

携帯電話を用いた介護支援システムに関する検討

沼尾 啓[†] 田中 尚貴[†] 岡崎 哲夫[†]

[†]北海道工業大学 〒006-8585 札幌市手稲区前田7条15丁目4-1
E-mail: [†]q07313@hit.ac.jp

あらまし 介護者の負担を軽減することを狙いとした携帯電話を用いた介護支援システムについて報告する。本システムは、携帯電話で寝たきりの被介護者の状態を遠隔で確認するとともに、遠隔で電動ベッドを制御して被介護者の姿勢を変える、室温、照明、カーテンの開閉などの制御を実現する。遠隔操作の動作確認を行うために模型の電動ベッドを作成するとともに、これを用いて映像に関する基礎的評価実験を行った。その結果、現状の携帯電話の通信速度・品質でも被介護者の状態を映像で確認することが可能であること、寝起きと寝返りの動作を遠隔から確認・制御するには異なる2つのカメラアングルが必要であることを明らかにした。

キーワード 介護, 遠隔操作, 電動ベッド, 携帯電話, Google Android

Nursing support system Using potable telephone

Kei NUMAO[†] Naoki TANAKA[†] Tetsuo OKAZAKI[†]

[†]Hokkaido Institute of Technology 7-15 Maeda, Teine-ku, Sapporo, Hokkaido, Japan, 006-8585
E-mail: [†]q07313@hit.ac.jp

Abstract This paper describes on the nursing support system that uses portable telephone for decreasing the work of nursing people. Nursing people can remotely check the condition of the patient of bedridden and operate an electromotive bed for changing the posture of patient, and open and shut the curtain for controlling the light in the room and operate the air conditioner for controlling the room temperature with this system. A model of electromotive bed was made for checking the remote control operation and the subjective evaluation experiments were examined about the camera angles and the quality of image with this model. The results of experiments were as follows. Two camera angles were necessary to operate the electromotive bed and the quality level of image which provided current portable telephone can use for checking the condition of patient of bedridden.

Keyword nursing, remote control, electromotive bed, potable phone, Google Android

1. はじめに

日本では高齢化が異常な速度で進んでおり、2007年における高齢化率(65歳以上の人口が総人口に占める割合)は20%を超え、2025年には30%程度になると予想されている。また、2025年には75歳以上の高齢者人口が65歳以上75歳未満の高齢者人口を上回り、その割合は57.0%にも達すると見込まれている[1]。

現時点においても、寝たきりの高齢者は日本国内におよそ100万人以上いるとされ、寝たきりではないにしろ、人の補助を必要とする高齢者となると更に多いと推測される。寝たきり状態に陥ると、身体の様々な機能が低下する。介護は家族に大きく依存しており、介護する家族は、「家を留守にできない。」「ストレスや精神負担が大きい」などが介護上の問題点として報告されており、介護者の心身にも重い負担が掛かっている事が伺える[2]。このような介護者の身体的・精神的なストレスにより、家族間の人間関係が損なわれる事

態も起こっている。介護労働者についても、低賃金や重労働、被介護者やその家族からの身体的・精神的暴力などの問題が絶えない[3]。

本研究では、介護者の負担を軽減することを狙いとして、携帯電話を利用することを前提に、寝たきりの被介護者の状態を遠隔から確認するとともに、電動ベッドを制御して被介護者の寝ている姿勢を変える、室内の温度・湿度を制御する、日当たりの具合を調整することなどを可能とするシステムについて検討を行った。携帯電話での映像品質を確認・評価するために模型の電動ベッドを作成した。また、携帯電話のアプリケーション開発には、Googleが開発・提供しているミドルウェア Androidを使用した[4]。

2. 介護支援システム

2.1. 介護支援サービス

本システムは、寝たきりの被介護者がいる家庭を対

象とし、介護を行う家族あるいは介護ヘルパーをユーザとする。本システムで実現するサービスの一覧を表1に示す。

例えば、遠隔地から被介護者の状態を映像で確認し、携帯電話を操作することにより必要に応じて姿勢を変更することができる。室温・湿度を遠隔地から確認し、必要があれば室温・湿度の変更を行う。このように、これらのサービスは被介護者自身あるいは被介護者が寝ている部屋の環境に関する各種データをカメラ、バイタルセンサ等によって収集し、収集したデータを携帯電話で確認するとともに、携帯電話を制御装置として遠隔から制御を行うことによって実現するものである。また、異常値については、予め設定した範囲を超えた値を検出した場合に携帯電話に通知するものであり、緊急を要する異常値であれば通話中でも優先的に割り込んで通知を行う。

これにより、介護者は常に被介護者の傍にいない必要がなく、適宜外出することが可能となるため、負担を軽減できると考えられる。

表1 サービス一覧

対象	状態の確認サービス	状態の制御サービス	異常通知サービス
被介護者の状態	視認による状態の確認	寝ている姿勢の変更	異常値の検出
	健康状態の確認		
部屋の状態	温度・湿度の確認	温度・湿度の制御	異常値の検出
	明るさの確認	明るさの制御	
	日当たりの確認	日当たりの制御	

2.2. 介護支援システム

前述のサービスを実現するための方法を表2、システムの構成を図1に示す。被介護者のいる家にデータの収集・制御用サーバとしてPCを設置し、インターネットを介してパケット通信のトランスポートプロトコルとしてはTCPのみ利用可能であるが、携帯電話のミドルウェアとしてAndroidを使用することにより、用途に応じてプロトコルを選択することが可能となる。

サーバには、カメラ、湿度・温度計、バイタルセンサ等を接続し、これらの各機器あるいはセンサーからのデータを収集し、保持する。また携帯電話によるこれらの機器の制御を仲介する。

具体的な動作手順として、電動ベッドに関しては、被介護者の様子を目視するために携帯電話からサーバにアクセスする。サーバはカメラを起動させ、映像を携帯電話に送信する。携帯電話で映像を確認しながら電動ベッドを操作する信号を送信する。信号を受け取ったサーバは電動ベッドを動かし、遠隔操作を実現する。

表2 サービスの実現方法

	機能名	説明
情報の取得	カメラ映像取得	設置したカメラで撮影した被介護者の映像を表示する。
	温度・湿度取得	室内から取得した温度・湿度をリアルタイムに表示する。
	バイタル値取得	被介護者に取り付けた、バイタルセンサから心拍数、体温、血圧などの値を収集し、健康状態を確認する。
	緊急通知	被介護者から、バイタル値に異常を検出、もしくは直接呼出しがあった場合に介護者へ通知を行う。緊急医療機関へ連絡する。
状態の操作	電動ベッドの操作	「寝起き」機能により、電動ベッドの上半分を上下する。「寝返り」機能により左右に傾ける。
	温度・湿度設定	エアコン操作等により室内の温度・湿度を制御を行う。
	照明操作	室内の照明装置の明るさを変える。
	カーテン開閉	モータを動かし、カーテンの開閉を行う。
	カメラ操作	設置カメラが多機能カメラの場合、ズームイン・アウト操作や、4方向への首振りを行う。

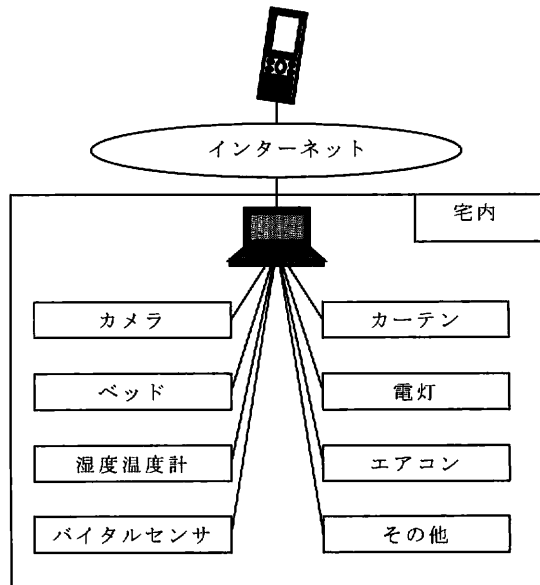


図1 ハードウェア構成

3. 評価用模型

3.1. 模型の作成

寝たきりの被介護者にとって大きな問題となるのが床ずれである。床ずれは身体の抵抗力が落ちている状態で長時間同じ体制を続けることによって皮膚や皮下組織が圧迫されて血行障害を起し、患部が壊死す

ることである。床ずれを防止する第一歩として、圧迫を避けることがあげられており、2時間から4時間程度に一度体位変換を行うことが良いとされる。しかしながら、その頻度と被介護者の身体を動かすための介護者の負担は大きく、なかなか被介護者のそばを離れられない原因の1つとされる。

このため、本サービスでは、携帯電話を用いて電動ベッドを遠隔で動作させ、被介護者の姿勢を変えることができるようにする。これを実現するためには(1)介護者が携帯電話を使って被介護者の状態の確認と電動ベッドの操作が容易にできること、(2)誤動作等による被介護者の転落の危険性がないベッドの提供が必須である。ここでは、第一段階として(1)について検討を行うこととし、評価用の模型を作成するとともに、模型の状態を映像で確認するためのカメラを取り付けるようにした。模型電動ベッドを図2、評価用模型の概略構成を図3に示す。

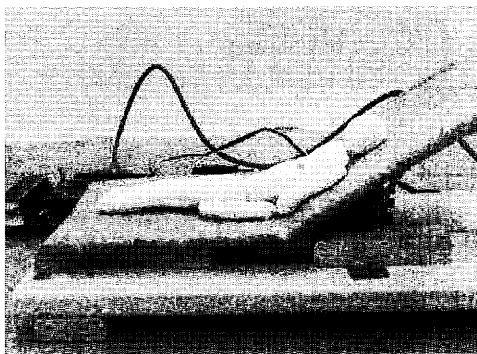


図2 模型電動ベッド

3.2. 模型電動ベッド

ベッドは実物の1/6.5(324mm×128mm)スケールとし、4枚のユニバーサルプレートで蝶番で接続して寝起きと寝返りの動作を行えるようにした。ベッドの動作はラジコンサーボモータによって行う。既製品の電動ベッドの寝ている状態から起き上がるまでの時間が35秒から40秒であることから[6]、この模型では40秒で

起き上がるようにした。被介護者人形は、紙粘土で作成し、首・腰・左右腕2箇所ずつの関節を可動させることができる。

3.3. 模型電動ベッドの制御

今回はベッドの制御に H8/3052F マイクロプロセッサを搭載したマイコンを使用した。ベッドの操作をマイコンに割り当てることで、サーバ PC の負荷を軽減することができる。サーボモータは、制御端子から送られてくるパルスで首振り角度を制御する。今回は 0.75ms から 2.25ms で-90度から90度まで動作するタイプのサーボモータを使用し、パルスを調節することにより0度から90度まで40秒で起き上がるようにした。

携帯電話から電動ベッドを動作する際は HTTP プロトコルでサーバにアクセスし、サーバ上の PHP プログラムから C 言語で作成したマイコンにアクセスするプログラムを動作させ、マイコンに命令を送る。命令を受けたマイコンがサーボモータを指定の速度、指定の角度へ回転する。モータに取り付けてある装置がベッドを動かす。

3.4. カメラ

映像データ取得用のカメラとしては、低コストで入手の容易な市販の固定式 Windows 用 Web カメラを使用した。カメラ撮影の解像度が 640×480 に対し、携帯電話の画面解像度が 320×480 であるため、カメラは携帯電話向けに十分性能がある。

4. 携帯電話のインタフェース

4.1. Google Android

Android は 2007 年 11 月に Google 社が発表した携帯電話で動作するオープンソースのソフトウェアプラットフォームであり、現在もバージョンアップ作業中である。現行の携帯電話と Android のアーキテクチャの概要を図4に示す。アプリケーションの開発言語は Java であり、アプリケーションソフトの開発キット Android SDK は Windows XP および Vista、Mac OS、Linux 上で動作する[5]。開発したアプリケーションは

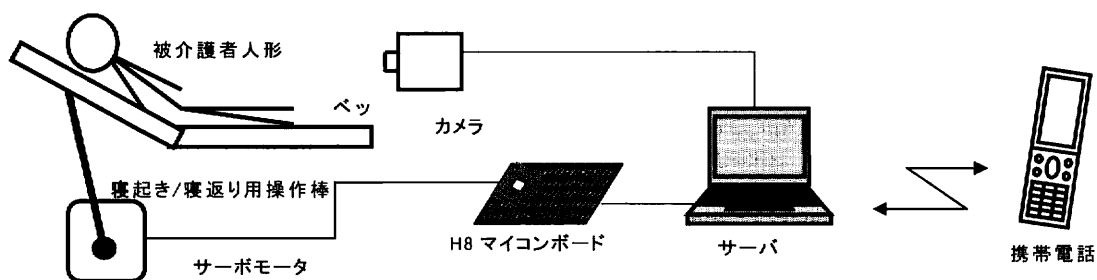


図3 作成した評価用模型の概略構成

PC上で動作するエミュレータにより、確認及びデバックを行う。図5にAndroidのエミュレータを示す。

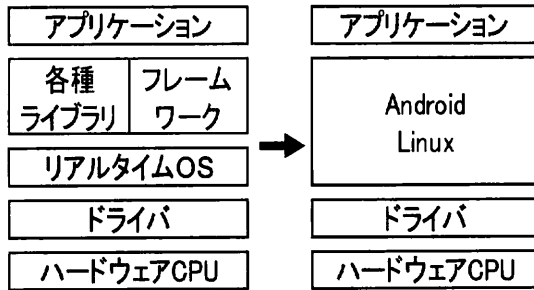


図4 現行の携帯電話とAndroidのアーキテクチャ

4.2. ユーザインタフェースの設計

本システムの対象ユーザとして高齢層の介護者あるいは不慣れな人もいることを想定し、アクセシビリティの高いインタフェースの提供を最優先に考えた。そのため、一つの画面で多くの操作を行わず、各機能をそれぞれ専用の画面で実行する方式をとった。例えば、空調操作を行う場合は(1)メニューボタンを押す、(2)メニュー一覧から空調操作を選ぶ、(3)空調操作画面で必要な操作を行う。画面遷移を図6に示す。

一つの画面に表示する項目を最小限にし、画面を見やすくすることにより、ユーザに現時点の画面で何ができるか、どのように操作すればよいかを容易に理解できるようにした。

本システムでは被介護者の状態の確認を最優先に考え、本システムの起動中、画面上部に被介護者の映像を常に表示しておくこととした。カーテン開閉や室温設定を行うなどの場合にも被介護者の映像を表示しておくため、これらの操作を行うためのカメラ映像画面を別に用意し、図5に示すように2画面同時表示を行うようにした。ただし、この場合にはカメラを2台設置する必要がある。

4.3. カメラ映像の取得方法

現状では、Androidのエミュレータが映像のストリーミングやFlashに対応していないため、サーバ側でカメラ映像を0.5秒に1回の頻度でjpeg形式に保存することとした。これによりAndroidが画像を連続で取得し、画像を擬似的に映像として見せることが可能となる。しかしながらこのような連続的な画像を単純な画像表示処理と同じように行くと、CPU負荷が増大し、操作への影響が避けられない。

このため、Androidに用意されている画像処理を専用のスレッドを設けて行う android.view.SurfaceView 機能を利用した。UIの表示にかかるCPUの負荷を軽減し、安定した擬似的な映像の提供を行うことを可能

とした。さらに、2つのカメラ映像の描画に用いるオブジェクトをそれぞれ専用で生成せず、共通の画像描画オブジェクトのみを用いて表現することにより、CPUの負荷をさらに軽減した。この結果、操作の遅延がなくなり、擬似的に平均1.2fpsの映像を表現することが可能になった。

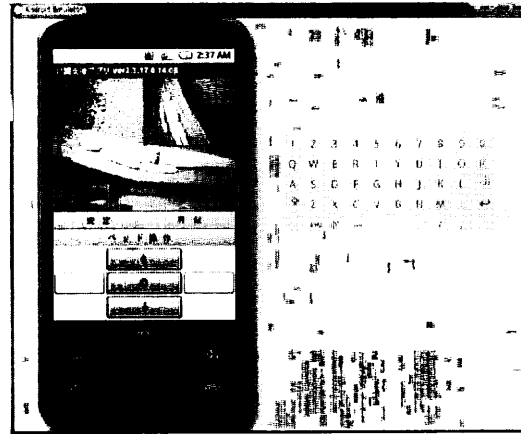


図5 Androidエミュレータ

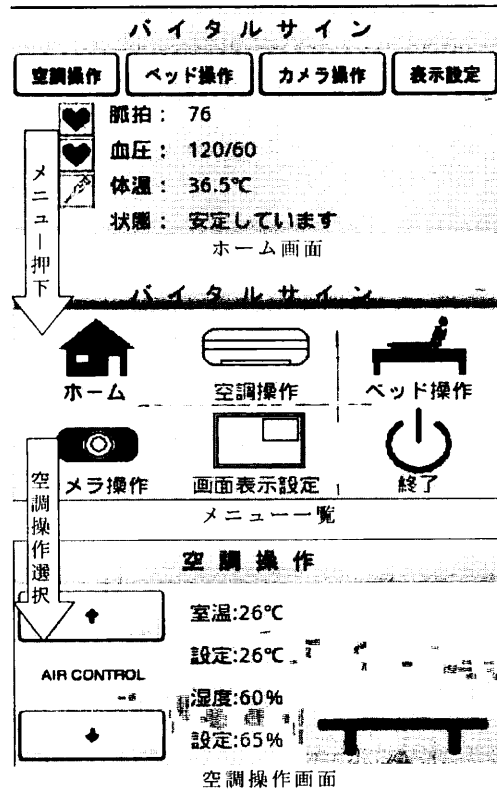


図6 空調操作画面への遷移図

5. カメラアングルの評価実験

5.1. 評価方法

携帯電話の画面を用いて電動ベッドの動作確認を行うには、映像を取得するカメラの角度が重要となる。ここでは、被験者の人形を模型ベッドの横たえた状態で模型ベッドを動作させる映像を使用して、動作確認が容易なカメラ角度についての主観的評価実験を行った。

評価用の映像のフレームレートは 14fps でビットレートは 130kbps であり、現行の第 3 世代携帯電話でも十分に再生が見込まれる品質とした。

評価用の映像には、被験者人形の全身が見えるものを使用した。これは、上半身だけの映像では下半身で発生した異常の確認が出来ないと考えたためである。実験には個室を使用し、被験者の脇に実験の説明者を配置するという形態で行った。PC の液晶ディスプレイ上に携帯電話を模した画面を再現し、被験者に寝起きと寝返り動作について、それぞれ 7 つの角度計 14 の映像を評価してもらった。評価に使用したカメラアングルの一覧を図 7 に示す。被験者は 21 歳から 24 歳の学生 32 人（男性 31 名、女性 1 名）に寝起き/寝返りの見やすさを 5 段階（1. 非常に見づらい 2. 見づらい 3. どちらともいえない 4. 見やすい 5. とても見やすい）で評価してもらった。

なお、寝起きとはベッドの駆動により正面を向いて寝た状態で起き上がり/寝ることとし、寝返りとはベッドの駆動により正面を向いて寝た状態から左右に体が傾くこととする。寝返りについては、被介護者人形の足元から見て左側を起す映像を使用した。

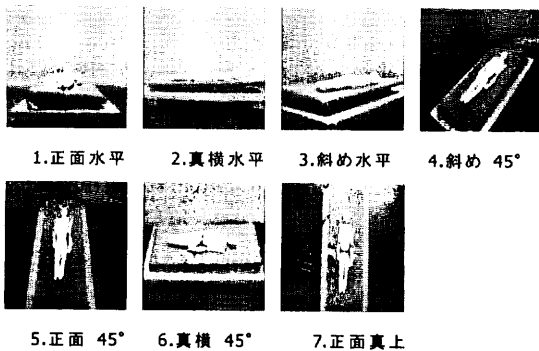


図 7 評価用カメラアングル

5.2. 実験結果

結果を図 8 に示す。「3. 斜め水平」の角度が寝起き・寝返り双方において評価平均値 3 以上を得た唯一のカメラ角度である。評価実験の結果だけから

考えると、3. 斜め水平の角度を採用すれば、寝起き・寝返り双方に使用可能である。しかしながら、寝返りについては、前述したように左側を起す映像を使用している。このため、「3. 斜め水平」の角度においては、図 9 に示すように、寝返り時におけるカメラ手前の側面が起き上がる動作によって死角が発生し、被介護者が視認できなくなる可能性がある。「2. 真横水平」、「4. 斜め 45°」、「6. 真横 45°」でも同様の可能性が考えられる。横たわっている被介護者人形の足元から見て右側を起す映像に関する評価を行っていないために断定はできないが、被介護者が視認できなくなる可能性があるカメラ角度を使用することは避けるべきであると考えられる。

このような点を考慮すると、1 台の固定カメラでは寝起き・寝返り双方の動作を確認する品質を確保することができないと考えられる。寝起きで一番評価のよい「2. 真横水平」と、寝返りで一番評価のよい「5. 正面 45°」の 2 つの角度を用いることにより、寝起き/寝返り双方で評点 3 以上を確保することができる。

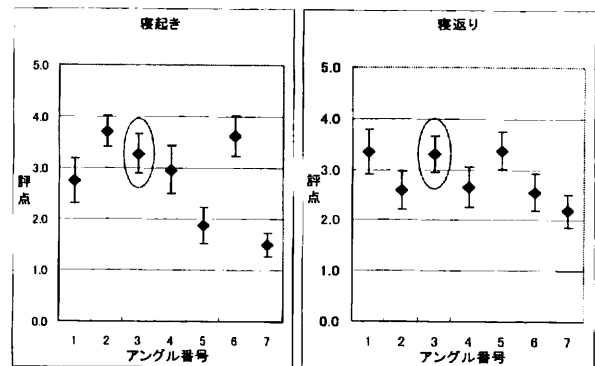


図 8 カメラアングル評価結果

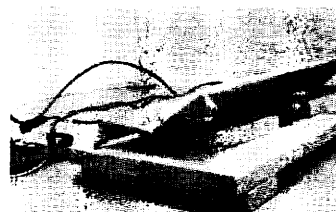


図 9 寝返り動作によって発生する死角

6. 映像品質の評価実験

6.1. 評価方法

被介護者人形を模型ベッドに横たえた状態で模型ベッドを動作させる映像の品質を変化させて評価実験

を行ない、本システムとして使用するにはどの程度の映像品質が必要かを明らかにする。

評価用の映像には、表3に示す6種を用いた。ビットレートについては予備実験において映像品質への影響が小さいことが確認できたことから、160Kbps固定とした。Androidで再現できるフレームレートが1.2fpsであるため、周辺のフレームレートを用意した。

実験には個室を使用し、被験者の脇に実験の説明者を配置するという形態で行った。PCの液晶ディスプレイ上にAndroid携帯電話を模した画面を再現し、被験者に6つの映像をランダムに見てもらい、「この品質で携帯電話から電動ベッドを遠隔操作できると思いますか？」という質問を設けた。被験者は21歳から24歳の学生37人（男性33名、女性4名）であり、7段階（1. まったくできない 2. かなり難しい 3. どちらかといえばできない 4. どちらともいえない 5. どちらかといえばできる 6. かなりできる 7. 十分にできる）で主観評価してもらった。

表3 評価用の映像

	ビットレート	フレームレート
1	160Kbps	0.5fps
2	160Kbps	1fps
3	160Kbps	1.5fps
4	160Kbps	2fps
5	160Kbps	3fps
6	160Kbps	4fps

6.2. 実験結果

結果を図10に示す。図には各映像の評価点の平均と、95%信頼区間を示した。0.5fps以外の映像には「5. どちらかといえばできる」を超えており、1.5fps以上では評価点がほぼ一定となる。すなわち、電動ベッドの遠隔操作にはそれほど高いフレームレートを必要としないことを示している。

これは、映像の対象となる電動ベッドがゆっくり動く性質のため、低フレームレートと高フレームレートの評価の差が小さかったと考えられる。これにより、携帯電話による電動ベッド制御のための映像品質としてはビットレート160Kbpsでフレームレート1.5fps以上であれば良く、本システムで実現しているフレームレート1.2fpsでもある程度使用に耐えるレベルであると考えられる。

7. おわりに

本研究では、主に介護者の負担を軽減することを狙いとして、寝たきりの被介護者の状態を遠隔から確認するとともに、電動ベッドの制御や室内の温度・湿度、

日の当たり具合の調整などを可能とする介護支援システムに関する検討を行った。主な結果を以下に示す。

- (1) 介護サービスのユーザを介護者およびヘルパーとし、被介護者および被介護者が住居する環境について、状態の確認と制御、異常の通知を行う。
- (2) サーバとしてPCを用い、マイコンボード経由のサーボモータによって動作する模型電動ベッドを作成し、遠隔操作による基本動作を確認した。
- (3) 模型電動ベッドを用いてカメラアングルに関する評価実験を行った結果、寝起きと寝返り動作の確認には2台の固定カメラが必要であると考えられる。
- (4) 模型電動ベッドを用いて映像品質に関する評価実験を行った結果、電動ベッドの動作の確認にはビットレート16Kbps、フレームレート1.5fps以上の映像品質が必要であると考えられる。

今後、バイタルセンサや空調などの検証を進めていく。

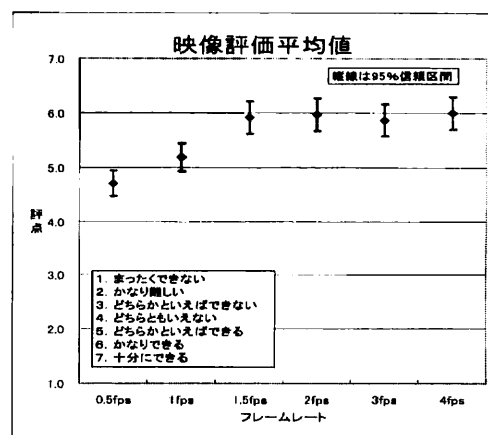


図10 映像評価結果

文献

- [1] 国立社会保障・人口問題研究所, 将来推計人口データベース, 2008年.
<http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/suikai07/index.asp>
- [2] 内閣府, 高齢者介護に関する世論調査, 2003年.
<http://www8.cao.go.jp/survey/h15/h15-kourei/index.html>
- [3] 結城 健博, 介護現場からの検証, 岩波新書, 東京都, 2008年.
- [4] ASCII, Google Android 完全解説, アスキームック, 鈴木 嘉平, 東京都, 2008年.
- [5] 嶋 堤一, Google Android 入門, 技術評論社, 東京都, 2008年.
- [6] National, 介護知恵モール, 2007年
<http://www.net-kaigo.com/shisetsu/sunselfy/index.html>