

平成 21 年 6 月 8 日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2007～2008

課題番号：19700207

研究課題名 (和文) Web ベース共同開発支援向けマルチ生体センサー融合方式の研究

研究課題名 (英文) A Research of Multi Biomedical Sensor Fusion for Web based Corporative Work Support System

研究代表者

櫻井 義尚 (SAKURAI YOSHITAKA)

東京電機大学・情報環境学部・助手

研究者番号：30408653

研究成果の概要：インターフェイス不良が発生する可能性を低減し、ウェブを利用した共同開発支援システムの高信頼化を図るため、様々な生体情報や文脈情報など多種多数の異種情報を融合することにより、ユーザの肉体的・精神的状況(疲労度、集中度、興味度合いなど)を推定し、推定された状況情報に基づいてウェブに情報を反映したり、ユーザにメッセージを送ったりするなどして意志伝達支援を行うシステムを提案した。また、推定されたユーザの状況の仮想空間での再現・可視化方式、ユーザの状況に基づいた作業支援方式を具体化し、事例に基づいた検証を行った。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,300,000	0	1,300,000
2008 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,300,000	300,000	2,600,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：生体情報センサー、センサーフュージョン、状況推定、共同開発支援、エージェントシステム

1. 研究開始当初の背景

(1) 宇宙・原子力を始めとする大規模共同開発では遠く離れた担当者間の打合せが容易でない。電話やメール、時には無連絡にさえなり、担当間のインターフェイス不良による事故が多い。そこで、ウェブを利用した共同開発支援システムを研究している。このシステムの仮想空間、つまりサイバースペース内には、スライド・ホワイトボード・シミュレーション対象やアバターと呼ばれる知能型

エージェントが、チャット画面には文章が表示される。各サイトの人間の映像や音声も伝わる。しかしそれでも担当間で情報が正しく伝わらず、インターフェイス不良が発生することが多い。例えば、疲れや眠気により見逃し聞き逃しをしても相手がそれに気がつかない。または、十分に真意が汲み取れないなどのことが起きてしまう。

(2) これまで、コミュニケーション支援に関する研究としては、言語解析により会話情報

の補間を行うものや、議論の活性化のためにユーザの役割を定量化するなどの研究はあるが、確実な意志伝達のためにユーザの状況に基づいて支援を行う研究は無い。また、ユーザの状況の推定においては、椅子を動かす頻度などから集中度を推定するものや、心拍変動による睡眠状態推定、皮膚温度の変化による不快状態の推定など、単一の情報による特定の状況の推定に関するものは多数行われている。

2. 研究の目的

(1) ユーザの状況推定に基づく意志伝達支援システムの開発を行い、インターフェイス不良が発生する可能性を低減し、ウェブを利用した共同開発支援システムの高信頼化を図る。

(2) 提案するシステムは、様々な生体情報や文脈情報など多種多様な異種情報を融合することにより、ユーザの肉体的・精神的状況(疲労度、集中度、興味度合いなど)を推定し、推定された状況情報に基づいてウェブに情報を反映したり、ユーザにメッセージを送ったりするなどして意志伝達支援を行う。

3. 研究の方法

(1) 多種多様な異種情報の統合による状況推定：多数の生体情報センサー(脳波計、血圧計、発汗計など)からの情報(連続的な数値情報)とカメラから読み取られたユーザのしぐさ(離散的な記号情報)や、キーボードやマウスなどの入力装置の利用具合など多種多様な異種情報を統合することによりユーザの状況推定を行う。

(2) リアルタイム性を確保したマルチセンサーフュージョンによる状況推定：推定精度を向上させるためには、できるだけ多くの情報を考慮して推定する必要がある。そこで、多数の生体情報センサーを用いて、同時に多数の生体情報を読み取り、これらの情報を融合することによりユーザの肉体的・精神的状況を推定する。しかし、推定にはリアルタイム性が求められ、全ての情報を処理する時間は無い。そこで、最初にキーとなるセンサーからの情報のみを処理し、その処理結果から期待できる状況を予測し、別のセンサーや異なる測定条件での情報を要求して確認をとる。

(3) 文脈情報を利用したトップダウン処理：脳の情報処理は一方向のボトムアップ的なものではなく、トップダウン的、文脈依存的なものであることが知られている。本手法でも、文脈情報に基づいてセンサー情報の処理方法を変えるなど、文脈情報の利用を考える。文脈はこれまでの状況の時系列やシステムの利用時間などのシステム情報から決定される。

(4) 確認メッセージなどによるアクティブセンシングによる推定精度の向上：システム側からユーザにアクションを起こして、その反応を見るなどのアクティブセンシングを行うことにより、推定精度の向上を行う。最も簡単な方法としては、ユーザに確認メッセージを送ったり、画面上に何かを表示したりしてその反応を見るなどの方法がある。

4. 研究成果

(1) 多種の生体情報センサーを用いてユーザの状況推定を行う、状況推定方式およびシステムについて具体化を行い、これを特許出願した。

具体的には、人間の肉体的、精神的な状況を推定するため、図1のように、脳波、心拍、眼球運動など多種多様なセンサデータを入力する。そして、情報合成・情報要求知識と呼ぶ前述の状況合成分析知識を用いて人工知能・知識処理の技術によりセンサデータを統合する。即ち、まず、ぼんやり、注意散漫やその逆の集中、ひらめき等の徴候を捉える。次に、図2に示すように、徴候ノードは複数センサーの中のいくつかのセンサー入力に対し、ある条件がそろった場合にアクティブになる。しかし、リアルタイム性を考えると膨大なセンサー情報を最初からすべて処理するわけにはいかない。最初はキーとなる基本的なセンサー情報だけを処理する。次に、得られた徴候や状況を見て、別のセンサーや別の角度・タイミングなど異なる測定条件での入力データを利用して、より詳しく調べる。こうして、リアルタイム性を確保しつつ精度を高める。つまり、この処理は以下の2つの過程からなる。

①ボトムアップ処理：上記の基本的なセンサー情報を使って徴候が成り立つかを調べていく。図2の例では、条件判定Aを調べ、条件が成り立っているため徴候Aをアクティブにする。次に条件判定Dを調べたところ、条件が成り立っていなかったため徴候Bはノンアクティブのままにする。次に条件判定Hを調べ、条件が成り立っていたので徴候Cをアクティブにする。結果、状況Aに必要な徴候Bがアクティブになっていないので状況Aとは判定できない。

②トップダウン処理：①でボトムアップに求めた条件判定結果から期待できる徴候を予測し、その確認を行うためにセンサーに対して情報要求を行う。図2の例では、徴候AもCも成り立つとき、徴候Bの成立を予測し、徴候Bの成立に必要な情報のため、条件Fを調べる。この条件が成り立てば、徴候Bもアクティブになり、状況Aであると判定される。本フュージョン方式に用いた人工知能はこのように、次に調べるセンサーの組合せや精度を選択していき、徴候ノードの結果を統合

して状況を推定する。また、推定された状況により、警告を出すなど様々な対応処理を行う。

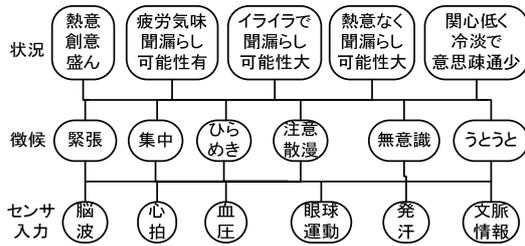


図 1. 情報(状況)合成・分析知識

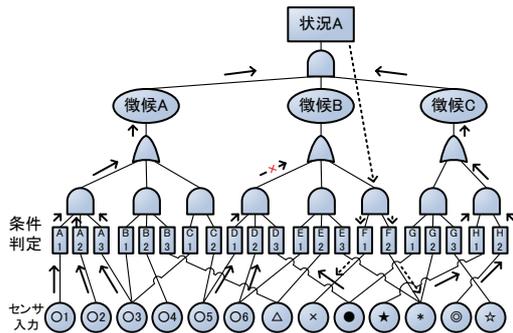


図 2. 情報合成と情報要求知識構造

(2) 脳波、脈波、発汗、などの生体情報と肉体的・精神的状況との関係についての文献調査、各種生体情報センサーの調査・予備実験を行い、本研究に適したセンサーの選別を行った。

(3) 複数のセンサーの同時使用実験による各センサー間の各センサーの推定精度、特性（ノイズ特性）などの解析を行った。具体的には、被験者に内田クレペリン検査などの作業負荷を与えた際の生体情報を計測することにより、人の集中度と脈波、発汗、皮膚温の関係性を明らかにした。この実験結果から、集中度を推定するために有効な生体情報は人により異なり、複数の生体情報センサーによる推定が有効なことを示した。また、その結果を国際会議に投稿した。

(4) ウェブを利用した共同開発支援システムの高度化に向けて、共同開発を支援するプロジェクトマネージャーエージェントの開発を行い、この結果を国際会議において発表した。

(5) ユーザの眠気状態における生体情報センサー（脈波計、皮膚温計、発汗計など）による情報解析実験を行い、この結果を国際会議において発表した。

具体的には、平常状態と眠気状態において、被験者に1時間の内田クレペリン検査（単純な計算問題）を行ってもらい、同時に各種生体情報センサーによる計測を行った。正答率

が集中度と正相関があると仮定して、この正答率（集中度）と各種生体情報との関係を調べた。その結果、眠気状態では16分前後から集中力低下（正答数低下）が起こり、このころから脈拍の変動幅が大きくなり、皮膚温が平常状態に比べ常に低くなった。また、正答率が低下するとともに発汗が緩やかに増大し、休憩をはさんで正答率が上昇した際には発汗も下降していく様子が確認された。

(6) ユーザの挙動解析のため、USB カメラによる動画像から、顔の向き変化、余所見などを解析するソフトウェアを開発した。

(7) 推定されたユーザの状況の仮想空間での再現・可視化方式、ユーザの状況に基づいた作業支援方式を具体化し、事例に基づいた検証を行い、この結果を国際会議において発表した。

具体的には、図3に示した様に、Wonderlandと呼ばれる3次元仮想空間における協調作業支援システムのためのオープンソースソフトウェアを利用して、覚醒度メータやアバタの見かけ変化や動きにより他の通信相手にユーザの状況を伝える共同作業支援システムのプロトタイプを作成し、適切にユーザの状況に対応出来ることを示した。

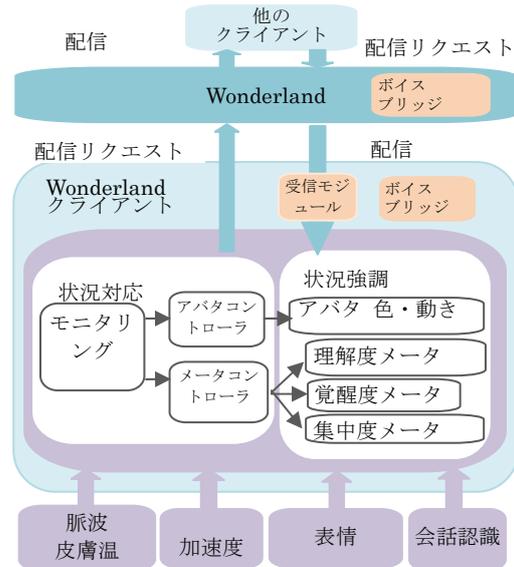


図 3 状況対応と強調

(8) ウェブ利用時のユーザの操作情報に基づいてユーザの感性プロファイルを作成し、ユーザの作業支援を行う方式を提案・検証し、特許出願し、論文誌に投稿した。

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）

〔雑誌論文〕（計9件）

- ① Kinshuk, Y. Sakurai, K. Takada, S. Graf, A. Zarypolla, S. Tsuruta,;

- "Providing Adaptive Support in Computer Supported Collaboration Environments", The 2009 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC 2009), Texas, USA, (掲載決定, ページ未定), (2009.10), 査読有.
- ② Y. Sakurai, Kinshuk, S. Graf, A. Zarypolla, K. Takada, S. Tsuruta: "Enriching web based computer supported collaborative learning systems by considering misunderstandings among learners during interactions", Proc. of The 9th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (IEEE ICALT2009), Riga, Latvia, (掲載決定, ページ未定), (2009.07), 査読有.
- ③ Y. Sakurai, K. Takada, S. Hashida, S. Tsuruta: "Augmented Cyberspace exploiting Real-time Biological Sensor Fusion", Proc. of the 22th International Florida Artificial Intelligence Research Society Conference (FLAIRS-2009), Florida, USA, pp145-146, (2009.05), 査読有.
- ④ 櫻井義尚, 鶴田節夫: "個人の主観的イメージを自動学習する検索手法", 日本知能情報フュージョン学会誌「知能と情報」, Vol.21, No.2, pp.214-221, (2009.04), 査読有.
- ⑤ 高田考平, 櫻井義尚, 鶴田節夫, A.J. Gonzalez, J. Nguyen: "共同作業管理のための文脈利用方式", 情報処理学会研究報告 グループウェアとネットワークサービス, Vol.2009, No.33, 2009-GN-071, pp55-60, (2009.03), 査読無.
- ⑥ Y. Sakurai, S. Hashida, S. Tsuruta, H. Ihara: "Reliable Web-based CSCW Systems using Information Fusion of various multiple Biological Sensors", Proc. of the 4th International IEEE Conference on Signal Image Technology & Internet Based Systems (SITIS' 2008), Bali, Indonesia, pp. 480 - 489, (2008.12), 査読有.
- ⑦ Y. Sakurai, A. J. Gonzalez, J. Nguyen, K. Takada, K. Uchida, S. Tsuruta: "Web-based Intelligent CSCW exploiting Context-based Reasoning", Proc. of the 4th International IEEE Conference on Signal Image Technology & Internet Based Systems (SITIS' 2008), Bali, Indonesia, pp.490-497, (2008.12), 査読有.
- ⑧ A. J. Gonzalez, S. Tsuruta, J. Nguyen, Y. Sakurai, K. Takada, K. Uchida :

"Using Contexts to Supervise a Collaborative Process", The 2008 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC 2008), Singapore, pp. 2706 - 2711, (2008.10), 査読有.

- ⑨ Y. Sakurai, A. J. Gonzalez, S. Tsuruta, J. Nguyen, K. Takada, K. Uchida: "Using Contexts to Supervise a Collaborative Process", The 21th International Florida Artificial Intelligence Research Society Conference (FLAIRS 2008), Coconut Grove, Florida, USA, pp.111 - 112, (2008.05), 査読有.

[産業財産権]

○出願状況 (計3件)

名称: Search system repetitive fusion search method

発明者: Setsuo Tsuruta, Yoshitaka Sakurai

権利者: Tokyo Denki University

種類: United States Patent Application

番号: No.12/196,086

出願年月日: 2008/08/21

国内外の別: 外国(米国)

名称: 検索システムにおける反復フュージョン型検索方法

発明者: 鶴田節夫, 櫻井義尚

権利者: 学校法人東京電機大学

種類: 特許

番号: 特願 2008-201434

出願年月日: 2008/08/05

国内外の別: 国内

名称: 状況推定方法、状況推定プログラム及びネットワークシステム

発明者: 鶴田節夫, 櫻井義尚

権利者: 学校法人東京電機大学

種類: 特許

番号: 特願 2007-153212

出願年月日: 2007/06/08

国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

櫻井 義尚 (SAKURAI YOSHITAKA)

東京電機大学・情報環境学部・助手

研究者番号: 30408653

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし