

【平成30年度JKA機械振興補助事業】

「二輪車向け衝突防止技術に関する試作開発・
実証研究」研究委員会

研究委員会報告書

一般財団法人
ニューメディア開発協会

2019年3月



競輪の補助事業

本研究は競輪の補助を受けて実施しました。
<http://hojo.keirin-autorace.or.jp>

「二輪車向け衝突防止技術に関する試作開発・
実証研究」研究委員会

研究委員会報告書

東京海洋大学

久保 信明

2019 年 3 月

目次

1. 総論	1
2. はじめに	1
3. 国内海外の関連研究等の動向と技術課題の全容	3
3.1. 国内海外の関連研究の調査	3
3.1.1. BMW コネクテッドライド（ドイツ）	3
3.1.2. Autotalks（イスラエル）	4
3.1.3. コンチネンタル（ドイツ）	5
3.1.4. 二輪車を取り巻く現状とこれからについて	5
3.2. 技術課題の全容	7
4. 二輪車衝突防止における GNSS 利用における検討技術課題	8
4.1. 二輪車衝突防止方法における概要	8
4.1.1. 通信でつながることによるメリット	9
4.1.2. 二輪車向け事故低減システムの設計の難しさ	10
4.1.3. スマートフォンの可能性	13
4.2. 2 輪での通信方式 位置やその他情報のやりとり	15
4.3. 準天頂衛星の補強データの利用可能性	19
4.3.1. 準天頂衛星の高精度補正サービスの概要	19
4.3.2. CLAS の実験結果	21
4.3.3. MADOCA PPP の実験結果	23
4.4. 低コスト小型受信機の動向	25
4.4.1. 低コスト小型受信機の動向と測量級の高価な受信機との違い	25
4.4.2. 代表的な低コスト小型受信機の性能評価	28
4.4.3. マゼランシステムズジャパン社の低コスト小型受信機の可能性	31
4.5. 2 輪での実際の測位性能	32
4.5.1. 東京都内の東京海洋大学越中島校舎付近での原付での走行結果	32
4.5.1.1. 都市部での 2 輪と歩行者の違い	32
4.5.1.2. 都市部での原付走行結果	35
4.5.2. 静岡県静岡大学浜松校舎付近での 2 輪車での走行結果	38
4.6. まとめと課題	41
5. 2 輪以外の分野での小型受信機利用の検討	42
5.1. 陸上で利用が検討されている分野	42
5.1.1. ドローン	42
5.1.2. 小型車両	43

5.1.3.	監視機器.....	43
5.1.4.	交通安全分析サービス	44
5.1.5.	自動運転.....	44
5.1.6.	ロードプライシング.....	45
5.1.7.	測量・建設・土木	45
5.1.8.	LBS (Location-Based Service)	46
5.2.	海洋で利用が検討されている分野	47
5.2.1.	潮位測定（津波計）	47
5.2.2.	船舶の DPS (Dynamic Positioning System)	48
5.2.3.	小型船の自律航行と深浅測量.....	48
5.2.4.	自動着栈システム	49

1. 総論

本二輪車向け衝突防止研究委員会において、衛星測位（GNSS）技術の利用による衝突防止手法の検討が主として実施され、さらに通信方式や関連研究の動向についても調査結果が報告された。研究委員会は4回行われ様々な議論がなされた。今回の調査結果がもちろん全てではないが、以下のような方向性を見出すことができた。

- ・二輪車の衝突防止の具体的な手法は、特に国内において活発に議論されてはいない。
- ・海外に目を向けると、WEBサイトに存在するニュース等でも、いくつか二輪車の衝突防止技術が、特にこの1-2年で発表されている。よって今後高級路線の二輪車にはそのような技術が採用される可能性を秘めている。
- ・それら衝突防止技術は、GNSSを利用するものが多く、自動車と同様にレーダ等を利用する案も見受けられた。
- ・実際の二輪車の衝突防止手法を考えたとき、二輪車側のブレーキやハンドルを制御することが困難であることがわかった。
- ・二輪車側はあくまでも自身の位置等を周囲の自動車に知らせる手法を持つことが重要であるという結論にいたった。
- ・そのために、GNSSによる位置精度もさることながら、どのような方法で位置情報等をやりとりすべきかについて調査された。すなわち通信方式についてである。

以上が本研究委員会での二輪車衝突防止技術における方向性の結論である。実際に二輪車でのGNSSによる位置精度検証や、低コスト受信機の可能性、そして準天頂衛星の補強データの可能性についても議論された。二輪車への応用は周囲への自車位置の周知等への期待が高いものの、さらなる技術革新や法整備で時間を要する。

また、今後低コストGNSS受信機がより広く社会で利用される可能性があることから、二輪車以外での利用アプリケーションについても活発に議論された。低コストの小型GNSS受信機は幅広く市場ニーズが求められており、海洋関係を含め応用が期待されるところである。

2. はじめに

2017年度の日本国内での交通事故死者数は、3694名で、そのうち自動車が1221人、自動二輪車が448名、原付が184名（二輪車として合わせて632名）、自転車が480名、歩行者が1374名となっている。この10年ほど、交通事故死者数は減少しているものの、この割合はあまり変化していない。自動車事故と自動二輪車の事故件数に対する死者数をみると、二輪車乗車中の死者数は自動車の死亡事故と比較しても4倍以上あり、自動車よりもバイクの方がはるかに高い死亡率となっています。また、原付と自転車をあわせると、自動車

と同程度の死者数と言えます。このように、日本国内では1年毎の交通事故死者数は減少しているものの、いぜんとして、多くの方が交通事故で亡くなられています。二輪車の事故の種類のうち、トップ3は単独、右折時、出会い頭となっている（過去5年の平均値より）。海外に目を向けると、欧州も日本と同じように減少していますが、世界全体で130万人以上と言われています。極めて多い数で世界的に取り組まなければならない課題であると言えます。

本稿では、自動二輪車の衝突防止に向けた研究委員会で議論された内容を中心に、研究及び調査内容を報告します。位置情報の要となる衛星測位技術や、通信方式、二輪車そのものの特徴等に詳しい先生方にご参加いただきました。また小型GNSS受信機を開発されているメーカーや衛星測位技術の利用促進をされている社団法人の方にもご参加いただきました。以下の表2-1に名称、所属及び専門分野を列挙しました。4回の委員会では足りないほど、非常に活発な議論が行われましたので、それらの内容をここにまとめたいと思います。

表 2-1 委員会に参加された各専門家の方々

名称	所属	専門分野
木谷 友哉	静岡大学	2 輪、ITS、衛星測位
Suhua Tang	電気通信大学	通信、衛星測位
床次 奈央子	マゼランシステムズジャパン	衛星測位
羽多野 裕之	宇都宮大学	通信、ITS、衛星測位
浪江 宏宗	防衛大	衛星測位
松岡 繁	SPAC	衛星測位

報告書をまとめるにあたって、どのような部分に焦点をあてたかをはじめに説明します。まず、二輪車そのものの、国内海外の動向について述べます。自動車や自転車と比較して、二輪車の世界での立ち位置等になります。続いて、二輪車の衝突防止技術についてまとめました。特に「衛星測位技術がどのように利用されうるか」の観点より報告します。二輪車の衝突防止については、自動車の自動運転支援の動きとは異なり、まだそれほど活発に議論されたり、実用化しているようには見えません。ですので、二輪車の衝突防止はどうあるべきかについて、まとめました。次に、位置情報の次に重要となる通信方式について述べます。正確な信頼できる位置情報が求まっても、その位置情報を他車とやりとりをしなければ役に立ちません。通信は非常に重要な要素技術となります。昨今は、携帯電話会社で5Gの導入も検討されており、スマホの通信環境も劇的に改善してきたことから、スマホの利用も考えられるのかと考えます。次に、衛星測位技術の中でも重要な、高精度測位のための補正データをどうするかについて検討しました。国内に目を向けると、2018年11月にcm級の高精度測位用補正サービスが開始され、まさに今回のような用途に利用できないかと期待されるところです。実際の市販受信機での実験結果も交えて、まとめました。市販受信機の観点より重要なポイントは、広く一般

ユーザに利用されるかどうかです。そこで重要となるのは、やはり価格です。実際に低コスト GNSS 受信機が今回のような場面で利用されうるのかどうかについても、実験結果を交えてまとめました。さらに低コスト受信機を実際に二輪車に設置して実験を行いました。二輪車が本研究のターゲットであるため、それら結果についても報告します。最後に、まとめと今後の課題についてピックアップしました。また、小型 GNSS 受信機の用途は二輪車だけではないので、その他にどのような分野が有望かについても調査した結果を報告します。

3. 国内海外の関連研究等の動向と技術課題の全容

本章では、2 輪車の衝突防止技術について概観する。V2V（車々間通信）は車対車について、V2X は車対二輪や自転車を指すものとする。前提として、車や二輪車との交通事故はできるだけ減らすことが極めて大事であり、その意味において、GNSS だけでなく使えるセンサは何でも利用したほうがよい。簡易かつ低コストであれば導入が容易であり、実際にコストの面が最も重要であると考えられる。しかしながら、二輪車での GNSS 利用のみでの衝突防止は困難であることが容易に予想される。自動車でも本格的にカメラや LiDAR と GNSS が同列で話される場面は少ない。これから少しずつ出てくるかもしれないが、高い信頼性が要求されるため、GNSS の位置が、どのように自動車の運転支援や衝突防止に利用されるかは、企業次第のところがある。利便性だけで見ると、カーナビゲーション装置は、その形態をカーナビがスマホに変えながらも、多くのユーザが利用している。また、それらカーナビ等に含まれる機能の 1 つに、渋滞情報や、渋滞の最後尾への追突防止機能、危険な交差点の通知などもある。これらの機能は、ある程度自動車位置への信頼がないと、出せないアプリケーションでもある。

車対車については、上記の通り、自動車メーカーの開発が非常に活発で、現在では ACC (Adaptive Cruise Control : 定速走行・車間距離制御装置) の装備のついた車種が多くなってきている。また自動ブレーキや視界に見えない自動車の存在を知らせてくれる機能なども、少しずつ販売されはじめている。二輪車において、自動車に装備されているような衝突防止装置についてまだ聞いたことがないが、ここでは、世界の動向も含めて簡単に紹介する。

3.1. 国内海外の関連研究の調査

3.1.1. BMW コネクテッドライド（ドイツ）

BMW の二輪部門、BMW モトラッドは 2017 年 10 月 13 日、『R1200RS コネクテッドライド』を発表した。図 3-1 にそのイメージとなる写真を示した。R1200RS コネクテッドライドには、オートバイと自動車の衝突事故を防ぐ安全システムを採用しているのが特徴で。V2V や D-GNSS（ディファレンシャル・グローバル・ナビゲーション・サテライト・システム）などの技術を導入し、オートバイのライダーと自動車のドライバーの双方に、衝突の危険を警告することができ

る装置である。BMW モトラッドは 2015 年、ホンダとヤマハとともに、「コネクテッド・モーターサイクル・コンソーシアム」と名付けられたコンソーシアムの創設を目指し、協働を開始し、二輪車の協調型高度道路交通システムの強化を目指している。この DGNSS というのは、GNSS の測位方式の 1 つで、基準局の補正データや衛星からの補正データを受信することで、オープンスカイ環境(マスク角でいうと、15 度から 20 度以上の場所に建物等の障害物がない環境のこと)であれば、1m 程度の精度を出すことが可能である。



図 3-1 BMW コネクテッドライドのイメージ写真

3.1.2. Autotalks (イスラエル)

Autotalks はドイツの自動車部品大手であるボッシュの協力を受け、Wi-Fi を利用したこの V2X (車対バイク間) のコミュニケーションシステムを開発・テストしてきた。このシステムは、視界の内外を問わずバイク付近の車両をトラッキングし、衝突の危険が迫っている場合は運転者に知らせ、事故を防ぐための十分な時間を確保する。このために近距離通信技術を使い、位置や速度、進行方向、ブレーキモードなどの情報を、同種のハードウェアを装備する付近の車両とやり取りする。このハードウェアは軽量でコンパクト、低電力なので、二輪車にも十分組みあわせられる。実際、イタリアのドゥカティ製のバイクを使ったテストが予定されている。Autotalks の共同創業者で最高技術責任者 (CTO) のオン・ハランは、こう語る。「このハードウェアは低コストで小型軽量のソリューションです。広い温度範囲で動作するうえ、バイクのどこにでもとりつけられます」。急ブレーキをかけるクルマや赤信号を無視しそうなクルマなど、危険な存在を検出すると、この V2X システムは運転者に音声もしくは視覚で合図を送る。ただし、合図が送られるのは衝突が迫っていると思われる場合のみだ (このシステムでは大型車両に対しても、バイクの存在を知らせるように設定できる)。ボッシュが実施した分析によると、このシステムによって、ドイツで起きるバイク事故の 3 分の 1 を防げる見込みが示された。また同社は 2017 年 5 月、Autotalks の V2X システムを組み込んだ開発研究を行うと発表している。最大の課題は普

及しないと情報のやりとりができないため、意味がないことである。

3.1.3. コンチネンタル（ドイツ）

コンチネンタル（Continental）は11月5日、イタリアで11月6日に開幕する「ミラノモーターサイクルショー2018」（EICMA2018）において、二輪車向けに新開発した先進運転支援システム（ADAS）を初公開すると発表した。図3-2にイメージ図を示した。コンチネンタルがEICMA2018で初公開予定の二輪車向けに新開発した先進運転支援システム（ADAS）は、二輪車用としては初の緊急時の自動ブレーキアシストシステムになると言われている。この緊急自動ブレーキアシストは、レーダーセンサーを使用して、二輪車の前方の道路をモニターする。障害物に衝突する危険がある場合、ライダーには、視覚的、聴覚的、触覚的な警告、例えばハンドルバーの振動によって、警告が発せられる。ライダーが警告に反応しない場合、緊急ブレーキアシストが作動し、自動的にブレーキ力を強化する。このシステムには、最新の短距離および長距離のレーダーセンサーを使用する。これらのセンサは、物体の高さを、仰角を測定することによって計算することができる。これは、センサが渋滞の末尾をより正確に検出できることを意味する。二輪車は設置スペースが限られているため、レーダーシステムはコンパクトな設計とした、としている。

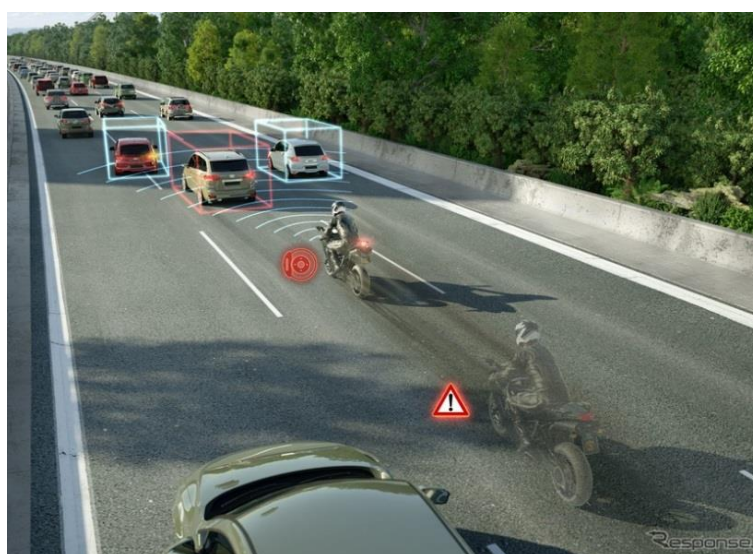


図 3-2 コンチネンタルの二輪車向け自動ブレーキのイメージ

3.1.4. 二輪車を取り巻く現状とこれからについて

上記では、海外の直近1-2年の事例を紹介したが、世界の中での二輪車の状況全般について以下にまとめた。図3-3、図3-4を見るとわかるように、販売台数ではアジアが圧倒しており、日本や欧州、北米は台数としては多くないことがわかる。またメーカー別の販売台数ランキングを見

ると、アジアでの人気があることもあり、日本が圧倒している。今回の研究課題を考える上で難しい点は、衝突防止機能はおそらく欧州や日本、北米で最初に導入され、その後、アジアでも導入されることが予想されることである。特にタイ、ベトナムやインドネシアでの自動二輪車の実際の状況を見ると、あまりにも台数が多すぎる状況がある。その意味において、本研究課題も、上記で紹介したように、欧州や日本、北米で販売されている付加価値の高い二輪車への導入を想定して話しを進める。

他車との通信を介した衝突防止の前に、世界的な安全装備規制や環境規制についてみておくことが重要である。その 1 つは、世界的な流れの中で、ロック防止ブレーキ（ABS）の装備が 2016 年より義務化された事実である。これにより、安全性は確実に向上したものの製造コストも大きくなった。自動車では、20 年以上前より ABS は実用化されているが、雪道や悪路だけでなく、通常道路でもその安全面での効果は明らかである。また、2019 年の初頭に、日欧では 2020 年より新型車両への自動ブレーキの義務化の話がでている。二輪車では、急ブレーキでの姿勢が不安定になるため、自動車より有効であることは間違いない。また、環境規制として排出ガス規制と騒音規制が課されるようになり、段階的に厳しくなっており、これも大きな製造コストの増加につながり、元々車両単価の安い低排気量車ではモデルの存続の問題となってきた。その他、障診断装置（OBD）の導入義務化が 2017 年より開始され、センサ類の断線検知や排出ガスに関する異常通報などが検討されている。

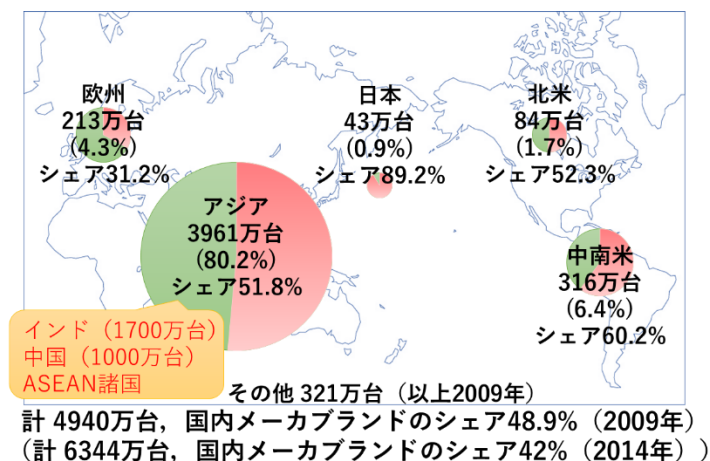


図 3-3 自動二輪車の世界販売台数

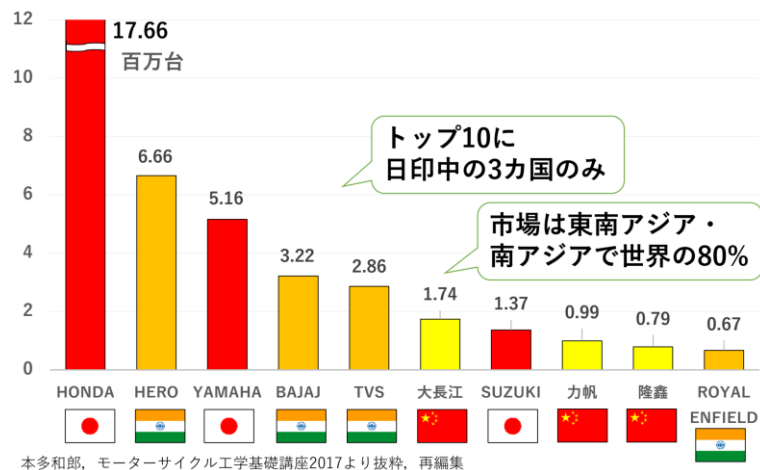


図 3-4 メーカー別世界販売台数ランキング

3.2. 技術課題の全容

ここでは、本報告書で主として述べる技術課題について以下の図を用いてまとめた。この図は二輪車と自動車の典型的な事故の例を示したものである。この事故例がもちろん全てのケースをあらわすわけではないが、二輪車の衝突防止の技術課題を示す上で有用である。

まずこのような事故を防ぐために、二輪車側の制御を行うのではなく、自動車に注意喚起またはブレーキ等の制御をかけることを念頭においている。そのために必要なことは、二輪車の信頼度の高かつ正確な位置とその情報を伝える手段、すなわち通信である。これら位置と通信の2つが自動車側で共有されれば、このような事故を防ぐことは可能である。なぜなら、自動車側にはすでに自動ブレーキを備える市販車が多く販売されているからである。このときの二輪車の位置の信頼性は現段階では決して高くなく、GNSSの出力結果をそのまま利用できるものではない可能性が高い。しかしながら、自動車のように、GNSSだけでなく、IMUや速度センサも配備されるようになり、統合測位が実現すると、その信頼度は一気に向上し、数mの精度であれば、99%以上の確率で担保されるであろう。この場合、残り1%未満で誤った位置情報が自動車に伝わる可能性はあるが、自動車側は注意喚起さらには自動ブレーキの制御が入るわけであり、安全面での問題はなく、その回数を減らすことができれば、市販化につながる事が予想される。また、GNSSやセンサとの統合だけではなく、危険な交差点では、二輪車の動きをカメラで察知し、より正確な情報を自動車に伝えることも十分可能である。これら複合的な技術がうまく融合することで、二輪車の衝突防止が実現されていくと予想される。以上より、技術的な課題は位置の精度や信頼性、そしてどのような通信方式が利用できるかとなる。

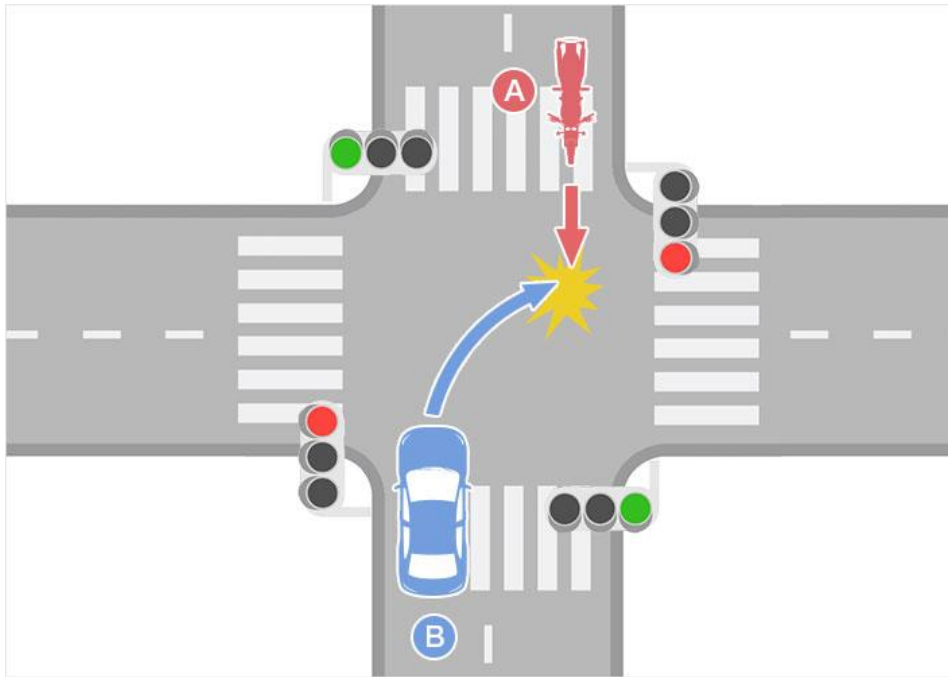


図 3-5 二輪車と自動車の典型的な衝突事故のケース

4. 二輪車衝突防止における GNSS 利用における検討技術課題

4.1. 二輪車衝突防止方法における概要

二輪車で衝突防止方法について検討するにあたって、以下の 4 つの視点が重要であると考え列挙した。これ以降は付加価値の高い二輪車を目指すべく議論する。その意味において、コストが最大のポイントではなく、先進国で重要視される安全性の優先順位が高いものとする。

- ① どのようなサービスがユーザ、メーカ側にとって有益か？
- ② 二輪車で実現できるものか
- ③ 世の中に受け入れられるか
- ④ 自動車と二輪車の違いはないか

上記で述べた ABS 等はユーザ、メーカ側双方にとって、極めて有益なものであり、否定する人はいないであろう。また、自動車で標準装備が当たり前となってきた ACC や衝突防止ブレーキも実用かされれば受け入れられるであろう。これらの機能はユーザが利用したくなければ、意図的に停止させることも可能である。また交通信号無視や交差点での見えにくい自動車を自動で警告してくれる装置も有益である。一方、上記で上げたような装置が、実際に二輪車で実現できるものかどうかは、議論の余地がある。このあたりはメーカの専門家の意見が必要となるが、

自動車と比較して装備が困難であることは否めない。先進国といえども、コストは重要なファクターであり、またその大きさも重要である。二輪車はもともと大きくないため、小さくコンパクトにする必要がある。安全装置までいかずとも、現在の自動車で広く利用されているカーナビに含まれる機能として、渋滞情報やルートガイダンス、道路標識提示等があり、これらの装備も今後どのように二輪車に提供できるかが課題である。

次に、実現可能性について考えてみる。これまでもコスト面が課題であると述べてきたが、法律で義務化や標準化をすることで、メーカー側の研究開発が促進されることは明らかである。また実際の実用化に際して、装備されている二輪車の減税や保険掛金割引なども有効であろう。実際、自動車についてはこのような流れで発展してきた経緯がある。一方、自動車と異なる部分として、二輪車はより自由に動ける特性があり、自動車と比較すると、安全面での制限をかけにくいことが予測される。また、台数の多い場所だと、警報がなりすぎる問題も考慮しなければならない。そして、ABS 等はまだしも、自動ブレーキとなると制御介入による事故も想定しなければならない。技術的なハードルは自動車より高いといえる。また、自動車が目指している、より自律的な自動運転という最終目標に対して、二輪車での自律的な自動運転はこの 10-20 年では不可能と思われる。

どのような装備が想定されるかについて概観すると、現在の自動車で利用されている、レーダーやカメラそして GNSS が要素技術となるであろう。本研究課題である GNSS に利用について考えてみる。GNSS の位置情報を安全面で利用するには、位置情報の信頼性・正確性だけでなく、どのようにお互いでやりとりするかが課題である。

4.1.1. 通信でつながることによるメリット

ここ 20 年で自動車の車体制御技術が発展し、ABS やトラクション・コントロール・システム (TCS)、スタビリティ・コントロール・システム (SCS) などの機械的な姿勢制御等の運転支援のみならず、情報通信技術を利用した衝突低減アシストブレーキシステムなどが実現され、最近では自動運転が盛んに研究開発されている。対して二輪車では、個々の構成部品の性能と生産技術は向上しているが、車体運動が複雑でバランスを崩しやすいことから運転制御へ大きく介入することが難しいこともあり、この分野の研究開発では大きく後れを取っている。また、二輪車は主要市場の東南アジアでは低排気量の安価な車両が主流であり、追加デバイスを搭載するには費用対効果が低いことや、リーマンショック後に二輪車の世界販売が落ち込んだことで二輪車産業界には十分な研究開発が行う費用的な余裕もないのが現状である。

全ての自動車がネットワークで接続され、自動運転や多数の交通データを収集・活用するためのコネクテッド・サービスの実現も近いと考えられる。二輪車においてもコネクテッド・サービスを利用できるようになって利便性が向上すれば、多くの都市において徒歩と四輪車の間を埋める移動手段を担い、都市全体の交通が効率化され、スマートシティの実現に寄与できる。二輪車によるプローブビッグデータは、四輪車で取得している交通ビッグデータを補完して、よりきめ

細かな用途に活用することが可能と考えられる。

ここ数十年世界の先進国において、様々な自動車向けの ITS が実現され自動車死亡事故数は右肩下がりになった。対して二輪車の事故死者数は横ばいであり、これを削減するために四輪車中心の ITS 社会に二輪車を適応させることが必要となった。そこで 2016 年にホンダ、ヤマハ、BMW が主体となり、CMC（Connected Motorcycle Consortium）が設立された。順次、スズキ、カワサキ、KTM など主要メーカおよび欧州の研究機関やサプライヤが参加し現在に至っている。

二輪車と自動車の事故では、相手の 6～9 割は自動車であり、5～7 割で相手の自動車の過失が大きい。現場の 15～30%は交差点となっている。事故原因としては、原因の 94%が運転者によるもの、うち認知・判断ミスが 74%を占める。残りの 2%が車両に原因があるもの、2%が道路等の環境に原因があるものである[1]。二輪車が巻き込まれる事故を誘発する要因として、二輪車は実際よりも遅く遠く見えたり、死角に入りやすかったりと、相手の運転者の周辺視野に入ると気付にくいと言う問題がある。原因の大部分を占める自動車のドライバーの認知・判断ミスを防ぐためには、二輪車被認知性向上が不可欠となる。

C-ITS（Cooperative Integrated Transportation Systems）は多大にコネクテッドされた車両同士で協調して ITS の恩恵を受けるシステムであり、コネクテッド・カー時代に効果的な交通安全や交通の円滑化を図るためのシステムとして期待されている。CMC の設立趣旨は、C-ITS を二輪にも適用できるようにすることである。先述したように、二輪車事故を減らすポイントは相手となる自動車ドライバーの認知・判断ミスを防ぐことである。そもそも、9 割のドライバーは事故時に二輪車に気付いておらず、残りの 1 割のうちの 7 割は気づいた後に操作をしてない・できていないということが分かっている。衝突までの時間（Time To Collide, TTC）が 2 秒以上の十分余裕のある時点で予防安全を促すことが重要である。そのためには、図 4-1 に表すように、目視による周辺情報だけでなく、C-ITS を用いて情報を入力し、それを用いて制御したり結果を出力するようなメカニズムが必要となる。

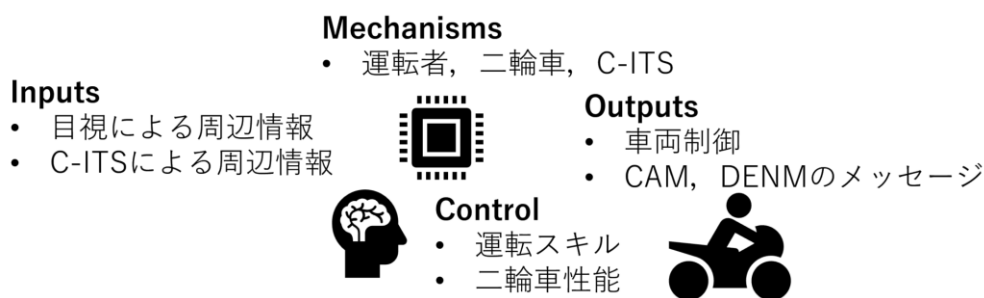


図 4-1 新しい事故回避システム

4.1.2. 二輪車向け事故低減システムの設計の難しさ

二輪車の事故を減らすためには、まず現在の状態をセンシングしてシステムの入力とする必

要がある。入力となる情報は位置情報や車速などが挙げられる。位置情報は通常、衛星測位装置（GNSS 受信機）やカメラなどで得られることが多い。良好な精度で位置情報を得るには GNSS アンテナなどを高い位置に設置することが望ましいが、自動車に比べて二輪車は車体サイズが小さいことから、その場所が大きく制約される。車体構造部材や乗員、パニアケースなどによって受信信号が遮られ、タンデム乗車時には電界強度が 20dB も下がる実験結果も示されている。また、自動車と異なり二輪車は大きく車体がロールして車載アンテナの向きが変わり測位信号の受信に悪影響を与えるといった問題もある。想定ユースケースで求められるアンテナ性能なども定義されておらず、安定した測位精度が得られるかは未知となっている。加速度センサなどの慣性計測装置（IMU）と GNSS による測位情報を合わせて位置推定を行う慣性航法システムでの推測航法も自動車向けに調整されていることもあり、二輪車向けの位置推定手段については十分研究開発が進んでいるとは言えない。こちらでも想定ユースケースで求められる要求性能が定義されていない。

車内のインストゥルメンタル・パネルやカーナビゲーションシステムの画面に情報を表示する自動車に対して、二輪車は時速 100km では 100dB の風切り音で音声がかたたり、直射日光で画面が見えにくかったりと、情報の提示には困難が伴う。自動車であれば、日本自動車工業会などによって、走行時に見下ろす画面への視線は 30 度以内に抑えるなどのガイドラインが定められているが、二輪車用の HMI（Human-Machine Interface）などに関するガイドラインはまだ制定されていない。各メーカーの主にツーリングやレジャー用のフラッグシップモデルのインストゥルメンタル・パネルについて図 4-2 にまとめて示す。価格帯は 150 万円以上となる。大きな液晶画面を備えて車両の情報を多数表示できたり、スマートフォンと Bluetooth で連動し、メッセージ表示や音楽演奏、ナビゲーション情報提示などが可能なインフォテインメントシステムになっている。このようなディスプレイを備えた車種であれば、効果的な二輪車運転者への情報提示方法はさておき、C-ITS に関する情報の提示は行える可能性はある。



図 4-2 主要メーカーの表示画面一覧（日本、欧州向け）

次にアジアモデルの 100～150cc の二輪車の 2019 年モデルのメータを図 4-3 に示す。ホンダのインドネシアの国内モデルである。基本的に物理的な針によるメータと電球型のインジケータで構成された古典的なメータとなっている。図 21 のように液晶を使ったメータのモデルもあるが、7 セグメントのような数字のみを表示するようなディスプレイである。これらのメータを利用した C-ITS に関する情報の提示は難しいと考えられる。



図 3-3 主要メーカーの表示画面一覧（アジア向け）

4.1.3. スマートフォンの可能性

前節で示したようにアジア諸国で主に使われる低排気量車のメータに C-ITS の情報を提示することは難しくても、近年普及が進んでいるスマートフォンを走行時に車載して固定し、その画面を使って C-ITS 情報を提示することは十分考えられる。自動車では、すでにカーナビに代わってスマートフォンを利用するユーザーが増えてきている。実際に、渋滞情報等は、スマートフォンのほうが正確であるケースもあり、地図の更新等も Google Map が無料である限りにおいては、気にする必要はない。

アジア諸国及び世界の先進国でのスマートフォン普及率（2017 年）とインターネット普及率（アジアは 2018 年，それ以外は 2017 年）を表 4-1 と 4-2 に示す。アジア諸国においてもスマートフォンおよびインターネット普及率は上がっており、これを情報提示装置やデータ通信ユニットとして代用することは十分考えられる。

表 4-1 アジア諸国のスマートフォンおよびインターネット普及率

国名	スマホ	Internet
中国	83%	56.7%
台湾	81%	87.9%
タイ	71%	82.4%
マレーシア	88%	78.3%
シンガポール	91%	83.6%
インドネシア	60%	53.7%
ベトナム	72%	66.3%
フィリピン	65%	62.9%
インド	40%	34.1%

表 4-2 先進諸国のスマートフォンおよびインターネット普及率

国名	スマホ	Internet
日本	64%	93.3%
韓国	92%	92.6%
米国	78%	87.9%
カナダ	76%	90.1%
イギリス	77%	94.8%
フランス	71%	86.8%
ドイツ	75%	89.6%
イタリア	76%	86.7%
スペイン	87%	87.1%

4.2. 2 輪での通信方式 位置やその他情報のやりとり

以下の図 4-4 は V2X (Vehicle to Everything) のイメージを示したものです。車車間同士や、車両のアドホックな通信、車両とその他あらゆるものとの通信を表現したものです。残念ながら、この図に二輪車は存在していません。これは、二輪車が ITS の中心部に入ってくるのが容易ではないことを意味しているのか、単純に忘れられていただけかもしれません。隣接車両や歩行者の検知という観点では、レーダやカメラ等は単独で動作可能ですが、見通しの利かない場合は全く対応できません。見通し外の車両や歩行者を検知するには、GNSS による測位とその情報のやりとり (通信) が必須となります。位置と通信、この 2 つが要です。二輪車については、現段階でこのような情報はありますが、自動車の ITS での話題を中心に、通信方式に掘り下げてここでは見ていきます。

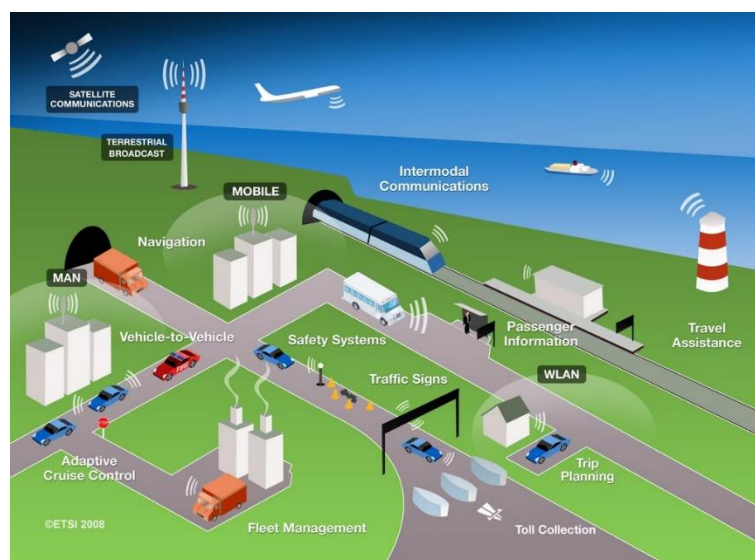


図 4-4 V2X のイメージ

図 4-5 に V2X の分類を示しました[2]。大きくは安全用途と安全用途以外で分けられ、例えば安全用途では、さらに状況認識と警告メッセージ等に分かれていきます。ACC や交差点等での見えない場所の警告は安全用途に分類されています。交差点での信号を人間ではなく、機械が認識することができれば、万が一人間が見落としていた場合に警告 (またはブレーキの介入) を出すことができます。これも安全用途です。信号の認識においては、車両のカメラだけでなく、交差点に進入する直前にビーコンで情報を入手する手段もあります。

図 4-6 には、通信方式 (無線技術) の分類を示しました。大きくはインフラ側 (公共通信) に依存した通信とインフラに依存しない通信 (専用通信) に分類されます。インフラ側に依存した通信は放送型とスマートフォンに分けられます。放送型は広域の情報だけでなく、前述の交差点付近でのビーコン等からの情報も含まれます。2 章でも述べたように、二輪車では、スマートフォンは情報をやりとりする通信手段だけでなく、表示装置としてのポテンシャルもあります。イ

ンフラに依存しない通信はまさに V2X や WiFi、Bluetooth、ZigBee になります。Bluetooth や ZigBee 近距離通信のため、車車間の通信には向かないと考えられ、V2X は数 10m から数 100m の通信距離があるものと想定されています。日本版の ITS では、5.8GHz 帯と 760MHz 帯が車車間・路車間通信で専用割当されており利用されています。周波数の示すとおり、5.8GHz 帯は直進性が高く、760MHz 帯は 5.8GHz 帯よりも回り込んだ通信を得意としています。ETC2.0 や ETC スポットも 5.8GHz 帯を利用しており、これまでの ETC よりもさらに充実した情報を提供しています。例えばよりきめ細かな渋滞情報や渋滞末尾を警告する情報等です。

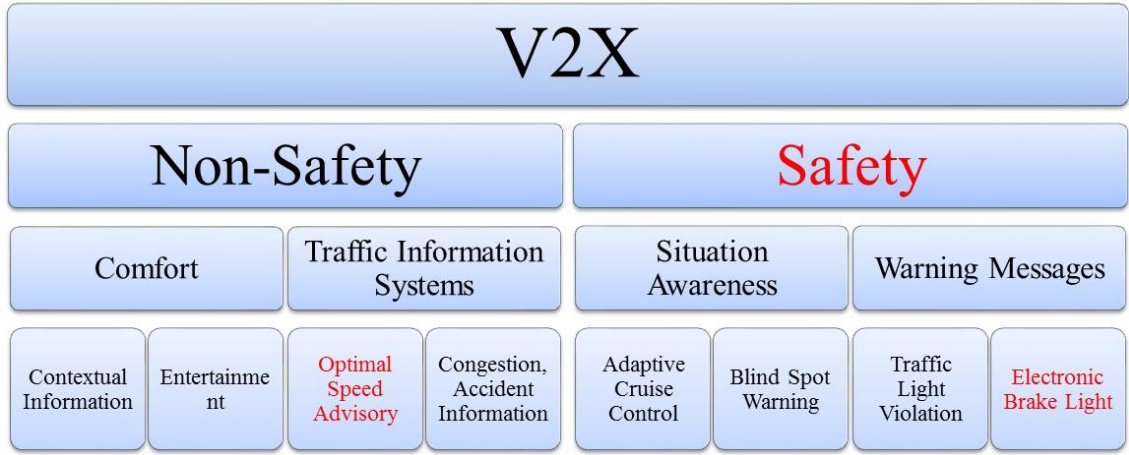
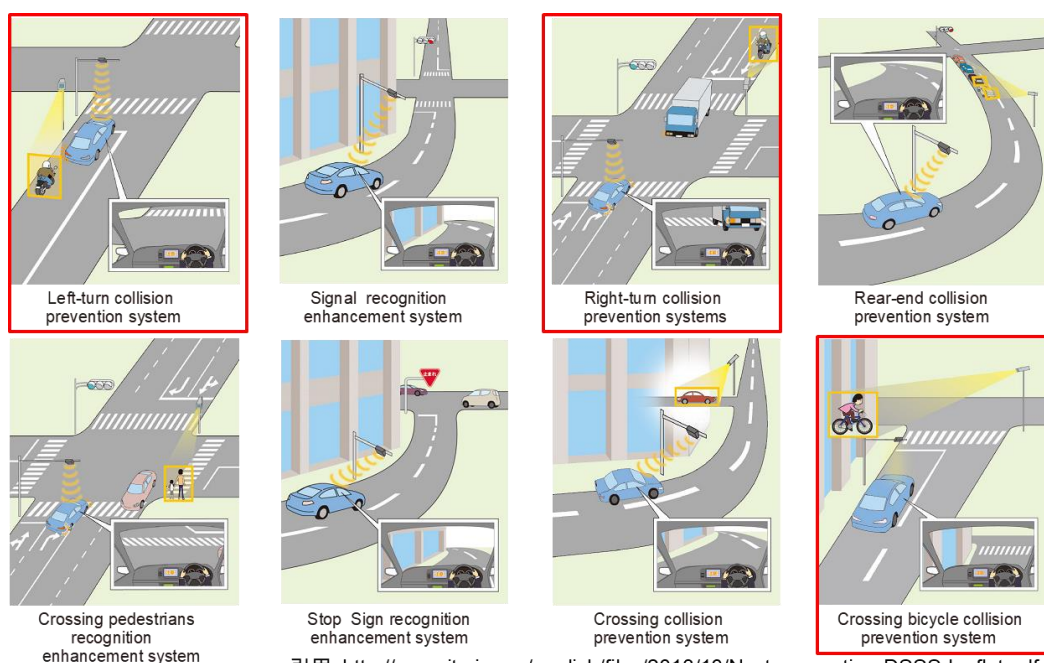


図 4-5 V2X の分類

公共通信網利用型		専用通信網利用型					
FM/ AM/ TV	3G/ 4GLTE/ WiMAX/ 5G	近赤外線 (光) / 電波ビー コン	Bluetooth	ZigBee	WiFi	5.8GHz	760MHz
		例： VICS 狭域 電波： 2.4GHz 2022 年 3 月 31 日 に終了	ISM 帯： 2.4GHz Class1: ~100m	ISM 帯： 2.4GHz 出力 10mW 級 も。 見通し 600m	W56 帯 屋外利 用可 1W まで。 W52 帯 も改正	ITS 専用 割当 ITS スポ ット／ ETC2.0 電波ビー コンの後 継	ITS 専用 割当

図 4-6 ITS における研究開発で利用されている主な無線技術（日本）

二輪車も関連する将来のサービスとして DSSS (交通安全支援システム Driving Safety Support Systems)について紹介します。DSSS は、交通事故を未然に防止することを目的としたドライバー支援システムで、2011 年より光（近赤外）ビーコンによって路車間協調システムが展開されています。図 4-7 にイメージを示しました。二輪車が関係するサービスとして上記赤枠で記されている「左折時巻き込み警告」「右折時直進車両警告」「交差二輪車警告」があげられています。これらのサービス実現のためには、二輪車をいかに正確に検出するかが重要です。現在はカメラやレーダなどの路側インフラ装置が交差点に設置されており、それらで検出を試みています。主要交差点のみではなく、広く浸透するためにはインフラに頼らず、車両自身が互いに高度化がすすめられ、自立的なシステムで完結するシステムが望まれます。二輪車は単価コストが四輪車と比べ低い、設置場所が限られている、電源容量が乏しい、車検制度がないサイズもあるため装置メンテナンスが難しい、趣味嗜好性が強く機械による操作支援がユーザに好まれない、また、そもそも車体が不安定であることから機械による操作介入困難（転倒してしまう）などの二輪車特有の課題が存在します。



引用: <http://www.its-jp.org/english/files/2013/10/Next-generation-DSSS-leaflet.pdf>

図 4-7 交通安全支援システムのイメージ

図 4-8 には、V2X のための 3GPP 及び LTE の利用イメージを示しました[3]。3GPP とは、W-CDMA と GSM 発展形ネットワークを基本とする第 3 世代携帯電話システム及びそれに続く第 3.9 世代移動通信システムに対応する LTE や、第 4 世代移動通信システムに対応する LTE-Advanced、さらに次の世代である第 5 世代移動通信システム（5G）の仕様の検討・作成を行う標準化プロジェクトである。この図に二輪車も入ってくると、自動車、二輪車、歩行者間で、双

方向で位置データをやりとりして衝突を防止します。特に、見通しの悪い交差点等で、GNSS による位置データは重要な情報となります。総務省が ITS 安全運転支援無線システムの通信要件について、まとめた資料があるのでここで概要を紹介します[4]。表 4-4 に通信要件の概要を示しました。車両情報は、ID、位置、速度、進行方向、制御情報等で、まさに GNSS（+IMU や速度センサ情報）の出番となります。通信距離は見通し外適用シーンで最大 270m 程度まで、見通し内適用シーンで最大 300m 程度までとあります。通信品質は、車両が 10m 走行時に蓄積したパケット到達率が 95%以上。遅延時間は極小とし、通信相手数は 500 台程度までとなります。車両の相対速度は 140km/h 以上で送信電力は 10mW（1MHz の帯域幅で）とあります。これらは自動車を想定した要件ですが、おそらく二輪車にも適用できる内容と考えられます。

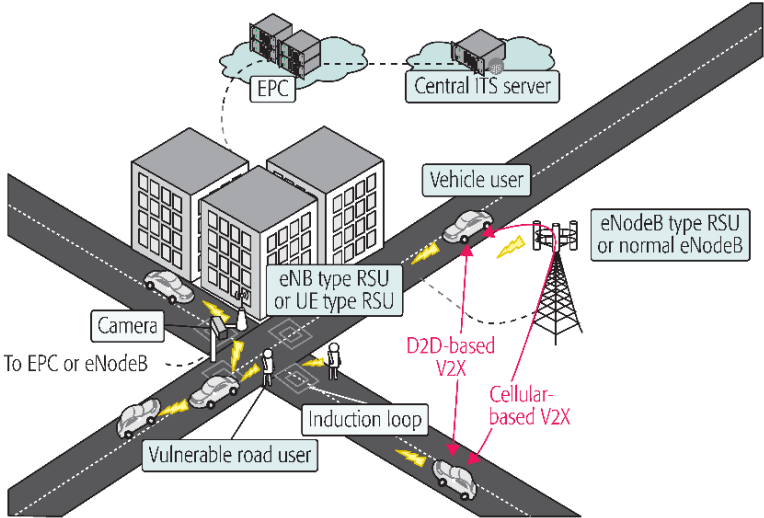


図 4-8 V2X のための 3GPP・LTE

表 4-4 ITS 安全運転支援無線システムに求められる通信要件

	車車間通信 ※1
通信内容	車両情報 (車両 ID,位置,速度,進行方向,制御情報など)
通信距離	見通し外適用シーン (出会い頭衝突防止) 79.7m+10.0m～最大 268.8m+268.8m*程度 ※今後の電波特性実験結果を踏まえて見直しが必要
	見通し内適用シーン (追突防止,右折時衝突防止, 左折時衝突防止, 緊急車両情報提供) 79.7m～最大 300m 程度
通信品質	車両が 10m 走行するに累積したパケット到達率が 95%以上 ※位置測位精度向上の状況によって、車両が 5m 走行する間の累積パケット到達率 95%以上を目標とする
通信頻度	—
遅延時間	極小
通信相手数	500 台程度 ※最大数として想定される値であり、必要に応じて見直しが必要
車両の相対速度	140km/h 以上 ※70km/h 走行車両のすれ違い相対速度
送信電力	1MHz の帯域幅における平均空中線電力が 10mW 以下

4.3. 準天頂衛星の補強データの利用可能性

4.3.1. 準天頂衛星の高精度補正サービスの概要

準天頂衛星のセンチメートル級測位補強サービスが 2018 年 11 月 1 日より正式に開始されました。また技術実証という形態ではアジア太平洋地域において高精度単独測位の補正データも放送されています。本研究課題の観点より、この 2 つの補強サービスの実際の性能についてまとめました。衛星測位には様々な測位方式があり、それらを表 4-5 にまとめました。なぜこの 2 つを選択したかですが、精度が通常の GPS とはだいぶ異なり、数 cm 以内の高精度を達成できるためです。実験自体は私の所属する大学周辺（東京都江東区周辺）のデータになりまして、期間も数日のデータとなりますので、この報告が性能の全てではないことに注意してください。これら補強サービスですが、実際には 2017 年度より試験的に放送はされていたので（高精度単独測位サービスについては数年前より）、本章での結果も正式開始前のデータとなります。

表 4-5 衛星測位における代表的な測位方式

測位方式	方式の概要
単独測位	擬似距離を利用し、数 m の精度を提供
DGNSS	補正データ＋擬似距離で、約 1m の精度を提供
RTK	補正データ＋擬似距離＋搬送波位相で、約 1cm の精度を提供
高精度単独測位	精密暦・クロック＋擬似距離＋搬送波位相で、数 cm の精度を提供

衛星測位では、補完と補強という語句が使われることが多く、補完は GPS に対して準天頂衛星を追加することで、衛星数が増えることによる効果をあらわしています。一方、補強は、衛星数が増える効果ではなく、補正データを受信することで、その測位精度が向上する効果をあらわしています。ここでは、センチメートル級測位補強サービスを CLAS (Centimeter Level Augmentation Service)、高精度単独測位用補強サービスを PPP(Precise Point Positioning)と呼びます。どちらの補強データも準天頂衛星の L6 信号より放送されており、他の GNSS とは明確に異なるサービスです。CLAS は L6D チャンネル、PPP は L6E チャンネルと割り当てられています。この L6 帯の中心周波数は 1278.75MHz で、通常の L1、L2 帯の信号と異なる周波数のため、専用のデコード部が必要となります。本章で紹介する実験結果は、この L6 帯の信号をデコードし、L1、L2 帯等の信号で高精度測位演算処理を行う機能のある市販受信機によるものです。CLAS のサービス範囲を以下の図 4-9 に示しました。CLAS はいわゆる RTK 方式のため、日本全国にちりばめられている電子基準点のデータを選択して利用し補正データを生成しています。ですので、サービス範囲は日本列島全体となります。一方、PPP のサービス範囲はここでは示しませんが、PPP 用の補強データを放送している準天頂衛星の信号が受信できかつデコードできる限りにおいては、サービス範囲となります。日本、東アジア、オセアニア全体とカバーしているといえます。MADOCA

PPP の概要を図 4-10 に示しました。CLAS のおよその精度は静止状態の水平方向で約 6cm、移動体の水平方向で約 12cm となっています。PPP のおよその精度は解が収束後、水平方向で約 10cm となっています。PPP のところで、解の収束と書いた理由は、高精度単独測位は RTK 方式とは異なり、衛星の精密暦と精密クロックを受信することで、精度を向上させる方式のため、他の大気圏誤差量等を十分収束させるために 15 分から 30 分程度の時間を要することは避けられません。もちろん収束せずとも数 10cm から 1m 程度の精度を得ることは可能です。一方、CLAS の場合は、RTK 方式のため 1 分程度で上記の精度を満足するように設計されています。

それでは早速 CLAS と MADOCA PPP の実験結果をみていきましょう。実験に使用した受信機は CLAS に対応した三菱電機製の AQLOC 受信機と MADOCA PPP に対応したマゼランシステムズジャパンの MJ-3008-GM4-QZS です。また L6 信号を受信できる JAVAD 製の GrAnt-G5T アンテナです。図 4-11 に実物の写真をそれぞれのせました。実験結果の評価方法について簡単に述べます。基本的に RTK (CLAS) の場合は、FIX 解 (FIX 解とは、搬送波位相のアンビギュイティを整数として解いた段階での解のことです) のみを評価しており、利用衛星数で 5 機以上、補正データの遅延時間が 10 秒以内のものを対象としています。また PPP (MADOCA PPP) の場合は、収束後の PPP 解のみを評価しています。こちらも利用衛星数は 5 機以上としています。

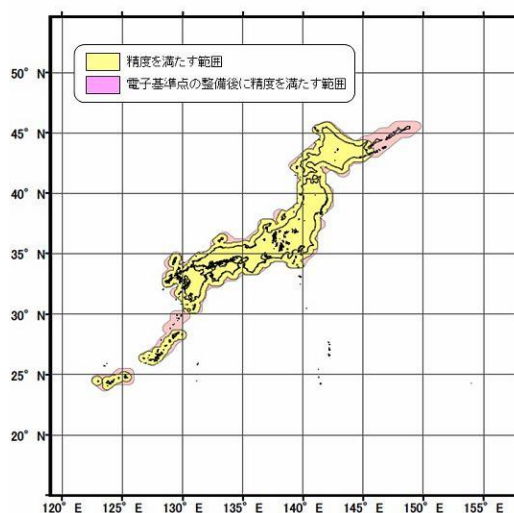


図 4-9 CLAS のサービス範囲 (内閣府 WEB みちびきサイト)

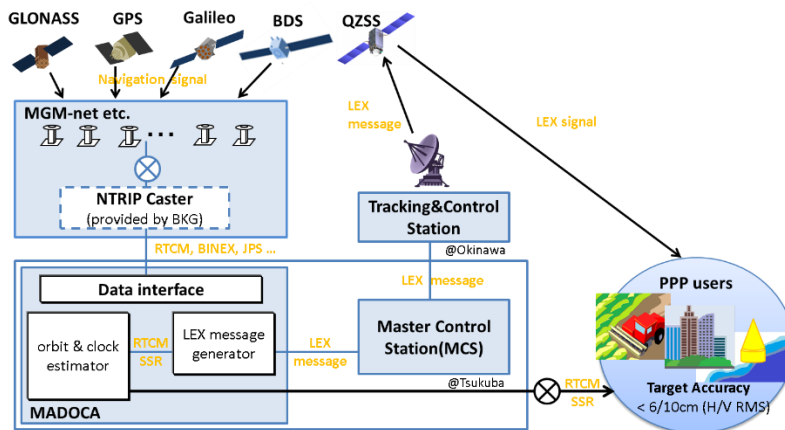


図 4-10 MADOCA PPP の概要



図 4-11 AQLOC 受信機、MJ-3008-GM4-QZS 受信機、アンテナ

4.3.2. CLAS の実験結果

開けた場所での移動体の結果（江東区有明）

本研究課題である移動体への適用を想定すると、静止データの評価はあまり意味がないため、移動体の結果を1つ紹介します。オープンスカイ環境での移動体実験の結果で、江東区有明の埠頭付近で行ったものです。有明の埠頭付近は低層ビルやトラックは多いですが、中高層ビルが少なく比較的開けた環境となっています。精度を評価するためにレファレンスとなる位置が必要です。ここでは、同時に測量級受信機（トリンブル SPS855）の RTK 解（補正データは海洋大の基準局より放送）を取得し、その RTK 解を基準として時系列の誤差を算出しました。CLAS も RTK 解なので、RTK 解同士で比較するのは変な感じですが、基線の短い（短基線 RTK と呼びます）測量受信機での RTK 解は確実に 1cm 程度の精度がでることが経験的に知られていますので、その値を真値として評価することが大切です。なぜなら、1cm レベルの精度で絶対位置を出力できる装置が他にほぼないためです。以下に実験結果をまとめました。図 4-12 は実験時の車両に設置した受信機等の概要と走行した実験コースとなります。

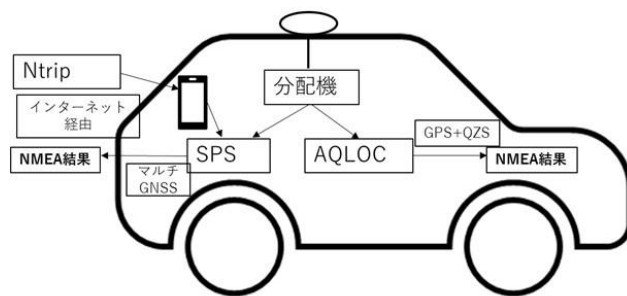


図 4-12 実験時の車両の中の設置概要と実験コース（有明）

図 4-13 と図 4-14 にそれぞれ時系列の水平方向の誤差と高度方向の誤差を示しました。さらに図 4-15 には、水平方向と高度方向の絶対誤差の累積パーセント値を示しました。最後に表 4-6 に標準偏差値とパーセント値をまとめています。図 4-13 にみられるおよそ 10cm 程度の誤差は CLAS 側の誤差と考えられます。上記でも述べたように短基線 RTK の絶対誤差は 1cm レベルです。高度方向誤差も水平方向誤差と同様でした。本実験での AQLOC 受信機の FIX 率は 99.7% であった。また測量級受信機の RTK の FIX 率は 100% であった。AQLOC 受信機では、途中利用衛星数が 5 機未満となった時間帯がわずかにあったが、それ以外は全て FIX していた。比較的開けたオープンスカイ環境において水平方向の 95% 値が約 13cm、高度方向では約 15cm となった。標準偏差は水平方向が約 4cm、高度方向が約 6cm だった。比較的開けたオープンスカイ環境では、移動体において 10cm 程度の精度がでていることがわかりました。受信機やアンテナの大きさや実際に二輪車へ設置することを想定すると、まだ現実的な評価にはなっていませんが、準天頂衛星より放送されている CLAS の精度は、10cm 程度の精度を出す能力があることがわかりました。注意点として、本実験は東京のある日に実施した結果ですので、長期間かつ日本の様々な場所での評価結果を見てトータルの CLAS の性能を判断することになります。

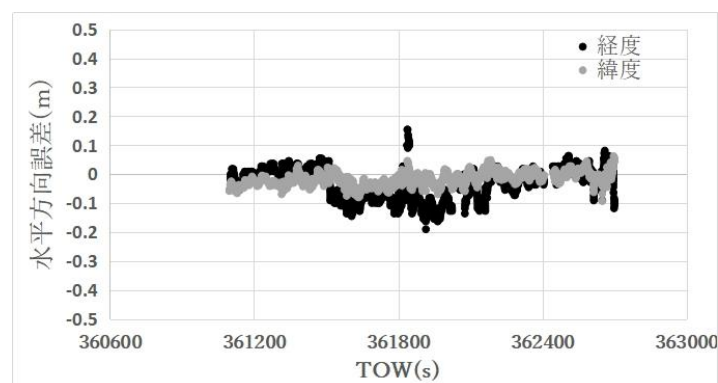


図 4-13 水平方向誤差

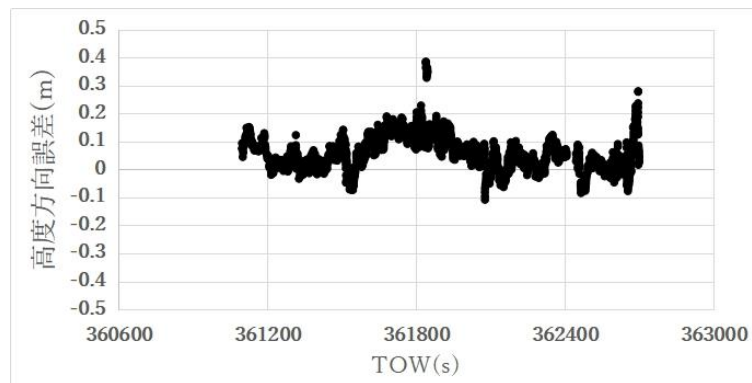


図 4-14 高度方向誤差

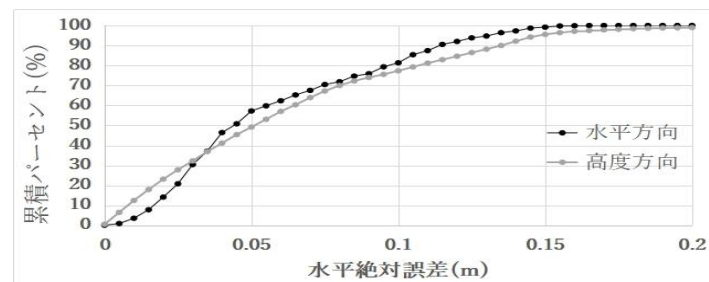


図 4-15 水平方向と高度方向の累積

表 4-6 実験結果まとめ

絶対誤差	水平方向誤差 (m)	高度誤差 (m)
標準偏差	0.038	0.059
90%値	0.114	0.135
95%値	0.131	0.148

4.3.3. MADOCA PPP の実験結果

開けた場所での移動体の結果（中央区晴海）

CLAS と同様に、準天頂衛星より放送されている MADOCA PPP 補正データによる移動体での実験結果を示す。中央区晴海付近のやや開けた場所において移動体での実験を実施した。現在は東京オリンピック用の建物がすでに建てられているが、このときはまだ開発初期の段階であった。図 4-16 に実験コースを示した。PPP の補正データ受信に利用した PRN193 番の準天頂衛星はこのとき天頂付近に滞在し、約 30 分間の実験を実施した。最初の 15 分間は開けた場所で停止し、PPP の解がある程度収束するのを待った。なお、移動体の評価には必ずレファレンスとなる精密位置が必要となるため、海洋大を基準点とする、トリンブル受信機の RTK 解を基準とした。基線長が数 km 以内で開けた環境では、RTK 解の精度は 1cm 程度と考えて問題はない。

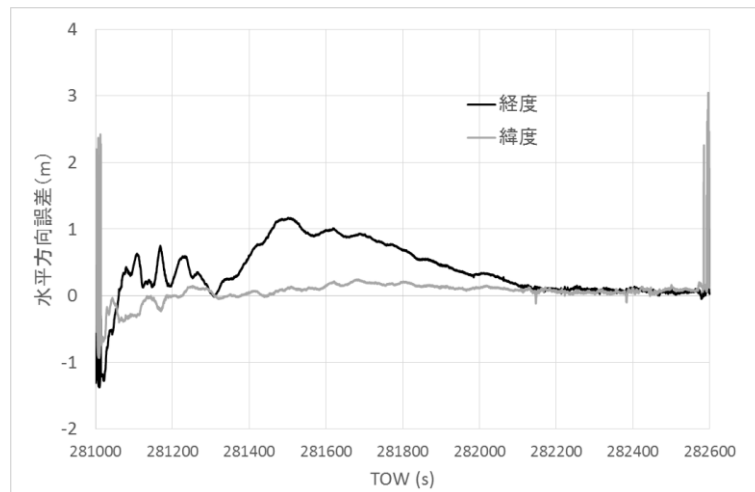


図 4-18 PPP の水平方向時系列誤差

4.4. 低コスト小型受信機の動向

4.4.1. 低コスト小型受信機の動向と測量級の高価な受信機との違い

低コストの小型 GNSS 受信機の発展はめざましく、現在ではスマートフォンにはいつている GNSS のチップでさえも、ほとんどの測位システムに対応しています。また、複数周波数に対応したスマートフォンも一部販売が開始されています。GNSS のチップ自体の性能は確かに高いものがあり、スマートフォンではアンテナの制約が大きいいため、外部のアンテナを接続するだけで、より良い精度を出力できるものが存在します。図 4-19 にスマートフォンのオープンスカイでのおおよその測位性能を、3 種類の GNSS アンテナで比較したものを示した。

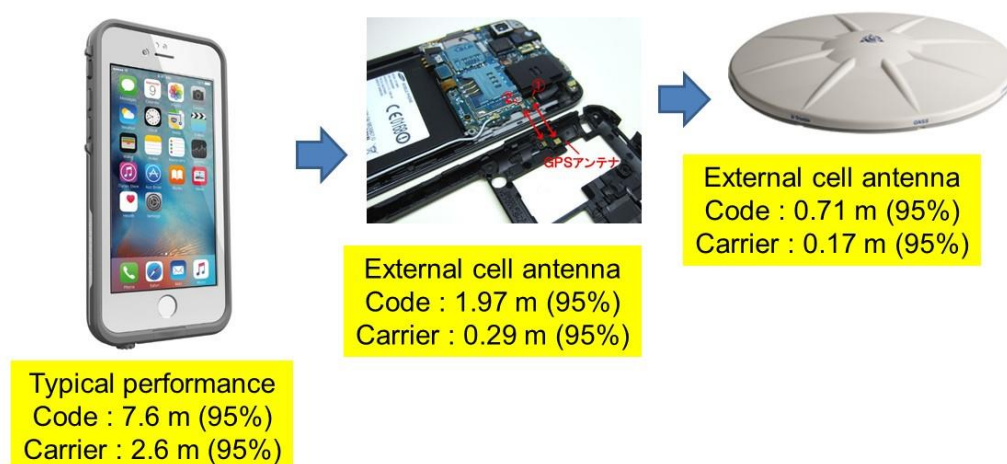


図 4-19 各種 GNSS アンテナによるスマートフォン内臓の GNSS チップの性能

上記をみるとわかるように、典型的なスマートフォン内臓のチップとアンテナでは、Code と書いた擬似距離による測位精度は 95%値で 7ー8m 程度です。一方、内臓の GNSS チップに対して、外部の小型アンテナに変更するだけで、その 95%値が 2m 程度まで改善されます。さらにいわゆる測量級のアンテナを利用すると、95%値がさらに 1m 以内まで改善されます。Carrier と書いている部分は、搬送波位相を測位に利用した場合の精度ですが、通常、擬似距離を用いた精度をみるだけで、内臓の GNSS チップがすでに高いレベルにあることがわかんと思います。GNSS の受信機はこれらスマートフォン内臓のチップに対して、自動車のカーナビ向けのチップや測量級受信機に分類されます。その分類図を図 4-20 に示した。

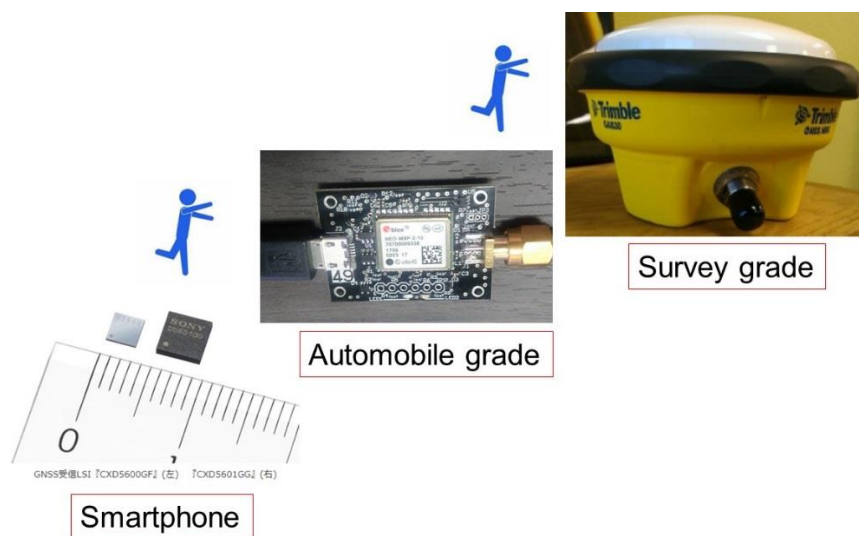


図 4-20 代表的な 3 種類の GNSS 受信機

これら 3 種類のうち、スマートフォンと自動車用の GNSS チップは低コストに分類され、測量用の受信機が現在も高価です。

それでは、受信機によって何が違うのか疑問を持たれる人も多いかと思います。それぞれの受信機で性能の差がどの程度あるか述べます。結論からいうと、半導体の進化もあり小型かつ低コストでも高機能のものが多くなっています。以下の表 4-7 に低コストと高コストで代表的な受信機を想定した違いを示した。低コスト受信機は数 mm 四方でチップ化された受信機、測量級受信機は手の大きさ程度で中にメモリやバッテリー等も内蔵されているものを想定します。よりコンシューマ向けに数を販売する低コスト受信機と、顧客のターゲットを絞って販売する測量級受信機では異なる性格があります。

それでは、表をみていきましょう。コストは 1 個購入した場合を想定しており、大量購入すれば価格は変わります。複数の測位衛星、複数の周波数に測量級受信機はほぼ完全に対応しています。チャンネル数とは、ある測位衛星のある周波数で 1 チャンネルと考えてください。現在測位衛星だけでも 100 以上、周波数は最近の衛星では 3~4 以上ありますので、全部に

対応するには 400 以上が必要です。次に内蔵の測位演算ソフトに着目します。DGNSS（擬似距離のみ利用）はほぼ全ての受信機が対応しており、両者では精度にやや差があります。これは測量級受信機の擬似距離の精度が高いことに起因します。RTK は環境や基線長によって大きく変化します。RTK の FIX 解の精度は両者で変わらないのですが、そのサービスレベルが異なります。環境でみると、測量級受信機は、高層ビル以外はほぼどこでも利用できるのに対して、低コスト受信機はオープンスカイに限定されます。また基線長は短基線が 10km 程度までを想定しており、低コスト受信機はおおむねこの範囲です。測量級受信機は 100km 程度でもすぐに FIX 解を出すものもあります。PPP への対応は、衛星の精密暦と時計を受信したときに、数 cm の精度を出すことができるかですが（収束時間は受信機によって異なるがおおむね 15 分から 30 分程度）、測量級受信機はほぼ対応しているのに対して、低コスト受信機はマルチ周波数が対応していないこともあり、まだ不可能と考えられます。最後のマルチパス誤差に対する耐性は、マルチパス誤差を低減する機能の搭載です。低価格コスト受信機は、ハード側の限界もあり、測量級受信機に大きなアドバンテージがあると考えられます。

2018 年の秋に、低コスト受信機メーカーより 2 周波かつマルチ GNSS に対応した受信機が販売開始されたため、ますます測量級受信機との性能差がなくなってくることが予想されます。逆に言うと、これまでコンシューマレベルでは利用されてこなかった高精度アプリケーションが実用化する可能性ができました。例えば、自動車に付属する装置では、いくら精度がよくてもコストが高いと導入にはいたりませんが、コストが下がると使われる可能性がでてきます。

表 4-7 測量級受信機と低コスト受信機の比較

	測量級受信機	低価格受信機
コスト	100万円クラス	1万円クラス
マルチGNSS対応	ほぼ全て対応	一部未対応
マルチ周波数対応	ほぼ全て対応	L1帯周辺のみ
チャンネル数	400－500以上	100程度まで
DGNSSの精度	数10cmレベル	1mレベル
RTK(短基線＋オープンスカイ)	可能	ほとんど可能
RTK(中長基線＋オープンスカイ)	100km程度まで可能	ほぼ不可能
RTK(短基線＋低中層ビル街)	ほとんど可能	ある程度可能
RTK(短基線＋高層ビル街)	ある程度可能	ほぼ不可能
RTK解の精度(オープンスカイ)	mmレベル	mmレベル
PPPへの対応	ほぼ対応	未対応
マルチパス誤差に対する耐性	強い	弱い

4.4.2. 代表的な低コスト小型受信機の性能評価

上の節でも述べたように、今年に入り、Swift Navigation（米国）や Allynstar（中国）そして u-blox（スイス）より低コストの多周波受信機が世の中にでできました。低コストとは、1つのエバリュエーションキット（EVK と呼びます）を購入するにあたり数万円を意味します。多周波とは、これまでの各国の測位衛星それぞれ1つの周波数から、2つ以上の周波数を意味します。ここでは、u-blox 社の ZED-F9P 受信機（今後 F9P と呼びます）の実験結果について簡単に報告します。特に F9P に内蔵されている RTK エンジン（補正データを入力すれば、RTK 解まで出力できる受信機です）での性能を評価しました。図 4-21 に F9P の EVK と付属アンテナをのせました。左が受信機で USB を PC につなげて、アンテナをつなげれば終わりです。ソフトは付属の u-center で、u-blox 社のサイトよりフリーでダウンロードできます。アンテナの大きさは約 6cm 四方でした

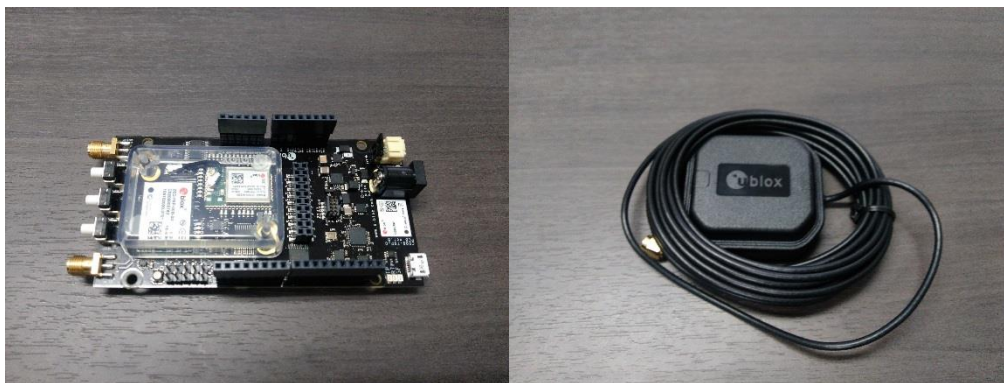


図 4-21 u-blox F9P の EVK と付属アンテナ

屋上でのオープンスカイでの静止データについては、RTK 測位はすでに問題がないため（100%FIX。FIX というのは、搬送波位相のアンビギュイティが決定され cm 級の精度が得られている状態のことです）、ここでは移動体のデータを紹介します。移動体の評価は u-center（u-blox 社の提供する GUI ソフト）の V18.10 で実施しました。基準点側は海洋大の越中島キャンパス第 4 実験棟の屋上に設置済みのトリンブル製 NetR9 受信機からの RTCM3 補正データ（マルチ GNSS 対応の一般的な補正データのフォーマットです）を放送し（インターネット経由です）、移動側はノート PC にスマートフォンのテザリングで補正データを受信し、F9P を接続して RTK 測位を試験しました。実験概要を以下に示した。

実験概要

- ・日時：2018 年 11 月 7 日（水曜）の夕方 17 時頃から約 1 時間程度
- ・実験のコース（図 4-22 参照）：海洋大から月島、晴海を経て丸の内まで（やや開けた場所＋中層ビル街＋高層ビル街）
- ・取得レート：5Hz（前日に 10Hz で観測データ＋NMEA を取得するとデータ落ち発生）
- ・レファレンス位置：Applanix 社製の POSLVX（RTK 測位だけでなく IMU と SPEED セン

サを併用して後処理で精密な位置を算出) で同時に精密位置を算出

- ・アンテナ：今回はパッチアンテナではなく POSLVX と共用するため JAVAD 製アンテナ
- ・使用衛星：GPS/QZSS/GALILEO/GLONASS/BeiDou の 2 周波
(ただし GPS の L2 帯信号は L2P ではなく L2C、GALILEO は E1 と E5b)

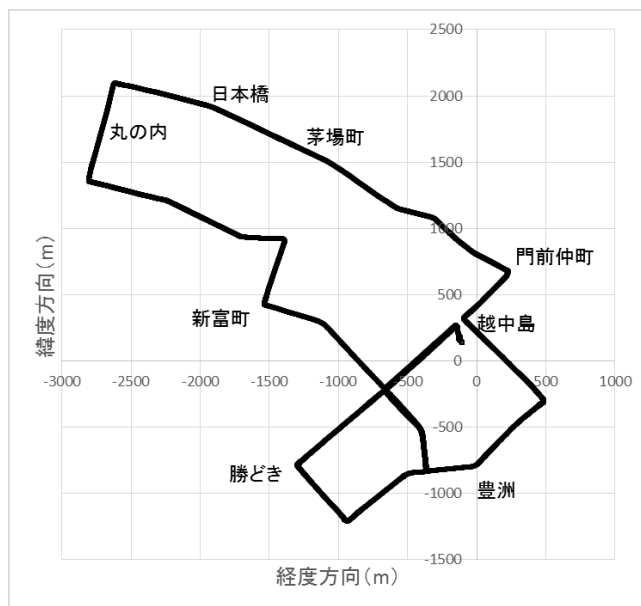


図 4-22 実験のコース (同時に取得した POSLVX の位置をプロット。原点は海洋大の基準点アンテナ位置とした。駅名を示した)

実際の RTK の水平測位結果を図 4-23 に示しました。プロットされた場所は、リアルタイムに F9P で cm 級の位置を出力した場所を意味します。この図の原点も基準局の位置 (海洋大) としています。全体の FIX 率 (全体エポック数に対して cm 級の位置と判断したエポック数の割合のことです) は 66.7% で海洋大周辺の月島、勝どき、晴海付近に限定すると FIX 率は 93.2% でした。この結果は、これまで測量受信機で実施してきた RTK の結果と大きな差はないものでした。丸の内や日本橋、国際フォーラム付近の高層ビル街を除いてほぼ FIX しているような状況でした。ところどころ FIX していない短時間の箇所は高架下となります。下図の左のほうの丸の内の皇居側の道路は、それほど高層ビルに囲まれていたわけではないのですが、FIX できていませんでした。なお補正データのスマホでの通信は、一部 10 秒を超える遅延 (基準局の補正データは毎秒放送されていますが、移動側のスマホの通信状態が悪くなると昔の補正データを利用することになります) が頻発していた箇所があり、東京国際フォーラム付近とその高架下でした。もう少し FIX 解の詳細を見ていくために、図 4-24 に水平方向の POSLVX との誤差を示しました。

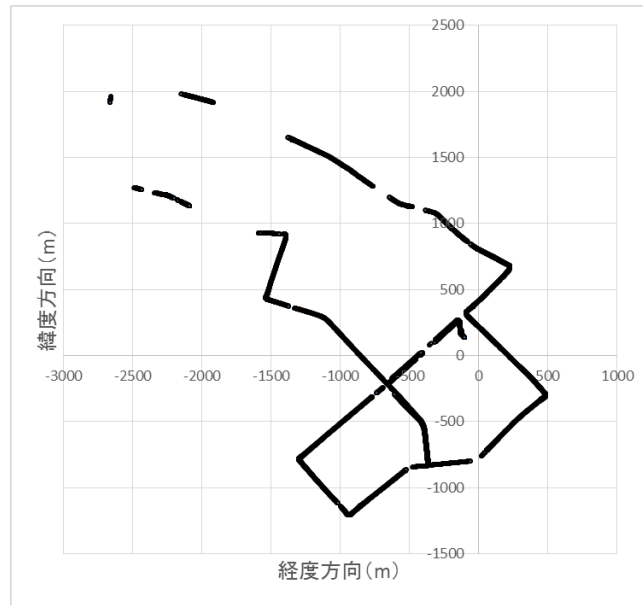


図 4-23 RTK 測位結果の水平プロット (66.7%の FIX 率)

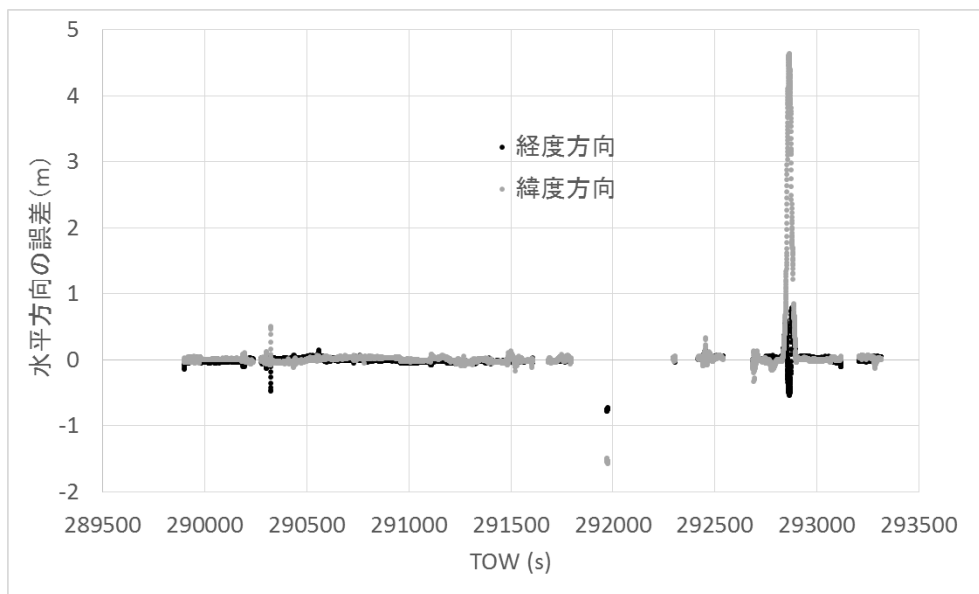


図 4-24 RTK 測位の水平方向の時系列誤差 (m)
(POSLVX の位置との差を時系列で示したものです)

図 4-24 の横軸の TOW は Time of Week のことで、GPS が UTC の日曜日の 0 時に 0 秒でスタートし、土曜日の 23 時 59 分 59 秒までカウントされる秒のことです (正確には GPS 時刻は UTC 時刻より 18 秒進んでいます)。実験した日は水曜日ですので、例えば水曜日の日本時間午前 9 時 (UTC では 0 時) が 259200 秒となります。図 4-24 に示した水平方向の誤差の中で、後半に 1m 以上飛んでいる箇所がありますが、これは POSLVX 側の誤差であることを確認しました。丸の内や八重洲の高層ビル街で実験を行うと、海洋大で所有する後処理

の RTK/IMU/SPEED の機能を備えた POSLVX でも限界があります。ですので、この後半の飛びの部分は u-blox の RTK に問題はなかったと考えられます。その他で 2 箇所やや飛んでいる箇所が見られます。前半の 290300 秒付近は、月島駅の交差点の高架下を通過してすぐに信号があり、高層ビルに挟まれた箇所で停止する直前の結果です。ここは、Google Map 等で検証すると、u-blox の RTK 測位結果が 1–2 秒間かけて数 10cm 程度ずれておりミス FIX と考えられます。測量受信機でもミス FIX はないですが、たまに FIX しないときがある場所です。また 292000 秒直前でも 1m 程度の飛びが見られました。ここは上記でも述べたように解の安定しなかった、皇居側の道路になります。こちらでも u-blox のミス FIX と考えられます。その他の部分はおおむね数 cm 程度の差でした。

マルチ GNSS と多周波の観測データを出力可能な受信機では、RTK の性能が向上することは十分予想され、その性能をいかに発揮しているようにこの実験結果からは見られました。本実験結果は、自動車のループにアンテナを設置しているため、2 輪車とはやや環境が異なりますが、2 輪車でもあまり変わらない性能が出ることが予想されます。

4.4.3. マゼランシステムズジャパン社の低コスト小型受信機の可能性

本課題の中で、マゼランシステムズジャパン社は低コストの小型 GNSS 受信機を開発しており、上の節の結果でもあったように、その性能向上が同じく期待されます。表 4-8 に上の節で紹介した u-blox 社の GNSS チップとマゼランシステムズジャパン社の開発した GNSS チップの比較を示した。比較は、利用できる測位衛星システムと周波数の観点より実施した。基本的に、利用できる測位衛星と周波数帯がわかれば、それらの性能を予測することは容易で、特に擬似距離の性能に大きな差がなければ、同じ測位衛星と周波数帯を利用できれば、RTK 測位等の性能差は同様になることが予想されます。実際に、低コスト受信機の擬似距離の精度は大きく異なるものではないことがこれまでの結果より得られています。表を見るとわかるように、対応可能な〇の数では同じ 10 個となりました。QZSS の L6 信号については、補正データの取得のために利用されるものなので、同等の扱いにはなりません。対応測位衛星と周波数帯で大きな差がないことがわかります。中国の BDS については、アジアひいては日本でも利用できる衛星が多いため、その分の差はやや出そうな気がしますが、それ以外はほぼ同じと考えられ、マゼランシステムズジャパン社の小型受信機による高精度測位の性能向上の可能性は高いと考えられます。

表 4-8 2つの低コスト小型受信機の比較（利用できる測位衛星と周波数帯）

測位衛星と周波数帯	マゼランシステムズジャパン製	u-blox 製 (F9P)
GPS L1-C/A	○	○
GPS L2C	○	○
GPS L2P	○	
GLONASS G1	○	○
GLONASS G2	○	○
QZSS L1-C/A	○	○
QZSS L2C	○	○
QZSS L6	○	
GALILEO E1	○	○
GALILEO E5a	○	
GALILEO E5b		○
BDS B1		○（GEO 除く）
BDS B2		○（GEO 除く）

4.5. 2 輪での実際の測位性能

4.5.1. 東京都内の東京海洋大学越中島校舎付近での原付での走行結果

4.5.1.1. 都市部での 2 輪と歩行者の違い

ここでは、GNSS の測位精度が 2 輪と歩行者でどのように違うかをチェックした。本実験での 2 輪は自転車とします。歩行者の場合、歩道を歩くため、より建物に近い環境となり、衛星測位にとっては、マルチパス等の影響を受けやすくなります。また移動速度が遅いため、測位演算部でのフィルタの効果も発揮しにくくなります。一方、自転車の場合、車道の端を移動し、かつ移動速度も歩行者よりは速いため、マルチパス等の影響がやや緩和されることが知られています。本実験で利用した受信機やアンテナを図 4-25 に示した。データは 2014 年度に取得したものです。歩行者の実験結果を図 4-26 に、自転車の実験結果を図 4-27 にそれぞれ示した。走行場所は通常の都内都市部でところどころ高層ビル街や陸橋の下などが存在します。緑のラインが GPS での単独測位結果で、黄色のラインが GPS+GLONASS での単独測位結果です。また赤のラインは実際に走行した経路を示した。この 2 つの図だけではわかりにくいため、左上のビル街の直線を移動しているときの場所を拡大したものを、それぞれ図 4-28 と図 4-29 に示した。図 4-28 と図 4-29 を比較すると明らかなように、歩行者の位置精度が劣化していることがわかります。一方自転車のほうの結果は、走行している左車線の左側よりずれている箇所が見られますが、歩行者のような変動する大きな誤差は見られず、測位演算内でのフィルタの効果がでていることが

わかる。このように、全く同じ受信機でも、移動する速度や微妙な場所の違いによって、測位精度が異なることがわかる。2 輪車の場合、本結果の自転車のほうになるため、歩行者に比べると、精度はましになることが、本実験結果からも予想される。

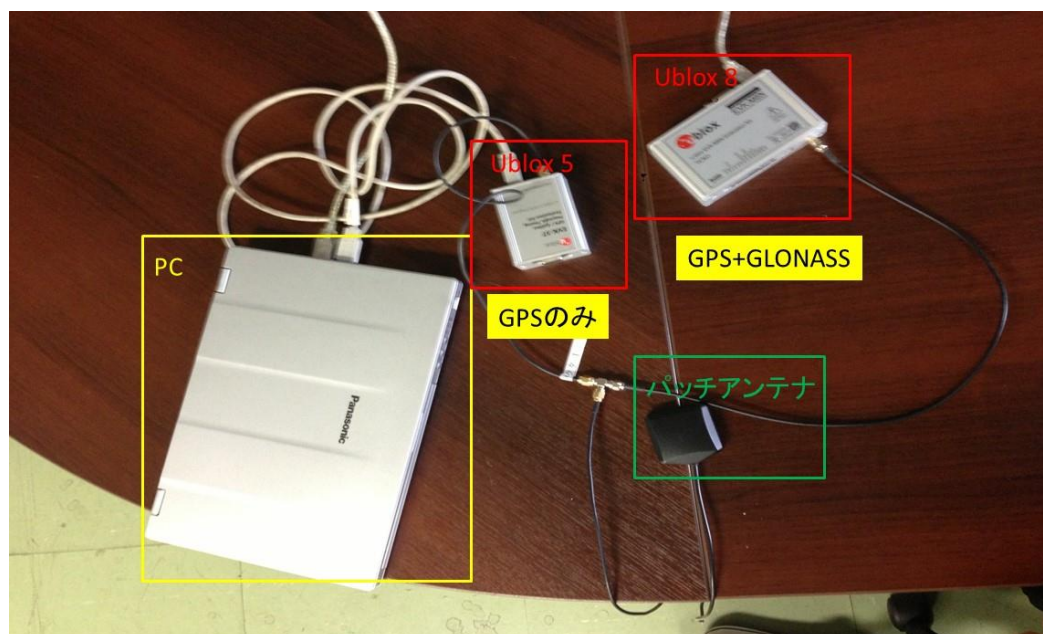


図 4-25 本実験で利用した受信機やアンテナ



図 4-26 歩行者の実験結果全体（東京都江東区、中央区）



図 4-27 自転車の実験結果全体（東京都江東区、中央区）

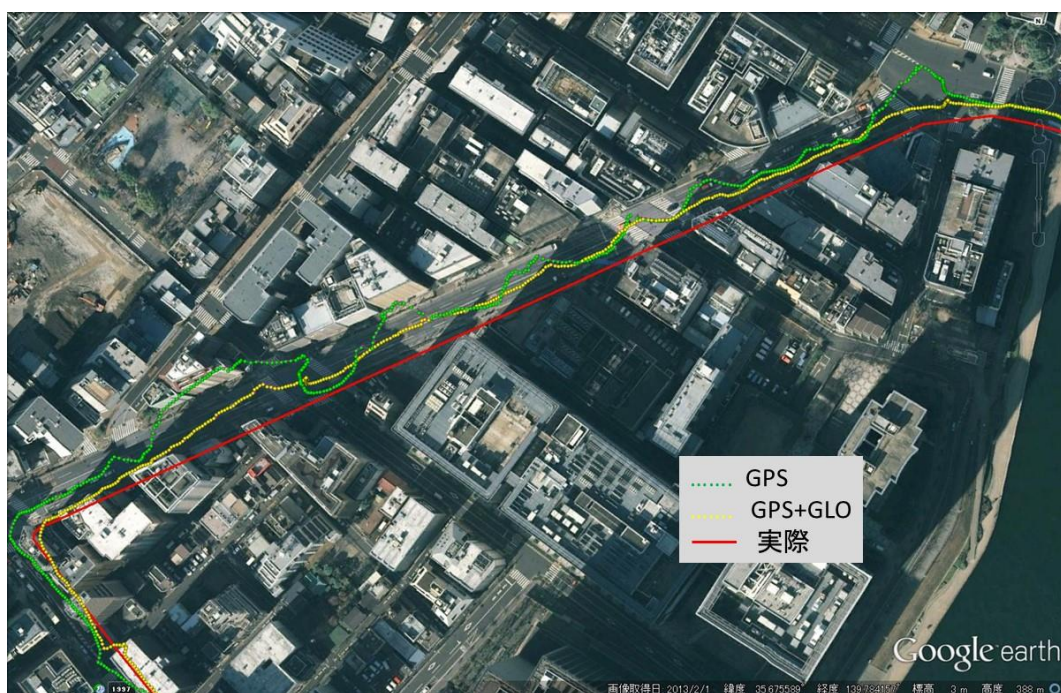


図 4-28 歩行者の実験結果一部（東京都中央区）

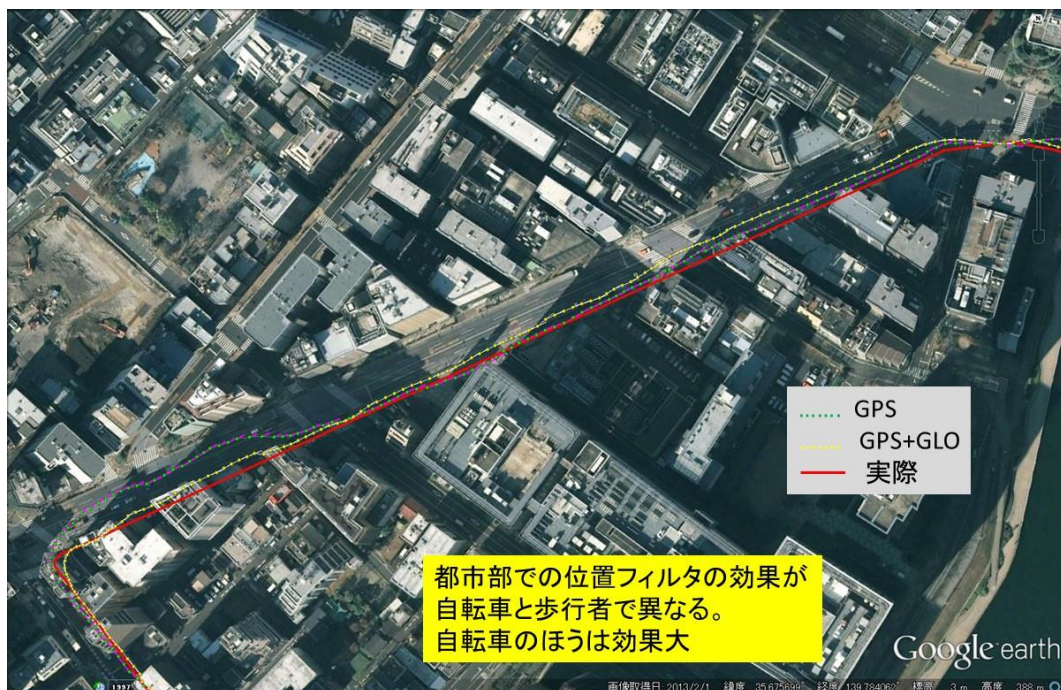


図 4-29 自転車の実験結果一部（東京都中央区）

4.5.1.2. 都市部での原付走行結果

図 4-30 と図 4-31 に走行した経路を示した。図 4-30 は一般的な都市部で高架下と高層ビルがたまにある環境である。図 4-31 の経路は、都市部でもやや厳しい環境で、高速道路の高架下の続く場所も存在している。原付とあわせて原付のすぐ前を車両で先導する形態で走行し、双方で GNSS 受信機のデータを取得した。受信機は u-blox 社の M8T である。車両と原付への設置状況を図 4-32 に示した。

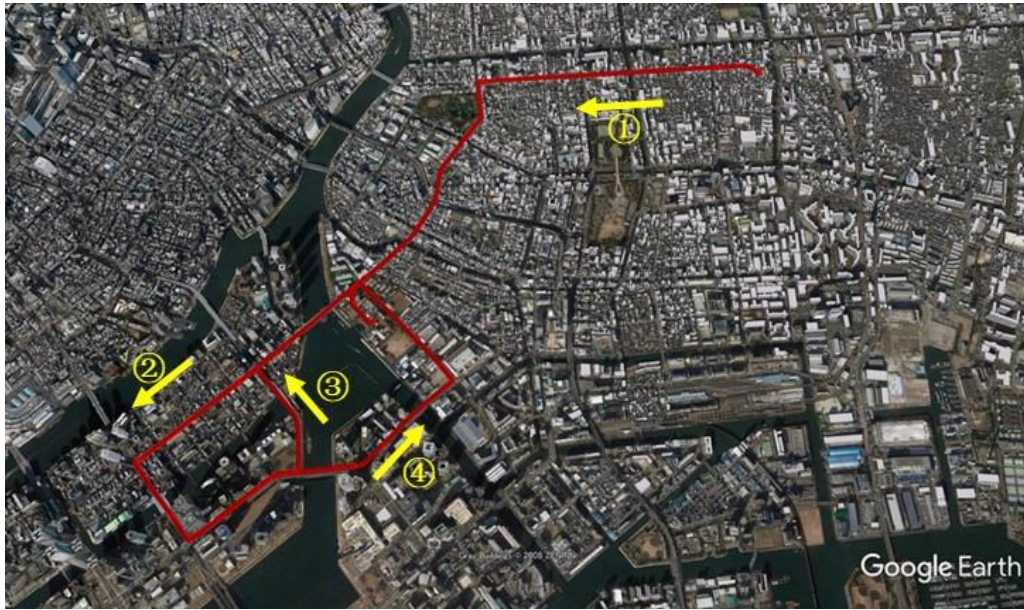


図 4-30 原付で走行した経路（東京都江東区、中央区）

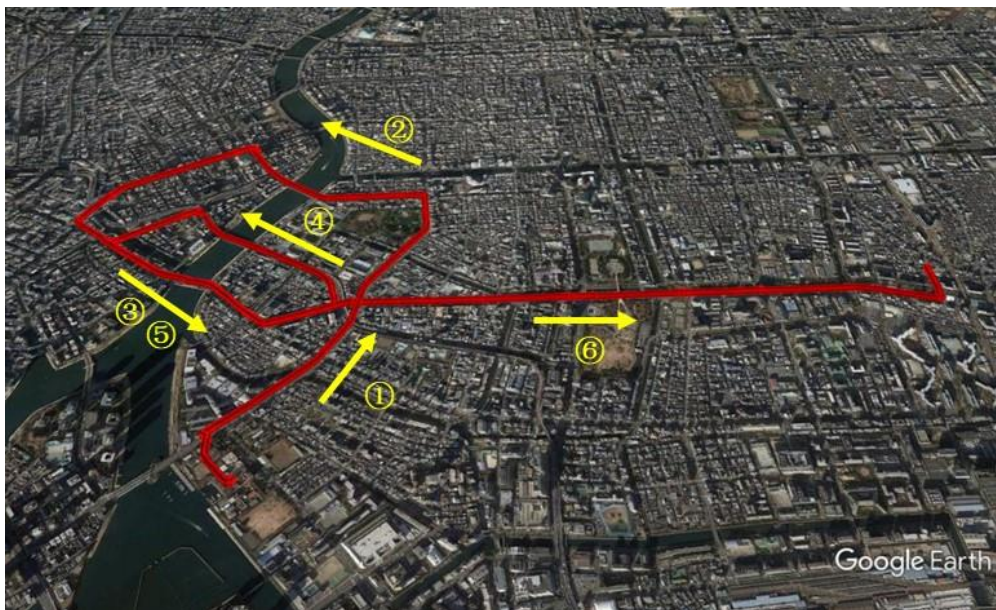


図 4-31 原付で走行した経路（東京都江東区、中央区）



図 4-32 GNSS 受信機とアンテナの設置状況（自動車と原付）

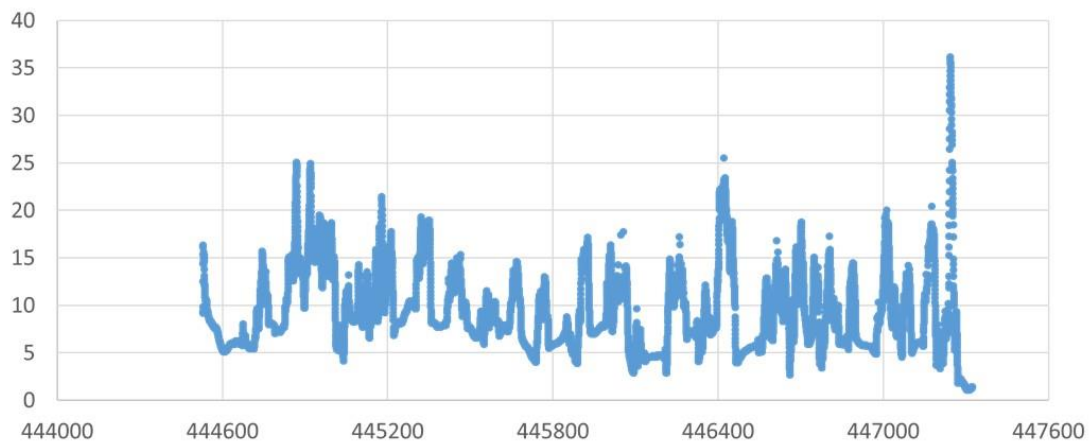


図 4-33 一般的な都市部での先導自動車と原付の距離差の時系列結果

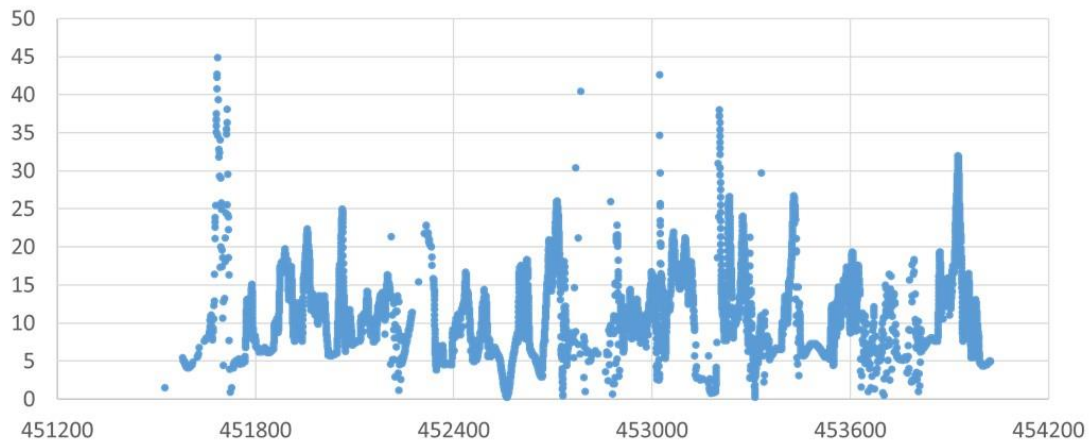


図 4-34 長い高架下を含む都市部での先導自動車と原付の距離差の時系列結果

走行時に取得した GNSS 受信機からの緯度、経度情報より、先導する自動車と原付の絶対距離差を算出したので、それぞれのコースでの結果を図 4-33、図 4-34 に示した。横軸は GPS 時刻で、縦軸の単位は m である。結果をみるとわかるように、一般的な都市部の道路では、信号で停止しているときの距離差が 5m 前後で加速と減速時にその距離が増加したり減少したりしている

ことがよくわかる。実際の位置精度も数 m 程度は出ているように見受けられた。交差点付近の実際の位置結果の 2 例を図 4-35 に示した。赤色のプロットがバイクで青色のプロットが自動車である。交差点の停止時に、強いマルチパスの影響でずれる事象が見られたが、これは以前からある現象であり、それ以外は比較的安定した位置精度であった。図 4-36 には、高架下や高層ビル街での結果を 2 例示した。明らかに位置が飛んでおり、10-20m 以上の誤差が見られた。しかし、これらの場所以外では、一般的な都市部での結果と類似するものであった。

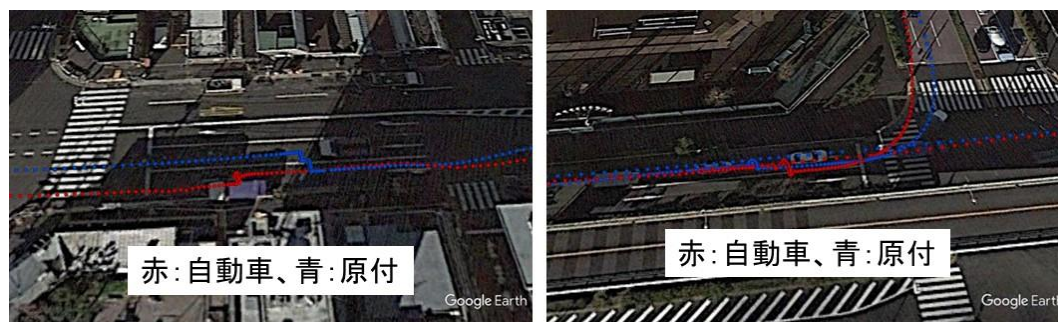


図 4-35 実際の位置プロット結果（一般的な都市部交差点付近）

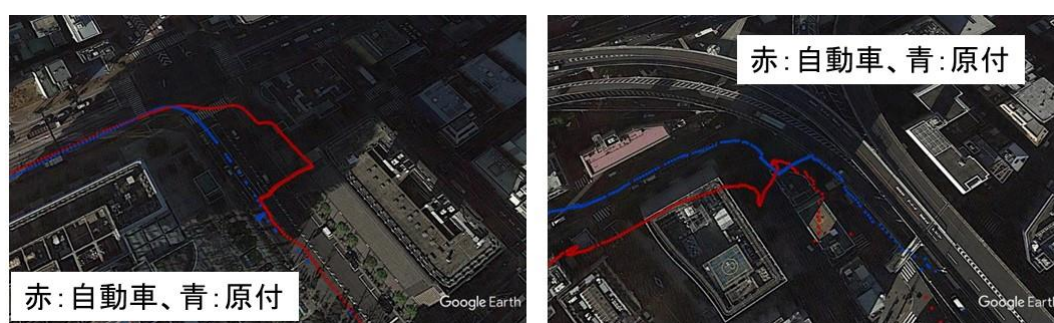


図 4-36 実際の位置プロット結果（高架下や高層ビル街）

4.5.2. 静岡県静岡市浜松校舎付近での 2 輪車での走行結果

ここでは、静岡大学の木谷先生のグループで実施された 2 輪車での実験結果を示す。実験に利用した受信機は 2018 年の秋にリリースされた、最新の u-blox 社の F9P という受信機で、RTK の性能が非常に高い受信機である。実験概要を図 4-37 に示した。2 つのアンテナ及び受信機を設置しており、アンテナ間の間隔は約 23cm であった。RTK 用の補正データは、静岡大学の木谷研究室に設置している Trimble の NetR9 が利用されている。走行場所は住宅密集地である。図 4-38 に 1 周波で計算した RTK 測位の結果と 2 周波で計算した RTK 測位の結果をあわせて示した。それぞれで利用した測位衛星は GPS/BDS/GALILEO である。明らかに 2 周波による効果がでており、FIX 率が 67%から 81%へ改善していた。また FLOAT 解での位置精度も良いことがわかった。

次に、静岡大学の構内で 8 の字巡回走行をしたときの結果を図 4-39 に示した。周囲が開けていることもあり、100%の FIX 率で cm 級の位置が出力されていた。図 4-40 には、2 つのアンテナ

ナより算出した方位とロールの結果も合わせて示した。



図 4-37 実験概要（静岡大学木谷先生グループ）

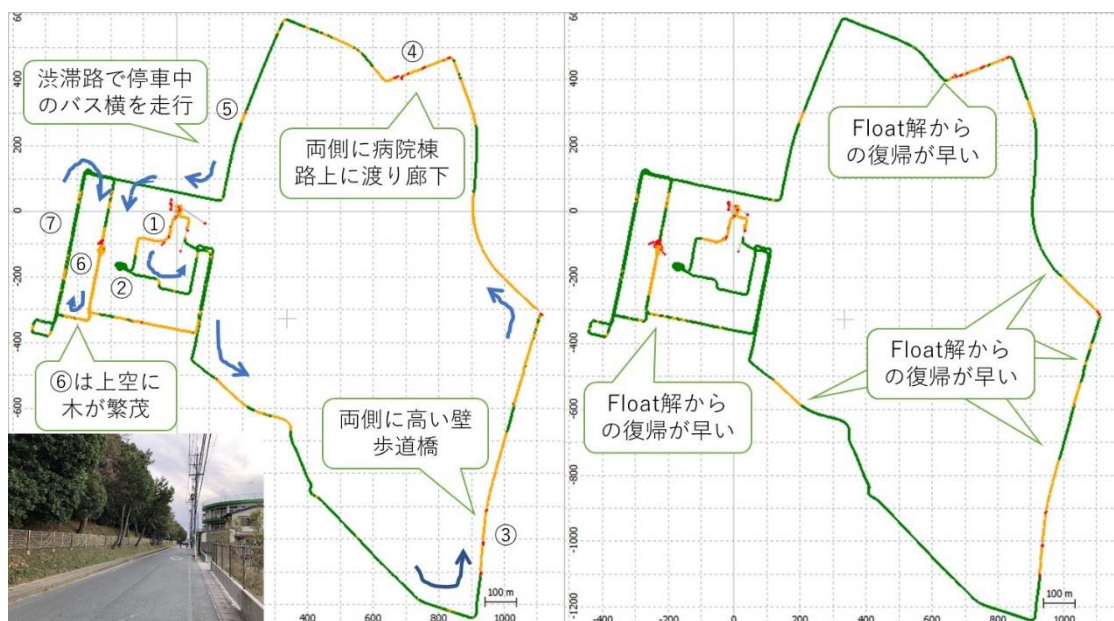


図 4-38 住宅密集地での RTK 測位実験結果（静岡大学木谷先生グループ）

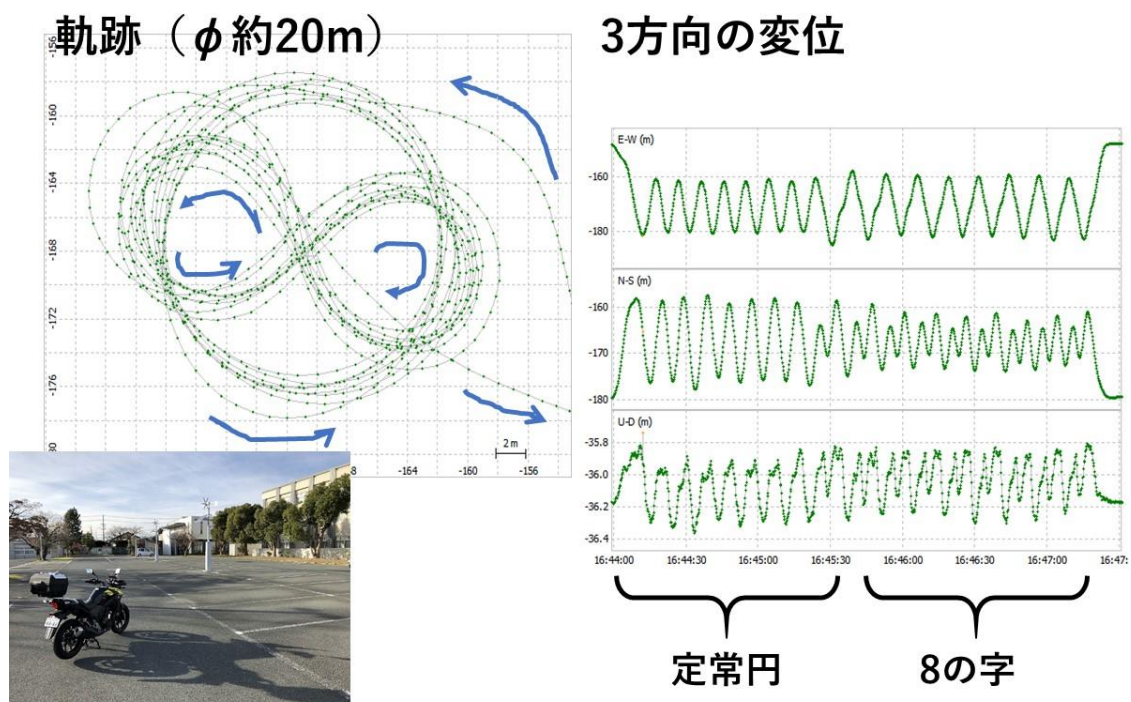


図 4-39 8 の字走行時の RTK 測位実験結果 (静岡大学木谷先生グループ)

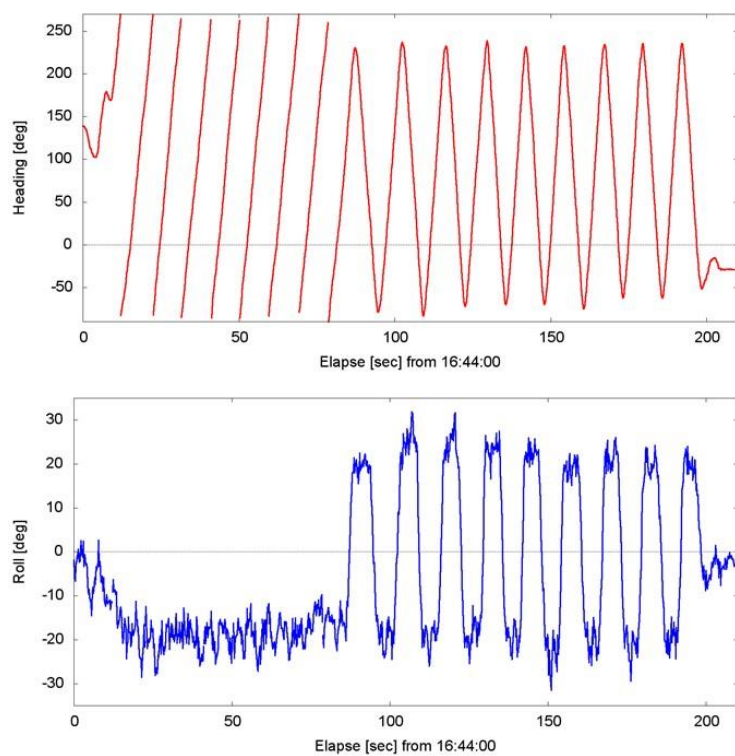


図 4-39 8 の字走行時の方位とロールの結果 (静岡大学木谷先生グループ)

4.6. まとめと課題

二輪車向け衝突防止研究委員会において、GNSS 技術の利用による衝突防止手法の検討が主として実施された。特に現在の GNSS の都市部や開けた場所での実際の測位精度の検証や、低コスト GNSS 受信機の広がり、また準天頂衛星の補強データの可能性についてまとめられた。さらに通信方式や関連研究の動向についても調査結果が報告された。研究委員会は全部で 4 回行われ様々な議論がなされた。

二輪車の衝突防止に関する具体的な手法や法整備の動きは、国内において現在のところほとんどなく議論されていない。海外においては、複数の例を挙げたように、GNSS 等を利用した二輪車の衝突防止技術がここ 1-2 年で発表されている。ただし、ターゲットはあくまでも富裕層向けの二輪車であり、マーケットの大半を占めるアジア各国で利用することは想定されていないと考えられる。上記でも述べたように、二輪車の衝突防止において、GNSS の果たす役割は小さくなく、自身の正確な位置を周囲の自動車に知らせることは非常に有用である。自動車側は、すでにレーダやカメラを備えているものが多く販売されるようになり、自動車側でも二輪車の動きを察知することは可能で、さらに、二輪車側の正確な位置情報から事故につながりそうな動きを察知することができれば、ある意味二重の防止策となる。その際に重要なことは、やはり位置情報と通信の可否である。位置情報の信頼性については、自動車の自動運転支援でもこれから議論される場所であり、その結果を二輪車に適用することは可能である。現段階で、自動車でも車線を判別するレベルで GNSS の利用が検討はされており、多くの実証実験が行われている。一方、通信方式については、近未来の 5G の配備やスマホの進化を見ると、大きな問題なく自動車と二輪車間で通信が可能となるのではと予想する。

課題について述べる。現在、国内では自動車の運転支援や自動運転はクローズアップされているが、二輪車については、社会的にも国の政策的にもあまり重要視されていない印象がある。もし低コスト GNSS 受信機とロバストな通信手段で、周囲に重要な位置情報を知らせることができるのであれば、導入面での障壁は低下し、どんどん利用される方向になるであろう。もちろん国の政策的な動きも重要である。また技術的な課題としては、上記でも述べたように位置情報の信頼性である。二輪車側の位置情報の精度は、今後も改善する方向ではあるが、完璧に正しい cm 級の位置を常に提供することは困難であり、特に高架下やトンネル下では GNSS では位置を特定できない。そのため、他のセンサとの統合が必須であり、あわせて位置情報の信頼度を同時に伝えることが重要であると考ええる。例えば、比較的開けた場所であれば、1-2m の精度が担保されており、都市部であれば、1-10m、高架下であれば位置情報の信頼度は低いと伝えることである。これら信頼度について、より正しい数値を算出できる事が GNSS を利用する上での課題といえる。

5. 2 輪以外の分野での小型受信機利用の検討

5.1. 陸上で利用が検討されている分野

5.1.1. ドローン

無人ドローンにのせるには、アンテナを含めた軽量化・省電力化が必須。一般的に単独 GNSS 受信機が搭載されている。エリア制限があるケースや、自律飛行など高精度測位の需要も出てきている。ドローンの落下を検出する必要があり、機体が傾いてアンテナが大きく傾くと高精度測位が困難になる可能性もある。他センサとの併用が必要と考えられる。

農業向けドローンに目を向けると、農薬散布や生育監視：効率の良い移動、自律飛行、複数飛行ために高精度測位が有用である。

災害・救難ドローンでは、遭難者や被災者の捜索が目的で、産学地域実証試験などが進められている。都市部を含む広域災害時は、PPP での高精度測位が役立つ可能性がある。

点検ドローンでは、ダムや送電線、ソーラーなどのインフラ点検。カメラ・センサとの組み合わせが重要で、ダムの壁や鉄塔の側は、衛星遮断の可能性はある。

輸送ドローンでは、輸送・宅配が目的となる。過疎地域での実験、運用検討が進められている。都市エリアや着陸エリアが限られる場合には、高精度測位が有用である。衛星遮断を考えると、ベランダ・玄関ではなくマンション屋上や駐車場などが現実的である。



図 5.1 ドローン

5.1.2. 小型車両

小型農機・小型除雪機での利用がすでに一部実用化されている。低価格の個人所有のもので、需要は大きく、草刈り機、除雪作業や作物運搬車などにも利用できる。

電動カート（車椅子を含む）では、郊外の歩道や室内外でのシームレス対応のニーズが高い。バイク・自転車と違い、高齢者が利用する確率が高いので、自動操縦のニーズは高いかもしれない。工場内などの敷地内を自律走行し、カメラで360度常時撮影し、不審者の侵入などを遠隔監視する。低価格化が課題で、販売価格帯としては、数十万程度となるであろう。



図 5.2 小型車両での利用

5.1.3. 監視機器

小型化が小型化は必須ではないが、長期常設となるため省電力がのぞましい。また、複数台での監視によって監視精度が上がるため、低価格化も必要である。火山活動監視や・地殻変動監視にも向いている。タンクの劣化監視等でも検討されているようである。課題としては、安定性・堅牢性・メンテナンス・低価格化である。



図 5.3 監視機器

5.1.4. 交通安全分析サービス

準天頂衛星を利用して取得された高精度な車両の位置情報ログを分析することにより、制限速度超過、右左折禁止、一時停止違反、踏切不停止、進入禁止の5項目の違反を判定し、クライアント企業に提示する。ドライブレコーダの映像がなくても、位置情報だけで交通違反を可視化できる。



図 5.4 交通安全分析

5.1.5. 自動運転

準天頂衛星を利用した高精度測位では 10cm レベルの精度があるため、カメラや Lidar 等が万が一利用できない状態のときの代替手法として検討されている。いずれにしても、複数のセンサのうち、最大の信頼度かつ精度を得られるものを、ソフトウェアが判断していく方向となるであろう。特に濃霧や雪道など視認性が悪い環境下でも車線認識等の支援が重要である。Lidar は届く範囲が 100-200m と限られており、GNSS が得意とする開けた場所では自車位置推定が困難になる弱点があり、この部分も支援が可能である。自車位置推定だけでなく、路面情報を検知するセンサの 1 つとしても利用が可能である。自動運転が最初に導入される可能性が高いのは高速道路でのトラック隊列走行システムである。約 10m の車間距離を保ったまま隊列を組み、時速 70km で走行する実験が実施されている。先頭車両のみドライバーが操縦し、後続車両は先頭車両と通信し、自動で追従する仕組みである。車線変更なども自動で行う。

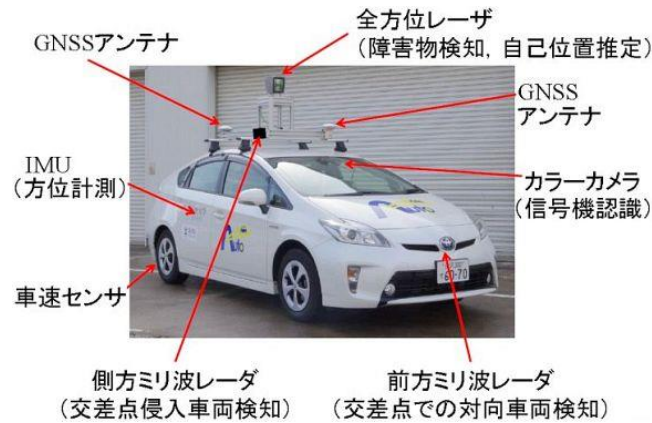


図 5.5 自動運転（金沢大学菅沼研究室）

5.1.6. ロードプライシング

GNSS を利用した課金システムは、欧州を中心に検討されており、日本もシンガポールでの実証実験に参加してきており、すでに実用化されていると聞いている。シンガポールの都市部センターに入る車両に対して課金するシステムである。GNSS とゲートでの管理が実施されている。またプローブ情報も活用し、迂回路誘導や走行経路に応じた動的課金を行うダイナミックロードプライシングも検討されている。課題としては、GNSS が提供できる精度と不正監視となる。GNSS による精度が不十分であれば、IMU や Speed センサとの統合は必須であり、課金という性格上、非常に高い信頼性も求められる。また、自らの GNSS による位置を欺瞞する不正に対して、欺瞞防止方法を確立する必要がある。



図 5.6 ロードプライシング

5.1.7. 測量・建設・土木

精密な位置情報を利用した施工管理や地滑り検知等は高精度測位の利用が期待されている。

特に国の政策として i-Construction を強く推進していることもプラスに働いている。測量・建設・土木作業現場は、働き手が減少することも予測されており、事実としてこの 10 年でもかなり減少している。そのため、現場での効率化を強く推進する必要がある、各社が積極的に導入の検討をしている。これまで、トータルステーション等を利用して、毎日測量をしていた業者の方が、GNSS による高精度位置の利用へ移行していくことで、毎日現場に行く労力を削減することができ、新しい技術の習得し今後の人手不足にも対応していけるのではないかと考えられる。GNSS による測量を行うことは、そのまま、モニタリング情報や結果が PC に保存されることを意味し、電子化にも大きく寄与する。課題は、測量したい現場に設置する、IoT 端末の開発である。GNSS 受信機そのものは問題ないが、不随する通信機器やバッテリー等をどうするかが重要である。通信については、携帯電話サービス会社が仮設置することも可能である。バッテリーについては太陽光の活用も含めて、より最適なものが開発されることが期待される。



図 5.7 i-Construction の推進

5.1.8. LBS (Location-Based Service)

位置情報を用いたサービスは幅広く多様である。上記で紹介した利用分野以外にも様々あるため、ここではより人間の位置を利用したサービスの応用例を箇条書きで紹介する。

- ① 屋外作業健康状態リアルタイム管理
- ② 観光・エンターテインメント
- ③ 多言語ガイド・ナビ端末
- ④ 埋もれたコンテンツの顕在化
- ⑤ 視覚障害者の自立歩行補助システム
- ⑥ 徘徊老人対応
- ⑦ トラッキングサービス（経路、物流管理）

- ⑧ スポーツデータへの活用
- ⑨ 屋内外シームレス測位

5.2. 海洋で利用が検討されている分野

海洋には様々な領域があり、船舶、湾岸工事、水産、海洋環境等非常に幅広い。ここではいくつか実用化されていたり、利用可能性の高いアプリケーションを紹介する。

5.2.1. 潮位測定（津波計）

以下に示したものは、津波等を検知する RTK 測位を利用した潮位測定装置である。すでに日本沿岸部では実用化されており、東日本大震災時に大きな潮位を観測している。釜石沖に設置された津波計で 6.7m であった。約 20km 沖でこの高さになると、沿岸部では通常 2-3 倍になることが知られており、実際にそうだった。RTK では容易に 1cm レベルの潮位を測定できるため、1cm レベルでよければ、海面の高さの長期傾向を容易に測定することも可能である。ここでは、2つの課題を挙げる。コストと沿岸から 20km 程度の制限があることである。コストについては、低コスト GNSS 受信機の出番であり、装置の小型化まで含めた議論が必要になるであろう。沿岸に近い場所であれば大きな機器の必要はなく低コスト化は容易であろう。通信のカバレッジにも問題ないといえる。一方、沿岸から遠い場所では、波も高く機器の大型化を余儀なくされる。通信のカバレッジは 10-20km であれば問題ないかもしれない。次に沿岸から 20km というのは、従来の RTK 測位の限界であり、今後基線長を伸ばせるアルゴリズムの汎用化や、準天頂衛星の補強の 1 つである PPP 測位も利用できるであろう。いずれにしても、すでに実用化されているものの、今後の改良が期待できるアプリケーションである。また津波の被害の多い東南アジアや南米等海外への技術やノウハウの輸出も十分可能である。

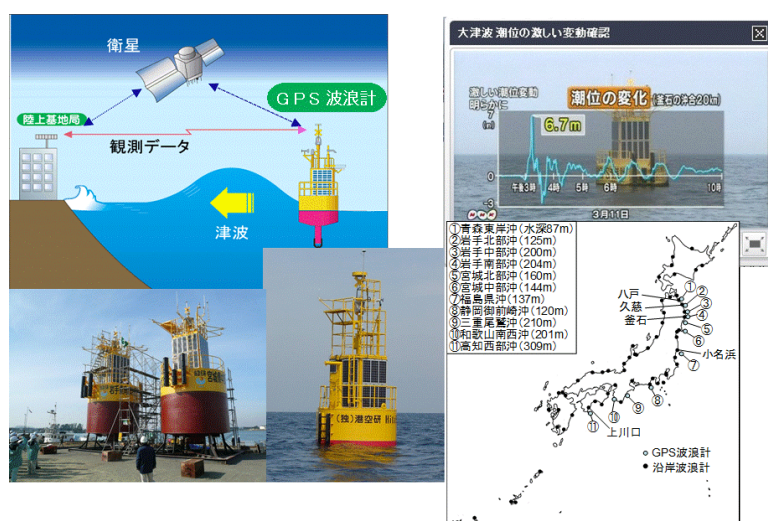


図 5.8 潮位計

5.2.2. 船舶の DPS (Dynamic Positioning System)

船舶における定点保持技術である DPS は、今後も海洋での発電施設等の建設に必須であり、船舶の自律航行にも必須の技術である。波の高い場所において、船舶を所定の位置に保持することは難しく、現在でも限られた企業しかこの技術を保有していない。小型船での自律航行では、100 万を超えるような GNSS 受信機を設置することは困難で、受信機の低コスト化も重要な課題である。DPS には、すでに SBAS や海上保安庁のデファレンシャル技術が利用されており、今後、準天頂衛星の補強である CLAS や PPP が利用される可能性が高い。また沿岸部 100km 程度までであれば、SLAS の利用も可能である。すでに海上保安庁の中波ビーコンによるデファレンシャル放送が停止されているため（2019 年 3 月 1 日に停波）、直近の課題といえる。DPS に要求される精度はおおむね 1m 以内と言われているが、精度が良いことにこしたことはなく、上記に挙げた補強技術での実験検証が重要である。またそれらに対応する受信機開発も極めて重要であり、本研究開発で得られた低コスト GNSS 受信機が利用される可能性も十分にあるといえる。



図 5.9 DPS

5.2.3. 小型船の自律航行と深浅測量

上記にも関連しているが、小型船の自律航行と深浅測量は双方が補完しあう技術である。深浅測量は日常的な業務であることが多く、人件費をできるだけ抑えるためには、一部でも船舶の自律化が期待されている。深浅測量に利用する船舶は小型から中型まで様々であるが、以下の図のように小型ボートで実施するケースもある。例えば、湖である。その場合、受信機の低コスト化が重要な課題といえる。

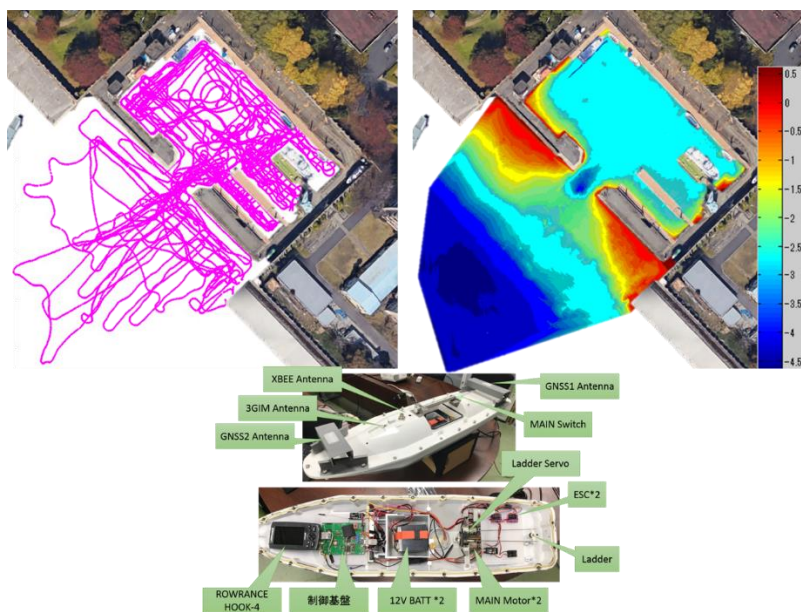


図 5.10 深浅測量

5.2.4. 自動着栈システム

船舶の自律航行とならんで重要な技術が自動着栈である。広い海洋を航行している時の自律航行には、高精度は求められないが、沿岸部に近づくにつれて、さらには栈橋や岸壁にアプローチする時は、高精度の位置が必要である。具体的には 10cm 程度であると考えられるが、準天頂衛星の補強データである、CLAS や PPP が利用できないか、実験等で検証することが重要である。すでに開始されている実験もあり、今後さらに増えていくことが予想される。

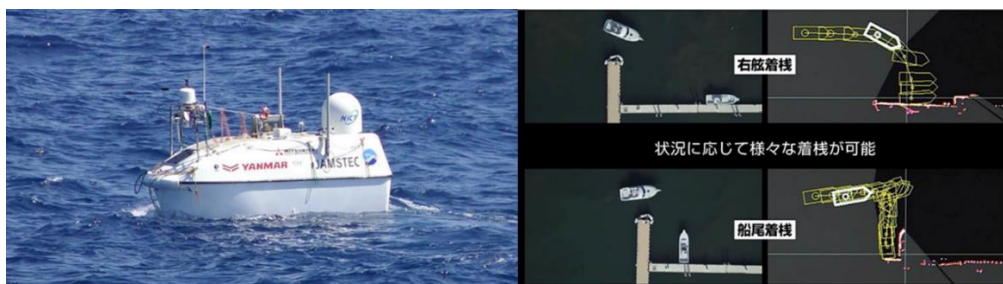


図 5.11 自動着栈システム

参考資料

- [1]ヤマハの瀬戸氏の発表資料
- [2] Dar, K. et al., "Wireless Communication Technologies for ITS Applications," IEEE Communications Magazine, vol. 48 (5), pp. 156-162, May 2010
- [3] H. Seo, K. Lee, S. Yasukawa, Y. Peng and P. Sartori, "LTE evolution for vehicle-to-everything services," in IEEE Communications Magazine, vol. 54, no. 6, pp. 22-28, June 2016.
- [4] http://www.soumu.go.jp/main_content/000019517.pdf

—禁無断転載—

平成30年度JKA機械振興補助事業

「二輪車向け衝突防止技術に関する試作開発・
実証研究」研究委員会

研究委員会報告書

2019年3月