

携帯電話の通信圏外における通信手段確保の取組

岐阜県立森林文化アカデミー技術課長補佐兼スマート林業推進係長 ○大島 愛彦
技術課長補佐 吉川 邦明
株式会社JVCケンウッド 国内無線システム営業部 営業企画グループ
上席課長 ○田中 秀樹

要旨

林業の現場は携帯電話の通信圏外が多く、事故発生時に発見が遅れると重大災害につながります。このため、緊急時はもちろん、林業の生産性向上を図るためにも通信手段を確保する必要があります。

そこで、携帯電話の通信圏外でも利用できる通信手段を比較検討し、優れたシステムを導入しましたので、その事例を報告します。

はじめに

愛媛県久万高原町などの事例から林業界でLPWA通信が有名になり、岐阜県も導入しました。しかし、LPWA通信はチャットや緊急通報（SOSボタン）、位置情報の送信は可能ですが、広域かつ遠距離間の通信容量に課題があり、音声通話や、容量の大きいデータは送信できません。

また、岐阜県では他の手法として、携帯電話の通信圏外で携帯電話のWi-Fiエリアを構築し、Wi-Fi エリア内の音声通話、大容量通信を可能にする検討を行いました。しかし、LINEなどのアプリはデータ通信内（サーバ）を通さなければ使用できず、閉じたWi-Fi内だけで使用できるアプリはなく、アプリそのものの開発が必要であるとの結論に至りました。アプリ開発は高額であり、検討は中断しています。

そこで、トランシーバーと既存のアプリを活用して、緊急通報を含む音声通話の他に、データ通信を利用したチャット、位置情報（精度の高いGNSSに対応）、ポイント情報、危険範囲情報を送ることができるシステムを導入しました。通信距離は約5kmで、森林技術者の安全を確保するだけでなく、林業の生産性向上にも役立つシステムです。

1 概要

データをトランシーバーの電波に乗せて送信します。利点として、まず音声通話ができること。送信出力が大きく周波数帯が低いので、森林内の地形や遮蔽に影響されにくく情報伝達することができます。

トランシーバーとアプリの入ったタブレット等はBluetoothで接続します。作業班の1人でも携帯電話の通信圏内に入ればサーバを通して事務所等にデータを送信できます。

中継機を使って独自の広域通信網を構築するまでの検討には至っていませんが、林業では十分使えるシステムです。

2 電波伝搬試験の結果

携帯型無線機を使用した電波伝搬試験を岐阜県立森林文化アカデミーの演習林とその外周部で実施しました。試験は1台の無線機に外部アンテナを接続し、アンテナ高1.7mとなるように固定しました。

もう1台の携帯型無線機を手に持ち、演習林とその外周部を歩いて回り、無線機に表示される信号強度と位置情報をプロットしました。



図1 演習林周辺の地形と計測箇所位置

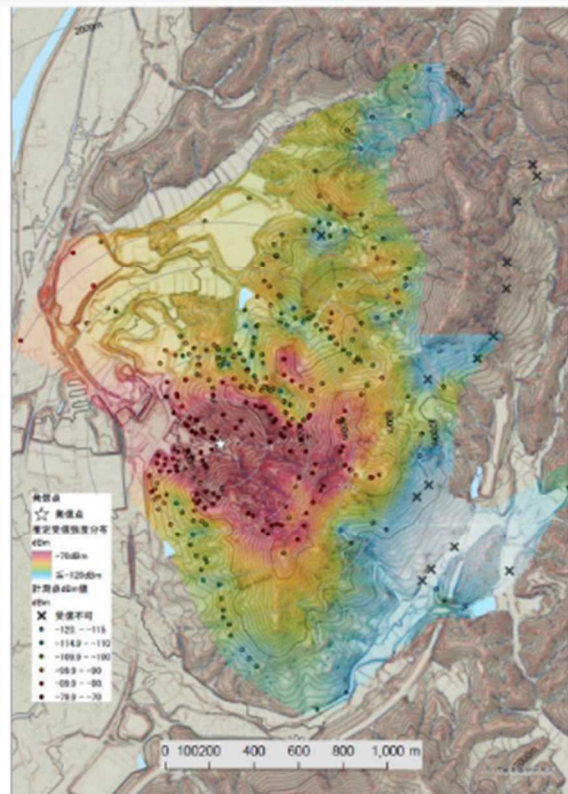


図2 信号レベル(dBm)調査結果と推定受信信号レベル分布

※背景：CS 立体図

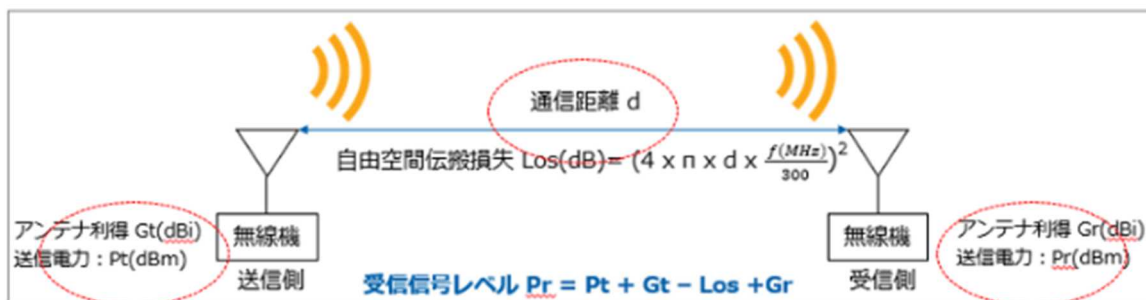
試験結果は次のとおりです。

- (1) 固定局から大きく離れていない場所では、見通しがなくても十分な受信強度が取れることを確認しました。
- (2) 高低差80m前後の尾根と谷が連続している場所では、約2kmまで受信できることを確認しました。
- (3) 見通しがある程度あれば6km前後まで通信できることを確認しました。

この結果からLPWAと比べて飛躍的に通信距離が延びることを実証実験で確認しました。

3 無線機の方がLPWAに比べて森林内で電波が届く理由

次の図は無線機から送信された電波が別の無線機に届くまでの絵になります。



(1) 送信出力

送信出力は、LPWAは20mW、もしくは250mWですが、簡易無線機は5Wであり、LPWAに比べて大幅に強い送信出力となります。

LPWA：20mw（ノンライセンス）or 250mW（要ライセンス）

無線機（簡易無線）：5W

(2) 周波数

電波の特性として、低い周波数の方が伝搬損失は少なく、障害物があっても電波が回り込む特性が強いです。

ア 空間電波損失

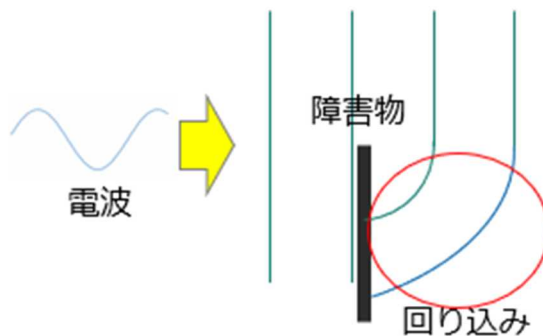
電波が空間を伝搬するときは空間電波損失が発生します。損失は次の計算式で表すことができ、計算式から明らかのように、周波数が高い方が空間伝搬損失は大きくなります。

$$\text{空間伝搬損失 } Los (dB) = \left(4 \times \pi \times d \times \frac{f (MHz)}{300} \right)^2$$

周波数：f

イ 電波の回り込み（電波の回折）

電波は木、葉、岩等の様々な遮蔽物の影響を受けながら進みますが、周波数が低い方が遮蔽物の裏に回り込みやすい特性があります。



以上より、理論的にも森林内ではLPWAに比べて無線機の方が電波は届くことが説明できます。

4 無線機導入のし易さ

無線機のイメージとして、免許を取らなければいけない、免許を取るのが大変だろうと思われる人が多いと思います。今回使用している簡易無線機は従事者免許の必要はなく、簡易な書類の提出で無線機の使用が認められます。

(1) デジタル簡易無線の利用

従事者免許は必要なく、免許／登録申請で使用可能です。

(2) デジタル簡易無線の種類

免許局、登録局の2種類が存在します。

ア 免許局

- (ア) 免許申請を行った法人や団体に属する人のみが使用できます。
- (イ) 属さない人が使用することや、他の法人や団体との通話は認められていません。
- (ウ) 登録局に比べて使用できるCH数が多いです。(65CH)
- (エ) 周波数：465MHz帯を利用しています。
- (オ) 申請費用 3,000円程度／1台、電波使用料 400円／1台／1年
- (カ) 送信出力：5W (携帯型・車載型共)

イ 登録局

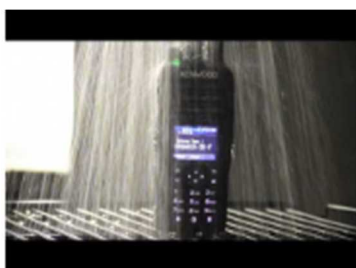
- (ア) 無線機の利用者制限はなく、他の法人や団体と通話することも可能です。
- (イ) 免許局に比べて使用できるCH数が少ないです。(30CH)
- (ウ) 周波数：351MHz帯を利用しています。
- (エ) 申請費用 2,900円／1登録 (包括登録可)、電波使用料 400円／1台／1年
- (オ) 送信出力：5W (携帯型・車載型共)

5 無線機の堅牢性

林業は危険、かつ過酷な現場であり、無線機にもタフさが要求されます。このため、無線機は過酷な環境でも壊れないような設計及び試験を行っています。

激しい雨の中でも、川に無線機を落としても、気温が-30℃になっても無線機は動作します。コンクリートの上に落としても容易には壊れません。

参考動画 URL <http://comms.kenwood.com/en/videos/>



6 無線機の機能

(1) 音声通信

次のように様々な通話が可能です。

- ア 個別呼び出し：1対1
- イ グループ呼び出し
- ウ 全員への呼び出し

また、秘話機能を使うことで、会話を傍受しづらくできます。

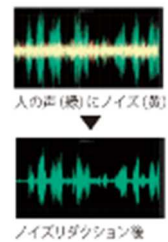
(2) 通話相手の表示

通話の最中は通話相手の名前や所属グループがLCDに表示されますので、音声だけではなく、表示でも誰が話しているのかがわかります。

(3) ノイズキャンセル機能

林業ではチェーンソー等を使いますが、ノイズを減らして音声をクリアに聞くことができます。

参考動画URL <https://www.youtube.com/watch?v=dtRK2GH2yVw>



(4) 緊急呼び出し (SOS)

緊急ボタン (SOS) を装備しています。

ア 緊急ボタンをホールドすることで、緊急メッセージとGPS位置情報を送信します。

イ 非常に大きなアラートが定期的に無線機から出力され、怪我人等の発見に役立ちます。

ウ アラート → 送信 → 受信 → アラート → 送信 → 受信 → ……を繰り返します。各動作の時間は自由に秒単位で設定できます。

エ 送信する際には無線機のID情報が含まれますので、誰が緊急状態なのかすぐにわかります。



(5) マンダウン

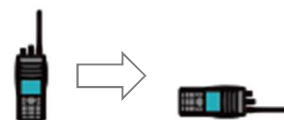
無線機はモーションセンサーを搭載しており、次のような様々な条件で、自動で緊急呼び出しを行います。起動の条件は選択が可能です。

ア 無線機 (人) が一定時間倒れたままの場合。

イ 無線機が振動を検出しない場合 (人が動かなくなった)。

ウ 無線から定期的にアラートが鳴ります。

その都度使用者はボタンを押してアラートを止めますが、止めない場合は事故発生と判断して緊急呼び出しを自動で行います。



(6) 位置情報

無線機はGPSモジュールを搭載しており、次のように様々な方法で位置情報の送信が可能です。

ア 自分の緯度・経度・高度を無線機のLCDに表示できます。

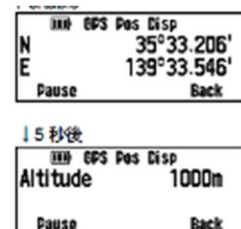
イ 次の方法で、自分の位置情報を送信します。

(ア) 決められた時間間隔毎 (10s毎等)

(イ) 決められた距離を移動したとき (200m移動したとき等)

(ウ) 制御卓からの位置情報要求を受けたとき

(エ) 通話毎・緊急送信のとき



(7) データ送信

無線機は次のようなデータ通信機能にも対応しています。

ア テキスト／チャットメッセージ

イ ステータスメッセージ（定型文の表示）

単純に数字の送受信を行います。数字に意味づけをし、定型文のやり取りが行えます。

例：メッセージ1番 → 天候が崩れる、メッセージ2番 → 休憩に入ります。

ウ ステータスメッセージ（車載型無線機に接続した外部機器の制御、状態監視）

GPIO端子を入力、出力それぞれ3本装備しています。

例：重機のエンジンオン・オフの監視、重機のエンジン強制停止。

エ 任意データの送信

無線機はシリアルポートを装備しており、任意のデータをポートに入力すると、そのままの形でデータを受信側無線機に伝え、ポートから出力することができます。

例：重機のオイル・ガソリン・バッテリー・タイヤ圧力センサーが検出した情報の伝送。

7 安全・安心・業務効率化システム(Soko-co Forest)

無線機と、携帯電波／タブレット、そしてクラウドを組み合わせ、林業従事者向けの安全・安心・業務効率のために開発した製品です。



(1) 特徴

ア 携帯電話と無線通信を活用したハイブリット通信システムであり、携帯電波が届かない場所でも無線を使って位置情報等の情報共有ができ、現場で役立つ様々な機能に対応しています。

携帯電波が届く場所では、ビデオ通話も可能です。

イ 携帯が届かない森林内においても、無線により3～5 km程度の通信が可能です。

ウ 情報は携帯回線経由でクラウドにアップされますので、遠隔地での監視、業務指示等が可能です。

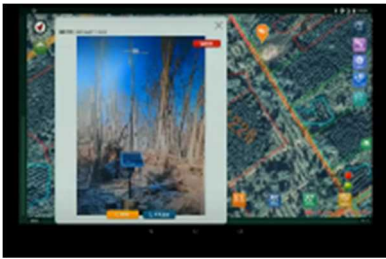
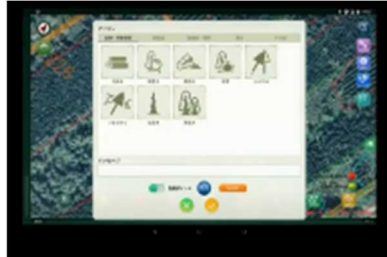
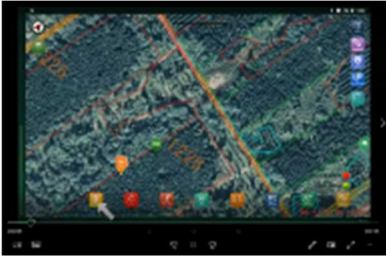
(2) 構成

無線機と携帯電話／タブレットで構成され、お互いBluetoothで接続されます。

(3) ポイント登録機能

地図上に次のような様々なポイント情報を登録できます。

- ア 土場、伐採木、調査木、風倒木、枯損木、路網の崩壊、法面崩壊、熊の足跡などの動植物の情報、林道のゲート等が登録できます。
- イ 情報はグループメンバーに共有されます。
- ウ 自分の場所からの距離がわかります。
- エ 撮影した複数のポイントの写真を関連付けることができ、グループメンバーに共有されます。



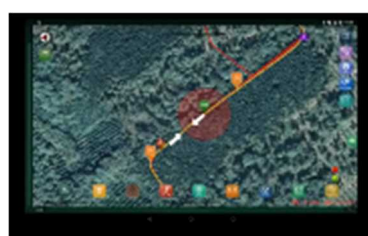
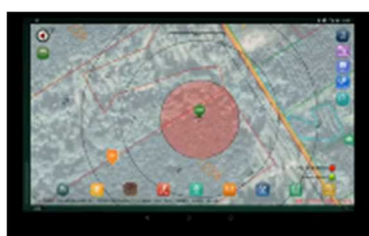
(4) 危険警告の自動発報

作業者がエリアの内部に侵入した際に警告を自動で発報する機能です。

- ア 任意に危険エリアの範囲を設定することができます。
- イ 他の作業員と近接状態になると警告が発報され、エリア外に移動すると警告は止まります。

(5) 行動軌跡の表示と記録

- ア 自分の歩いた履歴を軌跡として表示することができます。
- イ 路網データの作成に活用できます。
- ウ 総距離がわかりますので、路線長を把握しやすくなります。



おわりに

トランシーバーは初めて使う人にもなじみやすい機器であり、普及しやすいのが最大の利点です。本システムは機器として完成しており、トランシーバーの使用に国（総合通信局）へ申請等の手続きは必要ですが、今回使用した簡易無線は従事者が免許を取得する必要はなく、誰でも購入が可能です。

岐阜県では積極的に携帯電話の通信圏外の通信手段確保の取組として様々な機器の紹介や活用研修を開催し、普及に努め、林業現場への実装を図り、林業現場の効率化と安全の確保を推進していきます。