

日本の高精度衛星測位データ利用産業の発展方向と その利用社会の構築に向けて

平成 30 年 6 月 25 日

測位技術振興会
産業発展・事業革新分科会長
三本松 進



目次

- I 高精度衛星測位データ利用時代を迎えて
- II 高精度衛星測位技術の基本構造
- III 第 4 次産業革命技術の構造
- IV 国の成長・イノベーション戦略
- V 産業発展に向けたイノベーション要素の構図
- VI 高精度衛星測位データ利用社会の構図 (Society5.0 の主要部分)
- VII 2 つの構図からみた主要な産業、事業分野の発展の方向
- VIII 高精度衛星測位データ利用産業・事業の先進 68 事例
- IX まとめと産業発展の方向, 利用社会の構築
- (参考文献)

図表集

I 高精度衛星測位データ利用時代を迎えて

準天頂衛星 1 号機は 2010 年から運用が開始され、2017 年、無事 3 機打上がり、2018 年 11 月から準天頂衛星 4 機体制運用が開始される予定にある。日本は、世界に先駆けて「高精度衛星測位データ利用時代」を迎えることになる。本運用では、国内の各種のニーズをベースに、多様な測位信号が出される予定にある（図表 1 参照）。

他方、政府の成長戦略を見ると、2017 年 5 月 経済産業省は、新産業構造ビジョンの取りまとめを公表し、政府は「未来投資会議」で、「未来投資戦略 2017」を公表した。

政府は、これらにより、第 4 次産業革命技術の高度化、産業データ連携により Connected Industries の形成を図り、「Society5.0」での多様な社会的な課題の解決に向け取り組むことを明示した。

「Society5.0」は、「超スマート社会」で、2030年を目途として、サイバー空間と現実世界を融合させ、「必要なモノ・サービスを、必要な人に、必要な時に、必要なだけ提供」して、多様な社会的課題を図るものである。

高精度衛星測位データは、「Society5.0」での①健康寿命の延伸、②移動革命の実現、③サプライチェーンの次世代化、④快適なインフラ・まちづくり、⑤フィンテックの5戦略分野の内、②、③、④の3分野での貢献が期待できる。

この「高精度衛星測位データ」を利用することにより、個人、産業、社会での空間の連接性が高まる。これにより、「必要な量」について、「必要な時」、「必要な人」に対し、「ピンポイントの場所」で、モノ・サービスの提供の検討が可能となる。

今回、東京オリンピック開催の2020年、最終的には政府の「Society5.0」の目標年2030年を想定して、個人、産業、都市、地域、政府間で、高精度衛星測位データ利用を効果的、効率的に達成して、多様な社会的な課題の解決に資するため、以下の2点に取り組むこととしたい。

- ① 主に供給サイドの「高精度衛星測位データ利用産業」の発展方向を見る。
- ② 主に利用サイドの今後の日本の「高精度衛星測位データ利用社会」の構築の方向性を検討していく。

Ⅱ 高精度衛星測位技術の基本構造

1 準天頂衛星4機体制運用の優位性

準天頂衛星の高精度衛星測位信号は、以下のように、GPS単独測位、マルチGNSS測位に比し、優位性を持っている。

- ① GPS単独測位誤差は10m程度
- ② マルチGNSSの測定誤差は数m程度
- ③ 準天頂「m未満級測位補強サービス」では、80-90cm程度の誤差に改善。
- ④ 準天頂「cm級測位補強サービス」では、各事例において数cm誤差（緯度、経度、高さ）を実証。（欧州Galileoは、2020年から、cm級サービス開始予定であるが、有料・付加価値サービス向け、起動時に時間が掛かる。）

2 基本構造と進化の方向

(1) GPS測位の原理（単独測位）

第1に、4つのGPS衛星の位置情報により、4つの解、即ち、GPS端末の「位置（x、y、z）」と「時間のずれ」を求めるが、測位誤差は10m程度である。

これを改善するため、複数の測位衛星信号を最適に組み合わせた「マルチGNSSシステム」が構築されて、実用化してきているが、測位誤差は数m程度となっている。

これを改善する方向でJAXAの「MADOCA」方式利用のPPP-ARが開発されて測位誤差数cmに改善されているが、初期調整に30分程度必要となっている。

(2) 干渉測位の原理（主に測量測位）

第2に、干渉測位では、未知点の位置を既知点（電子基準点、必要に応じての近傍の受信アンテナ）からの距離と方向によって算出する。

① 現地でのアンテナ設置の「RTK方式」 測位誤差数 cm

② 携帯電話利用の「ネットワーク型 RTK方式」 測位誤差数 cm

これダイナミックに改善するため、全国の電子基準点情報を活用した「RTK-PPP方式」である準天頂衛星のL6信号を開発・提供している。全国ベースで、移動体向けに、ほぼすぐ立ち上がり、数cmの測位誤差を実現させる。

3 グローバル展開

2017年6月「グローバル測位サービス株式会社（GPAS）」が設立された。同社の技術方式はJAXA開発の「MADDOCA方式」を採用しているが、マルチGNSSシステムの進化系である。

高精度衛星測位を実現するためには①「衛星軌道・時計誤差」、②「電離層遅延」、③「対流圏遅延」の解消に努める必要がある。

この「MADDOCA方式」は、グローバルな100局程度の監視局の運用により、各種ソフトウェアを開発して、宇宙から地上までの①「衛星軌道・時計誤差」を是正する補正情報を提供している。また、受信機側で、これを受け、更に②「電離層遅延」、③「対流圏遅延」の解消に努め、利用者側から見れば、これで高精度衛星測位の実現が可能となる。

技術の対象領域はグローバルであるが、現在は、内閣府が準天頂衛星システムの技術実証信号を通じて、その軌道下の地上に対し、無償で提供している。

同社は、事業企画・技術開発会社で、2020年の事業化に向けて、上記の各種誤差源の解消、等に向けての技術開発、事業開発、等を行なうこととしている。自動車、建機、農機の自動運転、海洋、気象、等のグローバル展開支援サービスの開発を想定している。

海外展開では、この方式での実証実験は、既に農機の運転で、豪州、タイにおいて、cm級の測位誤差をベースとした自動運転の成功を収めている。2017年10月 北海道大学は、北海道で、本方式でのトラクターの自動運転の実証に成功している。

いずれにしても、現状での高精度衛星測位利用サービスの海外展開は、本方式での研究開発、事業開発による具体化が期待されている。

注：MADDOCA：Multi-GNSS Advanced Demonstration tool for Orbit and Clock Analysis

Ⅲ 第4次産業革命技術の構造

ここでは、それぞれ「第四次産業革命の主要展開構造図」（図表2参照）と「第5世代移動体通信（5G）技術の構造と利用体系」（図表3参照）について、そのポイントを説明する。

1 第四次産業革命の主要展開構造図

現在、ビッグデータ処理、IoT、人工知能（AI）、等に関する第四次産業革命技術に関する文献は、大量に出回っているが、これらが実現する主に地上系に属する事業モデル・ビジネスモデルのイノベーションを、モノとサービスに区分して、体系的に整理してみた。この中にはリモートセンシングのように宇宙からのデータのIoT処理に関するものも含まれる。

2 第5世代移動体通信（5G）技術の構造と利用体系

移動体通信は、現状、4Gの水準まで来ているが、世界の産学官は2020年を目途に、本表に有るような5Gによるサービス革新が予定されている。高精度衛星測位による正確な自己位置同定をベースに、超高速、多数同時接続、超低遅延という要求性能の高度化と多様化を組合せることが可能となる。

IV 国の成長・イノベーション戦略

最近、国は、以下のように時系列的に、その成長・イノベーション戦略を進化、具体化させてきている。

2015年6月 政府は、「科学技術イノベーション総合戦略2015」を公表した。

2016年1月 政府は「科学技術基本計画」を公表。その中で、上記戦略で説明した「超スマート社会」の実現（Society5.0）を引用し、本基本計画として記述する。

2017年2月14日 経団連は、「Society5.0実現による日本再興」を公表した。

2017年3月24日 政府は、地理空間情報活用推進基本計画（第3期）を公表した。

2017年5月29日 経済産業省は、新産業構造ビジョンの取りまとめを公表した。

「第4次産業革命」で推進する先端技術を社会実装しながら、産業面で各種のデータを連携したConnected Industriesを、社会面で、2030年を目処に、超スマート社会（Society5.0）を指向している。

本ビジョンでは、「移動する」、「産みだす、手に入れる」、「健康を維持する、生涯活躍する」、「暮らす」の4大分野を提示している。

経済産業省は、2017年11月、産業データの流通を促進するため民間主導で（一社）データ流通推進協議会を設立し、活動を開始している。

2017年5月30日 内閣の「未来投資会議」で、「未来投資戦略2017」を公表した。

この中の「Society5.0」では、第4次産業革命のイノベーションをあらゆる産業や社会生活に取り入れ、2030年を目処に、多様な社会的課題を解決する超スマート社会を実現する。ここでは、「健康寿命の延伸」、

「移動革命の実現」、「サプライチェーンの次世代化」、「快適なインフラ・まちづくり」、「フィンテック」の5戦略分野を提示した。

2018年3月30日 内閣の「未来投資会議」で、「自動運転に係る制度整備大綱」を決定。

2020年頃の自動運転イメージを基に、①車両の安全確保、②交通ルールの在り方、③走行環境条件の設定、④責任関係、等について取組む。

V 産業発展に向けたイノベーション要素の構図

高精度衛星測位電波が宇宙から発信されて、「地上と宇宙の共進化の時代」になると、今回のような地上系の産業発展に向けたイノベーションの実現に向けて、宇宙系と地上系の各要素を巧みに組合せて活用する時代となってきた（図表4参照）。

VI 高精度衛星測位データ利用社会の構図(Society5.0の主要部分)

高精度衛星測位データは何のために使用するのでしょうか(図表5参照)?

これを社会的に見ると、政府は、2030年を目処に、先述の「Society5.0」の実現を目標としている。そこでの達成価値は、①「健康寿命の延伸」、②「移動革命の実現」、③「サプライチェーンの次世代化」、④「快適なインフラ・まちづくり」、⑤「フィンテック」の5戦略分野であるが、本データの活用が不可欠な分野は②、③、④の3大分野であろう。

この「高精度衛星測位データ利用社会」(以下、「本社会」と言う。)では、i 各種の制度整備をベースに、ii 本社会内の個人、企業、政府の各利用者が、iii その利用区分・主体目的に応じて、「高精度衛星測位データ」(以下「本データ」と言う。)を活用する製品サービスの供給を受けて、iv 各利用者が、これらを利用して、それぞれの達成価値を追求していくこととなる。

制度整備については、例えば移動革命関連では、車の自動運転、ドローンの自律飛行、等が技術的に可能になっても、交通社会面での道路交通法、ドローン航行安全の航空法、等の安全規制の先導的な革新、必要な新法の制定が不可欠となる。

産業分野別では、供給サイドの分野別の製品サービスの進化の状況を確認する。

次に、利用サイドを見ると、まず、人、モノ、動物(ペット)の移動、安全、他を取り上げるが、上記の「Society5.0」の達成価値の実現に向けて、土地制約を受ける利用サイドの農業、公共インフラ、都市空間管理にも注目する。それらの利用空間内で、今後、各自の経営・組織戦略をベースに、本データを活用する製品・サービスとそれ以外のサービスを組合せて、本来目的をどのように達成していくと良いか確認する。

最後に、今後、想定される「利用社会」のイメージは、各分野に応じ、自動運転社会、新しい道路交通社会、スマート農業社会、最適化インフラ社会、スマート都市空間社会、等が考えられる。

VII 2つの構図からみた主要な産業、事業分野の発展の方向

ここでは、本稿の主要命題の1つである以上の2つの構図からみた主要な産業、事業分野の発展の方向(以下「本方向」と言う。)を見てみよう。この際、2020年の東京オリンピックを通過点・社会実証の場として見ていこう。

本方向の視点は、まず、上記のVIでの供給サイドの産業・分野別の進化の状況を整理し、順に利用サイドの土地制約のある農業、社会インフラ、都市空間管理を整理する。

最後に、市場空間の拡大として、グローバル展開を位置付ける(図表6参照)。

VIII 高精度衛星測位データ利用産業・事業の先進68事例

上記VIIの2つの構図からみた主要な産業、事業分野の発展方向の区分に応じて、各分野の先進的事例で、事業内容、産業発展の方向、先進事例の確認を行う(別表参照)。

これにより、現在進行形の多様な先進事例のポイントを確認し、上述の産業発展の方向の妥当性、現実適合性を確認する。

なお、各先進事例の太宗は、みちびき HP に掲載されている先進事例の紹介ニュースであり、事例の詳細は、該当日時のニュースで確認可能である。

<高精度衛星測位データ利用機器・サービスの供給サイド>

A 受信機開発

1 事業内容

供給サイドで、高精度衛星測位を実現するための基幹部品である。

cm 級の測位誤差をもたらす L6 信号受信機及び JAXA 開発の MADOCA 方式の受信機とアンテナの小型化、チップ化に向けた取り組みである。

衛星測位機器の部品に関する新事業開発で、この開発スピードが、これら産業の発展のスピードを規定する。

2 産業発展の方向

今後のデータ利用産業の発展を図るため、これらの迅速なチップ化が期待されている。

3 先進事例

No1 三菱電機 (みちびき HP17, 12, 7)

準天 cm 級高精度測位端末 AQLOC の受注を開始 18 年 4 月

No2 マゼランシステム (みちびき HP17, 10, 8)

準天 みちびき cm 級測位対応多周波マルチ GNSS 受信機開発

(評価用機器提供中、18 年秋セミチップ化、19 年チップ化、L6 と MADOCA の切り替え利用可能)

No3 コア (みちびき HP17, 7, 19)

準天 みちびきの cm 級測位を実現する受信機の開発に着手 18 年夏

No4 日本無線 (みちびき HP17, 1, 20)

準天 みちびきの cm 級測位に対応したチップ開発に着手 18 年秋

No5 三菱電機、ユーブロックス社 (みちびき HP16, 10, 6)

準天 L6 信号受信チップ開発で連携 18 年 4 月

B 個人向けサービス

1 事業内容

供給サイドで人の移動の自由、安全・安心、スポーツ、等を支援するサービスである。

第 1 の位置情報分野は、基本的に、多目的な移動の自由を担保するものである。

第 2 の安心・安全分野は、居住、移動のセキュリティ確保のためのものである。

第 3 の健康、スポーツ、等分野は、目的に特化した移動管理に関するものである。

これら事業は個人向けサービスにおける新事業開発で、ベンチャー企業等による新しい顧客体験の創造、高い効果の見える化が不可欠である。事業空間に空間 CPS を導入しているものもある。

2 産業発展の方向

個人向け利用開発の最大の課題は、スマホ向けの受信機のチップ化とアンテナ小型化である。グローバルな開発競争の最中であるが、これらが実現すれば、爆発的に利用が拡大するであろう。個人向けでの新事業分野候補は以下の通り。

- ① 高精度な位置情報に基づく、広告配信サービス
- ② 高精度な歩行者向け3Dナビゲーションシステム
(車道・歩道区分、段差表示、内外シームレス他)
- ③ 準天頂衛星信号で新たに、一方通行の「災害・危機管理通報サービス」と双方向の「安否確認サービス」が提供されたので、今後、この分野の新サービス
- ④ 屋外スポーツ単位での運動特性に応じた運動履歴解析
- ⑤ 巨大スポーツスタジアム等での施設内外の位置情報が高精度化し、特定の場所でのAR(仮想現実)サービス(プロサッカー選手との仮想の写真撮影など)

3 先進事例

(1) 位置情報

No6 地域位置情報アプリ Niantic, Inc. 株ポケモン (みちびき HP 17、 3、 14)

GPS ポケモン GO が自治体と協力して周遊マップを作成

No7 地域位置情報アプリ 金沢工業大学 (実証資料 15-009)

準天 金沢市における観光ガイド“まいどさん”の話し言葉にm未満級誤差の位置情報(LIS)を付加した多言語対応のコンテンツ

(2) 安心、安全

No8 ドローン見守り OFF Line 株 (みちびき HP 17、 4、 15)

GPS 南相馬市でドローン見守りサービスのデモ実験に成功

No9 災危通報サービス 富士ソフト㈱ (実証資料 14-009)

準天 m未満級信号(LIS)を利用して学校施設向けサービスで、災害・危機管理通報サービス、衛星安否確認サービスの送受信、等の送受信の利用実証

(3) スポーツ、ウェアラブル

No10 スポーツ位置情報 NTTグループ企業 (みちびき HP 17、 6、 6)

GPS 横浜のトライアスロンで GPS による追跡データの収集・配信実験

No11 スポーツ位置情報 アシックス他 (みちびき HP 17、 4、 2)

GPS 高精度測位のスポーツ活用セミナーでの製品展示

(ウェア装着型 GPS 位置情報発信機、ヘッドフォン型ランニングデバイス、RTK GNSS 受信機を装備した帽子)

No12 マラソンコーチ アシックス (みちびき HP 16、 11、 10)

準天 マラソン大会でみちびき信号によるリアルタイムコーチングを実施

C 移動関連産業(移動革命の実現に向けて)

1 車種毎の自動運転の具体化

(自動車、トラック・運搬車、農機、建機、除雪車、移動ロボット、ドローン)

(1) 事業内容

例えば、自動車の自動運転は、その走行機能の内、主に人間が行なってきた認知、判断、操作の連鎖を瞬時に全体最適化して、自動化する取組である。

各社は、自らの自動運転システムアーキテクチャーに基づき、LIDAR、カメラ、レーダー、3次元道路地図、人工知能、等を駆使して、その開発競争を行っている。

他車種、移動ロボット、ドローンでは、自動車の自動運転技術に準じての認知、判断、操作の自動化の開発を行っている。

自動運転技術は、移動革命技術とも称され、各社は新時代の移動の自動化、自律化に向けた新事業開発を実行している。

各車種、移動ロボット、ドローンに共通する必須技術は、①外部環境センシング、②3次元の自己位置同定、③サイバー空間上に予定行路軌跡を設定、その上で、④人工知能技術等を活用した行路軌跡修正、⑤速度と操舵を制御して運行するものと言えよう。

今後、通信の5G利用関連では、トラックの隊列走行の車車間通信で、通信の5Gの利用がこれから検討されるであろう。また、通信の5Gを利用して、車載カメラの画像を、運転管理センターに送信し、自動運転車の運行監視をする仕組みも検討されよう。

(2) 産業発展の方向

今後、各車種毎に、その自動運転の進化が見られよう。

(3) 車種毎の自動運転の先進事例

(自動車)

No13 自動車 三菱電機 (みちびき HP 17、11、08)

準天 自動運転技術搭載車「xAUTO」実証実験の実施成功

(トラック・運搬車)

No14 トラック隊列走行 豊田通商 (みちびき HP 16、9、24)

GPS 「トラック隊列走行の実証事業」を受託・実施

No15 飛行場内運搬車 富士通ネットワークソリューション、アビコムジャパン (日経産業 18、1、30)

準天 飛行場内での自動運転による貨物運搬車関連の共同実証試験の実施

(農機)

No16 農業トラクター 準天頂衛星システムサービス㈱ (みちびき HP イベント 17、10、30)

準天 cm級測位補強サービスの信号利用の農業用トラクターの自動走行実証実験に成功

No17 田植機 トプコン (みちびき HP 17、5、25)

GPS 千葉県の水田で自動田植機の実証実験を開始

(建機)

No18 ダンプ無人走行 コマツ (会社 HP)

GPS 無人ダンプトラック運行システムの提供

(除雪車)

No19 除雪車 NEXCO 東日本 (みちびき HP17、11、07)

準天 みちびきを活用した除雪車運転支援システムを試行導入

(ロボット)

No20 農業ロボット フューチャアグリ株 (実証資料 16-005)

準天 準天頂衛星を活用した農業用自律走行台車ロボットの実証

No21 監視ロボット シャープ (みちびき HP17、7、20)

GPS GPS による屋外自律走行監視ロボットを米国で発売

(ドローン)

No22 ドローン 日立造船 (みちびき HP17、1、3)

準天 熊本でみちびき利用のドローンによる物資自律輸送実験成功

No23 ドローン ゼンリン、東電 (みちびき HP17、4、4)

GPS ドローン安全飛行を可能にする「ドローンハイウェイ構想」提携

No24 ドローン自律飛行 KDDI、プロドローン、ゼンリン (みちびき HP16、12、22)

GPS ドローン運用管理専用基盤「スマートドローン」で業務提携

No25 ドローンリモセン 三菱商事、日立の合併 (みちびき HP16、12、12)

GPS ドローンのリモセンサービス事業の㈱スカイティクス社設立

2 自動運転システム、3 次元道路地図、カーナビ、プローブデータ

(1) 事業内容

全体的に見れば供給サイドで、移動支援のためのソフトウェア群である。

米欧では NVIDIA、モビルアイ、等が自動運転システムを供給するが、日本は未だない。ここではその内の巨大データシステムの「高精度 3 次元道路地図」について説明する。

本地図は、自動車の自動走行・安全運転支援に不可欠であり、その構成要素の内、頻繁に変化しない静的な基盤部分(協調領域)であるダイナミックマップを「ダイナミックマップ基盤(株)」が、開発・整備している。

同社は、モビルマッピングシステム(MMS)により、2017 年と 2018 年の 2 年間で、全国の自動車専用道路の上り下り合計 3 万キロの本地図の基盤部分の整備を行う予定である。地図メーカーは、この上に動的な情報を重ね合わせて完成品の「高精度 3 次元道路地図」を作成し、自動車メーカーに提供する。

ダイナミックマップは、自動運転に必要な基盤的な事業開発を行なうベンチャー企業による新事業開発である。システム上の空間の GPS に、自動運転のベースとなる基盤部分の 3 次元道路地図を格納する。

(2) 産業発展の方向

この数 cm 誤差レベルの本地図が製品化すると関連するカーナビの精度も上がる。

車載機器より採取されるプローブデータの情報の内容も数 cm 単位で高精度化していく。

(3) 先進事例

No26 自動運転システム NVIDIA (会社 HP)

GPS AI 利用の自動運転の車載機、クラウド上処理システム、高精度地図作成システムの提供

(トヨタ、アウディ、ベンツ、ボルボ、特斯拉、等採用)

- No27 3次元道路情報 ライトハウス TC (みちびき HP17、3、16)
準天 全国主要道路の GNSS 生観測データ収集を開始
- No28 3次元道路地図 パイオニア、HERE (みちびき HP 17、7、14)
GPS 自動運転向け地図で基本契約を締結
- No29 車載機 (ETC) パナソニック (みちびき HP17、4、4)
GPS ETC2.0 を利用できる GPS 付き車載機の発売
- No30 カーナビの店舗誘導 ゼンリンデータコム博報堂 DY (みちびき HP16、11、16)
GPS カーナビ向け店舗誘導サービスを共同開発
- No31 プローブ情報 トヨタ自動車 (みちびき HP16、12、24)
GPS 通行実績マップを見られる無料ナビアプリの提供開始
- No32 プローブ情報 パイオニア (みちびき HP16、11、26)
GPS プローブカー収集の「通行実績データ」を提供開始

(新モビリティサービス)

3 交通 (バス、タクシー)

(1) 事業内容

バス、タクシーともに、供給サイドで、道路空間上で乗用車、大型車両、等を利用し、人の移動を支援するサービスである。

バスについては、従来からバスロケーションシステムが運行されてきているが、GPS 利用から準天頂衛星の高精度衛星測位信号を利用すれば、仕組みの高精度化が可能になる。この分野での自動運転に関し、特定の地域・場所でのバスの自動運転、タクシーの自動走行に向かってチャレンジしている。バス、タクシー事業とも、新事業開発である。

(2) 産業発展の方向

特定地域での自動運転が進行するので、先進的な企業の取組みが見られよう。

2020 年東京オリンピックでのデモ走行に向けての準備が行われていく。

両分野とも、今後の順調な事業の高精度化、新事業開発が期待される。

「移動産業のサイド」全体で見れば、「移動革命の実現」に向けて、各種の自動運転、カーシェア、ライドシェア、ロボットタクシー、無人配送、等に関する「新モビリティサービス」が考えられる。

(3) 先進事例

- No33 バスの自動運転 SB ドライブ (みちびき HP17、8、2)
GPS 自動運転シャトルバスにより東京港区公園で利用実証
「自動運転バス調査委員会」への参画・車両提供
- No34 バスロケーション NEC ネクススソリューション (2016 大賞応募事例 16)
準天 GPS から準天頂の高精度測位 LIS に変換して利便性を向上させる実証
これにより高精度測位データを反映させた適正なバスダイヤ編成

No35 自動走行タクシー 日の丸交通、ZMP (みちびき HP17、7、14)

GPS 東京オリンピックでの自動走行タクシーの実現に向けて協業

No36 空港内バス ソフトバンクドライブ、ANA (みちびき HP18、3、6)

GPS 羽田空港内小型バスのレベル4の自動運転実験

2020年度の実用化を目処に、羽田空港で小型自動運転バスのレベル4の実証実験に成功

遠隔運行管理システムを開発してバスの遠隔監視を想定

No37 交通データサービス 日立 (会社ニュース 18、3、14)

GPS 道路交通事業者保有のIoTデータを分析・可視化する交通データ利活用サービス提供開始

高速道路会社、バス事業者の交通需要予測、渋滞状況把握、運行計画見直し、等に役立つ

4 鉄道の進化

(1) 事業内容

供給サイドで、軌道上で車両を利用して、人・モノの移動を支援するサービスである。鉄道分野では、運行の安全性確保から、鉄道運行の補助的なサポートとして、GNSS(GPS)利用の運転管理システムに活用している。これまで、鉄道事業では、補助的な新技術開発の分野である。

(2) 産業発展の方向

重要なイノベーション要素であり、先進的企業は高精度衛星測位データ利用事業に取り組む。今後、高精度衛星測位データを活用して、以下の分野での検討が期待されている。

- ① 列車走行制御への活用
- ② 走行危険・注意箇所の事前予告等の運転支援の高度化
- ③ 踏み切り制御への活用
- ④ 自動運転支援

JR九州では、列車の自動運転に向けての検討を進めているとの報道がある。(日経朝 18、2、14)

(3) 先進事例

No38 トロッコの運行管理 (株)クルール・(株)ICTサポート (実証資料 16-015)

準天 立山砂防工事専用軌道における移動体運行管理実証試験

みちびき L1s の m 未満級誤差信号利用での移動体運行管理

5 海運の進化

(1) 事業内容

供給サイドで、海上で船舶、等を利用し、モノ、人の移動を支援するサービスである。これまでは、大型船の航行支援では D-GPS システムが運用されて来ている。今後、以下の小型船での高精度衛星測位データの利用も可能となっている。現在、船の自動運転に向けての検討が開始されている。

(2) 産業発展の方向

政府は、2025 年までの自動運行船の実用化に向け、18 年度各種の国際規格を日本主導で策定予定である。これが、重要なイノベーション要素であるので、先進的企業は自動運転

船事業に取り組む。

2020 年以降、Oneweb の宇宙からの高速インターネットサービスが開始されれば、陸上と海上間での高速通信、海上での船舶間での高速通信が可能となる。これにより、陸上からの運転監視も可能となり、海陸が一体化する。

また、ネットを通じたグローバルな高精度衛星測位信号の提供も可能になる。

(3) 先進事例

No39 小型ボート運行管理 弓削商船高等専門学校 (実証資料 15-002)

準天 小型ボート安全航海を行なうシステムを構築する利用実証

みちびき L1S m未満級誤差信号利用での小型ボートの運行管理

No40 船の自動運航 商船三井、ロールスロイス (日経朝 17、12、22)

GPS 船舶の自動運航に向けた新技術開発を共同実施

No41 船の自動運航 日本郵船 (日経産業 18、1、25)

GPS 19 年の実証実験に向けシステムが船の衝突の可能性を判断し、乗務員に伝達

D IOT プラットフォーム

1 事業内容

供給サイドで、サイバー空間上の IT プラットフォームにおいて、①物流の効率化、②人、モノをプラットフォーム上で需給マッチング、③プラットフォーム上での移動体管理、を効率的に実施するシステムである。

高精度衛星測位のモノ、人のピンポイント位置同定のメリットを最も受ける業種である。

これら事業は、主に、各分野のベンチャー企業、等の新事業開発分野である。

多くの事業で空間の GPS が活用されている。

2 産業発展の方向

(1) 物流分野では、3次元での位置の高精度化により、事業の高度化が期待されている。また、この分野での新たな事業サービスも生まれて来よう。

(2) シェア事業分野では、自転車シェア事業の高精度化に加え、遊休の家、自動車、人(配達)のシェア利用の高精度化、新たな遊休資産の活用の新サービスも想定可能である。

(3) 移動体管理分野では、以下の事例の高精度化に加え、高精度の位置情報を利用した他の移動体の管理の新サービスも想定される。

3 先進事例

(1) サプライチェーン管理

No42 荷物の自動配送 ヤマト運輸、DeNA (みちびき HP17、5、6)

GPS 自動運転の荷物配送めざす「ロボネコヤマト」始動

No43 配送荷台パレット 日建リース工業 (みちびき HP16、10、23)

GPS 追跡モジュール搭載パレットのレンタルサービス開始

No44 宅配業 ベントー・ドット・ジェーピー (実証資料 14-005)

準天 m 未満級信号 (L1S) を用い、自転車で移動する宅配配達者の配達先 (注文者)

までのナビゲートの実用性を実証

(2) シェアプラットフォーム

No45 自転車シェア ソフトバンクの社内ベンチャー (みちびき HP16、11、21)

GPS 自転車シェア事業の支援システム・「HELLO CYCLING」の提供を開始

(3) 移動体管理プラットフォーム

No46 移動体プラットフォーム グローバルモビリティサービス㈱ (会社HP)

GPS タクシー車両を IOT プラットフォームで監視、セキュリティ確保、リース管理

<高精度衛星測位データ利用サービスの利用サイド>

E 土地空間利用産業

1 スマート農業

(1) 事業内容

農業は、本サービスの利用産業である。

一般に農業は、農地空間上で、農家の知識・知恵を活用し、また、各種の機械器具を活用して、時系列に、作物の生育支援と収穫実施を行なう。事業的には、その作物選定から生育作業、収穫、市場への販売までの時系列での多段階の農作業プロセスを遂行して収益の獲得を図る。

最近のスマート農業では、高精度衛星測位データ利用の各種の農機の自動運転利用が開始されている。また、新しい動きとして、第4次産業革命技術を応用しての多段階の農業 IOT プラットフォーム (空間の GPS 利用) サービスを活用して、事業の全体の最適化を追求し始めてきている。これに関連する農業データ連携基盤協議会が平成 29 年 8 月設立されて、今後の農業データの利用に道が開ける。

さらに、ダイナミックな衛星リモートセンシングサービスの利用が可能となれば、ドローンを超えた範囲でのダイナミックな作物の生育状況管理が可能になる。

(2) 産業発展の方向

今後、市場で好まれる作物を、可視化した農業プロセスで、楽しい農作業の中で生産・販売して、若者の参入を増やしていくことが、生き生きとした地域社会の源泉となる。

このため、全国の農家が、これら農業データを活用して、時系列での多段階の事業最適化戦略を採用して、農業全体の生産性向上と農業所得拡大、後継者の確保、海外市場の拡大が期待されている。

(3) 先進事例

No47 IOT 環境計測 PS ソリューション (会社HP)

GPS e-kakashi による農業 IOT のサービス提供

クラウド利用で、環境データ計測、閲覧、日誌、栽培マニュアル、等の機能提供

No48 リモセン利用 伊藤園 (日経産業 17、12、28)

GPS ドローンと衛星データの併用による茶葉の育成状況把握

茶葉園ではドローン、広域は宇宙技術開発の外国衛星のデータを組み合わせ利用

No49 IT 営農サービス クボタ (会社HP)

GPS クボタスマートアグリシステムの提供 農業プロセスのクラウドによる多段階支援

No50 IT 営農サービス オプティム (会社HP)

GPS AI・IoT・ビッグデータ活用の「OPTiM スマート農業ソリューション」

農業プロセスのクラウドによる多段階支援

2 社会インフラ（土木・建設）開発・管理・維持

(1) 事業内容

社会インフラ産業は、本製品・サービスの利用産業である。

これに関する公共の土木、建築工事は、特定の土地空間上で、公共目的の設計図の内容を地上に転写すべく、労働投入、運転機器、IT サービス、等を調達・投入して、3次元の立体的な構築物を構築し、利用・維持するものである。

現在、公共工事の土木工事については、高精度衛星測位、ICT 技術を活用して測量から検査までを含む「i-Construction」制度を実施。2017 年 12 月の「新しい経済政策パッケージ」では、「i-Construction」について、2019 年度までに、橋・トンネル・ダム工事や維持管理、建築分野を含む全てのプロセスに拡大を予定している。

他方、個別の政府部局の現場では、業務プロセスの最適化のための属性情報付きの 3D モデリング手法を活用して、i 官庁建物営繕事業において BIM の試行が行なわれ、同様に、ii 土木工事の計画、設計、等業務でも CIM の試行が行なわれている。

今後、同時に、高精度衛星測位データを活用する多様な自動運転、ドローンサービス、IT サービス、等を利用すれば、事業の効率的な遂行が可能となる。

(2) 事業施策の発展の方向

今後、上記「i-Construction」制度の着実な進展を図る。

他方、将来的には、地域環境にとけ込んで利用し易い公共インフラの整備に向けて、その設計開発・工事実施・運営・維持補修の事業の時系列最適化を目指す。このため、上記の CIM と BIM を活用して、これら最適化を実現して、ライフサイクルコストの削減、納期短縮、運用とメンテナンスの効率化を目指す。

(3) 先進事例

No51 土木工事 大成建設 (みちびき HP17、9、4)

GPS ダム建設に GNSS 技術で貢献、大成建設の「T-iBlast DAM」

No52 情報化施工 安藤ハザマ (みちびき HP16、11、15)

GPS GNSS 利用で法面整形を効率化するシステムを発表

No53 i-Construction 対応 コマツ (みちびき HP16、4、7)

GPS ICT 建機に「i-Construction」対応ソリューション

No54 i-Construction 対応 コマツ、NTT ドコモ、SAP、OPTIM (会社HP)

- 準天又は GPS 民間の土木建設 IOT プラットフォームの「LANDLOG」社が設立
- No55 港内の船舶管理 東京港 (みちびき HP17、4、17)
GPS 17 年 3 月 10 日、工事用船舶の新たな航行安全対策の運用を開始
- No56 高速道路管理 首都高速と DMP (みちびき HP17、3、27)
GPS 首都高速と DMP が連携し、高精度 3 次元データを相互活用
- No57 下水道管理 横浜市、ゼンリン連携 (みちびき HP16、11、29)
GPS Android タブレットを使った下水道訓練
- No58 変異量監視 古野電気 (みちびき HP16、6、26)
GPS 新型の GNSS 自動変位計測システムを開発
- No59 空港滑走路管理 国土交通省 (日経朝 18、1、22)
GPS 18 年度から MMS 使い空港滑走路の傷みを早期に発見できる
維持管理システムを開発
- No60 建機の自動・遠隔運転 KDDI、大林組、NEC (日経産業 18、2、19)
GPS・5G 5G 利用のコントローラーでの、建機の遠隔操作無人運転を実証。

F 都市空間管理

(1) 事業内容

都市は、本サービスの利用産業である。

都市は、法令上で管轄空間が固定されて、その事業空間上で、利用者として機械作業、IT サービス、等を調達して、市民活動の効果的、効率的な支援活動を行なっている。

このため、限定都市空間の中で、政策目的に応じた最適な事業空間管理を行なう。

これまで環境・エネルギーの最適化のためのスマートシティの整備が主流であった。

今後は、産学官連携で、高精度衛星測位データを利用し、GPS 上で、都市における「人」「モノ」「コト」「環境」の活動をリアルタイムに捉え、都市空間での活動全体をデジタル化するシステムの構築を検討する。

都市活動には、具体的に様々なニーズがあるが、上記システムが出来上がれば、動く人、モノ、コト、環境（災害）の 3 次元での詳細な位置把握と移動管理が可能となるので、この視点からの新たな公共サービスの展開が可能となる。

(2) 都市空間管理の発展の方向

ダイナミックな都市空間管理支援型の具体的な用途別のプロジェクトは、以下のものが想定できる。

① エリア交通マネジメント、次世代交通システム

(渋滞管理、陸・海の無人運転、公共交通機関のスマート管理、他)

② 地域内の外国人、高齢者向けの屋内外のシームレスな 3 次元ナビゲーション

(cm 級の 3 次元位置管理、屋内外のシームレス移動、AI 利用の事故予測警告、他)

③ ごみ、電力、等のセンサーネットワーク型の公共政策 IOT 事業の実施

(ごみ収集、街灯の点灯管理、他)

④ 都市災害対策

(都市水害対策、災害被災推定シミュレーション、災害被害調査、災害応急復旧)

⑤ 各種シミュレーション

(景観シミュレーション (電線地中化、等)、風力シミュレーション、他)

(3) 先進事例

欧州の自動車部品メーカーは、スマートシティ向けの開発に注力し、ボッシュは小型大気汚染監視システム、コンチネンタルは自動車と通信する交通インフラの開発に努めている (日経産業 18、1、29)。

No61 都市空間 会津若松市

(みちびき HP17、9、6)

GPS 「OpenStreetMap (オープンストリートマップ)」の国際カンファレンスを開催

草の根で自由でオープンな地理空間情報を作成する PJ

No62 バス・タクシー接続 国交省・コガソフトウェア

(みちびき HP17、12、20)

準天 玉野市でのみちびき活用のバス・タクシー接続のバスロケシステム実証実験

No63 都市ドローン活用 自律制御システム研究所、楽天、ドコモ

(会社HP)

GPS 千葉市内での楽天のドローン配送サービスの実証実験成功 (16、11、22)

再掲 No36 GPS 東京オリンピックでの自動走行タクシーの実現に向けて協業

再掲 No37 GPS 自動運転シャトルバスにより東京港区公園で利用実証

<市場空間の拡大>

G グローバル展開

1 事業内容

今回の準天頂衛星システムによる高精度衛星測位サービスの電波が届く日本以外のアジア・太平洋地域の国・地域で、現地での新事業展開に生かす。

事業のグローバル展開については、以下の大きな3つの流れが見られる。

- (1) JAXA によって開発された「MADOCA」方式による農機の自動運転で、豪州、タイでの利用実証。その後の開発会社の設立。
- (2) L6 信号は、相手国全土に電子基準点の設置が要請されており、現状では、日本と北米、欧州での高精度衛星測位利用サービスとの棲み分け方式。
- (3) これまでの GNSS (GPS) での受注事業の高度化。

2 産業発展の方向

当面、「MADOCA」方式でのアジア・太平洋展開が期待される。

欧州ガリレオの E6 信号と「MADOCA」方式の互換性が担保できれば、機器、提供サービスの利用市場拡大が見込まれる。

並行して、タイを先行事例として、電子基準点システムの ODA 等による支援が進展すれば、L6 信号システムのシステム輸出が可能になる。

3 先進事例

No64 グローバル展開 日立造船他5社

(みちびき HP17、9、17)

- 準天 「グローバル測位サービス株式会社」設立
- No65 グローバル展開 三菱電機、BOSH、他 (みちびき HP17、8、26)
- 準天 高精度 GNSS 測位サービスの合弁サブコルダサービス設立 (日本準天頂、欧・北米先方)
- No66 タイ インクリメント P (みちびき HP16、12、5)
- GPS タイで舗装劣化を把握する実証実験を開始
- No67 シンガポール 三菱重工 G (みちびき HP16、3、18)
- 準天 シンガポールで測位衛星を利用した電子式道路課金システムを受注
- No68 タイ 豊田通商、ゼンリンデータコム、マゼランシステム (みちびき HP18、2、6)
- 準天 18 年 3 月 タイバンコクで、MADCOCA 利用での車線単位でのルートガイダンスの実証試験

IX まとめと産業発展の方向、利用社会の構築

(1) 新時代の到来

2018 年 11 月、世界に先駆けて高精度衛星測位情報の提供が開始される予定で、日本は世界に先駆けて高精度衛星測位データ利用時代を迎えようとしている。

(2) 新しい構図、発展の方向の提示

今回の報告で新たに以下の 2030 年を展望した 2 つの構図と 1 つの産業発展の方向を提示して、それぞれ、各先進事例でそれらの妥当性を確認した。

- ① 産業発展に向けたイノベーション要素の構図
- ② 高精度衛星測位データ利用社会の構図 (Society 5.0 の主要部)
- ③ 2 つの構図からみた主要な産業、事業分野の発展の方向

(3) 分野別の産業発展の方向

① 製品・サービス提供産業

個別の産業、事業別の発展の方向は、先進的な事例の説明の際、述べている。

他方、この 11 月に高精度衛星測位信号のサービス提供が開始される予定であるので、現状の各先進事例の提供サービスでは、GNSS (GPS) 利用のケースが多く見受けられる。各事業モデルで、高精度衛星測位信号を利用すれば、サービスの高精度化が容易になる。

また、今後、Society5.0 での課題解決のためにも、「産業発展に向けたイノベーション要素の構図」の新技术・サービスを活用しての新たなコンセプトでの新事業開発と市場提供が期待されている。

また、今後、2020 年の東京オリンピックにおけるデモンストレーションに向けての東京、特定地域でのバス、タクシーの自動走行サービス、等の提供に向けての利用実証が加速して行こう。

② 製品・サービス利用産業

通常、自動運転サービスを含む新しいモビリティサービスによる「移動革命の実現」

に光が当たる。

他方、Society5.0の太宗を占める本社会での達成価値には、動かない農業、社会インフラ提供事業及び都市空間管理事業の最適化による事業展開と利用者への効果的・効率的な商品・サービス提供が不可欠である。

即ち、高精度衛星測位データ事業を利用して、農業の多段階時系列最適化、社会インフラのBIM・CIM利用の多段階時系列最適化、都市空間管理事業の内部事業空間の各事業における事業最適化を実行して、生き生きとした市民・社会活動を支える各商品、サービス提供を実行していく必要がある。

(4) 事業成功に向けてのキーファクター

3次元での高精度衛星測位信号・データの活用が可能となって、各種の機器、ソフトウェアによって3次元空間のCPSの利用が可能となった。これにより、各事業・ビジネスモデルに応じたサイバー空間上でのデータ、運行管理システム設計と地上空間での巧みな実オペレーションの両立が、それぞれの事業成功の鍵を握る。

(5) 高精度衛星測位データ利用社会の構築

「本社会」では、「Society5.0」で追求する達成価値の内の3項目である「移動革命の実現」、「サプライチェーンの次世代化」、「快適なインフラ・まちづくり」については、各分野の利用主体が、供給サイドの各事業者が提供する本製品・サービスを利用して、実現していくものである。

これまでの整理で今後想定される社会のイメージは、各分野に応じ、自動運転社会、スマート交通社会、スマート農業社会、最適化インフラ社会、スマート都市空間社会、等である。

その際、多様な事業・ビジネスモデル上のイノベーションを実現するためには、既存の制度の枠組みを換えて、新時代に即した先導的な制度設計が不可欠となる。

具体的には、各種の自動運転規制（道路交通法、等）、ドローンの運行規制（航空法）、公共のインフラ建設規制、都市空間管理規制、等の革新が期待されている。

官民ITS構想ロードマップ2017では、その社会的受容性、産業構造へのインパクトのための枠組みとして、一般（利用者）、産業、行政（制度整備）を活用しているが、その自動運転に係る社会的期待として、以下の2つのルートを想定している。

第1は、現状の道路交通社会の抱える課題を解決して、「より安全かつ円滑な道路交通社会」の実現を目指している。

第2は、現状の移動に関する制約に対し、「より多くの人が快適に移動できる社会」の実現を目指している。

今後の自動運転に向けた制度整備の動きとして、2018年3月30日、内閣の「未来投資会議」で、「自動運転に係る制度整備大綱」が決定されている。

ここでは、2020 年頃の自動運転イメージ、即ち、i 自家用自動車の高速道路での自動運転、ii 限定地域での無人自動運転移動サービスを基に、今後、i 車両の安全確保、ii 交通ルール の在り方、iii 走行環境条件の設定、iv 責任関係、等について取り組む。

また、ドローンの運行規制についても、2017 年 12 月の「新しい経済政策パッケージ」において、「ドローンについて、2018 年に山間部等における荷物配送を実施し、2020 年代には都市でも安全な荷物配送を本格化すべく、補助者を配置しない目視外飛行や第三者上空飛行など高度な飛行を可能とする技術開発や制度的対応を進める」としている。

今後、これら活動により、各分野での制度整備が、技術イノベーションをリードする形でなされていけば、この「高精度衛星測位データ利用社会」の構築がなされよう。

(6) 今後の展開

今回、2018 年 11 月から、準天頂衛星からの高精度衛星測位信号の提供開始となったので、その提供開始後の来年 4 月頃の、①高精度衛星測位データ利用産業の分野別の取り組み動向、②分野別の革新的な先進事例、③各先進事例から見える今後の産業発展に向けての切り口、等、を 2019 年夏までに取りまとめる必要を感じている。その際の手法・フレームワーク、等については、本論文の内容を改善しつつ継続使用可能である。

については、今後、然るべき場所で、日本の中長期的な高精度衛星測位データ利用産業の産業発展、事業革新の方向と課題をあぶり出して行きたいと考えている。

(参考文献)

- 1 「IoT、CPS を活用したスマート建設生産システム」 産業競争力懇談会 2016 年 3 月
- 2 「Society5.0 実現による日本再興」日本経営者団体連合会 2017 年 2 月
Ⅱ (1) 「官民連携による都市活動全体のデジタル化・最適化」
- 3 地理空間情報活用推進基本計画 (第 3 期) 内閣府 2017 年 3 月
- 4 同基本計画での重点施策の工程表 内閣府 2017 年 3 月
- 5 「官民 ITS 構想・ロードマップ 2017」 2017 年 5 月 30 日 内閣官房 IT 総合戦略室
- 6 「空の産業革命に向けたロードマップ」 2017 年 5 月 19 日 小型無人機官民協議会
- 7 「2020 年の 5G 実現に向けた電波政策」 2016 年 総務省総合通信基盤局
- 8 「スマート農業バイブル」 2016 年 産業開発機構(株)
- 9 「建設 IT ガイド 2017」 2017 年 (一般) 経済調査会
- 10 「すべてわかる 5G/LPWA 大全 2018」 2017 年 日経 BP 社
- 11 「モビリティ革命 2030」 2017 年 日経 BP 社
- 12 「モビリティ進化論」 2018 年 日経 BP 社
- 13 「自動運転の開発動向と技術課題」 2017 年 情報管理 2017 年 7 月
- 14 「改正航空法の概要と最近の動向」 2017 年 12 月 国土交通省航空局
- 15 「自動運転と法」 2018 年 1 月 藤田友敬編 有斐閣
- 16 「戦略的イノベーション創造プログラム」 2018 年 4 月 1 日 内閣府
 - 自動走行システム
 - アグリイノベーション

日本の高精度衛星測位データ利用産業の発展方向と

その利用社会の構築に向けて

図表集

図表 1 準天頂衛星の測位信号の概要

No	名称	測位信号	説明
1	衛星測位サービス	L1C, L1C/A, L2C, L5 GPS補完(互換)信号	準天頂衛星からGPSと同一周波数・同一時刻の測位信号を送信することにより、GPSと一体となって使用して測位をすることができるサービスである。
2	m未満級測位補強サービス	L1S GPS補強信号	電離層情報などの誤差軽減に活用できる情報(m未満級測位補強情報)を準天頂衛星から送信して、衛星測位による誤差を減らす。このサービスは、主に歩行者、自転車、船舶などの利用を想定している。
3	cm級測位補強サービス	L6 GPS補強信号	国土地理院の電子基準点のデータを利用して補正情報を計算し、現在位置を正確に求めるための情報(cm級測位補強情報)を準天頂衛星から送信する。
4	災害・危機管理通報サービス	L1S	防災・危機管理の政府機関から、地震、津波などの災害情報、テロなどの危機管理情報、避難勧告などの発令状況について、準天頂衛星から送信するサービスである。
5	衛星安否確認サービス	Sバンド 静止衛星利用	災害時における、避難所の情報を静止準天頂衛星経由で管制局に送信し、収集する手段として利用を検討している。
6	SBAS配信サービス	L1Sb 静止衛星利用	準天頂衛星の静止軌道衛星を用い、航空機などに対して測位衛星の誤差補正情報や不具合情報を提供するSBAS(衛星航法補強システム)信号を配信するサービスである。2020年頃から配信予定。

出所: 内閣府「みちびき」HP

図表 2 第四次産業革命の主要展開構造図

2018,3,5 版	
(1) 製造業・モノの革新	
① インダストリー4.0 独	サイバーフィジカル上で、IoT, AI技術により、工場内の縦系列の設計・生産と横系列の複数企業間のサプライチェーン間の同期化を実行して、マスカスタマイゼーションによる最適生産、物流、販売を実現。（顧客の欲しい物を量産、資源の最適利用、在庫減、スピードの経済）
② インダストリアルインターネット 米	サイバーフィジカル上で、IoT, AI技術により、商品ライフサイクルにおける商品データ起点の商品の保守、点検、交換の最適化と商品のライフサイクル価値の最大化を実現。ビジネス全体をサービスモデル化へと転換させる。
③ 動くモノ対象に、衛星測位、AI、等による認識・判断・操作の自動運転化 (自動車、建機、農機、ロボット、ドローン)	
④ 個別受注生産のスピード化 (3Dプリンティングによる自動化)	
(2) サービスの革新	
① シェアモデル	位置情報・AI利用での空き自動車のサイバー空間での需給マッチング (UBER) 位置情報・AI利用での空き部屋のサイバー空間での需給マッチング (AirB&B)
② IoT, BD, AI技術を活用して顧客願望に応じた各種新サービスの創出 (含む宇宙)	データ取得 — 認識と分析 — マッチング・予測 — 実行(最適化)
③ カスタマイズされたサービス (個別化医療、個別化教育)	
④ 仮想現実(VR)、拡張現実(AR)による新エンタメサービス	
出所：筆者作成	
注：1 本構造図は、筆者が「第4次産業革命」でカバーしている領域の内、本論文で必要な領域に絞り、かつ、モノ・サービス別で各新事業モデルを体系的、機能的に説明するために作成した。	
2 新しい宇宙利用との関係が深い領域を赤字としている。	

図表3 第5世代移動体通信（5G）技術の構造と利用体系

（1） 要求性能の高度化と多様化

- ① 超高速 20Gbps （現状 1 Gbps） 20 倍
- ② 多数同時接続 100 万デバイス/Km （現状 10 万デバイス/Km） 10 倍
- ③ 超低遅延 1 ms （現状 10ms） 10 分の 1

（2） 想定技術利用分野と推進モデル

① ウルトラブロードバンド

超高速同時配信	ワイヤレス臨場感	高性能イメージセンサー
（ スタジアム ）	（ ワイヤレス VR ）	（ オフィス、工場 ）

② ワイヤレス IOT

ワイヤレスネットワーク融合	大多数同時接続	ワイヤレスプラットフォーム
（ スマートシティー ）	（ 広域 IOT ）	（ データの管理 ）

③ 次世代 ITS

次世代コネクテッドカー	超低遅延車車間通信	高速移動体用超高速通信
-------------	-----------	-------------

（3） 想定利用業種

スポーツ、	エンターテインメント、	オフィス
健康・介護、	スマートハウス、	小売
農林水産、	スマートシティー、	移動・物流

図表 4 産業発展に向けたイノベーション要素の構図

1 宇宙系のイノベーション要素の活用

(1) 高精度衛星測位データの利用

(2018 年 4 月 準天頂衛星 4 機体制での cm 級誤差、災害情報提供等)

(2) ダイナミックな高分解能リモセンデータの利用 アクセルスペース社

(2018 年中 2.5m 解像度、1 日 1 回のデータ提供、画像認識 AI 利用)

(3) 全球高速インターネット提供への開発 Onweb 社 (ソフトバンク出資)

(2020 年、オペレーション開始予定、陸上、海上等、全球での
高速インターネット提供サービス)

2 地上系のイノベーション要素の活用

(1) 第 4 次産業革命関連の IOT、ビッグデータ、AI モデルの活用

データ取得—認識・判断—将来予測—行動の最適化

(2) 第 5 世代移動体通信 (5 G) の整備・活用

2020 年商用化目標

② 超高速 (ウルトラブロードバンド)

② 多数同時接続 (ワイヤレス IOT)

③ 超低遅延 (次世代 ITS)

(3) 空間のサイバー・フィジカル・システム (CPS) 技術の活用

① 高精度 3 次元道路地図 (MMS の活用)

② アプリケーション別の屋内外の高精度 3 次元空間地図活用

(3 次元ナビ、防災、社会インフラ、交通管理、経路管理、等)

③ シェアモデル上の地図情報等利用での遊休資産の需給マッチング

④ 3D モデリングによる土木用 CIM、建築用 BIM の活用

図表5 高精度衛星測位データ利用社会の構図

Society 5.0

①健康寿命の延伸 ②移動革命の実現③サプライチェーンの次世代化④快適なインフラ・町作り ⑤フィンテック

高精度衛星測位データ利用社会

制度整備

自動運転規制、ドローン運行規制、インフラ建設規制、都市管理規制、等

＜高精度衛星測位データ利用製品・サービスの利用サイド＞

利用区分（人・モノ・動物の移動、安全、その他）（土地空間利用）（都市空間利用）（利用市場開拓）
主体目的 ① 個人・企業・政府利用 ② 農業 ③ 公共インフラ ④ 都市空間管理 ⑤ グローバル市場

↑ 社 会 浸 透 ↓

主体 ①受信機 ②個人向 ③移動関連 ④物流・シェア・移動体 ⑤農業支援 ⑥土木・建設 ⑦都市支援 ⑧グローバル展開

＜高精度衛星測位データ利用製品・サービスの供給サイド＞

図表6 2つの構図からみた主要な産業、事業分野の発展の方向

A 高精度衛星測位データ利用機器・サービスの供給サイド

- ① 受信機開発
- ② 個人向けサービス
 - i 位置情報利用の高精度化、3D化
 - ii 安心、安全の確保の進化
 - iii スポーツ、ウェアラブルの進化
- ③ 移動関連産業（移動革命の実現に向けて）
 - （自動運転に向けて）
 - i 車種毎の自動運転の具体化
 - 乗用車、トラック・運搬車、農機、建機、除雪車、ロボット、ドローン
 - ii 自動運転システム、3次元道路地図・空間地図、カーナビ、プローブデータ提供の進化
 - （新モビリティサービス提供）
 - iii 交通の自動化（バス、タクシー）
 - iv 鉄道の進化
 - v 海運の進化
- ④ 物流、シェア、移動体管理プラットフォーム
 - i サプライチェーン（物流）の進化
 - ii シェアプラットフォームの進化
 - iii 移動体管理プラットフォームの進化

B 高精度衛星測位データ利用サービスの利用サイド

- ⑤ 土地空間利用産業
 - i スマート農業の進展
 - ii 社会インフラ（土木・建設）の開発・管理・維持の進展
- ⑥ 都市空間管理オペレーションの進展

C 市場空間の拡大

- ⑦ グローバル展開

高精度衛星測位データ利用事業の先進事例 68事例

別表

番号	測位区分	機能区分	企業名	事業概要	出所
A 高精度衛星測位データ利用機器・サービスの供給サイド					
I 受信機開発					
No1	準天	受信機開発	三菱電機	センチメートル級高精度測位端末AQLOCの受注を開始 小型のL6信号等の受信機、アンテナ開発	みちびきHP17、12、7
No2	準天	受信機開発	マゼランシステムズ ジャパン	みちびき対応多周波マルチGNSS受信機に総務大臣賞 2018年秋チップ化商品市場投入 みちびきのL6信号対応の「次世代準天衛星対応多周波マルチGNSS高精度受信機開発」の事業化 (L6信号とMADOCの切り替え対応)	みちびきHP17、10、8
No3	準天	受信機開発	コア	みちびきのcm級測位を実現する受信機の開発に着手	みちびきHP17、7、19
No4	準天	受信機開発	日本無線	みちびきのセンチメートル級測位に対応したチップ開発に着手	みちびきHP17、1、20
No5	準天	受信機開発	三菱電機、ユーブロックス	L6信号受信チップ開発で連携 2018年4月 チップの市場提供予定 cm級測位誤差対応の自動車向け受信チップ開発における連携に合意、受信チップを自動車の「高精度ロケータ」などに適用	みちびきHP16、10、6
II 個人向けサービス					
1 位置情報					
No6	GPS	位置情報アプリ	Niantic, Inc. 株ポケモン	ポケモンGOが自治体と協力して周遊マップを作成 岩手県、宮城県、福島県、熊本県、京都府との観光振興連携	みちびきHP17、3、14
No7	準天	位置情報アプリ	金沢工業大学	金沢市の観光ガイド“まいどさん”の言葉にm未滿級誤差位置情報(LIS)付加した多言語対応コンテンツ	実証資料 15-009
2 安全					
No8	GPS	個人見守り	OFF Line株	南相馬市でドローン見守りサービスのデモ実験に成功 GPS位置情報とIoT、LoRa(広範囲で省電力な無線規格)、などの新技術の組合せ m未滿級信号(LIS)を利用して学校施設向けサービスで、災害・危機管理・通報サービス、衛星安否確認サービスの送受信、等の送受信の利用実証	みちびきHP17、4、15
No9	準天	ドローン見守り	富士ソフト株		実証資料 14-009
3 健康、スポーツ、ウェアラブル					
No10	GPS	スポーツ位置情報	NTTグループ企業	横浜のトリアスロン、NTTがGPS追跡データの収集・配信実験 GPSと無線LAN通信を活用して競技中の選手データをリアルタイムで収集・配信する	みちびきHP17、6、6
No11	GPS	スポーツ位置情報	アシックス他	「ライブラリ・トレーニングシステム」の導入 高精度測位のスポーツ活用セミナーでの製品展示 ① ウェアラブル型GPS位置情報発信機、② ヘッドフォン型ランニングデバイス、 ③ RTK GNSS受信機を装備した帽子	みちびきHP17、4、2
No12	準天	マラソンコーチ	アシックス	マラソン大会でみちびき信号によるリアルタイムコーチングを実施 コーチ役のトップランナーが後続ランナーにコース攻略法を伝えるウェアラブルシステム活用	みちびきHP16、11、10

Ⅲ 移動関連産業（移動革命の実現に向けて）					
1 機種毎の自動運転の具体化					
(自動車)	準天	車自動運転	三菱電機	自動運転技術搭載車「xAUTO」実証実験の実施成功 cm級測位誤差の自動運転車での利用成功	みちびきHP17、11、08
No13					
(トラック・運搬車)					
No14	GPS	トラック隊列走行	豊田通商	「トラック隊列走行の実証事業」を受託 自動走行技術を用いた後続車無人のトラック隊列走行	みちびきHP16、9、24
No15	準天	飛行場内自動運転車	富士通ネットワークソリューション、アビコムジャパン	飛行場内での自動運転による貨物運搬車関連の共同実証試験の実施 18年2月より、場内の貨物運搬車、整備車、作業員の位置、等を把握し、システム化へ	日経産業18、1、30
(農機)					
No16	準天	トラクター自動走行	準天頂衛星システム	みちびきのcm級測位補強サービスの信号を利用の農業用トラクターの自動走行実証実験に成功	みちびきHPイベント
No17	GPS	自動田植機	サーベス㈱ トプコン	L6信号利用 クボタ、井関農機、ヤンマーの参加、北海道大学 MADOGA方式利用による自動走行に成功 千葉県の水田で自動田植機の実証実験を開始 高精度GPS活用の自動田植機の開発実証	17、10、30 みちびきHP17、5、25
(建設)					
No18	GPS	ダンプ無人走行	コマツ	無人ダンプトラック運行システムの提供 https://home.komatsu.jp/company/tech-innovation/solution/	会社HP
(除雪車)					
No19	準天	除雪車自動運転	NEXCO東日本	みちびきを活用した除雪車運転支援システムを試行導入 2018年1月から北海道支社で試験導入	みちびきHP17、11、07
No20	準天	農業用自動走行ロボット	フューチャアグリ株	非目視状況への自動運転技術の応用 準天頂衛星を活用した自律走行台車ロボットの実証	実証 16-005
No21	GPS	自律走行ロボット	シャープ	狭い園内でcm級の測位誤差活用の台車ロボットの走行実証試験の実施 GPSによる屋外自律走行監視ロボットを米国で発売 現在地を把握しながら、あらかじめ設定された巡回ルートを自律走行。カメラを搭載し、本体の周囲を常時撮影。	みちびきHP17、7、20
(ドローン)					
No22	準天	ドローン自動輸送	日立造船	熊本でみちびき利用のUAVによる物資輸送実験成功 GPS、「みちびき」測位信号を受信しRTK-PPPIによる高精度な位置決定による、出発地と着陸地を指定した自律飛行	みちびきHP17、1、3
No23	GPS	ドローン安全運行	ゼンリン、東電	ドローン安全飛行を可能にする「ドローンハイクウェイ構想」で提携 面社が保有する設備・地図情報などのインフラデータを組み合わせ、ドローンの安全飛行をインフラ側から支援	みちびきHP17、4、4
No24	GPS	ドローン自律飛行	KDDI、プロドローン、ゼンリン	ドローン運用管理専用基盤「スマードローン」で業務提携 プラットフォーム上で機体、3次元地図、運行管理、5G利用、等のサービス提供基盤形成	みちびきHP16、12、22
No25	GPS	ドローンリモセン	三菱商事、日立の合併	ドローンのリモセンサービス事業のスクイマテイクス社設立 上空からのデータ取得とクラウドによるデータ解析、産業用大手プロドローンに出資・連携 情報提供の進化	みちびきHP16、12、12
2 自動運転システム、3次元道路・空間地図、カーナビ、プロンプ情報提供の進化					
No26	GPS	自動運転システム	NVIDIA	AI利用の自動運転の車載機、クラウド上処理システム、高精度地図作成システムの提供 (トヨタ、アウディ、ベンツ、ボルボ、テスラ採用)	会社HP
No27	準天	高精度3次元道路情報	ライトハウスTC	全国主要道路のGNSS生観測データ収集を開始 高精度衛星測位に必要なデータパッケージ「Mobile GNSS Field Data set」を構築	みちびきHP17、3、16
No28	GPS	3次元道路地図	パイオニア、HERE	自動運転向け地図作成で基本契約を締結 「グローバル地図サービス」提供自動運転向けのグローバル高精度地図サービスの共同化に向け評価を開始	みちびきHP17、7、14
No29	GPS	車載機（ETC）	パナソニック	ETC2.0を利用できるGPS付き車載機の発売 GPS利用の経路情報による料金割引、道路運転支援サービス提供	みちびきHP17、4、4
No30	GPS	カーナビの店舗誘導	ゼンリンデータコム	カーナビ向け店舗誘導サービスを共同開発 位置情報、趣味嗜好に合わせた周辺のお勧めスポット提示、広告配信の実証	みちびきHP16、11、16
No31	GPS	走行プロンプ情報	博報堂DY	通行実績マップを見られる無料ナビアプリの提供開始 「プロンプ交通情報」、「通れた道マップ」を無料で閲覧可能に	みちびきHP16、12、24
No32	GPS	走行プロンプ情報	パイオニア	プロンプカーから収集した「通行実績データ」を提供開始 日本全国の道路の1時間毎の通行実績データの提供開始	みちびきHP16、11、26

B 高精度衛星測位データ利用機器・サービスの利用サイド

V 土地空間利用産業

1 スマート農業の進展

No	機器	サービス	PSソリューション	e-kakashiiによる農業IoTのサービス提供	会社HP
No47	無	IOT環境計測	PSソリューション	クラウド利用で、環境データ計測、閲覧、日誌、栽培マニュアル、等の機能提供	日経産業 17、12、28
No48	GPS	リモセン利用	伊藤園	ドローンと衛星データの併用による茶葉の育成状況把握	会社HP
No49	GPS	IT営農サービス	クボタ	茶葉園ではドローン、広域は宇宙技術開発の外国衛星のデータを組み合わせ利用	会社HP
No50	GPS	IT営農サービス	オプティム	クボタスマートアグリシステムの提供	会社HP
No51	GPS	IT営農サービス	オプティム	農業プロセッサのクラウドによる多段階支援、農機の自動運転と組み合わせると、ほぼ多段階最適化	会社HP
No52	GPS	IT営農サービス	オプティム	AI・IoT・ビッグデータの活用「OPTIM スマート農業ソリューション」	会社HP
No53	GPS	IT営農サービス	オプティム	農業プロセッサのクラウドによる多段階支援 農機の自動化以外は多段階最適化を目指している。	会社HP

2 社会インフラ(土木・建設)開発・管理・維持の進展

No	機器	サービス	PSソリューション	e-kakashiiによる農業IoTのサービス提供	会社HP
No51	GPS	土木工事	大成建設	ダム建設にGNSS技術で貢献、大成建設の「T-iBlast DAM」	みちびきHP17、9、4
No52	GPS	情報化施行	安藤ハザマ	GNSS-RTK技術、地中掘削技術、等の統合利用	みちびきHP16、11、15
No53	GPS	i-Construction	コマツ	GNSS利用で法面整形を効率化するシステムを構築	みちびきHP16、4、7
No54	GPS	i-Construction	コマツ、NTT ドコモ、SAP OPTIM	GNSS利用で刃先の絶対位置を管理、自動的に設計面に応じた法面整形実行	会社HP
No55	GPS	港内の船舶管理	東京港	ICT建機に「i-Construction」対応のソリューションサービスを提供	みちびきHP17、4、17
No56	GPS	高速道路管理	首都高速、ダイナミックマップ	民間の土木建設IoTプラットフォームの「LANDLOG」社が設立 17年10月	みちびきHP 17、3、27
No57	GPS	下水道管理	横浜市、ゼンリン連携	土木建設プロセッサ全機のデータ収集、データを理解可能な形式に加工し提供を行うオープンなIoTプラットフォーム設立	みちびきHP16、11、29
No58	GPS	変異量監視	古野電気	Androidタブレットを使った下水道訓練	みちびきHP16、6、26
No59	GPS	空港滑走路管理	国土交通省	電子地図上で現在地とマンホールの位置関係を把握し、調査後の情報入力、写真撮影・登録実行	日経産業 18、1、22
No60	GPS 5G	建機の自動・遠隔運転	KDDI、大林組、NEC	新型のGNSS自動位置計測システムを開発	日経産業 18、2、19

VI 都市空間管理オペレーションの進展

No	機器	サービス	PSソリューション	e-kakashiiによる農業IoTのサービス提供	会社HP
No61	GPS	都市空間	会津若松市	「OpenStreetMap(オープンストリートマップ)の国際カンファレンスを開催。	みちびきHP17、9、6
No62	準天	バス・タクシー連携	国交省・コガソフウェア	自由でオープンな地理空間情報を基に作るプロジェクト	みちびきHP17、12、20
No63	GPS	都市ドローン活用	自律制御システム研究所 桑天、ドコモ	玉野市でのみちびき活用のバス・タクシー連携のバスロケーションシステム実証実験	会社HP

C 市場空間の拡大

Ⅷ グローバル展開

No	機器	サービス	PSソリューション	e-kakashiiによる農業IoTのサービス提供	会社HP
No64	準天	MADOC	日立造船他5社	「グローバル測位サービス株式会社」設立	みちびきHP17、9、17
No65	準天	MADOC	三菱電機、BOSH、他	MADOC方式によるアジア・太平洋地域へのサービス 本方式の研究開発、L6E信号利用で電波提供	みちびきHP17、8、26
No66	GPS	タイ	インクリメントP	高精度GNSS測位サービス 日本は準天頂、欧州・北米は同社との連携	みちびきHP16、12、5
No67	準天	シンガポール	三菱重工	タイで舗装劣化を把握する実証実験を開始	みちびきHP16、3、18
No68	準天	MADOC	豊田通商、ゼンリン子会社	調査車両に「道路ハットロール支援サービス」を搭載し、走行時の振動、位置情報を常時収集で路面状態を把握	みちびきHP18、2、6