

ドライバー状態検出装置の開発

Development of a Driver's Condition Monitor

柳平 雅俊, 安土 光男

Masatoshi Yanagidaira, Mitsuo Yasushi

杉浦 康司, 南野 政明, 望月 正人

Koji Sugiura, Masaaki Minamino, Masato Mochizuki

要 旨 心疾患に起因する事故防止を目的としたドライバー状態検出装置を開発した。ハンドル部に電極を配置し、電位差により心電図を計測して運転者の状態をモニターする。またハンドルと両手間の接触センサによって、両手保持もしくは片手運転の検出を行い、両手を保持している区間において、体動などによるノイズ判別を行って心電図を検出する。これらの記録情報は一定時間のフレーム毎にメモリカードに記録する。本装置を用いた実験データ例と、今後の可能性について示す。

Summary The authors have developed a driver's condition monitor to prevent an automobile accident caused by heart disease. The electrodes are set on steering wheel, which detect and amplify the voltage difference of both hands. Another sensor detects the touch of both hands on the handle, and determines validity of the data. The heart signal is then processed through noise detection, and if electrocardiogram data is not in the frame, it is marked 'noise'. This information is recorded on a memory card at fixed intervals. We show an example of the experimental data and possibility for future.

キーワード : ITS, IT, ASV, 運転, ドライバー, 生体情報, 心電図, 不整脈, ハンドルセンサ

1. まえがき

近年、高度道路交通システム(ITS)が、情報技術(IT)の発展により実現に大きく近づいている。これらの中で「安全運転の支援」分野では、渋滞や交通規制などの道路交通情報をリアルタイムにカーナビゲーションなどの車載機に図形や文字で表示するVICS (Vehicle Information Communication System: 道路交通情報通信システム)などは既に実用化が進んでいる。その他にも、旧運輸

省(国土交通省)主導によるASV(Advanced Safety Vehicle: 先進安全自動車)プロジェクトや、旧建設省(国土交通省)主導によるAHS(Advanced cruise-assist Highway System: 走行支援道路システム)など、国家レベルでの研究が数多くなされている^{(1),(2),(3)}。また近年高齢化が進んだことから、運転者の心疾患に起因するであろう事故の増加も危惧されている。

心電図は、体表面だけで非侵襲計測ができるこ

とや、計測が比較的容易であることから、これまでドライバーの精神作業負荷や、車両操作性の評価などに用いられており、心拍数や心拍ゆらぎを計測した報告が多い^{(4),(5),(6)}。心電図の異常波形の分析については、市販の心電計の自動解析機能により実現されているが、サイズやコストを考えると、一般車への搭載は現実的でない。これらの異常波形は、多岐にわたり分類されており⁽⁷⁾、また代表的なものを簡易的に検出する試みが行われている⁽⁸⁾。

今回筆者らは、ドライバーの状態(運転者の心疾患)に起因する事故を防止する可能性のひとつとして、運転時の心電図から観測される異常波形の検出を考えた。このため、車両内において簡易的に心電図を計測できるハンドルセンサを開発し、両手保持状態の判断と、振動や体動などにより生ずるノイズ判別を行い、データ収集の実験を試みたので報告する。

2. 心電図の説明

代表的な計測方法(標準双極肢誘導のうちの第1誘導)に準じた方法で心電図を検出する。第1誘導では、被験者の左右・上下肢に電極を装着する(右下肢はアースにつながる)。今回開発したハンドルセンサでは、心電図を簡易的に検出するために、電極の極性は左手をプラス、右手をマイナスとアース(コモン)兼用とした。心電図の波形

は、P、Q、R、S、T、Uとそれぞれ名づけられており、PからQまでは心房の興奮、QからTまでは心室の興奮で、Tの終末からPの始めまでが心臓の弛緩期である⁽⁹⁾(図1)。

また心電図の波形値は一般に、振幅1mVpp、信号帯域0.1Hz～100Hz程度である。

不整脈の判別として、心拍数の異常に大きいもの(頻脈)、異常に小さいもの(徐脈)、リズムの異常(心拍数が突然少なくなったり増加したりするもの)を判別した。

3. ハンドルセンサの開発

3.1 概略仕様

本体はハンドルのホーン部に取り付け、運転に支障のないように極力小型化した(図2)。

また、表示・操作ボタンは運転中には使用しないものとし、機器は電源が投入されると10秒毎に以下の動作を行う。まずハンドルを両手で保持しているかをチェックし、保持されている場合は10秒間の心電図をA/D変換する。次に心電図の振幅の平均値と分散を算出し、どちらかが閾値を超えた場合ノイズと判断する。それ以外の場合には心電図の周期(RRI)を計算し、フレーム内における標準偏差を求め、この値が閾値を超えれば不整脈と判断する。またこれらの状態と時刻をメモリカードに記録する。これらのフローチャートを図3に示す。

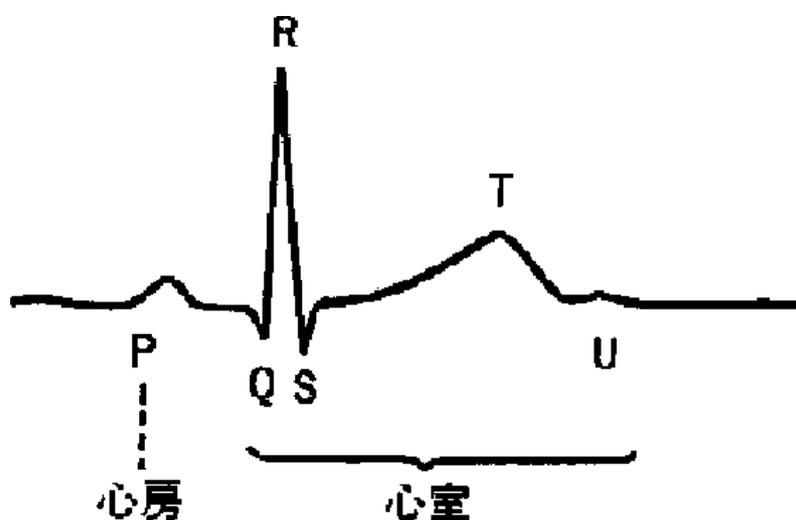


図1 一般的誘導による心電図波形



図2 本体の外観

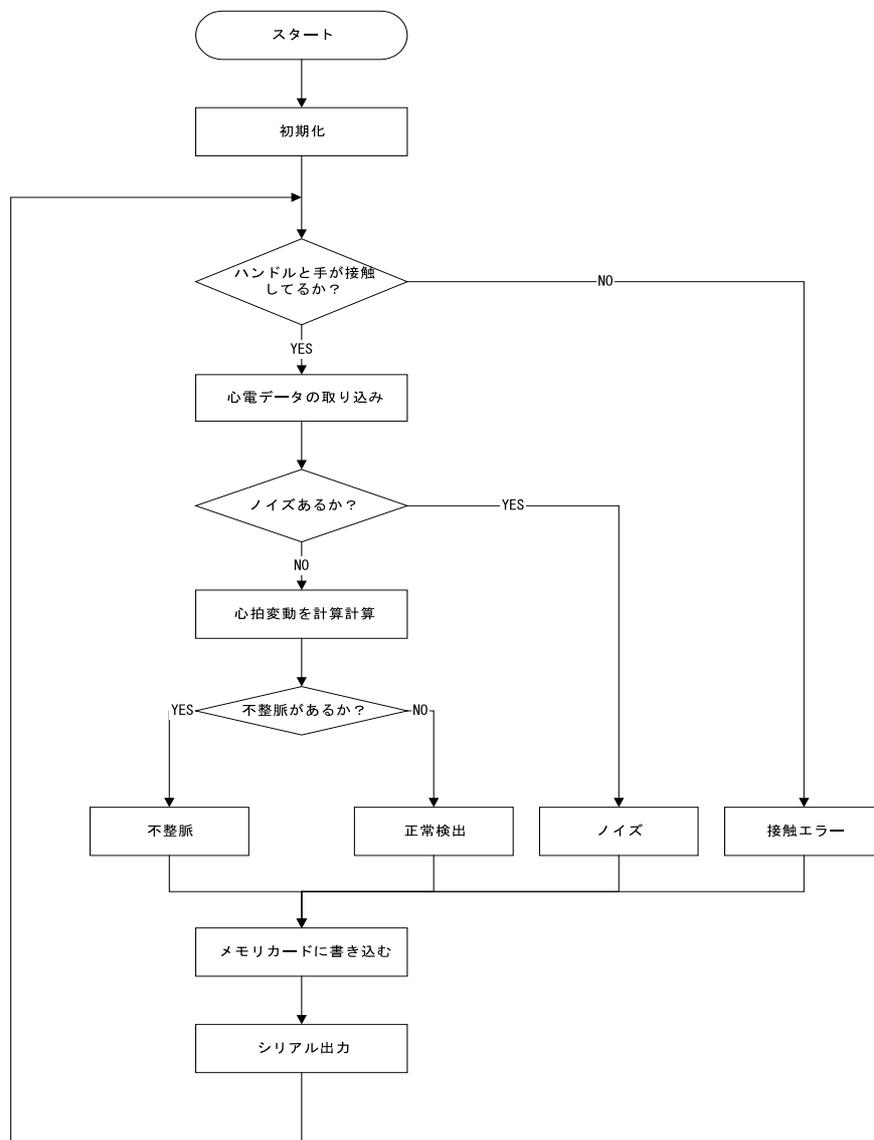


図3 ステータス判定のフローチャート

3.2 電極について

電極に求められる性能は、人間との接触インピーダンスが小さいこと、直接触れるものであることから安全性が確認できるもの、またハンドルの感觸を損なわないものである。実験で使用したハンドルはウレタン系の軟質材料であったために、金属系塗料を用いて、密着性が良く、柔軟性があり、人間との接触インピーダンスの少ないものを使用した。2液型ポリウレタン系樹脂タイプの導電性塗料を用い、さらに塗料の接着をよくするために、塗布前にハンドル表面にプライマー処理を施した。これにより、摩擦によって生ずる塗料の剥がれ落ちに対して耐性を持つようになったが、塗装面に塗料の凹凸が生じ、このため手表面の接触インピーダンスのばらつきを生じたことで、検出波形の劣化を招いた。このため、仕上げ処理として乾燥後に水ヤスリで軽い表面研磨を行い、安定した検出ができるようになった。塗装形状としては、心電図を安定に検出するために、ハンドルの左右にそれぞれ半円状に塗装し、ハンドルを握る位置が変わっても同一電極に触れる形状とした。現在のところ1ヶ月以上連日の使用を行っているが、計測に影響を及ぼすような塗装の剥離やクラックなどの問題は起きていない。

電極と手の間の接触 / 非接触情報の判別は、電極間の電位差を検知して判別する。回路の入力インピーダンスが高い(1Tオーム)ため、差動入力の片方もしくは両方が接触していない場合に作動出力は0.7V以上の電位差を生じる。ハンドルが両手に保持されている場合、接触判別回路への入力電

圧は一定値以下になることから、比較する基準電圧を0.7Vと設定して、入力電圧がこの電圧以下であれば保持と判別した。判定出力はH/Lのロジック出力であり、上記同様に感電防止のためにフォトカプラによる絶縁を行ってマイコンに入力した。

3.3 動作

機器動作の概略であるが、記録モード(注1)に応じて情報をメモリカードに記録する。PC接続時にはPC側のアプリケーションからのリクエストに応じて、設定する閾値(振幅の平均・分散とRR間隔の標準偏差)のデータをSRAMカードに記録し、またカードの記録データをPC側にシリアル送出する。データ収集は、サンプリング周波数250Hz、分解能10ビットでA/D変換を行い、前述(注1)のモードに応じて、記録情報をカードに記録する。各フレームは、図4に示すように10秒分(2500サンプル)を1フレームとして扱う。

(注1)

- モード1：ユーザーリクエストにより3分間の全情報を記録
- モード2：全データを記録
- モード3：不整脈を選択的に記録

4. 実験データ例

試作機を用いて実験を行った。走行中の心電図をハンドル部より検出した場合、一般道や高速道路で、定速走行中はほとんど安定して検出できたが、信号前で減速した場合や発進などで加速した場合には、慣性によりハンドルに加わる圧力のためにノイズが混入した。また、ハンドル回転時など両手保持

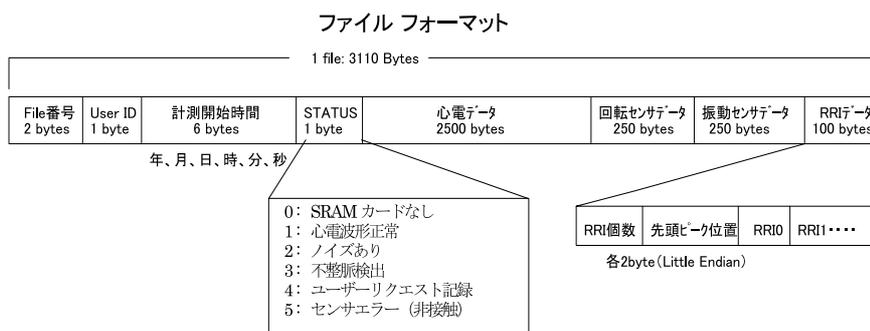


図4 フレームの記録フォーマット

していない間では、ほとんど検出不能である。

図5, 6は、収集したデータを、開発したビューアソフトでPC画面上に波形表示したものである

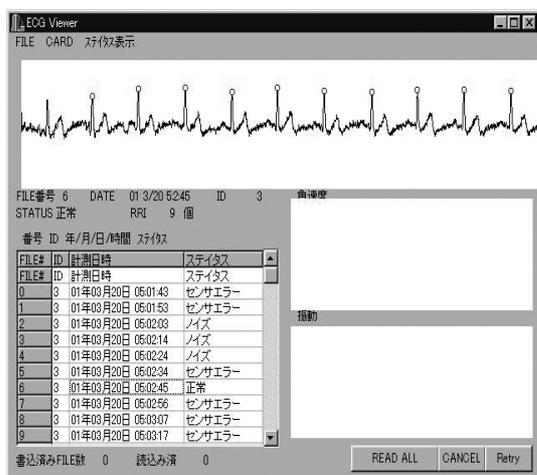


図5 正常検出した場合のデータ例

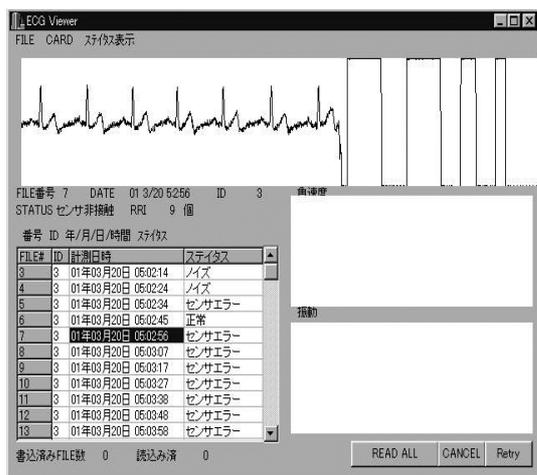


図6 センサ非接触時（画面右側）のデータ例

り、正常に検出できた波形と、接触エラーによって正常検出できなかった波形をそれぞれ示した。

また図7は、約200分間の測定時間内に収集したデータを時間軸上に並べ、非保持もしくはノイズ判定されたフレームを除いて、計測された心電図を心拍数としてトレンド表示したものである。

5. まとめ

運転時のドライバーの心電波形を収集する装置を開発し、ハンドル保持間の心電図を記録し、心拍数算出を行った例を示した。実験ではハンドルと両手が接触している間は、走行中でもドライバーの心電波形が良好に記録できることがわかったが、安定性についてはノイズの混入が予想外に大きかったので、今後は誤検出を減らす工夫が必要である。例えば、今回は1フレームを10秒としており、マイコンが正常検出と判断するためには、少なくともこの10秒間はハンドルを両手で保持している必要があったが、この時間長を短くするか、あるいはフレーム内で部分的な非接触状態はある程度許容することなどが考えられる。

また今回のようにハンドル部に電極を形成する方法では、ハンドルへの加工処理が必要であることや、両手保持時の計測しかできないという制約がある。そこで片手で計測できるようにするために、例えば発光素子と受光素子を対にしてリスト部や指部などへ設置し、投射光の血液への吸収量を受光素子でセンシングすることで、脈波として簡易的に心電図の代用をすることが考えられる。

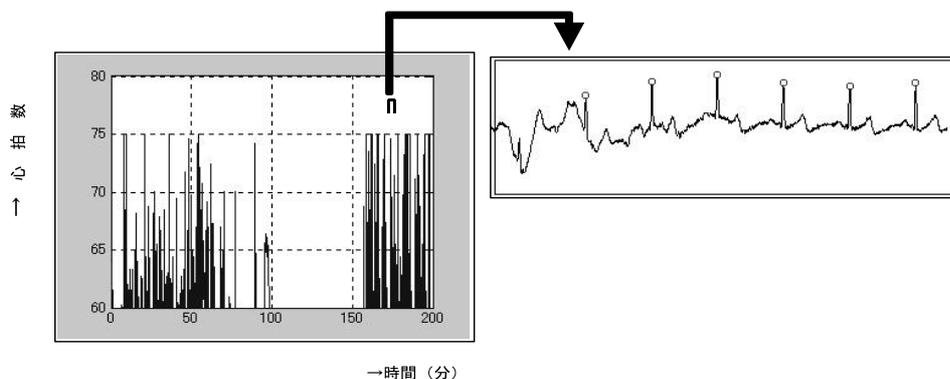


図7 心拍数のトレンド表示画面例

しかし初めの目的にあげたように、得られたデータから心疾患などの徴候を医師などの専門家が判断する場合には、従来の心電図に相当するデータが必要であるので、そのような見地からも今回のようなハンドルセンサによる計測は重要であると思われる。

さらに心電図の情報から、ドライバーの疲労・眠気・イライラ状態などを推定できる可能性があり、さまざまなドライバーの状態が精度よく把握できれば、例えば過度の運転疲労が検出された際には、自動的に周囲の休憩施設情報をナビゲーションするなどの多方面での応用が考えられ、ITSを推進するモバイル向けのネットワークサービスのひとつともなりうる。

今後の課題として、これらの基礎となるセンシング精度の向上を検討していきたい。

最後に、2000年10月の東京モーターショーや2000年11月のつくばでの国際的デモンストレーション「スマートクルーズ21 DEMO2000」において、いすゞ自動車(株)のブースでハンドルセンサの展示デモなどを行い、内外の注目を集めた。これらのうち、東京モーターショーで展示したハンドルセンサ(モック)の写真を参考までに図8に示した。

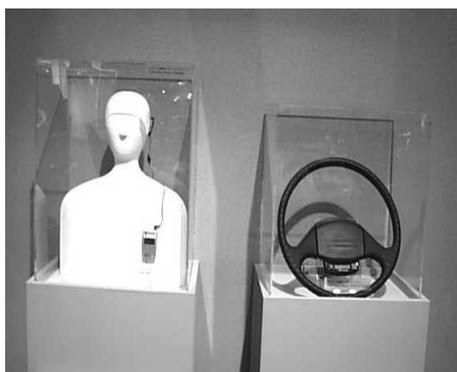


図8 東京モーターショーに展示した機器

6. 謝辞

本機器の開発にあたり、マイコンやPCソフトの開発に多大な御協力をいただきましたリニアテクノロジー(株)の関係各位に感謝を致します。また多くの助言および、ハードウェア構成のチェッ

クをしていただいたパイオニア(株)川越工場の関係各位に感謝します。

参考文献

- (1)三菱総合研究所 ITS プロジェクト推進室：ITS 動き出す高度道路交通システム，日刊工業新聞社
- (2)柏崎：ITS 技術の紹介，パイオニア技報 p.79-86, Vol 9, NO 2, 1999
- (3)(旧)運輸省自動車交通局：新技術を活用した次世代運行管理システムの調査報告書(平成12年3月)
- (4)柳井，筒井，山本，岸：生体情報を用いた車両運動性評価の一検討，11th Symposium on Human Interface
- (5)渥美：心拍計測によるドライバーの意識状態評価，社団法人 自動車技術会 学術講演会前刷集 946 1994-10
- (6)Task Force of European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology：Heart Rate Variability, Circulation p.1043-1065, Vol 93, NO 5, 1996
- (7)前田：日経メディクス「心電図/臨床判読編」，日経BP社
- (8)澤田，小山他：不整脈の自動検知に関する研究，社団法人 電子情報通信学会 信学技法TECHNICAL REPORT OF IECIE MBE p.75-79 95-121(1995-12)
- (9)宮田，藤澤，柿木：「生理心理学」，朝倉書店

筆者

柳平 雅俊(やなぎだいら まさとし)

- a. 研究開発本部総合研究所開発統括部モバイルシステム開発部
- b. 1987年4月
- c. 現在 総合研究所にて生体情報技術の研究に従事

安土 光男(やすし みつお)

- a. 研究開発本部総合研究所開発統括部モバイルシステム開発部
- b. 1981年4月
- c. 現在 総合研究所にて生体情報技術の研究に従事

杉浦 康司(すぎうら こうじ)

南野 政明(みなみの まさあき)

望月 正人(もちづき まさと)

- a. いすゞ自動車株式会社，CV商品企画室，ITS担当