

## 心拍数と加速度頻度による日常生活での運動量と 身体活動度の解析およびその評価法

解剖生理学 平野 三千代

A Method of Estimation and Analysis of Physical Activity during Holter ECG  
Monitoring by Using of Relationship of Accelerogram and Heart Rate

Michiyo HIRANO

### 要 旨

近年、日常生活での運動量ないし身体活動度の情報は、心電図・血圧の情報と並んで、成人病等における日常生活を管理する上で、また在宅患者におけるライフスタイルを評価する上で必要とされ、その社会的要求が増大している。そこで、身体活動度の情報と心電図・血圧などの心機能情報の同時記録が報告されるようになってきた。

しかし、心電図・血圧などの心機能情報と身体活動度の情報の両者を同時に評価できる適当な評価法に関する報告はまだない。

そこで、日常生活での心機能および身体活動度を評価する方法として利用するために、ホルター心電図と同時記録した加速度頻度の再生データより『加速度頻度一心拍数関連図』を作成し、その基礎的検討を行った結果、有用性を認めたので報告する。

### 緒 言

心機能検査とくに運動負荷試験は、一般に医師や看護婦による監視下で実施される。

外来患者の通院途上および在宅患者に対しては、非監視下で行われる。

非監視下における心電図検査を目的としてホルター心電計が開発され<sup>1~3)</sup>、①一過性の心電図異常の検出、②潜在性の冠動脈疾患の発見、③心機能の評価、④不整脈の診断、⑤冠動脈疾患以外の病態の評価さらに、⑥明らかに心筋梗塞など心疾患を有する患者における運動許可条件や運動処方の設定等に应用されている。

最近では心電図以外の生体情報例えば血圧、呼吸、脳波等の記録にも広く应用がなされ身体機能のモニターおよび安全な運動量の設定などに应用されている<sup>4~7)</sup>。

著者らもホルター心電計の開発と臨床応用など一連の研究を続けているが、ホルター心電計の普及は目覚ましく応用分野も広い。

多くの報告から、日常生活での心電図異常に

は、各種の動作・行動によって誘発されるものがあること<sup>8~9)</sup>、虚血性の指標となるST偏位は体位により影響を受けること等が知られ<sup>10~11)</sup>、日常生活での動作および行動分析の必要性が高まってきた<sup>12~13)</sup>。

また、日常生活での運動量ないし身体活動度の情報は、心電図・血圧の情報と並んで、成人病の日常生活を管理する上で、また在宅患者におけるライフスタイルを評価する上で必要であるとされてきている<sup>14)</sup>。

そのような社会的要求から、近年、身体活動度の情報と心電図・血圧など心機能情報の同時記録が報告されるようになってきた。

稲田らも在宅患者の身体活動度を血圧と心電図ともに長時間モニターするために携帯型の装置を開発し発表している<sup>15)</sup>。

しかし、心電図・血圧など心機能情報と身体活動度の情報、両者を同時に評価できる適当な評価法に関する報告はまだない。

本論文では、日常生活での心機能および身体

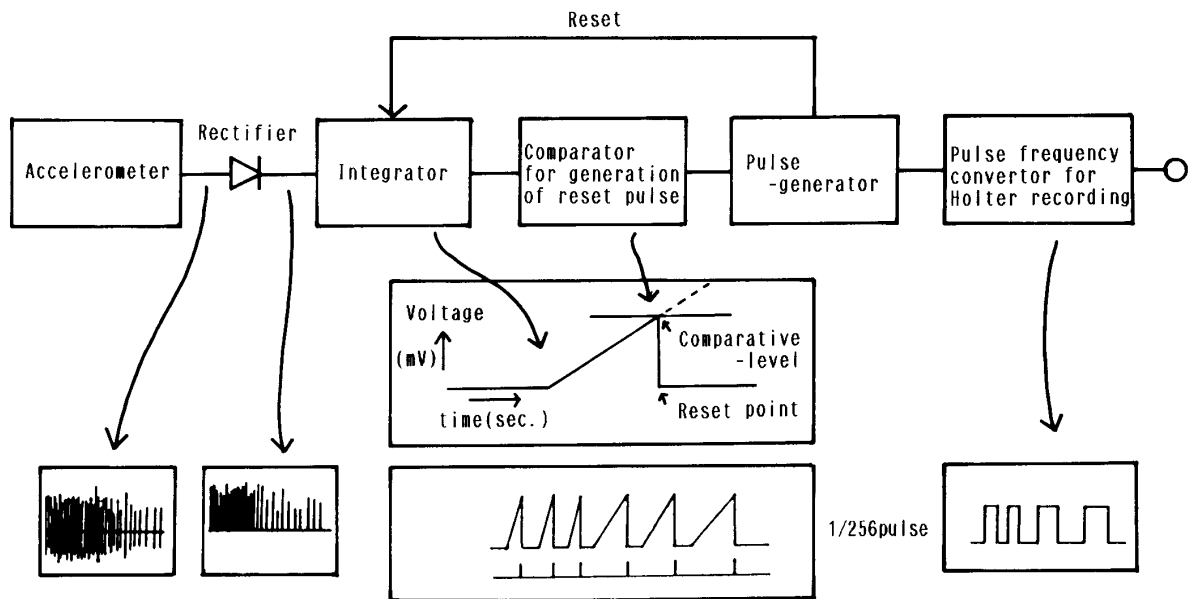


図1 加速度信号処理のブロック図

活動度を評価する方法の一案として、ホルター心電図と同時記録した加速度頻度の再生データより『加速度頻度一心拍数関連図』を作成し、基礎的検討を行い、有用性を認めたので報告する。

### 装置と方法

記録装置としてはフクダ電子社製、SM-26・ホルター心電計を用い、日常生活中心電図と身体活動度の情報としての加速度頻度を同時記録した。

心電図と加速度頻度は、ホルター心電計のチャンネル1およびチャンネル2にそれぞれ、同時に入力した。

またデータの再生解析装置としては、フクダ電子社製、SCM-270を用いた。

加速度信号を、ホルター心電計に心電図と同時に入力するためには、独自に開発した加速度計をアダプタとして使用した。

使用した加速度計の信号処理のブロックダイアグラムを図1に示す。

加速度センサーにより、加速度信号のうち垂直加速度のみを検出させ、加速度センサーの出力をパルス列に変換し、パルスの一定数毎に矩形波を発生させる。この矩形波の頻度を加速度の頻度として、その多少により患者の身体活動度を判定した。

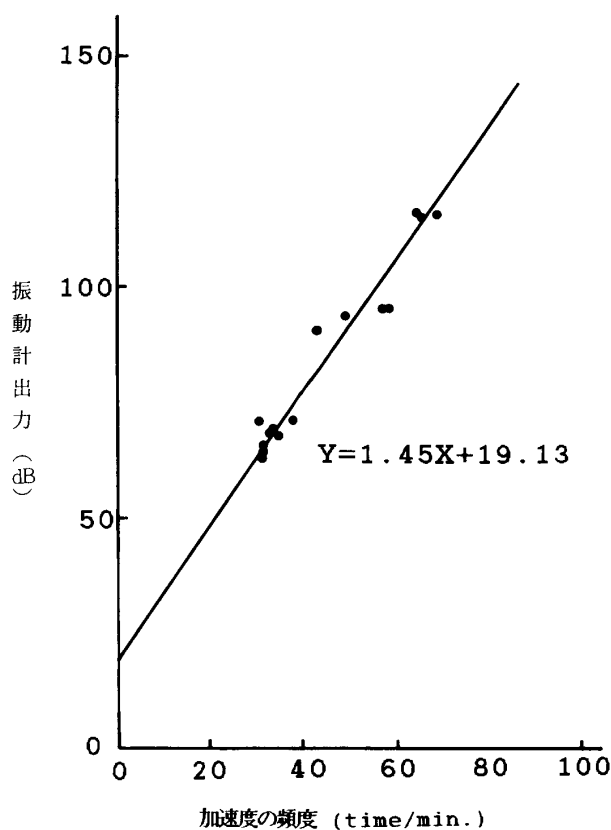


図2 加速度計の動作特性

加速度計の動作特性を図2に示す。加速度頻度は動作量に比例して増大し、目的に合う特性を有するものである。

研究方法としては、まず、上述の装置を使用し、日常生活中心電図と加速度頻度を同時記

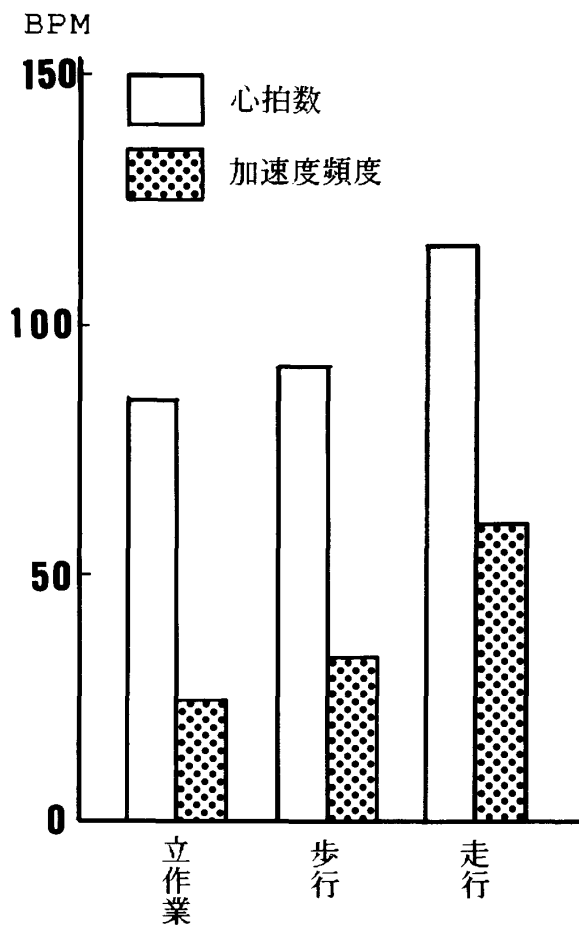


図3 動的動作時の心拍数と加速度頻度の関係

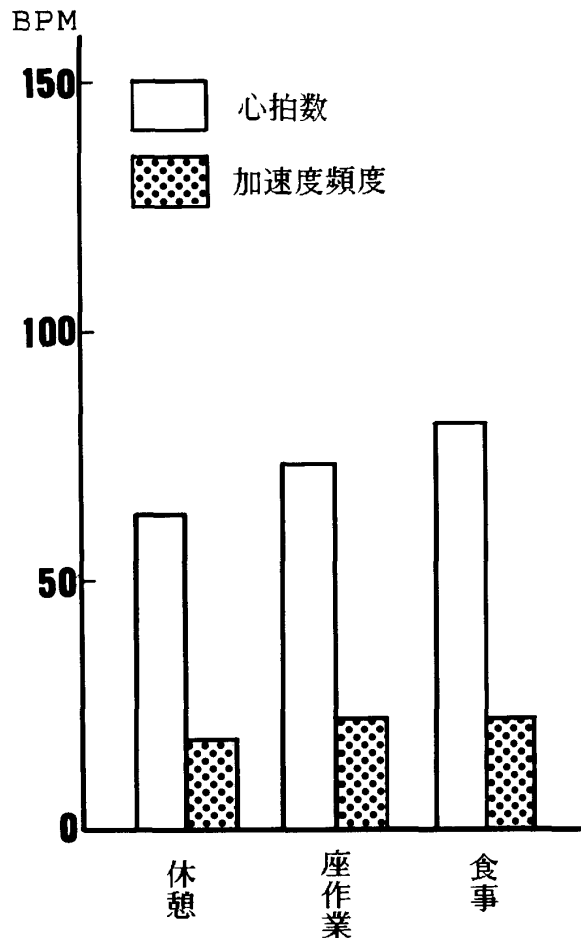


図4 静的動作時の心拍数と加速度頻度の関係

録し、再生記録データより、各種動作時における心拍数と加速度頻度の反応を調べた。

さらに心拍数と加速度頻度のデータの定量性を検討するためトレッドミル運動負荷試験を実施した。トレッドミル運動負荷試験はブルースのプロトコールにて実施した。

つぎに心拍数と加速度頻度情報と日常生活での運動量および行動の解析法として利用できるか否かを検討した。

さらに心拍数と加速度頻度を二次元情報として利用することにより、日常生活での運動量および行動の解析、さらに身体活動度の評価が可能となるのではないかと考え、『加速度頻度—心拍数関連図』を作成し、運動量および身体活動度の評価法としての可能性を検討した。なお、心電図記録の導出法としては、CM5を用いた。

### 結 果

加速度計を全身の動きを最も反映する腰部に

装着し、Holter 心電計により種々の動作時の心拍数と加速度頻度の変化を調べた。

日常生活の動作および行動を、動的 (dynamic) 動作と静的 (static) 動作に分けて心拍数と加速度頻度の変化を検討した。

その結果を図3、図4に示す。

動的 (dynamic) 動作においては、心拍数および加速度頻度は運動強度に従って共に増大しており、心拍数と加速度頻度は共に運動強度の指標となり得ることが分った。

静的 (static) 動作においては、心拍数の変化は動作および行動によりわずかに変化しているが、加速度頻度の変化は著明ではなく、加速度頻度の変化によっては、各動作および行動を識別することは困難であった。

次に、動的 (dynamic) 動作において、心拍数および加速度頻度の定量性を検討するためにトレッドミル運動負荷試験をブルースのプロトコールに従って実施し、心拍数および加速度頻

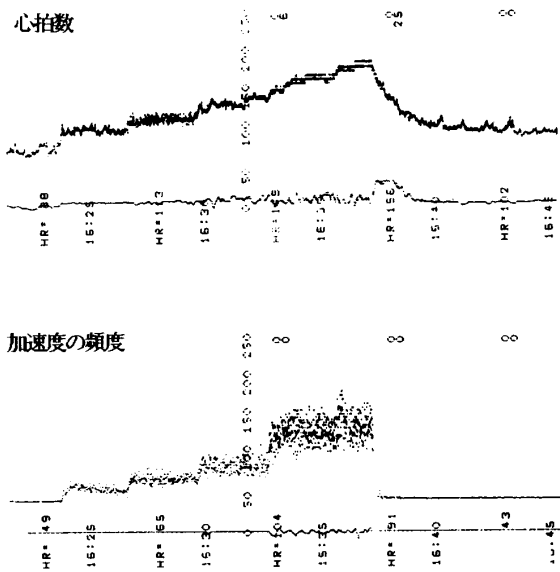


図5 トレッドミル運動負荷試験時の心拍数と加速度頻度

度のトレンドグラムを得た(図5)。

その結果、運動強度に従って、心拍数および加速度頻度は共に増加した。加速度頻度は運動強度が変化する毎に階段状に増大した。

心拍数は運動強度の変化に対し、時間ずれを伴って増加した。

次に、心拍数と加速度頻度情報が日常生活での運動量および身体活動度を評価する上で有用であるかどうかについて検討するために『加速度頻度一心拍数関連図』を作成した。

動的(dynamic)動作時の『加速度頻度一心拍数関連図』を図6に示す。

静的(static)動作時の『加速度頻度一心拍数関連図』を図7、図8に示す。

静的(static)動作時には日常生活の動作および行動を立位時(図7)と座位時(図8)に分けた。

動的(dynamic)動作時には、歩行、走行と運動強度に従い直線的に加速度頻度一心拍数関連図が展開された。

静的(static)動作時には、加速度頻度の変動が少なく、ほぼ一定の値を示すが、立位、座位それぞれの動作または行動の種類により心拍数に差があった。

さらに、詳細に観察分析すると、類似の動作であっても、例えば、座作業・車の運転・タク

シー乗車に見られるように、動作が能動的か受動的かによって、加速度頻度に差があることが認められた。

このことから、加速度頻度の変化によっては、各動作および行動を識別することは困難であると思われる静的(static)動作の解析が、心拍数の情報と二次元情報として現すことにより、可能であることが分った。

次に、日常生活での心拍数と加速度頻度より作成した『加速度頻度一心拍数関連図』による運動量または身体活動度の評価法について述べる。

図9に、睡眠時、起床時(a. m. 6:30-a. m. 7:30)、朝食前後、日中労作時の単位時間当たりの心拍数、加速度頻度回数を示した。

図10、図11、図12、図13、に同上の夫々の時間帯の『加速度頻度一心拍数関連図』を示す。図9の様式に比較し、図10-図13は日常の身体活動度の変化を十分に現すことが分った。

例えば、最高心拍数がほぼ同じ100-110拍/分である起床時(a. m. 6:30-a. m. 7:30)と朝食前後の『加速度頻度一心拍数関連図』を比較した場合、運動量および身体活動度の差が明確であり、身体活動度の評価法として活用し得ると思われた。

## 考 察

ホルター心電図検査は、潜在性の冠動脈疾患の発見、心機能の評価、不整脈の診断、心筋梗塞など心疾患を有する患者における運動許可条件や運動処方の設定を目的として、日常生活に、医師や看護婦の不在の非監視下で実施されることが多い<sup>16)</sup>。

最近、日常生活での心電図異常には、各種の動作・行動によって誘発されるものがあること、心電図のST偏位は本位により影響を受けることが知られ、日常生活での動作および行動分析の必要性が高まってきた。

また、中年以上で問題となる成人病においては、ライフスタイルが危険因子として重要視されてきており、在宅における日常生活を管理する上で、生活中的運動量ないし身体活動度の情報の必要性が高まってきた。

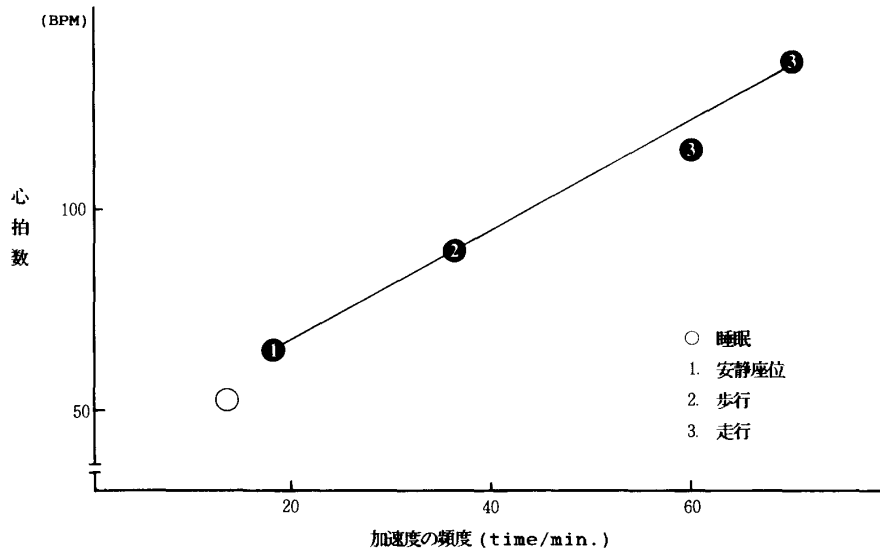


図6 歩行・走行時の心拍数と加速度頻度の関係

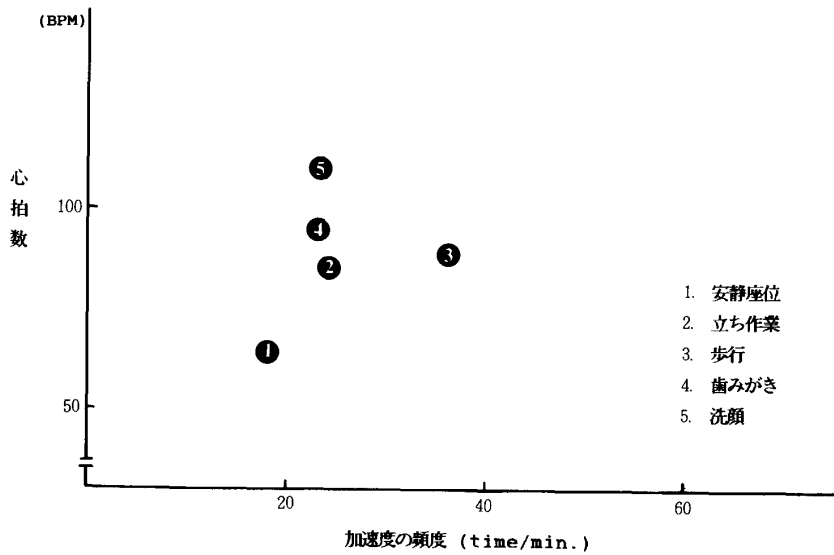


図7 立位時の心拍数と加速度頻度の関係

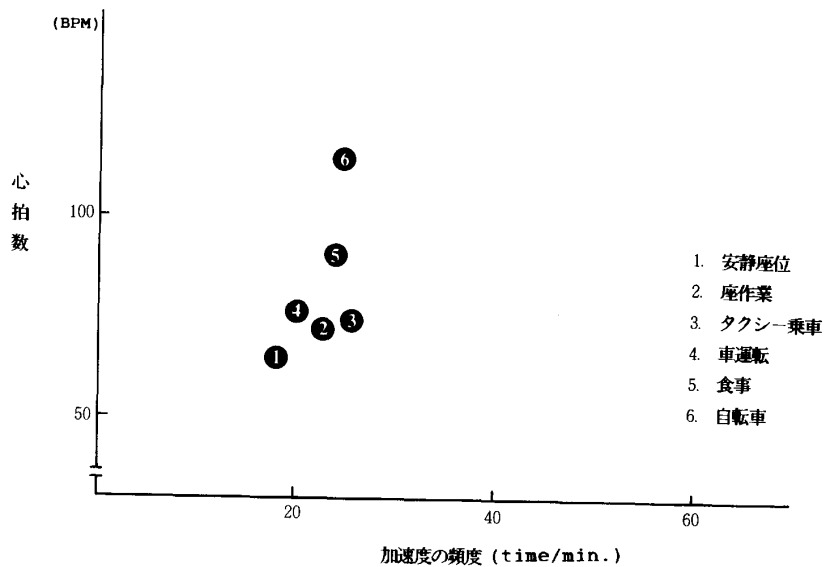


図8 座位時の心拍数と加速度頻度の関係

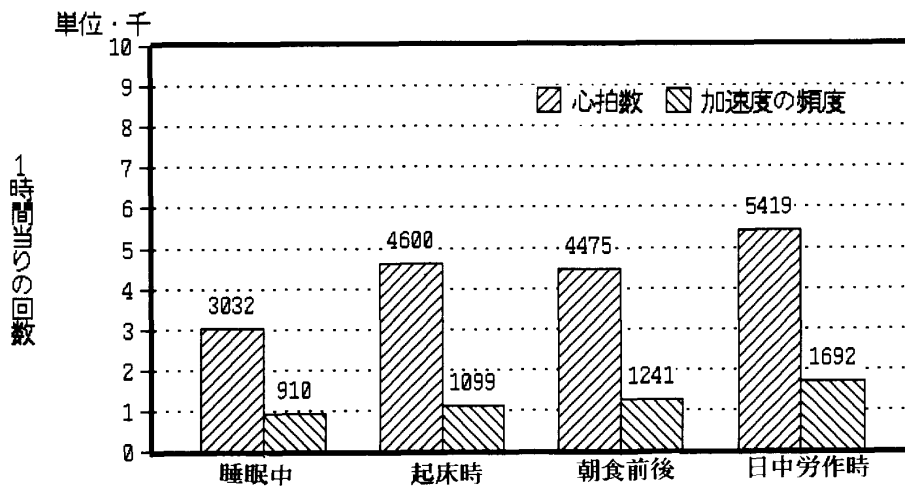


図9 日常生活中における単位時間当りの心拍数と加速度頻度

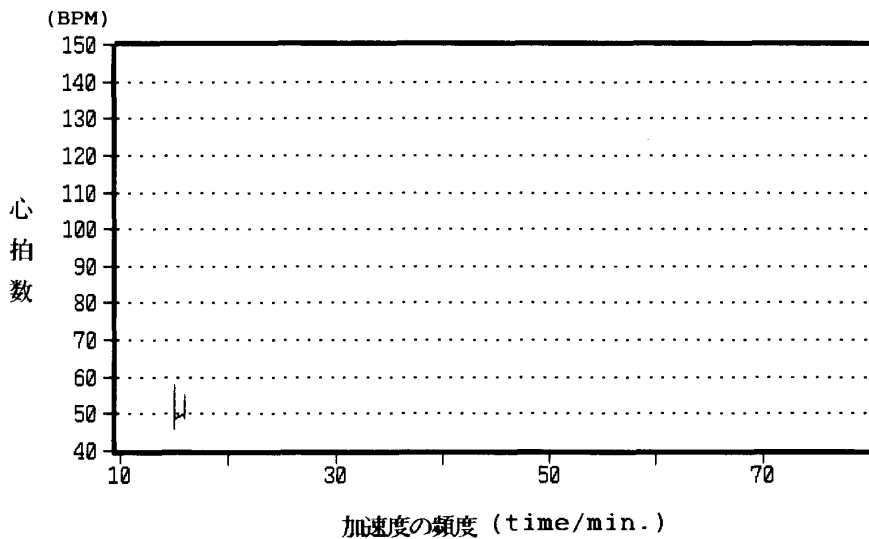


図10 身体活動度 (睡眠中 a.m. 3:00~4:00)

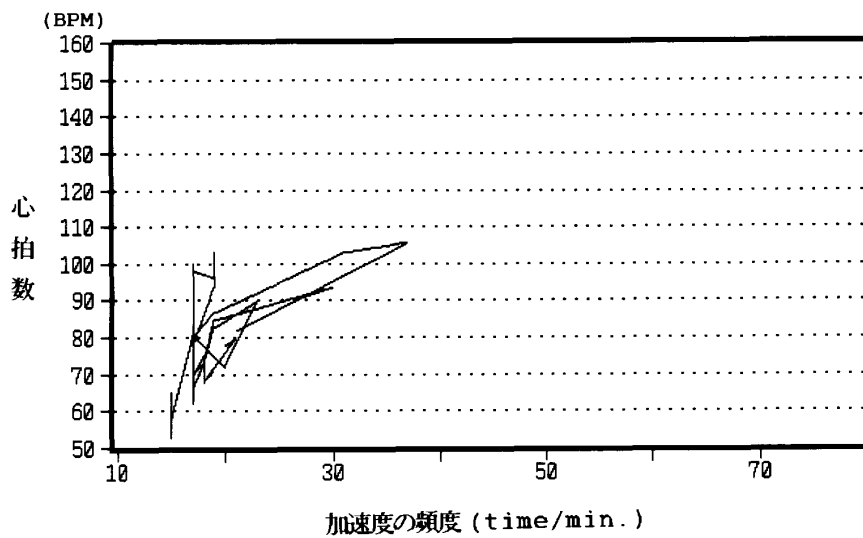


図11 身体活動度 (起床時 a.m. 6:30~7:30)

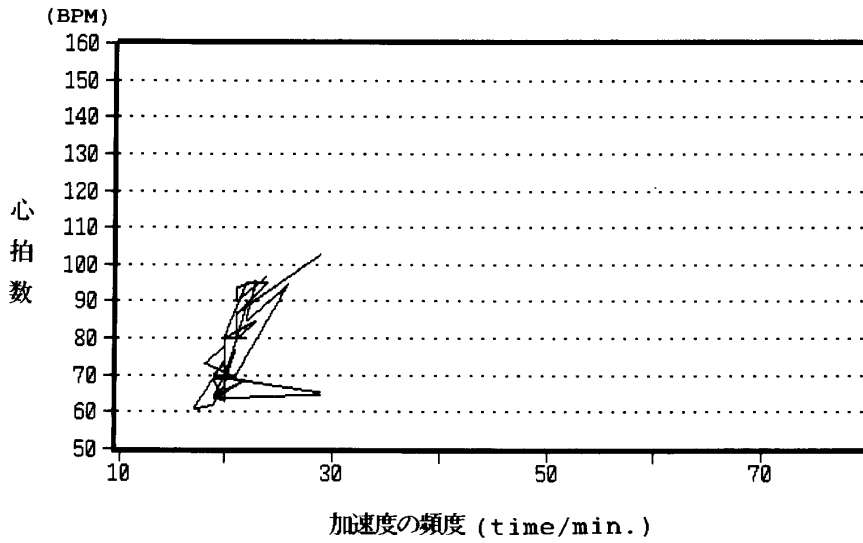


図 12 身体活動度 (朝食前後 a.m. 7:30-8:30)

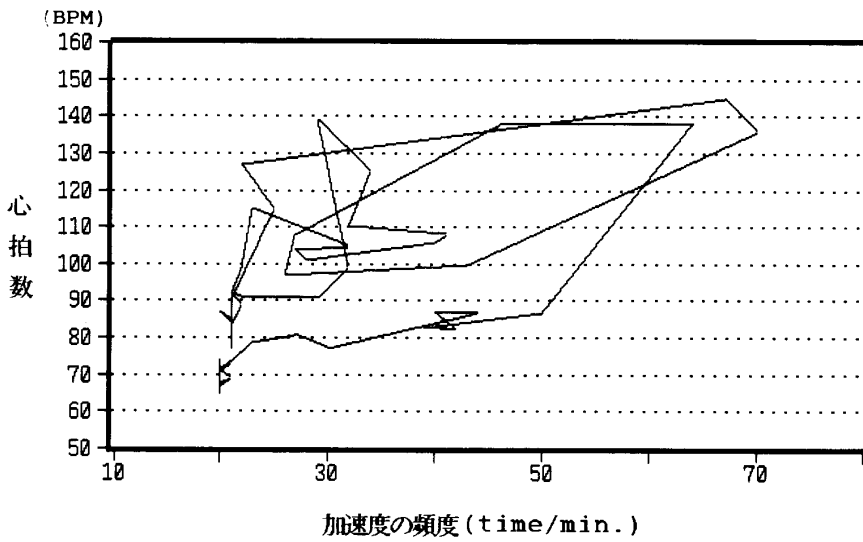


図 13 身体活動度 (日中労作時 p.m. 3:25-4:25)

表 1 行動記録メモの分類

	行 動 数	上肢に関する行動	
		数	率 (%)
立位—中間位	280	196	70 %
座 位	310	120	39 %
横 位	74	5	7 %
計	664	321	48 %

猪岡らは万歩計を利用し<sup>17)</sup>、稲田らは日常生活中心電図、血圧および身体活動を記録する携帯型装置<sup>15)</sup>を報告をしている。

著者らもホルター心電計の開発から、臨床応用とホルター心電図法に関わってきたが、日常生活の動作および行動解析の必要性を考え、体表面筋電図と加速度頻度の利用を検討し、その有用性を確認し報告してきた<sup>12,13,19)</sup>。

呼吸・血圧など生理的情報と身体活動度の情報の記録法とその応用については報告されているものの、その評価法に関するものはまだない。

そこで、今回、日常生活の運動量、および身体活動度の評価法について検討した。

まず、日常生活の動作を、動的 (dynamic) 動作と静的 (static) 動作に分類して検討してみると、動的 (dynamic) 動作においては心拍数、加速度頻度共に運動強度に比例して変化し、運動量の指標となり得るが、座位時のような静的 (static) 動作については心拍数は動作を反映するが、加速度頻度の変化は小さく、動作量の指標となりにくいように思われた。しかるに日常生活の全動作の約 50% は上肢に関する動作であること (表 1) から静的 (static) 動作時の行動解析または身体活動度の評価は重要であると思われる。

日常生活中心電図を記録するホルター心電図において運動によって心拍数が変化するので心拍数により、安静と運動を区別することが一般的には行われる。

また、運動時の心拍数は抗重力運動に比例するともいわれ、運動強度の指標にも利用されている。しかし、心拍数の運動に対する応答度は若年者と高齢者では異なるなど、生理的な反応の影響を受ける。今回、実施したトレッドミル運動負荷試験の結果が示す通り、運動時の心拍数の増加は、生体システムを介した応答特性を示し、心予備機能を現すのに対し、加速度頻度は生体システムの外における客観的・物理的な運動強度を現すと言うことが出来、心拍数と加速度頻度の増加の仕方の違いは、明確である。

ここで、心拍数の増加は、生体システムを介

した応答特性を示し、加速度頻度は生体システムの外における客観的・物理的な運動強度を現すなら、座位時のような静的 (static) 動作時においても、労作に伴い心拍数が増すので、心拍数、加速度頻度の両者を二次元情報として利用することにより動作・行動あるいは運動量、身体活動度の指標となり得るのではないかと考えた。

そして横軸に加速度頻度を取り、縦軸に心拍数を取り『加速度頻度—心拍数関連図』を作成し、日常生活の諸種の動作について検討してみた。また、実際の日常生活時の『加速度頻度—心拍数関連図』を作成し、検討した結果、図 6—図 8 に示すように、運動量または身体活動度をよく反映しており、当初の目的には十分、満足し得るものと思われた。

この方法の 1 つの問題点は、運動終了直後、静的 (static) 状態になっているにも拘らず心拍数が増加していることである。この問題点を解決するために、経時変化情報も同時に記録した (図 10—図 13)。これにより心拍数の増加が運動後のものかどうかの鑑別が可能となった。

この『加速度頻度—心拍数関連図』を用いた評価法は視覚的に運動量、身体活動度さらにはその中から動作・行動の種類も類推出来ることが特徴である。

ホルター心電図検査における運動許可条件や運動処方の設定時、また、中年以上に多い成人病における日常生活を管理する上で、生活中的運動量ないし身体活動度の情報の評価法として、十分に有用であると思われる。

さらに、在宅患者や高齢者の日常管理、さらに健常者のスポーツやトレーニングのプログラムの検討など、また、今後、さらに発展していくと思われる地域看護の領域などにも広く応用し得るであろうと考えられる。

## 結 語

ホルター心電図法は広く普及し、循環器疾患の診断上、重要な検査法となっている。

また、その診断上、体位・行動情報及び運動量・身体活動度の情報の必要性が認められてきている。本位・行動情報及び運動量・身体活動



度に関する情報の記録法とその応用に関する報告はあるが、その評価法に関する報告はまだない。

そこで、今回、日常生活での運動量、および身体活動度の評価法について、ホルター心電図で同時記録した心拍数と加速度頻度を用いて検討した。

まず、横軸に加速度頻度を取り、縦軸に心拍数を取り『加速度頻度一心拍数関連図』を作成し、日常生活での基礎的な諸種の行動・動作について検討・解析した。

次に、実際の日常生活での各時間における『加速度頻度一心拍数関連図』を作成し、検討した。その結果、運動量または身体活動度をよく反映することが証明された。

この『加速度頻度一心拍数関連図』を用いた評価法の特徴は視覚的に評価できることである。さらに動作・行動の種類も類推出来ることが特徴である。

運動許可条件や運動処方の設定時、また、中年以上に多い成人病における日常生活を管理する上で、および日常生活での運動量ないし身体活動度の情報の評価法として、十分に有用であると思われる。

さらに、在宅看護や高齢者の日常管理、さらに健常者のスポーツやトレーニングのプログラムの検討など、また、今後 さらに発展していくと思われる地域看護の領域などにも広く応用し得るであろうと考えられる。

#### 引用文献

- 1) Holter N. J.; New Method for Heart Disease., Science 134: 1214-1220, 1961
- 2) 平野三千代他; 携帯型心電図異常自動監視記録装置、医用電子と生体工学、9: 274、1971
- 3) 高橋公喜他; 患者携行用超小形心電図記録装置、医用電子と生体工学、10: 322、1972
- 4) Taylor&Fracis; Article, unidentified, Journal of Monitoring, 1: 1, 1988
- 5) 大塚邦明他; 24時間呼吸心電図記録の臨床的応用、cheyne-stokes 症候群への応用、心電図、5: 9、1985
- 6) 武者春樹他; 体位および呼吸情報同時記録 Holter 心電計の開発、心電図、8: S-1-1、1988
- 7) C. Sato et al.; Portable Electro-Phono-Cardiograph using Magnetic Taperecorder equipped with patient's voice print, JPN, Heart J. 13: 478-487, 1972
- 8) 佐藤忠一他; 長時間記録による心電図診断一とくに携帯型磁気記録心電計の応用を中心として、臨床成人病、3: 67-77、1973
- 9) 佐藤忠一他; 患者携行用心電計による狭心症診断、内科、34: 402-409、1975
- 10) Krasnow A. Z., et al; Artifacts in Portable electrocardiographic monitoring, Am Heart J, 91; 349, 1976
- 11) 橋口住久他; ST 解析に用いるホルター心電計の特性とその評価、医用電子と生体工学、23: 188-193、1985
- 12) 平野三千代他; 体表面筋電図を応用した行動記録メモの試み、心電図、7: S-1-13、1986
- 13) 平野三千代他; 体表面筋電図と加速度信号による日常生活行動の解析、心電図、9: S-1-9、1988
- 14) 稲田紘他; 在宅医療におけるME技術の応用の現状と課題、BME、7: 1-7、1993
- 15) 稲田紘他; 携帯型血圧・心電図・身体活動度同時モニタリング装置の開発、病態生理、11: 865-870、1992
- 16) 日本循環器学会・運動に関する診療基準委員会(委員長、村山正博)編: 運動療法に関する診療基準、1989年度報告、Jap Circ J, 55: suppl. III, 1991
- 17) 猪岡英二他; 運動量を加味したホルター心電計の開発、医用電子と生体工学、28(特別号): 420、1990
- 18) 平野三千代; Holter 心電図記録時の運動量と行動記録情報解析、加速度頻度一心拍数関連図を用いて、Jap Circ J, 57(March): 341, 1993
- 19) 平野三千代; Holter 心電図記録時の日常生活での運動量の解析(加速度一心拍数関連図の応用)、臨床病理、41(suppl.): 132、1993
- 20) 平野三千代; 加速度頻度一心拍数関連図による日常行動中の運動量の新しい評価法、Jap Circ J, 58: (Suppl I): 450, 1994