



災害時の孤立集落における 予備通信インフラの検討

10班

石塚 紹人

小須田 侑暉

趙 嘉偉

指導教員: 干川 尚人

研究背景① 災害時の通信断絶

- 日本は災害大国と言われていて、台風や地震などの災害が頻繁に発生している
- 2011年東日本大震災や2024年能登半島地震など、被害規模が甚大なケースも多くある



通信ケーブルや基地局が破壊され通信インフラ途絶により救助活動に影響

2024年の能登半島地震では災害発生後1～3日で復旧活動が開始し2週間ほどで多くの地域で各通信会社の通信が復旧
完全な復旧には数か月の時間を要した

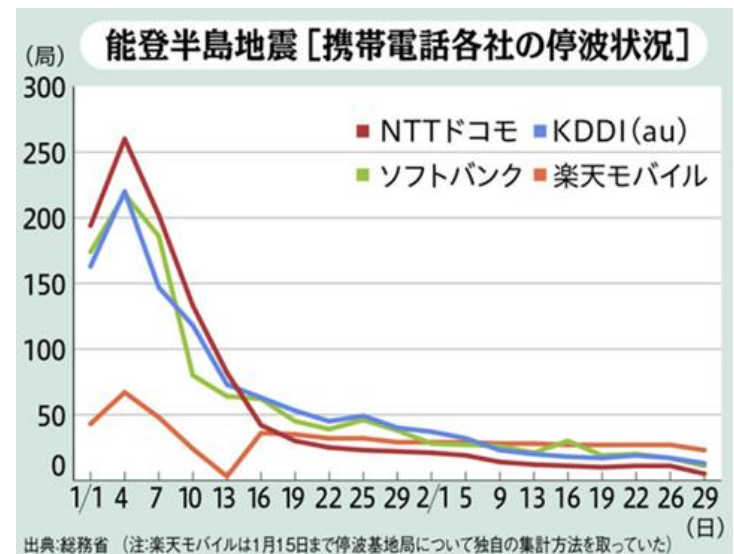


図1:能登半島地震(2024)発生後の通信基地局停波状況の推移[1]

研究背景② 「72時間の壁」

災害時における人命救助のタイムリミットは72時間と言われている

- 一般に、人間が飲まず食わずで生き延びられる限界が72時間
- 阪神淡路大震災において救出者数の生存率が発生から3日を境に急減

図2 救出者中の生存者の割合の推移(1月17日～21日の5日間)

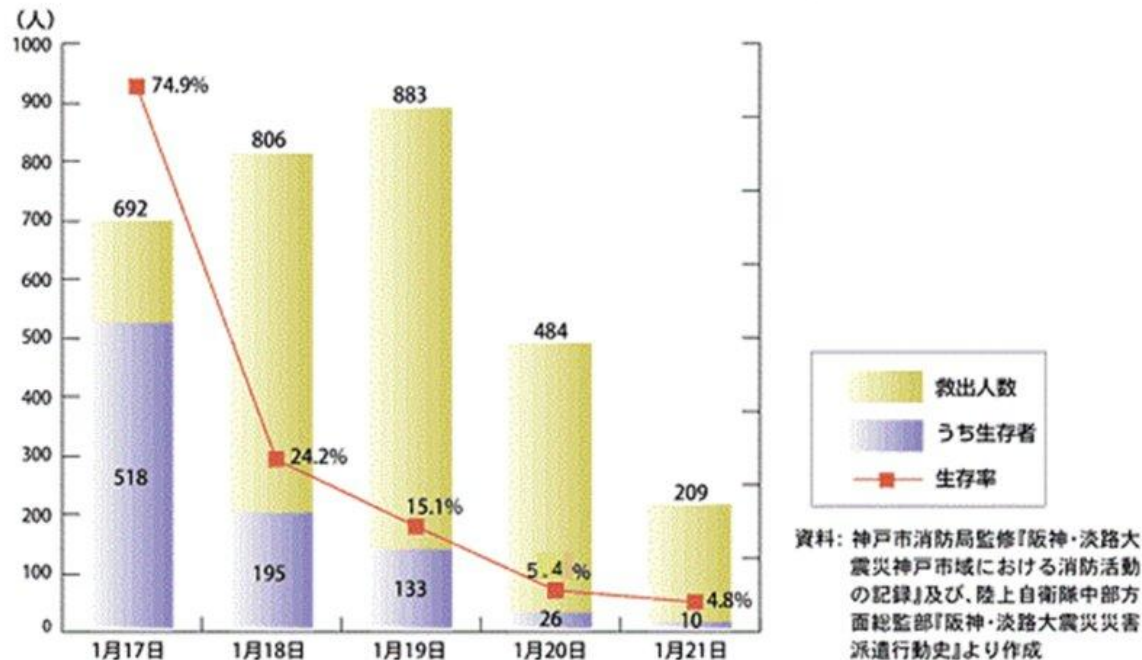


図2:阪神・淡路大震災における救出者中の生存者の割合[2]

研究背景③ 臨時通信手段の必要性

- 災害が発生し通信が断絶してから復旧が進むまでの期間は、被災地では携帯電話などでネット通信ができなくなり、支援や救助の要請などができなくなってしまう
- 通信の復旧には時間がかかる



72時間の壁を越えてしまう

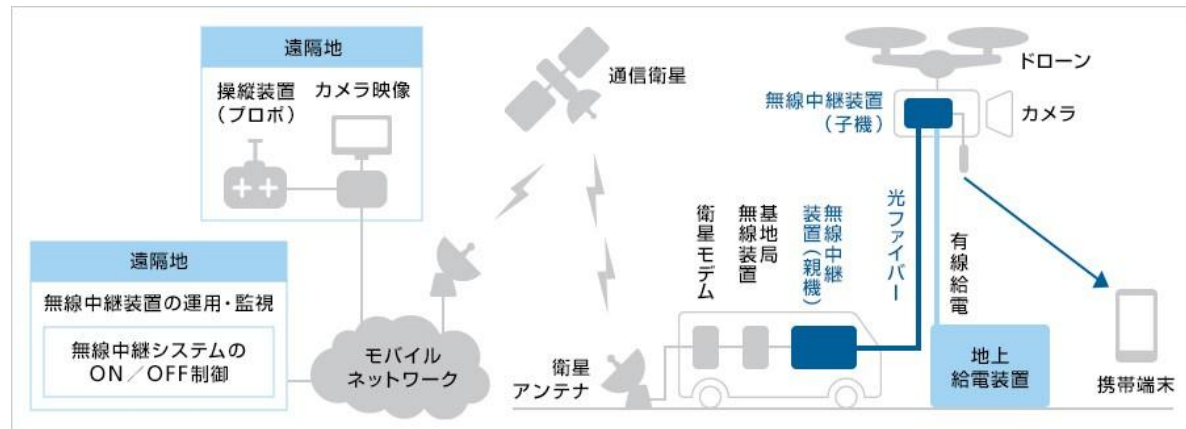
そこで...

通信が断絶した地域にいち早く通信環境を届けるため
臨時的に基地局の代わりとなって通信を確保する技術
が存在し、過去の災害で導入されている

既存技術① 有線給電の無線中継ドローン[3]

自然災害発生などによって通信に支障が生じたサービスエリアの迅速な復旧と安定した通信サービスの提供を目的にソフトバンク株式会社が主体となって開発した、災害時のためだけに作られたシステム

- ドローンを地上100mに停留飛行
 - 郊外では半径3km以上、見通しの良いエリアでは半径5km以上のサービスエリアを確保
- 有線給電するため、連続100時間(4日間)以上の利用が可能
- 装置は小さく軽量で、装置一式を1台のワンボックスカーで運搬できる
- 設置準備も容易で、現地到着後30分以内に利用を開始し、ユーザーが通信できるようになる



既存技術② 船上基地局[4]

主にNTTドコモとKDDIが運用を行っている、海底ケーブル敷設船などの船舶の上に携帯電話の基地局を積み、海上から陸上にアンテナを向けて電波を送信して沿岸のエリアをカバーする通信技術

- 運営時は、あらかじめ倉庫から無線装置などを船上に運び込んで設営しておき出港 → 現地到着後に通信衛星との接続を確立したり停波エリアに携帯電話回線の電波を到達させたりするべく、アンテナの向きなどを設定して電波を発射する
- 最大で停泊場所から半径数キロメートルのエリアをカバー

能登半島地震では災害発生から5日後から沿岸部2か所で運用開始

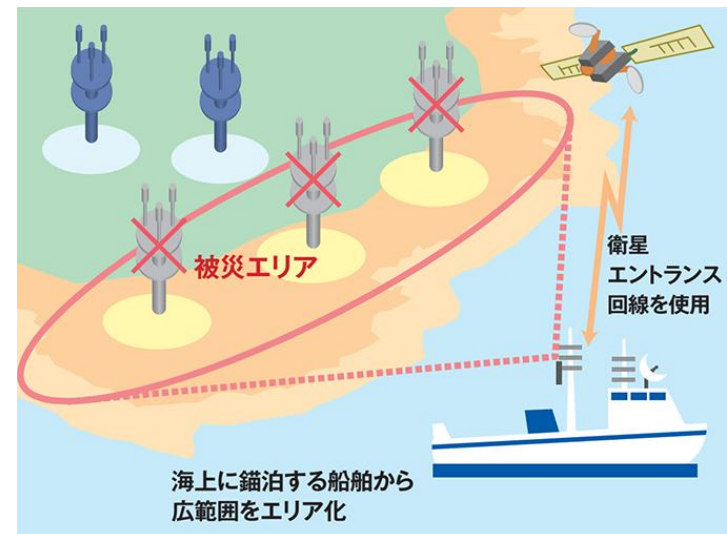


図4:船上基地局がつながる仕組み[4]

既存技術③ 衛星通信アンテナ

宇宙空間の通信衛星と直接電波を送受信して通信を行うアンテナを自動車などで被災地に届けることによって通信を確保する

- 地上の基地局を直接使わず地上から遠く離れた衛星が電波を中継するため災害などの影響を受けず緊急時の非常用連絡手段として有効な技術
- NTTの可搬型アンテナ(図5)やスペースXのStarlinkなどが存在
- 能登半島地震では、スペースXと提携するKDDIとソフトバンクがStarlinkの受信アンテナおよそ700台を各地の避難所などに無償提供[5]
→周辺にいる被災者はスマートフォンなどでネット通信できるようになった

設営者は特殊なスキルを有する必要がなく、15分程度の時間で設営、回線開通作業を完了することが可能

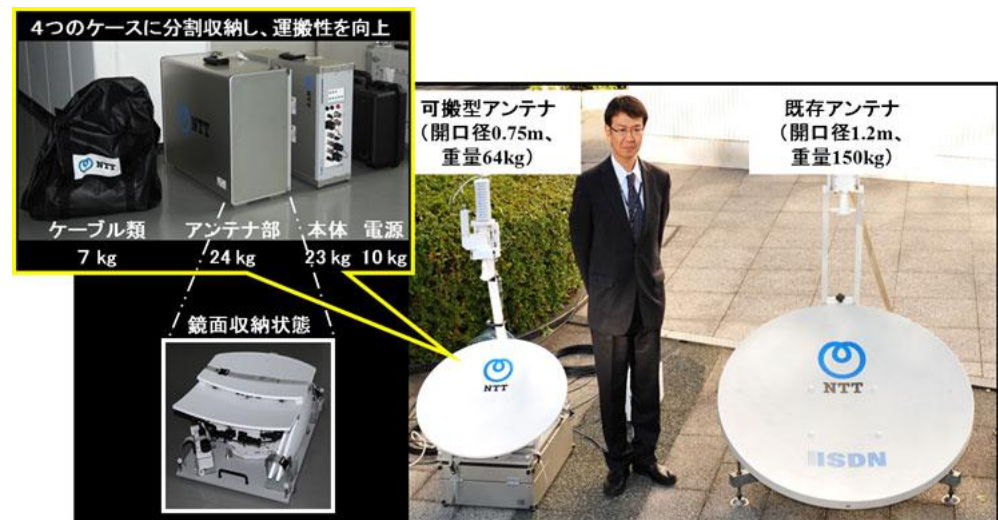


図5:可搬型アンテナ[6]

既存技術の課題 孤立集落への対応

能登半島地震での孤立集落

- 地震による土砂災害などにより道路が寸断されたことで、孤立地域が続出
- 輪島、珠洲など複数の市町村の集落30カ所以上で3000人以上が孤立
- 発災後から3週間~1カ月以上の長い期間で孤立状態が続いた集落も

孤立集落での被災者の声[1]

「携帯電話がね、非常時に使えない。何のための携帯電話かなという気がしてならない」(1月4日、輪島市、75歳男性)

「携帯電話も山のずっと上のほう、ここから3キロくらいかかる頂上まで行って初めてつながるんです」(1月9日、輪島市、77歳男性)

- 無線中継ドローン、衛星通信アンテナ
 - ✗ 道路が土砂崩れなどで寸断されている為、これらを乗せた車が通れず装置を運び込むことができない
- 船上基地局
 - ✗ 沿岸部でないと電波を届けられない

研究目的

課題

災害が発生し通信が断絶した時、いち早く通信を確保するために様々な臨時通信技術が存在するが、孤立集落への迅速な通信の提供が難しい



目的

災害時の孤立集落での迅速な通信インフラ復旧実現に向けた解決策の検討を行う

提案と方針

孤立集落への支援策

ドローンやアンテナを
運び込めない

船だと届かない



届けるのが難しいのであれば、初めから臨時通信設備を孤立が
予想される集落に準備しておけば良いのではないかと

方針

- 全国の孤立が予想される集落(孤立可能性集落)数の推定
- 既存技術の中から常備しておく臨時通信技術は何か最適か決定
- 孤立可能性集落各地に臨時通信技術を配備するコストや実用性をシミュレーション



孤立集落での迅速な通信インフラ復旧実現の可能性を検討する

モデル設計① 孤立可能性集落数の推定

孤立可能性集落の定義(内閣府[7]より)

- 集落へのすべてのアクセス道路※¹の一部区間が
土砂災害警戒区域、土砂災害特別警戒区域、土砂災害危険箇所(土石流危険
渓流、地すべり危険箇所、急傾斜地崩壊危険場所)又は山地災害危険地区
に隣接している(※¹ 外部から集落まで四輪自動車アクセスできる道路)
- 地震または津波により船舶の停泊施設が使用不能となるおそれがある

表1:日本全国の孤立可能性集落数[7]

	平成 17 年度調査		平成 21 年度調査		平成 25 年度調査	
	集落数	割合 (%)	集落数	割合 (%)	集落数	割合 (%)
孤立可能性有り	17,451	29.7	17,406	29.2	17,212	29.3
孤立可能性無し	41,348	70.3	42,141	70.8	41,522	70.7
計	58,799	—	59,547	—	58,734	—

孤立可能性集落数はH25の17,212件とする

モデル設計② 集落に配備する技術の選定

表2:既存技術の比較

項目	ドローン	船	アンテナ
コスト	○	×	○
継続的な運用	×	△	○
カバー範囲	○	○(沿岸部限定)	○
メンテナンス	△	×	○
データ伝送速度	△	△	○
用意できる数	△	×	○

そのほかにも、アンテナは場所をとらないことや誰でも簡単に利用を始められるという利点が考えられる

衛星通信アンテナを各集落に配備することにする

モデル設計③ 衛星アンテナサービスの比較

表3:衛星アンテナサービスの比較[8]

サービス名	Starlink ROAM	イリジウム	インマルサット
月額維持費(円)	11,500(未使用時0)	9,600/10,600	12,000(プランS)
遅延	30～50ミリ秒	～1秒	～5秒
対応通信データ量	下り100Mbps 上り25Mbps	端末による (衛星電話)	492kbps

- Starlinkの初期費用は**55,000円**で「ROAM」プランの月額維持費が11,500円
- 災害時のみ月額維持費を支払い、それ以外のは**0円**

本研究では衛星通信アンテナとして商用化されており
通信性能において優位であるStarlinkを採用する

モデル設計④ 電源について

衛星通信アンテナは電源を必要とするため、集落へ配備する際にセットでポータブル電源も用意する

- 3日間の最低限のStarlink使用時間を24時間と設定

→災害伝言板、救助申請など

- Starlinkの消費電力はおよそ75W→使用量想定は1,800Wh



- 電源の効率を80%と設定し、2,250Wh以上の容量のポータブル電源もStarlinkと一緒に配備

必要容量のポータブル電源の相場価格より、25万円の支出

結果(費用面) パターン1

全国の集落ごとに1セットのStarlink・電源を置いた場合

$$\begin{array}{ccccc} \text{孤立集落数} & & \text{Starlink設置費} & & \text{電源設置費} \\ 17,212 & \times (& 55,000\text{円} & + & 250,000\text{円}) \\ & & & & \\ = & & \text{5,249,660,000円(約52億)} & & \end{array}$$

日本の2024年度、防災・減災費を含む公共事業関係費60,828億円[9]の0.085%

結果(費用面) パターン2

南海トラフでの想定震度が5弱以上の都道府県の 集落ごとに1セットのStarlink・電源を置いた場合

震度5弱以上が予想され、土砂災害の可能性があるのは高知県など計22府県
含まれる孤立集落数は10,739件

$$\begin{array}{ccccc} \text{孤立集落数} & & & & \text{Starlink設置費} & & & & \text{電源設置費} \\ 10,739 & \times & (& 55,000\text{円} & + & 250,000\text{円} &) \\ \\ = & & & & & & & & 3,275,395,000\text{円(約33億)} \end{array}$$

日本の2024年度、防災・減災費を含む公共事業関係費60,828億円の0.053%

結果(性能面)

Starlinkの容量

- Starlinkのルーターは200台のデバイスが同時接続できる
- 孤立予想集落は500人以下が90%以上
- 「ROAM無制限」プランは、通信容量が無制限



Starlink 1台で孤立集落の通信環境を賄える

表4:Starlinkの性能[10]

サービスプラン	ROAM 50GB (モバイル)	ROAM無制限 (モバイル)
可用性	≥99%	≥99%
ダウンロード	30～ 100Mbps	30～ 100Mbps
アップロード	5～25Mbps	5～25Mbps

データ容量が多いため、映像による通信で被災状況をより詳細に伝えることなども可能

災害伝言板や救助申請によって、人命救助活動のに大きな役割を果たすことが可能

考察

シミュレーション結果(費用面)

日本全地域の孤立可能性集落・・・約52億円

南海トラフでの被害甚大地域の孤立可能性集落・・・約33億円

- 日本の2024年度、防災・減災費を含む公共事業関係費は60,828億円
→52億円は0.085%、33億円は0.053%に当たる
- 近年、サイバーリスクの脅威が増大しており、警察庁の2025年度予算概算要求[11]では、サイバー対策の項目が2024年度より10億円増加し、約59億円となった
 - 南海トラフ巨大地震の30年以内の発生可能性も非常に高いとされていてサイバーリスクの脅威と同等の対策が必要であると言える
 - これは本研究の算出費用と同規模である
- 初期費用は大きいものの、その後の災害救助費などの義務的経費が減少すると予想される



国の予算から考えると、この施策は充分実現可能であると言える

まとめ

目的

災害時の孤立集落での迅速な通信インフラ復旧実現に向けた解決策の検討を行う

結果

- Starlink・電源1セットを全国の孤立可能性集落に配備する場合、初期費用として約52億円がかかる
- 南海トラフでの被害が大きくなると予想される地域の集落に絞ると約33億円
- 孤立可能性集落ごとにStarlink1台でも十分な通信環境の構築が可能で、被災地における人命救助に大きく貢献が可能
- コストについては、日本の予算と比較し十分に現実可能であることが評価できた

今後の課題

- 孤立集落について、それぞれの避難施設の状況など、より正確な状況を考慮
- Starlink以外の通信技術についてもシミュレーションし、比較

参考文献

- [1]ヤフーニュース.「能登地震「携帯つながらない」被災地の通信途絶 新技術で解消なるか」,
<https://news.yahoo.co.jp/articles/1a38ae9b46e3adaca052c56b409aa15e154f370a> (閲覧日:2024/10/10)
- [2]国土交通省近畿地方整備局.「第1章 死者を減らすために」,
<https://www.kkr.mlit.go.jp/plan/daishinsai/1.html> (閲覧日:2024/10/10)
- [3]SoftBank.「災害時にサービスエリアを迅速に復旧するための有線給電ドローン無線中継システムの運用を開始」,
https://www.softbank.jp/corp/news/press/sbkk/2022/20220722_01/ (閲覧日:2024/10/10)
- [4]NTTドコモ.「ドコモの能登半島地震での取組み①-船上基地局篇-」,
<https://www.docomo.ne.jp/corporate/anatatodocomo/docomoeveryday/article31/> (閲覧日:2024/10/10)
- [5]東京新聞.「能登半島地震で「スターリンク」が役に立った 被災時での「通信確保」の今後を考えた」,
<https://www.tokyo-np.co.jp/article/303963> (閲覧日:2024/10/10)
- [6]NTTアクセスサービスシステム研究所.「1.可搬型アンテナ」,
<https://www.rd.ntt/as/times/068/02/01.html>
(閲覧日:2024/10/10)
- [7]内閣府.「中山間地等の集落散在地域における 孤立集落発生の可能性に関する状況 フォローアップ調査」,
<https://www.bousai.go.jp/jishin/chihou/pdf/20141022-koritsuhoukokusyo.pdf> (閲覧日:2024/10/10)
- [8]Starlink. <https://www.Starlink.com/jp>
イリジウム. <https://biz.kddi.com/service/iridium/>
インマルサット. <https://biz.kddi.com/service/inmarsat/>
(閲覧日:2024/10/10)
- [9]財務省. 令和6年度国土交通省・公共事業 関係予算のポイント, 2023.
https://www.mof.go.jp/policy/budget/budger_workflow/budget/fy2024/seifuan2024/18.pdf(閲覧日:2024/10/16)
- [10]Starlink.「ROAMプラン」,
<https://www.starlink.com/jp/roam> (閲覧日:2024/09/25)
- [11]警察庁. 令和7年度予算 概算要求の概要, 2024.
<https://www.npa.go.jp/policies/budget/r7/gaisanyokyu/r7tousyoyosan.pdf> (閲覧日:2024/10/16)