無拘束計測装置を用いた行動分析システム — 行動推定法 —

○鈴木明宏, 高橋隆行, 猪岡 光 (東北大学)

The behavior analysis system with an ambulatory measurement equipment — the estimate method of human behavior —

Akihiro Suzuki, Takayuki Takahashi, Hikaru Inooka (Tohoku University)

1. はじめに

高齢化社会を迎えている今日, 老年期痴呆症患者の増加が今後の医療において大きな問題となっている。老年期痴呆症患者の効果的な診断・治療を行う上で, 患者の日常生活の行動記録を無拘束で長時間にわたって計測することが重要であると考えられている。例えば, 歩行能力や姿勢保持能力と脳障害との関係 [1], また昼間運動量と睡眠障害や夜間徘徊の関係 [2] 等が報告されている。このため我々は, 図 1 に示すような行動分析システムを提案してきた。本システムの機能は, 加速度センサとレートジャイロを使用した無拘束計測装置 [3] によって実時間で行動識別 [4] を行い, 次にオフライン処理部で, その識別データと歩行時のセンサデータを使用して, 詳細な行動推定や歩行軌跡推定を行うものである。

本報告では, 行動分析システムにおける行動推定法について議論する。この方法は, 行動識別の結果を入力条件として, 人間の行動遷移ルールに基づいて行動推定を行っていくものである。

2. 行動推定法

人間の 1 日の行動の大半は, 立位・座位・臥位・歩行から成り立っていると考えられる。そして, ある行動から別の行動への遷移は, 図 2 で示すように, 歩行 ↔ 立位 ↔ 座位 ↔ 臥位のような基本的ルールに基づいて変化する。例えば, 寝ている状態から突然歩行動作に移ることはなく, 必ず臥位 → 座位 → 立位 → 歩行という一連の行動遷移が生じる。

一方, 無拘束計測装置を用いた実時間行動識別は, 身体胸部の加速度波形を解析することによって静止状態 (立位/座位), 動作状態 (立つ/座る), 臥位状態, 歩行状態のような 4 つの状態に動作を実時間で判別するものである [4]。この 4 種類の状態を入力条件として, 図 2 の基本的なルールに基づいて全ての行動の状態遷移をオートマトンで定義すると, 図 3 のようになる。例えば, 無拘束計測装置からの判別結果が静止状態 (立位/座位) であった場合, この情報だけでは立位と座位のいずれかであるかは判断不可能である。しかしながらこの直前が歩行状態であった場合, 歩行から座位へ

直接変化することはないので, 立位状態であることが確定できる。つまり, 実時間行動識別によって得られた歩行・臥位のような確定した行動識別結果を用いて, 静止状態 (立位/座位) や動作状態 (立つ/座る) の結果を次々と確定した行動として推定していくものである。なお, 無拘束計測装置から得られる情報の内, 曖昧さを含むものは静止状態 (立位/座位) と動作状態 (立つ/座る) であり, これらを総称して以下“未確定の行動”, それ以外の歩行状態と臥位状態を“確定した行動”とよぶことにする。

ところで, このように複雑な状態遷移を効率良く解析するためには, コンピュータを用いた自動解析が有効である。そこで, 形式言語理論の研究で自動解析技術が確立している構文解析手法を, この状態遷移の解析に利用する。その方法としては, 図 3 で定義した行動遷移を, 文脈自由文法に置き換える。例えば, 歩行状態 (walk) の次に静止状態 (立位/座位) (S) が入力された場合, 立位状態 (stand) と推定するのは,

stand : walk S

と現す。このようにして, 全状態を定義し, yacc(Yet Another Compiler-Compiler)[5] を利用することで, 状態遷移のルールに対応する C のソースコードが作成される。それをコンパイルして実行ファイルを作成し, 行動識別結果を入力条件として自動推定を行うことができる。

3. 行動推定法の実験結果

自動推定した結果を図 4 に示す。一点鎖線で示したものが, 無拘束計測装置を用いた実時間行動識別結果で, 被験者は 33 歳の健康男性である。なお, ここでは実時間行動識別結果には誤りが無いことを仮定しておく。破線で示したのが実際の行動で, 実線が推定を行ったものである。時刻 t_w において, 確定した行動である歩行状態が認識された後, 未確定の行動が立位・座位・立つ・座るという確定した行動として推定することができた。

ここで問題となるのは, $0 \sim t_w$ 区間のように, 実時間行動識別によって, 確定した行動が識別される以前

図 1: 行動分析システム機能ブロック図

の区間の推定結果は、静止状態（立位/座位）と動作状態（立つ/座る）を繰り返すだけで、そのほかの状態に遷移することができないことである。これは時刻 t_w から時間的に逆にたどって推定していくことで防ぐことが可能である。具体的には、逆の時系列上で行動遷移ルールを定義し、前述した行動推定法の結果を逆から見ていくことで、行動遷移を行う。まず、図 5 に示すように、逆方向（時系列上で）に行動遷移を推定する規則を定義した。これも同様に yacc を使用して行動遷移のルールを自動解析した。図 4 で推定した結果を入力条件として逆推定した結果を図 6 に示す。これによって行動を確定できなかった $0 \sim t_w$ 区間の行動を、確定した行動に推定することができ、全区間の推定結果は、実際の行動と合うようになった。

4. おわりに

本報告では、人間の行動遷移ルールにもとづいて行動推定を行うことで、立位・座位・臥位・歩行を識別する方法を提案した。また、行動遷移を文脈自由文法で記述し、自動解析を行う手法を示した。本手法は、今後さらに推定する行動の種類を増やしていく場合に有効に活用されると期待できる。

参考文献

- [1] 中村貴志, 山口智, 土井智佳, 青木朋子, 目黒謙一, 佐々木英忠, 山崎英樹, 奥住秀之, “老年期痴呆患者の歩行分析”, 第 3 回日本老年医学会東北地方会, 270, 1992
- [2] K.Meguro et al., “Disturbance in Daily Sleep/Wake Patterns in Patients With Cognitive Impairment and Decreased Daily Activity”, JAGS, 38, 1176/1182, 1990
- [3] 鈴木明宏, 高橋隆行, 猪岡光, “人間の歩行運動の無拘束計測装置の試作とその性能評価”, 日本機械学会 Dynamics & Design Conference 1994, 225, 1994
- [4] 鈴木明宏, 高橋隆行, 猪岡光, “歩行経路推定のための無拘束行動識別”, 電子情報通信学会 1994 年秋季大会, D-122, 1994
- [5] 近藤喜雪, “yacc による C コンパイラプログラミング”, ソフトバンク株式会社出版

図 2: 行動遷移のルール

図 3: 行動の状態遷移

図 4: 行動推定の実験結果

図 5: 行動の状態遷移（逆方向）

図 6: 行動推定の実験結果