

厚生科学研究費補助金  
長寿科学総合研究事業

マルチメディアを用いた高齢者支援システムの開発  
(H12-長寿-040)

平成13年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 南部雅幸  
国立療養所中部病院 長寿医療研究センター 室長

分担研究者  
柳田康幸 東京大学 工学系研究科 助手  
土居元紀 大阪電気通信大学 工学部 講師

平成14(2002)年 3月

目次		
I.	総括研究報告書	3
	主任研究者 南部雅幸	
II.	分担研究報告	9
	1. マルチメディア計測システム	11
	南部雅幸	
	2. マルチメディア通信システム	19
	柳田康幸	
	3. ユーザーインターフェースシステム, 個人認証・セキュリティシステム	27
	土居元紀	
III.	研究成果に関する一覧表	33
IV.	研究成果の刊行物別刷	37

## 1. 総括研究報告書

マルチメディアを用いた高齢者支援システムの開発

主任研究者 南部雅幸 国立療養所中部病院長寿医療研究センター研究員

研究要旨：本研究では高齢者の自立した在宅生活を実現するため、情報通信技術を基盤とし、マルチメディア計測システム、マルチメディア通信システム、ユーザインターフェースシステムを融合した、支援システムの構築を目標として研究を行った。第二年度の本年は、昨年度の成果をふまえた応用システムの開発と、その有効性の検証を行った。

主任研究者 南部雅幸

（国立長寿医療研究センター、室長）

分担研究者 柳田康幸

（東京大学、助手）

分担研究者 土居元紀

（大阪電気通信大学工学部、講師）

#### A. 研究目的

高齢者が高い生活の質（QOL）を維持したまま、自立した生活を営むためには、加齢による身体機能の低下に伴う事故の発生を未然に防ぐ、あるいは、事故の発生を可及的速やかに検出し救援を要請する、さらには、現在の健康状態を保持し、罹患を予防あるいは、早期発見することが必要不可欠である。同様に、外出の機会および他人とのコミュニケーションが現象している高齢者に積極的にコミュニケーションの機会を提供し、医師による診断、介護者による問いかけ、遠隔地に居住する家族との会話を実現することにより、孤独感を解消することも重要である。ところで、現在実用化されている情報ネットワークシステムは、高齢者の使用を前提に設計されておらず、高齢者がその恩恵を受けられないことさえある。そこで、情報ネットワークシステムを高齢者支援に適用す

るためには、いわゆる情報格差を解消し、情報機器に不慣れな高齢者にも容易に使用可能なユーザインターフェースが必要である。本研究では、これらの問題を解決するためにマルチメディア計測システム、マルチメディア通信システム、高齢者用ユーザインターフェースシステムを開発し、さらにそれらを融合することで、健全な高齢者が自立するために必要な環境を提供することを目的とする。

#### B. 研究方法

##### 1. マルチメディア計測システム

（南部担当分）

高齢者が安心して自立生活を営むためには、その健康状態を24時間監視し、罹患あるいは事故が発生した際には、それを検出し、外部へ伝達する必要がある。本年度は高齢者が日常的に使用している家電機器の稼働状況を元に高齢者の活動量を推定するシステムを開発した。これらのセンサシステムによって獲得された情報は、インターネット上のホームページと同一の形式で配信されるため、特別なソフトウェアなしでかつ、携帯電話のような小規模な端末を用いても閲覧および診断が可能である。

## 2. マルチメディア通信システム

(柳田担当分)

高齢者が高い生活の質(QOL)を保持したまま、自立した生活を営むには、他人や家族と積極的にコミュニケーションを図り、社会に参加しているという充実感を持つことが重要である。一方加齢により、身体機能が衰えている高齢者にとっては、外出による身体の負担が若年者にくらべ著しく大きくなるという問題もある。そこで、在宅にしてあたかも宅外の遠隔地へ行ったかのような自然な臨場感を体験可能なシステムを構築する。本年は、バーチャルリアリティ空間において、マルチメディア通信を行った際に生じる空間の歪みを補正するシステムを開発し評価を行った。

### 3. ユーザインターフェースおよびセキュリティシステム

(土居担当分)

情報機器を用いて高齢者支援を行う際の問題として、情報機器の操作性があげられることが多い。特に高齢者にとって、これまで馴染みのない、情報端末を操作することは、加齢による視聴覚機能の衰えとの相乗効果により精神的負担となることさえある。したがって、高齢者が、複雑な操作をすることなしに、情報機器を活用可能なユーザインターフェースを構築することが必要である。本システムは、ビデオ画像から使用者である高齢者を追跡し、対象者の特徴を抽出することで個人識別を行う。本年度は、在宅高齢者支援のため、宅内での位置をビデオカメラで追跡し、必要に応じて位置の把握、ズームアップなどが可能なシステムを開発した。

[倫理面への配慮]

実験に際しては、実験施設の倫理委員会の承認を得た上で、被験者となる高齢者および家族に書面および口頭にて実験の主旨および方法について説明し、同意を得た上で行った。

## C. 結果

### 1. マルチメディア計測システム

マルチメディア計測システムの内、センサシステムの一形態として高齢者が日常的に使用するポットの給水量を自動的に計測し、遠隔地で確認・管理が可能なシステムを開発し、臨床で試験的に実験を行った。その結果、給水量の把握が遠隔で実効可能になったばかりではなく、その傾向から患者の健康状態を推定する手がかりを得ることが可能であることが確認された。一方、これらの情報を収集伝達するためのシステムとして、インターネットで標準的に用いられているWWW技術を用いた情報伝送の仕組みを開発した。その結果携帯電話や小型のコンピュータを用いても診断を可能となった。

### 2. マルチメディア通信システム

本研究では、バーチャルリアリティの提示を行うことで、高齢者が在宅にいながらにしてさまざまな経験が可能なシステムの開発をめざしている。その際にバーチャルリアリティ提示装置が人間に与える影響を評価した。その結果、当部の位置と、提示画面の歪みによる視覚の異常発生メカニズムが明らかになった。

### 3. ユーザインターフェースシステム

本研究では、室内に設置した小型カメラからの画像をもとに、人物の位置推定を行った。その結果、通常で歩行する人物について、ほぼリアルタイムに位置の測定を行い、対象となる人物の追跡までが可能となった。さらに緊急時には、事故が発生した高齢者の周辺を自動的に拡大表示することが可能なシステムを開発した。

## D. 考察

それぞれのシステムについて、実用化に向けた応用システムが構築されそれぞれの有効性が検証された。マルチメディア計測システムで

は、日常的に使用している家電製品から高齢者の健康情報を把握することが可能となった。これまでに提案されている在宅型遠隔医療システムは、その使用のために多種にわたるセンサを使用者自身が装着し、専用のシステムを用いて外部のコンピュータに接続することで外部との通信を行う必要があるが、本システムでは、日常生活中において計測を行い、既存の施設を用いて通信を行うため、使用者に経済的負担を与えることが少ない。また、診断用ソフトウェアも一般的なホームページ閲覧用ソフトウェアを使用するため、診断にあたる医師は、携帯電話のような小型のコンピュータさえあれば診断が可能となった。その結果、高齢者の自立生活を24時間見守ることが可能となる。マルチメディア通信システムでは、従来問題となっていたバーチャルリアリティ提示装置の視覚の歪みを定量的に評価解析し、その歪みを与える影響について調査した。その結果、歪みを補正することで、より自然な視覚の提示が可能となり、高齢者が日常的に使用しても影響が少ないシステムが実現される。本システムが実用化されれば、在宅のまま旅行やショッピングあるいは、遠隔地の家族との面会などが実現可能となり、高齢者の自立生活に貢献すると考えられる。ユーザインターフェースシステムでは、室内の人物を抽出し、歩行中の人物の位置リアルタイムに抽出することが可能であることが確認された。従来の情報機器は、キーボードやマウスなどの端末を使用しなければ情報の入力不可能であった。本システムでは、ビデオ画像から、使用者を自動的に追跡可能であるため、その制限から解放される。また、宅内で事故が発生した場合には、その位置を外部に伝達するとともに、事故発生の場所を拡大表示することが可能になるため、緊急時の対応がより効果的に実施可能となり、重篤化の防止に役立つことが可能である。

## E. 結論

高齢者の自立生活支援を目的として、基本的なマルチメディアシステムの構築を行い、その有効性を検証した。本年度は実用化を視野にいられた、応用システムの開発と評価を行った。来年度はこれらを統合したシステムを構築するとともに、実用化に必要な改良を行い、高齢者のために最適化されたシステムの完成を目指す。

## 11. 分担研究報告書

分担研究報告書

南部雅幸

国立療養所中部病院  
長寿医療研究センター  
室長



厚生科学研究費補助金（長寿科学総合研究事業）  
分担研究報告書

マルチメディアを用いた高齢者支援システムの開発  
分担する研究項目：マルチメディア計測システム

主任研究者 南部雅幸 国立療養所中部病院長寿医療研究センター 室長

研究要旨：本研究では高齢者の自立した在宅生活を支援するため、その健康状態、行動などを24時間見守るためのシステムを開発することを目的として研究を行った。本年度は、日常生活中に使用する機器をネットワーク化することにより健康状態を管理可能なシステムの構築を行った。さらにこれらのネットワークシステム汎用化に関する研究を行った。

#### A. 研究目的

高齢者が高い生活の質（QOL）を維持したまま、自立した生活を営むためには、その健康状態を保持し、受傷・罹患を予防あるいは、早期発見することが必要不可欠である。そのためには、日常的な健康状態の計測に基づく疾病の発見や、転倒・熱傷など事故発生の早期発見が必要である。従来の技術では、高齢者の健康状態や、位置姿勢を24時間連続して見守ることは不可能であったが、近年の情報技術の発達により、センサと情報通信システムを組み合わせることにより、実現の可能性が期待されている。本研究では、センサシステムと情報ネットワークシステムを組み合わせたマルチメディア計測システムを構築することにより、高齢者の自立生活の支援することを目的とする。本年度は、実用化に向けた応用システムを開発し、その有効性を実証するデータを獲得したので報告する。

#### B. 研究方法

本年度の研究では、以下に示す2つのシステムを構築した。

##### 1. ネットワークを用いた給水管理システム

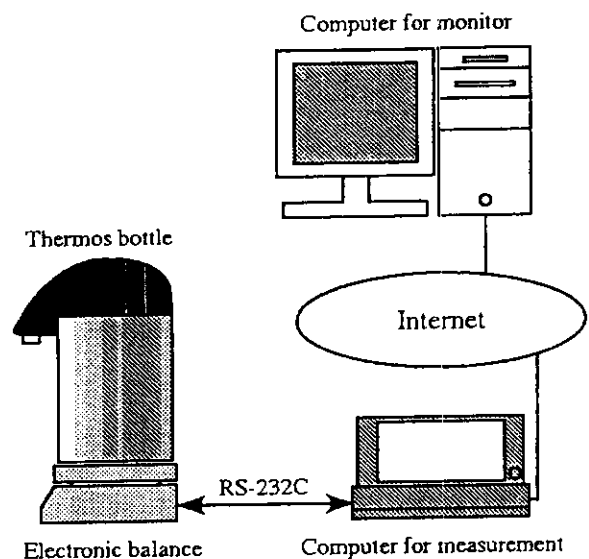


図1 給水量遠隔自動計測システム

高齢者の日常生活行動を把握するためには、高齢者が常用している家電器具等からの情報を獲得することが望ましい。初年度の研究において、圧力センサやビデオ画像による生体情報の計測システムについて研究を行ったが、これらのシステムは専用の装置を必要とするため、高齢者の日常生活に干渉するばかりでなく、装置の導入に関する費用が高額になるため、健康保険・介護保険等の社会保険の適用が可能な場合は、それら保険制度の負担となり、それが不可能な場合は、高齢者自身の経済にとって負担と

なる。しかしながら、いずれの場合においても、健康に関する情報を日常的に獲得し、罹患の兆候および疾病の症状に関する知見を得ることで、症状の進行を未然に防ぐことが可能となる。そこで、経済的負担を最低限とし、かつ日常生活行動に関するデータを獲得するため、遠隔給水量モニタリングシステム（図1参照）を試作し、臨床評価を行った。本システムは、使用者が日常用いている魔法瓶や電気ポット、湯飲み茶碗等を用いて、インターネットを介し遠隔地で給水量および給水時刻を把握することが可能である。

## 2. WWW を利用した生体情報伝送システム

高齢者が自立生活を営む場合、日常的な診断が不可欠である。また、特に緊急の場合には、昼夜を問わず医師の診断を受けることが可能であることが望ましい。昨年度は、電灯線 LAN によるネットワークシステムを用いて、データの伝送量を最適化することにより、インターネット上のホームページの形式で健康情報のモニタが可能なシステムを構築した。しかしながら、これらのシステムでは、データ処理量の多さと、受信側コンピュータの負担が大きいことから、携帯電話や、携帯用情報端末などを用いた遠隔診断は不可能であった。本年度は、この制約を排除すべく、WWW ブラウザのみで遠隔診断が可能なシステムを開発した。本システムでは、獲得された生体情報に関するデータを一旦2秒間に一回 256×128 ピクセルのモノクローム画像に変換する。この時、一般的に用いられているビットマップフォーマットでは約4k バイトになる。この画像を直接伝送すると毎秒16k ビットの転送速度が必要となる。この場合、携帯電話などの低速度回線や、高速回線（ブロードバンド）であってもアクセスが集中した場合などにはリアルタイムでの伝送が不可能となる場合がある。したがって、この画像を2秒間に一回圧縮し更新する。しかしな

がらこのままでは、受信側への転送はできない。そのため、WWW 上における簡易なプログラム実行のしくみである JAVA スクリプトを用いて2秒間に一回自動的にダウンロードし表示すれば、リアルタイムに生体情報の転送が可能である。

### 〔倫理面への配慮〕

実験に際しては、実験施設の倫理委員会の承認を得た上で、被験者となる高齢者および家族に書面および口頭にて実験の主旨および方法について説明し、同意を得た上で行った。

## C. 結果

B で述べたシステムの有効性を検討するため実験を行った。それぞれの実験の結果は以下の通りである。

### 1. ネットワークを用いた給水管理システム

国立療養所中部病院一般病棟において、本システムの評価を行った。被験者は、84歳の女性高齢糖尿病入院患者1名である。計測は3日間行った。被験者は車いすまたは杖を使用していることから、ベッドから手の届く場所へ自動記録装置を設置した。飲水には、容量が200cc程度であり被験者が日常使用している湯飲み茶碗を用いた。一日一回の飲料水の交換以外は、被験者が自由に魔法瓶の飲料水を汲み取ることができる。また、設置した病室から30m程度離れたナースステーションにモニタ用コンピュータを設置し、遠隔での給水量モニタを行った。計測2日目の一日の重量変化を、図2に、給水量と時刻を図3に示す。この日一日の給水量は823.3gであった。本研究では手動式の魔法瓶を用いたため、給水時に魔法瓶を押す必要があった。図中で急激に重量が増加するのはその結果であると思われる。しかしながらこの影響は排除され、給水量の測定が正常に行われた。また、午前10時頃に重量が急激に減少するのは、魔法瓶の洗浄および飲料水の交換のため、天秤から

魔法瓶をはずした時を示している。このような場合も、魔法瓶への給水が行われたと判断され、再び魔法瓶が設置された直後から給水量の計測が再開された。3日間とも、就寝中は給水していなかった。給水は、起床、食事、就寝前に集中することがわかった。また、起床後3時間の給水量が多く、このときの水分摂取量が多いものと考えられた。被験者は糖尿病による口渇を訴えており、それを抑えるために口を軽く湿らす程度の飲水を行うことが多かった。本システムが検出した給水回数は3日間で61回であり、1回の平均給水量は34.69gであった。本実験では、自動記録装置をベッドから手の届く範囲に設置したが、被験者がベッドから移動する際に装置のフレーム部分に掴まったり、寄りかかったりすることがあったため、重量が小刻みに増加することがあった。

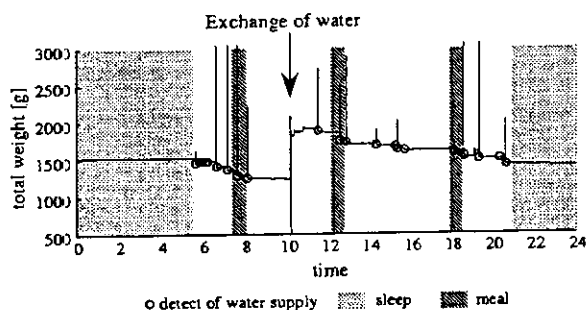


図2 経過時間と重量変化

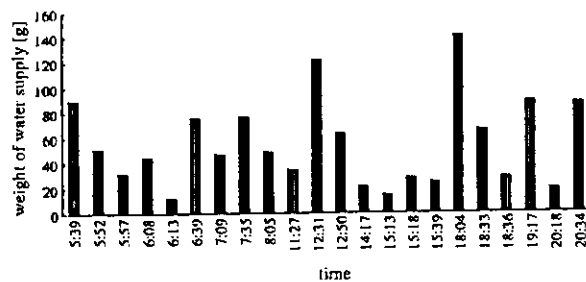


図3 給水時毎の給水量

2. WWWを利用した生体情報伝送システム  
 昨年度に開発を行ったWWWを用いたネットワークシステム同様、リアルタイムで心電図の伝送を行った。伝送に使用した心電図データ

は予め獲得した物を用い、毎秒512回12ビットの分解能で獲得されたものである。このデータをサーバに置き、遠隔地に設定したクライアントにより自動的にダウンロードし表示した。サーバは毎秒1.5Mビットの高速回線でインターネットに接続した。クライアントは毎秒32kビットの携帯電話回線でインターネットに接続した図4にシステムの概要を示す。最終的には毎秒24kビットの実効速度であった。転送画像は圧縮前が4kバイト、圧縮後は1kバイトであった。転送に必要な速度は毎秒3.4kビットであった。圧縮率は平均20%であった。圧縮自体は100ミリ秒以内に終了した。実験において、転送時のデータ欠落は0であった。図5に伝送の際の画像を示す。

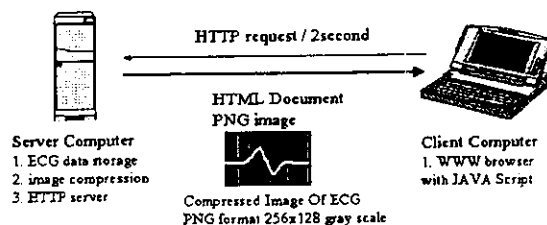


図4 JAVA スクリプトによる心電図伝送システム

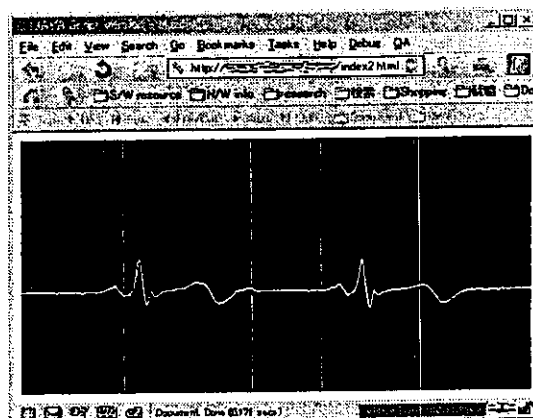


図5 WWW上でのリアルタイム伝送

#### D. 考察

1. ネットワークを用いた給水管理システム  
 図6に、電子天秤による秤量値とネットワークにより転送・保存された数値の関係を示す。図が示すように、転送時のデータ欠落はなく、本

システムを遠隔で用いても精度上の問題は無いことが確認された。

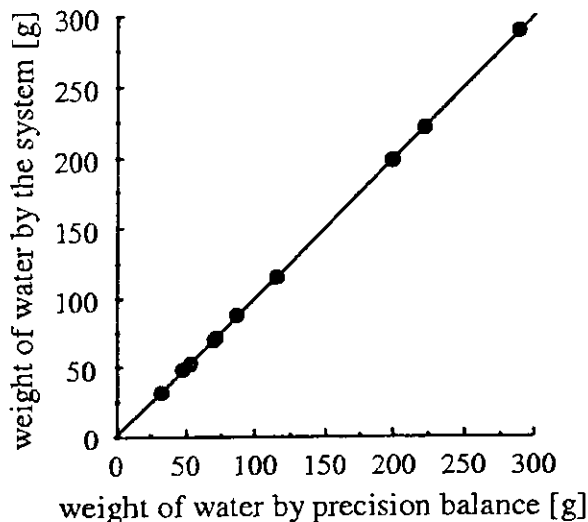


図6 秤量値と伝送データの関係

本システムは、図7に示すようにWWW上で現在の運用状況を確認することが可能である。

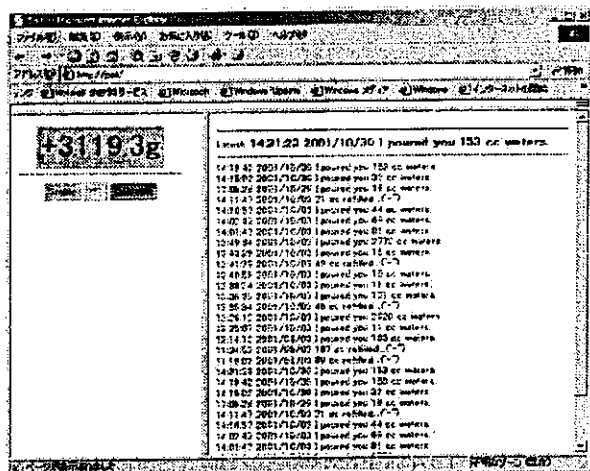


図7 WWWによる運用状況表示

WWW 上でのモニタが可能になると図 8(a)のように従来は1対1で看護・介護者と患者との関係でのみ判断されていたデータを図 8(b)のように複数の患者のデータを同時に確認したり、8(c)のように医師と看護・介護者が同時に確認したりすることが可能となる。さらに、遠隔地に存在する複数の患者のデータを複数の医師、看護・介護者が同時に確認・診断することが可能となりよりきめ細やかな治療に貢献することが可能となるだけでなく、遠隔医療

や、在宅看護・介護、自立生活などにも有効になると考えられる。

2. WWW を利用した生体情報伝送システム  
本システムでは、画像の圧縮率は 20%と高い値を実現しており、必要な通信帯域も毎秒 10k ビットの携帯電話回線でも通信が可能であり、i-mode などの携帯電話でも心電図を用いた遠隔診断が実現可能である。元データに対するデータ圧縮はほとんど 0 ではあるが、画像そのものを転送するため、心電図のみならず、他の生体情報も同時に転送可能であることから、さらに圧縮が可能であると考えられる。本手法では、サーバとクライアント間に時間的な同期の保証がされない。しかしながら、最大でもそのズレは 2 秒以内に収まるので、緊急時の診断には問題はない。

#### E. 結論

本研究では、高齢者の自立生活を支援する目的で、計測システムおよびネットワークシステムを開発した。これらのシステムを組み合わせ、マルチメディア計測システムを構成することで、高齢者が安心して自立生活を営むことが可能となると考える。本年度は、応用システムの開発と評価を中心に行ったが、来年度は、他の分担課題との連携システムの開発と評価を行う。

#### F. 健康危険情報

該当なし

## G. 研究発表

### 原著論文

1. 南部雅幸、中島一樹、田村俊世：情報機器を利用した高齢者自立・介護支援、計測自動制御学会誌、40-5、pp368-372
2. 南部雅幸、末永貴俊、一関紀子、中島一樹、田村俊世：情報通信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、ライフサポート学会誌、13-4、pp26-33

### 学会発表

3. N. Ichinoseki, T. Yoshimura, M. Nambu, Tamura T.: Evaluation of a Canopy System and a Simple Calorimeter for Resting Metabolism using a Respiratory Simulator, Proceedings of EMBC 2001, 1033, IEEE
4. 南部雅幸、一関紀子、中島一樹、川原田淳、田村俊世：在宅ケアネットワークのためのデータ圧縮、第40回日本ME学会講演予稿集、p467
5. M. Nambu, N. Ichinoseki, T. Tamura : Web-based Tele-monitoring System for the Health Care of the Elderly, Proceedings of 1<sup>st</sup> International workshop on e-house and e-healthcare, p22
6. 南部雅幸、一関紀子、中島一樹、田村俊世：WWW 技術を用いた高齢者のための自立支援ネットワークシステム、日本 ME 学会専門別委員会在宅医療と ME 技術研究会予稿集、10-1、pp7-8

## H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

## 分担研究報告書

柳田康幸

東京大学工学系研究科  
助手

厚生科学研究費補助金（長寿科学総合研究事業）  
分担研究報告書

マルチメディアを用いた高齢者支援システムの開発  
分担する研究項目：マルチメディア通信システム

分担研究者 柳田康幸 東京大学大学院情報理工学系研究科 助手

研究要旨：本研究では、高齢者が遠隔地に居住する家族とのコミュニケーションを行ったり在宅のまま外出や旅行の体験を行ったりすることを目的として、あたかもその場所へ行ったかのような自然な臨場感を体験できるシステムの構築を行う。本年度は、占有空間の少ない頭部搭載型視覚ディスプレイを利用する場合に生じやすい視覚パラメータ不整合の影響について解析した。

#### A. 研究目的

本研究では、高齢者が他人や家族とのコミュニケーションの機会を積極的に提供し、孤独感を解消すると共に、外出の機会が減少しがちな状況においては外出の体験を容易にしアクティブな社会生活を営めるようサポートすることを目的として、遠隔地に居住する家族や他人とのコミュニケーションおよび外出体験の支援を行うため、居ながらにして遠隔環境を臨場的に体験し行動するという、トレイグジスタンスの概念に基づいた研究開発を行う。すなわち、遠隔地にいるロボットを介在し、人間に対して今存在する環境とは別の場所に存在する感覚を等価的に提供することにより、別の場所へ行ったような体験をしつつ行動するための基礎技術の研究開発を行う。感覚提示のためのデバイスなどの多くはいわゆるバーチャルリアリティ（VR）と共通であるが、仮想的な世界ではなくあくまで実際の遠隔環境に存在する体験を与えることが特徴的である。

昨年度は、人間の運動に対して安定な視覚提示を行える固定スクリーン型システムを用いて遠隔環境の実時間実写画像を立体提示する

方法の研究を行った。本年度は、大がかりな設備を必要としない頭部搭載型視覚提示装置（Head-Mounted Display: HMD）を使用した際に生じがちな問題について分析し、その解決法を探る。

#### B. 研究方法

HMDは、トレイグジスタンスにおいて早い段階から利用されてきた視覚提示デバイスである。HMDを装着したユーザの動きに追従するよう遠隔ロボットの頭部を制御し、ロボット頭部に搭載されたステレオカメラにより取得した画像をHMDに提示してやることにより、ユーザは視覚的にあたかも自分がロボットの存在する場所にいるかのような体験をすることができる。昨年度の研究報告ではHMD利用システムに関して装着重量、身体の消失、酔いの誘発のしやすさなどの問題を指摘したが、HMDはやはりトレイグジスタンスにおける有力なデバイスであり、大がかりな装置を必要としないという点において、没入型投影ディスプレイシステム（Immersive Projection Technology: IPT）などの固定スクリーン型視

覚提示システムと比較して逆にメリットを有する。特に、空間コストの高い我が国においては遠隔環境体験のための特別な場所を家庭の中に設置せずに済むことは大きな利点であり、HMD 利用システムの問題を解決することは重要なマイルストーンである。

HMD 型システムにおいては、画像提示面が周囲の空間ではなくユーザの頭部に対して固定されているため、人間が頭を動かすと瞬時に提示画像が対応することが必要である。例えば、ユーザが右を向くと画像は瞬時に右方向の画像となる（したがって画像自体は左方向へ流れる）ことが必要である。実環境へのトレイグジスタンスの場合、この画像の変化はロボットの頭部運動の結果として生じる。その際、ユーザの運動計測から画像提示までの間に遅延が存在すると、最初一瞬世界が頭部にくっついて右方向に回り、一定速度で頭部回転中は静止するが運動を止めると今度は少し左方向に回るといふ、「世界揺れ」の現象が生じる。こうした時間遅延の問題も重要であるが、ここでは少し別の観点から問題をとりあげる。すなわち、体画像提示を行う際、撮像系と提示系の間のパラメータ不整合により生じる空間歪みが頭部運動時にどのような影響を及ぼすかについて解析する。

具体的には、視野角に不整合が存在するシステムにおいて、まず観察される世界の歪みを導出する。次に、そのような状況においてユーザが頭部回転を行った場合、世界が動的に変形して観察されるとともに不自然な画像の流れにより世界が頭部にくっついて回ったり逆方向へ回ったりするように観察される現象が生じることを指摘する。さらに、このような状況下においても撮像側（ロボット）の頭部回転運動倍率を制御することにより、ある程度不自然な状況が緩和する方法を考案し、その効果について検証する。

## C. 研究結果

撮像系としてロボット頭部に搭載したステレオカメラ、提示系としてユーザの頭部に装着した HMD を使用するシステムについて考える。HMD を利用して立体感を誇張しない自然な三次元空間の提示を実現するためには、操作者側 HMD と同一の視野角・眼間距離を持つステレオカメラ系をロボット頭部に搭載し、ロボットの頭部や作業を行うアームなどがそれぞれ操作者の頭部および上肢運動に対して連続的かつ同一の動作を行うよう制御した上で、ステレオカメラにより得られた映像を HMD 内に提示することにより実現される。

ところが、こうした理想的な条件が完全に満足されない状況は、実は簡単に発生しうる。撮像系と提示系間の光学的キャリブレーションが不十分だったり操作者の動きに対するロボットの追従性能が不足している場合はもちろんのこと、配置や光学系の異なる撮像システムを搭載した複数のロボットを単一のコンソールから切り替えて制御する場合や、周囲の広い領域を見回すことが必要とされるような種類のタスクにおいて、あえて同時に広角の領域が視野内に入ってきた方が望ましい場合も考えられる。眼間距離や視野角が異なるステレオカメラ系により得られた画像をそのまま操作者側の HMD に提示すると、自然な遠隔空間とは感じられないばかりか、頭を前後左右に動かしたり見回し動作を行うと強烈な違和感を覚え、場合によっては作業に耐えない。

本研究では、このような現象を主観的印象として放置せず理論的に解析して何が起きているのかを指摘するとともに、簡単な方法で不具合を緩和する方法を探る。

### 立体視時の静的空間歪みの解析

撮像側と提示側で眼間距離や視野角が異なる場合、操作者が知覚する空間に歪みが生じる。



この歪みの様子を解析した結果、

- 眼間距離が異なる場合は、世界全体が拡大・縮小したかのように感じられる
- 視野角が異なる場合には、世界が奥行き方向のみ拡大・縮小したかのように感じられる

ことが明らかになった。(図1)

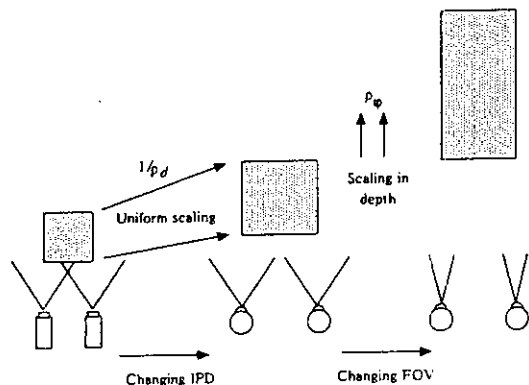


図1 眼間距離と視野角の不整合による空間の拡大・縮小と歪み

### 頭部運動時の動的変形

この結果から、視野角に不整合が存在するシステムにおいて操作者が頭部回転運動を行うと、空間の圧縮・伸張の軸が頭部の方向と共に変化するので、空間が動的に変形するように知覚されることが指摘される。例えば、操者の正面にあった物体は変形しながら頭部の回転と同方向に移動するように知覚される。逆に、遠隔側が狭視野（望遠系）の場合には、物体は奥行き方向に縮小され、正面にあった物体は変形しながら頭部回転とは逆方向に移動するように知覚される。このような動的な変形および不自然な画像の流れは頭部回転運動を行った場合にはじめて観察されるものであり、従来頭部運動を伴わない両眼立体視システムにおいては重要視されなかった現象である。このときの様子（撮像側が広角の場合）を図2に示す。

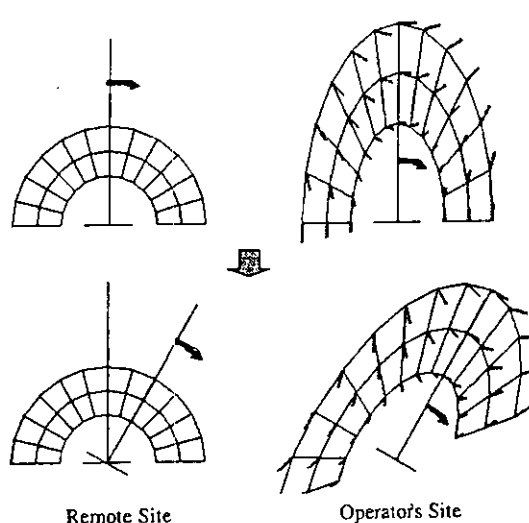


図2 視野角不整合時の頭部回転により世界が動的に変形する様子

### 頭部回転運動制御による緩和手法

このような現象による影響を緩和するため、ここでは遠隔ロボットの頭部回転運動を適切な倍率で拡大・縮小することにより、提示される画像の流れが通常の状態、すなわち操作者側と遠隔側の視野角が等しく、頭部運動が一致するように制御される状態と等価にする方法を提案する。

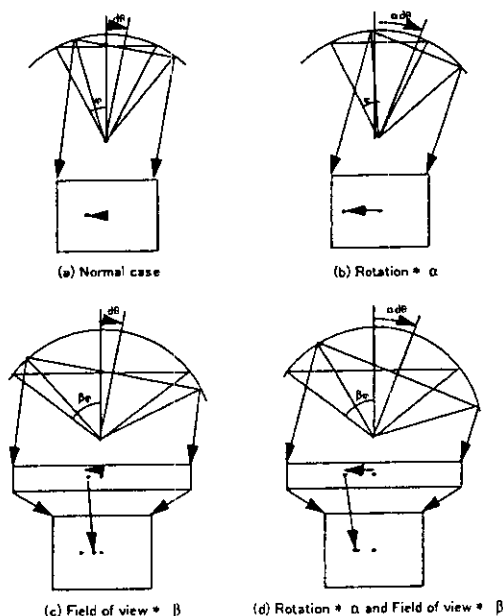


図3 視野角変換と頭部回転運動スケーリング

図3において、(a)はカメラとHMDの視野角が一致しており遠隔側のロボット頭部回転角が操作者のそれと等しくなるよう制御した場合、すなわち理想的な条件である。ここで、操作者が頭部を右へ回転させると提示される画像の中の点は左へ移動する。撮像系と提示系の視野角が等しい条件のまま(b)のようにロボットの頭部回転角が操作者の頭部回転角の $\alpha$ 倍になるように制御すると、 $\alpha > 1$ の場合は画像中の点の移動量は通常の場合より大きくなる。(c)のように遠隔側の視野角がHMDの $\beta$ 倍の時は、 $\beta > 1$ ならばカメラによって得られる画像は縮小されてHMDに表示され、その結果頭部運動に伴う画像の流れは通常の場合より小さくなる。(d)では頭部運動角と視野角が両方スケールされている。この場合、頭部運動角倍率 $\alpha$ による画像の流れの拡大・縮小と視野角倍率 $\beta$ による画像の流れの縮小・拡大がちょうどキャンセルするように倍率を決定すれば、頭部運動に起因する画像の流れは通常の場合と等しくなる。

正面方向の場合、視野角不整合による画像流れの縮小・拡大をキャンセルする頭部回転運動倍率の値は、HMDに対するカメラの片側視野角倍率の正接の値になることが計算される。

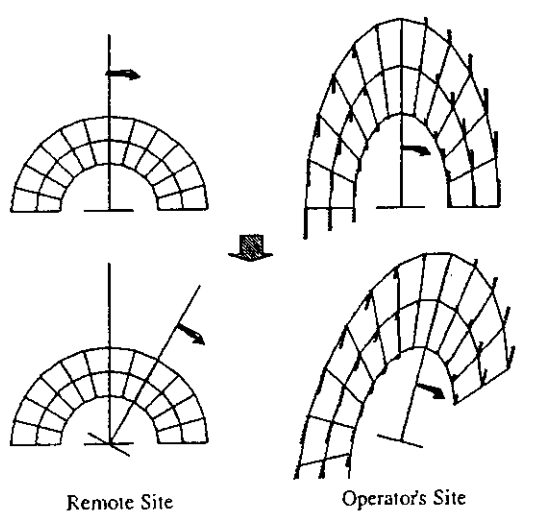


図4 頭部回転運動の倍率制御による安定化

本原理に基づいて遠隔ロボットの頭部回転運動倍率制御を行った場合の様子を図4に示す。頭部回転を行うと、正中面以外に位置する点はそれぞれの瞬時に奥行き方向に移動するため物体は変形するが、正中面付近の点のフローが抑えられている様子が確認される。

#### D. 考察

HMDによる正確な立体画像提示に関しては、視野角と眼間距離の設定による影響の他にも、画像提示スクリーン像までの距離が固定であることに起因する焦点調節と輻輳の矛盾、その影響を考慮したHMDの開発、光学系の歪み、設計パラメータに現れない製作時の誤差および装着位置のずれによる誤差、瞳孔間距離の個人差、瞳孔間距離の眼球運動(輻輳)による変化など、立体画像提示を行うにあたっての様々な要因についての分析と対策が行われている。しかしながら、これらはデバイス単体あるいは頭部を固定した状況(静的)における解析と評価であって、HMDを利用した環境提示の特徴である操作者の頭部運動を伴う場合に生じる状況について取り扱ったものではない。HMDは本来、装着者が自由に頭部運動を行える状況にしておき、頭部トラッキングとそれに対応した実時間視覚情報提示を行うシステムを構築した上で使用されるべきものであって、頭部を固定した状況の枠の中ではどのように精密な議論を展開したところでHMDの持つ特徴のうちごく一部の側面しか捉えていない。

その一方で、VRシステムで頭部運動を行っている状況(動的)に関しては、頭部運動計測やCG画像生成による時間遅延が存在する場合の影響と対策が報告されており、この問題に関しては特に強調現実感(Augmented Reality)の分野で活発に研究が行われている。しかし、これらの研究における興味の対象は時間遅れそのものであり、静的な立体視に係る要

素と動的な要素は個別に取り扱われてきた。

これらに対し、本研究では静的な立体視に関係するパラメータの不整合が、時間遅れの存在しない理想的な状況下で頭部運動を行った場合にどのような影響を及ぼすかについて考察を行った。関連する分野としては、CRT などの固定型スクリーン面を画像表示面とした装置について、立体テレビを想定して視点の平行移動により生じる不自然な運動視差の振る舞いが解析されている。しかし、HMD 利用時の見回し動作に伴う頭部回転による影響については、定性的な現象が指摘されるのみで定量的な解析が行われて来なかった。

この問題の定式化に際して、前述のような立体知覚および提示デバイスに関する数々の要因を一度に考慮して解析を行おうとすると、膨大な数のパラメータに左右される複雑な系を扱わねばならず、見通しのよい結果を得ることは困難である。本研究では、対象とするパラメータを幾何学的因子、その中でも視野角と眼間距離の 2 種類のみを絞り、これら以外の幾何学的因子や、他の空間知覚手がかり、例えば焦点調節による影響や、提示される画像の陰影やテクスチャなどによる空間知覚手がかりは対象外とした。そもそも、ステレオ方式の HMD が両眼手がかりによって立体提示を行っている以上、輻輳と視差に直接影響する幾何学的因子をまず押さえておくことは必要不可欠である。

さらに、眼間距離と視野角を対象とするのは、システム構築の実用的な側面からの理由にもよる。例えば、市販の HMD を購入してきてシステム構築を行う場合、これら 2 つのパラメータは、カメラの配置とレンズの画角選択・調整、あるいは CG 画像生成における視点の位置および透視変換行列の設定という形で、明示的に設定するプロセスが必要である。他の幾何学的要因、例えば光学的歪みに関しては、わざわざ補正をかける必要があり、もう一段階精密なレ

ベルでの仕事である。このため、システム構築を行うほとんどの人間が設定の場面に遭遇するであろう眼間距離と視野角を対象として取り扱ったものである。

## E. 結論

HMD を利用したシステムに生じがちな問題点として視野角不整合の影響を解析し、立体画像としての歪みが生じるだけでなく、頭部運動時には世界が動的に変形したり不自然に流れたりする現象が生じることを明らかにした。このことから、HMD 利用システムにおいては撮像側と提示側の視野角を合わせて設計することの重要性が指摘される。

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

柳田康幸, 舘 暉: HMD 型トレイグジスタンスシステムの頭部運動時における視野角不整合の影響、日本バーチャルリアリティ学会論文誌、Vol. 7, No. 1, 印刷中。

### 2. 学会発表

Y. Yanagida, S. Saito, S. Yano, T. Maeda, and S. Tachi: A Head-Tracked, Live-Video-Based Telexistence System Using a Fixed Screen, Proceedings of the 11th International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT2001), pp. 42-47, 2001.

柳田康幸, 齋藤慎太郎, 矢野誠一郎, 前田太郎, 舘 暉: 頭部運動に対応した固定スクリーン型トレイグジスタンスシステムの構築, 日本バーチャルリアリティ学会第 6 回大会論文集, pp. 435-438, 2001.

## G. 知的財産権の出願・登録状況

なし

## 分担研究報告書

土居元紀

大阪電気通信大学工学部  
講師