

災害時における医療機器の安全利用に関する調査報告書

(2024 年度版)

一般社団法人 電子情報技術産業協会 (JEITA)

ヘルスケアインダストリ部会

極限環境医療機器等に関するワーキンググループ

目次

はじめに	2
1 章. 災害時におけるポータブル電源と医療機器の安全利用に関する調査.....	4
1-1 本調査の背景	4
1-2 本調査の目的	5
1-3 試験機器.....	5
1-3-1 対象とする機器（医療機器）	6
1-3-2 対象とする機器（ポータブル電源）	6
1-3-3 試験の実施.....	7
1-4 試験.....	7
1-4-1 医療機器給電試験.....	7
1-4-2 複数医療機器への給電試験	11
1-4-3 漏れ電流試験	12
1-4-4 エミッション試験.....	13
1-4-5 イミューニティ試験.....	14
1-4-6 衛星ブロードバンド Starlink への電源供給試験.....	14
1-5 まとめ	15
2 章. 災害時における次世代情報通信網としての人工衛星の利用について.....	17
2-1 災害時通信全般について	17
2-1-1 一般的な災害時の通信維持活動に関する俯瞰	17
2-2 次世代通信網としての人工衛星について	18
2-2-1 これまでの人工衛星を用いての医療情報の実際と課題.....	19
2-2-2 大規模衛星通信がもたらすブロードバンド化と災害時医療情報通信への期待..	21
2-3 Starlink と医療機器を接続した実証試験	22
2-4 医療に衛星通信を用いる上での注意事項と将来への期待.....	24
[引用資料]	25
おわりに	26
謝辞.....	27

はじめに

我が国は、自然災害が極めて多い国であることはご承知のことと存じます。

記憶に新しいところでは、2011 年 3 月 11 日に宮城県沖を震源とするマグニチュード 9.0 の大地震が発生し、それに伴い発生した津波によって東北地方を中心とする、甚大な人的被害が引き起こされただけでなく、東京電力福島第一原子力発電所の事故や通信基地局の損失を招き、広域かつ長期間にわたりライフラインが機能停止に陥りました。

また、2018 年 9 月 6 日には、北海道胆振東部にて最大震度 7 の地震により、多くの火力発電所や水力発電所の稼働が停止、日本で初めてとなる北海道全域に及ぶ大規模停電（ブラックアウト）を誘発し、北海道全域の電力供給が可能となった復旧宣言までにおおむね 64 時間を要したことは大きな問題となりました。

そして、2024 年 1 月 1 日に石川県能登地方にて発生した最大震度 7 程の能登半島地震と、同年の記録的大雨による多重複合災害によって、いまだに復旧作業は続けられています。

このように、自然災害によるライフラインの途絶は、精神的・肉体的ストレスにより被災者の健康状態にも甚大な影響を与えると共に、災害時に自ら避難することが困難な「要配慮者」や「避難行動要支援者」に当たる、とりわけ平時より人体への医療機器の接続により命を支える必要がある者にとって、ライフラインの確保は死に直結する重大な関心事であります。

一方、本邦では 2014 年に日本循環器学会、日本高血圧学会、日本心臓病学会の合同ガイドライン「災害時循環器疾患の予防・管理に関するガイドライン」が発行されており、災害時の環境変化が引き起こす循環器疾患へのリスク評価や、家庭血圧計に代表される IoT デバイスとそれらを繋ぐシステムによって、災害時循環器予防リスクスコアの利用も提言されています。

これらのことを鑑み、在宅医療の普及及び IoT 技術の進歩により、医療機器へのアクセシビリティが向上する昨今、複合災害時（防災含む）や医療過疎地等、医療資源が限定的になる環境における医療機器の安定供給や安全使用、その使用者に関する課題を抽出し、医療機器使用環境について必要なルール作り等を検討することをテーマに、一般社団法人電子情報技術産業協会（JEITA）のヘルスケアインダストリ部会傘下に、極限環境医療機器等に関するワーキンググループを設置しました。

災害時における適切な医療を提供するための体制整備は構築されつつある一方で、有事発生時に起きる大規模停電や通信インフラの途絶時において、医療機器利活用におけるコンセンサスは乏しいのが実情です。そこで、市販されているポータブル電源と医療機器との

接続試験の実施、近年急速にサービスが拡大している人工衛星を用いた医療情報通信について、実証試験を実施し、その活動結果と課題をまとめることとしました。

本調査報告書は、災害時に起こりうるライフラインの途絶とそれに伴う医療機器の安全利用に関しての注意点等を記したもので、平常時における実際の各種サービスとは異なる点があり得ます。そのため、本調査報告書の利活用に際しては、必要に応じて各種ベンダー企業様に相談頂きたく存じます。本報告書が今後の医療機器開発や社会課題への理解に資することを期待したいと思います。

極限環境医療機器等に関するワーキンググループ

主査 深谷 恭平

1章. 災害時におけるポータブル電源と医療機器の安全利用に関する調査

担当者：本田技研工業株式会社 武政 幸一郎 岩崎 隆優

1-1 本調査の背景

リチウムイオンバッテリーの進化により、主にスマートフォンの充電用途等に適した持ち運び可能なモバイルバッテリーは既に一般に普及したと言えるが、昨今さらに大容量なポータブル電源も大手家電販売店や EC サイトで購入ができるようになってきている。こうした新しい製品が人々の生活をより豊かなものにしていけるのであるが、その豊かさの恩恵をもたらす製品を、社会はどのように受容していくべきなのだろうか、それを明文化して整理しておくべき領域があるのではないだろうか、という問いが本調査の発端である。

さて、電動化の時代を広く俯瞰すれば、電動車両の普及に伴い、現在では 1500W の車載アクセサリコンセントが多くのクルマに装備されてきている。このような背景から 2020 年に経済産業省・国土交通省から、車載コンセントから一般電気製品への給電についての利用マニュアルである「災害時における電動車の活用促進マニュアル」（初版）が発行され、その後、災害時を想定した医療機器への接続についても言及した改訂版として、2022 年 3 月に「災害時における電動車から医療機器への給電活用マニュアル」¹⁾が発行されている。

それに対し、ポータブル電源については、災害時に医療機器と接続することについて検証された報告書等は確認されていない（25 年 2 月現在）。そのため、医療機関や患者は独自の判断で利用を迫られているのが実態である。具体的な例としては、2018 年北海道胆振地震の際、地震による一次被害は少なかったものの、電源喪失（長い所では約 50 時間）下で在宅医療患者たちが使用する医療機器への電源供給の課題が顕在化した経験を踏まえ、札幌手稲の医療法人「稲生会」が災害対策委員会を組織し、独自のハンドブックを出して対応している。

一方で電気製品としてのポータブル電源の製品安全基準として、2024 年 2 月に経済産業省から「ポータブル電源の安全性要求事項（中間とりまとめ）」³⁾が発行され、製品安全基準の策定が進められているものの、医療機器との接続に関しては取り扱われていない。

また、医療機器領域の観点でいえば、JIS の医療機器規格において医療機器、医療機器システムとしての電源の定義はあるが、商用電源（いわゆる「壁コンセント」）を前提としており、一般向けポータブル電源との接続に関しては規定されていない。このような中で在宅医療患者が災害に備えようとすれば、先の医療現場が模索して作成したハンドブック等に頼らざるを得ない状況となっている。

災害時等においてポータブル電源から医療機器へ給電することの可否は、医療機器側で求められる電源品質等の基準をポータブル電源が満たしていれば接続は可能であると考えられる。規格を調べれば、医療機器の電源に関しては「JIS T 0601-1（医用電気機器）」の適合が求められている。ただし、JIS T 0601-1 は先に述べた商用電源への接続が前提とされており、その商用電源の電源品質に関しては JIS T 0601-1 の 4.10.2 ME 機器及び ME システムのための電源（商用）に次の特性をもつと「想定する」と記載されている。

- ① 公称電圧 $\pm 10\%$
- ② 公称周波数 $\pm 1\text{Hz}$
- ③ 実質正弦波であること

また、電気事業法 施行規則 38 条で規定されている標準電圧は $101 \pm 6\text{V}$ であるが、周波数は電力会社によって異なり、北海道管内 (50Hz) : $\pm 0.3\text{Hz}$ 、東北・関東 (50Hz) : $\pm 0.2\text{Hz}$ 、中部・北陸・関西・中国・四国・九州 (60Hz) : $\pm 0.2\text{Hz}$ 、沖縄 (60Hz) : 0.3Hz と定められている。

以上のように商用電源については「想定」されてはいるが、厳密に規定がない状況である。

一方で、ポータブル電源からの給電が商用電源と同様の電源品質を満たしているかは不明確である。

1-2 本調査の目的

上記背景から、ポータブル電源から医療機器への給電に関しては明確なルールが存在しないため、2023 年度は災害時等を想定したポータブル電源から医療機器への給電試験及びその他試験を行うことで、電源品質の評価や医療機器の作動評価等を行い、課題の抽出を試みることにした。主な評価項目は電源品質、漏れ電流、ノイズ（放射エミッション、イミュニティ）とした。

2024 年度は神奈川工科大学の協力を得て、医療機器及びポータブル電源をさらに追加し、主に電源品質の評価や医療機器の作動評価を実施した。なお、医療機器への給電可能時間については医療機器の消費電力及びポータブル電源のバッテリー容量、バッテリー劣化度合い、使用環境等により異なるため、本調査では言及していない。

また、災害時の医療活動を含めたあらゆる BCP の基盤として欠かせない通信機能も、同様に商用電源に依存しない運用体制を想定しておくべき対象と考え、後述する衛星ブロードバンド Starlink への電源供給の動作検証を行った。

1-3 試験機器

ポータブル電源、医療機器を用いた試験を実施するにあたり、在宅医療環境で使用されている医療機器及び一般に入手可能なポータブル電源を選定することとした。

1-3-1 対象とする機器（医療機器）

先に述べた「災害時における電動車から医療機器への給電活用マニュアル」にて対象とする機器は、在宅医療にて活用される医療機器を対象としている。本 WG においても同様なニーズがあると考え、給電ニーズが高い人工呼吸器、酸素濃縮器、吸引器、排痰補助装置の4つのカテゴリの医療機器を試験対象機器として選定した。加えて加温加湿器、生体情報モニターも在宅医療患者の使用を想定して選定した。

図表 1 対象とする医療機器（加温加湿器、生体情報モニターは複数医療機器接続試験だけに使用）

名称	人工呼吸器	酸素濃縮装置 A	酸素濃縮装置 B	吸引器	排痰補助装置	加温加湿器	生体情報モニター
外観 (イメージ)							
消費電力	100VA	400VA	800VA	100VA	120VA	200VA	100VA

1-3-2 対象とする機器（ポータブル電源）

家電量販店や EC サイト等で一般的に購入できるポータブル電源を選定して試験を実施した。C 社及び E 社製品については、医療用 UPS の規格に準拠として販売されている。また、F 社製品はバッテリーを脱着できるタイプで連結が可能であり、2 連結運用で定格出力の範囲内で使用している場合は、出力しながらバッテリー交換が可能のため、医療機器を繋いだ状態でバッテリー交換を実施した。

図表 2 対象とするポータブル電源と評価項目

メーカー	A 社	B 社 1	B 社 2	C 社	D 社	E 社	F 社
定格出力	1500W	1500W	600W	600W	1500W	1300W	1500W
電源品質 評価	○	○	○	○	○	○	○
漏れ電流 評価	○	—	○	—	○	○	○
エミッション 評価	○	—	○	—	○	○	○

○：実施 —：未実施

1-3-3 試験の実施

医療機器への安全な給電方法を明確にするために、対象とする医療機器実機に対してポータブル電源からの給電試験を行い、電源品質の確認や医療機器の作動評価等を実施することとした。加えて、在宅医療患者の自宅で実際によく見られる複数機器を接続したユースケースを想定し、酸素濃縮器、人工呼吸器、吸引器、加温加湿器、排痰補助装置、生体情報モニターを同時接続した際の電源品質の評価や医療機器の作動評価を実施した。また、一部のポータブル電源においては医療機器実機からの漏れ電流試験、ポータブル電源からの給電時の放射エミッション試験、医療機器とポータブル電源を組み合わせたイミュニティ試験を実施した。

1-4 試験

4つのカテゴリの医療機器に対して、ポータブル電源7台（漏れ電流、エミッション/イミュニティ試験は4台）を選定してそれぞれの組合せで試験を実施し、網羅性を確保するようにした。

1-4-1 医療機器給電試験

対象とする医療機器実機に対してポータブル電源から給電試験を行い、電源品質の評価や医療機器の作動評価等を実施した。電源品質については、医療機器規格（JIS T 0601-1）を参照した。ただし、JIS T 0601-1、電気事業法 施行規則 38 条には総合高調波歪み率の規定がないため、EV POSSA（一般社団法人電動車両用電力供給システム協議会）が発行している「電動自動車用充放電システムガイドライン V2L AC 版」⁴⁾（以下 V2L ガイドライン）に記載されている基準値に加えて UPS 規格 JIS C 4411-3 も参考として評価を行った。

図表 3 参考とした試験判定基準

項目	参考とした規定値			
	医療機器規格 JIS T 0601-1	電気事業法 施行規則 38 条	電動自動車用充放電 システムガイドライン V2L AC 版 第 2.2 版	UPS 規格 JIS C 4411-3
電圧範囲	◎100V±10%	101±6V	100V±10%	100V±10%
周波数	◎50/60Hz±1Hz	50/60Hz±0.2Hz	50Hz 又は 60Hz	定格周波数の ±2 %
電圧総合高 調波歪み率 (THD)	規定なし	規定なし	○10%以内 (正弦波)	◎8%以内

◎判定基準値として使用 ○参考値として使用

また、ポータブル電源からの給電時の医療機器の作動評価については、医療機器からのアラーム発報、異常停止等の発生がなければ正常動作したものと判断した。本試験については公平性、網羅性の観点から神奈川工科大学へ試験依頼を行い実施した。

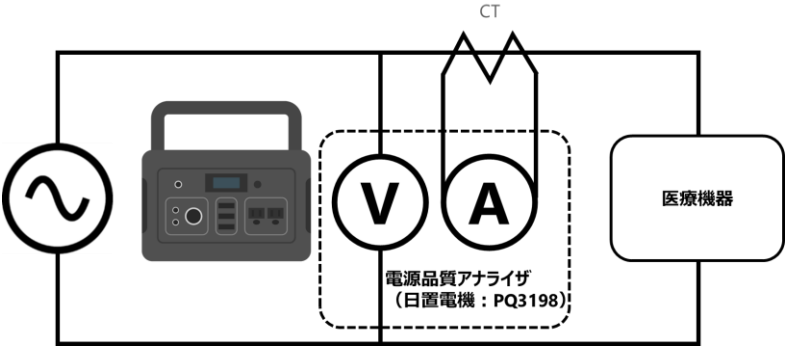
図表 4 使用機器と動作条件

ポータブル電源	接続する医療機器	動作条件*1
電源 A 電源 B1,電源 B2 電源 C 電源 D 電源 E 電源 F	人工呼吸器	従量式強制換気*2
	酸素濃縮器 A	流量 10L/min
	酸素濃縮器 B	流量 10L/min
	吸引器	吸引圧力 80kPa
	排痰補助装置	陽圧/陰圧±70cmH ₂ O

*1 医療機器の消費電力が最大になるように設定

*2 換気量：500ml/min、呼吸回数：15 回/分、peep：5cm

図表 5 医療機器給電試験回路



ポータブルバッテリーからの給電について、人工呼吸器、酸素濃縮器、吸引器、排痰補助装置を接続した際の各機器の動作の結果を図表 6 に示す。なお結果は医療機器の正常な稼働が確認された場合に「○」とした。今回試験を実施したポータブル電源は、医療機器の定格出力を一部下回るものも含め、一定の条件下では動作することが確認できた。

図表 6 医療機器単体接続給電動作試験 結果概要

医療機器	電源 A	電源 B1	電源 B2	電源 C	電源 D	電源 E	電源 F
吸引器	○	○	○	○	○	○	○
排痰補助装置	○	○	○	○	○	○	○
人工呼吸器	○	○	○	○	○	○	○
酸素濃縮器 A	○	○	○	○	○	○	○
酸素濃縮器 B	○	○	○	○	○	○	○

各医療機器(単体)をポータブル電源 A~F の給電コンセントに接続して動作させた際の、給電電力、電源電圧、電源周波数、電圧総合高調波歪み率 (THD) の計測結果を図表 に整理した。

一部のポータブル電源については電圧総合高調波歪み率が UPS 規格である JIS C 4411-3 で定められている「8%以内」に収まらず、さらに V2L ガイドライン 第 2.2 版で定められている「10%以内」も超過するものがあり、判定として「×」と記載した。よって酸素濃縮器とポータブルバッテリーを接続する際には特に注意が必要である。

図表 7 給電試験 計測結果一覧 1/2

ポータブル電源	医療機器	結果				
		判定	給電電力 [VA]	電圧 [V]	周波数 [Hz]*	総合高調波 歪み率[%]
電源 A	吸引器	○	94.5	99.9	60.1	1
電源 B1	吸引器	○	84	99.9	60	1.38
電源 B2	吸引器	○	69.9	100	50	1.07
電源 C	吸引器	○	70.4	100	50	1.38
電源 D	吸引器	○	71.7	100	50	0.56
電源 E	吸引器	○	92	101	59.9	1.2
電源 F	吸引器	○	77.6	106	50	0.32
電源 A	排痰補助装置	○	97.2	99.6	60.1	0.84
電源 B1	排痰補助装置	○	91.1	99.8	60	1.89
電源 B2	排痰補助装置	○	74.5	100	50	1.68
電源 C	排痰補助装置	○	94.5	99.9	50	1.81
電源 D	排痰補助装置	○	98	100	50	0.9
電源 E	排痰補助装置	○	94.4	100.7	59.9	1.1
電源 F	排痰補助装置	○	97	106	50	0.35

*周波数設定は 60/50Hz での差異がないと考え特に指定せずに試験を実施

図表 8 給電試験 計測結果一覧 2/2

ポータブル電源	医療機器	結果				
		判定	給電電力 [VA]	電圧 [V]	周波数 [Hz]	総合高調波 歪み率[%]
電源 A	人工呼吸器	○	54.4	99.8	60.1	0.99
電源 B1	人工呼吸器	○	52.8	99.9	60	2.28
電源 B2	人工呼吸器	○	55.3	99.8	50	1.6
電源 C	人工呼吸器	○	52.7	100	50	2.31
電源 D	人工呼吸器	○	55.3	100	50	1.1
電源 E	人工呼吸器	○	53.3	101	59.9	1.18
電源 F	人工呼吸器	○	54.2	106	50	0.37
電源 A	酸素濃縮器 A	○	395.2	99.3	60.1	3.79
電源 B1	酸素濃縮器 A	○	366.6	99.5	60.0	4.15
電源 B2	酸素濃縮器 A	○	395.7	98.4	50	6.77
電源 C	酸素濃縮器 A	×	353.8	99.8	50	10.34
電源 D	酸素濃縮器 A	○	336.4	99.8	50	5.97
電源 E	酸素濃縮器 A	○	360.2	100.1	59.9	3.52
電源 F	酸素濃縮器 A	○	395.8	105	50	4.88
電源 A	酸素濃縮器 B	○	409.6	99.3	60.1	3.99
電源 B1	酸素濃縮器 B	○	394.1	99.4	60	4.2
電源 B2	酸素濃縮器 B	○	418.7	98.3	50	6.91
電源 C	酸素濃縮器 B	×	407.1	99.7	50	10.46
電源 D	酸素濃縮器 B	○	374.1	99.8	50	6.02
電源 E	酸素濃縮器 B	○	414.2	100	59.9	3.87
電源 F	酸素濃縮器 B	○	380.7	105	50	4.74

1-4-2 複数医療機器への給電試験

1 台のポータブル電源に対して 1 台の医療機器を繋ぐ単独接続の動作確認ができたので、次に実際の在宅医療患者の使用を想定して複数機器を同時接続した際の動作確認を実施した。酸素濃縮器（7L 流量設定）に加えて人工呼吸器、加温加湿器（計測毎に水入れ替え）、吸引器、排痰補助装置、生体情報モニターの計 6 台をテーブルタップを用いて接続し、医療機器の異常動作がないか確認した。

図表 9 複数医療機器接続イメージ



酸素濃縮器（7L 流量設定）の動作に加えて人工呼吸器、加温加湿器、吸引器、排痰補助装置、生体情報モニターの順で起動を確認した。その結果、電源 C 以外は生体情報モニター動作含めて正常動作が確認できたが、電源 C においては定格出力 600W を超えていることもあり、排痰補助装置を起動した際に出力が停止した。電源 C は医療機器単体では正常動作しており、容量を超えて複数機器を繋いだことにより出力停止に至ったと考える。給電対象が医療機器であるか否かを問わず、一般に容量オーバーの接続で出力停止に至る事象は現代では広く認知されているものの、接続機器の追加に限りがあることの啓発は今後も引き続き必要と思われる。

図表 10 複数医療機器への給電試験 計測結果一覧

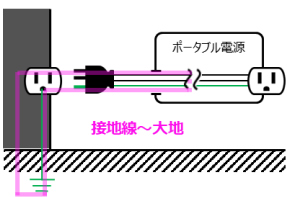
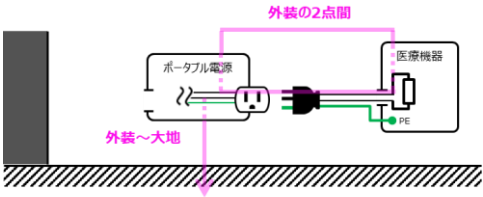
ポータブル電源	医療機器	結果				
		判定	最大給電電力[VA]	電圧[V]	周波数[Hz]	総合高調波歪み率[%]
電源 A	複数接続	○	864	98.7	60.1	3.03
電源 B1	複数接続	○	712	99	60	2.72
電源 B2	複数接続	○	741	98.6	50	4.34
電源 C	複数接続	×停止	620	99.5	50	6.36
電源 D	複数接続	○	691	99.3	50	4.33
電源 E	複数接続	○	782	99.9	59.9	1.68
電源 F	複数接続	○	760	104	50	3.63

1-4-3 漏れ電流試験

患者身体に直接漏れ電流が流れることによる心室細動（マイクロショック）を懸念して、医療機器の漏れ電流は非常に厳しく設定されている。一方、ポータブル電源は医療用途を前提とした設計がされていないことが想定されるため、ポータブル電源を用いた漏れ電流試験を実施した。試験は医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律第23条の6第1項の規定により、登録認証機関にて JIS T 0601-1 に準じ、接地漏れ電流、接触電流の評価を行った。試験は患者自身の体内を通る微弱な、いわゆる「患者漏れ電流」の評価については、今回の検証した医療機器側で保証されていると考え省略した。判定基準は JIS T 0601-1 を用いた。

想定する経路で漏れ電流を測定した結果、全ての電源において基準値に比べて極めて小さい値となった。

図表 11 漏れ電流試験一覧

No.	漏れ電流種類	想定する漏れ電流経路と試験パターン	基準値 (JIS T 0601-1)
①	接地漏れ電流	 ポータブル電源の充電中に医療機器の接地漏れ電流と同等かどうか確認するため	正常状態：5mA 単一故障状態：10mA
②	接触電流	 以下二つの経路をそれぞれ計測する (1) 【外装～大地間】 医療機器に給電中のポータブル電源筐体に患者が触ることによって流れる漏れ電流を想定 (2) 【外装の2点間】 医療機器とポータブル電源の両方を患者が同時に触ることによって流れる漏れ電流を想定	正常状態：100 μ A 単一故障状態：500 μ A

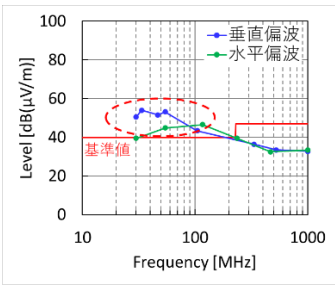
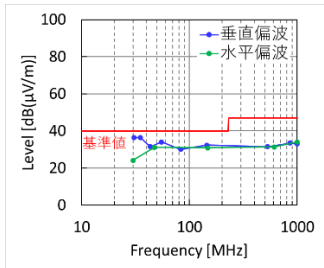
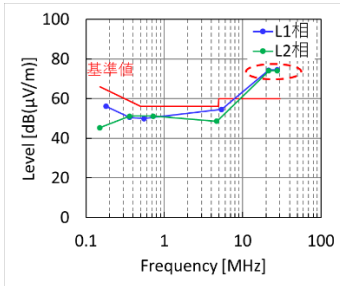
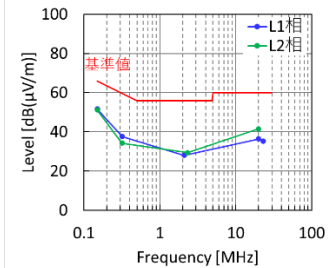
1-4-4 エミッション試験

試験方法としては医療機器規格（JIS T 0601-1-2）の放射エミッション、伝導エミッションについて実施した。また、医療機器とポータブル電源を組み合わせたイミュニティ試験を実施した。

なお、伝導エミッションについては、ポータブル電源充電中の AC 入力ライン、参考としてポータブル電源から定格抵抗負荷に給電中の AC 出力ラインの 2 種類を測定した。

ポータブル電源 4 機種を評価した結果、放射エミッション、伝導エミッションのそれぞれで医療機器規格（JIS T 0601-1-2）で定められた基準値を満たすポータブル電源と、同基準に満たないポータブル電源とに大別された。

図表 12 エミッション試験結果一覧

試験項目	基準値 (JIS T 0601-1-2)	NG パターン	OK パターン
放射	30 - 240MHz: QP 40dB(μ V/m) 240 - 1000MHz: QP 47dB(μ V/m)	医療機器規格 NG 	医療機器規格 OK 
伝導	0.15MHz: QP 66dB μ V 0.5 - 5MHz: QP 56dB μ V 5 - 30MHz: QP 60dB μ V	医療機器規格 NG 	医療機器規格 OK 

1-4-5 イミューニティ試験

JIS T 0601-1-2 に基づいて医療機器とポータブル電源 5 機種を組み合わせたイミューニティ試験を実施し、医療機器に動作影響がないかの確認を行ったところ、次のように動作影響がないことを確認することができた。

図表 13 イミューニティ試験結果一覧

項目	RF電磁界による伝導妨害	電源周波数電磁界	電圧ディップ	短時間停電・電圧変動	近接磁界
規格番号	JIS C 61000-4-6:2017	JIS C 61000-4-8:2016	IS C 61000-4-11:2014+AMD1:2017	JIS C 61000-4-11:2014+AMD1:2017	JIS C 61000-4-39:2017
結果	医療機器動作に異常なし	医療機器動作に異常なし	医療機器動作に異常なし	医療機器動作に異常なし	医療機器動作に異常なし

項目	静電気	RF電磁界妨害	RF電磁界妨害(近接)	ファストトランジエントバースト	サージ
規格番号	JIS C 61000-4-2	JIS C 61000-4-3	JIS C 61000-4-3	JIS C 61000-4-4	JIS C 61000-4-5
結果	医療機器動作に異常なし	医療機器動作に異常なし	医療機器動作に異常なし	医療機器動作に異常なし	医療機器動作に異常なし

1-4-6 衛星ブロードバンド Starlink への電源供給試験

災害時等において優先的に電源が必要とされる対象としては、医療機器だけでなく、様々な現地活動を支援する“Starlink”のような衛星ブロードバンドの通信が活用されると想定される。当然これらの機器も電源を必要とし、災害時等で停電した場合には商用コンセント以外からの電源供給が想定されるため、実際にポータブル電源と接続をおこない動作の検証及び消費電力の計測を行った。

図表 14 Starlink 消費電力確認の様子



天候や通信影響による消費電力の増減はほぼなく、初期設定でアンテナが衛星を探す時は 200W 程度。通常稼働時は 110-120W、ファイルインストール時は MAX130W、オンライン会議同時接続時は MAX140W。カタログ値 110-150W とほぼ同等値の結果が得られた。ポータブルバッテリーの容量が 1500Wh の場合で 10 時間程度の運用が可能であることが確認できた。

1-5 まとめ

今回の調査において、医療機器単体へのポータブル電源からの給電試験の結果、医療機器の定格出力を一部下回るものも含め、一定の条件下では動作することが確認された。総合高調波歪み率は、特に酸素濃縮器との接続時に大きくなる傾向がみられ、V2L ガイドラインに定められた「10%以内」の閾値を超える機器の組合せがあった。よって医療機器とポータブルバッテリーを接続する際には医療機器の定格出力以上の出力が可能なポータブル電源を必ず選択することに注意が必要である。総合高調波歪み率は、二つの判定基準を参考とした。一つはV2L ガイドラインの「10%以内」、二つ目はUPS 規格 JIS C 4411-3 の「8%以内」である（JIS T 1022 病院電気設備の安全基準では JIS C 4411-3 が参照されている）。よって後者は医療機器側との親和性は高いが、一方でクルマと接続する外部給電器を対象としたV2L ガイドラインでは「10%以内」であり、今後更なる検証が行われる際にはいずれを目安として選択するかの検討が必要と考える。

漏れ電流試験は接触電流、接地漏れ電流共に基準値以下であることが確認された。

EMC 評価では放射エミッション試験、伝導エミッション試験において、医療機器規格値をオーバーするポータブル電源が存在した。しかし、ポータブル電源と医療機器を組み合わせたイミュニティ試験において医療機器の動作に異常はなかったことから、ポータブル電源のエミッションが医療機器動作に与える影響は極めて少なかったと考えられる。これは医療機器規格（JIS T 0601-1-2） — 放射 RF 電磁界イミュニティ（JIS C 61000-4-3）試験の電界強度 10V/m（イミュニティ試験レベル：在宅医療環境）と比較して、今回計測したポータブル電源の放射エミッション値が最大 1 mV/m と極めて小さいことから推察できる。

図表 15 試験結果一覧

No.	検証項目		参考とした判定基準	結果
1	電源品質	1-a 電圧範囲	JIS T 0601-1 (医療機器規格)	基準値±10%以内で動作
		1-b 周波数範囲	JIS T 0601-1 (医療機器規格)	基準値±1Hz以内で動作
		1-c 電圧歪み率 (総合高調波歪み率THD)	電動自動車用充放電 V2Lガイドライン JIS C 4411-3 (UPS規格)	酸素濃縮器との組み合わせで基準値±10%を 超えるポータブル電源があり、出力停止に至るものもある 酸素濃縮器との組み合わせで基準値±8%を 超えるポータブル電源があり、出力停止に至るものもある
2	漏れ電流	2-a 接触電流	JIS T 0601-1 (医療機器規格)	医療機器と組み合わせにて基準値以内
		2-b 接地漏れ電流	JIS T 0601-1 (医療機器規格)	ポータブル電源単体にて基準値以内
3	EMC	3-a 放射エミッション	JIS T 0601-1-2 (医療機器規格)	エミッション限度値を超えるポータブル電源があるが、 医療機器イミュニティ耐性に対して極めて小さいことを確認
		3-b 伝導エミッション		
		3-c イミュニティ		

これらのことにより、災害等による極限環境下において想定される長時間停電・電源喪失時、当面の危機から生命を維持する目的での、医療機器に対するポータブル電源による給電は可能であると考える。ただし今回評価したポータブル電源、医療機器は一部に限られていることから、今後、網羅性の確認、関係機関からの意見を頂き、ガイドライン等の発行に繋げていくことが求められる。

2章. 災害時における次世代情報通信網としての人工衛星の利用について

担当者：フクダ電子株式会社 深谷 恭平

本邦において、医療分野における人工衛星の応用への取り組みは、1984 年頃より東海大学医学部が中心となり衛星の実利用を目的に評価されてきた⁵⁾。1990 年には日本医師会が行った「医師会における医学知識普及のための諸種メディアに関する研究-衛星通信と医療情報システム」として、映像や音声を通信する調査研究が行われている⁶⁾。

2000 年には当時、東海大学医学部の黒川氏らが文部科学省の科学技術振興調整費による生活・社会基盤研究の競争的資金を用いて「高度衛星・通信技術を医療に応用するための研究開発」が実施されたが、中間評価にて、一定の研究成果は評価されたものの、当時の人工衛星（準天頂衛星又は高軌道超楕円衛星）の利用を前提としたものであるがために、限られた期間での実用化には難しいと判断され、研究開発が終了した^{7) 8)}。

しかしながら、近年人工衛星の開発・打上げコストは大幅に低下しており、これまでの公的な目的での利用から、民間によるサービスへと変化している。

本章は、災害時における医療情報通信に関する実態を俯瞰し、近年民間によるサービスの拡大が見込まれる人工衛星通信を用いての、現時点での利便性を認識するものとして実施したものである。

2-1 災害時通信全般について

大規模災害時には、携帯電話や日常で使用されるインターネット回線等の基本となる通信キャリアの基地局の被災によって、各種通信サービスが途絶する事態の発生が予想されている。特に、災害時に必要となる、広域災害救急医療システム（EMIS）や今後利用が期待される災害時保健医療福祉活動情報支援システム(D24H)等はインターネットを使用するため、非常用通信手段の利用が求められている。

2-1-1 一般的な災害時の通信維持活動に関する俯瞰

キャリア通信の断絶時には、通信会社や電力会社、政府・自治体等による通信復旧活動が行われる。一部法人企業は通信会社と協力して、通信インフラの耐震化や非常用電源の整備、バックアップ通信手段の確保等、災害時の通信維持に備えた取り組みを行っている。政府は、非常用無線や衛星電話等の通信手段を備えた、災害対策用の通信環境整備を進めており、これらのことは、総務省が中心となり国、地方公共団体、電気通信事業者等の防災関係機関で構成する非常通信協議会によって、2017 年 3 月に「非常通信確保のためのガイド・マニュアル」としてまとめられ発行されている。ここでは、関連する法規や各種申請書もまとめられている⁹⁾。

一方で、医療に特化したものとして、2016年6月に、総務省より「災害医療・救護活動において確保されるべき非常用通信手段に関するガイドライン」¹⁰⁾（以下、災害非常用通信手段ガイドライン）が発行されている。

復旧にかかる期間は、災害の規模や状況によって異なるが、大規模な災害では通信インフラの復旧に時間がかかることが想定され、東日本大震災時における一部の通信会社が完全復旧までに要した日数は、約110日とも言われている。⁷⁾ 通信会社や政府は、災害発生時には迅速に対応し、通信インフラの復旧を進めることで、被災者の支援や救助活動を支援する努力を行っている。

災害時の通信維持活動には、以下のような取り組みがある。

各機関による対策	取り組み内容
政府主導による対策	・公共放送網の整備 ・緊急通信ネットワークの導入・整備（PS-LTE） ・QZSS みちびき、GNSS を活用した Q-ANPI システムの導入・整備 ・災害時情報配信・情報共有システムの導入・整備 ・災害予知システムの研究・導入・整備
自治体・企業における未然の対策	・災害時の通信インフラの整備 ・防災無線や災害用伝言板等の災害時に備えた通信設備の整備 ・通信インフラの強化や耐震化等、災害に強い通信環境の整備 ・キャリア通信の断絶時に備えた、バックアップ通信手段の確保としてのキャリア副回線や衛星通信
災害時の通信復旧活動	・通信断絶箇所の復旧 ・通信断絶地域における、代替通信の提供

2-2 次世代通信網としての人工衛星について

人工衛星通信には、主に「静止衛星通信」「低軌道衛星通信」の二つがある。コミュニケーション手段としての通信、ではなく、地上データを取得するための人工衛星通信としては、「光学衛星：衛星写真、地図情報等」「位置衛星：位置情報等」もあり、今後、これらのデータはオルタナティブデータとして防災・災害時の利用が期待されている。

1. 静止衛星通信(Geostationary Satellite Communication)：地球上の特定の地点から見ると一定の位置に留まる静止軌道上の衛星を使用する。これらの衛星は、地球の自転に合わせて移

動せず、一定の位置に留まるため、「静止衛星」と呼ばれる。静止衛星通信は、広範囲の地域に対して広い帯域幅を提供できるため、テレビ放送やインターネット接続等で広く使用されている。また、衛星が一定の位置に留まるため、地上局側のアンテナを一定の方向に向けることで、長期間安定した通信を行うことができる。

2. 低軌道衛星通信 (Low Earth Orbit Satellite Communication): 低軌道衛星通信は、地球の近くを周回する低軌道上の衛星を使用する。これらの衛星は、静止衛星とは異なり、地球の周りを高速で移動する。低軌道衛星通信は、地上からの遅延を最小限に抑え、高速でリアルタイムな通信を提供することができる。また、衛星までの距離が比較的近いため、地上局に設置するアンテナのサイズが小さくて済む。結果、船舶や航空機、自動車等の移動体で活用されるモバイル通信に適している。

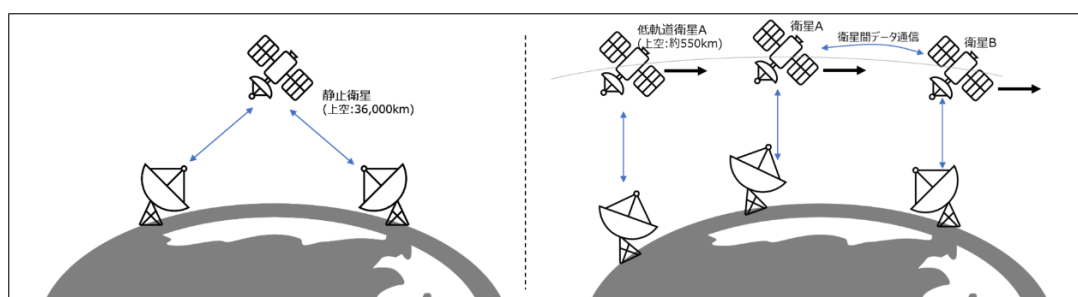


図1) 人工衛星を利用する情報通信における概念図

(左：静止衛星を利用する情報通信、右：低軌道衛星を利用する情報通信)

2-2-1 これまでの人工衛星を用いた医療情報の実際と課題

災害非常用通信手段ガイドライン¹⁰⁾は、災害医療・救護活動に関する医療機関や団体、災害時の医療チーム、各地方公共団体等の利用を目的に作成されている。

ここでは、人工衛星通信は、その性質上、災害の被害を受けにくい利点から、衛星携帯電話サービスだけでなく、EMIS等のインターネットを用いた医療システム利用を実現するためには、災害医療救護拠点は人工衛星を用いたデータ通信手段を確保する必要があるとしている。

確保すべき非常用通信手段フローチャートも示され、それに伴い推奨される通信機器の機能や性能等がまとめられている。特に災害時に重要な役割を担う医療機関には上り回線（通信端末→人工衛星）が256kbps以上、下り回線（人工衛星→通信端末）が2Mbps以上とされ、地方公共団体等に設置される本部組織や拠点においては、人員や業務量を鑑み、上記の3～10倍程度のデータ通信速度が推奨されている。

また、総務省の「医療・救護活動等の非常用通信システムの適正な利用人材育成事業」として、大規模災害時において医療・救護活動等を円滑に行うために必要とされる衛星通信機

器等の適正かつ有効に取り扱うことができる人材育成を目的に、2017 年度より「災害医療救護通信エキスパート育成協議会」が運営する災害医療救護通信エキスパート研修が実施されている。

以下は、人工衛星通信を利用した医療情報支援サービスとして期待されるものである。

項目	内容
テレメディシン（遠隔医療）	人工衛星通信を使用することで、遠隔地や災害地域の医療施設や患者と、専門的な医療情報を共有できる。医療従事者は、遠隔診療や遠隔モニタリング、遠隔手術のサポート等、リアルタイムな医療相談や診療活動を行うことができる。
災害医療支援	災害発生時には、被災地の医療機関が被害を受け、通信インフラが破壊されることがある。人工衛星通信は、被災地と外部の医療機関との間で通信を確保し、医療情報の共有や救援活動の指示を行うことができる。
医療教育と研修	人工衛星通信を利用することで、医療従事者の教育や研修を遠隔地にも提供することができる。医療講演や手術ライブ中継、ワークショップ等の情報を、衛星通信を介して配信し、医療従事者のスキル向上や最新の医療情報の共有を促進する。
電子医療記録の共有	人工衛星通信を利用することで、患者の電子医療記録をリモートで共有することができる。これにより、遠隔地の医療機関や専門家は、患者の過去の診療履歴や検査結果にアクセスし、より正確な診断や治療を行うことができる。また、医療機関同士で医療情報を共有することで、診断精度の向上や治療方法の改善が期待される。また、医療情報を地域間や国際的に共有することで、医療格差の解消や医療のグローバル化が進むと考えられている。

2-2-2 大規模衛星通信がもたらすブロードバンド化と災害時医療情報通信への期待

スターリンクを始めとする大規模衛星通信は、従来の通信インフラの限界を超え、ブロードバンド化を実現することが期待されている。これによって、より高速で低遅延の、大量のデータ通信が非常に安価で実現可能となり、遠隔医療や救急医療の支援、医療情報の共有等がより効果的に行われる可能性がある。

また、既存の衛星通信の設置には、パラボラアンテナが大きく2名程度の人員を必要とし、アンテナの方位角度・仰角を正確に調整することが求められる。そのため、通信確保までに30分以上の時間が必要とされている一方で、スターリンクは衛星を自動追尾する機能により、設置は非常に容易であり、慣れれば1名で設置からインターネット回線の確認まで、15分程度で可能である。

アンテナも6.9kgと比較的軽量で可搬性があり、専用の携帯アプリにより、各種ナビゲートや通信速度の確認等ができる。

KDDIは2024年1月10日、厚生労働省管轄の災害医療派遣チームDMAT（Disaster Medical Assistance Team）とともに、衛星ブロードバンドStarlinkを活用し、2024年1月1日に発生した石川県能登半島地震の被災地域における医療活動の支援を実施した¹¹⁾。



図2) Starlink のスマホアプリ画面例

（左：アンテナ設置環境の自動解析結果画面、右 Starlink との接続状態及び各種設定画面）

2-3 Starlink と医療機器を接続した実証試験

〔背景〕

商業利用される Starlink を用いての医療機器からの VPN データ通信については、報告が乏しく、本実証試験によって得られる知見には意義が高いと思われる。また、エリア選定において、将来的に発生が予想されている南海トラフ地震による被災が予想される所として、三重県の沿岸、及び 2023 年 12 月 23 日に土砂崩れによって国道が今も尚、閉鎖している奈良県の山間部において、衛星通信の検証と地域のユースケースをヒアリングすることを目的に下記の日程で試験を行った。

〔日時・場所〕

2024 年 2 月 15・16 日：三重県志摩市志摩町にある志摩市志摩文化会館

2024 年 2 月 17・18 日：奈良県吉野郡にある、下北山村立寺垣内コミュニティーセンター



図 3) 試験実施場所風景（左：三重県志摩市志摩町、右：奈良県吉野郡下北山村）

〔試験概要〕

標準の Starlink キット及びサードパーティー製の VPN ルータを用いて、下記の通信システム構成図を作成した。

各エリアに医療機器及び Starlink を持ち込み、医療機器検査装置から、VPN ルータ①を介して Starlink へ接続し、VPN ルータ②を介して都内の PC にてデータを受信した。

データの送信及び受信履歴等は全て、VPN ルータ①に接続されている、PC の医療機器専用データ管理ソフトのシステムログを確認することで、通信時間を計測した。

観測時の影響因子として、株式会社ウェザーニューズが提供する観測地の郵便番号から検索された天気情報を記録した。

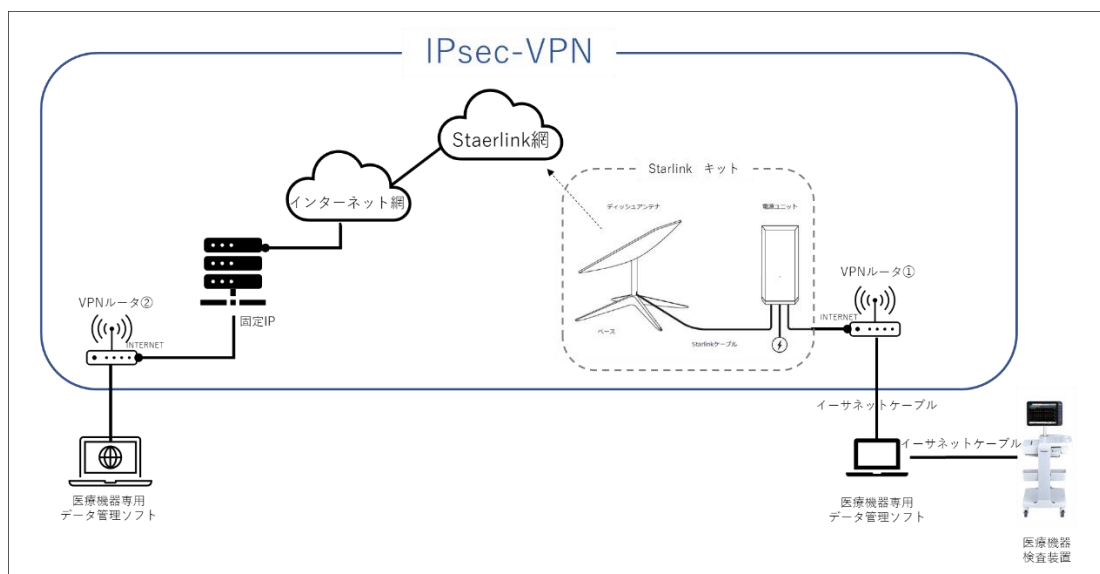


図4) 通信システム構成図

[結果]

4日間の実証期間に32点の観測を行った。結果VPNルータ①からVPNルータ②間の接続時間は平均1.5sec、最大16secであった。測定場所、時間帯、天気等の違いに傾向は見られなかった。通信が確立されている間の通信速度は上り（通信端末→人工衛星）が127Mbps、下り（人工衛星→通信端末）68Mbpsであった。

[課題]

セキュリティを担保した通信網の構築には、VPN等の通信網の構築に熟知した者が必要である。

また、今回はインターネットへのアクセスだけでなく、IP-SecVPNを通じて、実際に医療機器から検査した後のデータ通信を試みた。

体感的なデータ遅延を感じることはなく、インターネット接続に関しては極めてスムーズに設置・設定・利用が可能であるが、Starlinkの基本ユースは正規のルータと、スマートフォンを用いての利用が想定されていると考えられる。一方で今回の検証は、サードパーティー製のVPNルータとPCを用いての利用であり、VPNルータの設定と、Starlink固有の製品仕様に関するマニュアル上の課題は感じられた。

特に、Starlinkキットには、物理的なスイッチが存在しないため、再起動等を行うには電源ケーブルの抜き差しでは不十分であり、Starlink本体から直接PCにイーサネットを接続し、Starlink専用の機器設定ホームページにアクセスした上で、アプリケーションによる再起動を行うことが望ましい。

2-4 医療に衛星通信を用いる上での注意事項と将来への期待

医療情報を扱う上で、セキュリティ対策の強化は、医療情報は個人情報保護の観点から極めて重要である。衛星通信を用いた医療情報通信においても、適切なセキュリティ対策が必要であり、地上における情報通信と同様の観点から、厚生労働省が発行する「医療情報システムの安全管理に関するガイドライン」¹²⁾を参考にして頂きたい。

現在、インドの Sri Ramchandra Medical Center¹³⁾では、Indian Space Research Organization (ISRO)の支援の下、人工衛星を用いた遠隔医療を提供している。

災害時に医療サービスを提供する人工衛星を用いたプロジェクト（GALENOS、DELTASS、MEDASHIP、EMISPHER）¹⁴⁾も報告されている。

このように、医療に Starlink 等の次世代人工衛星通信を用いることで、遠隔医療、救急医療、災害医療の支援等の可能性が期待されるが、一方でサービス導入・維持費用の観点からも、平時からの通信インフラとして人工衛星通信が活用されることが期待される。

今回の検証では、衛星アンテナの設置も固定して行われ、限られた天候において適切な通信が可能であることが確認された。一方で、今回検証に用いた Starlink も天候による通信状況の影響は否定できず、台風の多い本邦において、さらなる検証が待たれる。

[引用資料]

- 1) 国土交通省 災害時における電動車から医療機器への給電活用マニュアル
<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001617494.pdf>
- 2) 医療法人稲生会「医療的ケア児等の停電時の電源確保について ver5.6」
https://yell-hokkaido.net/_sys/wp-content/uploads/2021/08/7b1497c78cd16ea43fb62e22e5907aed.pdf
- 3) 経済産業省 ポータブル電源の安全性要求事項（中間とりまとめ）について
https://www.meti.go.jp/product_safety/consumer/pdf/potaburu-denngenn-torimatome.pdf
- 4) EV POSSA（一般社団法人電動車両用電力供給システム協議会）
「電動自動車用充放電システムガイドライン V2L AC 版 第 2.2 版」
- 5) 中島 功, 長 俊男, 森河 悠, 通信衛星を利用した医療ネットワークの検討, BME, 1988,
2 巻, 2 号, p. 96-103
- 6) 開原 成允, 衛星通信を利用した医療ニューメディア, BME, 1990, 4 巻, 10 号, p. 17-23
- 7) 研究代表者：黒川清, 高度衛星・通信技術を医療に応用するための研究開発
https://www.mext.go.jp/component/a_menu/science/detail/_icsFiles/fieldfile/2015/04/21/1256415_107.pdf
- 8) 研究代表者：黒川清, 高度衛星・通信技術を医療に応用するための研究開発,（中間評価）
https://www.mext.go.jp/component/a_menu/science/detail/_icsFiles/fieldfile/2015/04/21/1256415_023.pdf
- 9) 総務省 非常通信確保のためのガイド・マニュアル（平成 29 年 3 月発行）
<https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/hijyo/manual/manual/>
- 10) 総務省 災害医療・救護活動において確保されるべき非常用通信手段に関するガイドライン
https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01tsushin03_02000176.html
- 11) KDDI 株式会社 ニュースリリース 2024 年 1 月 12 日「KDDI と DMAT、Starlink で能登
半島の災害医療現場を支援」
<https://news.kddi.com/kddi/corporate/newsrelease/2024/01/12/7179.html>
- 12) 厚生労働省 医療情報システムの安全管理に関するガイドライン 第 6.0 版(令和 5 年 5 月)
https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/0000516275_00006.html
- 13) Sri Ramchandra Medical Center
<https://www.sriramachandra.edu.in/medical/telemedicine/>
- 14) G. Grasczew, T. A. Roelofs, et.al "Design of Satellite-Based Networks for u-Health –
GALENOS, DELTASS, MEDASHIP, EMISPHER," 2007 9th International Conference on e-
Health Networking, Application and Services, Taipei, Taiwan, 2007, pp. 168-173,
doi: 10.1109/HEALTH.2007.381624.

おわりに

本中間報告書では、災害時に利用される可能性の高いポータブル電源を給電ニーズの高い医療機器への安全利用と、今後期待される人工衛星を用いた医療情報通信を目的として、各種試験を行った。

試験の結果、ポータブル電源においては酸素濃縮器との接続時に総合高調波歪み率が大きくなる傾向がみられ、V2L ガイドラインに定められた規定を超える組合せがあった。

また、複数医療機器を接続した際には、出力停止するケースもあり、医療機器の稼働を目的とした際、一般電気製品等も含め接続機器を増やすことは避けるべきである。

EMC 評価では医療機器規格値をオーバーするポータブル電源の存在が確認されたが、医療機器のエミッション耐性に対して極めて小さいことが確認され、設置漏れ電流試験においてはいずれのポータブル電源も基準値以下であることが確認された。これらのことにより、災害時のポータブル電源における医療機器への接続に関して、医療機器の定格出力を超えたポータブル電源からの給電は可能であることが確認された。

人工衛星を用いた医療情報通信においては、セキュリティ確保のため、IPsec-VPN による通信環境を構築し、地方と東京間を繋ぐ試験を実施した。

一部の天候において、顕著な通信遅延を来すことはなく、将来的には災害時の医療情報の通信手段となりえることが期待される。

謝辞

災害時における医療機器の安全利用に関する調査報告書をまとめるに際し、ポータブル電源と医療機器の接続試験や関連する活動にご尽力頂きました神奈川工科大学／健康医療科学部臨床工学科の山家敏彦教授、河口進一教授をはじめ、フクダ電子株式会社 EMC センターの平野知所長、株式会社本田技術研究所の長谷英明氏、望月海里氏、小椋貴登氏、医療機器を提供頂いたカフベンテックジャパン株式会社様に感謝申し上げます。

また、KDDI 株式会社には、人工衛星の Starlink の提供や接続試験時における技術的対応、各種災害時の通信事業者様の取り組み等についてご助言頂き誠にありがとうございました。

最後に本ワーキング発足にいたる示唆を頂いた医療法人稲生会の土畠智幸先生、本ワーキングが円滑に運営できるようご支援頂いた、本田技研工業株式会社の武政幸一郎氏、岩崎隆優氏、中村昌平氏、矢ヶ崎健太氏、フクダ電子株式会社の桑山貴志氏、JEITA 事務局の山田剛史氏を始めとする全ての関係者様に、この場を借りてお礼申し上げます。

極限環境医療機器等に関するワーキンググループ
主査 深谷 恭平