

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 10 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500643

研究課題名(和文) 地域高齢者の健康・安全を支える生活能力バーチャル評価システムの開発と検証

研究課題名(英文) Virtual reality-based ADL/IADL assessment system to support community-dwelling elderly people's healthy and safety life: development and verification

研究代表者

二木 淑子 (FUTAKI, TOSHIKO)

京都大学・医学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：40300074

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では地域在住高齢者の日常生活能力を、簡便で客観的に評価することを可能にした。高齢者にとって意味のある作業は「人間関係」と関連があり、家事活動など役割に関わるものであることがわかった。これを応用して検査用の動作課題を設定し、動作遂行中にMicrosoft Kinect for Windowsを用いて得たデータから新たな評価指標を開発した。次に、本指標と既存の身体・認知機能評価、ADL評価、観察評価との関連を明らかにした。さらに、模擬的な日常場面で高次脳機能障害を評価する難易度可変式Virtual Shopping Testを開発した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to develop an assessment system for activities of daily living (ADL)/ instrumental activities of daily living (IADL) ability in community-dwelling elderly people simply and objectively. It was revealed that their Meaningful Occupations had relation to 'human relations' and were the activities connected with their roles (e.g. household affairs). We used this knowledge to adopt ADL testing tasks and developed new indexes based on the data using a Microsoft Kinect for Windows during the task performance, then revealed the relationships between these indexes and conventional evaluations (physical/cognitive functions, ADL ability, observation scores). We also developed a daily cognitive assessment system: Virtual Shopping Test with variable task difficulties.

研究分野：作業療法学

キーワード：医療・福祉 健康 高齢者 バーチャル 地域 日常生活動作 評価システム リハビリテーション

1 . 研究開始当初の背景

高齢化が進むわが国では、地域で介護予防への取り組みが推進され、高齢者が介護や支援を受けずに自立した生活を長く営むことが目標とされている。高齢者の健康で安心な在宅生活をなるべく長く維持していくことは大きな社会的課題であるが、独居世帯、あるいは高齢世帯に予防的支援を導入する適正時期の判断はかなり複雑である。徐々に低下する機能や転倒、軽微な病気などをきっかけに移動、身の回り動作、家事能力等の日常生活活動(ADL)、手段的日常生活活動(IADL)の遂行能力が低下する。また、心理的不安から危険を伴う活動について自制し、活動性はさらに減少する。そこでその実態を捉え、日常生活上の安全性を適切・簡便に評価したり、訓練したりする技術が求められている。

本研究では、上記に関わる地域在住高齢者の現状を調べ、健康・安全を支えるための評価システムの開発に取り組んだ。また、日常生活場面に即した高次脳機能評価する Virtual Shopping Test を改良の上、高齢者で発症率が高いとされる脳損傷の患者を対象に課題難易度からみた多角的検討を行った。

指標開発における我々の基本的な考え方は、「認知機能あるいは身体機能などに低下があった場合、動作特性にも変化が生じるとの仮説に基づいて、何らかの課題遂行時の動作特性についての健常者から機能低下者までのデータの取得と分析を通じて、スクリーニングに利用できるような指標を開発する」というものであった。高価な機器がなければできない検査では当初の目的に反するため、安価かつ省スペースで動作特性の分析が行える Microsoft Kinect for Windows (Kinect) を用いることとした。

2 . 研究の目的

(1) 地域高齢者にとって意味のある作業および活動自制に関する実態を明らかにする。

(2) 高齢者を対象に異なる特性をもつ日常生活動作課題を遂行中に、Kinect で得た骨格座標に基づく指標と、生活動作の安全性に関わる各種機能との関連を調べ、スクリーニング指標としての妥当性を検討する。

(3) 回復期脳損傷者を対象に、Virtual Shopping Test の難易度の違いによる課題成績、前頭葉の脳血流、主観評価の差異を検討する。

3 . 研究の方法

(1) 地域高齢者にとって意味のある作業および活動自制に関する調査研究

半構成面接法を用いた調査

「意味のある時間の費やし方」の構造的要因を明らかにするため、女性高齢者 19 人(平均 84.1±5.5 歳)を対象に、生活の中で転倒恐怖や安全管理の観点から自制している作業や活動についての半構成面接法を用いて調査し、重要な活動についてデータマイニングにより分析した。

自記式アンケート調査

まず関西・北陸在住の女性高齢者 135 人(平均 75.9±5.9 歳)を対象に、転倒に関して日常生活活動の自己抑制と、身体・認知・心理的機能と社会的関与の関係を明らかにすることを目的として郵送法による自記式アンケート調査を行った。次に関西及び関東・北陸地方の 2 府 3 県に住む 65 歳以上の高齢者 210 人(平均 73.7±7.0 歳)の有効データを分析対象とし、在宅高齢者がリスクを感じる活動と日常生活における動作や能力と生活の質との関連性について解析した。

(2) Kinect を用いた動作能力評価指標の開発

【課題動作の選出】

日常生活動作は、基本的な ADL (食事、排泄、整容、更衣、入浴、および起居・移動) と応用的な IADL (携帯電話使用、家事、買い物、外出、投薬管理、金銭管理など) に分類される。動作評価の対象動作を絞り込むにあたって、先述の研究成果を踏まえ、粗大動作の特性が異なる比較的動作難易度が高い家事動作を優先して選択することとした。動作特性の違いとしては、操作対象物品を持つての上下あるいは左右方向の重心移動が大きいもの、物品操作をしながらの移動・歩行が中心となるもの、立位での物品操作時に左右方向へのリーチ範囲が広く複雑な工程を含むもの、立位での物品操作の左右リーチ範囲が広いが単純で反復的工程のもの、椅子座位で重心移動の要素の少ない巧緻的動作とした。

【スクリーニング指標設定と妥当性検討】

下記の各動作について、Kinect センサを用いてセンサ前にいる被験者のスケルトントラッキングデータを取得し、調べたい機能に応じて設定した課題ごとに、取得された三次元座標の時系列波形データ周波数特性・角度等から、速い動き、ゆっくりした動きなどの特徴が機能レベルに応じてどのように変化するかというような特徴を評価し、動作がどの程度円滑に行われたかを評価する Kinect 指標 (K 値) を探索した。次に、K 値と他の身体・認知機能や ADL 評価との相関、医療リハビリテーション専門職である作業療法士 (OTR) の観察評価との相関を調べた。

紅茶準備課題

高齢者を対象に紅茶課題遂行中に Kinect で得た骨格座標に基づく指標と、生活動作の安全性に関わる各種機能との関連を検討することを目的とした。高齢者 15 名を生活能力低下群と良好群に分け、立位にて前方の机の上に配置された道具を用いて、手順書に従い紅茶を準備するという課題 (紅茶課題) を実施した。課題遂行中の右肘データについて、正面水平方向のパワースペクトル値を算出した。

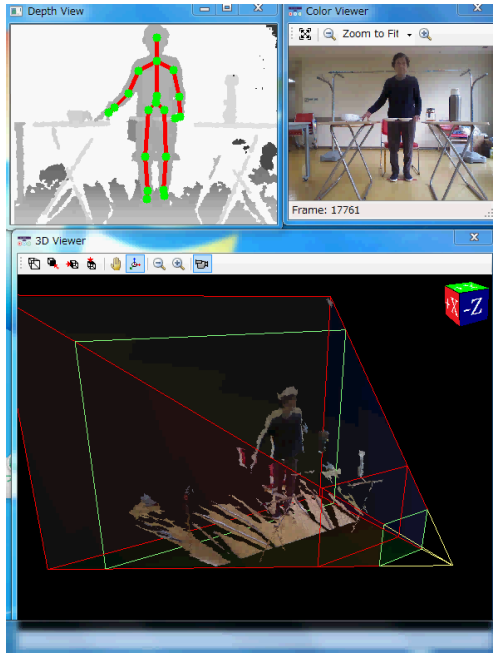


図 1：紅茶課題遂行中に Kinect で収録した画面

物干し課題

対象は健常若年者 15 名 (24.0±3.6 歳)、高齢者 16 名 (80.5±5.1 歳)。被験者には洗濯バサミ 4 個を中央のポケットに挟んだエプロンを臍部に合わせ装着させた。被験者の右横に設置した洗濯物用カゴには水を含ませたハンドタオル 4 枚を準備し、計 4 枚のタオルを干す課題を行った。課題遂行中のデータは Kinect を用いて収録された。Kinect で取得した骨格座標と心身機能評価、観察評価との関連を検討した。

皿洗い課題

対象は高齢者 10 名 (79.2±5.2 歳)。右手でスポンジを持つ、左手で手前の皿を 1 枚取る、皿をスポンジでこすり印を全て消す、皿を裏返して籠に入れる、これを繰り返して皿を 3 枚重ねて置く、スポンジを元の位置に戻すという手順であった。本番課題遂行中のデータは Kinect を用いて収録された。課題遂行中のデータは Kinect を用いて収録された。Kinect で取得した体幹回旋角度、所要時間と心身機能評価、ADL 評価、観察評価との関連を検討した。

スプーン・箸を用いた食事課題

右利きの高齢者 12 名と若年者 13 名を対象に、2 つの模擬的食事動作課題を実施した。スプーンで 150 g の食塩をすくって移動する課題 (スプーン課題)、箸で 10 個の消しゴム片を挟んで移動する課題 (箸課題) である。課題遂行中に Kinect で得たデータより、右手関節垂直方向の位置座標から動作の円滑さのパラメータとして加速度の微分値 (躍度) を算出した。また、所要時間、作業療法士 2

名による観察評価点 (6 項目、5 件法) を採用した。各項について二元配置分散分析 (群×課題) を行った。

(3) Virtual Shopping Test 課題の難易度による課題成績、脳血流、主観評価の比較研究
回復期の脳損傷患者と健常者を対象にバーチャルリアリティ商店街での買い物課題 (Virtual Shopping Test : VST) を 3 段階の難易度で行ない、各課題遂行中の脳血流について近赤外分光法を用いて調べた。課題 1 では 2 つ、課題 2 では 4 つ、課題 3 では 6 つの指定さて買い物を 20 店舗ある仮想の商店街でタッチパネル操作により行った。各課題終了後に主観評価を行わせた。

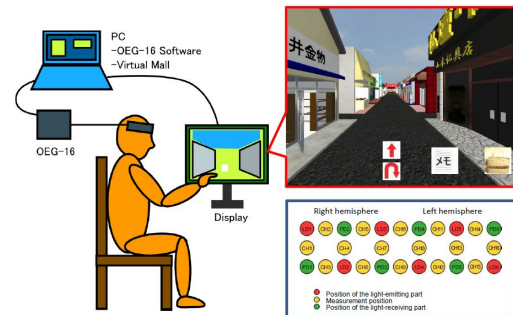


図 2：VST 実験システム

4. 研究成果

(1) 地域高齢者にとって意味のある作業および活動自制に関する調査研究

半構成面接法を用いた調査

女性高齢者の「意味のある時間の費やし方」について検討した。データマイニング (ネットワーク解析) により、正の語句は高齢者の「周囲の人や環境との関係」と関連し、意味のある時間の費やし方の正の要因は「人間関係」と関連することがわかった。

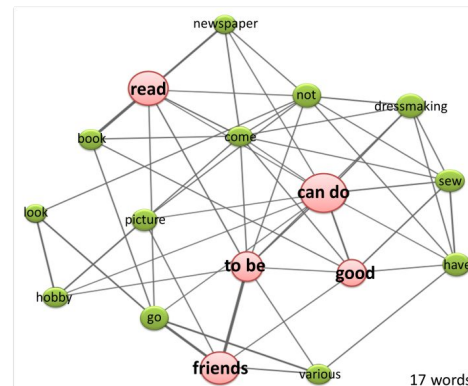


図 3：家庭内活動に関するネットワーク解析

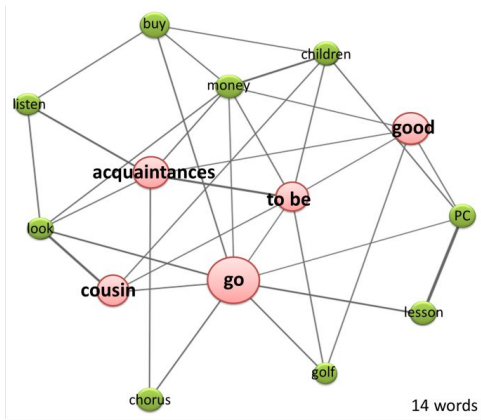


図4：家庭外活動に関するネットワーク解析

自記式アンケート調査

女性高齢者を対象に転倒に関して日常生活活動の自己抑制と、心身機能と社会的関与の関係について検討した。被験者の37%が運動性に関する自己抑制をしていることが明らかとなった。1年に2回以上転倒した高齢者は、1回のみ転倒した高齢者よりも活動を制限していた。

高齢者210人の有効データから在宅高齢者がリスクを感じる活動と日常生活における動作や能力と生活の質との関連性について解析した。転倒恐怖感と自制に関する活動の分類としては、概ね8割程度の対象者が実施している活動の中で60%以上が転倒恐怖感なしと回答している「安心習慣活動」、転倒恐怖感なしが110人以上で気をつけて用心しながら遂行している「用心遂行活動」、そして転倒恐怖感なしが109人以下の活動において、転倒恐怖感がある人のうち自制しない/自制する人数比率が比較的高い「不安自制活動」、活動なしの人数が20%以上で転倒恐怖感ありの人数が少ない、危ないので「あきらめ自制活動」の4つに区分された。

その分類別に活動の特性をみると、「不安自制活動」や「あきらめ自制活動」は社会的参加活動・対外的な関係や予測できない環境要因が含まれる外出を伴う複合的活動という特徴があると推察された。同様に、「安心習慣活動」と「用心遂行活動」には家事活動が多く含まれており、これらを基に能力低下等による本人の自制に関する段階がある程度想定できると見込まれる。特に「用心遂行活動」の家事活動は、在宅生活を維持するにあたり支援のターゲットとなる可能性が高いと考えられた。

(2) Kinectを用いた動作能力評価指標の開発

動作課題遂行中にKinectを用いて得た代表値(K値)と心身機能やADL評価、作業療法士(OTR)による観察評価との相関を検討

した。家庭内外で行う日常的活動であるこれらの動作については、1~2か所の骨格座標データから算出されたそれぞれの動作特性を反映するK値を選定し、その指標は既存の身体・認知機能評価、ADL評価、および観察評価との間に有意な関連を認めた。総合してKinectを用いて得た指標が、活動遂行におけるリスク予測評価としての妥当性を有することが示唆された。

紅茶準備課題

本研究では、高齢者を対象に紅茶課題遂行中の骨格座標についてKinectを用いて測定した。結果、課題1試行目における右肘正面水平方向のパワースペクトル値は、生活能力低下群では生活機能良好群より高値をとる傾向があり、これは運動の効率性の悪さを反映するものと考えられた。また、同値に基づいて算出した動作の周波数特性は、立位バランスや注意機能といった基礎的な身体・認知機能の低下と関連することが示唆された。

表1 Kinect 値と身体・認知機能、活動能力との関連

検査項目		ρ
身体機能	開眼片足立ち検査	-0.62 *
	TUG	0.50
	握力	-0.22
認知機能	MMSE	-0.40
	FAB	-0.39
	TMT-A	0.70 **
活動能力	BI	-0.33
	老研式	-0.45
	転倒リスク評価	0.26

ρ : Spearman rank correlation coefficient

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

物干し課題

Kinectで取得した洗濯物干し動作遂行中の左肘正面垂直座標から算出した代表値(K値)は、高齢者の方が低値をとる傾向を示した。また、K値は起居動作や歩行時の方向転換を含む転倒予測の評価ともなるTUGや認知症のスクリーニング検査であるMMSEとの相関があったことより、高齢者で低下する心身機能を反映した指標であることが示唆された。なお、TUGの所要時間が長く、MMSEの得点が低いほど、K値は低い傾向を示した。K値は観察評価との有意な相関があったことより、動作自体の円滑さや安定性を反映する可能性がある。

皿洗い課題

1試行目の体幹回旋角度は、FAB(前頭葉機能検査)BI(ADL能力)観察評価との間に有意な負の相関を認めた($p < 0.05$)。2試行

目の体幹回旋角度は、観察評価との間に有意な負の相関を認めた ($p < 0.05$)。なお、観察評価の 7 項目のうち、「両側協調」は両試行において体幹回旋角度との負の相関を認めた ($p < 0.1$)。1 試行目の所要時間は、左右手の握力、開眼片足立ち検査、観察評価との間に有意な負の相関を認めた ($p < 0.05$)。2 試行目の所要時間は、左右手の握力、ピンチ力(左手での 3 指つまみ)、開眼片足立ち検査、FAB、BI、観察評価との間に有意な負の相関を認めた ($p < 0.05$)。

課題遂行中の体幹回旋角度については、課題開始時と終了時に右回旋し、課題中に 3 回左回旋する 型と、課題中に明らかな回旋がみられない 型の 2 つの型に分類された。

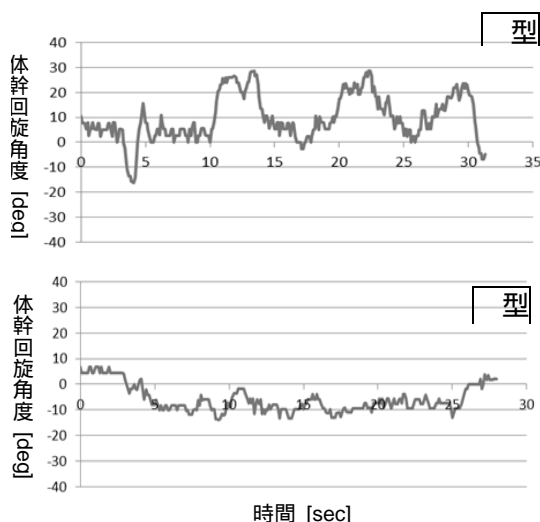


図 5 : 体幹回旋角度の経時変化 (典型例)

スプーン・箸を用いた食事課題

躍度の標準偏差、観察評価点には群の主効果があり、高齢者が若年者より有意に低値/不良であった。所要時間には課題の主効果があり、スプーン課題が箸課題より有意に長かった。いずれも交互作用はなかった。スプーン・箸を用いた食事課題遂行中の躍度の標準偏差、観察評価点は加齢の影響を受けると示唆された。臨床応用に向け、群別の動作特性を考慮した上で本数値の意味を解釈する必要がある。

(3) Virtual Shopping Test 課題の難易度による課題成績、脳血流、主観評価の比較研究

総所要時間は全課題で患者群が健常群より長く要した。前頭葉脳血流については、患者群にでは課題 2 (4 つの品物を購入) 遂行中において、課題 1 (2 つの品物を購入) 遂行中より増加した。患者群では一番容易な課題であっても健常群に比してより難しいと主観評価した。健常群では脳血流変化と同様、課題成績について課題間差は有意でなかった一方、患者群ではこの傾向が異なった。よって、訓練で用いる際には、脳血流からみた

負荷量や主観評価を考慮した上での課題レベル選定が重要と考えられた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者, 研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 5 件)

Umaba C, Sewo Sampaio PU, Okahashi S, Koyama M, Nomura T, Futaki T. The "Meaningful Occupations" and Self-Restrain Activities Due to the Fear of Falling Among Community-Dwelling Older Adults in Japan. Health Science. 2013, 8: 1-7. (査読有)

Okahashi S, Mizumoto H, Komae A, Ueno K, Yokoyama M, Nagano A, Seki K, Futaki T, Luo ZW. An fNIRS Study on Prefrontal Cortex Activity during a Virtual Shopping Test with Different Task Difficulties in Brain-damaged Patients. Journal of Behavioral and Brain Science. 2014, 4(6): 247-255. (査読有)

二木淑子, 小山真紀, 岡橋さやか. 高齢者の安全な日常生活を支援する生活能力バーチャル評価システムの開発—馴染んだ動作で在宅維持リスク予測—。地域ケアリング. 2015, 17(4): 52-56. (査読無)

石田敦子, 小山真紀, 岡橋さやか, 高橋央明, 林美伶, 小川真寛, 二木淑子. 紅茶課題による Kinect を用いた高齢者の動作能力スクリーニングに向けた予備的研究. システム制御情報学会論文誌. 2015, 28(6): 287-289. (査読有)

Okahashi S, Mizumoto H, Komae A, Ueno K, Yokoyama M, Nagano A, Seki K, Futaki T, Luo ZW. Assessment of convalescent brain-damaged patients using a virtual shopping test with different task difficulties. International Journal on Disability and Human Development. (accepted) (査読有)

〔学会発表〕(計 16 件)

Umaba C, Okahashi S, Koyama M, Futaki T: Analysis of "meaningful occupation" among the community-dwelling elderly in Japan using text mining. Asia Pacific Geriatrics Conference. 2012 年 10 月. Hong Kong

馬場千夏, 岡橋さやか, 能村友紀, 二木淑子. 健常高齢者における転倒恐怖感による活動制限, 転倒歴, 生活の質の関連性. 第 47 回日本作業療法学会. 2013 年 6 月. 大阪

Takahashi H, Okahashi S, Koyama M, Yamada K, Okumura S, Ishida A, Futaki T. Relationship between the Resultant Acceleration during Written Task, Cognitive Function and Activities

of Daily Living in Older Adults. The 42nd Annual Meeting of the International Neuropsychological Society. 2014年2月. USA

Okahashi S, Yamada S, Toichi M, Hayashi T, Futaki T. Activation of the Prefrontal Cortex during Free-recall Task using Unrelated/Related Word List: a fNIRS Study. The 42nd Annual Meeting of the International Neuropsychological Society. 2014年2月. USA

高橋央明, 小山真紀, 岡橋さやか, 石田敦子, 林美伶, 二木淑子. 高齢者における Kinect を用いた紅茶準備課題による日常生活動作能力評価の試み. 第108回ヒューマンインタフェース学会研究会. 2014年3月. 京都

岡橋さやか, 水本北斗, 長野明紀, 横山雅人, 上野勝弘, 小前晶子, 森陽平, 西澤恭介, 都築史子, 二木淑子, 羅志偉. バーチャルリアリティを用いた高次脳機能リハビリテーションの研究～課題難易度からみた検討～. 第109回ヒューマンインタフェース学会研究会. 2014年3月. 京都

岡橋さやか, 小山真紀, 奥村セーラ, 石田敦子, 高橋央明, 二木淑子. モーションキャプチャを用いた高齢者の動作能力評価—洗濯物干し動作について. 第58回システム制御情報学会. 2014年5月. 京都

石田敦子, 小山真紀, 高橋央明, 岡橋さやか, 二木淑子. モーションキャプチャを用いた高齢者の動作能力評価—紅茶準備動作について. 第58回システム制御情報学会. 2014年5月. 京都

小山真紀, 岡橋さやか, 山田久美, 石田敦子, 高橋央明, 二木淑子. モーションキャプチャを用いた高齢者の動作能力評価—書字動作について. 第58回システム制御情報学会. 2014年5月. 京都

Umaba C, Ishida A, Nomura T, Saito K, Futaki T. The relationships between the fall history, activity restrain, and QOL in community-dwelling older adults. The 16th International Congress of the World Federation of Occupational Therapists. 2014年6月. Japan

Ishida A, Suzuki Y, Saito K, Takahashi H, Futaki T. The Relationship between Risk of Falls and the performance of Cognitive Function test on The Right Brain-damaged Patients. The 16th International Congress of the World Federation of Occupational Therapists. 2014年6月. Japan

Sakai H, Okahashi S, Kojima M, Nagano A, Luo ZW. Development of an Assessment System for Cognitive Function Using Virtual Reality: The

Effect of Age in Healthy Volunteers. The 16th International Congress of the World Federation of Occupational Therapists. 2014年6月. Japan

Okahashi S, Mizumoto H, Komae A, Ueno K, Yokoyama M, Nagano A, Seki K, Futaki T, Luo ZW. Assessment of convalescent brain-damaged patients using a virtual shopping test with different task difficulties. The 10th International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies. 2014年9月. Sweden

岡橋さやか, 上川真理子, 小山真紀, 小川真寛, 二木淑子. 高齢者における Kinect を用いた食事動作時の上肢操作能力評価第54回日本生体医工学会大会. 2015年5月. 名古屋

岡橋さやか, 小山真紀, 瀧本朋未, 石田敦子, 林美伶, 亀井大作, 小川真寛, 二木淑子. Kinect を用いた高齢者の皿洗い動作評価のための予備研究第59回システム制御情報学会研究発表講演会. 2015年5月. 大阪

Ishida A, Takimoto T, Koyama M, Okahashi S, Futaki T. Relationships between dishwashing task performance assessment using a Kinect and OT evaluations in elderly people. The 6th Asia Pacific Occupational Therapy Congress. 2015年9月. New Zealand (発表確定)

〔図書〕(計1件)
安寧の都市-医学・工学からのアプローチ-
二木淑子, 小山真紀 (担当:分担執筆, 範囲:医工連携の難しさと楽しみ). 京都大学大学院工学研究科・医学研究科安寧の都市ユニット
2015年1月 ISBN:9784990815608

6. 研究組織

(1)研究代表者

二木 淑子 (FUTAKI TOSHIKO)
京都大学・医学研究科・教授
研究者番号: 40300074

(2)研究分担者

岡橋 さやか (OKAHASHI SAYAKA)
京都大学・医学研究科・助教
研究者番号: 20610760

小山 真紀 (KOYAMA MAKI)
京都大学・医学研究科・准教授
研究者番号: 70462942