

一般口演

一般口演14

地域医療連携データ分析・ベッドコントロール

2018年11月24日(土) 15:20 ～ 17:20 D会場 (4F 413+414)

[3-D-2-3] スマートフォン内蔵カメラを利用した画像観察（視診）用の遠隔診察システムの開発

○本間 聡起^{1,2}, 小林 直樹³（1.独立行政法人 地域医療機能推進機構 埼玉メディカルセンター, 2.慶應義塾大学看護医療学部・同SFC研究所, 3.埼玉医科大学保健医療学部）

遠隔診察は、五感を駆使できる対面診察と異なって画像や音声による視診と聴診に限定される。身体各所の視診では、遠隔の医師が希望する観察対象への患者側の診察介助者によるカメラワークが難しく操作時間も長くなった。一方、高画質を得て診断精度を向上させるには、テレビ電話の動画像より静止画像の方が画質は良い。静止画をリアルタイムで送るには簡潔な操作で短時間のうちに遠隔地の医師に送れるような効率性も求められる。また、視診の中でも皮膚や眼瞼結膜の観察においては、患者側の周囲の光線や明るさの変化によって伝送画像の色合いも変化する。その影響を排除し、さらに口腔内の観察など暗い部位の観察にも適する、以下のような仕様の遠隔視診システムを開発し実用実験を行った。すなわち、1) 被写体と撮影画像を同一視野で目視しながら撮影できる、2) 静止画を得たいタイミングで容易にその画像をキャプチャできる、3) 一定の光源をカメラに備える、4) この静止画像を診療録上に容易に保存できる、である。本研究では、この仕様を満たすと同時に、各モニタデータのサーバーへの伝送を行う際のゲートウェイ機能も兼ねるものとして、高品質の外部カメラを内蔵し、日常的に汎用されているスマートフォンを採用するシステムを構築し、実際の遠隔診察実験において、その性能を検証した。その結果、下腿浮腫の遠隔からの観察所要時間（記録時間も含む）は、本システム導入前が1分53秒（9例）に対して、導入後は1分12秒（8例）に短縮した（ $P=0.008$ ）。ただし、場所を特定する際のカメラ連動のスピードに関しては、画面共有機能の影響により遅延が起きたり、医師側への画像転送時の待ち時間が10秒程度かかるなど、さらなる利便性が求められた。また、スマートフォンのカメラに備えられた光源では白っぽく映る特徴があり、色調の変化や立体感の観察には改良を要する点も残った。

スマートフォン内蔵カメラを利用した画像観察(視診)用の遠隔診察システムの開発

本間 聡起^{*1*2}、小林 直樹^{*3}

^{*1} 独立行政法人地域医療機能推進機構 埼玉メディカルセンター・健康管理センター、

^{*2} 慶應義塾大学看護医療学部・SFC 研究所、

^{*3} 埼玉医科大学・保健医療学部

Development of telemedicine system for remote visual inspection using smartphone camera

Satoki Homma^{*1*2}, Naoki Kobayashi^{*3}

^{*1} Health Care Center of Japan Community Health care Organization, Saitama Medical Center,

^{*2} Faculty of Nursing and Medical Care, Keio University & Keio Research Institute at SFC,

^{*3} Faculty of Health and Medical Care, Saitama Medical University

Abstract.

In cases of remote visual inspection of limited body sections during telemedicine sessions, the skill of the on-site medical assistant in operating the camera is often not up to the mark, thereby making accurate observation difficult and time-consuming. To ensure diagnostic accuracy and save time, we have developed a telemedicine system for efficient remote visual examination, and tested it via the remote medical examinations of eight elderly patients. The developed system has the following features: 1) an on-site medical assistant taking photographs of the patient can comfortably view both the actual subject as well as the images in the camera, 2) both the on-site assistant as well as the remote medical physician can easily obtain still images, 3) the system is equipped with a light source to illuminate the subject, and 4) a still image can be saved automatically while capturing the image. We used a camera equipped in a commonly used smartphone to meet the specifications described above. During the experiment, we were able to obtain appropriate images using the developed system, thereby saving considerable time for the medical examination. For instance, the time required for the observation of edema in the leg decreased to 1 min 12 s when the new system was used, in comparison to a much longer time of 1 min 47 s before the present system was introduced. However, screen sharing of the videophone caused a time delay, leading to a waiting time of approximately 10 s for the image to be transferred to the physician. Furthermore, the image captured by the smartphone camera appeared whitish when using its light.

Keywords: telemedicine system, remote visual examination, camera in smartphone, time saving for telemedicine session, diagnostic accuracy.

1. はじめに

遠隔から患者の理学所見を得る遠隔診察においては、五感を駆使できる対面診察と異なり、現在のところは画像や音声による視診と聴診による観察に限られている。その際に、テレビ電話で使用する固定カメラを使用した視診では、顔面などの観察は可能だが、四肢や体幹などの身体各所の視診を実施するには、遠隔の医師が希望する観察対象への患者側の診察介助者によるカメラワークが難しく操作時間も長くなる傾向がみられた^{1,2,3)}。

一方、高画質を得て診断精度を向上させるには、テレビ電話の動画像より静止画像の方が画質は良い。そして、静止画をリアルタイムで送るには簡潔な操作で短時間のうちに遠隔地の医師に送れるような効率性も求められる。視診の中でも皮膚や眼瞼結膜の診察のように微妙な色調の変化や比較的狭い範囲を正確に捉えることが必要な部位を観察する場合は、患者側の周囲の光線や明るさの変化によって撮影画像も変化する。また、最近のテレビ(TV)電話システムでは、周囲の明るさの環境に応じて自動色補正機能が備わっていることがあり、そのことが客観的な画像の比較を行うのには妨げになることもある⁴⁾。これらの視診の診断精度の向上への阻害要因を排除し、診察・記録にかかる操作手順を効率的なものにするため、以下のような仕様の遠隔視診システムを開発し実用実験を行った。すなわち、1) 撮影者が撮影したい被写

体とカメラの撮影画像の両者を同一視野内に収めながら撮影できる、2) 静止画を得たいタイミングで容易に画像をキャプチャできる、3) 一定の光源をカメラに備える、4) この静止画像を診療録上に容易に保存できる、である。我々は、これらの仕様のうち、1)~3)については、3CCD カメラを改造した試作機を開発し遠隔診療に供用したことがある⁵⁾。今回は、デジタル画像での撮影が一般化した状況下で、これらの機能を持つスマートフォン内蔵のカメラを遠隔診察システムに導入した。今回使用するスマートフォンは、各モニタデータのサーバーへの伝送を行う際のゲートウェイ機能としても活用している。さらに、静止画像のファイルを遠隔の患者と医師側双方で共有できるシステムを構築し、実用実験も実施した。

2. 方法

2-1. 遠隔診察用カメラのシステムの開発と構築

本研究では、高品質の外部カメラを内蔵し、日常生活でも利用されているスマートフォンを用いた。このため、スマートフォンのカメラを起動し、これらを TV 電話(今回は Skype®を使用)上の画面共有機能を活用することで、患者側のスマートフォンのカメラで撮影されている映像を、医師側の PC 上でみることができるようにした(図1)。

この患者側と医師側で映像を共有しながら、医師は患部などの撮影箇所を特定し、患者側の診察補助者が医師の指示

で画像をキャプチャし、静止画像を獲得する。



図1 患者側のスマートフォン画像と医師側の PC 画面上での映像共有

そして、この静止画像はキャプチャされると同時に、自動的にファイル共有サービスのサーバー（今回は Dropbox®を使用）へ伝送される。医師側では、これらファイル共有サーバーの共有画像フォルダを予め PC 上に展開しておくことで、必要な画像をドラッグ＆ドロップするだけの簡便な操作で、遠隔診療記録用のアプリ上に記録できるようにした（図2）。



図2 ファイル共有サービスを用いた視診画像の自動伝送システムおよび記録システム

2.2. 実証実験

実患者を対象とした今回の実証実験の詳細については、既に詳述したため³⁾、ここでは概略を述べる。

2.2.1. 実証実験の対象

実験フィールドは、福島県郡山市内のケアハウス（生活が自立した高齢者が暮らす軽費老人ホーム）で、その利用者 8 名（80.8±6.7 歳、69～89 歳、男性 3 名）を対象に 2017 年 7 月～2018 年 1 月までの 6 か月の期間に実施された。対象者の罹患疾病の背景は、高血圧症 5 名、糖尿病、関節症、便秘症が各 3 名、リウマチ性多発筋痛症、骨粗鬆症、腰痛症、めまい症が各 2 名、脂質異常症、気管支喘息、不眠症、脳梗塞の既往者が各 1 名であった。なお、対象者は従来の係りつけ医への通院を継続した。

2.2.2. 遠隔システム全体の概略（図3）と運用法

遠隔診療は期間中、毎月1回、ケアハウス内の遠隔診療室に居る対象患者と東京都内のクリニックに居る医師との間で行われた。ケアハウス内の遠隔診療室にはパソコン（PC）と接続したビューアーと、局所観察用のカメラ機能と、遠隔診療前に測定したバイタルデータのサーバーへの伝送を中継する

機能の両者を兼ねたスマートフォン（サムソン電気、アンドロイド端末）を用意した。TV 電話は、PC から NTT 光回線を経由して Skype®のサービスを利用した。なお、局所観察以外の TV 電話機能の使用時（問診を含めたコミュニケーションツールとして）は通常のウェブカメラを患者側、医師側ともに使用した。

遠隔診療前のバイタル測定については、血圧（脈拍数）、体重、酸素飽和度のほか、糖尿病患者には血糖測定も行った。これらの測定データはスマートフォンから携帯電話網を経て、ひかりワンチーム®（NTT テクノクロス社）のアプリケーションサービス用のサーバーに伝送された。また、遠隔聴診については、患者側と医師側に各1台ずつ Bluetooth（BT）通信機能をもつ電子聴診器を備え、患者・医師側双方の聴診器と各 PC は、BT によって通信し、この情報を展開できるソフトウェア（3MTM TeleStethTM 遠隔聴診ソフト、未発売のサービス）を双方の PC でファイル共有した。

なお、今回の報告範囲とは関係しないが、各対象者には、Near Field Communication（NFC、Felica®）方式の通信出力形式を採用した各測定 IoT 機器（体温計、活動量（歩数）計、血圧計、体重計）が配布され、日々の測定を依頼された。各測定器中のデータ登録は 10 日に1回程度、対象者の居室にケアハウスのスタッフが訪問し、スマートフォンから携帯電話網を経てサーバーまで伝送した（同じく、ひかりワンチーム®のアプリケーションを使用）。

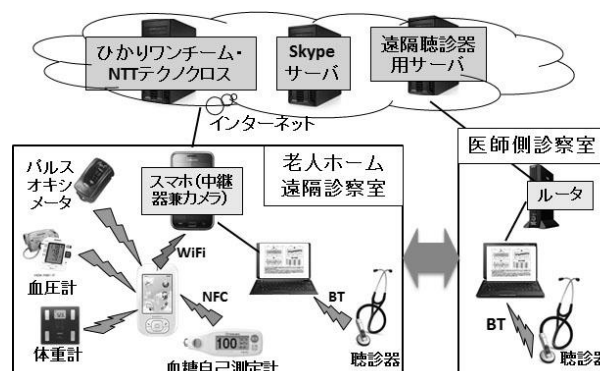


図3 実証実験に用いた遠隔診療システム

BT: Bluetooth, NFC: Near Field Communication

実験期間中の毎月1回の遠隔診療では、最初のバイタル測定に続いて、TV 電話での問診、日常に測定されたものと遠隔診療前の測定データの説明、理学所見（遠隔視診）、遠隔聴診、診療終了時の総括、の順に進められた。今回の実験中、最終診療回での1人当たりの遠隔診療時間は、16 分 45 秒± 2 分 47 秒であった³⁾。なお、患者側には、介護福祉士1名が遠隔診療補助の業務に当たった。

3. 結果

実証実験で得られる静止画の画質は、内蔵されているカメラの性能も高く、高品質の画像を得ることが可能で、従来のウェブカメラでの観察と同等の精度が得られた。一方、場所を特定する際のカメラ連動のスピードに関しては、画面共有機能の影響により遅延が発生する場合や、通信回線の状態によって十分な性能が得られない場合もあった。

また、静止画を送り、医師側に表示するまでの待ち時間が

かかり、医師が診断する際、画像転送時の待ち時間、すなわち患者側でキャプチャした画像がファイル共有サービスのサーバーに自動転送され、それを医師側でダウンロードできる状態になるまでの時間が10秒程度かかった。このため、この間、患者や患者側の補助者とのコミュニケーションを図りながら対面診療をスムーズに運ぶための工夫が必要になった。

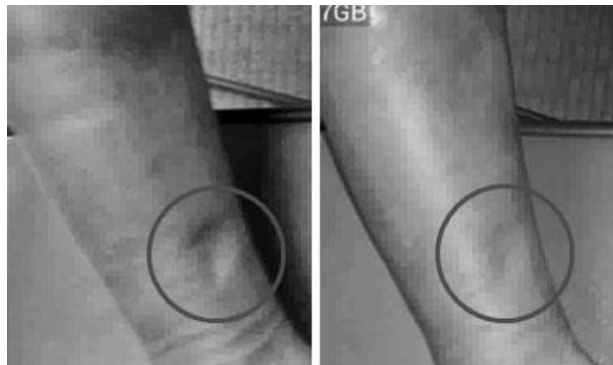


図4 85歳男性の下腿浮腫の観察画像。診察補助者が指で押した凹みから浮腫みがあることが分かる。左はスマホ内蔵の光源をオフにして撮影したもの、右はスマホ内蔵の光源をオンにして撮影したもの

光源の使用については、スマートフォンのカメラによる患部の観察は、光源が白っぽいため、色調の変化や立体感を向上させるには不十分であり、今後の課題となった。図4に示すように、光源を用いた場合の方が、凹凸を示す陰影は薄くなり、靴下のゴム痕は光源付きで撮影した場合には不明瞭になっている。

なお、参考データとして、今回のスマホ内蔵カメラの導入前後での下腿浮腫の遠隔からの観察所要時間を比較すると、スマホ内蔵カメラ導入前が1分47秒±35秒(19例)に対して、導入後は1分12秒±11秒(8例)に短縮した($P=0.001$)³⁾。なお、スマホ内蔵カメラ導入前は、PC内蔵のカメラではなく、スタンド付きで椅子等に固定しやすい外付けのウェブカメラを使用していたため、そのウェブカメラの切り替えに時間を要した。また、画像の記録もスマホ内蔵カメラ導入前は、医師側PC上のスカイプの画像をキャプチャして、診察後に記録用のファイルに貼り付けていたので、今回の一式のシステム開発で操作性と所要時間は共に改善した。

4. 考察

今回のスマートフォン内蔵のカメラを遠隔診察時の局所の視診に用いるシステムの開発により、操作性の向上と所要時間の短縮が成され、効率的運用の観点では改善効果が得られた。一方、診断精度に関しては、スマートフォンの光源を利用することで、かえって凹凸感が乏しくなるケースもあり、定量的評価は困難だが、スカイプのウェブカメラでの動画観察と比べて改善したとは言い難かった。事実、凹凸のような立体感の観察は、我々が遠隔食事指導の実験での食事の撮影の際に経験したように^{6,7)}、動画の方が優れる場合があり、キャプチャ画像の静止画の画質よりも、画質では劣っても動画での観察方法を深化させる方が適当かもしれない。実際、動画の中で人間の眼は最適な瞬間を選択し、かつ複数の画像からの情報を周囲の光線の変化なども加味しながら頭の中で統

合して診断していると見られる。

今回のスマホ内蔵カメラからの動画を医師側で観察する場合、伝送の際の遅延により動きの滑らかさが欠ける傾向があり、一方、スカイプの動画伝送は、画質を若干、低下させることで、動きの滑らかさを補償していると考えられる。遠隔診察では、視診の結果として画像を保存し、このデータの情報共有により、多職種や複数の医師の関与の際に、より客観的な比較を行えることが利点となる。このためには、時間も要する動画画像の保存よりも、キーとなる静止画像での保存の方が、情報共有には適すると考えられる²⁾。以上から、視診の際はリアルタイムでの動画画像も交えながら、記録用として、最適かつ可能な限り最高の画質での静止画像をキャプチャして保存する機能の両方を使い分けることも必要と思われる。その際に、光源を用いるか用いないかも、その都度、得られた画像で判断することが適当だろう。

実際に遠隔からの視診を行うには、これらのカメラの機能(使用可能な光源の性質も含む)や通信環境によって得られる画像の質は変化することを理解し、実患者での試行から運用を個別に検討する準備が必要になるだろう。実際、オンライン診療のガイドラインでも、観察を行う際の事前の診断精度に関する検証が推奨されている⁸⁾。

一方で、デジタル画像として得られた情報には、画面上に再現されている以外にも多くの使われていない情報が含まれている。血圧測定で得られる脈波情報などと同じように、これらの画像の「隠れた」情報の利用法を探究することで、画像情報を得るためのカメラを新たな生体センサと捉える発想も将来の展望としてあり得ると思われる。

謝辞

本研究は日本学術振興会科学研究費助成事業(課題番号24590815)の助成に拠った。本実験は、慶應義塾大学看護医療学部の倫理審査委員会より承認されている(第262号)。

参考文献

- 1) 本間聡起、石川裕司、佐藤雅也ら。高齢者を対象とした遠隔診察システムの医学的評価。医療情報学 1998; 18:39-47.
- 2) 本間 聡起、中村 亨、藤村 香央里、伊藤 良浩、前田 裕二。遠隔診療の効率的運用に際して備わるべき医師側診療録の機能に関する研究—高齢者慢性疾患対象の遠隔診察実験の結果から。医療情報学 2016; 36(Suppl.): 486-489.
- 3) 本間聡起、小林直樹。ユーザーインターフェース改善を目的とした遠隔診療用アプリケーションと診察補助装置の開発—診療所要時間の改善効果。日本遠隔医療学会誌 2018; 14 (in press).
- 4) 本間聡起、藤村香央里、伊藤良浩。高齢者慢性疾患対象の遠隔診察実験—システム稼働性と遠隔診療と対面診療との比較を含めた検討。日本遠隔医療学会誌 2016; 12(2): 161-164.
- 5) 大野実、渡辺顕夫、白鳥和人、本間聡起:テレケアに求められる映像インターフェースの提案。医療情報学 1998; 18(Suppl.): 740-741.
- 6) 馬場良子、本間聡起、姫田俊子、池田奈保子、大野実。テレビ電話を使用した糖尿病食事指導システムの構築と運用、第42回日本糖尿病学会学術集会抄録集、1999年5月。
- 7) 大野実、奥村政彦、白鳥和人ら。テレケアにおける留守番録画機能の有効性とその応用例。医療情報学 19(Suppl.): 744-745, 1999.
- 8) 厚生労働省。情報通信機器を用いた診療に関するガイドライン作成検討会。オンライン診療の適切な実施に関する指針、2018。[<https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-10801000-Iseikyoku-Soumuka/0000201789.pdf> (cited 2018-Aug-27)].

