

国際宇宙ステーション医療技術の過疎地医療への応用可能性

嶋田和人*

筑波航研

* <kazuhiro.shimada@gmail.com>

要旨：月着陸を成就させたアポロ計画時代には宇宙用に特別に開発された医療技術を地上の医療に展開する「スピンオフ」が随所に見られた。現在飛行している国際宇宙ステーション（International Space Station, ISS）では逆に大半の医療技術は地上で実用・検証されてISSで適用される「スピンオン」である。しかし個々の物品でなく医療システムのコンポーネントを見れば「遠隔医療」や軽薄短小を強いられるパッケージ技術のように現在から将来に地上の医療に適用していける要素がある。

1. はじめに

日本国内においても交通アクセスが不便な区域の数は意外に多いものです。過疎地域自立促進特別措置法の「過疎地域」は全都道府県に指定地があって、例えば群馬県内でも14ヶ所を数えます。これらの地区では医療が重要な社会問題の一つとなります。宅地の不動産価値、人口動態の点から病院から遠いということは空き家問題に直結します。地方では公共交通機関の経営が難しく、高齢では自家用車の運転が困難になることから高齢者問題でもあります。

医療従事者がいない、医療器材が少ないという過疎地域での医療問題は、意外にも国際宇宙ステーション（International Space Station, ISS）を代表とする宇宙機と共通するものです。宇宙での医療は基本的に「遠隔医療」で対処しています。ISSでは医療器材も高規格救急車と比べるくらいの程度にとどまります。薬剤は全搭乗者に共通のものと個人別のものを準備しますが限りがあります。

月着陸を成功させたアポロ計画時には経費に縛られずにコンピューター技術などに並んで新規の医療器材が開発されました。一つの例として、当時開発された心電図電極技術は今でも使われています。月面で不整脈を生じた飛行士がいましたが、ミッションコントロールセンターでどうするか問われた航空医師の返答は、「何かできるかという地上でもすぐ行うのは酸素吸入だがすでに実施中（船外活動服と月着陸船は純酸素を使用）、心電図も地上でも最新医療である連続モニターを行っているから活動はGO。」でした。

宇宙プログラムでは高額の予算を使うため往々にして現在でも全ての宇宙機向け医療技術が地上の医療に還元されるような論もあります。しかしアポロ計画の時代には宇宙向けに新規の技術が開発され、スピンオフとして地上の医療に展開されたものがありますが、ISS時代には基本的に地上で検証された医療器材・医療手順を宇宙で使う、スピンオンが基本です。例としてNASAは宇宙での薬剤使用基準を地上と同じくFDAによる連邦規制に合致させています。そのため現在では限られているものの宇宙向けに考案された医療の地上への展開例があります。本論では国際宇宙ステーションでの医療技術を過疎地域に還元する可能性について述べます。

2. 地上・宇宙で共通する過疎地医療の問題

2.1 概要

過疎地での医療を要員が往診で行う場合には車両使用の場合であっても器材の量が限られます。航空機移動であればさらに器材に厳しい制限が課されることとなります。医療要員の数は常に課題ですが、医師か看護師1名では器材の運搬が極めて制限される点にも困難があります（図1）。

2.2 医療拠点がある場合

過疎地でも医療機関がある場合、または何らかの医療対応ステーションがあるとかISSのように医療キットが常備されている場合には器材の問題は軽くなります。NASAはロシアでISS訓練を行う飛行士に米国基準の医療を提供するために多大な費用を費やしてビデオ遠隔医療システムを訓練拠点（星の街）に設置しました。日本国内では一部の離島を除き光ファイバーでのインターネット接続が可能になっており、精細ビデオによる遠隔医療が可能です。山岳の一部を除けばスマートフォンによるビデオ接続ができない所は珍しくなっています。国外でも都市部ではビエンチャン（ラオス）でも日本国内に先駆けて5G電話回線が使用されている現況です。南極では通信衛星による中継が必要ですが、国立極地研究所の昭和基地ではビデオ遠隔医療が恒常的に行われています。

ISSでは医療器材こそ救急車並みの装備しかありませんが、薬剤は共通のものに加えて各飛行士の必要性に応じて事前に準備されるため、物品の準備として不足はありません^{1,2)}。

しかし過疎地医療では医療拠点があっても医師または看護師が常駐しているとは限らず、医療スキルの提供が問題です。これはISSにおいても問題です。医師飛行士の割合はNASAでも15%ほどのため（現役日本人飛行士では現在6名中2名）、医師のいないクルーでは無資格者の一週間程度の医療訓練に頼ることになります（NASAでは非医療資格者にも病院での研修を実施）。獣医師は大いに頼られていました。



図1 過疎地医療の装備の例。

過疎地での医療を要員が往診で行う場合には車両使用の場合であっても器材の量が限られます。航空機移動であればさらに器材に厳しい制限が課されることになります。医療要員の数は常に課題ですが、医師か看護師1名では器材の運搬が極めて制限される点にも困難があります。（嶋田写真 2010年6月1日 カザフスタン）

2.3 医療拠がない場合

医療拠がない場合には医療従事者をどのように確保するかが大問題です。基本的には往診が迅速にできるように人員輸送を強化する必要があります。日本では航空機の個人輸送が一般的ではありませんが、今後は個人的な自動操縦航空機の開発が期待されることから医療搬送のみならず、過疎地への医療従事者の人員輸送への利用を早期に開始すべきでしょう。疾病症例を基幹医療機関に搬送することの必要性は消えませんが、定期的な巡回により緊急搬送の回数を減らしコストを低減することを考慮すべきです。

医療器材が常備された拠がない場合の過疎地医療は通信に関しても楽ではありません。補助者がいないとビデオ通信による遠隔医療は困難です。医療キットは往診靴程度では対象とするべき症例があらかじめ分かっている準備するのでもなければ薬剤に関して大いに不足します。救急のためのキットは現在ではACLS（Advanced Cardiac Life Support）、ATLS（Advanced Trauma Life Support）が基本となっており、これらは靴では収まらずカート（車載の大きさ）になります。

過疎地で標準に必要な医療としてワクチン接種があります。注射薬であるために冷蔵の必要性があり、移動時間が長くなる場合には冷蔵装置と電源の工夫が必要になります。海外でワクチンを冷蔵してラクダで運搬することを想像してください³⁾。ISSでも冷蔵は大きな問題で、現在はまだ実験生物試料用以外の冷蔵庫がありません。以前スカイラブ宇宙ステーションには食料冷蔵庫が装備されていましたが、冷蔵能力は医療拠がない場合の医療準備で見過ごされがちな機能です⁴⁾。

ISSではしかし生物実験試料を地上に輸送するための冷却装置が複数開発されており,これらを地上用途に応用することができます⁵⁾.

3. おわりに

過疎地から患者を緊急輸送することは行政により整備が進んできましたが,航空機の使用,特に夜間の航空輸送を強化すべきです.新型の個人向け航空機が開発されれば緊急輸送を減らすために頻回の往診を実現し,冷蔵装置の搭載を最初から想定してワクチン接種など予防医療を十分に行うことを高齢社会を迎えるための準備の一つとすべきではないでしょうか.

参考文献

- 1) 嶋田和人. 国際宇宙ステーション医学運用とJAXA航空宇宙医師. 宇宙航空環境学. Vol. 51 (No. 1):13-18, http://repository.tksc.jaxa.jp/dr/prc/japan/contents/AC1400039000/AC1400039.pdf?IS_STYLE=jpn (2014).
- 2) 嶋田和人. 宇宙医学の現状と未来. 化学と生物. Vol. 56, No. 2, DOI: 10.1271/kagakutoseibutsu.56.123 (2018).
- 3) 日本ユニセフ協会/UNICEF東京事務所: 予防接種の話(2):ワクチンの長い旅(2012).
- 4) ITmedia. 宇宙冷蔵庫”誕生秘話. <https://www.itmedia.co.jp/lifestyle/articles/1404/11/news003.html> (2014).
- 5) Wikipedia. General Laboratory Active Cryogenic ISS Experiment Refrigerator. [https://en.wikipedia.org/wiki/GLACIER_\(refrigerator\)](https://en.wikipedia.org/wiki/GLACIER_(refrigerator)) (2018).



嶋田和人 SHIMADA, Kazuhito
筑波航研(代表医師)

1983年 筑波大学医学専門学群卒。医学博士(筑波大学),航空宇宙医学修士(ライト州立大学)。医師(日本,オハイオ州),航空宇宙医学専門医(米国,日本),耳鼻咽喉科専門医,高気圧医学専門医,Aerospace Medical Associationフェロー。
1993~2019年 JAXA航空宇宙医師として日本人の着陸を8回支援。群馬大学藤井研究室と宇宙飛行士の新型体質量測定計を共同研究。産総研客員研究員として人工重力装置を検討中。