

## 解説

# 崩壊する周産期医療を救うIT

—分娩監視装置の開発から遠隔医療、そして日本版 EHR の全国展開まで—

原 量宏

香川大学瀬戸内圏研究センター／徳島文理大学理工学部臨床工学科

### 編集子まえがき

昨今の医療改革で、地域医療・遠隔診療など医療の IT 化が脚光を浴びている。そこではとかく電子カルテとネットワーク化だけが注目されがちである。しかし、情報システムが真に有用な社会インフラとなるためには、その背後に当該分野の長い長い研究と実績の積み重ねが必須であることを、しっかりと理解しておきたい。

たとえば周産期医療<sup>☆1</sup>においても、その前提となる患者状態把握に関する医学的研究や、患者自身が容易に自らのデータをモニタリングできるようにする検出方式・検出機器の開発に何十年もかかっている。

本稿では、周産期医療における遠隔医療・EHR<sup>☆2</sup> 全国展開への歴史をケースとして取り上げ、この分野の権威である原量宏先生にご寄稿いただいた。

## はじめに

インターネットの全国への普及とともに遠隔医療の概念は大幅に変化しつつある。通信方法が電話回線などに限られていた時代には、低画質の静止画、そして血圧や心電図などの伝送に限られ、遠隔医療としての内容には限界があった。その後 e-Japan 戦略に基づくブロードバンドの整備、医療機器の小型化と機能向上により、高精細な静止画や動画伝送、さらにモバイルによる心電図伝送、胎児心拍数伝送など、実際の診療に耐える医療情報の伝送が可能になった。一方、電子カルテも急速に普及し、患者名、年齢、体重など一般的な診療情報に加え、画像情報、処方情報、検査情報など、あらゆる情報が電子的に記録されるようになった。診療情報がいったん電子化されると、検査情報の可視化、グラフ化、さらには各種診断結果を用いての自動診断等が容易となり、電子カルテの利用価値は飛躍的に高まっている。

遠隔医療の立場からは、電子カルテを相互に接続することにより、電子カルテの意義がさらに高まることが期待されていたが、医療情報記録の標準化、セキュリティ

確保の問題が障壁となりなかなか実現しなかった。その後、データセンタ型の Web 電子カルテの実用化、そして、SSL (Secure Socket Layer) や HPKI (Healthcare PKI) によるセキュリティ確保が可能になり、電子カルテネットワークが急速に実現しつつある。電子カルテネットワークが実現すると、地域の医療機関で患者の医療情報を相互に参照できるようになるため、糖尿病に代表される慢性疾患、脳卒中など急性期から回復期、そして介護、在宅管理までさまざまな分野に役立つが、最も威力を発揮するのが、急激に変化しやすい妊婦と胎児を対象とする周産期医療の分野である。

本稿では、これから急速に変貌する遠隔医療と電子カルテネットワーク、その中で最も利用価値の高い、周産期医療での応用、特に分娩監視装置の開発の歴史、実時間自己相関システムの開発、胎児心拍数変動、胎児心拍数の標準的な記録法、伝送法、日母標準フォーマット、モバイルによる在宅妊婦管理システムの開発、周産期電子カルテのネットワークの構築、そして全国への展開に関して解説する。

☆1 妊娠満 22 週から出生後満 7 日未満を指す。

☆2 Electronic Health Record の略。電子的な医療情報を個人の視点で長期にわたって活用しようとするもの。必ずしも厳密に定義されていない。

## 周産期電子カルテネットワークを用いた 周産期医療の再構築

### ■ 現状

我が国の周産期医療の進歩はめざましく、この30年間の周産期死亡率（年間の1000出産あたりの妊娠満22週以後の死産と早期新生児死亡の合計数）の推移を見ても、1980年の20.2から2007年の4.5と約5分の1にまで著しく減少している。この著明な減少は、妊娠中から分娩までの妊娠分娩管理、ならびに出生後の新生児管理の進歩に負うところが多い。もちろんその陰に、産婦人科医、小児科医の献身的な努力があることは言うまでもない。一方、このことは産婦人科医へ過剰な期待と負担を生じさせ、その結果産婦人科医の急激な減少に結びつき、我が国の周産期医療は全国各地で崩壊の危機に面している。

このような状況を抜本的に解決するには、これまでの周産期医療体制のあり方を再構築し、医療の構造改革（集約化と分散化、効率化）を行うことは避けて通れない状況にある。そのためには周産期医療の現場に電子カルテネットワークを導入し、妊娠管理は診療所で行い、分娩は病院で行うという、病院と診療所の分業体制の導入が大前提となる。日本産婦人科医会では、このような時代が来ることを考慮し、医療機関を相互に結ぶ周産期電子カルテネットワークの開発と普及に積極的に取り組んできた。

### ■ 人の一生で生命のリスクが最も高い時期

ここで、人の一生で生命のリスクが最も高い時期を考えてみると、受精してから出生までの子宮内で胎児が発育する時期、そして胎児が子宮内から外界に生まれ出る分娩の瞬間といえ、このことは妊娠分娩管理がいかに重要であるかを意味している。

我が国においては、約70年前から、妊娠中の母体の健康管理を目的として、母子健康手帳の制度が導入され世界から注目されている。当初は母体の体重、血圧、尿所見などによる母体の健康管理に重点が置かれていたが、現在では分娩監視装置と超音波診断装置の発達により、より胎児の健康管理に重点が置かれるようになっている。

胎児の健康管理において、超音波断層装置による胎児の大きさ、形、羊水量などいくつかのパラメータがあるが、リアルタイム性の高い分娩監視装置による子宮収縮と胎児心拍数変動パターン<sup>1), 2)</sup>の分析が最も臨床的意義が高い<sup>1), 2)</sup>。

ただし、連続的に胎児心拍数を安定して検出することは、一見容易そうに思えるが、技術的にはかなりハードルが高く、現在のように広く利用されるようになるまで

には幾多の困難があった。

### ■ 母体、胎児にとって安全なお産をいかにして実現するか

胎児にとっての安全とはなにかを考えると、妊娠の初期から分娩までを通して、常に胎児の健康状態を見守ることである。出生後の新生児とは異なり、胎児は外界から隔絶された母体の子宮内に存在するため、胎児の健康情報を、無侵襲<sup>3)</sup>でしかもリアルタイムで得ることは、周産期医療において昔からの大きな夢であった。妊娠管理で扱ういくつかの情報のうち、外部から耳で聞くことのできる胎児心拍は古くから重要視され、トラウベ（胎児心音用の聴診器）で心音を耳で聞き、一定時間内（5秒間）における拍動数を数えることにより、胎児の健康を評価することが長い間行われてきた。

現在では分娩監視装置による胎児心拍数の連続モニタリングが最も信頼できる方法であり、胎児の健康状態をどこからでも常に監視できるシステムがあつてこそ、はじめて母親と胎児にとっての安心安全なお産が実現する。

## 周産期医療の基礎

### ■ 胎児心拍数モニタリング

#### 胎児心拍数モニタリングの臨床的意義

臍帯静脈<sup>4)</sup>や臍帯動脈の圧迫などの理由によって血流に問題が生ずると、低酸素状態などの重大な問題を引き起こす。そういう事態を即刻検出して手を打つ必要がある。

正常な胎児心拍数は1分間に120拍から160拍程度である。胎児の活動が活発な状態にあるときは、子宮収縮などの外部からの刺激に応じて胎児の心拍数は細かく変動している（図-1）。細変動には2つの種類がある。1つは胎児心拍1拍ごとの変動、もしくは数秒以内の速い変動成分からなるShort term Variability (STV)であり、他方は1分間に数回～十数回の遅い変動成分を持つLong term Variability (LTV)である。臨床的にはLTVの評価のみでも十分とされている<sup>4)</sup>。

胎児が低酸素状態に陥ると、胎児心拍数が低下するが、その際子宮収縮より遅れて低下する特有のパターンを示す。このように、胎児の健康状態をリアルタイムで表す指標としては、胎児の心拍間隔のトレンド、変動パターンが重要である。

☆3 健康な組織に浸透したり、組織を破壊したりしないこと。たとえば血糖値の検査において血液採取せずに体外から各種センサによる測定で算出するような検査は「無侵襲」の検査であるという。

☆4 胎児期において、胎盤から胎児へ血液を送る静脈、胎児から胎盤へ血液を送る動脈を臍帯動脈という。

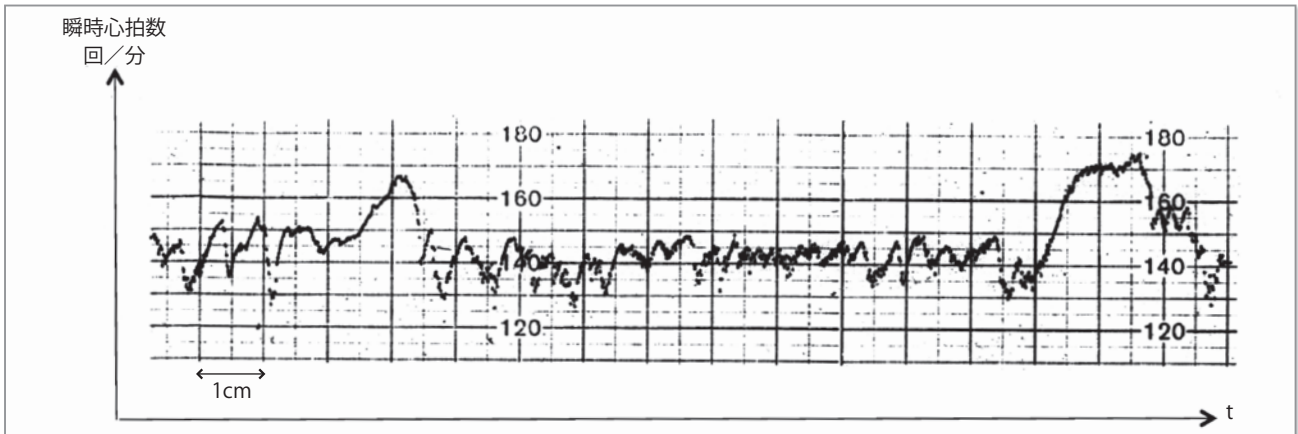


図-1 胎児瞬時心拍数の変動の様子。1分間を2ないし3cmで表すのが一般的である。

### 胎児心拍数測定の要件

胎児心拍数の測定は、1拍1拍ごとの変化を、できるかぎり正確に、しかも連続的に検出記録しなければならない。また、1分間に数十回の心拍変化をとらえる必要がある。そこで、心拍周期を周波数領域(サイクル/分)に変換した「瞬時心拍数」を指標として扱う(図-3)。さらに、この測定は無侵襲でしかも測定値がリアルタイムで得られることが必要である。

### ■ 胎児心拍数測定の技術

胎児心拍数検出法の発達は歴史的に見ても大変興味深い。これまでいろいろな方法が開発されてきたが、(1)直接誘導胎児心電信号、(2)母体腹壁誘導胎児心電信号、(3)胎児心音信号、(4)ドップラ心音信号に分類できる。ここでは、新たな測定手法の精度を議論するとき基準となる直接誘導胎児心電信号と現在最も用いられている

ドップラ心音信号と自己相関システムによる測定について述べる。

### 直接誘導胎児心電信号

経腔的に胎児の頭部に心電電極を直接装着し、胎児心電信号(図-4)を検出する方法である。子宮収縮時にも胎児心電信号が安定して得られるので、心拍数の微細な変動を正確に検出するためには最も適した方法でありその測定値は最も信頼できる。しかし、胎児の発育する羊水腔を包む膜(卵膜)の破水後しか利用できないため、感染の危険性が高まること、さらに電気的安全性に注意しなくてはならない欠点があり、現在はほとんど使われていない。

### ドップラ心音信号と自己相関システムによる測定

無侵襲で測定でき、かつその測定値が十分信頼できる測定法である。現在ではもっぱらこの方法が用いられ

### コラム 胎児心拍数測定の技術

本文に述べた2つの技術のほかに、歴史的には、下記の技術があった。簡単に触れておく。

#### (1) 母体腹壁誘導胎児心電信号

母体腹壁上から間接的に胎児心電信号を検出する方式である。母体の心電信号と胎児の心電信号にの両者が検出される。母体心電信号の電圧の方がかなり高い(20倍以上)ため、胎児心拍数の検出には特殊な信号処理が必要となる。外界のノイズの影響を受けやすいことと、羊水量の多い妊娠30週前後や、胎児の向きなどにより信号が検出困難な場合があり、安定して利用しにくい(図-2(2))。

#### (2) 胎児心音信号

トラウベを用いて耳で聞くかわりに、胎児心音マイクロホン(ダイナミックマイクロホンが多い)を用いて妊婦腹壁上か

ら胎児心音を検出する方法である。胎児心音信号はI音(心筋の収縮期に僧帽弁、三尖弁が閉鎖する音)とII音(心臓の拡張期に大動脈弁と肺動脈弁が閉鎖する音)の2つの成分から構成されている。I音は40~80ヘルツ、II音は60~100ヘルツ程度の低い周波数で、胎児心音マイクロホンはこれらの音を効率よく検出するように設計されている。胎児心臓壁の振動は、胎児背部、羊水、子宮壁を通してマイクロホンに達するため、腹壁上での振動エネルギーは非常に弱い。その簡便さから一時はかなり普及したが、ピークトリガ回路では、I音とII音の区別が困難なこと、さらに外界の雑音、胎動、子宮収縮などにより影響を受けやすいため、現在ではほとんど使われていない(図-2(3))。

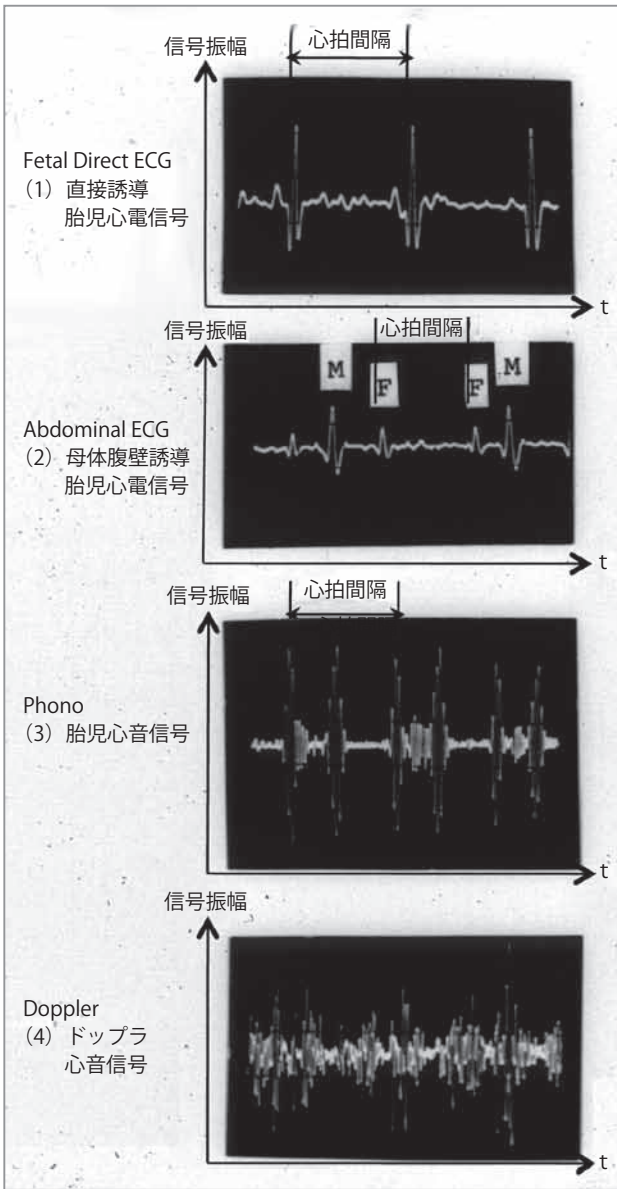


図-2 胎児心拍数信号の測定法と波形. 胎児心拍数信号, 上から 1)直接誘導胎児心電信号, 2)母体腹壁誘導胎児心電信号, 3)胎児心音信号, 4)ドップラ心音信号.

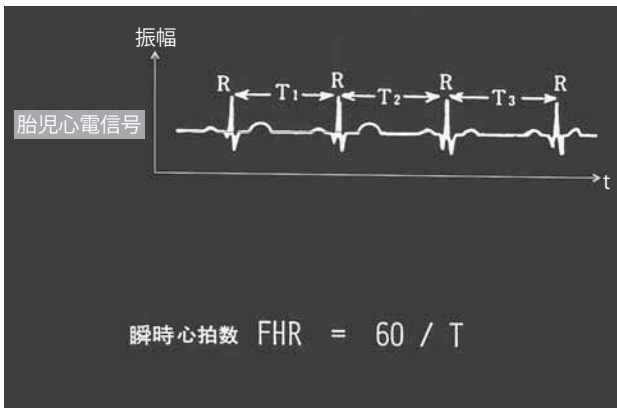


図-3 胎児心電信号と瞬時心拍数. R波のピークから次のR波のピークまでを計測し, その逆数の60倍を1拍ごとの正確な心拍数(瞬時心拍数)と定義する.



図-4 胎児心電信号(直接誘導で測定). 直接誘導胎児心電信号, 分娩が進行し破水後に胎児の頭部に電極を装着して検出する方法で, P波, QRS波, T波が明瞭に検出される.

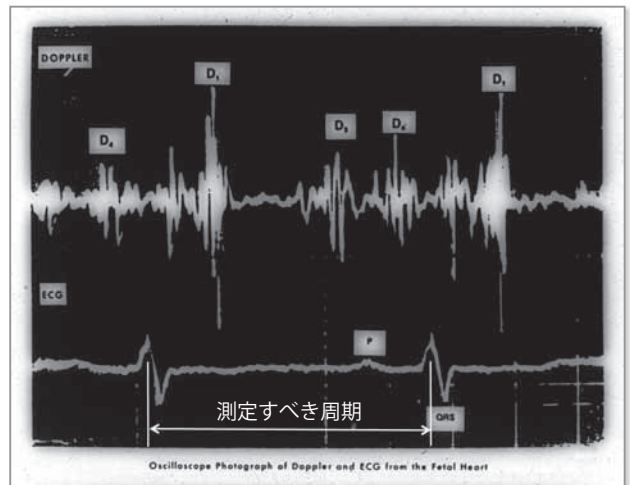


図-5 ドップラ法で検出した心音信号(上)と直接胎児心電信号(下). ドップラ心音信号が一番安定して検出できるが, 波形が最も複雑で, 心拍数の検出が困難であった. 上の検出波形から, 下の測定すべき心拍周期を安定して見出すことは不可能に近い.

る. ドップラ法では, 外から胎児の心臓に超音波を照射し, その反射波を検出するため, 振動子のちょっとした位置の変化により波形は大幅に変化してしまう. また反射波には, 心臓壁, 弁, 血流, 血管壁, 臍帯血流など多様な成分が含まれ, 信号そのものも複雑な波形をしている. そのため開発当時は, 正確な心拍数計測はとても不可能であった(図-5). 技術的問題点は, 雑音にまぎれた不規則な信号の中から, いかにして正確な心拍数情報を取り出すかにつきる. 不規則信号の中に含まれる周期成分を抽出する方法として, 自己相関関数を利用する方法は, 数学的には古くから知られていたが, 演算回数が増大でありリアルタイムに行うことは到底不可能であった. その実用化は半導体の発達によりようやく可能となり, 1974年に東大産婦人科学教室において, 穂垣, 原は横河ヒューレットパッカード社の竹内(現鹿児島大学

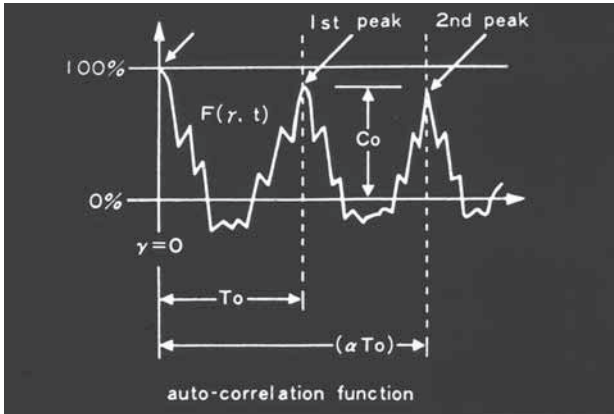


図-6 自己相関関数による，心拍周期の演算. 複雑な原信号を数 msec ごとにサンプリングし，少しずつずらしながら，数百～数千のデータについて自己相関関数を計算すると図-6の波形が得られる. ちょうど1周期ずれた時が積分された値が最高になり，その第1ピーク（第1極大）までの時間が原信号に含まれる周期（T）となる.

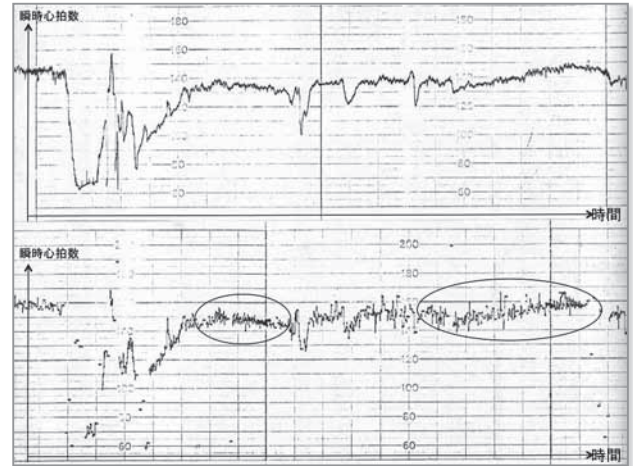


図-7 ドップラ心音信号を実時間自己相関システムで計測した世界初の胎児心拍数グラフと(上)と同じ信号を従来のピークトリガで計測したグラフ. 上が自己相関システムでの計測，下がピークトリガで計測したもの. ○で囲まれている部分の差に注目されたい，ピークトリガで計測したものは，短周期の変動が非常に大きいように見えてしまって，胎児の状態判断を誤りかねない. 下図の両端のようにプロットが大きく飛び離れてしまっているのは論外である.

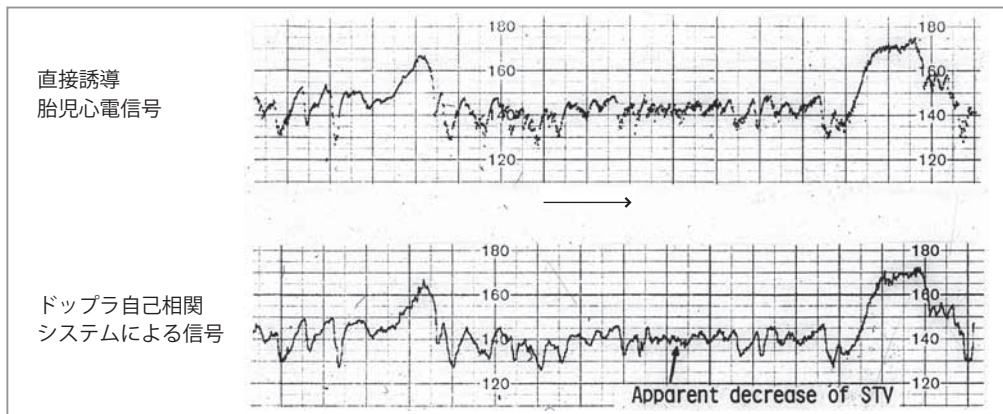


図-8 直接誘導胎児心電信号による心拍数図と自己相関システムによるドップラ心音信号での心拍数図の比較. 瞬時心拍数が160を超えるような図形部分が2カ所あるが，これは胎児の体位移動に伴うもの. この間の瞬時心拍数130～150近辺で変動しているパターンが胎児の状態把握に重要である. 直接誘導では非常に細かい変動（上の図でふれているように見える部分）が読み取れる. これがSTVである. 1拍ごとの微細な変動であるSTVは自己相関システムによるドップラ心音信号では明らかに減少しているが，ゆっくり変動するLTVに関しては明らかな差は認められない. 自己相関システムによるLTVの表示は臨床的に十分信頼性がある.

工学部) と共同研究を行い，ドップラ信号の周期性をリアルタイムの自己相関関数から検出するシステムを開発した. 実時間自己相関システムでは，複雑な原信号を数ミリ秒ごとにサンプリングし，数百～数千のデータについてリアルタイムで自己相関関数を計算する. 自己相関関数の第1のピークまでの時間が，原信号に含まれる周期(T)となる(図-6).

図-7は，世界ではじめて，ドップラ心音信号から自己相関心拍数計を用いて計測された，歴史的な胎児心拍数パターンである. 図-8に示すように，ドップラ心音信号と自己相関システムによる測定値と直接誘導胎児心電信号による測定値はLTVの表示に関しては十分信頼性がある.

胎児モニタの歴史において，最も画期的な技術的ブレ

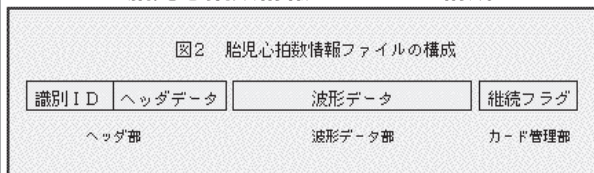
イクスルーが実時間自己相関システムの実用化である. この技術の実現によって，はじめて無侵襲で連続的に胎児心拍数を正確に測定することができるようになった. 実時間自己相関システムの実現なくしては，現在の分娩監視装置の普及はなかったといつてよく，もちろん現在のネットワークを介しての，遠隔での分娩管理システムの実現は不可能であったと思われる<sup>3)</sup>.

## ■ 測定値の記録と伝送

### 周産期医療情報の記録・伝送法の標準化

モバイルによる在宅妊婦管理まで視野に入れると，母胎年齢，血圧，妊娠週数，胎児の大きさなど，周産期に

胎児心拍数情報ファイルの構成



胎児心拍数のデータ送信フォーマットの例



表-1 胎児心拍数情報ファイルヘッダ部の例

|                  |                  |
|------------------|------------------|
| JAOG             | 識別子              |
| 10               | バージョン番号 (Ver1.0) |
| 0801 トーイツ,       | 分娩監視装置の製造者       |
| 0802 MT332,      | 分娩監視装置のモデル名      |
| 0803 ,           | 分娩監視装置のシリアル番号    |
| 1001 123-994,    | 患者ID             |
| 1002 香川花子,       | 患者名              |
| 1003 29/3,       | 妊娠週数             |
| 3A01 3,          | チャンネル数           |
| 3A02 4:1:1,      | インターリーブ比         |
| 3A03 ,           | データバイト並び         |
| 3A04 ,           | データ圧縮タイプ         |
| 3A40 2,          | チャンネル番号          |
| .                |                  |
| FE01 1,          | 継続カード番号          |
| FEFE 1998/11/15, | データ記録開始日         |
| FEFF 20:04:24,   | データ記録開始時刻        |

図-9 日母胎児心拍数情報ファイルデータフォーマット。心拍数は1秒間に4回（双胎の場合には4×2, 8回）、陣痛は1回、胎動は1回の割合でサンプリングされている。

関する診療情報が、どこからでも共有できる必要がある。さらに、胎児心拍数の遠隔モニタリングのためには、心拍数データのデジタル伝送化とそのフォーマットの標準化が必須である<sup>5)~7)</sup>。

日本産婦人科医学会では、1996年度に母胎年齢、血圧、妊娠週数、胎児の大きさなど、周産期に関する診療情報に関して“日母標準データフォーマット”を、さらに1998年度に胎児心拍数の伝送に関して“胎児心拍数情報ファイルデータフォーマット”規格を制定した。

本フォーマットにより、たとえ異なる装置間においても、さらにインターネット上の離れた装置の間でも、胎児心拍数と子宮収縮を容易に観察できるようになった。在宅のハイリスク妊婦の管理を、いつでもどこからでもできるようになったわけで、その臨床的意義は非常に高いものである<sup>8)</sup>、☆5。

日母胎児心拍数情報ファイルデータフォーマット

これらの記録・伝達すべき情報は、すでに日母標準データフォーマットとして標準化されており、ネットワーク上でデータを共有できるようになっている(図-9)。

(1)胎児心拍数情報ファイルの構成の例

分娩監視装置が計測データを外部にデジタル出力する場合、胎児心拍数データと陣痛および胎動データは異なった時間間隔でサンプリングされ、1パ

ケットごとに多重化して送信される。

図-9に分娩監視装置のデータ送信フォーマットの例を示す。この場合1秒間に心拍数は4回（双胎の場合には4×2, 8回）、陣痛は1回、胎動は1回の割合でサンプリングされている。

(2)胎児心拍数情報

胎児心拍数情報ファイルは、ヘッダ部、波形データ部、カード管理部から構成される。ヘッダ部は、識別ID、ヘッダデータからなり、異なる装置からの出力でも正確に心拍数データを表示できるようになっている。

このように胎児心拍数を標準化した方法でデジタル化することにより、モバイルの環境においても容易かつ確実に伝送することが可能になる。

(3)ヘッダ部の構成

ヘッダデータは、胎児心拍数情報の属性情報や、波形表示のためのパラメータを記録したデータで、可変長のデータエレメントで構成される。各データエレメント間は、データエレメント区切り記号「,」で区切られる。識別IDは、日母標準識別子およびバージョン番号からなる。胎児心拍数ファイルヘッダ部の構成の一部を図-9内の表-1に示す。

このように胎児心拍数を標準化した方法でデジタル化することにより、モバイルの環境においても容易かつ確実に伝送することが可能になる。

☆5 <http://www.jaog.or.jp/JAPANESE/jigyoyo/JOUHOU/H10/shinpaku.htm>



図-10 モバイルによる伝送システム。小型軽量のモバイル胎児心拍検出装置は幅 240mm、高さ 180mm、厚さ 90mm、2.0kg で、非常に使いやすい。

## 診療シーンの変革

### ■ ナースステーションでの集中モニタリングの実現

胎児モニタの性能が向上し、安定して胎児心拍数が検出できるようになると、病院内のネットワークを利用して複数の分娩監視装置を接続し、ナースステーションや当直室から、同時に進行する複数の分娩を常時監視できるモニタリングシステムが開発され、その便利さから全国に普及した。それまで、助産師や当直医は、妊婦のそばで胎児心拍数の変動を常時監視する必要があったが、モニタリングシステムにより、分娩室での長時間の束縛から解放され、当直室からでも胎児の状態を監視できるようになり、勤務が大幅に軽減された。

### ■ 在宅ハイリスク妊婦管理の実現

我々はこれまでパケット通信を用いたモバイルのシステムを開発し、妊婦および医師側が病院、診療所以外のどこからでも、胎児心拍数のモニタリングを可能にしてきた。このモバイルによる伝送システムは、小型軽量のモバイル胎児心拍検出装置(モバイル CTG<sup>☆6</sup>) (幅 240mm、高さ 180mm、厚さ 90mm、2.0kg) と受信側の装置から構成される(図-10)。受信側は、医療機関内に設置された通常の胎児心拍モニタリングシステム、モバイル機能を持つパソコン端末、さらに携帯端末のいずれでも選択できるようになっている。家庭で検出された胎児心拍情報はパケットの形で、NTT ドコモの FOMA 網を介して STNet (高松市) のデータセンタに送信される。受信されたデータは胎児心拍数用のサーバに蓄積され、医師側はインターネット網を介して常時データを受け取

ることができる(図-11)。

本システムでは双胎<sup>☆7</sup>の場合を考慮し、胎児心拍数を 1 秒間に 8 回(4 回×2)、子宮収縮と胎動は 1 秒 1 回、合計 1 秒に 10 回のサンプリングとしている。2 つの超音波振動子から異なるタイミングで超音波を胎児に向けて発射することになり、双胎妊娠にも対応できるようになっている。通常は 1 回 20 分間のデータを 1 日 1~2 回、圧縮した形で一度に伝送することが多いが、必要に応じて 1~2 分ごとに連続的に送信することにより、ほぼリアルタイムにデータを送ることも可能である。

従来は、医師または助産師が、妊婦の腹壁上に超音波振動子を装着していたが、その後装置の性能向上によりドップラ心音信号の検出が大変容易となり、現在では、妊婦自身が最適な位置に装着できるようになっている(胎児の背中側に超音波振動子を装着すると、良好なドップラ心音信号が得られやすいが、妊婦は胎児の動きから子宮内の胎児の位置を容易に知ることができる)。

### ■ 携帯端末による胎児心拍数モニタリングの実現

以上述べたように、以前は医師側が移動する場合にはモバイル用カード等を用いてノートパソコン上に胎児心拍数を表示してきたが、常時持ち歩くためにはやはり不便である。

そこであらたに携帯端末上に胎児心拍数情報を表示できるシステムを開発した(図-12)。このシステムにより、医師、妊婦は日本中いつでもどこからでも常時胎児心拍数の観察が可能になった(携帯端末は、NTT ドコモ、KDDI、ソフトバンクモバイルなどの会社でも利用可能である)。

携帯端末はパソコンに比較し非常に安価であり、まただれでも保有しているため、必要に応じて複数の医師、助産師、妊婦自身、家族までも利用できることになり、学会や遠隔地への出張中での利用など、これまでの医療機関内に束縛された監視システムとはまったく異なったユビキタスでの利用形態が実現した。

### ■ 緊急事態・ハイリスク妊娠の自動判定

胎児心拍数モニタリングに基づく自動判定のソフトウェアがナースステーションでの集中モニタや、モバイル CTG モニタにも実装されている。さらに、一部の装置には心拍数変動パターンをリアルタイムでより詳細に検出し警告する高度なソフトウェアも実装されている。これにより、カルテ入力などの人手を介さずに、異常事態が検出可能になった。ただし、最終的な判断は産婦人科医が実際の心拍パターンを見て行うことになる。

他方、日本産婦人科医会で取り組んできた周産期カルテネットワークのプロジェクトでは、電子カルテに各種診断

☆6 CardioTocogram (胎児心拍陣痛図) の略。

☆7 いわゆる双子。

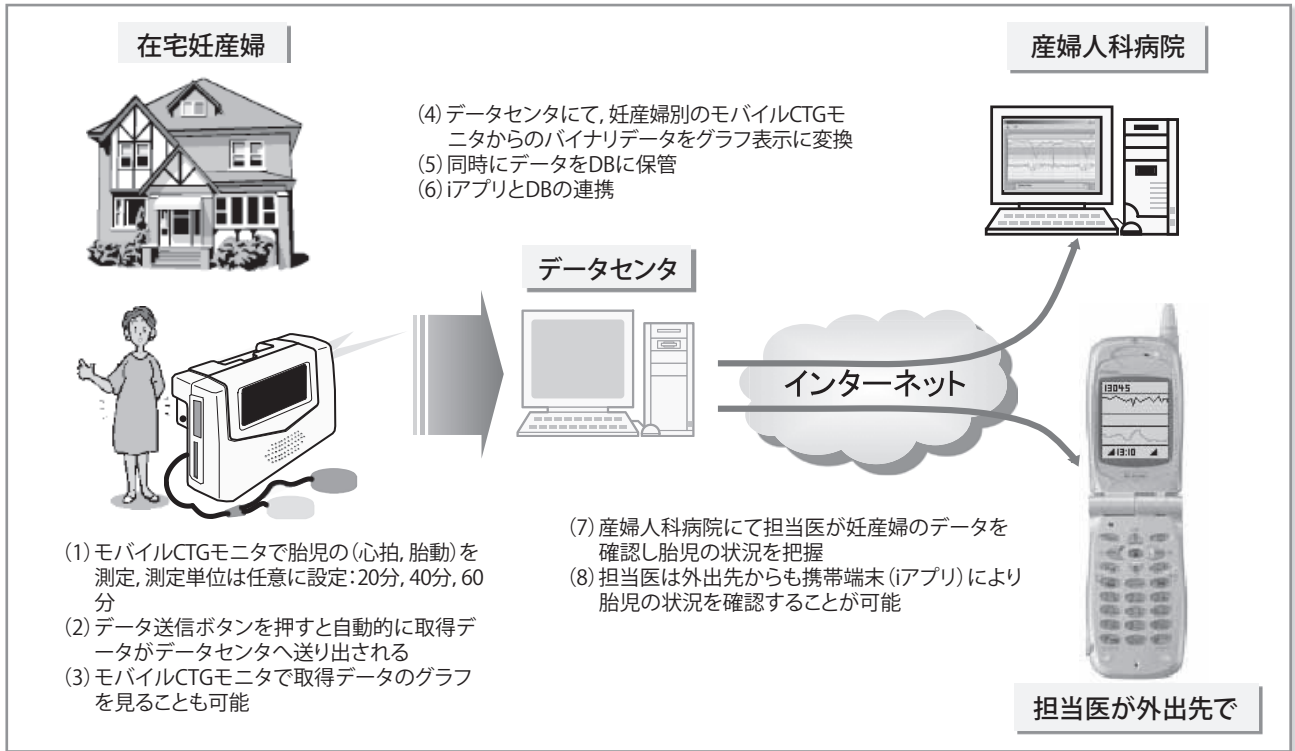


図-11 モバイル技術を用いた在宅ハイリスク妊婦管理システム。モバイルのシステム (FOMA) により, 妊婦および医師側が病院, 診療所以外のどこからでも, 胎児心拍数のモニタリングが可能になっている。

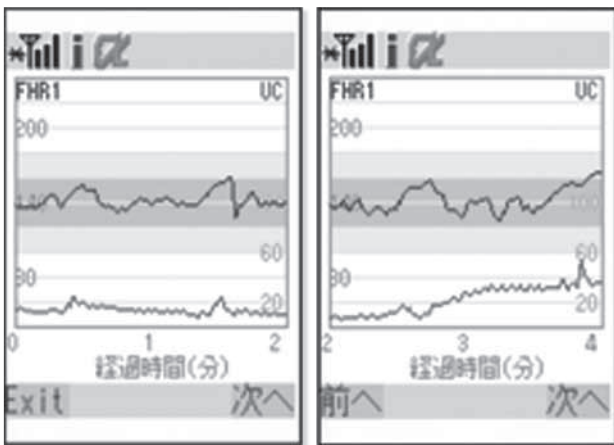


図-12 携帯端末による胎児心拍数の表示。携帯端末に表示された胎児心拍数と子宮収縮のグラフ (上が胎児心拍数, 下が子宮収縮)。NTT ドコモ, KDDI, ソフトバンクモバイルなど, どの会社でも利用可能である。

情報を入力するだけで, ハイリスク妊娠を自動的に診断できる技術が開発された。ここでは, 妊娠に合併する代表的な8つの疾患(妊娠高血圧症候群, 前期破水, 切迫早産, 妊娠糖尿病, 胎児発育不全, 前置胎盤, 双胎, 羊水過多・過少)について標準的な診断基準を定義し, 数値情報に基づき客観的かつ厳密に診断できるアルゴリズムが作成されている。これに基づき, 当該プロジェクトの「周産記電子カルテ」には, 自動診断ソフトウェアが実現されている。これによって, 妊婦の診察時に確実にハイリスク妊娠が把握さ

れ, その後の適切な管理が行われる。

## ネットワーク対応 周産期電子カルテと全国展開

### ■ ネットワーク対応周産期電子カルテの実現

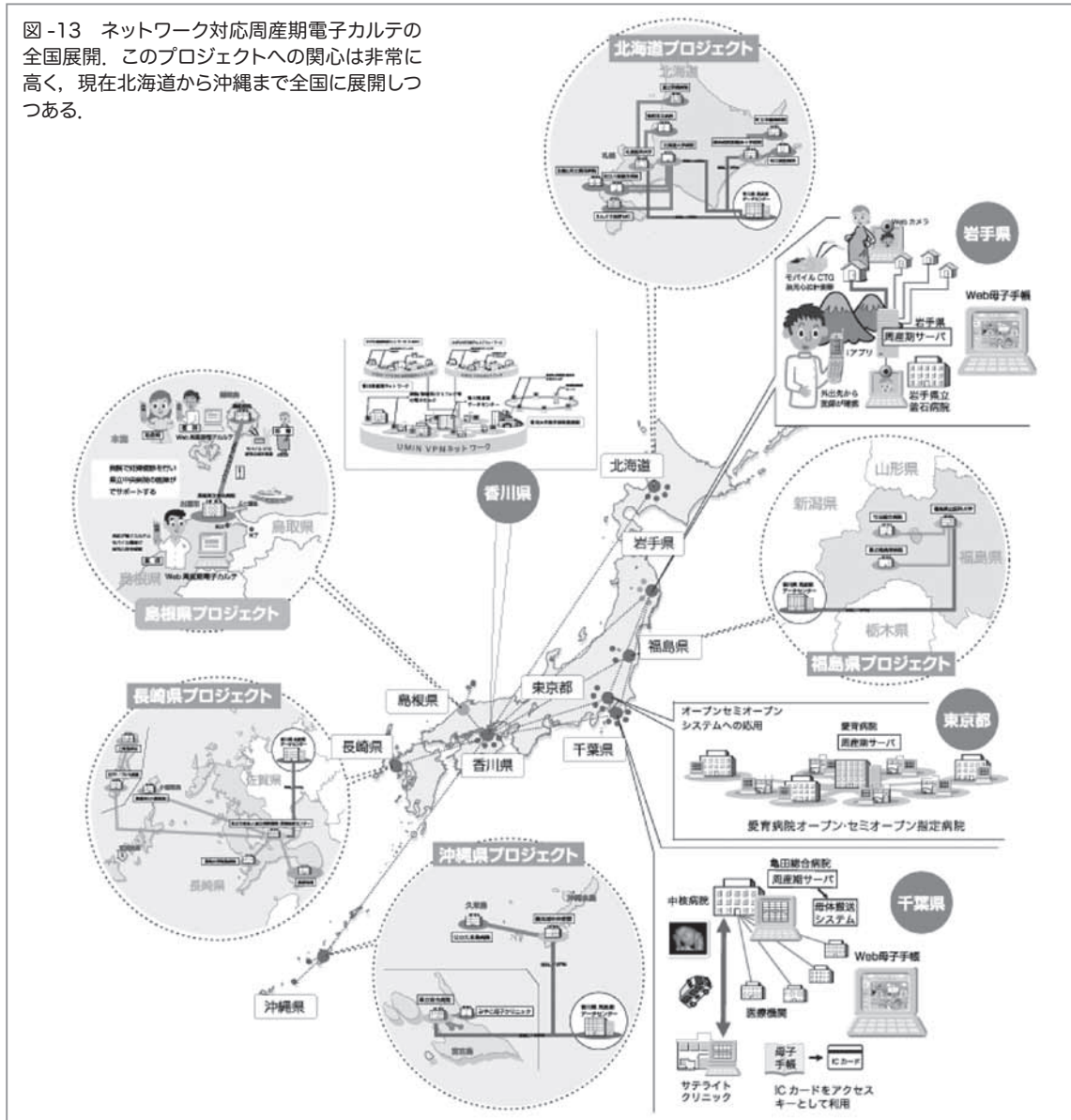
妊娠管理においては, 胎児心拍数と同様に, 妊娠週数, 体重, 血圧, 血液所見等を経時的に観察することが重要である。これまで日本産婦人科医会のプロジェクトとして開発してきたネットワーク対応の Web 周産期電子カルテでは, 妊娠週数, 血圧, 超音波計測による胎児の大きさなど, 周産期管理に用いるデータが, すべて数値情報として記録, 保存される。しかも日本産婦人科医会で定義された標準フォーマットに準拠しているため, ネットワーク上でデータを共有できることが大きな特徴である。

### ■ ネットワーク対応周産期電子カルテの全国展開

経済産業省は日本産婦人科医会の協力のもと, 平成18年度より3年間にわたり, 全国規模で「周産期電子カルテネットワーク連携プロジェクト」を進めてきた。このプロジェクトでは, 周産期医療のための電子カルテネットワークと, モバイルによる在宅妊婦管理システムの機能を統合し全国に普及させる。まずは香川県, 東京



図-13 ネットワーク対応周産期電子カルテの全国展開。このプロジェクトへの関心は非常に高く、現在北海道から沖縄まで全国に展開しつつある。



都、千葉県、そして岩手県という全国の代表的な4地域の地域特性にあった周産期ネットワークを構築し、これら4地域のシステムを相互に接続させ、最終的には本ネットワークにより全国の周産期医療機関を連携する。在宅妊婦管理システムに関しては、従来からの在宅妊婦管理システムをモバイル化することで、妊婦と医療従事者双方が場所を問わず、リアルタイムに医療情報を交換でき、また医療従事者間の相互支援ツールとしても機能させる。幸い本プロジェクトへの関心は非常に高く、また、現在厚生労働省の進めている地域医療再生計画、ならびに総務省によるユビキタスタウン構想推進事業等により、現在北海道から沖縄まで全国に展開しつつある(図-13)<sup>9)~11)</sup>。

## おわりに

分娩監視装置の開発の歴史、実時間自己相関システムの開発、胎児心拍数変動、胎児心拍数の標準的な記録法、伝送法、日母標準フォーマット、モバイルによる在宅妊婦管理システムの開発、周産期電子カルテの開発、そして全国への展開に関して解説した。

現在、周産期電子カルテとデータが直接連携する、Web 母体搬送提供書、Web 母子手帳もすでに開発済みであり、今後は一般の救急システム、ならびに現在政府の進めている日本版 EHR<sup>☆8)</sup>とも連携し、生まれる前から

☆8) 政府 IT 戦略本部によって 2009 年 7 月に公開された i-Jpan 戦略 2015 に盛り込まれた健康情報の活用基盤であり、散在している健康情報を個人の管理下に置き、情報通信による安全な活用により個人の健康増進に資することを目標としている。

## コラム 事例ストーリー ある妊婦の緊急事態

これは現状ではなく、目指す全国展開ができた暁の診療イメージである。

妊婦Aさんは、日本海側のある島に住んでいる。

島には産婦人科はあるが、分娩を扱う病院がない。出産の際は、助産師に来てもらうか、本土の病院へ行かねばならない。島の産婦人科で日常検査をしてもらっていても、分娩時は別の担当医が予備知識なしに分娩を行うことになってしまう。

島から一番近い本土のT町へはフェリーがあるが、1日1便しかなく、片道2時間強かかるうえ、冬にはたびたび欠航する。そのT町にある県立病院も、医師不足から分娩の扱いをやめて久しい。島には空港があり、分娩を扱う病院がある最寄のC市へは飛行機で30分もあれば行くことができる。しかし、1日1便しか飛ばないうえに、悪天候時には欠航が多い。

そこで、病院で出産する場合は、フェリーでT町まで行き、さらに車で3時間かけてC市までゆかなくてはならない。したがって、胎児の異常などの緊急事態が発生した場合の母体搬送には大変時間がかかる。当然、早期の異常検出が非常に大切になる。

そんな環境の中、Aさんは、定期的に島の産婦人科で定期健診をしてもらっている。ここには複雑な電子カルテは用意されていないが、パソコン1台で、インターネット接続された本土の中核病院のデータセンターのWebベース周産期医療用電子カルテを読み書きすることができ、常日頃から分娩を担当する病院と診療記録を共有できている。Aさんは、出産予定日を間近に控えた診察で、軽度の血圧上昇とタンパク尿

が認められ、妊娠高血圧症候群の可能性があるので胎児のモニタリングの必要があるとの診断を受けた。そうはいつても、分娩予定のC市の病院まではフェリーと鉄道で片道5時間を要する。戸惑っていると、モバイルCTGという機械を渡された。

これは胎児心拍数と胎動を超音波で計測する2.0Kgぐらいの大きさの機械で、自分でおなかに装着し、画面を見ながら最適装着位置を見つけることができる。

これを装着することにより、どこにいても、いつも看てもらった島の産婦人科医に胎児の状態を観測してもらうことができると同時に、Webベース電子カルテに接続されたモバイルCTGのデータは、分娩を扱う病院の医師にも見ってもらうことができる。また、モバイルCTGは、波形に異常があれば、自動的に医師の携帯電話に緊急通報を送ることもでき、医師はたとえ移動中であっても心拍数・胎動のグラフを見て状態の判断ができる。

こうして、Aさんは、島に居ながら胎児モニタリングをしてもらうこととなった。

分娩予定日の1週間前になり、Aさんは、モバイルCTGで軽い子宮収縮で胎児の心拍数が減少し、潜在胎児仮死の所見が認められ、分娩先の病院に緊急搬送されることになった。

緊急搬送先では、電子カルテ上に記載されたこれまでの記録を調べ、搬送中も刻々と送られてくる胎児モニタリングデータを見て、Aさんが胎児仮死の状態であることを知り、あらかじめ緊急帝王切開の手配をして待機していた。かくして、Aさんは無事に出産することができた。

高齢者までの一生を通して、いつでもどこからでも利用可能なユビキタスの医療を実現したいと考えている<sup>12)</sup>。

(本研究は、文部科学省連携融合事業経費、厚生労働省研究助成費、経済産業省研究開発助成費、香川県健康福祉部、日本産婦人科医会、医療情報システム開発センター(MEDIS-DC)の援助による)

## 参考文献

- 1) 原 量宏, 神保利春, Schmidt, W., Cseh, I. and Kubli, F.: 胎児神経機能の発育に関する研究, 日本新生児学会雑誌, Vol.21, No.1, pp.274-280 (1985).
- 2) 原 量宏: 産科で使用する機器の原理とその使用法, 周産期医療の実践, 恩師財団母子愛育会発行, 東京, pp.191-200 (1991).
- 3) 坂元正一, 穂垣正暢, 原 量宏, 竹内康人: 産婦人科MEの進歩, 産婦人科治療, Vol.30, No.6, pp.595-ha601 (1975).
- 4) 原 量宏, 柳原敏宏, 神保利春: 基線細変動, 周産期医学, Vol.17, No.5, pp.709-720 (1987).
- 5) 原 量宏: 周産期医療とIT, 日本新生児学会雑誌, Vol.38, No.4, pp.622-627 (2002).
- 6) 原 量宏: こちらネットワーク発信地, ベリネイタルケア, Vol.25, No.10, pp.1016-1019 (2006).
- 7) 原 量宏: 在宅CTGとCTG伝送システム, 周産期医学, Vol.39, No.4, pp.423-430 (2009).

- 8) 原 量宏, 岡田宏基, 乗松尋道: 周産期医療情報の標準化“日母標準フォーマット”とネットワークを用いた周産期管理システムの開発, 医療情報学, Vol.20, No.2, pp.143-148 (2000).
- 9) 原 量宏, 横井英人, 秋山正史, 岡田宏基: Web型周産期電子カルテネットワークの開発と今後の展望, 産婦人科の実践, Vol.54, No.13, pp.2291-2301 (2005).
- 10) 原 量宏, 中林正雄: 周産期電子カルテシステムを用いたハイリスク妊娠の自動診断, 周産期医学, Vol.39, No.1, pp.120-127 (2009).
- 11) 原 量宏, 横井英人, 小笠原敏浩, 鈴木 真, 中林正雄: 産科医療の崩壊を止める一周産期医療におけるITの応用一, 産婦人科の実践, Vol.58, No.6, pp.897-909 (2009).
- 12) 原 量宏, 横井英人, 岡田宏基, 他: かがわ遠隔医療ネットワークから日本版EHRの実現へ, 月刊新医療, Vol.35, No.2, pp.48-53 (2008). (平成22年2月8日受付)

原 量宏 hara@med.kagawa-u.ac.jp

東京大学医学部医学科卒業, 香川医科大学母子科学講座助教授を経て, 同大学附属病院医療情報部教授. 2009年より香川大学瀬戸内圏研究センター特任教授および徳島文理大学理工学部臨床工学科教授. 日本産婦人科医会情報システム委員会委員長, 日本遠隔医療学会会長, 香川県医師会理事. 医学博士