

ことの発端はいつも突然に

とある日の雑談にて

2月の末頃、某集会のLT発表終了後のこと

とある日の雑談にて

2月の末頃、某集会のLT発表終了後のこと
「総務省とコラボするのはまだか」

とある日の雑談にて

2月の末頃、某集会のLT発表終了後のこと

「総務省とコラボするのはまだか」

「東京広域電話網はいつISPになるんだ」

とある日の雑談にて

2月の末頃、某集会のLT発表終了後のこと

「総務省とコラボするのはまだか」

「東京広域電話網はいつISPになるんだ」

「人工衛星を打ち上げて衛星電話を実現しないのか」

とある日の雑談にて

2月の末頃、某集会のLT発表終了後のこと

「総務省とコラボするのはまだか」

「東京広域電話網はいつISPになるんだ」

「人工衛星を打ち上げて衛星電話を実現しないのか」

「衛星も作るだけなら100万円あれば充分だぞ」

いきなり人工衛星はちょっとむづかしい！

人工衛星は高度の低いものでも 100 km 以上離れている
しかも打ち上げて運用するまでの手続きが面倒っぽそう

人工衛星のかわりに気球を使った通信について思いを馳せてみる
気球に通信機を搭載して数百 m から十数 km の上空へ飛ばす
HAPS (High Altitude Platform Station) として注目されている*

*ソフトバンク：「【HAPS 特集】空飛ぶ基地局 HAPS とは？ ソフトバンクの最新技術解説」, <https://www.softbank.jp/corp/technology/research/topics/105/>

いきなり縦方向の通信はちょっとむづかしい！

モノを上空に飛ばすことって面倒っぽい！

実験するために広い土地が必要

しかも手続きも必要かも

縦の十数 km のかわりに横の十数 km でお茶を濁す

モノを飛ばすよりは簡単に実現できそう

でも十数 km も開けたような場所があるとは思えない



宍道湖

4.4 ★★★★★ (329)
湖

概要 クチコミ 基本情報



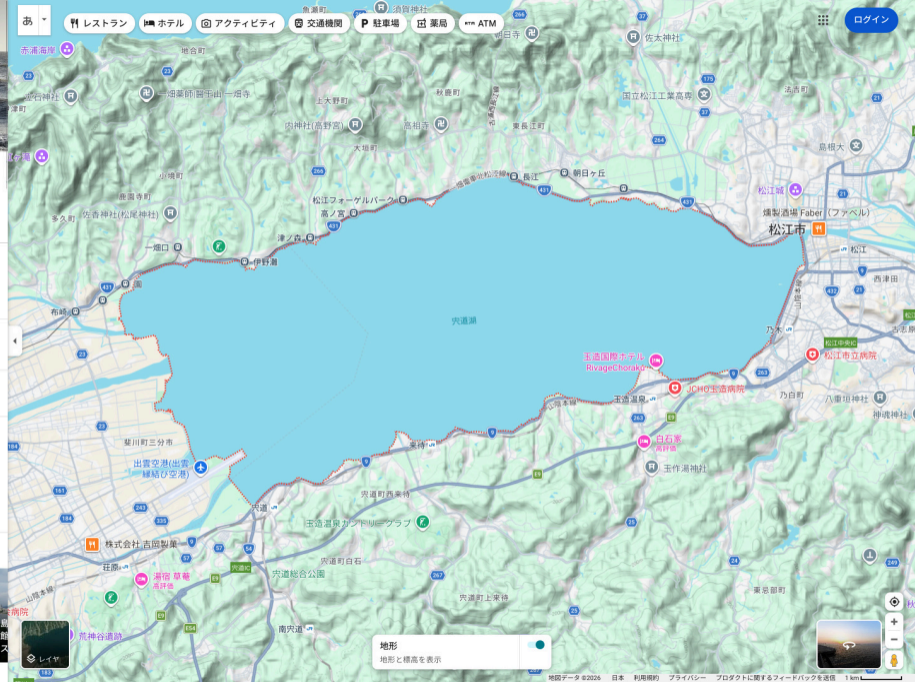
大きくて美しい湖。釣りやサンセットクルーズなどのレクリエーションを楽しむ。

島根県

ユーザーからの最新の写真

3月の夕陽。日没30分前 - 15分前 - 7分前 - 3分前。印象派の結晶のよ
1か月前

写真と動画



地形 地形と標高を表示

宍道湖



4.4 ★★★★★ (329)

湖

概要 クチコミ 基本情報

ルート・乗換 保存 付近を検索 モバイルデバイスに送信 共有

大きくて美しい湖。釣りやサンセットクルーズなどのレクリエーションを楽しむ。

島根県

ユーザーからの最新の写真

3月の夕陽。日没30分前 - 15分前 - 7分前 - 3分前。印象派の結晶のよ 1か月前



写真と動画

すべて 最新 10日前 動画

アプリをダウンロード

あ レストラン ホテル アクティビティ 交通機関 P 駐車場 薬局 ATM



約 16 km

宍道湖

地形 地形と標高を表示

地図データ ©2026 日本 利用規約 プライバシー プロダクトに関するフィードバックを送信 1 km

宍道湖の両岸でしりとりしてみた

ShinJiCOM: IP over Private LoRa

上羽 未栞^{†a)} 一式 すみれ^{†b)} ささくらり^{†c)} そら^{†d)} 佐伯 真紘^{†e)}

2025-05-22

† 東京広域電話網, <https://tkytel.github.io/>

a) a.k.a. KusaReMKN, mkn@kusaremkn.com

b) a.k.a. yude, i@yude.jp

c) a.k.a. m-tsuru, m@sasakulab.com

d) a.k.a. HK_Shuttle, sola@hk-shuttle.net

e) a.k.a. nejikugi, me@scrwnl.eu.org

今回のおはなし

ことの発端はいつも突然に
今回の舞台: 島根県・宍道湖
通信を支える技術
手軽に使える無線通信
システム構成
ソフトウェア以外の部分
予備実験
実験

みかんちゃんについて

自称・大天才美少女プログラミング初心者

うわば みかん 「上羽 未葉」あるいは くされみかん 「KusaReMKN」
みかんちゃんって呼んでね！

17₍₁₈₎歳のJK（超重要）

実はプログラマでもエンジニアでもない
普段はホラを吹いて生活している
古い計算機っぽいものが大好き

Twitterで思想を垂れ流すことが得意

<https://kusaremkn.com/> も見てね



情報通信に関するさまざまな自由研究を行う異常集団

東京広域電話網

Telephone for Everyone, Connecting Heritage

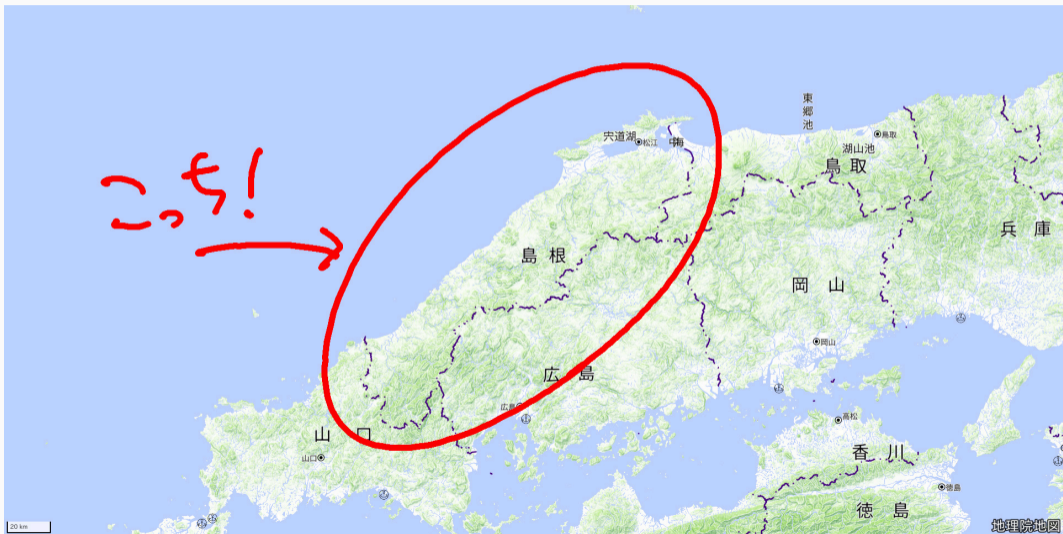
- IP電話の技術をつかってオレオレ電話網をつくる
- 各種のイベントに現れてはベルの音を鳴り響かせる
- インターネットのパケットを郵便ポストにお届けする

……など、活動は多岐にわたる

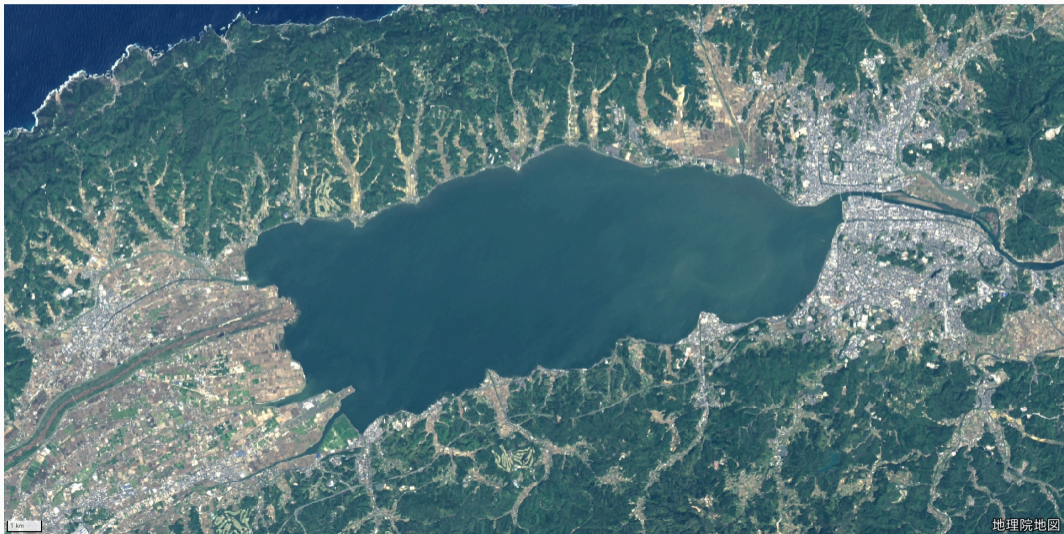
ウェブサイト (<https://tkytel.github.io/>) も見てね!

今回の舞台: 島根県・宍道湖

日本発のプログラミング言語 Ruby のふるさと島根県

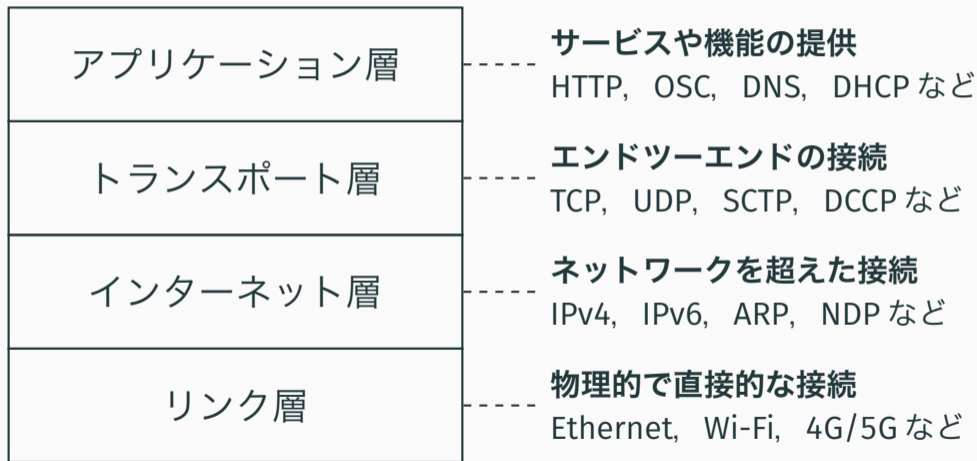


島根県の東側にある水たまり 宍道湖



通信を支える技術

インターネットを用いた通信のしくみ



さまざまなリンク



電線



電波



音声



光



郵便

リンク層

物理的で直接的な接続
Ethernet, Wi-Fi, 4G/5G など

無線通信に思いを馳せる

10 km 以上の距離だと Wi-Fi や Bluetooth は使えない

TCP/IP を載せるための自営の無線通信として

- アマチュア無線
- デジタル簡易無線

無線通信に思いを馳せる

10 km 以上の距離だと Wi-Fi や Bluetooth は使えない
TCP/IP を載せるための自営の無線通信として

- アマチュア無線
- デジタル簡易無線

でも！手続きが！面倒！ もっと簡単が！いい！

手軽に使える無線通信

小さな電力で長距離の通信を実現しよう！

LPWA (Low Power, Wide Area) な通信方式

小さなデータを遠くまで届けることに向いている
IoTなどの分野でよく使われるらしい

LPWA は免許不要の帯域を使うことが多い

さらに出力も大きくないので届出不要が多い
→ ~~異常な~~ 手軽な通信に適している！

我々は秋月の奥地へと向かった……

秋月電子通商



カタログ・回数集



ご質問・お問合せ



注文履歴



ログイン・会員登録



買い物かご

お知らせ 振込先 新商品一覧 全ジャンル一覧 詳細検索 一括注文

全ジャンル一覧

- ベストセラーパーツ
- 組立キット(モジュール)
- ディスプレイ・表示器
- 基板・ブレッドボード
- カメラ
- 電子工作便利商品
- 電池一般
- パーツ一般
- カー用品
- センサー一般
- シングルボードコンピューター
- マイコン関連
- フィジカルコンピューティング
- 半導体(モジュール)
- 電源一般
- 測定器・計測器関連
- 無線・高周波関連商品
- LED(発光ダイオード)

ホーム > [通信・無線モジュール・アンテナ](#) > [無線モジュール](#) > [LPWAモジュール](#)

LPWAモジュール

販売状態: 販売中 販売準備中 販売終了

表示方法: [サムネイル](#) [仕様一覧](#)

並び替え: [販売コード](#) [商品名](#) [発売日](#) [価格\(安い順\)](#) [価格\(高い順\)](#) [発売日+商品名](#) [人気順](#)

11件あります:

AAA



LoRaモジュール評価
ボード
[E220-900T22S\(JP\)-
EV2](#)

型番: E220-900T22S(JP)-
EV2
販売コード: 131361
1個
¥1,980(税込)

A



BG96 LTE ブレックア
ウトモジュールキット

型番: AE-LTECATM1-
BG96-80
販売コード: 118232
1個
¥9,800(税込)

AAA



LoRaモジュール
[TLM922S-P01A](#)

型番: TLM922S-P01A
販売コード: 114076
1個
¥2,680(税込)
在庫あり
通販購入可能数: 74個

AAA



LoRaモジュール評価
ボード
[E220-900T22L\(JP\)-
EV82](#)

型番: E220-900T22L(JP)-
EV82
販売コード: 130286
1個
¥4,290(税込)

A



SenseCAP M2 Multi-
Platform LoRaWAN
Gateway AS923

型番: 114993088
販売コード: 118036
1個
¥21,000(税込)

入荷未定

AAA



AirChecker C3/USB
セット

型番: DTP-ACCU-S
販売コード: 129502
1セット
¥10,780(税込)
在庫あり
通販購入可能数: 5セット

我々は秋月の奥地へと向かった……

秋月電子通商



カタログ・回数集



ご質問・お問合せ



注文履歴



ログイン・会員登録



買い物かご

[お知らせ](#) [振込先](#) [新商品一覧](#) [全ジャンル一覧](#) [詳細検索](#) [一括注文](#)

全ジャンル一覧

- [ベストセラーパーツ](#)
- [組立キット\(モジュール\)](#)
- [ディスプレイ・表示器](#)
- [基板・ブレッドボード](#)
- [カメラ](#)
- [電子工作便利商品](#)
- [電池一般](#)
- [パーツ一般](#)
- [カー用品](#)
- [センサー一般](#)
- [シングルボードコンピュータ](#)
- [マイコン関連](#)
- [フィジカルコンピューティング](#)
- [半導体\(モジュール\)](#)
- [電源一般](#)
- [測定器・計測器関連](#)
- [無線・高周波関連商品](#)
- [LED\(発光ダイオード\)](#)

[ホーム](#) > [通信・無線モジュール・アンテナ](#) > [無線モジュール](#) > [LPWAモジュール](#)

LPWAモジュール

販売状態: 販売中 販売準備中 販売終了

表示方法: [サムネイル](#) [仕様一覧](#)

並び替え: [販売コード](#) [商品名](#) [発売日](#) [価格\(安い順\)](#) [価格\(高い順\)](#) [発売日+商品名](#) [人気順](#)

11件あります:

 LoRaモジュール評価 ボード E220-900T22S(JP)- EV2 型番: E220-900T22S(JP)- EV2 販売コード: 131361 ¥1,980(税込) <input type="button" value="在庫あり"/>	 BG96 LoRaモジュール キット 型番: ATECATM1- BG96-Kit 販売コード: 118232 ¥9,800(税込) <input type="button" value="在庫あり"/>	 LoRaモジュール TLM922S-P01A 型番: TLM922S-P01A 販売コード: 114076 1個 ¥2,680(税込) <input type="button" value="在庫あり"/>	 LoRaモジュール評価 ボード E220-900T22L(JP)- EV82 型番: E220-900T22L(JP)- EV82 販売コード: 130286 1個 ¥4,290(税込) <input type="button" value="在庫あり"/>	 SenseCAP M2 Multi- Platform LoRaWAN Gateway AS923 型番: 114993088 販売コード: 118036 1個 ¥21,000(税込) <input type="button" value="入荷未定"/>	 AirChecker C3/USB セット 型番: DTP-ACCU-S 販売コード: 129502 1セット ¥10,780(税込) <input type="button" value="在庫あり"/>
--	---	--	--	--	--

LoRa モジュール評価ボード E220-900T22S(JP)-EV2

[ホーム](#) > [通信・無線モジュール・アンテナ](#) > [無線モジュール](#) > [LPWAモジュール](#) > [LoRaモジュール評価ボード E220-900T22S\(JP\)-EV2](#)

[131361]LoRaモジュール評価ボード E220-900T22S(JP)-EV2



在庫グレード: **AAA**
LPWAモジュール: **ベストセラー**

販売コード: 131361
型番: E220-900T22S(JP)-EV2
発売日: 2025/11/05 12:50:38
メーカー: [株式会社クリアリンクテクノロジー](#)

[履歴](#)

[よくある質問\(Q&A\)](#)

商品選定・製作の参考にしてください。

1個
[131361]

1個 ¥1,980 (税込) 税抜 ¥1,800

在庫あり

購入数量: 個

[かごに入れる](#)

[お気に入りに追加](#)

通販購入可能数: 542個

[店舗在庫情報](#)

LoRaモジュール評価ボードは、LoRa通信モジュール E220-900T22S(JP)を半田付けせずに気軽にLoRa通信等の評価・実験を行うために、ピンヘッドとSMA端子を具備したボードです。別途LoRaアンテナとRaspberry PiやArduinoなどのSBC(シングルボードコンピュータ)、マイコンをご用意いただけます。書き込まれているファームウェアはver1.2です。こちらはお客様からご要望がございました。各種部品、半導体、機構部品等のご要望をお聞かせください。[商品リクエスト入力フォーム](#)

システム構成

全体のシステム構成



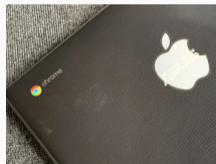
通信モジュール
E220-900T22S(JP)

UART
↔



コントローラ
Seeduo XIAO

USB
ACM
↔



ホストコンピュータ
Linux なパソコン

TUN/TAP: ユーザ空間でパケットをやりとりする仕組み

通常のネットワークインタフェース (Ethernet とか Wi-Fi とか)

これらはふつうカーネルの管理下にある

→ **プログラミングする手間が多すぎる!**

TUN/TAP を利用する方式 (PPP とか VPN とか)

ユーザ空間からパケットを送信・受信できる

→ **この方法なら簡単にプログラミングできる!**

送りたいデータがあるだけじゃ通信できない！

データを送るために必要な情報

- 誰に送るのか（宛先の指定）
- 誰から送るのか（送り主の指定）
- 何を送るのか（上位プロトコルの指定）
- 送りたいデータの本体

Ethernetのフレームフォーマット

位置	長さ	中身	
0	48	Destination MAC Address	送信先アドレス
48	48	Source MAC Address	送信元アドレス
96	16	EtherType	上位プロトコル
112	—	Payload	データ本体
—	16	Frame Check Sequence	データ化けチェック

Dest MAC Addr	Src MAC Addr	EtherType	Payload	FCS
---------------	--------------	-----------	---------	-----

今回のフレームフォーマット

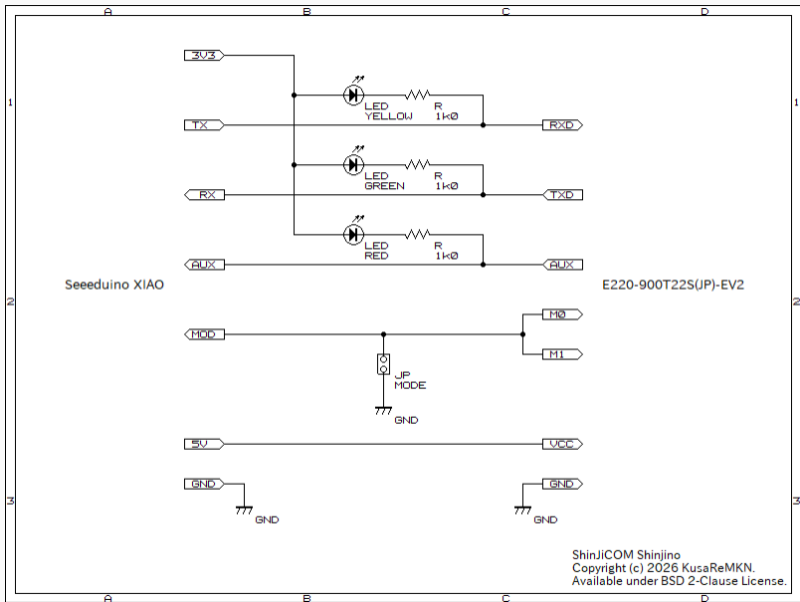
位置	長さ	中身	
0	16	Destination Address	送信先アドレス
16	8	Destination Channel	送信先チャンネル
24	16	Source Address	送信元アドレス
40	8	Source Channel	送信元チャンネル
48	16	Protocol Type	上位プロトコル
64	—	Payload	データ本体
—	8	Checksum	データ化けチェック

Dest Addr	Chan	Src Addr	Chan	Type	Payload	CkSum
-----------	------	----------	------	------	---------	-------

ソフトウェア以外の部分

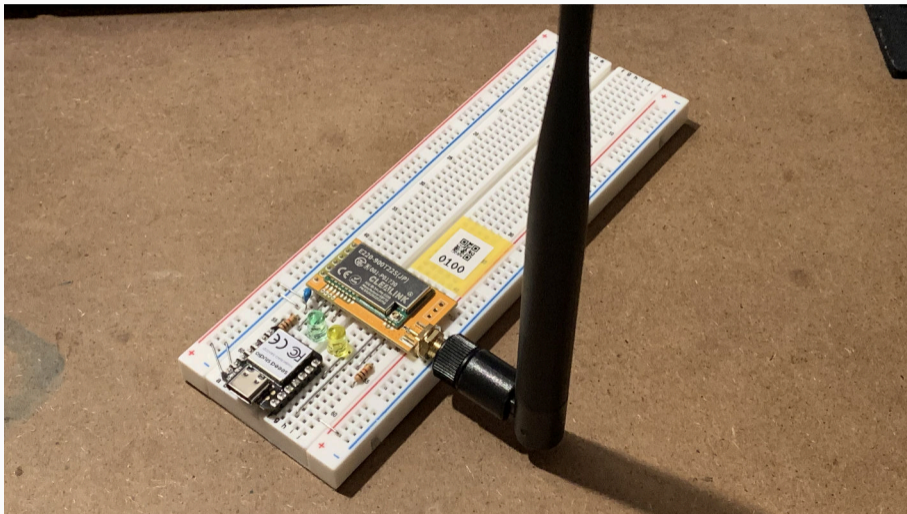
通信モジュールとコントローラとの接続

通信モジュール		コントローラ	説明
TXD	→	RX	受信パケットの方向
RXD	←	TX	送信パケットの方向
AUX	→	D1	通信モジュールの状態
M1, M0	—	D2	モード設定

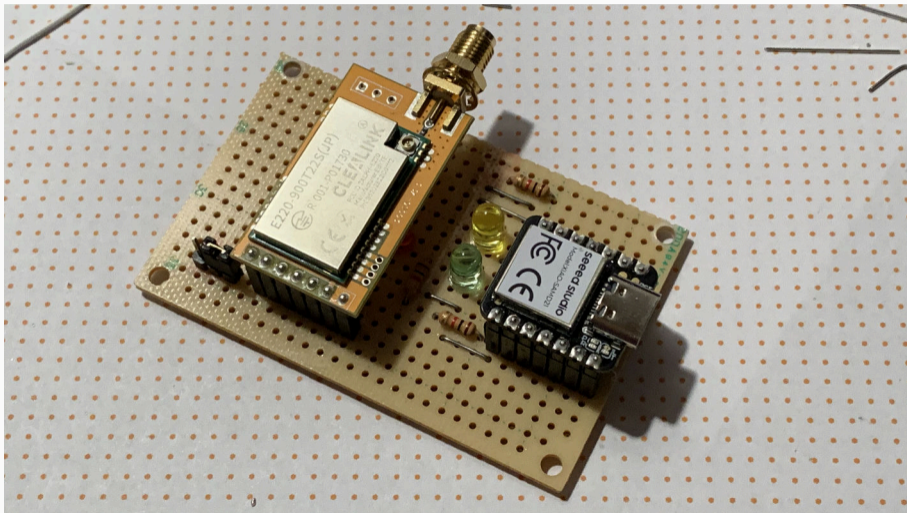


ShinJICOM Shinjino
 Copyright (c) 2026 KusaReMKN.
 Available under BSD 2-Clause License.

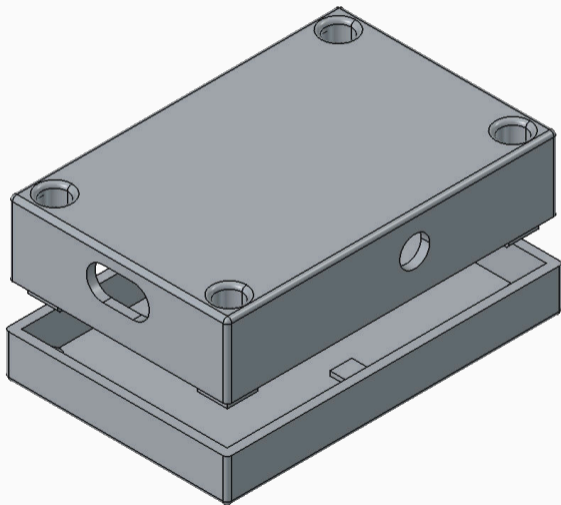
これをブレッドボードで組んで……



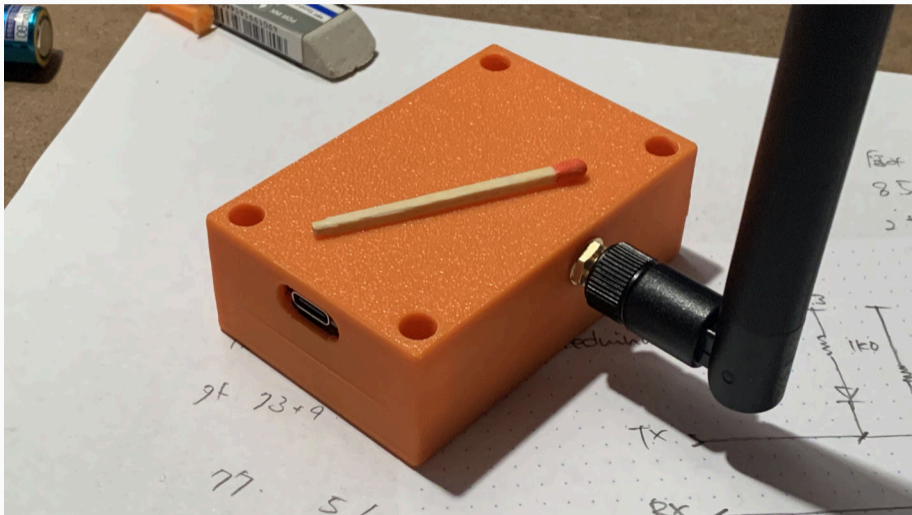
ユニバーサル基板に実装して……



雑に筐体を用意して……



完成！



予備実験

まずはお家のベランダから

みかんちゃんハウスのベランダに送信機を設置

パソコンと怪しいアンテナとを引っ提げて夜の街へ……

まずはお家のベランダから

みかんちゃんハウスのベランダに送信機を設置

パソコンと怪しいアンテナとを引っ提げて夜の街へ……

300 m 当然受信できる

まずはお家のベランダから

みかんちゃんハウスのベランダに送信機を設置

パソコンと怪しいアンテナとを引っ提げて夜の街へ……

300 m 当然受信できる

1.0 km 受信できる

まずはお家のベランダから

みかんちゃんハウスのベランダに送信機を設置

パソコンと怪しいアンテナとを引っ提げて夜の街へ……

300 m 当然受信できる

1.0 km 受信できる

2.0 km 受信できない！

まずはお家のベランダから

みかんちゃんハウスのベランダに送信機を設置

パソコンと怪しいアンテナとを引っ提げて夜の街へ……

300 m 当然受信できる

1.0 km 受信できる

2.0 km 受信できない！

1.6 km ギリギリ受信できる

まずはお家のベランダから

みかんちゃんハウスのベランダに送信機を設置

パソコンと怪しいアンテナとを引っ提げて夜の街へ……

300 m 当然受信できる

1.0 km 受信できる

2.0 km 受信できない！

1.6 km ギリギリ受信できる

あれ？ そんなに届かなくない？

それもそのハズ

通信モジュールのドキュメント[†]を読んでもみると……

……設置環境（高さ・周辺の電波状況・見通し）や電波状況等によって大きく変動します。……

……周囲にコンクリートなどの建造物が多い市街地などでは、数百メートルから1 km程度以下になる場合もあり、……

[†]https://support.dragon-torch.tech/docs/lora/E220_ver.2.0/

障害物がなければそこそこ飛ぶ



されど 4.5 km



もっと遠くまで飛ばしたい！

LoRa 方式のパラメータ: 帯域幅・拡散指数

帯域幅を広げる / 拡散指数を小さくする → 高速かつ短距離

帯域幅を狭める / 拡散指数を大きくする → 低速かつ長距離

通信速度と通信距離とはトレードオフの関係

→ 距離が欲しければゆっくり通信すれば良い

ここまでの実験は通信速度最大 (62 500 bit/s) の設定

これを最低速度 (= 通信距離最大) に設定して再挑戦してみる

実験

目標: 宍道湖西岸なぎさ公園・宍道湖大橋間の通信

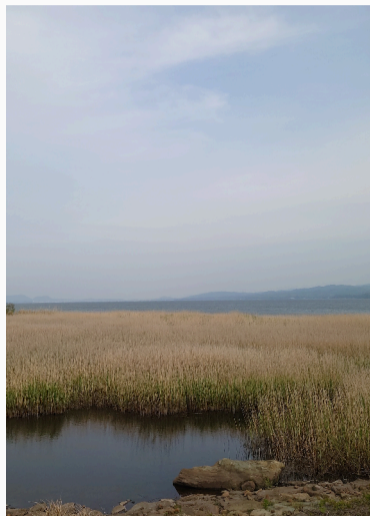


実験条件

伝送速度 約 1758 bit/s
帯域幅: 125 kHz
拡散指数: 9
(設定可能な最低速度)

送信出力 13 dBm = 約 20 mW
(設定可能な最大出力)

天候 晴のち曇 視程 20 km
気温 20 °C 湿度 60 %



三手に分かれて行動

中央道大橋で待機



車で南側を移動



バイクで北側を移動



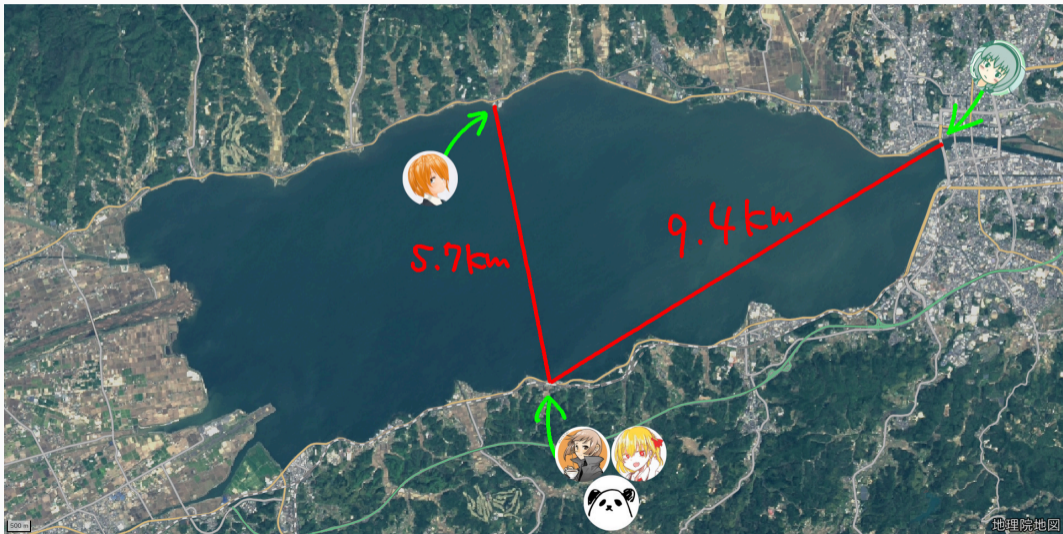
まずは 4.5 km



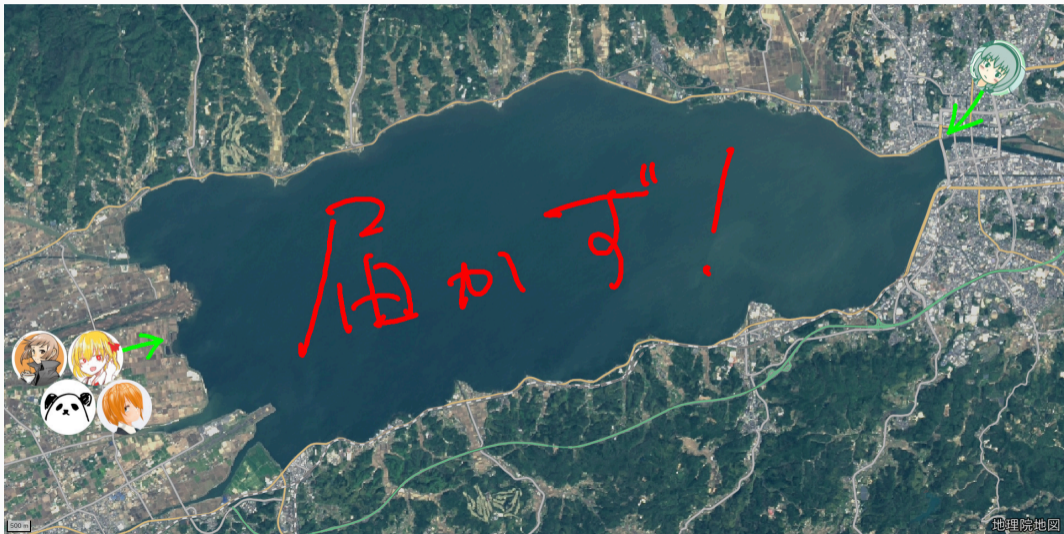
南北方向の対岸も OK



9.4 km も飛んだ！



それよりも遠いと届かない……



**9.4 km 離れた二点間で通信できた！
それ以上はムリだった！**

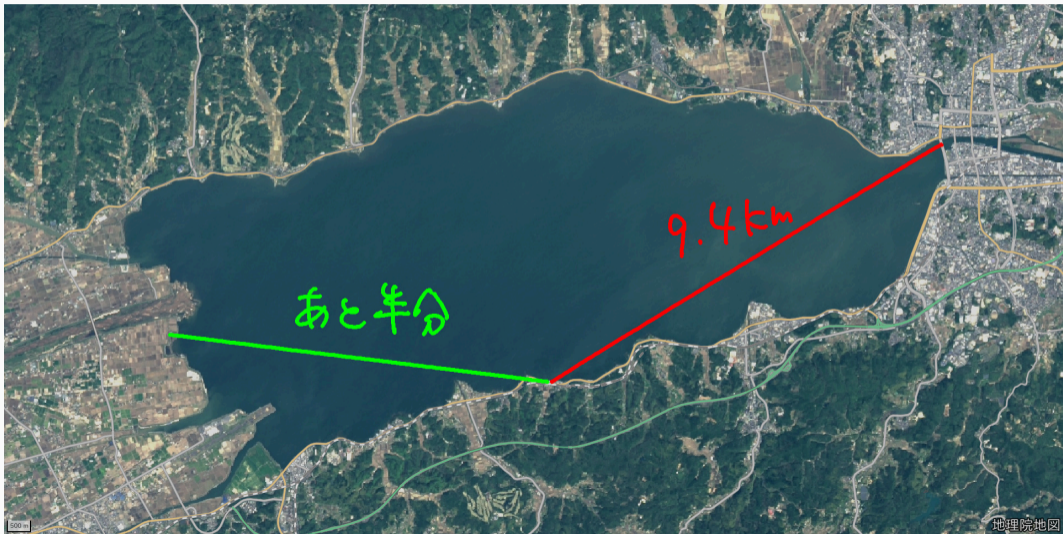


「寒いんで帰っていいですか」

おわりです

~~おわりです~~
おわりません

9.4 km も届けば残りは半分



中継機能を実装する

パケットを受信したら処理するついでに再送信する

→ もっと遠くにいる通信機にも情報を伝えられる

無限にパケットが再送信されると困る

→ パケットの寿命（最大中継回数）を設定しておく

あとは祈りながら実験する

二日目の実験条件

伝送速度 約 1758 bit/s
帯域幅: 125 kHz
拡散指数: 9
(設定可能な最低速度)

送信出力 13 dBm = 約 20 mW
(設定可能な最大出力)

天候 雨 視程 10 km
気温 15 °C 湿度 80 %



二日目の編成

穴道湖大橋で待機



車で南側を移動



途中地点で待機



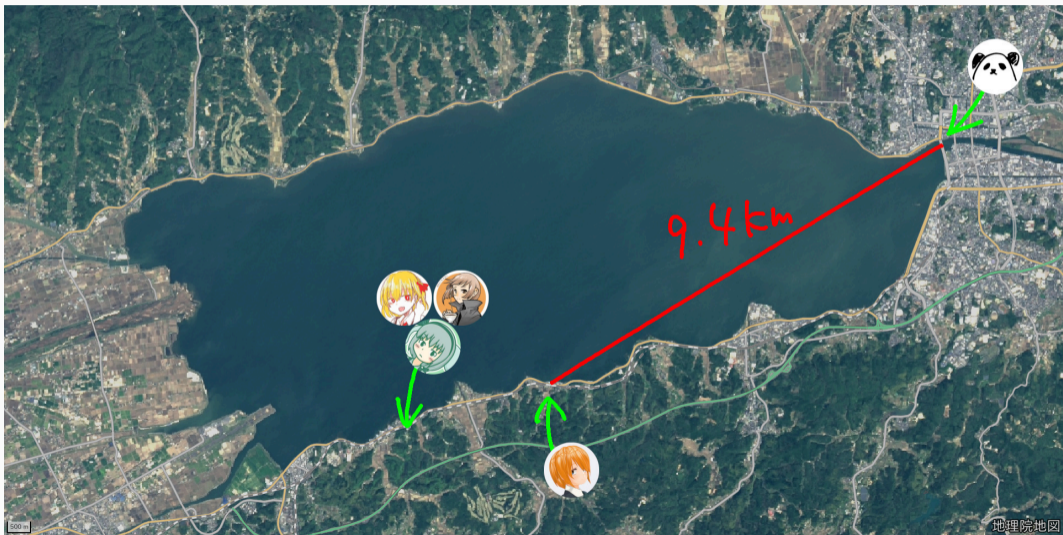
雨の中なのでまずは4.5 km



9.4 km も問題なし！



一人を置き去りに出発



移動すれど通信はできず



移動すれど通信はできず



移動すれど通信はできず



橋の上の人も雨風ですぶ濡れ



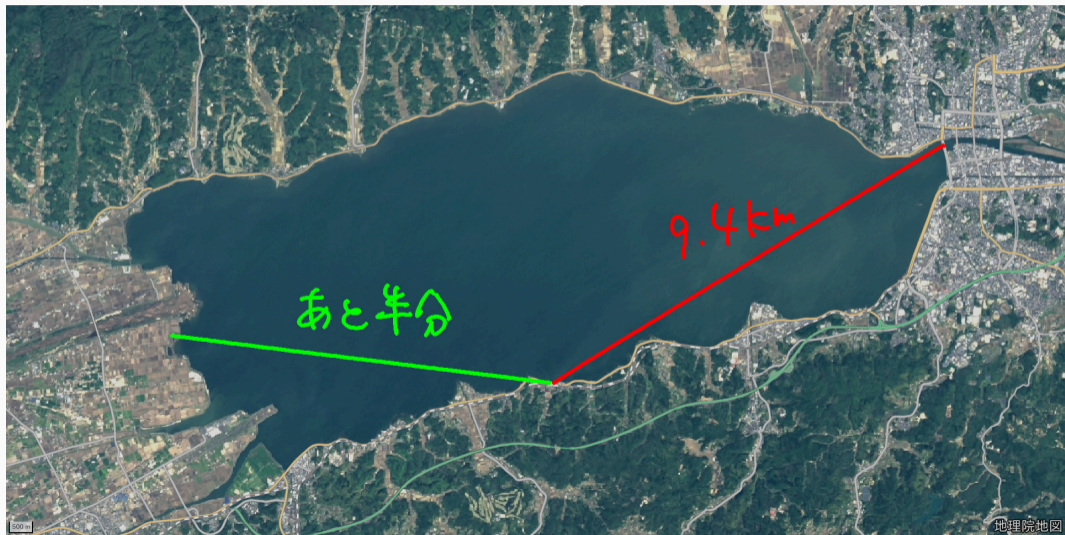
通信できないので鳥さんを眺めていました



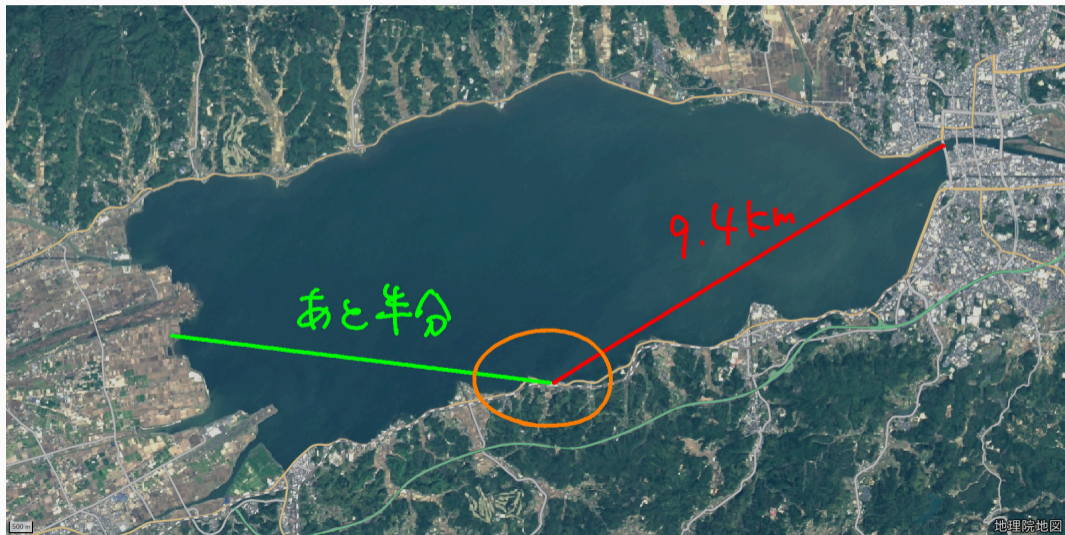


「これ見通し通信になってないよ」

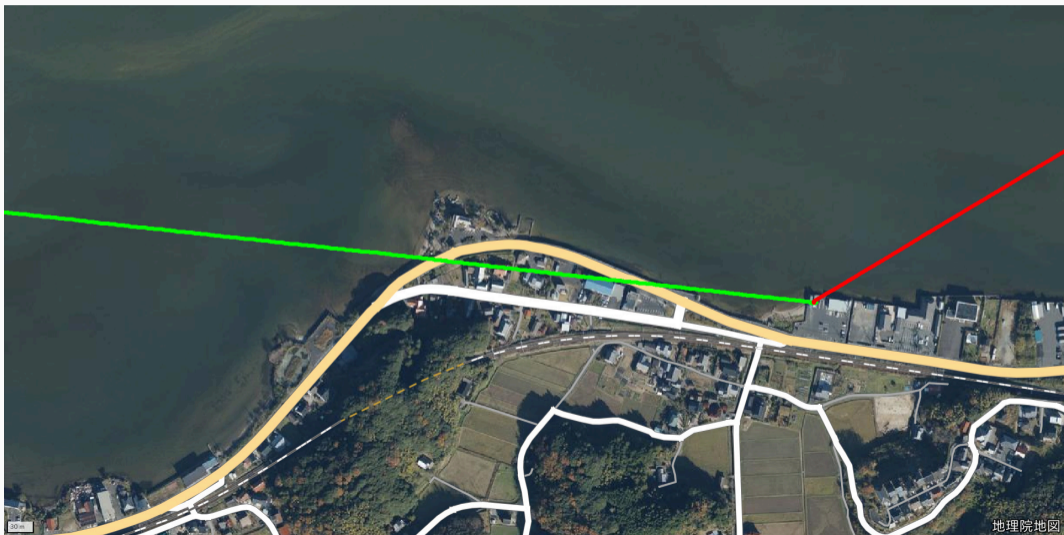
障害物はどこだ！



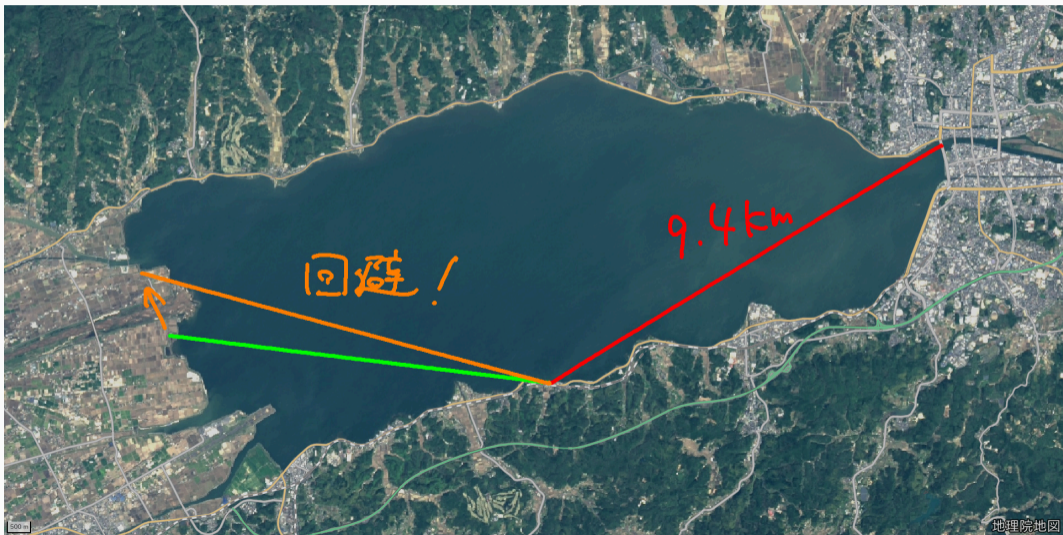
障害物はどこだ！



障害物はどこだ！



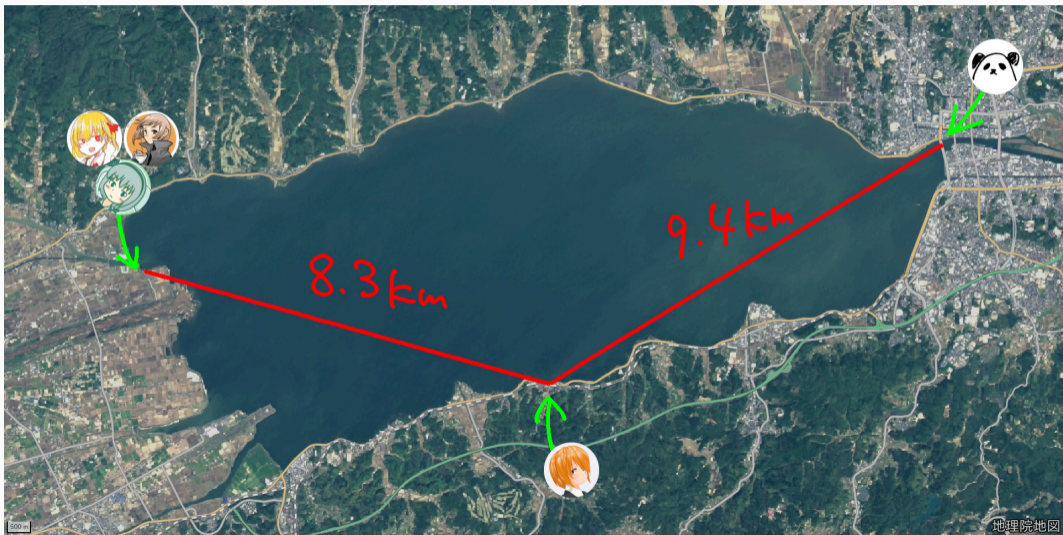
通信地点をズラして障害物を回避する



移動開始



パケットは突然やってきた



央道湖の両端での会話



「anyonyomarubobo2026」



「ack」



「こんにちは」



「howdy?」



「今日はいんまり天気良くないですよね」



「weather sucks」

尖道湖の両岸でしりとりしてみた



「りんご」



「ご☒すり」



「りす」



「すみれ」



「れんがづくり」



「りーまんしょっく」



「クーデター」



「たん」

ping を計測してみると

```
$ ping -i5 10.5.2.40
PING 10.5.2.40 (10.5.2.40) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.5.2.40: icmp_seq=1 ttl=64 time=3549 ms
64 bytes from 10.5.2.40: icmp_seq=2 ttl=64 time=3555 ms
64 bytes from 10.5.2.40: icmp_seq=3 ttl=64 time=3560 ms
64 bytes from 10.5.2.40: icmp_seq=4 ttl=64 time=3554 ms
64 bytes from 10.5.2.40: icmp_seq=5 ttl=64 time=3556 ms
^C
--- 10.5.2.40 ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 received, 0% packet loss, time 20007ms
rtt min/avg/max/mdev = 3549.260/3554.726/3559.593/3.375 ms
```

まとめ

宍道湖の両岸でしりとりしてみた

市販の LoRa 通信モジュールで無線通信の実験をしてみた

IP データグラムを Private LoRa 上で転送できることを確認した

9.4 km の距離にある通信機同士で通信できた

中継機能を実装することで

宍道湖の両岸（延べ 17.7 km）でも通信できた

自営の長距離 IP 通信網を実現する手段として利用可能

ShinJiCOM: IP over Private LoRa

KusaReMKN/ **shinjicom**



IP over Private LoRa



1

Contributor



0

Issues



1

Star



0

Forks



おわりです

Special Thanks!!



一式 すみれ
AIしばき, 置き去られ



ささくらり
置き去られ



そら
車両運転, 写真撮影



佐伯 真紘
車両運転



すぐち
車両案内



夜鍋 ヨナ
賑やかし

このスライドについて

Written in May 2026.

Permanent ID of this document: `c7612778ea427f17`.

Copyright © 2026 KusaReMKN, 東京広域電話網.

特記無き場合、プログラムやソースコードは MIT License で、
それ以外のコンテンツは CC-BY 4.0 で利用可能です。
一部の画像には別のライセンスが適用されるかもしれません。