

高齢者の介護の省力化・無人化に関する研究

辻 隆之（国立循環器病センター研究所実験治療開発部長）

わが国では介護需要の質的・量的拡大と介護供給量の人的縮小が同時に進行して、両者が急速に解離しつつある。この対策は高齢者の自立力強化と、省力化・自動化介護支援機器の開発による介護供給量の増大である。本研究班では高齢者介護でも特に排泄・入浴・搬送に着目して、それらの作業支援機器の研究開発を行った。

研究組織

辻 隆之（国立循環器病センター
研究所・部長）

藤元登四郎（藤元病院・院長）

鈴木 真（東京電機大学・助教授）

嶋津秀昭（杏林大学・教授）

テトラフルオロエチレンチューブをオムツ内に留置し、タイマで活性炭ろ過後に室内大気と交互に酸化亜鉛半導体センサに吹気し、同様に検出を試みた。

3) 排泄処理チェア：自立排便または排泄処理するための介助装置を試作した。すなわち、腰部、股関節部や膝部など7軸同時制御できる機能を持ち、上半身をマジックテープで固定し、両下肢を膝部で支持して開脚し、臀部が全くフリーになる状態で容易に陰部を清拭介護できる排泄処理チェアを試作し、健常者で試用した。

A. 研究目的

全介護を必要とする重度高齢障害者（寝たきり老人）の排泄介護、入浴介護、移載・搬送時の単純肉体労働を省力化できる施設型の介護支援機器を開発する。

2. 入浴介助システム

B. 研究方法

1. 排泄処理システム

1) 介護着：一枚の布がジップでつなぎ（パジャマ）様に再構成されるデザインの着衣を開発した。オムツの上に直接着用できるようにキチンを練り込んだ糸（クラビオン）を使用した高機能生地を用い、S、M、Lの3サイズ試作し、現場で試用した。

2) 排泄センサ：①オムツ内陰部に塩ビチューブ先端をガーゼでくるみ、それを持続的に大気をエアポンプで吸引し、酸化スズ半導体センサに吹気した。②オムツカバー内でオムツ外から、新しく開発されたパルス駆動型酸化スズ半導体排泄センサに吹気し排泄検出を試みた。③さらに盲端のポリ

1) 立位個別浴槽：寝たきり老人専用の立位式入浴システムを試作した。すなわち、専用ストレッチャで水平位にある二重浴槽の内槽に入浴者を搬入し、注湯しつつ浴槽を立位にして浮力で身体を安定させ入浴させる。その後に排水しつつ水平位にしてストレッチャで出槽させる。排水時一定水位で維持すると立位機能訓練のできるリハビリテーション機能を有する浴槽を、一号機は鉄製浴槽で、二号機はFRP製で試作した。一号機は底部にプロペラ2基を強力なモータに直結して回転させたので、早い流速が得られた。しかし、二号機では電気的安全性を確保するためにプロペラをベルト駆動とした。浴槽の位置制御も油圧方式と

した。

2) 高炭酸泉特殊浴槽：人工肺ホローファイバを応用した高炭酸泉装置を用い、特殊浴槽に高炭酸温水を満たし、褥瘡を有する重度高齢障害者を入浴させた。

3. 自立走行システム

1) 赤外線誘導方式の車椅子：被介護者が居室から食堂、浴室などへ安全に自走できる簡便な搬送誘導システムと安定軽量な搬送機を車椅子を利用して試作した。すなわち、LED光源を廊下の天井に適当な間隔をおいて設置し、それをCCDカメラで逐次追跡して走行する方法を採用した。試作機が機能するかどうかを施設内で試用した。

4. 自走型ベッド

被介護者の移載移乗が不必要な、ベッド自身が浴室や食堂に車イス様に変形して自走できる軽量高機能ベッドを設計した。

C. 研究結果

1. 排泄処理システム

1) 介護着：色がピンクと明るい青色の二種類であったが、高齢者には適さない色だとの寮母からの指摘であった。意識清明な入居者からは快適であるとの回答であった。入浴時での下着の脱着には関節変形者では従来に比べて介護者からは便利であるとの反応であった。開発した介護着は洗濯するとすべて20%程度縮んだ。

2) 酸化スズ半導体センサ：排尿と排便とともに高信号値を示し、排尿では短時間で前値に復したが、排便では高止まりした状態が清拭しない限り遷延した。定電圧駆動方式よりパルス駆動型の新センサでは感度が向上した。すなわち、オムツ内大気ではなく、オムツ外でオムツカバー内であれば、定電圧型センサと同様の検知特性を示した。

3) 酸化亜鉛センサ：排便時の出力値は排

尿時の出力値に比べて高く、出力信号に両者で差を認めた。

2. 入浴介助システム

1) 立位個別浴槽：一号機に比べて二号機はプロペラ速度が低下したので水流速度は低下した。しかしいずれも排水時の水位と浴槽の傾斜角度を制御すると個別的立位機能訓練が可能であった。ただし、二号機では水流速度が遅いために身体洗浄効果についてはないと考えられた。

2) 高炭酸泉特殊浴槽：特浴を利用した高炭酸浴で開水面の顔面付近で二酸化炭素ガス濃度を計測したところ、300ppm以下であった。褥瘡に対して治癒効果が認められた。ただし、特浴でバブリングを行うと二酸化炭素が大気に逸脱した。したがって個別型起立浴槽との同時使用時にはバブリングやプロペラによる攪拌は止める必要がある。

3. 自立走行システム

昼間の太陽光が通路の窓から入射する場合でもマーカの赤外光をセンシングでき車椅子は自走できた。赤外光マーカによる左折右折の誘導が可能であった。前方に障害物がある場合には障害物がなくなるまで自動的に停止した。

4. 自走型ベッド

ベッド両サイドを折り畳み、ベッド自体が車椅子様に変形して、介護者が人力で移動させるもっとも簡単なベッドのデザインを考案した。

D. 考察

寝たきり老人の移載と搬送を容易にする着衣の改良は重要である。われわれが開発したジッパを展開すると一枚の布になるデザインの介護専用着衣は施設では不評であった。すなわち、施設であっても家庭で着ているような個性を尊重した衣生活が尊重されるべきであるとされている。そのため

に病衣のような効率と機能面のみ強調された介護衣の強制的着用には寮母側からの抵抗があった。さらに施設では 60℃ の高温洗濯を日常的に行っていることを知らなかった。60℃ での縮み試験を最新の高機能生地といえどもしていなかったため、高温洗濯による縮みを予測できなかった。これは前もって処理しておけば対応できる。

少子高齢化が高度に進行して介護供給力がいよいよ低下して、同時に施設内入居者の高齢重症化も進行して寝たきり老人が増えてくると、介護者が介護しやすい合理的着衣が現場で採用される可能性はある。

パルス駆動型酸化スズ半導体センサでは高価な疎水性多孔質チューブを使用しなくても、またオムツ外からも検知できるので、汚れによる交換の必要性も少なくなるので、有用性が高い。ただし排尿・排便の区別にはコンピュータアルゴリズムの作成とその改良を必要とするので完成までになお試行錯誤が必要であろう。しかし現状の排泄センサは常時介助できる家族が重度障害者の身近にいる在宅介護では、センサで直ちに排便を知り処理できるのできわめて有用である。特に排便時には電波などで別室にいる介護者にテレメトリできれば便利である。しかし、施設では介護作業の関係で定期的にオムツ交換を行うので本システムで排便発生を知っても随時対応できるかどうかは施設によって検討の余地がある。介護体制の問題である。

排便支援チェアは排便を訴えることができる高齢者が本チェアを置いてある専用室に搬送されて後、自分で本チェアを操作して自立的に排便できれば、入居者の尊厳を維持できるので効果は大きい。オムツ排尿の定時処理も現状のように居室で行わずに、食事を食堂で集まってとるようにオムツ専用処理室で順次個別に行えることが尊厳の維持から望ましい。

立位型浴槽は試作したFRP浴槽がやや大きすぎた。関節硬縮による四肢の変形を伴う入居者があり、そのサイズを考慮に入れたためである。大量(700L)の湯を必要とするので不経済であり、デザインになお検討を要する。しかし排水時には下肢にかかる荷重を制御でき、本浴槽を用いると脳梗塞症などによる起立訓練が可能である。本システムでは入浴者のQOL向上のみならず、省力化効果が大きく、かつ早期離床に有用であろう。高炭酸泉浴は褥瘡の予防にも有用であることは以前より知られていた。本法では清浄な高炭酸泉が得られることが特徴である。錠剤(タブレット)による炭酸泉があるが、基材が浴槽の底にたまり、それが褥瘡にどのような影響を与えるかが不明である。われわれは心電図浴槽と高炭酸浴槽とを本立位入浴槽とを合体すれば、重度高齢障害者のみならず広い対象にも転用できる世界に冠たる高機能入浴システムが確立されると考えて、現在開発を本長寿科学総合研究補助金で継続して行うことを計画中である。ただし、高炭酸浴の場合には入浴中のプロペラによる攪拌は二酸化炭素ガスが溶け出すので停止する。

本自立走行誘導方式は天井に赤外線マーカを取り付けたり、天井から取り外しすればよいので、床に誘導ベルトを設置する電磁誘導方式に比べて走行ルートの容易な設置変更が可能である。自走する車椅子前方の障害物を超音波で検出でき、安全性も高い。現在施設では入居者を1日3回居室と食堂とを行き来させているが、時間の短縮のために一人の寮母が一度に2、3台の車椅子を繰り返し搬送せざるをえないのが現状であり、その時の中屈みの姿勢が腰痛症の原因にもなっている。施設では簡単な制御システムでバッテリー駆動できる本自走車椅子は省力化に有効で即時的な応用性が高い。食堂からの距離によって効率的に順序

よく車椅子を居室から通路に出し、自走させれば効率が上がる。

自走型ベッドの実用性については試作機を現場に導入し、現場でのテストが必要であろう。しかし、日本人の性格からベッド上で就寝と排泄を同時に行う本システムには感情的抵抗を示す入居者もあると予想される。

以上のように介護を単純労働集約的に行うことは介護者自身の尊厳をも損なう結果にもなる。人件費の増加で介護者を増員して対抗するよりも開発した機器を介護現場に導入し、省力化機器で介護供給力を増し、この少子高齢化の介護施設運営を乗り切るべきであろう。さらこのような施設型機器が現場で使い込まれると、より機能が特化して在宅型に転換される可能性もある。介護支援機器産業が自動車産業のような規模でわが国特有の新規産業を形成する可能性はあろう。

E. 結論

介護で重要な排泄・入浴・搬送の業務をコンピュータや機械技術（メカトロ）を導入すれば介護の質を落とすことなく自動化・省力化できる。それにより発生する介護者の余力を被介護者の尊厳の維持や精神的介護に振り向けることができ、それが結果的に被介護者のQOLの向上に繋がると考えられる。

F. 研究発表

1. 論文発表

1) Tsuji T, Fujisato T, Yamada F, Nukumizu M, Dohi T, Fujimoto T, Yamaguchi K: Development of defecation supporting system for the disabled elderly, Proceedings of Intl Conf on New Frontiers in Biomechanical Engineering, pp. 485-486, 1997

2) Tsuji T, Fujisato T, Dohi T, Fujimoto T, Yamaguchi K: Development of defecation sensor system for bed-ridden elderly, Proceedings of ICBME' 97, ISBME' 97, JCCAS' 97, pp. 38-41, 1997

3) 辻 隆之: 介護支援機器開発と今後の福祉・医療体制、クリニカルエンジニアリング8(8): 643-646, 1997

4) 辻 隆之、藤元登四郎、森反俊幸、土肥健純: 排泄センサと施設用排泄処理システム、クリニカルエンジニアリング8(8): 664-669, 1997

5) 藤元登四郎、橋本武雄、榊 広光、東祐二: 自動排泄物処理装置、クリニカルエンジニアリング8(8): 670-673, 1997

6) 鈴木 真、土肥健純: 高齢者の移動支援システム、クリニカルエンジニアリング8(8): 681-688, 1997

7) 井筒 岳、佐藤敏博、辻 隆之、佐々木英忠: 体位変換式エアマットと寝たきり老人の褥瘡、クリニカルエンジニアリング8(8): 674-680, 1997

8) 安田大典、東 祐二、榊 広光、藤元登四郎、鈴木理司、田村俊世、辻 隆之: 新開発の身体機能促進訓練機器の使用経験と効果、クリニカルエンジニアリング8(8): 689-694, 1997

9) 榊 広光、前田英児、藤元登四郎、谷知之、田村俊世、辻 隆之、土肥健純: AI歩行訓練システムと訓練効果、クリニカルエンジニアリング8(8): 696-700, 1997

10) Tsuji T, Fujisato T, Fujimoto T, Moritan T: The bed-ridden elderly monitoring system for defecation and urination with automatic urine drainage mechanism, World Conf on Med Phys & Biomed Engng, Nice 1997, p. 662

11) 辻 隆之、藤元登四郎、緒方カホル、森反俊幸: 重度高齢障害者の排泄介護と排便センサ、BME10(5): 56-59, 1996

4.研究成果の刊行に関する一覧表

刊行書籍又は雑誌名(雑誌のときは雑誌名、巻号数、論文名)	刊行年月日	刊行書店名	執筆者氏名
BME 10(5):56-59 「重度高齢障害者の排泄介護と排泄センサ」	1996年	日本ME学会	辻 隆之、ほか
クリニカルエンジニアリング8(8) 「介護支援機器開発と今後の福祉医療体制」	1997年8月	秀潤社	辻 隆之
クリニカルエンジニアリング8(8) 「排泄センサと施設用排泄処理システム」	1997年8月	秀潤社	辻 隆之 藤元登四郎 森反俊幸 土肥健純
医用電子と生体工学 秋季特別号 第35巻:2-B-4:p.116 「入浴介助システム」	1997年11月	日本ME学会	辻 隆之 藤元登四郎 緒方カホル 大坪弘明
Proceedings of Intl Conf on New Frontiers in Biomechanical Engineering,pp.485-486 [Development of defecation supporting system for the disabled elderly]	1997年		Tuji T Fujisato T Yamada F Nukumizu M Dohi T Fujimoto T Yamaguchi K
Proceedings of ICBME'97, ISBME'97, JCCAS'97, pp.38-41 [Development of defecation sensor system for bed-ridden elderly]	1997年		Tuji T Fujisato T Dohi T Fujimoto T Yamaguchi K
World Conf on Med Phys & Biomed Engng, Nice,pp.662 [The bed-ridden elderly monitoring system for defecation and urination with automatic urine drainage mechanism]	1997年		Tuji T Fujisato T Fujimoto T Moritan T

4.研究成果の刊行に関する一覧表

刊行書籍又は雑誌名(雑誌のときは雑誌名、巻号数、論文名)	刊行年月日	刊行書店名	執筆者氏名
医用電子と生体工学 特別号第36巻:3K1-6:p.702 「高圧型人工肺を応用した 微温高炭酸浴による虚血性指趾潰瘍の 治療システムの開発」	1998年5月	日本ME学会	辻 隆之 榊原巨規 田中直也 藤里俊哉 宮脇富士夫
医用電子と生体工学 特別号第36巻:2J4-5:p.556 「重度高齢障害者用自立型 排泄支援チェアの開発」	1998年5月	日本ME学会	辻 隆之 藤元登四郎 土肥健純 温井満 加来永一 山口和幸

19980248

報告書 続き[1]は下記に掲載

**重度高齢障害者の排泄介護と排泄センサ. (特集)高齢者生活支援と
ME**

辻隆之, 藤元登四郎, 緒方かほる, 森反俊幸
BME. 10 巻 5 号, pp.56-59, 1996

19980248

報告書 続き[2]は下記に掲載

介護支援機器開発と今後の福祉・医療体制. (特集)これからの福祉介護技術
辻隆之

Clinical Engineering. 8 卷 8 号, pp.643-646, 1997

19980248

報告書 続き[3]は下記に掲載

排泄センサと施設用排泄処理システム. (特集)これからの福祉介護技術

辻隆之, 藤元登四郎, 森反俊幸, 土肥健純

Clinical Engineering. 8 巻 8 号, pp.664-669, 1997

19980248

報告書 続き[4]は下記に掲載

入浴介助システム

辻隆之, 藤元登四郎, 緒方カホル, 大坪弘明

日本 ME 学会秋季大会. 第 11 回 1997 年 11 月 20 日

医用電子と生体工学. 第 35 巻秋季特別号, pp.116, 1997

19980248

報告書 続き[5]は下記に掲載

Development of defecation supporting system for the disabled elderly

Tsuji, T., Fujisato, T., Yamada, F., Nukumizu, M., Dohi, T., Fujimoto, T., Yamaguchi, K.

Proceedings of the International Conference on New Frontiers in Biomechanical Engineering, Tokyo, Japan, July 18-19, pp.485-486, 1997

19980248

報告書 続き[6]は下記に掲載

Development of fixation device of fertilized ova for gene injection

Toshia Fujisato, Ysuhiko Iuchi, Takayuki Tsuji, and Kenkichi

Proceedings of the International Conference on New Frontiers in
Biomechanical Engineering, Tokyo, Japan, July 18-19, pp.379-380, 1997

19980248

報告書 続き[7]は下記に掲載

Development of defecation sensor system for bed-ridden elderly

T. Tsuji, T. Fujisato, T. Dohi, T. Fujimoto, K. Yamaguchi

Proceedings of the ICBME'97, ISBME'97, JCCAS'97, pp.38-41, 1997

19980248

報告書 続き[8]は下記に掲載

**The Bed-ridden elderly monitoring system for defecation and urination
with automatic urine drainage mechanism**

T. Tsuji, T. Fujisato, T. Fujimoto, and T. Moritani

World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, Nice,
France, September 14-19, pp.662, 1997

19980248

報告書 続き[9]は下記に掲載

高圧型人口肺を応用した微温高炭酸浴による虚血性指趾潰瘍の治療システムの開発

辻隆之, 榊原巨規, 田中丸直也, 藤里俊哉, 宮脇富士夫

日本エム・イー学会. 第37回 1998年5月

医用電子と生体工学. 第36巻特別号, pp.702, 1998

19980248

報告書 続き[10]は下記に掲載

重度高齢障害者用自立型排泄支援チェアの開発

辻隆之, 藤元登四郎, 土肥健純, 温井満, 加来永一, 山口和幸

日本エム・イー学会. 第37回 1998年5月

医用電子と生体工学. 第36巻特別号, pp.556, 1998

19980248

報告書 続き[11]は下記に掲載

入浴介助システム. (特集)高齢者生活支援と ME

藤元登四郎, 辻隆之, 土肥健純, 小倉理一, 藤里俊哉, 井筒岳

BME. 10 巻 5 号, pp.49-55, 1996

19980248

報告書 続き[12]は下記に掲載

寝たきり老人用立位個別入浴層の開発

藤元登四郎, 辻隆之, 土肥健純, 小倉理一, 藤里俊哉, 井筒岳

日本エム・イー学会. 第35回 1996年5月

医用電子と生体工学. 第34巻特別号, pp.349, 1996

19980248

報告書 続き[13]は下記に掲載

水流を用いた立位型入浴介護システム

榊広光, 鎚木誠, 小倉理一, 田村俊世, 藤元登四郎, 辻隆之
日本 ME 学会秋季大会. 第 11 回 1997 年 11 月
医用電子と生体工学. 第 35 巻秋季特別号, pp.82, 1997

19980248

報告書 続き[14]は下記に掲載

寝たきり老人に対する人工肺を用いた高炭酸浴システムの性能

前田英児, 榊広光, 藤元登四郎, 緒方カホル, 大坪弘明, 篠原智誉, 嶋岡健志, 森反俊幸, 田村俊世, 辻隆之

日本エム・イー学会. 第37回 1998年5月

医用電子と生体工学. 第36巻特別号, pp.557, 1998