおく. 実験環境は 4.4m × 3.4m の室内で, 南側の窓から入射する太陽光が唯一の光源であり実験時は晴天であった. QR コードは窓から 2m 離れた西側の壁に接する床面に設置し, 正面 30cm の距離にカメラを設置した. 図 9 に非可視型 QR コード検索結果を示す. 図 9 左側が魚眼レンズの歪み補正後の結果であり, 図 9 右側が適応二値化画像である. さらに, その画像から実験的に設定した内容 (URL 「<http://xy0.jp/K3i>」) を正しく検出することができた.



撮影したIR 画像から以下の手順で情報を読み取った.
 (1) レンズの歪み補正(cv2.fisheye.undistortImage)
 (2) 適応二値化処理(cv2.adaptiveThreshold)
 (3) QR コードの検出(pyzbar.pyzbar.decode)

図9 非可視型 QR コード検出結果

3.3 モバイル端末と連携した測位結果の閲覧

最後に、モバイル端末での送信では、市販の GIS ソフト (ESRI ジャパン, ArcGIS_Pro2.6, Survey123, Corrector) での高精度測位信号送信と閲覧結果を確認した。図 10 に従来の開発内容とそれに対応した今回の実験結果を示す。

まず、図 10 左側は従来の独自ソフトによるスマートフォンからのトリアージデータ読み取りの様子である。ここでは、1 の初期画面を見ながらトリアージタグに対応した傷病者識別色、例えば「赤」を目視で確認し、対応する画面のボタンをタッチする。次に 2 の操作で紙製トリアージタグ内に組み込まれている RFID タグの固有 ID をスマートフォンで読み取る。次に 3 の送信画面で、識別色のデータ (この場合、赤)、タグ ID およびスマートフォン内の GPS 位置データと端末 ID が送信される。一方、今回の実験では使用する携帯端末用に適した情報入力アプリとして、ESRI 社の 5 種類を選択し、それぞれに従来のソフトの移行可能性について検討した。その結果、現地情報入力アプリとして FieldMaps, Survey123, Collector では GPS 情報の入力と情報送信動作を確認した。ここで、今回のように Bluetooth 経由の外部 GPS 情報の入力については、Survey123 は利用できなかった。また、画面表示に送信ボタン等の画面設定が容易と思われる Quickcapture でも、現状では Bluetooth 経由の接続はできなかった。ただし、これらの結果は別途開発改良中の場合も考えられるため、あくまでも 2020 年 12 月時点の結果である。また、通常の入力ならびに地図上での閲覧結果については、Survey123 及び FieldMaps においてその動作を確認した。また、外部に対する情報公開のための ArcGIS_Pro と ArcGIS_online とのデータ共有や実時間表示については時間の不足で実現できなかった。

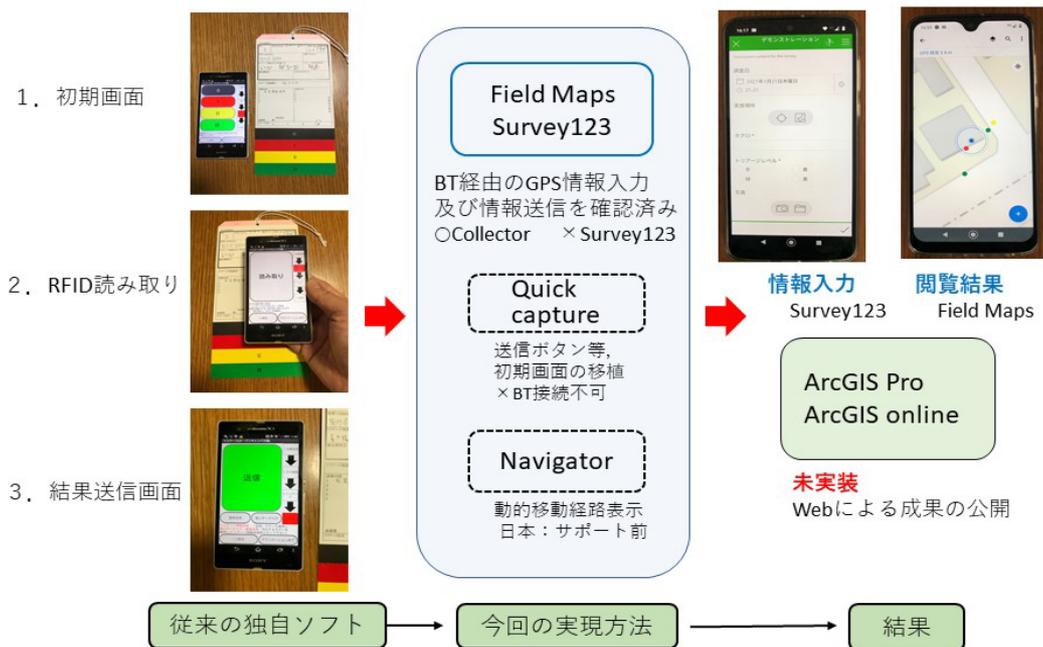


図 10 市販ソフトによる情報公開結果

4. 考察・まとめ

今回は、災害発生時における救急隊員や視覚障がい者等情報弱者の避難誘導を目的に、新しい屋内外測位技術を利用した避難情報伝達支援システムの研究のための開発研究を行った。具体的には、1) 2 アンテナ式 GPS による測位、2) 非可視型 QR コードの検出、及び 3) モバイル端末と連携した測位結果の閲覧である。その結果、1) の 2 アンテナ式 GPS による測位では、準天頂衛星補正信号を利用して、概ね歩行軌跡として誤差 10cm 以内の測位を確認した。ここでは、コロナ禍に於いて時間的ならびに実験環境の制約のある中で、点字ブロック位置などを参考にした主観的な内容ではあるが、測位精度として 10cm 程度のリアルタイム計測を実施することができた。使用した GPS 受信機ならびにアンテナは小型軽量であり、今後準天頂衛星からの補正情報入力スマートフォン単体で処理可能となれば歩行者位置の高精度測位手段として有望と思われる。

また、救急医療の担当者からは、搬送される多数の傷病者あるいは災害現場に派遣される複数の DMAT に対する動態把握などの応用例が提案された。次に 2) 非可視型 QR コードの検出では、魚眼レンズ、単一カメラならびに画像処理により QR コードの検出と復号が可能となったことから、当初目的とした景観への配慮ならびに肉眼的には見えない環境から QR コードを検出するための手法を提案することができた。今後は、屋内空間での具体的な座標位置特定方法や特に問題となる環境光の影響などに対する対応を検討したいと考えている。次に、3) 測位結果の閲覧では、モバイル SINET 経由の測位結果の GIS 提示に対し、ID 入力やサーバでのデータ共有など手作業の部分は残るものの実験レベルでの表示を実現した。幸い、市販 GIS ソフトの改良が進み、従来独自に開発していた情報入力機能がクラウド形式でモバイル端末上で実現してきている。これは、我々が目的としている避難情報伝達支援システムの実用化に向けての大きな力であり、今後もソフトウェア分野での融合を進める予定である。以上、要するに高精度 GPS による歩行軌跡の計測結果を示し、非可視型 QR コードの検出方法を提案し、さらに避難情報伝達支援システム実用化のための市販ソフト連携の可能性を示すことができた。

5. 謝辞

本研究は中部大学問題複合体を対象とするデジタルアース共同利用・共同研究 IDEAS202010 の助成を受けた。また、SINET 直結のモバイル接続に関しては、国立情報学研究所・2020 年度 SINET 広域データ収集基盤実証実験の支援を受けた。記して謝意を表す。

参考文献

- [1] 牧野秀夫, 中澤陽平 他「準天頂衛星とモバイル SINET を用いたトリアージ情報伝達に関する基礎研究」, 2020 年電子情報通信学会総合大会講演論文集 1 B-19-21, p581, 2020 年 3 月
- [2] 牧野秀夫, 中澤陽平 他「視覚障害者用位置案内のための測位方式に関する基礎研究 -2 アンテナ式 GPS, 太陽電池式 BLE ビーコン, 非可視型 QR コード-」, 信学技報 WIT2020-06(2020-09), pp. 3-8, 2020 年 9 月
- [3] 牧野秀夫, 中澤陽平 他「準天頂衛星と 2 アンテナ式 GPS による視覚障害者用高精度測位に関する実証実験」, 2021 年電子情報通信学会総合大会講演論文集 B-19-19, p525, 2021 年 3 月
- [4] 牧野秀夫, 中澤陽平 他「準天頂衛星の補強サービスと 2 アンテナ式 GPS を用いた歩行者移動経路の高精度測位に関する実証実験」, 信学技報 WIT2020-35(2021-03) pp. 32-36, 2021 年 3 月
- [5] 中澤陽平, 牧野秀夫 他「屋内測位のための RGB-IR カメラによる不可視二次元コード検出に関する基礎検討」, 2021 年電子情報通信学会総合大会講演論文集 D-12-27 p. 68, 2021 年 3 月