

## GPS 内臓低通信容量 IoT を用いたマラソン軌跡送信の実証実験

野口 孝文<sup>†,††</sup> 増山 顕成<sup>††</sup> 田中 譲<sup>††,†††,†</sup>北海道大学<sup>†</sup> 北海道リージョナルリサーチ<sup>††</sup> 総合科学研究センター<sup>†††</sup>

## 1. はじめに

ソニーの開発した ELTRES は、低出力にもかかわらず 100km 以上の通信ができる IoT デバイスである。ELTRES には、低出力で長距離の通信を実現するために、送受信間で同期をとる GPS を本体に内蔵していて、そのデータを利用することができる。一方、通信速度が遅く、最速でも 1 分間ごとに 128bit のデータしか送信することができないという制約がある。本研究では、ELTRES から一定時間間隔で得た位置情報を圧縮して、6 点から 20 点の位置情報を 1 分間ごとに送信する方法を開発した。

本論文では、低速通信でも移動物体の位置を把握することができることを実証するために、マラソンランナーの走行軌跡を準リアルタイムで送信する実験を行ったことについて報告する。

## 2. ELTRES

## 2.1 ELTRES の送信間隔とデータ

ELTRES は、ソニーが開発し欧州電気通信標準化機構で標準化された LPWA 無線規格である<sup>(1)</sup>。開発に使用した CXM1600GR チップは、920MHz 帯を用いたモジュールである。送信電力は 20mW の特定省電力にもかかわらず、100km 以上の通信が可能である。一方、1 分間にペイロード 128bit と限られたデータを送信する。図 1 に ELTRES 端末のデータ送信から開発した走行軌跡データ配送ま

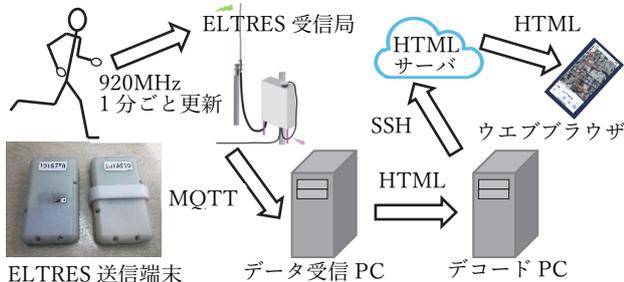


図 1 ELTRES 送信から位置情報送信までの流れ

Demonstration Experiment of Marathon Running Trajectory Transmission Using Low Communication Capacity IoT with Built-in GPS

<sup>†</sup> Hokkaido University

<sup>††</sup> Hokkaido Regional Research

<sup>†††</sup> CROSS Center

での流れを示す。

## 2.2 送信端末

図 1 左下にランナーが持つ ELTRES 端末を示す。本研究では、データ圧縮のプログラムを 36ICT 株式会社製の端末に組み込み使用した。本機の大きさと重さは、およそ 10cm×6cm×1.5cm, 80g (電池込み) である。単 4 電池 3 本で駆動し、連続で 4 日間ほど使用することができる。

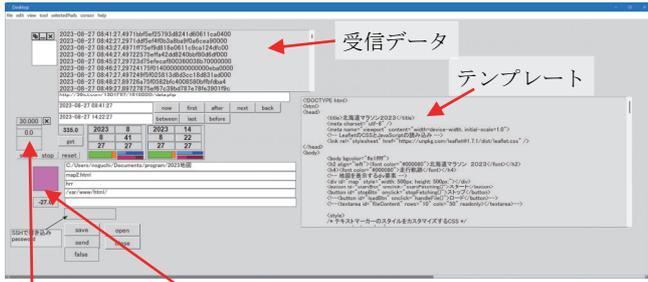
## 2.3 送信データの圧縮

本研究では、ELTRES 端末の GPS から得られた位置データを、128bit に収まるようにランナーの速度に応じて 6 点から 20 点のデータに六角形格子による空間量子化理論 (詳細は(2)参照) に基づいたアルゴリズムで変換している<sup>(2)</sup>。変換後のデータは、日本国土全体の任意の位置を 1m の誤差で表すように基点 (北緯 28° 東経 138°) を決め、初期位置に 42bit 割り当て、その後の位置を差分にして 4bit から 16bit 割り当てている。位置データは、GPS から得られる緯度経度を上の基点を原点にした XY 座標に変換した後、これを六角形格子座標に変換している。128bit のデータは、1 分間のランナーの最大速度を表すモードに 4bit, 初期位置を表すのに 42bit, 等時間間隔で最大点数入るランナーの移動の位置 (42bit) の差分に残りの 82bit を割り当てている。

## 3. マラソン走行データ配送システム

## 3.1 システムの構成

ランナーが所持する ELTRES 端末からの位置情報送信から携帯等におけるランナーの移動軌跡表示までの流れは図 1 に示した通りである。上述の 2.3 節で述べた方法で変換したデータは、データ受信サーバに保存され、HTML プロトコルで指定した時刻分を取り出すことができる。ELTRES データの受信から MQTT プロトコルによる送信まではソニーのサービスで、受信データの保存は 36ICT のサービスで、いずれも既存のシステムである。本研究では、データの圧縮とデコードおよび HTML サーバによるデータの配送部分を新たなシステムとして開発し、マラソンランナーの移動軌跡表示に適用する実証実験を実施した。



30秒タイマ デコードおよび配送機能  
図2 デコード・配送システム

### 3.2 位置データのデコードとウェブデータの作成

受信したデータから緯度経度の位置データは、上述の2.3節で述べた変換の逆を行うことで得られる。データ先頭の4bitから移動データの数を取得。つぎに42bitから初期位置を得て緯度経度を求める。残りの82bitを順にデータ数に応じて取り出し、初期位置の42bitに加算し2点目以降の位置を作成し、順に緯度経度を求める。

得られた緯度経度データは、HTMLのテンプレートプログラムに組み込んで、クラウドサーバに転送する。これらの様子を図2に示す。受信データを30秒間隔のタイマで更新し、データ変換して得られた緯度経度データを図の右に示したテンプレートプログラムに組み込み、クラウドサーバに転送している。転送データの容量は、マラソンのスタート時は1kByte程度で、マラソン終盤(5時間経過)には150kByte程度になったが、特に問題なく配送することができた。

## 4. 北海道マラソンでの走者軌跡取得実験

### 4.1 マラソンの概要

本システムを用いた実証実験は、2023年8月27日に札幌市で行われた北海道マラソンで実施した。マラソンコースは、図3に示す札幌市の中心部から北西部にある新川方面を含む42.195kmである。スタートは、図の右下位置の大通公園である。スタート時間は、午前8時45分で、ゴールは6時間以内となっている。

### 4.2 コースデータと走行途中の様子

本実証実験では、2名のランナーが装置を携帯して5時間ほどでゴールしている。8時40

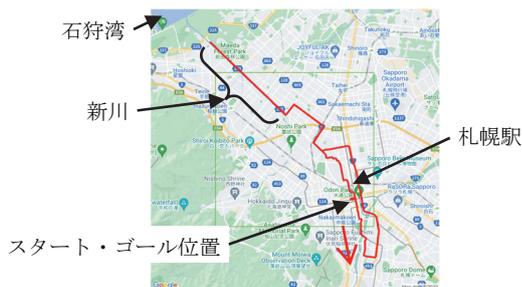


図3 北海道マラソンコース



図4 マラソン走行軌跡

最終データ 153kB,  
5h3m: 約1800点  
積算距離の誤差: +0.6%

分ごろには、スタート地点から西に200mほどのところから移動し始めているが、1万人余りの参加者がいるため、スタート地点まで10分ほどかかっている。スタート地点からゴールまでの走行軌跡を図4に示す。本システムは、30秒ごとにデータ更新を行い、最終位置が地図の中心になるように表示している。また、1分ごとのデータに、測定時刻とスタートからの距離を表示するようにしている。最終積算距離は、42.35kmと約0.6%+の誤差になっている。

本システムは、スマートフォンのブラウザからも見ることができるので、選手のサポーターから選手の位置が従来の5kmごとの通過情報よりもわかりやすいという評価もあった。図4右下に示すように、ランナーが途中の休憩地点で数分休んでいる様子もブラウザから確認することができている。

## 5. おわりに

本研究では、ELTRESから一定時間間隔で得た位置情報を圧縮して、6点から20点の位置情報を1分間ごとに送信する方法を開発し、マラソンの走行軌跡を準リアルタイムで送信する実証実験を行った。その結果、低速通信でもランナーの位置ばかりでなく、走行スピードや、休憩の様子も把握することができ、開発したシステムの有効性を示すことができた。

### 参考文献

- (1) 北園真一, 藤木敏宏, 西出葵嘉, "300km! ローパワー・デジタル無線 ELTRES 誕生", トランジスタ技術 CQ出版社, 2029年6月号, pp. 101-112, 2019
- (2) Yuzuru Tanaka, Designing aperture  $2^{2k}$  hexagonal grids and their indexing as factor rings of Eisenstein integers, Theoretical Computer Science, Volume 982, 8 January 2024, 114257