

小型無人機の飛行位置把握に係る無線システムの調査検討会  
第2回 議事録

日時：2017年9月8日（金）13:30～15:30

場所：TKP 仙台東口ビジネスセンター2階 カンファレンスルーム 2C

出席者：別紙参照

配布資料：

- 資料 親 2-1 第2回会合出席者一覧（事務局）
- 資料 親 2-2 前回議事録（案）（事務局）
- 資料 親 2-3 システムの基本的な構成及び技術的条件（案）（三浦委員）
- 資料 親 2-4 プロトタイプ的设计及び作成（案）（姉齒委員）
- 資料 親 2-5 実フィールドにおける検証（案）（姉齒委員）
- 資料 親参 2-1 作業グループへの指示内容（事務局）

議事：

## 1. 開会

東北総合通信局 大沼補佐より、本調査検討事務について三菱総合研究所（以下、三菱総研）と請負契約を締結したため、事務局の役割を含め、今後の調査検討の開催及び運営については、三菱総研に委託される旨が説明された。

事務局（三菱総研）より挨拶が行われ、配布資料の確認が行われた。

## 2. 前回議事録の確認

資料 親 2-2 に基づき、事務局より前回議論の確認が行われた。

ご意見がある場合には、事務局までご連絡いただくこととなった。

続いて、議事に進むに当たり、総務省総合通信基盤局 電波部移動通信課 石黒課長補佐より挨拶が行われた。挨拶の概要は以下のとおりである。

内閣府にて SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）の事務局を担当していた。ここでは、ドローンによるインフラ点検や防災時の利用について取り上げられていたが、今後の活用を期待している。また例えば、ImPACT（革新的研究開発推進プログラム）では、東北大学 田所教授らが悪条件下に耐える機体（耐雨・耐風）を作成しており、利用幅の広がりも想定される。平成 28 年 7 月 29 日には、小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会（第 5 回）が開催され、「小型無人機の更なる安全確保のための制度設計の方向性」が提示され、続く第 6 回会合（平成 29 年 5 月 19 日開催）では「空の産業革命に向けたロードマップ」が作成され、ドローンにおける益々の環境整備がなされているところである。また先日、経産省は国交省とともに、「無人航空機の目視外及び第三者上空等

での飛行に関する検討会」を設立し、機体の性能等について議論を行っている。総務省もオブザーバとして参加しており、可能であれば本調査検討会における議論の成果を反映していきたいため、根拠となるデータを含め提案できる内容にブラッシュアップして頂きたい。

### 3. 議題

#### (1) システムの基本的な構成及び技術的条件（案）について

資料 親 2-3 に基づき、情報通信研究機構 三浦委員よりシステムの基本的な構成及び技術的条件（案）について説明が行われた。以下に主な質疑応答を示す。

- 秋本委員：Android・タブレット PC に情報を送る際の通信回線は、キャリア回線を用いることを想定しているのか。
  - 三浦委員：400MHz 帯無線モジュールを介して情報を送ることを想定している。なお当該モジュールは送受両機能を持っている。
- 秋本委員：「タブレット PC 表示画面の例（暫定）」（p.6 図 2）について、測位誤差はどの程度であるのか。それに応じた安全距離を考慮することが想定される。
  - 三浦委員：飛行位置の計測は GPS の利用を想定しているが、現在実験に使用しているソフトでは、古い位置情報が残り、最新の位置が分からない状況にあり、次回試作時にソフトを改良する必要があると考えている。具体的には、データが届かない場合はドローンの表示を消すか、色を変えて表示するなどして古い位置情報であることが分かるようにしたい。現時点での案としては、色を変えて表示することを想定している。
- 矢口副座長：今回の実証実験で重要な点は、400MHz 帯を用いた情報伝達の可否について検証することであり、システム要件については流用で良いと考えている。「400MHz 帯ドローン位置把握システム全体構成（案）」（p.6 図 1）を見ると、空中と地上の局を設置し、地上側では USB で Android・タブレット PC を接続し、地図情報は通常の電波を用いてオーバーレイするものと理解した。一方で、航空管制等の用途を考えた場合、インターネット上で確認できる機能が求められると思われるが、この点については何かお考えはあるのか。
  - 三浦委員：小型 PC は RJ45（イーサネット）を備えているため、これを用いて任意のノートパソコンに LAN 接続し、公衆網等を用いてインターネットに出力することを想定している。
  - 矢口副座長：「②一機体からの送信情報量」（p.3）について、端末 ID（4byte）は大きいと感じる。一つのシステムとして考えると、機体数は 10 機～50 機程度であり、当該システムの中で機体の識別番号を付与し、システム毎に個別の番号を付与すれば、1～2byte で収まるのではないかと。

- 三浦委員：JUTM（日本無人機運行管理コンソーシアム）や UAS 関連の国際会議においても、機体登録について議論が行われている。無線局についても、登録を必要とするのか免許不要とするのかは不明であるが、ユニークな番号が付与されるであろう。今後、付与された番号をクラウドで逆引きすれば、ドローンの所有者や機体の詳細等が分かる仕組みが求められると考えられるため、それを見据えて 4byte とした。
- 矢口副座長：利用シーンに紐づくため、今後の議論対象になるかもしれないが、実際に分散型で複数機を同時運航する場合、帯域を分けた無線群が各所に存在することになるだろう。監視している基地局での不具合が生じた場合等、結局、国の機関が集中型で管理しなければならなくなるというケースが発生する可能性も考えられるが、その点について考えはあるのか。
- 三浦委員：有人機の管制システムのように、インフラとして管轄区域を飛行する全機体を管理するシステムが構築された場合には、そのようなケースも考えられるだろう。現時点でそのようなシステムは無い一方でドローンを管理しなければならない状況において、最初からインフラで検討することは非現実的であり、まずは分散型で安全に寄与するシステムを実現し、今後 ICAO 等の動きに注視しながらシステムの改善対応を行うことが良いと考えている。なお、分散型は故障箇所のノードは使えなくなるが、それ以外のノードは生きているため、災害時には集中型より有効であると思われる。
- 姉齒委員：Android・タブレット PC に地図を表示する際、テザリングして地図を送る必要があるのか。
  - 三浦委員：インターネットがつながる場所で地図をダウンロードし、キャッシュを保持しておけば電波がなくても見ることが可能である。地図をキャッシュしないまま電波の届かない場所に行った場合は地図が表示されないため、この点は将来的課題であると認識している。
- 加藤座長：重さはどの程度であるのか。
  - 三浦委員：400MHz 帯無線モジュールを試作していないため正確にはわからないが、900MHz 帯無線モジュールはバッテリーを含めて 380g 程度である。これよりは軽くなるかもしれない。
  - 姉齒委員：アンテナによって変わるが、あまり差はないだろう。
- 加藤座長：他のドローンと衝突しそうな場合、端末操作で回避できると思われるが、安全担保としてはこの考え方か。
  - 三浦委員：今回実証実験する分散型のシステムでは基地局のようなものは想定しておらず、操縦者は、自機及び周辺のドローン情報がタブレットに表示されるため、危険を察知すれば端末操作により回避することができる。将来的に大規模な運航となった場合、管理センターから警告する機能を持つことを想定し、図 1

(p.6) に示したようなネット出力インターフェースを構成している。さらに将来的には、小型 PC のソフトを高度化しフライトコンピュータのインターフェースを持たせた場合、ドローンが自律的に衝突回避することにもつながる可能性が想定される。

- 東北総通 菅原氏：「③飛行位置を把握できる範囲（所要の通信距離）」(p.3) について、飛行高度のパラメータについても記載していただきたい。
  - 三浦委員：承知した。着陸した状態でも無線がつながる場所であれば表示されるため、地上 0～150m 未満となる。実証実験を行う南相馬市は、航空局での 150m 未満の空域において飛行許可されると認識している。
- 東北総通 菅原氏：「①必要な飛行位置情報の内容（運航安全管理に最低限、必要な情報）」(p.3) は、制度的に規定された内容ではないと理解している。本項目のアウトプットとしては、今年 1 年間の検討による要件のみならず他の検討会で議論されている内容を注視し、親和性・協調性をもったニーズ（管制システム等）を提示していただきたい。
- 総務省 石黒氏：「②一機体からの送信情報量」(p.3) について、予備（2byte）と記載があるが、融通性はどの程度あるのか。
  - 三浦委員：収容台数及び情報の更新頻度がパラメータとなる。毎秒 50 機の収容を想定した場合、一機体からの送信情報量は 384bit となり、②に記載の各情報量が上限となる。より多くの情報を送信したい場合、収容台数あるいは情報の更新頻度を減らす必要がある。またこれは帯域 25kHz で 4 値 FSK の場合である。例えば 25kHz で LoRa 方式とした場合、長距離伝送は可能であるが伝送量は少なくなる等、帯域あるいは変調方式によりトレードオフが生じる。まずは、この数値（帯域 25kHz、4 値 FSK）で試作・実証し、評価する必要があると考えている。
- 総務省 石黒氏：取り纏めの際には、飛行位置を把握できる範囲の半径を短くした場合はどの程度送信できるか等のトレードオフの比較表を提示して頂きたい。機体識別符号については、国交省が機体管理するための機体識別符号と無線局の識別符号の 2 種類必要ということになるのかについても、融通性が利くよう検討頂きたい。また、システム構成について、ドローン搭載用と地上局受信用は同一モジュールで良いのか。地上局は機能を付加することにより大きくなっても問題ないが、ドローンは機体サイズが大小様々であり、機能を絞るなどして小型化に向けた検討を行うべきではないか。ドローン搭載用と地上局受信用で必ずしも同一機能を持つ必要はないだろう。
  - 三浦委員：ご指摘のとおりである。小型 PC は様々な種類があり、これから選定するが、選定にあたっては処理速度よりも USB コネクタの数や RJ45 の有無が重要となる。今回、複数の仕様のモジュールを試作することは難しいため、来年 1 月までのプロジェクトにおいては、まずは 1 つの仕様で試作させて頂きたい。その後、コネクタ数や RJ45 の有無を考慮した小型化を検討するのが良い。

- 矢口副座長：今回は 400MHz 帯無線モジュールを用いて、384bit の情報を送受信することが重要であり、サイズはその後の検討事項になるだろう。小型化に向けた参考情報であるが、EMLID 社の REACH という Intel Edison ベースの RTK GNSS モジュールがあり、この製品に 400MHz 帯無線モジュールを繋ぐことができれば、5cm 四方に収まるだろう。今回の実証実験では、小型 PC として Raspberry Pi を用いるとしているが、汎用性・流用性が高く良いと思う。
- 三浦委員：ご紹介のモジュールは、GPS アンテナと小型 PC が一体化されているのか。
- 矢口副座長：そのとおりである。
- 三浦委員：将来的に非常に有用であると思われる。
- 総務省 石黒氏：「ドローン間でマルチホップする機能を活用すれば、デッドゾーンは減少が期待。」(p.3) とあるが、他人の配下にあるドローンと飛行していた場合にも、マルチホップ可能であるのか。
  - 三浦委員：同一モジュールを搭載しており、マルチホップ機能の設定をしている場合は自動的にホップする。設定をしていない場合はシングルホップとなる。
  - 総務省 石黒氏：設定の有無で機能が変えることは、全体統制に対し抜けができるため、個人的にはマルチホップ機能はなくてもよいと考える。また、タブレット PC 表示についてサービス面の話であり現時点で労力を割く必要はないだろう。例えば航空機レーダは他機との相対距離が分かればよいだけのものであり、今回は画面構成もシンプルでよいだろう。
  - 三浦委員：マルチホップ機能については、本機能のために大きな回路があるわけではなく、ハードウェアのプロトコルとして設定有無どちらにも対応できる仕組みとなっているため、不要であれば設定をオフにすれば良いだけである。例えば、山間部等から離陸した場合、シングルホップだと山間部反対側からドローンを確認できないが、マルチホップ機能があれば上空を飛行するドローンの中継して確認することができ、このようなケースを想定して本機能を備えている。機能のオン・オフは端末毎に設定可能であり、将来的にマルチホップ機能の有無に関するルールが決定されればどちらにも対応可能である。また、タブレット PC 表示については、現時点で使える機能を流用することで考えている。
- 秋本委員：アドホック機能について、ノードが 50 機あった場合、遅延は増えビットレートは下がる悪循環により飽和状態となることが懸念される。無線モジュールについては、現在使われているドローンの 8 割程度に対応できるような重量・サイズ等を考慮して作成するのが良い。また、先ほど衝突回避の発言もあったが、NEDO プロジェクトにおいても検討されているため、調整しながら検討して頂きたい。
  - 三浦委員：50 機すべてがマルチホップした場合、パケット消失等が生じると考えられるため、計算上で評価を行うこととする。無線モジュールについて、現時点

ではタバコ大×2個程度のサイズを想定している。小型化については将来的な課題であると認識している。

- 矢口副座長：地図について、国土地理院地図はAPIが提供されていないとあるが、Open Street MapはAPIにマップチップを差し替えて用いるのが標準的な使い方である。今回はGoogle Earthを用いるので良いだろう。
- 加藤座長：無線モジュールのサイズや重量については具体的な数値は記載されていないが、説明のあった内容で合意を得られたと認識している。また、マルチホップ機能については、通常確認できない場所にあるドローンを確認することが出来る機能であり製品の特徴ともなるため搭載することとし、使い方については今後の検討内容とする。三浦委員にご説明頂いた仕様で確定とさせて頂きたい。
  - 三浦委員：資料に示したパラメータについて、試作の際に一部変更となる可能性があるがご了承頂きたい。
  - 加藤座長：アップデートがあれば随時ご報告頂きたい。

## (2) プロトタイプ的设计及び作成(案)について

資料 親 2-4に基づき、双葉電子工業 姉齒委員よりプロトタイプ的设计及び作成(案)について説明が行われた。質疑応答は資料 親 2-5と合わせて行うこととした。

## (3) 実フィールドにおける検証(案)について

資料 親 2-5に基づき、双葉電子工業 姉齒委員より実フィールドにおける検証(案)について説明が行われた。

資料 親 2-4及び親 2-5に対する主な質疑応答を以下に示す。

- 三浦委員：変調方式について2値FSKにしたいとの提案があったが、4値FSKから変更した場合、おそらく収容台数あるいはビット数を減らす必要があると思われるが、どのように考えているのか。
  - 姉齒委員：2値FSKの場合でも占有周波数帯幅20kHzにて想定データ量は送信できそうであることを確認している。
  - 三浦委員：スプリアス干渉は問題ないのか。
  - 姉齒委員：「技術的条件の検討」(資料親 2-4 p.2 表2)に記載の、参照帯域幅における、スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値及び隣接チャネル漏えい電力の規準値は満足できそうであると考えている。
  - 三浦委員：チャンネル幅(25kHz)、占有周波数帯幅(20kHz)、変調方式(2値FSK)の場合におけるデータレートはどの程度であるか。
  - 姉齒委員：18~19kbps程度である。
- 三浦委員：「無線設備系統図」(資料親 2-4 p.3 図2)について、上図は1つのモジ

ユーで送受信できるのか。

- 姉齒委員：そのとおりである。下図は送信機能を切らない場合、無線局の免許申請が必要となるためチップを外す形となる。
- 三浦委員：承知した。先ほど資料親 2-3 で提案したシステム設計は、全て送受信機能を持つものであり、送信の必要がなくても送信することになっているが、後で送信機能を切ることは可能である。
- 秋本委員：「実験手順」（資料親 2-5 p.5）について、アドホック機能を持つドローン 5 機を同時に飛行させ、見える・見えない、を評価するのか。
  - 姉齒委員：そうではない。地上に置いても 5km 程度は見えるだろう。
  - 三浦委員：山があるため見通し外になると思われる。地上に置くのであれば、場所を考えなければ見えなくなるだろう。マルチホップ機能をオンにした場合、1 機が上空に飛ばばそれを經由して全ドローンを確認できる。
  - 矢口副座長：実験場所について、直線でできるだけ水平な場所を選定していると思うが、実際の状況に合わせて起伏のある場所で実験するのが良い。電波伝搬の計測時には水平な場所で良いが、実用化のためには山間部等での実験が必要となるだろう。
  - 三浦委員：地図上では平坦に見えるが、実際には 10km の間に小山があったりして減衰が生じ、ドローンが全く見えない可能性もある。感覚として、現在想定の実験場所での実験はハードルが高い。シングルホップの場合、10km 先にいるドローンは見えない可能性がある。マルチホップの場合、ドローン 1 機を上昇させておけば他機も見えるかもしれない。
  - 姉齒委員：ドローンの配置についてご意見いただきたい。
  - 加藤座長：リソースが限られていることは承知しているが、初めてのフィールド試験であり、課題を含めて明らかにすることは今後の目標にもつながるため、委員より指摘の点も含めて検討頂きたい。
- 総務省 石黒氏：操縦者側がドローン位置を把握するための試験となっている。経産省及び国交省の検討会で議題となっている衝突防止の観点からすると、ドローン同士の見え方やエラー率も重要であると考えている。これについても余裕があれば検討頂きたい。
  - 加藤座長：非常に難しい内容であるが可能な範囲でお願いしたい。
- 秋本委員：ドローンマッパーについて、機体側での他機のログはどこにあるのか。
  - 三浦委員：着陸してからログをダウンロードする形になる。また、地上側タブレット PC 上で画面キャプチャ等によりリアルタイムで記録することもできる。
- 三浦委員：400MHz を用いて長距離通信することは可能であるが、小型 PC に Raspberry Pi を用いるためノイズを懸念している。900MHz の時は問題なかったが、400MHz では不明である。場合によっては、受信機と PC を物理的に離す必要がある

ことも想定されるが、試作の際に評価しながら進めたい。

- 矢口副座長：Raspberry Pi のノイズについては、電源周りからノイズが発生する。回避するには電源機構が必要となるが、電源機構を搭載した Raspberry Pi 製品（BH3）も発売されており、このような製品を使うのも良いだろう。
- 三浦委員：クロック系のノイズはどうか。
- 矢口副座長：クロック系のノイズについては不明である。Raspberry Pi の USB 端子のコンデンサーは弱く、USB で給電するモバイルバッテリーは電源が安定しないため、ピンヘッド接合で使うのが良いだろう。
- 加藤座長：実験場所の選定については、第 3 回検討会時に改めて詳細な説明をして頂くこととする。本日の段階では、プロトタイプ的设计及び作成、実フィールドにおける検証の概要について承認頂いたこととする。

#### （4） その他（次回スケジュール等）

- 事務局：実証試験・電波法関係の具体的なスケジュールについては、作業グループの皆様にご相談の上、別途、委員の皆様ご連絡することとする。
- 事務局：第 3 回検討会は 12 月 1 日（金）に行う予定である。場所を含めて別途、連絡することとする。

#### 4. 閉会

加藤座長から挨拶がなされ、第 2 回会合は閉会された。

以上



## 第2回小型無人機の飛行位置把握に係る無線システムの調査検討会

### 出席者一覧

座長	加藤 寧	国立大学法人東北大学 電気通信研究機構 機構長
副座長	矢口 勇一	公立大学法人会津大学 准教授
委員	秋本 修	日本無人機運行管理コンソーシアム(JUTM) 事務局長
委員	姉齒 章	双葉電子工業株式会社 システムソリューション事業センター 技術部 主管技師
委員	北島 明文	福島県産業創出課 ロボット産業推進室長
委員	小林 康宏	株式会社スペースワン 代表取締役
委員	中村 英樹	日本無線株式会社東北支社 企画推進 課長
委員	辺見 俊彦	株式会社エンルート M's 代表取締役
委員	三浦 龍	国立研究開発法人 情報通信研究機構(NICT) ワイヤレスネットワーク総合研究センター 上席研究員