

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 4 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2011～2014

課題番号：23680018

研究課題名(和文)一人称と三人称センシングによる行動様式獲得とそれに基づく動作の早期認識

研究課題名(英文)Early recognition of gesture pattern based on first person sensing and third person sensing

研究代表者

島田 敬士 (SHIMADA, ATSUSHI)

九州大学・基幹教育院・准教授

研究者番号：80452811

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,800,000円

研究成果の概要(和文)：環境に固定設置されたカメラや距離センサ、身体に装着したモーションセンサなどから得られるユーザの身体動作特徴を効率よく表現する方法、ならびに得られた特徴からできるだけ早いタイミングで動作の認識結果を確定するための動作の早期認識技術について研究を行った。
また、ユーザの行動の癖に順応するための動作の追加学習手法やユーザにとって利用しやすく、かつシステムにとっては認識しやすい動作の設計方法についての研究も行った。

研究成果の概要(英文)：We utilized camera sensors, depth sensors arranged in a room in order to capture a user's activity. Besides, we introduced wireless motion sensors to extract the user's behavior as precisely as possible. By using these features, we tackled a problem to determine recognition results at the beginning part of recognition process, called early recognition of gesture pattern. We also researched about an incremental learning methodology to adapt to a user's own behavior. Furthermore, we proposed a design strategy of user- & machine-friendly gesture pattern.

研究分野：知覚情報処理

キーワード：動作認識 早期認識 カメラセンサ ウェアラブルセンサ

1. 研究開始当初の背景

任天堂 Wii をはじめユーザの直感的操作を利用したマンマシンインタラクション技術の発展と普及には近年目覚ましいものがあり、次世代においては、身体動作を直接システムへの入力に利用するインタフェースの実現が期待されている。時空間で多様に変化する身体動作には、ユーザ特有の仕草や癖（以下では行動様式と呼ぶ）が介在するため、ユーザがシステムに伝えたい情報（動作意図）を単純なボタン操作のように瞬時に確実に判断することは難しい。従って、システム側には、ユーザの行動様式を理解した質の高い出力“Quality of Service”を保証し、かつ、ユーザの入力に対して早期に意図を解釈する“Quickness of Service”が要求される。

2. 研究の目的

本研究では「“Quickness of Service”と“Quality of Service”を両立する動作の早期認識手法」を確立することを目指す。ユーザが高い“Quality of Service”を得たと実感できるインタラクションを実現するには、ユーザの行動様式に潜在する動作意図を早期に解釈する必要がある。一般に、環境固定カメラを使用した三人称センシングにより、ユーザの動作特徴から意図を推定する方法が主流であるが、解像度や処理速度の問題から、身体の細かい部位の特徴を捉えることができないため、ユーザの行動様式を獲得することが困難であった。一方、ユーザに装着したセンサを利用した一人称センシングによる自己動作解析技術が近年注目されている。ユーザの注視点（興味対象）や自己動作そのものを直接的に得ることができるため、三人称センシングと比較してユーザの細かな動作情報が獲得できるため、その動作意図を抽出しやすいという利点がある。

そこで本研究では、三人称センシングと一人称センシングの両方のアプローチから、ユーザの動作意図や行動様式を高精度かつ早期に獲得する方法を確立する方法について研究する。

3. 研究の方法

(1) 三人称センシングによる身体動作特徴の獲得とそれを利用した動作の早期認識の高性能化

観光に固定設置されたカメラや距離センサなどを利用して、ユーザの手足や全身の身体動作特徴を獲得する。認識対象となる動作の種類やセンサから得られる特徴の次元数が大きくなると、計算時間が増大し、オンライン利用時に処理されない入力データが出現し、認識性能の低下に繋がってしまうおそれがあるため、次元圧縮技術やデータ統合技術を組み合わせ、データ規模に依存しない認識処理を実現させる。

また、上記効果により研究者が過去の研究で開発を行ってきた動作の早期認識技術を

高精度化させる。

(2) 一人称センシングによる身体動作特徴の獲得

加速度、角速度センサが搭載された小型のワイヤレスモーションセンサを身体に装着して、ひとつのセンサから6次元（加速度、角速度それぞれ3次元）の動き特徴をオンラインで獲得するプラットフォームを開発する。また、モーションセンサで獲得した身体動作特徴を利用して、動作の早期認識を行う方法を開発する。

(3) ユーザ適応度向上のための動作認識技術

動作にはユーザ特有の仕草や癖が含まれるため、そのようなユーザの行動様式に適応する必要がある。しかし、ユーザごとに動作認識システムを構築する方法は効率性の観点からさけるべきである。そこで本研究では、動作特徴の共有化と追加学習法を組み合わせることで、ユーザ適応型の動作認識技術を開発する。

(4) User- & Machine Friendly な動作設計

従来、システムの入力のために利用するユーザ動作設計はシステム開発者が行うことが多いが、その設計された動作が必ずしもユーザにとって利用しやすい動作とは限らない。また、システムにとっても認識しやすい動作であるという保証はない。そこで、ユーザにとっては再現しやすく、システムにとっては認識しやすい動作をマイニングする手法について研究する。

4. 研究成果

(1) 三人称センシングによる身体動作特徴の獲得とそれを利用した動作の早期認識の高性能化

Kinect センサで身体姿勢特徴を獲得し、動作クラスに関係なく、類似姿勢特徴をグループ化させることで、動作クラス間で姿勢特徴を共通化させた。具体的には、自己組織化マップを利用して、姿勢特徴を低次元空間に配置された固定数のユニットのいずれかに写像することで、共通姿勢（代表姿勢）を獲得した。本手法は、入力データ数がどれだけ多くなっても、あらかじめ決めておいた低次元空間中の固定ユニット数で姿勢特徴を表現できるという利点がある。

代表姿勢に対して、各動作クラスの依存度を計算することで、各クラスの動作を決定づける姿勢を選定する方法を開発した。これにより、クラス依存度の高い姿勢が観測されれば、それが動作観測の早い段階であっても認識結果を確定できる。さらに、姿勢特徴を参照する際に、ハッシュを割り当てておくことで高速参照ができるようにした。

表1に認識精度と処理時間の関係を示す。3種類のサイズの自己組織化マップ

(SOM^{10}、SOM^{100}、SOM^{200}) を使用して、最近某探索手法 (NNS) とハッシュを利用した探索手法 (HS) の認識精度と処理時間を比較したところ、提案手法において高精度かつ高速に処理が行えることが確認できた。

表 1 早期認識の精度と処理時間

Gesture class	SOM ¹⁰		SOM ¹⁰⁰		SOM ²⁰⁰	
	NNS	HS	NNS	HS	NNS	HS
(a) Accuracy						
Chudan	33.3	24.6	88.8	87.1	86.7	90.0
Guard	0	0	90.0	86.3	82.5	90.4
Hadouken	0	0	77.4	80.0	62.1	80.4
LKick	33.3	29.2	84.2	79.2	73.3	85.0
LPunch	4.2	4.9	92.9	93.3	81.7	95.0
MetsuHadou	10.4	11.7	87.3	82.5	75.4	88.8
RKick	43.8	33.3	80.8	78.3	68.3	82.1
RPunch	0	0	90.8	85.8	69.2	90.9
ShinkuHadou	0	0	62.9	57.9	53.3	69.6
Shoryuken	0	0	50.0	43.3	45.4	50.8
Average	12.5	10.3	80.5	77.4	69.8	82.2
(b) Recognition timing						
Chudan	81.4	82.4	3.4	2.7	24.1	5.5
Guard	100	100	2.1	1.9	14.5	5.6
Hadouken	100	100	8.9	3.5	15.4	7.3
LKick	81.8	80.3	4.4	2.6	11.8	5.2
LPunch	97.5	96.4	3.1	2.5	12.5	4.6
MetsuHadou	92.5	89.2	4.9	3.1	13.0	3.9
RKick	74.0	76.3	6.7	3.8	15.0	6.8
RPunch	100	100	5.4	3.9	12.5	8.7
ShinkuHadou	100	100	6.5	1.9	5.9	3.8
Shoryuken	100	100	6.4	5.3	25.1	5.9
Average	92.7	92.5	5.2	3.1	15.0	5.7

(2) 一人称センシングによる身体動作特徴の獲得

図 1 に示すワイヤレスモーションセンサを左右の手足、腕に加えて胴体と頭部の計 8 か所に装着し、各装着部位の加速度、角速度を獲得した。



図 1 ワイヤレスモーションセンサ

三人称センシングの場合で利用している姿勢特徴の圧縮技術ならびに動作の早期認識手法を、一人称センシングで得られたデータでも利用できるように改良した。三人称センシングから得られる特徴のみを利用した場合、一人称センシングのみから得られる特

徴のみを利用した場合、それらの特徴を組み合わせる場合、さらに一部の部位特徴のみを利用した場合について表 2 に示す結果が得られた。一人称センシングにより獲得した特徴は三人称センシングにより獲得できる特徴よりも細かい動き特徴を含むため、全体として一人称センシングによる認識結果が高いことが明らかになった。また、装着部位を絞り込むことで認識精度がさらに向上することもわかった。

表 2 認識精度の比較

動作クラス	(1) 姿勢特徴	(2) 速度特徴	(3) 動作特徴 (全センサ)	(4) 動作特徴 (右腕・右脚のみ)
Guard	83.3	100	56.7	86.7
Hadouken	20.0	83.3	66.7	100
Kick_H	20.0	80.0	83.3	86.7
Kick_L	50.0	80.0	96.7	100
Kick_M	30.0	10.0	20.0	73.3
MetsuHadou	16.7	76.7	56.7	100
Punch_H	6.7	73.3	36.7	100
Punch_L	33.3	100	90.0	100
Punch_M	16.7	90.0	46.7	83.3
ShinkuHadou	33.3	6.7	0	83.3
Average	31.0	70.0	55.3	91.3

(3) ユーザ適応度向上のための動作認識技術

ユーザの動作を短い基本動作に分割し、基本動作を動作クラス間で共有する方法を開発した。これにより、動作クラスに関係なく、動作を表現するためのサブユニットを獲得できるようになった。サブユニットは短い動作であるためユーザ間で大きく異なることは少なく、ユーザの行動様式はサブユニットの並びで表現される全体動作に含まれると仮定し、ユーザごとにサブユニット列を追加学習する方法を開発した。図 2 に示すように追加学習により認識精度が飛躍的に向上することが確認できた。

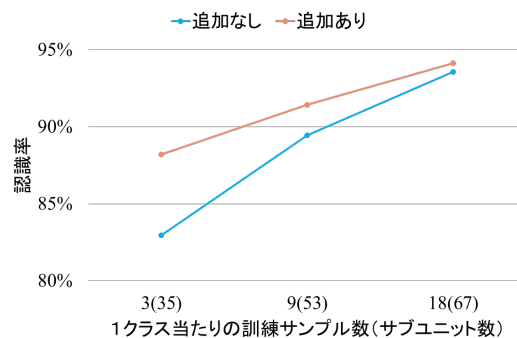


図 2 追加学習による効果

(4) User- & Machine Friendly な動作設計

身体に装着したセンサで日常動作を観測し、日常動作の中には出現することが少なく、かつ、単純な動作という観点で、ユーザにとって利用しやすい動作を発見する方法を開発した。さらに、システムにとっても日常動作に含まれる動作がシステム入力に利用されると偽陽性が高まるため、真陽性が高く、偽陽性が低い動作の設計について、実験を通しての検討を行った。その結果、単純な動作

を2回繰り返すという設計が、ユーザビリティを損なうことなく、かつ偽陽性が低い動作であるということが確認できた。

図3は、実際に設計を行ったグリップ動作

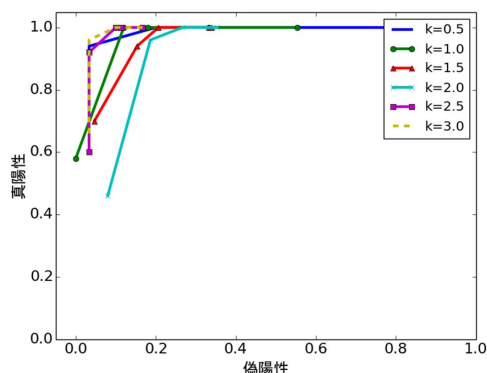


図3 ダブルグリップ動作の偽陽性

(モノを掴む動作)を二度繰り返す動作(ダブルグリップ)の偽陽性と真陽性の関係を示している。偽陽性が限りなくゼロに近い場合でも真陽性が高い認識率を達成できることが示されている。

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6件)

- (1) Atsushi Shimada, Kazuaki Kondo, Daisuke Deguchi, Géraldine Morin, Helman Stern, Kitchen Scene Context Based Gesture Recognition: A Contest in ICPR2012, Advances in Depth Image Analysis and Applications, Lecture Notes in Computer Science, Vol.7854, pp.168-185, 2013. (査読有)
- (2) Yanli Ji, Atsushi Shimada, Hajime Nagahara, Rin-ichiro Taniguchi, Contribution estimation of participants for human interaction recognition, IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, Vol.8, No.3, pp.269-276, 2013. (査読有)
- (3) Yoshiyasu Ko, Atsushi Shimada, Hajime Nagahara, Rin-ichiro Taniguchi, Hash-based early recognition of gesture patterns, Journal of Artificial Life and Robotics, Vol.17, No.3-4, pp.476-482, 2013. (査読有)
- (4) 川島 学, 島田 敬土, 長原 一, 谷口倫一郎, 姿勢の特有性に基いた動作の早期確認, 日本神経回路学会誌, Vol.19, No.4, pp.167-174, 2012. (査読有)
- (5) Yanli Ji, Atsushi Shimada, Hajime Nagahara, Rin-ichiro Taniguchi, A Compact Descriptor CHOG3D and Its Application in Human Action

Recognition, IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, Vol.8, pp.69-77, 2012. (査読有)

- (6) Atsushi Shimada, Manabu Kawashima, Rin-ichiro Taniguchi, Improvement of Early Recognition of Gesture Patterns based on Self-Organizing Map, Journal of Artificial Life and Robotics, Vol.16, No.2, pp.198-201, 2011. (査読有)

[学会発表](計15件)

- (1) Ryo Kawahata, Yanrui Wang, Atsushi Shimada, Takayoshi Yamashita, Rin-ichiro Taniguchi, Incremental Learning of Hand Gestures Based on Submovement Sharing, Image Analysis and Recognition. Springer International Publishing, pp.58-65, 2014. (アルグループ、ポルトガル)
- (2) 河畑 凌, 内山 英昭, 島田 敬土, 長原一, 谷口 倫一郎, 偽陽性の少ない動作設計のための筋電パターンの分析, 第19回日本バーチャルリアリティ学会大会, pp.488-499, 2014. (名古屋大学、愛知県名古屋市)
- (3) 土井 惟成, 有田 大作, 島田 敬土, 長原一, 谷口 倫一郎, モーションセンサを用いた農作業認識, 農業情報学会2014年度年次大会, 2014. (東京大学弥生講堂、東京都文京区)
- (4) Yanrui Wang, Atsushi Shimada, Takayoshi Yamashita, Rin-ichiro Taniguchi, A Subunit-Based Dynamic Time Warping Approach for Hand Movement Recognition, 17th International Conference on Image Analysis and Processing (ICIAP), Vol.8156, pp.672-681, 2013. (ナポリ、イタリア)
- (5) 河畑 凌, 王 妍蓉, 島田 敬土, 山下隆義, 谷口 倫一郎, サブユニット列におけるハンドジェスチャ認識の追加学習, 信学技報パターン認識・メディア理解 (PRMU2013-141), pp.97-98, 2014. (福岡大学、福岡県福岡市)
- (6) 河畑 凌, 王 妍蓉, 島田 敬土, 山下隆義, 谷口倫一郎, 動作のサブユニットに基づいたハンドジェスチャ認識における追加学習の検討, 電気関係学会九州支部連合大会, p.326, 2013. (熊本大学、熊本県熊本市)
- (7) 土井 惟成, 有田 大作, 島田 敬土, 谷口 倫一郎, 長原 一, 時系列モーションデータを利用した農作業認識, 電気関係学会九州支部連合大会, p.325, 2013. (熊本大学、熊本県熊本市)
- (8) 王 妍蓉, 島田 敬土, 山下隆義, 谷口 倫一郎, 動作サブユニットの共有化に基づくハンドジェスチャ認識, 第16回画

- 像の認識・理解シンポジウム(MIRU2013), MIRU2013, 2013. (国立情報学研究所、東京都千代田区)
- (9) 高嘉泰, 島田敬士, 長原一, 谷口倫一郎, 特有姿勢に基づく動作の早期認識, 第19回画像センシングシンポジウム(SSII2013), pp.DS2-03, 2013. (パシフィコ横浜、神奈川県横浜市)
- (10) Yanrung Wang, Atsushi Shimada, Takayoshi Yamashita, Rin-ichiro Taniguchi, Hand gesture recognition using subunit-based dynamic time warping, the 18th International Symposium on Artificial Life and Robotics, pp.480-483, 2013. (太田市、韓国)
- (11) Yanli Ji, Yoshiyasu Ko, Atsushi Shimada, Hajime Nagahara, Rin-ichiro Taniguchi, Cooking Gesture Recognition using Local Feature and Depth Image, Proc. of ACM Multimedia 2012 - 4th Workshop on Multimedia for Cooking and Eating Activities, pp.37-42, 2012. (奈良県新公会堂、奈良県奈良市)
- (12) Yanli Ji, Atsushi Shimada, Hajime Nagahara, Rin-ichiro Taniguchi, Human-human Interaction Recognition by Estimating the Action Contribution of Participants, the 18th Japan-Korea Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision, pp.204-212, 2012. (電気史料館、神奈川県川崎市)
- (13) Yoshiyasu Ko, Atsushi Shimada, Hajime Nagahara, Rin-ichiro Taniguchi, Hash based Early Recognition of Gesture Patterns, the 17th International Symposium on Artificial Life and Robotics, pp.1051-1054, 2012. (ビーコンプラザ、大分県別府市)
- (14) Yanli Ji, Atsushi Shimada, Hajime Nagahara, Rin-ichiro Taniguchi, Global motion analysis based human-human interaction recognition with local features, CD-ROM Proc. of the 7th Joint Workshop on Machine Perception and Robotics, 2011. (北京、中国)
- (15) 高嘉泰, 島田敬士, 長原一, 谷口倫一郎, Kinect センサを利用した動作の早期認識, 電気関係学会九州支部連合大会, p.377, 2011. (佐賀大学、佐賀県佐賀市)

〔その他〕

ホームページ等

<http://limu.ait.kyushu-u.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

島田 敬士 (SHIMADA ATSUSHI)
九州大学・基幹教育院・准教授
研究者番号：80452811