

デマンド応答型外出支援サービスにおける 高齢者向け送迎要求収集システムの構築

佐野 友哉¹ 菅田 唯仁¹ 水本 旭洋² 諏訪 博彦^{1,3} 安本 慶一¹

概要: 近年, 高齢化や過疎化により高齢者の移動手段が不足しており, 移動手段の確保のために, ボランティア輸送やデマンドバスなどデマンド応答型交通による移動支援に期待が高まっている. デマンド応答型交通では, 送迎要求を電話やアプリケーションを介して受け取るが, 電話での聞き取りには送迎管理に負担が大きく, アプリケーションでは, スマートフォンを所有していない, あるいは, 操作に不慣れた高齢者にとって利用が難しいという問題がある. そこで, 本稿では, デマンド応答型のボランティア輸送を対象に, 高齢者から容易に送迎要求を収集し, 送迎管理者に可視化できる高齢者向け送迎要求収集システムを提案する. 提案システムでは, 高齢者向けに新たに開発した要求送信デバイスを高齢者宅に設置し, LPWA による通信を介して地域の送迎要求を収集, 地域のボランティア輸送を管理するスタッフに可視化を行う. システムの実運用を想定し, 開発した要求送信デバイスの UI 評価と LPWA による通信実験を奈良県鹿ノ台地区において実施した. 高齢者に要求送信デバイス进行操作してもらった結果, スマートフォンによる入力インターフェースと比較して, 高齢者にとって操作性が優れていることが分かった. また, 実運用を考慮して, LPWA の通信可能範囲を調査した結果, 住宅街や自然物の影響により長距離通信が可能で LPWA を用いても地区全域をカバーできないという課題が明らかになった.

1. はじめに

人口の高齢化 [1], 過疎化 [2] は大きな社会問題である. 人口が少ない地方ではバス路線の維持が困難であり, バス会社は便数の減少や路線の廃止を余儀なくされている. また加齢による運動能力の低下から高齢者による交通事故の件数が増加し, 免許証を返納する人も少なくない. そうした背景から高齢者の移動手段の不足が問題となっている.

一方で全国には高齢者の移動手段を確保するための多くのボランティアスタッフが存在し, 自主的に高齢者の移動・外出支援を行っている団体 [3][4] もある. しかし多くの場合, 送迎要求の聞き取りを電話で行っていたり, 送迎スケジュールを手動で取りまとめていたり, 効率的な運営とは言い難い. 実際に高齢者の送迎を行っている奈良県生駒市鹿ノ台地域のボランティアスタッフに対して聞き取り調査を行った結果, ボランティアスタッフが要求の聞き取りや送迎スケジュールの作成や, 送迎を行うボランティアスタッフの調整を一人で担っており, 送迎管理に大きな負担を抱えていることが分かっている. 将来的に送迎を必要と

する高齢者が一層増加すると考えられるため, 現在のような電話での調整・管理では, ボランティアによる送迎支援が成り立たなくなると考えられる. そのため, 効率的な運営にはシステム化が必要だと考えられる.

既存の移動手段を提供するシステムとして, デマンド応答型公共交通システムが挙げられる. 平田ら [5] が開発した Smart Access Vehicle System(SAVS) は, 固定経路を持たずユーザの呼び出しに応じて即時に配車を行う. この時, 先に乗車している, または乗車しようとしている乗客が乗合いを許容しその乗客の目的地到着希望時刻が守られる場合は乗合いが発生する. つまり, 従来のタクシーとバス両方のサービスを兼ね備えたような交通システムである. しかし SAVS では送迎要求の発信や配車結果の受信をスマートフォンに搭載されたアプリによって行うため, スマートフォン等のモバイル端末を所持していない, またはアプリ操作に不慣れである高齢者にとっては利用し難い. またアプリを使用するためにインターネットに接続する必要があり, 通信環境を構築することがさらなる負担となる.

そこで本研究では (a) 送迎要求送信デバイスの開発, (b) LPWA を用いた通信環境の構築, (c) 送迎要求情報の可視化に取り組むことで, 外出支援サービスを提供している地域のボランティアスタッフに対して高齢者の送迎管理を支援するシステムを構築する.

¹ 奈良先端科学技術大学院大学
Nara Institute of Science and Technology
² 大阪大学 Osaka University
³ 理化学研究所 RIKEN

(a) 送迎要求送信デバイスは、高齢者が希望する日時や目的地情報を送信するためのものであり、高齢者の自宅に設置することを想定している。本デバイスは、既存サービスに利用されているアプリのようなタッチ入力方式ではなく、高齢者が操作に慣れているボタン入力を採用することで高齢者向けの設計を行った。また自宅にインターネット環境がない高齢者でも利用できるように、送迎要求発信デバイスに (b)LPWA による通信機能を実装することで高齢者が通信環境を構築しなくて済むように配慮した。LPWA(Low Power Wide Area)[6] は低コストで通信を行うことができるため、通信にかかるコストも低減することができる。高齢者からの送迎要求を受信しサーバへ送信するゲートウェイの開発を経て (c) 要求情報の可視化に取り組むことにより、送迎要求の聞き取りを行うボランティアスタッフの負担を軽減する。

提案システムを実現するにあたり、3種類の実験を行った。1つ目は既存送迎サービスの調査である。送迎サービスの利用者や提供者、および管理者へ聞き取り調査を行うことによって既存サービスが抱えている問題点を明らかにし、提案システムの必要性を検証する。

2つ目は、本研究で開発した送迎要求発信デバイスのUI評価である。我々が開発した2種類のデバイスと既存の情報入力アプリを高齢者に比較してもらうことによって、我々のデバイスがより高齢者向けのUIであることを検証する。

3つ目はLPWAによる通信可能範囲の調査である。提案システムが実環境でも運用可能であることを検証するため、高齢者の送迎を行っている地方自治体の集会所屋上にゲートウェイを設置し、地域内の各地点における電波強度の測定を行った。観測地点には見晴らしのよい地点以外にも、通信の妨げとなる小学校や住宅街などの裏の地点も加えることによって、より実環境を想定した実験を行った。

2. 関連研究

移動手段の不足を解決するために様々な研究やサービスが行われている。平田ら [5] が開発したSAVSは、デマンド応答型公共交通システムであり、固定経路を持たずユーザの呼び出しに応じて即時に配車を行う。またライドシェアリングサービスのUber[7]もデマンド応答型のシステムであり、タクシー会社や個人のドライバと連携することで送迎サービスを実現している。こうしたシステムでは送迎要求の収集や送迎スケジュールの作成を自動で行うため効率的な送迎管理を行うことができる。しかし送迎要求の送信や配車結果の受信をスマートフォンに搭載されたアプリによって行うため、スマートフォン等のモバイル端末を所持していない、またはアプリ操作に不慣れである高齢者にとっては利用し難い。またアプリを使用するためにインターネットに接続する必要があり、通信環境を構築するこ

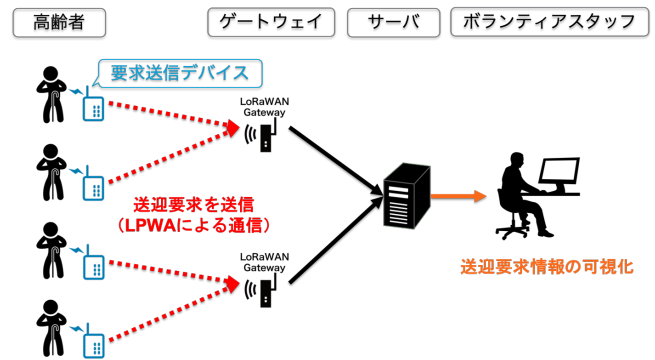


図 1 システム構成図

とがさらなる負担となる。

古賀ら [8] は平田ら [5] と同様にデマンド型交通システムである孝行デマンドバスを提案しており、利用者の送迎要求に応じて自動配車を行なっている。しかしこのシステムでは送迎の予約・運行管理をオペレータが行なっているため人件費が必要となる。また送迎を行う主体はタクシーやバス会社であるため、各交通機関への委託料も必要になる。

阿部ら [9] は過疎地域におけるオンデマンドバスシステムを想定した知的バス停を提案している。知的バス停とは利用者がバスを呼ぶための通信機能を持っているバス停である。過疎地域に設置するような端末では設備コストの削減のために自立電源での動作が必須となり、省電力技術が求められる。そこで利用者が少ないことを考慮し、利用者がいないときの消費電力を抑えるためにノーマリオフを適用している。知的バス停は通信コストを抑えた要求収集システムとして有用であるが、足腰の不自由な高齢者が利用する場合、バス停まで歩いて行かなければならないため利用者に負担がかかってしまう。

こうした側面から、既存の送迎管理システムの問題点は送迎要求の収集において高齢者を配慮しておらず、運営コストが高いことであると言える。本研究では送迎要求を送信するためのデバイスを高齢者向けに設計することで、アプリに不慣れな利用者でも容易に送迎サービスを利用できる環境の構築を目指す。

3. 提案システム

本稿では、スマートフォンやスマートフォンアプリケーションに不慣れな高齢者でも容易に送迎要求を送信できる送迎要求収集システムを提案する。提案システムの構成図を図1に示す。本システムは、高齢者宅に設置する要求送信デバイス、送迎要求をインターネットに転送するゲートウェイ、送迎要求を収集しボランティアスタッフに可視化するサーバで構成される。高齢者は、本研究で開発する要求送信デバイスを用いて送迎要求を入力する。送迎要求は、LPWAによる通信を介して、インターネット上のサーバに収集され、ボランティアスタッフに可視化される。



図 2 送迎要求送信デバイス

3.1 送迎要求送信デバイス

高齢者の送迎を行っているボランティアスタッフに事前に聞き取り調査を行ったところ、スマートフォンを所持していない、または自宅にインターネット環境がない高齢者が多数いることが判明した。スマートフォンやインターネット回線の契約、アプリケーションのインストールや、Wi-Fi 環境の構築を新たに必要とするシステムでは、高齢者の負担が大きくなるため、なるべく高齢者の自宅に置くだけで動作するデバイスが必要である。また、スマートフォンアプリケーションやウェブサービスでは、アプリケーションの起動やウェブサイトへのアクセス、ログイン、情報の入力、送信など、高齢者にとって操作が複雑であり、さらに、タッチインターフェースは高齢者にとって馴染みが薄く操作が難しく感じる人もいると考えられる。そこで本研究では、高齢者が送迎サービスを利用する際、スマートフォンやインターネット回線への契約が必要なく、簡単なボタン操作により送迎管理者へ要求を送信できる図 2 のような要求送信デバイスを新たに開発した。

3.1.1 デバイスの構成

要求送信デバイスの構成を図 3 の青色枠内に示す。要求送信デバイスは、処理を行う Raspberry Pi、ボタン型入力装置としてテンキー、可視化を行うディスプレイ、ゲートウェイとの通信を行う LoRa モジュール [10] で構成される。高齢者は、ディスプレイを確認しながら、送迎要求情報をテンキーによって入力する。テンキーによって入力された情報は逐次ディスプレイに反映され、送信ボタンが押されると LoRa モジュールによってゲートウェイに入力情報が送信される。図 2 のプロトタイプデバイスは、Raspberry Pi3 Model B、エレコム有線キーボード TK-TCM011BK(キーピッチ: 19mm)、EASEL LoRa モジュール ES920LR(技適取得済み)を用いて開発した。ES920LR のスバックや

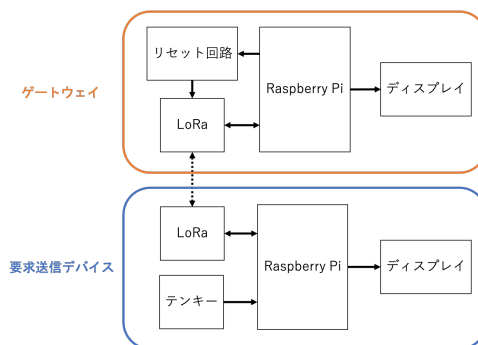


図 3 デバイス構成図

LoRa 環境の実装方法については 3.3 節で述べる。

3.1.2 ボタンの設計

我々は、既存のスマートフォンアプリケーションベースの送迎サービスは、タッチインターフェースに馴染みの薄い高齢者にとって操作が難しいデバイスだと考え、馴染みのある物理ボタンを要求発信デバイスの入力インターフェースに採用した。また、高齢者がしっかり押せる大きさであることと、電話のように数値を直接入力すること、送迎要求に十分なボタンを有していることからテンキーを用いることにした。また、市販のテンキーでは、キーに入力されている文字が小さく高齢者がボタンを視認しにくい可能性がある。そこで、テンキーのキーの上から数字や建物のイラストをシール紙に印刷し貼り付けることによって、高齢者向けデザインのボタンを作成した。また、ボタン入力においても、入力方法として、カーソル型で設定を行う方法と、数字により入力を行う方法(数字型)が考えられ、人により入力しやすい方法が異なると考えられる。そこで、図 4 のようにカーソル型と数字型という 2 種類のボタンデザインを用意した。



図 4 ボタンデザイン (左: カーソル型, 右: 数字型)

3.1.3 デバイスの操作方法

図 5 は、送迎要求を入力する際に、高齢者に表示される画面である。高齢者はこの画面を見ながら目的地や希望時刻の情報を入力する。

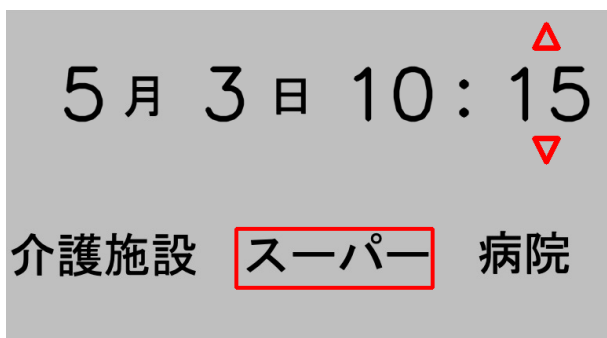


図 5 送迎要求情報の入力画面

画面の上部には日時情報が、画面下部には目的地情報が表示され、画面内の赤の三角印が付いている項目が現在設定可能な項目であることを表している。図5の場合、時刻の分を変更できる状態である。

前述のとおり、本研究ではカーソル型と数字型という2種類の入力方式(図4)を用意した。カーソル型では上下のボタンで数値の増減を、左右のボタンで選択項目の変更を表現している。例えば図5の場合、上ボタンを押せば20分が変わり(分情報は5分間隔)、左ボタンを押せば時(hour)情報を変更できるようになる。カーソル型の特徴は、上下左右のボタンと決定のボタンのみで情報を入力できるため、押すボタンの種類が少ないことである。種類が少ないことによってボタンを探す手間が省けるため、使い始めのユーザであっても慣れやすい方式であると考えられる。一方、カーソル型の欠点は、入力情報によってボタンを押す回数が多くなってしまふことである。例えば、2週間先の予定を入力する場合、ボタンを14回押さなければならないが、数字を直接入力する方式の場合は押す回数が1, 2回で済むため、カーソル型は数字型より効率が悪い入力方式である。

数字型はボタンに割り振られた数字を直接押す方式である。カーソル型と違い、意図する情報を直接入力できるため所要時間を短縮することができる。一方で、数字型は数字10種類に加えて進むボタンや戻るボタンなどが必要であるため、押すボタンの種類が多くなるという欠点がある。

カーソル型と数字型の双方の上部にある3つのイラストは高齢者が指定できる目的地のカテゴリを示しており、このボタンを押すことによって目的地情報を入力する。現状では、目的地のカテゴリを選択するだけで、細かな目的地までを選択できるようには設計していない。その理由として、カテゴリに関しては、スーパーや病院など目的地によって、ボランティアスタッフが一度自宅に戻ったり、荷物持ちなど手助けが必要であるなど、ボランティアスタッフの支援内容が異なるが、詳細な先行に関しては、ボランティアの送迎範囲が狭いため、送迎時に聞くだけでも十分であるため、入力操作が少なく済むようカテゴリのみ選択するようにした。また詳細な行き先を選択できる設計に



図 6 送迎要求受信用ゲートウェイ

してしまうと、選択肢の階層構造が複雑になり、高齢者にとって利用しづらいUIになる可能性があるためカテゴリの選択に留めた。

3.2 送迎要求受信用ゲートウェイ

高齢者が送信した送迎要求を受信するゲートウェイを開発した。図6に開発したゲートウェイを示す。

3.2.1 ゲートウェイの構成

図3の橙色の枠内に示すように、ゲートウェイは要求送信デバイスと同じようにRaspberry PiにLoRaモジュールを接続した構成となっている。またゲートウェイにはLoRaモジュールを再起動するための回路も接続されている。モジュールの制御については3.3節で述べる。

3.2.2 要求情報の可視化

送迎要求の聞き取りや送迎スケジュールの作成を行うボランティアスタッフの負担を軽減するため、収集した送迎要求情報の可視化を行う。提案システムでは、高齢者が送信した要求情報はゲートウェイを介して自動でサーバに送られる。送迎管理者は、サーバにアクセスするだけで要求情報の一覧を見ることができるよう、電話による聞き取りの負担が軽減され、スムーズに送迎スケジュールの作成へと移ることができる。収集された要求情報は、図7に示す出力例のように、利用者や希望日時、目的地等の各項目毎に表へと集約される。

3.3 LPWAによる通信機能の実装

本研究では、送迎要求受信用ゲートウェイと送迎要求発信デバイスとの通信にLPWAを使用する。その中でも通信距離が長く、一般的に普及しているLoRaを使用した。表1に今回使用したES920LRのスペックを示す。また、マスターであるラズベリーパイとの接続を容易にするために「ES920LR 開発・評価キット ES920LRSDK1」を使用

	A	B	C
1	利用者ID	指定日時	目的地
2		2 1/3/10:00	介護施設
3		1 1/2/12:10	スーパー
4		2 1/4/09:30	病院
5		3 1/2/15:00	介護施設
6		3 1/3/11:20	病院
7		4 1/2/09:00	介護施設
8		5 1/2/09:15	スーパー
9			

図 7 送迎要求情報リスト

した。ES920LR はネットワークアドレスとチャンネルが一致した全てのノードから受信することが可能であるが、送信には送信先を指定する必要がある。1:N の通信を行うためには何度も送信先を変更する必要がある。この送信先の設定は UART で設定可能であるが、初期設定から送信先を変更する場合、変更後にモジュールを再起動する必要がある。しかしながら、モジュールのコマンドとして再起動が用意されていないため、モジュールのリセットピンを用いて再起動を行う。このリセットピンにはトランジスタと抵抗を用いてプルアップ状態にしておき、ラズベリーパイの GPIO からトランジスタに信号を入力してモジュールのリセットピンを GND に接地させる。その後再びプルアップ状態にすることで、モジュールの再起動を行う。

4. 調査実験

提案システムを実現するにあたり、3 種類の実験を行った。1 つ目は既存送迎サービスの調査である。送迎サービスの利用者や提供者、および管理者へ聞き取り調査を行うことによって既存サービスが抱えている問題点を明らかにし、提案システムの必要性を検証する。

2 つ目は、本研究で開発した送迎要求発信デバイスの UI 評価である。我々が開発した 2 種類のデバイスと既存の情報入力アプリを高齢者に比較してもらうことによって、我々のデバイスがより高齢者向けの UI であることを検証する。

3 つ目は LPWA による通信可能範囲の調査である。提案システムが実環境でも運用可能であることを検証するた

表 1 ES920LR のスペック

項目	設定
通信距離	見通し 30km (外部アンテナ使用時)
インターフェイス	UART
周波数	920.6~928.0MHz
帯域幅	62.5kHz~500kHz
拡散率	7~12
伝送速度	146bps~22kbps
送信電力	13dBm 以下
受信感度	-118dBm~-142dBm
送信データ	最大 50byte (任意の ASCII コード)

め、高齢者の送迎を行っている地方自治体の集会所屋上にゲートウェイを設置し、地域内の各地点における電波強度の測定を行った。観測地点には見晴らしのよい地点以外にも、通信の妨げとなる小学校や住宅街などの裏も加えることによって、より実環境を想定した実験を行った。

本実験は、実際に送迎サービスを提供している奈良県生駒市鹿ノ台地域のボランティアスタッフ団体やサービス利用者である高齢者の方々の協力を得て行なった。

4.1 既存送迎サービスの現状調査

既存の送迎サービスが抱えている問題点を明確化するため、実際に送迎サービスを行なっているボランティアスタッフやサービスを利用している高齢者に聞き取り調査を行った。

4.1.1 実験内容

既存サービスが抱えている問題をまとめ、以下のような仮説を立てた。

- スマホや PC を持っている人が少ないため、そうした機器で送迎依頼を行うことは難しい。高齢者が簡単に送迎依頼を行えるデバイスが必要である。
- 高齢者の自宅にはインターネット環境が少ないため通信環境を構築しなくて済むシステムが必要である。
- 電話による送迎要求の聞き取りや送迎スケジュールの作成は管理者にとって大きな負担であり、自動で要求を収集できるシステムが必要である。

この仮説を検証するため、送迎サービスを利用している高齢者に以下のような質問項目でアンケートを行なった。調査対象者は 70 代女性 2 名、80 代女性 7 名、90 代女性 2 名の計 11 名である。

- スマートフォンまたはパソコンを持っていますか
- 自宅にインターネット環境はありますか

また送迎管理を行うボランティアスタッフに以下のように質問した。

- 送迎要求の聞き取りや送迎スケジュールの作成を電話で行うことに対して煩雑に感じますか

4.1.2 実験結果

調査の結果を表 2 にまとめた。なお、質問の選択肢に無かった携帯電話の所持者もスマートフォン所持者に含めている。調査の結果、7 割以上の高齢者がスマートフォンとパソコンの双方を所持していないことがわかった。さらに 8 割以上の高齢者が自宅にインターネット環境を有していないこともわかった。

また送迎サービスの管理者は、送迎要求の聞き取りや送迎スケジュールの作成を電話で行うことに対して煩雑に感

両方持っていない	スマートフォンのみ	パソコンのみ
8(73%)	2(18%)	1(9%)

ある	ない
2(18%)	9(82%)

じていると回答した。現在は特定のボランティアスタッフが一人でその役割を担っていることと、地域の高齢化に伴う送迎サービス利用者の増加を考慮すると、本研究で提案する送迎要求収集システムは必要であるとの意見も得られた。

4.1.3 考察

スマートフォンやパソコンを持っていない割合が高いことから、アプリを用いる既存の送迎サービスは高齢者に不向きであると言える。よって仮説の通り、スマートフォンやパソコン以外で高齢者が簡単に送迎要求を行えるデバイスが必要である。また自宅にインターネット環境のない割合が高いことから、高齢者は通信環境の構築に不慣れであることがわかる。よって仮説の通り、通信環境の構築が不要なシステムが必要である。

本研究では、高齢者向けの要求送信デバイスを開発することによってアプリに不慣れな利用者も考慮すると共に、LPWA による通信機能をデバイスに実装することによってインターネット環境がない高齢者にも利用できるような環境を構築している。また高齢者の送迎要求を自動で収集することによって送迎管理者の負担軽減にも取り組む。

4.2 表示画面の UI 評価

送迎要求デバイスについて、提案システムの UI の妥当性を検証するため、本研究で開発した情報入力インターフェースと既存アプリのインターフェースの比較を行った。

4.2.1 実験内容

被験者の高齢者に対して、カーソル型・数字型・タッチ型 (図 8(a))・フリック型 (図 8(b)) の 4 種類の入力インターフェースを操作してもらい、最も操作しやすかったインターフェースを選択してもらった。被験者は、送迎サービスを利用している高齢者 (70 代女性 1 名, 80 代女性 6 名, 90 代女性 1 名) 8 名である。

4.2.2 実験結果

操作しやすいインターフェースについて、全ての被験者が本研究において開発した 2 種類を選択した。そのうち被験者 7 名が数字型を選択し、1 名がカーソル型を選択した。数字型を選択した理由は直感的に操作しやすく、素早く入力できることであった。カーソル型を選択した理由も直感的に操作しやすいことであった。一方でタッチ型やフリック型は高齢者の指では反応しないことも多く、誤動作を引き起こしていた。



(a) タッチ型インターフェース (b) フリック型インターフェース

図 8 実験で使用したタッチインターフェース

4.2.3 考察

多くの被験者が数字型を選んだことから、操作の効率性が UI を評価する上で重要な要素であることが判明した。また数字型が選択された理由について、電話機のようにこれまでに使用したことのある UI に類似していることも重要な要素として考えられる。高齢者の指が反応していなかった理由については、高齢者の指先の水分が少ないことや、そもそも操作に慣れていないことが考えられる。

4.3 通信可能範囲の調査

提案システムに実装した LPWA 通信のカバーエリアを調査するため、奈良県生駒市鹿ノ台地域において電波計測実験を行った。

4.3.1 実験内容

提案システムの実運用を想定し、ゲートウェイを自治会の集会所屋上に設置した。また対象地域内の環境特徴に応じて計測地点を設定し、電波強度の測定を行った。図 9 に計測地点を示す。

図 9 の a-e は見晴らしの良い道路において 100m 間隔で区切った地点である。f-i は住宅街の区画ごとに区切った地点であり、住宅によって通信が減衰した場合の限界距離を測定するために設定した。j-l は地域内において特に高い建造物の裏であり、こうした建物による通信距離への影響を調査するために設置した。m-n は公園の裏であり、木のような自然物による通信距離への影響を調査するために設定した。

4.3.2 実験結果

実験結果を表 4 に示す。青で示した点は通信可能であった地点を示し、赤で示した点は通信が行えなかった地点を示している。見晴らしの良い道路では d 地点の 400m が限界であった。住宅街では h 地点までが限界であり、直線距離では約 200m であった。高層建造物を挟んだエリアでは



図 9 電波強度測定地点

地点	RSSI
a	-123
b	-117
c	-115
d	-123
f	-104
g	-126
h	-127
j	-117
k	-125
m	-128

k 地点までが限界であり直線距離では約 350m である。公園を挟んだ地点では m 地点まで通信を行うことができ直線距離で約 250m である。

4.3.3 考察

見晴らしの良い場合と比べ、住宅街や高層建造物、木等の自然物によって通信可能距離が短くなることがわかった。特に住宅を複数跨ぐ場合、電波強度が大きく下がることわかった。よって、通信範囲を広げるためにはゲートウェイの位置をより高くする、または複数台のゲートウェイを繋げることによって通信を行う等の対処方法が考えられる。またゲートウェイに近い位置でも電波強度が低い地点もあったことから、距離に関わらず建物等の周囲の環境や状況によって電波強度が変化すると考えた。

5. おわりに

本研究では、地域のボランティアスタッフが行っている高齢者送迎サービスにおいて、高齢者による送迎要求を自動で収集するシステムを構築した。システムを実現するにあたり、(a) 送迎要求送信デバイスの開発、(b) LPWA を用いた通信環境の構築、(c) 送迎要求情報の可視化に取り組んだ。本研究において開発したデバイスを高齢者の方々に使用してもらったところ、既存の情報入力アプリよりも高い評価を得ることができた。また LPWA による通信可能範囲を調査した結果、長距離通信が可能な LPWA を用い

ても、住宅や自然物の影響により通信可能距離が短くなることわかった。今後の展望として、送迎サービスを行う地区全域をカバーするために、ゲートウェイをより高い位置に設置したり、複数台のゲートウェイでシステムを構成する等の処置をとることによって、より安定した通信環境の構築を目指す。

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科研費 JP16H01721, JP19H01139 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 統計局：統計からみた我が国の高齢者，<https://www.stat.go.jp/data/topics/topi1131.html>. (参照 2019-05-13).
- [2] 総務省地域力創造グループ過疎対策室：過疎対策の現状と課題，総務省（オンライン），入手先 (http://www.soumu.go.jp/main_content/000513096.pdf) (参照 2019-05-13).
- [3] 佐井村行財政改革室：住民ボランティアが支える過疎地の公共交通，佐井村（青森県）（オンライン），入手先 (http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/pdf/007_sai.pdf) (参照 2019-05-13).
- [4] 山形市明治コミュニティセンター：デマンド型タクシーマイルグリーン号，<http://www.yamagata-community.jp/meiji/sumairu.html>. (参照 2019-05-13).
- [5] 平田圭二，鈴木恵二，野田五十樹，落合純一，金森亮，松館渉，中島秀之，佐野渉二，白石陽，松原仁：完全自動リアルタイムフルデマンド交通システム SAVS 向けプラットフォームの設計と実装，情報処理学会研究報告，Vol. 2017-ITS-68, pp. 1-6 (2017).
- [6] 総務省：平成 29 年版 情報通信白書 | LPWA，<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h29/html/nc133220.html>. (参照 2019-05-13).
- [7] Uber: About Uber - Our Story - Vision for Our Future，<https://www.uber.com/jp/ja/about/>. (参照 2019-05-13).
- [8] 古賀詳二，藤崎淳矢，本田実理：孝行デマンドバス[®]とメディカルフィットネス[®]で健康寿命を延伸させたい，産学連携学，Vol. 11, No. 2, pp. 2.12-2.17 (2015).
- [9] 阿部稿作，長崎健，戸田真志，松原仁，平田圭二：知的バス停におけるノーマリオフ技術適用評価，電子情報通信学会技術研究報告，Vol. 115, No. 518, pp. 37-41 (2016).
- [10] Alliance, L.: Home page — LoRa Alliance，<https://loralliance.org/>. (参照 2019-05-13).