

〈研究ノート〉

# LPWA を用いた高齢者見守りシステムの検討

伝送実験による提案システムの評価

戸谷 伸之\* 松田 成司† 中島 潤‡

## Examining a Health Monitoring System for the Elderly using LPWA Evaluating the Proposed System through Transmission Experiment

Nobuyuki TOYA\* Seiji MATSUDA† Jun NAKAJIMA‡

### 要旨

少子高齢化社会において、高齢者の健康を継続的に見守るシステムの実現が重要な課題となっている。本研究では、高齢者の見守りに必要な情報を低電力消費で広範囲な通信方式として LPWA で伝送することを想定して実験を行い、その性能を調べた。LPWA として長距離伝送が可能で高速の移動にも対応する ELTRES (SONY) を用いた。その結果、札幌市から江別市の広い範囲で通信不能箇所が少ない良好な伝送特性を示し、システムの有効性が示された。

### Abstract

In aging societies with low birth rates, continuously monitoring the health of elderly people is important for maintaining quality of life and preventing accidents. In this study, we examine the transmission performance of various kinds of information considered effective for monitoring the health of elderly people using LPWA (Low Power Wide Area network). We used ELTRES (SONY) as LPWA, which enables long-distance transmission and supports high-speed movement. Results showed good transmission characteristics with few incommunicable points in a wide range from Sapporo City to Ebetsu City, demonstrating the effectiveness of the proposed system.

### キーワード

見守りシステム (health monitoring system) LPWA (Low Power Wide Area-network)  
高齢化社会 (aging societies) ELTRES

---

\* 北海道情報大学医療情報学部医療情報学科准教授, Associate Professor, Department of Medical Management and Informatics (Dept. of MMI), HIU

† 北海道情報大学医療情報学部医療情報学科准教授, Associate Professor, Dept. of MMI, HIU

‡ 北海道情報大学経営情報学部システム情報学科教授, Professor, Department of Business and Information Systems, HIU

## 1. 背景

高齢化社会において、高齢者の体調管理や見守りは事故防止のために重要な課題となっている。このためには病院に入院している患者はもとより、在宅中や屋外における体調や運動（歩行状態や姿勢等）、さらには自動車の運転中の状態チェックなど高齢者の行動範囲でモニタリングを可能とする「見守りシステム」が必要になると考えられ、センシング技術やそこで取得された様々な情報を広い領域で長時間連続的に共有するための通信方式の導入が検討されている。屋外を自由に行動する高齢者の見守りについては、長距離伝送が可能かつローコストで継続的な運用が可能な無線通信システムの導入が有効であると考えられる。近年、消費電力が低く、かつ広い範囲での通信を可能とする無線通信ネットワーク方式である LPWA(Low Power Wide Area network)が開発され、様々な分野への応用が期待されている(総務省 2017)。これに含まれる通信規格には様々なものがあるが、使用される電波帯域は遠達性の良いサブギガ帯(約 900 MHz)が多く、伝送距離は数十 km、伝送速度は数百 kbps までのものがある。筆者らはこれまでの研究(戸谷・松田・中島 2021)で、LPWAを用いて見守りに利用する方式を提案し、主に位置情報を送ることの有効性について検討してきた。

本論文では、屋外を自由に行動する高齢者を見守るために必要となる情報(体調に関わる指標、位置、活動状況等)についてさらに検討を進める。また LPWA を用いた伝送実験を行い、提案方式の有効性について検証する。

## 2. 見守りに必要な情報の検討

高齢者の救急搬送における統計データを基に分析を進め、見守りに有効な情報について検討した。「令和元年 救急活動の現況」(東京

表 1 事故種別高齢者搬送人員

事故種別	高齢者	
	搬送人員[人]	割合[%]
急病	262,191	68.3
一般負傷	82,387	21.5
転院搬送	26,487	6.9
交通事故	9,976	2.6
その他	2,815	0.7
合計	383,856	100.0

表 2 急病の疾病分類別の搬送人員

分類項目	搬送人員[人]	割合[%]
脳疾患	210,572	8.6
心疾患等	253,487	10.4
消化器系	198,096	8.1
呼吸器系	287,492	11.8
精神系	24,652	1.0
感覚系	82,518	3.4
泌尿器系	68,989	2.8
新生物	47,606	2.0
その他	417,759	17.1
症状・徴候・診断名不明確の状態	846,351	34.7
合計	2,437,522	100

消防庁 2021)によると、令和元年における東京都内の 65 歳以上の高齢者の救急搬送人員のうち、急病によるものが 68%で一般負傷によるものが 22%となっている(表 1)。また「令和 2 年版救急救助の現況 救急編」(総務省消防庁 2021)によると、令和元年において急病により搬送された高齢者を疾病分類別にみると(表 2)、脳疾患と心疾患を合わせた循環器系の割合が 19%と最も高いことがわかる。

「令和元年 救急搬送データから見る日常生活事故の実態」(東京消防庁 2020)の統計では、平成 27 年から令和元年までの 5 年間における高齢者の一般負傷における 82%が「ころぶ」であった。それぞれの自宅以外での発生

割合についての統計では、急病は30%（東京消防庁 令和元年救急活動の現況 2021）、転倒については44%（「東京消防庁 STOP！高齢者の事故」 2021）であることが報告されている。これらの統計データをもとに、全救急搬送事例中、屋外での急病と転倒によるものを概算したところ、28%に上ることが分かった。

以上のことから、単独で外出可能な比較的健康な高齢者についても見守りが必要であることが明らかであり、特に必要とされる情報として、位置情報（自動車や交通機関を利用した移動も想定して広範囲に取得できることが望ましい）、急病や歩容等を含む生体情報、救急搬送の必要性の有無（救援要請の信号）が重要であるということがわかった。急病による搬送事例の中では、特に循環器系の「心疾患」と「脳疾患等」は死亡や後遺症を残す重症となるリスクが高く（総務省消防庁 2021）、早期発見と救急搬送が必須である。これについては「心拍」「血圧」「位置」などの情報を日常的に管理し、発症時に異常を検知できるようにしておくことが有効であると考えられる（Swedberg, et al. 2010）。特に「血圧」についてはカフを用いた測定器が一般的であるが、近年これらのデータを比較的手軽に測定可能なスマートウォッチ型の測定器やカフを用いない測定器が開発され、規格が検討されている（田村・山口 2020）。今後はこれらのデバイスの利用も念頭に入れて検討を進めたい。また、高齢者における「一般負傷」の中でも「転倒」については長期入院を要する中等症以上となる割合が高いとされ（総務省消防庁 2021）、「転倒した事実」と「位置情報」をいち早く通知することが必要である。

### 3. 情報モニタリングに必要なネットワークシステムの検討

単独で外出可能な比較的健康な高齢者を見守り対象として想定することとし、見守りに

必要な情報を伝送するシステムを検討した。通知に用いる通信システムとしては、省電力で広いサービスエリアでの通信が可能であり、運用コストが低い LPWA が適していると考えられる。一般に LPWA 端末は小型軽量であり、頻繁な充電を必要とせず、利用料金も低い場合が多く、利用者にとってメリットが多い。また一方で大容量の通信が可能で、高機能なスマートフォン等に代表される LTE や 5G 回線を用いた通信の利用も考えられが、LPWA と比較すると、高い充電頻度とサービスコストなどのデメリットから、まず LPWA のみを用いたシステムを想定することとした。既に LPWA を医療に応用する研究として、LPWA の低電力性を有効利用して、認知症等に起因する徘徊高齢者や学童の位置情報を特定して見守りとして用いるもの（岩田 2019）や、医療施設内における医療機器の所在や状態の情報を伝送して管理に用いるもの（吉田・山中・大塚 2020）などが検討されている。

LPWA は Wi-Fi やセルラーと比較すると情報の伝送レートが低いため、画像や時間波形などをストリーミングすることは不可能である。そこで、システムとしては、見守り対象者の生体情報などをローカルで取得・分析し、対象者が危険な状態が検知された場合などに、その情報を LPWA を経由して通知する方式が妥当であると考えられる。また危険な状態以外においても、対象者の位置情報や、正常であることなどの情報は定期的に送信する必要があると考えられる。本研究で提案しているシステムの概要を図 1 に示す（戸谷・松田・中島 2021）。ローカルのセンサで得られた情報は、Bluetooth を介して LPWA 端末に送られた後、LPWA の回線を経由してサーバーにアップロードされる。

LPWA には複数の規格が存在するが、伝送実験に用いる LPWA として、ソニーネットワークコミュニケーションズ(株)によって提供

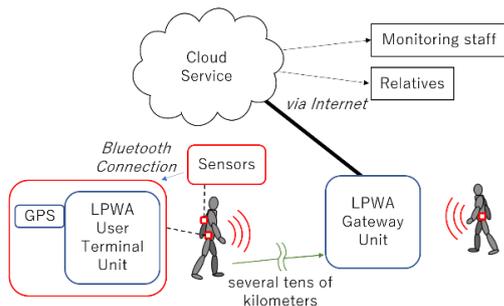


図1 見守りシステムの概要

される独自規格「ELTRES」(北園 2019)を用いることとした。「ELTRES」は Chirp を用いた多重、最大比合成、誤り訂正符号などの要素技術を用いることによって、長距離通信や高速移動時においても安定した通信が見込まれ、運用コストや電力を低く抑えられる。また、基地局はすでに設置されており、利用者は端末を管理するだけでよく、運用が手軽であることなどの特長がある。「ELTRES」では端末から最大で1分に1回の頻度で情報が送信され、その情報はサービスエリア内にある基地局(設置場所は公開されていない)で受信された後、インターネット上のクラウドに集約され、ユーザーアカウントごとにサービスが提供される。

## 4. 実験

### 4-1 実験システムおよび方法の検討

今回は利用者の屋外への外出する状況として、屋内や都市部での買い物や通院、自然環境内での散歩等を想定して、JR札幌駅周辺からJR野幌駅周辺にかけての都市部や郊外、北広島市の一部、野幌森林公園内、北海道情報大学の構内等の広い範囲で端末を移動させて実験を行った。移動には徒歩以外にも自転車や自動車、鉄道を利用した。実験に用いた ELTRES 端末(図2)は重量が 35 g と小型かつアンテナ内蔵型でポケットに入れたり、ストラップを用いて鞆等に装着したりして容易に持ち歩くことが可能



図2 ELTRES 端末

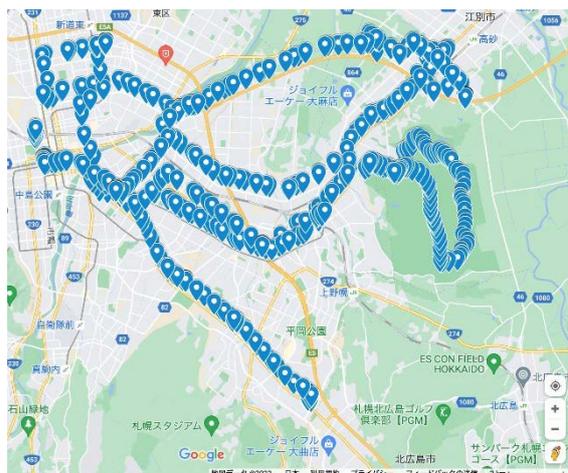


図3 取得された位置情報の例

である。また位置センサとして GNSS を内蔵し、さらに外部センサと Bluetooth でワイヤレス接続可能な仕様となっている。ペイロード長は最大 128 バイトまで可能である。バッテリーはリチウムイオン充電電池を内蔵し、1日あたり8時間にわたって3分間隔でデータ送信を行う場合、14日稼働可能である。実験では主に GNSS データ 48 バイトの位置情報を送信し、クラウドから提供される通信ログデータで接続性能を評価する実験を行った。

### 4-2 実験の結果と評価

実験結果として、屋外の実験においては、野幌森林公園内を含め、ほとんどの実験区域でリンク切れの無い安定した通信が可能であることが確認できた。伝送状況としては、①端末で位置情報が取得可能かつ ELTRES で伝送が可能なる場合、②端末で位置情報の取得は不可能であ



図4 伝送できなかった位置の例

るが、ELTRES で伝送は可能な場合、③ELTRES で伝送が不可能な場合の3パターンに分けられる。図3は、複数日にわたって実施した伝送実験で得られた位置情報を地図上のマーカーで重ねて表示したものであるが、端末の移動経路に沿って取得された位置情報が伝送されている状況を確認できる。実際のデータ分析においても、ELTRES 伝送不可能な位置は少なく、広い移動範囲で伝送可能な位置が連続していることが分かった(状況①)。自動車で移動しながらの実験データから 800 地点の送信点のうち 98%にあたる 784 地点において伝送可能であった。札幌 IC-江別西 IC 間の高速道路上の移動時にも全ての地点で伝送可能であった。伝送不可能な区間の例として北広島市の輪厚付近の例を図4に示す。図中の矢印は、伝送不可能となった区間を示している。自動車の移動実験において伝送不可能であった16地点のうち10地点はこの区間で生じたものであり、地図上で道路長を概算すると最も長いところで 2.2km 程度となった。道路が周囲の土地より低く谷間に位置していたり、道路の両側の地面が盛り上がっていたりする状況が多く見られる区間であり、電波の遮蔽を受け易いことが理由の一つとして考えられる。野幌森林公園内においては自転車を用いて移動し、全 203 地点のうち 99%にあたる 201 地点で ELTRES 伝送が可能であった

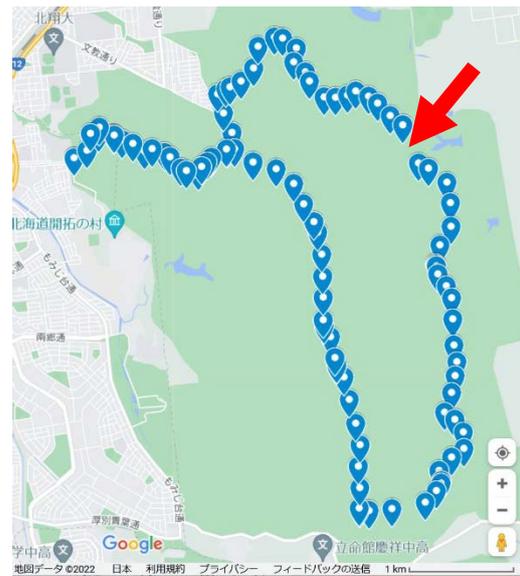


図5 野幌森林公園内における取得位置情報



図6 北海道情報大学周辺の取得状況

(図5)。データが取得できなかった区間は1区間(連続する2地点)のみ(地図上の矢印で指し示す部分)となり、森林に囲まれていても良好な伝送特性であるといえる。鉄道を利用した移動実験については JR 野幌駅~JR 札幌駅の区間で実施し、全ての位置からの ELTRES 伝送が可能であることを確認した。ただし、端末側において位置情報を取得出来ていない状況(状況②)が数カ所で見られた。また JR 札幌駅周辺のビルディングに囲まれた地域において徒歩で移動する実験では、ELTRES の伝送は全ての位置で可能であったが、端末で取得した位置情報が実際の位置とは異なる位置を示す場合があった。北海道情報大学のキャンパス周辺にお

いて徒歩による移動実験で ELTRES 伝送された位置を図 6 に示す。図中の両矢印は伝送不可能な区間を示している。いくつかの区域において実験日を変えて複数回評価を行ったが、実験日によって接続の可否が変化する区間は観測されなかった。

実験において確認された伝送不可能な地点の共通点として、図 4 で示したような例外を除けば、伝送不可能な区間は短いこと、時間とともに変化しないことが挙げられる。例えば高速道路沿いのくぼ地等のような地形と最寄りの基地局の位置関係により電波が遮蔽されている場合が考えられ、特性を改善することは原理的に困難であると予測される。ただし今回の実験結果から、このような地点は少数であり、範囲も狭い（例えば徒歩で数分の範囲）場合が多いため、伝送が不可能な位置をあらかじめマッピングして捉えておくことが可能であると考えられる。端末が伝送不可能な区域に入る直前の移動速度からその領域を通過する時間を予測し、それを上回ってデータが伝送されない場合には、伝送不能領域内で端末が静止しているものと判断できる（その後の対応は見守りのサービスの考え方によって変わる）。

端末が屋内にある場合においては、伝送が不可能である場所が多数確認された。ELTRES の基地局は屋外に存在するため、屋内における運用は原理的に限界があることがわかった。これに対しては、基地局を利用者側で屋内に設置してアドホックモードで運用できる LoRa などの LPWA を用いるか、その他ローカルで機能する高精度な位置情報・生体情報取得システムを利用することなどが考えられる。また、各地方自治体などがセキュリティ会社と提携して、設置型の人感センサや通信システムを用いた住宅内の見守りサービスを提供しており、今後は LPWA 等の無線モジュールを用いて、同様のシステムの高機能化を図る方法が現実的に有効であると考えられる。

実験では主に位置情報の伝送結果を分析に

用いたが、試験的に外部センサで取得された情報を伝送する実験も行った。今回は、マルチセンサ（富士通コンポーネント（株）製無線モジュール FWM8BLZ07A）を用いて加速度データ 8 バイトを取得し Bluetooth を介して ELTRES 端末に送り、位置情報と併せて ELTRES で伝送し、クラウドのログデータに保存されていることを確認した。ELTRES のペイロード長は 128 バイトであり、位置情報 48 バイトを除くと残り 80 バイトであることから、先に検討した見守りに必要な情報（各 8 バイト程度）を最大で 10 種類まで同時に伝送可能ということになる。

## 5. まとめ

本研究では、屋外を自由に行動する高齢者を見守るために必要であると考えられる情報について、救急搬送の統計データを基に検討した。その結果、見守りに必要な情報として、位置情報以外に、循環器系疾患の予防や発症の検出が重要であることが分かった。またこれらの情報を伝送するための手段として、LPWA の使用を想定し、ソニーの ELTRES を用いて、札幌市から江別市近郊における位置情報の伝送実験を行った。その結果、実験を行った地点のうち 98% 以上の地点において伝送が可能であることが確かめられた。現時点でも、低い運用コストで位置情報による見守りに利用できると考えられる。

今後は屋外にいる高齢者について、脳梗塞、心筋梗塞などの緊急事態をいち早く検出して通知するためのセンシングについて検討する必要がある。

## 謝辞

この研究は令和 3 年度北海道情報大学学内共同研究の支援を受けて行われたものである。

## 参考文献

- 岩田彰他 (2019) 「改良型 BLE ビーコンと LPWA 通信による見守りシステム「見守りプラス」『計測と制御』58 巻, 2 号, pp. 109-114。
- 北園真一 (2019) 「ソニーの IoT 向け LPWA ELTRES の紹介 ～ 独自技術で長距離安定通信を実現 ～」『信学技報』vol. 119, no. 265, SRW2019-25, pp. 17-20。
- 総務省 (2017) 「IoT 化する情報通信産業」, 『情報通信白書』第 3 章, 第 3 節。
- 総務省消防庁 (2021) 『令和 2 年版救急救助の現況 救急編』。
- K. Swedberg, M. Komajda, M Böhm, J. S. Borer, I. Ford, A. Dubost-Brama, G. Lerebours, and L. Tavazzi (2010), Ivabradine and outcomes in chronic heart failure (SHIFT): a randomized placebo-controlled study, *Lancet*, 375, pp. 875-885.
- 田村俊世・山口潤 (2020) 「カフレス血圧計の国際標準規格化動向—令和元年度戦略的国際標準化推進委員会報告」『生体医工学』58 巻, 4-5 号, pp. 168-172。
- 東京消防庁 (2020) 『令和元年 救急搬送データから見る日常生活事故の実態』。
- 東京消防庁 (2021) 『R01 版東京消防庁救急活動の現況』。
- 東京消防庁 (2021) 『STOP!高齢者の事故』。
- 戸谷伸之・松田成司・中島潤 (2021) 「屋外における高齢者見守りに有効な情報とその共有についての検討」『生体医工学』Annual59 巻, Proc 号, pp. 685-686。
- 吉田拓巨・山中久昂・大塚孝信 (2020) 「効率的な医療機器管理に向けた屋内マッピングシステムの提案と実装」『人工知能学会第 34 回全国大会論文集』2P4-GS-11-03。