

生活活動度計 (A - M E S) の商品化に向けた機能改善

The Improvement on the A-MES (Activity Monitoring and Evaluation System) for commercialization

坂田 俊一^{*1}
Shunichi SAKATA

野尻 晋一^{*2}
Shinichi NOJIRI

永田 正伸^{*3}
Masanobu NAGATA

リハビリテーションの現場において、被験者の日常の活動状況（臥位、座位、立位、歩行、車椅子駆動）を客観的かつ定量的な評価が可能な生活活動度計（A-MES）の商品化を推進するために、評価ソフトウェア及びデータロガーの機能改善を行った。評価ソフトウェアについては、個別解析機能の充実、経時解析機能の追加、データロガーについては小型化と長時間計測への対応を実現した。

キーワード：姿勢計測、動作計測、寝たきり度、ADL、介護、リハビリテーション

1. はじめに

リハビリテーションの質の向上に資するために、平成12年度より介護老人保健施設 清雅苑と共同で生活活動度計を開発している⁽¹⁾。医療や福祉の現場における治療方法の検討やリハビリテーションのプログラム作成、さらに介護の必要性の判断において、特に重要となっている被験者の生活活動度（日常の活動状況）の把握を定量的、自動的に行う。本装置によって、従来から実施されている問診の不正確さ、また直接観察における観察者、被験者双方の身体的、精神的負担に対する問題を克服することが可能となる。

プロトタイプ1号機における課題として（1）評価精度の検証と評価方式の改善、（2）長時間計測の実現、（3）データロガーの小型化、（4）装着性、操作性の向上、（5）データ処理速度の向上を挙げた。今回、清雅苑でのフィールドテストにおける現場スタッフからの改善要望を踏まえ、これら課題点を解決するために評価ソフトウェア及びデータロガーの機能改善を実施した。

2. 開発の目的

本開発の目的は以下の三点に絞られる。

2.1 客観的かつ定量的な計測を実現すること

被験者の日常生活における活動状況をデジタルデータとして収集、分析し、定められた評価項目（臥位、座位、立位、歩行、車椅子駆動）に従って定量的評価が可能な手段を実現する。具体的には、計測期間内における各評価項目の発生時刻及び時間が判定可能な計測装置を開発する。

2.2 被験者のプライバシーを守ること

被験者とその家族のプライバシーに関して最大限の配慮を行い、精神的抑圧感、拘束感を排除する。具体的には、ビデオカメラ等による映像観察ではなく、センサを被験者の身体に直接装着することで観察者を無くした被験者独自での計測を実現する。また、日常生活の様々な場面において被験者の動作を阻害しないように留意し、また装着感の向上を図る。

2.3 計測、評価の負荷軽減を図ること

計測作業の負荷軽減のために、計測作業の自動化と操作方法の簡便化を図る。また、評価に関してはデータ処理方式を確定の上ソフトウェア化を図る。ソフトウェアはパソコン上で稼動するものとし、データロガーより計測データを一括して取り込み、自動的に処理を行うようにする。必要に応じて処理のための各種条件設定も可能とする。

3. 評価ソフトウェアの機能改善

3.1 個別解析機能の拡充

一回分の計測データの解析を総じて個別解析と称しているが、これまで実現していた測定開始時刻からの時系列での評価機能をもとに以下の解析機能を追加した。

（1）総時間・最大連続時間表示

評価項目毎、及び臥位の各姿勢（背臥位、右側臥位、腹臥位、左側臥位）毎の総時間及び最大連続時間を表示する。

総時間は一日の内での活動状態を把握する重要な指標である。寝て過ごす時間がどれくらいあるか、離床はできているか、移動はどれくらいの時間行っているか、などリハビリテーションやケアプログラムの効果判定や新たなリハビリテーションプログラムやケアプラン作成時に有用な指標となる。連続時間は同じ姿勢が長く継続する場合は、褥創や変形の危険度や運動負荷の状態などの指標となる。表示例を図1に示す。この例は24時間連続計測を行ったもので、画面左側に各姿勢の総時間及び最大連続時間値、画面右側に総時間において各姿勢の占める割合を円グラフで示している。

* 1 (財) くまもとテクノ産業財団

電子応用機械技術研究所 研究開発グループ主任研究員

* 2 医療法人社団寿量会

老人保険施設 清雅苑 副施設長・センター長

* 3 熊本電波工業高等専門学校

電子制御工学科 助教授

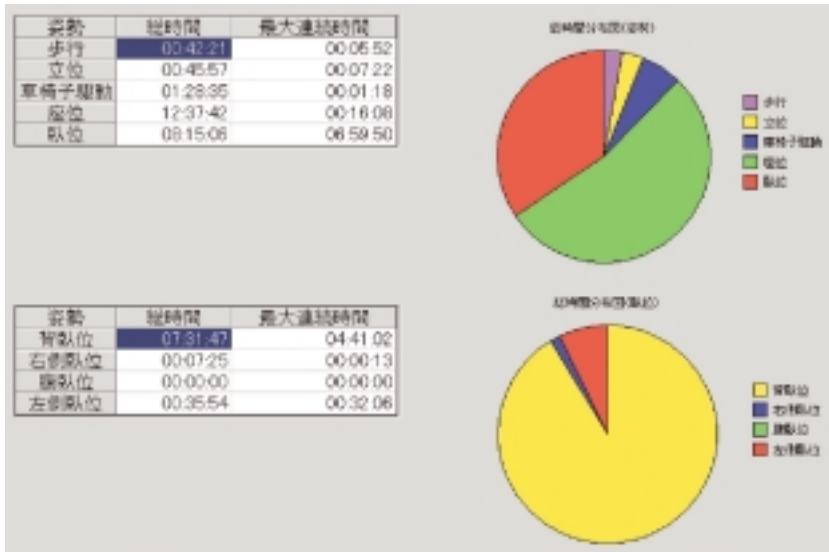


図1 総時間・最大連続時間表示

(2) 姿勢遷移回数表示

評価項目間、及び臥位での各姿勢間の遷移回数を表示する。座位、立位間の変化では一日行われる立ち座りの回数を把握し、また立位、歩行から臥位への回数は、危険な寝方（倒れこむように床に入る場合など）あるいは転倒があった時間や状況を知る一助となる。

臥位姿勢変化では、特に寝返りの回数や同一臥位の持続時間は褥瘡の管理と密接な関連があるため、臨床上非常に有用な指標となる。表示例を図2に示す。

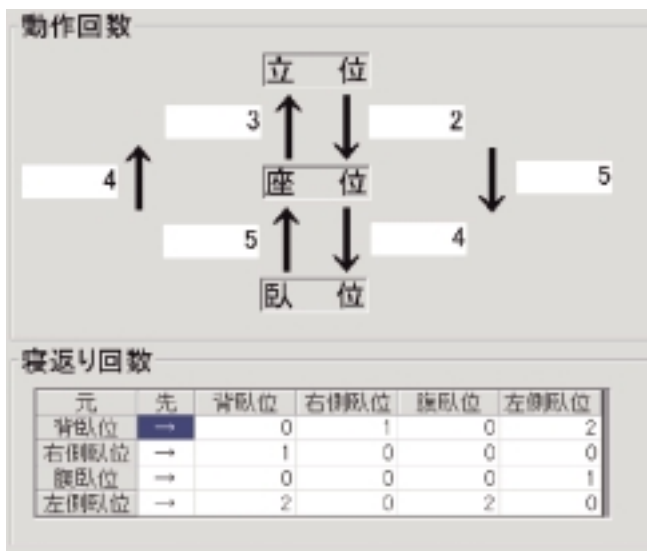


図2 姿勢遷移回数

(3) 時間帯毎比率分布表示

時間帯（1時間刻み）毎に各解析結果の総時間に占める割合の表示を行う。大まかな一日の生活状況を視覚的に捉えることが可能である。表示例を図3に示す。この例は24時間連続計測を行った例で、グラフ横軸は計測した時間帯（1時間刻み）縦軸は時間（単位は分）を示しており各時間帯

での評価項目の占める割合とその時間を表示している。

3.2 経時解析の追加

経時解析は個別解析結果をもとにして、被験者個々について経時変化を捉えることを目的に行う。解析にあたっては、解析対象となる個別解析結果を選択する。

(1) 総時間・最大連続時間の経時変化表示

総時間及び最大連続時間についての経時変化を表示する。リハビリテーションやケアプログラムの変化に伴う活動状態の効果判定や生活環境の違いによる変化、あるいは、急性期、回復期、維持期の各ステージにおける活動量の経時的変化の指標として有用である。表示例を図4、図5に示す。この例は1週間間隔で行った計測を経時解析したもので、画面上部に各姿勢の時間割合、画面下部に各姿勢の時間値を表示している。

(2) 姿勢遷移回数の経時変化表示

各姿勢遷移回数の経時変化を表示する。回数の変化から活動状態の向上度合いと、それに伴うリスク状況の変化を把握する指標となる。表示例を図6に示す。

(3) 寝返り回数の経時変化表示

寝返り回数の経時変化を表示する。褥瘡の治癒過程に伴いどう変化するのか、あるいは変化していないことを確認することで、マットレスのタイプや、他の治療、ケアプログラムなどの効果判定に使用する。表示例を図7に示す。

3.3 評価精度の向上

(1) Y軸空間交角の判定ルールへの追加

臥位、座位、立位の姿勢判別はセンサ各軸の重力方向成分を個別に取得し判定を行ってきたが、新たに体幹部と大腿部の相対関係を算出し判定ルールに追加した。具体的にはセンサ座標系における体幹部Y軸及び大腿部Y軸間（図8 センサ座標系を参照）の空間交角を求める演算部を作成し、演算結果を姿勢判定ルールに追加した。結果、特に臥位判別において体幹部と大腿部の大きな擦れに起因する判定ミスが大幅に減少し評価精度が向上した。

(2) 周期運動の判別

エアロバイク等における自転車漕ぎ運動を伴うリハビリテーションの場合、大腿が深く折れ曲がる場合に座位と判定してしまい、結果立位と座位間の遷移回数において実態と乖離してしまう不具合が発生していた。これに対処するために、姿勢遷移の時間間隔が指定周期以下の遷移を周期運動として数え、周期運動回数として表示を行う機能を追加した。被験者の活動レベルに応じて周期指定値の変更が可能である。

3.4 計測データ・解析結果の管理機能追加

(1) 個人別データ管理

計測データ及び解析結果について、被験者毎の個別管理を可能にした。まず被験者はA-MESの使用にあたってフェ

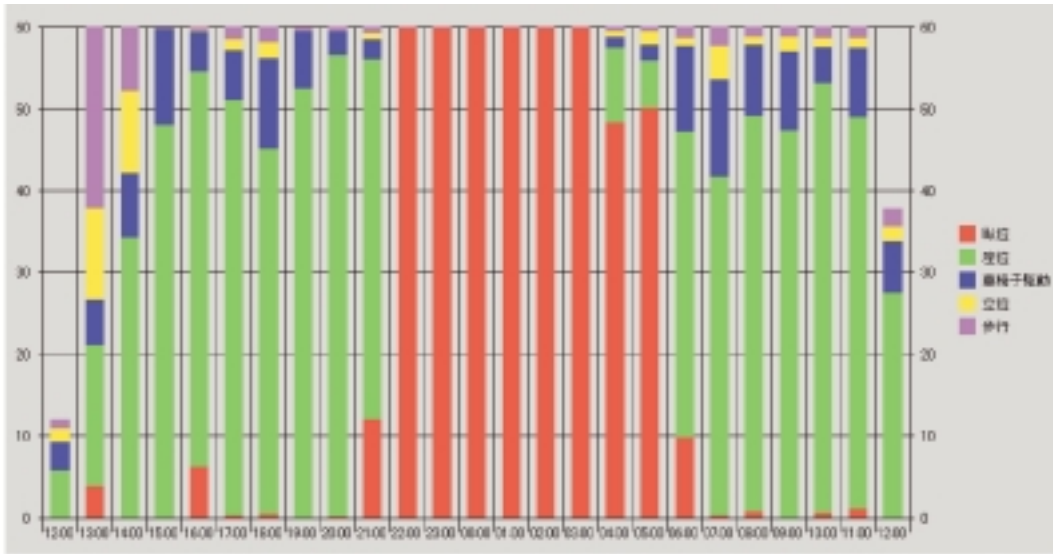


図3 時間帯毎比率分布

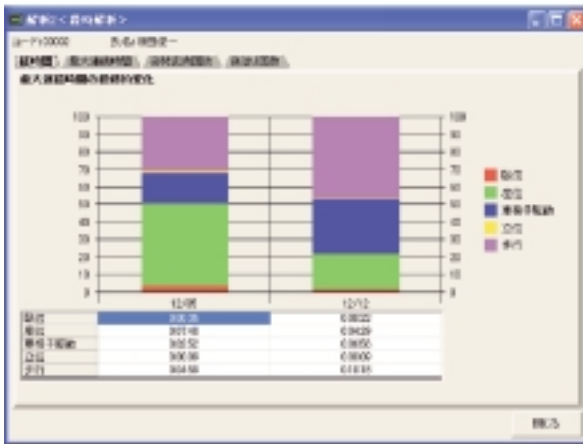


図4 総時間の経時変化

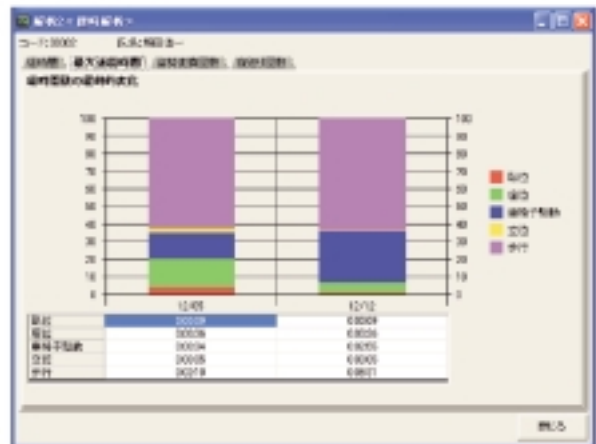


図5 最大時間の経時変化

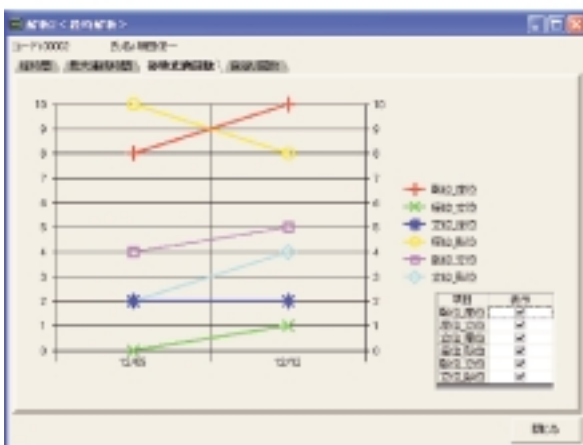


図6 姿勢遷移回数の経時変化

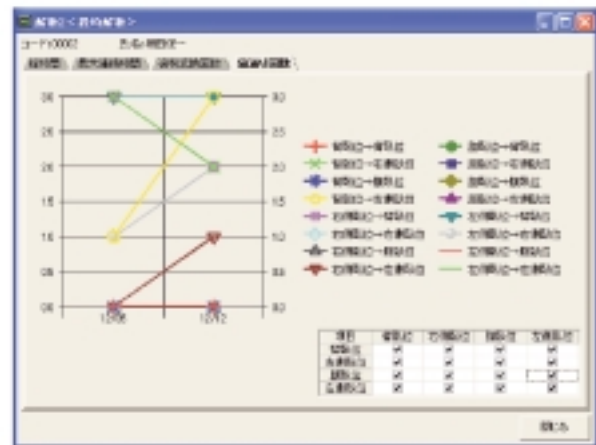


図7 寝返り回数の経時変化

イスシートの登録を行う。被験者の属性をフェイスシートに入力し、個人別に管理を行う。図9に登録例を示す。項目名及び項目毎の入力形式(キ入力方式または選択方式)は

容易にカスタマイズ可能である。

データ管理方法として、被験者毎に個人コードを採番したのち、計測日時別のフォルダを自動生成し当該フォルダ内に

計測データ及び解析結果一式を格納する。フォルダ構成及びフォルダ生成規則をユーザに公開することで、ユーザ自身によるデータメンテナンスが自由に行えるよう考慮している。

(2) 表計算ソフト Excel へのエクスポート

A - M E S での解析結果を表計算ソフト Excel へエクスポートする機能を追加した。上記個別解析結果、及び経時解析結果におけるグラフィック、及びテキスト情報を Excel のシート上に個別に抽出する。各種報告書作成において素材として利用できる他、Excel の集計、解析機能を用いることで解析データの加工、編集、解析が独自に可能になる。

(3) 個別計測データの合成

データロガーの仕様により計測の開始から終了まで (ロガー側スイッチが “ RUN ” 状態の間) を 1 ブロックとして扱い、評価ソフト上ではこの 1 ブロックが個別解析の単位となる。従って、入浴時一時計測を中断する場合やスイッチの誤操作で OFF にしてしまった場合等、計測が分断し評価ソフト上では別解析となってしまう不具合があった。分断された解析結果を合成処理する機能を付加することで連続的な解析評価が可能となる。

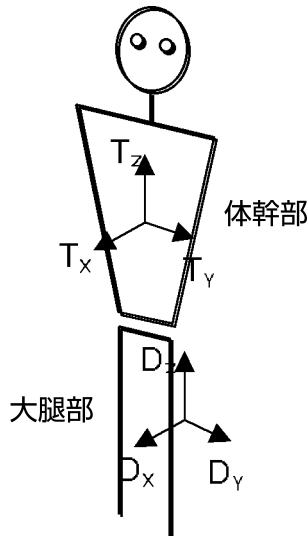


図 8 センサ座標系

3.5 処理速度の向上

評価ソフトウェアでの解析処理の速度向上のために、内部処理における中間結果のファイル保存部及び画面表示部の大幅見直しを実施した。記憶媒体に保存すべき情報と画面情報として表示すべき内容の再検討



図 9 フェイスシート登録例

を行い不要な部分について削減した結果、コンピュータ資源の使用効率が向上し処理時間の半減化が達成できた。特に長時間計測データの処理におけるストレスが緩和された。

4. データロガーの機能改善

4.1 改善要望と基本仕様について

データロガーは腰部のポシェットに収納して使用するが、特に就寝時の寝返り時に違和感があるために、その小型・軽量化について現場スタッフからの強い要望があった。また、被験者が自ら操作を行う場合を想定し容易かつ誤操作を排除できる操作性を実現すること、従来最大 9 時間であった計測時間を拡大し 24 時間以上の長時間計測へ対応することが要望事項として挙がっていた。

今回、以上の改善要望を実現すべく、データロガーの新規設計製作を前提として必要機能を検討し、基本仕様を策定した。表 1 にデータロガー基本仕様、表 2 に基本機能を示す。

表 1 データロガー基本仕様

項目	内容
記録データ	サンプリング時刻 + 6 軸データ (0 ~ 4096 の A/D 変換値) + 計測時刻 (24 時表記)
A/D 分解能	0 ~ 5V : 12 ビット
サンプリングタイム	0.2sec 固定
記録時間	24 時間以上
電源 (セラを含む)	電池駆動 (充電式単 3 電池 1 本)
サイズ	85mm x 75mm x 25mm 以下
筐体製作方法	簡易金型
メモリ	フラッシュメモリ
その他	スイッチと LED は同一端面に配置すること (75 x 25 端面側)。ケーブル接続用コネクタは堅牢に設置すること。

表 2 データロガー基本機能

項目	内容
スイッチ操作	電源 OFF / 電源 ON / RUN の三段切り替え。スライド式を採用
LED 表示	<ul style="list-style-type: none"> 電源 OFF 位置 : 乾電池入替え時は点滅、通常時は常時消灯 電源 ON 位置 : 常時点灯 RUN 位置 : 正常時は 1 秒に一回点灯、電池電圧低下時は 3 秒に一回点灯、メモリ残量減少時は 0.6 秒に一回点灯
パソコンとのインタフェース	ケーブル接続 (RS232C)
日時設定	パソコンから指示
データ消去	パソコンから指示
中断・再開処理	<ul style="list-style-type: none"> RUN 位置 電源 ON 位置で中断 電源 ON 位置 RUN 位置で再開 (再開時は記録データの末尾より追加記録する)
メモリ保存	2sec 毎にメモリへ保存

5. 今後の課題

5.1 加速度センサの小型化

現行センササイズ (27.2mm × 27.2mm × 19.8mm)、重量 (23 g) を大幅に小型軽量化すべく A - M E S の要求仕様を満たすセンサについて市場調査を継続中である。小型軽量化によって現在コルセット、サポータによる装着方法から、被験者の身体へ直接貼付するような全く違った方式への移行も可能となり、被験者の身体的負担の軽減化とセンサ姿勢保持の格段の安定化につながると期待できる。

5.2 センサとデータロガー間の無線化

センサとデータロガー間のコードが計測中に身体と絡まってしまい最悪の場合断線してしまう事態が発生している。コードが存在すること自体が身体的負担を増加させていることも否めない。

無線化へ移行する場合データロガーを身体から離して別置きにするのか否か、またリアルタイム処理によるモニター機能を実現するのか否か、その必要性も含めて検討を行う必要がある。

6. 終わりに

プロトタイプ 1 号機における課題およびその後のフィールドテストで挙げた課題に対処するために評価ソフトウェア及びデータロガーの機能改善を実施した。評価ソフトウェアについては導入施設での実際の運用を意識してリハビリテーションの質の向上に貢献するための機能を厳選して実装した。また、データロガーについては必要機能を明確化し絞り込むことで、小型化と電池長寿命化を実現した。これにより、A - M E S の商品価値がさらに高められるものと期待する。

参考文献

- (1) 坂田俊一、永田正伸、野尻晋一：電応研テクニカルレポート Vol.12 No.1 (2002) ,pp.19-25.

執筆者紹介



坂田 俊一 Shunichi SAKATA
昭和 54 年九州大学工学部機械工学科卒業
専門分野：CAD/CAM/CAT
製造分野システム開発
福祉機器開発
E-mail :saka@kmt-ti.or.jp



野尻 晋一 Shinichi NOJIRI
昭和 57 年九州リハビリテーション大学卒業。
理学療法士、介護支援専門員
平成 8 年訪問リハセンター清雅苑センター長
平成 11 年老人保健施設 清雅苑 副施設長
全国訪問リハビリテーション研究会理事。
E-mail : snojiri@mub.biglobe.ne.jp



永田 正伸 Masanobu NAGATA
昭和 60 年熊本大学大学院工学研究科機械工学
専攻修了。博士 (工学)
平成 15 年 熊本電波工業高等専門学校電子制御
工学科助教授
専門分野：自動制御、シーケンス制御
ロボット制御
学会：計測自動制御学会、日本機械学会各会員
E-mail :nagata@ec.knct.ac.jp