

LPWA を利用した山岳遭難事故防止システムの提案

Proposal of mountainous distress accident prevention system using LPWA

辻 広人†

三好 力‡

龍谷大学理工学部†

龍谷大学理工学部‡

1. はじめに

近年、登山スタイルの変化や自然志向の高まりから携帯電話やインターネットの普及で下火になっていたアウトドアブームが再燃している。SNS の流行がそのブームを後押ししており、Facebook や Instagram に投稿する写真を撮影するために、キャンプやハイキングなどのライトアウトドア分野を中心に市場規模が拡大している。一方で、高齢者層やアウトドアの初心者層を中心に山岳地帯の遭難事故が年々増加している。昨今では携帯電話やスマートフォンの普及が進んでいるが、遭難事故のうち25パーセントほどが遭難現場から救助要請がおこなわれていないのが現状である。[1] 多くの山岳では発達した情報技術が行き届いていないため電波が確保されていないことやバッテリー切れのリスクがあるなど十分な注意を払うことが登山では必要不可欠である。

本論文では、多くの山岳では発達した通信技術が行き届いていない点に着目し、省電力で長距離通信を可能にするLPWA (Low Power, Wide Area) 技術を用いて山岳地帯全体にネットワーク環境の構築をおこない、情報技術分野から山岳遭難事故の防止を支援するシステムを提案する。これにより、公衆電話などの電話回線やネットワーク回線が確実に繋がっている機器をゲートウェイとして介すことで、携帯電話や無線などの通信手段を使用できない状況のなか山岳地帯で遭難した場合でも救助要請をおこなうことが期待される。

2. 提案手法

山岳中にLPWAの機能を持つノードを散布するだけで自動的に通信を確立する方法を考える。LPWAは一般的な電池でも数年間動作するため少ない点検で稼働ができ、さらに太陽光で発電をおこなえば半恒久的に利用できる。しかし、消費電力の大きいGPS機能を多数のLPWAノードに搭載するとコストが大きくなるため、遭難救助の利用には不適當である。そのため、LPWAノードは低消費電力で長期的な利用をおこなうために、GPSによる自身の位置情報を保持させず、自身の識別番号と救助信号のみを情報発信をおこなう。

山岳に散在するLPWAノードの位置推定には、アドホックネットワーク技術を利用し、通信が可能な近傍デバイスから相対位置の推察をおこない、マルチホップ通信によるルーティング制御で救助信号の発信位置からゲ

トウェイまでのルートを構築する。1度配置したノードは大きく移動しないため、一部のノードの絶対位置を更新するたびにネットワーク内にある他のデバイスの位置の推察ができ、それらの情報から救助信号を発したデバイスの位置情報の特定がおこなえる。その位置推定をおこなう1つの手法として、GPS機能が搭載されたLPWAデバイスをパトロール隊員の道具や野生動物の首輪に取り付けた状態で山中を移動させることで、通信電波強度からLPWAノードの位置を特定し誤差を縮小する。

3. 実験内容

本実験では10km四方の山岳を想定し、LPWAノードの個数を[50, 75, 100, 125, 150]個、通信可能距離(tr_d)を[2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0]kmと変化させて100回ずつシミュレーションをおこない評価値を比較する。LPWAノードはn地点にランダムで配置し、それぞれ近傍ノードを把握し位置を推定する。また、救助信号の発信位置とゲートウェイの位置はあらかじめ一定距離を離れた状態でランダムに配置する。

LPWAノードの初期位置を推定する探索用のLPWAノードに、原点を中心にtr_d*1.0の円周上を移動する探索ノードAとtr_d*2.0の円周上を移動する探索ノードBの2つを使用する。これにより、Aのみの通信ならtr_d*1.0より内側、AとBの両方が通信をおこなったならtr_d*1.0からtr_d*2.0、Bのみの通信ならtr_d*2.0からtr_d*3.0、いずれも通信できなければtr_d*3.0より外側の範囲内にLPWAノードが存在すると推定できる。

各LPWAノードが存在すると考えられる範囲をそれぞれ[max_x, min_x], [max_y, min_y]とおき、位置推定のたびに徐々に狭めていく。範囲内に近傍ノード以外のLPWAノードが存在する場合はお互いの位置を離し、近傍ノードの推定位置から一定距離を半径とする円をすべて重ねた範囲の中心を新たな推定座標として記録する。このとき、近傍ノード以外の周辺LPWAノードが構成する円と重なった範囲を削る。最後に、推定した位置情報の結果と実際の位置情報を比較して評価をおこなう。評価方法は、各ノードの真値と推定値の絶対距離を合計した値を使用して、 $100 - (\text{合計距離} / \text{LPWAノード個数}) * 10$ [%]から算出して得た値の平均を位置推定率とする。

また、推定した位置情報を持つ全LPWAノードを用いて救助要請の発信位置を特定し、ゲートウェイまでの最適ルートを導出する。推定した発信位置からゲートウェイの位置までの直線距離と各ノードの近傍ノードとの距離をすべて計算し、その情報からルートを再帰的に構築して通信が失敗する可能性の低いルートを記録する。推定されたルートから、直線距離とホップ数*tr_d*0.1を足した値が最も小さいものを最適ルートとする。ルート

† Hiroto Tsuji, Ryukoku University

‡ Tsutomu Miyoshi, Ryukoku University

が構築できた回数を記録し、救助信号の発信位置の真値との絶対距離の平均値をそれぞれ評価する。

4. 実験結果

シミュレーションで使用した実際の位置情報と推定した位置情報の例をそれぞれ図 1、図 2 に示し、構築した最適ルートの例を図 3 に示す。また、表 1 に算出した位置推定率、表 2 にルートを構築した回数、表 3 に推定した発信位置の平均誤差を示す。

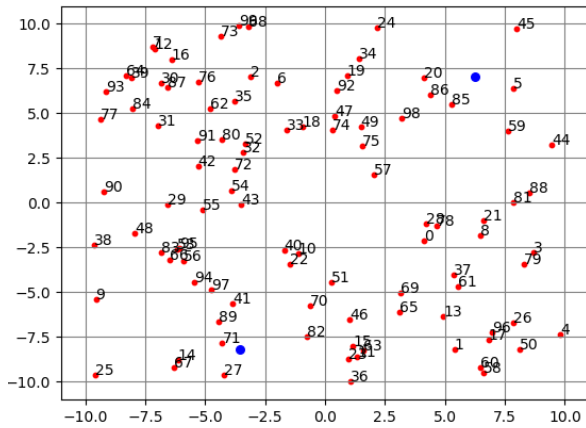


図 1 実際のノード位置情報

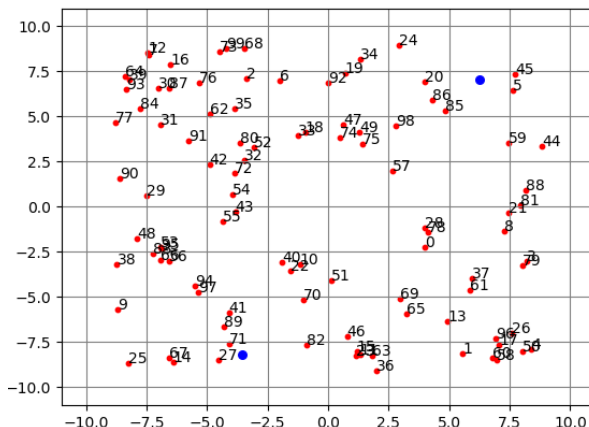


図 2 推定したノード位置情報

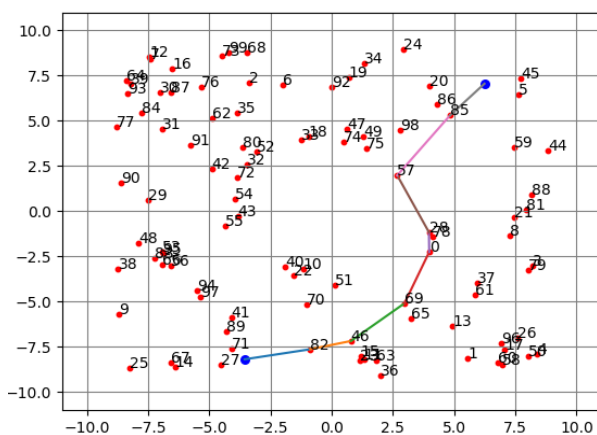


図 3 構築した最適ルート

表 1 ノード数と通信可能距離ごとの位置推定率

	50	75	100	125	150
2.0	38.535	40.341	47.903	52.741	56.732
2.5	58.987	63.765	70.834	76.867	80.083
3.0	77.644	82.362	86.137	89.213	89.343
3.5	89.346	91.739	92.660	92.949	94.024
4.0	92.381	93.716	94.030	94.301	94.327

表 2 ノード数と通信可能距離ごとのルート構築回数

	50	75	100	125	150
2.0	0	0	3	6	32
2.5	8	23	37	52	69
3.0	13	64	83	98	99
3.5	57	91	93	99	100
4.0	89	98	97	100	100

表 3 推定発信位置の平均誤差

	50	75	100	125	150
2.0	6.375	6.379	6.475	7.396	3.997
2.5	2.298	3.025	2.122	3.348	2.531
3.0	2.100	1.296	1.258	1.061	0.815
3.5	1.820	1.609	0.920	0.703	0.669
4.0	1.108	1.436	1.044	0.908	0.636

実験の結果から、3.0km 以上の通信可能距離があれば高い位置推定率を得ることがわかった。LPWA ノード個数が多いほど推定回数が増えるため位置推定率が高くルート構築の成功率も高かったが、一方で手法の特性上、原点から離れた最も外側の範囲での推定は不十分になるため、通信可能距離が短いほど全体の位置推定率が低くなった。また、外側に配置された LPWA ノードは近傍ノードに囲まれていないため誤差が生じ、発信位置の推定でも同じ影響を受けた。

5. おわりに

通信可能距離が 3.0km 以上あれば 75 個程度の設置ノード数で十分推定が可能といえる結果となった。本実験では位置推定とルート構築実験のためランダムに LPWA ノードを配置しているが、実際の利用シーンでは事前に一定間隔を保った配置ができるため必要ノード個数は少なくなると考えられる。ただし、山岳地帯で現在の LPWA 技術を利用することを考えるとせいぜい 2.0km 程度の通信可能距離でしかアドホックネットワークを構築できないと推察できるので、確実なルート構築と救助要請の発信位置の特定のためにはより多量のノードを設置すべきである。

現実の地形には高さ (z 軸) や障害物、山道といった多くの情報が存在していることを考慮し、3 次元地形データなどで実際の状況を再現したシミュレーション実験をおこなうことが今後の課題として挙げられる。

参考文献

[1] 警察庁生活安全局地域課, 平成 29 年における山岳遭難の概況, 2018