

平成21年 5月22日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007~2008
 課題番号：19500148
 研究課題名（和文） 適応的かつ連続的な学習支援のためのユーザコンテキスト認識手法に関する研究
 研究課題名（英文） A user context recognition method for an accommodative and continuous learning support system
 研究代表者
 竹村 治雄（TAKEMURA HARUO）
 大阪大学 サイバーメディアセンター・教授
 研究者番号：60263430

研究成果の概要：

学習システム自身がユーザ自身やユーザ周囲の状況（コンテキスト）を的確に把握し、コンテキストに応じて学習コンテンツの提示内容や提示手法を動的に変更することで移動中の連続した学習を支援する、適応的かつ連続的な学習支援システムを対象とした研究開発を行った。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：ヒューマンインタフェース、パターン認識

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理、知能ロボティクス

キーワード：学習支援・ウェアラブルコンピュータ

1. 研究開始当初の背景

科学技術が進歩し小型で高性能な携帯端末が普及するにつれて、人々の日常的な移動時間の過ごし方が変化してきている。例えば街中を歩きながら音楽プレイヤーを用いてヘッドホンから流れる曲を聴いたり、乗り物の中で座りながら映像プレイヤーを用いて動画を観賞したりする姿がよく見られる。中でも、そうした携帯機器を用いて移動中に語学コンテンツなどを利用して学習を行うことは毎日の限られた時間を自己の能力向上に使う有効な方法であり、毎日繰り返すことで学習効果が高まるため多くの人が実践している。しかし、従来のようにユーザ自身が自分の状況（ユーザコンテキスト）から現在学習

可能であるかを判断するというスタイルでは、周囲の環境や自分の姿勢・動作などが変わる度にコンテンツへの注意が途切れたり、利用可能な入出力機器が変化したりするため、移動中常に学習を継続することが困難であるという問題が生じていた。

2. 研究の目的

ユーザコンテキストに応じてコンテンツの提示内容や提示手法を動的に変更することで移動中の連続した学習を支援する、適応的かつ連続的な学習支援システムについて検討する。適応的かつ連続的な学習支援システムが実現すれば、例えば歩行中は学習教材をシースルーヘッドマウントディスプレイ

(HMD)に提示し問題への回答を音声入力によって行う、乗車中は学習教材をPDAに提示し問題への回答をボタンにより行うといった切り替えを、自動的に行うことが可能となる。これにより、ユーザがどのような状況であっても、連続的に最適な学習支援が行われ、効率の良い学習を継続することが可能となる。本申請課題では、この適応的かつ連続的な学習支援システムの実現を目指し、その基礎となるウェアラブルセンサを用いたユーザコンテキスト認識機構について検討する。

適応的かつ連続的な学習支援システムの実現のために必要な構成要素としては、以下に示す2つの機構が考えられる。

ユーザコンテキスト認識機構

デバイス・コンテンツ制御機構

ユーザコンテキスト認識機構では、ウェアラブルセンサから計測したデータや予め与えたユーザの予定表を用いてユーザの状況を認識する。一方、デバイス・コンテンツ制御機構では認識した状況に応じた学習に用いる入出力機器の切り替えや、学習コンテンツの提示順序や内容の変更などのデバイスとコンテンツの制御を行う。

本研究では学習時間に占める割合が多くシステムの中核となる通勤や通学時の空き時間を対象とし、通勤・通学におけるユーザコンテキスト認識手法について検討する。具体的には、まず、能動的に認識を行う「状況」を選定する必要がある。すなわち、学習コンテンツを制御するトリガとして利用する状況のカテゴリ（例えば、「運動状態」と各カテゴリで認識対象とする値域（例えば、「歩行」「走行」「立位静止」「座位静止」など）を決定する。次に、各カテゴリの値を推定するための適切なセンサ（もしくは、センサ群）を選定する。これらの準備に基づいて、カテゴリの値を関連するセンサの計測値から実時間で連続的に推定する高精度な認識手法（識別器）について検討する。すなわち、位置センサ・加速度センサ・筋電センサ・血圧センサ・気温センサ・光センサ・予定表等を用いて、ユーザが何処にいるのかという位置情報、何をしているのかという活動情報、体調や感情などの生体情報、気温や明度など周囲の環境情報、時間割や時刻表などの予定情報、利用可能な機器やネットワークなどの資源情報、学力や講義に関する学習情報、などのユーザコンテキストを認識する。その際、着脱の簡便性や装着感を考慮し、長時間の利用に耐える実地的なセンサ構成となるよう注意する必要がある。ここで得られる状況認識手法は、学習支援のみならず汎用的な目的に利用可能であると期待される。

3. 研究の方法

(1)学習に利用する入出力機器の選定、(2)認識すべきユーザコンテキストの決定、(3)決定したユーザコンテキストの識別器の設計と実装、を行う。特に、ユーザの運動状態を用いたコンテキスト認識に取り組む。また、運動状態以外のユーザコンテキスト情報の利用も検討する。具体的には、(4)ユーザの位置情報、(5)ユーザの生理状態、(6)ユーザの周囲状況、の利用をそれぞれ検討することにより、高度なコンテキスト認識を実現する。

(1)学習に利用する入出力機器の選定

本研究では、学習コンテンツとして外国語の聴解力テストを選択する。通勤・通学時に聴解力テストを行うためには、外国語を聞き取るためのヘッドホンやテストの文章や図表を見るためのモニタなどの出力機器と、テストに回答するためのボタンや音声入力用のマイクロホンなどの入力機器が必要と考えられる。さらにモバイル環境での入出力機器について独自開発の可能性を検討する。

(2)認識すべきユーザコンテキストの決定

利用可能な入出力機器の違いから認識すべきコンテキストを決定する。通勤・通学の途中において、ユーザは「座位」「立位」「歩く」「走る」「自転車をこぐ」といった様々な運動状態にあると考えられる。また、「乗車中か否か」といったコンテキストによっても利用可能な入出力機器が変化すると考えられる。「走る」状態となるのは信号の変わり目や乗車直前の電車に乗り込むような場合であり、集中できないため学習を中断する必要があると考えられる。また、ヘッドホンは走行中を除き常に利用できる一方で、モニタの利用は電車内で座る場合や駅のホームで電車を待つ場合に限られる。路上を歩行中や電車内で立つ場合も利用不可能ではないが、視線がモニタに集中すると他の歩行者との衝突や電車の急停止による転倒などの危険がある。ボタンによる入力は、自転車で乗っている際はハンドルで両手が塞がれるため利用できない。マイクロホンを用いた音声入力は歩行中や電車内は周期性の強いデータに有効であるという特徴がある。本研究では、ユーザにセンサを装着し計測ノイズの影響は大きくないと考えられるため、短時間フーリエ変換 (Short-Term Fourier Transform : STFT) を前処理として用いる。センサから取得したデータをフーリエ変換することによりデータの各周波数における振幅がスペクトルのパワーに変わり、変換する前よりデータの特徴が顕著に現れ、次の段階である識別器での認識率を向上させることが期待できる。例えば「座位」と「立位」は角度が異なり周期性がなく、周期性のある「歩く」と

「走る」と「こぐ」では「こぐ」だけ角度が大きく異なり、「歩く」と「走る」では「走る」の方が周期は短く、運動状態によって大腿部前面の角度の変化がそれぞれ異なると期待できる。また、「立位」状態での「電車外」での加速度の変化はほとんど見られないのに対して、「電車内」では周期的に加速度の変化が発生し、「電車内」と「電車外」で加速度の大きさの変化がそれぞれ異なると期待できる。なお、STFT の窓のサイズはサンプリングレート以上であることが望ましい。窓のサイズを大きくすればするほど周波数分解能は高くなる一方で時間分解能は低くなり（不確定性原理）、システムとしての実用性も低くなってしまふことが知られている。窓関数には周波数分解能に優れる矩形窓を用いる。

(3) 決定したユーザコンテキストの識別器の設計と実装

パターン認識手法としては従来、生物の脳神経回路網の構造を計算機上で模したニューラルネットワーク (Neural Network : NN) が多く用いられていたが、NN には局所最適解に収束したり、過学習してしまうなどの問題がある。一方、Vapnik らによって提案されたサポートベクターマシン (Support Vector Machine : SVM) はそれらの問題が起こらないのに加えて、高い認識率と優れた汎化能力を兼ね備えているため、本研究では識別器として SVM を用いることを検討する。その際、カーネル関数には変数の少ない RBF カーネルを用いる。また、ユーザの関節角度と加速度などのデータを STFT した直流成分とパワースペクトルの低周波成分を多次元のベクトルとして、それに対応するユーザコンテキストを教師信号とした SVM の学習用データを作成し、それらを用いて交差検定 (Cross-Validation : CV) を行ってカーネル変数を決定する。

(4) ユーザの位置情報の利用

申請者らが過去の研究開発を行った広域環境におけるユーザの位置推定手法は屋内でのみ利用可能であり、日常生活で連続的な学習を支援する本研究の目的には適していない。そこで、GPS、PHS 基地局、携帯電話基地局、無線 LAN アクセスポイント、歩数計、傾斜計を組み合わせ、屋内外で連続的に利用可能な高精度の位置推定手法について検討する。その際、移動経路の 3次元マップ、列車ダイヤ、公衆無線アクセス基地局情報などの経路情報を組み合わせ、位置推定精度の向上を図る。

(5) ユーザの生理状態の利用

筋電位計、脳波計、呼吸計、皮膚電導計などを組み合わせ、体調の異状や疲労などの生理状態を推定する手法について検討する。

(6) ユーザの周囲状況の利用

小型マイクロホン、照度センサ、近接センサ、電波センサなどを組み合わせ、明るさ、静かさ、混み具合、などの周囲環境の状況を推定する手法について検討する。それぞれのカテゴリに対しては、個別に識別器を検討する。例えば、運動状態の認識においては、センサの計測値から変換した適当な重み付き正規化パラメータから身体の各部位の運動を推定するレベルと、各部位の運動状態から全身の運動状態を推定するレベル、さらにはその出力と位置推定器の出力から高次の活動状況を推定するレベルといった多段の識別器を構成する必要があると考えられる。

4. 研究成果

学習システム自身がユーザ自身やユーザ周囲の状況 (コンテキスト) を的確に把握し、コンテキストに応じて学習コンテンツの提示内容や提示手法を動的に変更することで移動中の連続した学習を支援する、適応的かつ連続的な学習支援システムを対象とした研究開発を行った。その結果、

(1) 学習に利用する入出力機器の選定

学習コンテンツとして外国語の聴解力テストを選択し、通勤・通学時に聴解力テストを行うために必要な入出力機器を選定した。

(2) 認識すべきユーザコンテキストの決定

利用可能な入出力機器の違いから認識すべきコンテキストを決定した。通勤・通学の途中のユーザの身体状態として、「座位」「立位」「歩く」「走る」「自転車をこぐ」の 5 状態を想定し、これを大腿部の加速度で識別することとした。また、立位の場合の場所として、「踏み切りや信号機の手前」、「駅のホーム」、「電車の中」の 3 状態を想定し、これを肩に搭載した超音波式距離センサにより識別することとした。また、電車の中の混雑度として「空いている」「混んでいる」の 2 状態を想定し、これを二酸化炭素センサにより識別することとした。

(3) 決定したユーザコンテキストの識別器の設計と実装

ユーザの運動状態を実際に計測して認識対象としたユーザコンテキストの認識手法を検討した。本研究では、ユーザにセンサを装着し計測ノイズの影響は大きくないと考えられるため、短時間フーリエ変換 (Short-Term Fourier Transform : STFT) を前処理として用いた。センサから取得したデータをフーリエ変換することによりデータの各周波数における振幅がスペクトルのパワーに変わり、変換する前よりデータの特徴が顕著に現れ、次の段階である識別器での認識率を向上させることができた。パターン認識手法としては、高い認識率と優れた汎化能力を兼ね備えているため、Support Vector

Machine を用いた。最終的に、90%程度の高い認識率を持つ識別器を実現した。

(4)ユーザの位置情報の利用

GPS、PHS 基地局、携帯電話基地局、無線 LAN アクセスポイント、歩数計を用いて屋内外で連続的に利用可能な高精度の位置推定手法について検討した。

(5)ユーザの生理状態の利用

筋電位計、脳波計、呼吸計、皮膚電導計などを組み合わせ、体調の異状や疲労などの生理状態を推定する手法について検討した。

(6)ユーザの周囲状況の利用

CO2 センサ、電波センサから周囲環境の状況を推定する手法について検討した。

これらの結果、GPS を用いて位置情報を取得し、移動経路の3次元マップと列車ダイヤの経路情報を組み合わせ、ユーザーのコンテキスト推定精度の向上する手法を開発した。特に、前年度からの課題であった、電車内外の認識において、大幅に認識率が向上した。また、ユーザーの位置情報とコンテキストから、ユーザーのコンテキスト変化を予測する手法を開発した。

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)

[学会発表] (計 8 件)

①西川 知宏, 間下 以大, 清川 清, 竹村 治雄: "GPS と加速度センサを用いたウェアラブル学習システムのための移動スケジュール予測", 電子情報通信学会 技術研究報告, MVE2008-98, 2009. 1. 15 宮崎

②西川 知宏, 間下 以大, 清川 清, 竹村 治雄: "移動経路上での利用者コンテキスト認識機構を備えたウェアラブル学習システム", ヒューマンインタフェースシンポジウム, 2008. 9. 4 大阪

③中村 友宣, 小川 剛史, 清川 清, 竹村 治雄: "二酸化炭素センサによる鉄道車内混雑度推定を用いた ウェアラブル学習システムのための利用者コンテキスト認識", 電子情報通信学会 技術研究報告, MVE2007-89, 2008. 3. 23 福岡

④中村 友宣, 小川 剛史, 清川 清, 竹村 治雄: "利用者コンテキスト認識における電車内外判定に関する検討", 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム(DICOMO)論文集, Vol. 2007, No. 1, pp. 1496-1501, 2007. 7. 6 三重

⑤森川 友加里, 小川 剛史, 清川 清, 竹村 治雄: "ウェアラブル学習システムのためのユーザのコンテキストを考慮した出題順序制御機構", 電子情報通信学会 総合大会講演論文集, D-13-7, 2007. 3. 20 愛知

⑥中村 友宣, 小川 剛史, 清川 清, 竹村

治雄: "連続的なウェアラブル学習システムのための利用者コンテキスト認識機構の実装と評価", 電子情報通信学会 技術研究報告, MVE2006-66, 2006. 11. 30 東京

⑦中村 友宣, 小川 剛史, 清川 清, 竹村 治雄: "連続的なウェアラブル学習システムのための利用者コンテキスト認識機構の設計と実装", ヒューマンインタフェースシンポジウム, pp. 979-984, 2006. 9. 28 岡山

⑧中村 友宣, 小川 剛史, 清川 清, 竹村 治雄: "ウェアラブル学習システムのための利用者コンテキスト認識機構", 電子情報通信学会 総合大会講演論文集, A-15-25, 2006. 3. 25 東京

[その他]

6. 研究組織

(1)研究代表者

竹村 治雄 (TAKEMURA HARUO)
大阪大学・サイバーメディアセンター・教授
研究者番号 60263430

(2)研究分担者

清川 清 (KIYOKAWA KIYOSHI)
大阪大学・サイバーメディアセンター・准教授
研究者番号 60358869

間下 以大 (MASHITA TOMOHIRO)

大阪大学・サイバーメディアセンター・助教
研究者番号 00467606

(3)連携研究者