

立石科学技術振興財団

助成研究成果集

【第10号】

平成13年(2001)



人間と機械の調和を促進する助成研究成果集

第 10 号

平成 13 年 9 月 (2001)

財団法人 立石科学技術振興財団

Tateisi Science and Technology Foundation

設 立 趣 意 書

今日、日本の科学技術の進歩・発展は著しいものがありますが、エレクトロニクス及び情報工学の分野における技術革新も、いまでは社会的・経済的にきわめて大きな影響を及ぼしています。たとえば、工場では各種工程のオートメーション化が進むとともに、オートメーション機器をコンピュータや通信機器とつなぎ、工場全体を統合的に動かすシステムの実現へと向かっています。

一方、オフィスでは、ワークステーションやパソコンなどのOA機器の普及が目覚ましく、また通信技術を利用することにより、データベースへのアクセスや情報交換も盛んになりつつあります。さらに、家庭においても、いわゆるホームオートメーション機器が浸透しはじめています。

このように、人間が働き生活する環境に、エレクトロニクス技術に支えられた各種機器がどんどん入ってきており、しかもその技術は年々高度化・システム化してきています。しかしながら、その技術革新のスピードが速いだけに、技術革新がそれら機器やシステムを使う主体である人間に及ぼす影響が十分考慮されない傾向があります。このため、本当に使いやすい機器・システムの開発が大きな課題になっています。

一方、今後の技術の飛躍的な発展のためには、人間の素晴らしい知識能力を規範にしたファジィなどの人工知能技術を確立し、使いやすい機器・システムの提供はもちろん、人間がより楽しく創造的な活動をするのに広く役立たせることが期待されます。

このような情勢に鑑み、オムロン株式会社、立石一真及び立石孝雄の醸出資金により「立石科学技術振興財団」を設立し、エレクトロニクス及び情報工学の分野で、人間と機械の調和を促進する研究及び国際交流に対し助成をおこない、技術革新を人間にとって真に最適なものとするに寄与せんとするものであります。

助成研究成果集

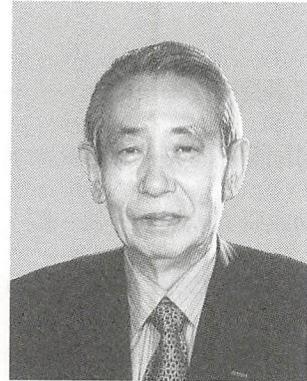
目次

1. 理事長挨拶	2
2. 財団関係者寄稿（辻 敢 監事 公認会計士）	3
3. 助成研究成果の抄録一覧	5
4. 国際交流報告の抄録一覧（平成 12 年度）	89
5. 平成 12 年度活動報告（業務日程・会計）	95
6. 平成 13 年度助成報告	96
7. 第 12 回助成金贈呈式	97
8. 受領者投稿	98
松重和美 京都大学大学院 工学研究科 電子物性工学専攻 教授	98
吉川 歩 岡山大学教育学部 情報基礎学講座 講師	99
9. 研究室訪問	100
静岡大学 工学部 システム工学科 海老澤研究室	100
10. 第 12 回（平成 13 年度）助成課題一覧	102
11. 平成 13 年度研究助成課題の紹介	104
12. 平成 14 年度助成候補募集案内	107
13. 財団の概要	109
14. 役員・評議員	110
編集後記	111

ごあいさつ

このたび、助成研究成果集第10号の発行に際し、ひとことご挨拶申し上げます。

当財団は、オムロン(株)の創業者でありました、故立石一真が卒寿を迎えましたのを機に、科学技術の分野で人間と機械の調和を促進することを趣意として設立し、本年5月には第12回目の助成金贈呈式をとり行うことができました。これも日頃からの皆様のご支援の賜と感謝いたすところでございます。



本成果集は、助成研究の成果普及活動のひとつとして毎年継続的に発行しており、助成対象となった研究課題の成果を、財団設立の趣意に沿って、方向を同じくする研究者、研究機関と共有することを目的とすると共に、研究者の相互交流の一助となることを願っております。

第10号の発行にあたり、ご寄稿いただきました研究者の皆様をはじめ、ご協力いただいた方々に厚く御礼申し上げます。

21世紀を迎えた今日、情報化と科学技術の進歩がさらに加速し発展する中で、忘れてならないのは人間が主人公の社会の回復、すなわち人間と科学技術の高次元での調和だと考えております。この人間重視の視点に立った豊かで健全な最適化社会の創造に向けて、私ども財団の助成活動がいささかでも寄与できればと願っております。

今後も引き続き、ご支援ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。

理事長 立石 信雄

人と科学技術の調和の世紀に

立石科学技術振興財団は、「科学技術と人間との調和」の理念のもと、10年余にわたり、積極的に科学技術の研究助成活動を続けてまいりました。

立派な研究成果集も拝見いたしていますが、「会計」を専門としている者にとっては、大変残念ながら、その内容はほとんど理解出来ないまま、科学技術の進歩の恩恵には、どっぷりとつからせていただいているひとりです。

生き生きとした財団の活動、企業経営の成果も、会計人が拝見するときは、無機質な数字の羅列になっています。その数字の中に、生命ある動きをみつけてゆかなければならないと、かねがね思っておりました。

最近、よく“いやし”という言葉聞くようになりました。いやしが、他から与えられるもののようにいわれていることには、抵抗を感じております。

人には、仕事の中でも、スポーツや、いろいろな趣味にでも、自分を豊かにしていけるものをもっているはずです。

私は、少年の頃、ゴッホの絵をみて、衝撃を受けました。歳を重ね、いろいろな知識とともに、多くの名画をみるようになり、素晴らしい絵画に接し、感動を得たものも多々ありますが、私の場合、いつも又、ゴッホに戻ってしまっています。

自分の天職と考えている会計の仕事の合間合間に、ゴッホを観ることが、心の糧となり、自らを昇華してくれたと思います。

数年前から、毎年アムステルダムのゴッホ・ミュージアムを訪ねるようになりました。直接に、ゴッホの麦畑や、糸杉に接しますと、ほんものの太陽を浴び、自分のまわりの空気が動いていくような躍動感をおぼえます。

ひまわりは、その旺盛な生命力のなまなましさを、黄色の絵具で固められ、陰影のない平板な彫塑のような静けさにかえられた、誰もが画きえなかった“ゴッホのひまわり”でした。

人とは、このような動と静のハザマをゆれ動きながら、生きているものではないでしょうか。

そして、とうとうパリ郊外のゴッホのお墓にお詣りをするに至りました。

狂気の中で夭折した天才の墓前で、胸中をよぎるものは大変複雑でしたが、彼が世界に遺してくれた大遺産に、感謝の花を供えてまいりました。

科学技術と、遠い存在にある人の心の技が、人々の文化として、ますます大切になってくるのではないのでしょうか。

21世紀こそ、人間と科学技術の調和の世紀であってほしいものです。



監事 辻 敢
(公認会計士 辻会計事務所 会長)

研究助成成果の抄録一覧

(年度順五十音順)

- ◆ 電気刺激閾値法による筋疲労の定量化に関する研究 (991004) 8
Evaluation of Muscle Fatigue with Electro-stimulus threshold
岡 久 雄 岡山大学医学部 教授

- ◆ 仮想網膜の実現 (991005) 12
Realization of Virtual Retina based on Retinal Physiology
神 山 齊 己 愛知県立大学情報科学部 助教授

- ◆ 人間の身体運動に及ぼす筋腱複合体の特性の影響に関する総合的研究 (991007) 16
A Comprehensive Study on Morphological and Functional Characteristics
of Muscle-Tendon Complex and Their Implications for Human Movements
川 上 泰 雄 東京大学大学院生命環境科学系
身体運動科学研究室 助教授

- ◆ 多段階の詳細なインタラクションを考慮した仮想道具による
物体操作インタフェース (991010) 21
Virtual Object Manipulation Interface using Multiple Exact Interactions
北 村 喜 文 大阪大学大学院工学研究科 助教授

- ◆ 人間型ロボットの遠隔操縦に関する研究 (991011) 25
Study on Teleoperation of Humanoid Robot
近 野 敦 東北大学大学院工学研究科 助教授

- ◆ 聞き分け機能の実現に関する研究 (991014) 29
Study on the Cocktail Party Effect Problem
曹 建 庭 上智大学理工学部 助手

- ◆ 解剖学的知識に基づいた表情認識によるヒューマンインタフェースの向上 (991016) 33
Improvement of Human Interface by Recognizing Facial Expressions
Based on Anatomical Knowledge
中 谷 広 正 静岡大学情報学部情報科学科 教授

- ◆ XML と対話ライブラリを利用した汎用音声対話インタフェースの開発 (1001001) 37
Development of General Purpose Dialogue Interface using XML and Dialogue Library
荒 木 雅 弘 京都工芸繊維大学工芸学部電子情報工学科 助教授

- ◆ 集積回路に内蔵可能な超小形電源の研究開発 (1001003) 41
 Development of Micro-Size Power Supplies which can Built-In IC Form
 大 田 一 郎 熊本電波工業高等専門学校情報通信工学科 教授

- ◆ 音声ブラウザにおける知的情報提示のためのテキスト処理に関する研究 (1001004) 45
 Text Processing for Intelligent Information Presentation
 奥 村 学 東京工業大学精密工学研究所 助教授

- ◆ 線形勾配磁界を用いた物体の3次元位置・姿勢の高速検出法の研究 (1001007) 48
 Development of a Fast Motion Tracking Method using a Linear Gradient Magnetic Field
 笹 田 一 郎 九州大学大学院総合理工学研究院 教授

- ◆ 多重画像統合に基づく視覚情報抽出および画像再現に関する研究 (1001009) 55
 Visual Information Extraction and Reproduction of Wide Dynamic Range
 Image using Multiple-Image-Integration
 中 内 茂 樹 豊橋技術科学大学工学部情報工学系 助教授

- ◆ 複数の人間の知識・技能の協調的獲得機能の研究 (1001010) 59
 Studies on Cooperative Knowledge Acquisition for Multiple Persons
 西 田 正 吾 大阪大学大学院基礎工学研究科 教授

- ◆ 状況変化に対応可能なアクティブステアリング技術に関する研究 (1001012) 63
 Active Steering Systems Adaptable to Variable Situations
 深 尾 隆 則 京都大学大学院情報学研究所 助手

- ◆ 地球環境汚染ガス計測用超高感度知能化シリコンガスセンサに関する研究 (1001013) 67
 Highly Sensitive Intelligent Silicon Gas Sensors for Detecting Gas
 to the Pollution of Earth Environment
 福 田 永 室蘭工業大学工学部 助教授

- ◆ 統報情報に基づく複数文書の要約技術に関する研究 (1001014) 71
 Extracting Key Paragraph based on Topic Tracking
 Towards Multi-Document Summarisation
 福 本 文 代 山梨大学工学部 助教授

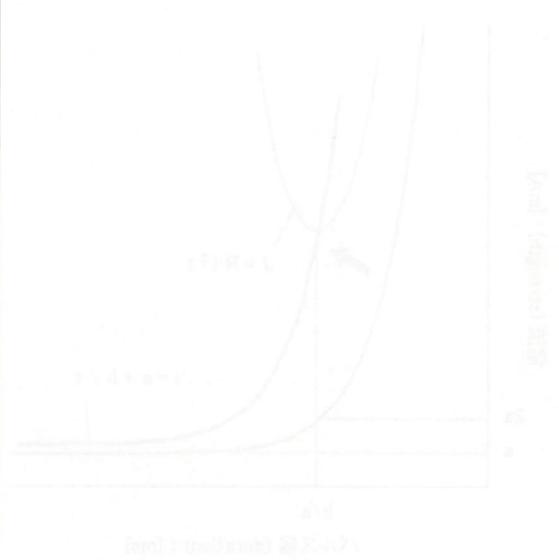
- ◆ 臭い識別センサの基礎的検討 (1001015) 75
 Basic Study of Smell Sensor
 藤 本 晶 和歌山工業高等専門学校電気工学科 教授

- ◆ シリコン静電容量式 3 軸加速度センサの高感度化に関する研究 (1001016) 81
Study of High-sensitive Silicon Capacitive Three-axis Accelerometer

松本佳宣 慶応義塾大学理工学部物理情報工学科 専任講師

- ◆ 触覚を用いた視覚・聴覚重複障害者のための音響情報呈示装置の基礎研究 (1001019) 85
A Basic Study on a Device of Presenting Sound Information
to the Deaf-Blind by using Tactile Sense

和田親宗 北海道大学電子科学研究所 助手
(現所属: 九州工業大学大学院生命体工業研究科 助教授)



電気刺激閾値法による筋疲労の定量化に関する研究

Evaluation of Muscle Fatigue with Electro-stimulus threshold

991004

研究代表者	岡山大学医学部教授	岡 久 雄
共同研究者	岡山大学医学部教授	岡 本 基
	岡山大学大学院自然科学研究科	宮 島 智

[研究の目的]

本研究は、ハイテク化、情報化、少数精鋭化などに追従できない狼狽や焦燥感、リストラや複雑な人間関係に悩まされている現代人が、常日頃感じる肩凝り感や筋疲労感を、独創的な電気刺激閾値法を用いて、客観的・定量的に評価するシステムの開発を目指すものである。従来行われてきた筋疲労や疲労感覚の評価は、自覚症状や生理検査、筋電図などで、身体および精神疲労を個別に測定するものであったが、本研究の電気刺激閾値法は、疲労に伴う筋機能の低下のみならず、精神的な感覚も同時に評価できる特徴を有する。すなわち、筋の刺激強度-パルス幅曲線 (S-D 曲線) および筋の酸素消費量を測定し、筋自身の機能低下を同定することによって、筋疲労感の身体的要素と精神的感覚とを分離し、疲労に伴う刺激閾値の変化から筋疲労感の定量化を目指すものである。

[研究の内容、成果]

1. 筋の電気刺激

骨格筋の運動点に、筋線維の動員閾値以上の電気パルスを加えると、筋線維は収縮・伝播して、筋全体が固有振動する。図1は刺激電流パルス幅を変化させながら、筋振動を誘起する刺

激電流の閾値をプロットした曲線で、強さ-期間曲線 (S-D 曲線) と呼ぶ。同図に示すように、S-D 曲線は Weiss の実験式 $i = a + b/t$ で表されるが、 a (基電流: rheobase) は刺激時間を十分に長くしたときの電流値、 b/a (クロナキシー) は最小のエネルギーで筋を振動させることができる刺激時間、パルス幅である。一般に骨格筋では、 $0.1 \sim 0.3$ ms が正常範囲とされている。また b は曲線の傾きを表し、同図に示すように b が大きくなると傾きは急になって右傾化し、末梢神経障害の診断や経過観察を行うことができる。

また生体の感知電流についても、同様な測定

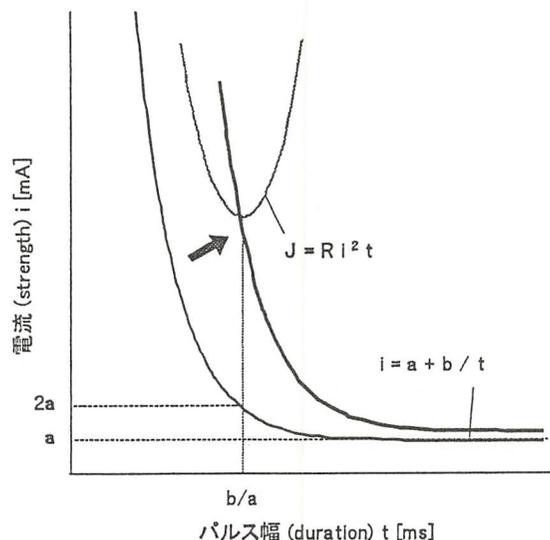


図1 S-D 曲線

を行うと、S-D 曲線のような特性を得ることができ、後述するように、この曲線は疲労感あるいは覚醒レベルに応じて右傾化する。

2. 電気刺激システムの構成

2.1 システムの概要

筋及び感知電流の S-D 曲線を得るためには、刺激電流パルスの幅および振幅を変えて測定を行う。本システムでは電気刺激による筋振動を加速度計で検出し、その周波数特性に着目した。予め筋振動の基礎特性について検討したところ、刺激パルス幅および振幅を変えても、100 ms、15 mA 以下の電流パルスでは筋振動のスペクトル振幅は変化するが、主要な固有振動数にはほとんど変化がないことがわかった。そこで (1) S-D 曲線を得るための時間をできるだけ短く、(2) 測定結果の正確さ及び再現性が十分にあり、(3) 測定を自動で行う計測・制御システムの開発を目指した。開発した電気刺激システムの構成を図 2 に示す。本システムはノートパソコン、PC カード、インタフェース回路 (電流パルス発生回路および加速度信号増幅回路)、加速度計 (IC Sensors 3031-02, ± 2 G) および刺激電極 (ソリッドゲル型 Ag-AgCl 電極) と不関電極 (ソリッドゲル型低周

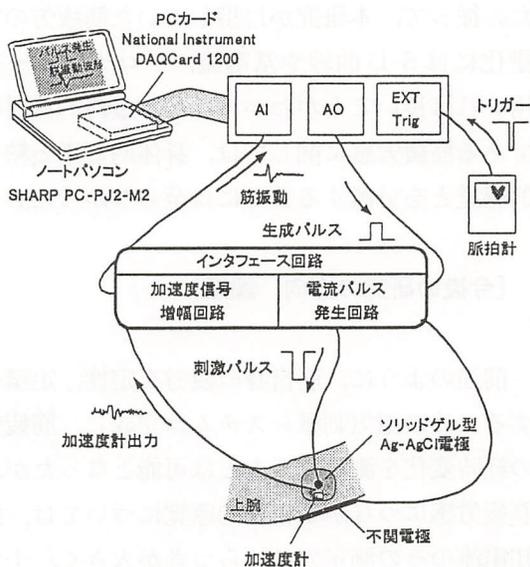


図 2 測定システム構成

波治療用湿式電極パッド) で構成される。感知電流を測定するためには、同様の電極を反対側にも貼り付ける。

本システムでは、(1) 筋自身の疲労を計測する、(2) 感知電流を測定する、という 2 段階に分けて計測を行う (実際には、測定筋の対称部位にも電極をつけ、交互に測定を行う)。まず、筋の疲労を同定するために、筋の S-D 曲線の測定を行う。予備測定として、測定対象筋の固有振動数および基電流を求め、次に本測定では、パルス幅の大きい方 (100 ms) から小さい方 (0.047 ms) へ順に 100, 25, 10, 2.5, 1, 0.25, 0.1, 0.06, 0.047 ms と 9 種類のパルス幅で、そして各パルス幅では電流値の小さい方から大きい方へ順次変えて測定を行う。例えば、各パルス幅において振幅を増加させていくと、途中で加速度計によって筋振動が検出され、パソコンに加速度信号が取り込まれる。そして加速度信号を周波数解析し、予備測定で求めた設定固有振動数と一致し、かつ予め設定したスペクトル振幅の閾値以上となれば、筋の収縮・振動が開始されたと判断し、このときのパルス幅、振幅を S-D 曲線の 1 点とする。順次この作業を繰り返しながら、S-D 曲線を完成する。

2.2 心拍性ノイズの除去

本システムを用いて筋を電気刺激し、筋振動を検出する際、安静時の筋振動の加速度信号に心拍性のノイズ (脈波) が重畳されて検出される場合がある。このような場合には、筋振動の開始を誤認することがあり、正確な S-D 曲線を求めることができない。本システムでは心拍性のノイズの影響を避けるために、心拍成分と電気刺激および筋振動波形が重複しないように、指尖部に取り付けたパルスオキシメータ (Model 8500, NONIN Medical Inc.) で検出する脈波信号をトリガー信号として、図 3 に示すようなタイミングで測定を行った。

2.3 刺激システムの評価

開発した電気刺激システムを用いて、骨格筋の S-D 曲線および感知電流の測定を行った。

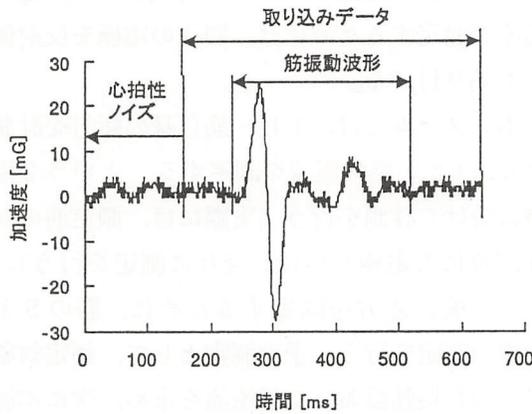


図3 取込まれた筋振動波形

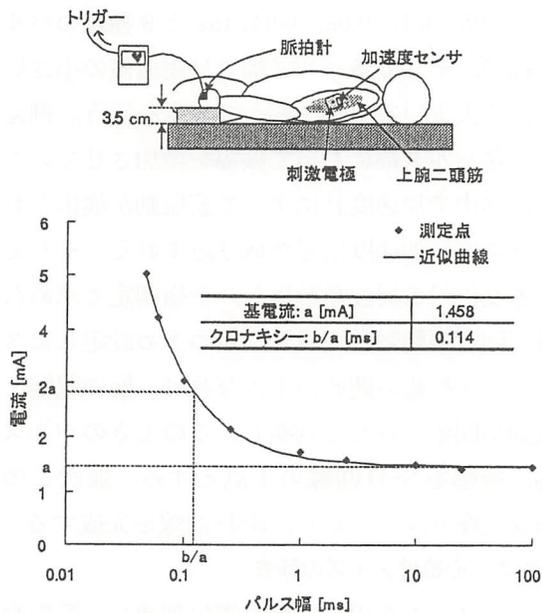


図4 本システムによる測定方法と結果

被験者は20代男性で、S-D曲線の測定箇所は左上腕二頭筋で、図4に示すように、安静仰臥位で左手首を高さ3.5 cmの台に置き、運動点上に刺激電極を貼りつけた。同図の◆は測定点で、曲線はWeissの式を用いた最小二乗近似である。また基電流は1.458 mA、クロナキシーは、0.114 msであり、一般的な骨格筋の正常値の範囲に入っていた。1本のS-D曲線を得るのに約1分10秒かかったが、被験者を変えて測定を行っても、ほぼ同様な結果が得られた。

3. 筋の疲労計測

3.1 実験方法

本システムを用いて、筋疲労の測定を行った。測定箇所は左腕の上腕二頭筋で、図4と同様に安静状態とし、負荷状態では左手首の下の3.5 cmの台を取り除き、5 kgの負荷を手首にかけた。1回の負荷時間は10秒、除荷した後、測定を行い、これを30分間繰り返し、負荷前後の測定も加えて疲労の経時変化を測定した。同時に指尖において、パルスオキシメータによりSpO₂、左腕および右腕の上腕二頭筋において、感知電流の測定を行った。

3.2 実験結果及び考察

図5に筋自身のS-D曲線の経時変化を、図6に、その基電流とクロナキシーの変化を示す。同図より負荷をかけて筋疲労が進展しているときはS-D曲線が右傾化し、基電流とクロナキシーも上昇し、疲労が回復する過程においては、その逆の傾向をとる様子がわかる。またこれは被験者の主観度曲線とも一致していた。しかし、同時に測定した指尖部でのSpO₂はほとんど97~98%で推移し、この程度の疲労ではSpO₂に顕著な変化が出なかった。左右腕の感知電流のS-D曲線も、図5に示す筋のS-D曲線の変化と同様な傾向を示したが、図6ほど明らかな疲労進展と回復期を示すものではなかった。従って、本研究が目指していた筋疲労の定量化にはS-D曲線や基電流、クロナキシーを用いれば良いことがわかったが、最終的な目標である筋疲労感に関しては、身体的要素と精神的感覚とを分離するまでには至らなかった。

[今後の研究の方向、課題]

前述のように、筋自身の疲労を定性、定量化するための電気刺激システムは完成し、筋疲労の経時変化を測定することは可能となったが、筋疲労感につながる精神的感覚については、感知電流のみの測定ではばらつきが大きく、十分な精度を確保することができなかった。今後は

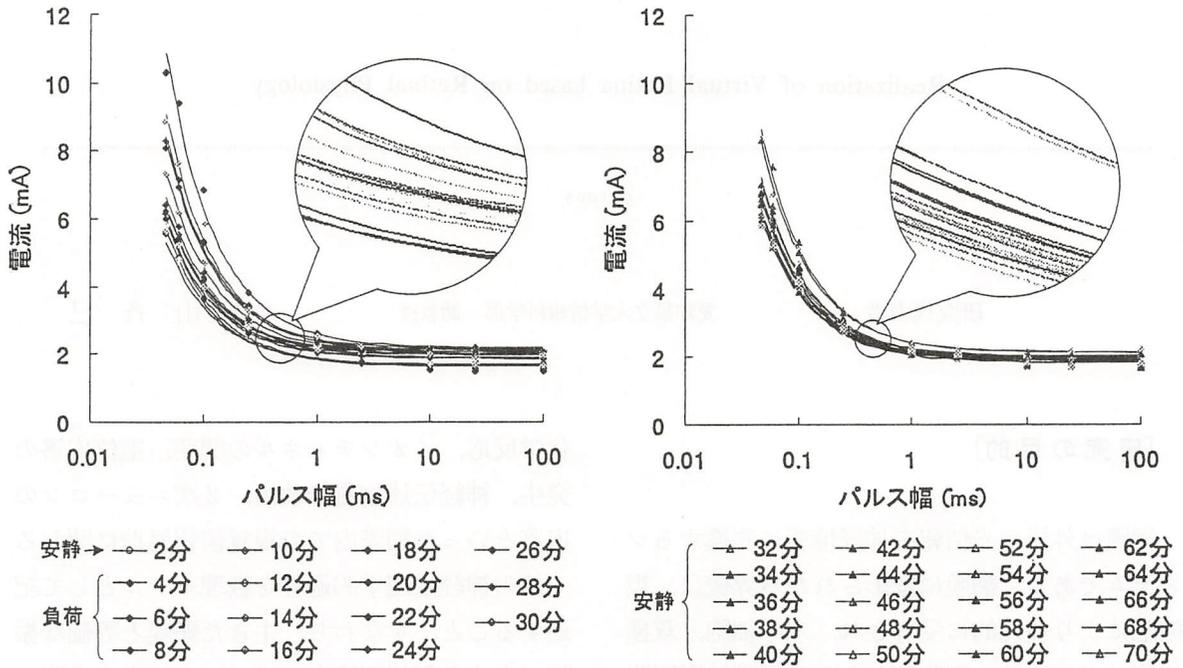
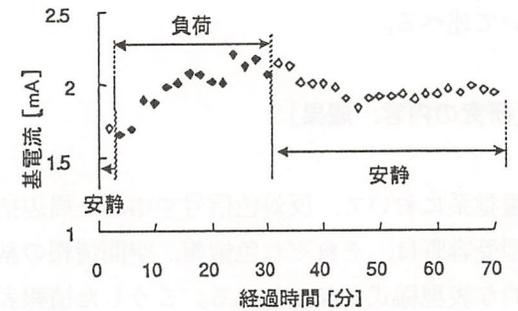
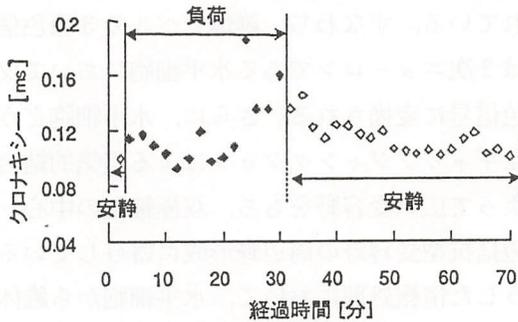


図5 筋疲労時のS-D曲線の変化



(a) 基電流の変化



(b) クロナキシーの変化

図6 筋疲労時のパラメータ変化

GSR の測定やフリッカなどを併用したいと考える。

[成果の発表, 論文等]

- 1) 宮島 智, 岡 久雄: 筋の振動特性とクロナキシー自動計測システムの開発, 信学技報, Vol. 100, pp. 9-16 (2000)。
- 2) 岡 久雄, 宮島 智, 安原清隆, 岡本 基: コンピュータ制御によるクロナキシー自動測定システムの開発, バイオメカニズム 15, 東京大学出版会, pp. 41-50 (2000)。
- 3) 岡 久雄, 宮島 智, 岡本 基: 電気刺激による筋振動および筋疲労の計測, 第15回生体・生理工学シンポジウム論文集, pp. 135-138 (2000)。
- 4) 岡 久雄, 宮島 智: 筋の振動特性に着目したクロナキシー測定システムの開発, 第17回バイオメカニズム・シンポジウム (2001)。

仮想網膜の実現

Realization of Virtual Retina based on Retinal Physiology

991005

研究代表者

愛知県立大学情報科学部 助教授

神山 斉己

[研究の目的]

網膜は外界の光情報を神経情報に変換するシステムである。網膜に投影された外界像は、視細胞により並列的に受容され、水平細胞、双極細胞、アマクリン細胞等からなる網膜神経回路による実時間並列情報処理を受け、神経節細胞で神経インパルス列に変換され、視神経を介して脳へと伝達される。脳ではそうした情報を基に、物体の形や色、動き等を認識する。こうした網膜における視覚情報処理機構の解明は、アナログVLSI技術による人工網膜やビジョンチップなど次世代視覚情報処理システム開発をはじめ、ポケモン騒動に見られたようなテレビやコンピュータディスプレイに表示される画像の安全性の評価といった、人に優しい視覚刺激の生成とその評価システム開発の上でも重要な課題といえる。

こうした網膜の情報処理機構の解明において、神経生理学的な研究によって得られた網膜内神経細胞のイオン電流機構、シナプス伝達機構、神経細胞間の結合様式などに関する個々の知見を統合した数理モデルの構築とシミュレーション解析は、個々の要素レベルの特性が網膜機能にどのような具体的な影響を及ぼすかなどを解析する上で極めて有効な手法となっている。

本研究は、イオン電流機構と細胞内情報伝達機構に基づいた網膜神経細胞の数理モデルの構築、および、シナプス伝達機構のモデル化を行い、光量子の受容をトリガとした視細胞内の生

化学反応、イオンチャネルの開閉、電位応答の発生、神経伝達物質の放出、2次ニューロンの応答といった網膜内での視覚情報処理に関わる一連の神経生理学的過程を数理モデルとして記述すること、すなわち、生きた網膜と等価な振舞いをする仮想網膜をコンピュータ上に実現することを目的としている。以下では、網膜内での色情報処理を中心に本研究で得られた成果について述べる。

[研究の内容、成果]

視覚系において、反対色信号や中心-周辺拮抗型受容野は、それぞれ色情報、空間情報の基本的な表現様式となっている。こうした情報表現は網膜の初期神経回路である外網状層で確立されている。すなわち、錐体レベルの3原色信号は2次ニューロンである水平細胞において反対色信号に変換される。さらに、水平細胞どうしはギャップジャンクションによる電氣的結合によって広い受容野をもち、双極細胞の中心-周辺拮抗型受容野の周辺野形成に寄与している。こうした情報処理において、水平細胞から錐体へのフィードバックが重要な役割を果たすと考えられている。従来、このフィードバックは水平細胞から錐体へのGABAを伝達物質とする化学シナプスにより実現されると考えられてきた。一方、最近、水平細胞の応答が錐体シナプス終末部のCa電流の特性を変化させる新しいフィードバック機構の存在が実験的に示された。

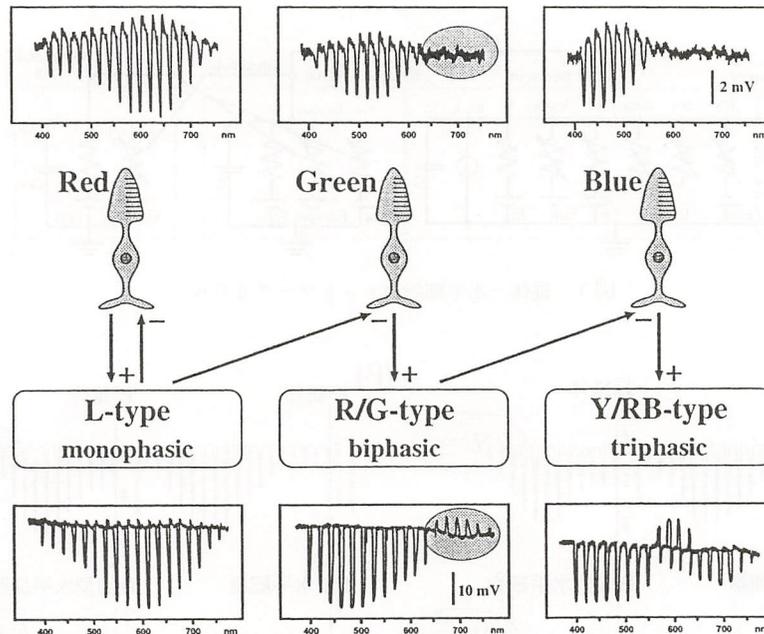


図1 錐体, 水平細胞のスペクトル応答特性とシナプス結合モデル

しかしながら, これらのフィードバック機構が外網状層で観測される各細胞の応答に具体的にどのような役割を果たすのか, 反対色信号をどのように作り出しているのか, その詳細は明らかになっていない。

そこで, 本研究では, 外網状層の数理モデルを構築し, GABA によるフィードバック機構とシナプス終末部の Ca 電流の特性変化によるフィードバック機構が, 外網状層各部の応答にどのような影響を及ぼすかをシミュレーションによって解析した。

1. 網膜外網状層の反対色信号生成とフィードバック機構

3 種類の錐体視細胞によって 3 原色信号として受容された光情報は, 2 次ニューロンである水平細胞において色覚発現に重要な反対色信号へと変換される。図 1 は, 単波長のフラッシュ光に対する錐体, 水平細胞の応答と従来の錐体-水平細胞間のシナプス結合モデルを描いたものである。このモデルでは, 錐体から水平細胞への信号伝達では符号が保存され, 水平細胞から錐体への信号伝達では符号が反転するネガティブフィードバック結合をもっている。例え

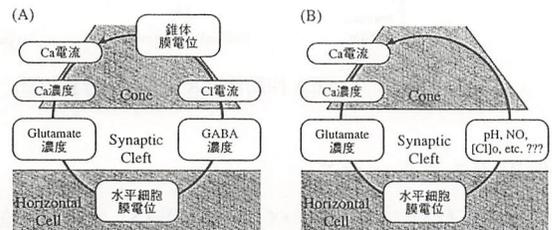


図2 GABA 作動性 (A), Ca 依存性 (B) フィードバック仮説

ば, R/G 型水平細胞の光応答は, 短・中波長光は緑錐体からの直接入力によって生じるが, 長波長光では L 型水平細胞からのネガティブフィードバックによって生じるものと考えられている。フィードバックの具体的な機構としては, GABA 作動性シナプスによる機構 (図 2 (A)), および, 錐体シナプス終末部の Ca 電流変化に由来する機構 (図 2 (B)) の 2 つの仮説が提案されている。

GABA フィードバックの場合, 水平細胞の過分極応答によって, GABA 放出量が減少し, 錐体の GABA 感受性 Cl 電流が減少する。その結果, 錐体の脱分極→膜電位依存性 Ca 電流の活性化→シナプス終末部の Ca 濃度上昇→グルタミン酸放出量の増加によって, 水平細胞の過分極を抑制する抑制性フィードバックとして

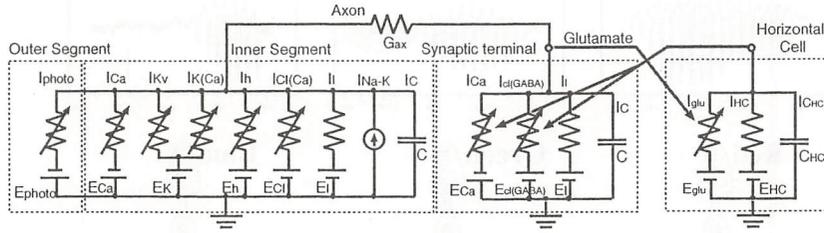


図3 錐体-水平細胞のネットワークモデル

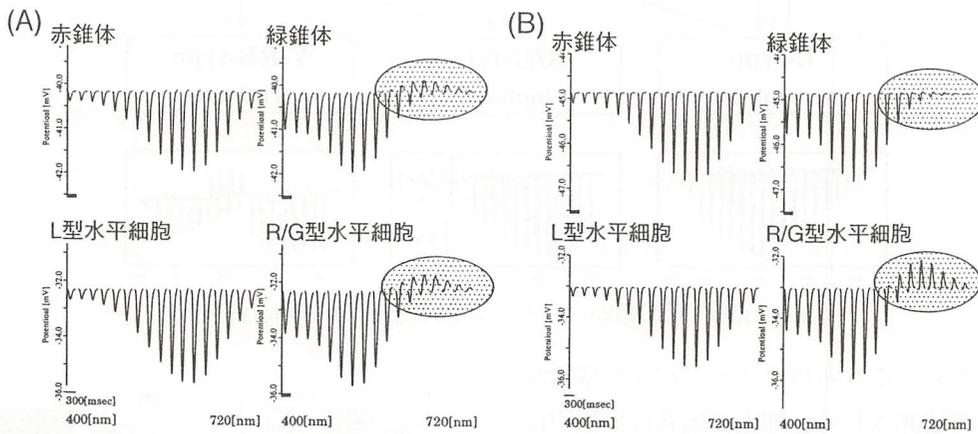


図4 GABA 作動性 (A), Ca 依存性 (B) モデルによる錐体, 水平細胞のスペクトル応答特性

作用することになる。

Ca 依存性フィードバックの場合, 水平細胞の過分極応答に伴って, シナプス部の局所電流, pH, NO, グルタミン酸, Cl イオン濃度などのいずれかの要因変化によって, 錐体シナプス終末部の Ca 電流の I-V 特性が直接的に変化すると考えられる。そのため, 膜電位依存性 Ca 電流の活性化→シナプス終末部の Ca 濃度上昇→グルタミン酸放出量の増加によって, 抑制性フィードバックとして機能することになる。

2. 錐体-水平細胞のネットワークモデル

水平細胞から錐体へのフィードバック機構を解析するにあたり, まず, 錐体外節, 錐体内節, 錐体シナプス終末部に関する個々のモデルを統合し, 錐体全体の数理モデルを構築した。次いで, 水平細胞モデルと結合することによって, 錐体-水平細胞のネットワークモデルを構築した。図3は, モデルの等価回路である。なお, 各錐体, 各水平細胞間の結合は図1のカスケー

ド構造に従っている。

3. シミュレーション解析

錐体, 水平細胞のスペクトル応答特性は, 図1に示したように, 錐体レベルでは3原色であるが, 水平細胞レベルでは反対色に変換されている。反対色応答が最初に現れる R/G 型水平細胞では, 長波長光に対して脱分極応答するが, その前段である緑錐体では光応答が見られないという特徴がある。そこで, こうした応答特性に着目し, 2種類のフィードバック機構が, 錐体, 水平細胞の応答にどのような影響を及ぼすかをシミュレーション解析した。なお, シミュレーションは, 一方のフィードバック機構のみを機能させた条件下で行った。

図4 (A)は, GABA フィードバックを導入したモデルの赤・緑錐体内節部, L型・R/G型水平細胞のスペクトル応答特性である。長波長刺激に対し, 緑錐体, R/G型水平細胞の両方に脱分極応答が生じていることがわかる。

一方、図4(B)は、Ca依存性フィードバックを導入したモデルの赤・緑錐体内節部、L型・R/G型水平細胞スペクトル応答特性である。長波長光に対し、R/G型水平細胞のみに脱分極応答が生じ、緑錐体はほとんど応答しないことがわかる。

以上のように、フィードバック機構の違いによって、長波長光に対する緑錐体内節部の応答に変化が現れた。そうした応答の違いを生じさせるメカニズムは次のように考えられる。

図2(A)のように、GABAフィードバックでは、GABAは錐体のGABA感受性Cl電流を減少させるため、錐体の膜電位はClの平衡電位(-67[mV])から離れ、脱分極側にシフトする。この際生じた電位変化が内節の脱分極応答として観測される。一方、図2(B)のCaフィードバックでは、錐体の膜電位変化を伴わず、直接Ca電流にフィードバックするため、内節部では脱分極応答が観測されないと考えられる。

4. 結果のまとめ

本研究では、網膜神経回路の生理学的な知見に基づいた数理モデルを構築し、色情報処理に関連するGABAによるフィードバック機構とシナプス終末部のCa電流の特性変化によるフィードバック機構の具体的な働きをシミュレーションによって解析した。錐体、水平細胞のスペクトル応答特性を対象にシミュレーションを行ったところ、GABAを介したフィードバックを持つモデルでは、錐体内節部において実験的には観測されない脱分極応答が生じてしまうことがわかった。一方、シナプス終末部のCa電流の特性変化によるフィードバックを持つモデルは、反対色信号生成過程を再現できることがわかった。これらの結果は、水平細胞から錐体へのフィードバックには、シナプス終末部のCa電流の特性変化が重要な働きをしていることを示唆するものである。

[今後の研究の方向, 課題]

最近の網膜生理学の研究では、本研究で示した色情報処理をはじめ、過去半世紀の間に積み上げられてきた網膜の情報処理に関する概念的なモデルを次々と覆すような実験結果が報告されている。今後、そうした新しい知見を含めた数理モデルの構築を行い、網膜に関する知見を集大成した仮想網膜の実現を進め、網膜の具体的な情報処理機構の解明を行うと共に、仮想網膜を応用した研究を展開していきたい。

[成果の発表, 論文等]

- 1) Kamiyama, Y., Aoyama, T. and Usui, S.: Analysis of the spatio-temporal characteristics of the rod photoreceptors by the ionic current model, Society for Neuroscience 29th Annual Meeting, Vol. 25, 1431, 575.14 (1999).
- 2) 石原彰人, 神山斉己, 白井支朗: イオン機構に基づく網膜オン型双極細胞シナプス終末モデル, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J 83-D-II, pp. 723-731 (2000).
- 3) Aoyama, T., Kamiyama, Y., Usui, S., Blanco, R., Vaquero, C.F. and de la Villa, P.: Ionic current model of rabbit retinal horizontal cell, Neuroscience Research, Vol. 37, pp. 141-151 (2000).
- 4) 神山斉己, 太田善士, 白井支朗: 網膜水平細胞から錐体へのフィードバック機構に関するシミュレーション解析, 第15回生体・生理工学シンポジウム論文集, pp. 385-388 (2000).

人間の身体運動に及ぼす筋腱複合体の 特性の影響に関する総合的研究

A Comprehensive Study on Morphological and Functional Characteristics
of Muscle-Tendon Complex and Their Implications for Human Movements

991007

研究代表者	東京大学大学院生命環境科学系 身体運動科学研究室	助教授	川上 泰雄
共同研究者	東京大学大学院生命環境科学系 身体運動科学研究室	助教授	金久 博昭
	東京大学大学院生命環境科学系 身体運動科学研究室	助教授	深代 千之
	東京大学大学院生命環境科学系 身体運動科学研究室	助手	久保 啓太郎

[研究の目的]

身体運動は、骨格筋の力が筋線維と腱組織の相互作用を通じて外部に現れた結果として生じる。骨格筋およびそれが付着する腱組織はそれ故「筋腱複合体」としてその機能を評価する必要がある。従来は屍体解剖や動物の摘出筋を用いた実験、もしくはモデリング実験などによって、人間の生体の筋腱複合体の特性や身体運動におけるその役割などについて推定されてきた。しかし、身体運動のメカニズムを探るためには、収縮中の筋腱複合体の特性を把握する必要性が指摘されている。本研究では、人間の生体において、筋腱複合体の特性を実測し、身体運動におけるその機能的意義について総合的に検討することを目的とした。

[研究の内容、成果]

1. 人間生体における筋腱複合体の特性の非侵襲的計測
筋腱複合体を筋組織（筋線維）と腱組織に分

け、それぞれの特性（筋特性、腱特性）を人間生体について定量化することを試みた。生体での筋腱複合体の可視化のために、超音波組織断層法を用いた。この方法によって、筋束や腱組織を映像化することができ（図1）、収縮による変化をリアルタイムに観察することができた。

腱特性については、腱組織が課された負荷に応じて伸張する性質を利用した。被験者が関節を固定した状態で力を発揮（「等尺性収縮」）した場合、筋の全長は変化しないが、Bモード超音波法によって筋線維の動態をリアルタイムに観察したところ、力発揮レベルの増加に伴って筋線維は短縮した（図2）。これは筋線維と直列につながった腱組織が伸張されたことを示している。この現象を応用して、力発揮レベルを

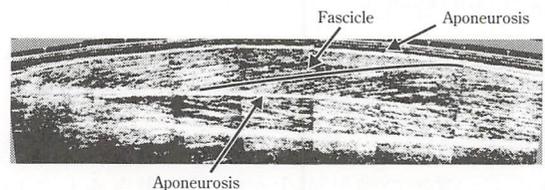


図1 人間の骨格筋（外側広筋）の超音波縦断画像。筋束（fascicle）および腱組織（この画像では腱膜 aponeurosis）を映像化した

徐々に増加させたときの筋の短縮量を B モード超音波法により実測し、これから腱組織の伸

張量を求めた。筋力計より同時に求めた関節トルクから腱方向に筋が発揮した力を計算し、腱組織の負荷—伸張量関係を求め、腱組織の弾性（スティフネス、腱特性）を得た（図3）。得られた値は屍体の腱組織の引っ張り試験から求められたものと類似していたが、大きな個人差があることが明らかになった。興味深いことに、筋力の高い、すなわち、筋量の多い被験者の腱伸張量が必ずしも大きいわけではなく、筋特性と腱特性は独立したものであることが示唆された。

次に、筋特性については、筋の力発揮特性に着目した。筋の力発揮特性は筋量以外にも筋の長さの影響を受ける。これは骨格筋を構成するサルコメアの長さ—力関係を反映している。そこで、人間生体について筋の長さとの関係について検討を加えた。6名の男性被験者について、Bモード超音波装置を用いて、下腿三頭筋（腓腹筋、ヒラメ筋）の形状（筋束長・羽状角 [筋束の腱膜に対する傾斜角]）を求めた。被験者は膝関節角度と関節底屈角度を変化させた様々な肢位をとり、安静位の維持および等尺性最大随意足底屈運動を行った。腓腹筋、ヒラメ筋ともに、筋束長・羽状角は関節角度に依存して変化し、形状が関節位置（肢位）に依存する

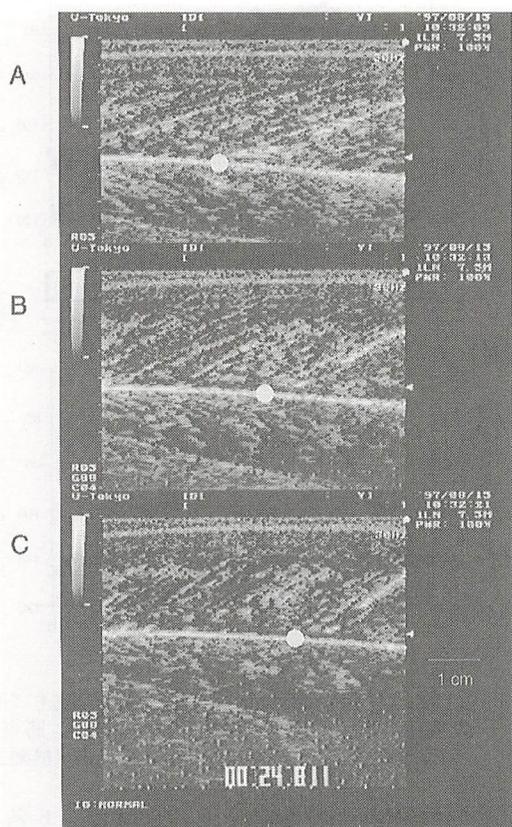


図2 収縮中の筋腱複合体（下腿三頭筋）の超音波縦断画像。A：安静時，B：50%レベル，C：100%レベルの収縮時。図中の○印は特定の筋束と腱膜の結合部を示す

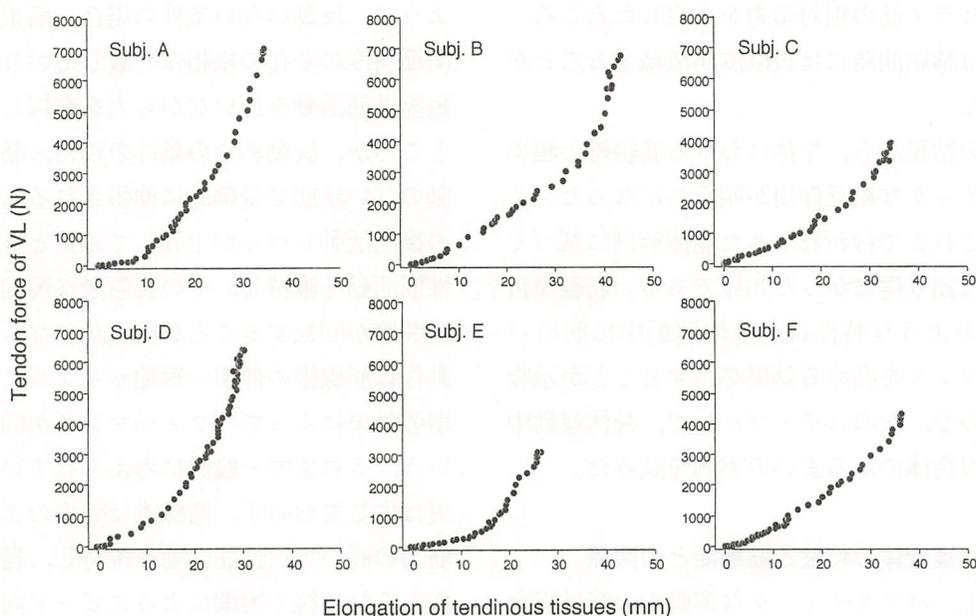


図3 腱組織伸張量と推定腱張力の関係（6名の被験者のデータ）

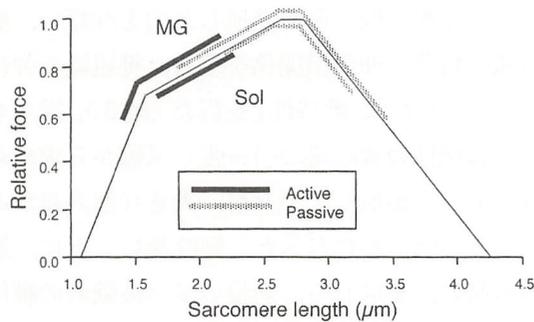


図4 下腿三頭筋の長さ-力関係
腓腹筋 (MG) およびヒラメ筋 (Sol) のデータを安静時 (Passive) および最大収縮時 (Active) について示す。生理的範囲で使われるのは長さ-力カーブの一部であり、収縮によってその部分がシフトした

ことが示された。また、等尺性筋活動によって筋束は肢位によっては30%もの短縮を示し、腱組織の伸展性の高さをうかがわせた。筋束長変化および屍体筋の解剖データから、各筋がサルコメアの長さ-力関係のどの部分を使っているかを求めたところ、安静時では両筋ともに上行脚上部、至適域、下降脚の範囲であったが、筋活動時には上行脚上部～至適長の間のみをわたり、腱組織の伸張によって筋線維の長さ-力関係がシフトすることがわかった (図4)。また、羽状角も大きな変化を示し、全筋の力発揮特性への影響の大きさが伺えた。サルコメアの長さ-力関係および羽状角の影響を考慮した腓腹筋とヒラメ筋の相対張力を推定したところ、腓腹筋は膝屈曲時には貢献度が激減することが示された。

以上の結果から、生体における筋線維と腱のダイナミックな相互作用が明らかになった。これは、これまで行われてきた屍体解剖に基づく方法では知り得なかった知見である。筋腱複合体のこのような特性は、身体運動中に筋のパフォーマンスを高める効果を有することが示唆されたので、次のステップとして、身体運動中の筋腱複合体のふるまいの実測を試みた。

2. 筋腱複合体の特性と筋機能との関係

実験1. バリスティックな運動中の筋腱複合体のふるまい

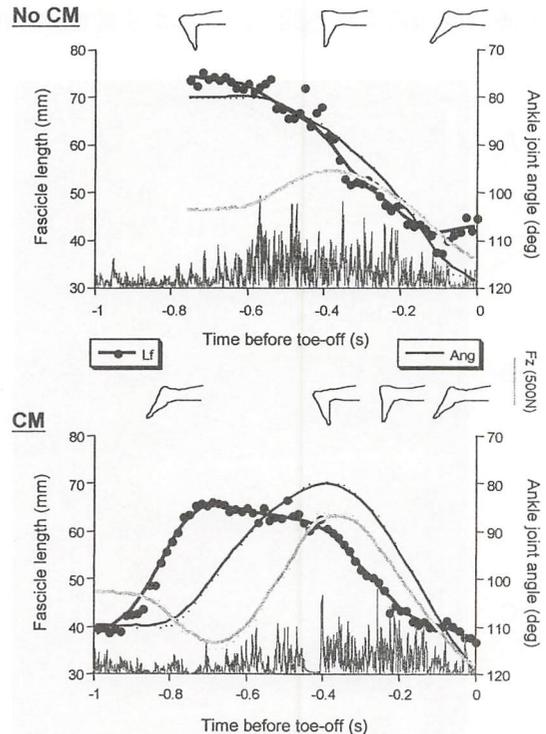


図5 足関節のみを用いた反動なし (上) およびあり (下) の条件のジャンプ中の関節角度 (Ang), 筋束長 (Lf), 床反力 (Fz), および腓腹筋筋放電 (横軸上)

足関節底屈筋群を対象とし、被験者 (6名の健常男性) が最大努力でジャンプ動作 (足関節のみを用いたホッピング) を行ったときの筋腱複合体のふるまいを特別に作製した筋力計および超音波装置を用いて観察した。図5に示したように、反動のない条件の場合、筋束の短縮と関節角度の変化の様相は一致しており、筋束は短縮性筋活動を行いながら力を発揮していた。ところが、反動ありの条件の場合、筋束は筋活動のない状態で受動的に伸張されるものの、その後筋活動レベルが上昇してきたときには等尺性筋活動を維持し、その後急激な短縮とともに足関節が回転することが明らかになった。反動動作は筋線維の伸張-短縮サイクルによる筋力増強効果によってパフォーマンスが向上するという、これまで一般的に考えられていた現象は実は生じておらず、筋線維は効率のよい、発揮筋力の高い等尺性筋活動を維持し、腱組織の伸張とそれに続く短縮によるスピード向上効果を利用してパワーを高めていることがわかった。

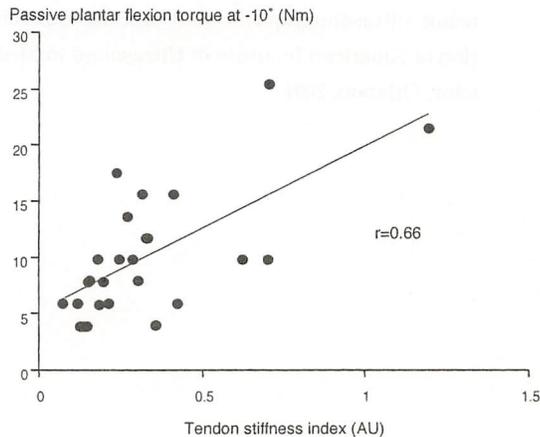


図6 腱スティフネス指標と受動トルクの関係

実験2. 柔軟性の規定因子の解明

関節可動域（柔軟性）は身体運動のパフォーマンスと密接に関わっているにもかかわらず、そのメカニズムには不明な点が多い。この実験では、柔軟性と筋腱複合体のふるまいの関係について検討した。被験者は29名の腱常者で、年齢は21歳～70歳にわたっていた。被験者の足関節を底屈位から背屈位置まで様々な角度で固定したときの受動トルクを計測するとともに、超音波装置を用いて、筋線維の伸張量を求め、腱組織の伸張量を推定した。腱伸張量とトルクとの間の関係の回帰係数を腱スティフネス指標として定義した。腱スティフネス指標には個人差が認められたが、年齢と有意な関係は認められなかった。このことから、加齢によって腱組織や筋線維の力学的特性が変化するとは言いえないことがわかった。受動トルクと腱スティフネス指標の間には正の相関関係を認められた（図6）。一方、筋線維伸張量と受動トルクの間には有意な関係は認められなかった。この結果は、柔軟性（ここでは受動トルクの大きさとして定義）は、筋線維の伸展性よりも腱組織の伸展性が大きく影響を及ぼすことを示唆している。つまり、腱組織の伸展性が低い（スティフネスが高い）人は、腱の伸張量が少なく、一定角度の足関節の背屈を行ったときの受動トルクの増加が大きくなる、というメカニズムを通して柔軟性が少なくなることが示唆された。

[今後の研究の方向, 課題]

本研究の結果、筋腱複合体の特性が筋の機能（能動的・受動的なパフォーマンス）に大きく影響していることが明らかになった。腱組織の特性には大きな個人差が存在し、このことが筋機能の個人差に結びついていることが示唆される。今後は、筋腱複合体の形態的・機能的特性のさらなる解明をめざすとともに、筋腱複合体の特性の観点から筋機能を効果的に維持・増進するための方法の開発を手がけてゆきたい。得られた知見は高齢者の健康問題やスポーツ選手（特にトップアスリート）の競技力向上のために応用されることが期待されるからである。そのためには、身体不活動やトレーニングによる筋腱複合体の変化に関する縦断的な研究が必要である。

本研究に対して助成いただいた立石科学技術振興財団に対し深謝いたします。

[成果の発表, 論文等]

- 1) Kawakami, Y., et al.: Observations of in vivo human muscle behavior reveal considerable interaction between muscle fibers and tendon., XVIIth Congress of the International Society of Biomechanics, Calgary, 1999.
- 2) Kawakami, Y., et al.: Architecture of contracting human muscles and its functional significance., J. Appl. Biomech., 16: pp. 88-97, 2000.
- 3) Kawakami, Y. and Lieber, R. L.: Interaction between series compliance and sarcomere kinetics determines internal sarcomere shortening during fixed-end contraction, J. Biomech. 33: pp. 1249-1255, 2000.
- 4) Kawakami, Y., et al.: The length-force characteristics of human gastrocnemius and soleus muscles in vivo. Skeletal Muscle Mechanics: From Mechanisms to Function. Herzog, W. (ed.), John Wiley & Sons, Chichester, 2000, pp. 327-341.
- 5) Kawakami, Y., et al.: In vivo muscle-fiber behavior reveal significant contribution of tendon elasticity in stretch-shortening cycle., 47th American College of Sports Medicine Annual Meet-

ing, Indianapolis, 2000.

- 6) 川上泰雄ほか：高齢者と青年の筋特性の比較. 日本体育学会第51回大会, 10/7-9, 2000.
- 7) Kawakami, Y., et al.: In vivo determination

of skeletal muscle architecture in humans using ultrasonography, 45th Annual Convention of American Institute of Ultrasound in Medicine, Orlando, 2001.

多段階の詳細なインタラクションを考慮した 仮想道具による物体操作インタフェース

Virtual Object Manipulation Interface using Multiple Exact Interactions

991010

研究代表者

大阪大学大学院工学研究科 助教授

北村喜文

[研究の目的]

我々は日常生活の中で道具を頻繁に利用し、素手では困難な作業を効率よく安全にこなすなどの目的で使用する事が多い。この「道具」の考え方をコンピュータと人の間のインタフェースに利用すれば、計算機内の情報を操作するための適切なメタファを利用者に与えることができ、使い易い直感的なユーザインタフェースを構築するための基本要素技術を確立することができる。

仮想現実の技術は、人間の三次元知覚能力と三次元世界での生活経験を活かした直感的なインタフェースを構築する技術として、これまでも幅広く研究が進められてきた。しかし、道具を仮想世界の中で実現するためには、手-道具-物体間のインタラクションという、多段階の複雑なインタラクションを考慮する必要があるため、これまで実現例はなかった。

そこで本研究では、まず、(1) 手-道具間、道具-物体間のそれぞれに詳細なインタラクションを考慮した物体操作方法を提案する。そして、利用者へのフィードバックとして、(2) 視覚だけでなく力覚をも用いて、利用者に複雑な操作を効率よく実行させる方法についても検討する。また、(3) 道具によって操作される対象物体に働く物理法則を計算して表示することによって、操作環境のリアリティと操作性の向上を目指す。さらに、道具を正しく操作できないような場合には、一般に、人が持つメンタ

ルモデルとシステムの実際の振舞いが分離してしまい、非常に使い辛いインタフェースとなりがちであるが、この問題に対し、(4) 重回帰分析を用いた状態推定法を利用した解決策を提案する。最後に、ここまで開発した仮想道具を用いて、(5) 人が未知の新しい道具に接した時にその使用法を学習してゆく過程を解析することにより、小脳で行われる内部モデルの獲得の過程の検証を試みる。

[研究の内容、成果]

1. 仮想箸

道具にもさまざまなものがあるが、その中から、最も日常的道具の一つであり、単純な形状でありながら多機能である箸をとりあげ、仮想環境における道具として実現した。まず、手-道具間、道具-物体間のそれぞれに詳細なインタラクションを考慮した物体操作方法を提案した¹⁾。そのため、作法書に則った正しい箸の使い方に基づいた仮想箸の操作について検討し、手-道具間の詳細なインタラクションを実現した。道具-物体間のインタラクションについては、実時間衝突面検出を利用した箸と物体間の詳細なインタラクションによる物体操作を実現する方法について検討し、これを実現する実験システムを構築した。道具物体間のインタラクション精度の違いによる物体操作性とそれぞれの特徴を比較検討する評価実験を行い、物体配置精度をそれほど問わないおおまかな物体移

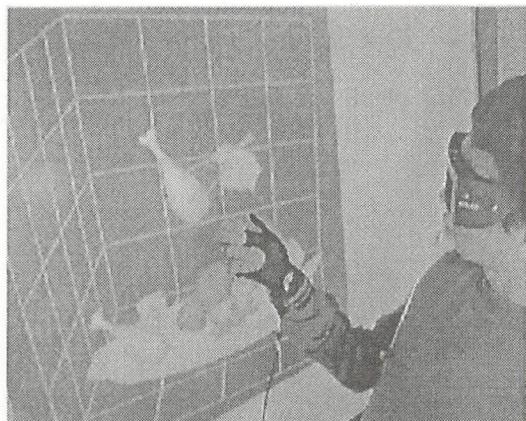


図1 仮想箸実験システム

動操作については、おおまかなインタラクションを考慮する方法が適し、また、精度を求める正確な物体配置の操作については、詳細なインタラクションを考慮する方法が適していることがわかった^{2,5,8)}。図1に仮想箸を使用している様子を示す。

2. 仮想箸への力覚の利用

仮想箸を用いてさらに複雑な操作を効率よく実行するためには、道具操作時の視覚的な帰還情報に加えて、人の体性感覚にも情報を提示することが重要となる。そこで、指先に装着するリングをワイヤで牽引し、張力を制御することで反力を提示できるエクソスケルトンタイプの装置を使用して、物体操作時に視覚情報の提示とともに、仮想箸を操作する指先に力覚を提示するシステムを構築した³⁾。

まず仮想物体を塑性体としてモデル化した。人に提示する力を、物体－箸間のインタラクションを考慮して、箸と物体が衝突する際に働く衝撃力と、箸が物体を把持している状態で加えられる力の2種類に分けてモデル化した。また実際に指先に加えられる力は、手－箸間のインタラクションを考慮して、箸操作時の支点－力点－作用点の関係を利用したてこの原理に基づいてモデル化した。

この力覚提示モデルを用いた実験装置を試作し、モデルの妥当性と特性の確認実験を行った。まず力覚の弁別閾を確認する実験を行った結果、

同じ硬さの物体を比較した場合には識別率は40%であった。仮想物体の硬さの対数値の差が0.4以上なら識別率はほぼ100%となったが、対数値の差がそれ以下であれば低い識別率しか得られないことがわかった。以上より、提案した力覚提示モデルを用いた仮想箸システムにおける力覚の知覚特性を確認した⁴⁾。

3. 操作対象物体の変形

仮想環境のリアリティを向上させ、さらに操作性を上げるためには、仮想物体操作に関するさまざまな物理法則を導入し、それを実時間で実現することが必要になる。そこで、仮想箸による物体操作時に物体が物理法則に基づいて変形する様子を有限要素法を用いて計算し、力覚と合わせてこれを視覚的な物体の変形として利用者に提示する手法を提案した。

有限要素法は優れた構造解析手法であるにも関わらず、膨大な計算過程を必要とすることから、これまで実時間インタラクションを必要とするシステムにおいては、利用されてこなかった。しかし、逆行列をあらかじめ計算しておくことにより、有限要素法を利用して実時間で仮想物体の変形の計算を実現する手法を利用し、仮想環境における物体の変形を実現する⁷⁾。

有限要素モデルにおける硬さの物理量はヤング率であるが、有限要素モデルにおける硬さ比較の識別率を調べてみたところ、先の塑性体モデルとは異なる物理量を用いているにも関わらず、やはり硬さの物理量の対数値の差が0.4以上の場合において識別率がほぼ100%になり、差が小さくなるにつれて識別率が低くなっている点など、両者は大局的に類似した結果が見られた。この結果は、硬さの物理量の種類にかかわらず、硬さの識別率は硬さの物理量の対数値の差に依存している可能性があることを示している。

物体の変形量に応じた力覚を提示する際、変形の様子視覚情報が有る場合と、無い場合について比較すると、対数値の差が小さい場合に

のみ、視覚情報が有る場合の方が良い識別率を得る結果が得られた。

4. 重回帰分析によるキャリブレーションの効率化

一般的なモーションキャプチャの技法を仮想箸のシステムに利用すると不都合な問題が生じる。一般的な技法によると、グローブ型の手形状入力装置によって手指の各関節の曲げ角度を計測し、この関節位置に対応した場所の仮想手の指関節を計測された角度分だけ曲げ、その結果生成される手の形状に合わせて2本の箸を動作させることになる。しかし、計算機内に用意される手形状モデルは、代表的な数種類または1種類のみである場合が多く、複数の利用者を想定した場合、実際にシステムを使用しようとする個々の利用者の手指の長さや太さなどと異なってしまうのが通常である。また、計測すべき手指の関節の数は多く、手形状入力装置のキャリブレーションには時間がかかる上に、完全に調整しあげることが困難である。そのため、実際の手指の動きとは異なった動きが仮想手の動きとして再現されることも珍しくはなかった。また、正しく箸を使用することができない場合などには、人がイメージする動作（メンタルモデル）とコンピュータで再現される動作が遊離して使いにくいインタフェースとなり、操作性を妨げる大きな原因となっていた。

そこで、道具使用時の手指の動作は、比較的少数の自由度で表現できることに着目し、多自由度の手指のモーションキャプチャデータに対して、重回帰分析による状態推定を導入することによって、骨格構造が異なる複数人に対しても厳密なキャリブレーションが不要で、しかも、正しく道具を使用できない利用者でも、自らのイメージ通りの道具操作をすることを可能とする方法を提案した⁶⁾。

仮想物体操作環境での操作性を確認する実験を行ったところ、重回帰分析を手形状と道具の状態推定に導入することで、非常に短時間の

キャリブレーションで人の手形状推定モデルを求め、人がイメージする手形状と道具の状態を正確に反映した仮想道具操作が実現でき、効率的な物体操作が可能であることがわかった。また、仮想手の形状モデルの構造が動作を入力する人の手の骨格構造と一致していない場合にも、正確な運動を再現することができた。

さらに、この重回帰式による状態推定は、モーションキャプチャを利用した一般のインタラクティブ・コンピュータアニメーション生成の問題にも幅広く応用できることを確認した¹⁰⁾。

5. 新奇な道具使用時の学習過程の解析

今まで使用したことが無い新奇な道具を与えられた時、人はしばらくの間はうまく道具を使いこなすことができないが、やがて慣れるに従って上手に使えるようになることが多い。この学習の過程は、人の運動制御機構における習熟に対する概念を表した「内部モデル」を獲得する過程であると考えられる。この過程を詳しく調べることにより、人の小脳の中で行われている学習過程に対するさまざまな仮説を検証することができる。このような目的のためには、多様な新奇の道具を簡単に次々とある制約条件下で作り出すことが必要となる。これには、これまで述べてきた仮想道具の技術を利用することができる。

そこで、グローブ型手形状入力装置を用い、使用法などを変化させた複数の種類の道具を同一の仮想箸インタフェースのソフトウェアパラメータを変化させることで実現した。具体的には、重回帰分析によって得られた利用者のイメージ通りの自然な「基本箸」をもとに、説明変数に対する目的変数へのマッピングを変化させることで、「反転箸」「速度箸」「加速度箸」の3種類の新しい道具を作成した。これら合計4種類の箸を用いて、学習過程の解析実験を行った。そして内部モデル獲得の指標として、単位時間内のタスク成功回数の推移を分析した。

実験結果として、速度箸（図2）と加速度箸

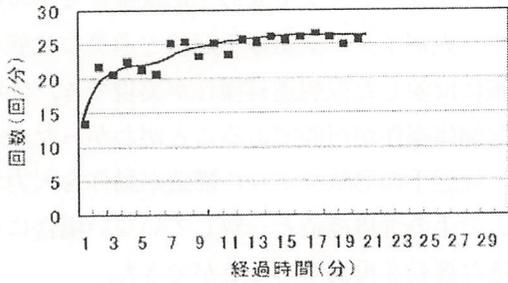


図2 速度箸のタスク成功回数

では、成功回数が時間と共に増加し、やがて安定する傾向が明確に現れた。これは、実験開始直後には不馴れであったタスクが、実験の後半には習熟したタスクとなっていることを示しており、これより、本仮想道具に対しても内部モデルの理論が適用できるものと考えられる。基本箸と反転箸のタスク成功回数にも若干の増加と安定が認められたが、有意な差はなかった。この理由としては、基本箸は現実世界において自分が日常生活で使用しているのと全く同一のイメージで使用できる自然な道具であるため、現実世界において箸操作の内部モデルが既に獲得されており、仮想空間では新たな内部モデル学習の必要がなかったためであると考えられる。以上のように、本仮想道具を用いて、内部モデルの獲得過程が説明できそうだとの結果を得た⁹⁾。

[今後の研究の方向, 課題]

道具を利用する際の脳の活性部位を機能的核磁気共鳴装置 fMRI などの非侵襲計測機器を用いて測定し、新しく与えられた道具の使用時に実際に小脳の中でどんな活動が行われているのかを調べ、ヒトの脳機能を解明しようとする研究に応用してゆく予定である。

[成果の発表, 論文等]

- 1) 日下志友彦, 正城敏博, 北村喜文, 岸野文郎: 仮想環境における手-道具-物体間のインタラクションを考慮した物体操作, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, pp. 157-164, 1998.
- 2) Yoshifumi Kitamura, Tomohiko Higashi, Toshihiro Masaki, and Fumio Kishino.: Virtual Chopsticks: Object Manipulation using Multiple Exact Interactions, in Proceedings of IEEE Virtual Reality, pp. 198-204, 1999.
- 3) 画面のモノをつかんだカンジ?! 阪大大学院 新バーチャル装置開発, 毎日新聞 平成 11 年 9 月 28 日 (火) 朝刊 1 面.
- 4) 来山 真, 日下志友彦, 北村喜文, 正城敏博, 岸野文郎: 仮想箸のための力覚提示, 日本バーチャルリアリティ学会第 4 回大会論文集, pp. 299-302, 1999 (学術奨励賞受賞).
- 5) 日下志友彦, 北村喜文, 正城敏博, 岸野文郎: 仮想箸と物体のインタラクション精度の違いによる操作性評価, ヒューマンインタフェースシンポジウム '99 論文集, pp. 233-238, 1999.
- 6) 日下志友彦, 北村喜文, 正城敏博, 岸野文郎: 重回帰分析による状態推定を用いたモーションデータからの箸操作アニメーションの生成, Visual Computing 2000 グラフィックスと CAD 合同シンポジウム, pp. 1-7, 2000.
- 7) 銅子研一, 日下志友彦, 北村喜文, 正城敏博, 岸野文郎: 重回帰分析による状態推定を用いた仮想箸による柔らかい物体の操作, 日本バーチャルリアリティ学会第 5 回大会論文集, pp. 237-240, 2000.
- 8) 日下志友彦, 北村喜文, 正城敏博, 岸野文郎: 手-道具-物体間のインタラクションを考慮した仮想箸による物体操作, 電子情報通信学会論文誌 (D-II), Vol. J 84-D-II, No. 3, pp. 519-528, 2001.
- 9) 山口喜久, 北村喜文, 岸野文郎: 仮想箸の使用における学習過程の解析, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol. 3, No. 2, pp. 11-16, 2001.
- 10) Yoshifumi Kitamura, Tomohiko Higashi, Takayuki Iida, and Fumio Kishino: Interactive Computer Animation of Hand Gestures using Status Estimation with Multiple Regression Analysis, Computer Graphics Forum, Vol. 20, No. 3, Proceedings of Eurographics 2001 (to be published).

人間型ロボットの遠隔操縦に関する研究

Study on Teleoperation of Humanoid Robot

991011

研究代表者	東北大学大学院工学研究科 助 教 授	近 野 敦
共同研究者	東北大学大学院工学研究科 教 授	内 山 勝
	東北大学大学院工学研究科 助 手	妻 木 勇 一
	東北大学大学院工学研究科 教務職員	阿 部 幸 勇

〔研究の目的〕

マスメディアなどで大きく騒がれているように、人間型ロボットにはここ数年で大きな技術的進歩が見られ、近い将来の実用化の可能性が議論されるまでになっている。現在のところ、人間型ロボットの価格は高級乗用車程度かそれ以上であるが、今後ハードウェアや電子機器の進歩により少なくともオートバイ程度の価格に下がれば、爆発的に普及する可能性がある。

さて、人間型ロボットが普及するには価格が安くなることはもちろん重要であるが、どれだけ一般の人にも使いやすいインタフェースを用意できるかと、どのような用途に使えるのかといったことが、課題となる。

本研究では、人間型ロボットなど超多自由度を持つ自立型移動ロボットの操縦法を確立する。

〔研究の内容、成果〕

本研究では、(1) 6自由度ハプティックインタフェースを用いた、人間型ロボットの上半身の遠隔操作法の確立、(2) 自立型歩行ロボットのための、ハンドルとフットペダルによる遠隔操縦法の確立、(3) 人間型ロボットの

開発を行った。以下、それぞれの詳細について述べる。

1. 人間型ロボットの上半身の遠隔操作法

ハプティックインタフェースとは、ロボットアームに位置や速度の指令を与えると同時に、ロボットアームが感じた力や触覚情報を操作者に提示する装置である(図1)。今回、このハプティックインタフェースを用いた、人間型ロボットの上半身の遠隔操作システムを開発した。

遠隔操作の対象としたのは、図2に示すP-ARMと呼ばれるロボットである。P-ARM

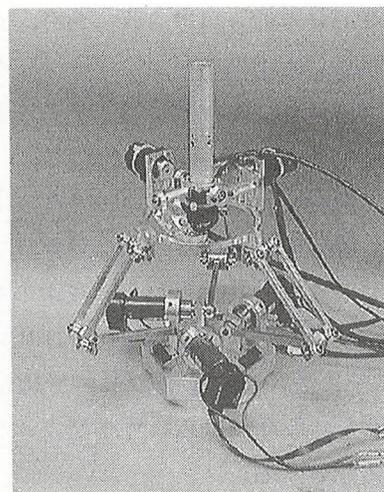


図1 ハプティックインタフェース

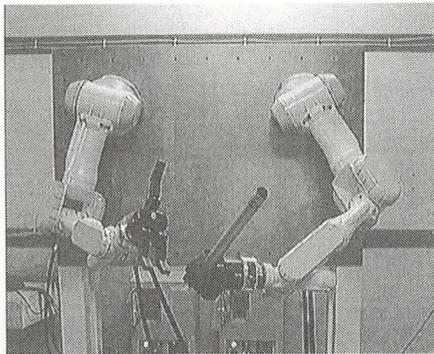


図2 双腕ロボット P-ARM

Operator support computer

Camera monitor



Telemetry monitor

Haptic inter face

図3 人間型ロボットの上半身の遠隔操作システム全景

は三菱重工業(株)製の7自由度ロボットアーム PA-10 と、バレットテクノロジー社製のバレットハンドを組み合わせた双腕ロボットシステムである。肩の自由度配置が若干人間の自由度配置とは異なっているが、ほぼ人間と同じ自由度配置となっている。手首部にはニッタ(株)製の力覚センサが取り付けられており、ロボットアームが感じた力情報を、ハプティックインタフェースを通して操作者に提示することができる。

図3に、開発した遠隔操作コックピットの全景を示す。操作者正面のモニタにはグラフィックシミュレータが映し出される。左手のモニタにはP-ARMの手先位置・姿勢、力センサのデータが表示される。右手のモニタには、P-ARMの手先に取り付けられた小型カメラからの画像が表示される。

両手の操作には二つのハプティックインタ

フェースを用いるのが理想であるが、現在は一つのハプティックインタフェースで、モードを切り替えて操作している。

2. 自立型歩行ロボットの遠隔操縦法

移動ロボットの最も自然で、誰もが直感的に扱うことのできるインタフェースは、自動車の操縦インタフェースである。そこで自動車の運転席を模倣し、ハンドルとアクセル、ブレーキペダルを用いた自立型歩行ロボットの操縦システムを開発した。操作対象としたのは、四脚自立型歩行ロボット JROB-2 である (図4)。

JROB-2 はステレオカメラからなるロボットヘッドを持っており、ロボットヘッドで見ている画像は、画像処理ボードで画像処理された後、ビデオトランスミッタにより UHF の電波に乗せて送信される。この UHF 波を TV モニタで受像し、操作者は JROB-2 の周囲の環境を観察することができる。操作者はこの画像をモニタしながら適切な移動指令をロボットに与える。

図5は JROB-2 の操作システムのブロック図である。図5の右上、Terminal とある端末コンピュータ、ハンドルとペダルの操作入力装置、TV monitor が開発した操作システムで、端末はイーサネットに接続されている。

図6に自動車の運転席を模倣した、自立型歩行ロボット操縦コックピットを示す。ハンドルとフットペダルには PC のドライビングシミュレータ用にマイクロソフト社が販売しているサイドウィンダーフォースフィードバックホイー

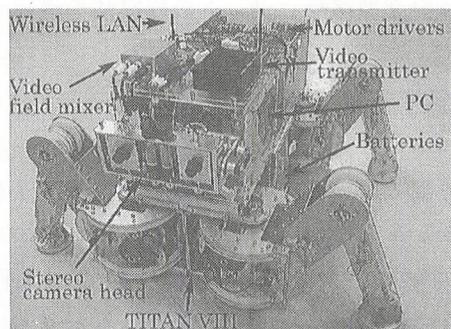


図4 四脚歩行ロボット JROB-2

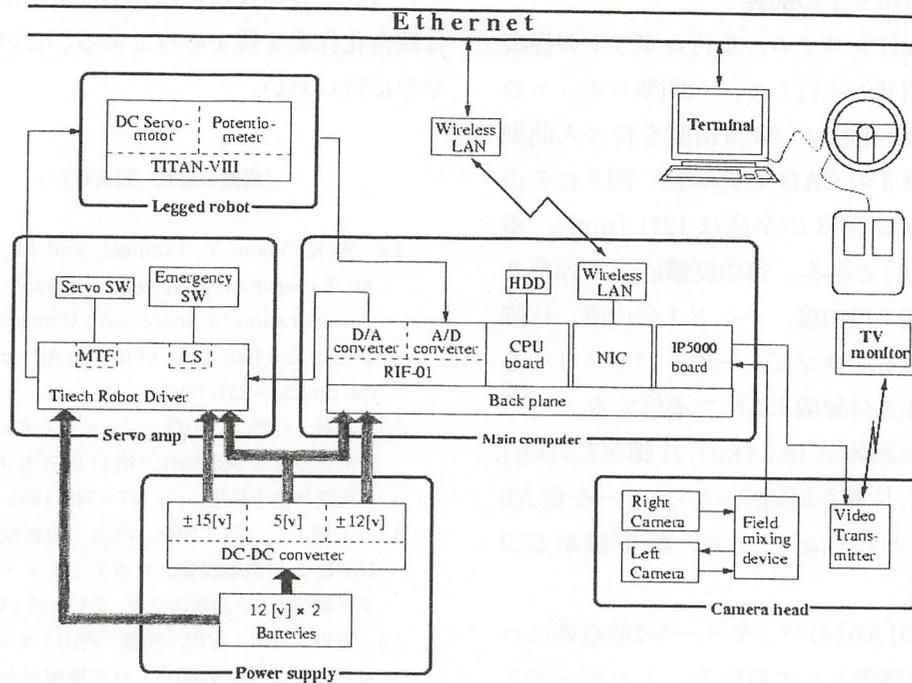


図5 自立型歩行ロボット制御システム

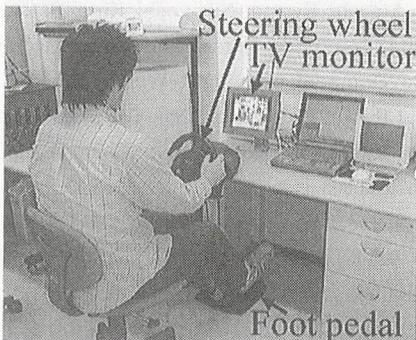
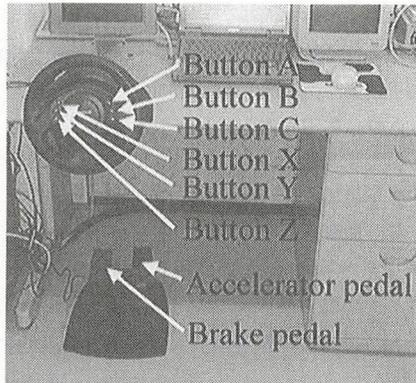
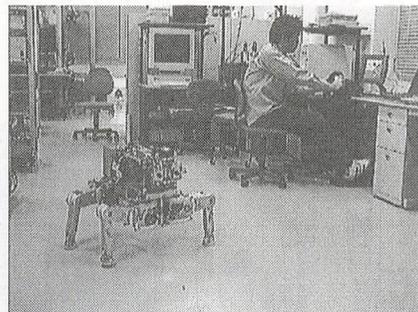
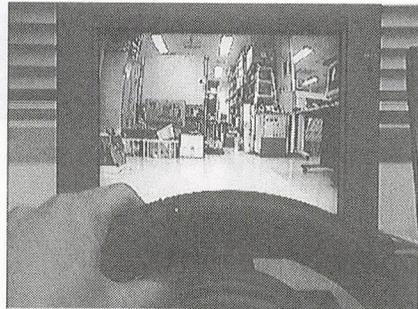


図6 制御コックピット



(a) JROB-2 制御実験



(b) コックピットの様子

図7 ハンドルとアクセス・ブレーキペダルによる JROB-2 の制御

ルを用いた。ハンドルには A, B, C, X, Y, Z の 6 つのボタンがついており、サーボオンや起ちあがり、しゃがみこみ、などの基本的な運動を割り当てており、操作者は端末のキーボードやマウスにはほとんど手を触れることなく JROB

-2 を操作できる。図 6 下図はそのコックピットで操作者が JROB-2 を制御しているところである。操作者は、あたかも自分が JROB-2 に乗り込んで制御しているかのような臨場感を得ることができる (図 7)。

3. 人間型ロボットの開発

上半身の操作システム、歩行ロボットの操縦システムの開発と平行して、人間型ロボットの開発を行った。図8に30自由度を持つ人間型ロボット才華3のCADモデルを、図9にその外観を示す。才華3の全高は1271 [mm]、重量は約53 [kg]である。自由度構成は、頭部2自由度、片腕7自由度、ハンド1自由度、片脚6自由度である。コンピュータ、バッテリーを搭載し、外部とは無線LANで通信する。

重量配分は胴体が18.5 [kg]、片脚が7.7 [kg]、頭部が1 [kg]、片腕が3 [kg]、バッテリーを最大6個搭載すると12 [kg]であり、総重量が52.9 [kg]である。

12 [V]、4.5 [Ah]のバッテリーを2個直列につなぎ24 [V]の電源として用いる。したがって2個単位で増減が可能である。通常の動作の場合、バッテリー最大搭載時で、約45分ほど駆動できる。

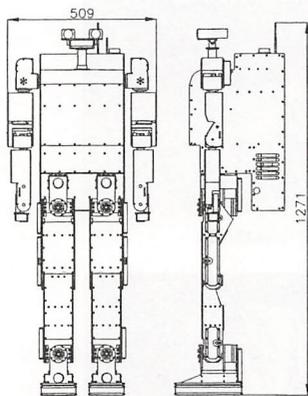


図8 才華3のCADモデル

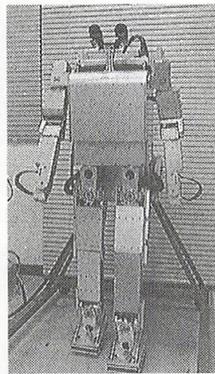


図9 人間型ロボット才華3

[今後の研究の方向、課題]

本研究では、人間型ロボットの上半身の操作システム、歩行ロボットの操縦システムを開発し、またそのプラットフォームとなるべき人間型ロボットを開発した。しかし、人間型ロボットの開発と、その歩行制御システムの開発に予想以上に時間がかかり、開発した操作システムで人間型ロボット才華3を操作するにはいたっ

ていない。要素技術は確立済みであるので、後は統合化作業を残すのみである。この統合化を早急に行いたい。

[成果の発表、論文等]

- 1) W.K. Yoon, Y. Tsumaki, and M. Uchiyama: An Experimental System for Dual-Arm Robot Teleoperation in Space with Concepts of Virtual Grip and Ball, Proc. of Int. on Advanced Robotics, pp. 225-230, 1999.
- 2) 加藤, 近野, 内山勝: ジョイパッドによる4脚歩行ロボットの遠隔操作, 第17回日本ロボット学会学術講演会予稿集, pp. 147-148, 1999.
- 3) 近野, 三ツ谷, 加藤, 内山: 四脚知能ロボット JROB-2の遠隔操縦, ロボティクス・メカトロニクス講演会'00講演論文集, 2A1-43-043, 2000.
- 4) 近野, 白田, 古田, 加藤, 内山: ヒューマノイドロボット才華3の開発, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'00講演概要集, 2P1-79-123, 2000.
- 5) 猪平, 近野, 内山: ヒューマノイドロボット才華3の動作実験, 第18回日本ロボット学会学術講演会予稿集, pp. 587-588, 2000.
- 6) 近野, 古田, 内山: ヒューマノイドロボット才華3の上半身設計, 第18回日本ロボット学会学術講演会予稿集, pp. 589-590, 2000.
- 7) 黄, 加藤, 近野, 内山: 宇宙ロボティクスツールボックス Space Dynを用いたヒューマノイドロボットの動力学シミュレーション, 第18回日本ロボット学会学術講演会予稿集, pp. 1463-1464, 2000.
- 8) Atsushi Konno, Noriyoshi Kato, Satoshi Shirata, Tomoyuki Furuta and Masaru Uchiyama: Development of a Light-Weight Bipedal Humanoid Robot, Proc. of the 2000 IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, pp. 1565-1570, 2000.
- 9) 猪平, 近野, 内山: ヒューマノイドロボット才華3の動歩行実験, 計測自動制御学会東北支部第192回研究集会資料, 資料番号 192-8, 2000.
- 10) 古田, 近野, 内山: ヒューマノイドロボット才華3のアーム開発, 計測自動制御学会東北支部第192回研究集会資料, 資料番号 192-9, 2000.

聞き分け機能の実現に関する研究

Study on the Cocktail Party Effect Problem

991014

研究代表者

上智大学理工学部 助手

曹 建 庭

[研究の目的]

本研究の主な目的は、会話音声の自動分離復元問題に直面して、計算論的に有効性がある神経回路システムとそれに対応した学習方法の開発である。第二に、人間の脳内聴覚野が音に対する反応の生理学的実験に基づいて測定したデータを解析することにより、脳のどこが、どのように活動するのかを明らかにし、聴覚系の情報処理における機能の解明に役に立たせることである。

[研究内容と成果]

1. 音声分離の数理モデル

カクテルパーティー会場のような会話が混じり合う騒音のなか、我々人間はある特定の話者に注意力を払えば、その話音だけを聞き取れる。このような聞き分け効果はカクテルパーティー効果と言う。人間が持っている聞き分け能力は果たして機械で実現できるのかと言う問題を数理的な手法で実現することを試みる。

会話音声分離問題を記述してみよう。まず、複数の音源の混合には、互いに距離関係の定数を持つ空間行列で構成される。次に、それぞれの音源が伝送路を通してマイクロホンに届くには、音波が直接にマイクロホンへ伝播するものと、壁などの障害物に当たって反射し間接的にマイクロホンへ届くものがあり、音波が時間的に一定の割合で重なってしまう。すなわち、あ

る時点の音波の値は、現時点の値だけでなく、過去の値も加えて来る。空間と時間の要因を総合すると、マイクロホンに伝播してきた信号は時間的と空間的二重に混合した音源である。

このよう問題を数理モデルで表現すると

$$x(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} A(k)s(t-k)$$

となる。ここで、 x と s はそれぞれマイクロホンから収録した信号と音源である。伝送路 $A(k)$ はマトリクスインパルス応答と言い、単位円上が非零である条件を満たすと仮定する。

音源を復元するために、時間遅延を入れたニューラルネットワークを用い、音源の推定値 y とすると、

$$y(t) = \sum_{k=0}^M W(k)x(t-k)$$

のようになる。

ここで、原信号が統計的に独立とし、音源復元のためのニューラルネットワークを用いてその独立性を再構成可能であれば、信号分離が達成できる。但し、復元された信号の順序、時間遅延と大きさは原信号と異なってもよい。このような考えを独立成分解析 (ICA) と言う。

独立性の計量としては Kullback-Leibler 情報量

$$D(y | W) = \int p_y(y) \log \frac{p_y(y)}{\prod_{i=1}^n p_i(y_i)} dy$$

が応用上よく使われ、独立条件である結合分布と周辺分布の積が等しくなれば、情報量が最小

になる。

情報量を最小化して導かれた逐次更新アルゴリズム^{4),6)}において原信号の確率密度関数 $p_i(s_i)$ に依存している非線形関数 $\varphi_i(y_i)$ があり, $p_i(s_i)$ は通常未知なので, 何らかの近似を援用することが必要になる。

一方, Bussgang 特性は時間的なモデルに利用されている⁴⁾。その非線形関数は一族の指数型分布の信号に対応している。例えば, 信号の分布の形を制御している係数の値によれば, 活動関数は正規分布や裾が重い Super-Gaussian 信号の分布, 裾が軽い Sub-Gaussian 信号の分布に対応できる^{4),10)}。

音声のような裾が重い分布の信号に対して自由度の β の t -分布を適用することができる⁶⁾。 t -分布の確率密度関数は指数型分布族のものとは異なっているが, 表現している分布族の形は類似している。この性質を利用して, すなわち, t -分布の確率密度関数を利用して導かれた非線形関数はロバスト性があり, それを含む分離算法が安定であることが証明されている^{1),4),6)}。

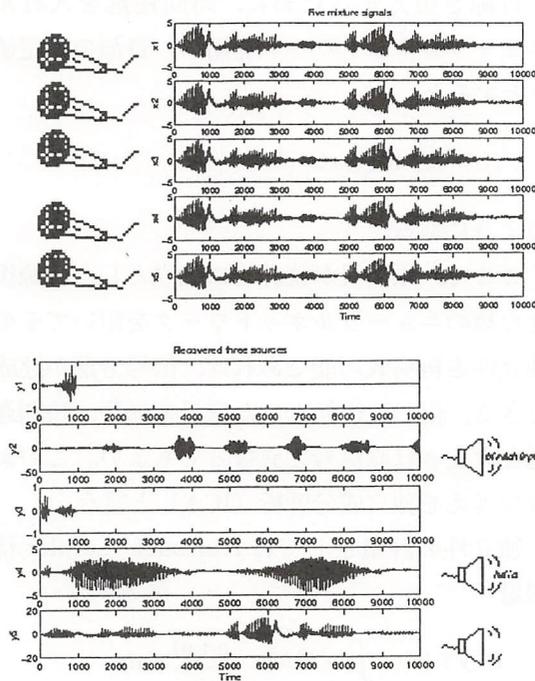


図1 会話音声の自動分離

上述の方法を適用した一つの実験例を図1に示す。5個のマイクロホンで収録された音声を

上図に示す。それは混合された信号である。混合信号に対してICAを利用して原音声と同数の音声信号が分離されたことがわかる。

実時間で会話音声の分離の研究において, 伝送路の環境変化に応じるパラメータの調整と観測雑音の検討の必要がある。前者において, 例えば, 実際の会場において人やものなどの移動につれて, 行列の要素が時間とともに変化していくので, このような非定常な環境を考慮したオンライン学習の自己適応学習則は文献⁵⁾に詳しく検討を行った。後者については, 各マイクロホンに独自の観測雑音が存在していることを考慮した因子解析などの学習アルゴリズムの導入を検討した^{2),8),9)}。

2. 音の刺激に対する脳の反応活動

前節に記述した時空間数理モデルを空間モデルに見直し, 生理実験に基づいた脳磁場計測法(MEG:magnetoencephalography)で測定したデータを解析する。

MEGとは, 受動的で完全に非侵襲で, 時間と空間分解能が優れている計測技術である。MEGの測定対象となっている極微弱の脳生理電流で引き起こした磁界は地球磁気1億分の1程度であるため, 雑音の影響を受けやすいという問題がある。

雑音を考慮したモデルとしては

$$x(t) = As(t) + n(t)$$

が考えられる。 s は未知信号源と言い, その中身としては我々が求めたい刺激によって引き起こされた神経活動磁場と測定に伴う心臓や眼球などの動き, 又は脳内の自発的な活動磁場, 環境雑音(都市雑音)で生じた磁場がある。これらの信号源が距離に関係ある計数行列 A の一定の割合で混合されている。さらに独自の観測雑音 n が付け加えられ, 各センサーに測定された信号 x になる。

このような測定された信号を利用して音の刺激に対する脳の反応活動を可視化とするために,

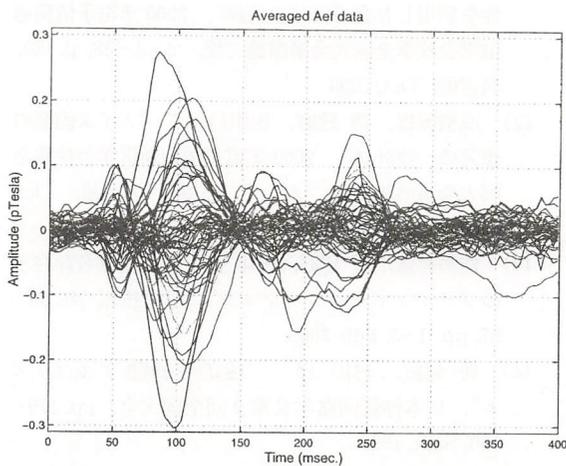


図2 平均した聴覚誘発波形

最も単純な処理手法としては図2に示すように、同じ実験（聴覚誘発磁場）を複数試行で測定したデータの平均加算を行う。

それによれば、SNRが高くなり、誘発した反応磁場の位置情報が可視化になった。但し、平均加算により、有用な情報を失うことがある。例えば、刺激に対する各反応活動の強さや反応のダイナミクさを失った。

単一試行のデータ解析を行うため、noisy ICA^{1), 2), 9)}を開発した。処理手順としてはまずモデルにある観測雑音 n のパワーをデータから除去する。次に未知信号 s の独立性に着目して信号分離を行う。分離した眼球の動きなど無用な成分を切り捨てる。このような手順で次のような結果が初めて得られた。

- ① 脳左右側頭葉の反応成分が分離された。
- ② 同様な刺激（1 kHz 純音）に対する左

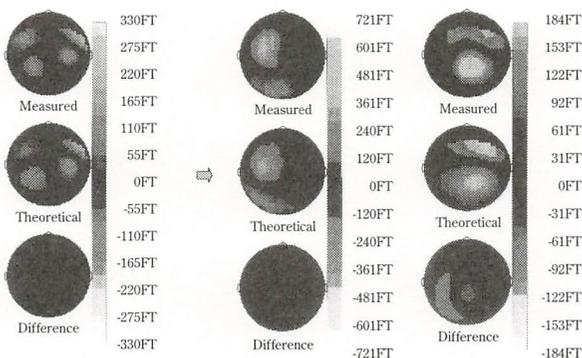


図3 平均化とICAによる解析結果

右反応の強さが異なっている。

- ③ 聞き慣れや注意力不足などの現象が解析から観測された。

[今後の研究の方向, 課題]

上述の提案法に基づいた音声や言語また視覚など刺激を与える生理実験データの解析により、聞き分けのメカニズムの解明を目指す必要がある。また、音声分離と認知の統合的な数理モデルの研究が必要である。

[成果の発表, 論文等]

- 1) J. Cao, N. Murata, S. Amari, A. Cichocki and T. Takeda: "Independent component analysis for single-trial MEG data decomposition and single-dipole source localization", NEUROCOMPUTING, 2001 (in print).
- 2) J. Cao, N. Murata, S. Amari, A. Cichocki, T. Takeda, H. Endo and N. Harada: "Single-trial magnetoencephalographic data decomposition and localization based on independent component analysis approach", IEICE Trans. on FECCS, Vol. E 83 -A, No. 9, Sept. 2000.
- 3) 曹建庭: 連載第12回: 独立成分解析 MEG 時系列データ解析への応用, Computer Today, サイエンス社, Vol. 17, No. 4, pp. 56 - 63, July. 2000.
- 4) J. Cao, N. Murata and A. Cichocki: "Independent component analysis algorithm for online blind source separation and blind equalization systems", Journal of Signal Processing, Vol. 4, No. 2, pp. 131 - 140, March. 2000.
- 5) J. Cao, A. Cichocki and S. Tanaka: "Self-scaling and self-adaptive compact time-delay neural network for dynamical nonlinear and nonstationary system identification", Journal of Signal Processing, Vol. 4, No. 1, pp. 37 - 43, Jan. 2000.
- 6) J. Cao and N. Murata: "A stable and robust ICA algorithm based on t-distribution and generalized Gaussian distribution models", Neural Networks for Signal Processing IX, IEEE Press, ISBN 0 - 7803 - 5673 -X, pp. 283 - 292, Aug. 1999.
- 7) J. Cao and A. Cichocki: "Independent features extraction from multivariable time series biomedical recordings", Proceedings of 2000 IEEE

- Asia-Pacific Congress on Biomedical Engineering, Vol. 1, pp. 85 – 86, China, Sept. 2000.
- 8) J. Cao, N. Murata, S. Amari, A. Cichocki, T. Takeda, H. Endo and N. Harada: “Independent features analysis for MEG recorded auditory evoked fields task data”, Proceedings of 2000 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA-2000), Vol. 2, pp. 257 – 260, Germany, Sept. 2000.
- 9) J. Cao, N. Murata, S. Amari, A. Cichocki, T. Takeda, H. Endo and N. Harada: “Independent source separation and localization for single-trial Magnetoencephalographic data”, Proceedings of 1999 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA-99), Vol. 2, pp. 719 – 722. USA, Nov. 1999.
- 10) R. Thawonmas and J. Cao: “Robust independent component analysis algorithms for projection pursuit”, 1999 IEEE Systems, Man, and Cybernetics Conference (SMC '99), Japan, Oct. 1999.
- 11) 大平秀堯, 曹 建庭, 田中昌司: “Bussgang 特性を利用した音声信号の分離”, 2000 年電子情報通信学会秋季全国大会講演論文集, A-4-38, p. 129, 名古屋, Oct. 2000.
- 12) 高橋幹雄, 曹 建庭, 田中昌司: “ノイズ画像の復元の一設計法”, 2000 年電子情報通信学会秋季全国大会講演論文集, A-4-1, p. 92, 名古屋, Oct. 2000.
- 13) 能勢堯彦, 曹 建庭, 田中 衛: “観測雑音存在下のブラインドセパレーション”, 信学技報 NC 99-87, pp. 1-5, Feb. 2000.
- 14) 曹 建庭, 村田 昇: “独立成分解析アルゴリズム”, 日本神経回路学会第 9 回全国大会, pp. 179-180, Sept. 1999.
- 15) L. Zhang, A. Cichocki, J. Cao and S. Amari: “Semiparametric approach to blind deconvolution”, Technical Report of IEICE Neural Computation, Vol. 99-131, pp. 99-106, June 1999.
- 16) 岡田修平, 曹 建庭, 田中昌司: “可変バイアス入力をもつリカレントネットワークを用いた短期記憶モデル”, 信号処理論文誌, Vol. 3, No. 6, pp. 435-442, Nov. 1999.

解剖学的知識に基づいた表情認識による ヒューマンインタフェースの向上

Improvement of Human Interface by Recognizing Facial Expressions
Based on Anatomical Knowledge

991016

研究代表者 静岡大学情報学部情報科学科 教授 中谷 広正
共同研究者 静岡大学情報学部情報科学科 助教授 佐治 斉

[研究の目的]

本研究の目的は、人間の顔から表出されるその人独自の表情を解析・識別し人間の意志・感情を理解するシステムを構築することにある。そのために、

- ・顔面形状の変化に追従する人体動画像立体形状計測システム的设计製作
- ・表情認識手法の開発
- ・実験および検証
- ・応用システム的设计・実装

に関する研究を行った。

[研究の内容、成果]

顔面形状の変化に追従する顔面動画像立体形状計測システム的设计製作と、表情認識手法の開発について概要を示す。

1. 人体動画像立体形状計測システム

本研究では、被写体に負担を掛けず、顔の3次元情報を高速に得る新たな手法を提案した。

1.1 システム構成

開発したシステムを図1に示す。照明は、鉛直線上に配置した3光源、すなわち赤フィルタを付けた2光源(可視光源)と青フィルタを付けたスリットパターンプロジェクタ(可視光



図1 顔面動画像立体計測システム

源)からなる。2光源は順番に切り替えて点灯し、スリットパターンプロジェクタは常に照射させておく。

その状態で、分光感度特性が既知であるカラー CCD カメラを用いて、人の顔を撮影する。

1.2 計測手法

① 色情報を用いた画像分離

光源によって照射された画像とスリットパターンプロジェクタによって照射された画像とを分離する(図2)。

② 顔領域抽出

2枚の陰影画像とスリット画像上で顔領域を抽出する。

③ 顔領域における法線ベクトルの計算

2枚の陰影画像から、完全拡散リフレクタンスマップを解くことによって顔面上の法線ベク

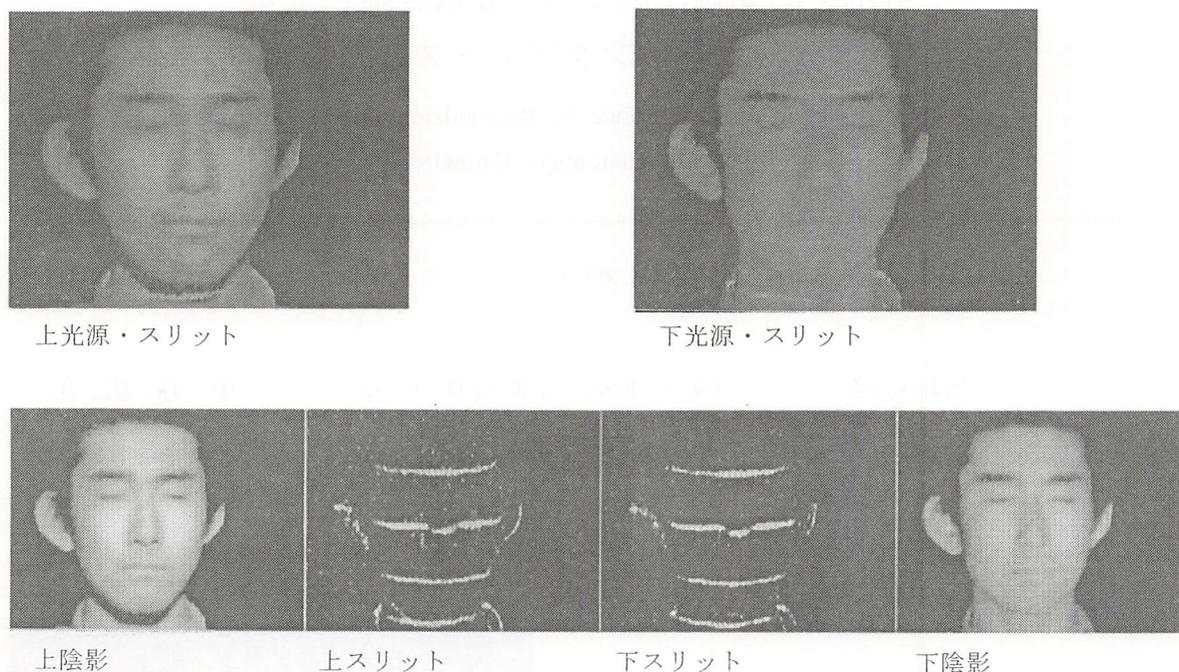


図2 陰影画像とスリット画像への分離

トルの垂直成分を求める。

④ スリット領域の3次元座標測定

光切断法を用いて、顔面の3次元計測の基準となる領域の座標を求める。

⑤ 法線ベクトルの積分による形状算出

フォトメトリックステレオ法により求められた法線を、スリット上の点を基準に積分していくことによって3次元形状を算出する。

⑥ 重複領域の形状融合

2本のスリットで挟まれた領域における顔の形状を求めるために、各々のスリットを基準に法線を積分したものを融合する。

提案した手法を実際の顔面計測に適用し、顔の3次元形状計測を行った。その結果、3mm以内の計測誤差で1/15秒間隔の計測が可能であった(図3)。

2. 表情認識手法の開発

2.1 顔モデルの構造

人の表情の変化を認識するために、顔面筋の働きを考慮した顔モデルを提案した。顔モデルは、眉・目・口それぞれの顔構成要素の可変モデルから成る。各モデルは数個の制御点と顔面

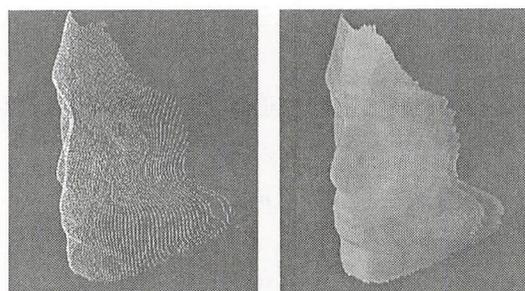


図3 動画像立体計測結果

筋の収縮方向のベクトルで構成され、制御点間を曲線で補間することにより顔構成要素を形作る。

制御点の移動方向は顔面筋が収縮する方向と一致しているため、モデルの変形は実際の顔構成要素と同じ変形規則を持つ。顔動画像に顔モデルをマッチングさせることで、顔構成要素の追跡ができ、顔面筋の収縮度が求められる。

2.2 顔構成要素の追跡手順

① 動画像の第1フレームについては、特徴点の位置を手動で与え対象人物に適した顔モデルを作成する(図4)。また、すべての顔面筋の収縮度0とする。

② 収縮度の値を保持したまま画像を次のフレームに切替える。

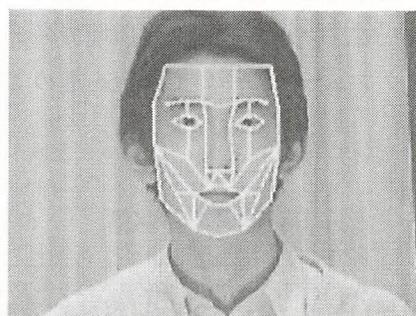


図4 顔モデルの初期位置

- ③ 前フレームの顎部分の画像とのパターンマッチングにより顎の先端の位置を見付ける。
- ④ 収縮度の値を現在の値の2割以内の範囲で変化させながら、モデルと画像とが最もよく対応する状態を探索する。
- ⑤ モデルと画像とが対応づけられたときの収縮度を、その時点の顔面像における最適な顔面筋の収縮度とする。
- ⑥ 上の②に戻る。

以上を繰り返すことで時間連続した収縮度を求める。

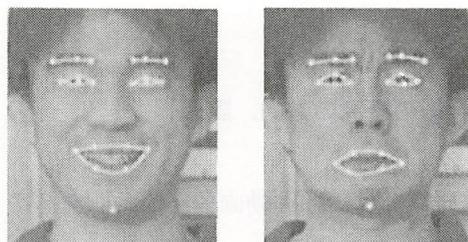
2.3 表情の認識

つぎに、各顔面筋の収縮する割合の違いによって表情の種類を決定することができる。本研究では、喜び・悲しみ・怒り・驚きの4表情について認識を行った(図5)。

各収縮度は、モデルを画像にマッチングすることによって求めることができる。ここで、表情は顔画像にほぼ左右対称な形で表れると仮定し、対称な位置関係にある2つの収縮度パラメータを平均して1つにまとめる。

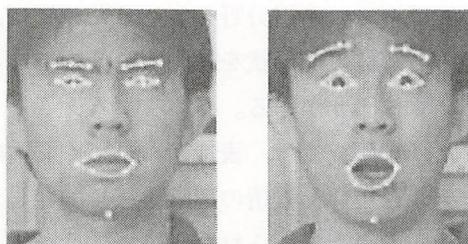
また、標準的な表情として、表情標準パターンを次のように作成した。まず、4名の人物それぞれに対して4種の表情の発生過程を撮影し動画像を作成する。次にその画像に対して顔構成要素を追跡し収縮度を得る。得られた収縮度を各表情ごとにまとめ、主成分分析を行い第1主成分ベクトルを求める。この主成分を各表情の標準パターンとする。

また、表情らしさを表す尺度として、表情の表出度を定義する。これは、表情パターンから



喜び

悲しみ



怒り

驚き

図5 顔構成要素の抽出

各表情標準パターンへの射影の大きさを表している。その値が0のとき無表情であることを表し、各表情が明瞭に表れるほど、その値は大きくなる。

2.4 実験

顔モデルを顔動画像に適用し顔構成要素の追跡、および表情認識の実験を行った。

まず、喜び・怒り・驚き・悲しみの表情の変化過程をビデオカメラを用いて撮影し4種類の連続画像を得る。表情の変化過程として、無表情な状態から各々の表情に変化した後、再び無表情に戻るといった動作をする。

次に動画像の第1フレームに対して顔モデルの特徴点の初期位置を手動で与える。そして、動画像とモデルとのマッチングを連続して行い、顔構成要素を追跡する。

喜びの表情は、顔構成要素の動きに個人差が少なく、100%の認識率を得た。驚き・悲しみに関しては約90%の認識率を得た。怒りの表情は、眉をひそめる動作が悲しみの動作と似ているため、悲しみと誤認識されるものが存在し認識率は68%であった。認識率の平均は87%であった。

また、表情の認識と同時に、表出度の増減が

ら各表情の発生・持続・終了を検知できることもわかった。

[今後の研究の方向, 課題]

本研究では, 顔面動画像立体計測システムを開発した。

人物識別・表情認識・アニメーション生成などの実環境での適用分野を広げるためには, 動作中の被写体の顔形状を計測する技術をこれから開発する必要がある。

また, 本研究では, 表情筋に基づく顔構成要素モデルを用いた表情の認識手法を開発した。

今後, 本研究で得られた成果に加えて, 表情認識・人物識別に関する研究を更に進め, 顔という新たな媒体の利用について考察を深めたい。

更に, 人と機械との間の意志疎通をより密接なものにするために, 表情認識・人物識別に加

えて, 動作認識や音声認識手法の開発を行うことによって, マルチモーダル環境でのヒューマンインタフェースについて研究を進めていきたい。

[成果の発表, 論文等]

- 1) 一丸, 木村, 佐治, 中谷: “カラーフォトメトリックステレオ法による顔の3次元形状計測”, 情報処理学会研究会報告99-CVIM-115, vol.99, no.29, pp.41-48, 1999.
- 2) 太田, 佐治, 中谷: “顔面筋に基づいた顔構成要素モデルによる表情変化の認識”, 電子情報通信学会論文誌D-II, vol.J82-D-II, no.7, pp.1129-1139, 1999.
- 3) T. Inaguma, K. Oomura, H. Saji, H. Nakatani: “Efficient search technique for hand gesture tracking in three dimensions,” In: S. W. Lee, H. H. Bulthoff, T. Poggio (Eds.): *Biologically Motivated Computer Vision*, pp.594-601, Springer, Berlin 2000.

XML と対話ライブラリを利用した 汎用音声対話インタフェースの開発

Development of General Purpose Dialogue Interface using XML and Dialogue Library

1001001

研究代表者 京都工芸繊維大学工学部電子情報工学科 助教授 荒木 雅 弘

[研究の目的]

音声によって人間と機械が対話を行う音声対話システムの実現は、人間と機械の調和を促進するための最重要課題のひとつであると考えられる。本研究では、XMLで記述された情報コンテンツにアクセスする音声対話インタフェースを、XML記述パターンに対応した対話ライブラリを組み合わせることによって半自動的に構成する手法の開発を目的とする。

[研究の内容、成果]

1. はじめに

現在、世界中の多種多様な情報が World Wide Web 上で利用可能であり、多くの人々は GUI (Graphical User Interface) ベースの Web ブラウザを用いて、これらの情報にアクセスしている。これらの Web 上の情報に対して、音声対話を用いてアクセスできるようになると、いつでもどこでも手軽に、欲しい情報に直接アクセスができるようになる。

Web 上の情報に対して音声によってアクセスする方法に関する研究としては、マウスによるリンクのクリックを音声に置き換えるものがある。この手法は、ユーザが何を話せばよいか明確であるが、情報への直接アクセスが出来ない、Web の画面表示が手元に必要であり PDA などへの応用が難しいなどの問題がある。一方、情報検索の際に Web ページ上での情報

入力手段をキーボードから音声入力に置き換えようとした試みもあるが、特定の形式の Web ページにしか対応していないという問題がある。

本研究では、後者の方向を進展させ、Web ページ上の情報内容に応じて対話パターンを自動生成するという立場をとる。そのために、Web ページで表現されている情報を解析する必要があるが、現在 Web ページを記述するのに主に用いられている HTML (Hyper Text Markup Language) は、閉じタグの省略や、タグの誤用 (定義リストの誤用や単純なレイアウトのためのテーブルタグの使用など) のためにページの構造が把握しにくい場合が多い。そこで、本研究では厳密なデータ型定義 DTD (Document Type Description) に基づいた記述が義務づけられている XML (eXtensible Markup Language) を情報記述言語として位置づける。そして、その情報内容を解析し、対話パターン記述言語に変換する。対話パターン記述言語としては、CTI (Computer Telephony Integration) システムのための標準言語として期待されている VoiceXML (Voice eXtensible Markup Language) を用いる。

2. XML と VoiceXML の概要

ここでは、変換元の XML 文書に関する制約と、ターゲットである VoiceXML の概略を述べる。

XML は情報をその内容でタグ付けするものであり、レイアウト情報は XSL (XML Style-

```
<?xml version="1.0"?>
<ホテル>
  <名前> ABC ホテル</名前>
  <施設>
    <客室> シングル </客室>
    <客室> ツイン </客室>
    <客室> ダブル </客室>
  </施設>
  <電話番号>012-3456-7890</電話番号>
  <fax>012-3456-7891</fax>
  <住所>京都市 XX 区 YY 町</住所>
</ホテル>
```

図1 XML で記述されたホテル情報

sheet Language) などを用いて別に表現する。このことによって、コンテンツとレイアウトが分離されている。XML で記述されたページの例を図1に示す。

VoiceXML は、主に電話を利用した音声応答サービスにおける対話パターンを記述するための言語である。1つのルートドキュメントといくつかのアプリケーションドキュメントからなる。ルートドキュメントには大域的に参照できる変数や、ヘルプ入力の処理などを記述し、アプリケーションドキュメントは局所的な対話のパターンを記述する。各ドキュメントの主な構成要素として、ユーザから変数の値を得るための〈form〉と、次のVoiceXML 文書を選択するための〈menu〉がある。〈form〉の構成要素には、変数を特定する〈field〉、入力を促す発話を行なう〈prompt〉、文法を規定する〈grammar〉、値が定められた変数を用いて何らかの処理を行なう〈block〉などがある。一方〈menu〉は、入力を促す発話を行なう〈prompt〉、ユーザ発話に応じて分岐先を決める〈choice〉、入力がないときの処理を定める〈noinput〉などから構成される。

3. タスククラスに応じた対話ライブラリ

現在、様々な研究機関でテレフォンショッピング・道案内・観光ガイド・各種情報検索などを行なう音声対話システムが実現されている。これらのタスクはユーザとシステム間で情報の

表1 情報の流れる方向によるタスクの分類

情報の流れ	クラス	タスクの例
ユーザ→システム	スロットフィリング	ホテル予約
ユーザ↔システム	データベース検索	文献検索
ユーザ←システム	説明	道案内

流れる方向に着目すると、表1のように分類できる。

我々は、情報の流れる方向と、捕える対話の粒度に応じた対話ライブラリを作成し、その対話ライブラリを参照することによって、特定のパターンで記述されたXML 文書をVoiceXML へ変換するツールを開発した。

対話ライブラリは上記の情報の流れる方向に応じて3種類あり、それぞれ扱う対話の粒度に応じて各々3レベルで記述される。トップレベルの対話ライブラリは対話全体の構成を記述するもので、VoiceXML ファイル群の構成を規定するものである。中間レベルの対話ライブラリはトップレベル要素を詳細に記述したもので、概ね談話セグメントに対応し、個々のVoiceXML ファイルの構造を記述したものである。ボトムレベルの対話ライブラリはVoiceXML ファイル中から副対話〈subdialog〉として呼び出されるもので、氏名やクレジットカード番号などの入力を行なったり、「はい/いいえ」を問い合わせるなどのパッケージである。ボトムレベルの対話ライブラリは全てのクラスのタスクで共有される。

スロットフィリングクラスにおけるトップレベルの対話ライブラリを図2に、中間レベルの

```
(Opening)
(Slot-filling)
{Submitting data}
if status=="OK"
    (Confirmation)
else
    (Applogize)
endif
(Closing)

(): sub dialogue, {}: system function
```

図2 トップレベルの対話ライブラリ (スロットフィリング)

```

Slot-filling{
  foreach Element (内容)
    Tag=tag-of(Element)
    if choice(Element)==true
      make-grammar(Element, Grammar)
      output(field, Grammar)
    else
      library-checkup(Tag, Library)
      if Library != NULL
        output(field, Library)
      else error
      endif
    endif
  end
}

```

図3 中間レベルの対話ライブラリの例
(スロットフィリング)

対話ライブラリを図3に示す。

4. XML から VoiceXML への変換

ここでは、スロットフィリングクラスを例に、XMLの構造上の制限と、そのVoiceXML変換過程について説明する。スロットフィリングクラスのXMLの内容は、空または選択肢のリストからなるスロットの列として構成される。最初のVoiceXMLファイルはページの内容を告知し、システム主導でスロットに値を埋めてゆき、値が全て埋まったらバックエンドアプリケーションに値をsubmitする。図4にホテル予約ページのXMLの例を示す。

VoiceXMLファイルはトップレベルの対話ライブラリに従って構築される。図2に示すように、スロットフィリングのトップレベルの最初の要素はOpeningなので、中間レベルのライブラリであるOpeningの定義にしたがって、最初のVoiceXMLファイルが生成される。ここではXML中の〈タイトル〉タグの内容を、挨拶用のテンプレートの中に埋め込んで、システムへの導入発話を生成する。

続くVoiceXMLファイルはトップレベルの第2要素Slot-fillingの定義に従って構成される。ここでは、〈内容〉で囲まれた各要素に対して、値を得る副対話を生成する。〈内容〉の最初の要素は〈チェックイン日〉である。ここで、このスロットの値を得るための文法を特定

```

<?xml version="1.0"?>
<!-- slot-filling --!>
<contents>
<タイトル>ABC ホテル予約</タイトル>
<内容>
  <チェックイン日> </チェックイン日>
  <チェックアウト日> </チェックアウト日>
  <客室タイプ>
    <客室>シングル</客室>
    <客室>ツイン</客室>
    <客室>ダブル</客室>
  </客室タイプ>
  <氏名>
    <姓> </姓>
    <名> </名>
  </氏名>
  <電話番号> </電話番号>
</内容>
</contents>

```

図4 ホテル予約用XMLページ

```

<?xml version="1.0" encoding="Shift_JIS" ?>
<vxml version="1.0">
<form>
  <block>
    こちらはABCホテル予約サイトです
  </block>

  <field name="チェックイン日" type="date">
    <prompt>
      チェックイン日は何月何日ですか
    </prompt>
    <help> 月と日をおっしゃって下さい </help>
  </field>

  <field name="チェックアウト日" type="date">
    <prompt>
      チェックアウト日は何月何日ですか
    </prompt>
    <help> 月と日をおっしゃって下さい </help>
  </field>

  <field name="客室タイプ">
    <prompt> 客室タイプはシングル、ツイン、ダブル
      のいずれでしょうか </prompt>
    <help> シングル または ツイン または ダブル
      とおっしゃって下さい </help>
    <grammar>
      シングル|ツイン|ダブル
    </grammar>
  </field>

  <subdialog name="氏名" src="name.vxml">
    <filled>
      <assign name="姓" expr="氏名.姓" />
      <assign name="名" expr="氏名.名" />
    </filled>
  </subdialog>

  <subdialog name="TEL" src="phone.vxml">
  </subdialog>
  ...
</form>
</vxml>

```

図5 ホテル予約ページから生成されたVoiceXML

[今後の研究の方向, 課題]

現在, 本ツールでは, 我々が定義した3種類のものにあてはまる単純なページのみが変換対象であるが, 3種類のクラスを組み合わせることによって, ある程度複雑なページもカバーできると考えている。今後はボトムレベルの対話ライブラリを充実させ, 複数のタスクを行なうサイトを実際に構築して本ツールの評価を行なう予定である。

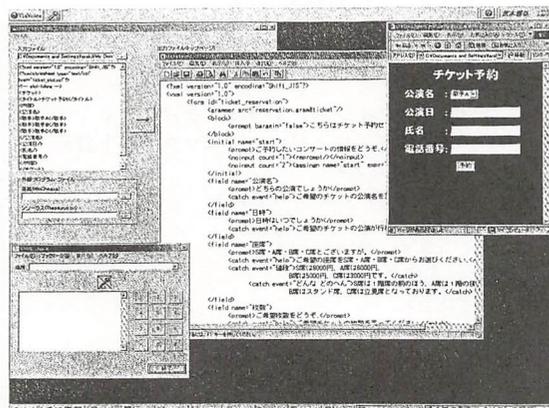


図6 XML-VoiceXML 変換器と日本語 VoiceXML

する必要があるが, どの文法を用いるかは, タグ名と選択枝の有無で決めることができる。VoiceXML の組み込み文法の文法名と一致するタグ名の場合 (氏名, 電話番号など) は, その組み込み文法を用いる <subdialog> 要素を用いる。また, 選択枝が用意されている場合は, 選択枝でラティスを構成し, それを文法とする。このいずれにも当てはまらない場合は, タグ名を形態素解析し, ボトムレベルの対話ライブラリでカバーされている概念のうち, シソーラスで最短距離で到達できるものを探索してそれを文法とする。このようにして構成された VoiceXML ファイルを図 5 に示す (複数の VoiceXMLI を 1 つにまとめて記述)。また, 実現したシステムの画面表示を図 6 に示す。

[成果の発表, 論文等]

- 1) 荒木雅弘, 小野 佑, 植田喜代志, 西本卓也, 新美康永: XML-VoiceXML 変換ツールの開発, 情報処理学会研究報告, 2000-SLP-34-33, 2000.
- 2) M. Araki, T. Ono, K. Ueda, T. Nishimoto and Y. Niimi: Dialogue pattern generation algorithm in database search task, Proc. Adaptation in Dialogue Systems in NAACL 2001, (2001).
- 3) M. Araki, T. Ono, T. Nishimoto and Y. Niimi: VoiceXML generator of slotfilling transaction dialogue, Proc. 5th Workshop on Formal Semantics and Pragmatics of Dialogue (BI-DIALOG 2001), (2001).

集積回路に内蔵可能な超小形電源の研究開発

Development of Micro-Size Power Supplies which can Built-In IC Form

1001003

研究代表者	熊本電波工業高等専門学校情報通信工学科 教授	大田 一郎
共同研究者	熊本電波工業高等専門学校情報通信工学科 教授	原 憲昭
	熊本電波工業高等専門学校電子制御工学科 教授	鈴木 昭二
	熊本電波工業高等専門学校	校長 上野 文男

[研究の目的]

情報通信機器の急速な小形軽量化が進む中で、電源の全体に占める割合は大きく携帯機器の最大のネックとなっている。これを超小形にして集積回路の中に実装できれば、携帯機器を更に使い易くし、非常に意義があることである。本研究はコイルを用いずにこれまでにないまったく新しい方式で、集積回路中に内蔵できる電源を開発することを目的とする。

現在のスイッチング電源は、トランス等の磁性部品が使われているため、その小形化には限界がある。本方式は、キャパシタとスイッチ素子だけで電圧変換を行う回路を k 個並列接続し、各回路に加えるクロックを $2\pi/k$ ずつシフトすることで、電流の集中を防ぎ、相対クロック周波数を高め、集積化可能な電源を開発する。

[研究の内容、成果]

1. 回路構成

図1に、提案する回路の一般的な回路構成を示す。同図において、記号 $1 \sim k$ はスイッチを表し、同図上部に示すような k 相クロックで駆動される。スイッチ j ($j=1 \sim k$) はクロック

が低レベルのときオンとなる。ここで、入出力が短絡になるのを避けるためにクロック j とその反転クロック \bar{j} の高レベルは重ならないようにして、スイッチ j と \bar{j} が同時にオンにならないようにしている。スイッチ j と $j+1$ は

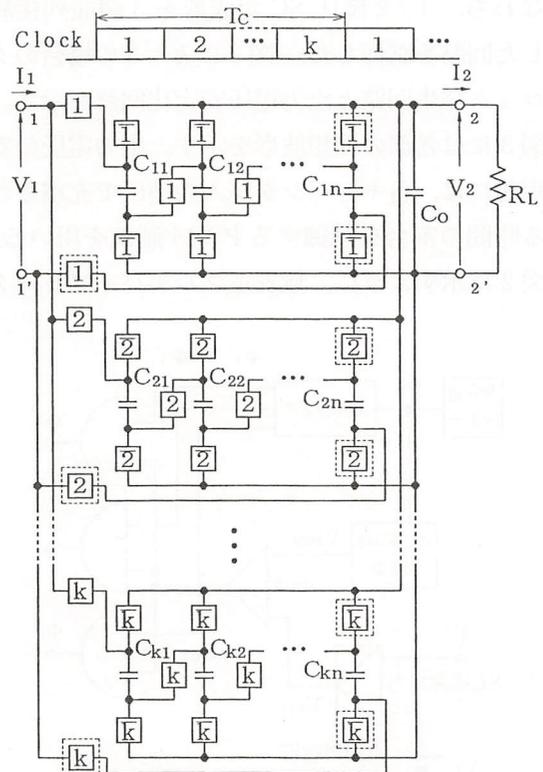


図1 SC電源の回路構成

同時にオンになる瞬間が僅かに重なった方が入力電流が連続して流れ、入力電流リップルを減少できる。同図は $1/n$ 降圧の直並列切換え方式 SC 変成器を k 個並列接続した回路である。先ず、一番上の SC 変成器では、クロック 1 が高レベルになると、ほぼ等容量のキャパシタ $C_{11} \sim C_{1n}$ が n 個直列になり入力電圧 V_1 に接続され、各キャパシタは V_1/n まで充電される。クロック 1 が低レベルになると、キャパシタ $C_{11} \sim C_{1n}$ は n 個並列になり出力端子には電圧 V_1/n の電圧が供給される。次に、2 番目の SC 変成器では、上のクロックを $2\pi/k$ シフトしたクロック 2 で同様に動作させる。最後に、 k 番目の SC 変成器では、 $2\pi(k-1)/k$ シフトしたクロック k で動作させる。キャパシタ C_0 は出力電圧を平滑化するためのキャパシタである。このように動作させることで、電流の集中を防ぎ、相対クロック周波数を高め、出力電圧リップルを軽減できる。入出力が共通接地の場合は、図 1 の破線で囲んだスイッチは短絡除去できる。

試作回路として、 $n=2, k=3$ の回路、すなわち、 $1/2$ 降圧 SC 変成器を 3 個並列接続した回路を試作した。図 2 に $k=3$ の場合のクロック発生回路と出力電圧安定化回路を示す。図 3 には各部の理想波形を示す。出力電圧の安定化には、各キャパシタが入力電圧で充電される時間の割合を制御する PWM 制御を用いる。図 2 に示すように、無安定マルチバイブレータ

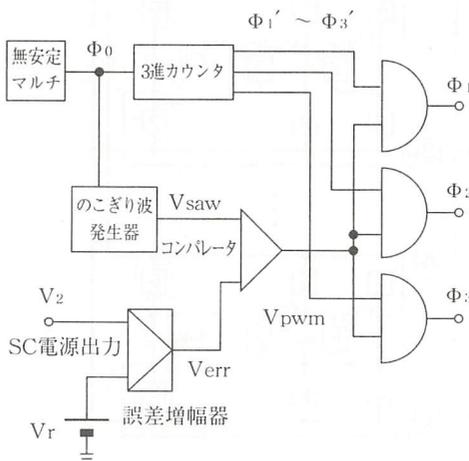


図2 クロック発生回路と出力電圧安定化回路

で発生したパルス Φ_0 を 3 進カウンタに通して、クロック $\Phi_1 \sim \Phi_3$ を得ている。SC 電源の出力電圧 V_2 は基準電圧 V_r と比較し誤差増幅し V_{err} を得る。 V_{err} とのこぎり波 V_{saw} と比較して V_{pwm} を得る。 V_{pwm} と各クロック $\Phi_1 \sim \Phi_3$ を AND ゲートに加えることで、PWM 制御されたクロック $\Phi_1 \sim \Phi_3$ が得られる。例えば、入力電圧 V_1 が増加して、出力電圧 V_2 が設定電圧 V_{2n} より大きくなった場合、誤差増幅の出力 V_{err} は V_{DD} 側に近づきコンパレータの出力 V_{pwm} のパルス幅が狭くなる。従って、AND ゲートを通したクロック $\Phi_1 \sim \Phi_3$ のパルス幅も狭まり、各キャパシタが入力電圧で充電される時間も短くなる。よって、電源の出力電圧 V_2 の増加は抑制され、一定の設定電圧 V_{2n} に安定化される。

2. 実験結果

従来の直並列切換え SC 電源と特性を比較するために、従来方式では、試作回路の一番上の SC 変成器だけを駆動して、そのキャパシタの容量を 3 倍に増やして、総容量が等しい条件で測定を行った。

図 4 に入力電圧 V_1 を 12 V 一定に保ち、出力電圧 V_2 は 5 V に安定化させ、負荷抵抗 R_L を変えて、出力電流 I_2 を 2 A まで流した場合の出力電圧 V_2 と効率 η_T の特性を示す。同図より、 I_2 が 1.5 A 以上になると従来方式の出力

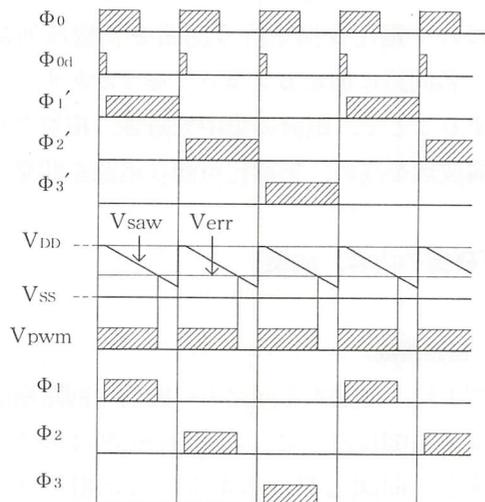


図3 図2の各部の理想波形

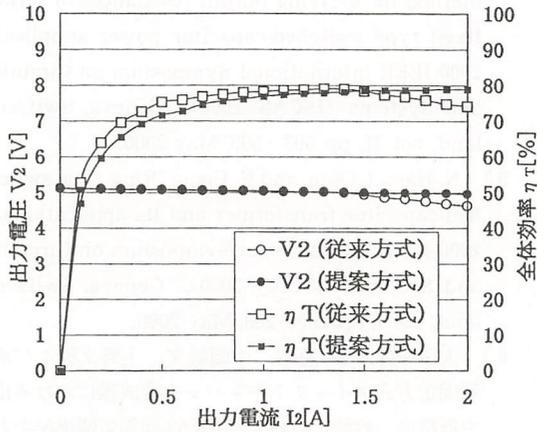


図4 出力電流対出力電圧と効率の特性

電圧 V_2 は低下しているが、提案方式では 2 A まで 5 V (10 W) の安定化された電圧を供給できる。また、制御回路や FET ドライバ回路の損失を含めた電源全体の効率 η_T は、提案方式の方がスイッチ数が多いため駆動電力が増えて、出力電力が小さい領域で全体の効率 η_T は若干低下するが、80% 近い効率が得られた。同様に、図 5 に出力電圧リプル V_{2rip} の特性を示す。同図より、提案方式の方が約半分程度にリプルが軽減されていることがわかる。

次に、図 6 に負荷抵抗 R_L を 3.6Ω 一定に保ち、出力電圧 V_2 は 5 V に安定化させ、入力電圧 V_1 を 8 V ~ 18 V まで変化した場合の出力電圧 V_2 と効率 η_T の特性を示す。同図より、 V_1 が 11 V を超えると出力電圧 V_2 は 5 V に安定化されることがわかる。安定化される領域では、効率 η_T は入力電圧 V_1 に反比例して減少する。この点については、今後改良する必要がある。同様に、図 7 に出力電圧リプル V_{2rip} の特性を示す。同図より、提案方式の方が $1/5$ 程度と大きくリプルが軽減されていることがわかる。

以上、試作回路では MOSFET には IRF 530 を、キャパシタには $33 \mu\text{F}$ の積層セラミックコンデンサを使用した。

[今後の研究の方向, 課題]

個別部品による本方式の特性を明らかにした。

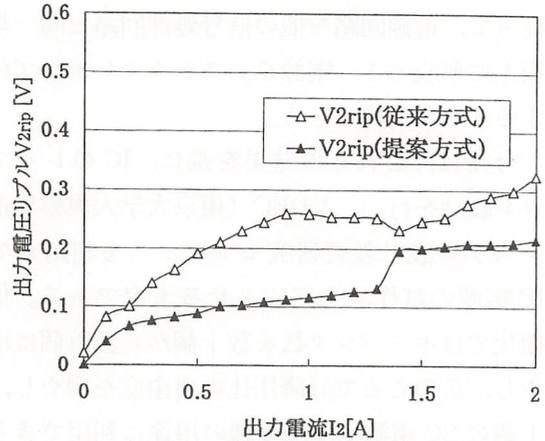


図5 出力電流対出力電圧リプルの特性

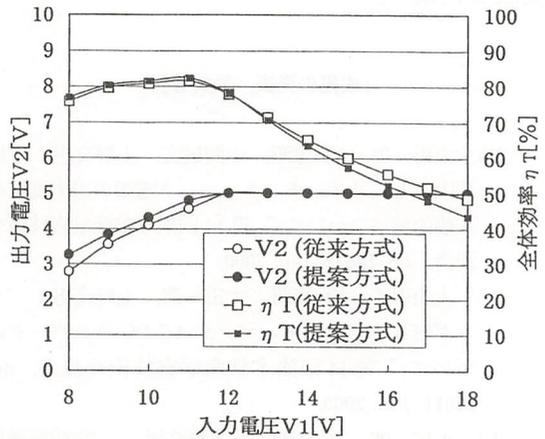


図6 入力電圧対出力電圧と効率の特性

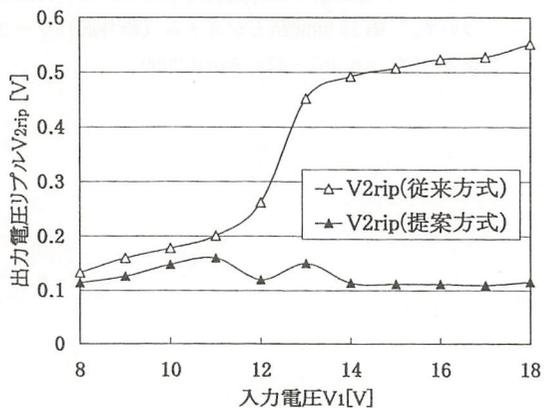


図7 入力電圧対出力電圧リプルの特性

その結果、本方式の SC 電源では、出力電圧リプルが軽減され、出力電力をより多く取り出すことがわかった。本回路は、キャパシタとスイッチ素子のみから構成され、コイルやトランスなどの磁性部品を使用していないので、集積

化が可能でかつ磁束の発生が極めて少ない。従って、電源回路を他の信号処理回路と同一基板上に形成でき、電源をシステムオンチップ化することが期待できる。

今後は、これらの結果を基に、ICのレイアウト設計を行い、VDEC（東京大学大規模集積システム設計教育研究センター）を利用してIC電源の試作品を完成させる予定である。集積化ではキャパシタ数を数十個から数百個に増やし、このことで昇降圧比の自由度を増やし、1個のSC電源で多種多様の用途に利用できるようにして、汎用のシステムオンチップ電源の実現を目指す。

[成果の発表、論文等]

- 1) 大田一郎, 原 憲昭, 中岡敏文, 上野文男: “直列固定方式スイッチトキャパシタ電源の出力抵抗の一般的解法について,” 第14回熊本県産学官技術交流会, no. 14512, Jan. 2000.
- 2) 大山円子, 原 憲昭, 大田一郎, 上野文男: “リング形スイッチトキャパシタ AC-DC コンバータについて,” 第14回熊本県産学官技術交流会, no. 14511, Jan. 2000.
- 3) 大田一郎, 原 憲昭, 上野文男: “電荷転送用キャパシタの数が一般的な場合におけるスイッチトキャパシタ変成器の出力抵抗を求める新しい方法について,” 第13回回路とシステム(軽井沢)ワークショップ, pp. 467-472, April 2000.
- 4) I. Oota, N. Hara, and F. Ueno: “A general method for deriving output resistances of serial fixed type switched-capacitor power supplies,” 2000 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS-2000), Geneva, Switzerland, vol. III, pp. 503-506, May 2000.
- 5) N. Hara, I. Oota, and F. Ueno: “Ring type switched-capacitor transformer and its applications,” 2000 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS-2000), Geneva, Switzerland, vol. I, pp. 260-263, May 2000.
- 6) 大田一郎, 原 憲昭, 中岡敏文, 上野文男: “直列固定方式スイッチトキャパシタ変成器における出力抵抗の一般解について,” 第53回電気関係学会九州支部連合大会, no. 857, Sept. 2000.
- 7) 中村嘉彦, 原 憲昭, 大田一郎, 上野文男: “リング形スイッチトキャパシタ変成器を利用した波形発生回路について,” 第8回電子情報通信学会九州支部学生会講演会, no. C-9, Sept. 2000.
- 8) 市原 孝, 中山智武, 原 憲昭, 上野文男, 大田一郎: “電圧平均化方式スイッチトキャパシタ電源のリプル低減法について,” 第8回電子情報通信学会九州支部学生会講演会, no. C-11, Sept. 2000.
- 9) N. Hara, I. Oota, and F. Ueno: “Ring type switched-capacitor waveform generators,” 2000 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA 2000) Dresden, Germany, vol. 1, pp. 343-346, Sept. 2000.
- 10) 原 憲昭, 大田一郎, 上野文男: “プログラマブルなスイッチトキャパシタ電源の特性について,” 第14回回路とシステム(軽井沢)ワークショップ, pp. 341-346, April 2001.

音声ブラウザにおける知的情報提示のための テキスト処理に関する研究

Text Processing for Intelligent Information Presentation

1001004

研究代表者	東京工業大学精密工学研究所 助教授	奥 村 学
共同研究者	東京工業大学総合理工学研究科 知能システム科学専攻	南 野 朋 之
	東京工業大学精密工学研究所	齋 藤 豪

【研究の目的】

WWW(World Wide Web)の普及は、世界中に分散された文書をハイパーリンクで結びつけ、情報の共有を実現した。そして、情報交換が活発に行われることによって、Internet上に膨大な情報が存在するようになった。しかし、情報が膨大になるにつれ、ユーザが探し求める情報を探し出すのは困難となってきた。現状では、検索エンジンなどの検索サービスは存在するが、それぞれの情報の価値や内容に対する評価が十分なされていない。検索エンジンの検索結果から自分の求める情報の存在するページを選ぶ場合も同様であるが、通常のネットサーフィンにおいても、自分の求める情報を探すために、実際にリンクされているページを訪れ、内容を評価しなければならない。よって、Webブラウジング時のユーザの作業のうち、複数のリンクの中からいくつかのリンクをたどって実際にページを訪れ、そのページに自分が求めている情報が含まれているかどうかチェックするという作業が非常に多くなる。

具体的には、ユーザの作業として以下の様な作業を想定することができる。

- ① Web ページ上のリンクのうち一つを選び、そのリンクをクリックしてリンク先の Web ページを訪れる

- ② 訪れた Web ページを吟味する

- ③ もし、自分の求める情報が含まれなければ、ブラウザの「戻る」ボタンをクリックし、前のページに戻る

Web ページ中のリンクに対してそのリンク先を訪れ、吟味するといった作業は、リンクが数多く存在するページにおいては、時間的な面でも操作回数の方でも、情報閲覧の効率が非常に悪い。

このような状況に対処するために、WWWへのアクセシビリティを向上し、情報閲覧の効率を上げる Webブラウジング支援システムが求められている。この状況は、視覚障害者の場合、より深刻であり、関連ページへのリンクが存在する場合、音声ブラウザ（ホームページ読み上げソフト）が読み上げる情報の中に、リンク先の情報が的確に読みとれる内容があることが求められている。

そこで、本研究ではブラウザに表示されているページにハイパーリンクが存在する場合に、リンク先のページにどのような内容が含まれているか、ユーザが簡単に参照することができるシステムの構築を目指した。このような状況に対処するために、本研究ではプロキシサーバを用いてユーザが Web ページ上のリンクの上にマウスカーソルを置くと、同じウィンドウ上にポップアップウィンドウが表示され、そこにリ

リンク先の情報が表示されるようにすることで、クリック操作なしでリンク先の情報を得ることのできるブラウジング支援システムの構築を提案する。また、アクセシビリティの向上に対しては、誰もが容易に利用する事のできるシステムということで、システムのプロキシサーバへの実装を行う。

[研究の内容, 成果]

本研究では、リンク先の情報がどのような情報であるかをユーザに対して提示するシステムを構築する。

1. システムのイメージ

リンク先の情報をユーザに示す方法は、前節に示したようなポップアップにて行う。ポップアップとは以下のようなものを指し示す。

- 現在開かれている Web ページ上にリンクが存在するとき、そのリンク上にマウスを置くと同一ページ上に「ふきだし」状のウィンドウが表示され、そこにリンク先の情報が表示される

そのような機能を実現するために HTML 文書にポップアップ機能を追加するような加工を行う必要がある。加工にはプロキシサーバを用い、そこを通るデータに加工を行う。

プロキシサーバで実装した理由は、以下の通りである。

- 既存の WWW システムに乗ること
- クライアントに特別な実装をしないこと
- 簡単に使用できること

図1のように、プロキシサーバはクライアントのブラウザの初期設定に設定するだけで、簡

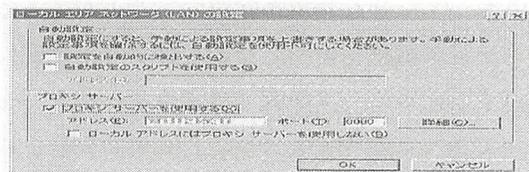


図1 プロキシサーバの設定 (Windows 2000 Internet Explorer)

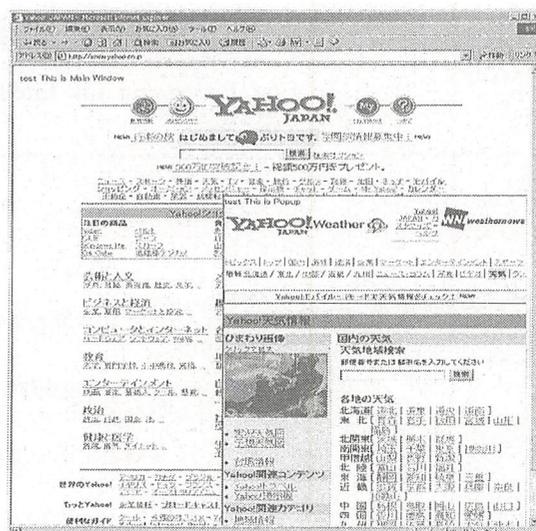


図2 システムのイメージ

単に利用できる。また、ブラウザに依存する部分が少なく、最近のブラウザであればほとんどのブラウザで使用することができる。

本研究で構築するシステムのイメージを以下に示す(図2)。

- ユーザはブラウザに対してプロキシサーバを使う設定をする
- Web ページにアクセスすると、見た目にはプロキシを経由しない場合と何も変わらない Web ページが表示される (プロキシサーバを用いることで、表示する Web ページにポップアップするような加工が加えられる)
- 表示された Web ページ中に存在するリンクの上にマウスが置かれると、ポップアップウィンドウが開き、その中にリンク先の情報が示される
- マウスをリンクの上からはずすと、ポップアップウィンドウが閉じる

2. システムの概要

プロキシサーバを用いると、サーバクライアントモデルは図3のようになる。クライアントであるブラウザにプロキシサーバを使用するように設定する。この場合、クライアントはプロキシサーバに対して要求を出し、プロキシサーバ

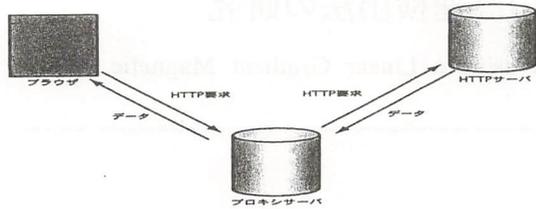


図3 プロキシサーバを用いたクライアント・サーバモデル

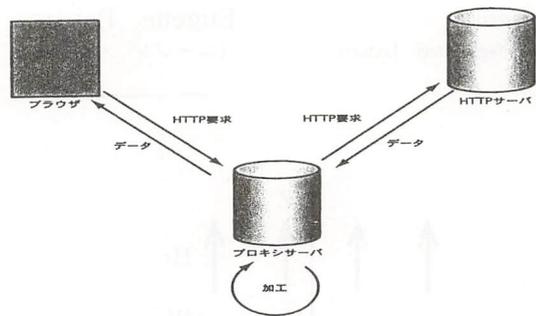


図4 プロキシサーバを用いたデータの加工

サーバはクライアントに成り代わって、サーバに対してデータ（Web ページ等）を送信する。その後、プロキシサーバはサーバからデータを受け取り、受け取ったデータをクライアントに流す。

本研究で構築するシステムは、このプロキシサーバを用いて、リンク先の情報をポップアップウィンドウに表示できるように HTML 文書を加工する。

提案するシステムのモデル図を図4に示す。

クライアントからサーバへの接続要求およびサーバからクライアントへ送信されるデータの通り道にプロキシサーバを設置することにより、そこを流れるデータを加工する。

このように、データの流れる経路に対して、加工を行うプロキシサーバを設置することで、クライアントやサーバに対する特別な実装を行わずに新しい機能を追加したり、HTML 文書を加工することが出来る。

この実装方法の利点は、ブラウザやオペレーティングシステムの種類やバージョンに依らず、このようなシステムを利用することができる点である。また、現在用いられている WWW システムにそのまま実装出来るため、既存の Web ページをそのまま利用することが出来る。

[今後の研究の方向, 課題]

今後の課題・展望としては、ポップアップページでの表示方法を考えることが挙げられる。

現在は、ポップアップページにリンク先の情報をそのまま HTML 形式表示しているが、ポップアップページに表示するデータは、リンク先にどんなページがあるかを簡単に知ることが出来るものであればよいという場合もあるので、例えば、要約などの処理を適用し表示する事が考えられる。

また、リンク先の情報が外国語であった場合に、翻訳エンジンの処理を適用し、日本語に変えて提示するような実装も考えられる。

[成果の発表, 論文等]

- 1) 南野朋之, 齋藤 豪, 奥村 学: Web ブラウジング支援システム Zero-Click, 情報処理学会第 63 回全国大会講演論文集, (予定), 2001.

線形勾配磁界を用いた 物体の3次元位置・姿勢の高速検出法の研究

Development of a Fast Motion Tracking Method using a Linear Gradient Magnetic Field

1001007

研究代表者 九州大学大学院総合理工学研究院 教授 笹田 一郎
共同研究者 Electrical and Computer Engineering, Ben-Gurion University of the Negev Israel Lecturer Eugene Paperno (ユージン パペルノ)

[研究の目的]

3次元での物体の動的座標および動的姿勢計測技術は最近多くの分野で必要性を増してきている。応用分野には人と機械のインタラクティブインタフェイス, 医療, リハビリテーション, ゲームやアミューズメントなどがあげられる。光学式と磁気式があるが, 前者はリアルタイム性に欠け, 後者はダイポール磁界源を用いているために計測アルゴリズムが複雑で高速性において問題がある。

本研究は磁界源として一様磁界および線形勾配磁界を用いることで, 位置・姿勢の計測アルゴリズムを容易にし, 高速な物体の3次元位置・姿勢の検出法を開発する。

[研究の内容, 成果]

1. 計測原理

1.1 姿勢計測原理

図1にグローバル座標系と3軸磁気センサに付随するローカル座標系を示す。座標系はグローバル座標系をX-Y-Z, ローカル座標系をU-V-Wと定める。本研究ではセンサ姿勢計測のためにX軸とZ軸に平行な一様磁界を用いる。まずZ軸に平行な一様磁界 H_z を発生させる。計測領域内において任意の位置に配置されたセンサによって, センサ位置での磁界 $S_z =$

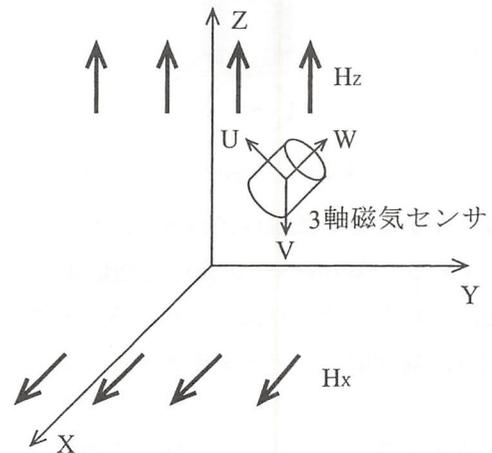


図1 座標系と一様磁界

(h_{uz}, h_{vz}, h_{wz}) を測定する。これから U, V, W の各軸に付随する基底ベクトルの Z 成分 $A_z = (a_{uz}, a_{vz}, a_{wz})$ を次式によって求めることができる。

$$A_z = (a_{uz} \ a_{vz} \ a_{wz}) = \begin{pmatrix} h_{uz} & h_{vz} & h_{wz} \\ H_z & H_z & H_z \end{pmatrix} \dots (1)$$

次に X 軸に平行な一様磁界 H_x を発生させ, 同様の計算によって X 成分 $A_x = (a_{ux}, a_{vx}, a_{wx})$ を求める。さらに Z 成分と X 成分の直交関係から外積を用いて Y 成分 $A_y = (a_{uy}, a_{vy}, a_{wy})$ を求める。これら 3 つの成分より構成される次式に示す行列を姿勢行列 A と定める。

$$A = \begin{pmatrix} a_{ux} & a_{vx} & a_{wx} \\ a_{uy} & a_{vy} & a_{wy} \\ a_{uz} & a_{vz} & a_{wz} \end{pmatrix} \dots (2)$$

姿勢行列 A を用いて次式のように U-V-W 座標系で測定した磁界を X-Y-Z 座標系での成分に変換することができる。

$$\begin{pmatrix} h_x \\ h_y \\ h_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{ux} & a_{vx} & a_{wx} \\ a_{uy} & a_{vy} & a_{wy} \\ a_{uz} & a_{vz} & a_{wz} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} h_u \\ h_v \\ h_w \end{pmatrix} \quad \dots (3)$$

実際にセンサ姿勢を求める場合、例えば U-V-W 座標系でのセンサの正方向を $(h_u, h_v, h_w) = (0, 0, 1)$ と定めた場合、これに姿勢行列 A をかけることで、X-Y-Z 座標系におけるセンサ姿勢が算出される。

1.2 位置計測原理

センサの位置計測には大域的な線形勾配磁界を用いる。すなわち、磁界の X 成分は X 軸方向に、Y 成分は Y 軸方向に、Z 軸成分は Z 軸方向にその強度が直線的に変化するような磁界を用いる。図 2 に X 方向に勾配を持つ勾配磁界 gh_x の分布図を示す。

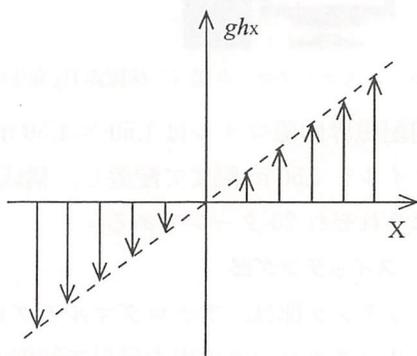


図2 線形勾配磁界 gh_x

gh_y と gh_z についても同様である。このような勾配磁界の対称点を空間の一点に重ね、これを全体座標系の原点とすれば、線形勾配磁界 gh_x とセンサ位置の X 成分は

$$gh_x = k_x x \quad \dots (4)$$

の関係にあり、磁界 gh_x が求められれば容易に x を算出できる。Y 成分と Z 成分にも同様な関係が成立する。

$$gh_y = k_y y \quad \dots (5)$$

$$gh_z = k_z z \quad \dots (6)$$

ここで k_x, k_y, k_z はセンサ感度と磁界の勾配によって決定される比例定数である。つまり、得られた磁界ベクトル成分と位置座標の各成分の比例関係により、センサ位置は容易に求めることができる。例えばセンサで測定した磁界が (gh_u, gh_v, gh_w) である場合、姿勢行列 A を用いて U-V-W 座標系から X-Y-Z 座標系に変換し、(4)(5)(6)式の関係よりセンサの位置が算出される。

2. 一様磁界と線形勾配磁界の発生方法

2.1 一様磁界の発生方法

図 3 に一様磁界 H_z の発生コイルを示す。1 辺 a m の正方形コイル 3 組を距離 $a/2$ m ずつ隔てて平行配置し、各コイルに電流を流すことで発生させることができる。シミュレーションの結果より、各コイルに同じ電流を流したときのコイルの巻数比を上から $1 : 0.62 : 1$ にすると、磁界の一様性が 1 辺 a m の立方体の領域内のほぼ全域で保たれることがわかっている。一様磁界 H_x については、同様のコイルを Y 軸中心に反時計回りに 90 度回転させて配置したものを用いて発生させる。

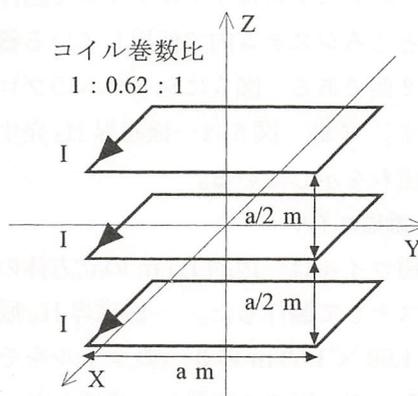


図3 一様磁界 H_z 発生コイル

2.2 線形勾配磁界の発生方法

図 4 に線形勾配磁界の発生コイルを示す。1 辺 a m の正方形コイル 2 組を距離 a m 隔てて平行配置し、2 つのコイルに同値逆極性の電流

を流すことでその中間領域に発生させることができる。コイルの巻数比は1 : 1である。シミュレーション及び実験結果より立方体中央部の約40%の領域において、各勾配磁界の線形性と、 gh_x は x のみの、 gh_y は y のみの、 gh_z は z のみの関数となることがわかる。

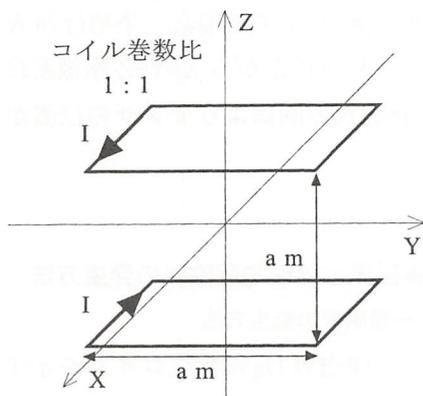


図4 線形勾配磁界発生コイル

3. システムの構成

3.1 システム概要

本研究では、一様磁界 H_x , H_z と線形勾配磁界を時分割で発生させ、各磁界に対する3軸磁気センサの出力データを同期整流した後、ローパスフィルタを通して計算機に取り込み、センサの位置姿勢を算出し、ディスプレイにセンサをワイヤフレームで画像表示するシステムを製作した。システムはリアルタイムで動作する。現在のところシステム内で使用している磁気センサは2個である。図5にシステムのブロック図を示す。なお、図5は一様磁界 H_z 発生時の信号の流れを示している。

3.2 励磁コイル

各励磁コイルは一辺約1.5 mの立方体の木枠をベースとして製作した。一様磁界 H_x 励磁コイルは 1.50×1.53 mの3つのコイルをそれぞれ0.705 mずつ隔てて配置し、構成した。巻数は両端コイルが19ターン、中央コイルが11ターンである。一様磁界 H_z 励磁コイルは 1.50×1.50 mの3つのコイルをそれぞれ0.72 mずつ隔てて配置し、構成した。巻数は両端コイルが20ターン、中央コイルが12ターンである。

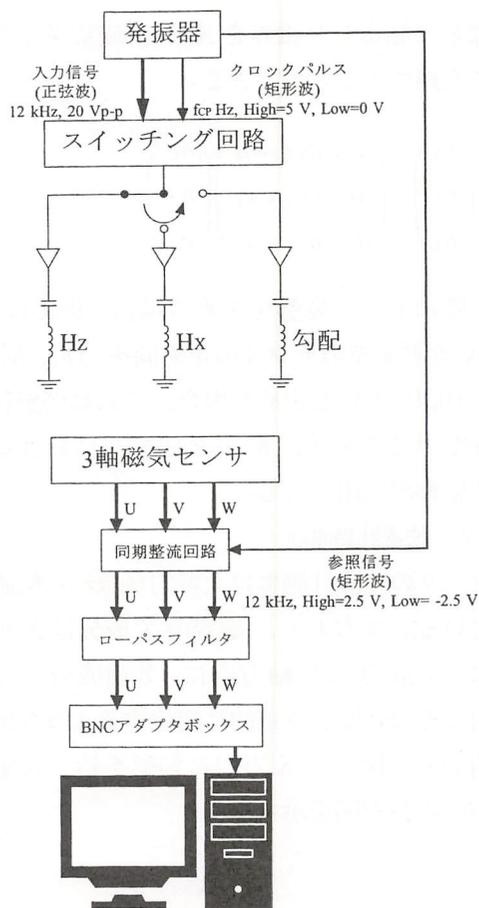


図5 システムブロック図 (一様磁界 H_z 発生時)

線形勾配磁界励磁コイルは 1.50×1.50 mの2つのコイルを1.50 m隔てて配置し、構成した。巻数はそれぞれ20ターンである。

3.3 スイッチング部

スイッチング部は、アナログマルチプレクサを3進リングカウンタの出力信号で制御することで構成される。発振器で周波数 f_{cp} Hz, Duty比50%の矩形波を発生させる。これをクロックパルスとして3つのJ-Kフリップフロップと2つのNAND素子で構成される3進リングカウンタに入力する。3進リングカウンタからは Q_a , Q_b , Q_c とそれらの反転信号が出力される。この内、 Q_a と Q_b をコントロール信号としてアナログマルチプレクサに入力しスイッチング部を制御する。励磁信号として周波数12 kHz, 20 V_{p-p}のSin波(以下 V_i)を用いる。 V_i をアナログマルチプレクサに入力し、 Q_a と Q_b を用いて3つの信号に時分割する。一様磁

界 H_z を発生させる信号を V_z ，一様磁界 H_x を発生させる信号を V_x ，線形勾配磁界を発生させる信号を V_G とする。この3つの信号を電流増幅回路を通して各励磁コイルの励磁電流として用いる。各信号の時間関係を図6に示す。クロックパルス周期 T_{CP} は $T_{CP} = 1/f_{CP}$ s であるため、各磁界1セットを発生させる周期 T_S は $T_S = 3/f_{CP}$ s であり、その周波数 f_S は $f_S = f_{CP}/3$ Hz である。 T_S を磁界切換周期、 f_S を磁界切換周波数と呼ぶことにする。

3.4 共振コンデンサ部

励磁コイルのインダクタンスの影響でコイルのインピーダンスが大きくなって励磁電流が減少したり、励磁に用いる信号の電圧と電流の位相がずれてスイッチング時の過渡現象の影響が大きくなってしまい、高速スイッチングが難しくなる。そこで周波数 12 kHz において各励磁コイルのインダクタンスを LCR メーターで測定し、共振するようにコンデンサを直列に接続した。12 kHz における各励磁コイルの R, L,

共振する C 及び時定数を表1に示す。時定数については5.3項で触れる。

表1 各励磁コイルの R, L, C と時定数 (励磁周波数 12 [kHz])

	R [Ω]	L [mH]	C [nF]	τ [ms]
一様磁界 H_z	35	6.7	26.3	0.383
一様磁界 H_x	31.5	6.12	28.7	0.389
線形勾配磁界	26	5.16	34.1	0.397

3.5 3軸磁気センサ

3軸磁気センサの構造とU軸の感度特性を図7に示す。直交するU, V, W軸のそれぞれを、直径10 mm、巻数2,000ターンのコイルを2つ直列に接続して構成している。励磁を12 kHzで行っているため、センサ感度のピーク周波数を12 kHz付近にするために、センサ各軸を構成するピックアップコイルに並列にコンデンサを接続した。V軸W軸の感度特性もU軸と同様である。

3.6 計算制御部

センサ出力データの取り込みにはアダプタとしてBNC-2090、ボードとしてPCI-MIO-16E-4、ドライバとしてNI-DAQ ver 6.0 (いずれも NATIONAL INSTRUMENTS), それら

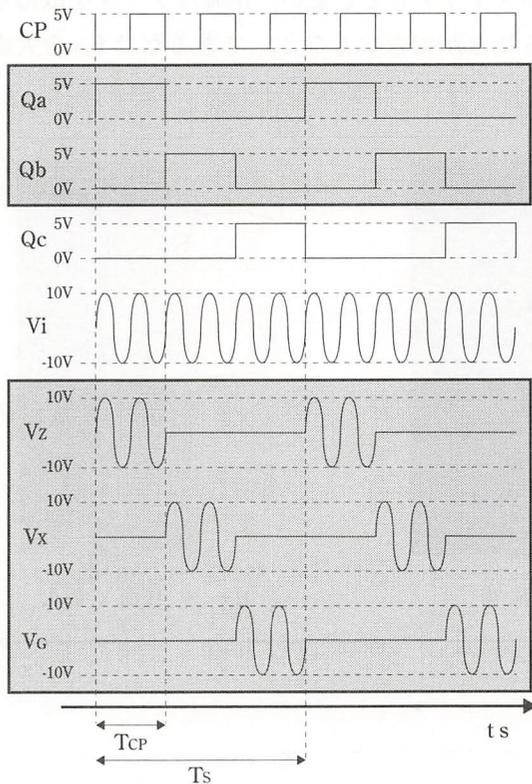
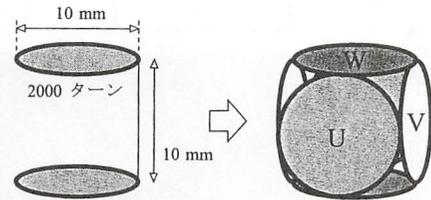


図6 各信号のチャート図



1つの軸を構成するピックアップコイル

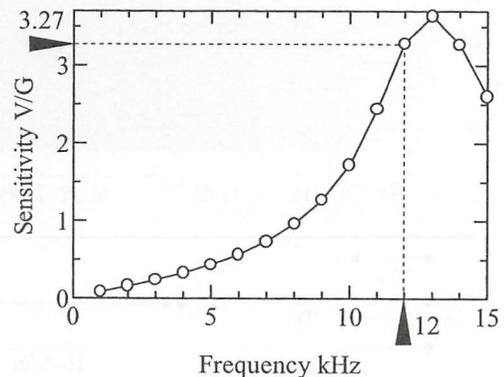


図7 3軸磁気センサの構成と感度特性

を制御する言語は Visual Basic ver 6.0 (Microsoft) を用いた。システムをリアルタイムで運用するためにスイッチングに用いた信号 Q_a をトリガ信号として用いて、 Q_a の立ち上がりをデータ取り込みのスタートとした。 Q_a が High のときは一様磁界 H_z が発生している。そのまま一様磁界 H_x 、線形勾配磁界の発生が終わるまでデータを取り込み続ける。各磁界に対するセンサ出力を取り終えたらデータ取り込みを終了し、センサの位置姿勢を算出する。それからセンサの位置姿勢をディスプレイ上に表現し、再びデータ取り込み開始のトリガパルスを待つ待機状態にする。これを繰り返すことでシステムをリアルタイムで運用している。

以上の時間関係図を図8に示す。 V_{UL} 、 V_{VL} 、 V_{WL} はセンサ出力を同期整流してローパスフィルタによって整定したものである。位置姿勢算出・描画時間を T_c 、描画周期を T_D 、描画周波数を f_D とする。図8よりあるクロックパルス周波数 f_{CP} Hz において f_D を最も大きくするには、 T_c が磁界切換周期 $T_s = 3/f_{CP}$ s 未満であればよいことがわかる。またそのときの f_D は $f_D = f_{CP}/6$ Hz である。これが今回用いた

システムのアルゴリズムにおける描画周波数 f_D の理論上の最大値である。

4. システムの高速化

4.1 高速化のための改良点

システムを高速化するには、励磁電流のスイッチングを高速化するための駆動回路の改良と、位置姿勢算出と描画を高速化するためのプログラムの改良が必要になる。今回は駆動回路において発生する過渡現象の時間を短くすることで、励磁電流の高速なスイッチングがなされるように改良した。このシステムではセンサの出力を同期整流し、ローパスフィルタによって平滑化し、計算機に取り込んでいる。このセンサ出力には励磁電流のスイッチングとフィルタ応答による過渡現象が生じる。システムの高速化を実現するためには、高速なスイッチングが必要になる。このシステムではクロックパルス周波数 f_{CP} を大きくすることで高速なスイッチングを実現できる。しかし、 f_{CP} をある値以上に大きくするとセンサ出力が整定する前に磁界がスイッチしてしまい、正確なデータを取得することができなくなる。できるだけ f_{CP} を大き

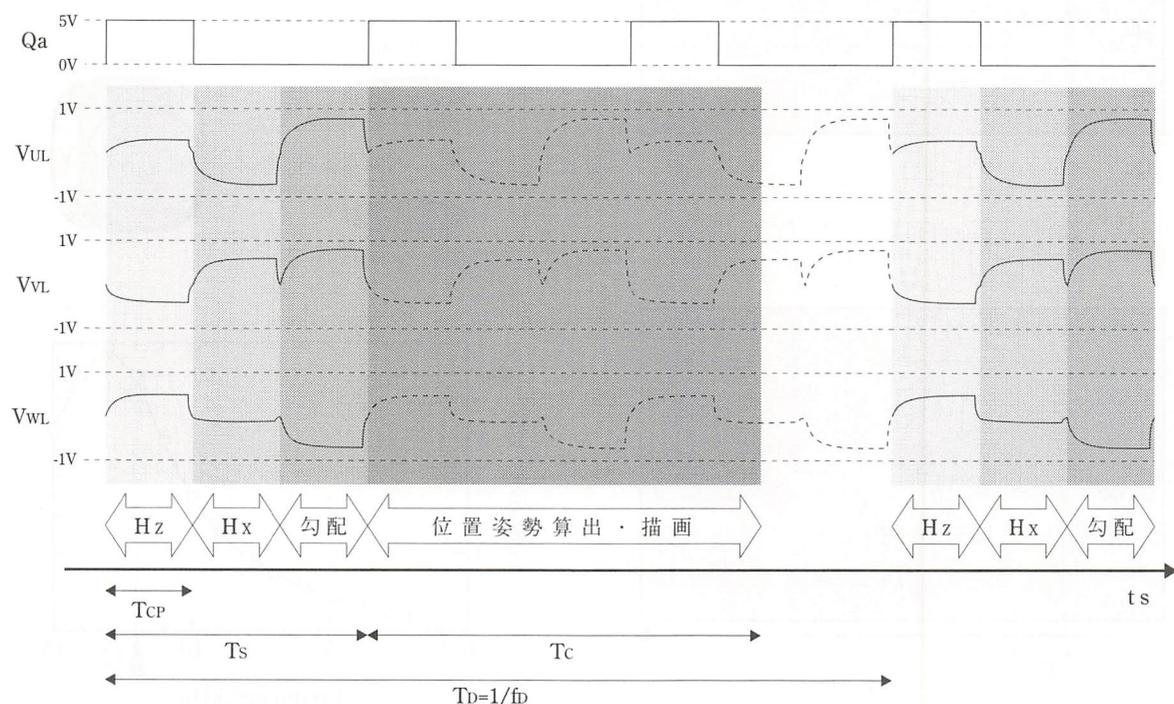


図8 システム駆動時の動作チャート図

くするためにはセンサ出力の整定時間を短くする必要がある。

4.2 ローパスフィルタと整定時間

今回用いたローパスフィルタは1次である。フィルタのカットオフ周波数を低くするとリップルが小さくなるが、整定時間は長くなる。今回はシステムの高速度が目的であるため、カットオフ周波数を調整できる範囲で最も大きい1 kHzとした。整定時間を測定するため、同期整流器への試験信号としてトーンバースト信号(周波数12 kHz)を用いた。整定時間をオシロスコープで観測したところ0.85 msであった。

4.3 励磁電流のスイッチングによる過渡現象

励磁コイルの抵抗を $R\Omega$ 、インダクタンスを LH 、直列接続した共振用コンデンサの静電容量を CF とすると励磁電流の過渡現象の時定数は $2L/Rs$ となる。各励磁コイルの時定数は表1に示したようにほぼ等しく、約0.39 msであった。オシロスコープで測定したところ、励磁電流の立ち上がり時間は1.1 msで、このときセンサ出力の整定時間は1.5 msであり、それぞれ各励磁コイルでほぼ等しかった。過渡現象の時間を短くするには時定数を小さくすればよいので、励磁コイルの抵抗値を増やせばよい。そこで各励磁コイルに抵抗を直列接続し、励磁電流の立ち上がり時間とそのときのセンサ出力の整定時間をオシロスコープで測定した。すると各励磁コイルにそれぞれの励磁コイルの抵抗値の2倍の抵抗を接続したとき、時定数は0.13 ms、励磁電流立ち上がり時間は0.47 ms、そのときのセンサ出力の整定時間は0.90 msであった。それぞれの値は各励磁コイルでほぼ等しかった。また各励磁コイルに接続した抵抗は、一様磁界 H_z 励磁コイルに70 Ω 、一様磁界 H_x 励磁コイルに63 Ω 、線形勾配磁界励磁コイルに52 Ω であった。この整定時間0.90 msは、ローパスフィルタにトーンバースト信号を通したときの整定時間の0.85 msにほぼ近づいたと言える。

4.4 クロックパルス周波数 f_{CP} の最大値

励磁電流をスイッチする際は電流値が0のときにスイッチしないと過渡現象の影響が大きくなってしまう。そのためクロックパルス周期 T_{CP} は励磁周期の整数倍でなければならない。また整定時間が0.90 msであることを考慮すると、 T_{CP} は0.90 msより長く、すなわち、 f_{CP} は1.1 kHzより低くなければならない。以上のことから、システムがある精度を保った範囲で動作する f_{CP} の最大値は1 kHzであることが分かる。

4.5 描画周波数 f_D の最大値

平滑化時間が0.90 msのとき、クロックパルス周波数 f_{CP} を1 kHzまで200 Hzずつ大きくしたときの描画周波数 f_D の実測値と理論上の最大値を表2に示す。 f_D の理論上の最大値は3.5で述べたように、位置姿勢算出・描画時間 T_C が磁界切換周期 $T_s = 3/f_{CP}$ s未満であるときの値である。また計測に用いた計算機は、CPUがPentium II 450 MHz、メモリが256 MB、OSはWindows 98である。表2に示すように f_{CP} が1 kHzのときよりも800 Hzの方が実測値の f_D が大きくなった。これは例えば図9のような状態で起こる。 T_C が T_s 以上である場合はいつでも起きる可能性がある。原因はデータ取得開始を一様磁界 H_z の発生開始時のみとしているため、これにより無駄な待機時間が生じるからである。つまり f_D を84 Hz以上に上げるためには、 f_{CP} を大きくするだけでは限界があり、 T_C を小さくする必要がある。そのためには計算プログラムの改良、また計算機の性能アップが必要となる。

表2 描画周波数 f_D の実測値と $T_C < 3/f_{CP}$ の時の値

CP周波数 f_{CP} [Hz]	描画周波数 f_D [Hz]	
	実測値	$T_C < 3 T_{CP}$ の時
200	32	33
400	58	67
600	64	100
800	84	133
1,000	80	167

[成果の発表, 論文等]

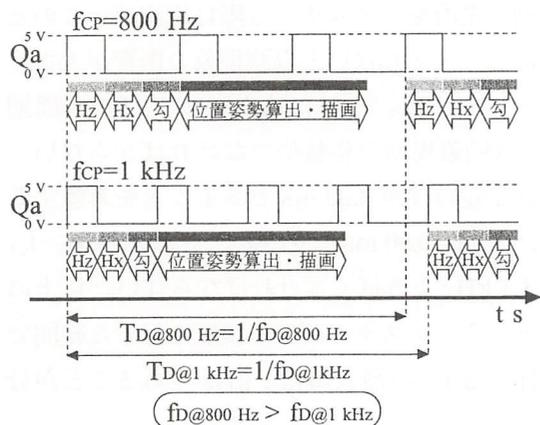


図9 f_{CP} が異なる場合の動作チャート図の例

[今後の研究の方向, 課題]

現在1つのCPUに対して、2個のセンサでリアルタイム動作を実証した。1つの3軸磁界センサに対して励磁コイル駆動・計測・描画の1サイクルを秒間84回実行可能であったが、ネックとなっているのが、励磁コイル系の過渡現象、同期整流の整定時間、および画像描画の時間である。今後これらをさらに改良するとともに、3軸磁界センサの小型、薄型化をはかり、マルチセンサ構成を進める。

- 1) 笹田一郎, 森本 博: 高速モーション検出のための線形勾配磁界と一様磁界を用いた三次元姿勢・位置検出, 電気学会マグネティックス研究会資料, MAG-98-226 (1998)
- 2) I. Sasada, H. Morimoto: A New Method for Fast Motion-Capturing in Three Dimensional Space Using a Global Linear-Gradient and Two Uniform Magnetic Fields, Digest of IEEE International Magnetics Conference, Konjyu, (1999)
- 3) 笹田, 森本, 佐藤, 東山: 線形勾配磁界と一様磁界を用い高速モーションキャプチャシステムの開発, 計測制御学会学術講演会予稿集, 103 C-3 (2000)
- 4) E. Paperno, I. Sasada, E. Leonovich: A new method for magnetic position and orientation tracking, IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 37, No. 5 (2001) (in print)
- 5) 東山, 佐藤, 笹田: 一様磁界と勾配磁界を用いたリアルタイム3次元トラッキングシステム, 電気学会マグネティックス研究会資料, MAG-01-108 (2001)

多重画像統合に基づく視覚情報抽出および 画像再現に関する研究

Visual Information Extraction and Reproduction of
Wide Dynamic Range Image using Multiple-Image-Integration

1001009

研究代表者	豊橋技術科学大学工学部情報工学系 助教授	中内茂樹
共同研究者	豊橋技術科学大学工学部情報工学系 教授	臼井支朗

【研究の目的】

デジタルカメラで撮影した画像は、実際に我々が見た画像とその印象が異なっている場合が多い。特に、自然画像などダイナミックレンジが広い場合にその傾向は顕著である。こうした問題は、視覚系に存在する広ダイナミックレンジに対する適応性がデジタルカメラに欠落していることに起因するものと考えられる。本研究では、条件を変えて撮影した複数枚の画像情報を統合することでデジタルカメラのダイナミックレンジの不足を補うとともに、撮影時に見ている画像との相対的なコントラストが保たれるようにディスプレイ上に再現する方法を提案する。通常の撮影条件ではコントラストが失われてしまうような場合についても、提案法によって適切にコントラストが保存された画像を再現することが可能となる。

【研究の内容、成果】

1. 多重画像統合による広ダイナミックレンジ情報の獲得

機種に依らず常に同じ色情報を扱うためには、デジタルカメラの出力である RGB 値をデバイスに依存しない色彩値へ変換する必要がある。ここでは、CIE XYZ 表色系を中間色空間とし

て採用し、全ての RGB 値を XYZ 値に変換する。しかしながら、CCD の出力値が適切に XYZ 値に変換できる範囲は限られており、適正露出の範囲を越えるところでは白とび、ないしは黒潰れを生ずるため、適切な色彩値に変換することはできない。こうしたデジタルカメラのダイナミックレンジの不足を解消するため、本研究では露光量 (EV 値) を数種類変化させて撮影した画像情報を統合することで、全ての RGB 値を XYZ 値に変換する方法を構築した。具体的には以下の通りである。

[Step 1] 入力画像の各 RGB 値に対し、有効露光域に入っているかどうかを判別する。ここで、有効露光域とは、キャリブレーション精度の高かった範囲とし、今回は RGB 値がそれぞれ 30 から 230 までとした。

[Step 2] 全ての撮影条件で得られた画像に対し、有効露光域に含まれる RGB 値を非線形マスキング法により XYZ 値に変換する。

[Step 3] 複数の XYZ 値が得られた画素、すなわち、複数の撮影条件で有効露光域に含まれた画素については、それらの値を平均する。

2. 知覚コントラストの予測と相対コントラストマッチングによる再現画像の生成

以上述べた方法により、単一の撮影条件では白とびあるいは黒潰れするような画像について

も、複数の画像を統合することで全ての画素について適切に XYZ 値に変換することが可能となる。しかしながら、統合画像の色彩値を忠実に再現するためには極めて広い再現範囲を必要とするものの、実際にはそのようなカラーデバイスが存在せず、得られた色彩値を再現デバイスの色域に納まるように圧縮する必要がある。通常、再現可能な最大値と最小値に合わせて線形に圧縮する方法が用いられるが、この場合、画像中の微細なコントラストが失われてしまうことが知られている。ダイナミックレンジが広がるに従って圧縮率も高く、コントラストの低下も顕著となる。CRT ディスプレイの場合、その輝度範囲は最大 80 cd/m² であり、自然画像のそれが数千～数万 cd/m² であることを考えると、コントラストの低下は深刻となるものと予想される。

こうした問題を解決するため、画像統合後にコントラストを強調する手法などが提案されているが、そのほとんどが従来の画像処理技術を経験的に適用したものである。本研究では我々の視覚系がいかにしてこうした広ダイナミックレンジ画像を知覚しているか、という視点からこの問題を考える。

撮影時に目に入る画像（以下、実刺激と呼ぶ）とディスプレイ上に表示された撮影画像（ディスプレイ刺激）を見ているときでは、明らかに我々の視覚特性は異なる状態にある。本研究では、我々の知覚している情報の中でもコントラスト情報に着目し、順応やコントラストゲインコントロールといった視覚特性の変動を考慮し、我々の知覚しているコントラストを予測するとともに、実刺激に対するコントラストとディスプレイ刺激に対するコントラストの相対的な関係を保つように画像再現を行う方法を提案した。

図 1 に提案法の流れを示す。実刺激およびディスプレイ刺激それぞれに対し、順応状態、コントラストゲインの変化を考慮して知覚されるコントラストを計算し、それらを一致させる

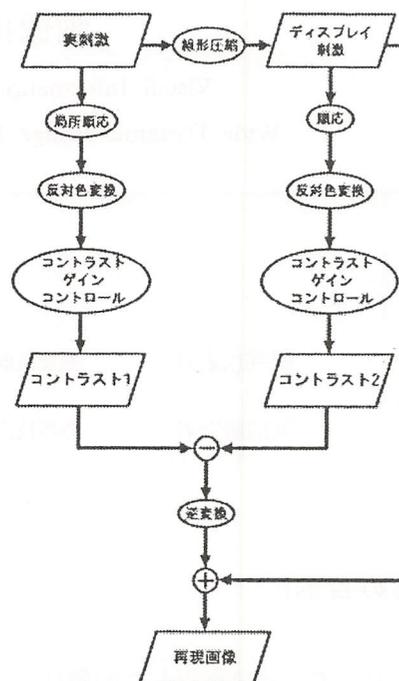


図 1 コントラスト保存原理に基づく画像再現

ように再現画像を生成する。

具体的には、以下の手順により再現画像を求める。

[Step 1] 色順応

デジタルカメラの RGB 値から求められた XYZ 値より錐体応答 (LMS 値) を求める。ここで、LMS 値は錐体の順応特性によりその値が変化する。順応特性は von Kries タイプのモデルにより記述した。

[Step 2] 反対色変換

錐体で受容された三元色情報は、その後、輝度軸と Red / Green, Yellow / Blue の色軸によって表現される反対色空間に変換されることが知られており、ここでは、順応後の錐体応答を反対色応答に変換した。

[Step 3] コントラストゲインコントロールモデルによる知覚コントラスト値の予測

ある点でのコントラストはその周辺のコントラストによる影響を受け、周辺のコントラストが高ければ中心でのコントラストは実際よりも低く、周辺のコントラストが低ければ実際よりも高く知覚されることが知られている (コントラスト対比現象)。図 2 の左右の図の中心部分

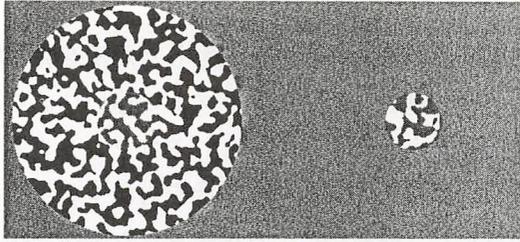


図2 コントラスト対比の例

は物理的には同じコントラストであるが、周辺にコントラストの高い部分があると中心部分のコントラストが実際よりも低く知覚されてしまう。

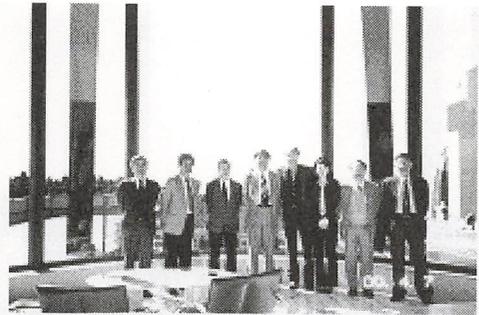
本研究では、D'Zmura が提案したコントラストゲインコントロールモデルを用いて、実刺激およびディスプレイ刺激に対するコントラストを予測した。モデルへの入力は反対色応答であり、出力は知覚されるコントラスト量である。

[Step 4] 相対コントラスト保存による再現画像の生成

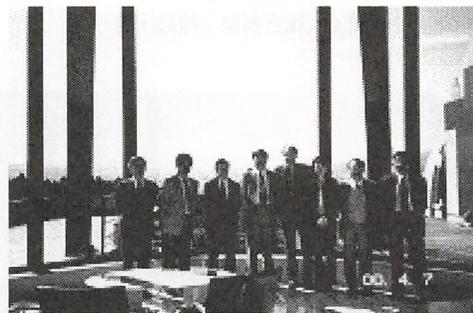
最後に、実刺激に対する知覚コントラストに一致するように、ディスプレイ刺激を補正する。補正量は実刺激とディスプレイ刺激のコントラストの差分に対し、ディスプレイ刺激に対するコントラスト計算の逆変換を施すことで算出した。求める再現画像は、ここで得られた補正量をディスプレイ刺激に加えることで得られる。

3. 結 果

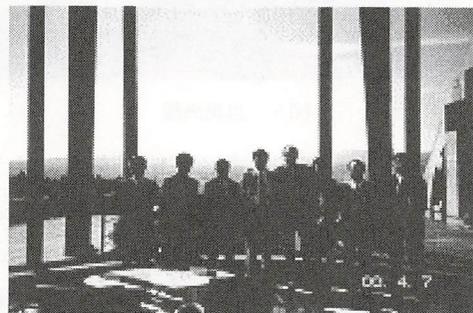
提案法を評価するため、実際にデジタルカメラにより広ダイナミックレンジ画像を撮影し、提案法により再現画像を生成した。用いたデジタルカメラはミノルタ製 RD 3000 であり、キャリブレーションは基準 EV 値を $EV = 12$ として行った。なお、EV 値が 10.5 から 13.5 まで 0.5 刻みで計 7 段階の場合についてキャリブレーション精度の評価を行ったところ、輝度値は誤差 7% 前後、色度に関しても均等色空間である $u'v'$ 色度図上で色差 0.04 と十分な精度を得ることができた。撮影対象は富士山を背景とした屋内の人物である。撮影対象が有効露光



(a) F:6.7, S:1/10



(b) F:6.7, S:1/30



(c) F:6.7, S:1/90

図3 異なる EV 値で撮影した画像

域内に納まるように絞り値 6.7, シャッター速度 1/10, 1/30, 1/90 の 3 種類の条件で撮影した 3 枚の画像を図 3 に示す (実際にはカラー画像であるが、ここでは白黒表示している)。

シャッター速度が 1/10 の場合は、屋内の人物は良好に再現されているが、屋外の風景のように輝度の高い部分 (画像上部) は有効露光域外となるため白とびを生じている。一方、シャッター速度が 1/90 の場合、屋外は再現されているものの、屋内は逆に黒潰れしていることがわかる。

これらの画像を用い、1 項で述べた方法により全ての画素について XYZ 値に変換し作成し

[今後の研究の方向, 課題]

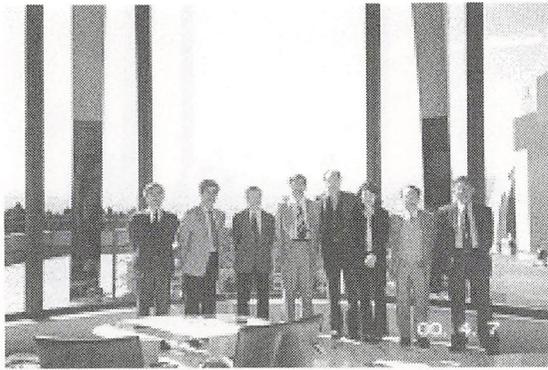


図4 統合画像 (線形圧縮)

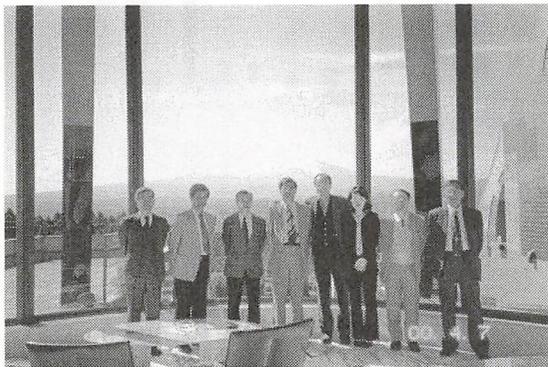


図5 再現画像

た統合画像を図4に示す。デジタルカメラのダイナミックレンジの不足が解消され、白とびや黒潰れはある程度は見られなくなったものの、明かにコントラストが低下していることがわかる。

最後に、実刺激とディスプレイ刺激の差分コントラストから求めた再現画像を図5に示す。提案法による再現画像は、画像全体のコントラストが上がっており、線形圧縮では色潰れしていた部分も、よりコントラストがはっきりと再現されていることがわかる。

本研究では、撮影時と撮影した画像を見た場合との知覚されるコントラストの違いによる違和感を無くすため、知覚されるコントラストの相対的な関係を保ちつつ画像を再現する手法を提案した。提案法により再現された画像は線形圧縮した画像に比べ、より実刺激に近いコントラストを再現できたといえる。しかし、提案法で使用した局所的な順応やコントラストゲインコントロールの空間的特性に関するパラメータは刺激のコンテンツ、大きさなどに依存する可能性もあり、個人差などを考慮する必要がある。今後は、これらのパラメータの傾向をテーブル化、あるいはモデル化するために、刺激の種類を増やし、主観評価による実験を行う予定である。

[成果の発表, 論文等]

- 1) Nakauchi, S., Hatanaka, S. and Usui, S.: Color gamut mapping based on a perceptual image-difference measure, *Color Res. Appl.*, 24, 4, pp. 280-291 (1999)
- 2) 竹部啓輔, 伊藤直己, 中内茂樹, 臼井支朗: 色恒常性を有するデジタルカラーイメージング, *信学論*, J 83-D-II, 8, pp. 1753-1762 (2000)
- 3) 伊藤直己, 中内茂樹, 臼井支朗: 視覚特性に基づく広ダイナミックレンジ画像情報の獲得および再現, *信学技報*, NC 2000-77, pp. 67-74 (2000)
- 4) 竹部啓輔, 加納克則, 伊藤直己, 中内茂樹, 臼井支朗: 偏光フィルタを用いた光源色推定と色補正, *信学論*, J 84-D-II, 3, pp. 480-487 (2001)

複数の人間の知識・技能の協調的獲得機能の研究

Studies on Cooperative Knowledge Acquisition for Multiple Persons

1001010

研究代表者	大阪大学大学院基礎工学研究科 教授	西田 正 吾
共同研究者	大阪大学大学院基礎工学研究科 助手	吉田 哲 也

[研究の目的]

複数の人間が通常断片的に持つ知識や技能を一つの整合した形に統合したいというニーズは種々の分野で見られる。例えば、発電機の故障に関する知識を取り上げてみると、設計に携わった人々から得られる知見や知識もあれば、実際の運用に携わった人々から得られる知識もあり、しかも設計・運用それぞれのフィールドでも電気工学がバックグラウンドの人もいれば機械工学がバックグラウンドの人もいるという事で、これらの種々の人から得られる断片的知識をどのように統合して工学的に利用可能な形態にまとめあげるかは大きな課題となっている。

本研究では、バックグラウンドの異なる複数の人間からの協調的な知識獲得を支援する方法の第一歩として、複数の人間の間に存在する概念相違の検出を実現する方式について検討した。

[研究の内容、成果]

1. 背景とアプローチ

大規模で複雑な問題に対処するには複数の人間が参加して協調問題解決を行うことが重要になるため、従来の知識情報処理の技術を更に発展させてこの部分を支援することが求められている。本研究では複数の人間の協調に焦点を当

て、複数の人間がグループとして共同作業を行う際のコミュニケーションを支援することを目指す。一般的に、ある物事に対する人間の持つ概念は各個人で相違があると考えられる。ここでは概念（あるいは視点）の相違が協調の障害になることに着目し、複数の人間が円滑に共同作業を行うためにその相違を取り除くことを目指す。これは、異なる背景知識を持つ人間がグループとして共同作業を行う場合に特に問題になると考えられる。

我々の提案するシステムは、ユーザから事例の形式で与えられたデータをもとにユーザの持つ概念の構造を具体的な決定木という構造により可視化し、そこでの差異をユーザとは別の視点から指摘する。ユーザはその結果を見て相互に話し合うことで個々の概念構造を変化させ、システムに提供するデータ自体も変更させていく。システムとユーザ、およびユーザ間のインタラクションを通じて徐々に概念の相違を明らかにしていき、お互いの視点や考え方を明確にしていくことでグループの協調を促進させることを目指す。

2. 概念の相違の定義

人間がある事象に対する概念を形成しようとするとき、その事象が物理的に実体であろうと抽象的なものでであろうと、その人の五感、もしくは六感を働かせて認識する。そしてその概念

を自分の外へ持ち出すときには、何らかのシンボルを用いて表現する。そこで本研究ではこのシンボルレベルでの概念の相違に注目し、以下の二つの場合を概念の相違と定義する。

- ① 同じシンボルを違う意味で用いている場合
- ② 違うシンボルを同じ意味で用いている場合

例として、具体的にA氏、B氏という二者を想定して考えてみる。ここでA氏は電気について、B氏は機械について造詣が深いとし、お互い同じモーターの故障診断をしたとする。故障原因としてA氏は「電圧周波数異常」を、B氏は「回転数異常」を挙げたとする。モーターが故障したとき、「電圧周波数」と「回転数」は同じ変動を示すとすると、この二つの違うシンボルの言葉は同じ意味で用いられていると考えてもよいことになる。逆に、同じシンボルの言葉であっても実際には違う意味で用いられる場合もあると考えられる。

3. システムの概要

図1に提案する概念相違検出システムの構成を示す。基本的な考え方としては、まず二人のユーザが自分自身の概念のシンボルを用いて、クラス・属性・属性値より構成される事例を知識として入力する。システムはその入力データより決定木を生成し、決定木の構造の違いからクラス・属性・属性値の各パラメータにおける

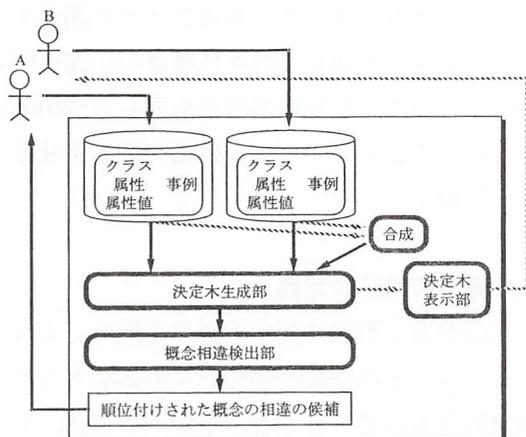


図1 システムの構成

概念の相違の検出を行う。前節で述べたように、概念の相違として二種類の定義があるので、全部で6種類の概念の相違があるということになる。検出された概念の相違は順位付けされてユーザに提示される。ユーザはその結果を見て話し合い、入力データを修正する。この過程をインタラクティブに繰り返すことにより概念の相違を取り除いていく。また、本システムは二人のユーザが対象であるが、二人ずつの組み合わせを作ることにより、それ以上の人数でも適用可能である。

本システムで取り扱う知識は、分類型と呼ばれる種類の知識である。分類型の問題とは、あらかじめ定義された対象に関する特徴である属性とそれが取り得る値である属性値を入力して、そのような特徴を持つものが属するクラスを出力するものであるとすることができる。また事例とは、分類の対象を、用意した属性値のリストと所属すべきクラスの対で表したものである。事例に基づき、本システムはクラスを最も効率的に分離できる属性/属性値の組み合わせからなる分類知識を決定木の形式に生成する。決定木のノードにはそのノードで判定すべき属性が、リーフにはそこに辿り着いた場合の推定クラスが表されている。決定木生成アルゴリズムとしてはID3を採用している。ID3は高速に作動するため、インタラクティブシステムには向いていると考えられる。またユーザーは、決定木表示部により決定木を自由に見ることが可能である。決定木表示部の出力例を図2に示す。

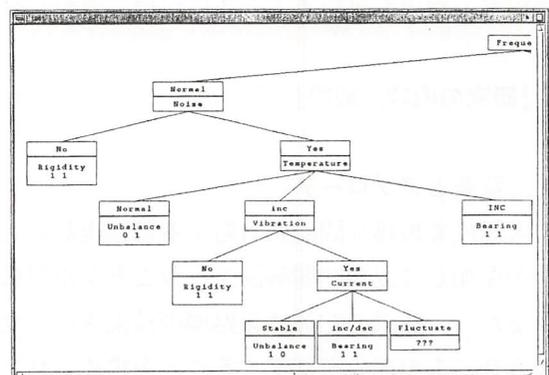


図2 決定木の表示例

ユーザの知識構造が決定木として可視化されることで、ユーザが入力を訂正したり、さらなる知識が呼び起こされたりする効果が期待される。

4. 概念相違検出アルゴリズム

ここでは、図2における概念相違検出部の具体的なアルゴリズムについて述べる。それぞれのアルゴリズムは、概念の相違が存在する入力から決定木を生成した場合に、構造的にどのような差異が生じるかを考慮したヒューリスティックによるものである。前提条件として、各ユーザ自身の入力知識に内在する矛盾はないものとする。以下では、各ユーザの知識と合成知識をそれぞれ A, B, A+B と呼ぶ。

4.1 同じクラスに違うシンボルを用いている場合 (C1)

この場合、合成知識において、各属性について同一の属性値をとるにもかかわらず、異なるシンボルを持つ別々のクラスに属しているという矛盾した事例が存在することになる。これが決定木 A+B においてどう反映されるかを考慮すると、概念の相違を含む二つのクラスが同じリーフに存在するということになる。さらに、一方のクラスは A の事例のみを持ち、他方のクラスは B の事例のみを持つ。ここで、重複するクラスが三つ以上あれば、各ユーザの知識自体に矛盾があるということなので、重複するクラスは多くても二つであることに注意されたい。そこで、上記の様なリーフを検出するという方針のもとに、次のような概念相違検出アルゴリズムを考える。

検出アルゴリズム

[Step 1] 決定木 A+B から、クラスが二つ存在するリーフを探す。

[Step 2] 一方のクラスは A の事例のみを持ち、もう一方のクラスは B の事例のみを持っていて、その二つのペアは概念の相違の候補であるとする。

[Step 3] Step 1 ~ Step 2 を繰り返し、候補にピックアップされた回数をカウントし、多い順に順位付けする。

以下、詳細は省略するが同様に「違うクラスに同じシンボルを用いている場合 (C2)」、 「同じ属性に違うシンボルを用いている場合 (A1)」、 「違う属性に同じシンボルを用いている場合 (A2)」、 「同じ属性値に違うシンボルを用いている場合 (V1)」、 「違う属性値に同じシンボルを用いている場合 (V2)」 についてアルゴリズム導出を行った。

5. プロトタイプによる評価

提案した概念相違検出アルゴリズムをベースに、プロトタイプシステムを構築し、評価実験を行った。開発環境は UNIX ワークステーション上で、C 言語で記述している。ここでは図3に示すモーターの故障診断知識への適用例を示す。このデータは同一のモーターに関する知識を A, B の二人から得たものであり、事例数はそれぞれ 30 個、事例を構成する属性は 6 種類でその属性値は 2 または 3 種類、クラスが 5 種類である。また、このデータに対して概念の相違を人為的に作成して、B の入力データに変更を加えている。

まず最初に、概念の相違の各パターンがそれぞれ単独で存在する場合について実験を行った。図3に示すデータの各パラメータのシンボルや事例の構成をランダムに変化させ、複数回の試行のうち、第三候補までに検出できた回数を集計した。その結果を表1に示す。なお、図中 C1, C2, A1, A2, V1, V2 は、4 項で述べた概念相違パターンに対応している。この例においては、属性に関する V2 のみ精度がそれほど良くないが、他の例なども含めると全体としての検出率は 80% を越えている。また、複数のパ

入力データ A, B 事例数 各30個

属性	属性値	クラス
Temperature	: Normal inc	INC
Current	: Stable inc/dec	Fluctuate
Noise	: No Yes	
Vibration	: No Yes	
Amplitude	: Normal inc	INC
Frequency	: Normal Low	High

図3 故障診断知識の例

表1 概念相違の検出結果の例

	試行回数	第1候補	第2候補	第3候補
C1	5	5	0	0
C2	5	5	0	0
A1	6	6	0	0
A2	6	2	2	2
V1	6	4	0	0
V2	6	4	0	0

ターンの概念の相違が同時に存在する場合の検討も行い、システムが有効に機能することを確認した。

[今後の研究の方向, 課題]

本研究では、バックグラウンドの異なる複数の人間からの協調的な知識獲得を支援する方法の第一歩として、複数の人間の間には存在する概念相違の検出を実現する方式について検討した。今後は、今回開発した概念相違検出ロジックをベースに、統合的な「協調的知識獲得機能」へ発展させて行くことを考えている。特に、複数の人間の間における知識の整合性の取り方についてさらに検討を加える予定である。

[成果の発表, 論文等]

- 1) 近藤輝幸, 吉田哲也, 西田正吾: 複数の人間における概念相違検出のためのインターフェースの設計, 情報処理学会論文誌, Vol. 39, No. 5, pp. 1195-1202, 1998年5月.

- 2) 山岡孝行, 辻野克彦, 吉田哲也, 西田正吾: 「ユーザ参加型設計のための事例を利用した意図理解支援インタフェース」, ヒューマンインタフェース学会論文誌 Vol. 2, No. 2, pp. 193-201, 2000年5月.
- 3) T. Yoshida, T. Kondo and S. Nishida: Evolving Granules for Classification for Discovering Difference in the Usage of Words, Computational Intelligence (to appear)
- 4) S. Nishida and T. Koiso: "Design of Communication Support System in Emergency", Proceedings of the 1999 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC '99) pp. I 786-791, Tokyo, Japan, October, 1999.
- 5) Yoshida, T., Kondo, T. and Nishida, S.: "Evolving Granules for Classification for Discovering Difference in the Usage of Words", Proceedings of the Seventh International Workshop on Rough Sets, Fuzzy Sets, Data Mining, and Granular-Soft Computing (RSFDGrC '99), pp. 366-374, Yamaguchi, Japan, November, 1999.
- 6) S. Nishida, T. Koiso and M. Nakatani: "Evaluation of Organizational Structure in Emergency from the Viewpoint of Communication", Proceedings of the 7th IFAC Symposium on Automated Systems Based on Human Skill, pp. 135-138, Aachen, Germany, June, 2000.

状況変化に対応可能な アクティブステアリング技術に関する研究

Active Steering Systems Adaptable to Variable Situations

1001012

研究代表者

京都大学大学院情報学研究科 助手

深尾 隆 則

[研究の目的]

近年, ITS (Intelligent Transport System) に関する研究が盛んであるが, その一分野として, 自動車の運転の安全性向上のためにアクティブステアリングに関する研究が多くなされている。特に最近焦点をタイヤの横力に関する非線形性に当てた研究が多い。この特性はタイヤのスリップ角が大きくなると現われ, 危険な状態における補償が重要である。また, この特性は雨や雪などの気象条件に依存し, そのような状況ではスリップ角がそれほど大きくななくても現われて来ることもあり, その不確定性を適切に扱うことも重要である。

本研究では従来あまり行われていなかった, 前輪操舵のみの二輪操舵車についての研究を行う。また, 制御目的としては運転車の操舵角からヨーレートと横加速度の線形結合で定義される D^* までを上述の非線形性や不確定性によらずに所望の規範モデルの特性に保つことであり, モデル規範型適応制御系を構築し, リアルタイムシミュレーション実験によってその効果を確かめる。

以上のような制御系構成により, 運転手の未熟な技術による事故の減少が期待でき, また自動走行への応用にも発展可能である。

[研究の内容, 成果]

1. ステアリングシステムのモデル

自動車のダイナミクスモデルとして図1に示すような, 前後輪とも中心線上に一輪ずつとして考えた *single-track model* を用いる。

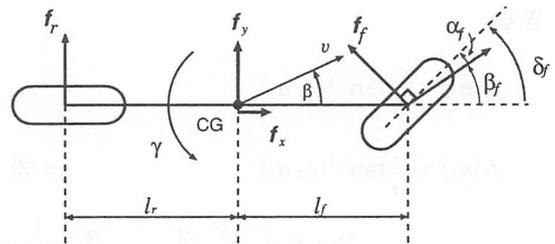


図1 Single-track model for car steering

車速 v が一定であるという仮定の下, 車両のダイナミクスは以下のように書くことができる。

$$\begin{bmatrix} mv(\dot{\beta} + \dot{\gamma}) \\ J\dot{\gamma} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin \beta \sin \delta_f + \cos \beta \cos \delta_f & \cos \beta \\ l_f \cos \delta_f & -l_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_f(\alpha_f) \\ f_r(\alpha_r) \end{bmatrix} \dots (1)$$

ここで, J はヨー慣性モーメント, β は横滑べり角, γ はヨー角, l_f, l_r は重心 (CG) から角軸への距離, α_f, α_r は前後輪のスリップ角, $f_f(\alpha_f), f_r(\alpha_r)$ はタイヤにかかる横力, m は車体重量である。

さらに, アクチュエータのダイナミクスを一次系と仮定する。

$$\delta_f = \frac{K_U}{T_U s + 1} u \dots (2)$$

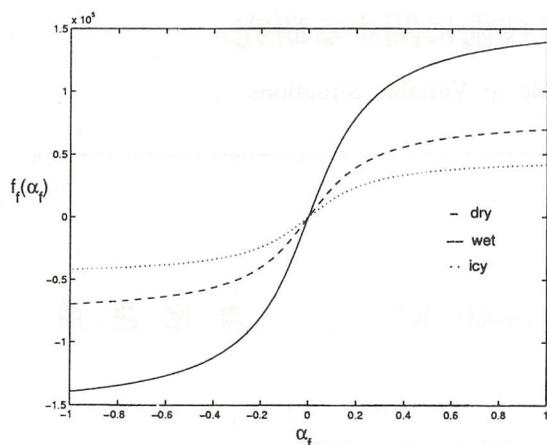


図2 α_f-f_f

ここで K_U, T_U は定数, u は実際の入力である。

スリップ角 α_f, α_r に対するタイヤの横力 $f_f(\alpha_f), f_r(\alpha_r)$ は非線形な関係にあり, 図2のように路面状態に依存することが知られている。その関係は近似的に以下のように表すことができる。

$$f_f(\alpha_f) = \frac{c_f}{c_1} \tan^{-1}(c_1 \alpha_f)$$

$$f_r(\alpha_r) = \frac{c_r}{c_2} \tan^{-1}(c_2 \alpha_r) \quad \dots (3)$$

ここで, c_1, c_2 は正定数, $c_f \frac{2}{\pi}, c_r \frac{2}{\pi}$ はタイヤの最大横力である。

本研究では路面状況による c_f, c_r, c_1, c_2 の不確定性を適切に扱いたいが, 式(3)のままでは適応制御を用いることができない。そこで, 以下のように表されるものとする。なお, 後輪の場合は添字を f から r に置き換えることによって同様に考えられる。

$$f_f(\alpha_f) = \frac{a_{f1}}{b_{f1}} \tan^{-1}(b_{f1} \alpha_f) + \frac{a_{f2}}{b_{f2}} \tan^{-1}(b_{f2} \alpha_f) \quad \dots (4)$$

式(4)の a_{f1}, a_{f2} を未知パラメータとして適応制御を用いればタイヤの非線形性をうまく扱えることが期待される。

2. モデル規範型非線形適応制御

本研究におけるアクティブステアリングシステムの目的は雨や雪といった路面状況に関わらず, 運転車の操舵角入力 u_d と特定の出力間を

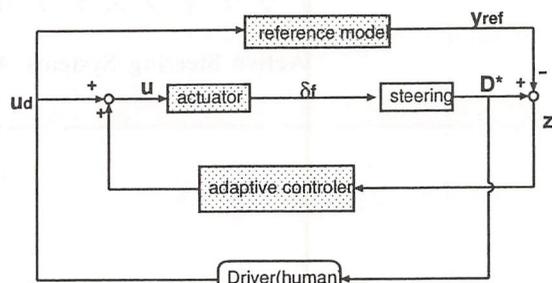


図3 モデル軌範型適応制御系

ある伝達関数に設定することである。本研究で設計した制御系は以下の図3に示す通りである。なお, 規範モデルの特性は設計者が望ましいと考えるものを試行錯誤的に得ることとなる。

一般的に式(1), (3)を近似線形化したモデルがアクティブステアリングの設計に用いられるが, 本研究では非線形特性を出来るだけそのまま扱うことを考えるため, 式(4)を用いる。この際, スリップ角 α_f, α_r は非線形性が現われるくらい大きくなりうると考え, 一方 $\beta, \beta_f, \beta_r, \delta_f$ の非線形性への影響は十分に小さいと考える。

制御系の出力としては, D^* と呼ばれる横加速度とヨーレートの線形結合を用いた。これにより, 横加速度とヨーレートの双方に効果的に制御が働くことが期待される。つまり, 出力として以下のものを選ぶ。

$$y = jv(\beta + \gamma) + (1-j)v\gamma, \quad 0 < j \leq 1 \quad \dots (5)$$

また, 規範モデルは設計者が指定する以下の一次特性とする。

$$y_{ref} = \frac{K_Y(v)}{T_Y s + 1} u_d \quad \dots (6)$$

コントローラは図3に示した通り, この y と y_{ref} が時間の経過と共に0または小さな値に収束するように構成する。ただし, 式(4)に含まれる a_{f1}, a_{f2} が不確定であるため, 適応制御則を用いる。これにより, 路面状況の変化にかかわらず適応的に対処が可能となる。

3. シミュレーション結果

以上に述べた方法により図4のような構成でリアルタイムシミュレーションを行った。また、実験装置の概要は図5に示す通りであり、パワーステアリングユニットを仮想的な反動トルクを与えるものとして用いた。

図6, 7に推定パラメータの初期値を乾燥路面時に設定し、速度 $v = 120$ [km/h] で圧雪路面

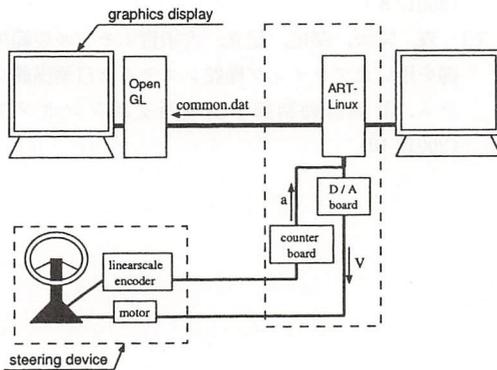


図4 シミュレータの概要

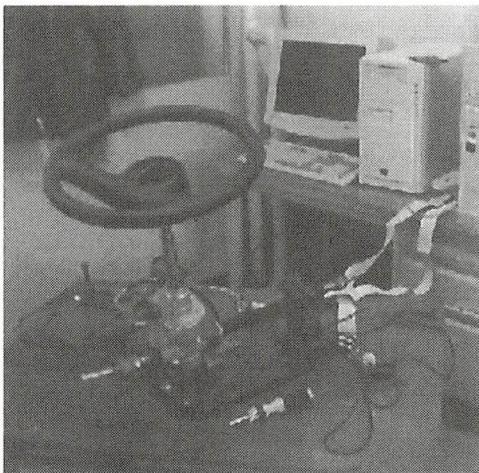


図5 実験装置

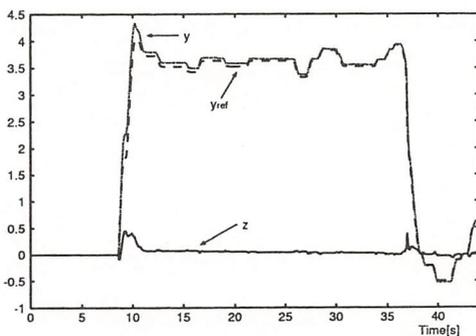


図6 D^* and output error

のオーバルコースを走行した場合の結果を示す。

これらの結果を含め、多くの実験結果より望ましい特性が獲得されることを確認した。つまり、本手法は路面状況の不確定性にも関わらず、運転者に特別の意識をさせることなく適応的に対処し、その効果が非常に有効であることを示している。

[今後の研究の方向, 課題]

以上に述べた方法は、速度一定という仮定の下、二輪モデルに帰着させて制御系を構成している。このため、加減速といった基本的な自動車の動作を表現することは出来ず、また外乱や路面状況の変化などに関しては、それほど多くの状況を考慮していない。今後は、四輪フルモデルを用いて現実的仮定下での制御系の構成と実験を多く行っていくべきである。ただし、厳密にそのダイナミクスを表現するだけの良いのではなく、ある程度低次元化されたモデルでないと、良い制御系は構築出来ない。さらに、最終的には実車により検証されなければならない。

一部は既に応用しているが、本研究の延長上には自動車の自動操舵システムがある。制御が達成されると、そのダイナミクスは規範モデルの特性に帰着されるため、自動操舵の達成は従来より容易になる。路面状況の変化などはコントローラが適応的に対処するため、操舵システムの規範入力も簡単なものとなり、現実的応用の可能性が広がる。また、自動操舵から手動操舵への切り換えも、この規範モデルに全てを委

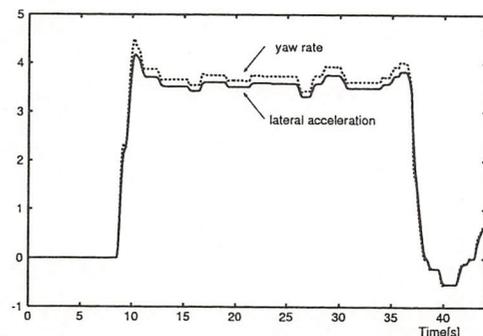


図7 Lateral acceleration and yaw rate

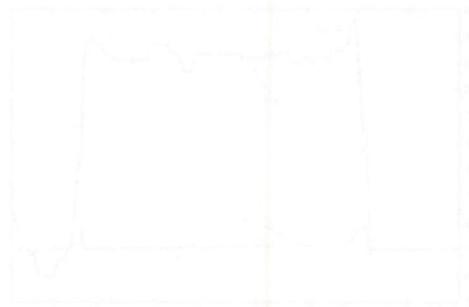
ねることが出来るため、混乱が生じない。この規範モデルは現在、試行錯誤的に決定しているが、ヒューマンインタフェースの観点から決定出来ないか検討していく必要がある。

[成果の発表, 論文等]

- 1) 深尾, 足立: 非線形性と不確定性を考慮したアクティブステアリングのモデル規範型適応制御, 第1回適応学習制御シンポジウム (2001/1)
- 2) 宮坂, 森, 深尾, 足立, 大須賀: モデル規範型非線形適応制御を用いたアクティブステアリング, 第45回システム制御情報学会研究発表講演会 (2001/5)
- 3) T. Fukao, K. Mori, S. Miyasaka, N. Adachi

and K. Osuka: Automated steering systems based on model reference control (2001/5)

- 4) 深尾, 宮坂, 森, 足立, 大須賀: 二輪操舵車のモデル規範型適応 D^* 制御系設計, 第1回制御部門大会 (2001/5)
- 5) 森, 宮坂, 深尾, 足立, 大須賀: モデル規範型 D^* 制御による軌道追従自動操舵システム, Dynamics and Design Conference 2001 (2001/8)
- 6) T. Fukao, S. Miyasaka, K. Mori, N. Adachi and K. Osuka: Active steering systems based on model reference adaptive nonlinear control (2001/8)
- 7) 森, 宮坂, 深尾, 足立, 大須賀: モデル規範型制御を用いたアクティブ操舵システムと自動操舵システム, 計測自動制御学会関西支部シンポジウム (2001/10)



地球環境汚染ガス計測用超高感度知能化 シリコンガスセンサに関する研究

Highly Sensitive Intelligent Silicon Gas Sensors for Detecting Gas
to the Pollution of Earth Environment

1001013

研究代表者	室蘭工業大学工学部 助教授	福田 永
共同研究者	室蘭工業大学工学部 教授	野村 滋

[研究の目的]

科学技術の急速な進歩に伴い、地球規模で環境汚染が深刻化している。その中心となっているものに大気汚染がある。化石燃料の大量消費に伴う二酸化炭素 (CO₂) 増加が地球温暖化を引き起こし、燃料排ガスから放出される窒素化合物 (NO_x)、炭化水素 (CH₄)、アンモニア (NH₃) および塩素 (Cl) ガスが酸性雨の原因となっている。また、フロンガスの放出がオゾン層の破壊をもたらしている。環境汚染ガスの中で、一酸化炭素 (CO) はボイラや自動車の排ガスなどに含まれており、大気汚染を引き起こすだけでなく、一般家庭においても給湯器やストーブなどの不完全燃焼により発生する。CO ガスは無味無臭で、数百 ppm で頭痛、めまい、嘔吐を引き起こし、数千 ppm では呼吸困難や死に至らせる非常に危険なガスである。CO センサの用途としては、家庭用ガス警報機やストーブなどに用いられる他に、自動車の排ガス規制と燃料節減に対処するためのエミッション制御や、良好な運転環境を得るための車内空調などにも用いられる。最近では、大気汚染の監視や環境保全のための排ガス計測にも用いられている。

これらの背景から、超高感度でかつ瞬時にガス濃度や種類を判別するガスセンサの開発が急

務となっている。低濃度の不活性ガスを瞬時に検出するには、表面電位制御型トランジスタ (MOSFET) ガスセンサが最も有望であると考えている。このセンサは、分子構造選択的捕獲機能 (レセプタ機能) と電気信号変換機能 (トランスデューサ機能) の双方を有し、かつ高集積化、インテリジェント (知能化) できる可能性を持っている。

本研究では、種々のガスに対して敏感な触媒活性膜を MOSFET ゲート電極として用いた。またガスの吸着効果を高めるために、電極表面をポーラス (微小孔) 状にした。本研究では知能化 MOSFET ガスセンサを構築するため、その第一段階として微量の CO に応答する MOSFET センサの試作に着手した。

[研究の内容、成果]

1. 触媒活性ゲート電極の作製

ガスセンサの動作温度は低い程よく、できるならば室温動作が望ましい。そのため、ゲート電極として多孔質白金 (Pt) 膜、触媒活性層として酸化タングステン (WO₃) 膜を積層したゲート電極構造を考案した。WO₃ を担持した Pt は、CO 分子を解離吸着させ、WO₃ 上に流れ出す効果 (スピルオーバー効果) がある。これらの電極を形成するため、最初、WO₃ を

0.5 wt%含有した酢酸エステルをシリコン酸化膜上に塗布し、その後、酸素雰囲気中、600°Cで60分間加熱焼結させた。この段階でWO₃膜はn形導電性を示した。次に、WO₃上に0.5 wt%ヘキサクロロ白金IV酸を滴下し、それを焼結させることでPt/WO₃ゲート電極を形成した。得られたPt膜はポーラス（多孔質）化していることが、走査電子顕微鏡（SEM）観察で確認できた。また、WO₃膜の結晶性について、X線回折（XRD）およびラマン分光を用いて評価した。

2. MOSFET ガスセンサの試作

図1に示すように、試作したセンサはゲート長30μm、ゲート幅2.25mm、ゲート酸化膜厚10nmのnチャネルMOSFETである。MOSFET作製後、真空デシケータ内に設置し、真空ポンプで排気した後、大気（O₂/N₂=1/

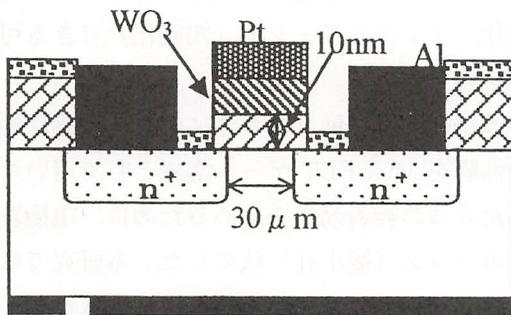


図1 MOSFET型COガスセンサ

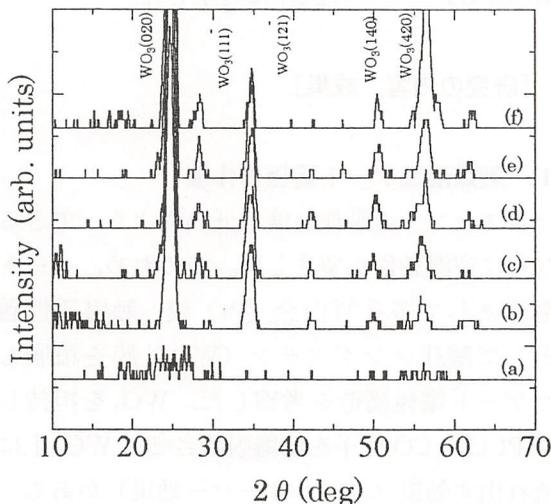


図2 WO₃膜のXRDパターン

4)を1気圧で充填させ、COガス（標準ガス99.9%）を0 ppm, 54 ppm, 108 ppm, 216 ppm, 500 ppm, 1,000 ppm導入した。COガス導入後のMOSFETの出力特性、伝達特性、ドレイン飽和電流の時間変化および応答特性を評価した。測定は、試料加熱台にMOSFETを装着し、27～100°Cの温度範囲で行った。

3. WO₃薄膜の結晶性評価

ゲート電極に用いたWO₃膜について、XRDパターンよりその結晶性を調べた。図2に、酸素雰囲気中、(a) 400°C, (b) 500°C, (c) 600°C, (d) 700°C, (e) 800°C, (f) 900°Cで、酸素雰囲気中、60分間アニールしたWO₃膜のXRDパターンを示す。アニール温度の上昇に伴い、WO₃特有の回折ピーク強度の増加が見られる。400°Cではピークが見られないが、500°C以上で急速に増加していることから、膜の結晶化は500°C以上で急速に進行するものと考えられる。得られたWO₃膜は多結晶構造であった。この結果よりMOSFET作製工程でのWO₃ゲート膜はすべて600°Cで結晶化を行った。

4. 出力特性

MOSFETガスセンサを真空デシケータの試料台に装着し、COガスを導入した時の出力特性を図3に示す。動作温度は75°Cである。出力特性はゲート電圧をV_G=3Vに固定し、ドレイン電圧V_Dを0～6Vまで変化させドレイン電流I_Dを測定した。

図に示すように、CO濃度の増加に伴い飽和領域のドレイン電流が増加していることがわかる。また飽和ドレイン電流は、動作温度の上昇に伴い増加する傾向が見られた。

5. CO導入によるしきい値電圧シフト

図4は、CO導入に伴うI_D-V_G特性（伝達特性）の変化を示したものである。伝達特性は、V_D=3Vに固定し、V_Gを-1～+3Vまで変

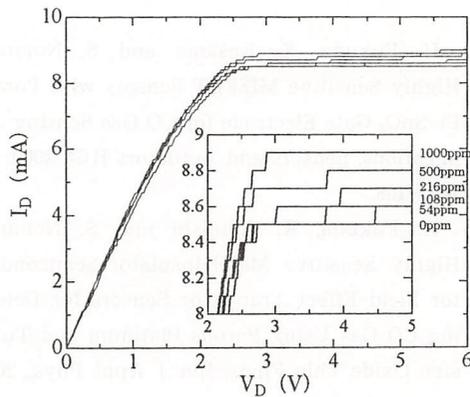


図3 動作温度 75°C における MOSFET の I_D - V_D 特性 (出力特性)

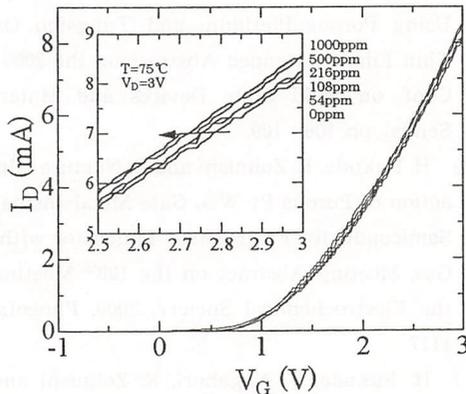


図4 MOSFET の伝達特性

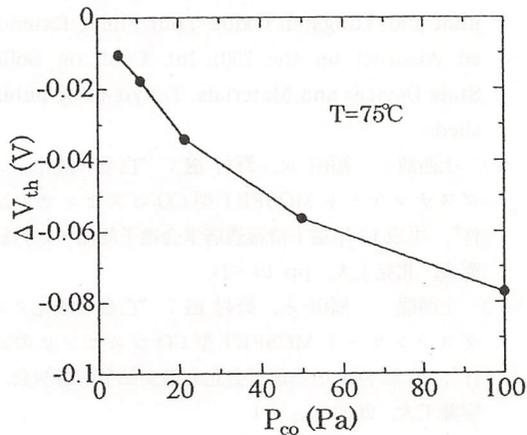


図5 CO 圧力に対するしきい値電圧の変化

化させ、 I_D を測定した。図に示すように CO 濃度の増加に伴い、MOSFET のしきい値電圧 V_{th} が負の電圧方向にシフトしていることがわかる。

図5は CO 圧力に対するしきい値電圧の変化 (ΔV_{th}) をプロットしたものである。この図より、CO 濃度の増加に伴い ΔV_{th} が増加してい

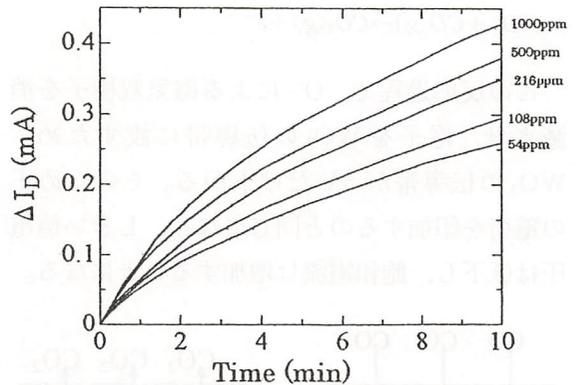


図6 各 CO 濃度に対する飽和ドレイン電流の時間変化

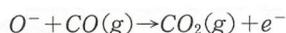
ることがわかる。また、飽和する傾向にあることから、CO の Pt への吸着はラングミュア型の吸着等温線の振る舞いをしていることがわかる。また、Pt 表面を多孔質化したことで、真空蒸着等による Pt 膜に比べて吸着量が約 10 倍増加した。さらに、Pt のみでは CO に対して感度はなく、 WO_3 膜が CO の吸着過程に不可欠であることが判明した。

6. 飽和電流の時間変化

MOSFET を CO ガスに曝した場合の応答について、飽和ドレイン電流の変化 (ΔI_D) について調べた。図6に示すように、CO 濃度の増加に伴い、初期応答速度が増加し、さらに変化量についても増加する傾向が見られる。CO の暴露を停止し、酸素を導入した結果、 ΔI_D はゼロに戻る回復特性がみられた。またその持定数は、動作温度が高いほど減少する傾向が見られた。従って、もともと Pt/ WO_3 界面に吸着していた酸素が CO 吸着により脱離し、また酸素導入により再び吸着すると考えられる。

7. 動作原理

図7に Pt/ WO_3 積層ゲート構造での CO 吸着の様子を示す。最初、Pt に吸着した CO は Pt 内部を拡散し、Pt/ WO_3 界面まで到達する。Pt/ WO_3 界面にもともと吸着している O^- と反応 (電子授与) して CO_2 分子を形成する。このときの反応を次式に示す。



この反応過程で、 O^- による電気双極子を消滅させ、電子を WO_3 の伝導帯に渡すため、 WO_3 の伝導帯が ΔV だけ下がる。そのため正の電荷を印加するのと同じになり、しきい値電圧は低下し、飽和電流は増加することになる。

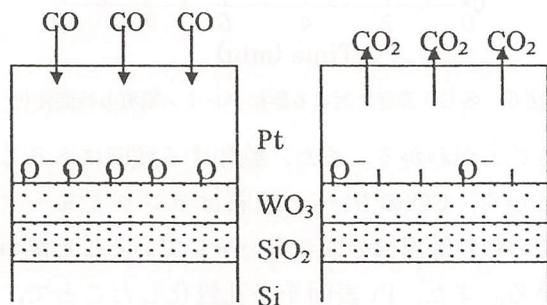


図7 ゲート電極部でのCO吸着・脱離過程

[今後の研究の方向, 課題]

触媒活性 Pt/ WO_3 ゲート電極を有する CO ガス検出用 MOSFET ガスセンサを試作した。また、これらの FET センサをシリコンチップ上にアレイ状に配列することが可能となった。次の段階として、同一チップ上の複数個の FET からの信号を同時にコンピュータに伝送し、予め記憶させた標準信号と比較処理することを試みる予定である。これら一連の研究は集積知能化センサを構築する上で重要な基礎技術を提供するものと考えている。

最後に、本研究に多大なご援助を頂いた(財)立石科学技術振興財団に心より感謝申し上げます。

[成果の発表, 論文等]

- 1) H. Fukuda, K. Kasama and S. Nomura: Highly Sensitive MISFET Sensors with Porous Pt-SnO₂ Gate Electrode for CO Gas Sensing Applications, Sensors and Actuators B 64, 2000, pp. 163-168.
- 2) H. Fukuda, R. Zohnishi and S. Nomura: Highly Sensitive Metal-Insulator-Semiconductor Field-Effect Transistor Sensors for Detecting CO Gas Using Porous Platinum and Tungsten Oxide Thin Films, Jpn. J. Appl. Phys., 2000, to be published.
- 3) H. Fukuda, R. Zohnishi and S. Nomura: Highly Sensitive MISFET for Detecting CO Gas Using Porous Platinum and Tungsten Oxide Thin Films, Extended Abstract on the 2000 Int. Conf. on Solid State Devices and Materials, Sendai, pp. 108-109.
- 4) H. Fukuda, R. Zohnishi and S. Nomura: Interaction of Porous Pt-WO₃ Gate Metal-Insulator-Semiconductor Field-Effect Transistor with CO Gas, Meeting Abstract on the 198th Meeting of the Electrochemical Society, 2000, Phoenix, p. 1117.
- 5) H. Fukuda, T. Nagahori, R. Zohnishi and S. Nomura: Fast CO Gas Sensing for MISFET Structure Using Gate Electrode with Porous Platinum and Tungsten Oxide Thin Films, Extended Abstract on the 2001 Int. Conf. on Solid State Devices and Materials, Tokyo, to be published.
- 6) 上西龍二, 福田 永, 野村 滋: “白金-酸化タンゲステンゲート MOSFET 型 CO ガスセンサの試作”, 平成 12 年電子情報通信学会電子部品・材料研究会, 北見工大, pp. 19-24.
- 7) 上西龍二, 福田 永, 野村 滋: “白金-酸化タンゲステンゲート MOSFET 型 CO ガスセンサの試作”, 第 36 回応用物理学会北海道支部学術講演会, 室蘭工大, 2000 年, p. 1.

続報情報に基づく複数文書の要約技術に関する研究

Extracting Key Paragraph based on Topic Tracking

— Towards Multi-Document Summarisation —

1001014

研究代表者

山梨大学工学部 助教授

福本文代

[研究の目的]

文書要約は、原文の大意を保持したまま、文書の長さ・複雑さを減らす処理をいう。すでに40年以上にわたり研究されてきた要約に関する技術は、近年インターネットの普及により電子化された大量のデータが流通するようになったことを背景に、再び脚光を浴びている。これは、読む文書の量を減らすことでユーザの負荷を軽減する支援環境が提供できると考えられているためである。例えば検索エンジンにおいて、システムが提示した Web ページの内容を端的に紹介することでユーザは望む検索結果か否かを即座に判断することができる。また、最近では携帯電話への電子メールの配信サービスやワープロソフトに要約機能を備えたものも見受けられるようになってきた。さらにより実用的な状況に対応するため、要約対象となる文書を一文書から複数文書に広げ、各文書の内容を端的にまとめて一つの要約として提示する研究にも関心が注がれるようになった。

複数文書を対象とした要約において、一文書の要約と比べ新たに解決しなければならない重要な問題の一つに、要約対象となる複数文書間の共通部分と相違部分をどのように認識するかという問題がある。文書間で内容が重複する場合、従来の単一文書要約の手法を個々の文書に適用し、その結果を並べただけでは、個々の要約の記述が重複し、冗長な要約になってしまう。

従って、複数文書を対象とした要約では、文書全体にわたって重要箇所を正確に抽出する必要があり、それら重要箇所はお互い冗長な内容になっていないかどうかを的確に判断する技術が必要とされる。

本研究では、ある出来事に関する記事とその続報記事を要約の対象とし、記事間の共通部分と相違部分の判定に基づき、重要箇所を抽出することを目的とする。

[研究の内容、成果]

1. 記事集合における語の分布

本研究では、ある出来事に関する記事とその続報記事からなる複数の記事を要約の対象とする。記事中、出来事、すなわち特定の時間に特定の場所で生じた事柄を示す語をトピック語と呼び、各記事の中でその記事の主題を表す語をイベント語と呼ぶと、トピック語とイベント語はそれぞれ記事間で共通した話題（共通部分）と異なる話題（相違部分）を示す語ととらえることができる。従って、重要箇所を高精度で抽出するためには、トピック語とイベント語を的確に抽出する必要がある。本研究では記事中における各語の分布の違いを利用してトピック語とイベント語の抽出を行った。記事はトピック語かイベント語かそれ以外の語（一般語と呼ぶ）で構成されているとし、トピック語とイベント語は記事中の名詞、あるいは名詞句と

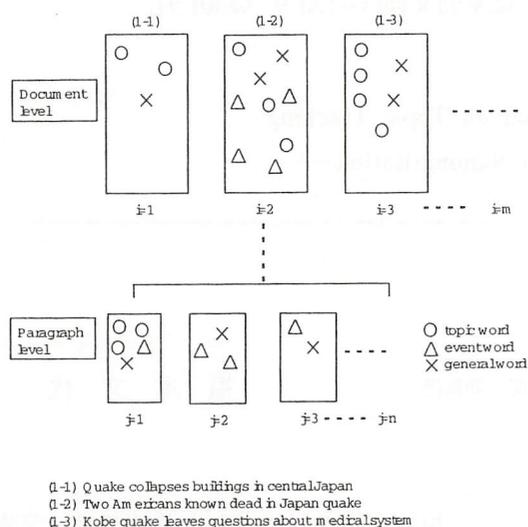


図1 新聞記事の構造

する。図1は、新聞記事の構造を示す。

図1において(1-1)~(1-3)は、神戸の大震災に関する記事であり、第1記事(1-1)は神戸の地震が生起したことを伝える記事、第2記事(1-2)は2人のアメリカ人が震災で亡くなったことを伝える記事、そして第3記事(1-3)は神戸の震災において医療システムのあり方について問う記事であるとする。これらは日付順に並べられているとする。これを記事レベルと呼ぶ。各記事はいくつかの段落で構成される。ここではこれを段落レベルと呼ぶ。図1の‘O’、‘Δ’、‘X’はそれぞれの記事におけるトピック語、イベント語、一般語を示す。

今、(1-1)~(1-3)の記事において(1-2)のトピック語とイベント語を抽出することを考える。Luhnらの「一つの文書において、主題と関係の深い語は文書中に繰り返し出現する」という仮説を用いると、イベント語はその記事の主題を伝える語であるため、(1-2)の各段落に頻出する一方、記事レベルでは、(1-2)の記事にのみ集中して現れ、各記事に頻出することはない。一方トピック語は、特定の時間に特定の場所で生起した出来事(この場合、神戸の大震災)であり記事の主題ではないため、各段落に頻出することはない。一方、記事レベルにおいてトピック語は、各記事

に共通な背景を示す語であるため、特定の記事にのみ集中して現れることはないと考えられる。本研究ではこの性質に基づき、以下の2点に注目することでトピック語とイベント語の抽出を行った。

- 記事中の任意の語が段落(記事)の各々に出現する。
- 記事中の任意の語が高頻度で出現する

2. トピック語とイベント語の抽出

2.1 WordNetを用いた類義語処理

まず、対象とする記事に対して構文解析を行ない、名詞と名詞句を抽出した。一般に記事中には同じ意味を持つ語が複数存在する。本手法は頻度に基づく統計手法を用いてトピック語とイベント語を判定している。従って、高精度でそれらを抽出するためには、同じ意味を持つ名詞、及び名詞句は一語に置き換え、置き換えた語に対して頻度を求めた方がよいと考えられる。本手法ではWordNetを用いて類義語の判定を行った。WordNetは語彙辞書であり、類義語を集合とするノードと各ノード間を結ぶリンクから成る。リンクは、ノード間の意味的な関係を示し、is-a relationやhyponym-hypernym relationなどの関係が定義されている。語 w_i と w_j の意味的な類似度を式(1)に示す。

$$\text{sim}(w_i, w_j) = \max \left[-\log \left(\frac{N_p}{2D} \right) \right] \quad \dots (1)$$

式(1)において、 N_p は w_i から w_j までのリンクの個数を示し D は名詞におけるrootノードから最下位ノードまでのリンクの個数のうち最大の個数を示す。同じ意味をもつ語の一語への置き換えは以下のようにして行われる。今、記事が n 個の異なる名詞(名詞句)で構成されているとする。式(1)を用いて求めた記事内の名詞 n_i と n_j の類似度が n_i と n_j ($1 \leq j \leq n, j \neq i$)の全ての類似度よりも高い値のとき、 n_i と n_j は類義語であるとし、それらに対応するWordNetのクラス(synset)で n_i と n_j を置き換えた。

2.2 TF*IDFによる重み付け

類義語処理により意味的に類似した語を一語で置き換えた結果に対し、語の重み付けを行った。語の重み付けにはTF*IDFを用い、記事レベルとパラグラフレベルのそれぞれについて、各語の重み付けを行った。

$$W_{S_{iw}} = TF_{S_{iw}} * \log \frac{N_s}{N_{S_w}} \quad \dots (2)$$

$$W_{P_{iw}} = TF_{P_{iw}} * \log \frac{N_p}{N_{P_w}} \quad \dots (3)$$

式(2)の $W_{S_{iw}}$ は i 番目の記事に出現する語 w のTF*IDF値を示し、式(3)の $W_{P_{iw}}$ は i 番目のパラグラフに出現する語 w のTF*IDF値を示す。式(2)と(3)の $TF_{S_{iw}}$ と $TF_{P_{iw}}$ はそれぞれ i 番目の記事、及びパラグラフに出現する語 w の頻度を示す。 N_s 及び N_p はそれぞれ総記事数、及び一記事中の総パラグラフ数を示し、 N_{S_w} 及び N_{P_w} はそれぞれ語 w が出現する記事数、及びパラグラフ数を示す。次に、各語に付与された重みを用いて語の分散と偏差値を求め

$$VarS_w = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (W_{S_{iw}} - \overline{W_{S_w}})^2}{m}} \quad \dots (4)$$

$$DevS_w = \frac{(W_{S_{iw}} - \overline{W_{S_w}})}{VarS_w} * 10 + 50 \quad \dots (5)$$

式(4)は記事数 m からなる記事レベルでの語 w の分散を表し、 w が記事の各々に跨って出現するかどうかを示す。同様に $VarP_w$ は記事中のパラグラフレベルでの語 w の分散値とする。式(5)は語 w の i 番目の記事における偏差を示し、語 w がどのくらい集中して i 番目の記事に出現するかを示す。同様に $DevP_w$ は語 w の i 番目のパラグラフにおける偏差の値とする。式(4)と(5)において、 $\overline{W_{S_w}}$ は記事レベルでの語 w のTF*IDF値の平均を示す。

2.3 トピック語とイベント語の抽出

式(4)及び(5)を用いてトピック語とイベント語を抽出する。記事中の任意の単語 t が式(6)、及び式(7)を満たすとき、 t はトピック語であるとする。同様に t が式(8)、及び式(9)を満たすとき、 t はイベント語であるとする。

$$VarP_t \geq VarD_t \quad \dots (6)$$

for all $d_i \in D$,

$$p_{jt} \text{ exists s. t. } DevP_{jt} \geq DevD_{jt} \quad \dots (7)$$

$$VarP_t < VarD_t \quad \dots (8)$$

$$\text{for all } p_j \in d_i \quad DevP_{jt} < DevD_{jt} \quad \dots (9)$$

3. 重要箇所の抽出

複数文書の重要箇所はトピック語とイベント語に基づき以下の処理により抽出される。

- ① 各記事に対し、記事のトピック語とイベント語を抽出する。
- ② 各パラグラフごとに、トピック語とイベント語の重みを式(4)を用いて計算し、パラグラフの長さで正規化した値をパラグラフの重み値とする。
- ③ 重みの値により各パラグラフをソートし一定の抽出率に応じてパラグラフを抽出する。

4. 実験

4.1 データと評価方法

実験ではTDTプロジェクトで作成されたTDT1コーパスを用いた[†]。TDT1コーパスはロイター通信(Reuters)7,965記事とCNN7,898記事からなり、これらの記事(総計15,863)は日付順にid番号が付与されている。各記事は、予め設定された25の出来事の各々に対して、その続報記事である、すなわち正例記事(‘YES’)か、あるいは続報記事でない、すなわち負例記事(‘NO’)であることを示すフラグが付与されている。実験では、2, 4, 8, 及び16記事で構成されている続報記事の集合を用いて行った。評価は以下に示す F 値を用いた。

$$F(r, p) = \frac{2rp}{r+p}$$

ここで r (Recall) は、システムが正しく判定した個数を総正解数で割ったものであり、

[†] <http://morph.ldc.upenn.edu/TDT>

p (Pre-precision) は、システムが正しく判定した個数をシステムが判定した総数で割ったものである。

4.2 重要箇所の抽出

実験結果を表1に示す。

表1において、‘記事’は記事数を示し、‘10%’、及び‘20%’は抽出率を示す。‘Para’は

表1 実験結果

記事	精 度			
	%10		%20	
	Para	Correct (%)	Para	Correct (%)
2	58	44 (75.8)	117	91 (77.7)
4	107	80 (74.7)	214	160 (74.7)
8	202	138 (68.3)	404	278 (68.8)
16	281	175 (62.2)	563	361 (64.1)
Total	648	437 (67.4)	1,298	890 (68.5)

各抽出率ごとのパラグラフ数を示し、‘正解数’は、本手法の F 値を示す。表1より、抽出率が20%で記事数が2記事のときに最も良い精度(77.7%)が得られているのがわかる。

次に、トピック語とイベント語の抽出が重要箇所の抽出にどのくらい貢献しているかを検証するため、抽出されたイベント語のみを用いて重要箇所を抽出した結果と本手法とを比較した。

図2において、‘(10%)’、及び‘(20%)’は抽出率を示し、‘Event’はイベント語のみを用いて重要箇所を抽出した結果を示す。図2より、どの記事数の場合にも本手法がイベント語のみ

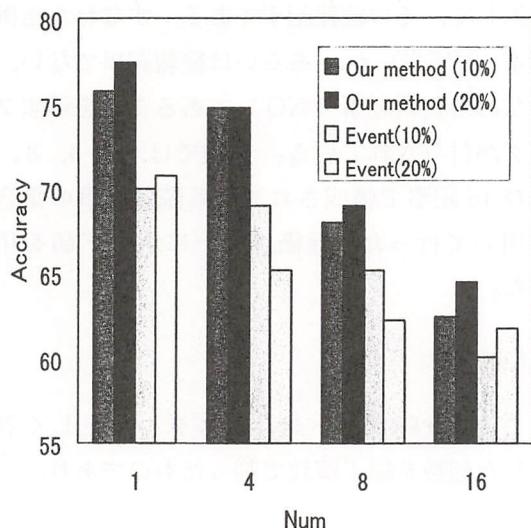


図2 Accuracy with each method

を用いた抽出結果よりも高い精度が得られている。このことは、重要箇所抽出において、各記事の主題(筆者が伝えたい事柄)を抽出するだけでなく、記事全体に共通する背景を考慮に入れて抽出する必要性があることを示している。

[今後の研究の方向, 課題]

本研究では、ユーザに正確な要約文を提示することを目的に、複数文書から文書の共通部分と相違部分を判定し、それに基づき重要箇所を抽出する手法を述べた。今後は、ユーザに読みやすい要約文を提示するため、得られた重要箇所に対し、文間のつながりと時間順序に重点を置いた要約文生成手法を提案する予定である。

[成果の発表, 論文等]

- 1) F. Fukumoto and Y. Suzuki: "Extracting Key Paragraph based on Topic and Event Detection — Towards Multi-Document Summarization —", 2000, 4, Proc. of ACL Workshop on Text Summarization, pp. 31 – 39
- 2) F. Fukumoto and Y. Suzuki: "Event Tracting based on Domain Dependency", 2000, 7, Proc. of the 22st Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval, pp. 57 – 64
- 3) 福本 文代: "語義の曖昧性解消のための最適な属性選択", 2001, 1, 情報処理学会, 自然言語処理研究会, 2001-NL-141, pp. 69 – 76
- 4) F. Fukumoto and Y. Suzuki: "Learning Lexical Representation for Text Catecorization", 2001, 6, Proc. of the Word-Net and Other Lexical Resources: Applications, Extensions and Customizations, pp. 156 – 161

臭い識別センサの基礎的検討

Basic Study of Smell Sensor

1001015

研究代表者	和歌山工業高等専門学校電気工学科 教授	藤 本 晶
共同研究者	大阪大学大学院基礎工学研究科 助手	金 島 岳

[研究の目的]

人間の五感を機械で実現しようという試みが盛んである。視覚, 聴覚, 触覚, 味覚では既に実用的なセンサが開発されている。しかし臭覚に関しては, 臭いの有無を検出するセンサは実現されているが, 人間の臭覚に相当する臭いの識別機能を持つセンサは未だ実現されていない。本研究は臭いの種類によるセンサ表面反応の違いから臭いの識別を実現し, ガスセンサで臭いの識別を実現しようとするものである。

[研究の内容, 成果]

1. 研究の背景

人間と香りの関わりは, 古くは紀元前のクレオパトラの時代以前にまでさかのぼる。それ以来香料として, 人間は香りや匂い(臭い)とつきあい続けてきた。現在でも数多くの香料が, 化粧品や食品に広く用いられ, 我々の生活に潤いを与えてくれている。

しかしながら, 香りや匂いに関しては知られていないこと, 判っていないことが驚くほど多い。人間が香りや匂いをどのように感じているか, という単純なことですら解明されていない。また匂いの種類は40万種とも言われているが, その基本となる「基本臭」に関しても種々の説があり, 未だに定説は無いようである。

この匂いを機械的に検出しようとする試みは, 古くから行われ, 種々の匂いセンサが開発されてきている。それらの中で現在, 最もポピュラーな匂いのセンサはガスセンサである。このセンサは可燃性ガスとの接触により SnO_2 の抵抗が減少する事を利用したもので, ガス漏れ警報機用として実用化されている。しかしながらこのセンサはガス選択性に乏しく, 多くの可燃性ガスに対して反応することが知られている。

我々はこれまで種々のアルコールや水素ガスに対する SnO_2 ガスセンサの応答特性を詳しく調べ, アルコールに対してはセンサの定常応答がアルコール分子の一次の分極率 α と, またセンサの過渡応答が二次の超分極率 β と, それぞれ強い相関があることを明らかにし, このことを利用した SnO_2 センサによるアルコールの識別の可能性を示してきた。またクラスターを用いた分子軌道計算により水素やアルコールに対するセンサの応答特性の説明を試みてきた。

本研究ではガスセンサの表面反応を調べる一環として, アミン臭に対する SnO_2 ガスセンサの応答を, 実験と計算の両面から調べた。

2. SnO_2 ガスセンサの動作機構

SnO_2 ガスセンサは表面へのガス吸着により電気抵抗が変化する表面制御形電気抵抗式センサの一種であり, その動作機構は次のように考えられている。可燃性ガスが SnO_2 センサ表面

に近づくと、可燃性ガスが表面に吸着されていた酸素ガスと反応して酸素を取り去ってくれる。その結果酸素に捕獲されていた SnO₂ センサの伝導電子が開放され、電気伝導に寄与するようになり、センサの抵抗値が減少することになる。一般にセンサの抵抗値は、被検ガスの濃度を C として

$$\log R = m \log C + n \quad \dots (1)$$

のような対数則に従うことが知られている。ここで m , n はセンサの種類やガスの種類等によって決まる定数である。一般にガス感度は空気中のセンサの抵抗値とガス中での抵抗値との比で表されている。

3. アミン系的气体

図1に種々の官能基を持つ直鎖形炭化水素系的气体に対する SnO₂ ガスセンサの過渡応答の一例を示す。横軸はセンサにヒーター電流を流してからの経過時間で縦軸はセンサの出力電圧である。ほとんどのガスに対するセンサの応答がヒーターに電流を流してセンサの温度が上昇をはじめてから10秒前後で飽和して一定値になっているのに対して、官能基としてアミン基を持つメチルアミンだけが飽和せず、センサの出力が上昇し続けている。これはアミン系的气体の律速過程が他のガスと異なっている事を示唆している。今回アミン系的气体に注目した理由の一つがこの実験結果である。

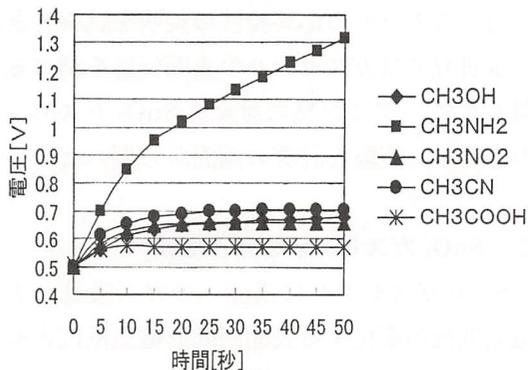


図1 種々の官能基を持つ炭化水素に対する SnO₂ ガスセンサの応答

4. 実験方法と結果

4.1 センサの応答測定

通常 SnO₂ ガスセンサは、センサに組み込まれたヒーターでセンサを常時 400℃ 近傍に保って使用される。その状態でセンサの抵抗値変化で可燃性ガスの有無と濃度を検出している。図2に実験に用いた結線図を示す。センサはプラスチックデシケータ内に設置され、直流電源とヒーターで 400℃ 近傍に常時加熱されている。デシケータ内は一定濃度の被検ガスで満たされ、内部のガス濃度が均一になるようにファンで常に攪拌した。このセンサの抵抗を、直流電源とセンサに直列に接続した抵抗の両端の電圧から算出した。

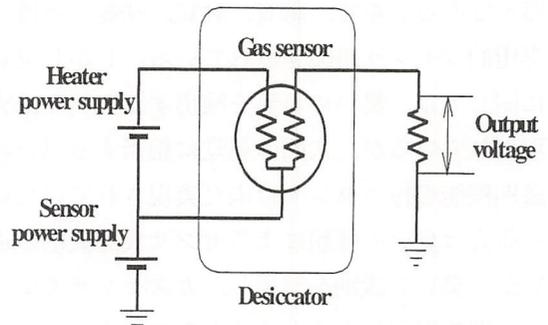


図2 実験回路

4.2 センサの応答特性

種々の濃度のメチルアミン、エチルアミン、プロピルアミンガスに対する SnO₂ ガスセンサの定常応答特性を図3に示す。比較のためにメタノール、エタノールに対する応答特性も併せ

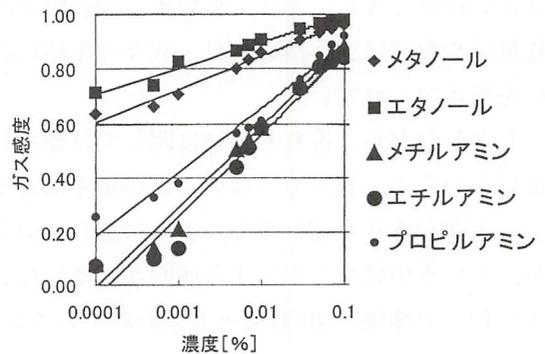


図3 種々の濃度のアミンおよびアルコールに対する SnO₂ ガスセンサの応答特性

て示した。縦軸は大気中のセンサの抵抗値からの変化率で、値が大きいほど感度が高い事を示している。いずれのガスに対しても、片対数グラフ上で直線状となっており、(1)式に従っているのが判る。

アルコール系とアミン系はそれぞれの系で同様の感度を示しており、いずれの濃度においてもアルコール系のガスの方がアミン系のガスに比べて SnO_2 ガスセンサの感度が高い事が判る。人間の嗅覚はアルコール系よりもアミン系のガスに対してより強い刺激を感じるが、 SnO_2 ガスセンサの感度は人間の嗅覚とは逆の結果となっている。

5. 分子軌道計算

5.1 クラスターの作成

計算に用いたクラスターの一般的な概念を図4に示す。計算機上に SnO_2 セル形成し、周期境界条件を用いて X, Y 方向に無限に繰り返すように設定した。Z 方向についても周期境界条件を用いて Z の負方向にのみ無限に繰り返す必要があるが、負方向のみの設定が出来ないため、Z 方向に関しては周期境界条件を用いていない。この手法で SnO_2 の a 軸、および c 軸を Z 方向に持つクラスターを作成した。

5.2 安定なクラスター表面

SnO_2 は n 形の導電性を示す、典型的な酸化物半導体の一つで、その表面は酸素がやや欠乏している状態と言われている。そこで形成したクラスターの安定な表面状態を求めるために、クラスター表面の酸素原子数を変化させたときのクラスター全体の生成熱を計算し、安定状態を推測した。表1に計算結果を示す。この計算結果から SnO_2 の c 軸方向では酸素が3個欠乏した状態が系の生成熱が最も小さく、安定であることを示している。また a 軸方向では酸素原子が1個少ない状態が最も生成熱が小さく安定であった。以後の計算では、それぞれの面で最も生成熱が小さい状態のクラスターを用いることとした。

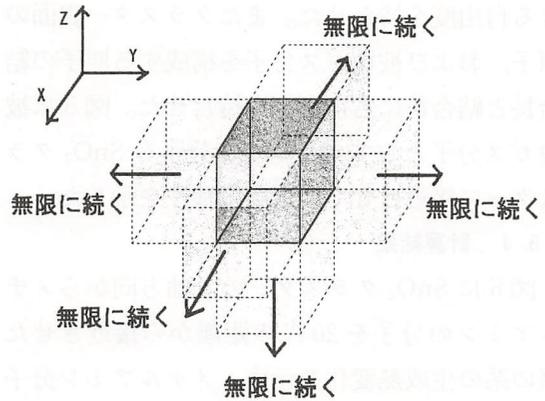


図4 クラスターの概念図

表1 表面の酸素原子数を変化させた際のクラスターの生成熱の変化

a axis direction	
Number of lack O	Heat of formation (kcal/mol)
0	- 558.4
1	- 551.4
2	- 639.0
3	- 660.0
4	- 405.5

a axis direction	
Number of lack O	Heat of formation (kcal/mol)
0	- 173.4
1	- 348.7
2	- 222.8

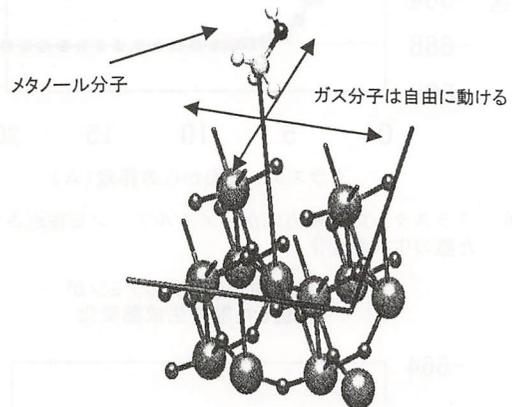


図5 メタノールをクラスターに接近させた際の様子

5.3 計算方法

系の生成エネルギーが最も小さくなるように表面の酸素数を減らしたクラスターに被検ガス分子を接近させて、その際の系全体の生成エネルギー変化を計算し、被検ガス分子が安定に存在するクラスター表面からの距離を求めた。被検ガス分子をクラスターに接近させる際には、

被検ガス分子はクラスター面内で自由に移動できる自由度を持たせた。またクラスター表面の原子、および被検ガス分子を構成する原子の結合長と結合角にも自由度を持たせた。図5に被検ガス分子としてアルコール分子をSnO₂クラスターに接近させている際の様子を示した。

5.4 計算結果

図6にSnO₂クラスターのc軸方向からメチルアミンの分子を20Åの距離から接近させた際の系の生成熱変化を示す。メチルアミン分子とクラスター表面との距離が10Å付近までは生成熱はほとんど変化せず一定値であるが、10Å付近から生成熱が徐々に大きくなっているのが判る。そのためこの場合にはメチルアミン分子はSnO₂クラスターから10Å以内に接近出来ず、クラスター表面で物理吸着しているもの

のと考える。図7には同じくメチルアミン分子をa軸方向から接近させた場合の生成熱の変化を示す。この場合はメチルアミン分子がクラスター表面に近づくと、10Å付近まではほとんど生成熱が一定であるが、それ以上に近づくと少し減少し、8Å付近で生成熱が最小になったあと増加しており、この場合も物理吸着しているものとする。

図8、図9にはエチルアミン分子をSnO₂クラスターのc軸およびa軸方向から接近させた際の系の生成熱変化を示す。c軸方向から接近させた場合には図7と同様の傾向を示し、エチルアミン分子がSnO₂クラスターから6Å付近で生成熱が最小となり、この付近で物理吸着されるものとする。またa軸方向から接近させたものは8Å付近まで生成熱はほとんど

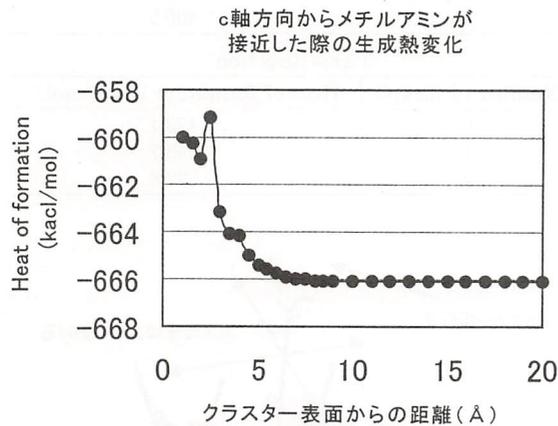


図6 クラスターのc軸方向からメチルアミンを接近させた際の生成熱変化

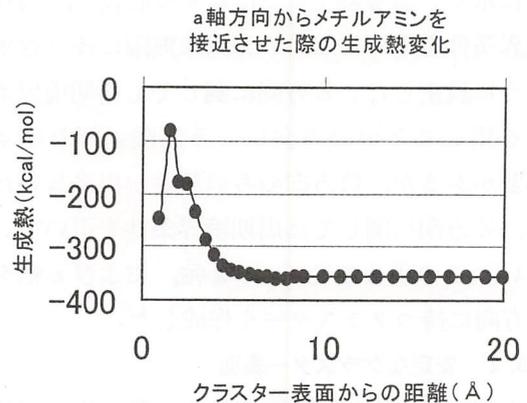


図7 クラスターのa軸方向からメチルアミンを接近させた際の生成熱変化

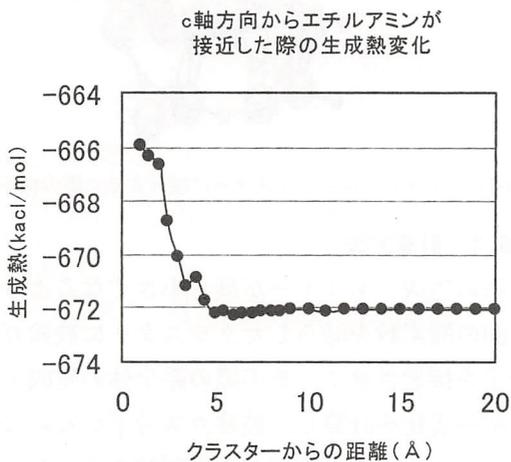


図8 クラスターのc軸方向からエチルアミンを接近させた際の生成熱変化

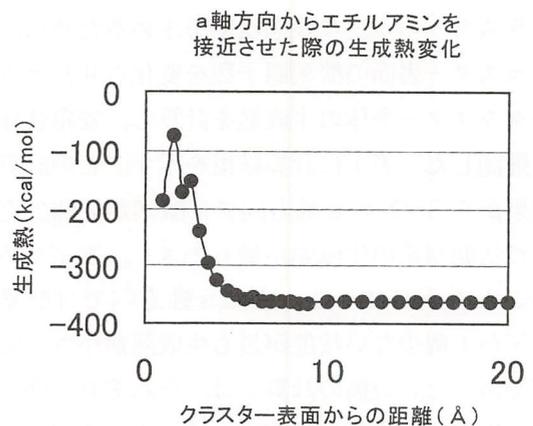


図9 クラスターのa軸方向からエチルアミンを接近させた際の生成熱変化

一定で、それより接近すると増加に転じている。この場合もエチルアミン分子は SnO_2 クラスタから 8 \AA 以内に接近出来ないと考える。

5.5 考 察

メチルアミンおよびエチルアミンを SnO_2 クラスタに接近させた際の系の生成熱を分子軌道計算から求めた。その結果メチルアミン、エチルアミンとも系全体の生成熱はこれらの分子が SnO_2 クラスタから $6 \sim 10 \text{ \AA}$ 、もしくはそれより離れたところに極小点を持ち、それより近づくと生成熱が上昇して安定に存在しないことが判った。

比較のために以前に報告したメタノールやエタノールについての結果を図 10 および図 11 に示す。エタノールを SnO_2 クラスタの c 軸方向から接近させた場合を除き、メタノール、エタノールのいずれの場合も SnO_2 クラスタとの距離が 5 \AA よりも小さなところに極小点を

持っており、メチルアミンやエチルアミンに比べてメタノールやエタノールは SnO_2 クラスタ表面に接近しやすいものと考えられる。

実験結果はメチルアミンやエチルアミン等のアミン系のガスよりもメタノールやエタノールのアルコール系ガスの方が SnO_2 ガスセンサの感度が高いことを示している。この結果はアミン系の方に対してより敏感であるという人間の嗅覚とは逆になっている。アミン系に比べてアルコール系の方が SnO_2 ガスセンサの感度が高くなっていることは、 SnO_2 ガスセンサ表面からどのくらいの距離にガス分子が安定に吸着するか、換言すればガスセンサ表面へのガス分子の接近しやすさがセンサの感度を決定している一つの要因であることを示唆する結果となっている。

[今後の研究の方向, 課題]

アミン系のガスと SnO_2 ガスセンサとの反応を実験および計算機シミュレーションの両面から調べ、アルコール系の結果との比較を行った。実験結果ではメタノールやエタノール等のアルコール系のガスに対する SnO_2 ガスセンサの感度は、メチルアミンやエチルアミン等のアミン系のガスよりも高くなっている。分子軌道計算では、アミン系のガスに比べてアルコール系のガスの方が SnO_2 クラスタ表面により近い位置に吸着されることから、センサ表面へのガス分子の接近のしやすさもガスセンサの感度を決定する要因の一つと考える。

今後はクラスタを現実のセンサに、より近づけることで計算精度を上げ、種々のガス分子に対するガスセンサの応答予測を可能にするとともに、センサの応答の違いから臭いの識別を実現できるよう検討をすすめる予定である。

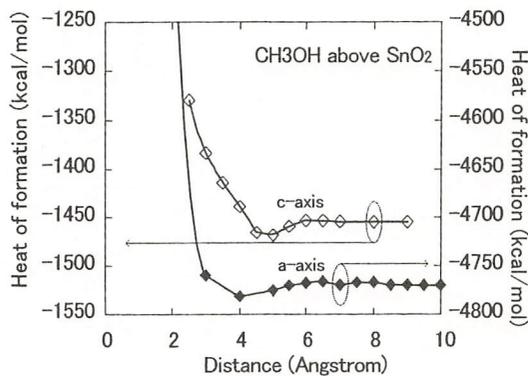


図 10 SnO_2 クラスタにメタノールを接近させた際の生成熱変化

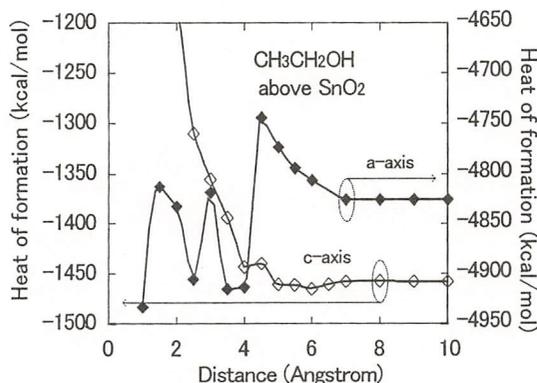


図 11 SnO_2 クラスタにエタノールを接近させた際の生成熱変化

[成果の発表, 論文等]

1) A. Fujimoto: "Response of smell sensor for al-

cohol gases”, 8th International Meeting on Chemical Sensors, Basel Switzerland, July 2000, Abstract Book p. 494.

2) T. Kanashima, A. Fujimoto and M. Okuyama: “Theoretical analysis of methanol and hydrogen adsorptions on SnO₂ by molecular orbital calculation”, Sensors and Actuators, B 64, pp. 189-192, 2000.

3) 金島 岳, 藤本 晶, 奥山雅則: “水素およびアルコールの SnO₂ (001) および (100) 表面上吸着の分子軌道解析”, 電子情報通信学会 2000 年ソサエティ大会 (2000 年 9 月 30 日～10 月 3 日名古屋工業大学) TC-3-7.

4) 藤本 晶, 金島 岳: “水素およびアルコールに対

するガスセンサの表面反応解析”, 和歌山工業高等専門学校研究紀要, 第 35 号, 平成 12 年 10 月, pp. 35-39 (2000).

5) 藤本 晶: “香りセンサの研究”, 和歌山テクノフェスティバル 2000 (2000 年 10 月 20 日アバローム紀の国) ポスター発表要旨集 p. 4.

6) 小賀一史, 永井研志, 藤本 晶: “ガスセンサの表面反応の解析”, 平成 12 年度高専卒業研究発表会 (平成 13 年 3 月 8 日中央電気倶楽部), 講演論文集 pp. 19-20.

7) 藤本 晶, 金島 岳, 奥山雅則: “アミン臭に対する SnO₂ ガスセンサの応答特性”, 2001 年 (平成 13 年) 春期第 48 回応用物理学関係連合講演会 30 a-2 R-7/I, 講演予稿集 第 I 分冊, p. 49.

シリコン静電容量式 3 軸加速度センサの高感度化に関する研究

Study of High-sensitive Silicon Capacitive Three-axis Accelerometer

1001016

研究代表者 慶応義塾大学理工学部物理情報工学科 専任講師 松本佳宣

[研究の目的]

加速度は、自動車、航空機、ロボットなどの動きを制御する際に欠かせない情報であり、X、Y、Zの3軸方向を検出できる小型で高性能の加速度センサが必要とされている。シリコン加速度センサは、マイクロマシニング技術により高精度に製作できて生産性にも優れているため、近年研究開発が盛んに行われている。シリコン加速度センサは表面マイクロマシニング型とバルクマイクロマシニング型に大別されるが、表面マイクロマシニング型は、量産性に優れるが感度が低く、バルクマイクロマシニング型は高感度であるが、異方性エッチングに時間がかかるうえおもり側面に形成される(111)面のためサイズが大きくなり高価格になりやすいという問題を持っている。

本研究は、ダイシング技術を用いて厚さ500 μm 以上の基板を削り、高アスペクト比のおもりを実現する事で高感度と小型化を同時に実現した3軸加速度センサに関するものである。センサの製作にはSOI(Silicon On Insulator)構造を用いプロセスの簡略化を図っている。また、CMOS技術を用いて専用の容量検出回路を設計、試作して、センサと組み合わせて出力特性の評価を行った。

[研究の内容、成果]

1. センサ構造、製作プロセス

今回試作したセンサの構造図を図1に示す。センサにはおもりの真下に1つ、おもりの周りに4つ、計5つの電極(可動電極)が形成されている。これに対応してガラス基板にも5つ電極(固定電極)がある。おもりの真下の電極はZ軸方向加速度検出用で、周りの4つはXY軸方向検出用である。おもりに加速度が加わると電極間容量が変化するためその容量変化から加速度を求める。

本研究では、はじめに梁や電極の形状が異な

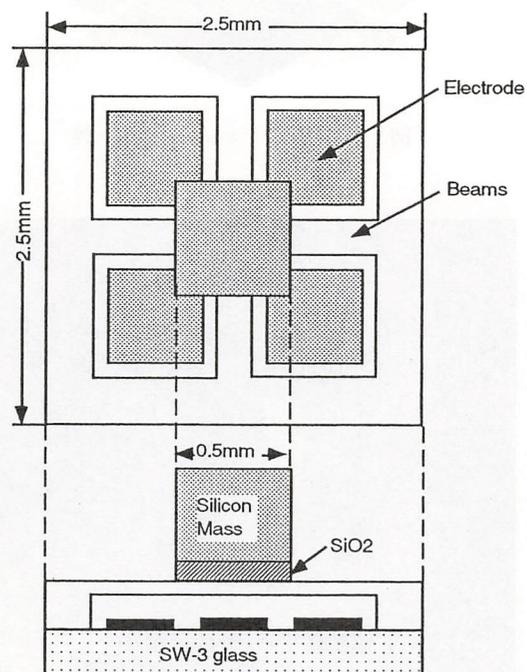


図1 加速度センサの構造図

る4種類のセンサを設計し、構造解析プログラム ANSYS によりおもりの変位を計算して容量変化を求めた。図2は ANSYS によるシミュレーション例で、横方向 (XY 軸方向) に加速度を 1G 加えた時のセンサ構造体の変位を表している。この変位量をもとに 1G 当たりの電極間容量変化を算出した。この結果、厚さ $610\mu\text{m}$ の基板を用いた場合、3軸方向の加速度感度がほぼ等しくなると計算された。

本研究の加速度センサは、基板の厚さ $610\mu\text{m}$ の SOI ウェハを用いてマイクロマシニング技術とダイシング技術を組み合わせて製作される。はじめに、シリコンウェハを酸化して、表面を R. I. E. によりエッチングして梁と電極に相当するパターンを形成する。続いて、ガラス基板に金属電極をスパッタ、パタニングする。その後、両者を陽極接合した後、ダイシング技

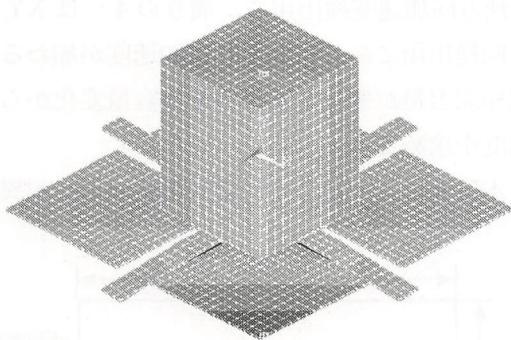


図2 ANSYSシミュレーション例

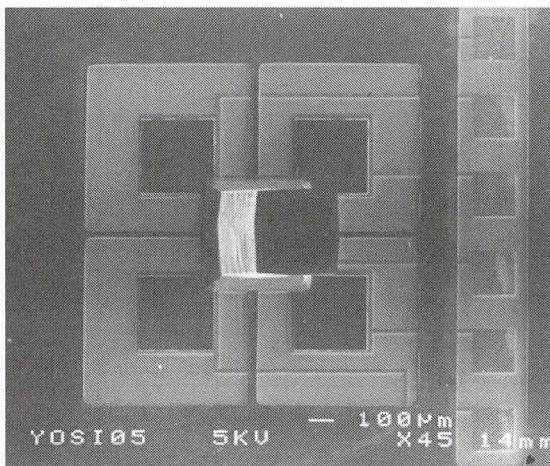


図3 加速度センサのSEM写真

術によりウェハを削りおもりの形状を作製する。その後、R. I. E. によりシリコンとシリコン酸化膜をエッチングしておもりの最終リリースを行う。この状態のセンサの SEM 写真を図3に示す。この手法では、従来方式に比べおもりの付着や破壊が起こりにくく量産性に優れている。

2. 容量検出回路

容量型3軸加速度センサ用に専用の容量検出 CMOS 集積回路を設計、試作した。

この回路は、アナログ出力用のスイッチトキャパシタ回路とデジタル出力用のデルタシグマ ($\Delta\Sigma$) 回路の二種類である。

スイッチトキャパシタ回路を用いたものは、出力電圧が $V_o = C_+ V_{dd} / (C_+ + C_-)$ で与えられ、容量の差動変化に比例して同相変化に依存しない特性を持っている。X, Y, Z 軸用に三つの回路を用いその入力部を6相クロックで切り替えることで三軸検出を可能にした。もうひとつは、2次デルタシグマ ($\Delta\Sigma$) 回路を用いたものであり入力部を3相クロックで切り替えることで三軸検出を可能にしており、零点と感度の補正機能をあわせ持っている。

これらの回路を5ミクロン CMOS 技術を用いて設計して、豊橋技術科学大学の固体機能デバイスセンターにて製作した。この回路写真を図4に示す。チップサイズは5mm角である。

この回路を容量型3軸加速度センサと組み合わせて加速度センサ特性を評価した。スイッチトキャパシタ回路においては図5に示すように 1.5V/G の感度と mG 以下の分解能が得られた。また、2次デルタシグマ ($\Delta\Sigma$) 回路の出力パルス周波数を周波数カウンタでカウントした結果、加速度にほぼ比例して周波数が変化した。また、感度補正電圧で感度を、オフセット補正電圧でオフセットを変化させることができることを確認した。

さらに、この結果をもとに0.6ミクロン CMOS 技術を用いて、3軸分の3回路を2mm角のシリコン上に集積した回路チップを

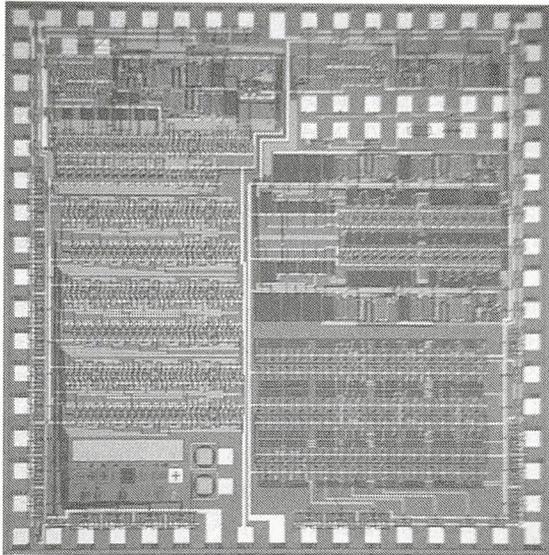


図4 容量検出集積回路の写真

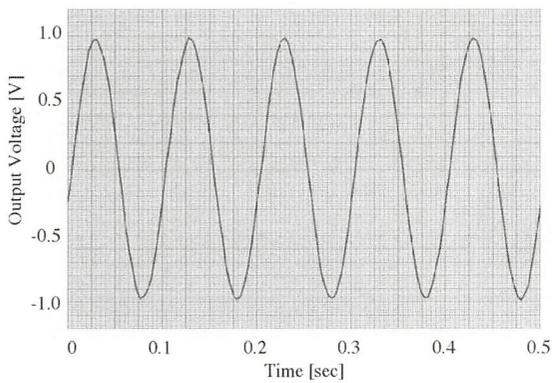


図5 ±0.6 Gを加えたときの出力波形

設計した。この回路は、東京大学大規模集積システム設計教育センター（VDEC）の試作サービスを用いて製作中であり、今後センサと組み合わせる事で評価を行う予定である。

3. X, Y 軸感度の Z 軸依存性の補償方法

本研究の加速度センサは、X, Y 軸感度が Z 軸の加速度により変化してしまうという問題を持っている。そこで図6のように2つの加速度センサを向かい合わせて配置してさらに $C_{x+} = C_{x+u} + C_{x+d}$, $C_{x-} = C_{x-u} + C_{x-d}$, $C_{y+} = C_{y+u} + C_{y+d}$, $C_{y-} = C_{y-u} + C_{y-d}$, $C_{z+} = C_{zu}$, $C_{z-} = C_{zd}$ のように接続する事で X, Y 軸感度の Z 軸依存性を打ち消す方法を考案した。この結果、スイッチトキャパシタ回路において三軸すべてで加速度に比例した出力が得られ、Z 軸依存性が

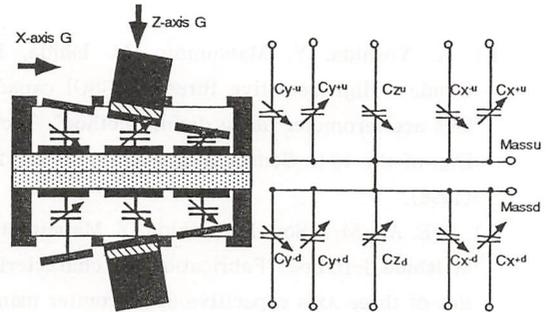


図6 2つの加速度センサを用いた Z 軸依存性の補償方法

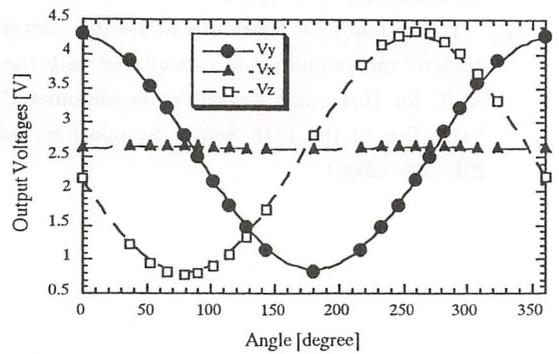


図7 Y 軸と X 軸に ±1 G を与えた際の 3 軸の出力電圧の変化

0.5%以下に減少する事が確認できた。その出力例を図7に示す。

【今後の研究の方向、課題】

本研究を通して、表面マイクロマシニング型とバルクマイクロマシニング型の長所を併せ持った、新規シリコン3軸加速度センサの試作、評価に成功した。このセンサと専用 CMOS 検出回路を組み合わせたシステムでは、1.5 V/G の感度と mG 以下の分解能が得られた。しかしながら、ロボット、地震検知等の分野ではより低い分解能を持ったセンサが望まれている。これに対して本研究では、0.6 ミクロン CMOS 技術を用いて、3 軸分の 3 回路を 2 mm 角のシリコン上に集積した回路チップを設計した。今後は、この回路の評価を行い、さらにセンサと回路チップを適切なパッケージに実装して感度と分解能を評価する必要がある。これにより、従来よりもはるかに小型で高性能の3軸加速度センサが実現できると考えられる。

[成果の発表, 論文等]

- 1) K. Yoshida, Y. Matsumoto, M. Ishida, K. Okada: "High-sensitive three axis SOI capacitive accelerometer using dicing method", Tech. Dig. of the 16 th Sensor Symposium, pp. 25 - 28 (1998).
- 2) J-E. An, M-J. Son, K. Yoshida, Y. Matsumoto, M. Ishida, J-H. Lee: "Fabrication and characteristics of three axis capacitive accelerometer using dicing method", Proc. of '99 conference on the korean sensors society, pp. 275 - 278 (1999).
- 3) Y. Matsumoto, S. Kawahito, M. Ishida: "Development and evaluation of capacitance detection ASIC for three-axis capacitive accelerometer", Tech. Dig. of the 17 th Sensor Symposium, pp. 231 - 236 (2000).
- 4) Y. Yamaguchi, F. Katsumata, M. Nishimura, Y. Matsumoto M. Ishida: "Small and high-sensitive three axis SOI capacitive accelerometer", Tech. Dig. of the 17 th Sensor Symposium, pp. 221 - 224 (2000).
- 5) Y. Matsumoto, J-E. An, M. Ishida, J-H. Lee: "Three-axis SOI capacitive accelerometer formed by dicing method", The international conference on electrical engineering 2000, pp. 255 - 258 (2000).
- 6) Y. Matsumoto S. Kawahito and M. Ishida: "Development and evaluation of capacitance detection ASIC for three-axis common electrode type capacitive accelerometer", The transaction of IEEE Japan, Vol. 121 -E, No. 3, March, pp. 135 - 141 (2001).

触覚を用いた視覚・聴覚重複障害者のための 音響情報呈示装置の基礎研究

A Basic Study on a Device of Presenting Sound Information
to the Deaf-Blind by using Tactile Sense

1001019

研究代表者 北海道大学電子科学研究所 助手 和田 親 宗
(現所属: 九州工業大学大学院生命体工学研究科 助教授)

[研究の目的]

視覚と聴覚の両方に障害のある視覚・聴覚重複障害者のことを、一般的には盲ろう者と呼ぶ。盲ろう者の出現率は、アメリカやスウェーデンの調査によると、おおよそ人口6000人に1人であり、視覚障害者や聴覚障害者それぞれのおおよそ20人に1人の出現率である、と言われている。言い換えると、視覚障害者が20人いればそのうちの1人は耳も不自由であり、聴覚障害者が20人いればそのうちの1人は目も不自由な盲ろう者であると言える。日本では、視覚障害者、聴覚障害者がともに約40万人弱なので、おおよそ2万人弱の盲ろう者がいることになる。

視覚と聴覚をともに利用できない盲ろう者が外界の情報を入手したり、他者とコミュニケーションを図ったりするために利用している感覚は触覚である。触覚の中でも特に能動的に活用できる手指を用いている。例えば、周囲の様子(室内であれば部屋の広さや家具の配置や人がどこにいるかなど、屋外であれば階段などの障害物の位置など)を介助者が伝えたり、介助者と会話する時に手指を利用している。視覚障害と聴覚障害の程度によって、触手話・指文字、手書き文字や指点字などで情報伝達が行われている。すぐ隣にいる介助者が触手話などの手段を使って、周囲の様子を盲ろう者に伝える。会

話をするときにも介助者が一種の通訳者として間に入ることになる。このように盲ろう者が情報を入手、発信する際には必ず介助者が必要となる。しかし、介助者がそばにいない場合もあり得る。その際には、盲ろう者には外界からの情報を送受信する手段がなくなってしまい、孤立することになる。

もし、周囲の音環境を知ることできる装置があれば、少しは盲ろう者の役に立つのではないだろうか。例えば、少し離れたところから話し声がするとか、呼びかけに対しどの方向から返答が戻ってきているか、などがわかれば、たとえ介助者がすぐそばにいても誰かが近くにいることがわかるのではないだろうか。そうすれば、孤立することはなくなるのではないだろうか。また、外出時、自転車などの音がわかれば、介助者が伝えるのを忘れていたとしても、心づもりができるのではないだろうか。

このような音響情報呈示装置を実現するために本助成金をいただいた。今回の報告では、基礎研究にとどまったが、以下に研究の内容を記すことにする。

[研究の内容、成果]

1. 音響情報の必要性の調査

まずどのような音響情報を知りたいのかを調べた。視覚と聴覚のどちらがはじめて障害を受

けたかで、音響情報に対する重要度・必要性などが変わってくると考えた。また、視覚聴覚重複障害となった年齢や生活環境（よく外出するか、一人で生活しているか、いつも周囲に介助者がいるか、など）でも重要度が変わってくると考えた。コミュニケーション手段があまりないため多くの盲ろう者に対してアンケートを取れず、よく外出し周囲環境のことを常に考えている盲ろう者5名に協力をお願いすることにした。その結果をまとめる。

- ① 障害物の位置や、人や車などの接近がわかればよい。（現在は、白杖を左右に振って障害物などを探している。後ろから抜かしていく人や自転車を介助者が教えてくれないと怖い。）
- ② 1人であるときに、目覚まし・ドアベル・湯が沸騰していること・換気扇などの音や人の気配など、を方向と距離までわかればよい。その際、音の種類の違いも知りたい。
- ③ 音楽が楽しめるようになれば良い。ミュージックセラピーなどに使える。

はじめに聴覚を患ったため音に対する記憶がほとんどない人もおり、音響情報呈示の必要性を否定する人もいたことを付け加えておく。

これらの情報を呈示することができれば、すべての盲ろう者にとってではないが、有用な装置になりうると考えた。そこで、実験室レベルではあるが、音響情報を呈示する装置の試作を行った。

2. 装置の試作

2.1 装置の条件

アンケートの結果を踏まえて、装置に要求される条件を挙げる。

① 必要な音響情報

室内においては、日常生活に関わる音である。ドアベル、やかんなどでお湯が沸騰している音、換気扇の動いている音、電子レンジの動作終了音、など。

屋外においては、多くの場合介助者と共に行

動しているため、介助者が気づかない（健聴者は無意識に反応しているため気づかない場合がある）が安全を脅かす音である。背後から近く歩行者・自転車・自動車の音、自動車のクラクションや自転車のベル、などである。

その他としては、本人に対する呼びかけ、人の気配、本人の発話時の声の大きさや周囲のざわつき、などである。

② 音響情報の呈示位置

盲ろう者の多くは手指を使って周囲の状況を調べたり、介助者とコミュニケーションを取ったりする。そのため、音響情報を呈示する際に、手指を邪魔してはいけない。しかも盲ろう者には、音の有無や大きさだけではなく、音源の方向も呈示しなければならない。体に対してどの方向から音が来ているかを知らせるには、体の周囲に呈示装置をつけなければならない。

③ 音響情報の呈示刺激方法

まず、音響情報が、音声かそれ以外の音か、を区別できなければならない。それに加えてサイレンなどの緊急的な音響情報や名前などの個人的情報なども呈示する必要がある。そのためには、数種類の触覚刺激呈示法を作る必要がある。

2.2 装置の試作

試作したシステムのブロック図を図1に示す。

(1) 音響情報入力部

音源の方向を計測するためには、マイクロホ



図1 試作装置システム図

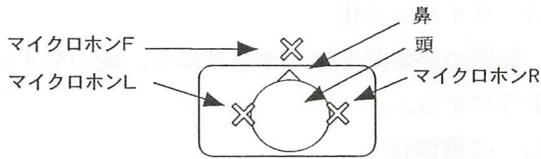


図2 マイクロホン装着位置

ンを最低3ヶ用いないといけない。3ヶ用いる場合、正三角形になるように配置するのが望ましい。しかし、装置を実際に人の体に装着する場合、正三角形に配置できるのは頭だけであろう。頭の周囲につけると帽子などを被らないと見かけが悪くなる。そこで、見かけなどを考慮し、左右耳と胸のあたりにマイクロホンを装着することとした。理由としては、服を着てもマイクロホンが隠されず集音しやすいこと、将来的に左右耳のマイクロホンは耳かけ型の補聴器のような形に、胸に装着するものはペンダントのような形にすれば違和感を生じないであろうこと、を考えたからである（図2参照）。

装置試作のために、サイズや特性から最適なマイクロホンを選び、それを耳に固定できるように加工した。また、胸には服の上から服にピンで便宜的に固定することとした。

マイクロホンから入力された音をフィルタで前処理しなければならない。音響信号を増幅するアンプおよび不要な周波数帯域の音響信号を除くフィルタを電子部品で製作した。

(2) 音響信号処理部

試作装置では、信号処理をコンピュータで行った。まず、3ヶのマイクロホンから得られた音響信号をA/Dボードでデジタル化し3チャンネル音響データとして入力した。

施した信号処理は、音声の分離と音源方向の推定である。音声の特徴（声は特徴的な周波数を持つ）を用いることで、音声と音声以外の音を分離するアルゴリズムを作成した。

音の到達方向に関しては、日常生活では正確に角度まで知る必要はなく、おおよその方向がわかればよいと考えた。そこで、今回は、前後左右と各々の間の8方向をわかればよいと考え

た。マイクロホンの配置が前述のように、体の前（胸）に一つ、耳の所に二つという特殊なものなので、次のように信号処理を施した。前後方向の判定は胸のマイクロホン(F)と左右耳のマイクロホン(LとR)の時間差と音圧差とを比較する。左右の判定は、左右耳のマイクロホンの時間差と音圧差とを比較する。右前方・左前方・右後方・左後方の判定は前述の前後・左右判定の組み合わせで行った。

(3) 触覚刺激呈示部

分析された音響信号の情報を伝えるために触覚を利用した刺激呈示部を製作した。音源方向を伝えるためには体の周囲に装置を装着しないといけない。外見を良くするためには、装置が服で隠れたほうが良いであろう。装着のしやすさも考慮した結果、装置をベルト状にし、腰に巻くことにした。

触覚刺激と言っても振動刺激や圧覚刺激、温冷刺激など様々なものがある。これらの触覚刺激を呈示する素子を用いて予備実験した結果、制御しやすい振動刺激を用いることとした。さらに様々な振動子を試した結果、構造がシンプルで壊れにくく振動刺激も強い振動モータを用いることとした。その振動モータを4ヶベルト状に配置した。装着する際には、振動モータが体の前後左右にくるようにする（図3参照）。

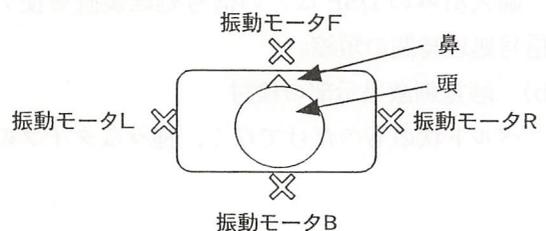


図3 振動モータ装着位置

振動刺激は、音声とそれ以外の音とで異なるようにした。

3. 装置の評価

試作した実験室レベルの装置を盲ろう者3名に評価してもらった。この3名は前述のアン

ケートの際にも協力してもらっている。評価場所は広い会議室、その場には3名の盲ろう者に加え介助者6名、その他5名の人が居合わせた。装置が実験室レベルなので、室内環境音に対する評価のみである。意見を以下にまとめる。

- ① 音響情報呈示に批判的であった盲ろう者から、音響情報は便利であるという好意的な意見を得た。
- ② 実験室レベルの装置であったため、大型でしかもケーブルがあった。これを小型でワイヤレス式にして欲しい旨の意見があった。
- ③ 触覚刺激用振動モータをベルト状に腰に装着した。しかし、首輪型や、頭に付けるためにはちまき型・ヘルメット型も考慮して欲しい旨の意見があった。実験に使う場合に、使用者が装着しやすく触覚刺激がわかりやすいものを選べるようにして欲しいとのことである。
- ④ 盲ろう者にとって、いわゆる遊びというものはない。この装置を使えば、例えば鬼ごっこのような音探しゲームなどができるのではないかと、この意見を得た。

[今後の研究の方向, 課題]

a) 実時間処理

購入済みのDSPなどの信号処理装置を使い、信号処理時間の短縮。

b) 触覚刺激呈示部の検討

ベルト状のものだけでなく、様々なタイプの

ものを作製し、使用者に選ばせるようにする。

c) ワイヤレス化

装置の要素間をワイヤレスにし、使いやすいようにする。

d) 多機能化

超音波センサや赤外線センサを用いた障害物検出機構を組み合わせることで、この装置一つで周囲環境の情報をすべて呈示できるようにする。

e) 教育手段としての検討

装置を盲ろう者の遊び道具や教育道具として使うために必要となる教育方法の確立や検討を行う。

f) 製品化の検討

本研究が実験室だけで終わってしまうと、いただいた研究助成が無駄になってしまう。実際に盲ろう者の役に立つものを市販したい。

[成果の発表, 論文等]

リハ工学カンファレンスや感覚代行シンポジウムなどで成果発表を行う予定。

[謝 辞]

坂尻正次氏（日本障害者雇用促進協会障害者職業総合センター・研究員）並びに盲ろう者コミュニケーション機器研究会参加の福島智氏（金沢大学、現在東京大学）をはじめ、盲ろう者の方々にはアンケート・装置試作・評価でお世話になった。記して感謝の意を表す。

国際交流報告の抄録一覧

(平成12年度)

〔派遣〕

- ◆ 装置と計測技術に関する会議 IMTC/2000 (1002001) 90
岡田 徳次 新潟大学工学部 教授
- ◆ 世界自動化会議 (1002002) 90
能見 公博 香川大学工学部 助教授
- ◆ IEEE-INNS-ENNS ニューラルネットワーク国際共同会議 (1002003) 91
平岡 和幸 埼玉大学工学部 助手
- ◆ 2000年磁性国際会議 (1002004) 91
古林 孝夫 金属材料技術研究所 主任研究官

〔招聘〕

- ◆ 第7回西太平洋地区音響学会議 (1003001) 92
江 端 正 直 第7回西太平洋地区音響学会議 実行委員長
(熊本大学工学部 教授)
- ◆ 第12回共焦点顕微鏡と第13回3次元画像処理国際会議 (FOM 2000) (1003002) 92
河 田 聡 FOM 2000 組織委員長
(大阪大学大学院工学研究科 教授)
- ◆ マルチメディア・ネットワークキングに関する国際会議 (1003003) 93
柴 田 義 孝 IEEE ICPADS '2000 および MMNS '2000 国際会議
組織委員長
(岩手県立大学ソフトウェア情報学部 教授)
- ◆ 第6回ソフトコンピューティングに関する国際会議 (1003004) 93
山 川 烈 第6回ソフトコンピューティングに関する国際会議
組織委員長
(九州工業大学情報工学部 教授)

〔派 遣〕

派遣研究者	新潟大学工学部 教授 岡田 徳次	1002001
研究集会名	装置と計測技術に関する会議 IMTC/ 2000 (Instrumentation and Measurement Technology Conference IMTC/ 2000)	
出張期間	平成 12 年 4 月 30 日～5 月 10 日	
開催場所	アメリカ・ボルチモア市	
発表論文	球容器内を浮動する細長い永久磁石を用いた加速度方向と方位に関するスマートなセンシング	

概 要：

本国際会議は、装置と計測技術に内容を絞って毎年開催され、計測の標準や検査規格を定める各国政府の研究機関や産業界の研究所ならびに大学の研究機関から、この分野の専門家が一堂に会し研究発表などを通して討論し、また意見や情報を交換して専門性を深める権威ある会議の 1 つである。本年（平成 12 年）は“Smart Connectivity: Integrating Measurement and Control”を会議のテーマとして、計測の基礎に関する基調講演で幕を開け、5 講演会場と 1 ポスター会場を使って 4 日間続いた。発表総数約 350 件。専門家の集会だけに、どの会場も活気に満ちていた。とくに米国 NIST (National Institute of Standards and Technology) のカレン博士の講演は、IT 時代に必要な技術の開発に関わる内容だけに会場となった大ホールが人で溢れるほどであった。

私は、2 日目のセンサに関するセッションで、加速度方向と方位の同時計測法を発表した。設計や製作に及ぶ細かな内容に対しても質疑があり、本法への聴衆者の関心の深さを感じた。

会議後の 5 日には、CMU のロボティクス研究所でスマートセンサの研究開発を先導しているシーゲル教授の研究室を訪ね、最新の情報を収集し、また今後の展開などについて意見を交換した。ここで得られた知見は、今後の親交を深め、またお互いの研究に寄与するところが大であると考えた。

派遣研究者	香川大学工学部 助教授 能見 公博	1002002
研究集会名	世界自動化会議 (World Automation Congress '2000)	
出張期間	平成 12 年 6 月 11 日～19 日	
開催場所	アメリカ・ハワイ州ワイレア	
発表論文	テザー運動の影響を受けるテザー宇宙ロボットの制御	

概 要：

6 月 12 日から 16 日までの 5 日間行われた World Automation Congress (世界自動化会議) は、工学・科学・自然科学・医学・経済学・管理学などの広範囲の専門家が集まり、討論・意見交換をすることを目的とした世界最大規模の国際会議である。本年は一般セッションの他に、会議全日を通して宇宙および水中システムに関する Mini-Symposium が開催された。その中でも、とくに宇宙における惑星ローバ、水中ロボットに関する発表が興味深かった。

本出張の目的は、会議において自動化に関する研究交流を行うこと、およびテザー宇宙ロボットに関する研究発表を行うことである。研究交流に関しては、いわゆる宇宙・深海などの極限作業領域における「フィールドロボティクス」に関する研究動向を調査し、NASA における惑星ローバの複数台のローバを用いたミッションに重点を置いた研究や、ハワイ大学における実用化に焦点を充てた水中ロボットの研究発表が興味深かった。発表では、テザー先端の宇宙機にロボットアームを備え付けたシステムの動的解析、ならびに姿勢制御の基礎的検討結果について報告し、系の動的状態におけるテザーの運動と宇宙機の運動との干渉、軌道上環境と地上環境の比較的安定な状態である平衡点付近での近似・解析モデルを示して、軌道上と地上の環境差異に関する討議を行えた。

派遣研究者	埼玉大学工学部 助手 平岡 和幸	1002003
研究集会名	IEEE-INNS-ENNS ニューラルネットワーク国際共同会議 (IEEE-INNS-ENNS International Joint Conference on Neural Networks)	
出張期間	平成12年7月23日～28日	
開催場所	イタリア・コモ市	
発表論文	オンライン線形判別分析アルゴリズムの収束解析	

概 要：

IEEE, INNS, ENNS が合同で主催する本会議は、神経回路網の理論および実装に関する権威ある国際会議であり、この分野の一流の研究者が集い、最先端の成果・情報・技術の交流を行う場である。2000年の今年にはイタリアのコモ市で7月22日から27日まで開催された。このうち24日から27日がテクニカルセッションであり、500件以上の発表が行われた。今回、7月23日から28日までの日程で、研究論文の発表を行うことで、我々が研究した新しい認識手法を発表し議論を行うとともに、新しい情報の収集にあたることを目的として出張を行った。

26日のテクニカルセッションにおいて、我々の論文“Convergence Analysis of Online Linear Discriminant Analysis”の研究発表を行った。本発表は、パターン認識において広く用いられる線形判別分析法に対し、環境変化に対する適応能力を持たせることのできる逐次学習アルゴリズムを提案し、その収束性を理論的に証明したものである。本発表および同じセッションで発表された各国の研究者による関連研究を通じて、この分野の専門家と互いに多くの情報を交換することができ、有意義であった。

短い時間ではあったが、研究発表の他にも、多くの研究者と共通の問題について親しく議論することができたことは、何にもまして価値があり、今回の出張は実りの多い結果となった。

派遣研究者	金属材料技術研究所 主任研究官 古林 孝夫	1002004
研究集会名	2000年磁性国際会議 (International Conference on Magnetism 2000)	
出張期間	平成12年8月5日～14日	
開催場所	ブラジル・レシフェ市	
発表論文	Fe-FeF ₂ グラニューラー薄膜における交換磁気異方性	

概 要：

8月7日から11日、ブラジル・レシフェ市において開催された2000年磁性国際会議は、3年に1度の割合で開かれており、ブラジル、日本、米国、英国、フランス、ドイツ、ロシア等各国から合計約500名の参加者があり、大変大きな会議であった。

私は、8月11日にポスターセッションにおいて「Fe-FeF₂ グラニューラー薄膜における交換磁気異方性」のタイトルで研究発表を行った。本研究は反強磁性体であるフッ化第一鉄のマトリックスに埋め込まれた、2ナノメートル程度のサイズの強磁性体の金属鉄微粒子の磁性を明らかにすることを目的として行ったもので、磁化曲線の解析により反強磁性体であるフッ化第一鉄と金属鉄微粒子の間に働く交換異方性の大きさを定量的に示した。このような小さな微粒子について、交換異方性を議論した研究はこれまでになく、本研究は交換異方性によって「超常磁性」が押さえられることが示され、磁気記録媒体への応用の可能性もあるとして多くの研究者の注目を集めた。

本国際会議は、磁性の分野では最大、最重要の会議であり、基礎から応用まで幅広い分野の研究者が、一堂に会するというところが特徴である。応用をはじめとする他の分野での研究についての知見を得たことは、今後の研究を進めていく上で大いに役立つものと思われる。

〔招 聘〕

招 聘 者	第7回西太平洋地区音響学会議 実行委員長 江端 正直 (熊本大学工学部 教授)	1003001
会 議 名	第7回西太平洋地区音響学会議 (The Seventh Western Pacific Regional Acoustics Conference)	
出張期間	平成12年9月23日～10月8日	
開催場所	熊本市(メルパルク熊本)	
被 招 聘 者	オーストラリア国立大学 ネヴィル フレッチャー教授	

概 要：

音響学に関する研究は、電子及び電気工学、計測制御工学など工学系分野のみならず、医学、心理学、言語学など極めて多様な研究分野と密接な連関を保ちつつ発展してきている。音響学において取り扱う研究分野は、全世界で普遍的な問題を取り扱う一方、言語音声など国や地域に密着した問題を取り扱うことも多くある。このような背景から、本会議は、西太平洋地区に位置する国々において音響学に関する研究を進める研究者の国際的研究発表の場を提供することを目的として、1982年より3年毎に開催されている。本会議に、オーストラリア国立大学教授フレッチャー氏を招聘し基調講演を、また国内の複数の大学・研究機関にて特別講演をお願いした。

フレッチャー教授は、管楽器における流体の発音現象を中心とした音響物理的な解析における世界的権威である。さらに研究対象とする管楽器には、太平洋地区独特の楽器も含まれ、西太平洋地区における音響学研究者の交流を目的とする本国際学会の基調講演をお願いするにふさわしい研究者である。

また今回の招聘に関係して、関連分野を研究する国内主要な大学・研究施設において、複数の特別講演を行うことにより、これまでの研究内容や最新の研究内容の紹介とともに、多数の研究者との交流を行い、極めて有意義であった。

招 聘 者	FOM 2000 組織委員長 河田 聡 (大阪大学大学院工学研究科 教授)	1003002
会 議 名	第12回共焦点顕微鏡と第13回3次元画像処理国際会議 (FOM 2000) (Focus on Microscopy 2000)	
出張期間	平成12年4月3日～13日	
開催場所	和歌山県白浜町(コガノイベイホテル)	
被 招 聘 者	イギリス オックスフォード大学 トニー ウィルソン教授	

概 要：

平成12年4月9日から13日にかけて和歌山県白浜町コガノイベイホテルにおいて「FOM 2000」国際会議を開催した。参加者数は、日本から95名、海外からはドイツ、米国、フランス他10カ国、67名の合計162名であった。講演は、基調講演5件、招待講演12件、一般講演70件(うちポスター発表17件)であった。

会議のテーマである最先端のレーザー顕微鏡の研究とテクノロジーは、医学、生物学、物理学、化学などのサイエンスおよび光ディスク、光リソグラフィ、光学顕微鏡などの光産業の発展を支えている。日本で開催されたのは今回が初めてであるが、共焦点顕微鏡研究の第一人者であるトニー ウィルソン教授を招聘することによる我が国の光産業への影響は計り知れず、貢献が高く期待される。

ウィルソン教授の講演は、「共焦点顕微鏡の波面制御」について行われ、最新の研究活動、結果についての報告がなされ、活発な質疑応答も行われた。教授をはじめとする多くの研究者の招聘により、広範な学術および技術分野の学際的研究者による緊密な連携、交流を促進することができ、また、各研究分野の推進にも役立つことができたと考える。

招 聘 者	IEEE ICPADS '2000 および MMNS '2000 国際会議 組織委員長 柴田 義孝 (岩手県立大学ソフトウェア情報学部 教授)	1003003
会 議 名	マルチメディア・ネットワーキングに関する国際会議 (International Workshop on Multimedia Networks (MMNS '2000))	
出張期間	平成12年7月1日～7日	
開催場所	岩手県滝沢村(岩手県立大学)	
被 招 聘 者	台湾 淡江大学 チモシ K シ教授	

概 要：

米国電気電子学会 (IEEE) と岩手県立大学の主催による第7回 International Conference on Parallel and Distributed Systems (ICPADS '2000) および MMNS '2000 が平成12年7月4日より7日まで岩手県立大学を会場に並行開催された。参加者は11カ国、231名であった。この国際ワークショップ開催にあたり、台湾の淡江大学 (Tam Kang University) の Timothy K. Shih 教授をワークショップ委員長として招聘した。同教授はマルチメディア情報ネットワーク、プロトコルの研究分野では台湾での第一人者でもある。

4日、IEEE ICPADS 国際会議および MMNS '2000 国際ワークショップにも出席され、次回の国際会議開催等の貴重なコメントや提案を述べられた。5日岩手県立大学学長、ソフトウェア情報学部の学部長や学科長をはじめとする多くのスタッフとの交流を行った。また、同大学の情報ネットワーク設備も見学された。6日の招待講演では「An Efficient Color-Spatial Indexing and Retrieval Scheme for Image Database」というタイトルで1時間講演され、多くの参加者よりたくさんの質問があり、とても活発な議論が交わされた。さらには今後の共同研究について意見交流を行い、10月中旬に岩手県立大学が Tam Kang University を訪問する事等、ワークショップ以外でも有意義な成果を得られた。

招 聘 者	第6回ソフトコンピューティングに関する国際会議 組織委員長 山川 烈 (九州工業大学情報工学部 教授)	1003004
会 議 名	第6回ソフトコンピューティングに関する国際会議 (6th International Conference on Soft Computing)	
出張期間	平成12年9月30日～10月6日	
開催場所	福岡県飯塚市(九州工業大学)	
被 招 聘 者	ニュージーランド オタゴ大学 ニコラ カサボフ教授	

概 要：

不確実な情報あるいは欠陥のある情報に対しては、従来の方法では処理が困難であった。この点、我々の脳は、あらゆる情報を有効かつ効率的に処理する能力を有している。この優れた脳の情報処理能力を目標とし、その候補となる様々な情報処理方式の長所と問題点、類似点と相違点を検討し、これらの情報処理方式の長所を融合することで、脳の機能に迫る新しい情報処理方式の可能性を探ることが、本国際会議の基本的な論点であった。特に今回は、ニューラルネットワークの応用技術で、ソフトコンピューティングの新たな潮流である自己組織化マップに焦点を当て、この理論の提唱者であるヘルシンキ工科大学のチューボ コホネン教授によるキーノートスピーチが行われた。その基礎理論に関する講習会がルーベンカトリック大学のファン フール教授により行われた他、カリフォルニア大学のロトフィー A. ザデー教授他5名の講師による特別講演、4会場に分かれて約140件の一般講演など、多数の研究結果が発表され活発な議論が展開された。また、一般及び招待論文の中から特に優れた論文2件に“Best Paper Award”が、学生による発表論文で内容・発表ともに優れた論文4件に“Student Paper Award”が、それぞれ贈呈された。

被招聘者のニコラ カサボフ教授には、本国際会議のプログラム委員長として、会議プログラム及び受賞対象論文審査の責任者という重要な任務を行っていただいた。

-
- 平成 12 年度活動報告
 - 平成 13 年度助成報告
 - 第 12 回助成金贈呈式
 - 受領者投稿
 - 研究室訪問
 - 第 12 回（平成 13 年度）助成課題一覧
 - 平成 13 年度研究助成課題の紹介
 - 平成 14 年度助成候補募集案内

平成 12 年度活動報告

(1) 主要業務日程

平成12年 5月26日	財団設立 10 周年記念講演会
	第 11 回 (平成 12 年度) 助成金贈呈式及び懇親交流会開催
5月31日	オムロン(株)より運用財産 2,000 万円の寄付金受領
6月23日	第 24 回理事会, 第 24 回評議員会開催 ・平成 11 年度事業報告及び決算報告の承認 ・平成 13 年度助成課題募集方法の承認
8月1日	「平成 13 年度助成課題募集案内」を発送
8月4日	事務所を京都市右京区鳴滝春木町 5 番地 20 に移転
9月1日	「平成 13 年度助成課題」の応募受付開始 財団ホームページでの募集案内開始
10月31日	「平成 13 年度助成課題」の応募締切 助成研究成果集 (第 9 号) 発行
12月28日	選考委員による応募課題の書面審査完了
平成13年 1月21日	第 13 回選考委員会開催 ・平成 13 年度助成課題候補の選考
3月14日	第 25 回理事会, 第 25 回評議員会開催 ・平成 13 年度事業計画及び収支予算案の承認 ・平成 13 年度助成課題の承認

(2) 会計報告

収支計算書

(自 平成 12 年 4 月 1 日 至 平成 13 年 3 月 31 日)
(単位: 千円)

収入の部	
基本財産運用収入	44,393
寄附金収入	20,000
雑収入	459
前期繰越額	70,804
合 計	135,656
支出の部	
事業費	54,811
管理費	14,551
合 計	69,362
次期繰越額	66,294

貸借対照表

(平成 13 年 3 月 31 日)

(単位: 千円)

資産の部		
流動資産	現金	272
	普通預金	5,387
	定期預金	0
	有価証券	60,635
固定資産 (基本財産)		
	定期預金	0
	投資有価証券	1,231,250
その他固定資産		150
資産合計		1,297,694
負債の部	負債合計	0
正味財産の部	正味財産	1,297,694
負債および正味財産合計		1,297,694

平成 13 年度助成報告

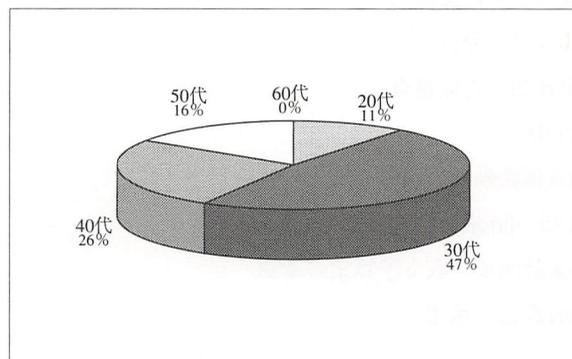
本年は、第 12 回目の助成となる平成 13 年度助成課題に対し、平成 13 年 5 月 11 日、第 12 回助成金贈呈式を開催し、次の助成を行った。

研究助成	20 件	4,649 万円
国際交流助成		
研究者海外派遣助成	4 件	157 万円
外国人研究者招聘助成	3 件	125 万円
合 計	27 件	4,931 万円

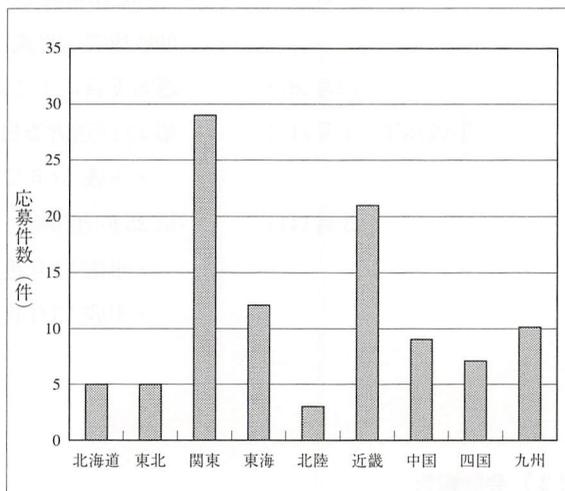
● 平成 13 年度助成の応募状況

(1) 研究助成

① 年令別

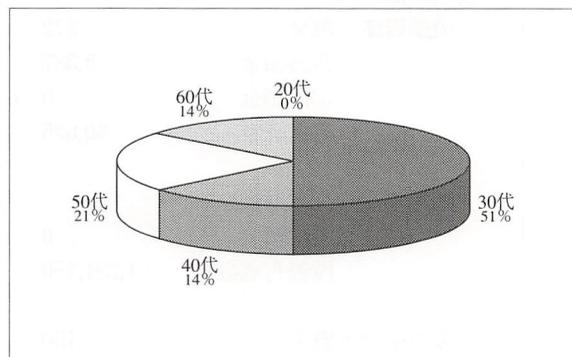


② 地域別

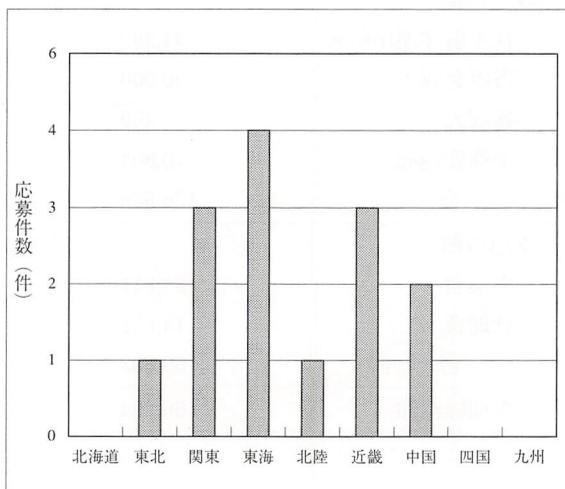


(2) 国際交流助成

① 年令別



② 地域別



第12回助成金贈呈式

日 時：平成13年5月11日（金）

場 所：京都宝が池プリンスホテル

第12回助成金贈呈式は、来賓の文部科学省大臣官房審議官 坂田東一様、京都府商工部次長 井上正嗣様はじめ、平成13年度助成者、財団関係者等約80名の出席のもとに開催し、立石理事長より受領者に助成金目録贈呈を行い、記念撮影ののち、引き続き懇親交流会を行った。



贈呈式会場



立石理事長挨拶



目録贈呈

なお、研究助成受領者の皆様には、立石理事長よりの助成金目録贈呈に先き立ち、助成研究課題の目標や内容をOHPを用いて発表いただいた。



助成課題発表

※ 課題発表OHPは、104～106頁に掲載

受領者投稿

新研究分野への挑戦と研究助成

京都大学大学院工学研究科電子物性工学専攻 教授 松重和美
(第5回 受領者)

研究者にとって研究テーマの設定は重要である。一方、そのテーマ設定に関連する要因は研究者により千差万別であろう。筆者の場合、研究テーマは、研究室を幾つか変えた、昇進、等の関連で変わらざるを得なかった事情もあり、かなり変遷している。当初は、高圧下物性、高速破壊、相転移現象、強誘電物性、超音波計測、表面分析等に従事し、現在はナノテクノロジー、分子エレクトロニクス、そして分子コンピューターである。従って、関連する文献も大きく異なり、研究分野が変わったときには（研究室が同時に移動する場合が多い）、スペースの問題もあり、これまで集めてきた論文を処分することが多かった。これには勇気がいることであるが、またこれくらいやらないと、新たな分野に思い切って集中出来ないと、自分なりの理由をつけたものである。しかも、新分野での文献を改めて集めることは不可能に近く、結局自分の感性で研究を進めるのがオリジナリティーを発揮する上でもベターであると考えている。ただ、こうした研究領域を変えたときの研究資金の獲得は、その分野の実績を重視する文部科学省の科学研究費等では困難な場合が多く、筆者が国立石科学技術振興財団からの研究助成金を頂いた時は、正に有り難かった。

さて、現在の「将来の分子コンピューター実現に向けた研究」では、これまでと異なる側面に出会っている。即ち、この新分野はまさに融合研究領域で、物理、化学（合成）、電子物性、計算機アーキテクチャーと異分野の協力がなくと進展しない分野であり、自分の領域だけでなく、種々の分野の研究者との共同研究が必須であり、そのネットワーク、体制造りが重要と

なってくる。また、国際的にも競争が激しい一方、そのアイデアの持ち寄りの点からも、国際連携も必要である。ところで、分子コンピューターとはどんなものと質問を良く受ける。有機分子を素材に、その機能発現を……といった学問的な解説よりも、今はいろんな人に理解してもらうものではなくてはと思っている。例えば、目や耳の機能を補完してくれるもの、外国語翻訳をしてくれる超小型コンピューター、はては犬（猫）と会話が出来する装置等など、つまりは「人に優しいコンピューター」であると。



受領者投稿

夢を推す力

岡山大学教育学部 情報基礎学講座 講師 吉川 歩
(第5回 受領者)

平成6年度に「計算機の援用によるファジィ範疇法の測定精度と使いやすさの改善」という課題で助成いただいた。早いものであれから7年の歳月が流れた。助成課題は「とても」などの副詞を使った、程度表現・判断のあいまいさをファジィ理論を用いて定量的に解析する手法、いわゆる個人差を考慮したアンケートの解析手法を対象にしている。

従来はファジィ集合を実問題に応用する場合、ファジィ集合はできるだけ扱いやすい簡単な形状として、知識の表現であるルールの部分であいまいさに対応することが多かった。そのためファジィ集合を心理的に同定する手法は最も基礎であるにも関わらず、実際には研究が進んでいない分野であった。しかしながら、私が行っていた‘程度’を表す言葉の意味に内在するあいまいさを定量的に表現するためには、適切な同定法が不可欠である。そこでこの助成ではファジィ集合を定量的に表現するメンバーシップ関数の同定法に重点を置き、誰にでも使いやすい手法の開発という従来と異なる立場から研究を行った。

この研究での成果は、漸近境界推定法(BASE法)と命名した、計算機との対話を通してメンバーシップ関数を決定する手法の開発である。単純な三者択一回答のみで、ファジィ理論の知識を持たない回答者にも容易にファジィ集合の同定が可能となった。助成終了後も計算機への実装、精度の更なる改良等を継続して研究している。折しも今年度から「対話型メンバーシップ関数同定法の改良」として科研費の補助を得て、BASE法の改良、それを超える手法の開発に着手している。またこの同定法

の研究から派生して、得られたメンバーシップ関数を計算機上で効率良く処理するデータ処理系の研究も成果を挙げつつある。

貴財団の助成は、学際分野への助成、若手研究者への助成、立ち上げ研究への助成に特徴があり、ちょうど京都工芸繊維大学の助手に就任して3年目で理論を具現化するための財政的に厳しい時期に、ベテラン研究者と同額の助成をいただいたので研究を立ち上げることができて非常に助かったことを今も記憶している。最後に貴財団の益々のご発展をお祈りするとともに、今後も夢を追う研究者を羽ばたかせる風となり続けていただくことを心よりお願いする次第である。



研究室訪問

静岡大学工学部システム工学科 海老澤 嘉伸 助教授 訪問記 (第5回受領者)

8月に入ったばかりの暑い日でしたが、葉原選考委員長と渡辺前事務局長に同行いただきました。先生からは助成研究の「重度身体障害者介助システムに用いる非接触注視点検出法の研究」のその後についてお話しを伺い、実用化の具体的成果について興味深くお聞かせいただきました。

- 身体障害者介助システムを長年にわたってご研究されていますが、先生のご専門分野とこのご研究を始められたきっかけ等お聞かせください。

学生時代は慶應義塾大学でME分野の研究室(南谷教授)のもとで眼球運動の研究を始めました。眼球運動と視覚注意に興味がありまして視覚心理物理学に属する、むしろ脳の研究に近いものです。平成元年に静岡大に来てからは画像処理等の研究を始めていましたが、翌年、アメリカの身障者介助システムに関する論文を見まして、我々もやってみようと考え、視線で情報入力する、たとえば50音図の中から所望の文字を注視してその文字を入力する方法を研究の二番目として開始しました。静岡大に来てからこれまで、眼球運動の研究と、この身障者介助システムの研究を半々ぐらいの割合でやってきました。研究室は修士4名と学生4名が平均的なメンバですのそんな間に間口を広げられませんが、最近は身障者介助システムに比重が移ってきています。



向って左から葉原委員長、加藤、海老澤助教授、渡辺

- 先生は視覚や注意という眼球運動のご研究と身障者介助システムとを結びつけて考えられて、早い時期から取り組まれたお一人だと思います。そうして進めてこられたご研究についてその後の成果も含めてご紹介ください。

最初読んだ論文が福祉のものでしたので身障者介助システムは意識していましたが、最初にひらめいた時にいろんなことが同時に浮かんできて、まず完成レベルをイメージしました。その結果、身障者からやったほうがいいだろう、身障者介助システムとして進めていけば、患者さんには福祉だから使ってもらえるだろうが、一般ユーザ向けとなるとコストはせいぜい数万円程度が目標だろうから5年ないし10年のスパンの目標としては適切でないと考えました。

技術的には瞳孔をきちんと測定することがポイントになります。精度確保の上で瞳孔はクリアに映るので最適です。助成研究の当時はまず画像処理の方式を研究してしまして、その後、頭の動きの追跡や分解能などいろいろの問題を解決しつつあります。

メーカーは頭の追跡を行わなければ、コスト的には今すぐにでも実用化できると言っていますし、各自治体からも関心を持たれているというところまでできています。デモ展示などからは是非使いたいという方も多く、また実際にお貸しして使ってもらい患者の方からご家族とのコミュニケーションが取れるようになったと感謝の言葉が寄せられているとも聞いています。

- 実用レベルに至るまでのご苦労された点多いと思いますが。

患者さんは普通の部屋で使用するのが前提です。ですから、比較的明るい部屋でも瞳孔が検出できる必要がありました。特にカメラを離れた位置から視線を計測するのは難しかったです。また、

目の悪い患者さんも多くいるはずですから、画像処理によって眼鏡レンズでの光源の反射を除去する方法の考案と実現にかなり時間を使いました。視線の方向決めは、当時は瞳孔画像の重心などを検出していましたが、まぶた等で瞳孔が欠けた画像となった時のために、今は楕円フィッティングするように変更を加えています。また、眼が横を向くと白目の部分での反射もあり、これが正確な注視点検出を邪魔していましたが今は解決しています。これでモニタの視角 40° ぐらいの視野を検出できるようになりさまざまなアプリにも使えそうになってきています。もう少しでリアルタイム処理をより精度の高いものにして実現できると思います。

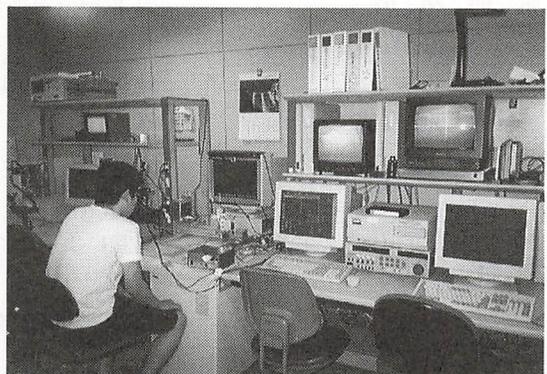
また、注視点の分解能をあげるために眼の部分をカメラでズームしていますので、頭が動いたときの追跡が必要になります。以前は、瞳孔像の画面中心からのズレがなくなるようにミラーを回転させていましたが、眼を閉じたときとかカメラの視野から外れた場合にサーチが必要になるなどが課題でした。これを解決する新しい方法として、頭に超音波センサを装着して三次元空間内での眼の位置を測定して、そこにミラーを向けるという方法の研究を始めています。瞳孔の検出精度アップも進めているのでこれとマッチングさせていって、三次元空間での頭のずれも含めた高精度の注視点座標計算の理論を構築していく予定です。

○ 重度身障者用に注目したアプリケーションに取り組み実用化して来られたわけですが、今後のご研究を進めていかれる方向をお教えてください。

実際の患者さんをみたりすると、早く実現しなければと思う一方で、完成度が低いと使われなくなるでしょうから、できるだけ完成度の高いものにしたいとも考えてきました。また、こうすればできると、理論を示すだけでなく、「本当にできる」ことを実証することが大事で、そうするとメーカーさんなどにも本当に納得してもらえます。先ほどお話をしました画像処理では、助成研究の当時にリアルタイム処理で実証するための論理回路の専用ハードが不可欠で、その開発に助成金を使いました。立石財団からの助成は助成額がまとまっていた上にタイムリーで、本当に実現するための装置を構築するのに役立ちました。

助成から約6年経って、当時よりPCの速度が格段に速くなっています。画像の中の処理ポイント数にはまだ制約がありますが、現在は複雑なアルゴリズムをプログラムで構築して研究を進めています。初めから考えていましたように、行く行くは健常者でも使える精度の高いところまで持っていきたいと思っています。

もう一つは、眼球運動の研究はどちらかというとサイエンスとして、また身障者介助システムは直接的に人の役に立つ研究として自分の中では分かれているんですが、今後は、そろそろ融合させていこうかと考えています。本装置は、完成すれば、頭が動いても視線方向が検出できるわけですし、また頭部の動きも瞳孔面積も同時に測れるので、もう少し多角的に脳のメカニズムを明らかにするような研究に進めてみたいと考えています。



実際に機能し性能を発揮する装置を実現する上で苦労されたお話を先生からいろいろお聞かせいただきありがとうございます。テレビ発祥の地浜松にふさわしい実証的研究に当財団の助成がその初期の段階でお手伝いの一端を担えたことはうれしいことでした。

レポーター：事務局長 加藤 裕

第12回(平成13年度)助成課題一覧

[研究助成]

(五十音順)

研究代表者氏名・所属機関・職名	研究課題名
小豆畑 敬 弘前大学理工学部物質理工学科・助手	高精細ディスプレイ用超小型フルカラー発光ダイオードの研究
太田 順 東京大学大学院工学系研究科 精密機械工学専攻・助教授	未知環境下で作業する人間操作型群ロボットシステム
太田 裕治 お茶の水女子大学生生活科学部 生活環境学科・助教授	脊髄損傷者用歩行補助装具の開発
小橋 昌司 姫路工業大学工学部情報工学科・助手	ファジィ論理による近赤外光を用いた脳機能解析支援システムの開発
小林 正和 早稲田大学各務記念材料技術研究所・教授	ZnMgCdS 系材料による UV-A 直測センサーの開発に関する基礎研究
坂元 章 お茶の水女子大学大学院人間文化研究科 複合領域科学専攻・助教授	ペット型ロボットがもたらす癒しに関する研究 — 心理的・生理的指標による検討 —
嵯峨 宣彦 秋田県立大学システム科学技術学部 機械知能システム学科・助教授	ER クラッチを用いた柔軟関節ロボットの開発
佐藤 隆幸 高知医科大学医学部第2生理学・教授	動脈圧反射失調による起立性低血圧を克服するバイオニック動脈圧反射システムの開発
白土 浩 琉球大学工学部情報工学科・助手	構造型モジュールネットによるネットワーク不正利用検出に関する研究
積山 薫 公立はこだて未来大学 システム情報科学部・教授	視空間の現実感と視覚 — 運動協応
津村 徳道 千葉大学工学部情報画像工学科・助手	次世代 TV 電話のための肌の色素成分に基づく顔色合成
成瀬 誠 東京大学大学院情報理工学系研究科 システム情報学専攻・助手	並列集積化フォトニックデバイスを用いた超高速3次元マイクロイメージング技術
能見 公博 香川大学工学部 知能機械システム工学科・助教授	通信時間遅れの力感覚表示による力覚フィードバック遠隔操作手法に関する研究
服部 励治 九州大学大学院 システム情報科学研究院・助教授	21世紀情報携帯端末ディスプレイの開発
早崎 芳夫 徳島大学工学部光応用工学科・講師	時空間コヒーレンスゲートによる生体内情報のアダプティブイメージング
藤本 健治 京都大学大学院情報学研究科 システム科学専攻・助手	正準変換に基づく機械システムの制御
前野 隆司 慶應義塾大学理工学部 機械工学科・助教授	錯覚によるテクスチャの誤認知を利用した触覚ディスプレイの研究
松本 勉 熊本電波工業高等専門学校 電子制御工学科・助教授	遠隔健康管理を支援する情報システムの構築
安井 武史 大阪大学大学院基礎工学研究科 システム人間系専攻・助手	フェムト秒2色パルス光を用いた時間分解旋光分散測定法の開発と血糖測定への応用
山本 佳男 東海大学工学部精密工学科・助教授	情報機器の超精密組立作業における熟練技術の情報抽出とモデル化

研究助成件数 20件 合計 4,649万円

第12回(平成13年度)国際交流助成課題一覧

〔派遣〕

(五十音順)

研究者氏名・所属機関・職名	派遣先研究集会／主催者名
石 淵 久 生 大阪府立大学大学院工学研究科・教授	第9回国際ファジィシステム学会世界会議と第20回北米ファジィ情報処理学会国際会議との合同会議 主催：国際ファジィシステム学会 (IFSA), 米国ファジィ情報処理学会 (NAFIPS)
島 田 行 恭 岡山大学工学部システム工学科・講師	第10回化学工業における保安防災国際会議 主催：化学工学欧州連合, ロイヤルスウェーデン工学会
鄧 天 波 東邦大学理学部情報科学科・助教授	2001年米国電気電子学会 回路とシステム国際シンポジウム 主催：IEEE 回路とシステムソサエティ
長 谷 正 司 独立行政法人 物質・材料研究機構・主任研究員 (旧 科学技術庁 金属材料技術研究所)	電磁結晶構造に関するワークショップ 主催：英国・セントアンドリュース大学

(派遣助成件数 4件 小計 157万円)

〔招聘〕

(1) 特別招聘

(五十音順)

招聘代表者氏名・所属機関・職名	招聘研究集会または機関名 / 被招聘者名
内 田 健 康 早稲田大学 理工学部・教授 (第10回国際自動制御連盟シンポジウム・国内組織委員会委員長)	第10回国際自動制御連盟シンポジウムに、フィンランド・ヘルシンキ工科大学 シェルカーリサ ヤムサーヤウネラ教授を招聘
鳥 脇 純 一 郎 名古屋大学大学院 工学研究科 情報工学専攻・教授 (第40回 日本エム・イー学会大会 大会長)	第40回日本エム・イー学会大会に、ドイツ・ハンブルグ大学 カールハイントツヘーネ教授を招聘

(2) 一般招聘

招聘代表者氏名・所属機関・職名	招聘研究集会または機関名 / 被招聘者名
黒 須 正 明 静岡大学 情報学部 情報科学科・教授 (INTERACT 2001学会 大会長)	INTERACT 2001学会に、ブラジル・サオカルロス国立大学修士課程アレサンドラ ルビン アシス氏を招聘

(招聘助成件数 3件 小計 125万円)
国際交流助成件数 7件 合計 282万円

平成13年度研究助成課題の紹介

掲載順は、助成課題一覧〔研究助成〕の掲載順

第12回助成金贈呈式

研究助成課題の紹介

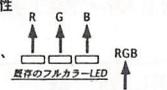
平成13年5月11日
（財）立石科学技術振興財団

高精度ディスプレイ用超小型フルカラー発光ダイオードの研究（1年間）
弘前大学
助手 小豆畑 敬

高度情報化社会からの高精度高光度大画面ディスプレイの要求

→ 超小型フルカラー発光ダイオードの必要性

【現状】
三原色の光が異なるチップから放射されており、小型化・高精細化への障害となっている。



【解決策】
三原色の光を同一点から放射する発光ダイオードの開発

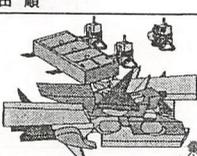
超小型フルカラー発光ダイオードを実現するための基本的技術の開発

【開発すべき技術】

- ・複数の波長の光を同一点から放射させる技術
- ・同一点から放射される複数の光を任意の割合で混合する技術

未知環境下で作業する人間操作型群ロボットシステム（1年間）
東京大学 工学系研究科 精密機械工学専攻
助教授 太田 順

【環境認識機能】
「物体形状・配置の認識」+
「属性・領域概念の共有化」
→ 群ロボットの役割分担+
レーザーポインタによる指示

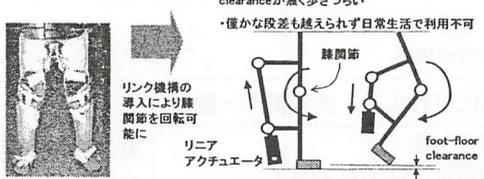


【インタフェース機能】
「作業環境の俯瞰情報の提示」+「操作者の監視コスト軽減」
→ ロボットの視覚情報をパッチした仮想環境情報の提示

未知環境下で大型物体を操作する人間操作型群ロボット系

脊髄損傷者用歩行補助装置の開発（1年間）
お茶の水女子大学 生活科学部 生活環境学科
助教授 ・ 太田 裕治

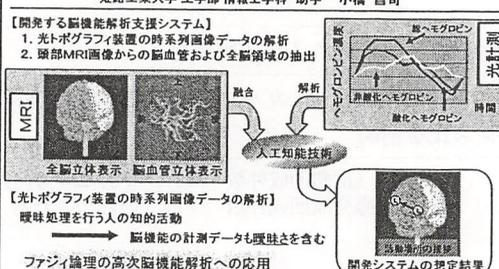
脊髄損傷者の車椅子生活 ⇔ 肉体的精神的に問題が多い
現行の歩行補助具の問題点 ⇔ ・ 膝関節を曲げる事ができないため foot-floor clearance が無く歩きづらい
⇔ ・ 僅かな段差も越えられず日常生活で利用不可



上記機構による試作機の開発並びに患者による臨床評価

ファジィ論理による近赤外光を用いた脳機能解析支援システムの開発（1年間）
姫路工業大学 工学部 情報工学科 助手 小橋 昌司

【開発する脳機能解析支援システム】
1. 光トモグラフィ装置の時系列画像データの解析
2. 頭部MRI画像からの脳血管および全脳領域の抽出



高次脳機能解析→人にやさしい技術開発の礎

ZnMgCdS系材料によるUV-A直測センサーの開発に関する基礎研究（1年）
早稲田大学各務記念材料技術研究所
教授 ・ 小林 正和

オゾンホール問題は今後最低でも50年程度は続くと考えられる。

特にUV-A（紫外線A）は強度が強いと同時に体内への侵入深さも大きい

低廉な素子で、紫外線量を直観測することが可能になると携帯電話やサングラスにとりつけられる

材料	感度	応答時間	消費電力	製造コスト
シリコン	0.1%	100ms	100μW	100円
シリコン	0.1%	100ms	100μW	100円
シリコン	0.1%	100ms	100μW	100円
シリコン	0.1%	100ms	100μW	100円

素子構造に期待されること（課題）

- ・ 簡単に小型構造
- ・ 強度では数百倍もある可視光等の影響を受けない
- ・ 暗電流が低い

解決方法

- ・ 光導電型素子構造
- ・ ZnMgCdSに注目
- ・ 欠陥の無い高品質結晶の作製（原子状水素の応用）

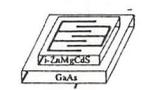


図2 本研究で計画している構造

ペット型ロボットがもたらす癒しに関する研究（1年間）
お茶の水女子大学大学院人間文化研究科
助教授 坂元 章

ペットとの交流は心を癒す ⇒ アニマルセラピーに応用
ペット型ロボットにも癒しの効果がある？

生理指標：血圧・心拍・体温
心理指標：不安・抑うつ・ストレス

実験で検討

① ロボットと遊ぶと、中性的映像を視聴するより癒されるか？
② ストレス状況にある人にも効果的か？

手続き → ストレス → 心拍変動 → 映像視聴 → 癒し

癒し → 癒し → 癒し → 癒し

学術的意義：心理学的側面からのロボットの研究の記録
臨床的意義：ペットを飼えない人へのアニマルセラピーの可能性

ERクラッチを用いた柔軟関節ロボットの開発（1年間）
秋田県立大学システム科学技術学部 機械知能システム学科
助教授 嵯峨 直彦

【ロボット・アームの開発目的と研究内容】
従 来：産業用として人と接触しないよう固定設置
本研究：人間共存型の柔軟関節ロボットを開発

- ・ 柔らかく実現するためにER（電気粘性）流体クラッチを開発
- ・ 力と位置の動的関係を制御するインピーダンス制御の応用
- ・ ER流体の温度依存性を考慮した高効率制御
- ・ 痛さの感性評価

【柔軟関節ロボットのプロトタイプ製作・評価】

- (1) 開発中のERクラッチの基礎特性評価と単体のインピーダンス制御
- (2) 柔軟関節ロボットの試作と制御側の検討（ER流体の発熱を考慮した制御側の検討）
- (3) 痛さの数値化による感性評価（多変量解析／数量化理論の応用）

介護用柔軟関節ロボットの開発

平成 13 年度研究助成課題の紹介

動脈圧反射失調による起立性低血圧を克服するバイオニック動脈圧反射システムの開発(2年間)

高知医科大学第2生理学 教授・佐藤隆幸

【動脈圧反射失調の治療】
 生体の動脈圧調節はダイナミックフィードバックシステム
 治療には、制御中枢の再建が不可欠

【バイオニック動脈圧反射システムの基礎技術の開発】
 1. 生体本来の血管運動中枢の動作原理の解明
 ・システム同定: ホトノイズ法の適用
 2. コンピュータによる血管運動中枢の機能代行
 3. 有効性の検証: モデル動物実験

人工的血管運動中枢による血圧調節機構の機能再建

構造型モジュールネットによるネットワーク不正利用検出に関する研究(1年間)

琉球大学 工学部 情報工学科 助手 白土浩

提案法: ルールベース・パターンマッチング等
 ・未知の攻撃に対して脆弱で検出システムを常に最新に保つ必要がある
 ・非常に高価な専用ハードを要し構築・メンテナンスが複雑である

提案法: 汎化性に優れたニューラルネットワーク(NN)を利用
 ・未知の攻撃に対して検出可能
 ・安価なDOS/V PC等で構築可能で、メンテナンスも容易である

従来の手法の取り込みにより更なる性能向上

容易に導入可能な不正利用検出システムの構築

視空間の現実感と視覚-運動協応(1年間)

公立はこだて未来大学 システム情報科学部 教授・積山 薫

右手? 左手?

自分の記憶の中にある右手・左手を動かして、鏡に合わせてみるプロセス~内的な「見まね」(視覚-運動協応貯蔵の活性化・心的操作) どのような形で貯蔵され、利用されるのか

<実験1> 脳機能画像による検討 上記課題進行中の被験者の脳の活動部位を計測
 <実験2> 逆転視実験による検討

左右反転めがねを通して自分の手を見ると右手が左手のように見え、運動情報と矛盾。視空間の現実感の崩壊。

現実感の回復に必要なのは、新しい関係の視覚-運動協応貯蔵を獲得することは?

次世代TV電話のための肌の色素成分に基づく顔色合成(1年間)

千葉大学 工学部 情報画像工学科 助手・深村徳通

TV電話の急速な普及 色素成分に基づく顔色合成法(申請者が既に開発した技術)

インターネットテレビ電話
 普通テレビ電話
 携帯テレビ電話

<研究目的>
 次世代TV電話のために、最も好ましい顔色画像処理法を確立する。

<方法> 合成された顔画像に対して主観評価実験 IEE1394対応のデジタルカメラを用いて撮像を行い、主観と色素の関係を見出す。 リアルタイムの好ましい顔色合成を行う。

<展開>

並列集積化フォトニックデバイスを用いた超高速3次元マイクロイメージング技術(1年間)

東京大学情報理工学系研究科システム情報学専攻 助手・成瀬 誠

【並列集積化フォトニックデバイスを用いた共焦点マイクロイメージング】

- 共焦点システムによる3次元マイクロイメージング
- スマートピクセルを用いた画像並列演算による超高速画像処理
- 高効率レーザープロブの並列化
- 並列集積化の制御・同期制御
- 高速3次元マイクロイメージング
- 超高速3次元マイクロイメージングの処理結果を用いて対象を即時制御

従来のレーザ駆動型共焦点分解能のボトルネックを根拠から解消
 ・超高速処理による即時対応能力

高速に運動する対象の動態や生命現象・化学反応の過渡状態を長時間観測・制御

3次元的に運動・変化する生体組織等に関する動態など、医学・生物学等における新しい知見
 ・観測対象の状態に応じた適応的即時処理

通信時間遅れの力覚表示による力覚フィードバック遠隔操作手法に関する研究(1年間)

香川大学 工学部 知能機械システム工学科 助教授・能見 公博

通信時間遅れ
 ばね要素等による力覚表示

アーム手先発生力 力覚フィードバック
 コマンド テレメトリ

宇宙ロボット搭載系(リモートサイト)
 操作者の触覚による操作反力認識
 ・通信時間遅れ
 ・アーム手先発生力
 ⇒ 力覚フィードバックによる操作性向上

21世紀情報携帯端末ディスプレイ(1年間)

九州大学 大学院システム情報科学研究科 電子デバイス工学部門 助教授 服部 勲治

【新構造電気泳動ディスプレイ】
 従来: 高反射率と高コントラストの両立困難
 本研究: ペーパーホトイト以上の反射率とグラフィック相当の高コントラストをもつ反射型ディスプレイ

液晶に代わる理想的なモバイルディスプレイ

【達成目標】携帯電話用パネルの試作
 反射率90%以上、コントラスト比20以上、32×48ドット、対角1inch、薄さ2mm以下、白黒キャラクタ表示、応答速度30msec以下

【解決すべき課題】
 マイクロレンズアレイの作製
 分散粒子の最適化
 専用ドライバー回路の開発

電気泳動表示装置 特許-特願平11-257269

高反射率高コントラスト電気泳動ディスプレイの開発

時空間コヒーレンスゲートによる生体内情報のアダプティブイメージング(1年間)

徳島大学 工学部 講師 早崎 秀夫

本研究は生体をはじめとする散乱体の内部構造可視化技術に応用した情報装置の開発を目的とする。

低空間コヒーレンス光源
 高空間コヒーレンス光源
 ビエータランスレーザ
 高速CCDカメラ
 空間光変調素子

- 高速なデータ取得
 デジタルホログラフィ技術と高速なカメラで時間的及び空間的に画像取得速度を向上する。
- 低空間コヒーレンスを用いた空間分解能の向上
 散乱光成分の干渉への害を低減する。
- 波面補償技術による表面形状の補正
 空間光変調素子を用いて物体表面における光波の乱れを補正する。
- 定量的な装置性能の定量的評価
 サンプルにデジタルデータを用いて、取得データのエラーレートで装置性能を評価する。

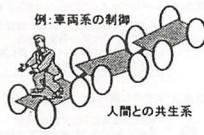
曲表面を有する散乱体中のデジタルデータ

平成 13 年度研究助成課題の紹介

正準変換に基づく機械システムの制御(1年間)
 京都大学大学院 情報学研究所
 助手 藤本 健治

【機械システム】
 従来：純粋な機械のみ(制御則も限定)
 本提案：機械・電気・人間などの受動要素
 正準変換を用いると...
 ⇒機械系の特性(受動性)を保存
 ⇒物理システムの特性を生かす
 ⇒よりロバストで頑健な制御系
 ⇒時変・出力フィードバックが可能

例：車両系の制御



人間との共生系

【幅広い応用範囲】
 柔軟な機械システム：ロボットマニピュレータなど
 拘束を持つ機械システム：車両系、船舶、人工衛星など
 機械と電気との融合系：メカトロニクス系、通信網でつながれた機械システムなど
 機械と人間の共生系：オペレータが介在するシステムなど

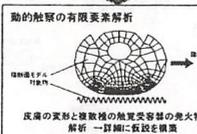
機械システムの特徴を生かしたロバストで人にやさしい制御

錯覚によるテクスチャの誤認知を利用した触覚ディスプレイの研究(1年間)
 慶應義塾大学理工学部
 助教授・前野 隆司

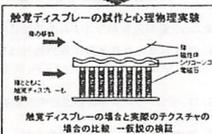
人の触覚をだまして「つるつる」「ざらざら」などのテクスチャを表示できないか？

仮説：波長・相速度の異なる複数の進行波を重畳して表示すれば、波長の短い刺激でも、触覚受容器に、実際のテクスチャを触ったときと同様な発火を生じさせるのでは？

動的触覚の有限要素解析



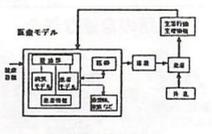
触覚ディスプレイの試作と心理物理実験



結果：
 ヒト指腹部の触覚誤認知特性の解明と
 誤認知を利用した触覚表示法・触覚ディスプレイの提案

遠隔健康管理を支援する情報システムの構築(1年間)
 熊本電気工業高等専門学校 電子制御工学科
 助教授 松本 勉

【遠隔健康支援システム】
 システム論的アプローチによる構築
 ・医療のモデリング
 医師をコントローラ、患者を制御対象
 タスクや情報の分析
 ・システムの設計方法論



【検証のためのソフトウェア開発】
 ・生活行動・生理情報をオンラインで取得
 ・生活行動変化・病態変化の判定
 ・メッセージを医師や家族に送る

【ポイント】
 ・人間を系を含むマルチレートフィードバック制御構造のシステム構築
 ・独居老人の生活行動、生理情報、薬の服用状況をオンラインで取得
 ・日常性行動か否かの判定(異常の発見)

フェムト秒2色パルス光を用いた時間分解旋光分散測定法の開発と血糖測定への応用(1年間)
 大阪大学大学院 基礎工学研究科 システム人間系専攻
 助手 安井 武史

光学的血糖測定 (探血による苦痛の解消、連続、リアルタイム、高感度)

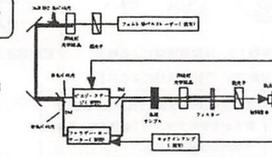
従来の方法
 グルコース濃度による 血糖中微粒粒子による
 変化量が微小 光散乱

超高速時間分解光計測
 一測定依存大 一散乱光除去

融合化

フェムト秒2色パルス光の利用
 旋光分散測定のための偏光制御・ファラデーローターが必要
 散乱光除去のための時間遅延制御・ビニルステージが必要

超高速時間分解旋光分散測定を用いた高感度血糖測定法の開発

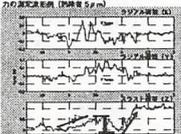


情報機器の超精密組立作業における熟練技術者の情報抽出とモデル化(1年間)
 東海大学 工学部 精密工学科
 助教授 山本 佳男

【熟練を要する超精密組立作業のモデル化】
 従来：異なる接触状態の連鎖として作業を推定
 ・公差が微小のとき接触状態の判定が困難
 ・接触状態の記述が離散的で途中で不明確
 本研究：従来研究より2桁以上小さい公差を対象とする。接触状態ではなく、対象物の動きと作業に伴い発生する物理情報からモデルを構築



【熟練者の作業データ収集と非熟練者との比較】
 力覚情報に要求される分解能
 力成分=0.01N、モーメント=0.0005Nm
 ・高分解能多軸モーメントセンサの開発
 多数の被験者から大量データを連続計測
 ・データロガー：計測の効率化・自動化



物理情報に基づく熟練組立作業計測システムの開発と非熟練者の比較実験を通じた作業のモデリング

財団法人 立石科学技術振興財団 平成 14 年度 助成候補募集案内

(財)立石科学技術振興財団においては、下記の通り平成 14 年度の研究助成及び国際交流助成の候補募集を行っておりますので、お知らせいたします。

記

(1) 助成対象

助成金の交付対象は、次に掲げるものとします。

① 研究助成

エレクトロニクス及び情報工学の分野で、人間と機械の調和を促進するための研究活動

② 国際交流助成（派遣と招聘）

エレクトロニクス及び情報工学の分野で、人間と機械の調和を促進するための研究活動を行う研究者の海外派遣または招聘

「人間と機械の調和を促進する」とは、人間重視の視点に立った科学技術の健全な発展に寄与したい、という願いからきているものです。上記の範囲で、科学技術を人間にとって最適なものとするための、若手研究者による萌芽的な基礎研究活動も歓迎します。

(2) 金額及び件数

① 研究助成金		1 件 250 万円以下	20 件以下
② 国際交流助成金（派遣と招聘）	派遣	1 件 40 万円以下	合計 10 件程度
	特別招聘	1 件 50 万円以下	
	一般招聘	1 件 30 万円以下	

(3) 応募資格

- ① 研究者であれば、個人またはグループを問いません。
- ② 類似内容で他の財団等から既に助成を受けているか、または受ける予定になっている個人またはグループは、ご遠慮下さい。

(4) 募集期間

平成 13 年 9 月 1 日～平成 13 年 10 月 31 日（郵便局消印有効）

当財団の所定様式（ホームページからもダウンロード可）に記入して応募して下さい。

(5) 助成金交付の時期

平成 14 年 5 月の予定（選考委員会と理事会で決定後）

(6) 申請書類請求* 及び問い合わせ先

* なるべくホームページからのダウンロードをご利用下さい。

〒616-8236 京都市右京区鳴滝春木町 5 番地 20

財団法人 立石科学技術振興財団 事務局

TEL (075) 461-4771 FAX (075) 465-3697

E-mail tateisi-f@omron.com

募集要項、申請書類に関しては当財団ホームページをご覧ください。

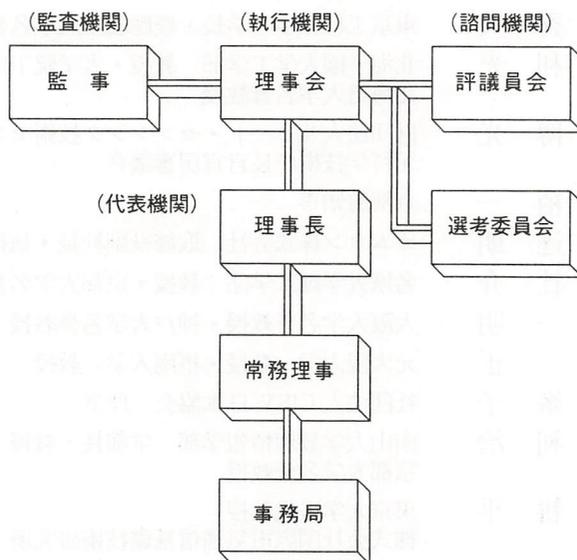
URL <http://www.tateisi-f.org/>

■ 財団の概要

■ 役員・評議員

財 団 の 概 要

- 名 称 財団法人 立石科学技術振興財団
(英文名 Tateisi Science and Technology Foundation)
- 所 在 地 〒 616-8236 京都市右京区鳴滝春木町 5 番地 20
TEL. (075) 461-4771 FAX. (075) 465-3697
URL. <http://www.tateisi-f.org/> E-mail. tateisi-f@omron.com.
- 理 事 長 立石 信雄
- 設立年月日 1990年3月6日
- 目 的 エレクトロニクス及び情報工学の分野で、人間と機械の調和を促進する研究及び国際交流に対し助成を行い、技術革新と人間重視の両面から真に最適な社会環境の実現に寄与することを目的とする。
- 事業内容
 1. エレクトロニクス及び情報工学の分野で、人間と機械の調和を促進するための研究に対する助成。(研究費助成 20 件以下 / 年, 250 万円以下 / 件)
 2. エレクトロニクス及び情報工学の分野で、人間と機械の調和を促進するための国際交流に対する助成。
(研究者の海外派遣及び外国人研究者の招聘, 助成 10 件程度 / 年, 50 万円以下 / 件)
 3. エレクトロニクス及び情報工学の分野で、人間と機械の調和を促進するための研究成果の普及。(助成した研究結果を年間 1 回発行)
 4. その他、本財団の目的を達成するために必要な事業。
- 基本財産 現金 11 億円 株式 1 億 3,125 万円 (額面)
- 財団の組織



役員・評議員

(2001-9-1 現在)

役員

理事長	立石 信雄	オムロン株式会社 取締役会長
常務理事	小野田 裕一	オムロン株式会社 参与
理事	伊夫伎 一雄	株式会社東京三菱銀行 相談役
理事	大澤 弘之	財団法人リモート・センシング技術センター 理事長 元科学技術庁事務次官
理事	大野 豊	関西 TLO 株式会社 取締役社長 京都大学名誉教授
理事	熊谷 信昭	大阪大学名誉教授
理事	黒田 眞	元通商産業審議官
理事	立石 義雄	オムロン株式会社 取締役社長
理事	棚橋 祐治	石油資源開発株式会社 取締役社長 元通商産業事務次官
理事	長尾 眞	京都大学 総長
理事	森川 敏雄	株式会社三井住友銀行 相談役
理事	諸井 虔	太平洋セメント株式会社 相談役
監事	辻 敢	公認会計士
監事	戸倉 晴美	弁護士

評議員

評議員	相澤 益男	東京工業大学 副学長
評議員	相磯 秀夫	東京工科大学 学長・慶應義塾大学名誉教授
評議員	朝倉 利光	北海学園大学工学部 教授・大学院工学研究科長 北海道大学名誉教授
評議員	雨村 博光	財団法人リモート・センシング技術センター 専務理事 元科学技術庁長官官房審議官
評議員	荒卷 禎一	京都府知事
評議員	市原 達朗	オムロン株式会社 取締役副社長・執行役員副社長
評議員	岩井 壮介	名城大学理工学部 教授・京都大学名誉教授
評議員	岩田 一明	大阪大学名誉教授・神戸大学名誉教授
評議員	末田 正	元大阪大学 教授・摂南大学 教授
評議員	立石 峯子	社団法人 CISV 日本協会 理事
評議員	長谷川 利治	南山大学教理情報学部 学部長・教授 京都大学名誉教授
評議員	葉原 耕平	東京大学客員教授 株式会社国際電気通信基礎技術研究所 顧問

(50 音順)

編集後記

21世紀に入り、当財団の助成研究成果集もお蔭様で第10号を数えるに至りました。

本助成研究成果集は、前年度発行の第9号でB5版からA4版に刷新していますので、基本的には前年の編集方針を引き継ぎ、主として第10回（平成11年度）と第11回（平成12年度）に研究助成いたしました研究課題の中で、研究計画の終了した研究成果報告を収録しています。また、国際交流助成（派遣、招聘）につきましては第11回（平成12年度）に助成いたしました成果報告の抄録を収録しております。

ご寄稿いただきました辻監事様、投稿文をお寄せいただきました京都大学大学院松重教授、岡山大学吉川講師、事務局取材に快く応じていただきました静岡大学海老澤助教授の各位をはじめ編集にご協力いただいた研究者の皆様や関係各位に紙面をお借りして御礼申し上げます。

本助成研究成果集は、当財団の助成研究成果普及事業の一環として毎年秋に継続発行し、助成研究者の皆様、国立国会図書館、全国主要大学・研究機関ならびに同図書館等400ヶ所に拝送させていただいております。

今年5月に、事務局長が渡辺から加藤に交代いたしました。以後よろしく願いいたします。本誌に関する皆様のご意見、ご感想などお待ちしております。

（財）立石科学技術振興財団 事務局

