

令和 2 年 6 月 12 日現在

機関番号：23201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2015～2019

課題番号：15K01472

研究課題名（和文）高次脳機能障がい者を対象とした危険運転行動の検出手法

研究課題名（英文）Detection method of unsafe driving for cognitive disfunction patient

研究代表者

鳥山 朋二（Toriyama, Tomoji）

富山県立大学・工学部・教授

研究者番号：00418518

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：高次脳機能障がい者の自動車運転行動の中から、危険度の高いものを検出する手法の確立および、その運転行動が表出する運転環境条件の明確化を目的とした研究である。小型無線加速度・角速度センサをベースとした運転動作取得システムを構築し、センサを装着した高次脳機能障がい群と健常者群による、実車を用いた運転実験により運転行動を取得した。実験結果の分析から仮説として得られた高次脳機能障がい者に特徴的な不安全運転の表出条件を運転教習施設内および、公道上に設計した運転評価コースにフィードバックして実験を繰り返し、得られた結果よりセンサ値によって高次脳機能障がい者の非安全運転行動が判定できることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高次脳機能障がいとは、様々な疾患が元となって注意障がいや記憶障がいなどの症状が引き起こされた状態像であり、それらは治療によって回復が見込まれるものの、程度によっては自動車の運転に支障をきたす恐れがある。道交法上、運転に問題がある場合には公安委員会による運転可否判断が行われるが、誤判断が非安全運転の発現や社会参画機会の喪失を招く可能性があり、統一した見解に至っていない。本研究の目的は、高次脳機能障がい原因となつて生じる、非安全運転行動の検出手法の確立である。患者の非安全な運転動作が表出する運転条件および、それらを取得するための手段を明らかにすることで、運転可否判断を的確に行うことが可能となる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research is to establish a method to detect unsafe driving behavior of cognitive disfunction drivers and to clarify the environmental conditions on driving which may arise unsafe driving behaviors. In this research, driving behavior capturing system was deployed based on small wireless acceleration and angle velocity sensors, and the experiments by the group of people with/without cognitive disfunction using real car were conducted to acquire the data of each driving behaviors. As a result of driving video analysis, the hypothesis of the environmental conditions on driving that may lead the driving behaviors specific for the cognitive disfunction patients was established. The experiments were repeated on the evaluation courses which are designed at the facilities of driving education center and at the public road reflecting the feedback derived from those hypotheses. It was clarified that unsafe driving behaviors can be judged using our sensor system.

研究分野：リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：高次脳機能障がい 非安全運転 運転行動検出

1. 研究開始当初の背景

(1) 脳卒中や脳腫瘍、頭部外傷などにより、表1に示すような精神症状・行動異常などを呈するようになった状態を高次脳機能障がいと呼ぶ。この症状は治療によって回復が見込まれるが、その治療過程においては障がいの程度によって、車の運転に危険が伴うことがある。道路交通法では、多少なりとも認知・判断・操作のいずれかに問題が生じる場合には、必要に応じて病院にて診断書を作成し、それを踏まえて公安委員会（運転免許センタ）にて臨時適性検査を実施し、運転の可否判断を行うと定めている。しかしこれは、身体機能障がいや認知症などのように比較的運転可否判断が容易な場合の対応整備であり、高次脳機能障がいのように認知・精神機能の障がいに対しては、障がいの程度と障がい運転に及ぼす影響について統一した見解がなく、運転の可否判断が的確に行えないという問題がある。病院にて作成される診断書は医師の立場から運転能力についての意見を述べる書式になっているが、運転可否の判断ガイドラインが未整備な現状においては、医師としても根拠ある判断が困難であるため、運転が不適正な患者に対して適正と誤判断して事故を起こしてしまう危険性や、逆に運転が適正な患者に対して不適正と誤判断して患者の社会参加機会を減らしてしまう危険性を考慮すると、運転適性の判断に二の足を踏むことになるのが現状である。このような状況下で、医療現場では認知機能の検査として用いられる神経心理学検査の結果や、運転シミュレータを利用した模擬運転から得られるアクセル・ブレーキ踏みかえ操作、ハンドル操作、視覚指標に対する反応時間等を参考にすることなどの方法がとられている。しかし、神経心理学検査は実際の自動車運転能力との関係について不明な部分が多くまた、運転シミュレータは車の挙動に影響するデバイスの操作に関わるデータは取得できるものの、車の挙動を伴わない安全確認動作や判断迷い動作などを直接取得することは困難であったり、視覚と体感に矛盾が生じることによる判断遅れが生じたりしやすいなどの問題がある。

表1 高次脳機能障がいの主症状

症状	概要
遂行機能障がい	計画的に物事が実行できなくなる
注意障がい	様々なものを見落とす。集中力が維持できなくなる
半側空間無視	片側の物が視認できなくなる
社会的行動の障がい	感情制御できなくなったり、相手を思いやれなくなったりする
病態失認	自らの問題を自らの問題と認識できなくなる
失語症	文字の読み書きができなくなる
失認症	物や人の形がわからなくなる
記憶障がい	よく忘れる。記憶できなくなる。
地誌的見当識障がい	良く知っている場所がわからなくなる

(2) 研究代表者らは本課題研究開始前までに多くの人間行動の取得分析技術の研究開発を行っており、この技術をベースに健常者向けの運転技能評価システムを開発し、それを用いて、リハビリテーション病院、及び運転免許センタと共同でこの問題の解決に向けた研究に取り組んでいた。その手法は、高次脳機能障がい患者や健常者にセンサを装着して実車を用いた運転動作取得実験を実施し、患者、健常者のセンサデータ、及び運転行動映像を取得し、患者群と健常者群で危険運転行動の発生差異を検出するものである。これらの実験を通して、ある特定の運転条件において患者の特定の危険運転行動発生頻度と健常者群のそれの間に有意な差を確認した研究業績や、共同研究先医療機関における「高次脳機能障がい者運転再開判断プログラム」で運転可能と判断された患者を対象とした運転実験において、その患者に残存する危険運転行動を検出した研究業績などをあげ、現在医療現場で使用している運転可否判断基準に改善の余地があることを明らかにするとともに、装着型のセンサを用いて実車の運転動作を取得することによって、患者に見られる一部の危険運転行動を検出できることを明らかにしていた。

(3) 構築した運転行動検出システムでは、取得情報が限られていること、および実験被験者数が少ないことから、高次脳機能障がい患者の危険運転行動については、その一部しか明らかにできていないと考えられた。より多くの情報を取得可能なセンシング機能をシステムに追加し、より多様な運転環境条件で運転実験を実施することにより、さらに多くの危険運転行動を検出できる可能性および、個々の患者の症状と危険運転行動の関係を明確化できる可能性があると考えられた。

2. 研究の目的

研究開始前に実施した実験では、健常者の運転行動検出を目的として開発したシステムを使用したものがベースにしているという問題があった。また、自動車運転教習所のコースに設置した運転コースでしか実験を実施しておらず、より実際の環境条件での実験が必要であった。これらの問題を考慮して、以下の3点を研究の目的とした

(1) 新たなセンサを追加することによる、高次脳機能障がい患者に多く見られる危険運転行動を取得可能なシステム構成の明確化

(2) 患者の危険運転行動を再現するための、危険運転行動と実際的に起こり得る危険運転表出(環境)条件の関係の明確化

(3) 医療従事者が症状に合わせて適性判定を行なうための、患者の症例の種類、程度と表出する危険運転行動の関係明確化

3. 研究の方法

- (1) 高次脳機能障がい患者に多く見られる危険運転行動を取得できるシステム構成について
- ① 研究開始前に構築したシステムで主として使用していた小型無線加速度・角速度センサ(図1)の取り付け箇所(頭部, 足先部)を増やすことで対応可能である部分が多いことが実験ビデオ分析の結果から予想されていた. そのため, その取り付け箇所を追加し, 新たに, 腕部, 胸部にも装着することとする(図2)
 - ② 同センサを用いて, 車両の操作情報を取得するため, ウィンカーおよび, ハンドルにも装着することとする



図1

加速度・角速度センサ



図2 センサ取付位置

- ③ 運転時の加力行為を取得する方法として, 筋電位のセンシング手段を組み入れる
- ④ 人間の心理的変化に伴って生じる危険運転行動を分析対象とするため, 瞬目などの生体反応の取得手段として, EOG(Electro-OculogGaphy)法を用いた電位センサ(図3)をシステムに組み入れる
- ⑤ これまでのシステムでは安全確認を行う方向を頭部の動きでしか推定していなかったが, 対象物がはっきりした安全確認行為では目の動きをとらえることが必要であることが予想されたため, アイトラッキングなどのセンサを評価し, システムに組み入れる
- ⑥ ビデオ分析を実施するため, 運転者の運転挙動を車両に取り付けたビデオカメラで4方向から撮影する(図4)

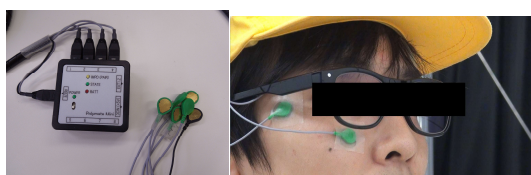


図3 EOG 電位センサ

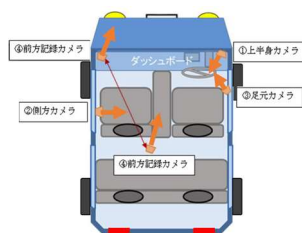


図4 車内ビデオ位置

(2) 運転者に対する運転環境条件として, 大きく教習所などの施設を利用した模擬環境と, 公道を利用した実際環境が考えられる. 前者は運転者に対する条件を制御しやすいが, 実際の環境とは異なるという特徴があり, 後者の公道を用いる方法はそれとは反対の属性を有する. 本研究では理想的な運転環境条件下での実験実施のために前者のコースを作成し, そのコース上での実験を実施した上で必要なコースを公道上に作成する. それぞれのコースでは危険運転が生じる要因の仮説を立案し, それに基づいてそれらの要因をコース上に実現し, その上で高次脳機能障がい患者群と健常者群に対して実験を実施する. また, それぞれの運転コースの設計にあたっては, 共同研究契約を締結している病院の医師, 及び県警察本部運転教育センタの運転技能指導員の協力の元に研究代表者が実施する. また, 実験は運転教習に用いるブレーキ付きの車両を使用し, 実験実施時には運転教習指導員の資格を持つ者が, 必要に応じてブレーキ操作できるように助手席に着席する. また, 患者の不安を取り除くため, 万一の場合の対応・処置を可能とするため, 後部座席には担当看護師や作業療法士など, 患者を担当する病院関係者を同席させる.

(3) 実験に参加頂く被験者は, 共同研究関係にある病院をはじめとした複数の病院に入院・通院する患者で, 当該病院の医師がその病院における運転可否判断基準で, (歩行者と他車が不在の) 教習所施設コース, および公道上に設計したコースで運転が可能であると判断された者に限

定する。また、それぞれの病院および本学の倫理審査委員会で承認された手順に従って、本人の実験参加同意を得たうえで選出する。このような被験者選出プロセスを踏むため、担当医師は被験者である患者の症状を熟知している。その医師に対して実験結果を情報として提供することで、医師は患者の症状やその程度と、運転中に表出する危険運転行動との関係を明確化できると考えられる。

4. 研究成果

(1) 視線の動きをとらえる方法として、その装着性、精度の観点から表2に示す5種類の方法を実験に使用し評価した。実験の結果、極めて限定的な実験を除き、10分以上のコースや公道を走行する実験においては、有線センサの装着感の悪さは、主観評価結果に如実に表れており、評価の品質が統制できないレベルであると判断した。また、Bは生体電位センサが眼鏡に内蔵されたタイプであり、精度の問題で視線の推定用途には適さないものの、運転条件によって生じる夕方の直射日光や雪などによる光の反射に対して強いという特性から、瞬目の測定などではアイトラッカーよりも高精度な検出が行えることが確認できた。D、Eは赤外線等の角膜・強膜反射像と瞳孔や虹彩などの位置を画像から抽出することで視線方向を推定するアイトラッカーであり、高い視線推定精度が確認できたものの、Eは頭部に固定する特殊な装着具を必要とするため、長時間の運転では使用できず、今回の実験条件においては視線推定方法としてDの眼鏡タイプが最も適していると判断した。

表2 瞬目・視線取得手法

	A	B	B	D	E
方式	EOG		映像	赤外等	
形状	電極貼付	眼鏡			特殊
接続	有線	無線	有線	局所有線	有線



図5 眼鏡タイプ EOG センサ



図6 眼鏡型アイトラッカー

(2) 実運転教育センターや運転教習所、および公道に運転実験コースを設計し、研究の方法(1)で示したセンサを装着して実験を実施した。ビデオ解析の結果、健常者と高次脳機能障がい者が運転行動に差があるという仮説が複数立案され、それらの運転行動がより顕著に生じるように上記コースの修正を実施し(図7, 8)、実験によって取得した結果を健常者と高次脳機能障がい者で比較した。以下にそれらについて述べる。ただし、本課題研究においては、公道実験の実施中に被験者の提供が急に停滞したことを受け、研究期間を延長して実験実施の拡充に努めたが十分なサンプルを得ることができなかった。そのため、公道実験結果の分析においては統計的な根拠がある結果を導き出せていない。

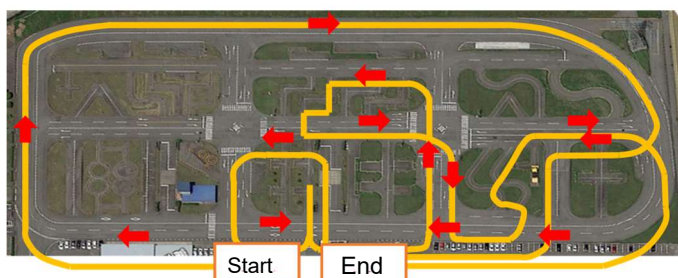


図7 教習所内コース例



図8 公道コース例

- ① 減速傾向：運転教育施設内コース実験において、高速走行から停止状態に向けての減速を実施し、その過程で生じる再加速の発生有無についてセンサ値に基づいて評価したところ、高次脳機能障がい者群と健常者群に差があることを確認した。
[$\chi^2(1, N=25)=6.32, p<.05$]
- ② 車線変更時の後方確認タイミング：運転教育施設内コース実験において、障害物回避のための車線変更時のハンドル操作タイミングと後方安全確認タイミングを

比較し、安全確認後にハンドル操作を実施したと判定された場合について、高次脳機能障がい者群と健常者群に差があることを確認した。 [$\chi^2(1, N=25)=5.34, p<.05$]

- ③ 車庫入れ時の安全確認行為：運転教育施設内コース実験において、車庫入れ時に実施する安全確認の方向と頻度に差があることを検出した（図9）。その後の分析で、確認方法（ミラー経由、直視）の違いがその原因となっている可能性が示唆された。

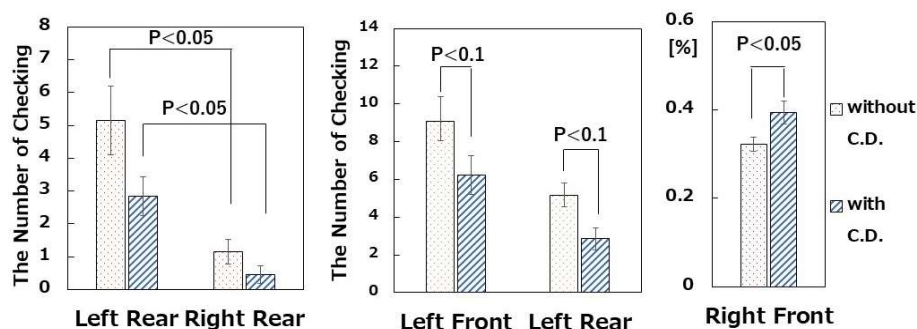


図9 車庫入れ時の安全確認方向、頻度

- ④ 交差点にける安全確認行動：運転教育施設教習コース内に様々な種類、道幅、侵入路と退出路の関係を組み合わせた交差点を設計し、運転指導員による全交差点での安全確認行動の有無判定を実施したところ、高次脳機能障がい者と健常者の安全確認回数に差を検出した [$t(25)=1.86, p<.05$]。また、左折時の左方向確認角度を30度近傍に設定して識別することにより、高次脳機能障がい者と健常者に差が生じることを明らかにした [$\chi^2(1, N=305)=9.97, p<.01$]。
- ⑤ 車両すれ違い時の心的変化：瞬目は随意性、反射性、自発性のものに分類できる。これらのうち自発性の瞬目については心理的な要因と深い関係があるとされ、集中力を要する状況では減少し、不安や興奮状態では増加することが知られている。運転中の瞬目頻度をEOGにより測定し、いくつかの運転環境下における高次脳機能障がい者の危険運転行動について評価を実施した。EOGを用いることで、高精度に瞬目が検出可能であること、および検出された瞬目は車両すれ違いなどの運転条件下で有意に発生することは確認できたものの、その発生確率は高次脳機能障がい者に有意に多いという結果には至らなかった。
- ⑥ ハンドルへの加力：運転中の車両操作動作として、ハンドルの回転限界以上の加力、および狭小路交差点進入時に飛び出し等への対応と思われる身構え動作として、ハンドルを強く握るなどの行為が運転映像分析で散見された。そこで、前腕部点の筋電位を取得することによるこれらの操作の検出、および健常者と高次脳機能障がい者の比較を実施した。その結果、前腕の筋電位変化によって、これらの操作は高精度に検出可能であることを確認した。しかし、これらの行為の実施は個人によるばらつきが多く、それらの実施率は高次脳機能障がい者に有意に多いという結果には至らなかった。

(3) 患者の症状・程度と危険運転行動との関係の明確化

運転行動の差異を統計的に検出できた項目について、症例との関係付けを行うことを目的に担当医療関係者に提供するとともに医療系の学会で発表した。運転行動と症例を比較した例はこのような学会でも多くなされているが、センサで取得した客観的データを伴うものはさほど多くなく、発表後に様々な問い合わせを受けた。バリエーションが大きいため、対応付けにはより多くの事例が求められるが、その一助となりうる研究成果を提供できた。

(4) 公道対応版運転環境情報取得システムの構築

運転教習施設内の実験コースでは、運転手の挙動や窓から見える周囲状況を取得する4台のビデオ映像と、各種センサから出力される波形データを可視化して時間同期表示するシステムを作成して用いた。公道コースにおける運転行動は、歩行者や他車など、周囲の環境状況に大きく影響をされる可能性が高く、実験でもその様子が確認されたため、車両頂上部に360度カメラ（図10）を設置し、運転行動分析システム表示できるように機能の拡張（図11）を実施した。



図10 車両周囲情報撮影カメラ



図11 運転行動分析表示例

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 T. Yamamoto, M. Nakamura, A. Urashima, T. Toriyama	4. 巻 1-1
2. 論文標題 A Study of Deceleration Behavior for Cognitive Dysfunction Drivers on Public Road	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Control, Automation and Robotics (JACAR)	6. 最初と最後の頁 44-46
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計18件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Toriyama, Akira Urashima
2. 発表標題 Detection of Safety Checking Actions at Intersections Significant for Patients with Cognitive Dysfunction
3. 学会等名 The Thirteenth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鳥山 朋二、浦島 智
2. 発表標題 安全運転指導員視点での高次脳機能障がい者の運転適性評価に関する検討
3. 学会等名 第4回安全運転・医療研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toriyama, Akira Urashima
2. 発表標題 Detection of Checking Action on Parking Significant for Cognitive Dysfunction Patients
3. 学会等名 HCI International 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金田大聖・鳥山朋二・浦島 智
2. 発表標題 高次脳機能障がい者の運転時視線運動特性検出手法
3. 学会等名 第17回情報科学技術フォーラム - 情報処理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本誠弥・浦島智・鳥山朋二
2. 発表標題 運転時の安全確認行動に対する分析支援システムの開発
3. 学会等名 平成30年度 電気関係学会北陸支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本誠弥, 浦島 智, 鳥山朋二
2. 発表標題 運転時の安全確認行動に対する分析支援システムの開発
3. 学会等名 2018年電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金田大聖, 鳥山朋二, 浦島 智
2. 発表標題 加速度センサを用いた高次脳機能障がい者の危険運転行動検出
3. 学会等名 2018年電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大槻悦求, 浦島智, 鳥山朋二
2. 発表標題 加速度・角速度・EOGを用いた運転時における安全確認時の視線方向計測手法の検討
3. 学会等名 平成28年度電気関係学会北陸支部連合大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 大槻悦求, 浦島智, 鳥山朋二
2. 発表標題 高次脳機能障がい者の運転状態取得のための瞬目頻度計測
3. 学会等名 電子情報通信学会2017年総合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松岡修平, 鳥山朋二, 浦島 智
2. 発表標題 高次脳機能障がい者の運転行動特性の検出
3. 学会等名 電子情報通信学会2017年総合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tomoji Toriyama, Satoshi Yoshikuni, Akira Urashima
2. 発表標題 Detection system of unsafe driving significant for cognitive dysfunction patients
3. 学会等名 HCI International 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Akira URASHIMA, Yoshiki OTSUKI, Tomoji TORIYAMA
2. 発表標題 Measurement of Eyeblink Frequency Variation for Cognitive Dysfunction Patients' Safe Driving Skill Evaluation
3. 学会等名 HCI International 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中村正樹・中村円香・浦島智・唐山英明・鳥山朋二
2. 発表標題 高次脳機能障がい者向け運転技能評価のための表面筋電図による前腕筋活動量の分析
3. 学会等名 電子情報通信学会2015年総合大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 稲場美央・鳥山朋二・中村正樹・浦島智
2. 発表標題 自動車運転時の安全確認動作取得に関する研究
3. 学会等名 北陸地区学生による研究発表会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 森隆晴・中村正樹・浦島智・鳥山朋二
2. 発表標題 装着型センサを用いた公道での自動車ペダル操作検出手法
3. 学会等名 北陸地区学生による研究発表会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 大槻悦求・浦島智・中村正樹・鳥山朋二
2. 発表標題 運転者・車載センサを用いた障害物回避動作の可視化
3. 学会等名 北陸地区学生による研究発表会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 吉国勲，浦島智，鳥山朋二
2. 発表標題 運転技能評価コースにおける高次脳機能障がい者の危険運転行動検出
3. 学会等名 北陸地区学生による研究発表会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 中村円香・中村正樹・浦島智・唐山英明・鳥山朋二
2. 発表標題 高次脳機能障がい者向け運転適性評価のための筋電図による前腕筋活動量の分析
3. 学会等名 北陸地区学生による研究発表会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	浦島 智 (Urashima Akira) (20315831)	富山県立大学・工学部・講師 (23201)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	馬田 一郎 (Umata Ichirou) (40374110)	国立研究開発法人情報通信研究機構・ユニバーサルコミュニ ケーション研究所多感覚・評価研究室・研究員 (82636)	