

フィンランド製、超高感度感圧センサによる 生体信号モニタリング技術の独居老人対応遠隔監視の活用事例一

田中稔彦ユーロ・プロテック株式会社²⁾

要旨

フィンランドの通産省系の国家プロジェクトでは2006年5月から2ヶ月間に亘りオウル市内の独居老人を対象に生体信号を遠隔で監視するテストを実施した。フィンランド技術庁がファイナンスをし、VTT（国立技術研究所）が実施した。プロジェクトの重要な技術要素として超高感度感圧センサと省電力無線の組合せが独居老人の心拍・呼吸拍をモニターするのに有効であろうと想定した。センサとしては、VTTが発明し開発した超高感度感圧センサが使用された。心拍・呼吸拍を的確に有効な情報として抽出する技術を確立したEMFIT社のシステムが使用された。独居老人10人の協力を得て、その人達の生体信号をリアルタイムでVTTの委託先にて収録した。テスト期間の終盤に一人の老女の心拍と呼吸拍両方に異常が検知された。たまたま居合わせた家族の方の手配で、救急車で最寄の大病院に運ばれた。本システムは確実にこの事象を捉えていた。予想通り本実験で使用したシステムが独居老人のモニタリングに極めて有効なることが確認された。

キーワード: フィンランド、超高感度感圧センサ、小電力無線、生体信号、独居老人、遠隔モニタリング、

はじめに

高齢化社会への技術的対応は世界的に重要性を増している。日本と同様、フィンランドでもこの傾向が現れつつある。高福祉国家フィンランドでは在宅介護に向けての施策が10年ほど前から国の政策として取り上げられ、それに伴って必要な技術開発を、国を挙げて取り組んできた。

フィンランド国の通産省の配下において国の技術開発の方針を策定し、技術開発の国家予算を配布する機関の一つとしてフィンランド技術庁（TEKES）がある。TEKESの福祉関連技術開発プログラムにFinnWell(2004-2009; 2億3千万円)がある。このプログラムの中の一プロジェクトを此処で紹介する。

本プロジェクトの推進母体は国立技術研究所、VTTで、参画民間企業は、EMFIT社、IST社、FIRSTBEAT社、Nokia社、Omron社など。

事例

本プロジェクト¹⁾の概要。

- ・ 場所; オウル市
- ・ 実験期間; 2006年5月上旬~7月中旬
- ・ 対象者; オウル市内在住の独居老人12人
- ・ 異常感知; 7月13日~14日
- ・ 発患者; 86歳老女
- ・ 異常のその時; 13日夜間、脈拍が急上昇し、呼吸数が下降した。14日早朝には救急車でオウル大学付属病院に運ばれるも、ウイルス感染に拠る単純ヘルペス[疱疹]を引き起こし後日死亡した。

図1に本プロジェクトの概念図を示す。図2は実験期間中の老女の呼吸拍記録、図3は同脈拍記録である。図2では呼吸拍が13日夜半に急速に下降しているのがわかる。同時に脈拍(図3)は、一時上昇して、急降下している。

本プロジェクトの中核をなす特徴的な技術はVTTが開発した(EMFIT社が製造している)超高感度感圧センサ(説明; 図4、写真1)とEMFIT社の信号処理技術に基づき開発製造されたDVM: Discreet Vital Monitor³⁾(高知能生体信号検知装置; 写真2)にある。センサ(説明と構造図; 図5)は約0.4mmと薄く、被験者のベッドのマットレスの下に敷かれる。従って、センサの存在は被験者にとって全く気にならない。センサの出力はコントローラに送られる。そこでは、電気的フィルタリングとソフトによるフィルタリングにより心拍と呼吸拍並びに態動だけを篩い分けして

(他の雑音を排除して; 典型的心拍・呼吸拍の表示; 図6) 継続的に生体信号を送信し続ける。

[EMFiフィルムを使ったセンサは次の3つの特徴を持っている;

- ① 感度が極めて高い(30 ~ 500pc/N)、
 - ② 感度巾が極めて広い(10^{-3} ~ 10^6 gr)、そして
 - ③ 周波数応答巾が広い (10^{-2} ~ 2×10^5 Hz)]。
- これら3つの特徴は逆に言うと如何なる不要な信号をも拾ってしまう事になる。そこで生体信号として特徴的な心拍・呼吸拍を重点的に拾い続けるソフトとハードが必要になる。

加えて、フィンランドのIST社が開発したVivago WristCare(写真3)、及び同じくフィンランドのSuunto社が開発した心拍数モニター、t1(写真4)が実験的に使用された。共に微弱電波を利用して被験者(老人)の身体の状態を遠隔にて感知するものである。他の医療機器への影響には留意されねばならないが、日本でも病院での使用が許可されている小電力無線技術は、在宅介護には極めて有効である事が報告されている。

本プロジェクトの統括機関、TEKES(フィンランド技術庁; 日本のNEDOに相当する)の国家プログラム「FinnWell」(2004~2009)の一プロジェクトとして企画され実施された。その報告書²⁾の要旨の和訳を下記する;



プロジェクトの概要(TEKES):

ユビキタス社会ではIT[無線通信の感知およびネットワーク、携帯型プラットフォーム、等]を駆使する事により、ヘルスマニタリングを実行可能にし、費用削減に有効な解決策を提供する。例えば二重老化(Double-Ageing)対策、およびヘルスケアの費用の国家的危機に対してこの様な技術の必要性がある。

ヘルスマニタリングの為に科学技術のソリューションは、**実際に設備を現場に設定して監視技術を適用する事**、そしてそこで得られたデータ(情報内容として本質的に有効な情報、アクセス可能な情報)を分析し、情報を活用することによって開発することができる。このプロジェクトの目的は実際の設定された現場の人々の健康状態、そしてそれを長期間監視する事にある。それには以下に述べる**小電力無線と超高感度なセンサ**の組み合わせが有用と想定された。本プロジェクトのアプローチ小電力無線とフィンランドで開発された革新的な高感度センサの組合せをセンサープラットフォームとして構築し、それらの開発に携わってきた企業群の参画をプロジェクトの早い段階から協力を仰いだ。プロジェクトの焦点は、被験者たる高齢者の生きる事への

ストレス、体重管理のような極めて現実的なユーザーニーズの特定、そして年配者の福利に寄与する監視体制の確立する事にある。本プロジェクトでは、高齢者の実際の環境下で福利に役立つデータを得る為に、実ユーザーが長期に遠隔で監視される体制を構築した。同時に一つの貴重な資料が得られた。それは現場で実質の健康状態をリアルタイムに抽出し、ユーザーの本当の健康状態が得られた。本プロジェクトではデータの取得に当って被験者に目立たず事無く(無侵襲)データ取得を可能にする様な、信頼性の高い研究のプラットフォームを構築できた。加えて、新しいデータ解析方法が得られた。それらは、データを分析し、福利に寄与する新しい手段を開発するのに貢献出来るものである。

構成機器の各論;

DVM : Discreet Vital Monitor (高知能生体信号検知装置)

1. 超高感度感圧センサー-L-2060 ;

EMFi センサの基本構造は図5に示したが、このセンサの原理は今迄のどんな感圧センサの原理とも異なっており、内部に「溜めた電荷」を利用している点である。多くの高分子系プラスチックでは大かかれ少なかれ発現する現象であるが、フィンランドの国立技術研究所、VTT の着目ポリプロピレン製フィルムの実体の中に無数の数ミクロン大の空隙(泡)をつくり、其の界面に電荷を溜める事により、帯電容量が桁外れに高くなることにある。フィルムの面に直交方向に力を加えると、泡の中の電荷は双極子を形成し厚さ方向の双極子の和が電圧となって現れる。数μV の力で1V程度、心拍・呼吸拍の感知のように極めて弱い力、シグナム・ホーターの力ではmV程度の電圧を発現する。この様に感度が極めて高いので、センサをマットレスの下に敷いても、被験者(ご老人、病人など)が全く感知しない状況下で、心拍・呼吸拍をキャッチできる。一方、DVM の如く「高知能型」でなくとも、生体信号を利用して、「安眠状態よりも身体の発する振動が弱くなり過ぎる、乃至は強くなり過ぎる」場面を捉えて、警報を発する装置も EMFi社から提案されている(SafeBed-I, SafeBed-II)。

2. DVM 高知能生体信号検知装置 ;

DVM の性能は、捉えた信号を如何にして有効なデータとなるように素早く加工し、如何に安定してディスプレイに欲しい情報を供給し続けられるかに掛かっている。センサが、前出の如く、感度が極めて高く、感度巾が極めて広く、且つ周波数特性が極めて広い為、必要な信号以外の周りの全ての情報をとり続けてしまう為、DVM の開発は周りのノイズを如何にして取り除くかに開発努力の大半を費やして来た。ここでは、電気的、ソフト的なフィルタを駆使して情報の「外挿、内挿」をしつつ、自己学習をして、より賢いセンシングが可能となった。

DVM は TCP/IP と通して送信できるので、インターネットに乗せて信号を収集できる。この事は、広域に散在する「独居老人」の集中管理を可能にするものである。一旦収集されたデータはデジタル機器乃至はソフトで処理出来る為、異常感知後の処理の仕方も極めて多岐に亘る選定が可能となる。

3. IST社⁴⁾のVivago ;

写真3に Vivago WristCare を示す。心拍・呼吸拍こそ感知していないが、「動態」の変化を感知して、被験者の睡眠状態を睡眠の深さのレベルを含めて記録できる。取得信号はフィルム・センサに拠る動態感知に加えて体温と皮膚表面の導電率を感知する。利用開始当初の学習期間を経て、被験者個体へのマッチングをしてより精度の高い生活実態を小電力無線を通して、管理者(介護者)に知らせる。Vivagoにはバージョン・アップした、Vivago PWM(Personal Wellness Manager)が市販されている。Vivago WristCareに加えて時計、加減消費

量、より高度なアルゴリズムを駆使した健康状態の把握と伝達が可能となっている。

4. Suunto社⁵⁾の脈拍モニター ;

図4に時計モデル t1 (t1 ~ t4) を示す、脈拍測定は専ら胸部に直接取り付け付けるセンシング・ベルトによる。小電力無線を利用して時計に信号を送り、更に携帯電話との連携で管理者(ドクター、ケアマネジャーなど)に知らせる。脈拍の取得精度は、センサを身体に直接ベルト締めされるだけあって極めて高く、安定している。

5. Firstbeat社⁶⁾に拠るモニタリングと解析 ;

Suunto 社の脈拍モニター時計と携帯電話の組み合わせ、乃至は脈拍ベルトから直接小電力無線を使って、Firstbeat 社のトレーニング管理施設で解析を可能にした。

6. OMURON 社の血圧計他 ;

ムロン社提供の歩数計が本プロジェクトで採用された。ここでは、デジタルデータとして PC に取り込むか、乃至は携帯電話(ケータイ)経由で Firstbeat 社に送られ、解析に供せられた。他に詳細は明らかになっていないがプロジェクトでは体重計、血圧計なども試験的に使用された。

考察

フィンランド国では、高齢化社会対策として得意分野である、ICT 技術を駆使して、在宅介護の効率化に取り組んで来ている。今回使用された要素技術の殆どがフィンランドで開発された特異なセンサ技術をベースにしている。

EMFi 社の DVM、IST 社の Vivago と Suunto 社の脈拍測定器。此処で重要なのは、1. 無侵襲非拘束なること、2. 場所を問わずに管理できる事(TCP/IP = インターネットの利用)、そして、3. 他の医療機器に影響せずに確実に遠隔で生体信号をキャッチ、モニタリングできる事(小電力無線の採用)である。

EMFi 社では心拍・呼吸拍こそ見えないが、それら情報のクリティカルな状況を的確に把握して、ON-OFF 信号として警報を鳴らす方式(SafeBed)を開発した。欧州を始めとしてこの簡便な方式が正に普及し始めており、一步先んじて、遠隔介護の分野で威力を発揮している。

まとめ

日本でも多くのセンシング技術が開発されているので、それらとの上手い組み合わせにより、福祉国家で IT 立国であるフィンランドの試みはお手本として活用出来るものと思われる。今回の一連の実験は先ずは先端技術として開発されてきた機器が、実情にあっているかどうかを見る為のものであり、実用となるには、夫々成熟を待つて時間を掛けて確実に応用できるものへと発展すべく更なる努力が必要であろう。

参考文献

- 1) Juho Merilahti, VTT wsense-S4-44 (国家プロジェクト)中間レポート(未発表) 8.9.2006
- 2) TEKES FinnWell Program; bLong term wellness monitoring by wireless sensors 07.2007
URL:<http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPor-taali/ohjelmat/FinnWell/fi/system/projekti.html?id=8450255&nav=Projekti>
- 3) EMFi社Home Page; URL: <http://www.emfit.com> 07.2007
- 4) IST社Home Page; URL: <http://www.ist.com> 07.2007
- 5) Suunto社Home URL: Page; <http://www.suunto.com> 7.2007
- 6) Firstbeat社Home URL: Page; <http://www.firstbeat.com> 07.2007

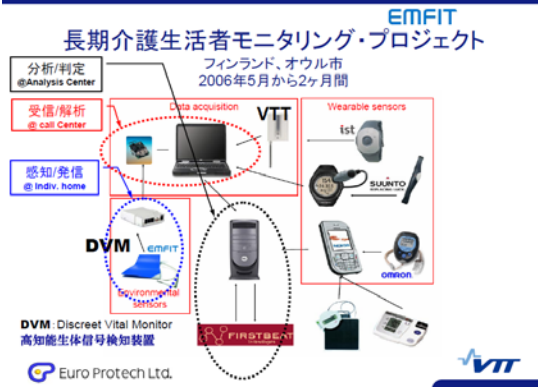


図 1 モニタリング調査 オウル市 在宅ケア
EMFIT社製-高知能がイタルモナ[DVM]

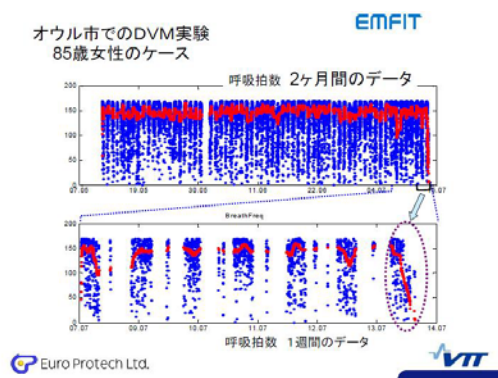


図 2 オウル市での実験結果例；呼吸拍データ

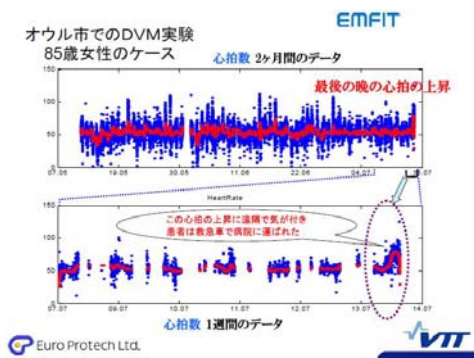


図 3 オウル市での実験結果例；心拍データ

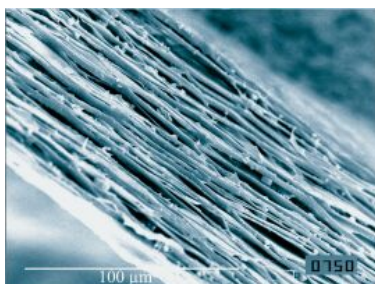


図 4 EMFiフィルムセンサ断面図



5 EMFiフィルムセンサ原理図

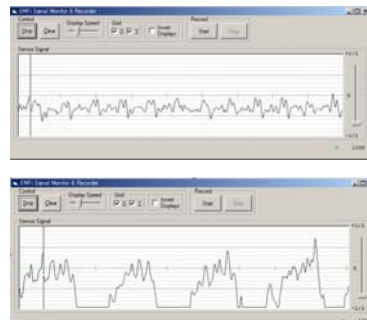


図 6 心拍・呼吸拍ディスプレイ画面例

写真1 EMFiフィルムセンサ外観写真(L-2060)



写真2 DVM外観写真(L-2060)



写真 3 Vivago IST社



真 4 時計型心モナ Suunto社