



# 研究発表講演会

## アブストラクト集

**Session1** 座長：吉田大介（大阪公立大学 大学院）

**S1-1. 低軌道衛星を利用した電離圏プラズマバブルの観測に関する研究**

著者：仲瀬寛輝<sup>1</sup>，辻井利昭<sup>2</sup>（1 大阪府立大学 2 大阪公立大学）

電離圏で発生するプラズマバブルは測位システムに大きな影響をもたらすが、この現象に関する研究はまだ発展途上にある。これまで行われてきた電離圏不規則構造の観測については、主に地上で行われるのがほとんどであり、地上での観測量やその範囲には限度があった。このような電離圏擾乱の観測をより効果的に効率的に行う手段として、地球低軌道を周回する衛星（LEO 衛星）によって観測を行うことに着目した。LEO 衛星を利用することにより、より広範で多様な観測データが得られると見込まれる。本研究では、LEO 衛星において GPS 衛星信号を利用したプラズマバブルの観測のシミュレーションを通し、電離圏擾乱現象の観測手法に関する検討と評価を行う。

**S1-2. GPS 信号の種類に応じた重みづけによる GPS の測位精度の評価**

著者：秋月勇樹<sup>1</sup>，辻井利昭<sup>2</sup>（1 大阪府立大学 大学院 2 大阪公立大学）

GPS 測位は、都市部などの高い建物に囲まれた環境や、山間部などの木々に囲まれた環境において、測位精度が大きく劣化する。これは、GPS 信号が反射波を含むことが原因であり、反射波を除外することで測位精度を改善することができる。しかし、反射波を除外しすぎると、可視衛星数の減少や衛星の幾何学的配置の悪化し、逆に測位精度の悪化や測位可能なエポック数の減少につながる。本研究では、GPS 信号の種類に応じて重みづけを行い、測位精度を改善することを目的とする。

### S1-3. イチゴ自動受粉ロボットにおける移動ベクトルの高精度推定

著者：林宏樹，佐々本奈緒，久保幸弘（立命館大学）

現在，全世界衛星測位システム(Global Navigation Satellite System; GNSS)はさまざまな場面で使用されており，その測位精度に対する要求はますます厳しくなっている．本研究では低速で移動と停止を繰り返すイチゴ自動受粉ロボットに焦点を当て，その移動ベクトルを GNSS を用いて高精度に推定する．GNSS の測位方式は大きく相対測位と単独測位に分けられ，移動ベクトルは相対測位を用いて高精度に推定できる．しかし，受信機が 2 台必要でありコストが高い．そのため，受信機一台で行う単独測位で相対測位の精度を実現しコストを抑えることを目標とする．

### 特別講演 座長：辻井利昭（大阪公立大学）

空の移動革命への挑戦 ～日本発 空飛ぶクルマと物流ドローンの開発～

著者：岸信夫（株式会社 SkyDrive 取締役最高技術責任者）

株式会社 SkyDrive は「100 年に一度のモビリティ革命を牽引する」をミッションに、「日常の移動に空を活用する」未来を実現するべく、「空飛ぶクルマ」及び「物流ドローン」を開発しています。

「空飛ぶクルマ」は、国内で唯一有人飛行試験を実現し、2025 年大阪ベイエリアからのサービス開始を予定しています。

「物流ドローン」は、山間部の作業現場での活用により、重労働負荷を減らしています。空を日常的に活用するプロダクトの開発状況や、目指していく未来をお話しします。

### Session2 座長：小矢美晴（神戸市立工業高等専門学校）

#### S2-1. 物体検出手法とセグメンテーション手法を組み合わせたコンクリート構造物のひび割れ検知システムに関する研究

著者：小見大騎<sup>1</sup>，亀山智仁<sup>2</sup>，吉田大介<sup>1</sup>，上田直生<sup>3</sup>

(1 大阪公立大学 大学院 2 大阪市立大学 3 有限会社ロケージング)

近年、インフラの老朽化が社会問題となっている。一般的にインフラの寿命は建設後 50 年といわれているが、寿命を超えたインフラの数は年々増加している。例として港湾岸壁では、建設後 50 年以上経過した設備の割合が 2018 年時点で 17%を占め、2033 年には 58%に達すると予測されている。インフラにはコンクリート構造物が数多く存在し、それらは定期的に施設管理者による目視点検が行われているが、技術者の不足などの問

題により詳細な点検が適切に実施できないといった状況が今後十分に考えられる。このような問題に対して、より省人化され効率的な点検手法が求められており、様々な研究開発が行われている。本研究では、点検項目の一つであるひび割れに着目した検知システムを開発することで前述の問題解決に取り組む。ひび割れ検知システムの入力データはドローンによる空撮画像を使用した。ドローンの自動飛行機能を用いることで、操縦者の技量に依存せず一定の品質の画像を撮影できるため、広範囲の点検を効率的に行うことができる。ひび割れ検知時の検知精度を高めるために、誤検知の多いオブジェクトに対してセマンティックセグメンテーションを用いたマスク処理を前処理として導入し、ひび割れ検知は物体検出手法を用いて行った。ひび割れ検知処理では、入力データを細かく分割した画像にした結果、ひび割れ検知精度の向上が見られた。最後に、本研究の手法による検知結果から最適な撮影高度を検討し、目視による点検結果と比較することで精度の検証を行った。

## **S2-2. ドローン空撮画像を用いた地表の着陸安全性評価に関する考察**

**著者： 高千代紗都子, 菊本智寛, 浦久保孝光 (神戸大学)**

ドローンの活用が進むにつれ、緊急着陸時など未知環境での自動着陸が求められる。我々は、高度約 100m からの空撮画像を用いて、着陸可能な地表領域を求める手法について研究を進めている。具体的に、着陸安全性を評価する指標として、草、道路、土などの地表の種類、地表の平坦さ、画像上の周辺領域の色差の 3 つを考え、それらをスコア化して統合する手法を提案している。本発表では、この概要を紹介し、指標の統合による効果について考察する。

## **S2-3. 環状ネットワークにおける分散協調型 Unscented カルマンフィルタを用いたマルチロボット SLAM**

**著者：山崎颯太, 鷹羽浄嗣 (立命館大学)**

複数のロボットが自己位置推定と地図作成を同時に行うマルチロボット SLAM において、複数のセンサ情報から状態を推定する手法として、各センサノードがネットワークを形成し、お互いの持つ情報を通信することで推定を行う、分散協調型カルマンフィルタが用いられる。

SAPT 第三回研究講演会で発表された先行研究[鷹羽, 辻, 大橋: “環状ネットワーク上の分散型 Unscented カルマンフィルタ”]では、環状センサネットワークにおいて、事前推定値と事前誤差共分散行列をセンサノードが通信することで、ベイズ推定に基づいて最適な推定を行うアルゴリズムが提案された。提案手法では、全センサ情報を利用する手

法に近い精度で推定を行えることが確認された。

マルチロボット SLAM では SCI'17 で発表された、合意型分散カルマンフィルタを用いた先行研究[笹岡，岸本，鷹羽：“分散型拡張カルマンフィルタを用いたマルチロボット SLAM”]があるが、合意アルゴリズムを用いて各ロボットの推定値の均一化をした場合の推定精度の劣化が問題として挙げられた。また、ここで利用していたアルゴリズムでは最適性については保障されていなかった。

本発表では各ロボットをセンサノードと見立て、環状センサネットワークにおいて、ベイズ推定に基づいて最適な推定を行う分散協調型 Unscented カルマンフィルタをマルチロボット SLAM に適用する。数値実験には実際の実験データから得られる観測情報を用いた。また、通信を行わない場合の SLAM との比較を行い、提案手法では推定精度が改善されていることを確認した。

#### S2-4. カメラベクトル映像法による水路河川管理の要求仕様に関する研究

著者：浅里幸起<sup>1</sup>，清水悦郎<sup>2</sup>，梅田綾子<sup>2</sup>，高木宗房<sup>3</sup>，鶴瀬隆一郎<sup>4</sup>，関口隆<sup>4</sup>

(1 宇宙システム開発利用推進機構 2 東京海洋大学 3 埼玉大学

4 株式会社岩根研究所)

カメラベクトル(CV)映像法は、8K 相当の高精彩な全天球カメラで画像計測することにより、時間推移できる映像型の三次元空間モデルを構成する方法である。本研究では、東京都心の河川において、実際に船舶上から CV 映像法で計測し、三次元空間モデルを構成して、水路・河川管理に適用するための要求仕様を検討した。その結果、水路から計測する CV 映像法を用いて、高精度衛星測位や測量基準点を利用することで、水路・河川管理に要求される仕様と対応付けられることを明らかにした。

### Session3 座長：浦久保孝光（神戸大学）

#### S3-1. GNSS/INS 測位における観測行列に基づくプロセスノイズ設定に関する考察

著者：高山洋史<sup>1,2</sup>，浦久保孝光<sup>2</sup>，杉本末雄<sup>3</sup>

(1 古野電気株式会社 2 神戸大学 3 立命館大学)

カルマンフィルタを構築する際、発散対策として経験的にプロセスノイズを大きめに与えることが多い。我々は、観測行列が退化する状況において、この発散対策により推定誤差共分散行列が意図せず膨張する可能性があることを指摘し、観測行列に基づいてプロセスノイズを与える手法を提案している。提案手法では、推定誤差共分散行列の膨張が観測行列に基づいて指定される。GNSS/INS 測位にカルマンフィルタを適用する場合、

観測行列は衛星配置に依存する。特に都市環境では衛星からの信号が構造物で遮蔽されることが多く、偏った衛星配置での測位を考える必要がある。すなわち、都市環境でのGNSS/INS 測位では観測行列が退化あるいは退化に近づく傾向にあり、提案手法を適用することで都市環境での測位精度改善が期待される。本発表では、GNSS/INS 測位に提案手法を実装し、都市環境で収録した実データを用いて、その他のプロセスノイズ設定手法と性能比較した結果を報告する。

### S3-2. サイクルスリップの検出と修復による PPP の性能向上

著者：山内義洋<sup>1</sup>，辻井利昭<sup>2</sup>（1 大阪公立大学 大学院 2 大阪公立大学）

精密単独測位(PPP)の主な問題は収束時間である。GNSS 信号が遮断もしくは減衰した際にサイクルスリップが生じ、アンビギュイティ推定値の初期化が行われる。その結果、サイクルスリップが生じる度に初期化され、推定値の再収束時間を要する。ここでサイクルスリップとは搬送波位相観測値でアンビギュイティのジャンプが起こることであり、その不連続な増減量  $\Delta N$  であることを同時に意味する。本研究の目的はサイクルスリップを検出・推定・除去する事で推定値の再初期化を防ぐことである。検出・除去段階では3周波のジオメトリフリー線形結合を利用した不等式により評価を行い、推定段階ではカスケード方式を利用することで $\Delta N$  の推定を行った。ここでカスケード方式とは、観測量の合成によって得られる長い波長の $\Delta N$  から短い波長の $\Delta N$  を段階的に求めていく方法である。本研究のシミュレーションではノイズの小さいオープンスカイ環境で取得した静止データに人為的な  $\Delta N$  を加え、サイクルスリップの3段階の処理を適用した。その結果、アルゴリズムが適切に機能していることを確認できた。また観測衛星数が少ない場合、サイクルスリップを処理しなければ推定値の再収束が与える測位劣化の影響が大きくなったため、特にマルチパス環境ではサイクルスリップの処理が必要であると考えられた。今後は移動体データに適用し、特にマルチパス環境における測位収束の改善、再初期化の防止を実現する方針である。

### S3-3. GNSS 電波を用いた地表面の積雪状態の推定

著者：見永大輔<sup>1</sup>，入江修平<sup>1</sup>，久保幸弘<sup>1</sup>，吉原貴之<sup>2</sup>，本吉弘岐<sup>3</sup>

(1 立命館大学 2 国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所

3 防災科研 雪氷防災研究センター)

日本は世界有数の雪国である。それに伴って、豪雪地帯では雪崩や積雪による家屋の倒壊などの雪害が頻発する。これらの雪害は積雪深や積雪水量、含水率、積雪密度などの積雪特性の変化によって生じる。したがって、これらの積雪特性の変化を連続的に観測する

ことが雪害の事前予測や減災につながる。本研究では、積雪底面および積雪面上に設置した GNSS アンテナで観測した搬送波位相観測量と受信強度から受信機近傍の積雪特性を連続的に推定する手法を検討する。

#### **S3-4. IMU との複合航法による GNSS スプーフィング検知に関する研究**

**著者：塩谷秀登<sup>1</sup>，辻井利昭<sup>2</sup>（1 大阪府立大学 大学院 2 大阪公立大学）**

全球測位衛星システム (GNSS) はスプーフィング攻撃に対して、脆弱である。そこで、本研究では GNSS と慣性航法システム (INS) の複合航法をもって、スプーフィング攻撃の検知を実施した。具体的に、拡張カルマンフィルタを利用したエラー共分散、慣性センサのバイアス推定に焦点を当てた。円運動に加え、並進運動の軌道を持つなりすまし信号を実装し、攻撃を行った。実際に、スプーフィング検知指標として、信号強度とセンサバイアスの推定値を採用し、検知に成功した。

#### **Session4 座長：久保幸弘（立命館大学）**

##### **S4-1. 携帯端末における歩行者位置の推定精度向上に関する一考察**

**著者：白岩諒也，石田駿祐，久保幸弘（立命館大学）**

現在、スマートフォンなどの携帯端末を利用した歩行者ナビゲーションでは、衛星による位置測位によって歩行者位置を推定している。しかし、屋内や高層建築物付近においては、観測できる衛星数が減少するため、位置測位の精度が劣化するという問題点がある。そこで、衛星測位の精度が高い場合に歩行者に応じた歩数、歩幅の算出パラメータ（歩行特性）を求めておき、衛星測位の精度が劣化した場合には、加速度センサや磁気センサを用いて歩数、歩幅、進行方向を求めることで、歩行者位置を推定する方法を提案する。

##### **S4-2. CLARCS を用いた測位精度の実験的解析、評価について**

**著者：中川豊，松村大輝，東野武史，岡田実（奈良先端科学技術大学院大学）**

GNSS の測位誤差の一つである対流圏遅延は大気の水蒸気センサとして応用でき、天気予報にもその情報が取り入れられている。局地豪雨は急速に発達する積乱雲によってもたらされるが、その際、水蒸気の振舞いの解明が重要であり、高速でより精度の高い GNSS の対流圏遅延量の解析が重要となる。CLARCS は、みちびきのセンチメートル級測

位補強サービス (CLAS) の L6 信号 から、仮想基準局地点の RTK 補正値を生成し、リアルタイムでインターネットに経由で配信されている。CLARCS は、民生用 RTK 受信機対応での端末の利用が可能であり、CLAS 対応である必要もない。正確な衛星軌道誤差を求めるには精密暦(最終暦)が必要であるが、リアルタイムでの天気予測には使えない。

そこで本研究では、リアルタイムで補強情報サービスが提供される CLARCS を天気予測に応用する前段としてまず、実際に CLARCS を用いた測位精度を解析、評価することにした。

#### **S4-3. GPS 運用状況データベースの構築**

**著者：坂井丈泰 (国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所)**

GPS の運用状況は、NANU (Notice Advisory to Navstar Users) 情報として利用者に通知される。NANU 情報を統計処理することで GPS 衛星の稼働率等の有用な情報を得られる。このような目的のために NANU 情報のデータベースを構築したので、その概要を報告する。

#### **S4-4. GNSS-SDR を利用した人材育成に関する取り組みについて**

**著者：久保信明<sup>1</sup>，海老沼拓史<sup>2</sup>，鈴木太郎<sup>3</sup>**

**(1 東京海洋大学 2 中部大学 3 千葉工業大学)**

GNSS 用のソフトウェア無線機を利用した研究開発は、これまで測位演算部分の改修で限界のあった課題に対して、新しい検討が可能になる。例えば、信号追尾処理で得られる相関波形はマルチパス誤差を推定するために利用できることが以前から知られており、昨今では、機械学習を利用した手法も検討されている。また、スプーフィング等で信号が乗っ取られる場合、この信号処理段階での異常や細かい動きを検知することができる可能性があり、このような受信機内部の振る舞いを学生や若手研究者の時期に知っておくことは重要である。上記だけでなく、いくつかの発展的課題を発表で示すことで、皆様からのご意見やコメントを頂けると大変ありがたいです。