# IV野外イベントにおける利活用

平成 21 年度の「車内におけるモバイルオフィスの高度化に関する調査検討会」では、「モバイルオフィスの活用による野外イベントの情報化と活性化」を目的として、主に地域の中小規模の野外イベント参加者への「より高度な情報の提供」のためにモバイルオフィスを活用する必要性、その具体的方法や利点・有効性について検討した。

「参加者の自立性」が求められるようになってきた近年の野外イベントにおいて重要となってきている「主催者・参加者間の情報共有」の実現手段としてモバイルオフィスを活用することの有効性の検証として、地域で開催されるマラソン大会においてモバイルオフィスを活用し、

- ① RFID タグによるタイム計測と計測データの管理・運用(=情報収集・管理機能)
- ② 携帯電話サイトによる自己のタイム記録の確認(=リアルタイムでオンデマンドな情報提供)
- ③ タイム記録から算出した自己のゴールシーンの動画閲覧(=大きな容量の情報提供が可能)
- ④ 以上の機能について、サーバを含むすべての機能をマラソン大会会場の駐車場に駐車した 車両に設置して実現する (=完全ワイヤレス化。WiMAX 等の高速移動体通信の活用により 初めて可能となる) といった項目についてデモンストレーションを実施した。

その結果として報告書では、WiMAXやRFIDタグ、携帯電話といった移動体通信を活用することによって、情報の収集・発信拠点としてモバイルオフィスが有効に機能することが確認でき、また今後は、より多様で高度な情報を収集・提供できる「高度化されたモバイルオフィス」の有効性について、実際の野外イベントでの検証がさらに必要であるとしている。

平成 22 年度の調査検討会では、これを受けて「高度化されたモバイルオフィス」の地域の野外イベントでの活用について検討することとし、平成 21 年度の「イベント参加者への情報の提供」に加えて、イベントの運営にあたっての安全管理、効率化、サービスの向上等の実現のために、主に主催者側が必要とする「多様な情報の収集・管理・運用」に眼を向けて検討することとした。

また、平成 21 年度と同じく、地域で開催される中小規模のマラソン大会におけるモバイルオフィスの活用について、ランナーの安全に関する機能(心拍センサーによる健康状態の監視機能)の検証を実施し、実現に向けての検討を行った。

# 1 野外イベントにおける情報収集の必要性

# (1) 野外イベント主催者が必要とする情報

野外イベントにおいて主催者が必要とする情報について、その目的で分類した場合、大きく

- ①イベントの円滑な運営・進行のために必要な情報
- ②イベント参加者の利便性を向上させるための情報
- ③イベント参加者の安全を確保するための情報
- の三つに分けられ、その内容としては次のようなものが考えられる。
- ①イベントの円滑な運営・進行のために必要な情報としては、受付・入場者数、会場内の混雑状況、競技・演技・パフォーマンス等の進行状況や記録・計測結果、係員等の配置・指示の伝達等の状況など。
- ②イベント参加者の利便性を向上させるための情報としては、気象情報、交通情報 駐車場等の状況、施設・設備の稼働状況など、
- ③イベント参加者の安全を確保するための情報としては、けが・病気・事故等のトラブルの情報、それらへの対応状況、関係する機関への連絡状況などが考えられる。

それらの情報は非常に多岐にわたっており、複数の目的に対応するものもある。また 各情報の重要性については、それぞれのイベントにより異なっている

現在、そうした情報の大半は、会場内の係員からの音声による有線・無線の電話により伝達されており、特に野外イベントの場合、無線電話による通信・連絡の利便性が高い。

使用される通信手段としては、携帯電話が最も手軽だが、多数の人が集まるイベントでは、 通話トラフィック数に限界があり、常時確実に通信可能ではないため、自営の通信手段として各 種業務用無線、簡易無線、特定小電力無線などの携帯無線機(トランシーバー)が利用されるこ とが多い。

音声による通信は、通信回線が確保されれば、あらゆる項目についての情報収集が可能で、日常的な報告から緊急性が高い連絡まで柔軟性は高い。反面で、通信する人の配置が前提となり、 具体性、客観性、正確性については通信者の主観に左右されることや、経時的な数量変化の伝送には不向きなどの問題点もある。

ただ、最近では無線通信のブロードバンド化により映像(静止画・動画)を直接伝送することも可能となっており、WiMAX等の利用により会場内の混雑状況、駐車場等の状況について、任意の場所に設置したカメラからの映像により把握するといったことも可能である。

また、音声・映像のみに拘わらず直接、データの形で情報を集めることも行われてきており、マラソン大会等での RFID タグによる順位・タイムの計測などはすでに広く実施されている。

移動通信のブロードバンド化、ネットワーク化の進展により、野外においても多様な情報を 通信し、利用することが可能となっているが、本検討会では、そうした情報を受信し、蓄積・処理 して「イベント主催者にとって有効で適切な情報を提供するための拠点」として、モバイルオフィスを活用することの有効性について検証を実施することとした。

主催者が必要とする「イベント参加者の安全確保のための情報」へのモバイルオフィス活用 方法のうち、音声・映像によらないデータ形式での参加者からの情報収集の実用例として、地域のマラソン大会において実現が期待されている「心拍センサとテレメータにより走行中の健康状態を遠隔監視するシステム」について機能の検証を実施した。

# (2) マラソン大会等での身体情報の無線計測システムの必要性

近年では、一般市民が気軽に参加できる市民マラソン大会が、全国各地で開催され多数の参加者を集めているが、競技中に体調の不良を訴える健康事故の発生も多く、死亡に至る深刻な事故も数多く発生している。

その多くは、事前には何ら不調の自覚がないにもかかわらず、走行中に突然発生することが 多く、対策としては発生後に AED による迅速な処置を施すことが最も効果的であるため、最近 の大部分のマラソン大会では AED の配置が進んでいる。

ただし、AEDによる処置は、発生後の対処に限られるため、発生時、近くに AED の配置がない場合などは、死亡事故等深刻な事態に発展する可能性がある。

そのため、そうした不調の発生前にその兆候を発見し、事前に措置を講じることができる方 法が求められており、その有力な対策方法のひとつとして、センサと無線テレメータ装置により 走行中の健康状態を遠隔監視するシステムの実現が望まれている。

走行中のランナーの生体情報を収集し、リアルタイムに監視して、異常の兆候を発見して警報を発することができれば、深刻な事態に至る前に対処を開始することが可能で、死亡事故等を防止することができると期待されている。

本調査検討会では、イベント主催者が直接、データの形で情報を集めるシステムであることと、社会的な期待の大きい無線システムであることから、「マラソン大会等での身体情報の無線計測システム」についてモデルシステムによる機能検証を実施することとした。

#### 4

# 2 野外イベントにおけるモバイルオフィスの実地検証

# (1) マラソン大会での機能検証の実施の概要

平成 22 年 12 月 4 日に庄内緑地公園(名古屋市西区)で開催された「pink+green マラソン大会」(名古屋ピンクリボンフェスタ実行委員会主催)において、6名のランナーに心拍センサとテレメータ送信機を装着して、一定の区間を走行中の心拍数の状態をモバイルオフィスでリアルタイムに収集し、データを見やすい形式に変換して、(仮想の)メデイカル担当者に提供するという機能検証を実施した。

マラソン・ランナーの走行中の健康状態を、常時把握することが可能な無線システムは現在 は製品化されていないため、機能検証の実施にあたっては、基本的に既存の設備・システムを活 用して、できる限り実用イメージに近いシステムを構築し、これを実際のマラソン大会で運用す ることによりモバイルオフィスの有効性、課題、問題点等について検証することとした。

#### イベント参加者の安全管理のためのモバイルオフィス活用 機能検証

マラソン大会参加者(ランナー)の心拍数をテレーメータシステムにより計測して処理し、緊急時に備えて情報管理する。

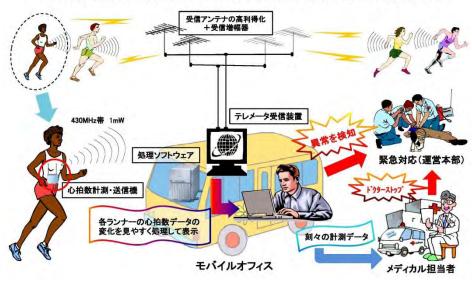


図 10 機能検証のイメージ図

#### ①. 対象としたイベント

大会名: 第2回「pink+green マラソン大会」

日時: 平成 22 年 12 月 4 日(土)10 時スタート

会場: 庄内緑地公園(名古屋市西区)内ランニングコース (1 周 2.3km)

競技区分:10km の部で実施 参加資格: 小学生以上の男女

応募参加者数: 500 名



# ■② ■ pink+green マラソン大会 (n gengge)2面

#### 2010年12月4日[土]開催

→ お申し込みはこちら

#### <選定した理由>

地域(名古屋市内)で開催される、一般参加の市民マラソン大会であること。 昨年度も同マラソン大会で実験を実施しており、打合せ・準備が容易であること。 規模と会場がモバイルオフィスの利活用に適していること。

# ②. 医療用テレメータ装置

使用するテレメータ機器は、市販の医療用テレメータの送信機 6 台とモニタリングシステム 一式を使用した。

最大8名まで計測・表示が可能で、医療現場での使用実績と信頼性が高いテレメータシステムということで、日本光電㈱製WEP-5208モニタリングシステム1台と、それに対応する同社製テレメータ送信機6台を使用した。

#### <WEP-5208>

最大8名までの心電図、心拍数、呼吸数、脈拍数を表示可能(項目は送信機の機能により制約される)。

受信周波数: 420~450MHz (12.5kHz ステップ)

通信速度:6000bps

受信感度(BER≦10-4): 10dB µ Vemf

幅 457mm×高さ 387mm×奥行き 201mm

重量 9kg (本体のみ)



<テレメータ送信機(例) ZS-910P>

心電図、呼吸波形 (1台のみ) を送信可能

特定小電力無線局(医療用テレメータ用無線設備 A)

送信周波数: F7D 420.05MHz~429.7375MHz 及び

440.5625MHz~449.6625MHz (12.5kHz ステップ)

のうち1波を装備

占有周波数带幅:5.0~8.5kHz

空中線電力: 1 mW 以下

幅 54mm×高さ 85mm×奥行き 22mm

重量約85g (電池含まず)



#### 6

#### ③. 受信能力の強化

高利得空中線や帯域増幅器等により受信空中線 系を強化し、見通しで2方向に向けてできる限り長 く通達距離が確保できるよう受信性能を向上させ た。(5参考(1)参照)

#### ④. モバイルオフィス車両

10 メートルの伸縮ポール及び AC 電源設備付き の電波測定用車両をモバイルオフィス用車両として使用した。



#### ⑤. 記録・表示用ソフトウェア

WEP-5208 から計測データを取り出し、表示・保存するソフトウェアを制作して使用した。 WEP-5208 本体から RS-232C、最大 38400bps、独自フォーマットで出力される 6 名分の計 測データを約 2 秒間隔で記録・保存する。

また、スタート時から周回ごとの受信データをランナーごとに周回順に並べて表示(個別ランナーの周回ごとの状態の変化)及び周回ごとに各ランナーを並べて表示(周回毎の各ランナーの状態を比較)が可能(5種類の項目のうち今回は心拍数と呼吸数のみの記録を実施した)。





#### 図 11 登録画面

(左:初期値の登録、右:各人のラップタイムの登録)





図 12 データ表示画面

(左:個別ランナー周回ごとの状態、右:各ランナーの状態比較)

#### ⑥. 実施場所・コース

「pink+green マラソン大会」10km の部は、庄内緑地公園内ランニングコース(1 周 2.3km)を 4 周+約 1/4 周を走って実施される。

できる限り長く通達距離を確保するため、同公園南西側の第3駐車場のコース近くにモバイルオフィス車両を設置し、コースに沿って前後に受信アンテナの指向性を持たせることとした。 10km の部ランナーはこの車両前を4回通過するため、前後計800m程度の範囲×4回の計測を予定した。

(10km の部)

スタートの後、青色の 2.3km コースを 4 周した後、コース外に出てゴール



図 13 マラソンコースレイアウト図



【① 設置場所から見た南西側(ほぼ見通し)】【② 設置場所から見た北東側(松や街路灯有)】





【スタート地点】



【ゴール地点】

# (2) 受信能力改善のための取り組み

今回の機能検証でランナーに装着して使用する無線送信機は、病棟等屋内での使用を想定した医療用テレメータ用の特定小電力無線局で、空中線電力も 1mW 以下と、野外で 100 メートル以上の通信距離を確保するには小さい。

また、センサ処理部分と一体構造のため、改造や付加装置による空中線電力の増力が不可能であった。

そのため、受信側の能力を向上することによってより長い区間での計測が可能となるよう、 高利得空中線や帯域増幅器により受信空中線系を強化する必要があり、事前調査に加えて3回 にわたって受信改善調査を実施した。

調査の項目としては、

- ①送信機からの電波を良好に受信するために最適な受信能力改善方法の調査
- ②機能検証実施場所における既存電波状況の調査

について実施した。

機器の接続は下図のおり。送信機の周波数は 424.4875MHz。

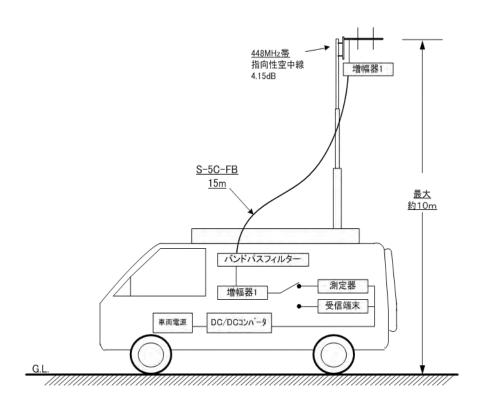


図 14 機器の接続状況

# (3) 機能検証の実施状況

平成22年12月4日、天候晴れ時々曇り、予定どおり庄内緑地公園で開催された「pink+green マラソン大会」において機能検証を実施した。

10km の部に参加する 6 名のランナーにテレメーター送信機を装着して、実際のレース走行中に全員の心拍数(心電図)と 1 名のみ呼吸数の計測を実施。

装置については、記録のための一部を除いて正常に動作した。

電波の受信可能な区間については、前日のテスト時と比較すると、人(ランナー)による遮蔽の 影響と思われる変動が大きいが、500m程度の区間で可能であった。

しかしながら、実際に走行中の心拍数の数値を記録できたのはモバイルオフィス車両付近の 短い区間に限られた。

#### ①. 設置と機器の準備

7時より現地第3駐車場にて準備開始。

- 前日確保した設置場所にモバイルオフィス車両を搬入
- アンテナ・増幅器・バンドパスフィルタ等空中線系を準備。
- 机等の準備
- テレメータ機器·ディスプレイ·録画機等の搬入·接続
- 機器の動作確認
- 送信機のテスト・計測区間の確認
- 送信機・電極等の装着手順確認
- 計測時の操作手順の確認





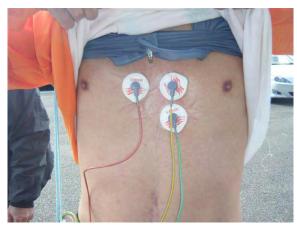
第3駐車場に設置したモバイルオフィス車両(左)とディスプレイ等の機器(右)

#### ②. ランナーへの機器の装着

9時30分に、協力してもらうランナー6名が集合。

機能検証の実施手順・走行中の送信機の装着方法等を説明、事前の心電図、血圧等の計測を行った後、送信機と電極等を装着した。

各ランナーがモバイルオフィス車両の周囲にいる状態では、心拍数が良好に計測されている ことが確認できた。



82 109

【ランナーに装着した電極】

【心拍数を良好に計測】

#### ③. 競技中

ランナーはスタート場所に移動して午前 10 時に競技開始。

開始直前に録画用機器が故障したため、表示画面のビデオ録画はできなかった。

一般的には、医療用無線テレメータシステムは電波を受信しても、その信号が弱いあるいは 安定しない場合等は計測数値が表示されない。

ランナーからの電波の受信状況は、個々のランナーによってかなり差異があるが、全体としてスタート地点からの電波は不感で、南西 300m 付近から入感し始めるが信号が非常に不安定で心拍数の数値も表示されず、100m 付近からようやく心拍数が表示され、50m 付近で安定して表示、通過後 80m 付近まで表示される、といった状況であった。

記録・表示用ソフトもスタートさせ、各ランナーの通過時間を入力した。



【距離約 200m】



【距離約 70m】



電波が入感するが非表示 心拍数が表示され始める

【距離約 30m】 比較的安定して表示



【ランナー5 の心拍数 163】



【ランナー4 の心拍数 150】



【ランナー1 の心拍数 176、ランナー6 は 180】



【ランナー6 の心拍数 150】

#### ④. 競技終了後

走行中の心拍数の数値は、計測できても変動が激しく安定しない場合が多いが、ゴールして からモバイルオフィス車両まで歩いて戻ってくる区間の心拍数データは比較的安定していて、 心拍数が次第に下がってくる様子がはっきりと現れていた。

#### 【11時7分のデータ】

ランナー2(心拍数 143)はゴール直後 ランナー1、3、6 はすでに心拍数が落ち着き つつある

ランナー**4** は測定終了済み ランナー**5** は走行中(不感)



# (4) 機能検証の実施結果

## ①. 専門家(医師)による監視

実用状態では、医療スタッフによるリアルタイムでのデータの監視が想定されるため、藤田 保健衛生大学医学部の循環器内科 伊藤義浩医師に立ち会っていただいた。

各ランナーの競技前と後の心電図も計測して、走行中の心電図データとの比較等を想定されていたが、実際の走行中のデータが不安定で、取得できた区間も短かったため、リアルタイムに 監視することによる効果は得られなかった。

# ②. 映像(動画)記録

テレメータシステムからのディスプレイ画面の映像出力を HD レコーダーに録画して、記録と競技中も容易にプレイバックができるように準備したが、スタート直前に機器の故障により 実現しなかった。

#### ③. 記録・表示用ソフトウェアによる記録

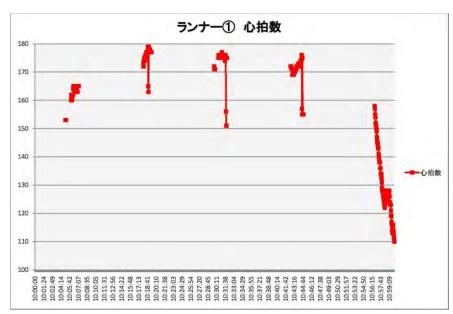
専用に制作した記録・表示用ソフトウェアによりランナー①~⑥の6名分の計測データを約2秒間隔で記録した(ランナー①~⑥の心拍数とランナー②の呼吸数のみ記録を実施した)。

記録の詳細は5参考(2)参照。

各ランナーの記録の概要は以下のグラフとおり。

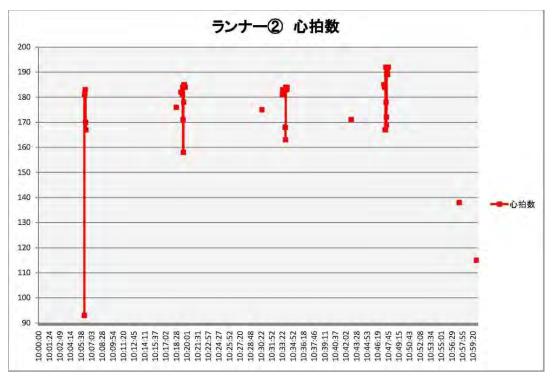
縦軸が心拍数。横軸が時間。スタートした10時0分0秒から1時間を表示。

グラフの下に、1周から4周までの周回ごとに、記録された時間(分:秒)、計測された最小値と 最大値、()内にエラーと思われる突出した最小・最大値、計測された値の平均(AVE)を記した。



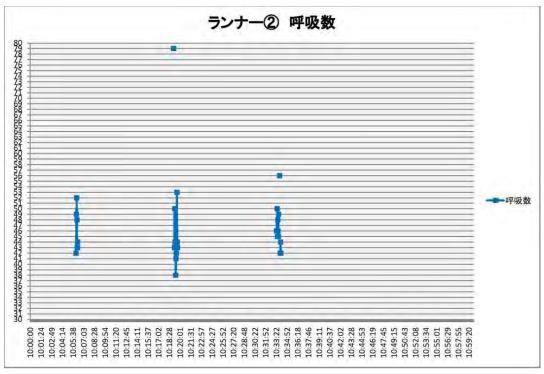
ランナー① 50 代男性 10km 走は 10 年ぶり(心拍数)

- 1週 05:01-07:14 153-165 AVE162.4 2週 18:01-19:24 (165)172-179 AVE175.4
- 3 週 29:46-31:56 (151)171-177 AVE173.5 4 週 42:36-44:49 (155)170-176 AVE170.6



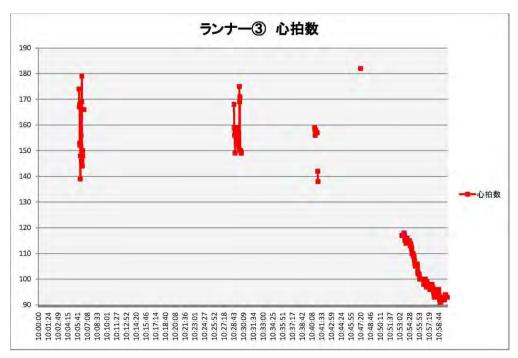
ランナー② 30 代男性(心拍数)

1週 06:04-06:18 (93)167-183 AVE167.4 2週 19:11-19:47 (158)171-185 AVE180.4 3週 33:24-34:05 168-184 AVE179.6 4週 47:09-47:45 167-192 AVE182.3



ランナー② (呼吸数)

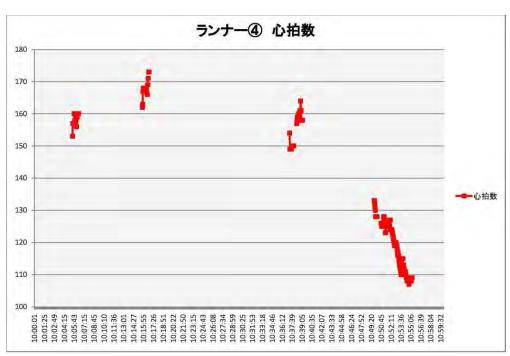
- 1週 06:02-06:16 42-52 AVE45.5 2週 19:05-19:40 43-53 (79) AVE46.7
- 3週33:24-34:00 42-56 AVE46.6 4週 (計測されず)



ランナー③ 50 代男性 フルマラソン経験有り(心拍数)

1週 05:53-06:38 146-174 AVE156.7 2週 (計測されず)

3週28:46-29:51 149-175 AVE156.3 4週40:32-41:02 (138)157-159 AVE154.7

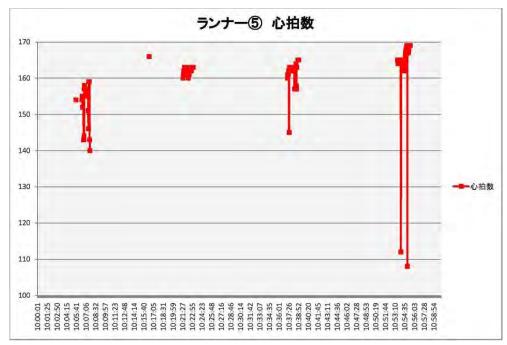


ランナー④ 50 代男性 ランニング愛好者(心拍数)

1週 05:28-06:25 153-160 AVE158.0 2週 15:46-16:45 162-173 AVE167.5

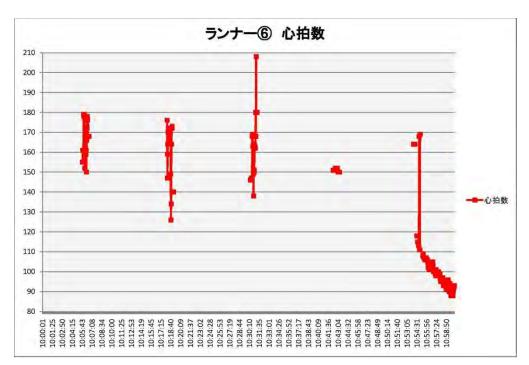
3週 (計測されず)

4週 37:19-39:09 149-164 AVE156.68



ランナー⑤ 40 代男性(心拍数)

1週 06:32-07:42 140-159 AVE153.7 2週 21:32-23:06 160-163 AVE162.0 3週 37:15-38:54 (145)157-165 AVE161.9 4週 53:30-55:27 (108)162-169 AVE162.8



ランナー⑥ 40 代女性 フルマラソン経験有り (心拍数)

1週 05:48-06:44 (150)161-179 AVE167.3 2週 18:09-19:08 (126)159-176 AVE159.6 3週 30:19-31:17 146-180(208)AVE161.3 4週 42:19-43:18 150-152 AVE151.1

#### ④. 実施結果についての所見・問題点

各周回で計測することができた時間は、

ランナー①が最長で 1分23秒間から2分13秒間、

ランナー②が最短で 14 秒間から 36 秒間、

ランナー③が 30 秒間から 1 分 5 秒間、

ランナー④が 57 秒間から 1分 50 秒間、

ランナー⑤が 1分 10 秒間から 1分 57 秒間、

ランナー⑥が 56 秒間から 59 秒間

となっている。

計測時間が最長の2分13秒間の時のランナー①の走行距離はおよそ392m、ランナー②の最短14秒間の走行距離はおよそ41m、全ランナーの平均1分7秒間ではおよそ195mの区間で計測が可能だったことになる。

個々のランナー(送信機)での差異はあるものの、事前の受信状況調査では最長 700m の区間で電波の受信が可能であったことと較べると実際に心拍数の計測が可能だった区間はかなり短かったといえる。

また、計測された数値についても途中で不感の区間があったり、数値の変動が激しく、安定しない部分があったりするが、受信点(モバイルオフィス車両)と至近距離では比較的安定している場合が多い。

心電図波形については、機器故障により競技中の録画記録ができなかったため確認できないが、至近距離以外は不安定であった印象が強い。

競技終了後の歩いていたり安静にしている場合の数値は安定して受信される。

# (5) 課題·問題点

機能検証の結果、実用的なデータ収集を行うためには解決しなくてはいけない事項が明らかになった。

# ①. 無線伝送区間が短く不安定

使用したテレメータ機器は、本来屋内用で、送信機出力が小さい(1mW)ため、受信能力を向上させて使用したが、事前に確認された通信距離よりも実際の競技中の通信距離は短く、また一旦受信されても途中で途切れるなど不安定であった。

これは、多数のランナーと並走するため、他のランナーが送信機・受信機間の遮蔽となることによる場合が多いと考えられるが、その他にも走行中に送信機や送信が行(センサのケーブルを共用)の位置が安定せず必ずしも通信距離が伸びる最適な位置になっていないこと等の影響もあると思われる。

いずれも送信空中線電力を増力して回線信頼度を上げることによって解決可能だが、免許不要の特定小電力無線の機器でなくなることや混信の回避のため他の適した周波数を確保して無線局免許を取得するか、もしくは携帯電話等を通信回線として使用するなどの方法をとる必要があり、実用化にはさらに検討が必要となる。

#### ②. 電波は受信してもデータが計測されない

ディスプレイ上は電波を受信していることを示していても、なかなか心拍数をカウントしない区間が長く、心拍数を計測できた区間は、当初の予定区間の半分以下であった。

これは、電波の受信状態が安定しないため、十分なデータ量が届かないことによるほか、走行中は体動による心電図上のノイズの発生が激しく、テレメータ装置に内蔵したフィルタで処理しきれずエラーとなること等の理由も考えられる。

また、ディスプレイに表示される心電図の波形についても不安定で変動が大きく、心電図波 形からの診断を行うのは困難なものであった。

体動によるノイズを除去する技術やエラーの回避についての研究は、メーカや研究機関等により行われており、今後の技術開発の進展が期待される。

#### ③.機器の操作性、センサ・送信機の装着

WEP-5208 は、ディスプレイ上に最大 8 名までの心電図、心拍数、呼吸数、脈拍数を表示可能で、今回 6 名のランナーの各データの表示と操作性については特に問題なかった。

送信機はタバコの箱よりやや大きい程度で、重量は電池を入れても 100g 程度と小型軽量で、 今回は本体を専用のポシェットに入れて、ウェアとビブスの間に固定してもらったが、走行中に 動いてずれやすいなどランナーが使用するにはより小型軽量化と装着方法に工夫が必要と思わ れた。

センサの電極は、汗に強い接着テープ等により胸部に固定したが走行中に外れて着け直した例もあり、運動中の装着に適した方法が望まれる。また、電極と本体を結ぶケーブル(3本、うち1本はアンテナを兼ねる)の取り回しも注意が必要でランナーの負担となるため同様に改善が望まれる。

# (6) 野外イベントにおけるモバイルオフィスの有効性

今回の機能検証は、地域での中小規模の野外イベントにおいて、主に主催者側が必要とする「多様な情報の収集・管理・運用」の実現のためにモバイルオフィスを活用することの有効性についての検証として、特に「イベント参加者の安全管理」を目的とした「無線通信による多様な情報収集」を実現することの一例としてマラソン大会の参加ランナーの心拍数データの無線テレメータによる測定を実施したものである。

#### ①. 車両の装備や機能の活用

今回の機能検証で必要とされた最も特徴ある機能としては、送信機からの弱い電波を良好に 受信するため必要な、アンテナを設置した **10m** ポールの設置である。

コースのできるだけ長い区間からのデータ受信を可能とするため、制限された駐車場内で最適な位置にポールを設置する必要があり、そのため非常に微妙な位置決めも必要であった。

これに対応するため、モバイルオフィス車両として、テレビ受信調査用の伸縮ポール付き測定車両(電源付き)を借用して使用したことにより、事前の機能テスト、受信状況調査を含めて、ほぼ完全な形で最適な位置を決定し、本番時の設営も容易で確実に行うことが可能となった。

この車両を用いない場合、アスファルトの駐車場に 10m ポールを設営するには大変な労力が必要となる上に、実用状態を想定した実験を繰り返して位置決めや空中線系の設定を検討することは相当な困難を伴ったと考えられる。

このことから、「多様な情報の収集」にあたっては、その収集する情報の種類や通信手段、使用する場所等の条件から、それに適した装備や機能を持つ車両をモバイルオフィスとして活用することが非常に有効であることを、今回の機能検証で確認することができた。

#### ②. データ通信との親和性

今回の機能検証では、直接データの形で情報を集めることによって、音声通信では不可能な 経時的な数量変化についての伝送を行ったもので、映像(静止画・動画)情報を収集する場合についても同様のことが言える。

直接データの形で情報を集める場合、データを処理・活用する情報機器について、電源と設置する場所の確保が必要となるが、モバイルオフィスであればその両方が解決できる。

今回は好天に恵まれたため、使用した測定機器等は車外に設置する形で実施したが、雨天等の場合は、若干狭いが機器は車内に設置して実施も可能なので、天候の影響も最小限とすることが可能である。

また、今回は実施しなかったが、大会本部や医療機関等へ測定したデータを転送したりする 必要がある場合も、WiMAX等の高速通信回線の活用により比較的容易に可能であることが前年 度の機能検証において確認されている。

# ③. 機能検証実施結果の評価

今回の機能検証の結果については、モバイルオフィスを活用することにより、不完全ながら 実際に運動中の人体から正確なデータを取得するというシステムを構築して運用し、予想と比 較して短時間ではあるが、ある程度のデータを取得することができたということで、モバイルオ フィスの有効性の確認については一定の成果があったと言うことができる。

実際に測定できたデータの内容については十分ではなく、医学的に「イベント参加者の安全管理」が可能となるような結果までは至らなかったと言わざるを得ないが、その理由としては、データ伝送のために使用した無線システムの能力が十分ではなかったことと、使用したテレメータ装置は本来、安静にしている人を対象としている装置であるため、運動中の人体から正確なデータを取得することは想定しておらず、エラー回避やノイズ除去の能力に限界があることによるものであった。

今後、必要な伝送距離に適した無線伝送システムの選定と、運動中の人体から正確なデータを取得するためのセンサ技術や情報処理技術の向上により、今回機能検証を実施したシステムと同様のものが、実用的なシステムとして実現することは十分可能である。

マラソン大会等での身体情報の無線計測システムに関する現状と実現性について検討した結果を以下にまとめた。

# 3 マラソン大会等での健康事故の現状と無線を活用した対策

今回、機能検証の実施にあたって事前のアドバイスと立ち会いをお願いした、藤田保健衛生 大学医学部循環器内科伊藤義浩医師に、マラソン大会等での健康に関する事故の現状と対策方 法、無線を活用した身体情報の計測システムが実現した場合の効果等についてご紹介いただい た。

# (1) 市民マラソン大会におけるランナーの健康・安全管理の現状

#### ①. マラソン大会で健康上の問題により発生している事故等の事例

市民マラソン大会は、誰もが気軽に参加して楽しむスポーツイベントである一方、一般市民の参加者がその体に日常生活よりも相当大きな負荷のかかる運動を行うものである。

**2009**年に開催された東京マラソンにて、タレントの松村邦洋氏が心肺停止に陥ったことは、 とりわけ大きくメディアに取り上げられたことで、社会的認知度が高まったが、東海地域の大会 でも心配停止や脱水症状等、深刻な事例が発生している。

2010年11月に開催された「第26回名古屋シティマラソンでは、特に持病の無い43歳男性がゴール直前にて倒れ心筋梗塞で死亡した。また、2009年11月に開催された「2009年いびがわマラソン」でも38歳男性が22キロ地点で倒れ死亡している。原因は致死性不整脈だったという。

このような参加者の健康に関する重大な事故も今後増加するものと予想され参加者の健康 や安全の確保は、開催にあたっての重要な課題となってきている。

表 1	最近5年間のロー	ドレース・マラソン大会死亡事故

No.	場所	大会	年月日	レース距離(km)	性別	年齢(年代別)	死因
1	静岡	熱海湯らっくすマラソン	20002.3.10	12	男	50代前半	急性心不全
2	京都	第9回京都シティーハーフマラソ	2002.3.10	21.0975	男	30代中盤	急性心不全
3	高知	馬路村フルマラソン	2002.9.8	42.195	男	40代中盤	急性心不全
4	京都	2002京都丹波高原ロードレース	2002.11.3	30	男	50代前半	急性心不全
5	愛知	名古屋シティマラソン	2002.11.23	10	男	50代後半	急性心不全
6	京都	第12回福知山マラソン	2002.11.23	42,195	男	50代後半	急性心不全
7	京都	第12回福知山マラソン	2002.11.23	42.195	男	50代後半	急性心不全
8	香川	香川丸亀ハーフマラソン	2003.22	.5	男	70代前半	急性心不全
9	広島	第22回ふくやまマラソン	2003.2,23	5	男	40代中盤	急性心不全
10	埼玉	庄和大凧マラソン	2003.5.4	21.0975	男	50代前半	急性心不全
11	栃木	第23回鹿沼さつきマラソン	2003.5.11	21.0975	男	40代中盤	急性心不全
12	富山	黒部名水ロード	2003.5.25	21.0975	男	20代後半	急性心不全
13	長野	諏訪湖ハーフマラソン	2003.10.26	21,0975	男	20代中盤	急性心不全
14	長野	諏訪湖ハーフマラソン	2003.10,26	21.0975	男	50代前半	急性心不全
15	千葉	第24回館山若湖マラソン	2004.1.25	42.195	男	40代後半	急性心不全
16	東京	第8回東京荒川市民マラソン	2005.3.20	1	男	60代前半	急性心不全
17	千葉	第11回手賀沼エコマラソン	2005.10.30	21.0975	男	20代中盤	急性心不全

#### <最新事例>

①2010年11月23日第26回名古屋シティマラソン(日刊スポーツより)

名古屋市教育委員会などは 24 日、市内で 23 日に行われた第 26 回名古屋シティマラソンに 参加した同市昭和区の男性(43)が競技中に倒れ、心筋梗塞(こうそく)で死亡したと発表した。

教委によると、男性は息子と 4 キロの部に参加。午前 11 時ごろ、同市瑞穂区の市瑞穂公園北陸上競技場にゴールする直前、路上で倒れ、大会スタッフから心臓マッサージなどを受けたが、約 6 時間後、搬送先の病院で死亡した。

男性の家族は「特に持病はなかった」と話しているという。

#### ②2009年11月8日いびがわマラソン(読売新聞より)

8日午後0時10分頃、岐阜県揖斐川町西横山の町道で、「2009年いびがわマラソン」に参加していた、会社員の男性(38)が我折れているのを、近くの走者が発見した。

男性は病院に搬送されたが、まもなく死亡した。死因は致死性不整脈だった。

同マラソン実行委員会によると、男性はフルマラソンの部に出場し、午前 10 時に同町中央公 民館前を出発。スタートから約 22 キロの地点で倒れていた。男性は知人の男性と参加し、フル マラソンは 3 度目で、実行委員に対して持病の申告はなかったという。

同マラソンは同町などが主催し、計約 **9000** 人が走り、ゲストランナーとしてシドニー五輪金メダリスト・高橋直子さんも参加していた。

上記のような、報道されたり記録されたりしているマラソン大会での事故の事例は、死亡例 および心筋梗塞や脳梗塞などの集中治療室管理が必要となるような重症な事象のみで、その他 の比較的軽症の部類に属する疾病、外傷等は、各大会において数多く発生していると推測される が、報告義務等はなく一般開示されない場合が多い。

#### ②. 健康事故の典型的な事例について、その原因と防止するための対策

マラソン大会での健康事故の多くの事例において、原因疾患として心不全と記載されているが、おそらく多くは急性冠症候群(※)による心室細動(心臓心室のポンプ機能が失われ、血液が送り出されず、血圧がゼロになる現象)が原因と思われる。

※急性冠症候群 急性心筋梗塞と不安定狭心症の総称

#### <心筋梗塞>

心筋に酸素と栄養素を送る冠動脈の内部が極端に狭くなって血流が悪くなり、そこで血液が 固まって血栓ができるほか、他の場所でできた血栓がそこに詰まると血流が完全に途絶えてし まうすると、冠動脈の詰まった先の心筋には血液が流れないため、酸素欠乏や栄養不足になった 心筋細胞が次々と壊死していく。このような状態を心筋梗塞という。

#### <不安定狭心症>

心筋に酸素と栄養素を運ぶ冠動脈の内側が部分的に細くなると、心筋への血流が悪くなるために一時的な胸の痛みを感じるようになる。このような状態が起こることを狭心症といい、それに伴う胸の痛みを狭心症発作という。

急性冠症候群の原因としては、高脂血症、高血圧、糖尿病などの疾患の関与や、さらに当日の緊張などによる交換神経活性状態や、運動前、運動中の脱水によるものも起因していると考えられるが、複合的な要因のため、一概に言及することは困難である。

したがって、マラソン大会等で発生するこうした事故については、運動を開始する前にあらかじめ予測することは難しいと考えられる。

以上を踏まえると防止するための対策としては、発生した症例に対して速やかに AED 等による一次救命措置を行える体制を整えることが、現状としては取り得る最重要な方策になると思われる。

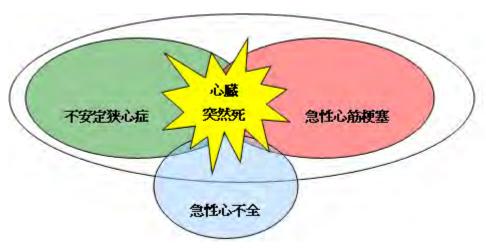


図 15 急性冠症候群

#### ③. 現在、マラソン大会等で実際に行われている対策方法の例

国内最大の市民マラソン大会である東京マラソンでは、2009年は医師が待機する救護所を 14ヶ所設置し、さらに 10km 地点以降には 50名のランニングドクターが参加者と同じコース 上を走行して緊急時に備えていた。

また、AED についてはコース沿道 1km ごとに合計 43 ヶ所配置されていたのに加えて、コース上を自転車で AED を背中に背負って走行する AED モバイル隊が合計 18 組配置され、参加者の心臓事故等に備える体制が整えられていた。

そうした数万人規模の大会では、人的・物的にも十分な体制がとられるようになってきているが、地域で開催される数百人規模の小さな大会ではそのような準備はまだ不十分であるとも思われる。

# ④. 今後、必要になると思われる、もしくは実現が望まれる対策方法

基本的には規模の大小を問わずどんな大会においても、十分な監視と事故発生時には速やかに対応できるよう、AED等の機器の十分な準備と人的な配置を行うことが求められてきている。そうした体制に加えて、心臓事故の発生を予測する研究も進められており、走行中のランナーの誘導心電図の変化を分析することが可能になれば、急性冠症候群等の重大事故に繋がる異常を事前に発見し、対象者に注意を促すことも可能になるのではと期待されている。

# (2) 競技中の心電図等の計測データ収集

#### ①. 走行中のランナーに発生が予想される異常の兆候としての現象

急性冠症候群等の兆候としては、胸痛、または胸痛に関連した腹痛、上肢痛や下顎痛等がおこる可能性があり、さらにそれらの前兆として冷汗を伴う場合もあると考えられるが、運動中の変化としては気付きにくいと思われる。

しかも多くの場合、その兆候は一瞬であり、症状が全く現れないことも多いと思われるため、 自覚的な症状からその兆候を発見することは困難である。

しかし、注意すべき症例の場合は、心臓事故前に心室性期外収縮の発生頻度が多く見られる可能性があると言われており、運動中に心室性期外収縮の発生頻度が多くなるほか、心電図に虚血性心疾患を疑う変化が見られた場合その直後に心臓事故発生の可能性が高いと考えることができる。

#### ②. 走行中の計測データ収集の意味・可能性

無線通信技術やセンサ技術の向上により、人体の情報を遠隔で収集できる非常に小型軽量な 医療用無線テレメータ装置が開発されて活用されているが、それらの活用により走行中の重大 な心臓事故等発生の兆候を発見し、事前に対策を行うことは可能だろうか。

心室性期外収縮は、不整脈のひとつであるが、心電図の波形が大きく異なるため、心電図が記録されれば専門の医師により診断が可能と言われている。

また、危険と判断されるような不整脈の出現や心拍数の異常な変化からも心臓の異常を予測することも考えられる。

したがって、走行中のランナーの心電図、脈拍、心拍数についてリアルタイムに専門家が状況 を監視することができれば、症状発生前に注意を促し、大きな心臓事故等を防止することが期待 できる。

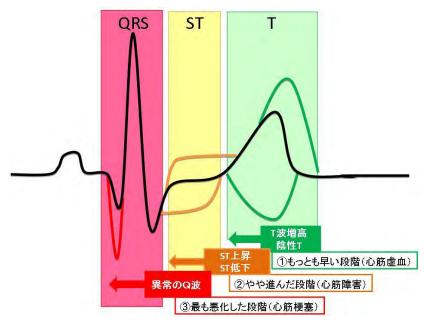


図 16 心電図の異常段階

図の②ST部分は心室放電のあとに心室充電されるまでの区間であり、この ST 区間の変化を 監視することで、狭心症などの予測が可能となる。

しかしながらランナーに装着する電極等の制限から、肢誘導で記録した心電図とした場合は、 この ST 部分の判読は難しいとされている。

また、運動時に発生するノイズを十分に軽減できるフィルタも必要になる。

今後それらの諸問題を解決し、走行中のランナーの心電図や脈拍数をリアルタイムに正確に 取得できるシステムが実現できれば、マラソン大会参加者の健康に関する重大事故を防止する ために非常に有効な手段になると考えられる。

#### ③. 収集したデータの効果的な集計・表示方法

ランナーの心臓事故防止に最も有用な情報は、上述より心電図であると考えられるが、脈拍の変化なども参考になると思われる。血圧については、心電図の参考になる情報で、有効性としては 心電図≥脈拍≥血圧 の順となる。

また、ランナー各々に持病など個人差があるため、他のランナーとの比較はあまり意味が無く、個人の過去のデータとの比較については不整脈が多いランナー等には有用と考えられる。

以上を踏まえると、マラソン大会等においてメデイカル担当者(医師等の専門家)が心臓事故 等に対応するための判断を行いやすい効果的なデータの表示方法としては、リアルタイムの各 ランナーの心電図のモニターが可能で、別画面で指定したランナーのトレンド心電図(経時的 な心電図)、脈拍、血圧等のデータを表示可能なものが望まれる。

また、多数のランナーを同時に監視する場合は自動判読装置やアラーム機能も必要となる。

# 4 マラソン大会等での身体情報の無線計測システムの実現性

実際にマラソン大会等でのランナーの心臓事故防止に有効な無線計測システムを実現する ためには、

- ① コースの全区間から無線でリアルタイムなデータを収集する
- ② 走行中(運動中)でも正確な心電図波形、脈拍、血圧を計測する
- ③ 計測し、収集したデータを瞬時に処理して記録・表示する

といった機能が必要となる。

しかしながら実現のためには、

- ① フルマラソンの場合最大 42. 2km の区間を確実にカバーする無線通信手段
- ② 装着しても走行(運動)の妨げにならず、確実な計測が可能なセンサや送信機
- ③ 走行(運動)中の生体から発生するノイズや振動の影響をデータから除去する技術 などが必要となり、これらの実現に向けては、現在も関連する分野で様々な取り組みが行わ れている。

# (1) ボディエリアネットワーク (BAN)

主に健康管理のために日常生活中の身体の各種データを遠隔から常時見守るシステムの実現を目指した取り組みとして、「ボディエリアネットワーク」の研究・開発が進められている。

#### ①. ボディエリアネットワーク(BAN)とは

BANは「人体上および体内に配置する端末によって構築される無線ネットワーク」であり、体に取り付けたセンサ等が得た生体情報などを無線で収集し、医療やヘルスケアなどに役立てようというもの。

(独)情報通信研究機構(NICT)が中心となって研究・開発と、無線通信ネットワークに関する標準化作業が進められている。

体の表面に無線チップ付きの心電計や血圧計などを装着する「ウェアラブル BAN」と、無線チップ付きのセンサやカプセル内視鏡などを体内に入れる「インプラント BAN」の2種類に分類され、すでにペンダント型アクセサリとして装着可能なウェアラブルBANの小型生体センサが開発されている。

ペンダントの中には、心電図や体表温度、体位の変化を測るためのセンサが内蔵されており、 首からぶら下げた状態で常時計測できる。そして、これら複数のセンサが集めたデータは「BAN コーディネータ」と呼ばれる機器(携帯電話が使用されている)に短距離無線ネットワークによ り集約され、さらに携帯電話回線やインターネットにより遠隔の医療機関などに送信され、心臓 や体温に異変はないか、突然倒れたりしていないかが、遠隔からモニタリングできる。

また、複数のセンサ情報を同時に扱えるため、例えば心電図に変化が起きたとき、体温や体位はどうだったかなど、時間の同期がとれた形で複数のセンサ情報が分かることで、その人の状況がより正確に把握できる。



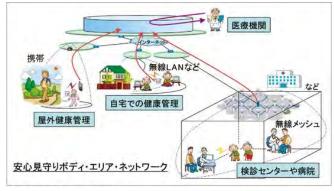


図 17 ウェアラブル BAN 小型生体センサとコーディネータ (NICT HPより)

#### ②.BAN に活用される無線通信

身体に装着したセンサからコーディネータ機器までの間の短距離無線で使用する無線通信 方式については、既存の Bluetooth、ZigBee や「超広帯域無線システム (UWB)」などが検討され ている。

また、コーディネータ機器からインターネットへ接続する無線ネットワークとしては、携帯 電話(LTE)、無線 LAN、WiMAX などの利用が考えられる。



通信距離

Bluetooth UWB ZigBee 通信速度 250 kbps 1 Mbps 100 Mbps 周波数帯域 2. 4GHz 3~10 GHz 2.4 GHz

10 m 以内

10~75m

短距離無線通信方式の例

インターネット接続の例

10 m

	無線LAN	WiMAX	LTE	
通信速度	~数十Mbps	~15Mbps	↑ 25/ ↓ 75 Mbps	
周波数帯域	2.4GHz/5GHz	6GHz	1.5, 1.7, 2GHz	
通信距離	~100m	~5Km	~5Km	
備考	802.11a/b/g/n	802.16 e	3.9G	

図 18 システムのイメージ (NICT HPより)

BAN で使用される短距離無線通信ネットワークに関しては、IEEE802.15.6 ワーキンググル ープにおいて、そのネットワーク物理層(PHY)とデータリンク層の下位副層である媒体アクセス制御 層(MAC)の標準化が進められている。

その他、ボディエリアネットワークの詳細については、NICTホームページを参照。 http://www.nict.go.jp/publication/NICT-News/1004/01.html

# (2) 運動・競技中の生体データを収集するセンサ技術

BAN をはじめとして、現在開発が進められている生体情報センサの多くは、日常生活中のデータ収集を想定しているが、マラソン等の激しい運動中でも正確な心電図の計測を行うためには、さらに解決が必要なノイズ除去の問題がある。

不整脈の診断に有効とされている「運動負荷心電図」の検査では通常、トレッドミル装置と呼ばれるランニングマシンを使用して走っている状態の心電図を計測・記録を行っている。

この運動負荷心電図の測定においては、走行中の被検者に取り付けた電極を通して、アクションノイズ、筋電ノイズ、商用電源周波数ノイズ、基線動揺ノイズなどが心電図波形に重畳し、正確な計測の妨げとなるため、これらのノイズを除去する技術について、計測機器メーカや研究機関で開発が進められている。

通常の心電図計測においては、ローパスフィルタを用いて心電図波形のスペクトラムよりも高い周波数のノイズを除去することによって正確な波形の計測を行っている。しかし走行中の心電図計測では、心電図波形の周波数に近似する比較的低い周波数のノイズも混入するため、ローパスフィルタを用いて除去することはできず、また、これらの雑音成分には定常性がないこともわかっており、ノイズを除去することを困難にしている。

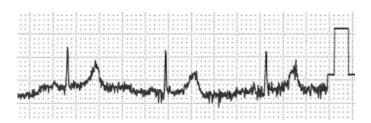
これを解決するために研究が進められた結果、現在では様々な特殊なフィルタを使用し、 複雑な計算処理を行うことによってノイズを除去し、正確な心電図波形を再現する技術開発が 行われており、実用的な計測が可能なノイズの除去装置を備えた計測機器が実現し、製品化さ れている。

こうしたノイズ除去の技術を応用すれば、マラソン等の競技中の心電図計測も可能になると思われるが、運動負荷心電図測定よりもはるかに激しい運動となることや、無線による伝送が必須となるため、無線区間での新たなノイズや歪みの発生の問題もあり、ノイズ除去に関してもより特化した研究開発が必要となる。

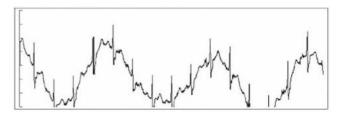
また、運動・競技の妨げにならす、正確な測定が可能となる電極等のセンサの装着方法についても、機器の形態・重量などを含めて研究開発が必要である。



(日本光電㈱HPより)



【筋電図が混入したノイズの例】



【呼吸による基線動揺ノイズの例】

# (3) 実現に向けて

#### ①. 新産業の創出と安心・安全なユビキタス社会の実現

国際競争が強まり、少子高齢化が進む我が国において、今後必要とされる産業構造の転換のひとつとして、これまで成長制約要因だったものを「課題解決産業」へと転換させるということが、産業戦略のひとつとして注目されており、特に「医療、介護、健康、子育て」の分野での新たな生活支援サービス産業の創出は、環境・エネルギー、文化、先端技術などと並んで成長が見込まれる戦略的な産業分野と位置づけられている(経済産業省「産業構造ビジョン 2010」)。

また総務省も、2009年の「電波新産業創出戦略」の中で、2010年代の電波利用の将来展望として2015年までに実現し、2020年までにさらに高度化・発展を目指す五つの電波利用システムの中に「医療・少子高齢化対応システム」と「安心・安全ワイヤレスシステム」の二つを挙げている。

医療・健康分野での安心・安全の確保のためのワイヤレス・ネットワークを活用した新サービス、新産業の創出は、国際競争の中での我が国の優位性を確保するために推し進めるべき重要な要素と言うことができる。



図 19 2010 年代の電波利用システムの将来像(総務省資料より)

今回、本調査検討会で機能検証を行ったマラソン大会等での身体情報の無線計測システムは 非常に限定的な用途と機能のシステムではあるが、まさに安心・安全のためのワイヤレスシステムであり、その実用化に必要な関連技術は、無線通信のみならず、医療・健康分野への応用も 期待される我が国の産業戦略において重要性の高いものが含まれている。

また、安心・安全のためのワイヤレスシステムとしては、世界に先駆けたものとなる可能性 もあり、日本発の新しいワイヤレス・サービス事業の創出として、今後の実用的なシステムの実 現に向けての各方面での取り組みが期待される。

#### ②. ブロードバンドワイヤレスフォーラム (BWF) の取り組み

ブロードバンドワイヤレスフォーラム (会長: 土居範久 中央大学研究開発機構 教授) は、新たな電波利用システムやサービスの実用化及び国際展開を加速化させる母体として平成 21 年 7 月 3 日に設立されたフォーラムで、2010 年 12 月現在 124 社 (者) が参加し、新たな電波利用システムやサービスの開発、相互接続、性試験及び実証実験等の実施、電波利用システムやサービス等の国際展開の検討、テストベッドを活用した社会実証の検討等を行っている。

2010年代の電波利用の発展を通じた新たな産業の創出とともに、我が国が抱える様々な社会問題を解決しユーザーの生活の更なる向上を目指す同フォーラムは、本調査検討会で機能検証を行ったマラソン大会等での身体情報の無線計測システムに注目し、検討期間中に数回に渡り情報交換を行った。

情報交換結果については、同フォーラムの平成 22 年度安心・安全ワイヤレス WG での検討 内容に反映されている。

今後、平成 23 年度以降の活動の中で、関連する技術やシステムについての検討を実施する可能性があり、新しい安心・安全のためのワイヤレスシステム創出に繋げたいとしている。

図 20 BWF の組織 (NICT HPより)

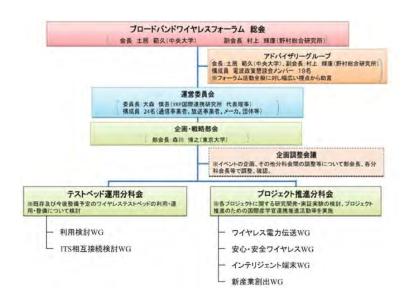
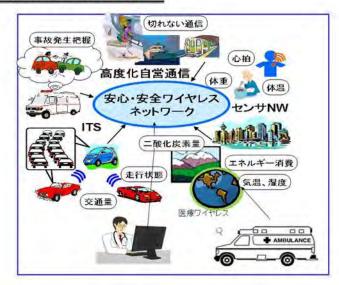


図 21 安心・安全ワイヤレス WG 全体関係図 (BWF 資料より)

安心・安全ワイヤレスWG 全体関係図



# 5 参考

# (1) 受信改善調査の実施状況

# ①. 事前調査(平成 22 年 10 月 13 日)

機能検証が実施可能であることについての事前確認として、第2回調査検討会(10月22日開催)での実施決定より前に調査検討会事務局で実施した。

庄内緑地公園第3駐車場に伸縮ポール(10m)を備えたモバイルオフィス車両を仮設し、準備した指向性空中線(2素子八木、利得約4dBi)、RF 増幅器(利得約20dB)2台、バンドパスフィルター(挿入損失約6dB)により、テレメータ送信機(ZS-910P)とモニタリングシステム受信機(WEP-5208)との間で、機能検証の実施が可能な程度の受信性能向上が期待できるかについて調査を実施した。

調査の結果、以下の事項が判明した。

- i. 二素子八木型空中線(空中線利得 4dBi)、利得 20dB の増幅器、挿入損失 6dB のバンドパスフィルタを用いることで、南西に 300m 程度、北東に 200m 程度が受信範囲となる。
- ii. 北東側の受信範囲が南西側の 300m と比較し 100m 程度短いが、その理由として調査対象となるマラソンコースの北側に松並木があり、松の葉や幹が送信機電波の反射や遮蔽になるものと考えられる。
- iii. 受信空中線高は、最大 10m 程度にすることが可能であるが、空中線高 7m から 8m 程度が 最適となる。これは、受信空中線からみた東側方向に松並木があり、空中線を 8m 以上とす ると松の木の枝や葉が遮蔽物になるためと考えられる。
- iv. 受信空中線を2基用意し、2方向の空中線出力をRF混合させた場合、受信範囲が南西側 150m、北東側100m程度と半減することが分かった。これは空中線出力を2混合すること による混合器の結合損失による信号波の減衰と、雑音指数との兼ね合いが原因と考えられ、 スタック等の受信方式の採用は難しいと判断した。

i の結果により、コース上の一定の区間での計測が可能となるので機能検証の実施は可能であると判断した。

ただし、より長い区間での安定した計測実施が望まれるので、受信方法についてさらに検討・ 調査を実施することとした。









【二素子八木型空中線】



【RF增幅器】



【バンドパスフィルタ】

【2方向の空中線出力をRF混合】

# ②. 受信改善調査第1回(平成22年11月11日)

事前調査結果から、2方向へ各 1 本ずつの指向性空中線の使用は不利であることが判明したので、無指向性の高利得受信用空中線を用いて、受信可能範囲の調査を実施した。

調査の結果、下記の事項が判明した。

- i. 新たに準備した無指向性高利得受信空中線(424MHz 帯用三段コーリニア、利得 6.5dBi)により、モバイルオフィス車両の設置位置から南西に 400m 程度、北東に 300m 程度が受信範囲であることが判明した(周波数は 424.4875MHz)。
- ii. 最適空中線高は、8m以下が最適であることを確認した。 これにより、コース上の約700mの区間(コース全体の1/3弱)での計測が可能である。

# ③. 受信改善調査第 2 回(平成 22 年 11 月 25 日)

**11**月 **11**日と同様の受信環境の下、マラソン大会本番と同様に、複数のランナーに送信機を装着して受信テストを行った。

その結果、下記の事項が判明した。

- i. マラソン大会本番で使用するために確保された送信機の周波数帯が 1 台のみ 424MHz 帯で他の 1 台が 440MHz 帯、6 台が 448MHz 帯であることが判明。
- ii. 無指向性受信空中線の 448MHz 帯域における利得は 2.1dBi 以下であるほか、採用したバンドパスフィルタの挿入損失が 448MHz 帯では 7dB(424MHz 帯域では 4dB)と大きく、現状の受信設備では 6 人分について良好に受信できないことが判明。

**424MHz** 帯の送信機を追加で確保することが困難なため、マラソン大会本番では、**448MHz** 帯の送信機 6 台を使用することになるが、この時点から新たに **448MHz** 帯用の無指向性高利得受信空中線を作り直すことも不可能であるため、他の受信改善方法を再検討することが必要となった。

# ④. 受信改善調査第3回(平成22年12月3日)

検討の結果、事前調査時に使用した指向性空中線(2素子八木)については、指向方向の後方にもある程度の利得(バックローブ)が得られるため、設置場所を工夫することによって目標とする計測区間(ほぼ直線)に対してできる限り指向性を引き出すこととした。

また、バンドパスフィルタについて **448MHz** 帯での損失が低いものに取り替えることにより 受信系全体での利得の向上を図ることとした。

以上の対策を行ったうえで、448MHz帯の複数の送信機による受信テストを実施。 その結果、下記の事項が判明した。

- i. 無指向性高利得受信空中線の場合と同等の南西に 400m 程度、北東に 300m 程度の受信範囲が確保できることが判明した (周波数は 448.9375MHz)。
- ii. 送信機及び送信空中線となるセンサーケーブルの装着方法によっては、受信範囲が変化することが判明した。
- iii. テレメータ送信機を装着したランナーと他のランナーが並走した場合、受信範囲に影響が 出ることが判明した。
- iv. 最適受信位置と受信空中線高は8mが最適であることを確認した。



図 22 受信可能範囲

#### ⑤. 既存電波状況の調査

受信改善調査第3回(12月3日)の際に、今回使用する医療用テレメータ用の周波数帯 (420.05MHz~429.7375MHz 及び440.5625MHz~449.6625MHz)及びその周辺周波数帯での 電波使用状況をスペクトラムアナライザにより調査したが、特に機能検証の実施に支障となるような電波の発射は確認されなかった。

#### 【測定結果】

妨害波

440MHz に 49dBμV の信号 451.36MHz に 54dB μ V の信号

453.6MHz に 46dB μ V の信号

(いずれも、BPF、AMP後の測定値)



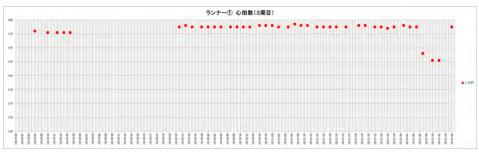
# (2) 機能検証で取得したデータ

# ①. ランナー1

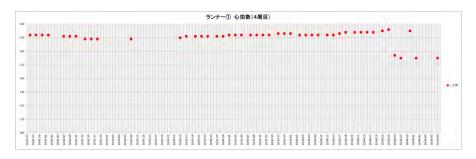
## 1周目

#### 2周目

#### 3周目



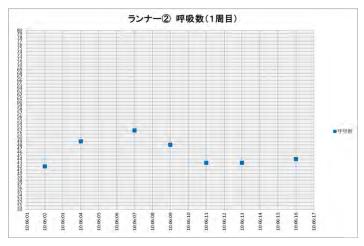
#### 4 周目



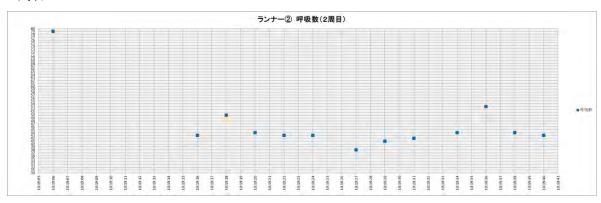


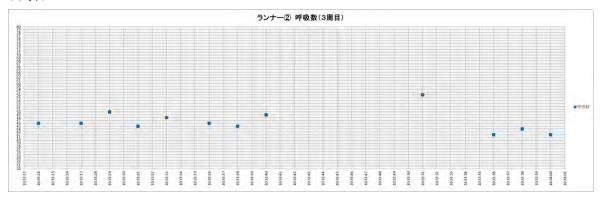
# ②. ランナー2 呼吸数

# 1周目



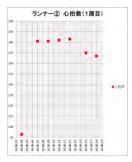
# 2周目



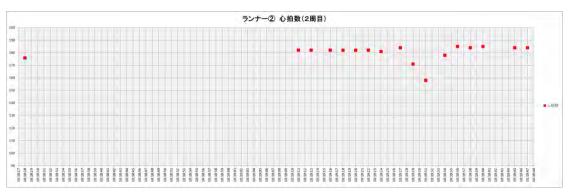


# ③. ランナー2 心拍数

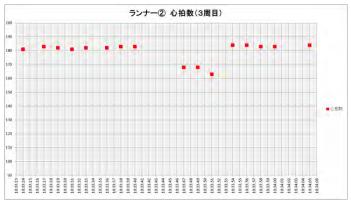
#### 1周目

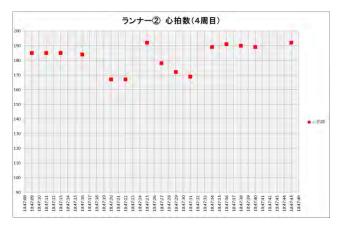


#### 2周目



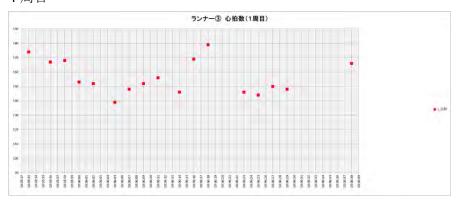
#### 3周目





# **④**. ランナー3

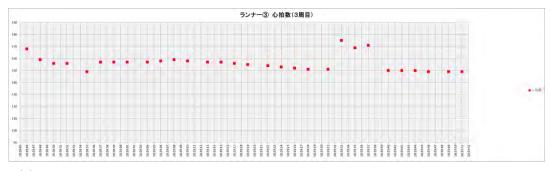
# 1周目



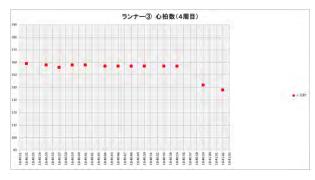
# 2周目

データなし

#### 3周目



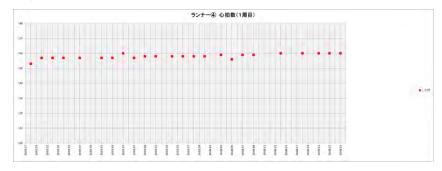
# 4周目





# **⑤**. ランナー**4**

#### 1周目



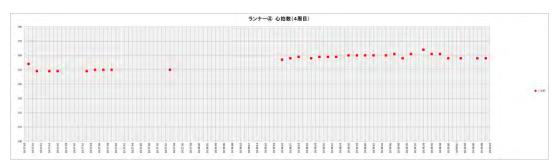
#### 2周目



#### 3周目

データなし

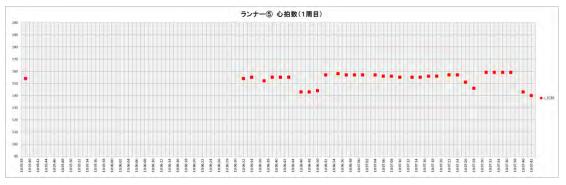
#### 4周目





# **⑥**. ランナー5

#### 1周目

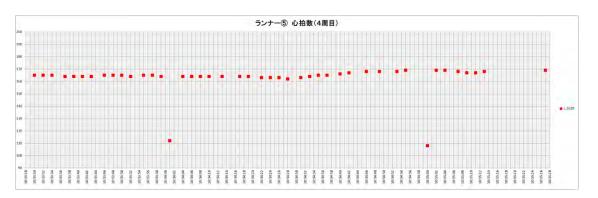


#### 2周目



#### 3周目



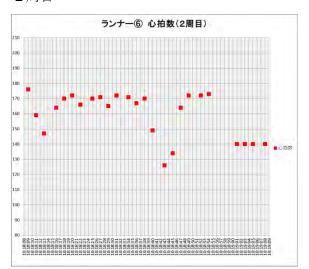


# ⑦. ランナー6

1周目

# 

2周目



3周目

4周目

