

AMCoR

Asahikawa Medical University Repository <http://amcor.asahikawa-med.ac.jp/>

電子情報通信学会技術研究報告 (2017.4) 117(14):37-40.

多目的複合信号処理のための長時間連続ドプラ・心電一括信号採取用ウェアラブルデバイスの設計、試作、試用経験

松本 成史, 幸田 学, 竹内 康人

多目的複合信号処理のための長時間連続ドプラ・心電一括信号採取 用ウェアラブルデバイスの設計、試作、試用経験

松本成史¹、幸田 学²、竹内康人³

¹旭川医科大学病院 臨床研究支援センター、²秋葉が丘研究所、³旭川医科大学 脳機能医工学研究センター
連絡著者 (竹内) : y. takeuchi@ieee.org

あらまし： 本研究は実生活空間における患者自身による自律管理の下に長時間連続動作する事を目的とする、動態（モバイル）監視に特化した、ドプラ・心電一括信号採取用ウェアラブルデバイスの要件設定、設計、試作、試用経験の概要を紹介する。該多目的複合信号処理のための信号採取装置は、例えば、心電準拠脈波伝播遅延時間を連続監視するために、ないしそれを援用して血圧推定値の連続監視に有効であると期待される。ここで、オシロメトリック的に採取する脈波の代わりに動脈血流のドプラ信号の周波数スペクトラム分析を採用する事で、妨害となる機械振動に由来するアーティファクトを可及的に抑圧する。本装置のコンセプトは変則誘導心電信号が採取出来る体表面位置において同時に直下に中庸な径の動脈がドプラ信号採取出来る部位において実現する事が出来る。そのような部位とは例えば頸部（頸動脈）、鼠経部（下肢動脈）などであるが、本報告においては鼠経部を含む腰部に装着するウェアラブル信号採取装置のプロトタイプを代表例として紹介する。本装置を利用する多目的複合信号処理は現時点では今後の課題に留まる。

キーワード： 脈波伝播時間、連続監視、モバイル、自律管理、CWドプラ、テレメトリー

Design, Prototyping and Field Experience of ECG-Doppler Combined Wearable Sensor Assembly for Multi-Purpose Signal Processing and Long Term Continuous Monitoring

¹S. Matsumoto, ²M. Koda, ³Y. Takeuchi

¹Asahikawa Medical University Hospital, ²Akibagaoka Laboratory, ³Asahikawa Medical University.

Corresponding author (Takeuchi): y. takeuchi@ieee.org

Abstract: In this study, an ECG-Doppler Combined Wearable Sensor Assembly for Multi-Purpose Signal Processing and Long Term Continuous Monitoring is presented. The target application of this device includes, but not limited to, ECG based pulse wave pulse-wave propagation delay time measurement/monitoring, and blood pressure indirect estimation based on such propagation delay time. Here the oscillometric mechanical pulse wave could be substituted by local arterial blood flow Doppler signal/spectrum. The combined simultaneous signal acquisition will be ready at spot or local area where atypical lead of ECG signal and subcutaneous local artery Doppler observation are available. Examples of such local area of body surface include, but not limited to, neck area (carotoid artery) and hip-inguinal area (femoral artery). In this report a prototype of wearable signal acquisition device for hip-inguinal area is presented for representing example. At this moment the multi-purpose combined signal processing using this device remains yet to be developed.

Keywords: pulse wave, propagation time, monitoring, mobile, patient conduction, CW-Doppler, telemetry

研究の背景および解決したい課題

本研究は実生活空間における患者自身による自律管理の下に長時間連続動作する事を目的とする、動態(モバイル)監視に特化した、ドプラ・心電一括信号採取用ウェアラブルデバイスの要件設定、設計、試作、試用経験の概要を紹介する。該多目的複合信号処理のための信号採取装置は、心電信号単独での瞬時心拍数計測、不整脈監視などの諸計測に加えて、例えば、心電準拠脈波伝播遅延時間を連続監視するために、ないしそれを援用して血圧推定値の連続監視(1a, b), (6)~(12)に有効であると期待される。ここで、オシロメトリック的に採取する脈波の代わりに動脈血流のドプラ信号の周波数スペクトラム分析を採用する事で、妨害となる機械振動に由来するアーティファクトを可及的に抑圧する。本装置のコンセプトは変則誘導心電信号(2)が適切な品質で採取出来る体表面位置において同時に直下に中庸な径の動脈がドプラ信号採取出来る部位において実現する事が出来る。そのように2つの信号採取が両立し得る部位とは、例えば頸部(頸動脈)、鼠経部(下肢動脈)などであるが、本報告においては鼠経部を含む腰部に装着するウェアラブル信号採取装置のプロトタイプを代表例として紹介する。

可能性ある2信号両立部位と観測例

【1】頸部

図1に示すシェーマのごとく首の両側に心電信号採取用の関電極一対を置き、同時に頸動脈のドプラ信号を得る事は比較的容易である。これを一体化して伸縮可能な素材による「くびわ」に組み付けるならば何時でも何処でも生活空間において連続長時間にわたり両信号を採取するデバイスを構築する事が出来る。ここで利用可能な伸縮可能な素材の例としては胎児監視においてドプラ探触子や外測陣痛計を妊婦の腹部に装着するために用いられるベルトが好ましい候補であるが、それに限定される物ではない。このアイデアはあまりにも平易・自明で、あとは物理的に実現する過程のクラフトマンシップを待つばかりである。それ故に本研究においては信号採取原理を確認するためのバラックセットによる実験以上には追求しなかった。図2にこの構成により採取された両信号の一例を示す。

【2】腰部-鼠経部

次のパラグラフで紹介する通り、体躯両側の骨盤上端部で心電信号を採取しつつ鼠経部において外腸骨動脈もしくはその「出て来た先」の下肢大動脈をドプラ観測する構成により、同じく何時でも何処でも生活空間において連続長時間にわたり両信号を採取するデバイスを構築する事が出来る。このアイデアは実用可能なデバイスに仕立てるためにはいくつかの細かい工夫が必要であるが、その一端を次のパラグラフで示す。

試作例の構成、構造、特徴点

図3に示すシェーマのごとく、いわゆる「脱腸帯」に電極とドプラ送受波器アセンブリーを組み付けた物を製作した。心電信号採取に関しては古く発表(2)(3)のごとく一対の関電極は体躯左右の骨盤の辺縁が触知される部位に置き、不観電極はその近傍に置く。この電極位置で得られる心電信号は(2)(3)で発表したごとく第一誘導類似の、その大略半分の振幅の波形を成す。電極としては脱腸帯のベルト部に密に取り付ける事が出来る伸縮性および導電性のある物体が好ましいが、本研究では一例として導電性のある織物(4)を使用した、一方ドプラ送受波器は下肢動脈の起始部すなわち外腸骨動脈が骨盤腔から昇って出て来た所に置く。本研究では胎児信号テレメーター用の平型ドプラ探触子(5)を流用してこの実証実験を行ったが、実用上は適切な斜角入射構造にする事が、また左右方向に長い有感領域を持つ事が好ましい。ここで土台となる基本構成要素として「脱腸帯」を用いた理由は、ドプラ探触子を常に所定の部位に押し当て続ける機能がある1つのまとまったウェアラブルデバイスが望まれたからであり、これは単に電極と探触子を各々別々に取り付ける事とは設計思想が異なり、また単なるパンツや褌の類いでは「押し当て続ける」機能は基本的にサポート出来ないからである。図4にこの構成で得られた両信号の例を示す。

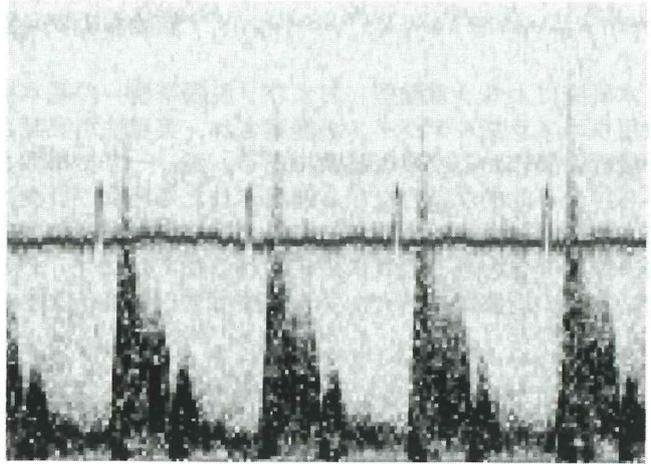
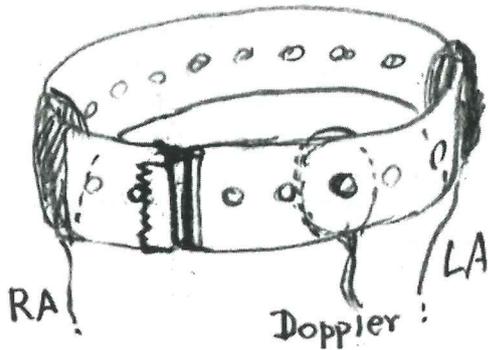


図1 (左) および図2 (右)

首輪型のドプラ心電2信号センサのシェーマ(図1)と、この構成により得られた両親号の例(図2)を示す。ベルトは胎児監視においてドプラ探触子や外測陣痛系を妊婦の腹に取り付けるための物を切り縮めて用いる。感電極 RA と LA は導電性の織布をベルトに巻きつけて実現されている。これらは標準第一誘導と同じ向きにあるので本質的に第一誘導と同じ物が低振幅(約半分)で観測される。不感電極は体表面のどこにおいても良いので、このベルト上に併設するのが易しい。ドプラ観測の対象は頸動脈、探触子は平形構造である。図2のスペクトラム像の横軸全長は3秒、縦軸は dc から 3.3KHz、観測超音波周波数は 3MHz。

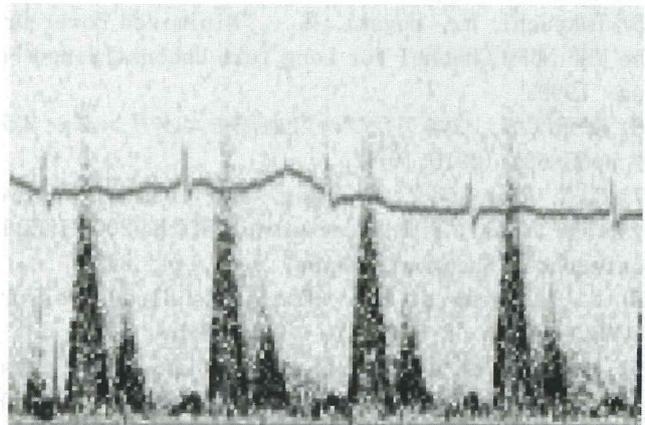
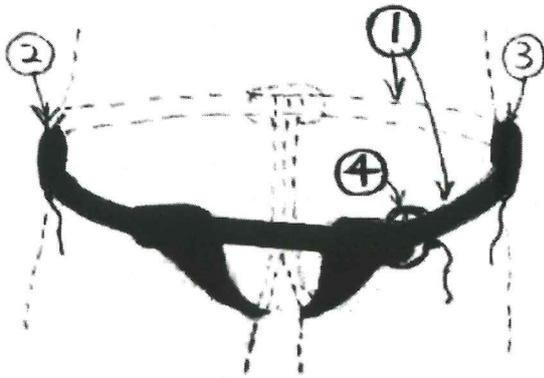


図3 (左) および図4 (右)

脱腸帯を流用したドプラ心電2信号センサのシェーマ(図3)と、この構成により得られた両親号の例(図4)を示す。(1)脱腸帯のベルト部、(2)(3)感電極 RA および LA、(4)ドプラ探触子。不感電極は図示しないがこのベルト上に追加される。電極の素材、探触子および観測系の仕様、スペクトラム像の表示仕様などは全て図1、2の場合と同じである。この電極位置で観測される変則誘導(腰腰誘導)は前記の首首誘導と同じく標準第一誘導と同じ向きにあるので、引用文献(2)に述べたごとく、本質的に第一誘導と同じ物が低振幅(約半分)で観測される。この構成においてはドプラ観測の対象は下肢大動脈起始部、心電 QRS から血流の立ち上がりまでの遅延時間は心臓からの距離の違いに応じて頸動脈より有意に遅い事が視認できる。

結論および今後の展望

本研究により「首輪型」および「脱腸帯型」の基本構造を有する長時間連続ドプラ・心電一括信号採取用ウェアラブルデバイスが提案され、実現性が実証された。今後の課題は具体的に実用可能な構造物の設計、製作および臨床試験である。が、一方で採取された信号の（各々に固有な生体計測もさる事ながら）合目的な結合ないし連繋された処理及び計測は、現時点では本質的に今後の課題に留まる。期待される観測項目は心電信号準拠の脈波伝播遅延時間に基づく血圧の間接推定値(1a, b)ないしその応用(12)などを含むが、それに限定される物ではない。その計測において脈波に代りにドプラ動脈血流信号ないしその周波数スペクトラムを採用する事の有効性の実証も課題の内に含まれる。

参考文献

- (1a) B. Gibbons, et.al., Pulse wave velocity as a measure of blood pressure change, *Psychophysiology* vol.13, No.1, pp86-90 (1976)
- (1b) A. Steptoe, Pulse wave velocity and blood pressure change, calibration and application. *Psychophysiology* vol.13, No.5, pp488-493 (1976)
- (2) 竹内、目的に応じた変則誘導心電信号採取について、信学技報 MBE93-122(1994-01)、ないし特開平 8-33613
- (3) 竹内、変則誘導心電信号とその利用方法について、第9回日本ME学会秋期大会、医陽電子と生体工学 第33巻 秋期特別号 pp150. (1995). ないし特開平 10-262939
- (4) 商品名「メタックス」(ダイワボウ)。織布される繊維にメッキされる金属には銀、銅、ニッケルなどがあるが、心電信号採取用の生体電極として使用した場合には大佐は生じないようである。
- (5) Takeuchi, Y., Hogaki, M., "Minimized Power Drain Ultrasound CW Doppler Telemetry System in the UHF NBFM Channel for Long Term Unconstrained Fetal Monitoring". *Biotelemetry-XI*, pp223-227 Aug. 1990.
- (6) 柳元ほか、ウェアラブルな血圧モニタリングシステムの医療現場での応用、ITヘルスケア 第5巻1号 pp65-68, (2010.10).
- (7) C. Y. Poon and Y. T. Zhang, Cuff-less and Noninvasive Measurements of Arterial Blood Pressure by Pulse Transit Time, *Proceedings of the 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference, Shanghai, China, Sep. 1-4, 2005.*
- (8) G. Y. Jeong et.al., Continuous Blood Pressure Monitoring using Pulse Wave Transit Time, *ICCAS2005 Jun. 2-5, Kinte, Gyeonggi-Do, Korea.*
- (9) W. Chen, et.al., Continuous estimation of systolic blood pressure using the pulse arrival time and intermittent calibration, *Medical & Biological Engineering & Computing* 2000, vol.38
- (10) P. Fung, et.al., Continuous Noninvasive Blood Pressure Measurement by Pulse Transit Time, *Proceedings of the 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS San Francisco, CA, USA 'Sep.1-5, 2004.*
- (11) J. Lass, et.al., Continuous blood pressure monitoring during exercise using pulse Wave transit time measurement, *Proceedings of the 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS San Francisco, CA, USA 'Sep. 1-5, 2004.*
- (12) 増川ほか、非侵襲小型連続心拍血圧計測装置を用いた映像刺激の生体影響評価、計測自動制御学会東北支部第201回研究会 資料番号 201-8 (2002, 5, 22),