

Fig. 4. Measurement results: transition of (a) heart rate and (b) respiration rate.

She lives in a city area, 3 km from the hospital. Both mobile telephone and PHS were available in the area.

Measurement

The system was placed in a briefcase for mobility and easy installation. Before the experiments, the therapist was given brief instructions for system installation and use. After the instruction, the therapist was able to install the system without help. For each subject, the system was installed 1–2 h before the experiment. All measurements were performed by the therapist. In each case, measurements were performed immediately before and after the exercise and the intermission during the exercise with the subject on the bed. Additionally, for Case 1, remote measurements were performed at several time points during the 60 min before and after an exercise session. Each operation took approximately 2 min, including about 40 s for HTTP data transmission. Although radiowave malfunction caused connection loss several times, the system recovered quickly by reloading via the Web browser. Acquired data were stored into a text document on the PDA for each subject. The measurement results are shown in Figure 4. In each case, heart and respiratory rates increased immediately after training and then recovered in 30 min to the status before the exercise. One to three hours after the exercise, the therapist visited subjects again to confirm their stability.

Discussion

In each case previously examined, the system successfully obtained data on patient status. Since the system structure was simplified and constructed of consumer devices, it was low cost, less than US\$1,500 for a communication system, and easy to use, a therapist only had to plug in to start or stop the system. The time and cost of installation and maintenance were appropriate to our needs. Patients approved of the system's compact, silent, and especially nonconstraining nature.

In our implementation, a personal digital cellular (PDC) mobile telephone was employed for data transmission. Although this medium has relatively low bandwidth (9,600 b/s), it was possible to apply it for our purpose, as we limited the amount of data to 50 kB. The Web-based interface made the operations of browsing and creating reports easy to learn for our users.

With each measurement, the therapist, away from the bed, was able to confirm that the individual patient had not suffered overloading shock from the exercises. In addition, the logged data for Case 1 showed that the patient's status safely returned to normal following exercise. While it is difficult to evaluate postexercise transitions by interview, our system was able to provide quantitative information. Such data can be used not only for training evaluation but also for preventive medicine and quality control of home-visit rehabilitation services through long-term observations. Our test application for home-visit rehabilitation indicates the efficiency of a low-bandwidth telemetry framework for telemedicine in home care use.

Conclusion

This study described a niche telemedicine framework for home healthcare. The framework aims to transmit small but sufficient amounts of data for daily monitoring of residential subjects' basic health status. Using existing telecommunication infrastructure, it reduces the costs of both development and maintenance. As a proof of concept, we developed a system for remotely monitoring heart rate and respiration and tested it in several practical home-visit rehabilitation cases. The proposed system showed its usefulness for both the therapist and the patient in planning and evaluating daily rehabilitation training.

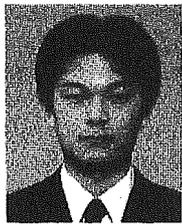
We are planning to integrate other measurement modalities into our framework in future development. First, blood-pressure measurement will be tried because it is known to be useful for understanding patients' status, and there are several

commercial compact and low-constraining sphygmomanometers having data export functionality. Other possibilities are accelerometers or pedometers for activity and oxygen consumption for vitality.

Our telemedicine framework can contribute to preventive medicine. To reduce medical expense, which is an urgent issue, especially in Japan, daily healthcare service should be improved. Low-cost monitoring devices allow the correct transmission of health status that can be used for appropriate rehabilitation plans for individuals as well as for developing evidence-based medicine and healthcare.

Acknowledgments

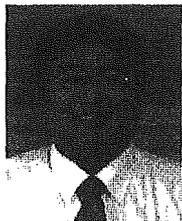
This work was partly supported by the Grant-in-Aid for Scientific Research, Ministry of Health and Welfare and the New Energy Development Organization (NEDO H14-0603001). Measurements were conducted by the Rehabilitation Center, Fujimoto Hayasuzu Hospital, Miyazaki, Japan. Yokogawa Electric Corp. and Internet Node Inc. supported the Bio-Sensor node.



Yasushi Masuda received the B.S. degree from Osaka University, Japan, in 1996 and M.S. and Ph.D. degrees from Nara Institute of Science and Technology (NAIST), Nara, Japan, in 1998 and 2002, respectively. He is now working as a researcher of the 21st Century Center of Excellence in NAIST. His research interests include telemedicine, biomedical measurement, virtual reality, and bioinformatics.

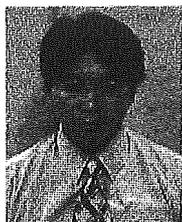


Mitsuyoshi Sekimoto received the B.S. degree from the University of the Air, Japan, in 2003. He is now working as a physical therapist in Fujimoto Hayasuzu Hospital, Miyazaki, Japan. His research interests include telemedicine and home care technology.



Masayuki Nambu received the B.S. degree from Tokyo University of Science, Japan, in 1991 and M.S. and Ph.D. degrees from Nara Institute Science and Technology, Japan, in 1997 and 1999, respectively. He is a section chief, Department of Gerontechnology, National Center for Geriatrics and Gerontology.

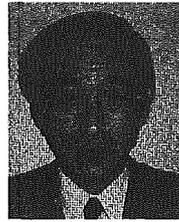
His research interests include telemedicine, home care technology, and biomedical measurement.



Yuji Higashi received the B.S. degree from the University of the Air, Japan, in 2002. He is now working as a physical therapist in Fujimoto Hayasuzu Hospital, Miyazaki, Japan. His research interests include the clinical application of care technologies and monitoring and the evaluation of rehabilitation training.



Toshiro Fujimoto received an M.D. from the University of Tokyo, Japan, in 1969. He is the president of Fujimoto Hayasuzu Hospital, Miyazaki, Japan. His research interests include magnetoresonance spectroscopy (MRS), care technology for the elderly, and accelometry method for phyconeurosis.



Kunihiro Chihara received B.S., M.S., and Ph.D. degrees from Osaka University, Japan, in 1968, 1970, and 1973, respectively. He is now a professor in the Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology, Japan. His research interests include biomedical signal processing, acoustical instrumentation, three-dimensional visualization, virtual reality, digital archiver, and multimedia.



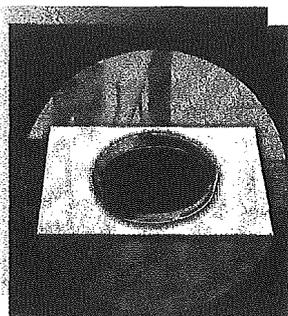
Toshiyo Tamura received B.S. and M.S. degrees from Keio University, Japan, in 1971 and 1973, respectively, and a Ph.D. from Tokyo Medical and Dental University, Japan, in 1980. He worked at the National Institute for Longevity Sciences and moved to Chiba University, Japan, where he is a professor in the Department of Medical System Engineering in the Faculty of Engineering. His research interests include biomedical instrumentation, biosignal processing, telemedicine, and home care technology.

He has served as chair of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS) Tokyo Chapter from 1996–2000 and is the current Asian Pacific representative for the EMBS.

Address for Correspondence: Yasushi Masuda, Ph.D., Image Processing Laboratory, Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology, 8916-5 Takayama, Ikoma, Nara 630-0101 Japan. Phone: +81 743 72 5277. Fax: +81 743 72 5279. E-mail: ymasuda@gtc.aist-nara.ac.jp.

References

- [1] "Establishment of the long-term care insurance system and the development of long-term care service supply system," in "Annual Reports on Health and Welfare, Social Security and National Life," Ministry of Health, Labour and Welfare, Japan, vol. 1, pt. 2, ch. 3. [Online]. Available: <http://www.mhlw.go.jp/english/wp/wp-hw/>
- [2] J. Burkhardt, H. Henn, S. Hepperm, K. Rintdor, and T. Schäack, *Pervasive Computing—Technology and Architecture of Mobile Internet Applications*. London: Addison-Wesley, 2002, pp 194–216.
- [3] H. Asada, P. Shaltis, A. Reisner, S. Rhee, and R.C. Hutchinson, "Mobile monitoring with wearable photoplethysmographic biosensors," *IEEE Eng. Med. Biol. Mag.*, vol. 22, no. 4, pp. 28–40, May–June 2003.
- [4] K. Nakajima, Y. Matsumoto, and T. Tamura, "A method for measuring respiration and physical activity in bed by optical flow analysis," in *Technology and Aging—Starting into the Third Millennium*, R. Pieper, M. Vaarama, and J.L. Fozard, Eds. Aachen: Shaker Verlag, 2002, pp. 210–213.
- [5] M. Akay and A. Marsh, Eds., *Information Technologies in Medicine*. New York: Wiley, 2001, pp. 74–76.



BACKGROUND: ©1999 PHOTODISC, INC.,
PETRI DISH: ©2001 IMAGE SOURCE LIMITED

An Algorithm for the Automatic Detection of Health Conditions

An Image Processing Technique for Diagnosing Poor Health in the Elderly

BY MASAYUKI NAMBU,
KAZUKI NAKAJIMA,
MAKOTO NOSHIRO,
AND TOSHIYO TAMURA

In this article, we describe the development of an algorithm for a health diagnosis system for the elderly that uses image processing. This algorithm reconstructs monochrome images from data of the time a subject watches TV and calculates the index for diagnosis of the subject's health condition from the entropy of the image. When this algorithm was applied to the data obtained for seven months, the result almost corresponded to the health condition of the subject. We assumed that this method can be used not only for diagnosis of a physical condition but also for diagnosis of a mental condition.

Several support systems of the daily life in the elderly, using the information network, are proposed [1]–[5], and one part has been put to practical use [6]. We also had proposed and operated, experimentally, the home healthcare system [7], [8], which is a combined system of the information network and biomedical sensor system. Systems such as the one we proposed acquire biomedical data from the elderly from which their functional health status can be analyzed. The main function of these systems is to urge the medical doctor to give a precise diagnosis to the elderly patient if the abnormal status is detected in the data, which had been acquired when the subject was healthy.

Because the elderly generally have low incomes, a significant investment to maintain the health condition of the quality of life (QOL) is not desirable. Moreover, it is undesirable for the running cost to be expensive because it is often paid by public assistance. However, the running cost is expensive in most existing systems because these systems need the simple manual diagnosis by the medical staff, including a medical doctor, for detecting the abnormal status [9]. To solve this problem, we propose the new algorithm, which applies the image processing technique for the automatic detection of an abnormal status of the health condition.

Methodology

We obtained the approval of experimental protocol from the ethics committee of Welfare Techno-House Mizusawa, and before the experiment, written informed consent was obtained from the subject who participated in this study.

We attempted to extract an index showing health condition from the data of the system that is experimentally operated by a cooperative subject. We assumed that the activity of the subject would be less or the pattern of the activity would be different from its usual condition if the subject has contracted a disease.

The system has a running monitor of electric appliances or door switches. We browsed the frequency of the use of electric appliances (the acquired data are shown in Table 1). Normally, there are many electric appliances and doors in the home, even if the resident lives alone. Therefore, there are many types of data that can be acquired. As shown in Table 1, there were door switches for the refrigerator, the electronic oven, and the kitchen and a running monitor of the television. We tried to analyze the health condition of the elderly using whole data that we acquired. However, it was difficult, because most data have no correlation to each other. Moreover, it is not a global method, because the number and kinds of sensors are different in each home, and the custom of daily life is different in each subject. Therefore, the diagnosis depends on the subjective evaluation by medical staff in existing home care systems.

We tried to develop the diagnosis method using one type of data, which was selected carefully. It is necessary that the data for the diagnosis are common to most subjects and are capable of showing not only the physical condition but also the mental condition of the subject. Finally, we selected the data from the

Table 1. Sample data of home care system (excerpt).

Refrigerator (Upper)	Refrigerator (Lower)	Electronic Oven	Kitchen Door	Television
7:00	8:19	8:17	9:23	7:13
8:08	11:52	8:19	11:34	11:46
8:10	12:02	16:52	11:43	14:12
8:22	12:03	16:36	14:32	16:49
11:54	12:03	17:53	15:41	17:00
12:06	12:25	17:56	15:45	18:15
12:24	12:31			19:10
12:27	14:16			

We assumed that randomness of the reconstructed image increases if the rhythm of daily life collapses and there is a bad health condition.

running monitor of a television. We considered that the custom of watching television always depends on the program, and the custom is strongly influenced by the physical and mental condition of the subject. Figure 1 shows the data that were acquired from the running monitor of the television for 30 consecutive days. Figure 1(a) shows the data of a month in which the subject did not appear to be in bad health. Figure 1(b) shows the data of a month in which the subject appeared to be in bad health. On 26 July, which was the last day of the experiment, the subject was diagnosed with a bad kidney function condition and was hospitalized. From Figure 1, we assumed that the subject watched the television at roughly fixed times if he/she was healthy.

At first, we tried to diagnose the health condition of the subject from a change in the start time of television viewing; we assumed that the subject watched the same program repeatedly. However, we confirmed the subject did not necessarily begin watching television at the same time of day or at the same time of week, as shown in Table 2. Then we tried to convert the graph into the image and diagnose the health condition of the subject from the feature of the image.

We reconstructed the monochrome image from data. Every start time for watching a TV program was recorded to the data. Therefore, we divided the 24 h by 15 min, and we assumed that we could obtain a 30×96 pixel monochrome image. If the starting time was recorded within a 15 min interval, we set the pixel of the image to black (Figure 2).

In the image obtained from the data of the month when the subject was healthy, there is an area in which the pixels are concentrated. On the other hand, the pixels are distributed randomly in the image obtained from the data of the month where the subject appeared in bad health. We assumed that randomness of the reconstructed image increases if the rhythm of daily life collapses and there is a bad health condition.

When randomness of the image is high, it means the information content (entropy) is large. In other words, the information content of the reconstructed image obtained from the data of the month where the subject appeared in bad health is relatively high. Therefore, the health condition of the subject can be diagnosed from the entropy of the reconstructed image, which is obtained from the data of the beginning time of watching television.

Evaluation

We diagnosed the health condition of the subject by using actual data to evaluate whether the proposed technique was effective. The data had been acquired in a continuous period of seven months (January–July 2000). The subject was a 78-year-old female who lived alone.

Preprocessing

Sometimes the subject went out and was absent all day to visit the home of her children or to go on a short trip during the evaluation period. In this case, the data were empty and influenced the diagnosis as noise. Therefore, the data of absent days were intentionally deleted. The data at the time when no television program was broadcast were similarly deleted.

In addition, the subject turned the power switch of the television on and off frequently in the month she appeared to be in bad health. Most of these operations would be an origin of noise

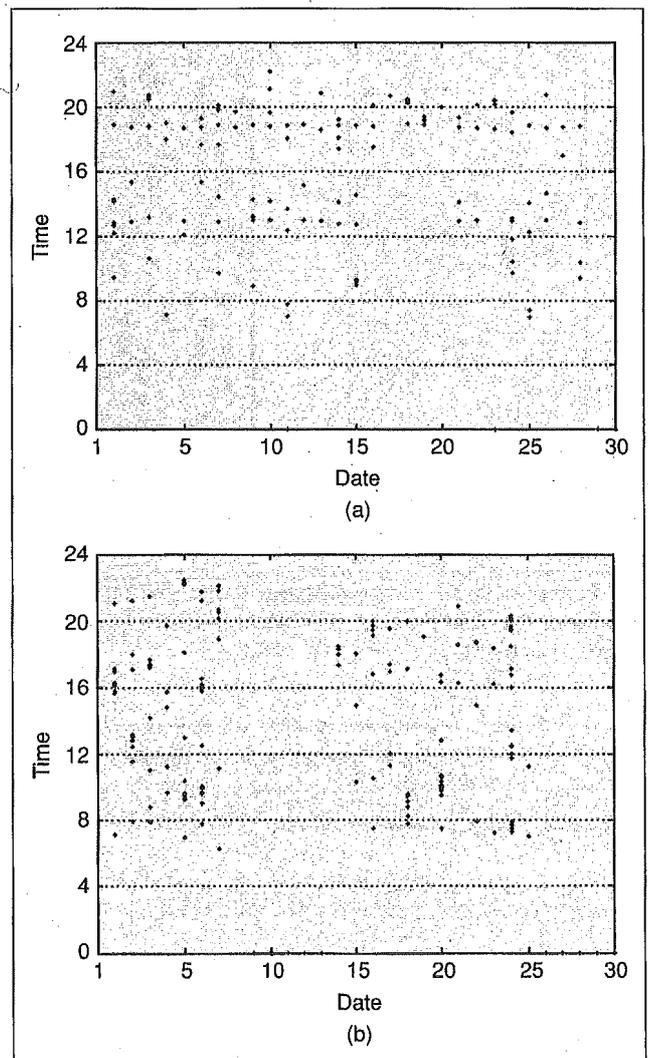


Fig. 1. Start time of watching the television: the subject's condition is (a) healthy and (b) not healthy.

Table 2. Original and compressed image size.

Case	Original (Byte)	Compressed (Byte)	Index (Compression Rate)
Healthy 1	374	309	0.826
Healthy 2	398	317	0.796
Healthy 3	338	286	0.846
Healthy 4	386	284	0.736
Healthy 5	326	282	0.865
Healthy 6	290	273	0.941
Not Healthy	302	310	1.026

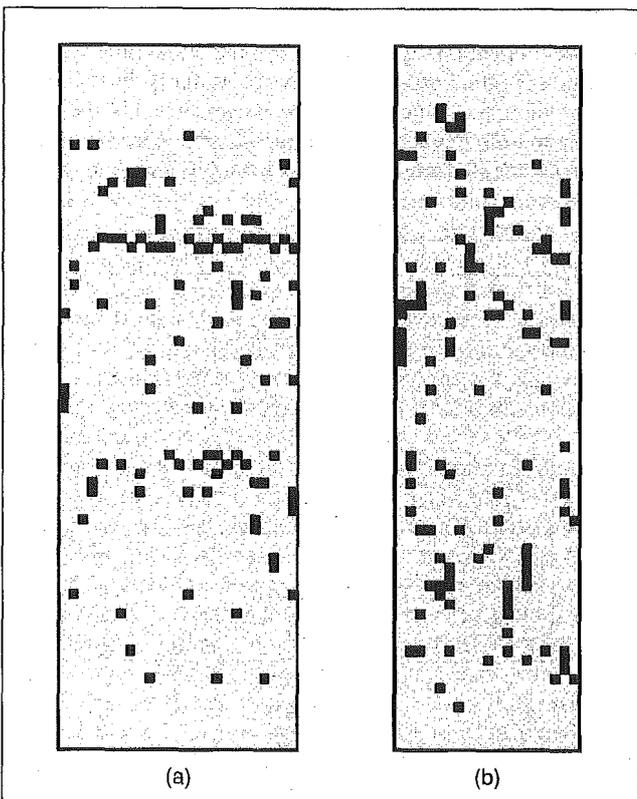


Fig. 2. A reconstructed monochrome image. The black pixels represent the start time of watching television: (a) healthy and (b) not healthy.

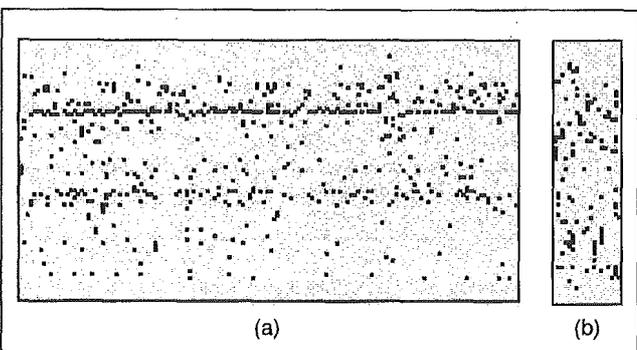


Fig. 3. Reconstructed image of (a) healthy six months (January-June) and (b) a not-healthy month (July).

on the data. We sampled the data in every 15 min interval according to the broadcasting of the television program and reconstructed the image for diagnosis.

Index for Diagnosis

The entropy [10] $H(X)$ of the data X is defined by

$$H(X) = - \sum_{k=1}^n p(k) \log_2(p(k)) \dots, \quad (1)$$

where $X = \{a(1), a(2), \dots, a(n)\}$, $p(k)$ is the probability of the appearance of $a(k)$.

It is necessary to convert or normalize it into the index to be able to compare it simply and understand it easily for the practical diagnosis. In addition, we tried to obtain the index from two-dimensional (2-D) images. Then, we assumed the ratio of the size of the file before and after compression to be an index by compressing the image using the maximum entropy method (MEM). If the entropy of the image before compression is large, compression is not effective, and the size of the file after the compression must be larger than that before the compression because the information for the compression is added.

Result

The reconstructed image from the data of the subject is shown in Figure 3. As for the data of the subject in July, by which time she had a bad health condition, it seems to be distributed unlike any other data of the previous six months. Reconstructed images from the data of each month are shown in Figure 4. Table 2 shows the size of the original images and the compressed images. Only in July's data is the file size after compression larger than that of the file before compression.

In addition, to evaluate the method statistically, we obtained the reconstructed image from each continuous two weeks. Figure 5 shows the average of the index. As the result of the t-test, there is a significant difference between the data when the subject is healthy and when the subject is not healthy (a significant level of 5%).

Discussion

As a result of the evaluation, our index represented the health condition of the subject according to our assumption. Especially in the month she appeared to be in bad health, the subject seemed to operate the switch frequently. We consider that this behavior represents not only a bad physical condition but a bad mental condition as well. In this time, the randomness of the pattern of the activity in daily living became larger when the subject was not healthy. We assumed that the cause of such a result was having used the data of the television reception. Because the TV program was broadcast at a fixed time, it was a trigger of daily living. Therefore, the trigger would not be as effective when the subject was in poor health. It is not certain that our proposal method could be applied to every elderly person. However, this method can be applied to the data from the activity of daily life in the elderly. For instance, it is possible to apply it to anything that begins at a fixed time, such as a meal.

This method will be used for the evaluation of a simple diagnosis for the prevention of disease; the final diagnosis by a medical doctor is necessary. Unfortunately, in Japan, public insurance is not applied to preventive medicine at this time

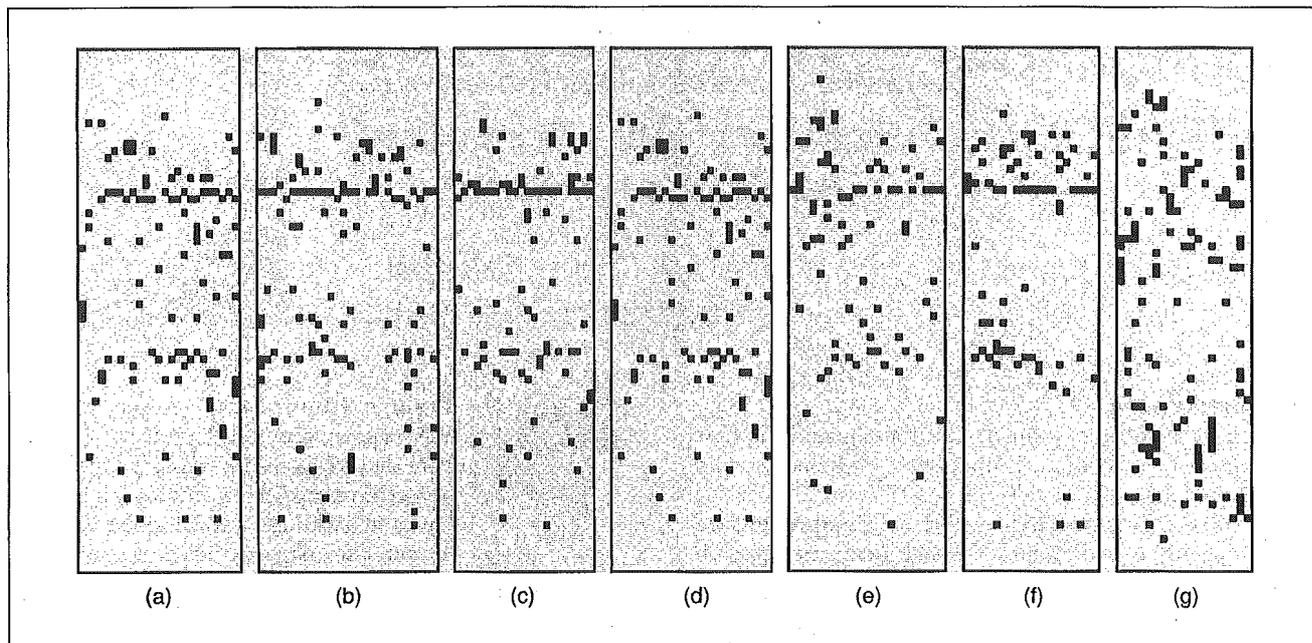


Fig. 4. Reconstructed Images: (a) January, (b) February, (c) March, (d) April, (e) May, (f) June, (g) July. The width of each image is different because data from when the subject went out were removed.

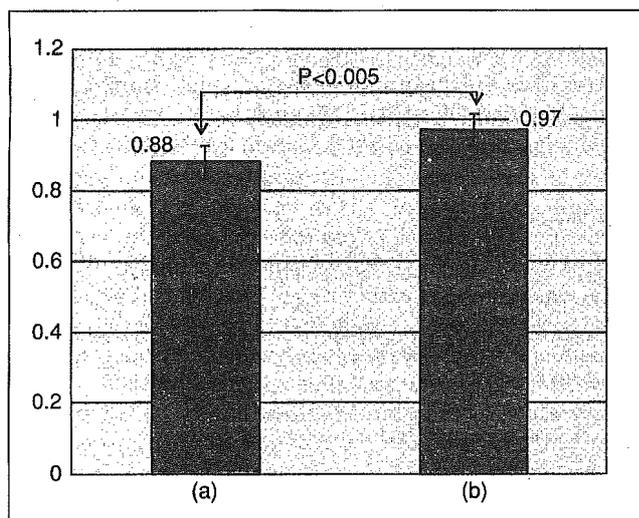


Fig. 5. Average of index: (a) healthy and (b) not healthy.

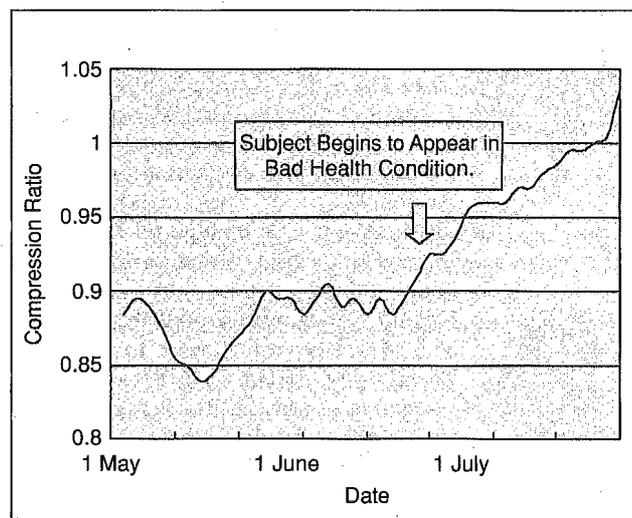


Fig. 6. The continuous change of the compression rate.

[11]. However, we believe that the total medical expense will decrease if public insurance is applied to this type of home care system in the future because the medical expenses for the elderly will decrease.

Long-term data such as one month is needed for this system because this system uses the character of 2-D data as an image. We confirmed the effect of this method by discrete data each month. However, we should also confirm whether this method is effective for rapid changes in the health condition of the elderly. Therefore, we set the data window at one month and acquired the index in each data window by moving this window. The result is shown in Figure 6.

The abnormal condition was found at the end in June (Figure 6). We confirmed (through a prior questionnaire

investigation) that the subject appeared to be in bad health after a short trip in the middle of June, and the result represents this change in health condition. Therefore, we can diagnose the daily change using the proposed method.

Conclusion

We proposed a new algorithm for diagnosing the health condition of elderly persons living alone. As a result of the evaluation, we consider this algorithm to be effective according to the subject. In addition, this method was economical because the algorithm needed only simple data acquired from simple sensors. In the future, an automatic diagnosis will be available using this algorithm. Finally, total medical expenses will be reduced if this system is practical.

The health condition of the subject can be diagnosed from the entropy of the reconstructed image.

Acknowledgments

The authors thank the subject, Dr. Izutsu, and another staff member from Welfare Techno-House Mizusawa who acquired the data.

This work was supported in part by Comprehensive Research on Aging and Health of Health Sciences Research Grants from the Ministry of Health, Labor, and Welfare, Research Grant for Longevity Sciences from Chubu National Hospital, and Industrial Technology Grant Program of New Energy and Industrial Technology Development Organization.



Masayuki Nambu received the B.S. degree from Tokyo University of Science, Japan, in 1991 and M.S. and Ph.D. degrees from Nara Institute of Science and Technology, Japan, in 1997 and 1999, respectively. He is a section chief of the Department of Gerontechnology in the National Center for Geriatrics and Gerontology. His research interests include telemedicine, home care technology, and biomedical measurement.



Kazuki Nakajima received the B.S. and M.S. degrees from Kyoto Institute of Technology, Japan, in 1985 and 1987, respectively, and the Ph.D. degree from Yamaguchi University, Japan, in 1996.

He worked at Yamaguchi University and the National Institute for Longevity Sciences and moved to Toyama University, Japan, where he is an associate professor of the Department of Electric and Electronic Engineering in the Faculty of Engineering. He also serves as a cochair of the IEEE Japan Chapter of the Engineering in Medicine and Biology Society. His research interests include biomedical measurement, biosignal processing, and home care technology.



Makoto Noshiro received the B.E. and Ph.D. degrees from the University of Tokyo in 1969 and 1981, respectively. He worked on circuit design with Fujitsu Co. Ltd., joined Tokyo Medical and Dental University, Japan, and then moved to Kitasato University, Japan, where he is a professor of electronic engineering in the School of

Health Allied Sciences. His research interests include the analysis of biological and medical systems, the measurement of electrical bioimpedance and its application, and bioinformatics.



Toshiyo Tamura received the B.S. and M.S. degrees from Keio University, Japan, in 1971 and 1973, respectively, and the Ph.D. from Tokyo Medical and Dental University, Japan, in 1980. He worked at the National Institute for Longevity Sciences and moved to Chiba University, Japan, where he is a professor in the Department of Medical System Engineering in the Faculty of Engineering. His research interests include biomedical instrumentation, biosignal processing, telemedicine, and home care technology.

He has served as a chair of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS) Tokyo Chapter from 1996–2000 and is the current Asian Pacific representative for the EMBS.

Address for Correspondence: Masayuki Nambu, 36-3 Gengo, Morioka, Obu 474-8522 Aichi, Japan. Phone: +81 562 46 2311. Fax: +81 562 48 6668. E-mail: nambu@nils.go.jp.

References

- [1] N.H. Lovell, F. Magrabi, B.G. Celler, K. Huynh, and H. Garsden, "Web-based acquisition, storage, and retrieval of biomedical signals," *IEEE Eng. Med. Biol. Mag.*, vol. 20, no. 3, pp. 38–44, 2001.
- [2] M. Ogawa, T. Tamura, and T. Togawa, "Automated acquisition system for routine non-invasive monitoring of physical data," *Telemedicine J.*, vol. 4, no. 2, pp. 177–185, 1998.
- [3] K. Shimizu, "Telemedicine by mobile communication," *IEEE Eng. Med. Biol. Mag.*, vol. 18, no. 4, pp. 32–44, 1999.
- [4] S. Barro, J. Presedo, D. Castro, M. Fernandez-Delgado, S. Fraga, M. Lama, and J. Vila, "Intelligent telemonitoring of critical-care patients," *IEEE Eng. Med. Biol. Mag.*, vol. 18, no. 4, pp. 80–88, 1999.
- [5] J.M. Winters, Y. Wang, and J.M. Winters, "Wearable sensors and telerehabilitation," *IEEE Eng. Med. Biol. Mag.*, vol. 22, no. 3, pp. 55–65, 2003.
- [6] I. Korhonen, J. Parkka, and M. van Gijls, "Health monitoring in the home of the future," *IEEE Eng. Med. Biol. Mag.*, vol. 22, no. 3, pp. 66–73, 2003.
- [7] M. Nambu, K. Nakajima, A. Kawarada, and T. Tamura, "A system to monitor elderly people remotely, using the power line network," in *Proc. 22nd Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* [CD-ROM], TU-Aa-201-3, 2000.
- [8] M. Nambu, K. Nakajima, A. Kawarada, and T. Tamura, "The automatic health monitoring system for home health care," in *Proc. ITAB-IRIS 2000*, Washington, DC, 2000, pp. 79–82.
- [9] R. Suzuki, M. Ogawa, Y. Tobimatsu, and T. Iwaya, "Time-course action analysis of daily life investigations in the welfare techno house in Mizusawa," *Telem. e-Health*, vol. 7, no. 3, pp. 249–259, 2001.
- [10] C.E. Shannon, "A mathematical theory of communication," *Bell Syst. Tech. J.*, vol. 27, pp. 379–423, 1948.
- [11] "Establishment of the long-term care insurance system and the development of long-term care service supply system," in *Annual Reports on Health and Welfare, Social Security and National Life*, vol. 1, pt. 2, ch. 3. [Online]. Available: <http://www.mhlw.go.jp/english/wp/wp-hw/>

高齢者の健康管理—見守り, 疾病予防から疾病管理

Health care for the elderly—monitoring, prevention and care of diseases.

田村 俊世 千葉大学工学部 メディアカルシステム 教授*
Toshiyo TAMURA

Abstract

With the aging of society, the improving the quality of life is an important for the elderly population. In this paper we summarized three systems such as human behavior monitor, telemedicine and telecare. Human behavior was monitored as a mean to promote health care during daily life. Telemedicine and telecare included mobile phone technology were presented. The mobile technology applied to dermatological studies and home-rehabilitation

キーワード: 見守り, 遠隔診療, 在宅健康管理, 在宅酸素療法, 居宅リハビリテーション

1 はじめに

少子高齢社会を迎え, 高齢者の健康管理, 疾病の早期発見, 疾病後の QOL の向上など多くの課題が残されている。高齢者の多くは, 介護が必要になっても自宅での生活を望んでいる (図 1)。すなわち,

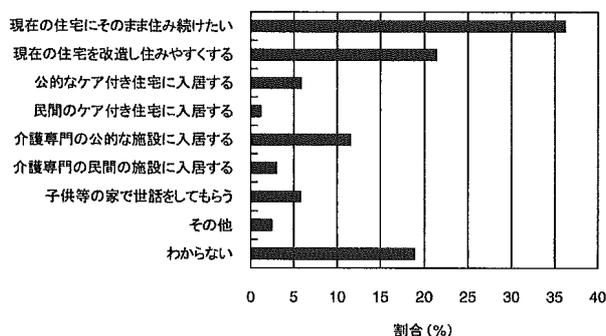


図 1 高齢者が虚弱したときに望む居住形態 (内閣府 「平成 12 年度 高齢者の住宅と生活環境に関する意識調査結果」 平成 13 年 9 月)

高齢者の約 6 割が介護施設に入居するより自宅をバリアフリーな環境に改造して住み続けることを希望している。これからの高齢社会においては, 高齢者が例え看護・介護を必要とする段階になっても, そのヒトらしい生活を自らの意思で送ることができるよう, 高齢者の尊厳を支える技術が必要になってきている。

* 〒 263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33
tel 043-290-3230 fax 043-290-3050
E-mail/tamurat@faculty.chiba-u.jp

これらの条件を鑑み, 情報技術を応用した高齢者支援がここ数年盛んに行われている。まず, 高齢者が, 例え独居になったとしても進んで社会参加ができるような環境作りであり, さらに高齢者が健康で長寿を全うできるような支援技術, すなわち疾病を予防する技術が開発されている。さらには, 遠隔診断技術の普及と在宅ケアへの応用がある。ここでは, 高齢者支援の現状と将来について述べる。

2 高齢者の見守り

高齢者, 特に独居高齢者の見守りについては多くの機器開発, 研究さらには市販システムも稼働している。簡単なシステムとしては, ペンダントを携帯し緊急時対応をすることである。いくつかのシステムが稼働しているが対象者がペンダントを携帯しないなどの問題が生じている。成功している例では, 端末機に工夫がなされている。端末機は緊急ならびに相談ボタンを有した据え置き型端末機と緊急ボタンのみを有するペンダント型端末機から構成される。端末機は電話回線と接続され, システムを販売しているセンターのオペレータと接続される。高齢者はペンダント形の端末機を携帯し, 緊急時には, ペンダントの緊急ボタンを押す。その場合は, センターから救急車の手配を行う。また, 相談があるときには, 据え置き型端末機の相談ボタンを押す。相談や生活支援の場合は協力員の手配や助言を行うことができる。この相談ボタンがあることにより利用者の

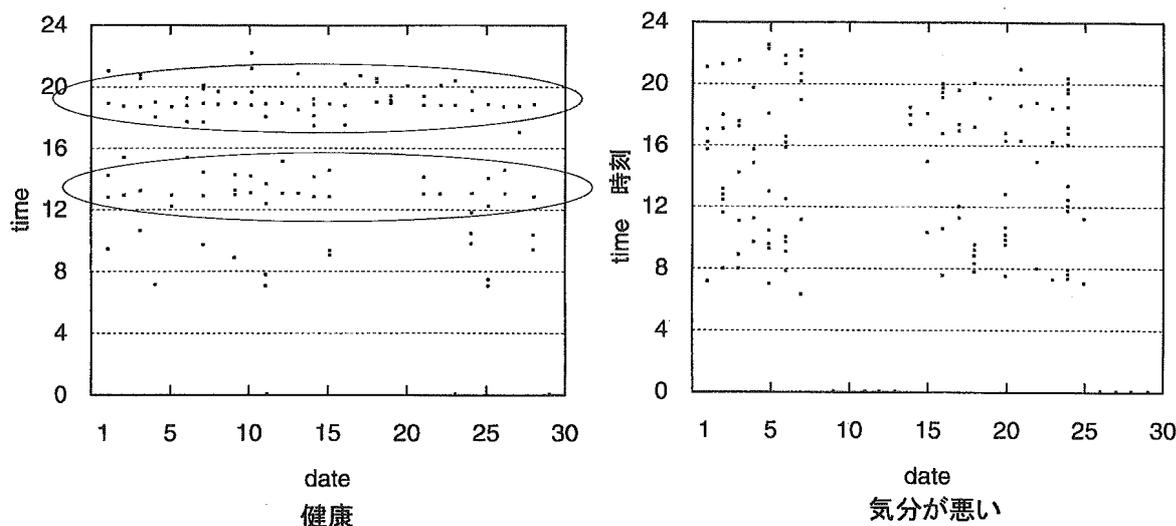


図2 数週間にわたるテレビの On/Off 状態。左は健康状態が良好なとき、右は健康状態が悪いとき。途中、居室を離れている時期があるが、記録が停止された時期に入院した。遠隔医療への病院、診療所の対応

利便性をはかっている¹⁾。また、温水ポットの利用、すなわち独居高齢者宅にポットを置き、その利用をモニタする方法がとられている²⁾。そのほか実証実験としてはペット型ロボットを使用した福祉支援情報通信システム³⁾や転倒モニタなどがある。

各種物理センサを用いてヒトの行動を見守り日常生活活動を把握しようとする試みがある。ヒトの動きを焦電型赤外線センサで、ドアの開閉、冷蔵庫などの開閉をマグネットスイッチで検出し、そのほか、水の使用量、電気の使用量などを連続的にモニタして独居高齢者の安否の確認や生活習慣の把握、緊急事態に対処する方法である。現状では、まだまだ実用化には問題が残るが数多くの試みがある。焦電型センサや圧力センサを内蔵した玄関マット、テレビや照明器具のスイッチの on/off から独居高齢者の生活動態を測定している例は数多くある⁴⁾⁻¹⁰⁾。

そのなかで汎用性があるものとして電灯線を通信回線として使用した例を取り上げる⁹⁾。

独居老人の家庭内における生活リズムを、宅内の既存の電灯線に接続した焦電型赤外線センサ及びテレビや照明器具の使用状況を検知する動作モニタなどにより検出し、ホストシステムに通知するというものである。システムの特長として電灯線を利用しているので、必要な場所への後付けが簡便にできる。同時に水道の遠隔検針や電力、ガスの消費量も監視

している。被介護者にペンダント型の送信機をもってもらい緊急時に対応する緊急通報システムに比較して、被介護者を拘束しない利点があり、被介護者が装着を拒否した場合でも計測が可能となる。また、家族、ヘルパー・看護婦・医師等の地域福祉・医療に関わる人々の有効なシステムになるものと期待できる。

これらの日常生活の長期間データ収集から健康状態が実際に判別できるであろうか。テレビの on/off 信号から健康状態を推定できるという報告がある¹¹⁾。テレビの on/off を経時的2次元的に表し、そのエントロピィを算出することにより健康で定常的な生活を営んでいるか否かを判別する(図2)。

この方法においては、健康状態の非日常性が一週間単位で推定できるという。健康状態の把握は蓄積したデータから、意味のある相関関係やパターンなどを発見するデータマイニングの技術が必要であり、統計的手法としてヒストグラム、隠れマルコフ過程など種々の方法がとられている。

これらはシステムとしての技術的完成度は高い。さらに昨今の通信事情の多様化により運用は容易となっている。しかしながら、システムを受け入れる社会的基盤、例えば、データ送信先の対応、通信コストの負担などを解決しなければシステムが一般に普及するのは難しい。

◎特集

3 遠隔医療

「遠隔医療」とは、映像を含む生理情報を患者から伝送し、遠隔地から診断、指示などの医療行為及び医療に関連した行為を行うことをいう。疾病管理のための遠隔医療の実施例は、国の補助事業として広く実証実験が行われたが、最近の調査によると遠隔医療をこれからも継続あるいは新規に導入を予定していく病院、診療所は多くはない。図3は、医療分野におけるIT化実態調査報告である。

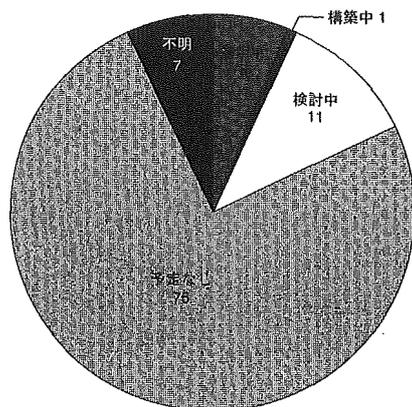


図3 医療施設における遠隔診断システムの導入状況 (病医院におけるIT化実態調査 MEDIS 2004年3月)

1992施設のうち運用中は6%、検討中は11%で、予定なしは75%となっている。理由としては、費用の負担、運用時間などがあげられる。伝送と医療行為とが即時に行われる必要性は生じないが、例えば夜間に大量のデータを伝送し、伝送先の装置に蓄積し、専門医が時間のある時にこれを読んで結果を返すという形態では、X線の読影など専門家がまとめて読影する場合は問題にはならないが心電図や脈波などの連続した生理データをまとめて読むことは不可能に近い。安価で高品質ブロードバンドの普及、携帯電話の普及に伴い、新しい形態の遠隔医療システムの構築が考えられる。

特に高齢社会を迎えるにあたっては、在宅介護は大きな課題となる。したがって、遠隔医療も幅を広げて福祉との接点をも扱うことを想定しておかなければならない。この行為を行う主体も医師に限らず、歯科医師である場合もある。また、看護師、検査技師、薬剤師などがそれぞれ許される範囲で遠隔地か

ら指示を与える場合も考えられる。

3.1 携帯電話により皮膚疾患診断

携帯電話を用いたEメールの画像送信により慢性創傷の遠隔医療が可能であることが、報告されている¹²⁾。電話で医師に診断を求める際、携帯電話のカメラで撮影した下腿潰瘍の写真があれば、大半の患者で評価および治療のための十分な情報が得られ、患者が病院まで移動する手間および経費を節約することができるという。慢性下腿潰瘍患者52例を対象に、対面式の評価と携帯電話による遠隔評価とを比較検討した。患者は対面式の評価後に、標準カメラが装備された携帯電話を用いて下腿潰瘍部位の通常光による写真を2枚撮影し、担当医師2名にEメールで送付した。担当医師によれば、写真の品質が診断するのに十分であると感じられたのは5例中4例、また遠隔評価は研究者による直接診察の診断とほぼ同じであることが判明した。これまで特に皮膚科領域では圧縮された画像に対する評価は低かったが、遠隔医療の可能性が示唆されたことは興味深い。この方法は、今後病院などに患者を搬送する方法に取って代わるとともに、医療システム経費の節減にもつながるであろう。

3.2 在宅管理では酸素療法 (Home oxygen therapy HOT)

肺機能の低下が進むと、普通の呼吸だけでは十分な酸素を得ることができない呼吸不全という症状に陥る。呼吸機能が低下して、継続的に酸素補給が必要な患者、すなわち、運動中や睡眠中に低酸素状態になる患者が、在宅酸素療法の対象となる。健康保険が適用される場合もあり、在宅療法として普及している。

カニューラの装着や取り外しは自由にできる。最近では、外出や旅行もできる携帯用の酸素供給器具が普及し、生活の質を損ねることなく過ごすことができるようになった。眼鏡フレームから、目立たない無色のカニューラを鼻に送る方法も開発されている。酸素吸入は常時行うのではなく、酸素飽和度をパルスオキシメータ*で常時モニターしており、その数値

*パルスオキシメータ (Pulse Oxymeter) 体外から非侵襲

が90に近づくと酸素を吸入する形で利用している。酸素の残量は電話回線を利用し遠隔監視システムで行っている。

鼻カニューラという細いチューブを鼻に装着し、コンパクトな酸素供給器具から鼻へ、酸素あるいは酸素濃度の高い空気を送り込む(図4)。

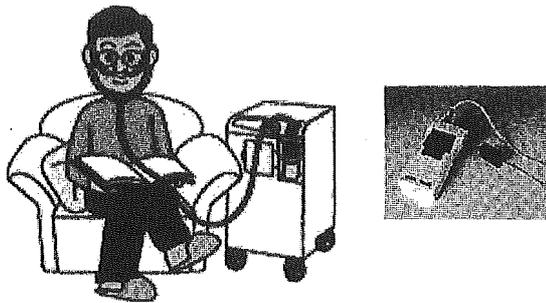


図4 在宅酸素療法：パルスオキシメータを指に装着し連続して酸素飽和度を測定し、その値により酸素を供給する出展：copd 情報ネット

3.3 在宅リハビリテーション

寝たきり高齢者を対象として在宅リハビリテーション時のバイタルサインを測定し遠隔地で受信できるシステムが試作されている¹³⁾。システムの概要は対象者にセンサを装着することなく無意識のうちに生理情報を収集するシステムとしてベッドにエアマットレスを装着し、マットレスのエアの変動から周波数解析によって心拍数、呼吸数を推定している。

データは、PCの機能をもつが、表示機能を持たず、計算とデータ伝送のみの機能をもつマイクロサーバに保存する。保存されたデータは、一定時間ごとに更新する。データの閲覧は、医師や医療従事者が希望する場所、時間に携帯電話を用いて行うことが可能となっている。在宅側のサーバからは積極的にデータを送信することは行わない設計としている。

セキュリティはWeb-baseでのデータのやりとりを行うことにより安全性に配慮している(図5)。

に血液中の酸素飽和度(血液がどれだけ酸素化されているか)を測る装置。2波長のLED(光源)とフォトダイオードがセットになっていて、2波長の血液吸光度の違いから動脈中のヘモグロビン動脈の酸素飽和度を計算する。

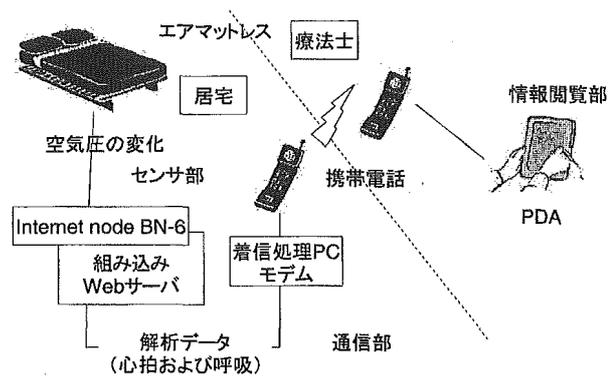


図5 携帯電話を利用した在宅リハビリテーション

臨床実験の一例を図6に示す。トレーニング直前直後の確認に加え、トレーニング開始前、トレーニング終了後100分間の心拍数、呼吸数を患者より離れた地点よりPDAにて確認している。

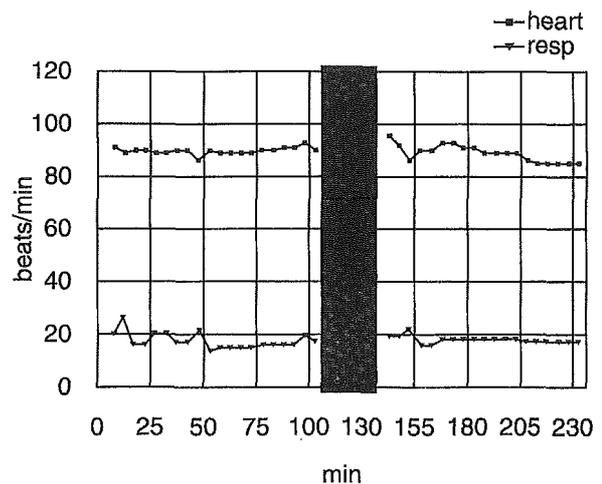


図6 実施例

電話料は、医療従事者側が負担し、在宅側はマイクロサーバやセンサ駆動のための電気料を負担するのみで、さらにデータ収集も在宅側の特別の協力を得ることがなく、無意識のうちに行うことができるという。

このシステムの稼働により図6に示した例では、被介護者の心拍数と呼吸数はトレーニング開始前、後安定して推移していることが確認できている。それと同時にトレーニングの負荷量はその確認時間の範囲内では安全であることが確認されたという。このシステムは、在宅リハビリ対象者の、健康管理と

◎特集

状態改善に伴うトレーニング負荷量設定の判断材料として有用である事が推察された。

このようなシステムが実用化されれば、へき地に居住する在宅患者に対し、個人の情報に基づいた客観的な看護・介護や遠隔診断が可能となり、訪問診断の代替となることで、在宅患者のQOL向上が期待される。また、このようなシステムにより開発されるユーザインターフェースは、コンピュータの介在を意識させないことを前提とし、コンピュータの操作に不慣れな利用者にも容易にシステムの活用が可能となる。また重要な個人情報悪意の第三者に漏洩することなく共有する技術も同時に開発する。このようなシステムが実用化によりへき地における在宅医療の効率が向上し、医療費の低減も期待できる。

4 おわりに

高齢者の生活の質を高め、よりよい生活を営むために、様々な提案がなされ、研究がされている。健康管理を行なう中心の場として、家庭が重視され、さらに子どもや高齢者にも利用しやすい、簡単なインターフェースの開発が必要であることは言うまでもない。費用負担、法律・規制など解決しなければならない問題も多くあるが、少子高齢社会で高齢者のQOLを向上させ、尊厳を守るためにより一層の研究開発が望まれる。

[参考文献]

- 1) 周南マリコム 緊急通報・生活サポートシステム さすけの早助 (サスケ)
<http://www.maricom.co.jp/service/service-sasuke.html> 2005年6月20日接続
- 2) みまもりほっとライン
<http://www.mimamori.net/> 2005年6月20日接続
- 3) 池田市福祉支援情報通信システム
http://www.city.ikeda.osaka.jp/news/news_data/petrobot.html 2005年6月20日接続
- 4) BG. Celler, W Earnshaw, ED Ilsar, L Betbeder-Matibet, MF Harris, R Clark, T Hesketh, NH Lovell: Remote monitoring of health status of the elderly at home. A multi-disciplinary project on aging at the University of New South Wales. *Intern. J. Bio-Medical Comput.* **40**, 144, 1995
- 5) 大竹佐久子, 小川充洋, 鈴木亮二, 井筒岳, 岩谷力
ウエルフェアテックノハウス水沢における独居高齢者のモニタリングシステムの開発, *ライフサポート* **13** (4) 88, 2001
- 6) R Suzuki, M Ogawa, Y Tobimatsu, and T Iwaya, Time course action analysis of daily life investigation in the welfare techo house in Mizusawa. *J telemedicine and Telecare* **7** (3) 249, 2001
- 7) 鈴木亮二, 大竹佐久子, 井筒岳, 岩谷力: 独居高齢者における生活時間調査による行動解析 *ライフサポート* **13**(4) 104, 2001
- 8) 南部雅幸, 末永貴俊, 一関紀子, 中島一樹, 田村俊世, 情報ネットワークを用いた高齢者自立支援システム [e-house] の開発 *ライフサポート* **13** (4) 112, 2001
- 9) S. Ohta, H. Nakamoto, Y. Shinagawa, T. Tanikawa: A health monitoring system for elderly people living alone. *J Telemedicine and Telecare* **8** (3) 151, 2002
- 10) K. Matsuoka. Awarwe Home understanding life activities, In: *Toward a human friendly assistive environment* D Zhang, M Mokhtari Eds 186 *IOP press* 2004
- 11) M. Nambu, K. Nakjima, M. Noshiro, T. Tamura, Automatic Assessment of State of Health in the Elderly using Information Content Regarding Activities of Daily Life. *IEEE EMBS Magazine* (in press)
- 12) RP. Braoun, JL Vecchietti; L Thomas; C. Prins; LE French, AJ. Gewirtzman; J-H Saurat, D Salomon, *Telemedical Wound Care Using a New Generation of Mobile Telephones: A Feasibility Study Arch Dermatol.* 141:254 2005;
- 13) T. Tamura, Y Masuda, M. Sekimoot, Y. Higashi, T. Fujimoto, Application of mobile phone technology in the elderly-A simple telecare system for home rehabilitation. In: *Toward a human friendly assistive environment* D Zhang, M Mokhtari Eds 278 *IOP press* 2004

健康長寿社会を支える 医工学技術

千葉大学工学部メディカルシステム工学科

Toshiyo Tamura — 田村俊世

長寿医療

わが国は戦後、国民の平均寿命が急速に伸長し、世界一の長寿国とされている。さらに今後、諸外国を大幅に上回る速さでいっそうの高齢化が進むことが予測され、全人口に占める65歳以上の割合が、2025年(平成37年)には27.4%にまで増大すると推計されている。こうした来るべき超高齢社会においても、高齢者の疾病や障害をできるだけ軽減し、自立を促進して、健やかに生活できる「健康長寿社会」を実現することが重要である。そのため、従来から行われてきた老年学研究、一般的老人医療に加え、新しい長寿医療関連技術の開発や高齢者に特有な疾病に対する適切な医療の実践など、さらなる長寿医療の充実が必須であり、かつ急務である。

長寿医療とは、老化の機序の解明、高齢者特有の疾病の原因究明と予防・診断・治療、さらには高齢者の社会的・心理的問題の研究など、高齢者や長寿社会に関し、自然科学から社会科学に至るまでの幅広い分野を、総合的・学際的に研究する学問ならびにそれを応用した医療と定義される。高齢者特有の疾病として認知症(痴呆)が挙げられる。ここでは、認知症への新しい取り組みを紹介し、次に血管の加齢に伴う変化を、

いかに速やかに診断できるかの可能性を述べる。最後に、生活習慣病を防ぎ、健康で長寿を全うするためのホームヘルスケアの現状に触れる。

認知症の早期発見、診断に向けて

認知症は、アルツハイマー病と脳血管性認知症に大別される。これらの診断にはCTやMRIなどの診断機器が用いられ、精度の高い診断が行われている。認知症の原因や状態によっては、適切な診断・治療によって、症状の改善するものや進行を遅らせることも可能である。認知症の初期には症状が目立たないこともあるが、できるだけ早期に発見し適切な対応をすることが、高齢者の状態の安定と家族の負担を軽減することにつながる。

認知症の診断を確実にする目的で画像診断が行われるが、CTやMRIでは形態診断となる。アルツハイマー型では脳萎縮が顕著で、脳血管性では梗塞や出血などの病巣が低吸収域として認められる。

機能検査としてはPETがあるが、アルツハイマー型では、脳内の中枢性コリン作動性神経の変性が認められる。コリン作動性神経では、アセチルコリン(Ach)が神経伝達物質として働いており、神経接合部

の細胞膜上には放出された Ach を速やかに分解するためにアセチルコリンエステラーゼ (AChE) が高濃度に存在し、神経伝達をすばやく切る役目を担っている。アルツハイマー病患者の脳の皮質や海馬では AChE 活性が大きく低下していることから、その部分の活性を測定すれば診断ができる。

認知症の早期発見、早期診断のために、もの忘れ外来が多く施設で導入されている。検査のひとつとして、従来の検査紙を利用したものに代わるものとしてタッチパネルを用いた PC による簡易スクリーニングテストが取り入れられている¹⁾。診断内容は、PC からの質問を理解する「即時再認」、今日が何年何月何曜日であるかという「日時の見当識」、初めに聞いた言葉の「遅延再認」、図形を認識できるかの「図形認識」などで構成されている。

脳波 (EEG) や脳磁図 (MEG) を用いた早期診断への試みもある。アルツハイマー病には、デルタ波、シータ波の出現は増加するが、アルファ波、ベータ波の出現は減少する。これは、アルツハイマー病の初期状態で出現することが知られている²⁾。また、頭皮上の電位分布は脳内にある神経細胞の活動についての直接的な情報を含んでいるので、頭皮上の電位分布を利用することができる。皮質内の神経細胞活動が均一であれば、頭皮上の電位分布が一様になる。正常な脳では、その溝内部の向かい合った壁面内にある神経細胞が発生する電流は互いに方向が逆向きで相殺され、EEG には寄与しない。一方、部分的に皮質神経細胞活動が劣化するとその相殺効果が小さくなり、ランダムな方向を持った電流が発生して、これで頭皮上電位分布の滑らかさが失われる。電位分布の滑らかさは、数値で表すと、正常であれば 1 に近く、神経細胞機能の劣化が進むにつれて減少するという³⁾。

MEG も早期診断に用いられ始めている⁴⁾。MEG も EEG と同じように低周波成分信号の増加、高周波成分信号の減少が観察されている。筆者らは、認知メカニズムを解明する目的で、外部刺激に対する各周波数成分の同期がアルツハイマー病で正常と異なること

を観察している⁵⁾。

さらに、アルツハイマー病患者はアミロイド蛋白の蓄積が特徴的な病理像であるので、 β アミロイド蛋白 ($A\beta$) に結合する化合物 (プローブ) を開発し、これを標識して個体に静脈内投与後、PET または SPECT を用いて $A\beta$ の脳内蓄積量および脳内分布画像からアルツハイマー病を診断することができる。この診断法の原理からみてアルツハイマー病の早期、鑑別診断、発症前診断をも可能とすることが確実視されている。すでに FDDNP⁶⁾、PIB⁷⁾ および SB-13⁸⁾ という 3 つのプローブの臨床試験結果が報告されており、ある程度の成績が得られている。さらに、ペンシルベニア大や東北大学において新しいプローブの臨床試験が予定されており、より優れた特性を有するプローブの開発が進んでいる。

眼底による血管診断

加齢に伴う血管の形態変化の観察に、いくつかの新しい試みがある。癌を除けば、虚血性心疾患、脳血管障害が生活習慣病の中心となる。いずれも血管の動脈硬化が背景にあり、その進展を抑えることが予防となる。その目的として眼底観察が考えられる。

眼底血管は「血管を外部から直接観察できる唯一の器官」である。脳と同じような細かい血管が多くある器官であるから、眼底の微細な血管の異常は、脳血管障害のリスクに関連する可能性が高いと考えられる。CT や MRI が脳卒中の発症後の診断機器であるのに対し、眼底血管イメージング機器は発症前にリスクを検知し、予防医療の高度化を支援する。また、眼底血管イメージング機器は小型で操作が簡易であることから、大型で大規模な診断機器に代わって、脳梗塞、脳出血など脳の血管障害の早期診断に向いていると考えられる。

現在、眼底カメラによる血管イメージから、高血圧や糖尿病による循環器への影響を指標化して、疾病の診断支援情報として提示しているところもある。す

に病気を抱えた患者の疾病の診断では眼底カメラのイメージは有用だが、眼底の血管の精密画像が得られることにより、健康状態から疾病に移行が始まる早い段階での診断が可能となる。

動脈硬化を評価する非侵襲的なモニタリング方法として、頸動脈エコー、足首と上腕の血圧の比(ankle brachial index; ABI), 脈波伝搬速度(pulse wave velocity; PWV), 加速度脈波などがある。しかし、それらは完成度の高い手法とはいえず、環境条件に左右されることが多い。眼底血管を観察し、動脈硬化の進展を経時的に評価することができれば、これまでの評価法に比べて、簡便かつ正確な指標になり得ると考えられる。眼底血管評価の現状は、Keith-Wagner (K-W)の分類や Scheie 分類による高血圧変化や動脈硬化性変化の段階評価法であり、主観的な評価となっている。また、糖尿病網膜症の場合には Scott 分類などが用いられている。

眼底血管のより精密な観察には、走査レーザー眼底鏡(scanning laser ophthalmoscope; SLO)や光干渉断層計(optical coherence tomography; OCT)がある。

SLO は微弱なレーザー光を高速走査して眼球内に投影し、眼底からの反射光を光電子増倍管などの高感

度な素子で検出して、画像をTV モニタ上に形成する。光源には半導体レーザーや He-Ne レーザー、または Ar レーザーなどが使用される高速と低速の走査の組み合わせにより2次元的な走査が可能であり、また NTSC(National Television System Committee)のTV 走査方式に同期させることにより、TV モニタ上にリアルタイムに眼底像を表示することができる。検出系の光路はハーフミラーによって二分割され、わずかにデフォーカスした共焦点開口(スリット)を介して2つの光電検出器で眼底からの光量を検出する。この2つの光検出器の出力信号を加算すれば通常の2次元的な眼底像となり、一方、割算処理によれば、眼底の3次元的な凹凸像を検出して表示することもできる。SLO では共焦点光学系の導入により、眼底カメラよりも優れた解像力とコントラストを実現可能である。SLO の画像分解能は、光学補償技術を導入することで格段に改善される。AO(adaptive optics)を組み込むことで、角膜や水晶体など眼球による光の波面の乱れを補正し、画像の解像度を向上できる。現在、2 μm の解像度で視細胞が観察されている⁹⁾。さらに、補償光学の技術を導入してスペックル現象から血行動態を推定することが可能となっている¹⁰⁾。図1は網膜組織の写真で、左から神経組織と表層血管、深層の血管

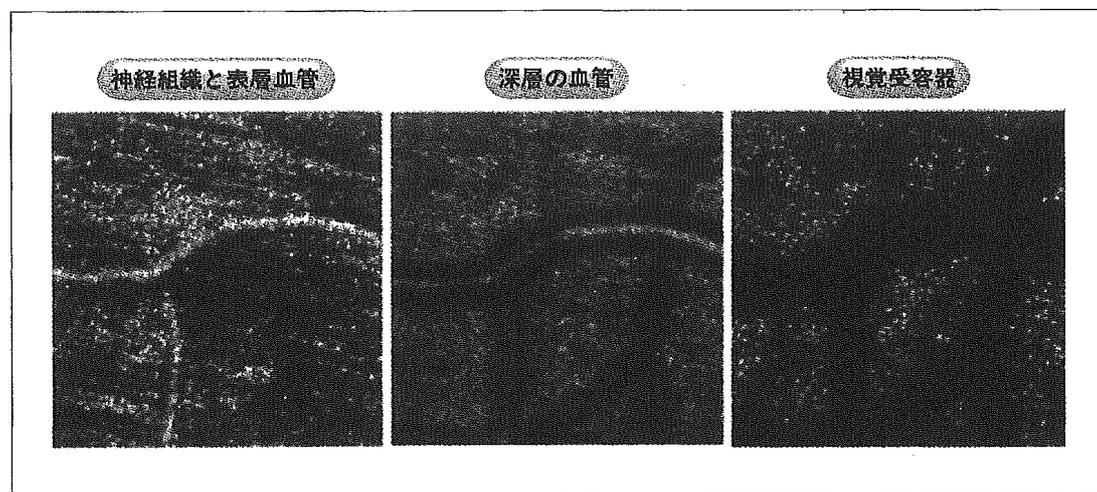


図1. 網膜組織
スケールバー: 100 μ .
(Permission by Professor A. Roorda)

血管，視覚受容器を示している。

OCT は，糖尿病網膜症の検査に有効に使われている。OCT の原理は，近赤外線低干渉ビーム(850 nm)を用いている。OCT 内部のスーパーミネセンスダイオードで発振した低干渉ビームは，ビームスプリッタで2つに分けられ，ひとつは参照鏡に向かい，反射して戻ってくる。これが参照光となる。もうひとつは，測定光として眼内に進入する。測定光は眼底の各層で反射して，それぞれ時間の遅れを伴った異なる強度の反射光として戻ってくる。反射光と参照光はビームスプリッタで再び合流し，検知器に入る。反射光と参照光が重なると干渉現象が起こる。これにより，反射光の強度と時間的ずれが検知される。この情報を空間的位置関係に換算することで，眼底の断層像が得られる。つまり，光検出器で検出された干渉光の強度と参照鏡の位置情報により，生体内組織の深さ方向の断層像が得られる。OCT の垂直方向の解像度は10~20 μm である。

網膜では，神経線維層，内網状層，外網状層が高反射となり，神経節細胞層，内顆粒層，外顆粒層は低反射となる。図2に，OCT による正常網膜の断層写真を示す。中心部がやや薄くなっている。血管の構造ははっきりしないが，大血管と思われる空洞状の低反射域がしばしば観察される。

これら SLO, OCT の技術を統合して，眼底血管の動脈硬化を集団健診レベルで，簡易かつ非侵襲的で精

度の高い経時的な評価ができれば，発症予防法の開発につながる。

生活習慣病を予防するホームヘルスマニタリング

測定される対象者に負担をかけず意識しないで生理量を測定して，生活リズムを長期間にわたって観察することによって生活習慣病の予防，予測につなげようとするシステムが開発されている。膨大かつ複雑な健康情報を解析・活用するホームヘルスケアのための高性能健康測定機器開発として，自らの健康に関心や不安のある人々を対象に，各種の身体・生体情報を日常的かつ統合的に計測可能な健康モニタ機器を開発し，健康モニタ機器により長期間にわたり測定し，データセンターに集積する。その膨大なデータを解析することにより，健康状態を推定し，提示可能なシステムおよび生活習慣病などの疾病の危険を推定し，診断支援を可能とする健康情報解析システム技術の開発を目的としている。さらに，データセンターと家庭とその他の機関などを，安全に統合的に結ぶネットワーク機器のデータプロトコルを統一し，機器相互間の円滑なデータ伝送を保証するインターフェイス機器開発も行っている。データセンターでは，通知情報を受信し，得られたデータから異常を判断したり，情報を加工してポケベルや FAX で配信したり，ホームページの形式で閲覧するための機能を有する。また，TV 電話など

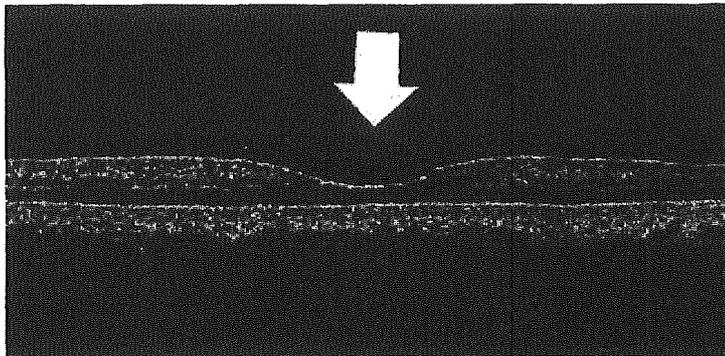


図2. OCT による正常網膜の断層図

との併用により、合理的で、かつ高齢者が親しみやすいシステムにできる。さらに、在宅介護のプランニングをするうえで、日常生活での生理量のデータを得られるため、より客観的な判断ができると考えられる。

機器開発は、従来の臨床検査技術と異なった概念で、家庭内で日常的に使用する調度に測定機器を埋め込み、測定対象者が家具調度を使用した時にモニタする構造となっている。血圧は最も重要な情報であるが、これまで、無意識に計測できるシステムはほとんど開発されていない。これまでにトイレでの血圧計測¹¹⁾、入浴時の脈波伝搬速度計測からの血圧推定が行われているのみである¹²⁾。前者は、便座に大腿を圧迫するシステムを装着し、光電脈波法で血圧を測定している。後者は、入浴は熱負荷となるので、末梢循環が良好で血管が拡張していると仮定し、心臓から駆出される血液の伝搬速度を、心電図のR波と光電脈波法で得られた脈波信号の時間から伝搬速度や伝搬時間を検出することにより、血圧と高い相関があるデータを得ている。

これまでに実用化された計測システムはベッド、浴槽、トイレに装着されている¹³⁾。無意識のうちに測定できる機器の開発は、睡眠の分野で多くなされている。高齢者の不眠、睡眠時無呼吸、寝たきり高齢者の睡眠と体動に関する研究が行われている。不眠や睡眠時無呼吸の測定は、正確には終夜睡眠ポリグラフを用いるが、睡眠、覚醒のメカニズム、自律神経の研究に有効な手段であるが、あくまで臨床用であり、在宅でモニタとして用いることは操作が複雑であり、測定される側ばかりでなく操作者にも大きな負担がかかる。簡便な装置として時計型の加速度センサを用いて手首の活動量を測定する方法があり、簡単な睡眠の指標として用いられている¹⁴⁾。また、エアマットにマイクロフォンを装着し、信号処理によって心拍、呼吸、体動、いびきの検出が行われている。これらのシステムでは、ベッドで過ごす時間、睡眠時間、入眠時間、起床時間、睡眠潜在時間がわかる¹⁵⁾¹⁶⁾。圧力センサを枕に内蔵して睡眠時の心拍数、呼吸数を測定する試みもなされている¹⁷⁾¹⁸⁾。

睡眠は、生活習慣病と深い関係があると考えられるので、睡眠情報と日中の血圧、心拍数などの生理情報を統合した健康管理システムの構築が重要と考えられる。さらに、無意識に血圧が測定できる機器の開発が望まれる。

日常生活習慣をモニタする方法として、各種物理センサを用いてヒトの行動を見守ろうとする試みもある。ヒトの動きを赤外線センサで、ドアの開閉、冷蔵庫などの開閉をマグネットスイッチで検出し、その他、水の使用量、電気の使用量などを連続的にモニタして独居高齢者の安否の確認や生活習慣の把握、緊急事態に対処する方法である。焦電型センサや圧力センサを内蔵した玄関マット、テレビや照明器具のスイッチのon/offから独居高齢者の生活動態を測定している例は数多くあるが¹⁹⁾²⁴⁾、まだまだ実用化には問題が残る。システムを受け入れる社会的基盤、たとえばデータ送信先の対応、通信コストの負担などを解決しなければ、システムが一般に普及するのは難しいと考えられる。

◎文 献

- 1) 浦上克哉：タッチパネルを用いた痴呆症スクリーニングの意義と有効活用。第19回「大学と科学」公開シンポジウム「アルツハイマー病 治療の可能性を探る」予稿集39-41, 2004
- 2) Schreiter-Gasser U, Gasser T, Ziegler P: Quantitative EEG analysis in early onset Alzheimer's disease: correlations with severity, clinical characteristics, visual EEG and CCT. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 90: 267-272, 1994
- 3) Musha T, Asada T, Yamashita F, et al: A new EEG method for estimating cortical neuronal impairment that is sensitive to early stage Alzheimer's disease. *Clin Neurophysiol* 113: 1052-1058, 2002
- 4) Berendse HW, Verbunt JPA, Scheltens P, et al: Magnetoencephalographic analysis of cortical activity in Alzheimer's disease: a pilot study. *Clin Neurophysiol* 111: 604-612, 2000
- 5) Kohdabashi A, Sekine M, Higashi Y, et al: Evaluating the entrainment of the alpha rhythm during photic stimulation in control subjects and patients with Alzheimer's diseases. *Proc BEMRF* (in press) 2005

- 6) Shoghi-Jadid K, Small GW, Agdeppa ED, et al : Localization of neurofibrillary tangles and beta-amyloid plaques in the brains of living patients with Alzheimer disease. *Am J Geriatr Psychiatry* **10** : 24-35, 2002
- 7) Klunk WE, Engler H, Nordberg A, et al : Imaging brain amyloid in Alzheimer's disease with Pittsburgh Compound-B. *Ann Neurol* **55** : 306-319, 2004
- 8) Verhoeff NP, Wilson AA, Takeshita S, et al : In-vivo imaging of Alzheimer disease beta-amyloid with [11C] SB-13 PET. *Am J Geriatr Psychiatry* **12** : 584-595, 2004
- 9) <http://vision.berkeley.edu/roordalab>(access on 20, Feb, 2005)
- 10) Roorda A, Romero-Borja F, Donnelly WJ, et al : Adaptive optics scanning laser ophthalmoscopy. *Optics Express* **10** : 405-412, 2002
- 11) 前田剛宏, 大嶋章寛, 岡本明男ほか : トイレを利用した無意識生体情報計測システムの開発研究—トイレ便座を利用した血圧計測法に関する基礎的検討—. 信学技報 MBE 2000-27 : 41-46, 2000
- 12) 田村俊世, 吉村拓巳, 陳文西, 戸川達男 : 入浴中の脈波伝搬時間と血圧. 医用器材研究所報告 **29** : 104-109, 1995
- 13) Tamura T, Togawa T, Ogawa M, Yoda M : Fully automated health monitoring system in the home. *Med Eng Phys* **20** : 573-579, 1998
- 14) Sadeh A, Hauri PJ, Kripke DF, Lavie P : The role of actigraphy in the evaluation of the sleep disorders. *Sleep* **18** : 288-302, 1995
- 15) 渡邊叢崇, 渡辺嘉二郎 : 無拘束エアマットレス型センサによる睡眠段階の推定—心拍数変動と睡眠段階. 計測自動制御学会論文集 **37** : 821-828, 2001
- 16) Tanaka S, Matsumoto Y, Wakimoto K : Unconstrained and non-invasive measurement of heart-beat and respiration periods using phonocardiographic sensor. *Med Biol Eng Comput* **40** : 246-252, 2002
- 17) 原田達也, 坂田昌子, 飯田豊ほか : 圧センサ枕による睡眠時呼吸・体動計測システムの実現. 計測自動制御学会論文集 **37** : 593-601, 2001
- 18) 中島一樹, 山小瀬寛, 樋口昌男ほか : 呼吸モニタを用いた睡眠時無呼吸症候群の検討. ライフサポート **14** (1) : 14-19, 2002
- 19) Celler BG, Earnshaw W, Ilsar ED, et al : Remote monitoring of health status of the elderly at home. A multi-disciplinary project on aging at the University of New South Wales. *Int J Biomed Comput* **40** : 147-155, 1995
- 20) Suzuki R, Ogawa M, Tobimatsu Y, Iwaya T : Time course action analysis of daily life investigation in the Welfare Techno House in Mizusawa. *Telemed J E Health* **7** : 249-259, 2001
- 21) 鈴木亮二, 大竹佐久子, 井筒岳, 岩谷力 : 独居高齢者における生活時間調査による行動解析. ライフサポート **13** (4) : 104-111, 2001
- 22) 南部雅幸, 末永貴俊, 一関紀子ほか : 情報ネットワークを用いた高齢者自立支援システム[e-house]の開発. ライフサポート **13** (4) : 112-119, 2001
- 23) Ohta S, Nakamoto H, Shinagawa Y, Tanikawa T : A health monitoring system for elderly people living alone. *J Telemed Telecare* **8** : 151-156, 2002
- 24) Matsuoka K : Aware home understanding life activities. Toward a Human-Friendly Assistive Environment. (Zhang D, Mokhtari M eds) IOP press, 2004, pp186-193

携帯電話を用いた医用画像のリアルタイム伝送 —アニメーションGIFによる動画伝送の試み—

南部 雅幸[†] 田村 俊世[‡]

[†]大阪電気通信大学医療福祉工学部 〒575-0063 大阪府四條畷市清澄 1130-70

[‡]千葉大学工学部 〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-33

E-mail: [†]nanbu@isc.osakac.ac.jp, [‡]tamurat@faculty.chiba-u.jp

あらまし 救急医療・在宅医療などの現場において、リアルタイムの画像伝送は必要不可欠なものになるようとしている。しかしながら、我が国では携帯電話に比べPDAなど携帯情報端末の普及率が低く、限定されたシステムでの利用にとどまっている。他方、最も普及率の高い携帯端末である携帯電話は、PDAに比べ処理能力の点で劣っているため、基本機能のみでリアルタイムに動画を伝送するためには何らかの上夫が必要となる。本研究では、画像通信の機能を実装していない携帯電話を用い、アニメーションGIF化した動画の伝送を試みた。その結果、心電図等であれば、ほぼリアルタイムに動画を伝送することが可能となった。

キーワード 在宅医療、携帯電話、心電図、アニメーションGIF

Real-time Transfer of Medical Image using Mobile Phone —Motion Image Transfer using Animated GIF—

Masayuki NAMBU[†] and Toshiyo TAMURA[‡]

[†] Faculty of Biomedical Engineering, Osaka Electro-Communication University,

1130-70 Kiyotaki, Shijonawate-shi, Osaka, 575-0063 Japan

[‡] Faculty of Engineering, Chiba University, 1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba-shi, Chiba, 263-8522 Japan

E-mail: [†]nanbu@isc.osakac.ac.jp, [‡]tamurat@faculty.chiba-u.jp

Abstract ECG or another biomedical information should be browsed in anytime and anywhere. We developed the semi-real-time data transfer system using mobile phone. Proposal system acquires the ECG signal, and the system reconstructs motion image of ECG from acquired data by GIF format. The client can browse the real-time ECG signal if the motion image is downloaded frequently, because this animation will be changed in every five or ten seconds. The multi task function is not supported though almost popular mobile phone has ability to show the animation GIF. However, the time lag will be less than five seconds, because the size of motion image is lower than 10kbytes.

Keyword Home Care, Mobile Phone, ECG, Animated GIF

1. はじめに

1.1. 在宅看護介護支援システム

我が国では高齢者人口の増加とともに、医療費が増加傾向にあり、社会保険制度の破綻が大きな社会問題となっている。この問題に対する施策の一つとして、疾患の早期発見・早期治療およびリハビリテーションの充実などにより、高齢者をいわゆる寝たきり状態にしないいわゆる介護予防が提案されている。また、高齢者のQOL維持・向上などを目的として、在宅医療の充実などが急務であるとされている[1][2]。一方、看護・介護者の数は相対的に減少傾向にあり、在宅看護介護の充実のためには、何らかの手段により、看護・介護を支援する必要がある。我々は一つの手段として、情報機器による看護・介護支援システムの開発を行っ

てきた[3][4]。在宅看護介護システム実現のためには、基盤となる情報システムの携帯性、通信機能、インターフェースの操作性などが重要であるとされるが、同時に主たる利用者である、在宅看護・介護を必要とする高齢者やその家族が計測機器や計算機システムの室内への実装を忌避するケースが少なからず存在する。したがって利用者の目に触れる部分は可能な限り単一の機器により構成する必要がある。我々は、現在最も普及している携帯端末である携帯電話による看護・介護支援システムの構築を試みた。

1.2. 携帯電話による医療情報システム

本研究により構築するシステムは、看護・介護を受ける在宅患者とその家族、看護・介護者、さらに診断・治療に従事する医師が共通のプラットフォームを用いてシームレスに情報を共有することを前提とする。した

がって、特別な機器やソフトウェアなしに誰にでも容易に利用できなければならない。また、携帯電話をプラットフォームとするため、携帯電話の機種毎に機能が異なり特殊な機器を利用することは困難である。さらに、携帯電話上で利用可能なプログラム実行環境も携帯電話会社や機種間で異なる。したがってできる限り多くの携帯電話システムで利用可能なように WWW の枠組みの中でシステムを構築する。そのために、主に HTML により記述されたインターフェースによりデータの閲覧を行う方式とする。

2. システム構成

2.1. 携帯電話による動画伝送

現在の携帯電話は処理能力の面で PDA に匹敵する機能を有する。しかしながら、音声通信とその制御が基本機能であるため、WWW 通信と動画表示を同時に実行することは不可能である。一部の携帯電話には動画によるリアルタイム通信の機能が存在するが、この場合、動画と音声による通信のみの提供であり WWW とは切り離されたものである。また、これとは別に動画の取得と伝送が可能な機種は多く存在するが、単なるファイルの送受信に過ぎず、データの取得・伝送には時間を要するのみならず、ファイルサイズの制限なども存在する。在宅医療では、詳細な診断や高解像度の画像伝送よりも、疾患の兆候を発見するための簡易な健康診断や、緊急時の異常のチェックなどが重要であり、そのためには心電図 (ECG)、酸素飽和度、体温などの変化が判断できれば十分である。さらに WWW ブラウザからのシームレスな情報アクセスを前提とするため、WWW ブラウザから動画像が呼び出せることが条件となる。これらの前提条件を元に、動画伝送の

可能性を検討した結果、最も多くの機種でサポートされている唯一の動画フォーマットとしてアニメーション GIF を採用することとした。

2.2. アニメーション GIF による心電図伝送

2.1 で述べた条件の元、アニメーション GIF を用いて心電図の伝送が可能なシステムを構築した。

図 1 に示すように、システムの利用者である在宅患者から得られた心電図は一旦在宅内に設置されたサーバに伝送され、設定されたフレームレートに従い 2 次元画像に変換される。次にあらかじめ設定された時間計測が完了した時点でそれまでに得られた各フレームの 2 次元画像が結合され、アニメーション GIF フォーマットに変換される。心電図は計測の要求が発生した時点から停止の指示が与えられるまで連続して計測され、WWW サーバには常に最新の心電図 (動画) がアップロードされる。診断側では HTML からのリンクにより心電図の動画をダウンロード可能である。同様に、利用者である在宅患者自身もデータを確認可能である。一旦再生された心電図は、繰り返し再生されることになるが、キャッシュの有効期間を 0 としておくことで、更新操作により常に最新の動画を閲覧可能とする。

3. 評価

本システムの機能を評価するために実験を行った。図 2 に実験システムを示す。まず、シミュレーションで作成した心電図データを用意し、これを D/A 変換器経由で出力した。この信号を計測・A/D 変換し、サーバに入力した。サーバは、心電図の取り込み、動画の再構成、WWW サーバを兼ねる構成とした。取り込まれた信号はアニメーション GIF フォーマットの動画に再構成され指定されたファイル名で保存された。

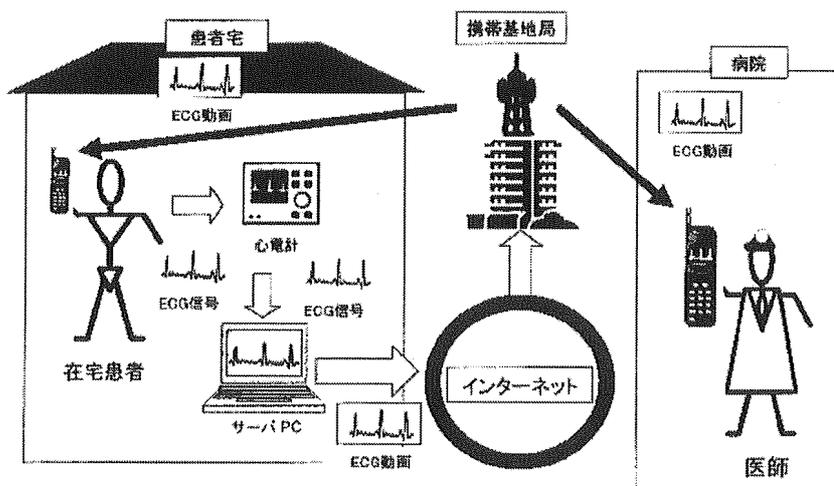


図 1 携帯電話による在宅医療支援システム (概念図)