

特集 ■ VR 技術と宇宙への夢

衛星測位と位置情報サービス

VR での宇宙データ利活用の活性化に向けて



神武直彦

慶應義塾大学

Kohtake Naohiko

1. はじめに

現在、約 3,000 機の人工衛星が地球のまわりをまわっており、500 機以上が運用されていると言われている。人工衛星は、その目的に応じていくつかの種類に分類されるが、その中で、観測衛星、通信衛星、測位衛星は、そこから提供されるデータが天気予報や、スポーツ中継、カーナビゲーションなどに利用されており、既に社会インフラとして定着してきていると言える。これらの人工衛星からのデータは比較的容易に入手できるものも多く、それらを用いた様々な課題解決のための取り組みが行われている。図 1 にそのイメージを示す。例えば、観測衛星から得たデータによってある地域の集中豪雨を検知し、その周辺地域に設置した降雨センサからのデータと組み合わせて避難情報を作成し、その避難情報を通信衛星経由で対象地域の地上局に送信するといったことや、その避難情報を受け取った移動中の車や電車が測位衛星からの測位信号によって現在位置を検知し、その関係者

が避難場所や避難方法を判断するといったことができるようになってきている。また、人工衛星からのデータは公開されているものもあり、同じテーマに興味を持ったメンバーがチームになってアメリカ航空宇宙局 (NASA) や宇宙航空研究開発機構 (JAXA) が公開しているデータを活用し、数日間で有益なサービスを開発するハッカソン International Space Apps Challenge (ISAC) のような試みも世界各地で行われている。

バーチャルリアリティ (VR) と宇宙開発の関係を振り返ってみると、宇宙飛行士訓練や国際宇宙ステーションの設計結果の検証などに VR の技術が利用されてきた [1]。

今後は、それに加え、人工衛星や国際宇宙ステーション (ISS) から地上に送られてくる宇宙データを様々な VR システムで利用することで、新たなサービスが創出されるのではないかと考えている。例えば、ISAC での入賞アプリケーションの中でも、ISS の軌道データを利用し、ISS から見ることで地球の眺めを観測衛星による地球観測画像を用いて実物大で提示するシステムなど宇宙データを利用した VR システムが創出された。

VR 空間の実空間への拡張においては、ヒトやモノの位置をいつでも、精度良く、タイムリーに測れることが重要であるが、それを実現する方法のひとつが衛星測位である。2010 年 9 月 11 日に打ち上げられた準天頂衛星初号機「みちびき」は、GPS の代替え、補完 (測位可能な時間や場所の拡大)、補強 (測位精度の向上) を目的として開発され、結果として、GPS のみによる測位と比較し、測位可能時間を 90% から 99.8% に、測位精度を低精度 (約 10m) から高精度 (数 cm) まで向上させることに成功した [2]。それらの成果を経て、2011 年 9 月 30 日の閣議決定および宇宙開発戦略本部決定によって 2010 年代後半を目途にした 4 機の準天頂衛星による実用準天頂衛星システム事業が推進されることになっ

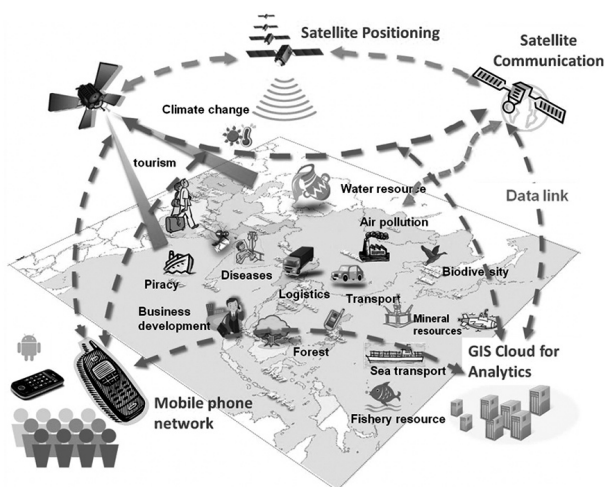


図 1 人工衛星を利用した課題解決のイメージ
*口絵にカラー版掲載

た。そのため、今後、準天頂衛星からの宇宙データを用いたシステムが数多く創出されと考えられ、VR システムにおいても様々な利用方法があると考えている。

本稿では、2つの研究開発の事例を紹介する。測位精度を補強することを主目的とした準天頂衛星の L1-SAIF 信号を介して GPS 受信機に緊急メッセージを配信するシステムと、準天頂衛星初号機の開発の過程で創出された屋内測位方式 IMES である。それぞれの事例では、位置に応じた周囲映像を 360 度パノラマ写真で提示したり、カメラ映像にアイコンをオーバーレイしたりといった VR を位置情報の利用によって実現している。

2. GPS 受信機で受信可能な緊急メッセージ配信システム

2.1 災害時の防災情報提供における課題

災害時には、被害を最小限に食い止めるために、被災者や自治体関係者、レスキュー隊といった関係者に対し、適切なタイミングで、適切な情報を確実に提供できることが重要である。しかし、東日本大震災でもそうであったように、被災者の生死に影響が大きい災害発生直後からの数時間は、地上の通信インフラも様々な被害を受け、適切な情報を確実に提供することが困難、もしくは不可能になることがある。また、従来の防災情報提供の仕組みでは、その情報の受信者の位置に応じて適切な情報を提供できるものは少なく、特定の受信者に対しては、不適切な情報を提供してしまうという課題がある。例えば、自治体から同一の避難指示を受けるある地域において、地震の際に避難する必要のない地域の住民も避難指示を受け、避難行動を取ったことで、その過程で津波の被害にあってしまったというような問題も起きている。

2.2 RedRescue システム

RedRescue システムは、利用者の位置に応じた緊急メッセージを地上の通信インフラを介さずに準天頂衛星を介して GPS 受信機に配信可能なシステムであり、NTT データ株式会社、株式会社パスコ、アジア航測株式会社、慶應義塾大学が共同で研究開発を行っている。RedRescue システムは、利用者それぞれの位置に応じた緊急メッセージが配信される仕組みになっているため、受信端末では、その時点での端末の位置に応じた緊急メッセージのみを取り込むことができる。

2.3 RedRescue システムの構成

RedRescue システムのシステム構成を図 2 に示す。準

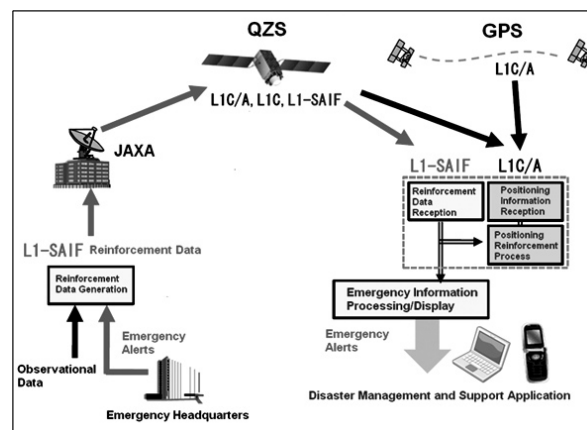


図 2 RedRescue システムの構成

天頂衛星は複数の信号を配信しているが、衛星測位に利用する L1-C/A 信号に加えて補強信号のひとつである L1-SAIF 信号を介して緊急メッセージを配信する点が特徴である。GPS および準天頂衛星からの測位信号と L1-SAIF 信号を受信可能な GPS 受信機を用いることで、衛星測位と緊急メッセージの受信を行うことが可能になる。L1-SAIF 信号のデータ形式は 212bit でデータ速度は 250bps であり、緊急メッセージはそのデータ形式の一部を利用するため、一定時間に配信可能なデータ量は小容量である。そのため、緊急メッセージの作成にあたっては、位置情報のコード化やトランザクションごとの分割伝送方式などの技術検討を行い、設計を実施した。現状、市販されている携帯電話に搭載されている GPS 受信機では準天頂衛星からの測位信号や L1-SAIF 信号を受信する機能があるものは少ないが、GPS チップセットのファームウェアを書きかえることで比較的容易にその機能を実現することができる。

2.4 横浜駅周辺における実証実験

RedRescue システムの研究開発は 2009 年に開始し、2010 年前までの間、過去の災害の記録の分析や、近年災害が発生した幾つかの被災地での実地調査やインタビュー、利用シナリオの分析、ビジネスモデルの検討などを行ってシステムの要求仕様を作成し、その仕様の検証を実施した。そして、2011 年には、緊急メッセージ配信シミュレータを用いたシステムの動作検証を横浜駅東口周辺にて実施した（図 3）。この検証は、地震、津波、火事といった具体的な災害と災害発生場所を幾つかのシナリオに分けて設定し、複数の被験者が複数の場所で同時に緊急メッセージを携帯端末で受信し、それぞれの位

置に応じて適切なタイミングで適切な情報を受信できるかの評価を行った。図3の下段では、左からそれぞれ、「関東地方太平洋沖で地震発生」といった一斉配信の緊急メッセージ受信、位置に応じた緊急メッセージ受信、メニュー選択、避難経路確認の様子を表示している。なお、避難経路の表示にあたっては、2次元の地図データに加え、携帯端末の位置に応じた避難方向や避難場所までの距離をパノラマ画像にオーバーレイすることで直感的な避難方法を提示している。被験者実験や有識者へのヒアリングによって、このような機能は、レスキュー隊による経路確認や、被災時以外の定期的な避難訓練などにも有効であるとの評価を得た。



図3 横浜駅周辺を対象としたシステム検証

これらの実証を踏まえ、2012年には、準天頂衛星初号機を利用したシステムの動作検証と複数の被験者による移動履歴の分析、ユーザビリティの検証を行った(図4)。この検証では横浜駅東口から広域避難所であるパシフィコ横浜までのエリアを主な対象とし、ファームウェアの書き換えを行ったGPS受信機でL1-SAIF信号を介して地震および津波の発生を想定した緊急メッセージを受信した。それによって、それぞれの被験者が位置に応じた避難情報を受信することでどのよう

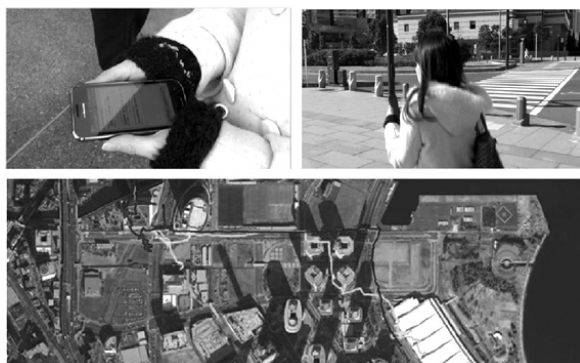


図4 ResRescue 緊急メッセージでの被験者の避難と移動履歴

な行動を取るかの観察と移動履歴の分析や実験後の被験者によるインタビューによるユーザビリティ検証を行った。小容量でも準天頂衛星から緊急メッセージを提供することの有用性を確認することができた。

現在は、RedRescue システムの実用化に向け、関係機関との調整やシステムの設計を行っている。地球上の広範囲をカバーすることのできる人工衛星を利用したシステムのため、その適用範囲を国境をも超えて一気に拡げることができるという利点があり、海外、特にアジアオセアニア地域での実証実験なども予定し、一部既に実証している。一方、諸外国との競争と連携を常に考える必要がある。測位衛星を利用したメッセージ配信機能については、我々の調査によると、準天頂衛星以外に、現状、北斗(中国)およびGalileo, EGNOS(共に欧州)がその機能を有している。そのため、欧州関係機関とは、配信する緊急メッセージに関する連携実証実験などについて議論を進めている。携帯端末などに内蔵されたGPS受信機が補強信号を受信可能になることを想定した場合、配信する緊急メッセージのデータ形式に互換性を持たせておくことで、準天頂衛星、Galileo, EGNOSによらずGPS受信機を持った利用者はそれぞれの測位衛星からの緊急メッセージを受信することができるようになる。

3. 衛星測位技術を応用した屋内測位方式 IMES

3.1 屋内測位における課題

人間は日常生活の多くを屋内で過ごしており、特に都市圏での生活の場合、1日の8割程度を屋内で過ごしていることが多い。それに対し、衛星測位では、GPSや準天頂衛星によって屋外の多くの場所での測位が可能になったが、衛星からの信号が届きにくい屋内では、精度良く、確実に測位を行うことが難しく、屋内外シームレスな測位を実現することが課題のひとつである。そのため、測位衛星以外の無線LANやRFID、カメラなどを用いた様々な測位方式の研究開発が進められており、スマートフォンの普及により、その需要は日々高まってきている[3]。

3.2 IMES: Indoor Messaging System

屋内測位方式の中で有望な技術のひとつが衛星測位技術を応用したIMES(Indoor Messaging System)であり、準天頂衛星システムから送信する測位信号の開発過程において発案された我が国発の屋内測位の方式である[4]。IMESでは、GPSと同じ周波数帯と変調方式を利用した信号をIMES送信機から送信し、その信号を受信、処理



図 7 天井（左図）とその内部に取り付けた IMES 送信機（右図）

配置になっており、屋内測位による位置情報サービスで利用されている（図 7）。

また、屋内外で得られた位置情報から対象エリアの地域情報や店舗情報、施設のフロアマップなどの様々な屋内外のコンテンツをクラウド型で配信する基盤システムである「商業施設位置情報サービスプラットフォーム」を国際航業株式会社と慶應義塾大学が開発し、二子玉川エリアを対象に運用を行っている（図 8）。このプラットフォームには、二子玉川ライズ・ショッピングセンターを含む商業施設や地域の商店街の約 1,600 軒の店舗情報や、周辺の避難場所や避難経路などの防災情報など二子玉川エリアに関する情報が登録、更新されており、各位置情報サービスでは、このプラットフォームにアクセスすることで、位置情報によって屋内外のコンテンツを容易に活用することができる。

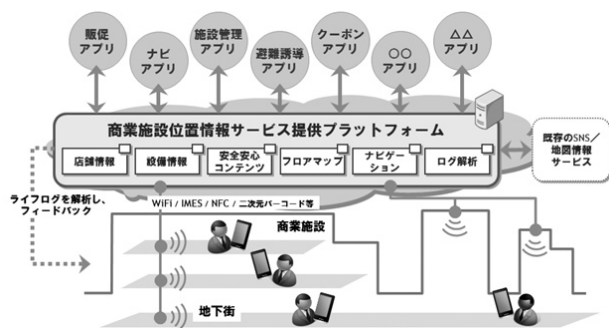


図 8 商業施設位置情報サービスプラットフォームの仕組み

3.3.2 位置情報サービスの開発事例

これらの測位方式やプラットフォームを用いて、二子玉川では約 30 の事業者や研究機関が屋内位置情報を用いたサービスの開発を進めている。その中で VR の技術も活用した 2 つのサービスについて紹介する。利用者に対して、その属性や位置、時間に応じた情報を提供するとともに、施設管理者のようなロケーションオーナーに対しては、利用者の属性情報や行動履歴情

報などを提供することで集客やリピート率向上、リソース管理のための施策に活かして頂くことを目的としたサービスである。

aitetter（慶應義塾大学）

休憩所やベビールーム、トイレのような共用施設や店舗に関する混雑状況をアプリケーション利用者が共有することができるサービス（図 9）。利用者が、aitetter を起動し、IMES 送信機もしくは、QR コードを使って現在の位置を測位するか、エリア選択機能で特定の位置を指定すると、その位置の周辺にある施設の混雑状況を閲覧することができる。同時に、利用者はそれぞれの現在位置に応じて周辺の施設や店舗の混雑状況を自ら入力することが可能であり、入力された混雑情報は、施設ごとに時系列に記録される。また、各施設について、その位置を表示する地図を表示したり、予め撮影しておいた画像を用いて周囲の様子を 360 度パノラマ写真にてバーチャルツアーをしたりすることができる。利用者の入力による集合知によって混雑度合いを共有することができるため、ロケーションオーナーによるリソース（スタッフ、電力、広告など）の効果的な配分や管理に利用することの検証も行っている。



図 9 aitetter の画像表示の例

ニコトコ（東急電鉄）

携帯電話を介して利用者に地域情報や店舗情報、ポイントなどを提供し、それらによって街歩きを楽しんでもらうことを目的としたサービス（図 10）。利用者は、アプリケーションを立ち上げると街や店舗などにチェックインしたことに対するポイントを受け取ることができる。また、屋内屋外によらず、スマートフォンをかざしてカメラ機能でその風景を見ると、画面に映る風景に重なってその方角にある店舗のクーポンアイコンが表示される。



図 10 ニコトコの画像表示の例

4. むすび

本稿では、測位衛星や屋内測位方式を利用した位置情報サービスの研究事例について紹介した。現在、80 機以上の測位衛星が地球のまわりをまわっているが、10 年後にはその数が 130 機程度に増える予定であり、その増加の要因のひとつは、日本、中国、インドによるアジアオセアニア地域に特化した測位衛星の実運用が開始されることである。それによって、測位可能時間や測位精度などが向上し、この地域が世界的に最も質の高い衛星測位が可能な地域になるため、新たなサービスの創出が可能になり、VR 空間の実空間への拡張などもより精度良く、容易に実現できるのではないかと考えている。衛星測位データを含む多様な宇宙データを簡単に様々な形で利用できるような仕組みづくりや、その事例をまとめていくことが今後の課題のひとつであると考えているが、VR システムでの宇宙データの利用によって、様々な価値ある新しいサービスが創出され、それが、VR 分野および宇宙分野双方の研究開発の進展に寄与することを期待したい。

謝辞

本研究の一部は、平成 21 年度「宇宙利用促進調整委託費～衛星利用の裾野拡大プログラム～」および平成 21 年度 JAXA オープンラボ共同研究、経産省事業平成 23 年度「産業技術実用化開発事業費補助金（次世代高信頼・省エネ型 IT 基盤技術開発・実証事業）」、JSPS 科

学研究費助成事業 23700088 の援助によって行った。また、図 1 については東京大学空間情報科学研究センター 柴崎亮介教授から提供頂いた図に著者が一部修正を加えたものである。

参考文献

- [1] 谷口博隆, 檜佐雅洋, 木内英二: 有人宇宙活動へのバーチャルリアリティ技術の活用, 日本バーチャルリアリティ学会学会誌, 第 18 巻第 1 号, 掲載予定 (2013)
- [2] 山川宏: 我が国の測位システムの状況について, SPAC シンポジウム 2011.
- [3] 日経エレクトロニクス 2011.03.07 号, 決め手は位置情報 (2011)
- [4] 宇宙航空研究開発機構, 準天頂衛星システム ユーザインタフェース仕様書 (IS-QZSS 1.4 版).
- [5] L1 C/A PRN CODE ASSIGNMENTS,
<http://www.losangeles.af.mil/shared/media/document/AFD-101124-042.pdf>, 10 (October 2010)
- [6] 神武直彦: IMES による屋内外シームレス LBS 実用化に向けて, GPS/GNSS シンポジウム 2011.
- [7] IMES コンソーシアムサイト,
<http://www.imesconsortium.org/>

【略歴】

神武直彦 (KOHTAKE Naohiko)

慶應義塾大学 大学院システムデザイン・マネジメント研究科 准教授

1998 年慶應義塾大学大学院理工学研究科修士課程修了, 2005 年慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科博士課程修了。博士 (政策・メディア)。1998 年より宇宙航空研究開発機構, 欧州宇宙機関にて H-IIA ロケットの研究開発, 国際宇宙ステーションや人工衛星に搭載するソフトウェアの独立検証・有効性確認の統括, 国際連携に従事。2009 年より慶應義塾大学にて, 宇宙技術や情報技術を利用した防災システムやコミュニティシステムなどの社会技術システム創出に関する研究に従事。Multi-GNSS Asia 運営委員, IMES コンソーシアム代表。